

№ 1 (2012)

Химия и Химики



*Жить у нас светло и просто,
Всем нам светит по ночам
Добрый стронций-90
Вместо лампы Ильича...*

Р. Федоров



Содержание

Химия и другие науки

6

Открытие элементов и происхождение их названий	7
H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne (ч.1)	9
Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca (ч.2)	33
Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn (ч.3)	56
Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr (ч.4)	76
Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd (ч.5)	89
In, Sn, Sb, Te, I, Xe, Cs, Ba (ч.6)	105
La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er (ч.7)	118
Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg (ч.8)	136
Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra (ч.9)	155
Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf (ч.10)	169
Es, Fm, Md, No, Lr, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, Mt, Ds, Rg (ч.11)	183
Миф о трансгенной угрозе	196

Практическая Химия и Физика

224

Окисление лития на воздухе	225
Реакция лития с водой	247
Литий и концентрированная азотная кислота	264
Литий и концентрированная серная кислота	281
Реакция натрия с водой	304
Реакция натрия с уксусной кислотой	323
Реакция натрия с раствором медного купороса (сульфата меди)	337
Реакция кальция и серы	361
Реакция кальция с четыреххлористым углеродом	368
Огонь от капли воды (реакция магния с иодом и кальция с иодом)	372

Огонь от капли воды (магний и нитрат серебра)	399
Огонь от капли воды (хлорат калия, магний, сульфат меди и нитрат аммония)	413
Опыты с калий-натриевым сплавом	
Вступление. Получение (ч.1)	425
Огниво с иголкой (самовоспламенение на воздухе) (ч.2)	435
Реакция с водой (ч.3)	441
Реакции с концентрированной серной и азотной кислотами (ч.4)	445
Реакция с четыреххлористым углеродом (ч.5)	447
Зажигательные свойства щелочных металлов в военном деле (супернапалм) (ч.6)	455
Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие	
Веселящий газ: свойства и применение (ч.1)	461
"A smell of petroleum prevails throughout" или эффекты вдыхания закиси азота (ч.2)	
<i>История открытия действия "веселящего газа" (ч.2-1)</i>	467
<i>Как закись азота начали использовать в стоматологии (ч.2-2)</i>	475
<i>Закись азота и мистическая философия (ч.2-3)</i>	481
<i>Subjective Effects of Nitrous Oxide (ч.2-3a)</i>	486
<i>Субъективные эффекты закиси азота [перевод] (ч.2-3b)</i>	490
<i>Увлечение веселящим газом в наши дни (ч.2-4)</i>	494
<i>Закись азота. Опыты автора и его методика вдыхания (ч.2-5)</i>	496
<i>Послесловие или коротко о вреде веселящего газа (ч.2-6)</i>	500
Получение закиси азота в домашних условиях (ч.3)	503
Закись азота из взбитых сливок (ч.4)	516

Юный Химик

518

Запал Кибальчича (воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара)	
Запал Кибальчича (воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара) (ч.1)	519
Запал Кибальчича (воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара) (ч.2)	542
Серная кислота, спички и пистоны (ч.3)	552
Суррогат смеси Кибальчича из спичек (ч.4)	562
Смесь Кибальчича с алюминием (ч.5)	570
Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана	
Получение силицида магния (ч.1)	577
Образование и самовоспламенение силана (ч.2)	594
Силицид магния и силан (ч.3)	623
Реакция магния и аэросила (ч.4)	630

Реакция порошков магния и кремния (получение силицида магния) ч.5	635
"Силановый ужас" (реакция силицида магния с водой) ч.6-1	647
"Силановый ужас" (реакция силицида магния с водой) ч.6-2	665
"Силановый ужас" (реакция силицида магния с водой) ч.6-3	689
Вспышка шарика с пропан-бутановой смесью	740
Банка-ракета (взрыв водорода)	755
Зажгите лампу спичкой	763
Огонь на ладони	
Огонь на ладони. Вступление (ч.1)	774
Хлорат калия и желтая кровяная соль (ч.2)	776
Горение нитроцеллюлозы (ч.3)	793
Вспышка пены с пропан-бутановой смесью (ч.4)	799
Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда)	
Вступление (ч.1)	822
Знакомство с лампой Вуда (ч.2)	830
Бумага и денежные купюры (ч.3)	840
Гривны (ч.4)	850
Ультрафиолетовая лампа, мыло и ступка (ч.5)	877
Лампа черного света и люминофор (ч.6)	884
Стекло непрозрачно для ультрафиолетовых лучей? (ч.7)	907
Светящееся лицо (ч.8)	914
Светящееся лицо (ч.8а)	926
Светящаяся рука (ч.9)	932
Светящаяся пена (ч.10)	939
Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Хімічний факультет. Завдання заочного туру олімпіади 2012 року	958
О редких и рассеянных. Рассказы о металлах	960
1. ТРИУМФ ВЕЛИКОГО ЗАКОНА (ГАЛЛИЙ)	964
2. "ЗЛОЙ ДЖИН" (РУБИДИЙ)	970
3. ТАЙНА БЕНГАЛЬСКИХ ЖРЕЦОВ (СТРОНЦИЙ)	976
4. НАХОДКА В ЗАБРОШЕННОМ КАРЬЕРЕ (ИТТРИЙ)	981
5. ВОЗРОЖДЕННЫЙ "ДИНОЗАВР" (ТЕХНЕЦИЙ)	987
6. ШУТКА АНГЛИЙСКОГО УЧЕНОГО (ПАЛЛАДИЙ)	993
7. ПО ИМЕНИ ФИНИКИЙЦА КАДМА (КАДМИЙ)	999
8. ТЕЗКА СТРАНЫ ЧУДЕС (ИНДИЙ)	1006
9. СЛУЧАЙ В ШТАЛЬГАУЗЕНСКОМ МОНАСТЫРЕ (СУРЬМА)	1010
10. ДВЕ ГОЛУБЫЕ НЕЗНАКОМКИ (ЦЕЗИЙ)	1016

11. УДАЧА САПОЖНИКА ИЗ БОЛОНЬИ (БАРИЙ)	1022
12. "ЖИЛ ЭЛЕМЕНТ РАССЕЯННЫЙ"... (ГАФНИЙ)	1029
13. СЕКРЕТ СТАРЫХ ОТВАЛОВ (РЕНИЙ)	1034
14. "ОБИДА" БЛАГОРОДНОГО МЕТАЛЛА (ОСМИЙ)	1040
15. ВСЕ ЦВЕТА РАДУГИ (ИРИДИЙ)	1045
16. "МОЛОДАЯ ЗЕЛЕНАЯ ВЕТВЬ" (ТАЛЛИЙ)	1051
17. "КОМАНДИРОВКА" В КОСМОС (ВИСМУТ)	1056
18. РЕДЧАЙШИЙ ИЗ РЕДКИХ (ФРАНЦИЙ)	1063
19. "В ГРАММ ДОБЫЧА, В ГОД ТРУДЫ" (РАДИЙ)	1069

ФОТОГРАФИИ МЕТАЛЛОВ

ГАЛЛИЙ	1077
РУБИДИЙ	1080
СТРОНЦИЙ	1082
ИТТРИЙ	1085
ТЕХНЕЦИЙ	1088
ПАЛЛАДИЙ	1089
КАДМИЙ	1092
ИНДИЙ	1095
СУРЬМА	1097
ЦЕЗИЙ	1099
БАРИЙ	1101
ГАФНИЙ	1103
РЕНИЙ	1106
ОСМИЙ	1108
ИРИДИЙ	1110
ТАЛЛИЙ	1112
ВИСМУТ	1114
ФРАНЦИЙ	1117
РАДИЙ	1119

Дискуссии

1122

Как делаются трюки фальшивого жесткого цигун?

1123

Доска Позора

1131

"Критические дни" российской науки

1132

Научный Юмор

1135

Лабораторный вулкан (огонь от капли воды)	1136
Из школьных сочинений	
Из школьных сочинений (ч.1)	1138
Из школьных сочинений (ч.2)	1149
Из школьных сочинений (ч.3)	1160

Веселые картинки	1169
-------------------------	------

Литпортал	1182
------------------	------

Что в имени?	1183
---------------------	------

О журнале Химия и Химики	1200
---------------------------------	------

Обложка

Зимний лес (фотографии)	1201
Зимний лес (фотографии) ч.2	1219

Журнал для всех, кто интересуется наукой

Сайт журнала: <http://chemistry-chemists.com/>

Видео архив журнала Химия и Химики (видео эксперименты по химии):
<http://chemistry-chemists.com/Video.html>

Список рекомендованных учебников, практикумов и справочников по химии:
<http://chemistry-chemists.com/Uchebniki.html>

Научная библиотека с FTP доступом: <http://chemistry-chemists.com/forum/viewtopic.php?f=16&t=1096>

Форум журнала: <http://chemistry-chemists.com/forum/index.php>

Приглашаем всех желающих принять участие в работе форума.

Любые пожелания, предложения и замечания, а также отзывы вы можете написать непосредственно на форуме.

Адрес электронной почты: chemistryandchemists@gmail.com

Список замеченных опечаток: <http://chemistry-chemists.com/Issues/corrections.html>

По мере обнаружения опечаток и неточностей в прошлых номерах журнала, на сайте будут доступны номера с внесенными правками.

Мы благодарны всем читателям, которые разместили ссылки на сайт журнала <http://chemistry-chemists.com> на сайтах, форумах и в блогах.

Журнал предназначен исключительно для свободного распространения


Химия и другие науки



Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н.А.

Выберите элемент:

периоды	группы элементов													
	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A VIII B						
1	H ¹							He ²						
2	Li ³	Be ⁴	B ⁵	C ⁶	N ⁷	O ⁸	F ⁹	Ne ¹⁰						
3	Na ¹¹	Mg ¹²	Al ¹³	Si ¹⁴	P ¹⁵	S ¹⁶	Cl ¹⁷	Ar ¹⁸						
4	K ¹⁹	Ca ²⁰	Sc ²¹	Ti ²²	V ²³	Cr ²⁴	Mn ²⁵	Fe ²⁶	Co ²⁷	Ni ²⁸				
	Cu ²⁹	Zn ³⁰	Ga ³¹	Ge ³²	As ³³	Se ³⁴	Br ³⁵	Kr ³⁶						
5	Rb ³⁷	Sr ³⁸	Y ³⁹	Zr ⁴⁰	Nb ⁴¹	Mo ⁴²	Tc ⁴³	Ru ⁴⁴	Rh ⁴⁵	Pd ⁴⁶				
	Ag ⁴⁷	Cd ⁴⁸	In ⁴⁹	Sn ⁵⁰	Sb ⁵¹	Te ⁵²	I ⁵³	Xe ⁵⁴						
6	Cs ⁵⁵	Ba ⁵⁶	*La ⁵⁷	Hf ⁷²	Ta ⁷³	W ⁷⁴	Re ⁷⁵	Os ⁷⁶	Ir ⁷⁷	Pt ⁷⁸				
	Au ⁷⁹	Hg ⁸⁰	Tl ⁸¹	Pb ⁸²	Bi ⁸³	Po ⁸⁴	At ⁸⁵	Rn ⁸⁶						
7	Fr ⁸⁷	Ra ⁸⁸	**Ac ⁸⁹	Rf ¹⁰⁴	Db ¹⁰⁵	Sg ¹⁰⁶	Bh ¹⁰⁷	Hs ¹⁰⁸	Mt ¹⁰⁹	Ds ¹¹⁰				
	Rg ¹¹¹													
*лантаноиды														
	Ce ⁵⁸	Pr ⁵⁹	Nd ⁶⁰	Pm ⁶¹	Sm ⁶²	Eu ⁶³	Gd ⁶⁴	Tb ⁶⁵	Dy ⁶⁶	Ho ⁶⁷	Er ⁶⁸	Tm ⁶⁹	Yb ⁷⁰	Lu ⁷¹
**актиноиды														
	Th ⁹⁰	Pa ⁹¹	U ⁹²	Np ⁹³	Pu ⁹⁴	Am ⁹⁵	Cm ⁹⁶	Bk ⁹⁷	Cf ⁹⁸	Es ⁹⁹	Fm ¹⁰⁰	Md ¹⁰¹	No ¹⁰²	Lr ¹⁰³
	-s-элементы		-p-элементы			-d-элементы			-f-элементы					

Водород, Hydrogenium, H (1) [перейти](#)
Гелий, Helium, He (2) [перейти](#)
Литий, Lithium, Li (3) [перейти](#)
Бериллий, Beryllium, Be (4) [перейти](#)
Бор, Borum, B (5) [перейти](#)
Углерод, Carboneum, C (6) [перейти](#)
Азот, Nitrogenium, N (7) [перейти](#)
Кислород, Oxygenium, O (8) [перейти](#)
Фтор, Fluorum, F (9) [перейти](#)
Неон, Neon, Ne (10) [перейти](#)
Натрий, Natrium, Na (11) [перейти](#)
Магний, Magnesium, Mg (12) [перейти](#)
Алюминий, Aluminium, Al (13) [перейти](#)
Кремний, Silicium, Si (14) [перейти](#)
Фосфор, Phosphorus, P (15) [перейти](#)
Сера, Sulfur, S (16) [перейти](#)
Хлор, Chlorum, Cl (17) [перейти](#)
Аргон, Argon, Ar (18) [перейти](#)
Калий, Kalium, K (19) [перейти](#)
Кальций, Calcium, Ca (20) [перейти](#)
Скандий, Scandium, Sc (21) [перейти](#)
Титан, Titanium, Ti (22) [перейти](#)
Ванадий, Vanadium, V (23) [перейти](#)
Хром, Chromium, Cr (24) [перейти](#)
Марганец, Manganum, Mn (25) [перейти](#)
Железо, Ferrum, Fe (26) [перейти](#)
Кобальт, Cobaltum, Co (27) [перейти](#)
Никель, Nickolum, Ni (28) [перейти](#)
Медь, Cuprum, Cu (29) [перейти](#)
Цинк, Zincum, Zn (30) [перейти](#)
Галлий, Gallium, Ga (31) [перейти](#)
Германий, Germanium, Ge (32) [перейти](#)
Мышьяк, Arsenicum, As (33) [перейти](#)
Селен, Selenium, Se (34) [перейти](#)
Бром, Bromum, Br (35) [перейти](#)
Криптон, Krypton, Kr (36) [перейти](#)
Рубидий, Rubidium, Rb (37) [перейти](#)
Стронций, Strontium, Sr (38) [перейти](#)
Иттрий, Yttrium, Y (39) [перейти](#)
Цирконий, Zirconium, Zr (40) [перейти](#)
Ниобий, Niobium, Nb (41) [перейти](#)
Молибден, Molybdenum, Mo (42) [перейти](#)
Технеций, Technetium, Tc (43) [перейти](#)
Рутений, Ruthenium, Ru (44) [перейти](#)
Родий, Rhodium, Rh (45) [перейти](#)
Палладий, Palladium, Pd (46) [перейти](#)
Серебро, Argentum, Ag (47) [перейти](#)
Кадмий, Cadmium, Cd (48) [перейти](#)
Индий, Indium, In (49) [перейти](#)
Олово, Stannum, Sn (50) [перейти](#)
Сурьма, Stibium, Sb (51) [перейти](#)
Теллур, Tellurium, Te (52) [перейти](#)
Иод, Iodum, I (53) [перейти](#)
Ксенон, Xenon, Xe (54) [перейти](#)
Цезий, Cesium, Cs (55) [перейти](#)
Барий, Barium, Ba (56) [перейти](#)

Лантан, Lanthanum, La (57) [перейти](#)
Церий, Cerium, Ce (58) [перейти](#)
Празеодим, Praseodymium, Pr (59) [перейти](#)
Неодим, Neodymium, Nd (60) [перейти](#)
Прометий, Promethium, Pm (61) [перейти](#)
Самарий, Samarium, Sm (62) [перейти](#)
Европий, Europium, Eu (63) [перейти](#)
Гадолиний, Gadolinium, Gd (64) [перейти](#)
Тербий, Terbium, Tb (65) [перейти](#)
Диспрозий, Dysprosium, Dy (66) [перейти](#)
Гольмий, Holmium, Ho (67) [перейти](#)
Эрбий, Erbium, Er (68) [перейти](#)
Тулий, Thulium, Tm (69) [перейти](#)
Иттербий, Ytterbium, Yb (70) [перейти](#)
Лютеций, Lutetium, Lu (71) [перейти](#)
Гафний, Hafnium, Hf (72) [перейти](#)
Тантал, Tantalum, Ta (73) [перейти](#)
Вольфрам, Wolfram, W (74) [перейти](#)
Рений, Rhenium, Re (75) [перейти](#)
Осмий, Osmium, Os (76) [перейти](#)
Иридий, Iridium, Ir (77) [перейти](#)
Платина, Platinum, Pt (78) [перейти](#)
Золото, Aurum, Au (79) [перейти](#)
Ртуть, Hydrargyrum, Hg (80) [перейти](#)
Таллий, Thallium, Tl (81) [перейти](#)
Свинец, Plumbum, Pb (82) [перейти](#)
Висмут, Bismuthum, Bi (83) [перейти](#)
Полоний, Polonium, Po (84) [перейти](#)
Астат, Astatium, At (85) [перейти](#)
Радон, Radon, Rn (86) [перейти](#)
Франций, Francium, Fr (87) [перейти](#)
Радий, Radium, Ra (88) [перейти](#)
Актиний, Actinium, Ac (89) [перейти](#)
Торий, Thorium, Th (90) [перейти](#)
Протактиний, Protactinium, Pa (91) [перейти](#)
Уран, Uranum, U (92) [перейти](#)
Нептуний, Neptunium, Np (93) [перейти](#)
Плутоний, Plutonium, Pu (94) [перейти](#)
Америций, Americium, Am (95) [перейти](#)
Кюрий, Curium, Cm (96) [перейти](#)
Беркелий, Berkelium, Bk (97) [перейти](#)
Калифорний, Californium, Cf (98) [перейти](#)
Эйнштейний, Einsteinium, Es (99) [перейти](#)
Фермий, Fermium, Fm (100) [перейти](#)
Менделевий, Mendeleevium, Md (101) [перейти](#)
Нобелий, Nobelium, No (102) [перейти](#)
Лоуренсий, Lawrencium, Lr (103) [перейти](#)
Резерфордий, Rutherfordium, Rf (104) [перейти](#)
Дубний, Dubnium, Db (105) [перейти](#)
Сиборгий, Siborgovium, Sg (106) [перейти](#)
Борий, Bohrium, Bh (107) [перейти](#)
Хассий, Hassium, Hs (108) [перейти](#)
Мейтнерий, Meitnerium, Mt (109) [перейти](#)
Дармштадтий, Darmstadtium, Ds (110) [перейти](#)
Рентгений, Roentgenium, Rg (111) [перейти](#)

Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н.А.

Водород, Hydrogenium, H (1)

Как горючий (воспламеняемый) воздух водород известен довольно давно. Его получали действием кислот на металлы, наблюдали горение и взрывы гремучего газа Парацельс, Бойль, Лемери и другие ученые XVI - XVIII вв. С распространением теории флогистона некоторые химики пытались получить водород в качестве "свободного флогистона". В диссертации Ломоносова "О металлическом блеске" описано получение водорода действием "кислотных спиртов" (например, "соляного спирта", т. е. соляной кислоты) на железо и другие металлы; русский ученый первым (1745) выдвинул гипотезу о том, что водород ("горючий пар" - *vapor inflammabilis*) представляет собой флогистон. Кавендиш, подробно исследовавший свойства водорода, выдвинул подобную же гипотезу в 1766 г. Он называл водород "воспламеняемым воздухом", полученным из "металлов" (*inflammable air from metals*), и полагал, как и все флогистики, что при растворении в кислотах металл теряет свой флогистон. Лавуазье, занимавшийся в 1779 г. исследованием состава воды путем ее синтеза и разложения, назвал водород Hydrogine (водород), или Hydrogene (водород), от греч. *гидро* - вода и *гайноме* - производю, рождаю.

Номенклатурная комиссия 1787 г. приняла словопроизводство Hydrogene от *геннао* - рождаю. В "Таблице простых тел" Лавуазье водород (Hydrogene) упомянут в числе пяти (свет, теплота, кислород, азот, водород) "простых тел, относящихся ко всем трем царствам природы и которые следует рассматривать как элементы тел"; в качестве старых синонимов названия Hydrogene Лавуазье называет горючий газ (*gaz inflammable*), основание горючего газа. В русской химической литературе конца XVIII и начала XIX в. встречаются два рода названий водорода: флогистические (горючий газ, горючий воздух, воспламеняемый воздух, загораемый воздух) и антифлогистические (водотвор, водотворное существо, водотворный газ, водородный газ, водород). Обе группы слов представляют собой переводы французских названий водорода.

Изотопы водорода были открыты в 30-х годах текущего столетия и быстро приобрели большое значение в науке и технике. В конце 1931 г. Юри, Брекуэдд и Мэрфи

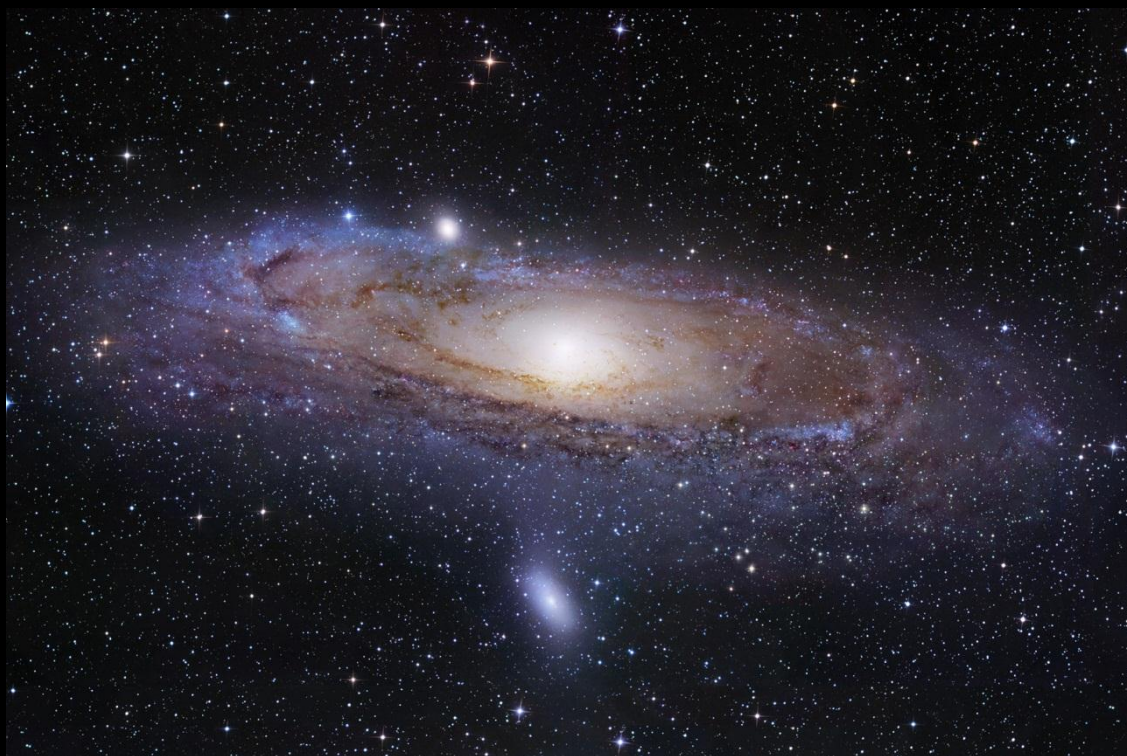
исследовали остаток после длительного выпаривания жидкого водорода и обнаружили в нем тяжелый водород с атомным весом 2. Этот изотоп назвали дейтерием (Deuterium, D) от греч. - другой, второй. Спустя четыре года в воде, подвергнутой длительному электролизу, был обнаружен еще более тяжелый изотоп водорода ^3H , который назвали тритием (Tritium, T), от греч. - третий.



Баллоны с водородом



Тихий океан из космоса. Большая часть поверхности Земли покрыта водой.



Водород - самый распространенный элемент во Вселенной.

Гелий, Helium, He (2)

В 1868 г. французский астроном Жансен наблюдал в Индии полное солнечное затмение и спектроскопически исследовал хромосферу солнца. Он обнаружил в спектре солнца яркую желтую линию, обозначенную им D₃, которая не совпадала с желтой линией D натрия. Одновременно с ним эту же линию в спектре солнца увидел английский астроном Локьер, который понял, что она принадлежит неизвестному элементу. Локьер совместно с Франкландом, у которого он тогда работал, решил назвать новый элемент гелием (от греч. *гелиос* - солнце). Затем новая желтая линия была обнаружена другими исследователями в спектрах "земных" продуктов; так, в 1881 г. итальянец Пальмиери обнаружил ее при исследовании пробы газа, отобранного в кратере Везувия.

Американский химик Гиллебранд, исследуя урановые минералы, установил, что они при действии крепкой серной кислоты выделяют газы. Сам Гиллебранд считал, что это азот. Рамзай, обративший внимание на сообщение Гиллебранда, подверг спектроскопическому анализу газы, выделяемые при обработке кислотой минерала клевета. Он обнаружил, что в газах содержатся азот, аргон, а также неизвестный газ, дающий яркую желтую линию. Не имея в своем распоряжении достаточно хорошего спектроскопа, Рамзай послал пробы нового газа Круксу и Локьеру, которые вскоре идентифицировали газ как гелий. В том же 1895 г. Рамзай выделил гелий из смеси газов; он оказался химически инертным, подобно аргону. Вскоре после этого Локьер, Рунге и Пашен выступили с

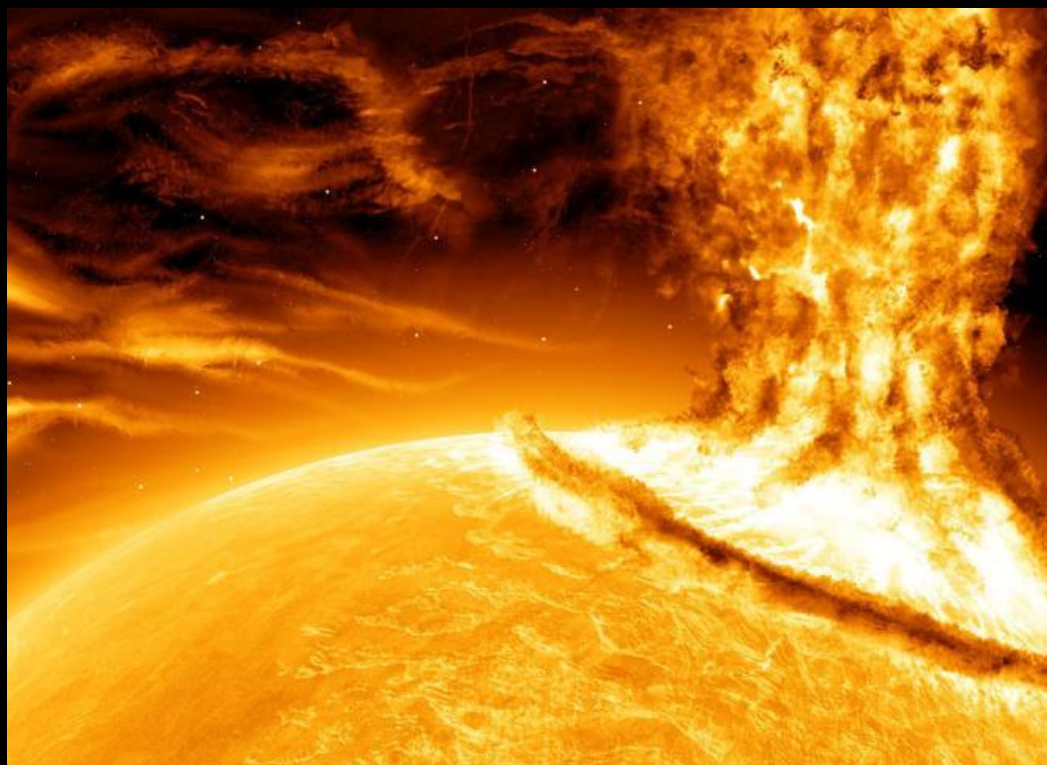
заявлением, что гелий состоит из смеси двух газов - ортогелий и парагелий; один из них дает желтую линию спектра, другой - зеленую. Этот второй газ они предложили назвать астерием (*Asterium*) от греч.- звездный. Совместно с Траверсом Рамзай проверил это утверждение и доказал, что оно ошибочно, так как цвет линии гелия зависит от давления газа.



Баллоны с гелием



Солнечное затмение



**Гелий образуется из водорода в результате термоядерной реакции.
Именно термоядерные реакции являются источником энергии для нашего
Солнца и многих миллиардов других звезд.**



Разрядная трубка с гелием

Литий, Lithium, Li (3)

Когда Дэви производил свои знаменитые опыты по электролизу щелочных земель, о существовании лития никто и не подозревал. Литиевая щелочная земля была открыта лишь в 1817 г. талантливым химиком-аналитиком, одним из учеников Берцелиуса Арфведсоном. В 1800 г. бразильский минералог де Андрада Сильва, совершая научное путешествие по Европе, нашел в Швеции два новых минерала, названных им петалитом и сподуменом, причем первый из них через несколько лет был вновь открыт на острове Уте. Арфведсон заинтересовался петалитом, произвел полный его анализ и обнаружил необъяснимую вначале потерю около 4% вещества. Повторяя анализы более тщательно, он установил, что в петалите содержится "огнепостоянная щелочь до сих пор неизвестной природы". Берцелиус предложил назвать ее литионом (*Lithion*), поскольку эта щелочь, в отличие от кали и натрия, впервые была найдена в "царстве минералов" (камней); название это произведено от греч.- камень. Позднее Арфведсон обнаружил литиевую землю, или литину, и в некоторых других минералах, однако его попытки выделить свободный металл не увенчались успехом. Очень небольшое количество металлического лития было получено Дэви и Бранде путем электролиза щелочи. В 1855 г. Бунзен и Маттессен разработали промышленный способ получения металлического лития электролизом хлорида лития. В русской химической литературе начала XIX в. встречаются названия: литион, литин (Двигубский, 1826) и литий (Гесс); литиевую землю (щелочь) называли иногда литина.



Литий



Литий-полимерные аккумуляторы широко используются в современной технике.

Бериллий, Beryllium, Be (4)

Содержащие бериллий минералы (драгоценные камни) - берилл, смарагд, изумруд, аквамарин и др. - известны с глубокой древности. Некоторые из них добывались на Синайском полуострове еще в XVII в. до н. э. В Стокгольмском папирусе (III в.) описываются способы изготовления поддельных камней. Название берилл встречается у греческих и латинских (*Beryll*) античных писателей и в древнерусских произведениях, например в "Изборнике Святослава" 1073 г., где берилл фигурирует под названием вируллион. Исследование химического состава драгоценных минералов этой группы началось, однако, лишь в конце XVIII в. с наступлением химико-аналитического периода. Первые анализы (Клапрот, Биндгейм и др.) не обнаружили в берилле ничего особенного. В конце XVIII в. известный минералог аббат Гаюи обратил внимание на полное сходство кристаллического строения берилла из Лиможа и смарагда из Перу. Вокелен произвел химический анализ обоих минералов (1797) и обнаружил в обоих новую землю, отличную от алюмины. Получив соли новой земли, он установил, что некоторые из них обладают сладким вкусом, почему и назвал новую землю глюцина (*Glucina*) от греч. - сладкий. Новый элемент, содержащийся в этой земле, был назван соответственно глюцинием (*Glucinium*). Это название употреблялось во Франции в XIX в., существовал даже символ - **Gl**. Клапрот, будучи противником наименования новых элементов по случайным свойствам их соединений, предложил именовать глюциний бериллием (*Beryllium*), указав,

что сладким вкусом обладают соединения и других элементов. Металлический бериллий был впервые получен Велером и Бусси в 1728 г. путем восстановления хлорида бериллия металлическим калием. Отметим здесь выдающиеся исследования русского химика И. В. Авдеева по атомному весу и составу окисла бериллия (1842). Авдеев установил атомный вес бериллия 9,26 (совр. 9,0122), тогда как Берцелиус принимал его равным 13,5, и правильную формулу окисла.

О происхождении названия минерала берилл, от которого образовано слово бериллий, существует несколько версий. А. М. Васильев (по Диргарту) приводит следующее мнение филологов: латинское и греческое названия берилла могут быть сопоставлены с праkritским *veluriya* и санскритским *vaidurya*. Последнее является названием некоторого камня и происходит от слова *vidura* (очень далеко), что, по-видимому, означает какую-то страну или гору. Мюллер предложил другое объяснение: *vaidurya* произошло от первоначального *vaidarya* или *vaidalya*, а последнее от *vidala* (кошка). Иначе говоря, *vaidurya* означает приблизительно "кошачий глаз". Рай указывает, что в санскрите топаз, сапфир и коралл считались кошачьим глазом. Третье объяснение дает Липпман, который считает, что слово берилл обозначало какую-то северную страну (откуда поступали драгоценные камни) или народ. В другом месте Липпман отмечает, что Николай Кузанский писал, что немецкое *Brille* (очки) происходит от варварско-латинского *berillus*. Наконец, Лемери, объясняя слово берилл (*Beryllus*), указывает, что *Berillus*, или *Verillus*, означает "мужской камень".

В русской химической литературе начала XIX в. глюцина называлась - сладимая земля, сладозем (Севергин, 1815), сладкозем (Захаров, 1810), глюцина, глицина, основание глициновой земли, а элемент именовался глицинием, глицинитом, глицием, сладимцем и пр. Гизе предложил название бериллий (1814). Гесс, однако, придерживался названия глиций; его употреблял в качестве синонима и Менделеев (1-е изд. "Основ химии").



Бериллий



Берилл - двойной силикат бериллия и алюминия; встречается в виде призматических кристаллов, иногда крупных (отдельные кристаллы достигают длины 6 м при весе 10-12 кг). Цвет зависит от примесей, чаще всего желтоватый, зеленоватый, голубоватый, буроватый. Некоторые из разновидностей берилла относятся к драгоценным камням.

Бор, Borum, В (5)

Природные соединения бора (англ. *Boron*, франц. *Bore*, нем. *Bor*), главным образом нечистая бура, известны с раннего средневековья. Под названиями тинкал, тинкар или аттинкар (*Tinkal, Tinkar, Attinkar*) бура ввозилась в Европу из Тибета; она употреблялась для пайки металлов, особенно золота и серебра. В Европе тинкал назывался чаще боракс (*Borax*) от арабского слова *bauraq* и персидского - *burah*. Иногда боракс, или бороко, обозначал различные вещества, например соду (нитрон). Руланд (1612) называет боракс хризоколлой - смолой, способной "склеивать" золото и серебро. Лемери (1698) тоже называет боракс "клеем золота" (*Auricolla, Chrisocolla, Gluten auri*). Иногда боракс обозначал нечто вроде "узды золота" (*capistrum auri*). В Александрийской,

эллинистической и византийской химической литературе борахи и борахон, а также в арабской (*bauraq*) обозначали вообще щелочь, например *bauraq arman* (армянский борак), или соду, позже так стали называть буру.

В 1702 г. Гомберг, прокаливая буру с железным купоросом, получил "соль" (борную кислоту), которую стали называть "успокоительной солью Гомберга" (*Sal sedativum Hombergii*); эта соль нашла широкое применение в медицине. В 1747 г. Барон синтезировал буру из "успокоительной соли" и натрона (сода). Однако состав буры и "соли" оставался неизвестным до начала XIX в. В "Химической номенклатуре" 1787 г. фигурирует название *horacique acid* (борная кислота). Лавуазье в "Таблице простых тел" приводит *radical boracique*. В 1808 г. Гей-Люссаку и Тенару удалось выделить свободный бор из борного ангидрида, нагревая последний с металлическим калием в медной трубке; они предложили назвать элемент бора (*Bora*) или бор (*Bore*). Дэви, повторивший опыты Гей-Люссака и Тенара, тоже получил свободный бор и назвал его бораций (*Boracium*). В дальнейшем у англичан это название было сокращено до *Boron*. В русской литературе слово бура встречается в рецептурных сборниках XVII - XVIII вв. В начале XIX в. русские химики называли бор буротвором (Захаров, 1810), буроном (Страхов, 1825), основанием буровой кислоты, бурацином (Севергин, 1815), борием (Двигубский, 1824). Переводчик книги Гизе называл бор бурием (1813). Кроме того, встречаются названия бурит, борон, буронит и др.



Бор



Минерал бора (декагидрат тетрабората натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)

Углерод, Carboneum, C (6)

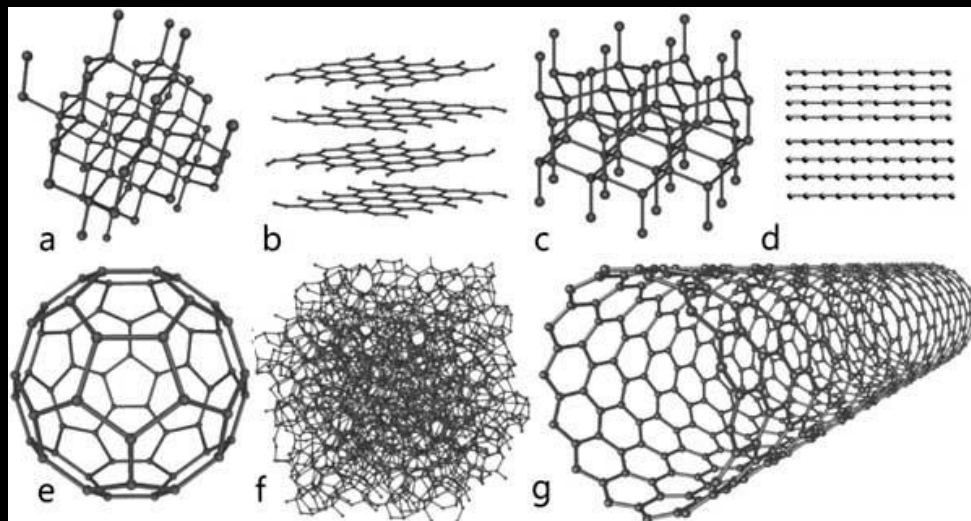
Углерод (англ. *Carbon*, франц. *Carbone*, нем. *Kohlenstoff*) в виде угля, копоти и сажи известен человечеству с незапамятных времен; около 100 тыс. лет назад, когда наши предки овладели огнем, они каждодневно имели дело с углем и сажей. Вероятно, очень рано люди познакомились и с аллотропическими видоизменениями углерода - алмазом и графитом, а также с ископаемым каменным углем. Не удивительно, что горение углеродсодержащих веществ было одним из первых химических процессов, заинтересовавших человека. Так как горящее вещество исчезало, пожираемое огнем, горение рассматривали как процесс разложения вещества, и поэтому уголь (или углерод) не считали элементом. Элементом был огонь - явление, сопровождающее горение; в учениях об элементах древности огонь обычно фигурирует в качестве одного из элементов. На рубеже XVII - XVIII вв. возникла теория флогистона, выдвинутая Бехером и Шталем. Эта теория признавала наличие в каждом горючем теле особого элементарного вещества - невесомого флюида - флогистона, улетучивающегося в процессе горения. Так как при сгорании большого количества угля остается лишь немного золы, флогистики полагали, что уголь - это почти чистый флогистон. Именно этим объясняли, в частности, "флогистирующее" действие угля, - его способность восстанавливать металлы из "известей" и руд. Позднейшие флогистики - Реомюр, Бергман и др. - уже начали понимать, что уголь представляет собой элементарное вещество. Однако впервые таковым "чистый уголь" был признан Лавуазье, исследовавшим процесс сжигания в воздухе и кислороде угля и других веществ. В книге Гитона де Морво, Лавуазье, Бертолле и Фуркруа "Метод химической номенклатуры" (1787) появилось название "углерода" (*carbone*) вместо французского "чистый уголь" (*charbone pur*). Под этим же названием

углерод фигурирует в "Таблице простых тел" в "Элементарном учебнике химии" Лавуазье. В 1791 г. английский химик Теннант первым получил свободный углерод; он пропускал пары фосфора над прокаленным мелом, в результате чего образовывался фосфат кальция и углерод. То, что алмаз при сильном нагревании сгорает без остатка, было известно давно. Еще в 1751 г. французский король Франц I согласился дать алмаз и рубин для опытов по сжиганию, после чего эти опыты даже вошли в моду. Оказалось, что сгорает лишь алмаз, а рубин (окись алюминия с примесью хрома) выдерживает без повреждения длительное нагревание в фокусе зажигательной линзы. Лавуазье поставил новый опыт по сжиганию алмаза с помощью большой зажигательной машины, и пришел к выводу, что алмаз представляет собой кристаллический углерод. Второй аллотроп углерода - графит - в алхимическом периоде считался видоизмененным свинцовым блеском и назывался *plumbago*; только в 1740 г. Потт обнаружил отсутствие в графите какой-либо примеси свинца. Шееле исследовал графит (1779) и, будучи флогистиком, считал его сернистым телом особого рода, особым минеральным углем, содержащим связанную "воздушную кислоту" (CO_2) и большое количество флогистона.

Двадцать лет спустя Гитон де Морво путем осторожного нагревания превратил алмаз в графит, а затем в угольную кислоту.

Международное название *Carboneum* происходит от лат. *carbo* (уголь). Слово это очень древнего происхождения. Его сопоставляют с *cremare* - гореть; корень *car, cal*, русское гар, гал, гол, санскритское ста означает кипятить, варить. Со словом "*carbo*" связаны названия углерода и на других европейских языках (*carbon, charbone* и др.). Немецкое *Kohlenstoff* происходит от *Kohle* - уголь (старогерманское *kolo*, шведское *kylla* - нагревать). Древнерусское угорати, или угарати (обжигать, опалить) имеет корень гар, или гор, с возможным переходом в гол; уголь по-древнерусски югъль, или угъль, того же происхождения. Слово алмаз (*Diamante*) происходит от древнегреческого - несокрушимый, непреклонный, твердый, а графит от греческого - пишу.

В начале XIX в. старое слово уголь в русской химической литературе иногда заменялось словом "углетвор" (Шерер, 1807; Севергин, 1815); с 1824 г. Соловьев ввел название углерод.



Кристаллические структуры аллотропных модификаций углерода: *a* - алмаз, *b* - графит, *c* - лонсдейлит (гексагональный алмаз), *d* - карбин, *e* - фуллерен C_{60} , *f* - аморфный углерод, *g* - одностенная углеродная нанотрубка.



Алмаз



Графит

Азот, Nitrogenium, N (7)

Азот (англ. *Nitrogen*, франц. *Azote*, нем. *Stickstoff*) был открыт почти одновременно несколькими исследователями. Кавендиш получил азот из воздуха (1772), пропуская последний через раскаленный уголь, а затем через раствор щелочи для поглощения углекислоты. Кавендиш не дал специального названия новому газу, упоминая о нем как о мефитическом воздухе (*Air mephitic* от латинского *mephitis* - удушливое или вредное испарение земли). Вскоре Пристли установил, что если в воздухе долгое время горит свеча или находится животное (мышь), то такой воздух становится непригодным для дыхания. Официально открытие азота обычно приписывается ученику Блэка - Рутерфорду, опубликовавшему в 1772 г. диссертацию (на степень доктора медицины) - "О фиксируемом воздухе, называемом иначе удушливым", где впервые описаны некоторые химические свойства азота. В эти же годы Шееле получил азот из атмосферного воздуха тем же путем, что и Кавендиш. Он назвал новый газ "испорченным воздухом" (*Verdorbene Luft*). Поскольку пропускание воздуха через раскаленный уголь рассматривалось химиками-флогистиками как его флогистирование, Пристли (1775) назвал азот флогистированным воздухом (*Air phlogisticated*). О флогистировании воздуха в своем опыте говорил ранее и Кавендиш. Лавуазье в 1776 - 1777 гг. подробно исследовал состав атмосферного воздуха и установил, что 4/5 его объема состоят из удушливого газа (*Air mofette* - атмосферный мофетт, или просто *Mofett*). Названия азота - флогистированный воздух, мефитический воздух, атмосферный мофетт, испорченный воздух и некоторые другие - употреблялись до признания в европейских странах новой химической номенклатуры, т. е. до выхода в свет известной книги "Метод химической номенклатуры" (1787).

Составители этой книги - члены номенклатурной комиссии Парижской академии наук - Гитон де Морво, Лавуазье, Бертолле и Фуркруа - приняли лишь несколько новых названий простых веществ, в частности, предложенные Лавуазье названия "кислород" и "водород". При выборе нового названия для азота комиссия, исходящая из принципов кислородной теории, оказалась в затруднении. Как известно, Лавуазье предлагал давать простым веществам такие названия, которые отражали бы их основные химические свойства. Соответственно, этому азоту следовало бы дать название "радикал нитрик" или "радикал селитряной кислоты". Такие названия, пишет Лавуазье в своей книге "Начала элементарной химии" (1789), основаны на старых терминах нитр или селитра, принятых в искусствах, в химии и в обществе. Они были бы весьма подходящими, но известно, что азот является также основанием летучей щелочи (аммиака), как это было незадолго до

этого установлено Бертолле. Поэтому название радикал, или основание селитряной кислоты, не отражает основных химических свойств азота. Не лучше ли остановиться на слове азот, которое, по мнению членов номенклатурной комиссии, отражает основное свойство элемента - его непригодность для дыхания и жизни. Авторы химической номенклатуры предложили производить слово азот от греческой отрицательной приставки "а" и слова жизнь. Таким образом, название азот, по их мнению, отражало его нежизненность, или безжизненность.

Однако слово азот придумано не Лавуазье и не его коллегами по комиссии. Оно известно с древности и употреблялось философами и алхимиками средневековья для обозначения "первичной материи (основы) металлов", так называемого ртурия философов, или двойного ртурия алхимиков. Слово азот вошло в литературу, вероятно, в первые столетия средневековья, как и многие другие зашифрованные и имевшие мистический смысл названия. Оно встречается в сочинениях многих алхимиков, начиная с Бэкона (XIII в.) - у Парацельса, Либавия, Валентина и др. Либавий указывает даже, что слово азот (*azoth*) происходит от старинного испано-арабского слова азок (*azoque* или *azoc*), обозначающего ртуть. Но более вероятно, что эти слова появились в результате искажений переписчиками коренного слова азот (*azot* или *azoth*). Теперь происхождение слова азот установлено более точно. Древние философы и алхимики считали "первичную материю металлов" альфой и омегой всего существующего. В свою очередь, это выражение заимствовано из Апокалипсиса - последней книги Библии: "я - альфа и омега, начало и конец, первый и последний". В древности и в средние века христианские философы считали приличным употреблять при написании своих трактатов только три языка, признававшихся "священными", - латинский, греческий и древнееврейский (надпись на кресте при распятии Христа по евангельскому рассказу была сделана на этих трех языках). Для образования слова азот были взяты начальные и конечные буквы алфавитов этих трех языков (а, альфа, алеф и зэт, омега, тов - AAZOT).

Составители новой химической номенклатуры 1787 г., и прежде всего инициатор ее создания Гитон де Морво, хорошо знали о существовании с древних времен слова азот. Морво отметил в "Методической энциклопедии" (1786) алхимическое значение этого термина. После опубликования "Метода химической номенклатуры" противники кислородной теории - флогистики - выступили с резкой критикой новой номенклатуры. Особенно, как отмечает сам Лавуазье в своем учебнике химии, критиковалось принятие "древних наименований". В частности, Ламетри - издатель журнала "*Observations sur la Physique*" - оплота противников кислородной теории, указывал на то, что слово азот

употреблялось алхимиками в другом смысле.

Несмотря на это, новое название было принято во Франции, а также и в России, заменив собою ранее принятые названия "флогистированный газ", "мофетт", "основание мофетта" и т. д.

Словообразование азот от греческого тоже вызвало справедливые замечания. Д. Н. Прянишников в своей книге "Азот в жизни растений и в земледелии СССР" (1945) совершенно правильно заметил, что словообразование от греческого "вызывает сомнения". Очевидно, эти сомнения имелись и у современников Лавуазье. Сам Лавуазье в своем учебнике химии (1789) употребляет слово азот наряду с названием "радикал нитрик" (*radical nitrique*).

Интересно отметить, что более поздние авторы, пытаясь, видимо, как-то оправдать неточность, допущенную членами номенклатурной комиссии, производили слово азот от греческого - дающий жизнь, животворный, создав искусственное слово "азотикос", отсутствующее в греческом языке (Диргарт, Реми и др.). Однако этот путь образования слова азот едва ли может быть признан правильным, так как производное слово для названия азот должно было бы звучать "азотикон".

Неудачность названия азот была очевидной для многих современников Лавуазье, вполне сочувствовавших его кислородной теории. Так, Шапталь в своем учебнике химии "Элементы химии" (1790) предложил заменить слово азот словом нитроген (нитрожен) и называл газ, соответственно воззрениям своего времени (каждая молекула газа представлялась окруженной атмосферой теплорода), "газ нитрожен" (*Gas nitrogene*). Свое предложение Шапталь подробно мотивировал. Одним из доводов послужило указание, что название, означающее безжизненный, могло бы с большими основаниями быть дано другим простым телам (обладающим, например, сильными ядовитыми свойствами). Название нитроген, принятое в Англии и в Америке, стало в дальнейшем основой международного названия элемента (*Nitrogenium*) и символа азота - N. Во Франции в начале XIX в. вместо символа N употребляли символ Az. В 1800 г. один из соавторов химической номенклатуры - Фуркруа предложил еще одно название - алкалиген (алкалижен - *alcaligene*), исходя из того, что азот является "основанием" летучей щелочи (*Alcali volatil*) - аммиака. Но это название не было принято химиками. Упомянем, наконец, название азота, которое употребляли химики-флогистики и, в частности, Пристли, в конце XVIII в. - септон (*Septon* от французского *Septique* - гнилостный). Это название

предложено, по-видимому, Митчелом - учеником Блэка, впоследствии работавшим в Америке. Дэви отверг это название. В Германии с конца XVIII в. и до настоящего времени азот называют *Stickstoff*, что означает "удушливое вещество".

Что касается старых русских названий азота, фигурировавших в разнообразных сочинениях конца XVIII - начала XIX в., то они таковы: удушливый гас, нечистый гас; мофетический воздух (все это переводы французского названия *Gas mofette*), удушливое вещество (перевод немецкого *Stickstoff*), флогистированный воздух, гас огорюченный, огорюченный воздух (флогистические названия - перевод термина, предложенного Пристли - *Plogisticated air*). Употреблялись также названия; испорченный воздух (перевод термина Шееле *Verdorbene Luft*), селитротвор, селитротворный гас, азот (перевод названия, предложенного Шаптале - *Nitrogene*), алкалиген, щелочетвор (термины Фуркря, переведенные на русский язык в 1799 и 1812 гг.), септон, гнилотвор (*Septon*) и др. Наряду с этими многочисленными названиями употреблялись и слова азот и азотический гас, особенно с начала XIX в.

В.Севергин в своем "Руководстве к удобнейшему разумению химических книг иностранных" (1815) объясняет слово азот следующим образом: "*Azoticum, Azotum, Azotozum* - азот, удушливое вещество"; "*Azote* - Азот, селитротвор"; "селитротворный газ, азотовый газ". Окончательно слово азот вошло в русскую химическую номенклатуру и вытеснило все другие названия после выхода в свет "Оснований чистой химии" Г. Гесса (1831).

Производные названия соединений, содержащих азот, образованы на русском и других языках либо от слова азот (азотная кислота, азосоединения и др.), либо от международного названия азотгениум (нитраты, нитросоединения и др.). Последний термин происходит от древних названий нитр, нитрум, нитрон, обозначавших обычно селитру, иногда - природную соду. В словаре Руланда (1612) сказано: "Нитрум, борах (*baurach*), селитра (*Sal petrosum*), нитрум, у немцев - *Salpeter, Bergsalz* - то же, что и *Sal petrae*".



Баллоны с азотом



Азот - основной компонент атмосферы Земли



Жидкий азот

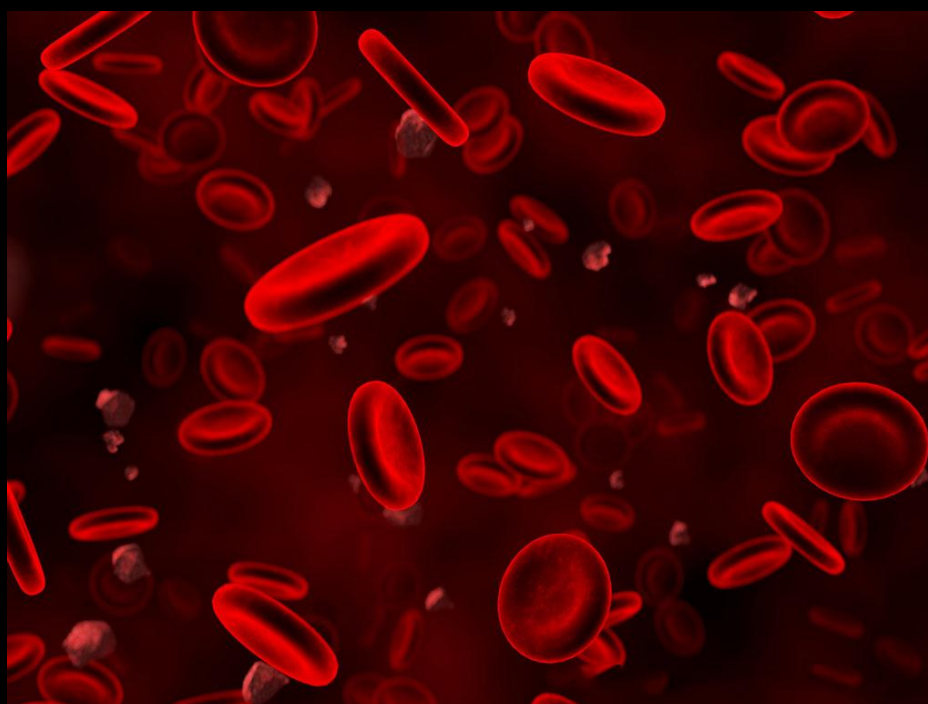
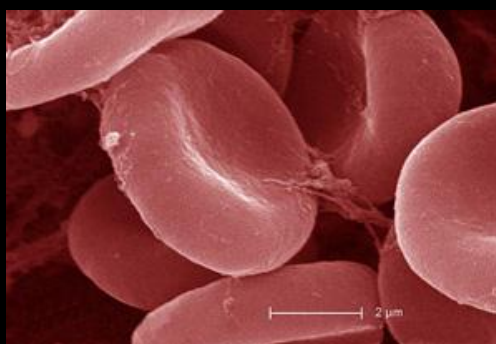
Кислород, Oxygenium, O (8)

Открытие кислорода (англ. *Oxygen*, франц. *Oxygene*, нем. *Sauerstoff*) ознаменовало начало современного периода развития химии. С глубокой древности было известно, что для горения необходим воздух, однако многие века процесс горения оставался непонятным. Лишь в XVII в. Майов и Бойль независимо друг от друга высказали мысль, что в воздухе содержится некоторая субстанция, которая поддерживает горение, но эта вполне рациональная гипотеза не получила тогда развития, так как представление о горении, как о процессе соединения горящего тела с некой составной частью воздуха, казалось в то время противоречащим столь очевидному факту, как то, что при горении имеет место разложение горящего тела на элементарные составные части. Именно на этой основе на рубеже XVII в. возникла теория флогистона, созданная Бехером и Шталем. С наступлением химико-аналитического периода развития химии (вторая половина XVIII в.) и возникновением "пневматической химии" - одной из главных ветвей химико-аналитического направления - горение, а также дыхание вновь привлекли к себе внимание исследователей. Открытие различных газов и установление их важной роли в химических процессах явилось одним из главных стимулов для систематических исследований процессов горения веществ, предпринятых Лавуазье. Кислород был открыт в начале 70-х годов XVIII в. Первое сообщение об этом открытии было сделано Пристли на заседании Английского королевского общества в 1775 г. Пристли, нагревая красную окись ртути большим зажигательным стеклом, получил газ, в котором свеча горела более ярко, чем в обычном воздухе, а тлеющая лучина вспыхивала. Пристли определил некоторые свойства нового газа и назвал его дефлогистированным воздухом (*daphlogisticated air*). Однако двумя годами ранее Пристли (1772) Шееле тоже получал кислород разложением окиси ртути и другими способами. Шееле назвал этот газ огненным воздухом (*Feuerluft*). Сообщение же о своем открытии Шееле смог сделать лишь в 1777 г. Между тем в 1775 г. Лавуазье выступил перед Парижской академией наук с сообщением, что ему удалось получить "наиболее чистую часть воздуха, который нас окружает", и описал свойства этой части воздуха. Вначале Лавуазье называл этот "воздух" эмпирейным, жизненным (*Air empireal, Air vital*), основанием жизненного воздуха (*Base de l'air vital*). Почти одновременное открытие кислорода несколькими учеными в разных странах вызвало споры о приоритете. Особенно настойчиво признания себя первооткрывателем добивался Пристли. По существу споры эти не окончились до сих пор. Подробное изучение свойств кислорода и его роли в процессах горения и образования окислов привело Лавуазье к неправильному выводу о том, что этот газ представляет собой кислотообразующее начало. В 1779 г. Лавуазье в соответствии с

этим выводом ввел для кислорода новое название - кислотообразующий принцип (*principe acidifiant ou principe oxugine*). Фигурирующее в этом сложном названии слово *oxugine* Лавуазье произвел от греч. - кислота и "я произвожу"



Жидкий кислород



Эритроциты (красные кровяные тельца) - клетки крови, ответственные за перенос кислорода.

Фтор, Fluorum, F (9)

Фтор (англ. *Fluorine*, франц. и нем. *Fluor*) получен в свободном состоянии в 1886 г., но его соединения были известны давно и широко применялись в металлургии и производстве стекла. Первые упоминания о флюорите (CaF_2) под названием плавиковый шпат (*Fliisspat*) относятся к XVI в. В одном из сочинений, приписываемых легендарному Василию Валентину, упоминаются окрашенные в различные цвета камни - флюссе (*Fliisse* от лат. *fluere* - течь, литься), которые применялись в качестве плавней при выплавке металлов. Об этом же пишут Агрикола и Либавиус. Последний вводит особые названия для этого плавня - плавиковый шпат (*Flusspat*) и минеральный плавик. Многие авторы химико-технических сочинений XVII и XVIII вв. описывают разные виды плавикового шпата. В России эти камни именовались плавик, спалт, спат; Ломоносов относил эти камни к разряду селенитов и называл шпатам или флусом (флус хрустальный). Русские мастера, а также собиратели коллекций минералов (например, в XVIII в. князь П. Ф. Голицын) знали, что некоторые виды шпатов при нагревании (например, в горячей воде) светятся в темноте. Впрочем, еще Лейбниц в своей истории фосфора (1710) упоминает в связи с этим о термофосфоре (*Thermophosphorus*).

По-видимому, химики и химики-ремесленники познакомились с плавиковой кислотой не позднее XVII в. В 1670 г. нюрнбергский ремесленник Шванхард использовал плавиковый шпат в смеси с серной кислотой для вытравливания узоров на стеклянных бокалах. Однако в то время природа плавикового шпата и плавиковой кислоты была совершенно неизвестна. Полагали, например, что протравливающее действие в процессе Шванхарда оказывает кремневая кислота. Это ошибочное мнение устранил Шееле, доказав, что при взаимодействии плавикового шпата с серной кислотой кремневая кислота получается в результате разъедания стеклянной реторты образующейся плавиковой кислотой. Кроме того, Шееле установил (1771), что плавиковый шпат представляет собой соединение известковой земли с особой кислотой, которая получила название "шведская кислота". Лавуазье признал радикал плавиковой кислоты (*radical fluorique*) простым телом и включил его в свою таблицу простых тел. В более или менее чистом виде плавиковая кислота была получена в 1809 г. Гей-Люссаком и Тенаром путем перегонки плавикового шпата с серной кислотой в свинцовой или серебряной реторте. При этой операции оба исследователя получили отравление. Истинную природу плавиковой кислоты установил в 1810 г. Ампер. Он отверг мнение Лавуазье о том, что в плавиковой кислоте должен содержаться кислород, и доказал аналогию этой кислоты с хлористоводородной кислотой. О своих выводах Ампер сообщил Дэви, который незадолго до этого установил

элементарную природу хлора. Дэви полностью согласился с доводами Ампера и затратил немало усилий на получение свободного фтора электролизом плавиковой кислоты и другими путями. Принимая во внимание сильное разъедающее действие плавиковой кислоты на стекло, а также на растительные и животные ткани, Ампер предложил назвать элемент, содержащийся в ней, фтором (греч. - разрушение, гибель, мор, чума и т. д.). Однако Дэви не принял этого названия и предложил другое - флюорин (*Fluorine*) по аналогии с тогдашним названием хлора - хлорин (*Chlorine*), оба названия до сих пор употребляются в английском языке. В русском языке сохранилось название, данное Ампером.

Многочисленные попытки выделить свободный фтор в XIX в. не привели к успешным результатам. Лишь в 1886 г. Муассану удалось сделать это и получить свободный фтор в виде газа желто-зеленого цвета. Так как фтор является необычайно агрессивным газом, Муассану пришлось преодолеть множество затруднений, прежде чем он нашел материал, пригодный для аппаратуры в опытах со фтором. U-образная трубка для электролиза фтористоводородной кислоты при минус 55°C (охлаждаемая жидким хлористым метилом) была сделана из платины с пробками из плавикового шпата. После того, как были исследованы химические и физические свойства свободного фтора, он нашел широкое применение. Сейчас фтор - один из важнейших компонентов синтеза фторорганических веществ широкого ассортимента. В русской литературе начала XIX в. фтор именовался по-разному: основание плавиковой кислоты, флуорин (Двигубский, 1824), плавиковость (Иовский), флюор (Щеглов, 1830), флуор, плавик, плавикотвор. Гесс с 1831 г. ввел в употребление название фтор.



Газообразный фтор



Плави́ковый шпат, или флюорит



Тефлон - важнейший фторорганический полимер

Неон, Neon, Ne (10)

Этот элемент открыт Рамзаем и Траверсом в 1898 г., через несколько дней после открытия криптона. Ученые отобрали первые пузырьки газа, образующегося при испарении жидкого аргона, и установили, что спектр этого газа указывает на присутствие нового элемента. Рамзай так рассказывает о выборе названия для этого элемента:

"Когда мы в первый раз рассматривали его спектр, при этом находился мой 12-летний сын.

- Отец, - сказал он, - как называется этот красивый газ?

- Это еще не решено, - ответил я.

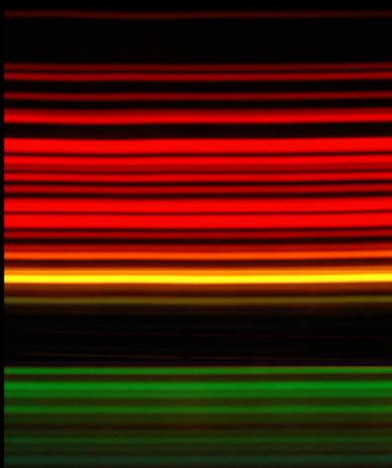
- Он новый? - любопытно спросил сын.

- Новооткрытый, - возразил я.

- Почему бы в таком случае не назвать его *Novum*, отец?

- Это не подходит, потому что *novum* не греческое слово, - ответил я. - Мы назовем его неоном, что по-гречески значит новый.

Вот таким то образом газ получил свое название".



Спектр атомов неона при слабом электрическом разряде



Электрический разряд в неоновой трубке.
Сегодня сложно представить себе крупные города без света неоновых вывесок.

Открытие элементов и происхождение их названий

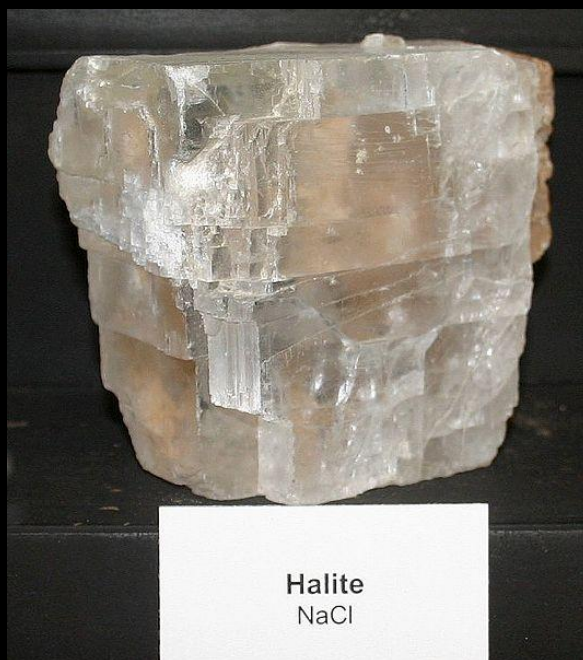
Фигурновский Н. А.

Натрий, Natrium, Na (11)

Название "натрий" (англ. и франц. *Sodium*, нем. *Natrium*) происходит от древнего слова, распространенного в Египте, у древних греков (*νίτρον*) и римлян. Оно встречается у Плиния (*Nitron*), у других древних авторов и соответствует древнееврейскому нетер (*neter*). В древнем Египте натроном, или нитроном, называли вообще щелочь, получаемую не только из природных содовых озер, но и из золы растений. Ее употребляли для мытья, изготовления глазурей, при мумификации трупов. В средние века название нитрон (*nitron*, *natron*, *nataron*), а также борах (*baurach*), относилось и к селитре (*Nitrum*). Арабские алхимики называли щелочи *alkali*. С открытием пороха в Европе селитру (*Sal Petrae*) стали строго отличать от щелочей, и в XVII в. уже различали нелетучие, или фиксированные щелочи, и летучую щелочь (*Alkali volatile*). Вместе с тем было установлено различие между растительной (*Alkali fixum vegetabile* - поташ) и минеральной щелочью (*Alkali fixum minerale* - сода). В конце XVIII в. Клапрот ввел для минеральной щелочи название натрон (*Natron*), или натр, и для растительной - кали (*Kali*). Лавуазье не поместил щелочи в "Таблицу простых тел", указав в примечании к ней, что это, вероятно, сложные вещества, которые когда-нибудь будут разложены. Действительно, в 1807 г. Дэви путем электролиза слегка увлажненных твердых щелочей получил свободные металлы - калий и натрий, назвав их потассий (*Potassium*) и содий (*Sodium*). В следующем году Гильберт, издатель известных "Анналов физики", предложил именовать новые металлы калием и натронием (*Natronium*); Берцелиус сократил последнее название до "натрий" (*Natrium*). В начале XIX в. в России натрий называли содием (Двигубский, 1826; Соловьев, 1824); Страхов предлагал название содь (1825). Соли натрия назывались, например, сернокислая сода, гидрохлоровая сода и одновременно уксусный натр (Двигубский, 1828). Гесс, по примеру Берцелиуса, ввел название натрий.



Натрий



Минерал галит - хлорид натрия



Карбонат натрия (сода)

Магний, Magnesium, Mg (12)

Название магнезия встречается уже в Лейденском папирусе X (III в.). Оно происходит, вероятно, от названия города в гористой местности Фессалии - Магнисия. Магнесийским камнем в древности назывались магнитная окись железа, а магнесом - магнит. Эти названия перешли в латинский и другие языки. Видимо, внешнее сходство магнитной окиси железа с пиролизитом (двуокисью марганца) привело к тому, что магнесийским камнем, магнетисом и магне стали называть минералы и руды темной и темно-коричневой окраски, а в дальнейшем и другие минералы. В алхимической литературе слово магнаес (*Magnes*) обозначало многие вещества, например ртуть, эфиопский камень, гераклийский камень. Минералы, содержащие магний, тоже были известны с глубокой древности (доломит, тальк, асбест, нефрит и др.) и уже тогда находили широкое применение. Однако их считали не индивидуальными веществами, а видоизменениями других, более известных минералов, чаще всего извести.

Установить тот факт, что в магнийсодержащих минералах и солях присутствует особое металлическое основание, помогли исследования минеральной воды Эпсомского источника в Англии, открытого в 1618 г. Твердую соль из горькой эпсомской воды выделил в 1695 г. Грю, указав при этом, что по своей природе эта соль заметно отличается от всех других солей. В XVIII в. эпсомской солью занимались многие видные химики-аналитики - Бергман, Нейман, Блэк и др. Когда в континентальной Европе были открыты источники воды, подобной эпсомской, эти исследования расширились еще больше. По-видимому, Нейман первым предложил называть эпсомскую соль (карбонат магния) белой магнесией в отличие от черной магнесии (пиролюзита). Земля белой магнесии (*Magnesia alba*) под названием магнезия фигурирует в списке простых тел Лавуазье, причем синонимом этой земли Лавуазье считает "основание эпсомской соли" (*base de sel d'Epsom*). В русской литературе начала XIX в. магнезия именовалась иногда горькоземом. В 1808 г. Дэви, подвергая белую магнесию электролизу, получил немного нечистого металлического магния; в чистом виде этот металл был получен Бусси в 1829 г. Вначале Дэви предложил назвать новый металл магнием (*Magnium*) в отличие от магнесии, которая в то время обозначала металлическое основание пиролюзита (*Magnesium*). Однако, когда название черной магнесии было изменено, Дэви предпочел называть металл магнезией. Интересно, что первоначальное название магний уцелело только в русском языке благодаря учебнику Гесса. В начале XIX в. предлагались и другие названия - магнезь (Страхов), магнезий, горькоземий (Щеглов).



Металлический магний



Горение магния в водяных парах



Копия с Лейденского папируса. Этот папирус был найден в одном из погребений около г. Фивы. Папирус был приобретен голландским посланником в Египте и около 1828 г. поступил в Лейденский музей. Долгое время он не привлекал внимание исследователей и был прочитан лишь в 1885 г. М. Бергло.

Алюминий, Aluminium, Al (13)

Вяжущие вещества, содержащие алюминий, известны с глубокой древности. Однако под квасцами (лат. *Alumen* или *Alumin*, нем. *Alaun*), о которых говорится, в частности, у Плиния, в древности и в средние века понимали различные вещества. В "Алхимическом словаре" Руланда слово *Alumen* с добавлением различных определений приводится в 34 значениях. В частности, оно означало антимоний, *Alumen alafuri* - щелочную соль, *Alumen Alcori* - нитрум или щелочные квасцы, *Alumen creptum* - тартар (винный камень) хорошего вина, *Alumen fascioli* - щелочь, *Alumen odig* - нашатырь, *Alumen scoriole* - гипс и

т. д. Лемери, автор известного "Словаря простых аптекарских товаров" (1716), также приводит большой перечень разновидностей квасцов.

До XVIII в. соединения алюминия (квасцы и окись) не умели отличать от других, похожих по внешнему виду соединений. Лемери следующим образом описывает квасцы: "В 1754 г. Маргграф выделил из раствора квасцов (действием щелочи) осадок окиси алюминия, названной им "квасцовой землей" (*Alaunerde*), и установил ее отличие от других земель. Вскоре квасцовая земля получила название алюминия (*Alumina* или *Alumine*). В 1782 г. Лавуазье высказал мысль, что алюминия представляет собой окисел неизвестного элемента. В "Таблице простых тел" Лавуазье поместил алюмину (*Alumine*) среди "простых тел, солеобразующих, землистых". Здесь же приведены синонимы названия алюминия: аргила (*Argile*), квасцовая земля, основание квасцов. Слово аргила, или аргилла, как указывает Лемери в своем словаре, происходит от греч. - горшечная глина. Дальтон в своей "Новой системе химической философии" приводит специальный знак для алюмины и дает сложную структурную (!) формулу квасцов.

После открытия с помощью гальванического электричества щелочных металлов Дэви и Берцелиус безуспешно пытались выделить тем же путем металлический алюминий из глинозема. Лишь в 1825 г. задача была решена датским физиком Эрстедом химическим способом. Он пропускал хлор через раскаленную смесь глинозема с углем, и полученный безводный хлористый алюминий нагревал с амальгамой калия. После испарения ртути, пишет Эрстед, получался металл, похожий по внешнему виду на олово. Наконец, в 1827 г. Велер выделил металлический алюминий более эффективным способом - нагреванием безводного хлористого алюминия с металлическим калием.

Около 1807 г. Дэви, пытавшийся осуществить электролиз глинозема, дал название предполагаемому в нем металлу алюмиум (*Alumium*) или алюминум (*Aluminum*). Последнее название с тех пор прижилось в США, в то время как в Англии и других странах принято предложенное впоследствии тем же Дэви название алюминию (*Aluminium*). Вполне ясно, что все эти названия произошли от латинского слова квасцы (*Alumen*), насчет происхождения которого существуют разные мнения, базирующиеся на свидетельствах различных авторов, начиная с древности. Так, А. М. Васильев, отмечая неясное происхождение этого слова, приводит мнение некоего Исидора (очевидно Исидора Севильского, епископа, жившего в 560-636 гг., - энциклопедиста, занимавшегося, в частности, этимологическими исследованиями): "*Alumen* называют *a lumen*, так как он придает краскам *lumen* (свет, яркость), будучи добавлен при крашении". Однако это, хотя

и очень давнее, объяснение не доказывает, что слово *alumen* имеет именно такие истоки. Здесь вполне вероятно лишь случайная тавтология. Лемери (1716) в свою очередь указывает, что слово *alumen* связано с греческим (халми), означающим соленость, соляной раствор, рассол и пр.

Русские названия алюминия в первые десятилетия XIX в. довольно разнообразны. Каждый из авторов книг по химии этого периода, очевидно, стремился предложить свое название. Так, Захаров именует алюминий глиноземом (1810), Гизе - алюмием (1813), Страхов - квасцом (1825), Иовский - глинистостью, Щеглов - глиноземием (1830). В "Магазине Двигубского" (1822-1830) глинозем называется алюмин, алюмина, алюмин (например, фосфорно-кисловатая алюмина), а металл - алюминий и алюминий (1824). Гесс в первом издании "Оснований чистой химии" (1831) употребляет название глиноземий (*Aluminium*), а в пятом издании (1840) - глиний. Однако названия для солей он образует на основе термина глинозем, например сернокислый глинозем. Менделеев в первом издании "Основ химии" (1871) пользуется названиями алюминий и глиний. В дальнейших изданиях слово глиний уже не встречается.



Алюминий



Панорама Богословского алюминиевого завода в Свердловской области.

Кремний, Silicium, Si (14)

Природные соединения кремния или силиция (англ. *Silicon*, франц. и нем. *Silicium*) - двуокись кремния (кремнезема) - известны очень давно. Древние хорошо знали горный хрусталь, или кварц, а также драгоценные камни, представляющие собой окрашенный в разные цвета кварц (аметист, дымчатый кварц, хальцедон, хризопраз, топаз, оникс и др.) Элементарный кремний был получен лишь в XIX в., хотя попытки разложить кремнезем предпринимались еще Шееле и Лавуазье, Дэви (с помощью "Вольтова столба"), Гей-Люссаком и Тенаром (химическим путем). Берцелиус, стремясь разложить кремнезем, нагревал его в смеси с железным порошком и углем до 1500°C и получил при этом ферросилиций. Лишь в 1823 г. при исследованиях соединений плавиковой кислоты, в том числе SiF₄, он получил свободный аморфный кремний ("радикал кремнезема") взаимодействием паров фтористого кремния и калия. Сент Клер-Девилль в 1855 г. получил кристаллический кремний.

Название силиций или кизель (*Kiesel*, кремень) было предложено Берцелиусом. Еще ранее Томсон предложил название силикон (*Silicon*), принятое в Англии и США, по аналогии с борон (*Boron*) и карбон (*Carbon*). Слово силиций (*Silicium*) происходит от силика (кремнезем); окончание "а" было принято в XVIII и XIX вв. для обозначения земель (*Silica, Alumina, Thoria, Terbia, Glucina, Cadmia* и др.). В свою очередь слово силика связано с лат. *Silex* (крепкий, кремень).

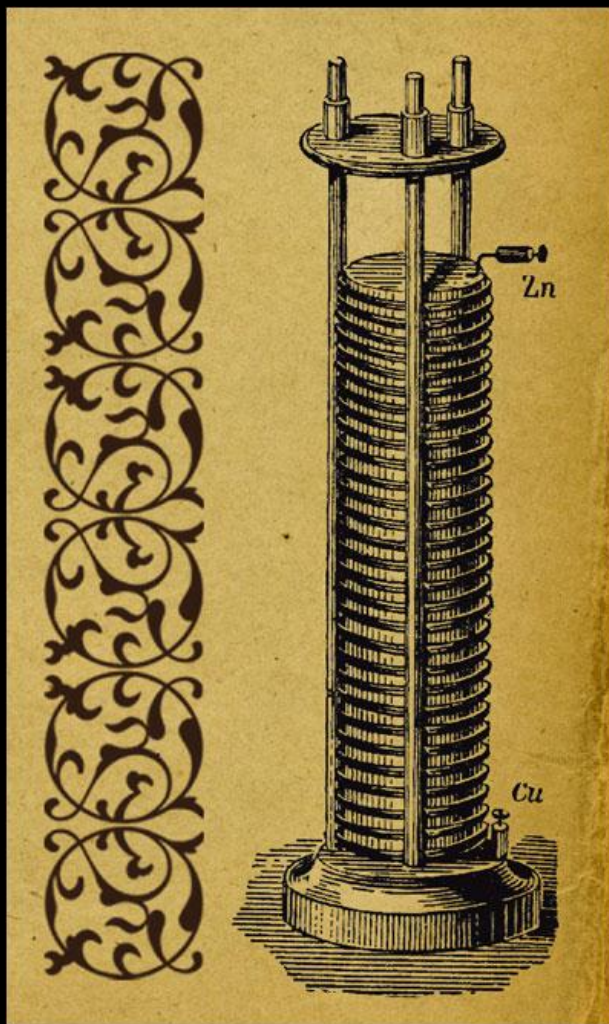
Русское название кремний происходит от древнеславянских слов кремень (название камня), кремык, крепкий, кресмень, кресати (ударять железом о ремень для получения искр) и др. В русской химической литературе начала XIX в. встречаются названия кремнезем (Захаров, 1810), силиций (Соловьев, Двигубский, 1824), кремень (Страхов, 1825), кремнистость (Иовский, 1827), кремнеземий и кремний (Гесс, 1831).



Кремний



Кварц (горный хрусталь)



Первый источник электрического тока был создан профессором физики А. Вольта. Источник состоял из медных и цинковых кружков, соединенных попарно через суконные прокладки, смоченные кислотой. Этот прибор известен под названием "Вольтова столба".

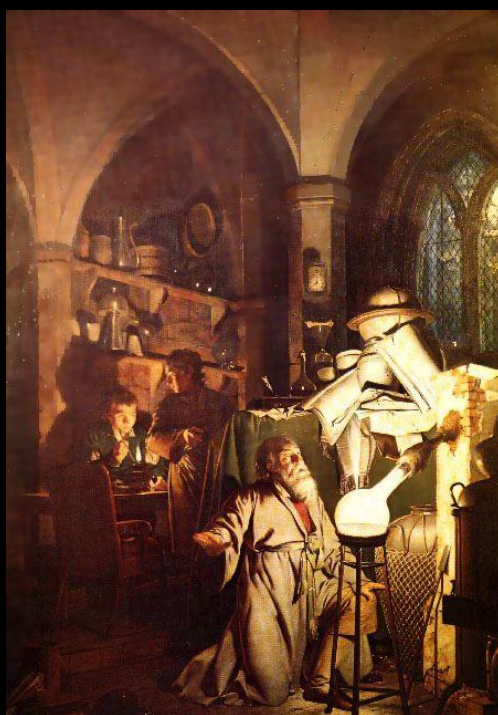
Фосфор, Phosphorus, P (15)

Обычно датой открытия фосфора считается 1669 г., однако имеются некоторые указания, что он был известен и ранее. Гефер, например, сообщает, что в алхимическом манускрипте из сборника, хранящегося в Парижской библиотеке, говорится о том, что еще около XII в. некто Алхид Бехиль получил при перегонке мочи с глиной и известью вещество, названное им "эскарбукль". Может быть, это и был фосфор, составляющий большой секрет алхимиков. Во всяком случае известно, что в поисках философского камня алхимики подвергали перегонке и другим операциям всевозможные материалы, в том числе мочу, экскременты, кости и т. д. С древних времен фосфорами называли вещества, способные светиться в темноте. В XVII в. был известен болонский фосфор - камень, найденный в горах вблизи Болоньи; после обжига на углях камень приобретал способность светиться. Описывается также "фосфор Балдуина", приготовленный

волостным старшиной Балдуином из прокаленной смеси мела и азотной кислоты. Свечение подобных веществ вызывало крайнее удивление и почиталось чудом. В 1669 г. гамбургский алхимик-любитель Бранд, разорившийся купец, мечтавший с помощью алхимии поправить свои дела, подвергал обработке самые разнообразные продукты. Предполагая, что физиологические продукты могут содержать "первичную материю", считавшуюся основой философского камня, Бранд заинтересовался человеческой мочой.

Он собрал около тонны мочи из солдатских казарм и выпаривал ее до образования сиропообразной жидкости. Эту жидкость он вновь дистиллировал и получил тяжелое красное "уринное масло". Перегнав это масло еще раз, он обнаружил на дне реторты остаток "мертвой головы" (*Caput mortuum*), казалось бы ни к чему непригодной. Однако, прокаливая этот остаток длительное время, он заметил, что в реторте появилась белая пыль, которая медленно оседала на дно реторты и явственно светилась. Бранд решил, что ему удалось извлечь из "маслянистой мертвой головы" элементарный огонь, и он с еще большим рвением продолжил опыты. Превратить этот "огонь" в золото ему, конечно, не удалось, но он все же держал в строгом секрете свое открытие фосфора (от греч. - свет и "несу", т. е. светноосца). Однако о секрете Бранда узнал некто Кункель, служивший в то время алхимиком и тайным камердинером у саксонского курфюрста. Кункель попросил своего сослуживца Крафта, отправлявшегося в Гамбург, выведать у Бранда какие-либо сведения о фосфоре. Крафт, однако, сам решил воспользоваться секретом Бранда. Он купил у него секрет за 200 талеров и, изготовив достаточное количество фосфора, отправился в путешествие по Европе, где с большим успехом демонстрировал перед знатными особами свечение фосфора. В частности, в Англии он показывал фосфор королю Карлу II и ученому Бойлю. Тем временем Кункелю удалось самому приготовить фосфор способом, близким к способу Бранда, и в отличие от последнего он широко рекламировал фосфор, умалчивая, однако, о секрете его изготовления. Это происходило в 70-х годах XVII в. В третий раз фосфор открыл Бойль в 1680 г., который, так же как и Кункель, опубликовал данные о свойствах фосфора, но о способе его получения сообщил в закрытом пакете лишь Лондонскому королевскому обществу; это сообщение было опубликовано только через 12 лет, уже после смерти Бойля. Фосфор не принес богатства Бранду и Бойлю, он обогатил Крафта и Кункеля. Особенно широкую производственную деятельность по изготовлению этого вещества развил ассистент Бойля Хэнквич: 50 лет он широко торговал фосфором по весьма высокой цене. В Голландии, например, унция (31,1 г) фосфора стоила в то время 16 дукатов. По поводу природы фосфора высказывались самые фантастические предположения. В XVIII в. фосфором занимались многие крупные ученые и среди них Маргграф,

усовершенствованный способ получения фосфора из мочи путем добавления к последней хлорида свинца (1743). В 1777 г. Шееле установил наличие фосфора в костях и рогах животных в виде фосфорной кислоты, связанной с известью. Некоторые авторы, впрочем, приписывают это открытие другому шведскому химику Гану, однако именно Шееле разработал способ получения фосфора из костей. Элементарным веществом фосфор был признан Лавуазье на основе его известных опытов по сжиганию фосфора в кислороде. В таблице простых тел Лавуазье поместил фосфор во второй группе простых тел, неметаллических, окисляющихся и дающих кислоты. С XIX в. фосфор получил широкое применение главным образом в виде солей, используемых для удобрения почв.



Картина Джозефа Райта «Алхимик, открывающий фосфор», предположительно описывающая открытие фосфора Хеннигом Брандом, 1771 г.



Аллотропные модификации фосфора

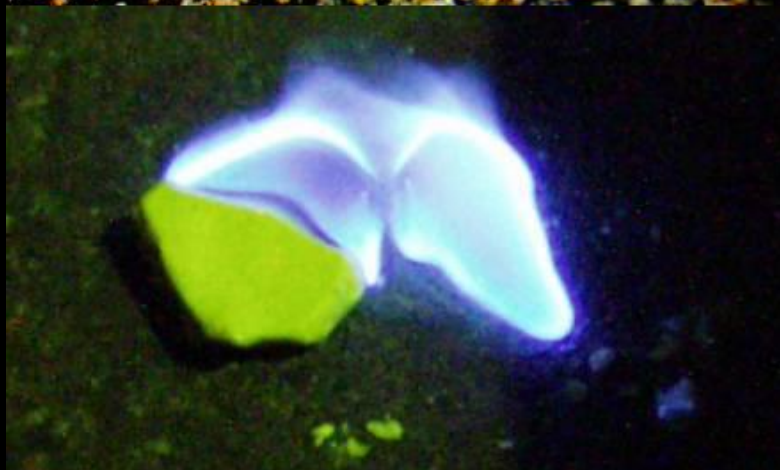
Сера, Sulfur, S (16)

Сера (англ. *Sulfur*, франц. *Sufre*, нем. *Schwefel*) в самородном состоянии, а также в виде сернистых соединений известна с самых древнейших времен. С запахом горячей серы, удушающим действием сернистого газа и отвратительным запахом сероводорода человек познакомился, вероятно, еще в доисторические времена. Именно из-за этих свойств сера использовалась жрецами в составе священных курений при религиозных обрядах. Сера считалась произведением сверхчеловеческих существ из мира духов или подземных богов. Очень давно сера стала применяться в составе различных горючих смесей для военных целей. Уже у Гомера описаны "сернистые испарения", смертельное действие выделений горячей серы. Сера, вероятно, входила в состав "греческого огня", наводившего ужас на противников. Около VIII в. китайцы стали использовать ее в пиротехнических смесях, в частности, в смеси типа пороха. Горючесть серы, легкость, с которой она соединяется с металлами с образованием сульфидов (например, на поверхности кусков металла), объясняют то, что ее считали "принципом горючести" и обязательной составной частью металлических руд. Пресвитер Теофил (XI в.) описывает способ окислительного обжига сульфидной медной руды, известный, вероятно, еще в древнем Египте. В период арабской алхимии возникла ртутно-серная теория состава металлов, согласно которой сера почиталась обязательной составной частью (отцом) всех металлов. В дальнейшем она стала одним из трех принципов алхимиков, а позднее "принцип горючести" явился основой теории флогистона. Элементарную природу серы установил Лавуазье в своих опытах по сжиганию. С введением пороха в Европе началось развитие добычи природной серы, а также разработка способа получения ее из пиритов; последний был распространен в древней Руси. Впервые в литературе он описан у Агриколы. Происхождение лат. *Sulfur* неясно. Полагают, что это название заимствовано от греков. В литературе алхимического периода сера часто фигурирует под различными тайными названиями. У Руланда можно найти, например, названия *Zarnes* (объяснение "яйца с огнем"), *Thucios* (живая сера), *Terra foetida*, *Spiritus foetens*, *Scorith*, *Pater* и др. Древнерусское название "сера" употребляется уже очень давно. Под ним подразумевались разные горючие и дурно пахнущие вещества, смолы, физиологические выделения (сера в ушах и пр.). По-видимому, это название происходит от санскритского *cira* (светло-желтый). С ним связано слово "серый", т. е. неопределенного цвета, что, в частности, относится к смолам. Второе древнерусское название серы - жупел (сера горячая) - тоже содержит в себе понятие не только горючести, но и дурного запаха. Как объясняют филологи, нем. *Schwefel* имеет санскритский корень *swep* (спать, англо-

саксонское *sweblan* - убивать), что, возможно, связано с ядовитыми свойствами сернистого газа.



Серя



Горение серы

Хлор, Chlorum, Cl (17)

Соединения хлора (англ. *Chlorine*, франц. *Chlore*, нем. *Chlor*), прежде всего поваренная соль и нашатырь, известны очень давно. К более позднему времени относится знакомство с соляной кислотой. В конце XVI в. (1595) о ней упоминает в своей "Алхимии" Либавиус, в XVII в. - Василий Валентин. Тогда соляную кислоту в небольших количествах получали для алхимических и ремесленных целей путем перегонки смеси поваренной соли, железного купороса, квасцов и т. д. Более подробно соляная кислота описана Глаубером, разработавшим способ получения чистой кислоты из смеси поваренной соли с серной кислотой. Глаубер дает рекомендации по применению соляной кислоты, в частности, в качестве приправы к кушаньям вместо уксуса. Свободный хлор, возможно, был получен тоже Глаубером, а затем Ван Гельмонтом и Бойлем, однако честь официального открытия хлора несомненно принадлежит Шееле. Исследуя в 1774 г. черную магнезию (*Magnesia nigra* - пиролюзит), которую считали тогда разновидностью белой магнезии, содержащей тяжелые примеси, например бария, Шееле обнаружил, что она растворяется в соляной кислоте на холоду с образованием темного коричневого раствора. Шееле предполагал, что при этом должен получаться "воспламеняемый воздух" (водород), как это происходит при действии кислот на металлы, но выделившийся газ совершенно не походил на водород. Шееле собрал газ в пузырь и, наблюдая за ним, заметил, что газ разъедает пробку, обесцвечивает живые цветы, действует на все, за исключением золота, металлы, образует дым в смеси с аммиаком, а при его соединении с содой получается обыкновенная соль. Так как флогистики считали, что черная магнезия при растворении в кислоте поглощает много флогистона, отнимая его и у других тел, в первую очередь от кислоты, Шееле назвал новый газ дефлогистированной соляной (*Dephlogistierte Salzsauere*) или муриевой кислотой (*muria* - рассол, соленая вода). Разрабатывая свою кислородную теорию, Лавуазье дал этой "кислоте" новое название - оксигенированная или окисленная соляная кислота, т. е. соединение кислорода с соляной кислотой (*Acide marin dephlogistique, Acide muriatique oxygene*). Согласно положениям антифлогистической химии, она должна была содержать кислород в соединении с каким-либо элементом, в данном случае мурием (*Murium, Muriaticum*); именно поэтому в списке простых тел Лавуазье фигурирует особый муриевый радикал (*radical muriatique*). В конце XVIII - начале XIX в. многие ученые стремились получить мурий в свободном состоянии с тем, чтобы определить его степень окисления в различных соединениях; естественно, что их поиски были безуспешными. В 1809 г., спустя 15 лет после смерти Лавуазье, Гей-Люссак и Тенар, пытаясь обнаружить кислород в окисленной соляной кислоте (т. е. хлоре), пропускали ее над углем в раскаленной фарфоровой трубе. Однако по выходе из

трубки газ оставался неизменным, так же как и уголь. Дэви повторил эти опыты и, кроме того, пытался разложить окисленную соляную кислоту электролитически, но в обоих случаях "кислота" не обнаруживала каких-либо изменений. Исследуя действие "кислоты" на металлы и их окислы, Дэви установил образование хлористых солей. Отсюда следовало, что окисленная соляная кислота представляет собой элементарное вещество, и Дэви решил дать ей новое название - хлорин или хлорный газ (*Chlorine* и *Chloric gas*). При выборе названия он исходил из принципа номенклатурной комиссии Парижской академии наук - именовать новые вещества по их свойствам. Газ имел желто-зеленый цвет, отсюда его название от греч. - желто-зеленый. Доводы Дэви были приняты большинством химиков. В 1812 г. Гей-Люссак предложил изменить название газа на "хлор", оно стало общепринятым во всех странах, кроме Англии и США. Свойство хлора легко соединяться со щелочными металлами с образованием хлоридов дало повод Швейгеру предложить в 1811 г. название - галоген, т. е. солеобразователь, солетвор. В русской химической литературе начала XIX в. имеется чрезвычайное разнообразие в наименовании хлора: гас пресыщенной соляной кислоты, пресыщенная соляная кислота, обезгорюченная соляная кислота (Петров, Севергин), окисленный солянокислый гас (Шерер, 1808), солеперекислый гас (Захаров, 1810), солетвор (Гизе, 1813), хлор, соляная окисленная кислота, хлорин (Двигубский, 1824). Кроме того, встречаются названия оксимуриевая кислота, солетворная окись, хлорина, соляной спирт, окисленный галоген, галогенит, гасовидная соляная кислота, галогений и др.



Хлор



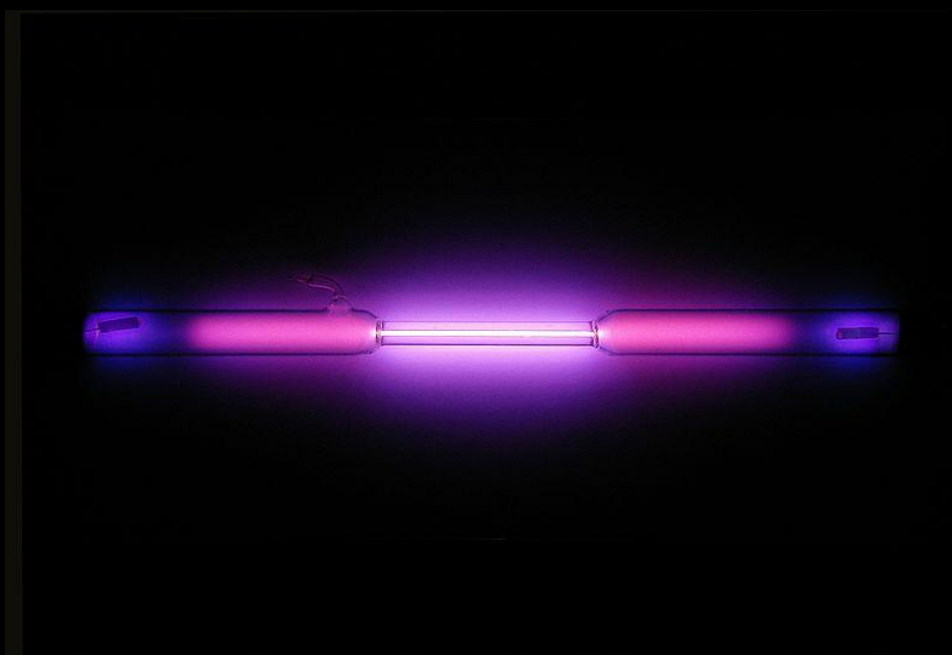
Устранение последствий повреждения баллона с хлором

Аргон, Argon, Ar (18)

Открытие аргона представляет собой демонстрацию высокой точности физико-химических определений, "триумф третьего знака". Оно явилось результатом исследований Рэлея, посвященных определению плотности газов. При измерении плотности азота, полученного из атмосферного воздуха и из нитрита аммония, Рэлей нашел, что в первом случае вес литра азота составляет 1,257 г., а во втором - 1,250 г. Объяснил эту разницу Рамзай, заподозривший присутствие в атмосферном азоте примесей более тяжелых газов. Рамзай обратил внимание на старый опыт Кавендиша (1784), который пытался, пропуская электрические искры через обогащенный кислородом воздух, превратить весь азот пробы в окислы; опыт Кавендиша не удался полностью. Повторив его, Рамзай и Рэлей исследовали оставшийся пузырек газа и обнаружили в нем новый газ, оказавшийся химически инертным (1894). Название этому газу было дано на собрании Британской ассоциации естествоиспытателей в Оксфорде, где Рэлей и Рамзай выступили с сообщением об его открытии; название, которое предложил председательствующий Мадан, произведено от греческой отрицательной приставки "а" и эргон - дело, деятельность. Вместе это должно было означать - ленивый, недеятельный, вялый.



Разрядная трубка с аргоном



Разряд в трубке с аргоном



Спектр аргона



Твердый аргон



Баллоны с аргоном

Калий, Kalium, K (19)

Калий (англ. *Potassium*, франц. *Potassium*, нем. *Kalium*) открыл в 1807 г. Дэви, проводивший электролиз твердого, слегка увлажненного едкого кали. Дэви именовал новый металл потассием (*Potassium*), но это название не прижилось. Крестным отцом металла оказался Гильберт, известный издатель журнала "*Annalen der Physik*", предложивший название "калий"; оно было принято в Германии и России. Оба названия произошли от терминов, применявшихся задолго до открытия металлического калия. Слово потассий образовано от слова поташ, появившегося, вероятно, в XVI в. Оно

встречается у Ван Гельмонта и во второй половине XVII в. находит широкое применение в качестве названия товарного продукта - поташа - в России, Англии и Голландии. В переводе на русский язык слово *potashe* означает "горшечная зола или зола, вываренная в горшке"; в XVI - XVII вв. поташ получали в огромных количествах из древесной золы, которую вываривали в больших котлах. Из поташа приготавливали главным образом литрованную (очищенную) селитру, которая шла на изготовление пороха. Особенно много поташа производилось в России, в лесах вблизи Арзамаса и Ардатова на передвижных заводах (майданах), принадлежавших родственнику царя Алексея Михайловича, ближнему боярину Б. И. Морозову. Что касается слова калий, то оно происходит от арабского термина алкали (щелочные вещества). В средние века щелочи, или, как тогда говорили, щелочные соли, почти не отличали друг от друга и называли их именами, имевшими одинаковое значение: натрон, боракс, варек т. д. Слово кали (*qila*) встречается приблизительно в 850 г. у арабских писателей, затем начинает употребляться слово *Qali (al-Qali)*, которое обозначало продукт, получаемый из золы некоторых растений, с этими словами связаны арабские *qiljin* или *qaljan* (зола) и *qalaj* (обжигать). В эпоху ятрохимии щелочи стали подразделять на "фиксированные" и "летучие". В XVII в. встречаются названия *alkali fixum minerale* (минеральная фиксированная щелочь или едкий натр), *alkali fixum vegetabile* (растительная фиксированная щелочь или поташ и едкое кали), а также *alkali volatile* (летучая щелочь или NH_3). Блэк установил различие между едкими (*caustic*) и мягкими, или углекислыми, щелочами. В "Таблице простых тел" щелочи не фигурируют, но в примечании к таблице Лавуазье указывает, что фиксированные щелочи (поташ и сода), вероятно, представляют собой сложные вещества, хотя природа их составных частей еще не изучена. В русской химической литературе первой четверти XIX в. калий назывался потассий (Соловьев, 1824), поташ (Страхов, 1825), поташий (Щеглов, 1830); в "Магазине Двигубского" уже в 1828 г. наряду с названием поташ (серноокислый поташ) встречается название кали (едкое кали, кали соляной и др.). Название калий стало общепринятым после выхода в свет учебника Гесса.



Калий - серебристо-белый, мягкий металл



Перманганат калия

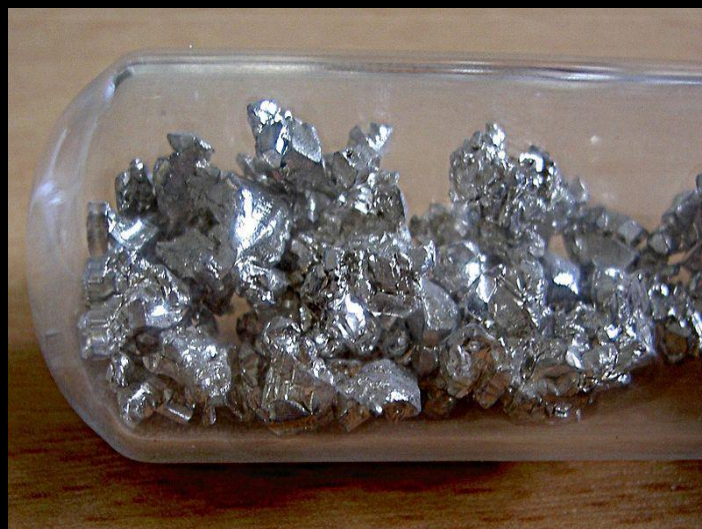
Кальций, Calcium, Ca (20)

Название кальций произошло от латинского *calx* (известь)¹. В начале нашей эры были широко распространены слова, имеющие различное значение, но происходящие от приблизительно одинаковых латинских корней: *cal*, *calk* и *calx*. Кальксом (*Calx*) называли известковый камень, мел, вообще камень-голыш, но чаще же всего строительный раствор на основе извести. Древние авторы - Плиний, Диоскорид, Витрувий и др. - употребляли это слово, описывая процессы обжигания известкового камня, гашения извести и получения строительных растворов. У алхимиков *calx* обозначало, кроме этого, вообще продукты обжига различных веществ, в частности металлов; окислы металлов назывались металлическими известями, а операция обжига - кальцинацией (*Calcinatio*). В древнерусской рецептурной литературе встречается слово кал (глина, грязь); в сборнике Троице-Сергиевской лавры (XV в.) говорится: "обрящи кал, от него же творят златарие горнила". Позднее слово кал служит синонимом слова навоз, которое, несомненно, связано со словом *calx*.

Изучение природы извести и вообще соединений кальция началось в XVIII в. Шталь считал известь сложным телом, состоящим из землистого и водного начал. Блэк установил различие между едкой известью и углекислой известью, содержащей "фиксированный воздух". Лавуазье в "Таблице простых тел" причисляет известь к простым телам. Элементарный кальций был получен Дэви в 1808 г. После успешного разложения электролизом окислов калия и натрия Дэви решил получить тем же путем щелочно-земельные металлы. Но это удалось ему не сразу. Сначала он пытался разложить известь путем электролиза на воздухе и под слоем нефти, затем прокаливал известь с металлическим калием в трубке и производил другие опыты. Наконец, в приборе с ртутным катодом он получил электролизом извести амальгаму, а из нее металлический кальций. Вскоре этот способ получения металла был усовершенствован Берцелиусом и Понтиным.

В русской литературе начала XIX в. этот металл называли иногда основанием известковой земли, известковием (Щеглов, 1830), известковистостью (Иовский), калцием, кальцием (Гесс).

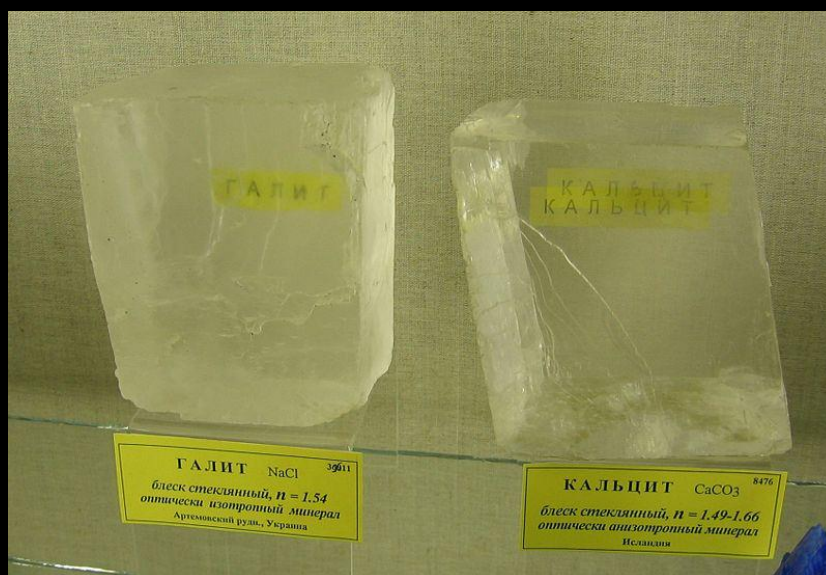
¹ Русское слово "известь" - искаженное греческое, означающее "негашеная известь".



Металлический кальций



Исландский шпат (кальцит) - разновидность карбоната кальция CaCO_3



В отличие от хлорида натрия (галит), кальцит (карбонат кальция) обладает двойным лучепреломлением

Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н. А.

Скандий, Scandium, Sc (21)

В 1871 г. Менделеев на основании открытого им периодического закона предсказал существование нескольких элементов, в том числе аналога бора, названного им экабором. Менделеев предсказал не только сам элемент, но и все основные свойства: атомный и удельный вес, химические свойства, формулы окисла и хлорида, свойства солей и т. д. Спустя восемь лет его предсказание полностью подтвердилось. Профессор аналитической химии в Упсале Нильсон занимался изучением минералов эвксенита и гадолинита, содержащих редкие земли. Его целью было выделить из минералов соединения редкоземельных элементов в чистом виде, определить их физико-химические константы и уточнить места элементов в периодической системе. Нильсон выделил из эвксенита и гадолинита 69 г эрбиевой земли с примесью других редких земель. Разделив эту пробу, он получил большое количество окиси иттербия и неизвестную землю, принятую им за окись редкоземельного элемента. Но более подробное исследование показало, что это какой-то новый элемент. Нильсон назвал его скандием в честь своего отечества Скандинавии. На идентичность нового элемента с экабором Менделеева указал другой упсальский ученый Клеве, в частности, он обратил внимание на сходство формул окисла, на бесцветность солей и нерастворимость окисла в щелочах. После этого новый элемент занял в периодической системе то место, на которое указывал Менделеев. До 1908 г. существовало мнение, что скандий встречается в природе крайне редко. Крукс и Эберхард доказали широкое распространение этого элемента в рассеянном состоянии. Металлический скандий получен в 1914 г., а в 1936 г. Фишер разработал метод его выделения путем электролиза из расплава хлоридов щелочных металлов.



Скандий



Некоторые части самолета МИГ-29 сделаны из сплава алюминия со скандием.

Титан, Titanium, Ti (22)

Элемент 22 (англ. *Titanium*, франц. *Titane*, нем. *Titan*) открыт в конце XVIII в., когда поиски и анализы новых, еще не описанных в литературе минералов увлекали не только химиков и минералогов, но и ученых-любителей. Один из таких любителей, английский священник Грегор, нашел в своем приходе в долине Меначан в Корнуэлле черный песок, смешанный с тонким грязно-белым песком. Грегор растворил пробу песка в соляной кислоте; при этом из песка выделилось 46% железа. Оставшуюся часть пробы Грегор растворил в серной кислоте, причем почти все вещество перешло в раствор, за исключением 3,5%

кремнезема. После упаривания сернокислотного раствора остался белый порошок в количестве 46% пробы. Грегор счел его особым видом извести, растворимой в избытке кислоты и осаждаемой едким кали. Продолжая исследования порошка, Грегор пришел к выводу, что он представляет собой соединение железа с каким-то неизвестным металлом. Посоветовавшись со своим другом, минералогом Хавкинсом, Грегор опубликовал в 1791 г. результаты своей работы, предложив назвать новый металл меначином (*Menachine*) от имени долины, в которой был найден черный песок. В соответствии с этим исходный минерал получил название менаконит. Клапрот познакомился с сообщением Грегора и независимо от него занялся анализом минерала, известного в то время под названием "красного венгерского шерла" (рутил). Вскоре ему удалось выделить из минерала окисел неизвестного металла, который он назвал титаном (*Titan*) по аналогии с титанами - древними мифическими обитателями земли. Клапрот намеренно избрал мифологическое название в противовес названиям элементов по их свойствам, как было предложено Лавуазье и Номенклатурной комиссией Парижской академии наук и что приводило к серьезным недоразумениям. Подозревая, что меначин Грегора и титан - один и тот же элемент, Клапрот произвел сравнительный анализ менаконита и рутила и установил идентичность обоих элементов. В России в конце XIX в. титан выделил из ильменита и подробно изучил с химической стороны Т.Е. Ловиц; при этом он отметил некоторые ошибки в определениях Клапрота. Электролитически чистый титан был получен в 1895 г. Муассаном. В русской литературе начала XIX в. титан иногда называется титаний (Двигубский, 1824), там же через пять лет фигурирует название титан.



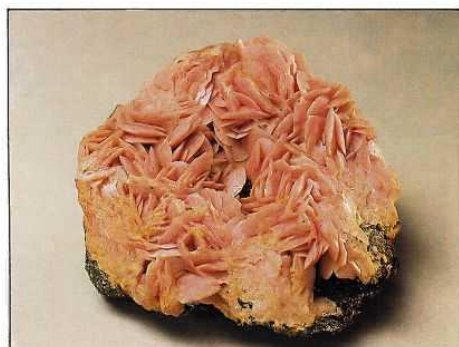
Титан



РОДОНИТ
Ср. Урал, РСФСР. Ум. 1,5.



РОДОХРОЗИТ
Крымская обл., УССР.



РОДОХРОЗИТ
Япония.



РУБИН
Рай-Из, Полярный Урал, РСФСР. Ум. 1,5.



РУТИЛ
Тироль, Австрия.



САМАРСКИТ
шт. Сев. Каролина, США.

Минералы, содержащие титан (материал из "Геологической энциклопедии")

Ванадий, Vanadium, V (23)

Этот элемент (англ. *Vanadium*, франц. *Vanadium*, нем. *Vanadin*) был открыт дважды. В 1801 г. профессор минералогии в г. Мехико дель-Рио, исследуя мексиканскую свинцовую руду, получил окислы и соли неизвестного элемента. Поскольку эти соединения имели различную окраску, он назвал новый элемент панхромием (*Panchromium*, исп. *pancromo*) от греч. - всякое (различное) и цвет. Получив затем высший окисел элемента (V_2O_5) и некоторые соли, окрашенные в красный цвет, дель-Рио переименовал название на эритроний (*Erithronium*, испанский *Eritrono*) от греч. - окрашенный в красный цвет. Сообщение дель-Рио об открытии нового элемента вызвало сомнение, химики

усомнились в точности его анализов. Ученый повторил свои опыты и пришел к печальному для себя выводу, что он имел дело не с новым элементом, а с нечистым хромом. Парижский химик Коллет-Дескотиль, которому была послана проба новой земли, подтвердил этот вывод, и об эритронии вскоре забыли. Спустя 30 лет шведский химик Сефстрем, работавший у Берцелиуса, открыл тот же элемент в чугуне, полученном из руды рудника Таберг в Швеции. Вместе с Берцелиусом он придумал для элемента новое название ванадин (*Vanadin*) в честь богини из древней скандинавской мифологии, имевшей два имени - Ванадис и Фрейя. Позднее во всех странах, кроме Германии, элемент стали называть ванадий. Металлический ванадий был получен путем прокалывания хлорида в атмосфере водорода (1869). В русской химической литературе начала XIX в. ванадий упоминался под названиями ванадь, ванадин; у Гесса - ванадий.



Ванадий



Окраска растворов соединений ванадия в различных степенях окисления (начиная слева): +2 (фиолетовая), +3 (зеленая), +4 (голубая) и +5 (желтая)

Хром, Chromium, Cr (24)

Открытие хрома (англ. *Chromium*, франц. *Chrome*, нем. *Chrom*) относится к периоду бурного развития химико-аналитических исследований солей и минералов. В России химики проявляли особый интерес к анализу минералов, найденных в Сибири и почти неизвестных в Западной Европе. Одним из таких минералов была так называемая сибирская красная свинцовая руда (крокоит), описанная еще Ломоносовым и впервые химически исследованная И. Г. Леманом в Петербурге в 1766 г. П. С. Паллас, описывая золотые прииски близ Екатеринбурга, упоминает о крокоите, как об особо интересном минерале. Позднее этот минерал многократно изучался русскими учеными - И. Д. Биндгеймом, Т. Е. Ловицем, А. А. Мусиным-Пушкиным и др. В конце XVIII в. образцы крокоита попали в минералогические коллекции Западной Европы. Вокелен и Маккварт анализировали его, но не нашли в нем ничего, кроме окислов свинца, железа и алюминия. Однако в 1797 г. Вокелен вернулся к исследованиям минерала, "чудесный красный цвет, прозрачность и кристаллическая структура которого побуждали химиков интересоваться его природой". Сначала, согласно данным Биндгейма, он предполагал наличие в минерале молибдена, но затем убедился в ошибочности этого предположения. Прокипятив тонко измельченный образец минерала с поташем и осадив карбонат свинца, Вокелен получил раствор, окрашенный в оранжево-желтый цвет. Из этого раствора он выкристаллизовал рубиново-красную соль, из которой выделил окисел и свободный металл, отличный от всех известных металлов. Вокелен назвал его хромом (*Chrome*) от греч. - окраска, цвет; правда, здесь имелось в виду свойство не металла, обладавшего серебристо-белым цветом, а его ярко окрашенных солей. Почти одновременно с Вокеленом хром открыл Клапрот. Обработывая размолотый в порошок крокоит соляной кислотой, Клапрот получил хромоокислый свинец, из которого отделил хлорид свинца. Оставшийся раствор он обработал содой, в результате чего получилась зеленоватая гидроокись хрома. По традиции, идущей еще от алхимиков, признававших лишь семь металлов, каждый вновь открываемый металл получал очередной номер. Клапрот считал хром 21-м вновь открытым металлом. В России в XIX в. его именовали еще и хромием. Это название встречается у Захарова (1810), Двигубского (1824-1828) и даже в учебнике Гесса (1845).



Хром



Крокоит (PbCrO₄)

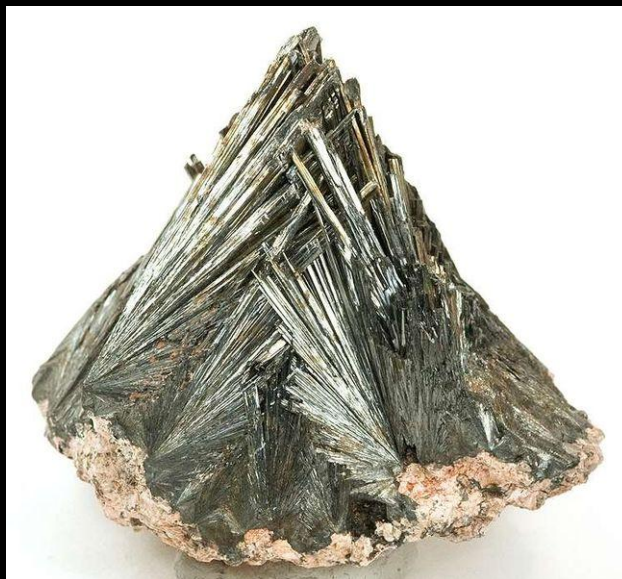
Марганец, Manganum, Mn (25)

О соединении марганца (англ. *Manganese*, франц. *Manganese*, нем. *Mangan*) пиролюзите (MnO_2), о его способности обесцвечивать стекло упоминается в трудах Плиния. Правда, в древности и в средние века пиролюзит не отличали от сходных по внешнему виду минералов, содержащих железо, особенно от магнетита и гематита, и в связи с этим называли его тоже магнезией. Ремесленники-стеклоделы, пользуясь пиролюзитом для обесцвечивания стекла, именовали его иногда мангановым камнем (*Lapis manganensis*), мылом стеклоплавильщиков, мылом стекла (*Sapo vitri*) из-за его обесцвечивающей

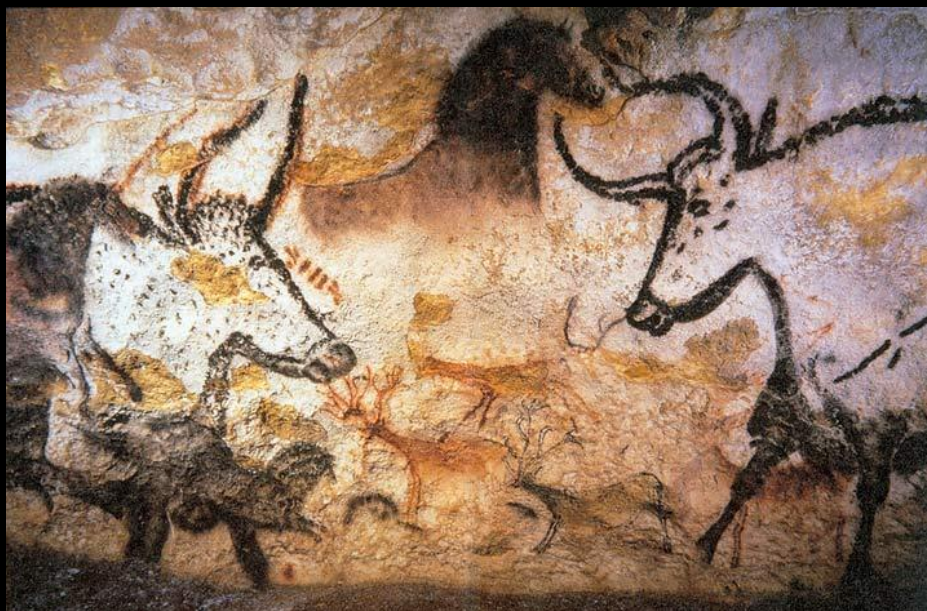
способности. В 1740 г. Потт с помощью магнита доказал, что пиролюзит не содержит железа; позднее он подтвердил это заключение тем, что пиролюзит не изменяется при прокаливании и некоторых химических реакциях. Сначала пиролюзит называли черной магнезией (*Magnesia nigra*), чтобы отличать от основания эпсомской соли - белой магнезии. Когда же Шееле и Ган получили из черной магнезии металл путем восстановления пиролюзита углем, они назвали его магнезией (*Magnesium*). В чистом виде металл был получен в 1808 г. Джоном. По данным Партингтона, пиролюзит стали именовать марганесом в литературе уже в XVI в. Вероятно, это слово вошло в практику еще раньше, в XIII в. (у Альберта Великого), и употреблялось наряду с другими названиями. Берцелиус в своем учебнике химии употребляет название манганий, или манган (*Manganium*), которое затем изменяется на манганум (*Manganum*). Происхождение последнего слова неясно; вероятнее всего, что оно произведено от греч. -" да, действительно и проясняю, навожу блеск". Таким образом, в целом слово означает "действительно обесцвечиваю, проясняю" и, возможно, имеет ремесленное происхождение, связанное с обесцвечивающим действием минерала на стекло при плавке. Слово марганец, вероятно, представляет собой искаженное слово марганес. В начале XIX в. в России было общепринято название марганцовик (Захаров, 1810), позже встречается ремесленное название марганес - камень, применяемый при изготовлении финифти пурпурового цвета и окрашенных стекол.



Марганец



Пирролюзит



**Первобытные художники использовали краски на основе соединений марганца.
Копия с рисунка в пещере Ласко, Франция**

Железо, Ferrum, Fe (26)

Железо (англ. *Iron*, франц. *Fer*, нем. *Eisen*) - один из семи металлов древности. Весьма вероятно, что человек познакомился с железом метеоритного происхождения раньше, чем с другими металлами. Метеоритное железо обычно легко отличить от земного, так как в нем почти всегда содержится от 5 до 30% никеля, чаще всего - 7-8%. С древнейших времен железо получали из руд, залегающих почти повсеместно. Наиболее распространены руды гематита (Fe_2O_3), бурого железняка ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) и его

разновидностей (болотная руда, сидерит, или шпатовое железо FeCO_3), магнетита (Fe_3O_4) и некоторые другие. Все эти руды при нагревании с углем легко восстанавливаются при сравнительно низкой температуре, начиная с 500°C . Получаемый металл имел вид вязкой губчатой массы, которую затем обрабатывали при $700\text{-}800^\circ\text{C}$ повторной проковкой.

Этимология названий железа на древних языках довольно отчетливо отражает историю знакомства наших предков с этим металлом. Многие древние народы, несомненно, познакомились с ним, как с металлом, упавшим с неба, т. е. как с метеоритным железом. Так, в древнем Египте железо имело название би-ни-пет (бенипет, коптское - бенипе), что в буквальном переводе означает небесная руда, или небесный металл. В эпоху первых династий Ур в Месопотамии железо именовали ан-бар (небесное железо). В папирусе Эберса (ранее 1500 г. до н.э.) имеются два упоминания о железе; в одном случае о нем говорится как о металле из города Кэзи (Верхний Египет), в другом - как о металле небесного изготовления (артпет). Древнегреческое название железа, так же как и северокавказское - зидо, связано с древнейшим словом, уцелевшим в латинском языке - *sidereus* (звездный от *Sidus* - звезда, светило). На древнем и современном армянском языке железо называется еркат, что означает "капнувшее (упавшее) с неба". О том, что древние люди пользовались вначале именно железом метеоритного происхождения, свидетельствуют и распространенные у некоторых народов мифы о богах или демонах, сбросивших с неба железные предметы и орудия, - плуги, топоры и пр. Интересен также факт, что к моменту открытия Америки индейцы и эскимосы Северной Америки не были знакомы со способами получения железа из руд, но умели обрабатывать метеоритное железо.

В древности и в средние века семь известных тогда металлов сопоставляли с семью планетами, что символизировало связь между металлами и небесными телами и небесное происхождение металлов. Такое сопоставление стало обычным более 2000 лет назад и постоянно встречается в литературе вплоть до XIX в. Во II в. н. э. железо сопоставлялось с Меркурием и называлось меркурием, но позднее его стали сопоставлять с Марсом и называть марс (*Mars*), что, в частности, подчеркивало внешнее сходство красноватой окраски Марса с красными железными рудами.

Впрочем, некоторые народы не связывали название железа с небесным происхождением металла. Так, у славянских народов железо называется по "функциональному" признаку. Русское железо (южнославянское зализо, польское *zelaso*, литовское *gelesis* и т. д.) имеет

корень "лез" или "рез" (от слова лезо - лезвие). Такое словообразование прямо указывает на функцию предметов, изготовлявшихся из железа, - режущих инструментов и оружия. Приставка "же", по-видимому, смягчение более древнего "зе" или "за"; она сохранилась в начальном виде у многих славянских народов (у чехов - *zelezo*). Старые немецкие филологи - представители теории индоевропейского, или, как они его называли, индогерманского праязыка - стремились произвести славянские названия от немецких и санскритских корней. Например, Фик сопоставляет слово железо с санскритским *ghalgha* (расплавленный металл, от *ghal* - пылать). Но вряд ли это соответствует действительности: ведь древним людям была недоступна плавка железа. С санскритским *ghalgha* скорее можно сопоставить греческое название меди, но не славянское слово железо. Функциональный признак в названиях железа нашел отражение и в других языках. Так, на латинском языке наряду с обычным названием стали (*chalybs*), происходящим от наименования племени халибов, жившего на южном побережье Черного моря, употреблялось название *acies*, буквально обозначающее лезвие или острие. Это, слово в точности соответствует древнегреческому, применявшемуся в том же самом смысле. Упомянем в нескольких словах о происхождении немецкого и английского названий железа. Филологи обычно принимают, что немецкое слово *Eisen* имеет кельтское происхождение, так же как и английское *Iron*. В обоих терминах отражены кельтские названия рек (*Isarno, Isarkos, Eisack*), которые затем трансформировались (*isarn, eisarn*) и превратились в *Eisen*. Существуют, впрочем, и другие точки зрения. Некоторые филологи производят немецкое *Eisen* от кельтского *isara*, означающего "крепкий, сильный". Существуют также теории, утверждающие, что *Eisen* происходит от *ayas* или *aes* (медь), а также от *Eis* (лед) и т.д. Староанглийское название железа (до 1150 г.) - *iren*; оно употреблялось наряду с *isern* и *isen* и перешло в средние века. Современное *Iron* вошло в употребление после 1630 г. Заметим, что в "Алхимическом лексиконе" Руланда (1612) в качестве одного из старых названий железа приведено слово *Iris*, означающее "радуга" и созвучное *Iron*.

Ставшее международным, латинское название *Ferrum* принято у романских народов. Оно, вероятно, связано с греко-латинским *fars* (быть твердым), которое происходит от санскритского *bhars* (твердеть). Возможно сопоставление и с *ferreus*, означающим у древних писателей "нечувствительный, непреклонный, крепкий, твердый, тяжкий", а также с *ferre* (носить). Алхимики наряду с *Ferrum* употребляли и многие другие названия, например *Iris, Sarsar, Phaulec, Minera* и др.

Железные изделия из метеоритного железа найдены в захоронениях, относящихся к

очень давним временам (IV - V тысячелетиях до н.э.), в Египте и Месопотамии. Однако железный век в Египте начался лишь с XII в. до н. э., а в других странах еще позднее. В древнерусской литературе слово железо фигурирует в древнейших памятниках (с XI в.) под названиями жельзо, железо, жельзо.



Железо



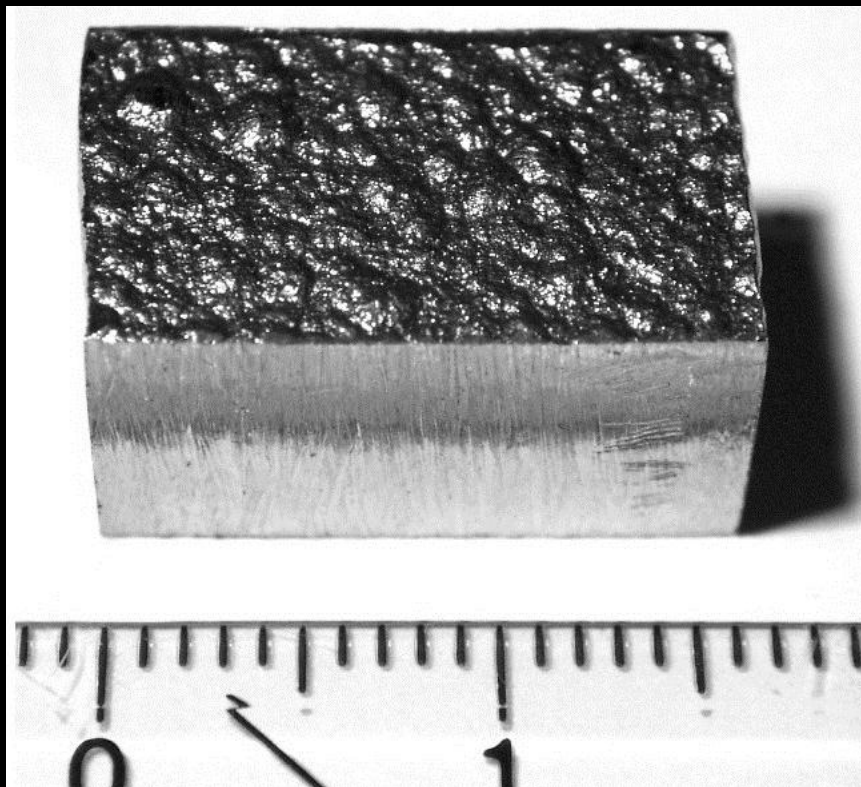
Железная колонна высотой семь метров и весом в шесть с половиной тонн, входящая в состав архитектурного ансамбля Кутб-Минара, расположенного примерно в 20 километрах южнее Старого Дели. Широкую известность колонна приобрела тем, что за 1600 лет своего существования практически избежала коррозии.

Кобальт, Cobaltum, Co (27)

Соединения кобальта (англ. *Cobalt*, франц. *Cobalt*, нем. *Kobalt*) были известны и применялись в глубокой древности. Сохранился египетский стеклянный кувшин, относящийся к XV в. до н.э., окрашенный солями кобальта, а также голубые стекловидные кирпичи, содержащие кобальт. В древней Ассирии, а также в Вавилоне из кобальта изготавливали лазурит - голубую краску, которой обливали керамические изделия. Вероятно, исходным материалом для получения кобальтовых соединений служил тогда цаффер (*Zaffer*) - сапфир, содержащий висмут и кобальт, откуда, по-видимому, и произошли названия красок - сафлор, шафран и др. В средние века горняки находили вместе с другими рудами кобальтовую "землю", но не знали, что с ней делать. Иногда эта земля была похожа на серебряную руду, но не содержала никакого серебра. Примесь кобальтовой земли к другим рудам мешала выплавке металлов: с образующимся густым дымом (сульфидов и арсенидов) терялась часть выплавляемого металла. Еще в IV в. у Псевдодемокрита и других авторов встречаются слова, означающие дым, образующийся при обжигании руд, содержащих сульфиды мышьяка. В средние века немецкие горняки, очевидно, желая подчеркнуть свойства кобальтовых земель, называли их кобольд (или кобельт), что означало подземный гном, насмешливый дух, бессовестный плут. В древнерусском языке имеются близкие по смыслу слова кобение (гадание), кобь (гадание по птичьему полету); последнее слово интересно сравнить с современным названием птицы - кобчик.

Кобальт упоминается у Бирингуччо, Василия Валентина, Парацельса и других авторов XV-XVII вв. В "Алхимическом лексиконе" Руланда (1612) о кобальте говорится: "Кобол, кобальт (*Koboltum, Kobaltum*) или коллет (*Colletum*) - металлическая материя, чернее свинца и железа, растягивающаяся при нагревании. Кобальт - черная, немного похожая по цвету на золу материя, которую можно ковать и лить, но она не обладает металлическим блеском, и которая представляет собой вредную взвесь, уводящую (при плавке) вместе с дымом хорошую руду". Очевидно, здесь говорится о металлическом кобальте. Тем не менее в истории химии принято считать, что металлический кобальт был впервые описан в 1735 г. упсальским профессором Брандтом. В диссертации "О полуметаллах" Брандт указывает, в частности, что получаемый из руд металлический висмут не представляет собой чистого металла, а содержит "кобальтовый королек" (металлический кобальт). Он же выяснил, что соли кобальта окрашивают стекла в синий цвет. В чистом виде металлический кобальт был получен Берцелиусом.

В русской литературе XVIII и начала XIX в. встречаются названия кобольт, коболт (Соловьев и Страхов, 1824 и в более ранних сочинениях по химии). Двигубский (1824) употребляет название кобальт; в дальнейшем оно становится общепринятым.



Кобальт



Посуда из стекла, окрашенного солями кобальта (кобальтовое стекло)

Никель, *Nickolum*, Ni (28)

Никель (англ., франц. и нем. *Nickel*) открыт в 1751 г. Однако задолго до этого саксонские горняки хорошо знали руду, которая внешне походила на медную руду и применялась в стекловарении для окраски стекол в зеленый цвет. Все попытки получить из этой руды медь оказались неудачными, в связи с чем в конце XVII в. руда получила название купферникель (*Kupfernickel*), что приблизительно означает "дьявольская руда". Руду эту (красный никелевый колчедан NiAs) в 1751 г. исследовал шведский минералог Кронштедт. Ему удалось получить зеленый окисел и путем восстановления последнего - новый металл, названный никелем. Когда Бергман получил металл в более чистом виде, он установил, что по своим свойствам металл похож на железо; более подробно никель изучали многие химики начиная с Пруста. Никкел - ругательное слово на языке горняков. Оно образовалось из искаженного *Nicolaus* - родового слова, имевшего несколько значений. Но главным образом слово *Nicolaus* служило для характеристики двуличных людей; кроме того, оно обозначало "озорной маленький дух", "обманчивый бездельник" и т. д. В русской литературе начала XIX в. употреблялись названия николан (Шерер, 1808), николан (Захаров, 1810), николь и никель (Двигубский, 1824).



Никель



Арсенид никеля (NiAs)

Медь, Cuprum, Cu (29)

Медь (англ. *Copper*, франц. *Cuivre*, нем. *Kupfer*) - один из первых металлов, которые человек стал применять для технических целей. Периоды использования меди и бронзы ознаменовали целые эпохи культурного развития человечества под названием медный век и бронзовый век. Древнейшие изделия, по-видимому, из самородной меди, найденные в Египте, относятся к тысячелетию до н. э. Позднее египтяне добывали медь из ее окисных руд (бирюзы, малахита и др.). Руды плавил при 1083°C в примитивных горнах с применением дутья. О выплавке таким же путем железа ($T_{\text{пл.}} 1530^{\circ}\text{C}$) не могло быть и речи. Около II-III в. выплавка меди производилась в широком масштабе не только в Египте, но и в Месопотамии, на Кавказе и в других странах древнего мира. Огромное количество древних медных и бронзовых изделий, обнаруживаемых археологами, заставляет сомневаться в том, что медь выплавлялась только из окисных руд. Более поздние источники (X-XI вв.) свидетельствуют об использовании для добычи меди сернистых руд. Например, в сочинении Теофила "О различных искусствах" описывается предварительная операция обработки руды - окислительный обжиг кусков руды на кострах (выжигание серы). В X-XII вв. до н.э. медные и бронзовые орудия труда и оружие начинают вытесняться железными. Однако это не помешало меди сохранить свое важное техническое значение до наших дней.

Латинское название меди *Cuprum* (древн. *Aes cuprium*, *Aes cuprium*) произошло от названия острова Кипр, где уже в III в. до н. э. существовали медные рудники и производилась выплавка меди. У Страбона медь именуется халкосом от названия города Халкиды на Эвбее. От этого слова произошли многие древнегреческие названия медных и бронзовых предметов, кузнечного ремесла, кузнечных изделий и литья. Второе латинское название меди *Aes* (санскр. *ayas*, готское *aiz*, герм. *erz*, англ. *ore*) означает руда или рудник. Сторонники индогерманской теории происхождения европейских языков производят русское слово медь (польск. *miedz*, чешск. *med*) от древненемецкого *smida* (металл) и *Schmied* (кузнец, англ. *Smith*). Конечно, родство корней в данном случае несомненно, однако, по нашему мнению, оба эти слова произведены от греч. рудник, копь независимо друг от друга. От этого слова произошли и родственные названия - медаль, медальон (франц. *medaille*). Слова медь и медный встречаются в древнейших русских литературных памятниках. Алхимики именовали медь венера (*Venus*); в более древние времена встречается название марс (*Mars*).



Медь



Медная посуда

Цинк, Zincum, Zn (30)

Сплав меди с цинком - латунь - известна еще до начала нашей эры, но металлического цинка древние люди не знали. О латуни упоминают многие авторы, в том числе Аристотель, который рассказывает о производстве латуни в стране моссиников, откуда пошло немецкое название латуни - *Messing*. Древним культурным народам была известна также фригийская зола, употреблявшаяся для лечения глазных болезней, об этом упоминается еще в папирусе Эберса (около 1500 лет до н. э.). Из минералов, содержащих цинк, в первую очередь следует упомянуть галмей (карбонат цинка), из которого прокаливанием получали помфоликс - тонкую пылевидную окись цинка, известную древним и средневековым металлургам в виде белого дыма, образующегося при некоторых металлургических операциях. Слово "галмей" можно сопоставить с греч., происходящим от имени финикийского бога Кадма, а также от названия горы Кадм. Кадмией, впрочем, называли и другие металлические земли. Из этого слова арабы в IX-X вв. произвели слово калмейя, или каламина, которое вошло в средневековый алхимический обиход как *lapis calaminaris*. Другим названием минерала, образующим при сплавлении с медью латунь, является тоже арабское слово туция (*Tutia*), означающее по-персидски дым. В средние века арабские и западноевропейские врачи хорошо знали лечебное средство *nix alba* (белый снег); его получали путем прокаливания галмея с

углем в виде белого порошка, оседающего на стенках камер печей. Иногда это вещество алхимики называли "философской шерстью" (*lana philosophica*). Слово цинк встречается впервые у Парацельса (*Erz der Zinken*), который указывает, что этот чуждый (привозимый из других стран) нековкий металл содержит большое количество ртути, или меркуриального спирта, благодаря чему легко превращается в жидкость. Либавий называет цинк восьмым металлом, а Агрикола - контерфеем (*conterfey*). Последнее наименование, по-видимому, указывает на внешнее сходство латуни и цинка с другими металлами, например с золотом. Производство латуни в древнем мире восходит, вероятно, ко II в. до н. э., в Европе (во Франции) оно началось около 1400 г.; французские гугеноты в дальнейшем распространили это производство в Германии и в других странах. Что же касается производства металлического цинка, то есть основания полагать, что оно зародилось в Индии около XII в.; в Европу в XVI-XVIII вв. ввозился индийский и китайский цинк под названием калаем (*Calaem*). Состав соединений цинка оставался неизученным вплоть до XVIII в., хотя некоторые из них, например белый купорос (сульфат цинка), использовали для получения латуни, добавляя к расплаву меди вместе с порошком угля. В 1721 г. саксонский металлург Генкель (учитель Ломоносова) более подробно описал цинк и его некоторые минералы и соединения. Насчет происхождения слова цинк существует несколько предположений. Некоторые считают, что оно связано с персидским "ченг" (*Tschang*), хотя это название означает не только цинк, а вообще камни. Руланд (1612), например, определяет цинк как металлический марказит (металлическую материю), представляющий собой смесь из четырех металлов. По менее правдоподобной версии название цинк произошло от древнегерманского "цинко" (означающего, в частности, бельмо на глазу) или средневекового германского "цинке" (*Zinke*), имеющего различное значение; например, в средневековом фармацевтическом лексиконе имеется выражение: "цинкен из алоэ и кораллов". Возможно, слово цинк произведено от немецкого *Zian* - олово.



Цинк



Латунь (слева) и металлы, входящие в ее состав - цинк и медь (справа)

Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н. А.

Галлий, Gallium, Ga (31)

В классической статье "Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых еще элементов" (1871) Менделеев предсказал существование нескольких элементов и среди них эка-алюминия (*Eka-Aluminium*). Исходя из периодического закона Менделеев описал основные свойства эка-алюминия и предсказал, что он будет открыт методом спектрального анализа. Все это полностью оправдалось. В 1875 г. Лекок де Буабодран, исследуя цинковую обманку с горы Пьерфитт (Пиренеи), спектроскопически обнаружил в ней новый элемент, выделил соли этого элемента и определил некоторые его свойства. Он назвал новый элемент галлием (*Gallium*) в честь своего отечества - Франции (лат. *Gallia*); в этом названии содержался также намек на слово петух (лат. *gallus*, франц. *le coq*), т. е. на имя самого Лекока де Буабодрана. Открытие галлия явилось величайшим триумфом периодического закона Менделеева.



Галлий



Цинковая обманка (сфалерит) - сульфид цинка ZnS

Германий, Germanium, Ge (32)

Еще в 1871 г. Менделеев предвидел существование элемента, сходного с кремнием, эка-силиция (*Eka-Silicium*). Через 15 лет, в 1885 г., профессор минералогии Фрейбергской горной академии Вельсбах открыл на прииске Химмельфюрст, близ Фрейберга, новый минерал, названный им аргиродитом, из-за наличия в минерале серебра. Вельсбах попросил Винклера произвести полный анализ образца минерала. Винклер нашел, что общая сумма составных частей минерала не превышает 93 - 94% взятой навески и, следовательно, в минерале присутствует какой-то неизвестный элемент, не обнаруживаемый анализом. После упорной работы в начале февраля 1886 г. он открыл соли нового элемента и выделил некоторое количество самого элемента в чистом виде. В первом сообщении об открытии Винклер высказал предположение, что новый элемент является аналогом сурьмы и мышьяка. Эта мысль вызвала литературную полемику, не утихавшую до тех пор, пока не было установлено, что новый элемент - эка-силиций, предсказанный Менделеевым. Винклер предполагал назвать элемент нептунием, имея в виду, что история его открытия подобна истории открытия планеты Нептун, предсказанной Леверрье. Однако оказалось, что имя нептуний (*Neptunium*) уже было дано одному ложно открытому элементу, и Винклер переименовал открытый им элемент на германий (*Germanium*) в честь своего отечества. Название это вызвало резкие возражения со стороны некоторых ученых. Например, один из них указывал на то, что это название похоже на название цветка - гераний (*Geranium*). В пылу споров Раймон

предложил в шутку именовать новый элемент ангулярием (*Angularium*), т. е. угловатым, вызывающим споры. Однако Менделеев в письме к Винклеру решительно поддержал название германий.



Германий



Аргиродит (Ag_8GeS_6)



Германиевый транзистор

Мышьяк, Arsenicum, As (33)

Соединения мышьяка (англ. и франц. *Arsenic*, нем. *Arsen*) известны очень давно. В III-II тысячелетиях до н. э. уже умели получать сплавы меди с 4-5% мышьяка. У ученика Аристотеля, Теофраста (IV-III в. до н. э.) встречающийся в природе красный сульфид мышьяка именуется реальгаром; Плиний называет желтый сернистый мышьяк As_2S_3 аурипигментом (*Auripigmentum*) - окрашенный в золотистый цвет, а позднее он получил название орпимент (*orpiment*). Древнегреческое слово арсеникон, а также сандарак, относятся главным образом к сернистым соединениям. В I в. Диоскорид описал обжигание аурипигмента и образующийся при этом продукт - белый мышьяк (As_2O_3). В алхимический период развития химии считалось неоспоримым, что арсеник (*Arsenik*) имеет сернистую природу, а так как сера (*Sulphur*) почиталась "отцом металлов", то и арсенику приписывали мужские свойства. Неизвестно, когда именно впервые был получен металлический мышьяк. Обычно это открытие приписывается Альберту Великому (XIII в.). Окрашивание меди при добавках мышьяка в белый серебристый цвет алхимики рассматривали как превращение меди в серебро и приписывали такую "трансмутацию" могущественной силе мышьяка. В средние века и в первые столетия нового времени стали известны ядовитые свойства мышьяка. Впрочем, еще Диоскорид (I в.) рекомендовал больным астмой вдыхание паров продукта, получаемого при нагревании реальгара со смолой. Парацельс уже широко применял белый мышьяк и другие соединения мышьяка для лечения. Химики и горняки XV-XVII в. знали о способности мышьяка сублимироваться и образовывать парообразные продукты со специфическим запахом и ядовитыми свойствами. Василий Валентин упоминает о хорошо известном металлургам XVI в. доменном дыме (*Huttenrauch*) и его специфическом запахе. Греческое (и латинское) название мышьяка, относившееся к сульфидам мышьяка, происходит от греч. мужской. Имеются и другие объяснения происхождения этого названия, например от арабского *arsa paki*, означавшего "глубоко в тело проникающий несчастный яд"; вероятно, арабы заимствовали это название от греков. Русское название мышьяк известно с давних пор. В литературе оно появилось со времен Ломоносова, который считал мышьяк полуметаллом. Наряду с этим названием в XVIII в. употреблялось слово арсеник, а мышьяком называли As_2O_3 . Захаров (1810) предлагал название мышьяковик, но оно не привилось. Слово мышьяк, вероятно, заимствовано русскими ремесленниками у тюркских народов. На азербайджанском, узбекском, фарсидском и других восточных языках мышьяк назывался маргумуш (мар - убить, муш - мышь); русское мышьяк, вероятно, искаженное мышь-яд, или мышь-ядь.



Мышьяк



Аурипигмент (As₂S₃)

Селен, Selenium, Se (34)

Селен (англ. *Selenium*, франц. *Selenium*, нем. *Selren*) открыт в 1817 г. Берцелиусом, который так рассказывает об этом открытии:

"Я исследовал в сотружестве с Готлибом Ганом метод, который применяют для производства серной кислоты в Грипсхольме. Мы обнаружили в серной кислоте осадок, частью красный, частью светло-коричневый. Этот осадок, опробованный с помощью паяльной трубки, издавал слабый речный запах и образовывал свинцовый королек. Согласно Клапроту, такой запах служит указанием на присутствие теллура. Ган заметил при этом, что на руднике в Фалюне, где собирается сера, необходимая для приготовления кислоты, также ощущается подобный запах, указывающий на присутствие теллура. Любопытство, вызванное надеждой обнаружить в этом коричневом осадке новый редкий металл, заставило меня исследовать осадок. Приняв намерение отделить теллур, я не смог, однако, открыть в осадке никакого теллура. Тогда я собрал все, что образовалось при получении серной кислоты путем сжигания фалюнской серы за

несколько месяцев, и подверг полученный в большом количестве осадок обстоятельному исследованию. Я нашел, что масса (т.е. осадок) содержит до сих пор неизвестный металл, очень похожий по своим свойствам на теллур. В соответствии с этой аналогией я назвал новое тело селеном (*Selenium*) от греч. - луна, так как теллур назван по имени *Tellus* (Теллус) - нашей планеты".

Таким образом, название селен как бы подчеркивает, что этот элемент - спутник теллура, подобно тому, как Луна спутник Земли. Добавим к этому, что Берцелиусу пришлось провести большое сравнительное исследование реакций селена и теллура. В русской литературе первых десятилетий XIX в. селен называли селением (Соловьев и Двигубский, 1824; Гесс, 1831); Страхов употребляет название селин (1825). После 1835 г. было принято название селен.



Черная и красная модификации селена



Природный селен

Бром, Bromum, Br (35)

Бром (англ. *Bromine*, франц. *Brome*, нем. *Brom*) впервые был получен в 1825 г. Левигом - студентом Гейдельбергского университета, работавшим у Гмелина. Левигом выделил бром из воды источника в Крейцнахе, воздействуя на нее хлором. Но пока он приготавливал большее количество препарата для исследования, появилось сообщение Балара (1826). Препаратор из Монпелье описывал тяжелую темно-бурую жидкость, которую он выделил из золы морских водорослей, признал новым элементарным веществом и назвал муридом (от лат. *muria* - рассол). Однако комиссия Парижской академии наук (Вокелен, Тенар и Гей-Люссак), проверявшая опыты Балара, нашла это название неудачным, так как соляная кислота называлась тогда *Acidum muriaticum* (муриевая кислота, от гипотетического элемента мурия), а ее соли - муриатами. Столь похожие названия - мурид и муриаты - могли вызвать недоразумения. Комиссия предложила назвать элемент бромом (*Brome*) от греч. - зловонный. Это название (с языковыми особенностями) было принято во всех странах. В русской химической литературе XIX в. встречаются названия вром (Иовский, 1827), мурид, вромид, а затем, начиная с Гесса и др., бром.



Бром



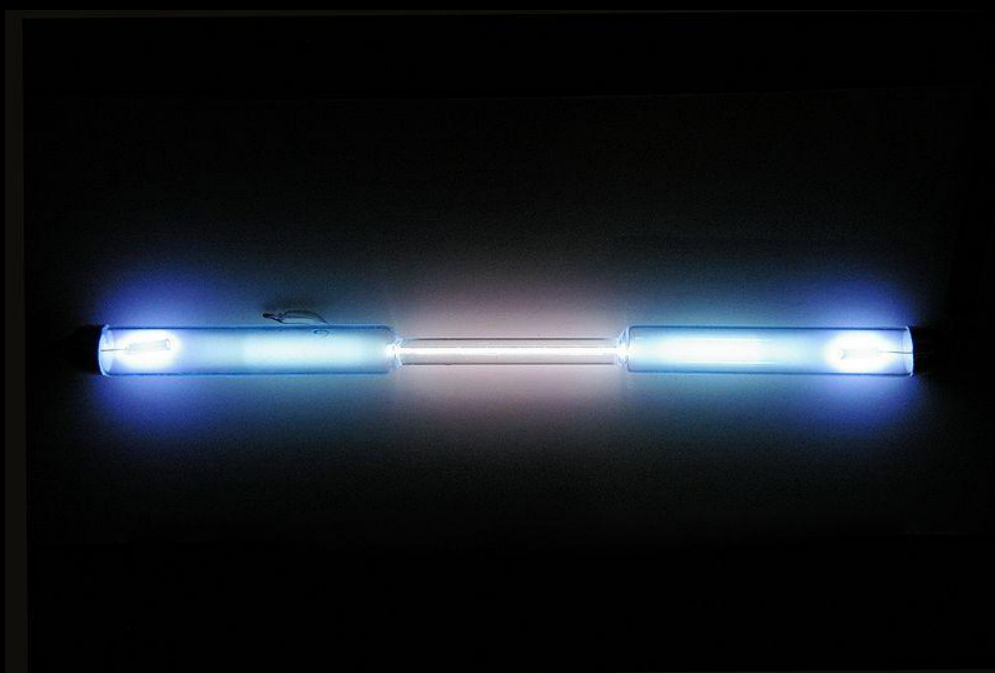
Утечка брома в Челябинске

Криптон, Krypton, Kr (36)

После того как Рамзай открыл аргон и гелий, перед ним возник вопрос о расположении новых элементов в периодической системе. Воспользовавшись методом Менделеева ("по образцу нашего учителя Менделеева", как писал Рамзай), он поместил новые газы в соседстве с другими элементами в порядке возрастания атомных весов. При этом ясно обнаружилось, что между гелием и аргоном остается пустая клетка. Ниже аргона, между бромом и рубидием, и еще ниже, между иодом и цезием, тоже имелись пустые места, и это позволило допустить, что инертные газы составляют особую группу периодической системы. Осенью 1897 г. Рамзай в качестве президента Химического отделения Британской ассоциации научных работников должен был выступить с докладом на очередном съезде ассоциации в Торонто. Темой доклада он избрал "еще неоткрытый газ" и, говоря о нем, продемонстрировал свою таблицу. Доклад Рамзая побудил исследователей к интенсивным поискам неоткрытых газов в различных минералах и минеральных водах, но честь отыскать его выпала на долю того же Рамзая. В 1898 г. совместно со своим ассистентом Траверсом Рамзай спектроскопически обнаружил один из предсказанных им газов в пробе аргона, а затем выделил его в более чистом виде путем испарения жидкого воздуха. Новый газ был назван криптоном от греч. - секретный, скрытый.



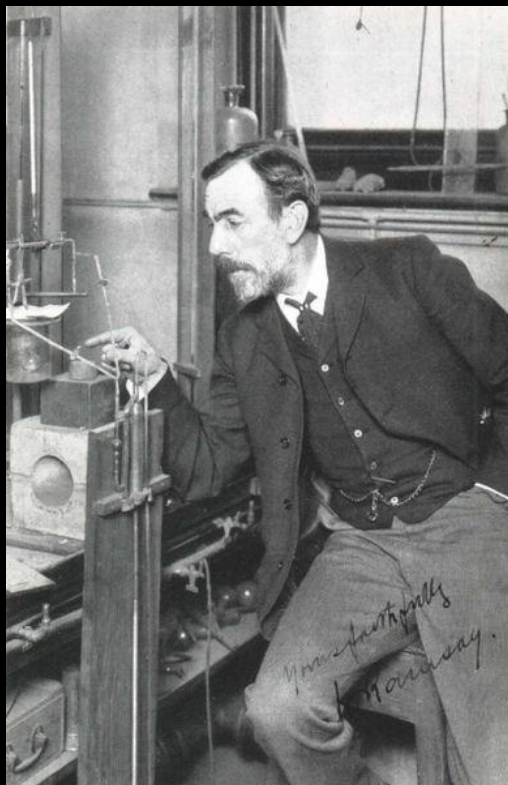
Разряд в трубке с криптоном



Разряд в трубке с криптоном



Спектр криптона



Уильям Рамзай (sir William Ramsay) - первооткрыватель криптона

Рубидий, Rubidium, Rb (37)

Авторы открытия спектрального анализа (1859) - Бунзен и Кирхгофф - немедленно применили его в качестве вспомогательного метода при химическом анализе минералов, и уже через год сообщили об открытии ими цезия. Продолжая исследования, они заинтересовались минералом лепидолитом (фторсиликат лития и алюминия) и, переработав 150 кг саксонского лепидолита, из фракции, содержащей щелочные металлы, выделили с помощью хлорплатиновой кислоты (H_2PtCl_6) двойные хлорплатинаты калия, цезия и рубидия. То обстоятельство, что калийные соли лучше растворяются в воде, чем рубидиевые и цезиевые, помогло исследователям отделить последние от калиевых солей. При спектроскопическом анализе остатка после удаления калия обнаружилось две новые линии в красной части спектра. Эти линии Бунзен и Кирхгофф правильно отнесли к новому металлу, который назвали рубидием (лат. *rubidus* - красный) из-за цвета его спектральных линий. Получить рубидий в виде металла Бунзену удалось в 1863 г.



Рубидий



Лепидолит

Стронций, Strontium, Sr (38)

В свинцовом руднике, близ деревни Стронциан в Шотландии, был найден редкий минерал, имевшийся до тех пор в одной или двух минералогических коллекциях. Минералоги ошибочно принимали его за флюорит или за так называвшийся азрированный барит (витерит), представлявший собой карбонат бария, открытый Витерингом в 1784 г. Около 1787 г. минерал был исследован Крауффордом и Крюикшенком, точно установившими, что в нем содержится особая земля, отличная от

витерита. Сообщение об этом опубликовано Крауффордом в 1790 г. Независимо от Крауффорда и Крюикшенка минерал изучал Гоп. В его работе, опубликованной в 1794 г., сообщается, что в минерале присутствует карбонат неизвестной земли, названной Гопом стронцитом (*strontites*). К этому же выводу пришел Клапрот, исследовавший минерал годом раньше. Клапрот наименовал землю стронцианом, а минерал, ее содержащий, стронцианитом. Свойства новой земли изучали Кирван (1793), Пеллетье (1797), Фуркруа и Вокелен (1797); все они пришли к тем же результатам. Следует подчеркнуть, что еще в начале 90-х годов XVIII в. Т. Е. Ловиц в Петербурге при получении из тяжелого шпата чистого хлорида бария обнаружил в остатке после кристаллизации последнего какую-то соль, кристаллизующуюся в длинные заостренные кристаллы. Ловиц заподозрил наличие в тяжелом шпате примеси новой земли, но опоздал с публикацией; в 1794 г. уже были опубликованы сведения об открытии стронциана. Однако Ловицу все же принадлежит первенство открытия стронциана в тяжелом шпате. Он подробно исследовал реакции солей бария, стронция и кальция, показал различие этих солей и предложил способ разделения хлоридов трех металлов, основанный на их растворимости в спирте. Электролитический металлический стронций получен Дэви в 1808 г. В русской химической литературе начала XIX в. встречаются названия стронтий (Гизе, 1813), стронциан (Иовский, 1822), стронтиян (Страхов, 1825), стронций (Двигубский и Павлов, 1825); кроме того, часто употреблялось название "основание стронциановой земли".



Стронций



Стронцианит - карбонат стронция SrCO_3



Разрушенный советский радиоизотопный генератор, который работал на ^{90}Sr

Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н. А.

Иттрий, Yttrium, Y (39)

Иттрий не принадлежит к группе редких земель, являясь элементом III группы периодической системы, но история его открытия и исследования тесно связана с открытием редкоземельных элементов. Напомним, что впервые слово иттрий (*Yttria*) появилось в конце XVIII в. в результате исследований Гадолином черного минерала иттербита (гадолинита). Экеберг в 1797 г. очистил выделенную из гадолинита землю и назвал ее иттрия, а спустя 45 лет Мозандер разложил ее на иттрий, тербий и эрбий; все эти названия символизировали разделение исходного иттербита и произведены от трех слогов названий минерала - итт, терб и эрб. В дальнейшем все три земли Мозандера подвергались длительным исследованиям, причем не раз сообщалось о ложных открытиях элементов. В русской химической литературе первой половины XIX в. элемент носил названия: основание иттрийской земли, иттрий (Двигубский, 1824), иттрин (Страхов), основание иттриевой земли, иттрий (Гесс) и др.



Иттрий



**Гадолинит - минерал, ставший настоящей находкой для химиков.
В нем было найдено несколько редкоземельных элементов.**

Цирконий, Zirconium, Zr (40)

Минерал гиацинт с острова Цейлон, содержащий цирконий, был известен с древних времен как драгоценный камень из-за его красивого бледного желто-коричневого цвета, переходящего в дымчато-зеленый, и особого блеска. Гиацинт считался разновидностью топаза и рубина, близким им по своему химическому составу. Минералог Вернер в конце XVIII в. дал минералу новое название - циркон. В 1789 г. Клапрот, используя разработанный им метод, сплавил в серебряном тигле порошок циркона с едкой щелочью и растворил сплав в серной кислоте. С трудом выделив из раствора кремнекислоту и железо, он получил кристаллы соли, а затем и окисел (землю), названную им циркония (*Zirconerde*). Эту же землю выделил Гитон де Морво из гиацинта, найденного во Франции. Нечистый металлический циркон получил впервые Берцелиус в 1824 г.; чистый цирконий удалось выделить лишь в 1914 г. Названия "циркон" и "цирконий" происходят от арабского *zargun* - киноварь. Персидское слово *zargun* означает "окрашенный в золотистый цвет". В русской химической литературе начала XIX в. металл называли циркон (Шерер, 1808), цирконь (Страхов, 1825), основание цирконной земли и цирконий (Двигубский, 1824), циркон (Захаров, 1810); кроме того, встречается название "цирконная земля". Название "цирконий" ввел переводчик книги Гизе (1813).



Цирконий



**Фианит - искусственный камень, имитирующий алмаз.
Представляет собой кубическую модификацию оксида циркония.**



Гиацинт с Северного Кавказа ($ZrSiO_4$)

Ниобий, Niobium, Nb (41)

Ниобий (англ. *Niobium*, иногда, особенно в американской литературе *Columbium*, франц. *Niobium*, нем. *Niob*) открыт в 1801 г. В Британский музей из Америки (штат Массачусетс) был прислан неизвестный минерал. Гатчет, который исследовал этот минерал, названный позднее колумбитом, вначале отождествлял его с сибирской хромовой рудой, но затем обнаружил, что кислота (окисел), образующаяся из щелочного сплава минерала, обладает совершенно иными свойствами, чем хромовая кислота. Гатчету не удалось восстановить из окисла металл, однако он все же назвал его колумбием в честь Христофора Колумба и старинного названия Америки. Год спустя шведский химик Экеберг открыл в одной из финских руд новый элемент, названный им танталом (*Tantalum*), так как окисел этого металла оказался чрезвычайно устойчивым и не разрушался даже в избытке кислоты. Он как бы не мог насытиться кислотой, подобно тому как мифический Тантал, наказанный Зевсом, стоя по горло в воде и терзаясь жаждой, не мог удовлетворить ее. Минерал, содержащий этот металл, был наименован танталитом. Однако в 1809 г. Волластон доказал, что колумбий Гатчета и тантал Экеберга представляют собой один и тот же металл, так как их окислы очень близки по удельному весу. Этот спорный вопрос разрешил Розе, который в 1844 г. в результате тщательного анализа колумбитов и танталитов различного происхождения установил, что в некоторых из них помимо тантала содержится еще один элемент, близкий по свойствам к танталу. Этот новый элемент Розе назвал ниобием (*Niobium*) по имени мифической Ниобы, дочери Тантала. Колумбий Гатчета оказался смесью ниобия и тантала. В России колумбий Гатчета заинтересовал химика-аналитика Т. Е. Ловица, который начал исследование нового металла, но не успел его закончить, опубликовав о нем лишь заметку (1806). В русской литературе начала XIX в. колумбий Гатчета назывался колумб (Шерер, 1808), колумбий (Ловиц), тантал и ниобий (Гесс).



Ниобий



Колумбит $(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$



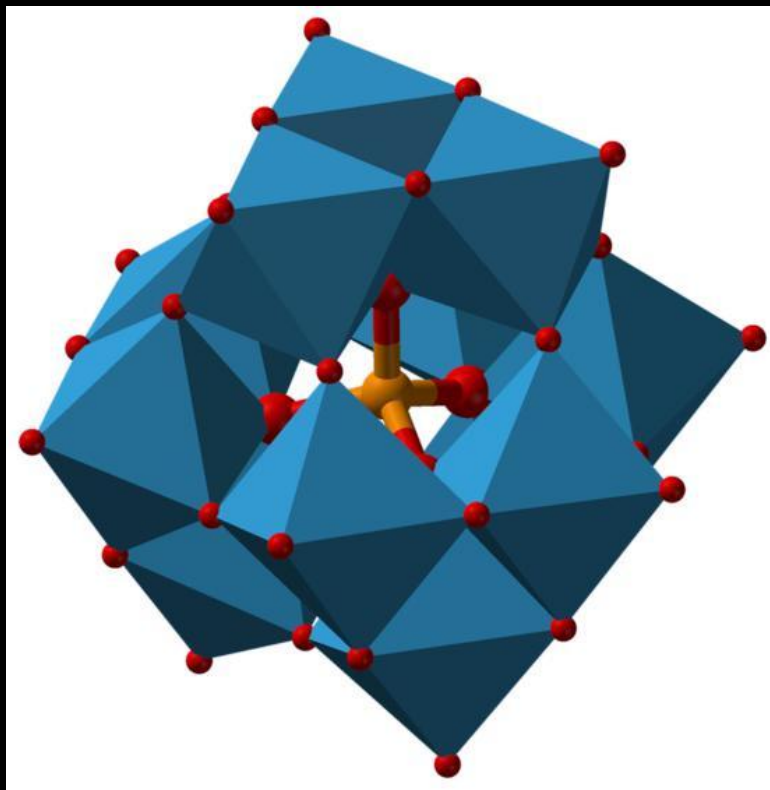
Сплавы на основе ниобия используются в приборах для магнитно-резонансной томографии.

Молибден, *Molibdenum*, Mo (42)

Слово молибден (англ. *Molybdenum*, франц. *Molybdene*, нем. *Molybdan*) происходит от древнегреческих названий свинца и минерала - свинцовый блеск. Из-за внешнего сходства свинцового блеска с графитом и молибденовым блеском латинское производное от греч. *Molybdaena* применялось в средние века, вплоть до XVIII в., для обозначения всех этих минералов. Наряду с этим все перечисленные минералы именовали также *Lapis plumbarius*, *Plumbago metallica*, *Galena* (нем. *Reissblei*, *Wasserblei*, *Hartblei*). В "Алхимическом лексиконе" Руланда (1613) приводятся и другие названия - *moliboto*, *molipdides*. В 1758 г. Кронштедт высказал мнение, что графит и молибденовый блеск представляют собой различные вещества, а 20 лет спустя Шееле доказал это, получив белый окисел MoO_3 , который он назвал *Wasserbleyerde* и молибденовой кислотой (*Acidum molybdaenae*). В 1790 г. появилось сообщение Гьельма о том, что ему удалось выделить нечистый металлический молибден путем восстановления его окисла; чистый металл получен Берцелиусом в 1817 г. В конце XVIII в. химик-флогистик Кирван предложил назвать новый металл молибденитом (*Molybdenit*), но вскоре это название присвоили минералу. Общепринятое название молибден (*Molibdenum*) принадлежит Берцелиусу. В дальнейшем появились сообщения об открытии в молибденовых минералах новых элементов - ниппония (*Nipponium*) и неомолибдена (*Neomolybdenium*), но эти сообщения не подтвердились. Русское название молибден вошло в употребление в 20-х годах XIX в. (Двигубский, 1824); до этого времени употреблялись названия молибдена (Захаров, 1810; Соловьев, 1824) и моливден (Страхов, 1825).



Молибден



Структура фосфомолибдат-иона $[PMo_{12}O_{40}]^{3-}$

Технеций, Technetium, Tc (43)

В своих знаменитых предсказаниях среди других неоткрытых элементов Менделеев назвал эка-марганец - аналог марганца с атомным весом около 100. В год этого предсказания (1871) можно было предполагать, что подобный элемент уже открыт в 1846 г. Германом в минерале иттроильмените (позже получившем название самарскит), так как описанные автором свойства элемента позволяли считать его эка-марганцем. И хотя открытие Германом элемента, названного им ильмением, было опровергнуто Розе, Менделеев все же предполагал, что ильмений Германа может быть эка-марганцем. Поиски аналога марганца долгое время были безуспешными, хотя недостатка в сообщениях о его "открытии" не ощущалось; так были "открыты" дэвий, люций, ниппоний. В 1925 г. Ноддак и Такке сообщили о том, что они нашли два новых элемента - 43 и 75. Первый был назван мазурием, второй - рением. Существование мазурия не было подтверждено сколько-нибудь убедительно, тогда как открытие рения стало действительностью. В 1936 г. Лоуренс из Калифорнийского университета в Беркли послал итальянскому физика Сегрэ в Палермо образец молибдена, подвергнутого длительному (несколько месяцев) облучению в циклотроне жесткими дейтеронами. Сегрэ совместно с Перрье установили, что радиоактивность этого образца относится не только к содержащимся в нем молибдену, цирконию и ниобию, но и рению и марганцу. Активная

часть материала, близкая по химическим свойствам к рению, была выделена в невесомом количестве (около 10^{-10} г.) и оказалась изотопом элемента 43. Вскоре Сегрэ и Перрье выделили еще пять изотопов этого элемента, а затем Сегрэ и Ву доказали существование его изотопов в продуктах распада урана. Позже было получено еще несколько изотопов нового элемента и среди них два вполне устойчивых. Элемент 43 отсутствует в природе, поэтому Сегрэ и Перрье предложили назвать его технецием от греч. - искусственный, приготовленный руками человека.



Циклотрон, созданный в Цюрихе в 1937 г.

Рутений, Ruthenium, Ru (44)

Этот металл платиновой группы открыт К. К. Клаусом в Казани в 1844 г. при анализе им так называемых заводских платиновых остатков. Получив из Петербургского монетного двора около 15 фунтов таких остатков, после извлечения из руды платины и некоторых платиновых металлов, Клаус сплавил остатки с селитрой и извлек растворимую в воде часть (содержащую осмий, хром и другие металлы). Нерастворимый в воде остаток он подверг действию царской водки и перегнал досуха. Обработав сухой остаток после дистилляции кипящей водой и добавив избыток поташа, Клаус отделил осадок гидроокиси железа, в котором обнаружил присутствие неизвестного элемента по темной пурпурно-красной окраске раствора осадка в соляной кислоте. Клаус выделил новый металл в виде сульфида и предложил назвать его рутением в честь России (лат. *Ruthenia*

- Россия). Это название впервые было дано в 1828 г. Озанном одному из мнимо открытых им элементов. По сообщению Озанна, при анализе Нижне-Тагильской платиновой руды он открыл три платиновых металла: рутений, плуран (сокращение слов платина Урала) и полин (греч. - седой, по цвету раствора). Берцелиус, проверивший анализы Озанна, не подтвердил его открытия. Клаус, однако, полагал, что Озанн получил окись рутения и упомянул об этом в своем сообщении 1845 г. По мнению же Завидского, рутений открыт еще ранее (1809) виленским ученым Снядецким, последний предложил наименовать его вестием от имени астероида Веста, открытого в 1807 г.



Рутений



Трис-(2,2'-бипиридил) рутений (II) хлорид $[\text{Ru}(\text{bipy})_3]\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Родий, Rhodium, Rh (45)

Родий был открыт в 1804 г. Волластоном вслед за открытием палладия. Волластон растворял сырую платину в царской водке, затем нейтрализовал избыток кислоты едким натром. Из нейтрального раствора он осадил платину хлористым аммонием, а палладий - цианистой ртутью. Фильтрат, обработанный соляной кислотой для удаления избытка цианистой ртути, был выпарен досуха. Остаток, после обработки алкоголем, представлял собой темно-красный порошок двойной натриевородиевой соли соляной кислоты (хлорид). Из этого порошка при прокаливании его в токе водорода легко получается металл. Слово "родий" произведено от греч. - роза и розовый в соответствие с цветом растворов солей металла в воде. В русской литературе начала XIX в. фигурируют названия родиа (Захаров, 1810), родь (Страхов, 1825) и родий (Двигубский, 1824).



Родий



Уильям Хайд Волластон - английский ученый, который открыл палладий (1803) и родий (1804), впервые получил (1803) в чистом виде платину.

Палладий, Palladium, Pd (46)

Палладий был найден Волластоном (1803) тоже в сырой платине, в той части ее, которая растворима в царской водке. С открытием палладия связана следующая история. Когда Волластон получил некоторое количество металла, он, не опубликовав сообщения о своем открытии, распространил в Лондоне анонимную рекламу о том, что в магазине торговца минералами Форстера продается новый металл палладий, представляющий собой новое серебро, новый благородный металл. Этим заинтересовался химик Ченевикс. Он купил образчик металла и, ознакомившись с его свойствами, предположил, что металл изготовлен из платины путем ее сплавления ртутью по методу русского ученого А. А. Мусина-Пушкина. Ченевикс высказал свое мнение в печати. В ответ на это анонимный автор рекламы объявил, что он готов выплатить 20 фунтов стерлингов тому, кто сумеет искусственно приготовить новый металл. Естественно, что ни Ченевикс, ни другие химики не смогли этого сделать. Через некоторое время Волластон сообщил официально, что он автор открытия палладия и описал способ его получения из сырой платины. Одновременно он сообщил об открытии и свойствах еще одного платинового металла - родия. Слово палладий (*Palladium*) Волластон произвел от названия малой планеты Паллады (*Pallas*), открытой незадолго до этого (1801) немецким астрономом Ольберсом. В русской литературе начала XIX в. палладий называли иногда палладь (Страхов, 1825) или паладь; у Севергина (1812) уже фигурирует название палладий.



Палладий



С 1831 г. Британское геологическое общество вручает медаль Волластона, изготовленную из палладия.

Серебро, *Argentum*, Ag (47)

Серебро (англ. *Silver*, франц. *Argent*, нем. *Silber*) стало известно значительно позднее золота, хотя и оно тоже встречается иногда в самородном состоянии. В Египте археологами найдены серебряные украшения, относящиеся еще к додинастическому периоду (5000-3400 до н. э.). Однако до середины II тысячелетия до н. э. серебро было большой редкостью и ценилось дороже золота. Предполагают, что древнеегипетское серебро было привозным из Сирии. Древнейшие серебряные предметы в Египте и других странах Западной Азии, как правило, содержат в себе золото (от 1 до 38%); их, вероятно, изготавливали из естественных сплавов, так же как и знаменитый золото-серебряный сплав "электрон" (греч. - азем). Может быть, это обстоятельство дало повод называть серебро "белым золотом". Древнеегипетское название серебра "хад" (*had* или *hat*) означает "белое". В Месопотамии серебряные украшения зарегистрированы в находках, относящихся к 2500 г. до н. э. Серебряные предметы здесь также редки до XVI в. до н. э., когда серебро стало использоваться в гораздо больших масштабах. В древнем Уре (около 2000 л. до н. э.) серебро называлось ку-баббар (*ku-babbar*) от ку (быть чистым) и баббар (белый). Серебряные предметы, относящиеся ко II тысячелетию до н. э., найдены и в других странах (Эгейский архипелаг, Троя). В рукописях тех времен встречается греческое название серебра - от слова белый, блистающий, сверкающий. С древнейших времен серебро применялось в качестве монетного сплава (900 частей серебра и 100 частей меди). Европейские народы познакомились с серебром около 1000 г. до н. э. Еще в эллинистическом Египте, а вероятно, и раньше серебро часто называли луной и обозначали знаком луны (чаще - растущей после новолуния). В алхимический период это название серебра было широко распространенным. Наряду с ним и с обычным лат.

argentum существовали и тайные названия, например *Sidia (id est Luna)*, *terra fidelis*, *terra coelestis* и т. д. Алхимики иногда считали серебро конечным продуктом трансмутации неблагородных металлов, осуществляемой с помощью "белого философского камня" (белого порошка), а иногда - промежуточным продуктом при получении искусственного золота. Внешний вид и цвет металла объясняют то, что его называли серебром не только на древнеегипетском, ассирийском, древнегреческом, армянском (аркат или аргат) и латинском языках, но и на некоторых новых языках. Филологи полагают, что романские названия серебра произошли от греч. (корень арг по-санскритски означает пылать, быть светлым), тоже связанного с санскритским *arjuna* (свет), *rajata* (белый). Труднее объяснить происхождение англ. *Silver* (древнеангл. *Seolfor*), нем. *Silber* и схожих с ними названий - готского *Silubr*, голландского *zilver*, шведского *silfer*, датского *sof*. Полагают, что все эти названия произошли от ассирийского *Sarpu (sarpu)*, точнее *Si-ra-pi-im* (серафим?), означающего "белый металл", "серебро". Что касается происхождения славянских названий *сидабрас*, *сиребро* (чешск. - *стрибро*) и древнеславянского (древнерусского) *сребро* (*сьребро*, *сьребро*, *серебро*), то большинство филологов связывает их с германским *Silber*, т. е. с ассирийским *Sarpu*. Возможно, однако, и другое сопоставление со словом "сerp" (лунный) - по-древнеславянски "сьp". Так, в Новгородской первой летописи имеется выражение "солнце погибе и явися сerpь на небесе". Существуют многочисленные и своеобразные, имеющие разное происхождение названия серебра на языках неславянских народов СССР.



Серебро



Серебрянное блюдо с изображением богини мудрости Минервы, I в. до н. э.

Кадмий, Cadmium, Cd (48)

Слово кадмий известно с древнейших времен. Оно употреблялось античными писателями и алхимиками средневековья для обозначения различных веществ, обычно окисных и углекислых цинковых руд, сообщающих выплавляемой из руды меди золотистый цвет. Однако это скорее собирательное, а не определенно значащее название. Само слово кадмий, согласно Липпману, происходит от имени финикийца Кадмоса, который будто бы первым нашел камень и открыл его способность изменять цвет меди при выплавке из руды. Кадмос на семитских языках означает "восточный" и одновременно является именем легендарного героя-полубога, основателя Фив, победившего властителя этой области - Дракона. От греческого происходит арабское обозначение каламия (или каламина), в свою очередь послужившее исходным для образования слова галмей. Алхимики различали много видов кадмии, в частности естественные и искусственные. В алхимическом словаре Руланда искусственная кадмия определяется как "тончайший пепел пирита".

Металл кадмий, получивший свое название от древней кадмии, был открыт в 1817 г. Штомейером. Интересна история этого открытия. Окружной врач Ролов ревизовал аптеки своего округа и в некоторых аптеках вблизи Магдебурга обнаружил окись цинка, внешний

вид которой позволял заподозрить, что она содержит мышьяк: действительно, при действии сероводорода на кислый раствор этой окиси цинка появлялся желтый осадок. Продажа этого препарата, вырабатываемого на фабрике Германа в Шенебеке, была запрещена. Владельцу фабрики это, естественно, не понравилось. Он сделал проверочные анализы своей окиси цинка, не обнаружил в ней никакого мышьяка и сообщил об этом Ролову и властям. От Германа потребовали образцы для анализа и послали их в Геттинген профессору Штомейеру, который был тогда генеральным инспектором аптек провинции Ганновер. Штомейер прокалил окись цинка, имевшую блестящий серый цвет, и увидел, что она пожелтела. На фабрике в Шенебеке это явление ему объяснили тем, что в цинке, мол, содержится небольшая примесь железа. Штомейер не удовлетворился этим объяснением и, произведя полный анализ препарата, обнаружил в нем новый металл, легко отделяемый от цинка с помощью сероводорода. Он назвал новый металл кадмием, так как нашел его в результате прокаливания *cadmia furnacum*, и в 1818 г. опубликовал подробные данные о новом металле. Приоритет Штомейера оспаривал Ролов, тоже сделавший анализ продажной окиси цинка, но его претензии были отвергнуты. Независимо от Штомейера, но позднее его, кадмий был открыт Керстеном, который назвал металл мелинумом (*melinus* - желтый, как айва) из-за цвета осадка при действии сероводорода. В 1821 г. Джон предложил именовать кадмий клапротиум (*Klaprothium*), а Гильберт - юнионием (*Junonium*), но общее признание завоевало название кадмий. В русской литературе первой половины XIX в. Страхов называл металл кадмом.



Кадмий



Сульфид кадмия (CdS)

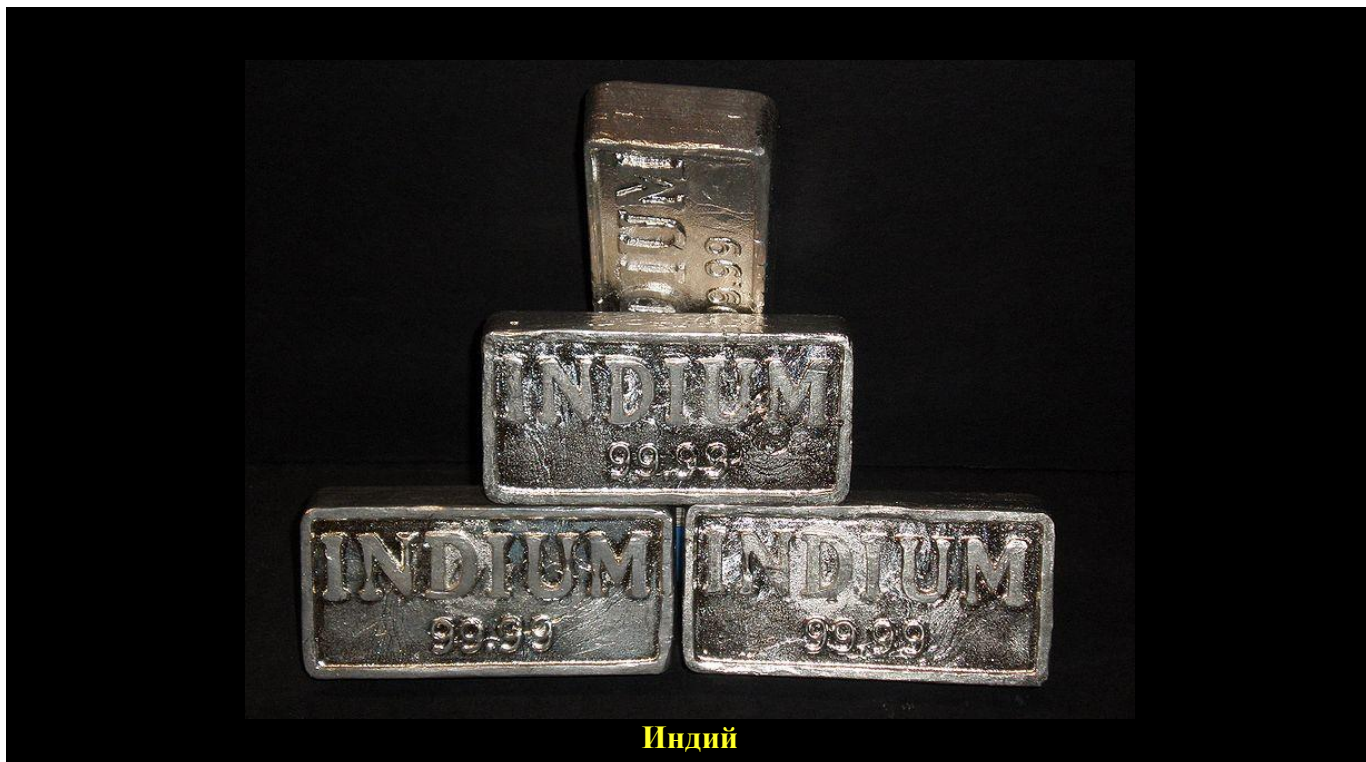


Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н. А.

Индий, Indium, In (49)

В 1863 г. директор Metallургической лаборатории Фрейбергской горной академии в Саксонии Рейх и его ассистент и преподаватель химии Рихтер занимались спектроскопическим анализом полиметаллических руд и "земель" из района Фрейберга. Они пытались обнаружить в этих пробах элемент таллий, незадолго до этого (1861) открытый учеными Англии и Франции. В спектре одного из образцов цинковой обманки они неожиданно увидели две яркие синие линии, не принадлежащие ни одному из известных элементов. Вскоре им удалось выделить из минерала незначительное количество (не более 0,1%) нового элемента, который был назван индием от названия древнеиндийской синей краски - индиго. Первые определения атомного веса индия (76) были неправильными, так же как и заключение, что индий двухвалентен. В 1869-1871 гг. Менделеев путем исследования удельной теплоемкости индия и его химических свойств пришел к выводу, что он должен иметь атомный вес около 114 (совр. 114,82) и по его способности образовывать квасцы должен быть отнесен к элементам подгруппы алюминия. Позднее Мозли с помощью рентгеновского анализа полностью подтвердил выводы Менделеева.



Индий



Ткань, окрашенная индиго

Олово, Stannum, Sn (50)

Олово (англ. *Tin*, франц. *Etain*, нем. *Zinn*) - один из семи металлов древности. В Египте, Месопотамии и других странах древнего мира бронза из олова изготавливалась уже в III тысячелетии до н. э.; олово применялось также для выделки различных предметов обихода, особенно посуды. Большинство стран древнего мира не имело богатых оловянных руд. Олово ввозилось морским путем из Испании, а также с Кавказа и из Персии, при этом его нередко не могли отличить от свинца. Древнегреческое название олова "касситерос" восточного происхождения и, несомненно, связано с аккадским названием олова "ик-касдуру", ассирийским "казазатира" и позднеавилонским "кастера". Латинское название олова (*Stannum* или *Stagnum*) вошло в употребление в Риме в императорский период. Полагают, что это слово связано с санскритским *stha* (стоять, стойко держаться) или *sthavan* (прочно, стойко). Впрочем, слово *Stagnum* на латинском языке означает "стоячую воду", "пруд", "озеро" и в переносном смысле "море". В средние века олово иногда считали видоизменением свинца и называли белым (*Plumbum album*) или блестящим (*Plumbum candidum*) свинцом в отличие от обыкновенного черного свинца (*Plumbum nigrum*). Немецкое *Zinn* (англ. *Tin*, франц. *Etain*) происходит от древнегерманского *zein* - палочка или пластинка. Что касается русского "олово" и созвучных с ним литовским "*alwas*" и прусским "*alwis*", то представители индогерманской теории происхождения языков полагают, что эти названия произошли от латинского *album*, фигурирующего в названии олова *Plumbum album*, подобно тому как слово *Cuprum* произошло от *Aes cuprium*. Такое словообразование весьма недостоверно. По нашему мнению, слово олово или олов (польское *olow* - свинец) имеет функциональное

происхождение. У древних славян существовал хмельной напиток из ячменя и жита, называющийся оловина или ол. Поскольку еще у римлян сосуды для хранения и созревания вина делались из свинца, можно предположить, что оловом называли материал (свинец) для изготовления сосудов, предназначенных для хранения оловины; слово олово стоит также в связи с названием другого жидкого тела - масла (*oleum*). В словаре Срезневского приводятся родственные олову слова - оловце (свинцовая лампада) и оловяник (сосуд из олова).



Олово: β -модификация (слева) и α -модификация (справа)



Бронзовый шлем из так называемой "казармы гладиаторов" I века н.э., обнаруженный при раскопках в Помпее. Однако некоторые ученые сомневаются в подлинности этого шлема и относят его создание к XV-XVII векам.

Сурьма, Stibium, Sb (51)

Сурьму (англ. *Antimony*, франц. *Antimoine*, нем. *Antimon*) человек знает издавна и в виде металла, и в виде некоторых соединений. Бертло описывает фрагмент вазы из металлической сурьмы, найденный в Телло (южная Вавилония) и относящийся к началу III в. до н. э. Найдены и другие предметы из металлической сурьмы, в частности, в Грузии, датируемые I тысячелетием до н. э. Хорошо известна сурьмяная бронза, употреблявшаяся в период древнего Вавилонского царства; бронза содержала медь и добавки - олово, свинец и значительные количества сурьмы. Сплавы сурьмы со свинцом использовались для изготовления разнообразных изделий. Следует, однако, отметить, что в древности металлическая сурьма, по-видимому, не считалась индивидуальным металлом, ее принимали за свинец. Из соединений сурьмы в Междуречье, Индии, Средней Азии и других азиатских странах была известна сернистая сурьма (Sb_2S_3), или минерал "сурьмяный блеск". Из минерала делали тонкий блестящий черный порошок, применявшийся для косметических целей, особенно для гримировки глаз "глазная мазь". Однако, вопреки всем этим данным о давнем распространении сурьмы и ее соединений, известный исследователь в области археологической химии Лукас утверждает, что в древнем Египте сурьма была почти неизвестна. Там, пишет он, установлен только один случай применения металлической сурьмы и немного случаев употребления соединений сурьмы. Кроме того, по мнению Лукаса, во всех археологических металлических объектах сурьма присутствует лишь в виде примесей; сернистая же сурьма, по крайней мере до времени и Нового царства, вообще не употреблялась для гримирования, о чем свидетельствует раскраска мумий. Между тем еще в III тысячелетии до н. э. в азиатских странах да и в самом Египте существовало косметическое средство, называемое стем, местем или стимми (*stimmi*); во II тысячелетии до н. э. появляется индийское слово сурьма; но все эти названия применялись, однако, главным образом для сернистого свинца (свинцового блеска). В Сирии и Палестине задолго до начала н.э. черный грим именовался не только стимми, но и каххаль или коголь, что во всех трех случаях означало любой тонкий сухой или растертый в виде мази порошок. Позднейшие писатели (около начала н. э.), например Плиний, называют стимми и стиби - косметические и фармацевтические средства для гримирования и лечения глаз. В греческой литературе Александрийского периода эти слова также означают косметическое средство черного цвета (черный порошок). Эти наименования переходят в арабскую литературу с некоторыми вариациями. Так, у Авиценны в "Каноне медицины" наряду со стимми фигурирует итмид, или атемид - порошок или осадок (паста) свинца. Позднее в указанной литературе появляются слова аль-каххаль (грим), алкооль, алкофоль, относящиеся

главным образом к свинцовому блеску. Считалось, что косметические и лечебные средства для глаз содержат в себе некий таинственный дух, отсюда, вероятно, алкоголем стали называть летучие жидкости. Алхимики называли сурьмяный, также, впрочем, как и свинцовый, блеск антимонием (*Antimonium*). В словаре Руланда (1612) это слово объясняется, как алкофоль, камень из свинцовых рудных жил, марказит, сатурн, сурьма (*Stibium*), а стибium, или стимми, как черная сера или минерал, который немцы называют списгласс (*Spiesglas*), впоследствии *Bpiesglanz* (вероятно, производное от стибium). Однако, несмотря на такую путаницу в названиях, именно в алхимический период в Западной Европе сурьма и ее соединения были наконец разграничены со свинцом и его соединениями. Уже в алхимической литературе, а также в сочинениях эпохи Возрождения металлическая и сернистая сурьма обычно описывается достаточно точно. Начиная с XVI в. сурьму стали применять для самых различных целей, в частности в металлургии золота, для полировки зеркал, позднее в типографском деле и в медицине. Происхождение слова "антимоний", появившегося после 1050 г., объясняется различно. Известен рассказ Василия Валентина о том, как один монах, обнаруживший сильное слабительное действие сернистой сурьмы на свинье, рекомендовал его своим собратьям. Результат этого медицинского совета оказался плачевным - после приема средства все монахи умерли. Поэтому будто бы сурьма получила название, произведенное от "антимонахиум" (средство против монахов). Но все это скорее анекдот. Слово "антимоний", вероятнее всего, просто трансформированное итмид, или атемид, арабов. Существуют, впрочем, и другие объяснения. Так, некоторые авторы полагают, что "антимоний" - результат сокращения греч. антос аммонос, или цветок бога Амона (Юпитера); так якобы называли сурьмяный блеск. Другие производят "антимоний" от греч. анти-монос (противник уединения), подчеркивающего, что природная сурьма всегда совместна с другими минералами. Русское слово сурьма имеет тюркское происхождение; первоначальное значение этого слова - грим, мазь, притирание. Это название сохранилось во многих восточных языках (фарсидский, узбекский, азербайджанский, турецкий и др.) до наших времен. Ломоносов считал элемент "полуметаллом" и называл его сурьма. Наряду с сурьмой встречается и название антимоний. В русской литературе начала XIX в. употребляются слова сурьям (Захаров, 1810), сюрма, сюрма, сюрмовой королек и сурьма.



Сурьма



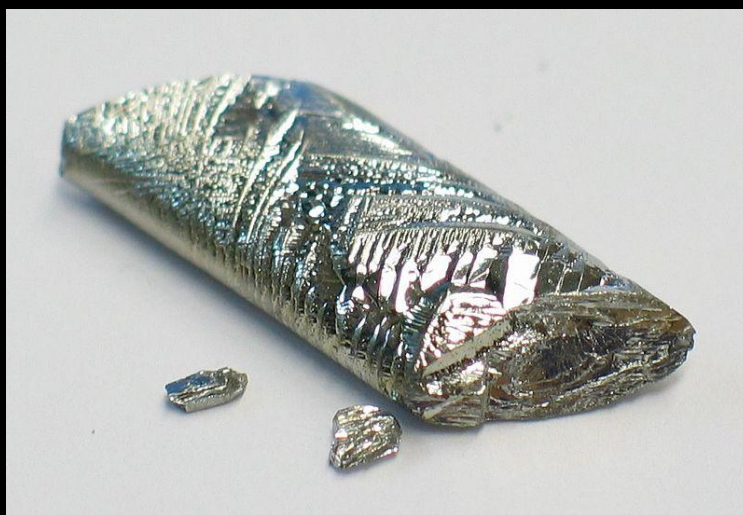
Сурьмяный блеск, или антимонит (Sb_2S_3)

Теллур, Tellurium, Te (52)

Открытие теллура (англ. *Tellurium*, нем. *Tellur*, франц. *Tellure*) относится к началу расцвета химико-аналитических исследований во второй половине XVIII в. К тому времени в Австрии в области Семигорье (Трансильвания) была найдена новая золотосодержащая руда. Ее называли тогда парадоксальное золото (*Aurum paradoxicum*), белое золото (*Aurum album*), проблематичное золото (*Aurum problematicum*), так как

<http://chemistry-chemists.com>

минералогии ничего не знали о природе этой руды, горняки же считали, что она содержит висмут или сурьму. В 1782 г. Мюллер (впоследствии барон Рейхенштейн), горный инспектор в Семигорье, исследовал руду и выделил из нее, как он полагал, новый металл. Чтобы удостовериться в своем открытии, Мюллер послал пробу "металла" шведскому химику-аналитику Бергману. Бергман, тогда уже тяжело больной, начал исследование, но успел установить лишь то, что новый металл отличается по химическим свойствам от сурьмы. Последовавшая вскоре смерть Бергмана прервала исследования и, прошло более 16 лет, прежде чем они возобновились. Тем временем в 1786 г. профессор ботаники и химии университета в Пеште Китаибель выделил из минерала верлита (содержащего теллуриды серебра, железа и висмута) какой-то металл, который он считал до тех пор неизвестным. Китаибель составил описание нового металла, но не опубликовал его, а лишь разослал некоторым ученым. Так оно попало к венскому минералогу Эстнеру, который познакомил с ним Клапрота. Последний дал благоприятный отзыв о работе Китаибеля, но существование нового металла пока еще не было окончательно подтверждено. Клапрот продолжил исследования Китаибеля и в результате их полностью устранил всякие сомнения. В январе 1798 г. он выступил с сообщением перед Берлинской академией наук об открытии им в трансильванском "белом золоте" особого металла (!), который получен "от матери земли" и назван поэтому теллуром (*Tellur*) от слова *tellus* - земля (планета). И действительно, первые десятилетия XIX в. теллур причисляли к металлам. В 1832 г. Берцелиус обратил внимание на сходство теллура с селеном и серой (на что делались указания и раньше), после чего теллур причислили к металлоидам (по номенклатуре Берцелиуса). В русской химической литературе начала XIX в. новый элемент называли теллуром, теллурием, теллюром, теллюрием; после появления учебника химии Гесса укоренилось название теллур.



Теллур



Солнечные батареи на основе теллурида кадмия (CdTe)

Иод, Iodum, I (53)

Этот элемент (англ. *Iodine*, франц. *Iode*, нем. *Jod*, итал. *Iodio*) был открыт фабрикантом мыла и селитры Куртуа в 1811 г. Во Франции и других странах с давних пор из соли морских водорослей получали щелочное вещество, называвшееся *Soude de Varech* или просто *Varech* (англ. *Wrack* или *wreck*, древнерусское вараха). Куртуа обнаружил, что раствор этой золы, называемой им *Salin le varech*, сильно разъедает медный котел, в котором производилось выпаривание. Желая выяснить причину этого, Куртуа стал добавлять к раствору различные реагенты. При этом он заметил, что в некоторых случаях образуются тяжелые фиолетовые пары, принадлежащие, по-видимому, какому-то неизвестному веществу. В 1813 г. Гей-Люссак исследовал новое вещество и дал ему название иод. Затем, когда было установлено его сходство с хлором, Дэви предложил именовать элемент иодином (аналогичное хлорином); это название принято в Англии и США до сих пор. Оно произведено от греческого слова - темно-синий, фиалковый. В 1814 г. бельгийский химик Ван-Монс предложил называть новый элемент вареном (*Varine*) по названию продукта, из которого он был получен, но предложение не было поддержано. В русской химической литературе начала XIX в. иод называли иодиний (Двигубский, 1824), иодис (Страхов, 1825), иодий (Иовский, Двигубский, 1827-1828), иод (Двигубский и Гесс, 1824). Часто встречающееся теперешнее написание йод - неправильное, следует писать иод.



Иод



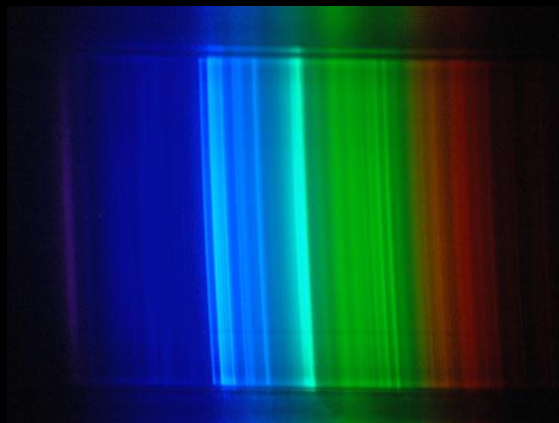
Пары иода

Ксенон, Xenon, Xe (54)

Элемент открыт Рамзаем и Траверсом при фракционировании жидкого воздуха. Название ксенон происходит от греч. - чужой, странный, необычный, неслыханный.



Разрядная трубка с ксеноном



Спектр ксенона



Ксеноновая дуговая лампа (мощность 15 кВт)

Цезий, Cesium, Cs (55)

Цезий (англ. *Cesium*, франц. *Cesium*, нем. *Caesium*) - первый элемент, открытый с помощью спектрального анализа. Открытие цезия послужило свидетельством широких возможностей этого метода, до применения которого о существовании цезия могли только подозревать. Так, в 1846 г. немецкий химик Платтнер, произведя анализ минерала поллукса, получил сумму содержащихся в нем компонентов на 7% меньшую, чем можно было ожидать. В 1864 г., уже после того, как Бунзен открыл цезий, итальянец Пизани обнаружил его в поллуксе. Оказывается, Платтнер, получив хлорплатинат, посчитал, что в его составе содержится калий, в то время как это был силикат цезия и алюминия. Бунзен нашел цезий с помощью спектрального анализа. В 1860 г., изучая спектры щелочных металлов лития, натрия и калия, он пришел к выводу, что, по всей

вероятности, должен существовать четвертый металл этой группы, имеющий такой же характерный спектр, что и литий. И действительно, в скором времени он обнаружил спектральные линии нового элемента: одну слабо-голубую, почти совпадающую с *delta*-линией стронция, и другую ярко-голубую в области фиолетовой части спектра, почти рядом с красной линией лития. Бунзен назвал вновь открытый металл цезием (*Cesium*) от лат. *caesius* - голубой, светло-серый; в древности этим словом обозначали голубизну ясного неба. Чистый металлический цезий получен электролитическим путем в 1882 г.



Кристаллы цезия



Первооткрыватели цезия: Густав Кирхгофф (слева) и Роберт Бунзен (в центре)

Барий, Barium, Ba (56)

Одно из природных соединений бария (франц. *Barium*), а именно тяжелый шпат $BaSO_4$, привлекло внимание алхимиков в начале XVII в. своими необычными свойствами. В 1602 г. болонский сапожник и алхимик Касциароло нашел в горах близ Болоньи камень, который был настолько тяжел, что Касциароло заподозрил в нем наличие золота. Пытаясь выделить золото из камня, алхимик прокалил его вместе с углем и олифой. И тут он обнаружил, что охлажденный продукт светится в темноте красноватым светом. Известие об этом произвело сенсацию среди алхимиков, и тяжелый шпат стал объектом алхимических и химических операций. Он получил ряд названий - солнечный камень (*Lapis solaris*), болонский камень (*Lapis Bononiensis*), болонский фосфор (*Phosphorum Boloniensis*) и др. Долгое время тяжелый шпат считали, однако, видоизмененной формой гипса (или извести). В 1774 г. Ган и его друг Шееле исследовали тяжелый шпат и установили, что в нем содержится особая "земля". Несколько позднее (1779) Гитон де Морво назвал эту землю барот (*barote*), а в дальнейшем изменил название на барит (*baryte*). Под этими названиями бариевая земля описывалась в учебниках химии конца XVIII и начала XIX в. Содержащийся в нем неизвестный металл стали называть барий (*Barium*) от греческого слова тяжелый.

В учебнике Лавуазье (1789) барит фигурирует среди солеобразующих, землистых простых тел, причем приводятся синонимы барита - барот (*Barote*) и тяжелая земля (*terre pesante*, лат. *terra ponderosa*). Металлический барий был впервые получен Дэви (1808) путем электролиза барита. В 1816 г. Кларк предложил отклонить название барий на том основании, что если бариевая земля - барита (окись) действительно тяжелее других земель, то металл, наоборот, легче других металлов. Однако предложение Кларка называть барий плутонием (*Plutonium*) химики не приняли.

В русской литературе начала XIX в. бариевую землю именовали обычно баритом, а металл - барием. Только у Страхова (1825) встречается особое название - тяжелец.



Барий



Тяжелый шпат, или барит (BaSO_4). Желтая окраска обусловлена присутствием соединений железа.

Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н.А.

Лантан, Lanthanum, La (57)

В первый период исследования редких земель (конец XVIII - начало XIX в.) названия редких земель и содержащих их минералов были весьма запутанными. Так, минерал, найденный в окрестностях местечка Иттерби и названный иттербит, после исследования его Гадолиным был переименован в гадолинит. Экеберг, повторив исследование Гадолина и очистив выделенную из гадолинита землю, дал ей название иттрия. Подобная же редкая земля была обнаружена Клапротом и независимо от него Берцелиусом и Гизингером в минерале церите. Клапрот назвал новую землю охроитовой землей, а Берцелиус - окисью церия. Таким образом, земли иттрия и церия не различались друг от друга до тех пор, пока Берцелиус совместно с Ганом не установил различие между ними, дав одной из них название иттрия, а другой церия. Обе земли подверглись в дальнейшем тщательным исследованиям многих ученых. Среди них следует отметить сотрудника Берцелиуса Мозандера, который в 1826 г. пришел к заключению, что в цериевой земле помимо церия содержится окисел и другого неизвестного элемента. Когда в его распоряжении оказалось большее количество церита, Мозандер сумел выделить новую землю, содержащую элемент, свойства которого заметно отличались от свойств церия. Новый элемент был назван лантан (*Lanthanum*) от греч. - скрываться, забываться. Через три года Мозандер выделил из лантановой земли еще одну землю, элемент которой он назвал дидимом. Однако позднее было доказано, что дидим является смесью нескольких элементов.



Лантан



Оксид лантана (La_2O_3)

Церий, Cerium, Ce (58)

Открытие церия (англ. *Cerium*, франц. *Serium*, нем. *Cer*) является начальным звеном длинной цепи исследований редкоземельных элементов цериевой группы. Цериевую землю открыли в 1803 г. одновременно и независимо друг от друга Клапрот в Германии и Берцелиус и Гизингер в Швеции. Задолго до этого открытия на медном и висмутовом рудниках Бастнес в Швеции был найден тяжелый минерал. Его изучением занялся Кронштедт и, сочтя его трудно восстанавливаемой железной рудой с примесью вольфрама (тунгстена), назвал тунгстеном (тяжелый камень из Бастнеса). Затем этот красноватый

тунгстен исследовали Шееле и Элюайр и не нашли в нем вольфрама. В 1803 г. Клапрот, получивший в свое распоряжение образец минерала, заподозрил присутствие в нем какого-то неизвестного простого тела. При действии на освобожденный от железа желтый раствор минерала аммиаком получался осадок, прокалив который Клапрот получил коричневый порошок - окись новой земли. Он предложил назвать ее охроитом (*ochroit*) от греч. - желтовато-коричневый. В действительности же окись церия имеет белый цвет, и лишь ее перекисное соединение обладает оранжево-коричневым цветом. Вероятно, Клапрот работал с загрязненной цериевой землей, и ее окраска объяснялась примесью других редких земель, в частности празеодима, имеющего коричневую окраску. Одновременно с Клапротом анализом минерала занимался Берцелиус, в то время молодой врач-гидропат, совладелец фабрики минеральных вод, основанной бароном Гизингером. Однако и тогда Берцелиус интересовался химией и совместно с Гизингером производил химические исследования. Оба они заинтересовались загадочным "тяжелым шпатом" и по внешнему виду приняли его за разновидность гадолинита, содержащего медь, висмут и сернистое соединение молибдена. Растворив минерал в кислоте и отделив кремнезем и железо, они получили белый осадок, который после прокаливания стал коричневым, хотя и не содержал железа. В результате тщательных операций им удалось получить окисел неизвестного металла в количестве 50% веса минерала. Они решили назвать металл, содержащийся в этом окисле, церием (*Cerium*) по имени малой планеты Цереры - первой из малых планет, открытой в 1801 г.; минерал, из которого была получена новая земля, был наименован церитом. Клапрот через несколько лет (1807) оспаривал название "церий", указывая, что оно может привести к недоразумениям, так как почти одинаково с лат. *cera*, означающим воск. Он предлагал назвать новый металл церерием (*Cererium*), а минерал цереритом. Многие химики приняли эти названия. Однако в своем учебнике химии Берцелиус указал, что такое изменение названия нецелесообразно, так как слово "церерий" трудное, неудобное для произношения. В середине прошлого столетия название церий стало общепринятым. Металлический церий был получен в чистом виде спустя 74 года (1875) после открытия элемента. В русской литературе употребляются оба названия и, кроме того, в более ранних сочинениях встречаются: церь (Захаров, 1810), церин (Страхов, 1825), цер, цериум (Двигубский, 1828). После появления учебника Гесса (1833) название "церий" утвердилось.



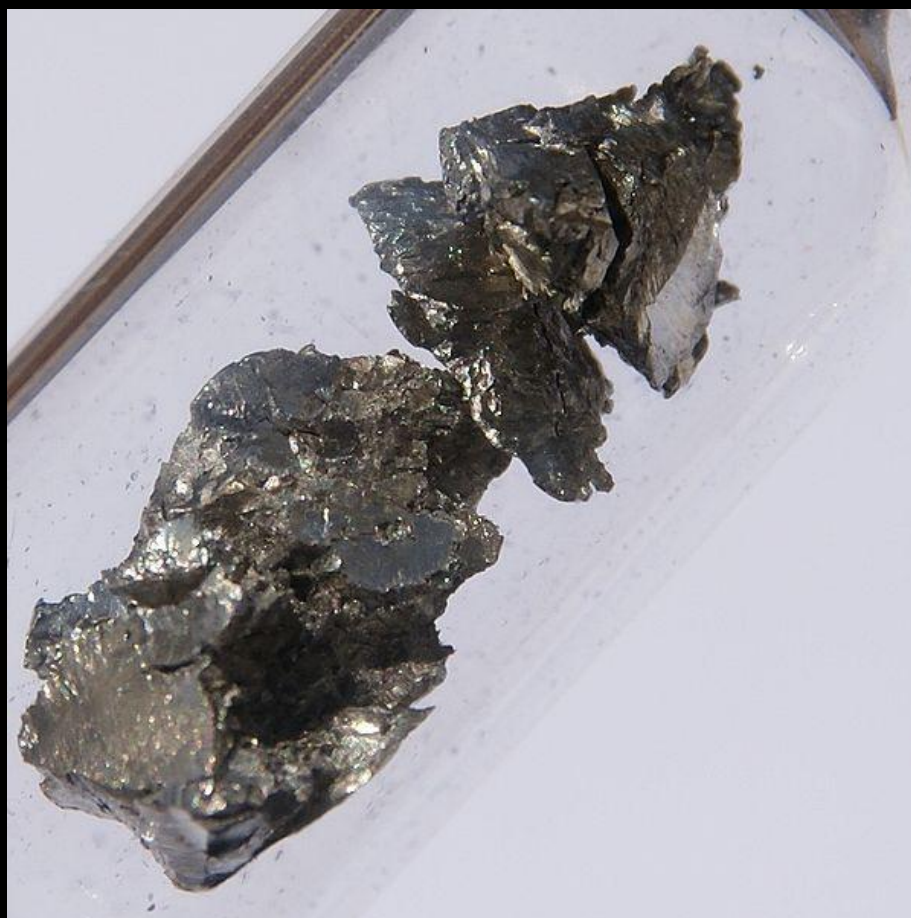
Церий



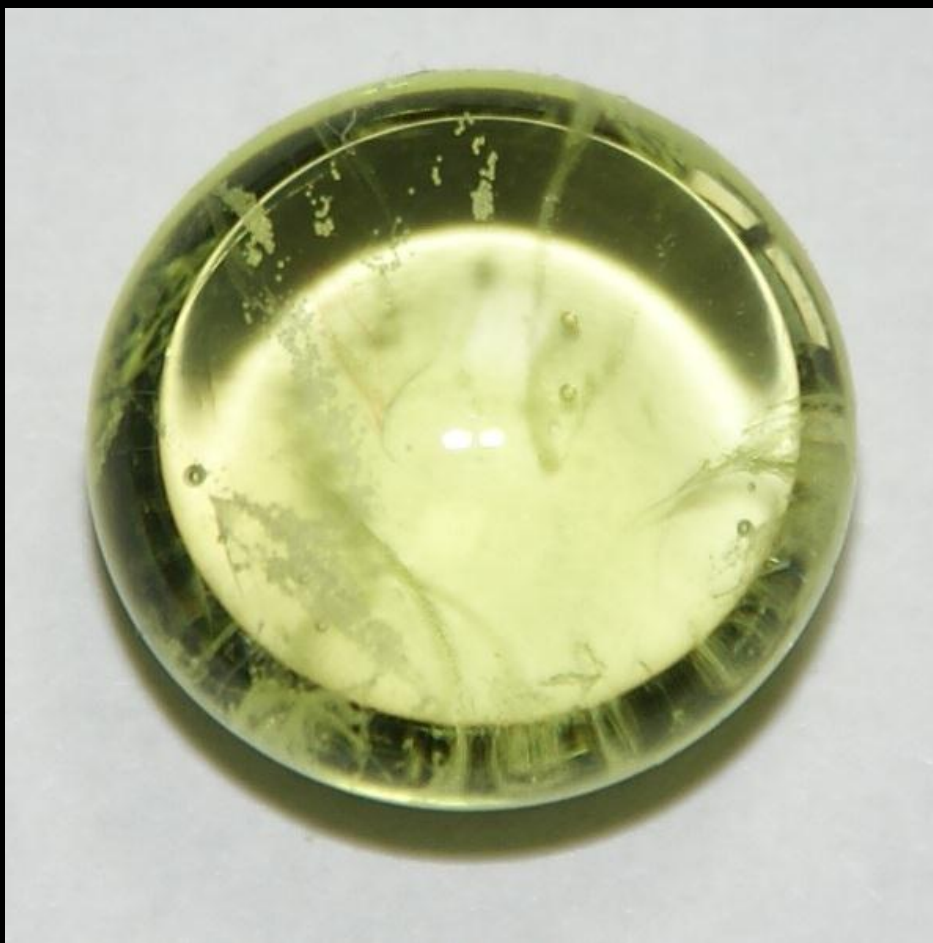
Сульфат церия $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$

Празеодим, Praseodymium, Pr (59)

Открытие празеодима (англ. *Praseodymium*, франц. *Praseodyme*, нем. *Praseodym*) тесно связано с открытием неодима. В 1841 г. Мозандер разделил лантановую землю на две. Одна из них получила старое название "лантана", другая, близкий по свойствам близнец лантана, "дидимия" (от греч. - близнец). Несколько десятилетий предполагаемый элемент этой земли - дидимий - фигурировал в перечнях и таблицах элементов. В 1879 г. Лекок де Буабодран выделил из дидимии новую землю самарию, а три года спустя Ауэр фон Вельсбах разделил оставшуюся дидимию еще на две земли. При этом он получил две группы соединений; в одну из них входили соли, окрашенные в зеленый цвет и окисел бледно-зеленого цвета, в другую - соли, окрашенные в цвета от розового до фиолетово-красного, и окисел серо-синего цвета. Исходя из этого, Вельсбах сообщил об открытии им двух новых элементов. Дающий соли зеленого цвета он назвал празеодимом (празеодидимом) от греч. - светло-зеленый, как лук, и старого названия земли "дидимия". Таким образом, празеодим можно перевести как "светло-зеленый дидим". Элемент второй земли был назван неодимом.



Празеодим

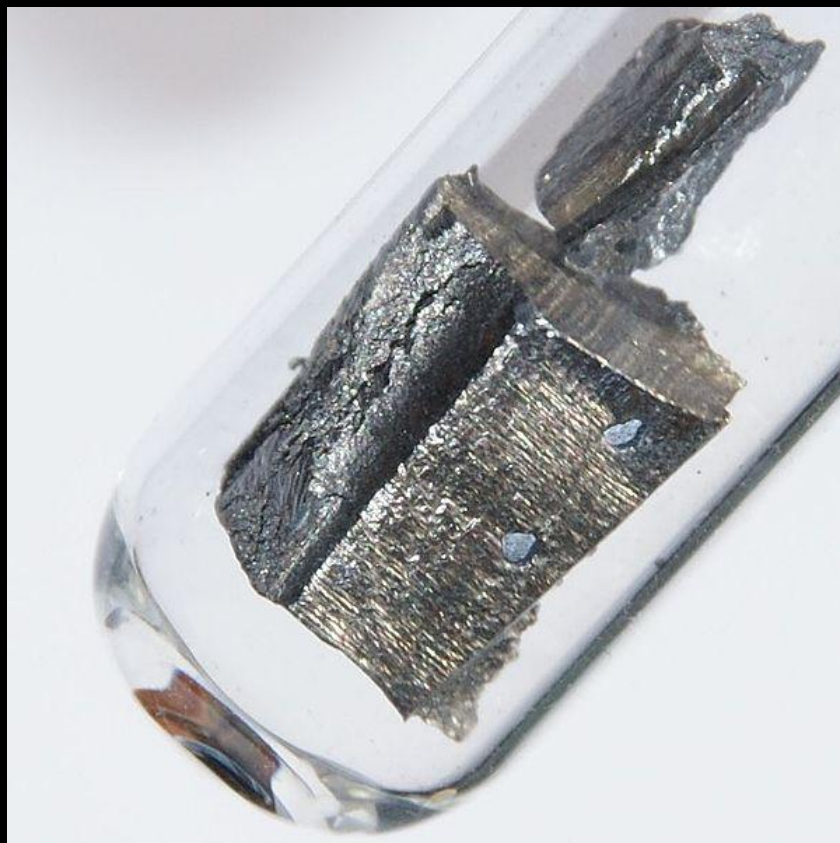


Оксид празеодима Pr_2O_3 придает стеклу зеленую окраску

Неодим, Neodymium, Nd (60)

Неодим (англ. *Neodymium*, франц. *Neodyme*, нем. *Neodym*) впервые был получен при разложении мнимого элемента дидимия (*Didymium*). В 1841 г. Мозандер разделил лантановую землю на две; одна из них сохранила старое название "лантан", вторая была названа дидимия (от греч. - парный, близнец). Уже в то время подозревали, что дидимия представляет собой смесь неизвестных земель, и действительно, в 1879 г. Лекок де Буабодран выделил из нее землю, которую назвал самария.

Спустя три года Ауэр фон Вельсбах разделил оставшуюся дидимию еще на две новые земли, элементы которых наименовал празеодимом и неодимом. Название неодим произведено от слова "дидимия" и греч. приставки "нео" (новый).



Неодим

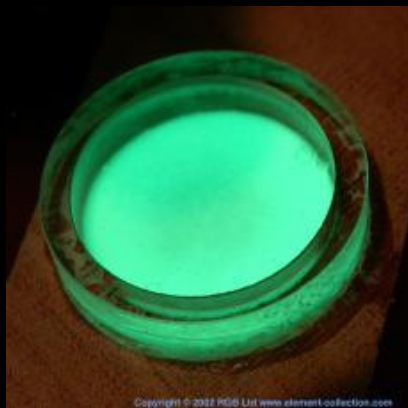


Оксид неодима Nd_2O_3 придает стеклу синюю окраску

Прометий, Promethium, Pm (61)

История открытия этого элемента наглядно демонстрирует те чрезвычайные трудности, которые пришлось преодолеть нескольким поколениям исследователей при изучении и открытии редкоземельных элементов. После открытия в 1907 г. иттербия и лютеция казалось, что серия редкоземельных элементов, размещенная в III группе периодической системы, уже полностью завершена и едва ли можно рассчитывать на ее пополнение. Между тем некоторые видные исследователи редких земель, в частности Браунер, полагали, что в серии редких земель между неодимом и самарием должен существовать еще один элемент, так как разница в атомных весах этих двух элементов аномально высока. После того как Мозли установил порядковые номера элементов, еще очевидней стало отсутствие в группе редкоземельных элементов элемента 61, и в 20-х годах нашего столетия начались интенсивные поиски его. Долгое время они были безрезультатными. Первое сообщение об открытии элемента 61 сделали американцы Гаррис и Гопкинс в 1926 г. Путем фракционирования концентрированных земель неодима и самария и рентгенографического анализа выделенных фракций они обнаружили новый элемент, названный ими иллинием (*Illinium*) в честь Иллинойского университета, где было сделано предполагаемое открытие. Авторы отметили, что элемент 61 радиоактивен и обладает коротким периодом полураспада. Их сообщение вызвало резкие возражения Прандтля, который не смог обнаружить следов нового элемента, проверяя в течение года данные американских авторов. Супруги Ноддаки, располагавшие 100 кг редких земель, также не подтвердили сообщения американцев. В конце 1926 г. появилась еще одна версия. Сотрудники Флорентийского университета Ролла и Фернандес объявили, что еще в 1924 г. они послали в Академию деи Линчеи закрытый пакет, в котором имелось сообщение об открытии ими элемента 61. Они выделили элемент путем 3000-кратной кристаллизации дидимиевой земли, содержащей 70% неодима и празеодима, и назвали флоренцием (*Florentium*). Появлялись и другие сообщения об открытии элемента 61, называвшегося иногда эка-неодимом (*Eka-Neodymium*), но ни одно из них не подтверждалось. Дальнейшие исследования привели к тому, что неуловимый элемент стали считать радиоактивным короткоживущим, в связи с чем нахождение его в природе маловероятно. Естественно, что после этого стали пытаться получить элемент искусственно. В 1941 г. в университет штата Огайо, Лау, Пул, Курбатов и Квилл, бомбардируя в циклотроне образцы неодима и самария дейтронами, получили большое число радиоактивных изотопов, среди которых, как они думали, имелся и изотоп элемента 61. Сегрэ и Ву подтвердили это предположение, но и им не удалось химически идентифицировать искомый изотоп. Тем не менее американские исследователи из Огайо предложили для

элемента свое название циклоний (*Cyclonium*), так как он был получен с помощью циклотрона. Финальной стадией этого длинного ряда работ по искусственному получению и выделению элемента 61 оказались исследования продуктов, получающихся в атомном котле. В 1947 г. Маринский, Гленденин и Кориэлл хроматографически разделили продукты деления урана в атомном котле и выделили два изотопа элемента 61; массовое число одного из них 147, период полураспада 2,7 года, второго - соответственно 149 и 47 часов. По предложению супруги Кориэлла новый элемент наименовали прометеем (*Prometheum*) от имени мифического героя Прометея, похитившего у Зевса огонь и передавшего его людям. Этим названием авторы открытия хотели подчеркнуть не только метод получения элемента с использованием энергии ядерного деления, но и угрозу наказания зачинщикам войны. Как известно, Зевс наказал Прометея, приковав его к скале на растерзание орлу. В 1950 г. Международная комиссия по атомным весам дала элементу 61 название прометий, все старые названия - иллиний, флоренций, циклоний и прометей - были отвергнуты.



Свечение образца хлорида прометия (III)

Самарий, Samarium, Sm (62)

Открытие самария - результат упорных химико-аналитических и спектральных исследований дидимиевой земли, выделенной Мозандером из цериевой земли. Несколько десятилетий после того, как Мозандер выделил из лантаны землю дидимию, считалось, что существует элемент дидимий, хотя некоторые химики подозревали, что это смесь нескольких элементов. В середине XIX в. новым источником для получения дидимиевой земли стал минерал самарскит, открытый русским горным инженером В. М. Самарским в Ильменских горах; позднее самарскит был найден в Северной Америке в штате Северная Каролина. Многие химики занимались анализами самарскита. В 1878 г. Делафонтен, исследовавший образцы дидимы, выделенной из самарскита, обнаружил две новые голубые линии спектра. Он решил, что они принадлежат новому элементу, и

дал ему многозначительное название деципий (лат. *decipere* - одурачивать, обманывать). Были и другие сообщения об обнаружении новых линий в спектре дидимы. Этот вопрос был решен в 1879 г., когда Лекок де Буабодран, пытаясь разделить дидимию, установил, что спектроскопический анализ одной из фракций дает две голубые линии с длиной волн 400 и 417 А. Он пришел к выводу, что эти линии отличны от линий деципия Делафонтена, и предложил назвать новый элемент самарием (*Samarium*), подчеркивая этим, что он выделен из самарскита. Деципий же оказался смесью самария с другими элементами дидимии. Открытие Лекока де Буабодрана подтвердил в 1880 г. Мариньяк, которому при анализе самарскита удалось получить две фракции, содержащие новые элементы. Мариньяк обозначил фракции Y_{β} и Y_{α} . Позднее, элемент, присутствующий во фракции Y_{α} , получил название гадолиний, фракция же Y_{β} имела спектр, аналогичный спектру самария Лекока де Буабодрана. В 1900 г. Демарсэ, разработавший новый метод дробной кристаллизации, установил, что спутником самария является элемент европий.



Самарий



Минерал самарскит

Европий, Europium, Eu (63)

Открытие европия связано с ранними спектроскопическими работами Крукса и Лекока де Буабодрана. В 1886 г. Крукс, исследуя спектр фосфоресценции минерала самарскита, обнаружил полосу в области длин волн 609 А. Эту же полосу он наблюдал при анализе смеси иттербиевой и самариевой земель. Крукс не дал названия подозревавшемуся элементу и временно обозначил его индексом R. В 1892 г. Лекок де Буабодран получил от Клеве 3 г очищенной самариевой земли и произвел ее дробную кристаллизацию. Спектроскопировав полученные фракции, он обнаружил ряд новых линий и обозначил предполагаемый новый элемент индексами ϵ (эпсилон), и ζ (дзетта). Четыре года спустя Демарсэ в результате длительной кропотливой работы по выделению из самариевой земли искомого элемента отчетливо увидел спектроскопическую полосу неизвестной земли; он дал ей индекс "E". Позднее было доказано, что ϵ (эпсилон), и ζ (дзетта) Лекок де Буабодрана, "E" Демарсэ и аномальные полосы спектра, наблюдавшиеся Круксом, относятся к одному и тому же элементу, названному Демарсэ в 1901 г. европием (*Europium*) в честь континента Европы.



Европий



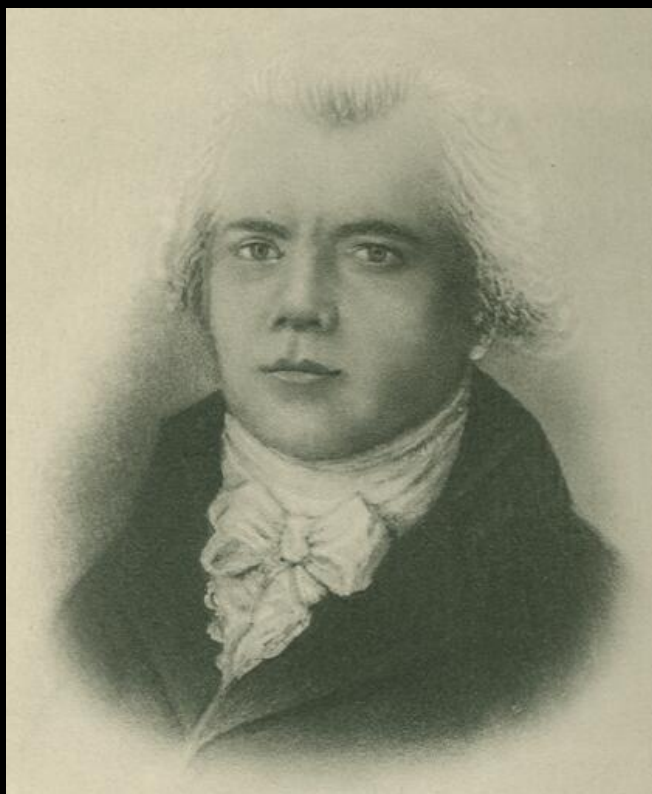
Оксид европия Eu_2O_3

Гадолий, Gadolinium, Gd (64)

В 1794 г. профессор химии и минералогии в университете Або (Финляндия) Гадолин, исследуя минерал, найденный близ местечка Иттерби в трех милях от Стокгольма, открыл в нем неизвестную землю (окисел). Несколько лет спустя Экеберг повторно исследовал эту землю и, установив наличие в ней бериллия, назвал его иттриевой (*Yttria*). Мазандер показал, что иттриевая земля состоит из двух земель, которые он назвал тербиевой (*Terbia*) и эрбиевой (*Erbia*). Далее Мариньяк в тербиевой земле, выделенной из минерала самарскита, обнаружил еще одну землю - самариевую (*Samaria*). В 1879 г. эту же землю выделил из дидимия и новой земли, обозначенной им индексом "α", Леккок де Буабодран и с согласия Мариньяка назвал последнюю гадолиниевой землей в честь Гадолина - первого исследователя минерала иттербита. Элемент, содержащийся в гадолиниевой земле (*Gadolinita*), получил название гадолий (*Gadolinium*); в чистом виде он получен в 1896 г.



Гадолий



Йоган Гадолин - финский химик, физик и минералог. Первооткрыватель иттрия.

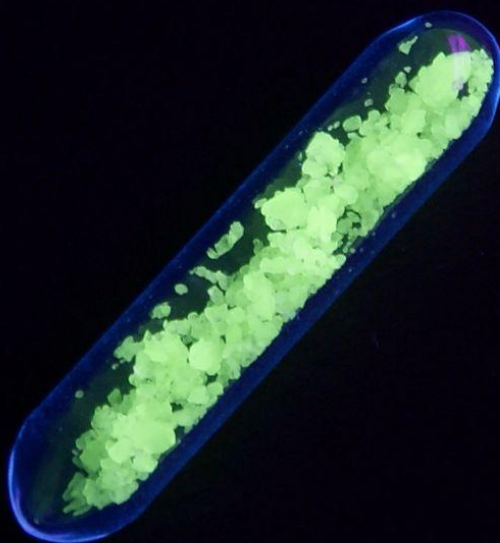
Тербий, Terbium, Tb (65)

История открытия этого элемента довольно запутана. Она начинается с черного минерала, найденного в 1788 г. близ деревни Иттерби в Швеции и получившего название гадолинита. В 1797 г. Экеберг, вновь, после Гадолина, исследовавший гадолинит, выделил из него редкие земли, принятые им за одну, получившую название иттрия. 45 лет спустя, в 1843 г., Мозандер разложил иттриевую землю на три особые земли - иттрию, тербию и эрбию; все эти слова произведены от названия деревни Иттерби путем деления его на слоги (итт, ерб, терб), что символизировало разделение минерала на три части. Тербиевая земля, т.е. окись тербия, представляла собой самое слабое основание среди трех земель; ее соли оказались окрашенными в розовый цвет. В 1860 г. шведский химик Берлин, работавший с иттриевой землей Экеберга, спутал тербию и эрбию: розовые соли он приписал эрбиевой земле, а тербию Мозандера называл эрбией. Это поставило под сомнение результаты разложения иттрии Мозандером. Дело осложнилось еще и тем, что авторитетные химики частично подтвердили выводы Берлина. Например, Бунзен нашел в иттриевой земле Экеберга лишь иттрий и эрбий Берлина с розовыми солями; Клеве пришел к тому же результату. Таким образом, существование тербиевой земли стало сомнительным. Дальнейшие исследования иттриевой земли оказались связанными с множеством ошибочных выводов. Так, Смит в 70-х годах выделил из иттрии

землю, будто бы содержащую новый элемент, который он назвал мозандрием. Позже Лекок де Буабодран нашел в мозандрии тербий, гадолиний и самарий. Мариньяк, повторивший его исследования, пришел к выводу, что мозандрий является окисью тербия. Делафонтен, правильно отстаивавший существование особой тербиевой земли, в свою очередь открыл в ней два несуществующих элемента: филиппий (между тербием и иттрием) и деципий. Но ошибка Делафонтена сыграла и положительную роль. Продолжив его исследования, Мариньяк с помощью спектрального анализа выделил из тербиевой земли гадолиний. Все эти земли, однако, были нечистыми, и исследования их приводили к противоречивым результатам. Так, в 1886 г. Лекок де Буабодран, исследуя спектры флюоресценции редких земель, пришел к выводу, что существует не один тербий, а целая группа тербинов; эти тербины затем оказались смесями редкоземельных элементов. Вся эта путаница хорошо иллюстрируется определением атомного веса тербия. Для него в период с 1864 по 1905 г. получено девять значений - от 113 до 163,1. Окончательную ясность в вопрос о существовании тербия внесли работы Урбэна, доказавшего в 1906 г., что именно к этому элементу относятся розовая окраска солей (работы Мозандера), спектр поглощения и спектр обращения, установленные Лекок де Буабодраном, мнимые элементы ионий, инкогниций и "γ", найденные Демарсе по ультрафиолетовой фосфоресценции и искровому спектру (1900). Точное определение атомного веса тербия (159,2) тоже сделано Урбэном.



Тербий



Сульфат тербия $Tb_2(SO_4)_3$ - вещество белого цвета, имеющее зеленую флюоресценцию при облучении УФ-лампой

Диспрозий, Dysprosium, Dy (66)

В 1843 г. швед Мозандер показал, что иттриевая земля представляет собой комплекс целого ряда земель. Во второй половине XIX в. из иттрии было выделено 11 редких земель; последняя из них открыта в 1866 г. Лекоком де Буабодраном при спектроскопическом анализе гольмии, или гольмиевой земли. Новая земля названа диспрозия, а содержащийся в ней элемент - диспрозием (*Dysprosum*). Это название французский ученый произвел от греч. - труднодоступный из-за тех трудностей, которые он должен был преодолеть при выделении новой земли. В 1906 г. Урбэн получил диспрозий в чистом виде.



Диспрозий



Сульфат диспрозия $Dy_2(SO_4)_3$

Гольмий, Holmium, Ho (67)

Элемент открыт в 1878-1879 гг. швейцарским химиком Сорэ, который, исследуя старую эрбиевую землю (эрбию), обнаружил раздвоение спектральных линий. Сорэ обозначил новый элемент индексом X. Вскоре (1879) шведский химик Клеве выделил из "прежней эрбиевой земли" некоторое количество солей элемента, окрашенных в оранжевый цвет; они оказались солями элемента X. Несмотря на то, что Клеве не смог охарактеризовать новый элемент более подробно, чем это сделал Сорэ, он предложил назвать новую землю гольмией (*holmia*), а элемент - гольмием (*Holmium*) в честь столицы Швеции Стокгольма, носившего в старину латинское название Гольмия (*Holmia*); около Стокгольма были найдены редкоземельные минералы, которые исследовал Клеве.



Гольмий



Оксид гольмия Ho_2O_3 при дневном свете (слева) и при УФ-облучении (справа)

Эрбий, Erbium, Er (68)

Эрбий найден впервые в черном минерале, извлеченном из каменоломни близ Иттерби. История его открытия уже излагалась. Здесь мы напомним лишь то, что название "эрбия" появилось впервые в 1743 г., когда Мозандеру удалось разложить иттриевую землю на три земли - иттрию, тербию и эрбию. Затем прошло 36 лет, прежде чем из эрбиевой земли удалось выделить индивидуальный окисел нового элемента эрбия. Это слово произведено от названия деревни Иттерби, разделенного на слоги.



Эрбий



Оксид эрбия Er_2O_3 придает стеклу розовую окраску

Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н. А.

Тулий, Thulium, Tm (69)

Открытие тулия (тулиевой земли), как и многих других элементов, относится ко времени, когда арсенал средств исследования редких земель обогатился методом спектрального анализа. Предыстория открытия тулия такова. В конце XVIII в. Экеберг выделил из гадолинита землю иттрию, которая считалась чистым окислом иттрия до тех пор, пока Мозандер не разделил ее на три земли - иттрию, тербию и эрбию. В 1878 г. Мариньяк выделил из тербиевой земли Мозандера две земли, названные эрбией и иттербией. На этом исследование смеси земель не остановилось. Уже в следующем году Клеве разделил эрбию Мариньяка на три земли - эрбию, гольмию (оказавшуюся смесью) и тулию. Он попросил у Нильсона (открывшего скандий) остаток от экстракции скандия и иттербия, полагая, что этот препарат представляет собой сравнительно чистый раствор солей эрбия. Однако после сотни раз повторяемых операций осаждения и растворения препарата в эрбии все еще содержалась какая-то примесь: атомный вес эрбия в различных фракциях был неодинаковым. Клеве обратился к профессору физики Упсальского университета Талену с просьбой исследовать спектры поглощения этих фракций и сравнить их со спектрами образцов эрбия, иттербия и иттрия. Тален обнаружил в эрбиевой фракции линии, принадлежащие эрбию и гольмию; третий спектр указывал на присутствие нового элемента. Так был открыт тулий, названный Клеве в честь древнего (времен римской империи) названия Скандинавии - Туле (*Thule*). Затем Клеве переработал 11 кг гадолинита, выделил окись тулия и исследовал его соли, окрашенные в бледно-зеленый цвет. Чистая окись тулия получена, однако, лишь в 1911 г. Насколько трудно было определить тулий и тем более химически выделить его чистый окисел, свидетельствуют такие, например, факты. Мастер спектроскопического исследования Леккок де Буабодран полагал, что существуют два тулия, а крупнейший исследователь редких земель Ауэр фон Вельсбах заявил о том, что он установил наличие даже трех тулиев.

Ранее символ тулия был Tu, а не Tm, как теперь. В некоторых химических сочинениях конца XIX и начала XX века нередко ошибочно писали "туллий".



Тулий



Монацит - минерал, содержащий несколько редкоземельных элементов, включая тулий (до 0,007%)

Иттербий, Ytterbium, Yb (70)

Открытию иттербия предшествовало более чем столетнее исследование минералов, содержащих редкоземельные элементы, в частности гадолинита. В 1787 г. любитель-минералог Аррениус нашел около местечка Иттерби близ Стокгольма черный камень, названный им иттербитом. В 1794 г. Гадолин подверг минерал химическому анализу и обнаружил наличие в нем новых земель (окислов неизвестных металлов); после этого минерал получил название гадолинит. Тремя годами позже Экеберг продолжил исследование гадолинита и установил, что в нем содержится бериллиевая земля и еще одна неизвестная, которую он назвал иттрия. Более детальному анализу эта земля была подвергнута лишь 50 лет спустя (1843) Мозандером, выделившим из нее еще две новые земли - эрбию и тербию. Результаты, полученные Мозандером, оспаривались несколько десятилетий. Лишь с помощью спектрального анализа удалось выяснить, что эрбия и тербия Мозандера представляют собой смесь нескольких земель. В 1878 г. Мариньяк выделил, наконец, из гадолинита индивидуальную землю, которую спектроскопически подтвердил Лекок де Буабодран. Ее назвали иттербия, а соответствующий элемент иттербием. Однако уже год спустя (1879) Нильсон разделил иттербию Мариньяка на две земли - иттербию и скандию, а затем оказалось, что и иттербия Нильсона тоже состоит из двух земель. Разделить их удалось Ауэру фон Вельсбаху в 1907 г., содержащиеся в землях элементы он назвал альдебаранием (*Aldebaranium*) и кассиопеем (*Cassiopeium*). Наконец, в этом же году Урбэн разделил иттербию Нильсона на две земли с элементами нео-иттербий и лютеций. Неоиттербий был включен в список элементов под названием иттербий. Таким образом, начиная с исследований Мариньяка, именем иттербия ошибочно называли сложные смеси земель, содержащих этот элемент.



Иттербий

Лютеций, Lutetium, Lu (71)

Открытие лютеция (англ. *Lutecium*, франц. *Lutecium*, нем. *Lutetium*) связано с исследованием земли иттербии. История открытия сложна и длительна. Мозандер выделил из иттриевой земли эрбиевую землю (эрбию), а спустя 25 лет, в 1878 г., Мариньяк показал, что в гадолините наряду с эрбией существует еще одна земля, названная им иттербией. В следующем году Нильсон выделил из иттербии землю скандию, содержащую элемент скандий. Затем исследованиями иттербии не занимались до 1905 г., когда Урбэн, а немного спустя Ауэр фон Вельсбах сообщили, что в иттербии Мариньяка есть еще две новые земли, одна из которых содержит элемент лютеций (*Lutetium*), а другая - элемент неoitтербий (*Neoytterbium*).

Ауэр фон Вельсбах назвал эти же элементы соответственно кассиопеем (*Cassiopeium*) и альдебаранием (*Aldebaranium*). Ряд лет в химической литературе употреблялись и те и другие названия. В 1914 г. Международная комиссия по атомным весам вынесла решение принять для элемента 71 название лютеций, а для элемента 70 - иттербий. Слово лютеций Урбэн произвел от лютеция (*Lutetia*) - древнее латинское название Парижа (*Lutetia Parisorum*). В русской литературе до 1940 г. иногда вместо лютеций писали лутеций.



Лютеций



Французский химик Жорж Урбэн

Гафний, Hafnium, Hf (72)

Долгое время химики подозревали, что в циркониевых минералах содержится примесь какого-то неизвестного элемента. Еще в 1845 г. шведский химик Сванберг сообщил об открытии им в цирконе элемента, который он назвал норием (*Norium*). После этого многие исследователи сообщали об открытии этого элемента, но каждый раз это было ошибкой. В 1895 г. Томсен на основании периодического закона показал, что между редкими землями и танталом должен существовать элемент, отличающийся от редких земель, но близкий к цирконю. В 1911 г. Урбэн, занимаясь выделением иттриевой земли из гадолинита, обнаружил, что одна фракция последнего маточного рассола дает несколько неизвестных спектральных линий. Он пришел к выводу о существовании нового элемента, принадлежащего к группе редких земель, и назвал его кельтием (*Celtium*). После того, как Мозли открыл рентгеновские спектры элементов и были установлены их порядковые номера (1913-1914), оказалось, что новый элемент должен иметь атомный номер 72. Однако линии этого элемента Мозли не обнаружил в кельтии Урбэна. Предполагая, что в этом виновата несовершенная техника определения рентгеновских спектров, Урбэн попросил физика Довилье повторить опыт. Довилье удалось обнаружить две слабые линии, характерные для элемента 72, в связи с чем элементу оставили название кельтий. Но уже в следующем году Костер и Хевеши нашли эти линии и несколько похожих в различных цирконах. Это послужило доказательством, что элемент 72 не принадлежит к редким землям, а является аналогом циркония. Выделенный Хевеши вскоре после этого элемент 72 оба исследователя, будучи датчанами, решили назвать гафнием (*Hafnium*) от старинного имени г. Копенгагена (*Hafnia*, или *Kjobn-hafn*), так как их открытие было сделано в этом городе.



Гафний



Эффект тонкой пленки на окисленной поверхности гафния



Минерал циркон

Тантал, Tantalum, Ta (73)

Открытие тантала (англ. *Tantalum*, франц. *Tantale*, нем. *Tantal*) тесно связано с открытием ниобия. Год спустя после того как Гатчет (1801) открыл ниобий, названный сначала колумбием, химик из Упсалы Экеберг занялся исследованием некоторых минералов из северных стран, в частности из Иттерби и Кимито (Финляндия). Он выделил из этих минералов окисел нового элемента, оказавшийся чрезвычайно устойчивым по отношению к кислотам и растворимым в щелочах. Следуя принципу Клапрота, Экеберг назвал металл, содержащийся в этом окисле, танталом, что символизировало невозможность "насытить" его окисел кислотами. Минералы, в которых был открыт тантал, Экеберг наименовал танталитом и иттротанталитом. Но, вероятно, шведский химик имел дело с нечистым танталом, так как в 1809 г. Волластон, подвергнув минералы колумбит и танталит тщательным исследованиям, пришел к выводу, что колумбий Гатчета и тантал Экеберга являются одним и тем же элементом. Это мнение было принято химиками всех стран до середины 40-х годов XIX в. В 1844 г. Розе вновь изучал колумбиты и танталиты из различных мест и нашел в них новый металл, близкий по свойствам к танталу. Это был ниобий. Колумбий же Гатчета, вероятнее всего, тоже был ниобием со значительной примесью тантала. Несмотря на то, что Розе грубо ошибся (вместе с ниобием он открыл несуществующий элемент пелопий), его работы стали основой для строгого различия ниобия (колумбия) и тантала. В первые десятилетия XIX в. еще существовала большая путаница: тантал нередко называли колумбием, в русской литературе еще и колумбом. Гесс в своих "Основаниях чистой химии" вплоть до их шестого издания (1845) говорит только о тантале, не упоминая о колумбии; у Двигубского (1824) встречается название - танталий.



Тантал



Картина, изображающая Тантала (Giacchino Assereto, примерно 1640 г.)

Вольфрам, Wolfram, W (74)

Вольфрам (англ. *Tungsten*, франц. *Tungstene*, нем. *Wolfram*) был получен впервые испанцами, братьями де Эльгуйяр, учениками Бергмана в 1783 г. Название вольфрам существовало, однако, задолго до открытия элемента. Горняки и металлурги XIV-XVI вв., занимавшиеся добычей олова, заметили, что при прокаливании одной из оловянных руд значительное количество олова теряется, уходя в шлак. Эта руда получила название волк (*Wolf*, или *Wolfert*), которое с течением времени изменилось на вольфрам; так стали называть минерал, содержащийся в руде. Агрикола приводит латинское название этого минерала - *Spuma Lupi*, или *Lupus spuma*, что означает волчья пена, т.е. пена в пасти у разъяренного волка. Горняки XVI в. говорили о вольфраме: "он похищает олово и пожирает его, как волк овцу". В 1781 г. Шееле получил трехокись вольфрама WO_3 из минерала, который позднее был назван в его честь шеелитом ($CaWO_4$). Открытие Шееле подтвердил Бергман, назвавший минерал "тяжеловесным камнем" (лат. *Lapis ponderosus*); в переводе на шведский язык - это тунгстен (*Tung Sten* - тяжелый камень). Немного позднее было предложено называть вновь открытый металл шеелием (*Scheelium*) в честь Шееле, но Берцелиус, вначале поддержавший это название, вскоре предпочел ему слово тунгстен. По латыни (*Syuma lupi*) и по-немецки (*Wolf Rahm*) вольфрам означает волчью слюну. Название вольфрам встречается у Ломоносова, затем у Шерера; Соловьев и Гесс (1824) называют его волчец, Двигубский (1824) - вольфрамей. Встречаются также названия шеелий, шеелев металл (тунгстеновый королек).



Вольфрам



Шеелит (CaWO₄)

Рений, Rhenium, Re (75)

Поиски предсказанных Менделевым элементов 43 и 75 (эка-марганца и два-марганца) начались в конце XIX в., но были безуспешными до 20-х годов XX столетия, когда Ноддаку и Такке удалось определить главные свойства этих недостающих в периодической таблице элементов. Эти ученые систематически изучали руды и минералы, в которых присутствие искомым элементов казалось вероятным. Первым объектом исследований, начатых в 1922 г., была платиновая руда, но из-за ее дороговизны вскоре пришлось переключиться на другие объекты, в частности редкоземельные минералы - колумбит, гадолинит и т. д. Результатом трехлетних напряженных трудов Ноддака и Такке, а также Берга по концентрированию отдельных фракций растворов, выделенных из минералов, явилось обнаружение в рентгеновском спектре одной из фракций серии из пяти новых линий. Как оказалось, эти линии принадлежали элементу 75. Исследователи назвали его рением (*Rhenium*) в честь Рейнской провинции - родины Такке, ставшей к тому времени супругой Ноддака. Вскоре

последовало сообщение о том, что супругам Ноддак удалось наблюдать новые линии рентгеновского спектра, принадлежащие элементу 43, названному мазурием (*Masurium*) в честь Мазурской провинции - родины Ноддака. Впрочем, некоторые историки химии считают, что оба названия содержат большую дозу национализма: рейнская область и мазурские болота оказались во время первой мировой войны местами крупных удачных для германских войск сражений. Открытие мазурия не было подтверждено. Что же касается рения, то в 1926 г. супруги Ноддак выделили его в количестве 2 мг; годом позже в их распоряжении имелось уже около 120 мг рения.



Рений



Сплав с добавками рения используется в реактивных двигателях

Осмий, Osmium, Os (76)

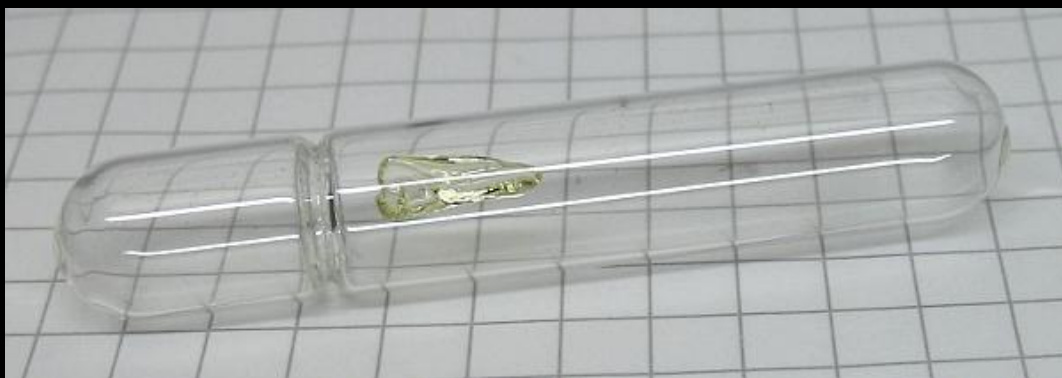
Осмий был открыт Теннантом в 1804 г. при исследовании им нерастворимой в царской водке части сырой платины, являющейся, как это было выяснено позднее, сплавом осмия с иридием - осмиридием (*Osmiridium*). Предшественником Теннанта в изучении этого сплава был Колле-Дескотиль, подозревавший существование в нем нового металла, стойкого по отношению к царской водке и обнаруживающегося, в частности, по черному дыму, образуемому при растворении сплава в царской водке.

В 1803-1804 гг. Фуркруа и Воколен, наблюдавшие выделение черного дыма при растворении платины в царской водке, пришли к заключению, что в нерастворимом остатке присутствует новый металл. Они дали ему название птен (*Ptene*) от греч. - крылатый, окрыленный.

Теннант разделил осмиридий на два металла - осмий (*Osmium*) и иридий (*Iridium*). Название осмий дано в связи с тем, что растворение щелочного сплава осмиридия в воде или кислоте сопровождается стойким запахом, похожим на запах хлора или редьки, раздражающим горло (греч. - запах). В русской литературе начала XIX в. встречаются названия осма (Захаров, 1810), осьмь (Страхов, 1825) и осмий (Двигубский, 1823).



Осмий



Оксид осмия OsO₄. Несмотря на свою токсичность, оксид осмия широко используется в органической химии как окисляющий агент, а также применяется в оптической и электронной микроскопии.

Иридий, Iridium, Ir (77)

В самом начале XIX в. химики-аналитики разных стран заинтересовались сырой платиной, подозревая, что в ней содержатся новые элементы. Волластон исследовал растворимую в царской водке часть сырой платины и открыл палладий (1803). Одновременно Дескотиль, Фуркруа и Вокелен занялись изучением нерастворимой в царской водке части сырой пластины. Сплавив ее с едким кали, они получили частично растворимые в воде соединения неизвестных металлов, но идентифицировать их они не смогли. Теннант пошел тем же путем и в 1804 г. ему удалось выделить два новых металла - осмий и иридий. Название иридий произведено от греч. - радуга и "отливающий цветами радуги", так как соединения нового металла (хлориды) оказались окрашенными в различные красивые цвета. В русской химической литературе начала XIX в. иридий фигурирует под названиями ирида (Захаров, 1810), иридь (Страхов, 1825) и иридий (Двигубский, 1823 и Гесс, 1831); последнее название стало общепринятым.



Иридий

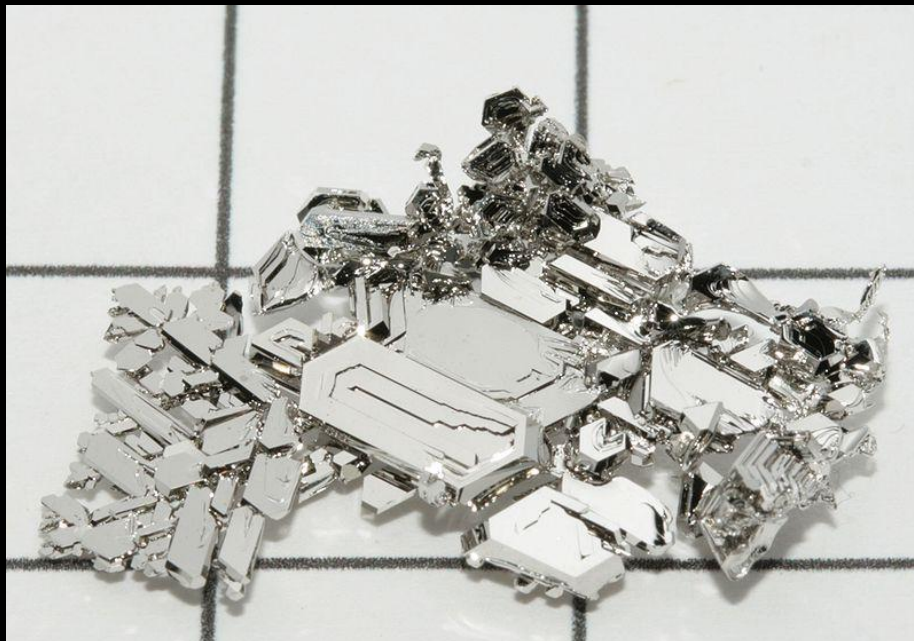


Сплав, состоящий из 90% платины и 10% иридия, использовался с 1889 по 1960 гг. в качестве эталона длины.

Платина, Platinum, Pt (78)

Платина (англ. *Platinum*, франц. *Platine*, нем. *Platin*), вероятно, была известна еще в древности. Первое описание платины как металла весьма огнестойкого, который можно расплавить лишь с помощью "испанского искусства", сделал итальянский врач Скалингер в 1557 г. По-видимому, тогда же металл получил и свое название "платина". Оно отображает пренебрежительное отношение к металлу, как мало к чему пригодному и не поддающемуся обработке. Слово "платина" произошло от испанского названия серебра - плата (*Plata*) и представляет собой уменьшительную форму этого слова, которое по-русски звучит, как серебрецо, серебришко (по Менделееву - серебрец). Интересно отметить, что слово платина созвучно русскому "плата" (платить, оплата и пр.) и близко ему по смыслу. В XVII в. платина называлась *Platina del Pinto*, так как она добывалась в золотистом песке реки Пинто в Южной Америке; существовало и другое название подобного рода - *Platina del Tinto* от реки *Rio del Tinto* в Андалузии. Более подробно платину описал в 1748 г. де Уоллоа - испанский математик, мореплаватель и торговец. Начиная со второй половины XVIII в. платиной, ее свойствами, методами переработки и использования стали интересоваться многие химики-аналитики и технологи, в том числе и ученые Петербургской академии наук. Наиболее важные работы в этой области в первой половине XIX в. - это создание методов получения ковкой платины (Соболевский,

Волластон и др.), открытие ее некоторых соединений (Мусин-Пушкин и др.) и металлов платиновой группы.



Платина



Монета из платины



Растворение платины в царской водке

Золото, Aurum, Au (79)

Золото (англ. *Gold*, франц. *Or*, нем. *Gold*) - один из семи металлов древности. Обычно считают, что золото было первым металлом, с которым познакомился человек еще в эпоху каменного века благодаря его распространению в самородном состоянии. Особые свойства золота - тяжесть, блеск, неокисляемость, ковкость, тягучесть - объясняют, почему его стали использовать с самых древнейших времен главным образом для изготовления украшений и отчасти - оружия. Золотые предметы различного назначения найдены археологами в культурных слоях, относящихся к IV и даже V тысячелетию до н.э., т.е. к эпохе неолита. В III и II тысячелетиях до н. э. золото уже было широко распространено в Египте, Месопотамии, Индии, Китае, с глубокой древности оно было известно в качестве драгоценного металла народам американского и европейского континентов. Золото, из которого сделаны древнейшие украшения, нечисто, в нем содержатся значительные примеси серебра, меди и других металлов. Лишь в VI в. до н. э. в Египте появилось практически чистое золото (99,8%). В эпоху Среднего царства началась разработка нубийских месторождений золота (Нубия, или Эфиопия древности). Отсюда произошло и древнеегипетское название золота - нуб (*Nub*). В Месопотамии добыча золота в широком масштабе велась уже во II тысячелетии до н. э. Вавилонское название золота - хурэшу (*hurasu*) имеет отдаленное сходство с древнегреческим словом (хризос), которое встречается во всех древнейших литературных памятниках. Возможно, это слово происходит от названия местности, откуда могло поступать золото. Древнеиндийское *ayas* (золото) позднее употреблялось на других языках для обозначения меди, что, возможно, служит указанием на распространение в древности поддельного золота. С древнейших времен золото сопоставлялось с солнцем, называлось солнечным металлом или просто солнцем (*Sol*). В египетской эллинистической литературе и у алхимиков символ золота - кружок с точкой посередине, т.е. такой же, как и символ солнца. Иногда в греческой алхимической литературе встречается символ в виде кружка с изображением связанного с ним луча.

Золото как наиболее драгоценный металл служило издавна меновым эквивалентом в торговле, в связи с чем возникли способы изготовления золотоподобных сплавов на основе меди. Эти способы получили широкое развитие и распространение и послужили основой возникновения алхимии. Главной целью алхимиков было найти способы превращения (трансмутации) неблагородных металлов в золото и серебро. Европейские алхимики, идя по следам арабских, разработали теорию "совершенного" или даже "сверхсовершенного" золота, добавка которого к неблагородному металлу превращает

последний в золото. В алхимической литературе встречается множество названий золота, обычно зашифрованных: зарас (*zaras*), трикор (*tricolor*), соль (*Sol*), солнце (*Sonir*), секур (*secur*), сениор (*senior*) и т. д. Часть из них имеет арабское происхождение, например *al-bahag* (радость), *hiti* (кошачий помет), *ras* (голова, принцип), *sua* (луч), *diya* (свет), *alam* (мир).

Латинское (этрускское) название золота аурум (*Aurum*, древнее *ausom*) означает "желтое". Слово это хорошо сопоставляется с древнеримским *aurora* или *ausosa* (утренняя заря, восточная страна, восток). По мнению Шредера, слово золото у народов Средней Европы тоже означает желтый: на древнегерманском языке - *gulth*, *gelo*, *gelva*, на литовском - *geltas*, на славянском - золото, на финском - *kulda*. У некоторых сибирских народов золото называется алтун, у древних персов - *zarania* (или *zar*), что сопоставляется с древнеиндийским *hyrania* (чаще, правда, относящимся к серебру) и древнегреческим (небеса). Особняком стоит армянское название золота - оски. Славянское золото, или злато, употребляемое с древнейших времен, несомненно, связано (вопреки Шредеру) с древнейшим индоевропейским *Sol* (солнце), вероятно, так же как средневропейское *Gold* (*gelb*) с греческим (солнце).

Такое разнообразие названий золота свидетельствует о повсеместном знакомстве с ним различных древних народов и племен и о переkreщивании разноплеменных названий. Производные названия соединений золота, применяемые в настоящее время, происходят от латинского *aurum*, русского "золото" и греческого.



Золото



Погребальная маска Тутанхамона из золота

Ртуть, Hydrargirum, Hg (80)

Ртуть (англ. *Mercury*, франц. *Mercure*, нем. *Quecksilber*) входит в число семи металлов древности. Она была известна по крайней мере за 1500 лет до н. э., уже тогда ее умели получать из киновари. Ртуть употребляли в Египте, Индии, Месопотамии и Китае; она считалась важнейшим исходным веществом в операциях священного тайного искусства по изготовлению препаратов, продлевающих жизнь и именуемых пилюлями бессмертия. В IV-III вв. до н.э. о ртути как о жидком серебре (от греч. - вода и серебро) упоминают Аристотель и Теофраст. Позднее Диоскорид описал получение ртути из киновари путем нагревания последней с углем. Ртуть считали основой металлов, близкой к золоту и поэтому называли меркурием (*Mercurius*), по имени ближайшей к солнцу (золоту) планеты Меркурий. С другой стороны, полагая, что ртуть представляет собой некое состояние серебра, древние люди именовали ее жидким серебром (откуда произошло лат. *Hydrargirum*). Подвижность ртути вызвала к жизни другое название - живое серебро (лат. *Argentum vivum*); немецкое слово *Quecksilber* происходит от нижнесаксонского *Quick* (живой) и *Silber* (серебро). Интересно, что болгарское обозначение ртути - "живак" и азербайджанское - "дживя" заимствованы, вероятно, от славян.

В эллинистическом Египте и у греков употреблялось название скифская вода, что позволяет думать о вывозе ртути в какой-то период времени из Скифии. В арабский период развития химии возникла ртутно-серная теория состава металлов, согласно которой ртуть почиталась матерью металлов, а сера (сульфур) их отцом. Сохранилось множество тайных арабских названий ртути, что свидетельствует о ее значении в алхимических тайных операциях. Усилия арабских, а позднее и западноевропейских алхимиков сводились к так называемой фиксации ртути, т.е. к превращению ее в твердое вещество. По мнению алхимиков, получающееся при этом чистое серебро (философское) легко превращалось в золото. Легендарный Василий Валентин (XVI в.) основал теорию трех начал алхимиков (*Tria principia*) - ртути, серы и соли; эту теорию развил затем Парацельс. В подавляющем большинстве алхимических трактатов, излагающих способы трансмутации металлов, ртуть стоит на первом месте либо как исходный металл для любых операций, либо как основа философского камня (философская ртуть). Из тайных алхимических (частью арабского происхождения) или мистических названий ртути приведем названия азот (*Azoth*, или *Azot*), *Zaibac*, *Zeida*, *Zaibar (Saibar)*, *Ventus albus*, *Argentum vivum* и др. Алхимики различали множество видов ртути и сопровождали ее общее название *Mercurius* различными эпитетами (меркурий металлов, минералов, меркурий сирой, слабый и т. д.). Происхождение русского и славянских названий металла (чешск. *rtut'*, *rdut'*, словенск. *ortut'*, польск. *rtec*, *trtec*) неясно. В древнерусской литературе это слово встречается уже в XII в. Филологи полагают, что оно связано с тюркским *utarid*, означающим планету Меркурий. В пользу этого предположения говорит алхимическое название *Tarith* - по Руланду: "то же что и *Ruscias*" (русская?). А. М. Васильев считает, что связь с тюркским корнем свидетельствует о влиянии на наших предков древнехалдейских воззрений, сопоставлявших металлы с планетами. В свое время автор этих строк указывал на возможность чисто славянского словообразования названия ртуть от руду, рудру или руда, обозначающих красный цвет, кровь, красную краску и вообще красное. Это сопоставление основывается на красной окраске киновари - соединения, из которого получали ртуть. Известно, что киноварь с древних времен добывалась в некоторых районах современного Донбасса. Вопрос этот требует дополнительных исследований.



Ртуть



Ртутный манометр, используемый для измерения давления ниже атмосферного

Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н. А.

Таллий, Thallium, Tl (81)

После того как с помощью спектроскопа были открыты рубидий и цезий, этот метод нашел широкое применение в химических исследованиях. Им пользовался и английский ученый Крукс, открывший в 1863 г. таллий. За 10 лет до своего открытия Крукс проводил работу по извлечению селена из пыли, образующейся в камерах сернокислотного завода в Тильпероде (Германия). В отходах после операций по извлечению селена Крукс подозревал наличие теллура, но работа по каким-то причинам была отложена, и отходы долгое время сохранялись в лаборатории. Когда в 1861 г. в распоряжении Крукса оказался спектроскоп, он решил воспользоваться им, чтобы сразу же установить, содержится ли в отходах теллур. Внеся пробу в пламя горелки и ожидая увидеть линии теллура, Крукс с изумлением увидел ярко-зеленую линию, никогда им не наблюдавшуюся при спектроскопических исследованиях. Линия эта, однако, быстро исчезала (из-за летучести соединения), но появлялась вновь с каждой свежей пробой. Многократно повторив опыт и систематически обследовав спектры элементов, содержащихся в отходах (сурьмы, мышьяка, осмия, селена и теллура), Крукс убедился, что он имеет дело с неизвестным еще элементом. Так как Крукс не располагал большим запасом отходов, ему удалось выделить лишь очень малое количество элемента, которому он дал название таллий от греч. - молодая зеленая ветвь. Почти одновременно с Круксом новый элемент открыл французский химик Лами. Характерно, что открытие было сделано тем же путем (спектроскопически) и на том же материале (камерный шлак сернокислотного производства в Лоосе). Лами получил 14 г металлического таллия и подробно описал его свойства, но его сообщение опоздало на несколько месяцев и приоритет открытия остался за Круксом.



Таллий

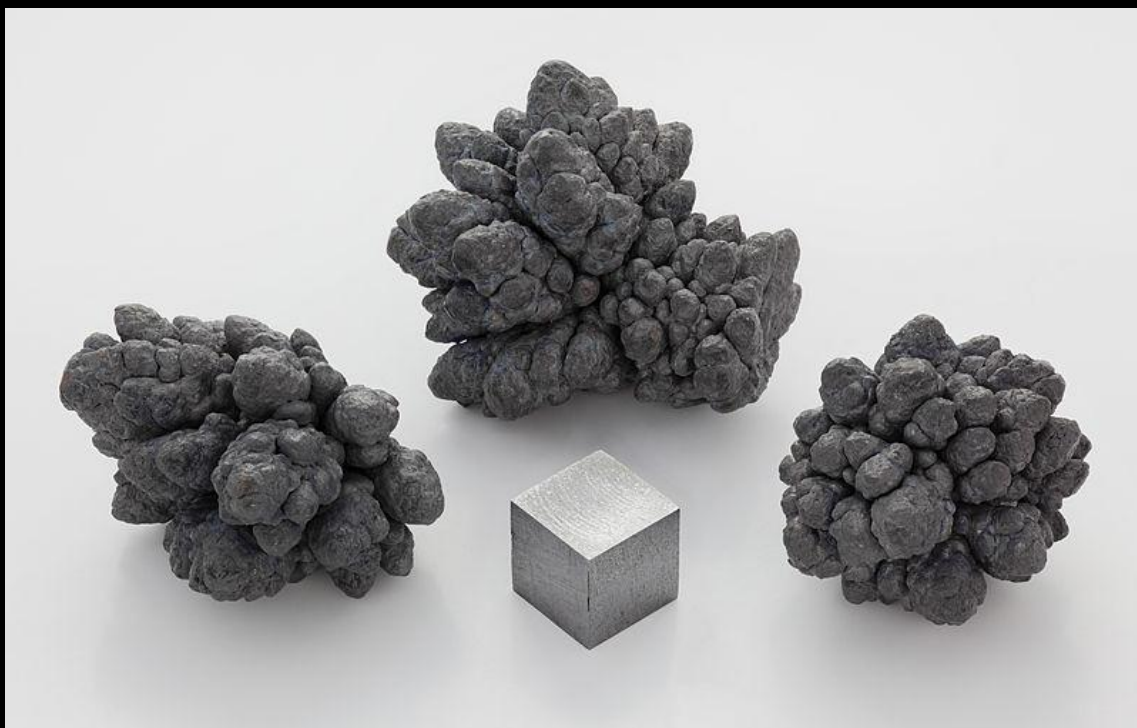


Хатчинсонит (PbAs_5S_9)

Свинец, Plumbum, Pb (82)

Свинец (англ. *Lead*, франц. *Plomb*, нем. *Blei*) известен с III-II тысячелетия до н. э. в Месопотамии, Египте и других древних странах, где из него изготовляли большие кирпичи (чушки), статуи богов и царей, печати и различные предметы быта. Из свинца делали бронзу, а также таблички для письма острым твердым предметом. В более позднее время римляне стали изготавливать из свинца трубы для водопроводов. В древности свинец сопоставлялся с планетой Сатурн и часто именовался сатурном. В средние века благодаря своему тяжелому весу свинец играл особую роль в алхимических операциях, ему приписывали способность легко превращаться в золото. Вплоть до XVII в. свинец нередко путали с оловом. На древнеславянских языках он именовался оловом; это

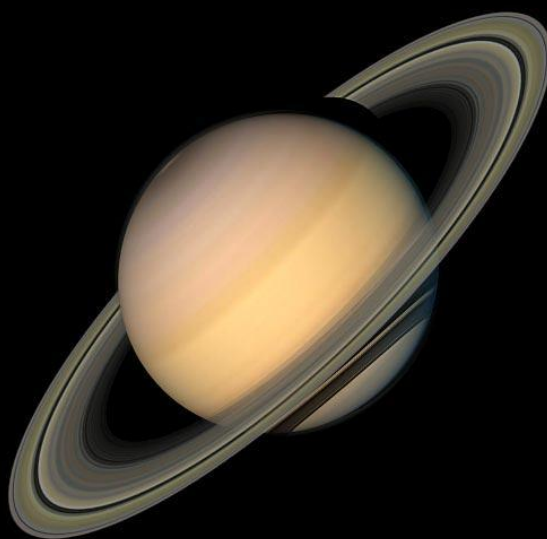
название сохранилось в современном чешском языке (*Olovo*). Древнегреческое название свинца, вероятно, связано с какой-либо местностью. Некоторые филологи сопоставляют греческое название с латинским *Plumbum* и утверждают, что последнее слово образовалось из *mlumbum*. Другие указывают, что оба эти названия произошли от санскритского *bahu-mala* (очень грязный); в XVII в. различали *Plumbum album* (белый свинец, т. е. олово) и *Plumbum nigrum* (черный свинец). В алхимической литературе свинец имел множество названий, часть которых принадлежала к тайным. Греческое название алхимики иногда переводили как *plumbago* - свинцовая руда. Немецкое *Blei* обычно производят не от лат. *Plumbum*, несмотря на явное созвучие, а от древнегерманского *blio* (*bliw*) и связанного с ним литовского *bleivas* (свет, ясный), но это мало достоверно. С названием *Blei* связано англ. *Lead* и датское *Lood*. Неясно происхождение русского слова свинец (литовск. *scwinas*). Автор этих строк в свое время предложил связывать это название со словом вино, так как у древних римлян (и на Кавказе) вино хранили в свинцовых сосудах, придававших ему своеобразный вкус; этот вкус ценили столь высоко, что не обращали внимания на возможность отравления ядовитыми веществами.



Свинец



Водопроводная труба из свинца в Риме



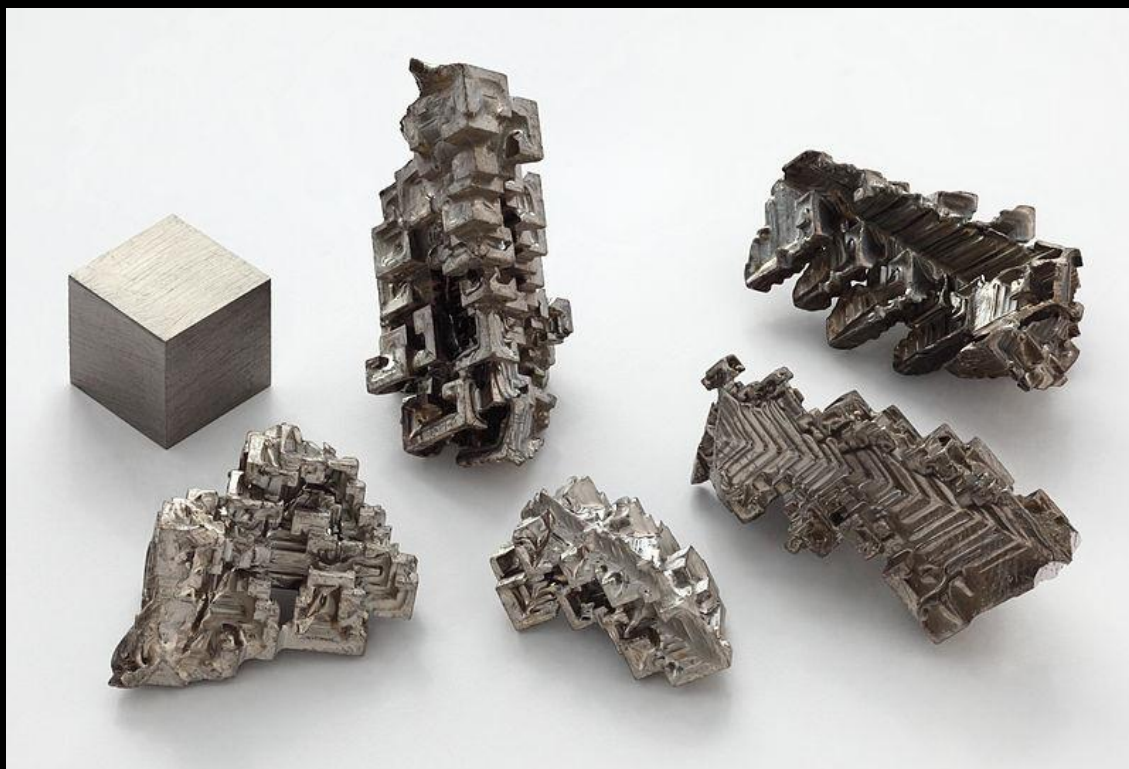
Планета Сатурн

Висмут, Bismuthum, Bi (83)

История висмута (англ. *Bismuth*, франц. *Bismuth*, нем. *Wismut*) сложна, так как вплоть до XVIII в. этот металл путали со свинцом, оловом и сурьмой. Как своеобразный металл, а также в виде солей, висмут был известен в Центральной Европе с XV в. под разными названиями. Он упоминается у многих авторов книг XV-XVII вв., в частности, у Валентина и Парацельса; его производство описано Агриколой. Липпман в своей книге "*Geschichte des Wismuts zwischen 1460 und 1800*" (1930) приводит 21 название металла,

встречающееся в литературе XV-XVII вв. В "Алхимическом словаре" Руланда (1612) висмут (*Bisematum*) объясняется как "всякий легчайший, бледнейший и дешевлеший свинец", в другом месте "Словаря" говорится о белом висмуте, как синониме альбеда (*albedo* - белое), белом марказите (под которым, однако, понимали не минерал FeS_2 , а некоторые металлические руды), свинцовой золе (*Plumbum cinereum*) и др. В XVI и XVII вв. висмут широко применялся в сплавах (в частности, в типографском сплаве), а его соли - в медицине и косметике, но лишь в XVIII в. Потт и Бергман установили его различия от других металлов и предложили считать висмут простым телом.

Происхождение названия висмута неясно. По мнению Липпмана, наиболее вероятно, что оно произошло от горняцких слов *wis* и *mat* (искаженно *weisse masse* и *weisse materia*), т. е. белая масса, белая материя. В русской научной литературе сведения о висмуте имеются у Ломоносова в его "Первых основаниях металлургии". В "Словаре химическом" Кадета, изданном Севергиным в 1810 г., висмут и некоторые его соединения описаны довольно подробно и приведены многие синонимы названия: демогоргон (*Demogorgon*), глаура (*Glaure*), нимфа (*Nimphe*), стекловатое (хрупкое) олово (*Etain de glace*), серое олово (*Etain gris*). В начале XIX в. висмут в России называли иногда визмутом и бисмутом.



Висмут



Висмут с тонкой пленкой оксида

Полоний, Polonium, Po (84)

В 1898 г., исследуя урановую смолку из Богемии, содержащую до 75% урана, Кюри-Склодовская заметила, что смолка обладает значительно более высокой радиоактивностью, чем чистые препараты урана, выделенные из той же смолки. Это позволило предположить, что в минерале содержится один или несколько новых элементов высокой радиоактивности. В июле того же года Кюри-Склодовская сделала полный анализ урановой смолки, тщательно контролируя радиоактивность каждого выделенного из нее продукта. Анализ оказался очень сложным, так как в минерале содержалось несколько элементов. Повышенную радиоактивность имели две фракции; одна из них содержала соли висмута, другая - соли бария. Из висмутовой фракции был выделен продукт, активность которого в 400 раз превышала активность урана. Кюри-Склодовская пришла к естественному выводу, что столь высокая активность обусловлена присутствием солей какого-то доселе неизвестного металла. Она назвала его полонием (*Polonium*) в честь своей родины Польши (лат. *Polonia* - Польша). Однако несколько лет после этого открытия существование полония считалось спорным. В 1902 г. Марквальд проверил анализ урановой смолки на большом количестве минерала (около 2 тонн). Он выделил висмутовую фракцию, обнаружил в ней "новый" элемент и назвал его радиотеллуrom (*Radiotellurium*), так как, будучи сильно радиоактивным, по другим свойствам металл был похож на теллур. Как определил Марквальд, выделенная им соль

радиотеллур в миллион раз активнее урана и в 1000 раз активнее полония. Элемент имеет атомный вес 212 и плотность 9,3. Менделеев в свое время предсказал существование элемента с такими свойствами и по его предполагаемому положению в периодической системе назвал элемент дви-теллуrom. Кроме того, выводы Марквальда были подтверждены несколькими исследователями. Однако вскоре Резерфорд установил, что радиотеллур является одним из продуктов радиоактивного распада ряда урана, и назвал элемент Ra-F (*Radium-F*). Только через несколько лет стало очевидным, что полоний, радиотеллур и радий-F представляют собой один и тот же элемент, обладающий α - и γ -излучением и периодом полураспада около 140 дней. В результате этого было признано, что приоритет открытия нового элемента принадлежит польской ученой, и оставлено название, предложенное ею.



Полоний (тонкая пленка)



Мария Склодовская-Кюри

Астат, Astatium, At (85)

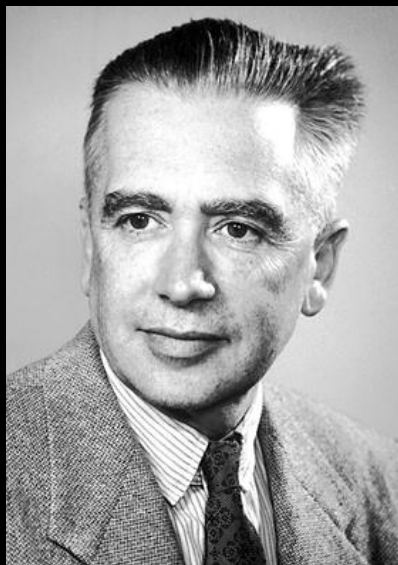
Астат (франц. *Astate*, англ. *Astatine*, нем. *Astat*) - элемент подгруппы галогенов VII группы периодической системы. До своего открытия он был известен под именем, данным Менделеевым - эка-иод (*Eka-Iodum*). Было очевидно, что элемент 85 должен обладать интересными промежуточными свойствами: с одной стороны, активностью галогенов, с другой - металлическими свойствами. Поэтому с конца XIX в. велись интенсивные поиски этого элемента в различных минералах. Несколько раз появлялись сообщения об его открытии, но эти сообщения не подтверждались. Авторы мнимых открытий давали элементу 85 разные названия: дакин (*Dacinum* - от названия древней страны даков, соплеменников готов, в средней Европе), гельвеций (*Helvetium* - от старинного названия Швейцарии, Гельвеция), англгельвеций (*Anglohelvetium*), лептин (от греч. - слабый, шаткий, обездоленный) и др.

В 1931 г. Аллисон с сотрудниками Политехнического института штата Алабама в США сообщил, что ему удалось обнаружить в растворе, извлеченном из монацитного песка с помощью магнетооптических методов, следы элемента 85, которому он дал название алабамий (*Alabamium*); под этим названием элемент 85 фигурировал в учебниках и справочниках до 1947 г.

Реально, однако, один из изотопов элемента 85 (астат-211) был получен лишь в 1940 г. Корсоном, Маккензи и Сегре в циклотроне, где производилась бомбардировка висмута быстрыми α -частицами. Период полураспада этого изотопа оказался всего 7,2 часа. Вскоре (1942-1943) было установлено, что изотопы элемента 85 образуются во всех трех рядах радиоактивного распада. Элемент 85 получил свое название астат (*Astatium*) в 1947 г. в статье авторов открытия (*Nature*, 159, 24, 1947). Название произведено от греч. - неустойчивый, шаткий, так как все изотопы астата оказались короткоживущими. До недавнего времени в русской литературе элемент 85 называли астатин, что нельзя признать правильным, имея в виду слово, от которого образовано название.



Астат



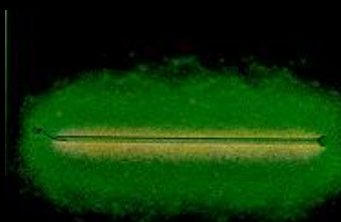
Эмилио Сегре

Радон, Radon, Rn (86)

Изучая ионизацию воздуха радиоактивными веществами, супруги Кюри заметили, что различные тела, находящиеся вблизи радиоактивного источника, приобретают радиоактивные свойства, которые сохраняются некоторое время после удаления радиоактивного препарата. Мария Кюри-Склодовская назвала это явление индуцированной активностью. Другие исследователи и, прежде всего Резерфорд, пытались в 1899-1900 гг. объяснить это явление тем, что радиоактивное тело образует

некоторое радиоактивное истечение, или эманацию (от лат. *emanare* - истекать и *emanatio* - истечение), пропитывающие окружающие тела. Как оказалось, это явление свойственно не только препаратам радия, но и препаратам тория и актиния, хотя период индуцированной активности в последних случаях меньше, чем в случае радия. Обнаружилось также, что эманация способна вызывать фосфоресценцию некоторых веществ, например осадка сернистого цинка. Менделеев описал этот опыт, продемонстрированный ему супругами Кюри, весной 1902 г.

Вскоре Резерфорду и Содди удалось доказать, что эманация - это газообразное вещество, которое подчиняется закону Бойля и при охлаждении переходит в жидкое состояние, а исследование ее химических свойств показало, что эманация представляет собой инертный газ с атомным весом 222 (установленным позднее). Название эманация (*Emanation*) предложено Резерфордом, обнаружившим, что ее образование из радия сопровождается выделением гелия. Позднее это название было изменено на "эманация радия (*Radium Emanation - Ra-Em*)" с тем, чтобы отличать ее от эманаций тория и актиния, которые в дальнейшем оказались изотопами эманации радия. В 1911 г. Рамзай, определивший атомный вес эманации радия, дал ей новое название "нитон (*Niton*)" от лат. *nitens* - блестящий, светящийся; этим названием он, очевидно, желал подчеркнуть свойство газа вызывать фосфоресценцию некоторых веществ. Позже, однако, было принято более точное название радон (*Radon*) - производное от слова "радий". Эманации тория и актиния (изотопы радона) стали именовать тороном (*Thoron*) и актиноном (*Actinon*).



Свечение радона



Несмотря на свою радиоактивность, радон нашел применение в медицине. Так, радоновые ванны используют при лечении в различных санаториях уже много лет.

Франций, Francium, Fr (87)

Франций - один из четырех элементов периодической системы элементов Менделеева, которые были открыты "в последнюю очередь". Действительно, к 1925 г. заполнились все клетки таблицы элементов, за исключением 43, 61, 85 и 87. Многочисленные попытки открыть эти недостающие элементы долгое время оставались безуспешными. Элемент 87 (эка-цезий Менделеева) искали главным образом в цезиевых минералах, надеясь обнаружить его в качестве спутника цезия. В 1929 г. Аллисон и Мэрфи сообщили об открытии ими эка-цезия в минерале лепидолит; они назвали новый элемент виргинием в честь штата США - родины Аллисона. В 1939 г. Хулубей обнаружил элемент 87 в поллуксе и наименовал его молдавий. Другие авторы также выступали с сообщениями об открытии эка-цезия 87, и коллекция его названий обогатилась алкалинием и руссием. Однако все эти открытия были ошибочными. В 1939 г. Перей из института Кюри в Париже занималась очисткой препарата актиния (Ac-227) от разнообразных продуктов радиоактивного распада. Проводя тщательно контролируемые операции, она обнаружила β -излучение, которое не могло принадлежать ни одному из известных в то время изотопов актиниевого ряда распада. Однако более глубокое изучение распада актиния

показало, что распад происходит не только по основной цепи Ac-RaAc-AcX, но и по боковой Ac-AcK-AcX с образованием неизвестного изотопа с периодом полураспада 21 мин. Изотоп получил временное обозначение AcK. Когда его подвергли химическому исследованию, оказалось, что его свойства соответствуют свойствам эка-цезия. После второй мировой войны, прервавшей работу Перей, ее выводы были полностью подтверждены. В 1946 г. Перей предложила назвать элемент 87 францием в честь ее родины, а обозначение AcK осталось за соответствующим изотопом в ряду радиоактивного распада актиния. Некоторое время считалось, что франций образуется только при α -распаде актиния. Однако после того как был открыт нептуний и изучен ряд его радиоактивного распада, было доказано образование изотопа франция-221 с периодом полураспада 5 мин. при α -распаде изотопа актиния-225. Франций, как и астат, весьма редкий элемент; первоначально он имел символ не Fr, а Fa.

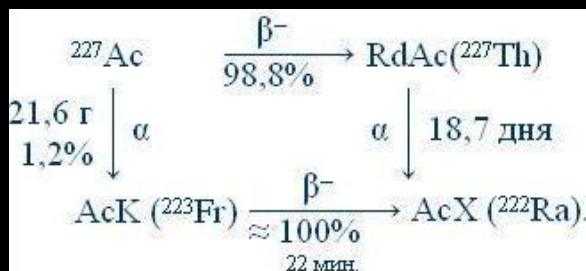


Схема распада Ac-227



Маргарита Перей

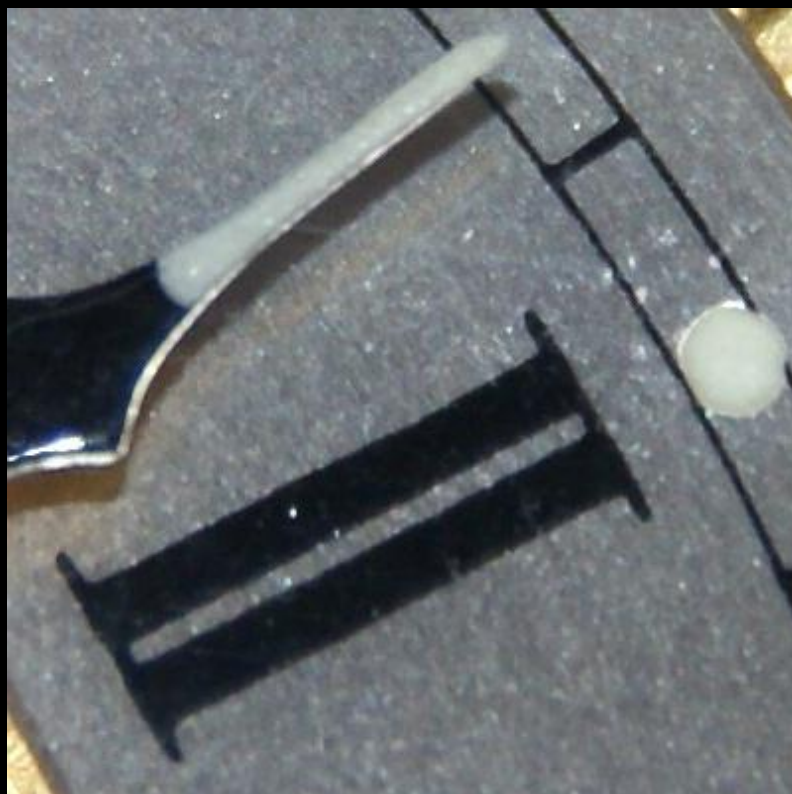
Радий, Radium, Ra (88)

Вскоре после открытия Беккерелем урановых лучей (1896) супруги Кюри начали исследования воздуха, ионизированного солями урана. Первым результатом их работы явилось установление того факта, что интенсивность уранового излучения пропорциональна количеству урана и не зависит ни от природы его соединения, ни от температуры, ни от освещенности. Иными словами, урановое излучение является

свойством атомов урана. Вскоре нашли, что подобно урану воздух ионизируют и соединения тория. Супруги Кюри назвали излучающие свойства атомов некоторых элементов радиоактивностью. Несколько позже супруги Кюри обнаружили, что некоторые образцы урановых минералов, например урановая смолка, имеют значительно большую радиоактивность, чем это можно было ожидать, судя по количеству содержащегося в них урана. В апреле 1898 г. они сообщили Парижской академии наук о своем объяснении этой аномалии: в подобных минералах содержатся очень небольшие количества особого элемента высокой радиоактивности. В связи с этим предположением была начата работа по химическому разделению урановой смолки. Повышенную радиоактивность обнаружили, как упоминалось раньше, фракции, содержащие соли висмута или соли бария, и, таким образом, речь шла не об одном, а о двух неизвестных элементах. После открытия полония супруги Кюри продолжали исследования бариевой фракции и 26 декабря 1898 г. сообщили, что различные основания заставляют их "уверенно говорить, что радиоактивное вещество содержит новый элемент, которому мы желаем дать название радий (*Radium*)". Слово радий происходит от лат. *radius* (луч). Чтобы выделить чистый препарат нового элемента, супругам Кюри пришлось провести огромную работу по переработке около 1000 кг остатков урановой смолки, полученной из Богемии. В 1902 г. они выделили 0,1 г чистого препарата радия и определили его атомный вес - 226; по химическим свойствам радий оказался аналогом бария. В 1910 г. Мария Кюри-Склодовская и Добьерн получили металлический радий.



Радий



Белый люминофор, содержащий радий, обеспечивает подсветку циферблата и стрелок часов.



Открытие элементов и происхождение их названий

Фигурновский Н.А.

Актиний, Actinium, Ac (89)

Актиний (англ. и франц. - *Actinium*, нем. - *Aktinium*) был открыт в остатках смоляной обманки сотрудником супругов Кюри Добьерном в 1899 г. Название этому радиоактивному элементу присвоено по аналогии с названием радия (*radius* - луч); слово актиний (излучающий) происходит от греч. - излучение, свет. История дальнейшего изучения актиния такова: в 1901 г. Гизель, исследуя выделенную из смоляной обманки фракцию, содержащую редкоземельные элементы, обнаружил сильную радиоактивность раствора и выделил из него препарат неизвестного радиоактивного элемента, названного им эманием (*Emanium*). Название это тоже подчеркивало радиоактивные свойства элемента (от лат. *emanare* - истекать, вытекать). В 1904 г. была установлена идентичность эмания с актинием, и для элемента оставили старое название.

Актиний - один из продуктов актиниевого ряда радиоактивного распада. Названия ряда изотопов - продуктов распада этого ряда - произведены от слова актиний. По названию актиния трансурановые элементы именуют актиноидами.



Настуран (урановая смоляная обманка, уранинит, урановая смолка).



Ac-225 используется в медицине для радиационной терапии.

Торий, Thorium, Th (90)

Торий получил название за 15 лет до того, как был открыт. В 1815 г. Берцелиус, анализируя один редкий минерал из округа Фалюн в Швеции, пришел к заключению, что в нем содержится новый металл, который Берцелиус поспешил назвать торием. И хотя это заключение было совершенно ошибочным, в те времена мало кто мог оспаривать результаты анализа, сделанного столь авторитетным ученым. Ошибку обнаружил 10 лет спустя сам Берцелиус. Оказалось то, что он принял за окисел нового металла, было основным фосфатом иттрия. Однако название торий оказалось весьма живучим. В 1828 г. Берцелиус получил из Норвегии образец минерала, найденного в сиенитах на острове Левен. Черный тяжелый мягкий минерал (он легко резался ножом) был похож на гадолинит и в нем можно было подозревать присутствие тантала. По просьбе норвежских ученых отца и сына Эсмарк Берцелиус сделал анализ минерала и обнаружил, что он состоит из кремнезема и окисла неизвестного металла, который вновь получил название торий (*Thorium*) от имени древнескандинавского божества Тора. Эсмарки предложили назвать новый минерал в честь Берцелиуса берцелитом, но сам Берцелиус дал ему общепринятое название торит (силикат тория). Попытки Берцелиуса

выделить торий в металлическом виде не увенчались успехом. Это сделал Нильсон в 1828 г. Долгое время торий не привлекал к себе особого внимания химиков и лишь после открытия радиоактивности началась новая страница истории тория. После 1898 г., когда Кюри-Склодовская и Шмидт (Мюнстер) обнаружили независимо друг от друга радиоактивность тория, начались многочисленные исследования, приведшие к открытию ряда продуктов радиоактивного распада тория. В 1902 г. Резерфорд и Содди выделили из раствора ториевой соли продукт, названный ими торием-Х; в 1905 г. Ган, работавший у Рамзая, открыл радиоторий в минерале торините из Цейлона; в 1907 г. он же открыл один из продуктов распада тория - мезоторий (мезоторий-I и мезоторий-II); позже были открыты и другие члены ториевого ряда. В русской литературе первых десятилетий XIX в. название торий встречается еще до открытия этого металла. Так, у Двигубского (1822) говорится о ториновой земле, у Соловьева (1824) - о торинии, у Страхова (1825) - о торине, встречаются также названия тор, торинум. Начиная с Щеглова (1830) в русской химической литературе обычно употребляется название торий.



Торий

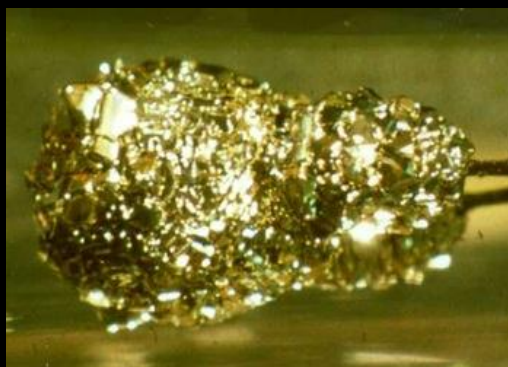


Закрывающаяся атомная электростанция THTR-300, Германия (нем. Kernkraftwerk THTR-300). АЭС имела мощность около 300 МВт. Сокращение THTR происходит от «высокотемпературный ториевый реактор».

Протактиний, Protactinium, Pa (91)

В результате расширения исследований радиоактивных превращений урана становилось все очевиднее, что актиний является продуктом одного из таких превращений. В частности, это подтверждалось постоянством отношения актиний/уран в урановых минералах. Однако установить последовательность превращений и найти звенья цепи образования актиния удалось не сразу. Содди, Руссель и Фаянс независимо друг от друга предсказали существование радиоактивного элемента - члена уранового ряда, который как аналог тантала (эка-тантал) должен занять пустующую клетку ниже ванадия. И действительно, в 1917 г. Мейтнер, а год спустя Содди, Крэнстон и Флэкк открыли элемент 91, который оказался первым в ряду актиния, образуя актиний в результате α -излучения. Элемент наименовали протактинием от греч. - первый, исходный, начальный, и актиний. Название это фиксирует тот факт, что протактиний является исходным элементом в ряду

образования актиния. В 1927 г. Гроссе впервые выделил несколько миллиграмм чистой пятиокси протактиния (Pa_2O_5)



Протактиний

Reihen	Gruppe I. — R ⁰	Gruppe II. — R ⁰	Gruppe III. — R ⁰ '	Gruppe IV. RH ⁴ R ⁰ '	Gruppe V. RH ⁵ R ⁰ '	Gruppe VI. RH ⁶ R ⁰ '	Gruppe VII. RH R ⁰ '	Gruppe VIII. — R ⁰ '
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

В Периодической таблице Д. И. Менделеева в 1869 была оставлена клетка между торием и ураном.

Уран, Uranum, U (92)

В Богемии (Чехословакия) с давних пор производилась добыча полиметаллических руд. Среди руд и минералов горняки часто обнаруживали черный тяжелый минерал, так называемую смоляную обманку (*Pechblende*). В XVIII в. полагали, что этот минерал содержит цинк и железо, однако точных данных о его составе не было. Первым исследованием смоляной обманки занялся в 1789 г. немецкий химик-аналитик Клапрот. Он начал со сплавления минерала с едким кали в серебряном тигле; этот способ Клапрот разработал незадолго до этого, чтобы переводить в раствор силикаты и другие нерастворимые вещества. Однако продукт сплавления минерала растворялся не полностью. Отсюда Клапрот пришел к выводу, что в минерале нет ни молибдена, ни

вольфрама, есть какая-то неизвестная субстанция, содержащая новый металл. Клапрот попробовал растворить минерал в азотной кислоте и царской водке. В остатке от растворения он обнаружил кремниевую кислоту и немного серы, а из раствора через некоторое время выпали красивые светлые зеленовато-желтые кристаллы в виде шестигранных пластинок. Под действием желтой кровяной соли из раствора этих кристаллов выпадал коричнево-красный осадок, легко отличимый от подобных осадков меди и молибдена. Клапроту пришлось много потрудиться, прежде чем ему удалось выделить чистый металл. Он восстанавливал окисел бурой, углем и льняным маслом, но во всех случаях при нагревании смеси образовывался черный порошок. Только в результате вторичной обработки этого порошка (нагревание в смеси с бурой и углем) получилась спекшаяся масса с вкрапленными в нее маленькими зернами металла. Клапрот назвал новый металл ураном (*Uranium*) в ознаменование того, что исследование этого металла почти совпало по времени с открытием планеты Уран (1781). По поводу этого названия Клапрот пишет: "ранее признавалось существование лишь семи планет, соответствовавших семи металлам, которые и обозначались знаками планет. В связи с этим целесообразно, следуя традиции, назвать новый металл именем вновь открытой планеты. Слово уран происходит от греч. - небо и, таким образом, может означать "небесный металл". Смоляную обманку Клапрот переименовал в "урановую смолку". Чистый металлический уран получил впервые Пелиго в 1840 г. Долгое время химики располагали солями урана в очень небольших количествах; их использовали для получения красок и в фотографии. Исследования урана хотя и велись, но мало что прибавляли к тому, что установил Клапрот. Атомный вес урана принимали равным 120 до тех пор, пока Менделеев не предложил удвоить эту величину. После 1896 г., когда Беккерель открыл явление радиоактивности, уран вызвал глубочайший интерес и химиков и физиков. Беккерель обнаружил, что двойная соль калийуранилсульфат оказывает действие на фотографическую пластинку, завернутую в черную бумагу, т. е. испускает какие-то лучи. Супруги Кюри, а затем и другие ученые продолжили исследования Беккереля, в результате чего были открыты радиоактивные элементы (радий, полоний и актиний) и множество радиоактивных изотопов тяжелых элементов. В 1900 г. Крукс открыл первый изотоп урана - уран-Х, затем были открыты другие изотопы, названные уран-I и уран-II. В 1913 г. Фаянс и Геринг показали, что в результате β -излучения, уран-Х₁ превращается в новый элемент (изотоп), названный ими брeвиeм; позже его стали именовать ураном-Х₂. К нашему времени открыты все члены ураново-радиевого ряда радиоактивного распада.



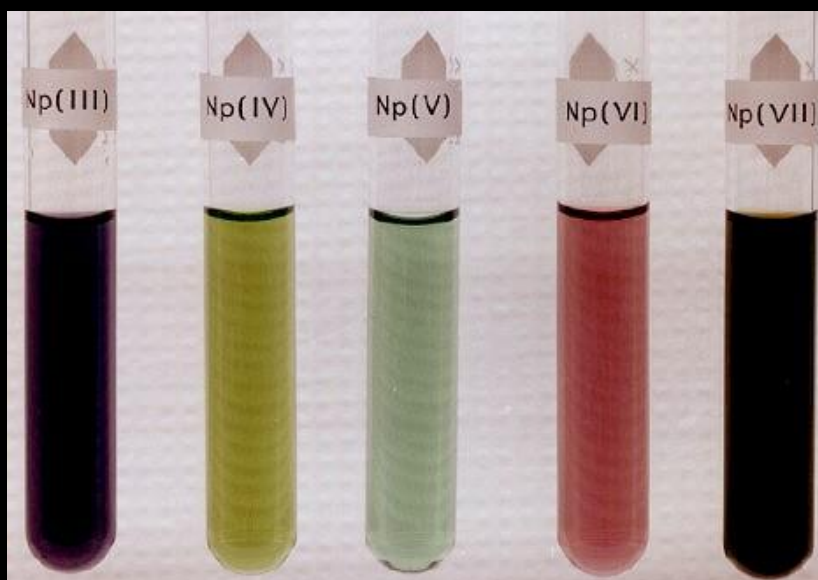
Уран



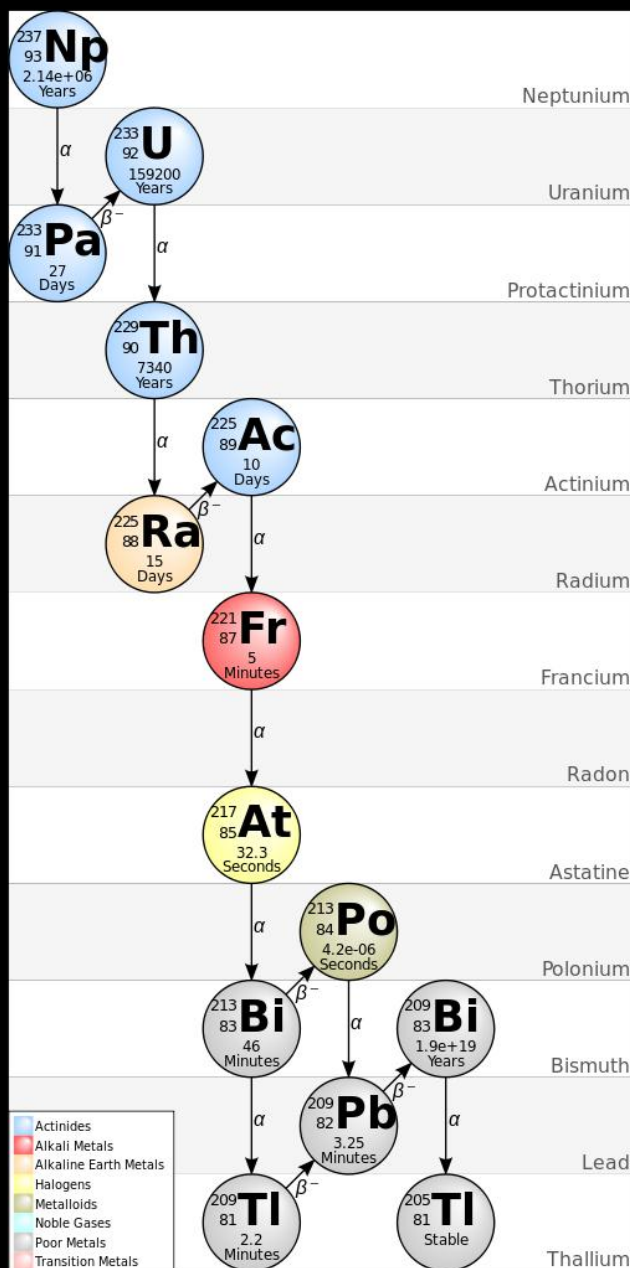
Стекло с добавками соединений урана флюоресцирует под действием УФ-облучения

Нептуний, Neptunium, Np (93)

Открытый в 1940 г. нептуний был первым искусственно полученным трансурановым элементом. В 30-х годах велись интенсивные исследования искусственных радиоактивных веществ, в частности, продуктов бомбардировки нейтронами урана. Химический анализ этих продуктов приводил к выводу о существовании элементов тяжелее урана. В 1939 г. Мак-Миллан в продуктах облучения урана нейтронами открыл радиоактивный изотоп с периодом полураспада 2,3 суток. Затем изотоп исследовал Сегрэ, который установил, что его свойства подобны свойствам редкоземельных элементов. В мае 1940 г. Мак-Миллан и Абельсон изучили реакцию образования изотопа: уран-238 путем захвата нейтрона превращается в уран-239 (период полураспада 23 мин.), который в свою очередь превращается в нептуний-239. Название "нептуний" дано новому элементу потому, что он следует за ураном в соответствии с расположением планет в солнечной системе. В 1942 г. был открыт другой изотоп - нептуний-237 (Сиборг и Валь), распадающийся с α -излучением (период полураспада 2,25 млн. лет). Символ Np предложен в 1948 г.



Нептуний в различных степенях окисления



Радиоактивный ряд нептуния-237

Плутоний, Plutonium, Pu (94)

Плутоний был открыт в конце 1940 г. в Калифорнийском университете. Его синтезировали Мак-Миллан, Кеннеди и Валь, бомбардируя окись урана (U_3O_8) сильно ускоренными в циклотроне ядрами дейтерия (дейтронами). Позднее было установлено, что при этой ядерной реакции сначала получается короткоживущий изотоп нептуний-238, а из него уже плутоний-238 с периодом полураспада около 50 лет. Годом позже Кеннеди, Сиборг, Сегре и Валь синтезировали более важный изотоп - плутоний-239 посредством облучения урана сильно ускоренными в циклотроне нейтронами. Плутоний-239 образуется при распаде нептуния-239; он испускает α -лучи и имеет период полураспада 24000 лет.

Чистое соединение плутония впервые получено в 1942 г. Затем стало известно, что существует природный плутоний, обнаруженный в урановых рудах, в частности в рудах в Конго.

Название элемента было предложено в 1948 г.: Мак-Миллан назвал первый трансурановый элемент нептунием в связи с тем, что планета Нептун - первая за Ураном. По аналогии элемент 94 решили назвать плутонием, так как планета Плутон является второй за Ураном. Плутон, открытый в 1930 г., получил свое название от имени бога Плутона - властителя подземного царства по греческой мифологии. В начале XIX в. Кларк предлагал наименовать плутонием элемент барий, производя это название непосредственно от имени бога Плутона, но его предложение не было принято.



Плутоний



Плутоний в различных степенях окисления

Америций, Americium, Am (95)

Этот элемент получен искусственно путем облучения плутония нейтронами в конце 1944 г. в Металлургической лаборатории Чикагского университета Сиборгом, Джеймсом и Морганом. С открытием америция стало очевидно, что тяжелые трансураниевые элементы образуют семейство, подобное семейству редкоземельных элементов - лантаноидов. При этом от элемента к элементу постепенно заполняется электронная 5f-оболочка, точно так же, как у лантаноидов заполняется 4f-оболочка. Америций содержит шесть 5f-электронов, и в этом отношении он подобен европию, тоже содержащему шесть 4f-электронов. На этом основании и было предложено название америций в честь Америки, так же как европий был назван в честь Европы.



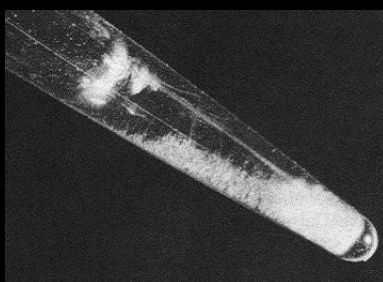
Америций



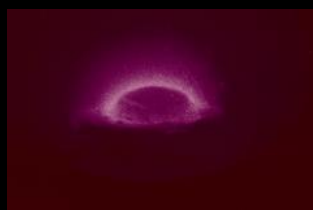
Внутреннее устройство детектора дыма на основе америция

Кюрий, Curium, Cm (96)

Кюрий, принадлежащий к группе актиноидов, был открыт (синтезирован) в 1944 г. в Металлургической лаборатории Чикагского университета Сиборгом и др. путем бомбардировки плутония ионами гелия. Через три года было получено чистое химическое соединение - гидроксид кюрия. Название новому элементу дано в честь супругов Кюри по аналогии с названием редкоземельного элемента гадолиния, имеющего похожее строение электронных оболочек. В символе Cm начальная буква обозначает фамилию Кюри, а вторая - имя Марии Кюри-Склодовской.



Гидроксид кюрия-242, впервые полученный в 1947 г.



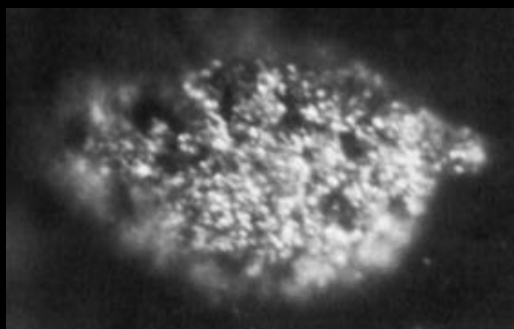
Металлический кюрий настолько радиоактивен, что светится в темноте фиолетовым светом



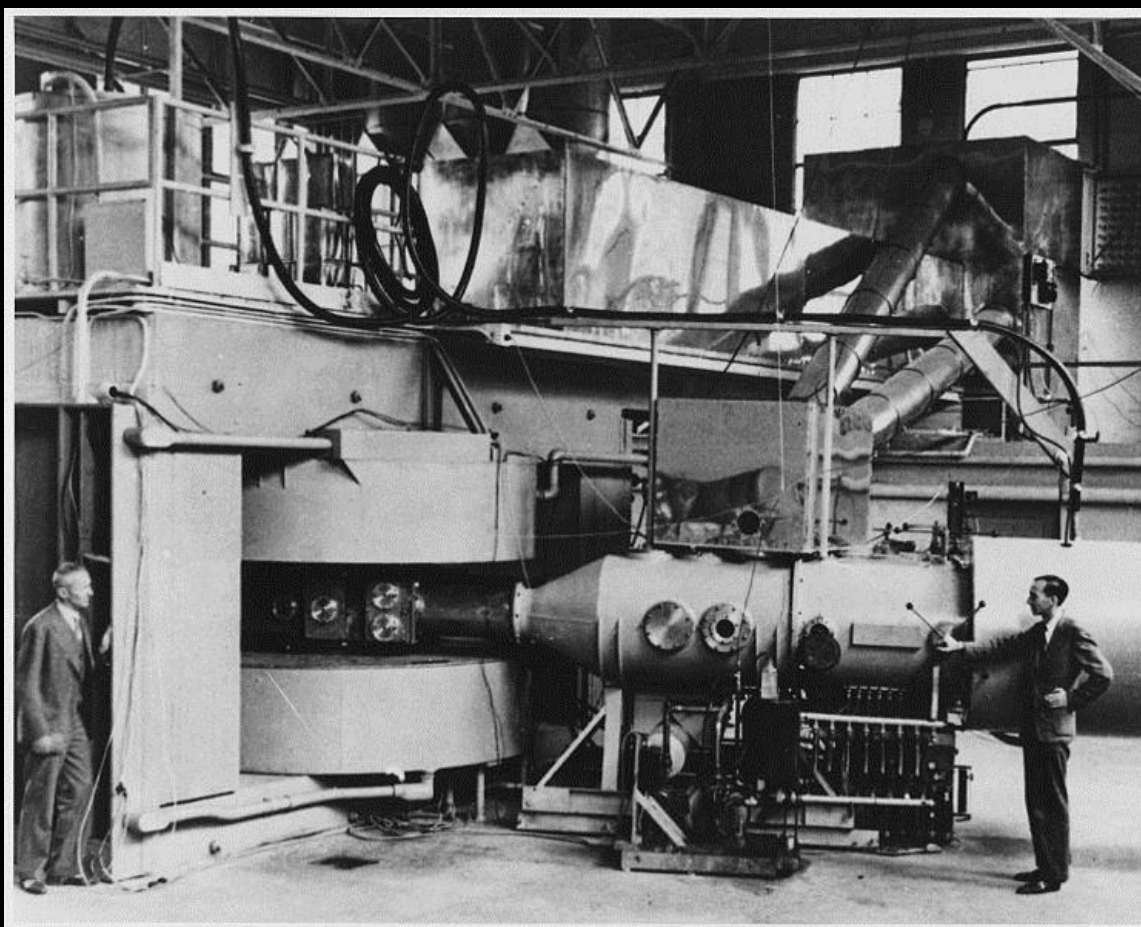
Мария и Пьер Кюри

Беркелий (Берклий), Berkelium, Bk (97)

Открыт в декабре 1949 г. Томпсоном, Гиорсо и Сиборгом в Калифорнийском университете в Беркли. При облучении ^{241}Am α -частицами они получили изотоп беркелия ^{243}Bk . Поскольку Bk обладает структурным сходством с тербием, получившим свое название от имени г. Иттерби в Швеции, американские ученые назвали свой элемент по имени г. Беркли. В русской литературе часто встречается название берклий.



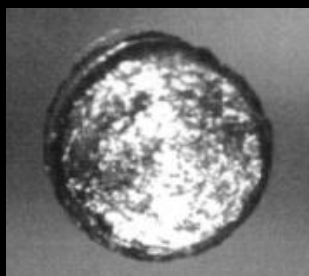
Берклий



60-дюймовый циклотрон в Беркли (август 1939). Установка была самым мощным ускорителем частиц в мире.

Калифорний, Californium, Cf (98)

Этот трансуранный элемент впервые был получен в феврале 1950 г. бомбардировкой микрограммовых количеств кюрия α -частицами. Честь его открытия принадлежит Томпсону, Стриту, Гиорсо и Сиборгу. Элемент, идентифицированный на ничтожном количестве исследуемого материала (около 5000 атомов), назван по имени штата Калифорния, в университете которого он был открыт. Кроме того, во внимание принято соответствие между свойствами калифорния и редкоземельного элемента диспрозия. Авторы открытия сообщили, что "диспрозий назван на основе греческого слова, означающего труднодоступный; открытие другого (соответствующего) элемента столетие спустя оказалось также труднодоступным в Калифорнии".



Калифорний



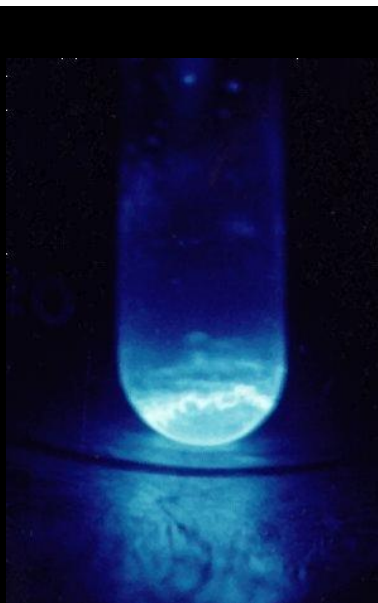
Для транспортировки 1 грамма Cf-252 был специально построен 50-тонный купол, чтобы защитить людей от радиации.

Открытие элементов и происхождение их названий

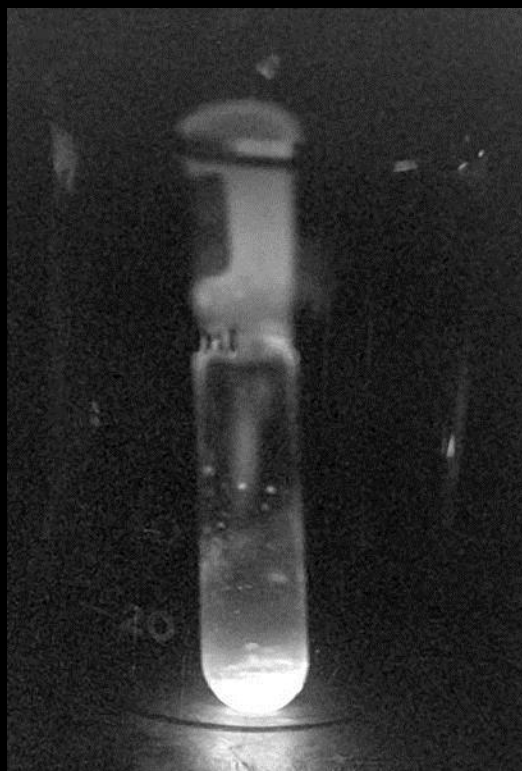
Фигурновский Н. А.

Эйнштейний, Einsteinium, Es (99)

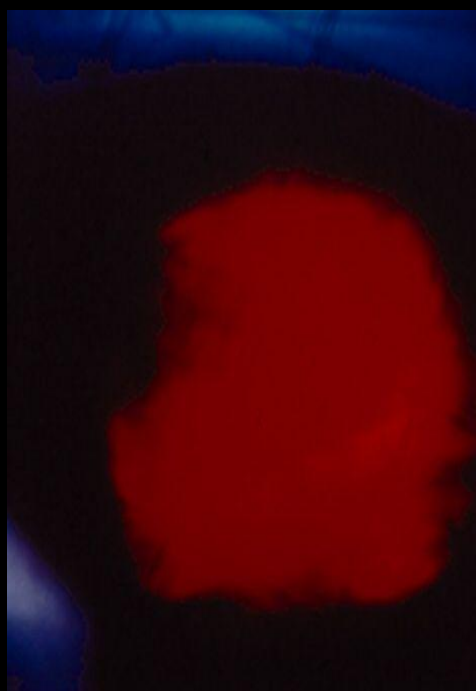
Открытие эйнштейния почти одновременно с фермием является результатом исследований продуктов взрыва термоядерного устройства, произведенного американцами в Тихом океане в ноябре 1952 г. (операция "Майк"). Было установлено, что в продуктах взрыва содержатся особенно тяжелые ядра урана и плутония, в том числе ^{244}Pu и ^{246}Pu . Образование таких ядер могло быть лишь результатом мгновенного захвата ядрами ^{238}U нескольких нейтронов (от 6 до 17!). Это давало основание предположить, что одновременно с тяжелыми изотопами урана и плутония могли образоваться ядра элементов с атомным номером больше 98. Действительно, при разделении продуктов взрыва обнаружилось присутствие нового тяжелого элемента, и после переработки большого количества коралловых отложений и грязи, привезенных с места взрыва, удалось выделить два изотопа (253 и 255) нового элемента. Ему было присвоено название "эйнштейний" в честь крупнейшего математика и физика XX в. Альберта Эйнштейна. Позже элемент 99 был получен искусственно другими методами, главным образом путем продолжительного облучения плутония нейтронами высоких энергий. Этим методом за 2-3 года можно получить несколько граммов эйнштейния; при термоядерной реакции он образуется за несколько тысячных долей секунды. Наиболее устойчивый изотоп эйнштейний-254 обладает периодом полураспада около 270 дней.



Эйнштейний



Свечение эйнштейния (^{253}Es) в темноте. Выделение тепла и интенсивная радиация -
непрерывные спутники данного элемента.



Иодид эйнштейния EsI_3 в темноте

Фермий, Fermium, Fm (100)

Этот трансурановый элемент открыт в 1953 г. почти неожиданно. В ноябре 1952 г. на одном из островов Тихого океана ученые США произвели термоядерный взрыв большой силы (операция "Майк"). Часть продуктов этого взрыва была уловлена бумажными фильтрами, установленными на пролетавших сквозь облако взрыва беспилотных самолетах, а другая часть выпала в осадок неподалеку от места взрыва. Те и другие продукты подвергли анализу в ряде лабораторий США. В осадке были обнаружены атомы урана весьма высокого атомного веса, так как уран во время взрыва мгновенно захватывает до 17 нейтронов. В продуктах термоядерного взрыва были найдены также тяжелые изотопы плутония ^{244}Pu и ^{246}Pu , которые образовались или при захвате ураном-238 6-8 нейтронов или при распаде сверхтяжелых атомов урана. Сотрудники лаборатории в Беркли (Сиборг, Гиорсо, Томпсон, Хиггинс) предположили, что при взрыве могли образоваться и элементы с атомными номерами более 98, и действительно, при разделении продуктов взрыва в ионнообменнике обнаружили следы нового тяжелого элемента. Но чтобы подтвердить этот факт и иметь возможность идентифицировать новый элемент, материала оказалось недостаточно. Тогда на месте взрыва были собраны в больших количествах отложения кораллов и доставлены в лабораторию. Извлечения из этой "дорогой грязи" исследовали в лабораториях Беркли, Лос-Аламоса и Аргонны и нашли в них изотопы двух новых элементов - 99 (эйнштейний) и 100 (фермий). Удалось извлечь лишь 200 атомов элемента 100, и на столь ничтожном количестве материала его идентифицировали. Название "фермий" (*Fermium*) придумано группой ученых, принимавших участие в исследованиях; оно дано в честь Ферми - знаменитого итальянского физика, лауреата Нобелевской премии, считающегося "отцом атомного века".



Сплав фермия и иттербия. Содержание фермия в образце $4 \cdot 10^{-5}\%$ (масс.)



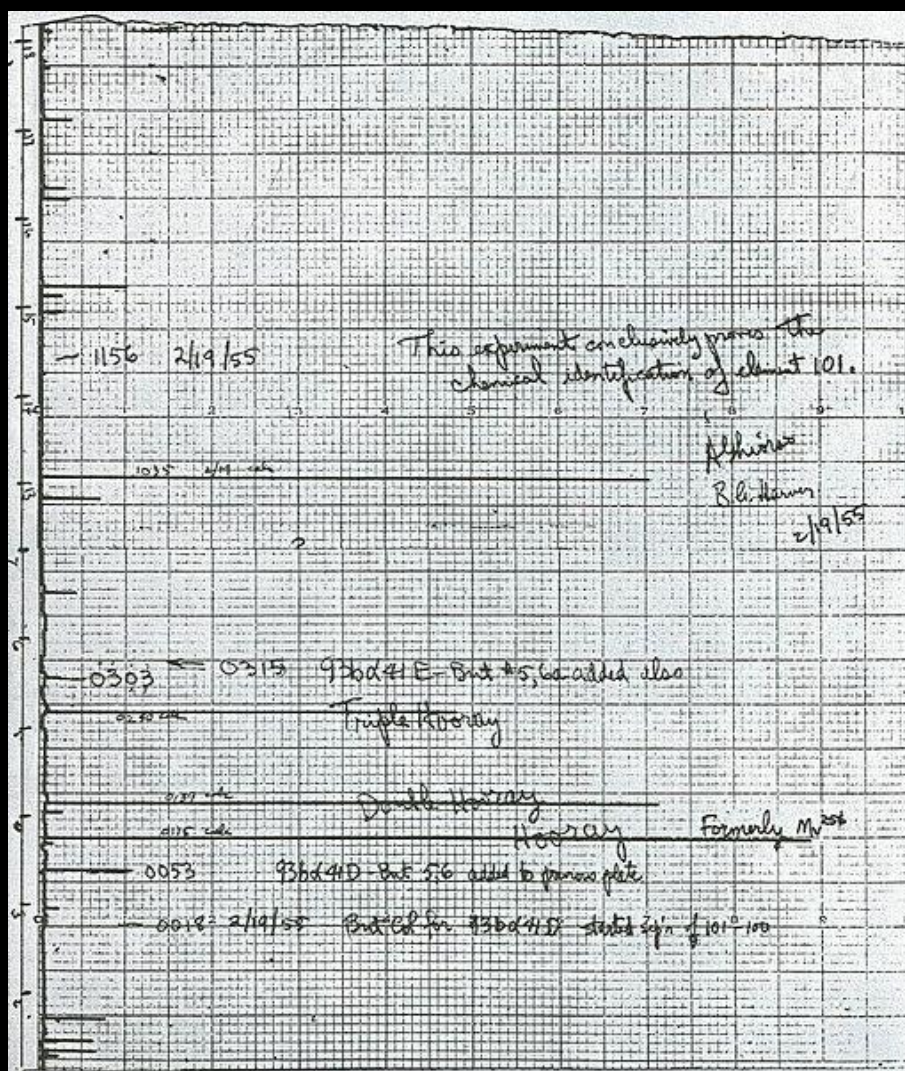
Взрыв термоядерного устройства "Майк"



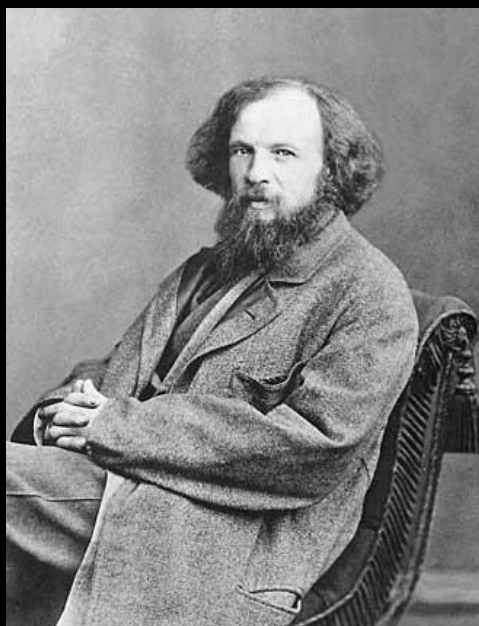
Исследовательский реактор в Оук-Ридж - одно из мест, где были получены эйнштейний и фермий

Менделевий, Mendelevium, Md (101)

Менделевий получен искусственно в 1955 г. Сиборгом с группой сотрудников при бомбардировке эйнштейния-253 ядрами гелия. Сначала было синтезировано всего несколько атомов (к 1958 г. их число достигло 100), которые идентифицировали как атомы нового элемента. При радиоактивном распаде менделевия с выделением электронов образуется фермий-256; последний распадается спонтанно с расщеплением ядра. Период полураспада Md равен 30 мин. Сиборг и его сотрудники предложили назвать новый элемент менделевием "в знак признания пионерской роли великого русского химика Дмитрия Менделеева, который первым использовал периодическую систему элементов для предсказания химических свойств еще не открытых элементов - принцип, который послужил ключом для открытия последних семи трансурановых элементов".



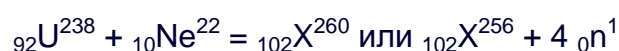
Оригинальная диаграмма, на которой зафиксированы спонтанные деления ядер, послужившие доказательством открытия менделевия.



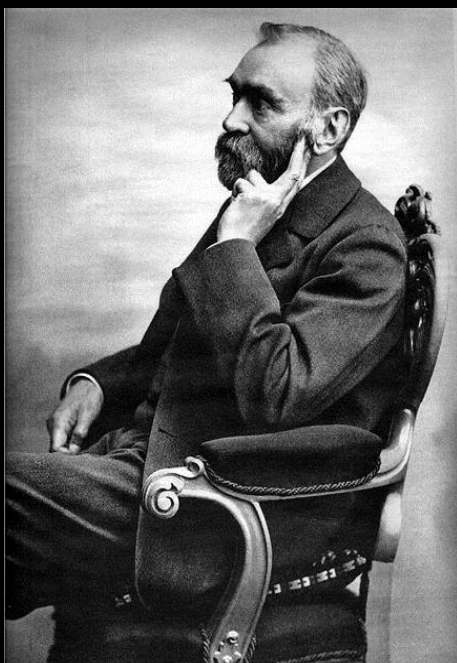
Дмитрий Менделеев

Нобелий, Nobelium, No (102)

В 1967 г. из Нобелевского физического института в Стокгольме поступило сообщение о том, что группе исследователей в результате бомбардировки ядер кюрия-244 сильно ускоренными ионами углерода-13 удалось получить новый трансурановый элемент 102. Элемент, испускающий α -лучи, имеет период полураспада 10-12 мин.; массовое число 253. Было предложено назвать элемент нобелием в честь института, в котором велось исследование. Однако убедительно подтвердить свое открытие шведские ученые не смогли. Не удалось сделать это и американским ученым Гиорсо и Сиборгу, сообщив, что при бомбардировке ядер кюрия-246 ионами углерода (C-12 и C-13) они получили изотоп элемента 102 с массовым числом 254 и периодом полураспада около 3 сек., они не смогли его идентифицировать химическим путем. Наиболее убедительные исследования сделаны в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне под руководством Г. Н. Флерова. Здесь был избран другой путь синтеза элемента-102, временно обозначенного индексом "X": бомбардировкой ядер урана-238 ионами неона.



Установлено, что период полураспада изотопа ${}_{102}\text{X}^{256}$ (спонтанного деления на два приблизительно одинаковых осколка) превышает 1000 сек. В настоящее время во многих лабораториях продолжают исследования с целью изыскания методов получения и определения времени жизни изотопов элемента 102.



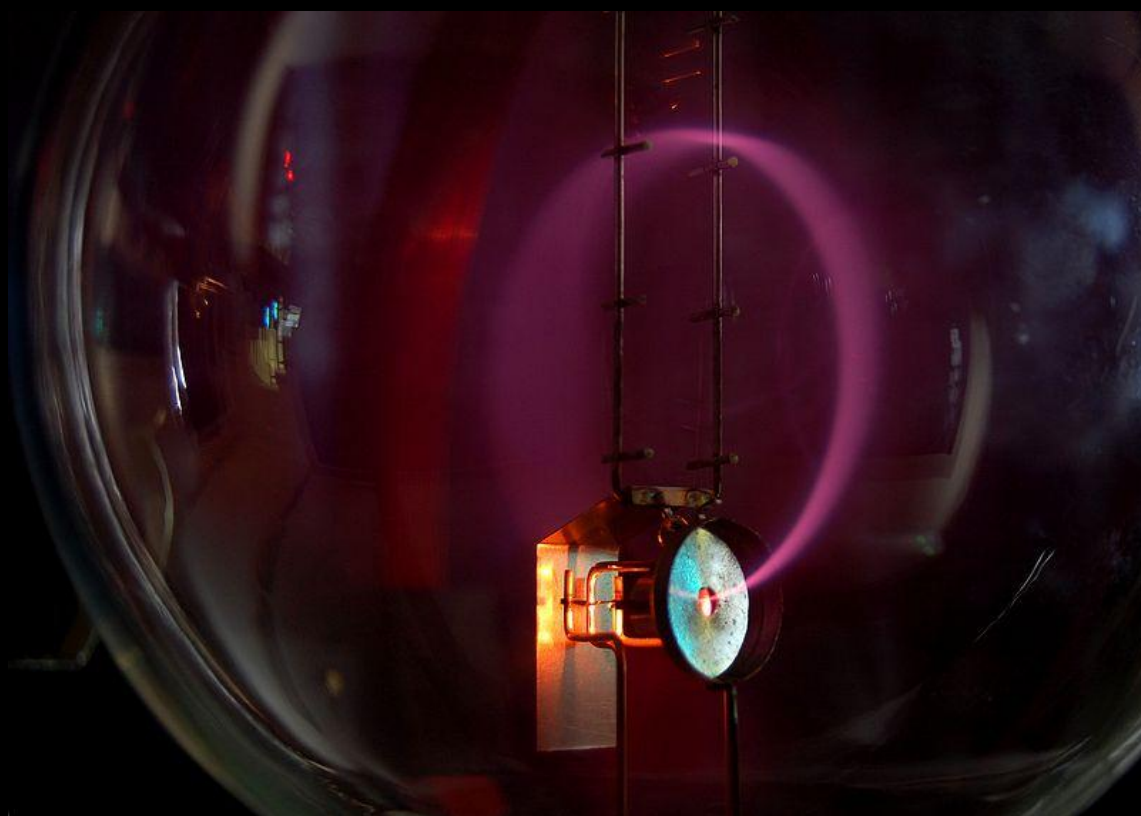
Альфред Нобель

Лоуренсий, Lawrencium, Lr (103)

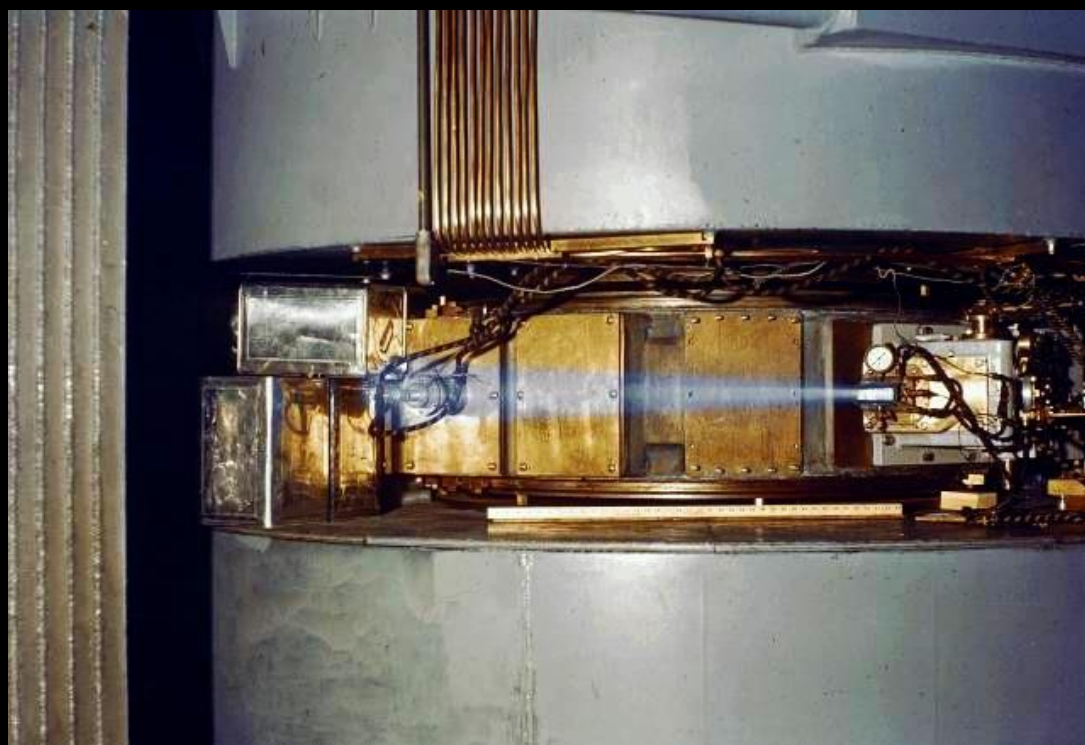
В 1961 г. сотрудники Калифорнийского университета (Гиорсо и др.), бомбардируя калифорний быстрыми ионами бора, установили, что при этом образуется новый трансурановый элемент, принадлежащий к семейству актиноидов. Элемент наименовали лоуренсием в честь американского физика Лоуренса - одного из создателей первых ускорителей и циклотронов для получения частиц высокой энергии.



Эрнест Орландо Лоуренс



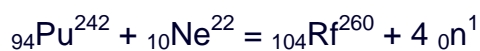
**Пучок электронов, которые движутся по кругу в магнитном поле ("циклотронное движение").
Свечение обусловлено наличием в сосуде сильно разреженного газа.**



60-дюймовый циклотрон. Свечение вызвано пучком ускоренных ионов (вероятно, протонов или дейтронов).

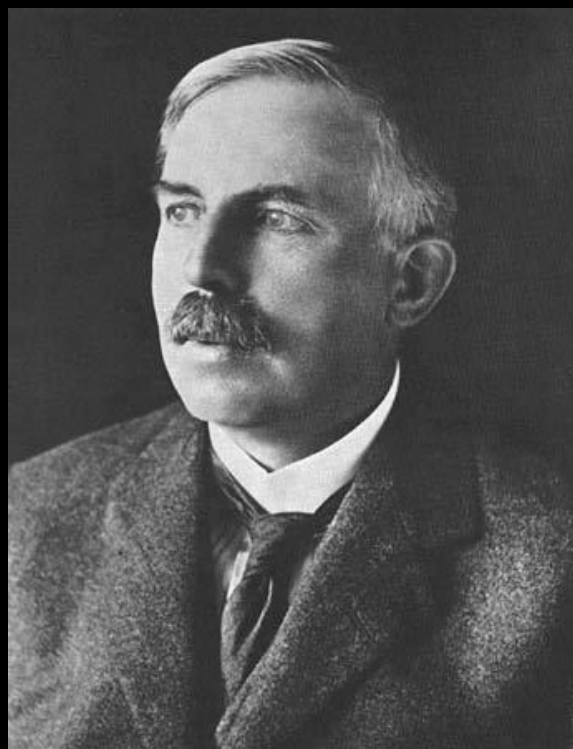
Резерфордий, Rutherfordium, Rf (104)

Согласно теории Сиборга о сходстве строения электронных оболочек лантаноидов и трансурановых элементов, элемент 104, являясь аналогом гафния, должен принадлежать не к группе актиноидов, а к подгруппе титана, циркония и гафния. Элемент 104, подобно элементу 102, можно получать, по-видимому, лишь синтетическим путем по реакции:



Над проблемой синтеза элемента 104 с начала 60-х годов работала группа советских исследователей под руководством Г. Н. Флерова. В 1964 г. в специальном ускорителе многозарядных ионов им удалось зарегистрировать образование нескольких атомов нового элемента. Изучение свойств нового элемента еще продолжается. Он был назван курчатовием в честь крупнейшего советского ученого в области ядерной физики И. В. Курчатова.

Добавление: Элемент открыт в 1969 году. Ранее носил имя "Курчатовий" (Ku), но позже был переименован на Генеральной ассамблее международного Союза теоретической и прикладной химии в "Резерфордий", в честь Эрнеста Резерфорда.



Эрнест Резерфорд

Дубний, Dubnium, Db (105)

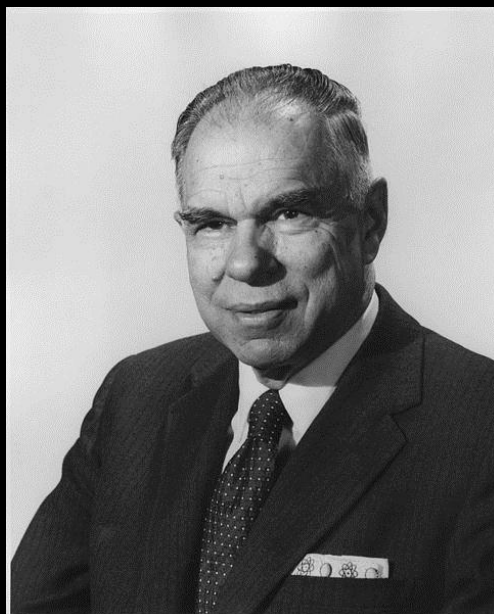
Элемент открыт в 1967 году. Первооткрыватель Г. Н. Флеров с сотрудниками.



Георгий Флеров

Сиборгий, Siborgovium, Sg (106)

Элемент открыт в 1974 году, в лаборатории имени Лоуренса Калифорнийского университета. Назван в честь физика из Беркли Гленна Сиборга. Период полураспада изотопов сиборгия очень мал (менее секунды).



Гленн Сиборг

Борий, Bohrium, Bh (107)

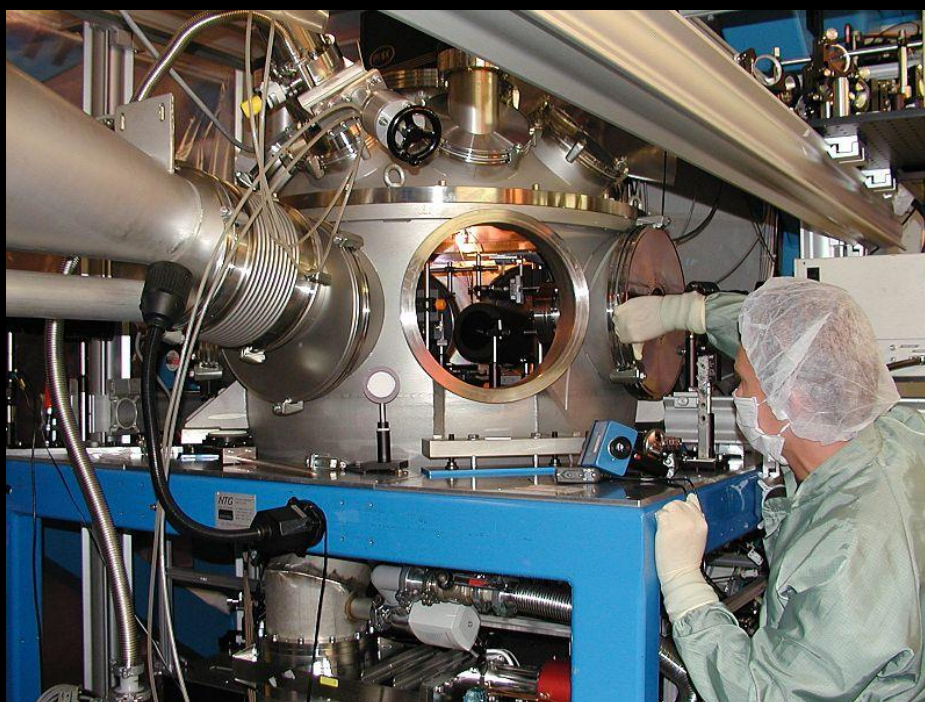
Элемент открыт в 1981 году. Назван в честь физика Нильса Бора.



Нильс Бор

Хассий, Hassium, Hs (108)

Элемент открыт в 1984 году, в исследовательской лаборатории тяжелых ионов в Германии Армбрустерем и Мюнценбером. Название происходит от названия немецкой земли Гессен.



Центр по изучению тяжелых ионов имени Гельмгольца

Мейтнерий, Meitnerium, Mt (109)

Элемент открыт в 1982 году, в исследовательской лаборатории тяжелых ионов в Германии. Назван в честь австрийского физика Лизы Мейтнер.



Лиза Мейтнер и Отто Ган

Дармштадтий, Darmstadtium, Ds (110)

Элемент открыт в 1994 году, в исследовательской лаборатории тяжелых ионов в Германии.



Дармштадт

Рентгений, Roentgenium, Rg (111)

Элемент открыт в 1994 году, в исследовательской лаборатории тяжелых ионов в Германии.



Вильгельм Рентген

Миф о трансгенной угрозе

Вадим Лебедев

Писать про генетически модифицированные растения сегодня модно, как раньше было модно бороться с пестицидами и нитратами. Кто-то пишет, что эти растения – порождение биологического оружия, кто-то – что экспериментальные мутации опасны для здоровья человека. Ситуация с отношением общества к генетически модифицированным растениям усугубляется ещё и невысокой образованностью населения в области биологии: одно слово „трансгенный“ вызывает страх. По этому поводу среди учёных-биотехнологов бытует анекдот: „Люди думают, что трансгенная пища вредна тем, что в ней есть гены, а зато в обычных продуктах никаких генов нет“.

Эта статья не агитирует за употребление в пищу трансгенных продуктов или за приобретение трансгенных сортов, если они всё же появятся в продаже. Пусть этот вопрос решают производители сельскохозяйственной продукции, взвешивая плюсы и минусы новой технологии. Это – небольшой ликбез, чтобы население представляло себе, что такое трансгенные растения и продукты из них, могут ли они быть опасными или нет, и не шарахалось в сторону от упаковок в супермаркете, на которых стоит пометка „содержит генетически модифицированные компоненты“. Зачем нужна генетическая инженерия растений.

Всю историю сельского хозяйства (около 10 000 лет) человек для своей пользы улучшал животных и растения. Вначале селекция была основана на явлении естественной генетической изменчивости, позже люди научились искусственно создавать комбинативную изменчивость (гибридизация), а в последние десятилетия – и мутационную (мутагенез). Принцип селекции всегда оставался неизменным – отбор ценных генотипов. Результат известен – современные виды капусты совершенно непохожи на своих далёких предков, а початки кукурузы сегодня примерно в 10 раз больше тех, что выращивались 5 тысяч лет назад. К сожалению, кпд селекции очень низок – из тысяч и десятков тысяч исходных растений селекционер выводит всего один-два сорта.

Чем же отличается геновая инженерия растений (ГМР) от обычной селекции? При

селекции перенос генов осуществляется только между близкородственными растениями, генная инженерия же позволяет перенести в растение гены из любого организма. Для чего это делается? Растения с „чужими“ генами приобретают устойчивость к гербицидам, вредителям и патогенам, их плоды способны долго храниться при комнатной температуре, имеют повышенную питательную ценность или другой вкус, и, наконец, они способны синтезировать новые вещества – начиная от лекарств и заканчивая пластиком.

Направленной генетической модификации (трансформации) можно подвергать не только растения, а любые живые организмы. Первые трансгенные микроорганизмы были получены в начале 70-х, а первые трансгенные сельскохозяйственные растения и животные появились значительно позже – в середине 80-х. Трансгенные микроорганизмы, к примеру, широко используются в фармацевтической и пищевой промышленности. Такие препараты, как инсулин, интерферон, интерлейкин, в основном получают генно-инженерным способом. Сегодня с применением методов генной инженерии выпускается около 25% всех лекарств в мире. Некоторые генетически модифицированные микробы эффективно перерабатывают промышленные отходы. Трансгенные животные чаще всего используются в качестве биореакторов – продуцентов нужных белков, в основном лекарственных препаратов или ферментов для пищевой промышленности. Например, в России выведена порода овец, вырабатывающих вместе с молоком и фермент, необходимый в производстве сыра. В ближайшей перспективе – использование трансгенных животных в качестве моделей для изучения наследственных заболеваний человека, а также в качестве источников органов и тканей для трансплантологии.

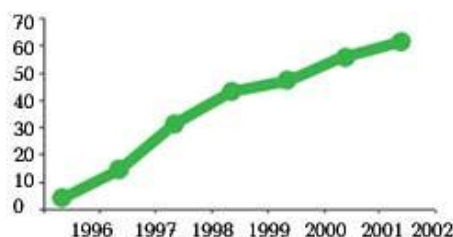
Но вернёмся к трансгенным растениям. Современные гербициды значительно эффективнее и экологически безопаснее своих предшественников, но они действуют на всю растительность подряд, не разбираясь, где культурные растения, а где сорняки, поэтому ранее в основном использовались до высадки растений или после уборки урожая. С появлением технологии генетической трансформации стало возможным встраивать в растения гены, которые делают их нечувствительными к таким гербицидам. Таким образом, после обработки гербицидом сорняки гибнут, а трансгенные культуры – нет.

Для придания устойчивости к вредителям чаще всего используется ген Bt-токсина, выделенный из бактерии *Bacillus thuringiensis*. Препараты этой бактерии уже около 50 лет применяются в сельском хозяйстве в качестве безопасного для людей и животных

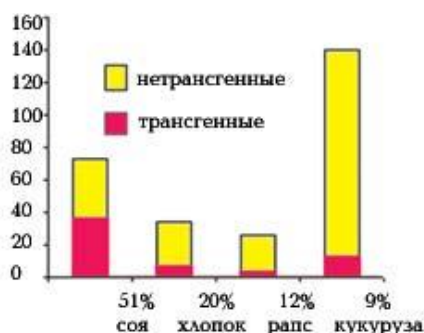
биоинсектицида, но они быстро теряют активность, и поэтому их доля в мировом производстве инсектицидов составляет менее 2%. Токсин бактерии поражает кишечник вредителей, питающихся растениями, причём с очень высокой специфичностью. При встраивании гена растение начинает вырабатывать токсин самостоятельно. А значит, отпадает необходимость обработки культур опасными химическими инсектицидами.



Результаты обработки саженцев груши различными концентрациями гербицида: четыре слева – растения с геном устойчивости к гербицидам, справа – обычные растения, не выдержавшие обработки.



Площади (в млн га), занимаемые трансгенными культурами во всём мире.



Общая площадь насаждений (в млн га) в 2002 году и доля в ней трансгенных растений.

В 2002 году 75% всех выращиваемых трансгенных растений содержали ген устойчивости к гербицидам, 17% – ген устойчивости к вредителям и почти 8% – по два гена устойчивости. Но сегодня приоритеты в создании растений, обладающих теми или иными признаками, изменились. Если в 90-е годы в основном работали над растениями, обладающими полезными свойствами для их выращивания, – именно они сейчас и возделываются на полях, – то в настоящее время основной упор делается на улучшение

потребительских свойств. По прогнозам, такие улучшенные культуры сменят растения, синтезирующие медикаменты, а их, в свою очередь, – растения-продуценты специфических химических соединений.

Генетически модифицированные растения. Кто против и почему?

Вместе с ростом площадей, занятых ГМР, также набирало силу и движение протеста против этих растений и транснациональных корпораций, предлагающих их. Как правило, организации, выступающие за запрет трансгенных растений, действуют весьма эмоционально, не прислушиваясь ни к каким разумным доводам, имеют соответствующие громкие названия, в которых на все лады обыгрываются слова "биобезопасность" и "экология". Мир тоже, как и следовало ожидать, в отношении ГМР разделился на две части. За: мировой лидер в этой технологии - США и крупнейшие экспортёры сельскохозяйственной продукции - Канада, Аргентина, Австралия и другие; против: отсталые страны с экстенсивным земледелием и, как ни странно, Европа. Соппротивление Европы - один из главных козырей противников ГМР: дескать, европейцы не глупее американцев, а не хотят ни выращивать, ни даже закупать генетически модифицированную продукцию, значит, дело нечисто. В действительности тому есть экономические и политические причины. Первая, но не главная: в настоящее время 95% всех посевов ГМР - это нетипичные для Европы соя, кукуруза и хлопок. В Европе площади, засеянные этими (нетрансгенными) культурами, составляют всего лишь от 0,5% (соя) до 3% (кукуруза) от мировых площадей. Основная же причина в другом. Сельское хозяйство в Европе доведено до совершенства, что привело к кризису перепроизводства: за превышение квот штрафуют, за сокращение площадей доплачивают. Зачем же европейцам нужны более продуктивные ГМР? Совершенство сельского хозяйства в Европе далось европейским государствам в буквальном смысле дорогой ценой: себестоимость европейской аграрной продукции намного выше мировой, а на дотации фермерам уходит около половины всего бюджета Евросоюза. Страны ЕС проводят единую протекционистскую сельскохозяйственную политику, которая давно стала объектом международной критики, особенно стран - экспортёров продовольствия, то есть как раз тех, что приняли генетически модифицированные (ГМ) культуры.



Демонстрация противников генетически модифицированных растений в Лондоне.



Томатное пюре – первый генетически модифицированный пищевой продукт, появившийся в Европе в продаже (в 1996 году).

Запрет же на ввоз ГМР европейцы объясняют соображениями биологической безопасности, но страны-экспортёры, в основном США, заявляют, что это только повод для закрытия своих рынков. Представьте, что выращенные в странах третьего мира с благодатным климатом и дешёвой рабочей силой трансгенные томаты, способные при обычной температуре храниться 2-3 месяца, самым дешёвым морским путём повезут в Европу. Что тогда делать фермерам Италии и Испании, где выращивают 70% всех томатов, производимых в странах ЕС? Сельскохозяйственное лобби в Европе очень сильно, фермеры прекрасно организованы, и потому последствия нетрудно представить. Вот по этим причинам ГМР не пускают в Европу, а совсем не из-за „сознательности“ европейцев или опасности трансгенных продуктов питания. Кстати, в „долгоиграющие“ помидоры не пересаживают гены животных, впадающих в спячку, как пишут некоторые журналисты. В них всего лишь встроен собственный „помидорный“ ген, блокирующий синтез фермента, ответственного за созревание плодов. Никаких новых „непомидорных“ белков при этом не образуется.

Таким образом, анти-ГМР кампания в Европе имеет чисто экономическую подоплёку. И весь шум в печати, акции „зелёных“, скорее всего, оплачиваются конкурентами производителей ГМР (возможно, „зелёные“ даже не осознают этого). Понятно, почему

„зелёные“ совсем не протестуют против использования генной инженерии в фармацевтике, предпочитая „генно-инженерный“ человеческий инсулин, полученный с помощью ГМ-микрорганйзмов, „естественному“ свиному.

Между прочим, Европа все последние годы всё же закупает трансгенную сою (в качестве кормового белка), так как из-за эпизоотии „коровьего бешенства“ от традиционно используемой мясо-костной муки фермерам поневоле пришлось отказаться. Более того, мало кто знает, что совсем недавно – в июле этого года – в странах ЕС закончился четырёхлетний мораторий на лицензирование новых сортов трансгенных растений. В преддверии этого события в последние 2-3 года в Европе резко возросла интенсивность исследований в области создания новых ГМР, которые весьма дорогостоящи и невозможны без правительственной поддержки. Так что в ближайшее время в Европе следует ожидать появления новых ГМ-продуктов.

Россия же, как всегда, идёт своим путем. С одной стороны, появление ГМР у нас в стране должно только приветствоваться. Колорадский жук съедает треть урожая картошки, потери от других вредителей, болезней и сорняков тоже очень велики, а широко применяемые ядохимикаты вредны для здоровья, дороги да и используются зачастую неэффективно. С другой стороны, закон, позволяющий выращивать трансгенные растения, до сих пор не принят. А вот разрабатывать новые трансгенные сорта и закупать генетически модифицированную продукцию разрешено. В Россию ввозят трансгенную сою и кукурузу для использования в пищу или на корм животным, но... выращивать их нельзя.



Соя – древнейшее культурное растение семейства бобовых. Возделывать её начали в Китае, откуда соя попала в другие азиатские страны. В Европе она не прижилась, а в Америке распространена очень широко. Сегодня почти половина мировых посевов сои сосредоточено в США. Популярность продуктов из сои, соевого масла с каждым годом растёт. Соя – самое „трансгенное“ растение в мире. В США около 75% её посевных площадей засеяны генетически модифицированными сортами, а, например, в Аргентине они составляют 99%!



Генетически модифицированные растения стали благодатной почвой для множества „страшилок“, активно тиражируемых европейскими и американскими СМИ: плод необузданной фантазии художника – очаровательная „апельсинолягушка“. Агрессивная трансгенная суперкукуруза, по мнению карикатуриста, способна смести на своём пути всё – даже неприступную крепость (правый рисунок).

Средства массовой информации в разных странах также ведут себя по-разному. В отличие от Европы и нашей страны в США дебаты на страницах газет и журналов в основном ведутся не против трансгенных растений и гм-продуктов как таковых, а против недобросовестной деятельности отдельных компаний, пытающихся обойти установленные требования к ГМР. Но в целом и американские и европейские СМИ активно формируют негативное отношение в обществе к трансгенным растениям. Статьи о них часто грешат невежеством в области биологии. Даже такие газеты, как „New York Times“ и лондонская „Times“ (не говоря уже о менее уважаемых), в период с 1997 по 2000 год в статьях о ГМР в среднем только в 12% сообщений основывались на результатах научных исследований. С другой стороны, СМИ всё чаще и чаще в качестве источников информации используют мнения различных экологических общественных организаций. Вот потому-то с лёгкой руки журналистов общественность узнала о „пище Франкенштейна“, „продуктовом Чернобыле“, „огородном джинне, который вырывается из бутылки“. На полном серьёзе печатают сообщения о трансгенных деревьях, подобно пушкинскому анчару выделяющих токсины и уничтожающих вокруг всё живое; суперсорняках, не боящихся ни гербицидов, ни жары, ни холода, а в качестве экспертов в таких статьях выступают члены или руководители всевозможных экологических академий, фондов и союзов, а не специалисты-биотехнологи. Воистину, чем неправдоподобнее выдумка, тем быстрее в неё поверят. С надрывом сообщается о создании невозможных ранее форм жизни, например „рыбопомидора“ (помидора с одним геном рыбы), – он почему-то особенно полюбился журналистам. Имеют ли подобные „страшилки“ под собой научную основу? Попробуем разобраться.

Генная инженерия растений и селекция – хрен слаще редьки

Биотехнологов обвиняют в насилии над природой, так как они в отличие от обычных селекционеров пересаживают гены откуда угодно и куда угодно, что может привести к непредсказуемым последствиям. Некоторые непредсказуемые (вторичные) эффекты встраивания чужого гена в геном растения возможны. Но они в равной степени присущи и обычной селекции. И ГМР, и селекция переносят новый генетический материал, который может вызвать нарушение работы генов, их модификацию, выключение или активацию, что способно привести к выработке каких-то новых белков или изменению уровня существующих. Новые продукты жизнедеятельности клетки, в принципе, могут быть и токсичными, и аллергенными, и канцерогенными.

Примером появления непредсказуемых эффектов в обычной селекции служит история с гибридом кукурузы „Техас“. В начале 70-х огромные посевные площади этой культуры в США были опустошены грибковым заболеванием. Выяснилось, что продукт гена, специфичного для данного гибрида, взаимодействовал с токсином гриба, что в результате приводило к развитию заболевания.

Итак, ГМР по возможным последствиям не опаснее обычной селекции. Мало того, иногда селекция приводит к гораздо более существенным нарушениям в геноме растения, чем направленная генетическая модификация. С 30-х годов XX века для целей селекции человек использует радиацию и химикалии, вызывая мутагенез. К настоящему времени известно около 2200 сортов различных культур, полученных таким способом. Очевидно, что в отличие от ГМР такое грубое вмешательство затрагивает не один ген и имеет непредсказуемые последствия.

Опаснее ГМР может быть даже обычное скрещивание. К примеру, латинские буквы (Т, N, V, F) на упаковках семян томатов означают устойчивость к различным заболеваниям, полученную путём скрещивания с несъедобным для человека диким томатом. Помидоры, устойчивые к нематоду, содержат встроенный из генома его дикого сородича N сегмент (3,5 млн нуклеотидных пар), что составляет 0,3% от всей ДНК томата (для сравнения: ген устойчивости в трансгенных растениях имеет всего около 7 тысяч пар нуклеотидов). Таким образом, обычное скрещивание помимо нужного гена внедряет в растение несколько десятков лишних неизвестных генов. А гены из несъедобного растения вполне могут кодировать токсины, аллергены и другие вредные для человека вещества. И вот парадокс: томат, в который методами генной инженерии перенесли один-единственный

известный и проверенный ген, будут тщательно изучать и регулировать его распространение, а томат, в который обычной селекцией перенесли десятки неизвестных генов, по международным правилам не требует никакого контроля и изучения.

ГМР не может быть „безопаснее“, чем биология вообще, но и непредсказуемые эффекты для неё также не более вероятны. Человек в своём отборе часто использует признаки ненормальные и ненужные в природе для своих целей. Поэтому культурные растения способны существовать только с его помощью, а предоставленные самим себе дичают или подавляются сорняками. Так что не стоит обвинять создателей генетически модифицированных растений в насилии над природой. Разве создание нежизнеспособных в дикой природе организмов путём обычной селекции не насилие?

Безопасность генетически модифицированных продуктов питания

Человек всегда употреблял в пищу растения и мясо животных, но у него не выросли ни листья, ни хвост – в организме все белковые молекулы и ДНК (гены) распадаются до структурных единиц, аминокислот и нуклеотидов, одинаковых у всего живого. Истории о том, что ГМ-продукты являются причиной раковых заболеваний, инфекций, СПИДа и др., всегда основаны на слухах: кто-то съел трансгенный продукт и после этого заболел. О латинской поговорке „Post hoc, non est propter hoc“ (после этого – не значит из-за этого) и о притче, где некий врач на таких же основаниях сделал вывод: „Ветчина помогает от горячки портным, но не сапожникам“ авторы таких изысканий, по-видимому, не слышали. Реальное же положение вещей таково: за почти двадцатилетнюю историю создания ГМР в научной литературе не было опубликовано ни одного достоверного сообщения о каком-либо негативном воздействии генетически модифицированных продуктов на организм человека.

Но, как мы уже говорили выше, принципиальная возможность появления веществ, опасных для человека, при трансгенной модификации растений существует. Поэтому самое главное опасение оппонентов ГМР – биологическая безопасность продуктов питания. В качестве примера токсичности ГМ-пищи обычно приводят работу британского ученого Арпада Пустаи, который занимался изучением токсичности картофеля с геном лектина подснежника, встроенного для придания устойчивости к вредным насекомым. 10 августа 1998 года исследователь, выступая в телевизионной программе, заявил, что у крыс, питавшихся трансгенным картофелем, наблюдались отклонения в росте, а также подавление иммунной системы. Он также поведал телезрителям, что трансгенная пища опасна для здоровья в принципе. Вскоре Пустаи был уволен: по версии руководства – за

„распространение заведомо ложной псевдонаучной информации“, по версии противников ГМР – под давлением биотехнологических компаний.

В феврале 1999 года группа из 22 учёных выступила с меморандумом в поддержку Пустаи, а в июне Британское Королевское общество опубликовало заключение шести экспертов, проверивших результаты его исследований. В нём говорилось, что из-за недостатков в планировании и выполнении экспериментов просто невозможно определить причину наблюдаемых изменений, а влияние на иммунную систему статистически недостоверно. Но даже если бы результаты подкрепили сделанные заявления, то для обобщений об опасности всех генетически модифицированных продуктов не было никаких оснований.

Научное сообщество вопрошало, когда же Пустаи опубликует свои результаты, ведь выступление в телепрограмме – это одно, а статья в научном журнале – совсем другое: ей предшествуют две-три положительные рецензии специалистов в данной области. В октябре 1999 года на публикацию решился престижный британский медицинский журнал „Lancet“. От громких заявлений в статье осталось только сообщение о некоторых изменениях в слизистой желудочно-кишечного тракта крыс. В том же номере в статье критиков указывалось, что подобные изменения вполне могли быть вызваны адаптацией к картофельной диете, нетипичной для этих животных, поскольку контроль состояния слизистой у крыс, питавшихся обычным образом, отсутствовал.

Помимо токсичности некоторые эксперты опасаются, что гены устойчивости к антибиотикам, используемые в технологии генетической модификации растений, могут перейти из ГМР в патогенные бактерии, которые приобретут устойчивость к препаратам, и лечение антибиотиками станет неэффективным. Но ведь все эти гены и выделены из генома бактерий, поскольку устойчивость к антибактериальным веществам широко распространена в природе. Устойчивость часто появляется в результате неправильного или избыточного использования антибиотиков. Тем не менее аспектом переноса генов устойчивости от растений в бактерии, живущие в желудочно-кишечном тракте человека, занимались ряд международных организаций, в том числе и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Они пришли к выводу, что такой перенос маловероятен из-за сложности соответствующих этапов. Пока случаи спонтанного переноса генов устойчивости из ГМР в клетки бактерий или млекопитающих неизвестны. В 2000 году эксперты Продовольственной организации ООН и ВОЗ сделали заключение, что гены устойчивости, используемые в настоящее время в ГМР, не представляют угрозы для

терапевтического использования антибиотиков. Тем не менее для исключения даже гипотетической возможности переноса генов разработан ряд технологий, позволяющих обойтись без генов устойчивости к антибиотикам, удаляющих эти гены после трансформации или „запрещающих“ этим генам „работать“ в бактериях.

Возможная аллергенность ГМ-пищи также вызывает обеспокоенность её противников. Пищевая аллергия – это побочная реакция на пищу, затрагивающая систему иммунитета, ею страдает до 8-10% детей и 1-2% взрослых. Теоретически каждый белок может действовать как аллерген. Наиболее распространёнными аллергенами являются молоко, яйца, рыба, соя, арахис, орехи и пшеница. В качестве доказательств аллергенности ГМ-продуктов оппоненты ГМР обычно ссылаются на скандалы, связанные с трансгенной соей и кукурузой.

Соя, широко используемая в кормах для животных, как и остальные бобовые, относительно бедна незаменимой аминокислотой – метионином, поэтому для сбалансированного питания требуется добавлять в неё метионин или содержащий его белок. Попытки повысить содержание метионина путём обычной селекции успеха не имели, поэтому на помощь пришла генная инженерия. Семена бертолетии высокой („бразильские орехи“), по вкусу напоминающие кедровые орехи, содержат богатый метионином белок. Они широко используются в пищевой промышленности. К сожалению, подобно настоящим орехам, они способны вызывать аллергию. Ген из бертолетии перенесли в геном сои, и оказалось, что некоторые люди проявляют повышенную чувствительность к сое, модифицированной таким образом. Но в этой аллергической реакции не было ничего удивительного, поскольку те же самые люди реагировали и на бразильские орехи. Именно метионинсодержащий белок бразильского ореха является его основным аллергеном. И хотя эта соя предназначалась только для животных, производитель („Pioneer Hi-Bred“), опасаясь, что она может быть смешана с продовольственной, перестраховался и разработку трансгенной сои прекратил.

Противники ГМ-пищи не преминули поднять по этому поводу шум: дескать, природа не простила насилия над собой и ответила созданием сильного аллергена. Позвольте, но при чем здесь генная инженерия? Этот белок является аллергеном сам по себе, и от добавления его в торт в составе орехов, переноса его гена методами генной инженерии или выделения в чистом виде и добавления в корм животным его аллергенность не изменится.

Скандал же, вызванный Bt-кукурузой, устойчивой к вредителям, случился в сентябре 2000 года. Тогда СМИ США сообщили о том, что трансгенный сорт кукурузы „Starlink“, предназначенный для животных, случайно попал в продовольственное зерно и является сильным аллергеном. После этого сразу же посыпались сообщения о якобы наблюдавшихся аллергических реакциях у покупателей продуктов из кукурузы (до публикаций общественность молчала). Проверка ни у кого из жалобщиков аллергии на Bt-белок не обнаружила (кстати, и все ранее проведённые тесты на аллергенность этой кукурузы дали отрицательный результат). Но даже если бы жалобы подтвердились – эта кукуруза всё равно изначально для людей не предназначалась. Биотехнологи не могут отвечать за недобросовестность компаний, использовавших корм для животных в пищу людям. Разве разработчиков производства технического спирта обвиняют в отравлениях, если его продавали под видом пищевого?

Другой аргумент: участвовавшие случаи аллергии к сое вызваны якобы тем, что всё большая её часть становится трансгенной. При этом забывается, что соя задолго до появления ГМР считалась в Японии основным аллергеном (наряду с рисом), так же как арахис в США, а треска в Скандинавии, что связано с широким употреблением этих продуктов в пищу в данных странах. Всё более широкое использование сои в качестве добавок в самые различные пищевые продукты увеличивает количество её потребителей, а с ним растёт и число людей, чувствительных к сое. Увеличение потребления арахиса в мире наверняка приведёт к увеличению числа аллергиков к нему, но генная инженерия тут ни при чём.

В принципе же, поскольку ГМР меняет белковый состав растений – вводит новые белки, модифицирует существующие или изменяет их количество, то аллергенность растения после генетической трансформации также может измениться. Именно поэтому ГМР тщательнейшим образом и в обязательном порядке проверяют на аллергенность.

Большинство учёных считают, что риск возникновения аллергии намного больше от новых продуктов питания, которые никто не проверяет на аллергенность, нежели от всесторонне изученных ГМ-продуктов. Поедая ГМ-пищу, вы потребляете один-два новых белка, а с новым продуктом вы получаете сотни новых белков. Появление киви в широкой продаже привело к появлению аллергиков на этот фрукт (аналогично сое). И уже потом было установлено, что плоды данного растения содержат несколько аллергенных белков. Если бы киви впервые поступило на рынок сегодня, по существующим правилам его могли бы рассматривать как новый продукт, тестировать на аллергенность, и, возможно,

киви так никогда и не попало бы в продажу.

Перед производителями встал вопрос об оценке степени безопасности ГМ-продуктов питания. Вообще-то методы оценки безопасности пищи, которая представляет собой очень сложную смесь множества различных веществ, и её тестирование на животных сложны и неоднозначны. Количество скармливаемой пищи ограничено эффектом насыщения, а сама она может не подходить тем или иным животным, вызывая ряд вредных эффектов (это, скорее всего, и произошло в опытах Пустаи). Поэтому безопасность большинства ныне существующих продуктов обосновывается не экспериментально, а по так называемой „истории безопасного использования“. Сорты же, полученные обычной селекцией, оценивают всего лишь органолептически (на вкус и аромат), очень редко проводятся химические анализы – например, новые сорта картофеля проверяют на содержание соланина.

Сложность оценки риска потребовала нового подхода к оценке безопасности генетически модифицированных продуктов, и в 1993 году Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) сформулировала концепцию „эквивалентности по существу“ (substantial equivalence). Её смысл – в определении не абсолютной безопасности генетически модифицированного продукта (на чём настаивают противники ГМ-пищи и что невозможно в принципе), а относительной – за исходный уровень безопасности принимается традиционный аналог ГМ-продукта. Вначале проводится идентификация различий, на которых затем сосредотачивается оценка безопасности.



Этикетка на продуктах, содержащих трансгенную сою.



Маркировки, обозначающие отсутствие генетически модифицированных компонентов в продукте.

Все ГМ-культуры, допущенные к использованию, были идентичны аналогам, за исключением одного-двух новых белков, соответствующих встроенным генам. Эти белки анализируют на токсичность и аллергенность, а также оценивают возможные вторичные эффекты. Концепция „эквивалентности по существу“ принята во всём мире, в том числе и в странах ЕС. В ней указывается, что в качестве аналогов могут использоваться и ранее принятые ГМ-культуры. Она подвергается сильной критике со стороны экологических общественных организаций, обвиняющих её в подгонке под требования производителей и заявляющих, что в ней не оцениваются долговременные эффекты употребления ГМ-продуктов. В ответ на это эксперты таких организаций, как ВОЗ, заявляют, что о возможных долговременных эффектах любой пищи известно крайне мало и что идентификация таковых очень сложна, если вообще возможна, на высоком фоне нежелательных эффектов обычной пищи. Действительно, что нам известно о долговременных эффектах употребления картофеля в России, где его едят всего 250 лет, или томатов, которые выращивают у нас не более 200 лет? А уж о бананах и прочих тропических фруктах, которые в широкой продаже у нас не более десятка лет, и упоминать не стоит.

Много споров ведется и по маркировке генетически модифицированных продуктов. В США, где уже в 1999 году 60% всех продуктов в обычном супермаркете содержали генетически модифицированные компоненты, маркировка – дело добровольное, а в странах ЕС она обязательна, если их содержание в продукте превышает 1%. Вообще-то маркировка не имеет отношения к безопасности: если продукт допущен к продаже, то он уже признан безопасным. Настоящая её цель – дать информацию для выбора между товарами с различными характеристиками. Маркировка генетически модифицированных продуктов, не отличающихся от обычных, – это уже излишне: никому ведь не интересно, картофель каких сортов пошел на изготовление чипсов. Имеет смысл сообщать только о содержании потенциально аллергенных белков (как про молочный и яичный белки на упаковке обычного майонеза).

Генетически модифицированные растения и экология

Теоретически генетически модифицированные растения (ГМР) не могут не влиять на экологию нашей планеты. Прежде всего, нельзя исключить возможность того, что ГМР или технологии их выращивания будут нежелательно воздействовать на те организмы, на которые никакого влияния не предполагалось вовсе. Главной мишенью для критики экологической безопасности ГМР стали так называемые растения-пестициды, которые в результате генетической трансформации производят токсичные вещества,

уничтожающие тех или иных вредителей. Наиболее правомерно оценивать не абсолютный вред таких культур, а относительный – сравнить его с побочными эффектами применения ядохимикатов.

Преимущество белковых токсинов, продуцируемых ГМР, перед синтетическими пестицидами очевидно: большие и нестойкие молекулы белков не накапливаются в природе – быстро распадаются до аминокислот; кроме того, они более специфичны, то есть уничтожают только определённых вредителей (бактерии, грибы, насекомые). Маленькие же молекулы пестицидов чаще поражают ни в чём не повинные организмы и из-за высокой химической стабильности могут проходить по пищевым цепям и накапливаться на их вершине. В общем, растениям-пестицидам по своей ядовитости далеко до ДДТ.

Преимущество ГМР перед ядохимикатами было со всей очевидностью доказано в „конфликте“ бабочки-монарха и Bt-кукурузы. Бабочка-монарх (*Danaus plexippus*) привлекает всех любителей природы своей красотой. Учёные-энтомологи тоже любят её за уникальное свойство – ежегодно по пути из Канады в Мексику монархи преодолевают около 4000 км. Никакая другая бабочка на такое не способна. Bt-кукуруза содержит ген Bt-токсина (о нём упоминалось ранее), встроенного в ДНК кукурузы для борьбы с кукурузным мотыльком, уничтожающим до 7% урожая кукурузы в мире (40 млн тонн). Агентство по охране окружающей среды США проверяло эту кукурузу и признало её нетоксичной для всех организмов, кроме мотылька-вредителя.

Но в мае 1999 года в журнале „Nature“ появилось короткое сообщение, что смертность личинок бабочки-монарха, питающихся листьями с пылью Bt-кукурузы, намного выше нормы. Авторы сделали вывод, что широкое распространение Bt-кукурузы приведёт к исчезновению бабочки-монарха. СМИ быстро подхватили сенсацию, последствия были грандиозными: 10%-ное падение акций концерна „Monsanto“ (одного из главных производителей Bt-кукурузы), запрет на Bt-кукурузу в Европе и мораторий на её дальнейшее выращивание в США. Монарх же стал символом движения за запрет ГМР. Газеты пестрели лозунгами типа: „Даже бабочек тошнит от генетически модифицированной пищи“.

Учёные же начали широкомасштабное исследование этого вопроса. В сентябре 2001 года Национальная академия наук США обнародовала результаты двухлетних исследований ряда университетов США и Канады, проведённых под эгидой Министерства сельского

хозяйства США. Заключение гласило, что пыльца Вt-кукурузы не опасна для личинок бабочки-монарха. А вот от широко применяемого на кукурузных полях цихалотрин-І-инсектицида численность их действительно сокращается.

Гринпис подал судебный иск, но Верховный суд США постановил, что у полезных насекомых больше шансов выжить на Вt-растениях, нежели когда поля обрабатываются пестицидами. Количество же применяемых инсектицидов в мире только из-за выращивания Вt-хлопка сократилось на 33 тысячи тонн. А всего в 2001 году в США выращивание трансгенных растений, устойчивых к гербицидам и насекомым, позволило уменьшить использование ядохимикатов на 20,7 тысячи тонн. Всё это положительно сказывается как на окружающей среде, так и на здоровье фермеров, а также улучшает биоразнообразие на полях.

Ещё одной потенциальной угрозой биоразнообразию считают утечку генов из трансгенных растений – горизонтальную (в микроорганизмы) и вертикальную (в растения). Горизонтальный перенос генов (то есть вне системы родитель – потомство) уже упоминался ранее (перенос в патогенные бактерии). Теоретические модели и эксперименты показывают, что перенос ДНК из ГМР в микроорганизмы случается, если вообще имеет место, с очень маленькой вероятностью. Если бы это на самом деле происходило так быстро и просто, как считают оппоненты генной инженерии растений, то за миллионы лет эволюции гены всех организмов совершенно перемешались бы. В действительности же на сегодняшний день известно всего несколько случаев горизонтального переноса из растений в бактерии, и самый последний имел место более 10 млн лет назад.

Вертикальной утечкой генов называется перенос ДНК от родительского растения его потомкам. Этот перенос осуществляется через пыльцу при переопылении культурных растений (любых, не только трансгенных) с близкородственными культурными, сорными или дикорастущими видами. Такая утечка из сельскохозяйственных культур происходит постоянно, а началась она, когда человек занялся селекцией. Этот процесс идёт и в обратном направлении, что, как правило, ухудшает свойства культурных растений. Какая же угроза может произойти от вертикальной утечки трансгенов?

Пищевая безопасность человечества под угрозой – с такими заявлениями выступили представители экологических организаций после появления в ноябре 2001 года в одном из самых уважаемых научных журналов мира „Nature“ статьи о том, что в

мексиканской провинции – колыбели кукурузы в полудиких местных сортах – обнаружены фрагменты трансгенной ДНК, разбросанные по геному немодифицированной кукурузы.

Бурной была реакция и экологических организаций, и научного сообщества. Заметим, никто из учёных не подверг сомнению саму возможность переноса трансгенов в дикую кукурузу, а это так обеспокоило противников ГМР. Напротив, многие высказали удивление, что такой солидный журнал опубликовал статью, в которой, по сути, не содержалось ничего нового, так как возможность переноса трансгенов в близкородственные виды путём переопыления доказана уже давно. Непонятно только, почему по геному были рассеяны фрагменты трансгена, ведь при переопылении происходит встраивание гена целиком, и нет ли здесь какой-нибудь технической ошибки?

В ответ на публикацию в „Nature“ Международный центр по изучению кукурузы и пшеницы (CIMMYT), расположенный в Мексике, в течение года проверил более 300 так называемых „фермерских сортов“ кукурузы и ни в одном из них трансгенную ДНК не обнаружил. История закончилась тем, что в апреле 2002 года „Nature“ опубликовал два письма с критикой результатов работы и ответ на критику самих авторов нашумевшей публикации, признающих, что „некоторые их результаты были ошибочными“. Кроме того, редактор в том же номере выступил с беспрецедентным заявлением, что журнал „пришёл к заключению, что предъявленных доказательств недостаточно для оправдания публикации“, а затем призвал читателей „самим принять решение“ в этой истории.

Но даже если перенос и состоялся, существовала ли угроза генетическому разнообразию? Не нужно считать, что геномы диких видов законсервированы и любой приток извне несет им угрозу. Статья об ошибочности такого мнения была опубликована в журнале „Science“ в феврале 2000 года, ещё до „кукурузной“ истории. В ней говорилось: сорта кукурузы, выращиваемые фермерами, сегодня не те, что были пять лет назад, и уж тем более не те, что были сто или пятьсот лет назад. Исследования показали – в результате перекрёстного опыления и деятельности человека сорта постоянно изменяются. Кроме того, в настоящее время фермеры часто используют семена из других регионов. Таким образом, генетическое разнообразие на полях является вовсе не статичной, а динамичной системой. Также было установлено, что в силу биологических особенностей перенос трансгенов в геном ближайших родственников и предков кукурузы (теосинте и трипсакум) не представляет опасности.

Кстати, вертикальной утечки генов можно избежать. **Технологии, позволяющие**

предотвратить возможность переноса новых генов при переопылении, в настоящее время активно разрабатываются. Например, если генетически трансформировать хлоропласты, то чужеродных генов в пыльце просто не будет.



Бабочка-монарх – символ движения противников генетически модифицированных растений. В 1999 году в научной печати появилось сообщение, что смертность личинок этого насекомого возрастает, если они питаются листьями трансгенной кукурузы. Однако в 2001 году Верховный суд США опроверг этот факт. Оказалось, что пыльца трансгенной кукурузы для личинок не опасна. А вот от инсектицидов они действительно погибают.

Но, может быть, пример с кукурузой - это частный случай, а перенос трансгенов в рис или рапс более опасен для биологического разнообразия? Вот самый мрачный сценарий: трансгенная пыльца опыляет несколько растений, их потомство становится трансгенным, размножившиеся генетически модифицированные растения опыляют ещё больше растений, и так, пока все растения не станут трансгенными. Дикие родственники трансгенных культур, получившие с трансгенами устойчивость к вредителям, патогенам, засухе, морозам, со временем вытеснят естественную флору, а вместе с ней и другие организмы, зависящие от неё. Но совсем плохо, если эти родственники - сорняки. Получив устойчивость к ядохимикатам, они станут суперсорняками, для уничтожения которых потребуются огромные дозы гербицидов, что в результате приведёт к непредсказуемым последствиям не только для дикой природы, но и для сельского хозяйства. Кроме того, устойчивые ГМР будут способствовать появлению супервредителей и суперболезней, с которыми просто не справиться. На деле же такой сценарий весьма маловероятен. Для того чтобы новый ген закрепился в популяции, он должен придавать виду некие эволюционные преимущества. Устойчивость к гербицидам или определённым вредителям таковым не является. Но даже если предположить, что какой-либо ген даст это преимущество и вид начнёт усиленно размножаться, то и тут ничего катастрофического не произойдёт. Последует рост численности животных, питающихся этим растением, а также микроорганизмов и насекомых, паразитирующих на нём, что уравнивает экологический баланс. Так что в естественных условиях доминирование одного вида невозможно по определению. Доминирующий вид способен существовать только при поддержке человека. Тем не менее, уступая общественному

мнению, для предотвращения этой гипотетической опасности производители ГМР вводят ограничения на возделывание генетически модифицированных культур в районах, где растут дикие родственники этих растений.

Учёные знают, что в первую очередь биоразнообразие угрожает не замена одного сорта (или даже десяти сортов) на другой, а превращение природных ландшафтов в сельскохозяйственные. Так, нобелевский лауреат Норманн Борлоуг писал, что для получения урожая 1998 года по технологиям 1950 года потребовалось бы дополнительно распахать 1,2 млрд гектаров земли, то есть 33% всех пастбищ или 29% всех лесов в мире, а с учётом меньшей продуктивности этих земель - и того больше. Никакое использование удобрений и ядохимикатов и тем более генетически модифицированных растений не сравнится с ущербом окружающей среде от увеличения площади сельскохозяйственных угодий. Кроме того, в некоторых регионах, например в Юго-Восточной Азии, свободные земли взять просто неоткуда. А всё увеличивающееся население Земли надо как-то кормить. Генная инженерия растений, как и другие способы интенсификации сельского хозяйства, даст возможность сохранить нетронутыми огромные площади лесов, степей, лугов. А в идеальном случае позволит даже сократить площадь земель сельскохозяйственного назначения. Вот почему генная инженерия растений способствует сохранению биоразнообразия дикой природы, а не его уничтожению.

Ещё один "конёк" борцов с ГМР - это забота об органическом земледелии. Оно, как известно, исключает использование трансгенных растений, как, впрочем, и ядохимикатов и минеральных удобрений. Зато оно активно использует Bt-инсектициды. Поэтому трансгенным культурам со встроенным геном Bt-токсина достаётся от борцов особенно сильно. Дескать, их использование будет способствовать появлению у вредителей устойчивости к натуральному Bt-инсектициду, что создаст проблему для фермеров, практикующих органическое земледелие с его использованием. Другие мыслят глобально - зачем вообще нужны ГМР с их устойчивостью к болезням, вредителям, ведь природа в любом случае её преодолит. Человек, ускоряя эволюцию, всё равно проигрывает гонку: патогены приобретают устойчивость к антибиотикам, сорняки - к гербицидам, вредители - к инсектицидам. Не бессмысленны ли потуги человечества? Что тут возразить? Процесс приспособления вредителей и патогенов к средствам борьбы с ними пошёл с момента возникновения земледелия. Точно так же природа "одолеывает" полезные свойства сортов, выведенных путём традиционной селекции. Такова плата за прогресс. Вопрос лишь в том, захотят ли эти борцы за чистоту земледелия вернуться на несколько веков

назад, когда 100% земледелия было органическим (а не 3%, как сейчас), а о пестицидах, антибиотиках и прочей вредной "химии" никто и не слыхивал? Маловероятно. Но всё же стоит напомнить, что средняя продолжительность жизни тогда составляла не более 30 лет, сельским хозяйством занималось почти всё население, а неурожаи и голод в России случались раз в 3 года, в менее суровой по климату Европе - раз в 5-6 лет, приводя нередко к катастрофическим последствиям: более двух третей новорождённых умирало от инфекционных болезней; диагнозы "пневмония" и "туберкулёз" были сродни смертному приговору; ничтожное ранение или травма вызывали гангрену и сепсис. Откажутся ли оппоненты "всякой химии" от лечения антибиотиками, если их жизнь окажется под угрозой?



Рапс масличный в диком виде не встречается. Возник в результате естественного скрещивания капусты листовой и полевой; внешне напоминает сурепку. В настоящее время рапс – основная масличная культура во многих странах мира, а также частый объект генетической модификации.



Поле, засеянное трансгенным рапсом.

Этические проблемы генной инженерии растений

К счастью, у генной инженерии растений этических проблем меньше, чем, например, у клонирования, но тем не менее они существуют. Помимо общих рассуждений о противоречии встраивания генов божьему замыслу беспокойство религиозных деятелей вызывает создание "гибридов" самых различных организмов, в связи с чем возникают трудноразрешимые проблемы. Можно ли употреблять в пост растительную пищу со встроенными генами животных? Можно ли есть генетически модифицированные продукты, в которые встроены гены человека, не будет ли это считаться каннибализмом? Нельзя ли считать пищу, в которую перенесены гены, например, свиньи, "частично свиной" и не распространяются ли на неё запреты некоторых религий? Это, без сомнения, очень увлекательные споры наподобие средневековых диспутов: "сколько

ангелов поместится на кончике иглы?", "сколько генов превращают картофель в свинину?"

Некоторые к этому добавляют, что не хотят есть картошку с генами какого-нибудь таракана. Но почему-то никто не отказывается от земляники на том основании, что примерно 30-40% атомов азота, фосфора и калия перешли в неё из, пардон, навоза, которым эту землянику удобряли. Это значительно выше, чем доля чужеродной ДНК из любого организма в ГМР (примерно одна миллионная). И как все атомы одинаковы во Вселенной, так и в построении белков всего живого на Земле (и картошки и таракана) используется 20 аминокислот, а их генов - всего 4 нуклеотида.



Противники генетически модифицированных растений из международной экологической организации Гринпис захватили в Англии поле, засеянное трансгенными культурами.

Есть ли польза без вреда?

На сегодняшний день доказательства вреда трансгенных растений отсутствуют. Все публикации, в которых сообщалось об этом и на которые так любят ссылаться противники генной инженерии растений, впоследствии были опровергнуты, но об этом оппоненты генной инженерии растений обычно предпочитают не вспоминать.

Кстати, примеры научной недостоверности имеются не только в биологии. В марте 2002 года журнал „Science“ опубликовал статью о том, как учёные, пропускавшие при комнатной температуре через пол-литровую ёмкость с ацетоном ультразвук, наблюдали признаки термоядерной реакции. Предвидя возмущение физиков, у которых „холодный ядерный синтез“ пользуется примерно той же репутацией, что вечный двигатель или торсионные поля, редактор в этом же номере в почти шекспировском комментарии „Публиковать или не публиковать?“ заявил, что миссия журнала заключается в том, чтобы представить „интересную, возможно, важную работу на всеобщее обсуждение после удостоверения её качества со всей возможностью, на которую мы были способны. ... Это делается без утверждения, что мы гарантируем в опубликованных статьях достоверность каждого результата“.

Конечно, даже самые ярые сторонники генной инженерии растений не могут сказать, что

трансгенные растения совершенно безопасны. Исключить полностью вероятность любого события нельзя в принципе – подсчитано даже, за сколько лет обезьяна, беспорядочно стуча по клавиатуре, напечатает „Войну и мир“. По этой причине абсолютно безопасных технологий не существует, а в природе биологический риск не бывает равным нулю.

Противники генной инженерии растений, требуя доказать 100%-ную безвредность трансгенных растений, забывают (или не понимают), что требовать доказательств отрицательных утверждений нелогично: доказываются только положительные утверждения. Экспериментально можно доказать присутствие какого-либо явления в природе, но это будет означать, что оно имеет место иногда. Доказать же присутствие какого-либо явления всегда – нельзя. Отсюда вытекает – нельзя доказать отсутствие чего-либо, так как это означает, что оно отсутствует всегда. И так как отсутствие доказать нельзя, то, как гласит известный принцип римского права, „Ei incumbit probatio, qui dicit, non qui negat“ („Доказывать обязан тот, кто утверждает, а не тот, кто отрицает“). Но противники трансгенных растений обычно не берут на себя труд доказывать вред трансгенных растений, для них существует принцип презумпции виновности: учёные должны доказывать их безвредность. Да и из одних и тех же экспериментов делаются разные выводы. Учёные говорят: „При некоторых условиях некоторые генетически модифицированные продукты (или растения) для некоторых людей (или экосистем) могут быть вредны“, а их оппоненты обобщают: „Вредны все, всегда и для всех“.

Генетически модифицированные растения на российском огороде

У нас в стране сложилась парадоксальная ситуация. С одной стороны, мы покупаем генетически модифицированную продукцию, а с другой – выращивание генетически модифицированных растений в России не разрешено... Между тем в арсенале наших учёных имеется множество разработок – новых технологий, трансгенных сортов важнейших сельскохозяйственных культур.

В развитых странах трансгенные растения востребованы. Их создание диктуется не только научным, но и коммерческим интересом. Традиционная селекция там подошла к пределу своих возможностей, для многих культур они почти исчерпаны. Новый сорт может быть на 3% урожайнее, на 5% устойчивее, но это – крохи. Трансгенные растения позволили сделать рывок в эффективности сельского хозяйства, и потому они оказались востребованы рынком, где другие возможности повышения продуктивности (удобрения, ядохимикаты и т. д.) себя уже исчерпали.

Многие учёные задают себе вопрос: „Если выращивание трансгенных растений разрешат в России законодательно, будут ли востребованы зарубежные и отечественные разработки нашим сельским хозяйством?“ В качестве ответа на него сравним „Мерседес“ и „Москвич“. „Мерседес“ конечно же лучше „Москвича“, но он требует качественного топлива, квалифицированного обслуживания и главное – всю свою мощь сможет показать только на скоростном шоссе. А если поставить его на ухабистую просёлочную дорогу в распутицу, то вряд ли он обгонит „Москвич“. Под „Мерседесом“ я подразумеваю современные сорта интенсивного типа со строго регламентированными технологиями выращивания. Только при выполнении всех технологических требований раскроются все потенциальные возможности сорта, ради которых и трудятся селекционеры. Трансгенный сорт – это, можно сказать, установка на „Мерседес“, например, турбонаддува.

А у нас, к сожалению, сельское хозяйство – это не скоростное шоссе, а разбитая просёлочная дорога, по которой „Мерседес“ будет тащиться с такой же скоростью, как и „Москвич“, и установка турбонаддува ему в таких условиях не поможет. И не только из-за нехватки средств, а и из-за плохой организации труда.

Новые сорта, конечно, нужны, никто не спорит. От низкоурожайных сортов, сколько ни вноси под них удобрения, толку не будет – болонку всё равно не раскормить до размеров сенбернара. Но всё надо делать параллельно: и менять „Москвич“ на „Мерседес“, и налаживать техосмотр, и прокладывать новые дороги. Российские учёные и сегодня могут предоставить сельскому хозяйству „Мерседес“, но по каким дорогам он будет ездить?



Австралийская фирма „Флориген“ производит трансгенные гвоздики сорта Лунная пыль: в геном белой гвоздики встроены гены из других цветов, отвечающие за голубую и фиолетовую окраски.

Я преднамеренно несколько сгустил краски. Возможно, у нас пойдут трансгенные сорта не с устойчивостью к гербицидам или болезням (на фоне общего плохого ухода за растениями прибавка в урожае будет незаметна), а с улучшенными потребительскими свойствами, интересующими покупателей. Возможно, они будут востребованы в

немногочисленных пока в России хозяйствах, где растения выращиваются по интенсивным технологиям. Может быть, фармацевтические компании заинтересуются трансгенными растениями, синтезирующими лекарства и вакцины. Весьма вероятно, что исключением станет картофель с устойчивостью к колорадскому жуку (не западные сорта, предназначенные для переработки, например, в чипсы, а отечественные, столового предназначения). Но ген устойчивости всё равно станут переносить в современный интенсивный сорт (а не в какую-нибудь „синеглазку“), который требует своевременной прополки, окучивания, подкормки, при необходимости – полива (многие ли знают, что период цветения, когда закладываются клубни, является критическим в отношении воды, и видели ли вы у нас в стране, чтобы кто-нибудь в это время поливал картофель?), иначе всё равно соберёшь столько же, сколько и посадишь. Ген устойчивости вряд ли станет панацеей от всех бед.

И всё же выращивание как отечественных, так и зарубежных сортов в России, думается, следует разрешить без сомнения. Естественно, если и те и другие пройдут все необходимые тесты, анализы и испытания в соответствии с действующим законодательством РФ, нормативными документами и т.д., как это делается, например, для лекарственных средств. Объективных доказательств вреда от трансгенных растений нет, а дальше пусть всё решает экономическая сторона дела: будет ли выгодно выращивать трансгенные растения в России, будет ли на них спрос. Главное, чтобы отсутствие спроса не было вызвано элементарной безграмотностью в области биологии.

Основные «последствия» применения генетически модифицированных растений

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур. Например, урожайность трансгенной сои в Аргентине на 10% выше, чем обычной.

Сохранение биоразнообразия. Применение генетически модифицированных растений позволяет увеличить производство сельскохозяйственной продукции, не расширяя площади пахотных земель. Это очень важно для сохранения биосферы, поскольку в развивающихся странах ежегодно вырубается 13 млн гектаров лесов под сельскохозяйственное и промышленное использование.

Уменьшение ущерба окружающей среде от использования ядохимикатов.

Например, в 2001 году применение пестицидов сократилось на 20,7 тысячи тонн в США и на 78 тысяч тонн в Китае.

Экономическая выгода. В 2001 году экономический эффект от выращивания генетически модифицированных растений в США составил 1,5 млрд долларов, а в Китае – 750 млн долларов, поскольку выращивание трансгенных растений значительно снижает трудозатраты и экономит энергоресурсы.



Автор статьи „Миф о трансгенной угрозе“ проводит исследования по генетической инженерии растений в лаборатории филиала Института биоорганической химии РАН (г. Пущино Московской области).

Подробности для любознательных

Генетическая трансформация растений

Трансгенным (или генетически модифицированным) называется растение, в геном которого методами генетической инженерии перенесены гены (их называют „трансгенами“) из других организмов. Процесс переноса называется генетической трансформацией. Основными преимуществами такой технологии по сравнению с традиционной селекцией являются: возможность переноса всего одного гена, что практически не затрагивает исходный генотип; возможность придания признаков, которые нельзя перенести путём скрещивания с близкородственными видами; значительное ускорение процесса получения новых генотипов.

Наиболее широко используемый метод трансформации – агробактериальный был разработан на основе природного процесса. Почвенная бактерия *Agrobacterium tumefaciens* способна инфицировать двудольные растения, вызывая опухоли – корончатые галлы. Как выяснилось, при этом происходят перенос и встраивание в растительный геном двух групп генов: продукты одних вмешиваются в нормальный метаболизм растения и способствуют разрастанию опухоли, а продукты других синтезируют опиины, вещества, ненужные растению, но используемые в пищу бактериями. Учёные модифицировали агробактерии таким образом, что они вместо собственных переносят в растения гены, нужные человеку.

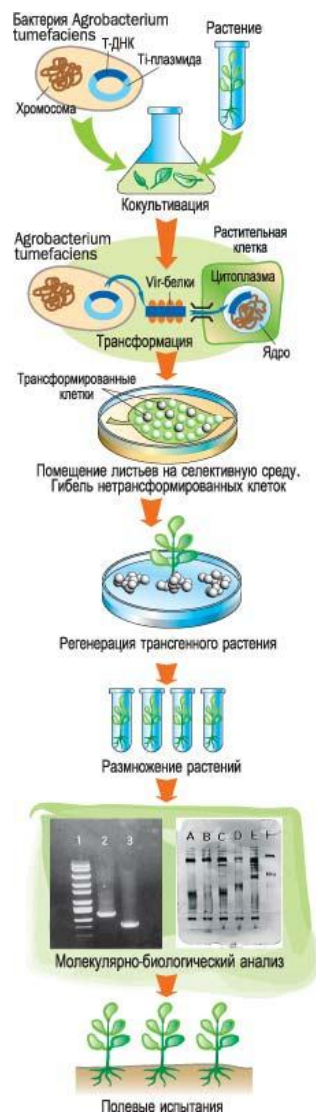


Схема агробактериальной трансформации.



Регенерация трансгенного растения из неорганизованной массы делящихся генетически модифицированных клеток.

Впоследствии был разработан ряд других методов трансформации растительных клеток, из которых наибольшее распространение приобрел биобаллистический. Он используется чаще всего для генетической модификации однодольных растений, нечувствительных к агробактериям. В специальных установках микрочастицы золота или вольфрама с нанесённой на них ДНК ускоряют при помощи сжатого гелия, и они проникают в ДНК клеток мишени.

Признаки, которые возможно придать с помощью генной инженерии, весьма разнообразны и в основном ограничены только наличием соответствующих генов. Очень условно их можно разделить на три группы. К первой относятся признаки, интересные производителям: устойчивость к различным факторам окружающей среды – гербицидам, болезням, вредителям, засухе, засолению, улучшение минерального питания, повышение укореняемости. Вторая группа признаков представляет интерес непосредственно для потребителей – модификация вкуса и аромата плодов, увеличение продолжительности их хранения, изменение окраски цветков, бессемянность, улучшение питательной ценности растений. В третью группу входят растения–„биофабрики“, способные синтезировать вакцины, ферменты, биополимеры и другие полезные вещества.

ДНК бактерий существуют не только в виде хромосом, но и в виде маленьких кольцевых молекул (плазмид). Бактерии *Agrobacterium tumefaciens* помимо прочих содержат плазмиды, вызывающие опухоли (Ti-плазмиды). На такой плазмиде среди прочих генов имеется так называемая область T-ДНК, содержащая гены, отвечающие за образование опухоли на растениях и синтез опинов. Именно этот кусочек плазмиды агробактерии встраивают в ДНК растений. Выяснилось, что агробактерии в принципе способны переносить в растения любую ДНК, которая расположена в этом месте плазмиды. Поэтому в плаزمиде, используемых в генно-инженерных целях, природные гены заменяют любыми другими, представляющими интерес для человека. Как правило, это два-три гена: целевой, который придаёт, например, устойчивость к насекомым; селективный, который придаёт устойчивость к определённым веществам (чаще всего – антибиотикам), что позволяет трансформированной клетке расти в питательной среде с антибиотиками, в то время как нетрансформированные клетки в ней гибнут; и иногда – репортёрный ген, который позволяет качественно определить трансформированную клетку, например, по окрашиванию или свечению в ультрафиолетовом свете.

В суспензию агробактерий, содержащих плазмиды с нужными генами, добавляют органы или ткани растений (экспланты), из которых проще всего регенерировать целые растения (чаще всего используются листья). Этот этап называется кокультивацией. Во время кокультивации агробактерии с помощью vir-белков переносят участок Ti-плазмиды и встраивают его в растительную ДНК.

Затем растительную ткань помещают на питательную среду, содержащую антибиотики. В этой среде выживают только те клетки, в которые агробактерии перенесли ген, придающий устойчивость к антибиотикам, то есть трансформированные. Условия и

состав среды подобраны таким образом, что трансформированные клетки активно размножаются, образуя неорганизованную массу делящихся клеток (каллус), из которой регенерируют трансгенные растения. Полученные растения размножают и подвергают различным анализам сначала в пробирке, а потом – на полях и в теплицах.

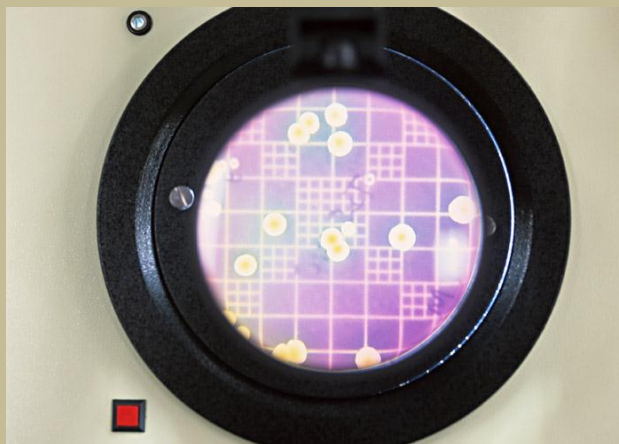
Создание одного нового сорта ГМР стоит от 50 до 300 млн долларов и занимает от 6 до 12 лет.

В России наиболее интенсивные исследования в области генетической инженерии растений, результаты которых публикуются в научных журналах и представляются на конференциях и симпозиумах, проводят три научных учреждения: филиал Института биоорганической химии (ФИБХ) РАН (г. Пущино Московской области), Центр „Биоинженерия“ РАН (Москва) и ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии (ВНИИСХБ) РАСХН (Москва). К настоящему времени в ФИБХе получены трансгенные растения плодовых (яблоня, груша, вишня), ягодных (земляника, актинидия), декоративных (хризантема, гвоздика), овощных (морковь) и злаковых (пшеница) культур.

Примеры встраиваемых генов: ген белка морозоустойчивости из арктической камбалы использовался для повышения устойчивости растений к заморозкам; бактериальный ген Vt-токсина – к вредителям; растительный ген суперсладкого белка *thaumatinII* – к вредным микроорганизмам, а также для модификации вкуса. При помощи гена бактериального происхождения *rolC* растения приобретают карликовость, а встраивание гена халконсинтазы из львиного зева меняет окраску других цветов. Для придания растениям устойчивости к гербицидам на основе фосфинотрицина используется ген *bar*, который отвечает за синтез фермента, расщепляющего гербицид до нетоксичных компонентов.

Центр „Биоинженерия“ специализируется на получении трансгенного картофеля, устойчивого к колорадскому жуку, вирусам и гербицидам, и подсолнечника, а во ВНИИСХБе получены трансгенные сорта томата и рапса, устойчивые к фитопатогенам и гербицидам. Помимо этих учреждений соответствующие работы ведутся и в ряде других, но там они, как правило, ограничены либо модельными объектами (табак), либо переносом одного-двух генов. Разработки ФИБХа и „Биоинженерии“ проходят полевые испытания уже не первый год.

„Наука и жизнь“ (2003)



Практическая Химия и Физика



Окисление лития на воздухе

В.Н. Витер

В прошлом номере журнала описан эксперимент, который наглядно демонстрирует окисление натрия на воздухе [ссылка](#).

Кусочек натрия разрезали скальпелем, в результате обнажилась блестящая поверхность металла, однако буквально на глазах поверхность натрия потускнела - металл очень быстро окислился. Если на матовой поверхности окислившегося натрия сделать царапины, то сначала мы увидим металлический блеск, но буквально через несколько секунд царапина "затянется".

Мы решили проделать аналогичный эксперимент с литием. В отличие от натрия, литий реагирует при комнатной температуре не только с кислородом, но и с азотом. Оксид, гидроксид и карбонат лития имеют белый цвет, нитрид лития согласно справочникам красно-коричневый. Как можно видеть на фотографиях, в нашем случае литий покрыт черным (вернее, темно-серым) налетом. Причины этого назвать мы затрудняемся. Поверх черного налета была белая корка карбоната и гидроксида, которая напоминала поваренную соль.

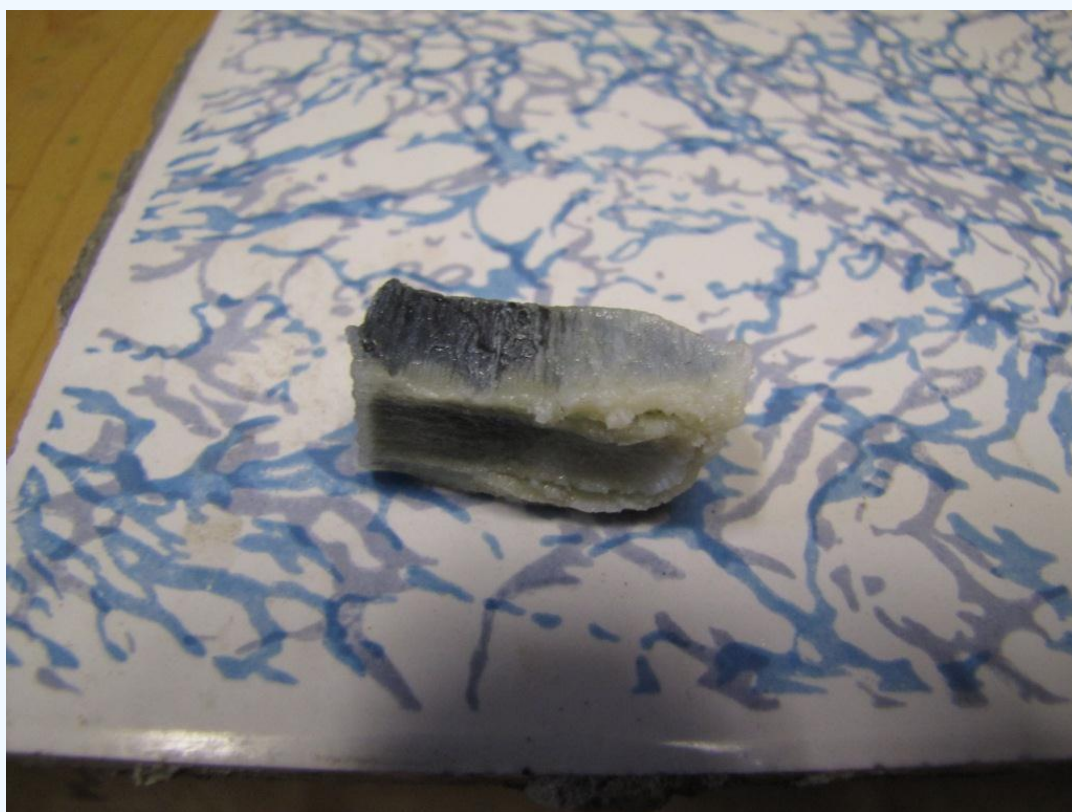
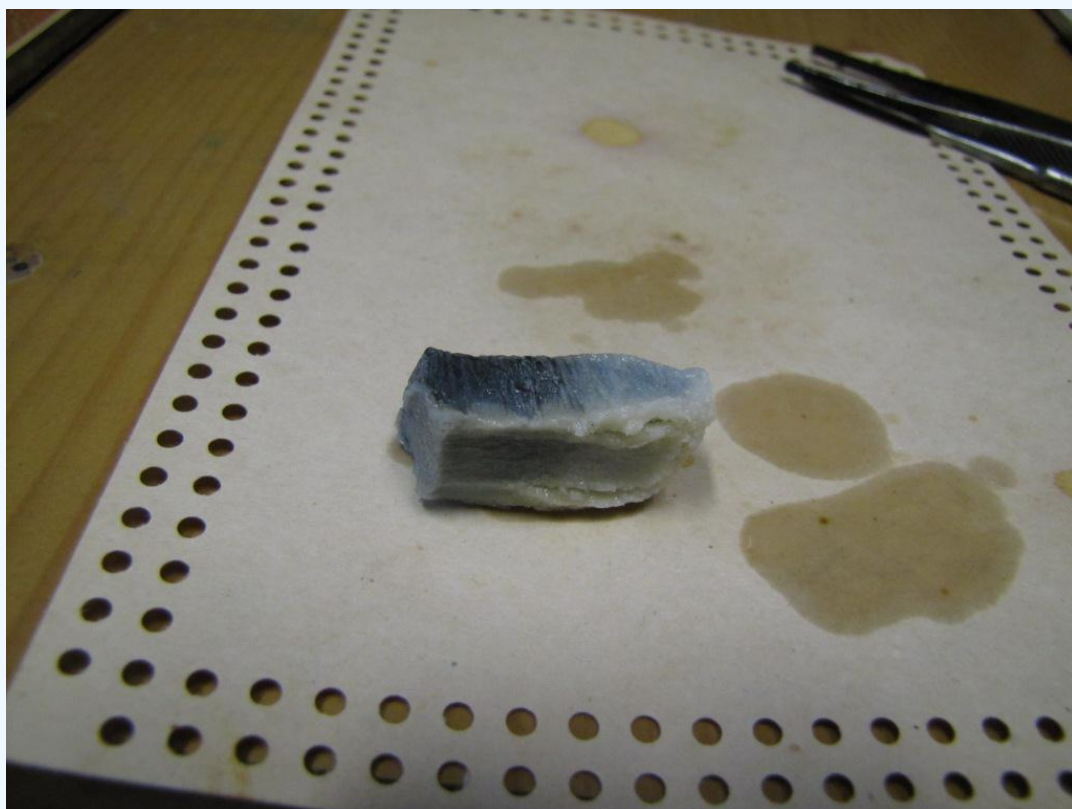
Натрий - довольно мягкий металл (примерно как воск), который легко режется ножом или даже тупым шпателем. Литий, пожалуй, мягче свинца, но гораздо тверже натрия: о том, чтобы резать литий шпателем (как натрий), не было и речи. Пришлось воспользоваться острым ножом.

Другое важное отличие лития от натрия состоит в том, что литий гораздо легче: его плотность (0.534 г/см^3) почти в два раза меньше, чем плотность натрия ($0,971 \text{ г/см}^3$). В результате натрий в керосине (и других углеводородах) тонет, а литий всплывает.



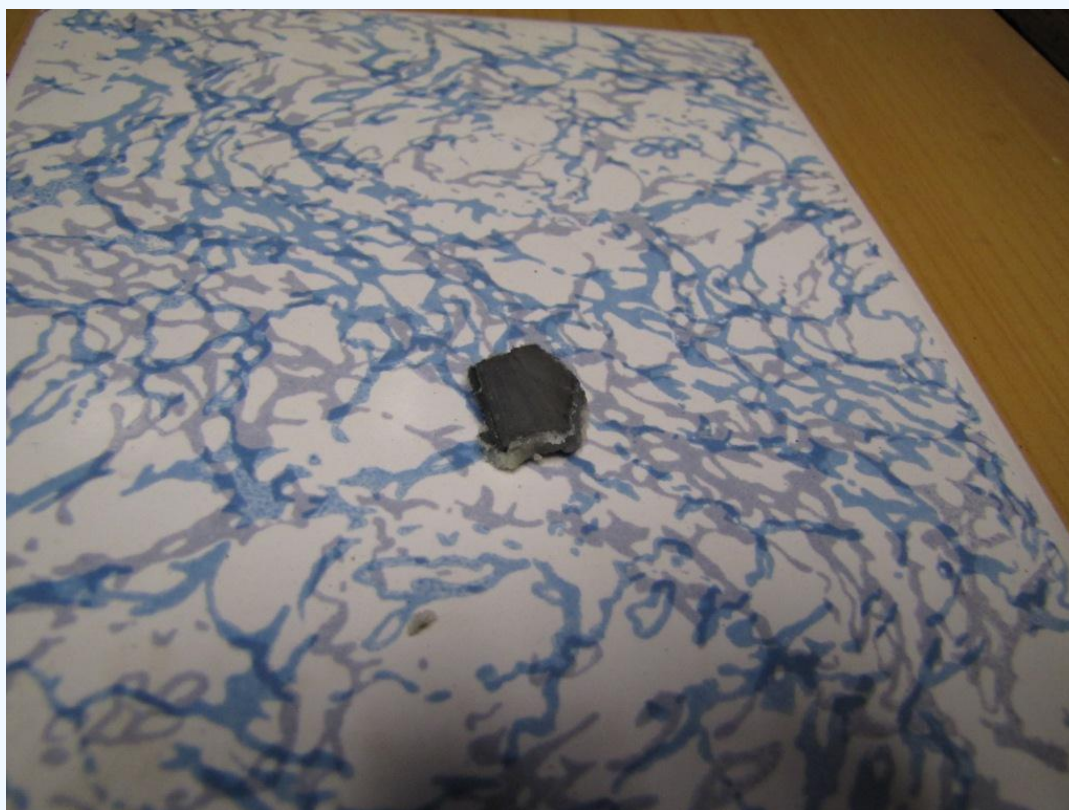
Литий







Литий (свежий срез)



Литий (тот же кусок, но после окисления)

Итак, мы разрезали кусок металлического лития. На срезе обнажилась блестящая поверхность металла, однако она стала быстро тускнеть и буквально на глазах стала черной (темно-серой). Мы счистили ножом серый налет, но прошло пару десятков секунд, и он восстановился. Опыт повторили несколько раз.

Сделав наблюдения и съемку, мы использовали кусочек лития для другого эксперимента, а на столе остались почти черные частички счищенного налета. За ночь этот налет стал белым - он превратился в гидроксид и карбонат лития.

[Смотреть Видео 1 \(24 Мб, .avi\)](#)

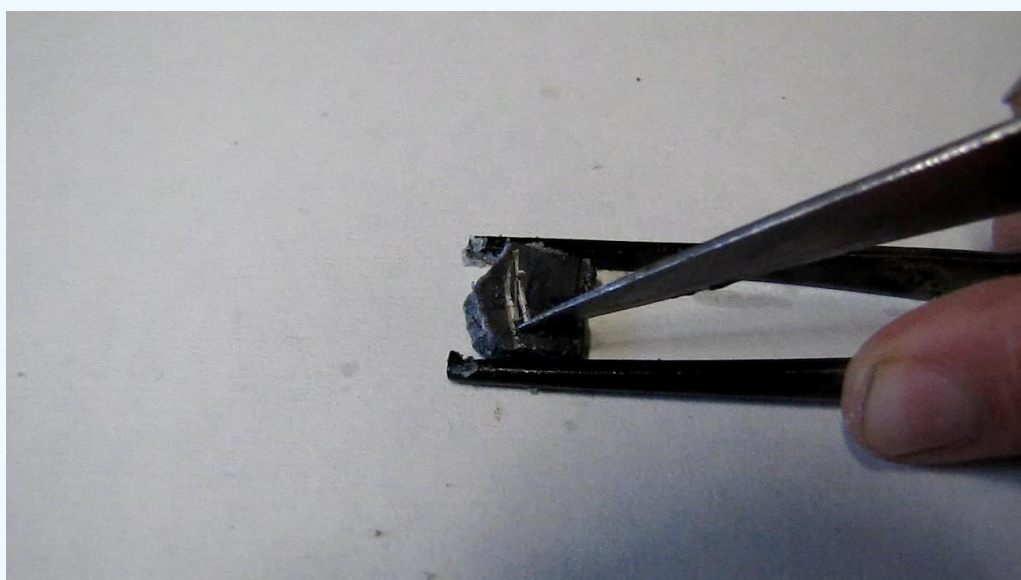
[Смотреть Видео 2 \(30 Мб, .avi\)](#)

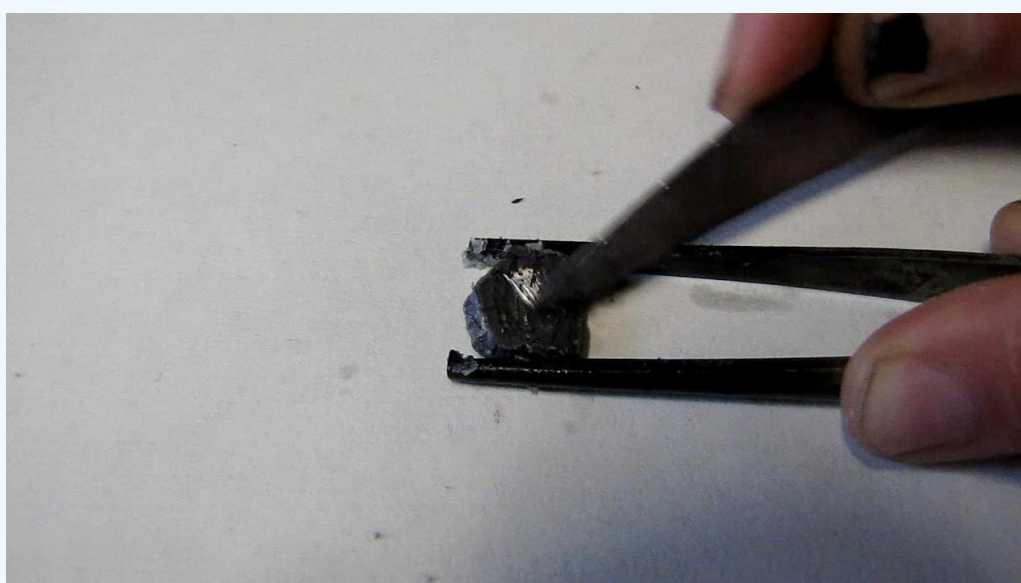
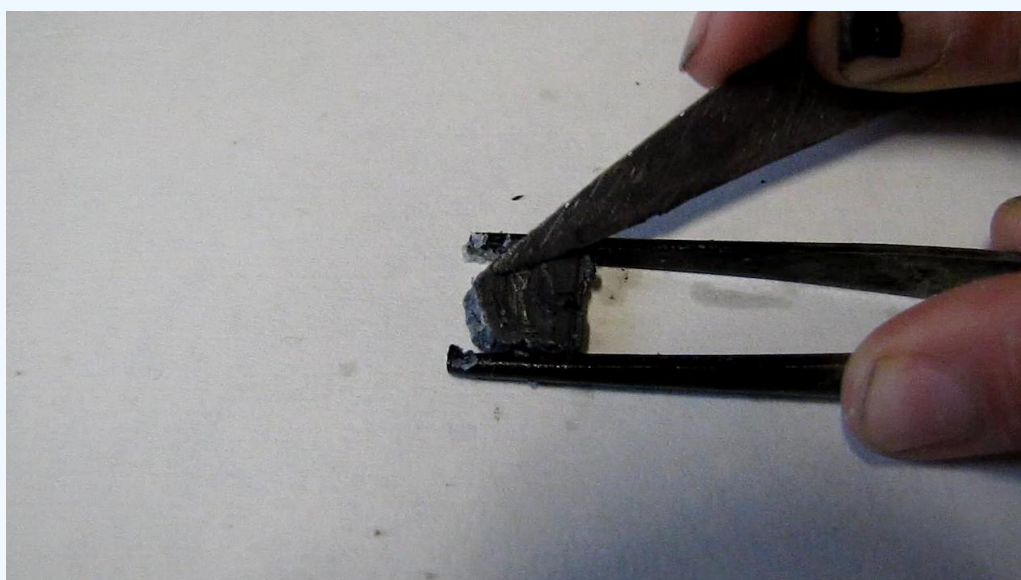
[Смотреть Видео 3 \(21 Мб, .avi\)](#)

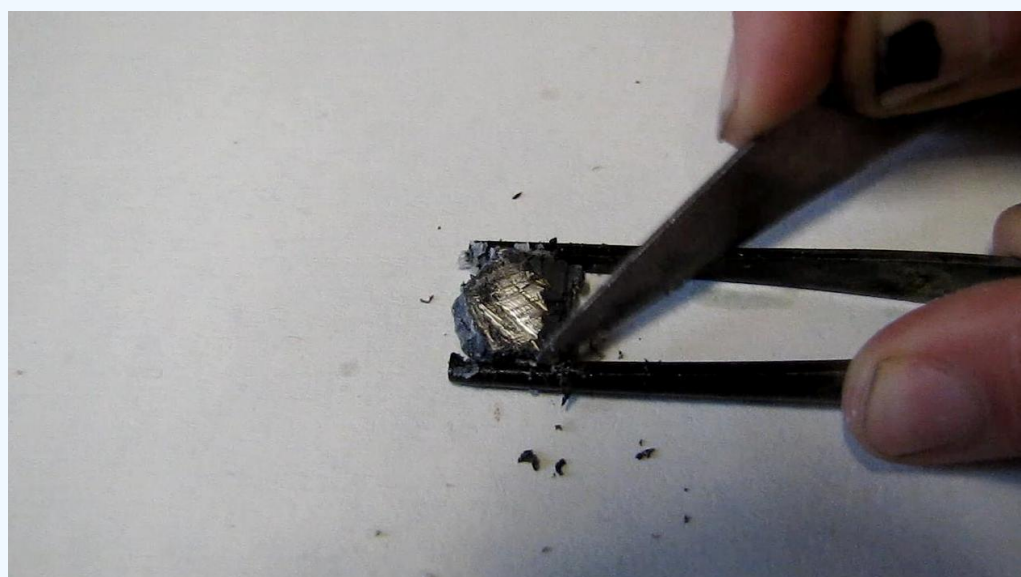


Окисление лития на воздухе





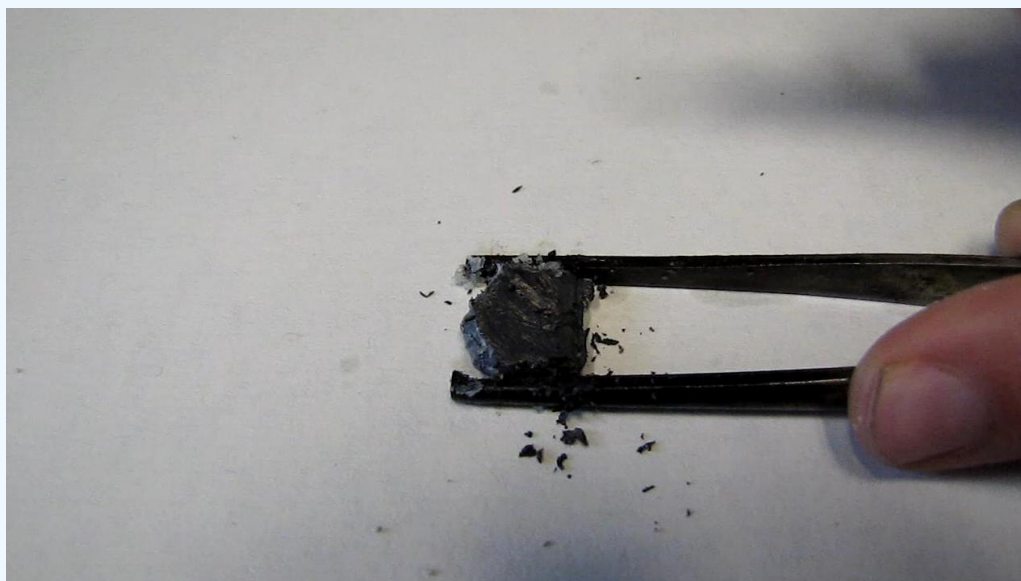




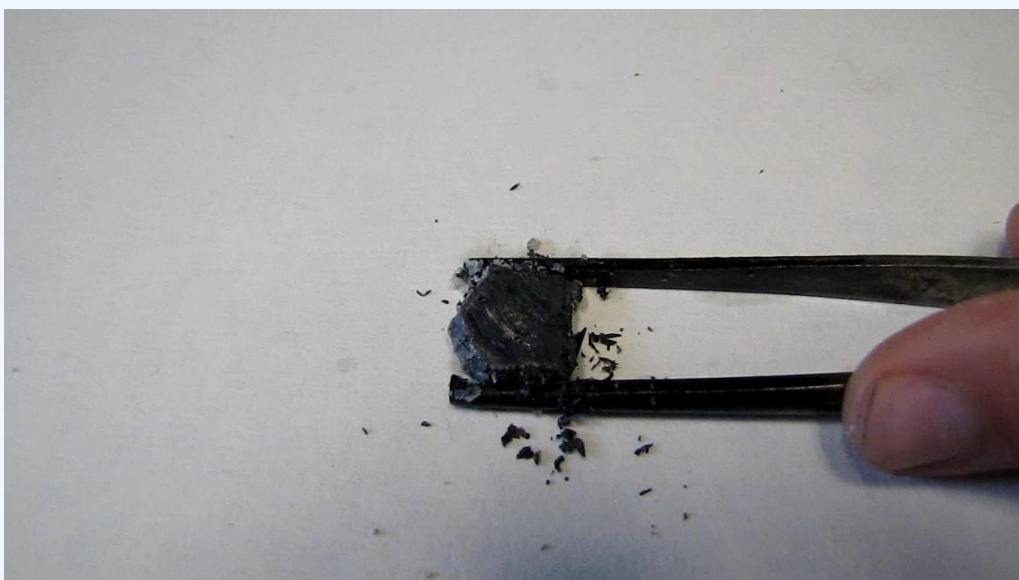




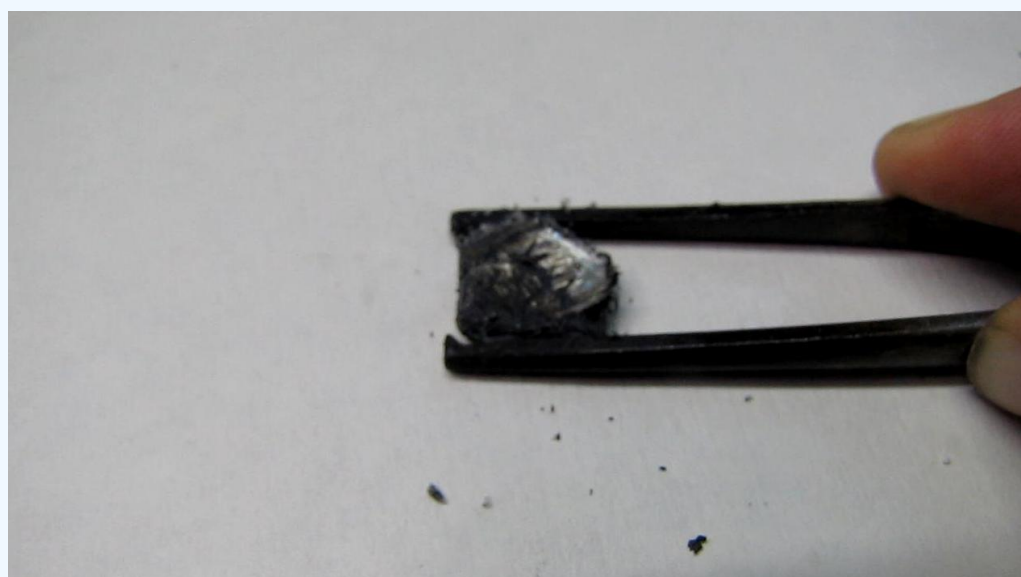
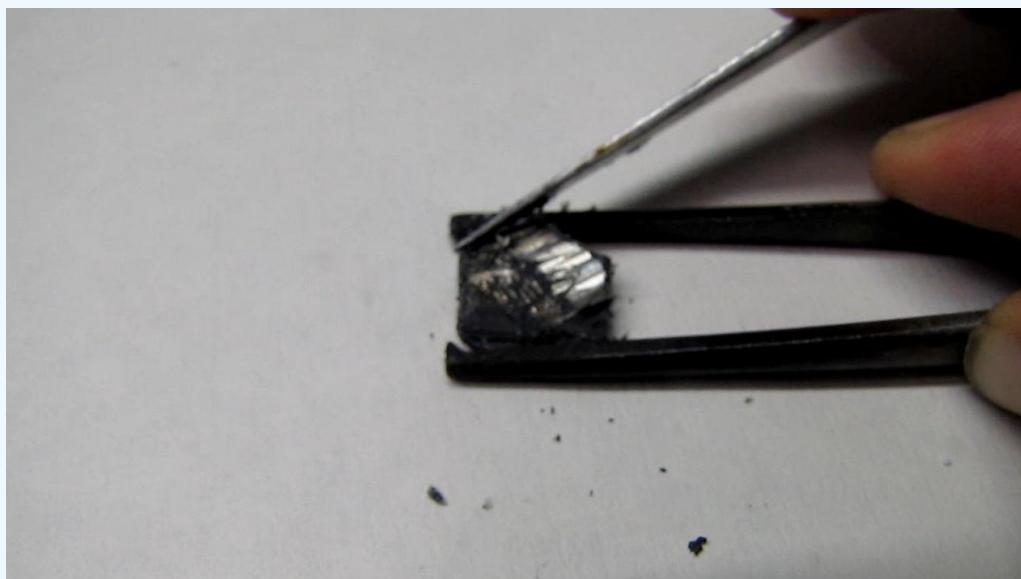


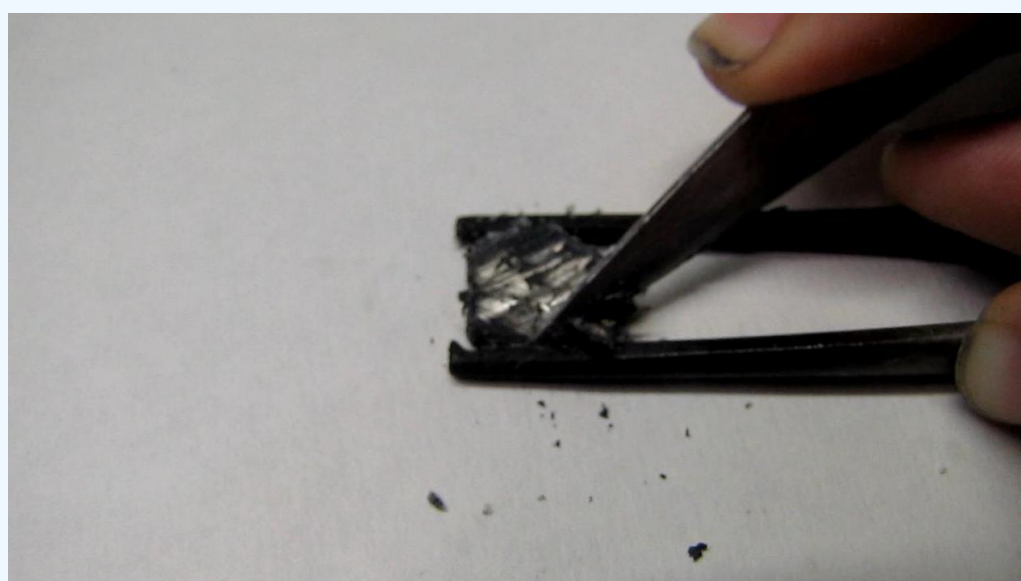
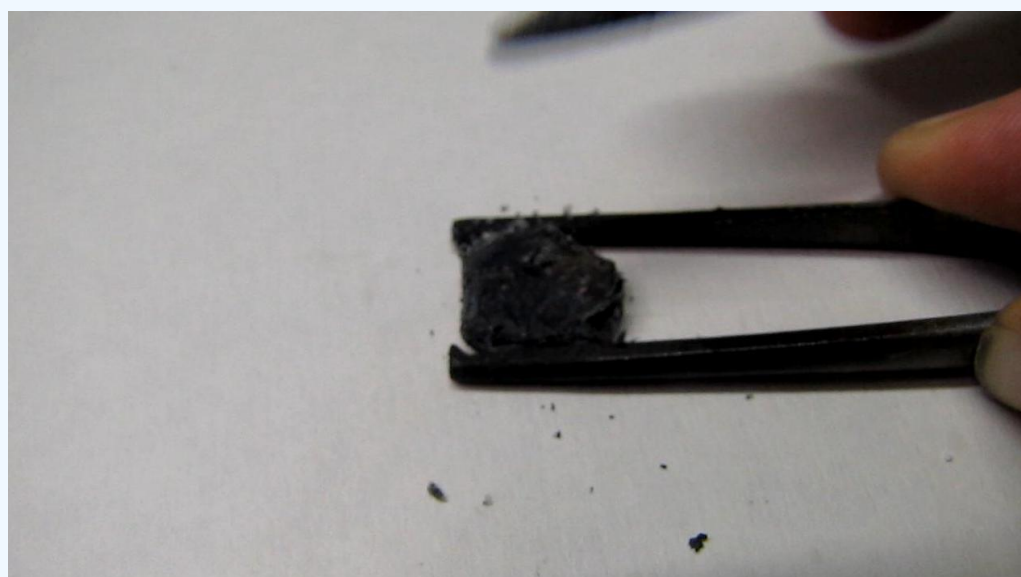


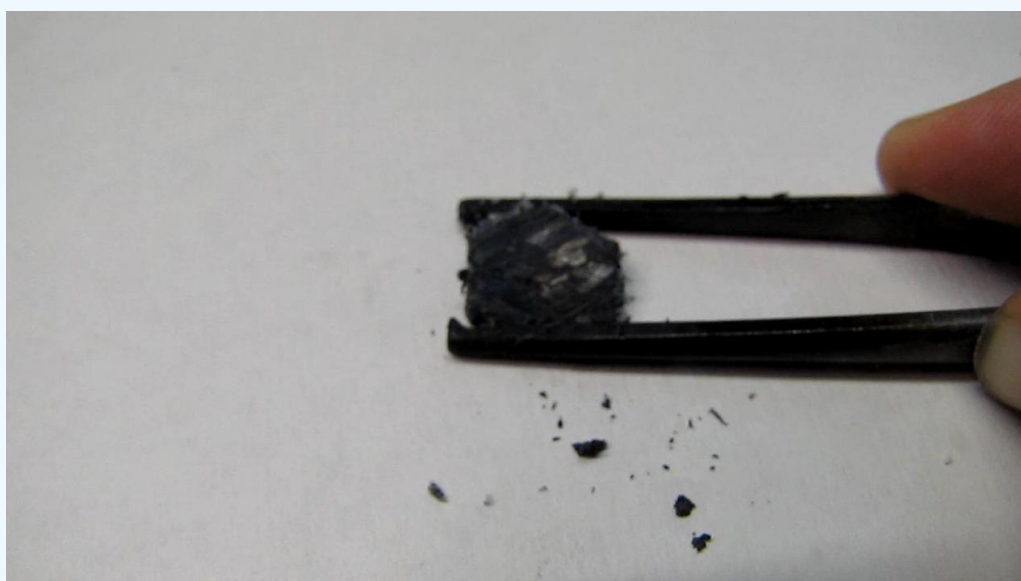
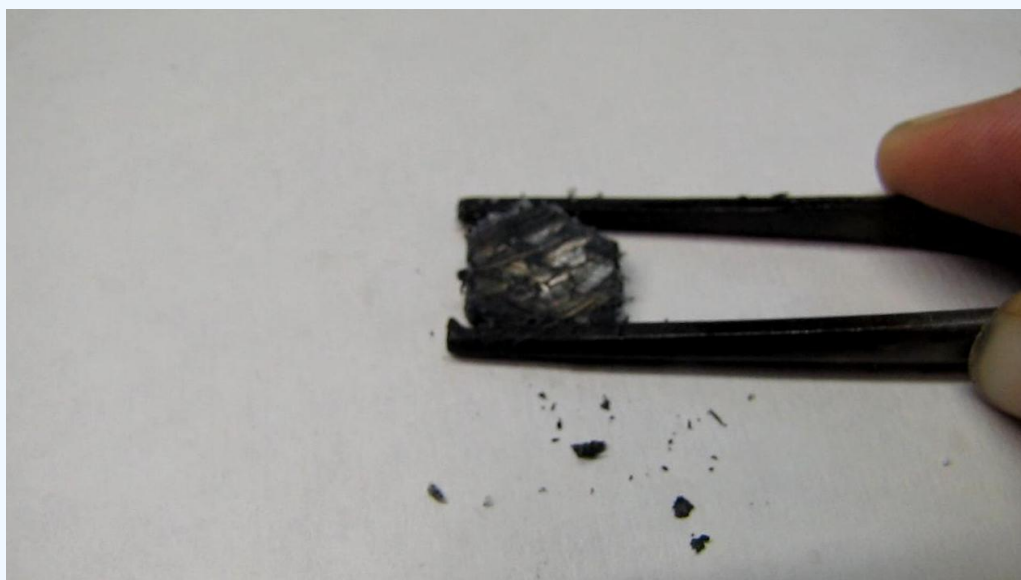
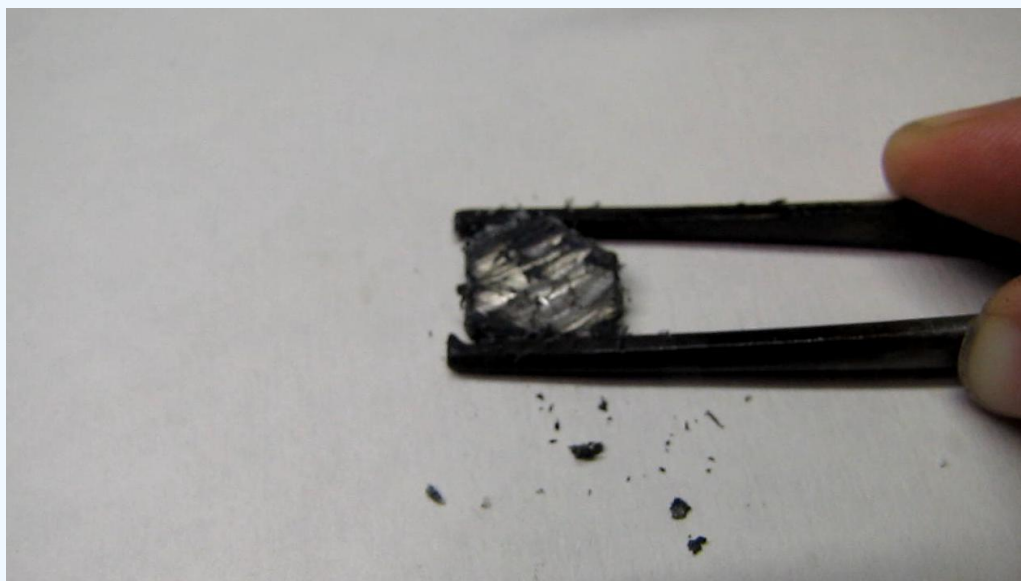


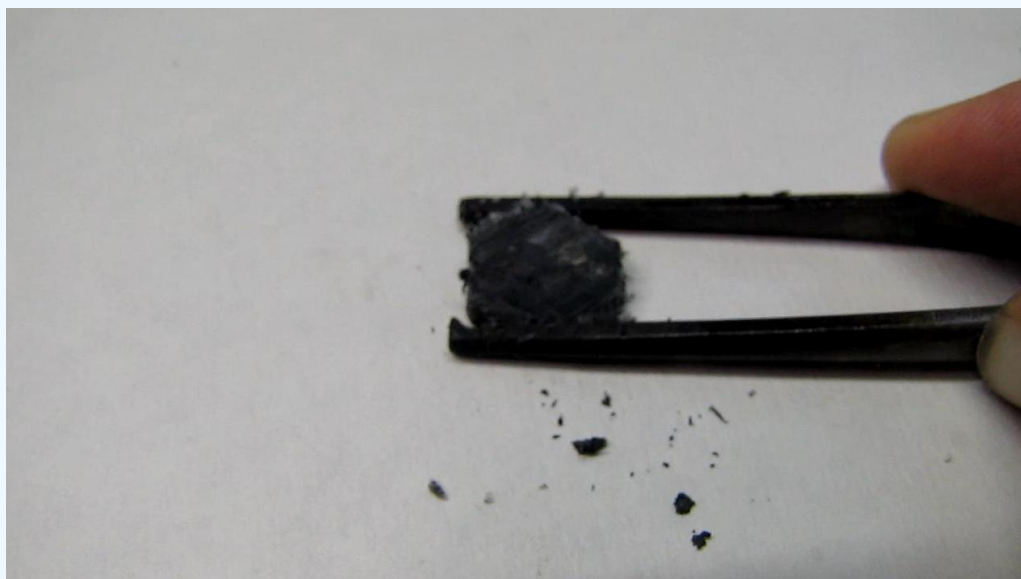


Окисление лития на воздухе







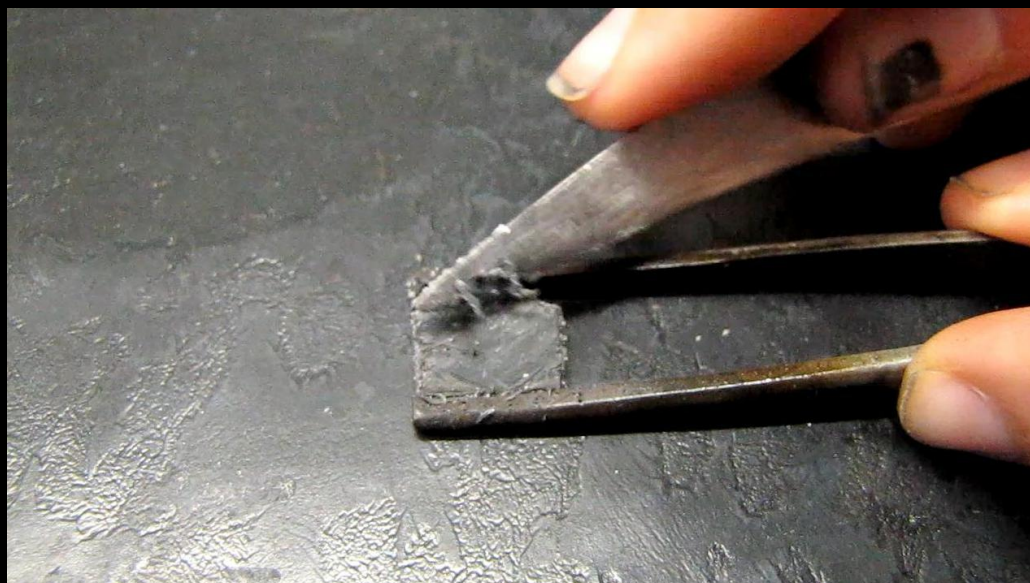


Когда вместо белого фона мы использовали черный, в процессе окисления лития были заметны "цвета побежалости", которые затем исчезли. Цвета побежалости возникают на гладкой поверхности железа (и других металлов) в результате образования тонкой оксидной пленки, в которой наблюдается интерференция света.

[Смотреть Видео \(70 Мб, .avi \)](#)



Окисление лития на воздухе (черный фон)









Цвета побежалости на нагретом лезвии битвы

Комментарии читателей

По поводу черноты лития. Далеко не только один литий чернеет. Калий, например, тоже становится темно-фиолетовым. Кальций, стронций и барий сначала приобретает бронзовый оттенок, а потом чернеют. Но со временем, черный налет на воздухе белеет. Темнеют так же и редкоземельные металлы. Например, неодим обычно серебристо-белый, но со временем приобретает латунный оттенок, и в итоге чернеет, а потом начинает превращаться в розовую труху. Самарий ведет себя аналогично - только он более стоек, но при длительном хранении самарий осыпается белым или сероватым порошком.

Узнать что это за чернота можно, если попробовать кинуть чистый кусок лития в сосуд с чистым кислородом, а другой в сосуд с азотом. Там будет видно.

Я лично думаю что чернота связана либо с нитридом, так как чернеют те металлы, что реагируют с азотом, или же это нестехиометрические промежуточные продукты окисления, потому что чернеют еще и те металлы, окислы которых не черного цвета.

Scott

Реакция лития с водой

В.Н. Витер

Рубидий и цезий реагируют с водой со взрывом. Если бросить в воду маленькие кусочки калия, они загораются, а кусочки побольше взрываются. Крохотные (с пшеничное зерно) кусочки натрия реагируют с водой спокойно, кусочки большего размера (примерно с горошину) плавают и загораются, а еще большего (примерно с фасолину) - плавают, загораются и взрываются.

Литий - наименее активный щелочной металл. В отличие от соседей по группе он реагирует с водой без плавления, воспламенения или взрыва. В прошлом номере журнала было описано несколько вариантов реакции лития с водой [ссылка](#).

Водород, который при этом выделяется, можно поджечь. Благодаря брызгам гидроксида лития пламя окрашивается в красивый малиновый цвет.

Для реакции с водой мы взяли несколько кусочков лития, самый маленький был объемом примерно 0.5см^3 , самый большой - 1см^3 . Первое, что обратило на себя внимание - литий режется ножом не так легко как натрий.

Когда кусочки бросили в воду, началась бурная реакция: литий стал плавать по поверхности воды, выделяя пузырьки водорода. Бросалось в глаза, что металл исключительно легкий: он плавал по поверхности воды, почти как пенопласт. По сравнению с натрием реакция шла заметно медленнее, в отличие от натрия литий не плавился. Образовывалось много брызг и аэрозоля щелочи, который сильно раздражал органы дыхания.

Оставалось самое красивое: наблюдать малиновое пламя, но, увы: все попытки поджечь водород (зажигалкой или спичкой) оказались безрезультатны - брызги и аэрозоль гасили пламя.

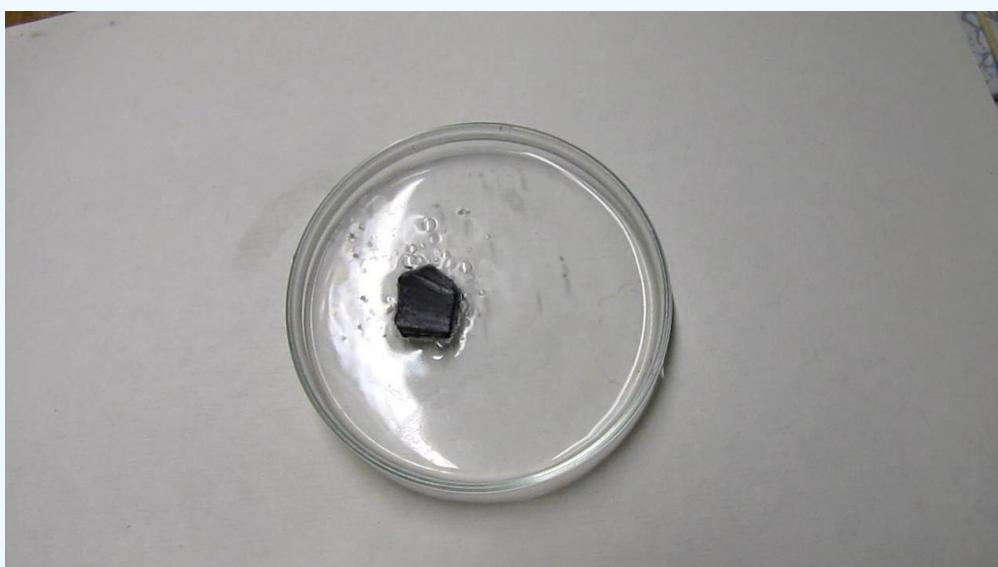
[Смотреть Видео 1 \(70 Мб, .avi\)](#)

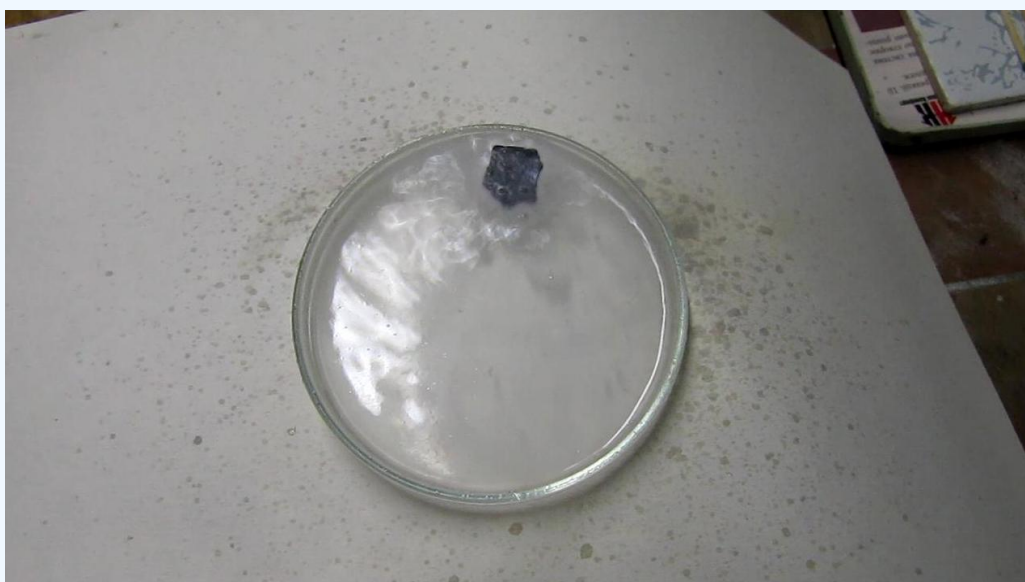
[Смотреть Видео 3 \(97 Мб, .avi\)](#)

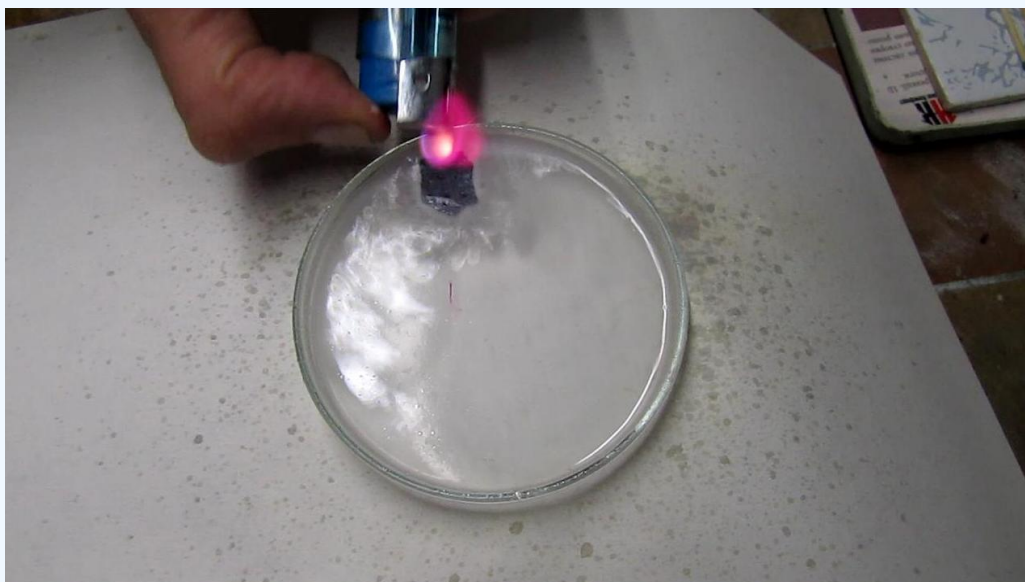
[Смотреть Видео 2 \(79 Мб, .avi\)](#)



Реакция лития с водой



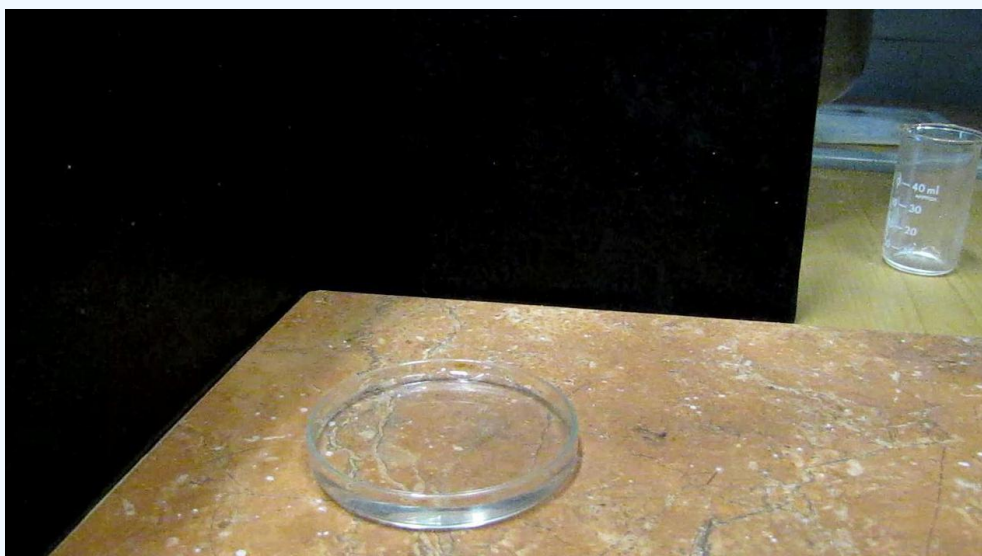






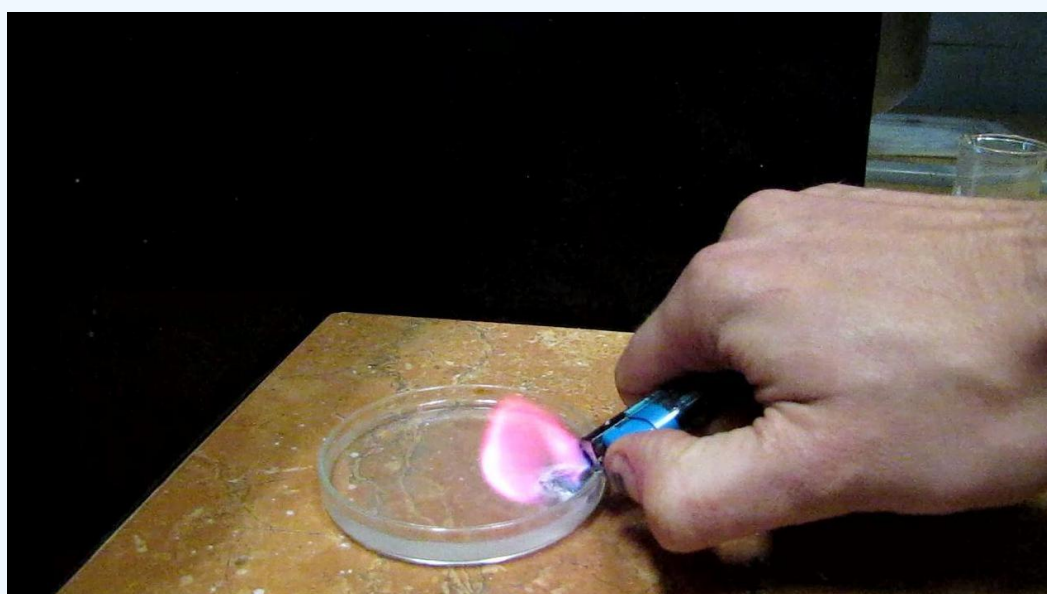
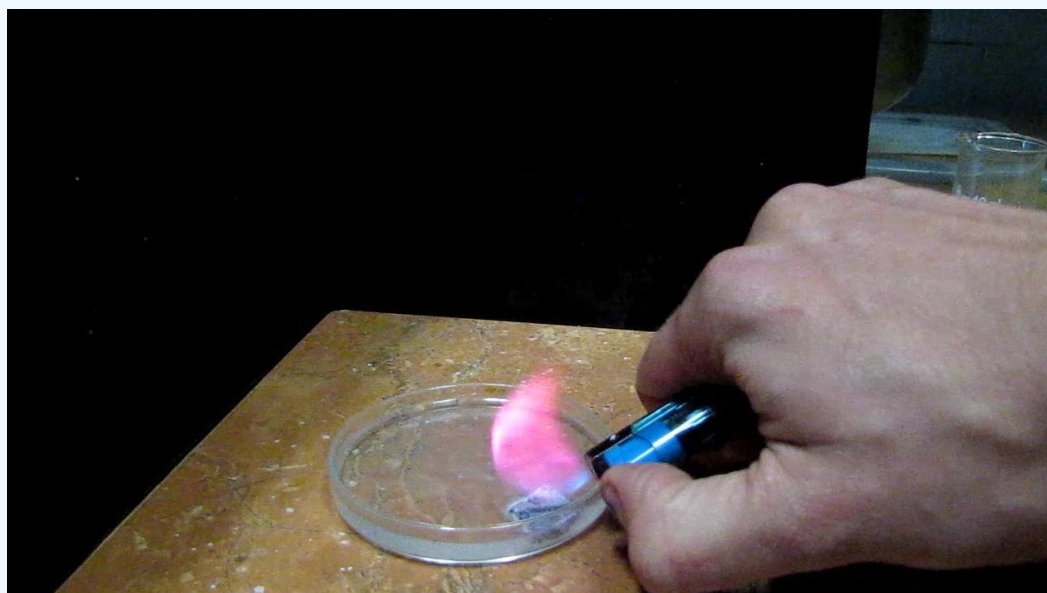
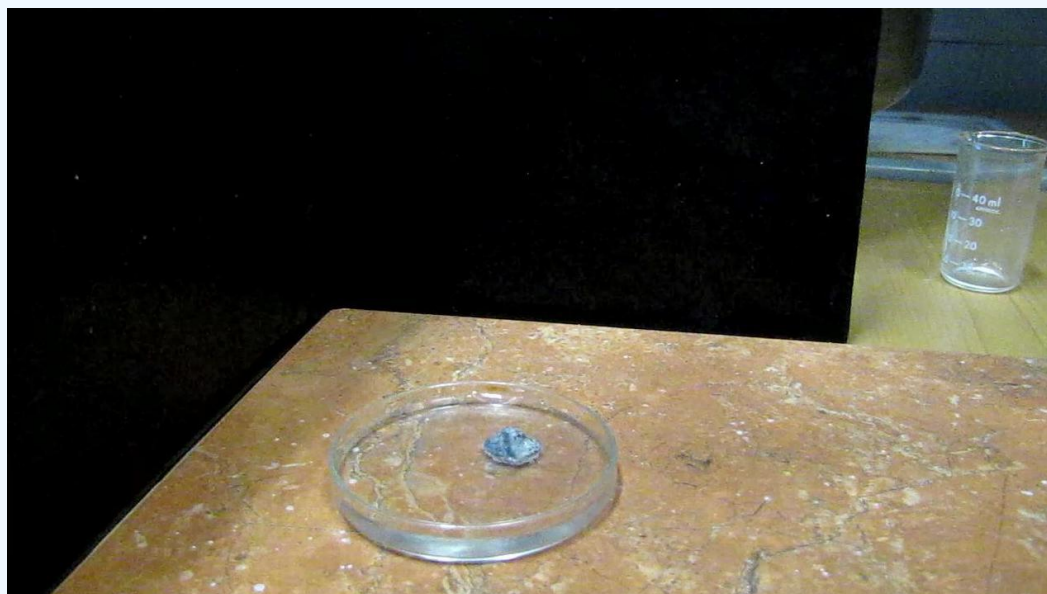






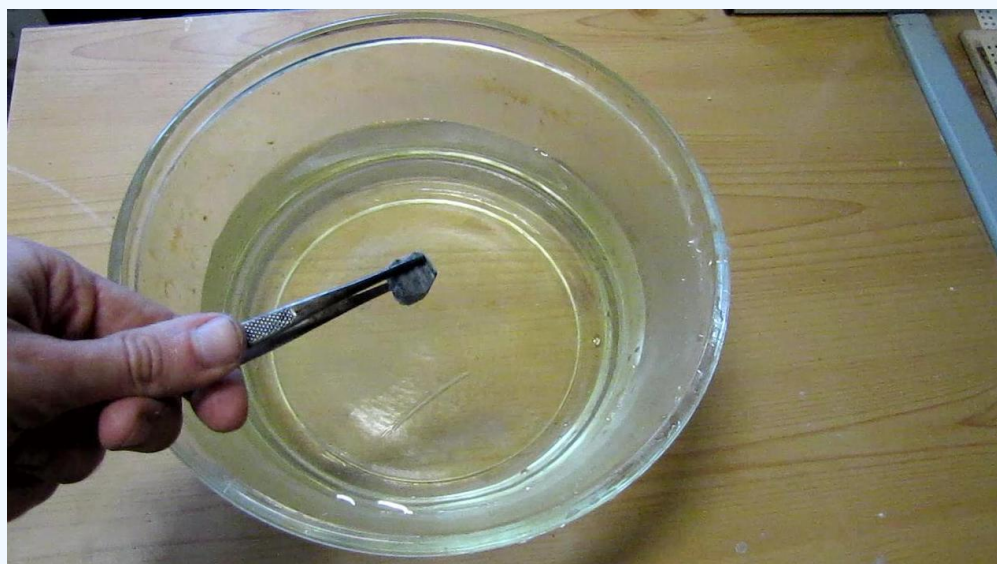
Реакция лития с водой



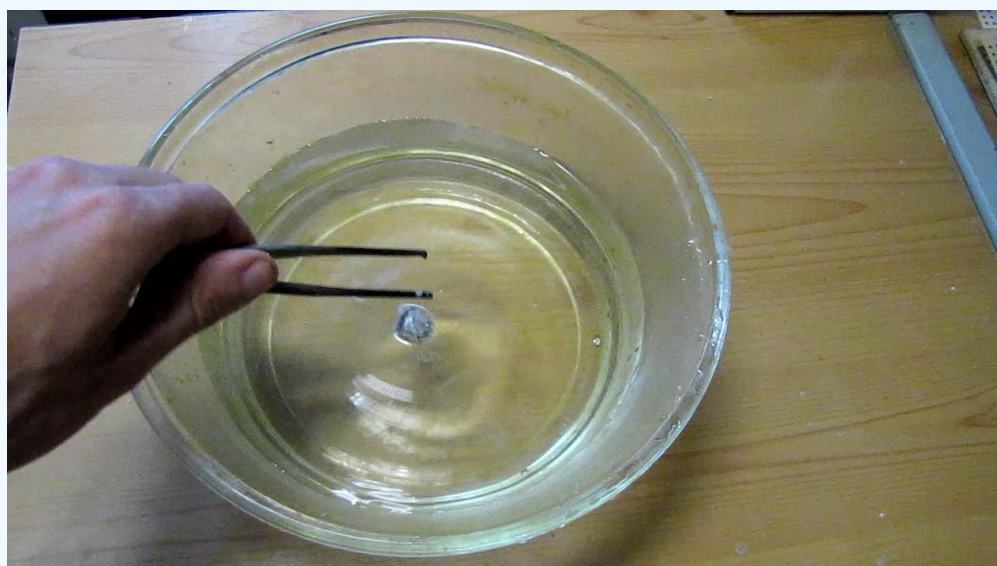


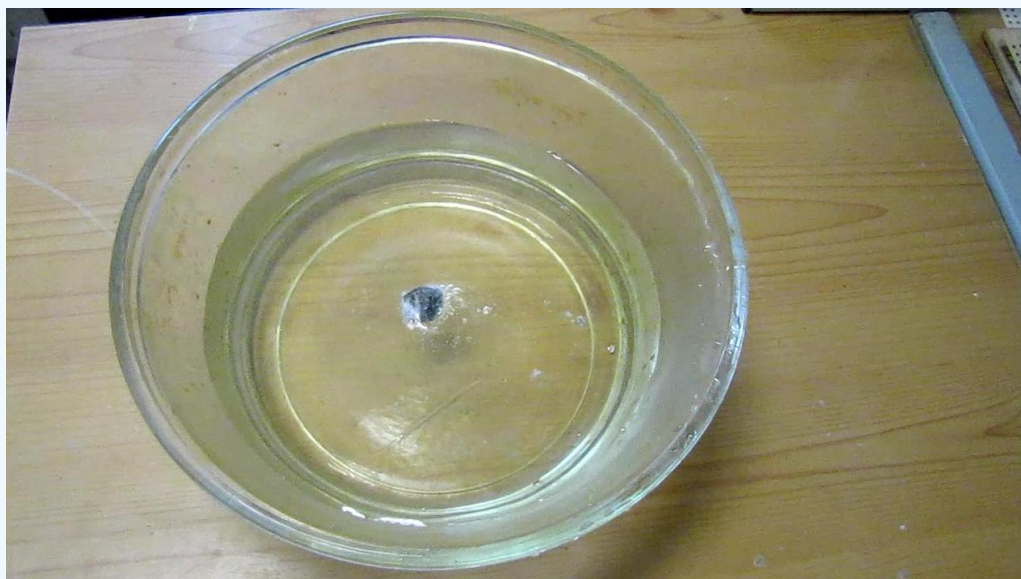


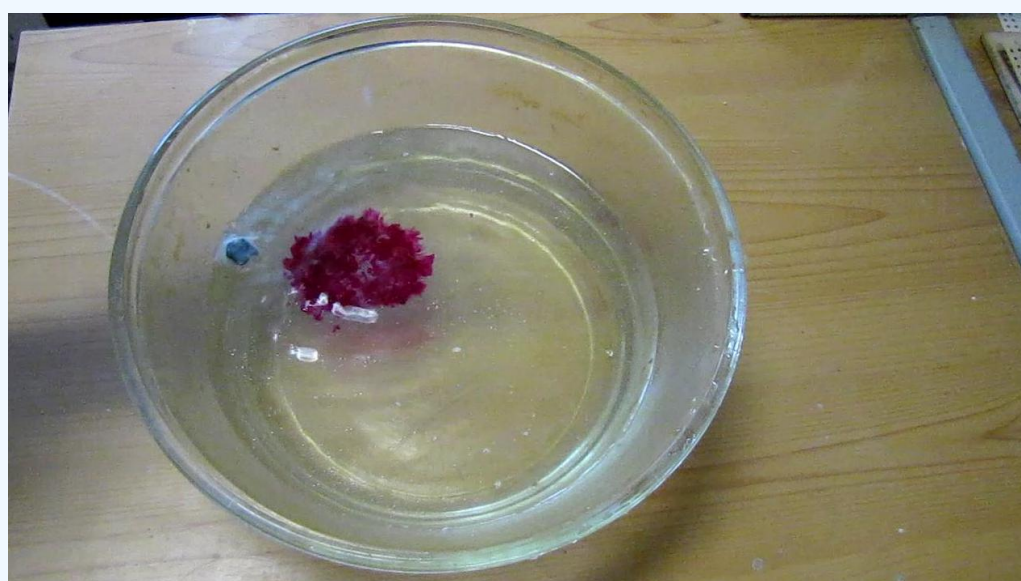
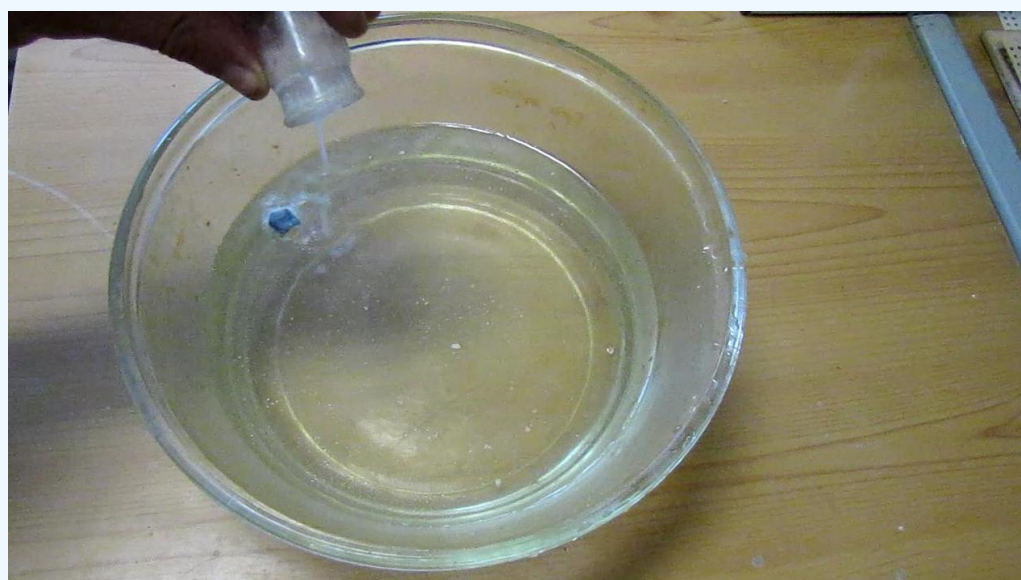
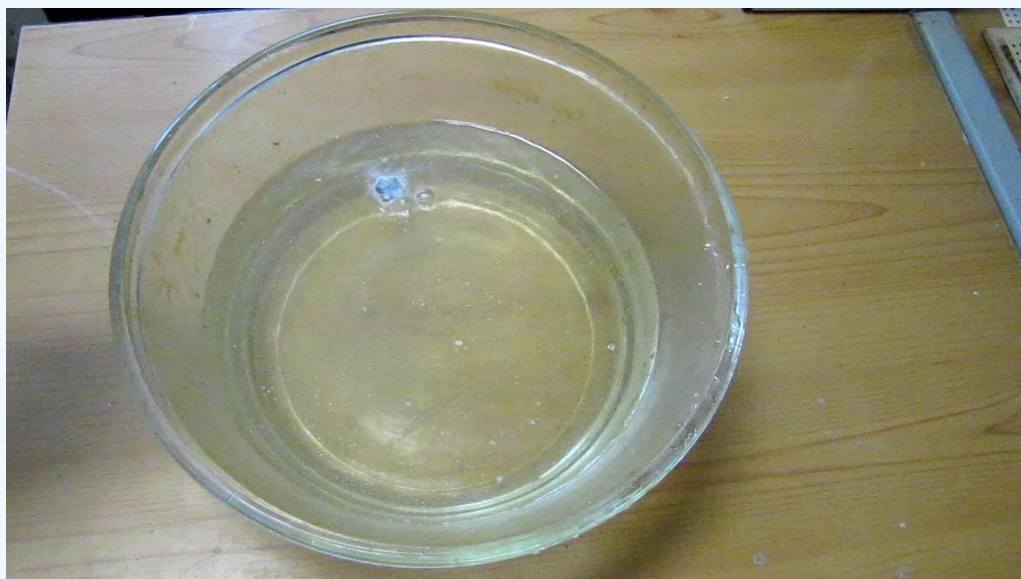


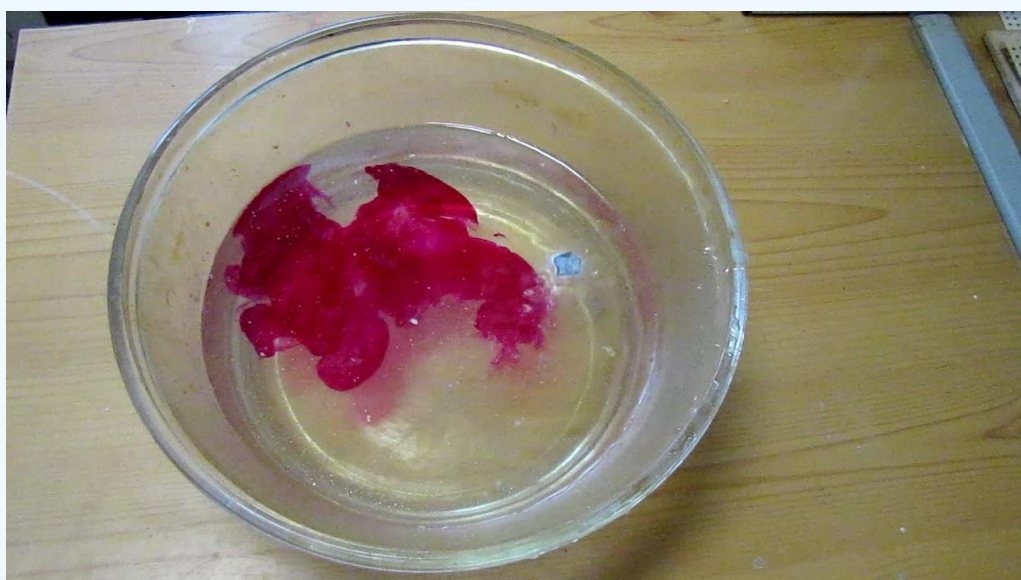
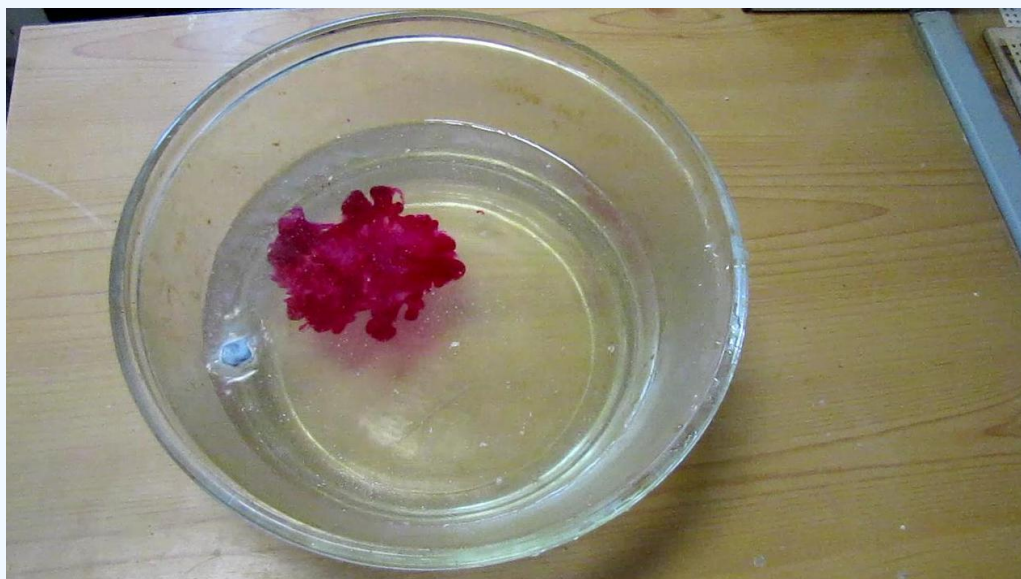


Реакция лития с водой













Литий и концентрированная азотная кислота

В.Н. Витер

В прошлом номере журнала была описана реакция натрия с концентрированной азотной кислотой [ссылка](#). Реакция протекала бурно, с воспламенением металла, вспышками, разбрызгиванием частичек горячего натрия.

В этот раз мы провели реакцию с концентрированной азотной кислотой (60-65%) металлического лития. Кусочек лития взяли размером с большую горошину. Поскольку в предыдущих опытах чашки Петри часто трескались, в этот раз использовали фарфоровую выпарную чашку.

При контакте с азотной кислотой литий не загорелся, а стал бегать по поверхности с шипением. При этом образовывался бурый газ и очень много белого дыма. Был отчетливо ощутим запах оксидов азота.

Примерно через минуту литий все-таки загорелся. При этом металл светился ярко - почти белым, возникало то желтое, то малиновое пламя (желтый цвет мог быть обусловлен натрием, который содержался в фарфоре чашки). Однако литий сравнительно быстро потух, растворение остатков металла происходило уже без горения. Кислота после реакции была желтой (оксиды азота), лаборатория заполнилась парами и аэрозолем азотной кислоты, а также оксидами азота.

При просмотре видео заметно, что в процессе эксперимента горящий литий один раз подпрыгнул вверх (примерно на 10 см).

[Смотреть Видео \(81 Мб, .avi \)](#)



Литий и концентрированная азотная кислота







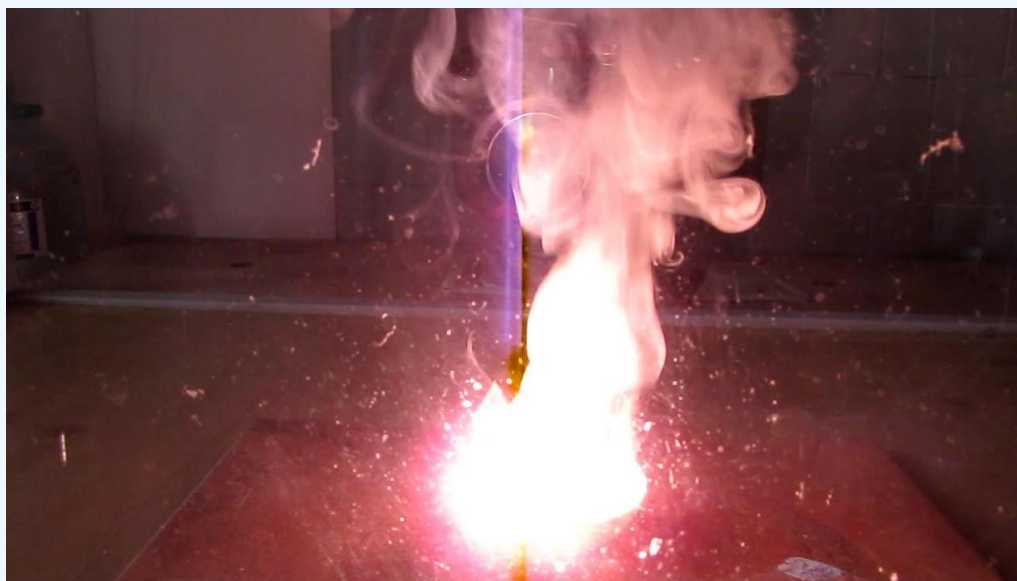


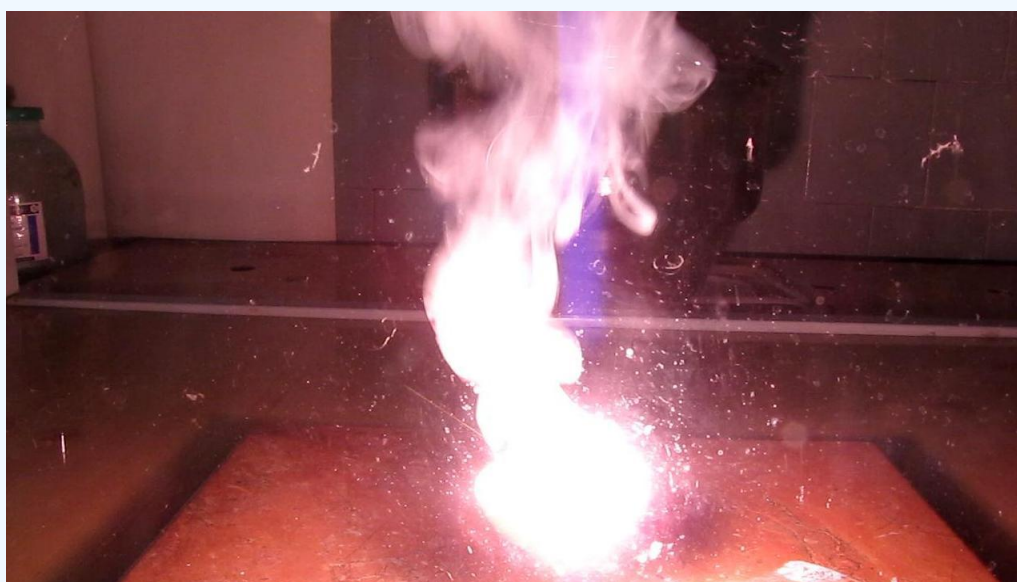


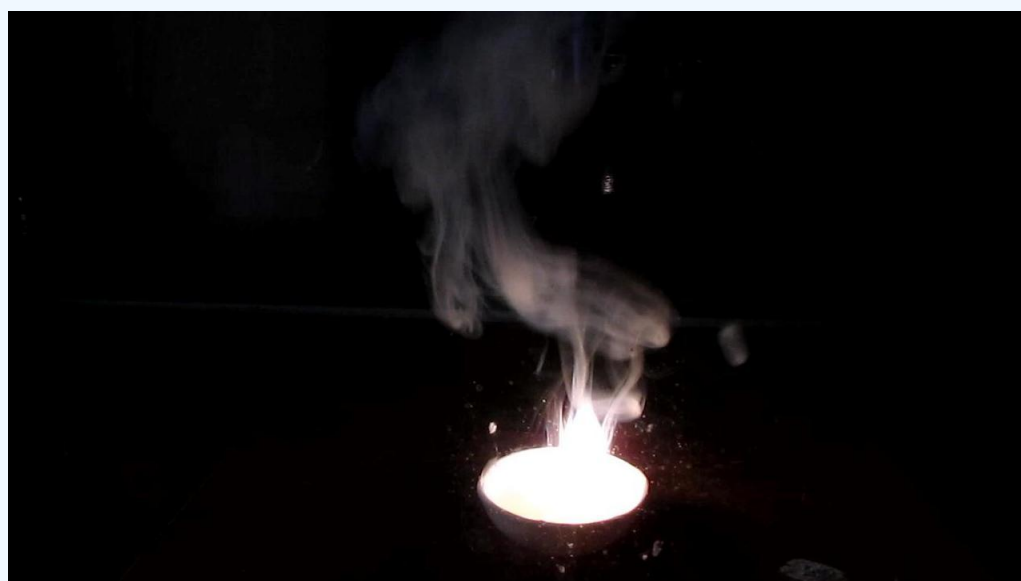
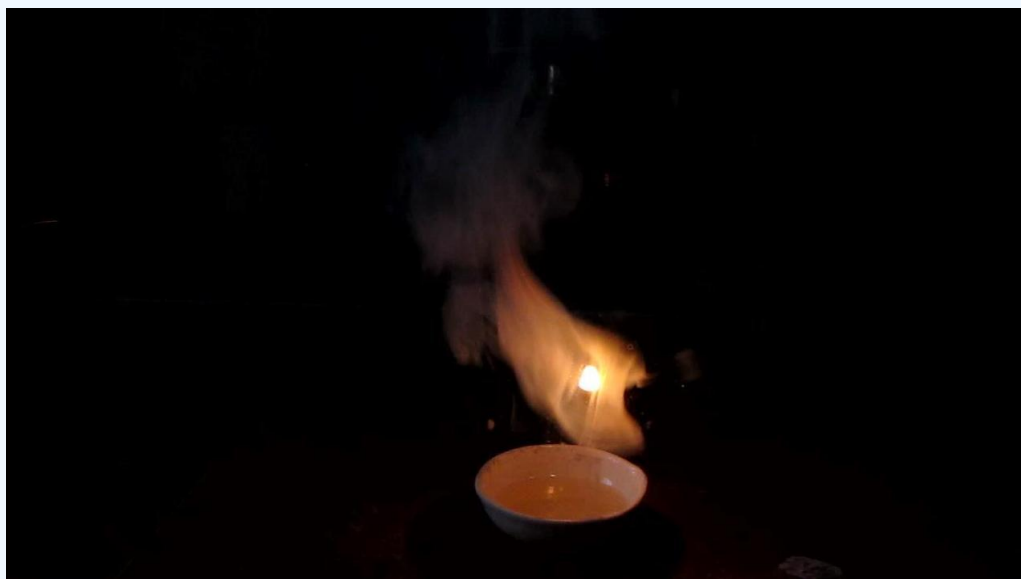


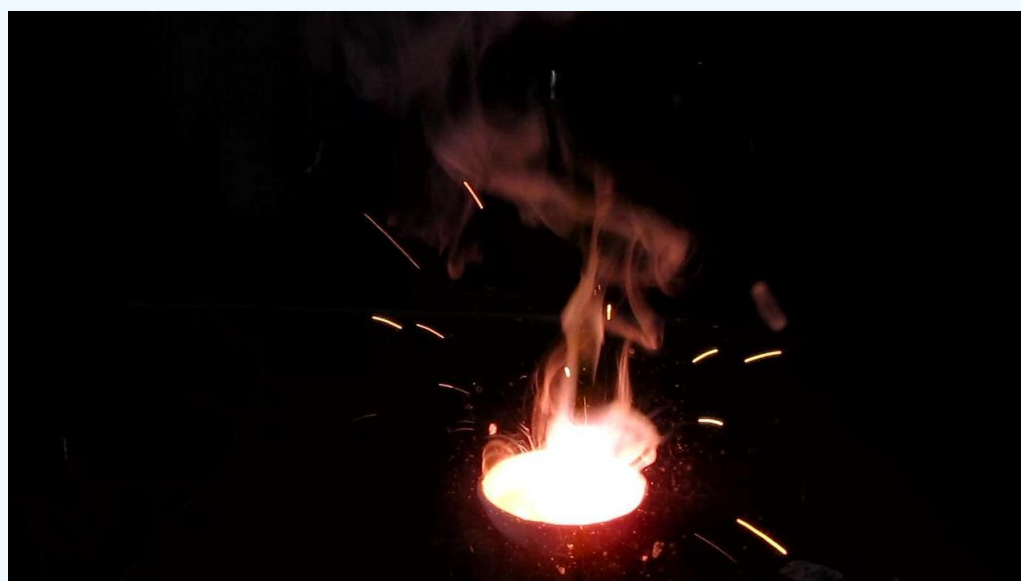






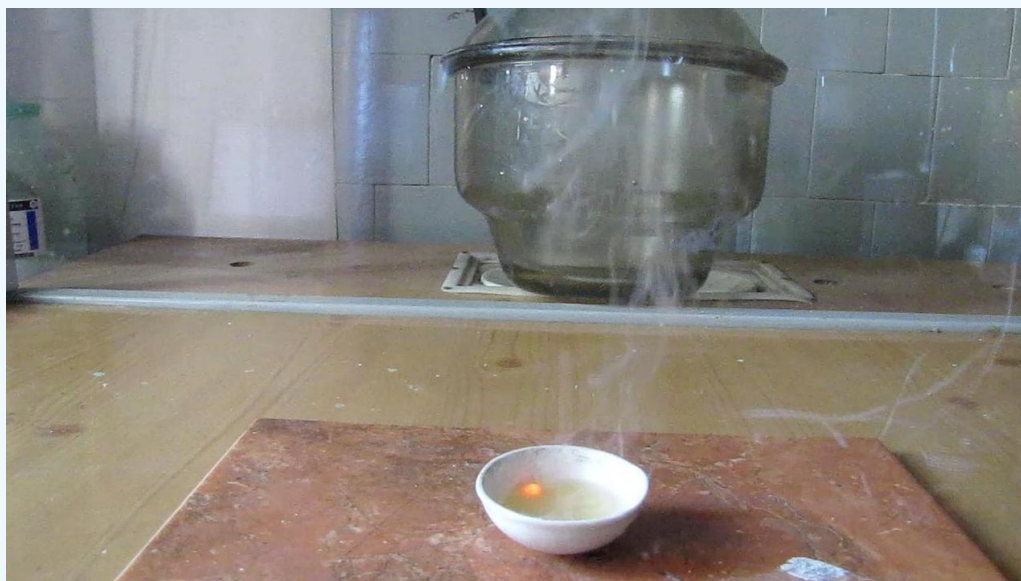














Литий и концентрированная серная кислота

В.Н. Витер

В предыдущем номере журнала мы описали реакцию натрия с концентрированной серной кислотой [ссылка](#). Реакция протекала довольно бурно: натрий загорелся, во все стороны полетели брызги. Логично ожидать, что реакция лития с концентрированной серной кислотой будет проходить весьма активно. Было, правда, необъяснимое предчувствие, что литий поведет себя совершенно иначе.

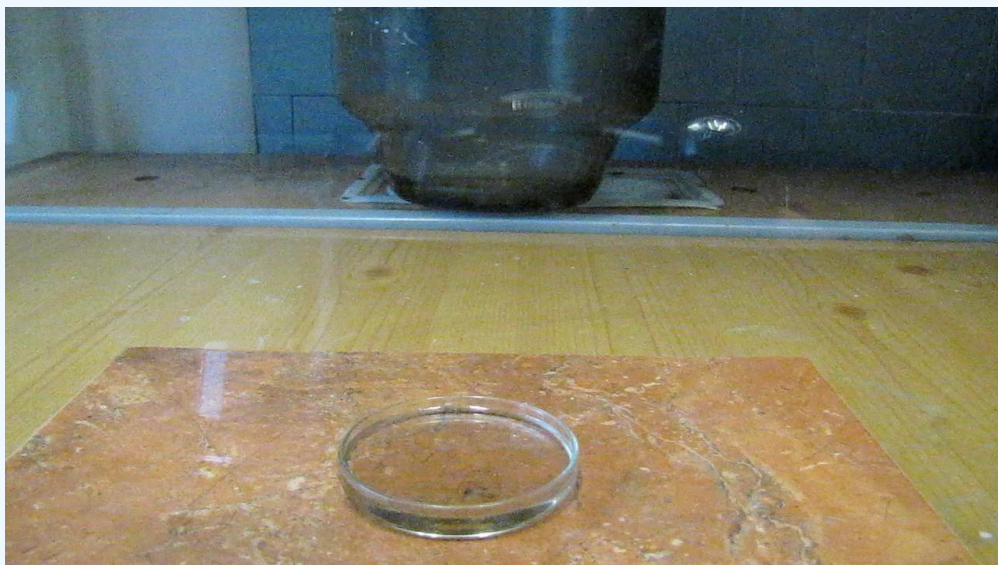
Итак, в чашку Петри с концентрированной серной кислотой мы бросили кусочек лития (примерно 1/3 кубического сантиметра). При контакте кислоты и металла началось выделение газа, однако реакция протекала медленно и вяло. Как правило, цинк реагирует с разбавленной серной кислотой гораздо быстрее.

После трех минут медленной реакции мы осторожно добавили несколько капель воды (поблизости места, где находился литий). Следовало ожидать моментального "фейерверка", но сначала ничего особенного не произошло: реакция ускорилась, вот и все. Через несколько секунд литий загорелся очень красивым малиновым пламенем (к сожалению, камера почти не передала цвет).

Со временем литий коснулся стенок чашки, в этот момент пламя, как по взмаху волшебной палочки, стало желтым (в стекле содержится натрий). Чашка треснула, произошла вспышка, кислота вылилась на стол. Горящий литий попал на кафельную плитку и глубоко в нее "въелся". Во время горения образовался едкий аэрозоль серной кислоты. Когда с поверхности плитки смывали остатки кислоты и лития, чувствовался отчетливый запах сероводорода.

[Смотреть Видео \(47 Мб, .avi \)](#)

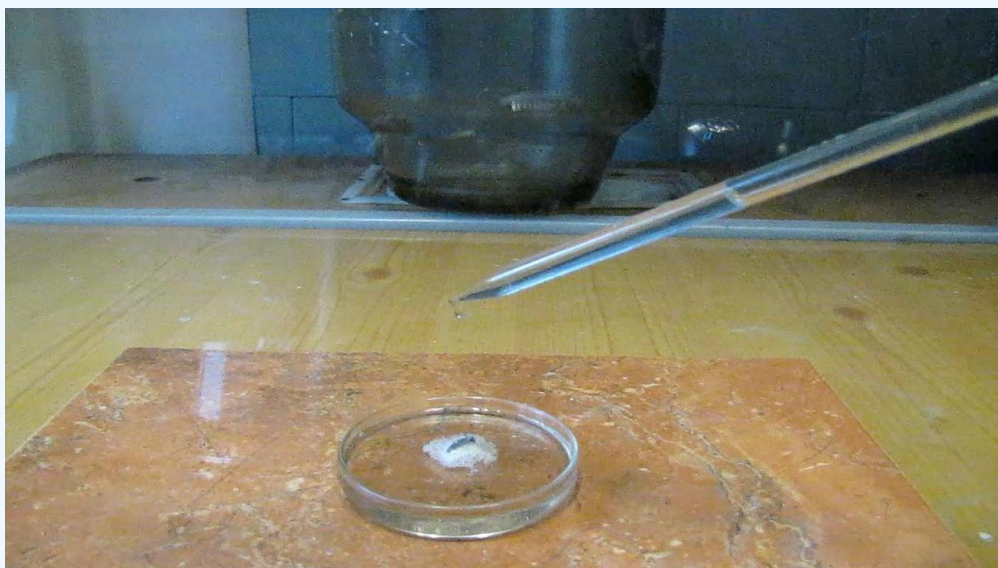
[Смотреть Видео \[добавим воду\] \(40 Мб, .avi \)](#)



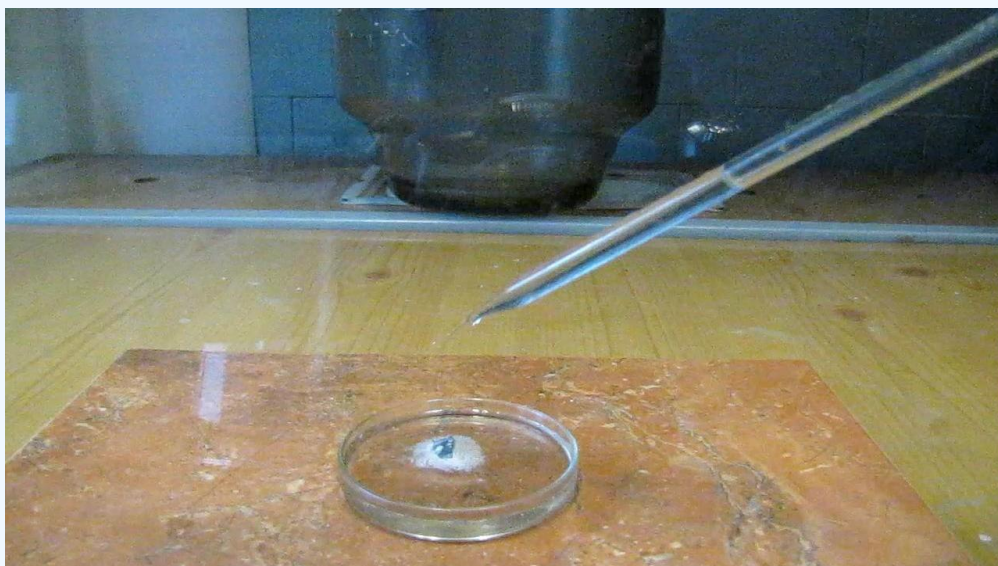
Литий и концентрированная серная кислота

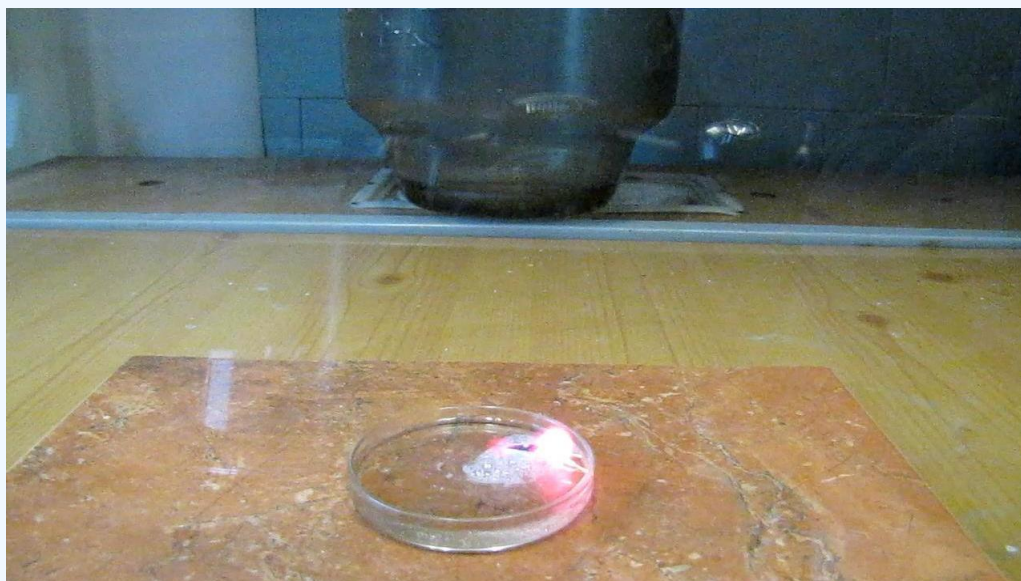


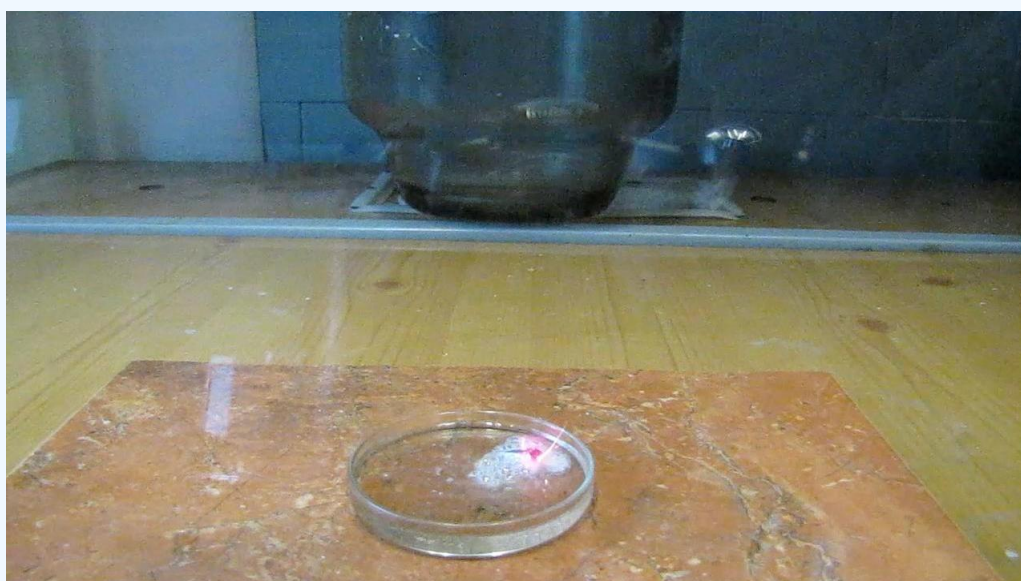
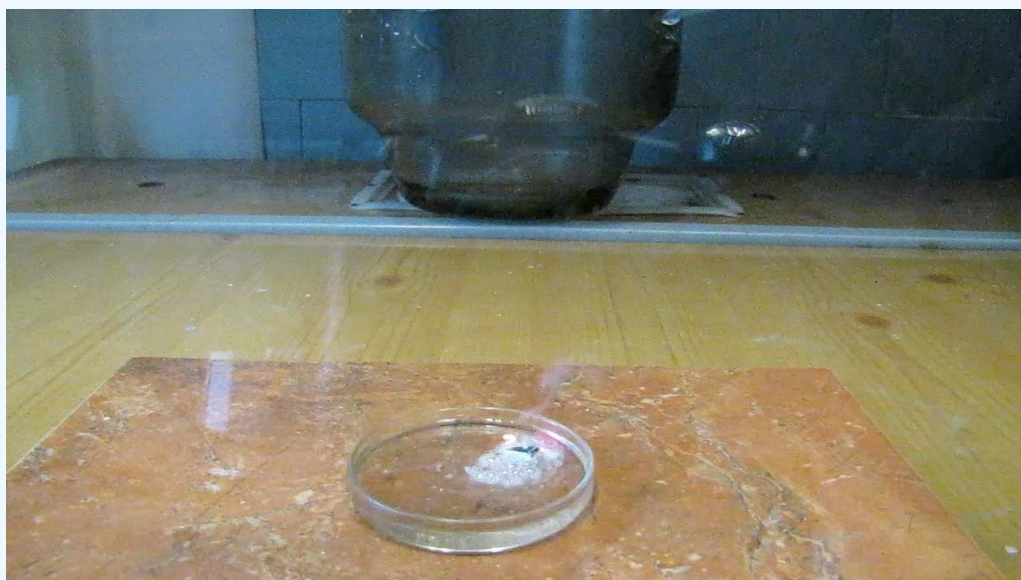
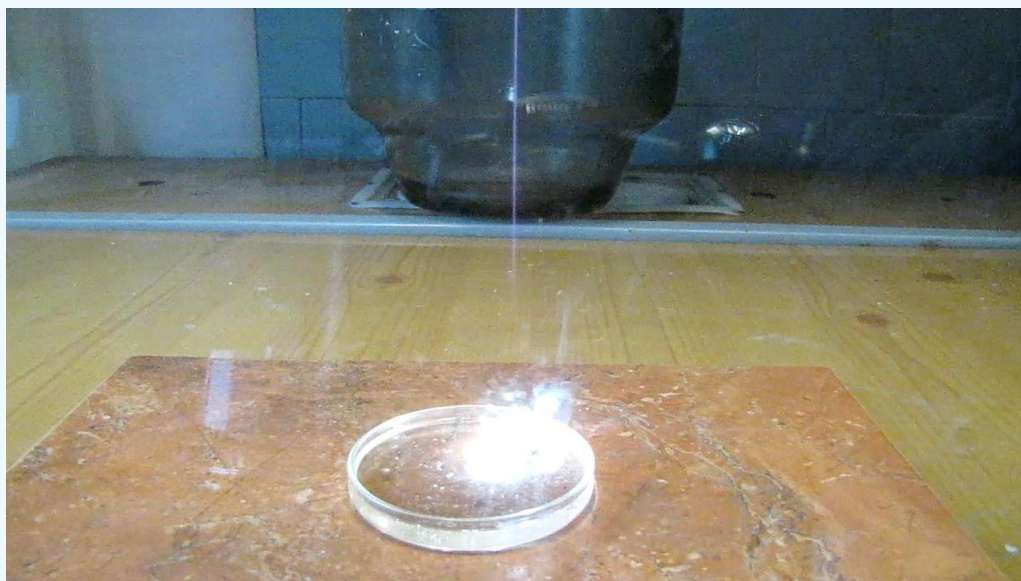


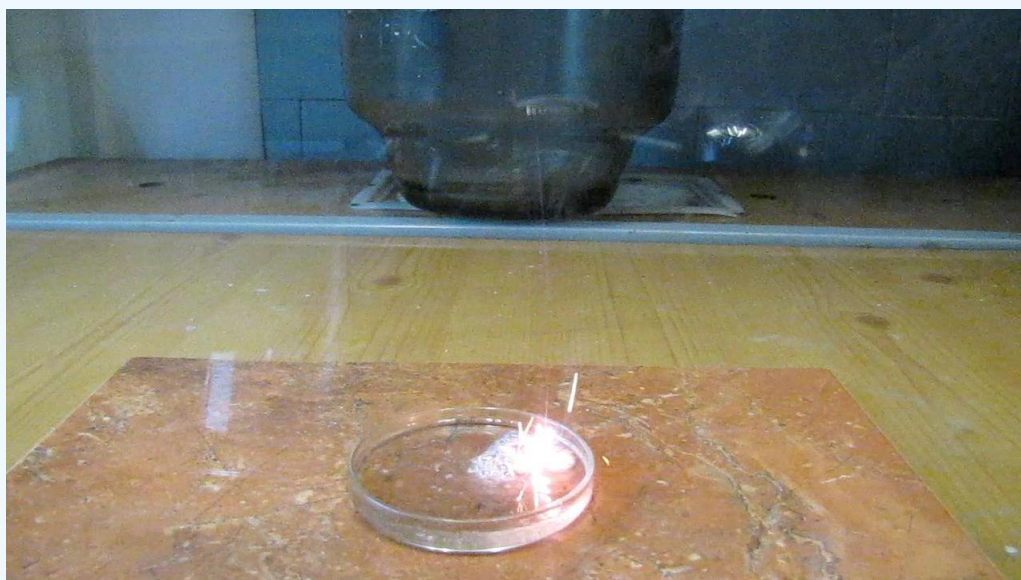
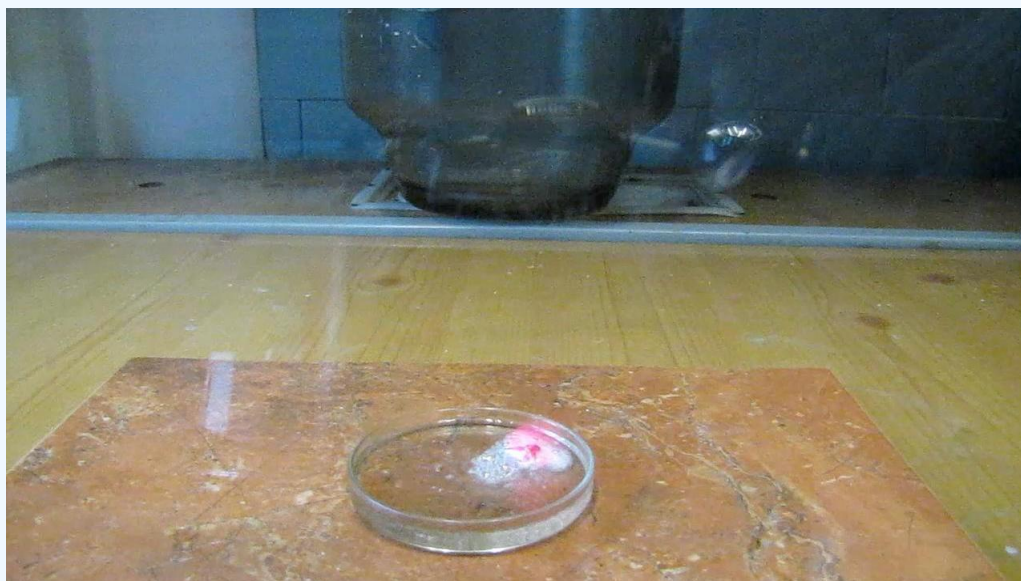


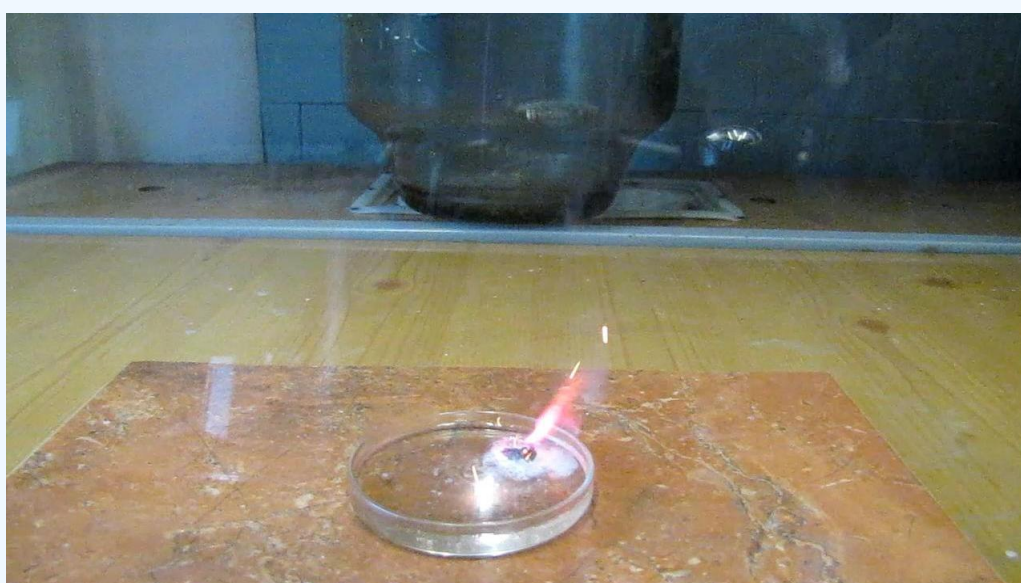
Добавим воду



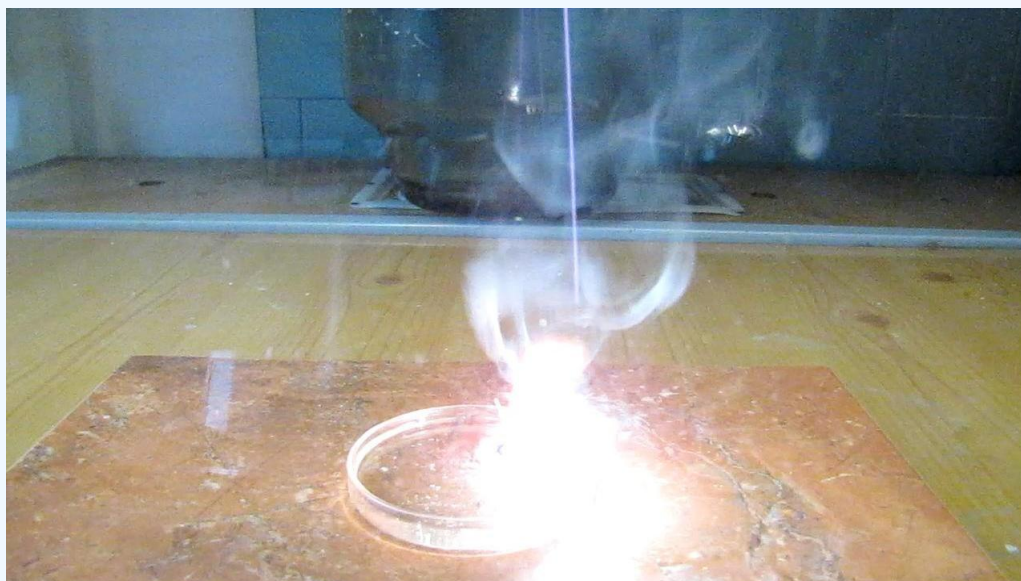














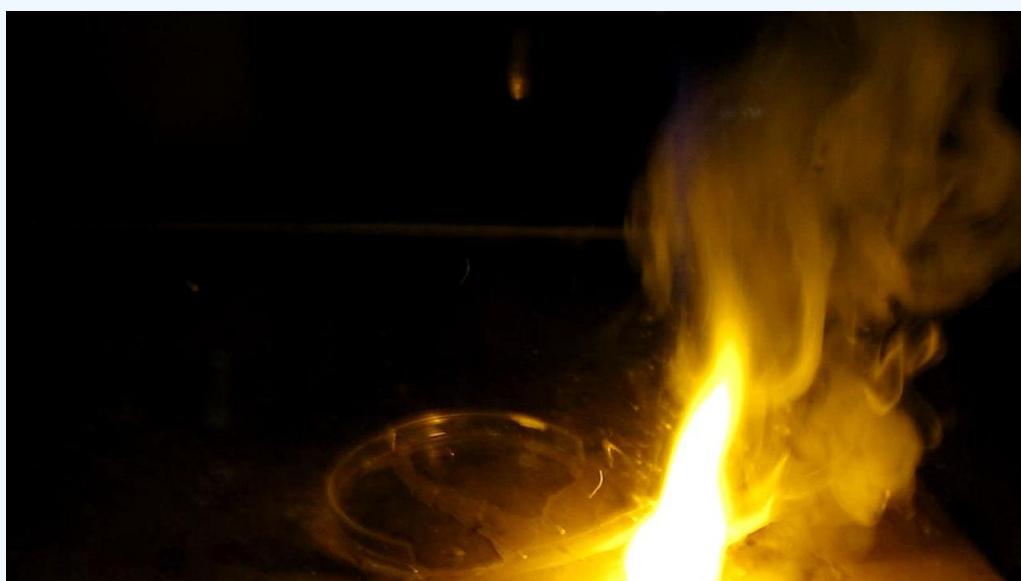
















В эксперименте Ивана Николаевича литий загорелся самопроизвольно - без добавки воды. Реакция проводилась в колбе и ее стенки покрылись белым налетом продуктов. Во время эксперимента кусочек лития также один раз подпрыгнул.

[Смотреть Видео \(4 Мб, .avi \)](#)



Литий и концентрированная серная кислота









Реакция натрия с водой

В.Н. Витер

Обычно при проведении этой реакции небольшой кусочек натрия бросают в воду. Другими словами, используют небольшое количество натрия и большое количество воды. Однако возможен и обратный вариант. Например, в книге **Рипан Р. Четяну И. Руководство к практическим работам по неорганической химии (неметаллы) [1965]** [ссылка](#) описан следующий опыт.

Для доказательства энергичности реакции между натрием и водой на кусочек металлического натрия величиной с пшеничное зерно брызгают водой. Вода разлагается со взрывом.

Мы взяли кусочек натрия размером с небольшую фасолину и распределили его тонким слоем по поверхности бумажной перфокарты (с помощью пинцета и шпателя). По твердости натрий примерно соответствует воску или пластилину.

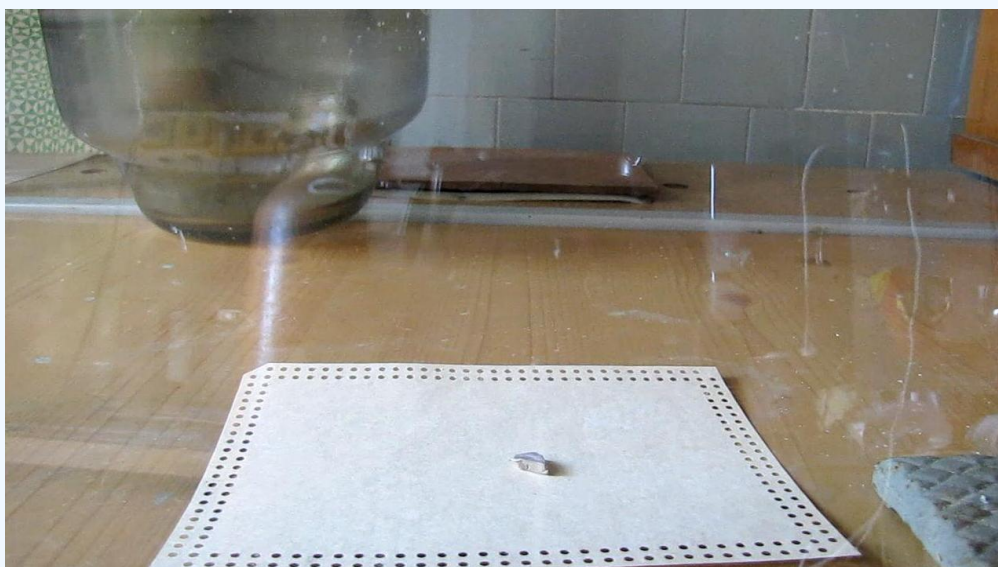
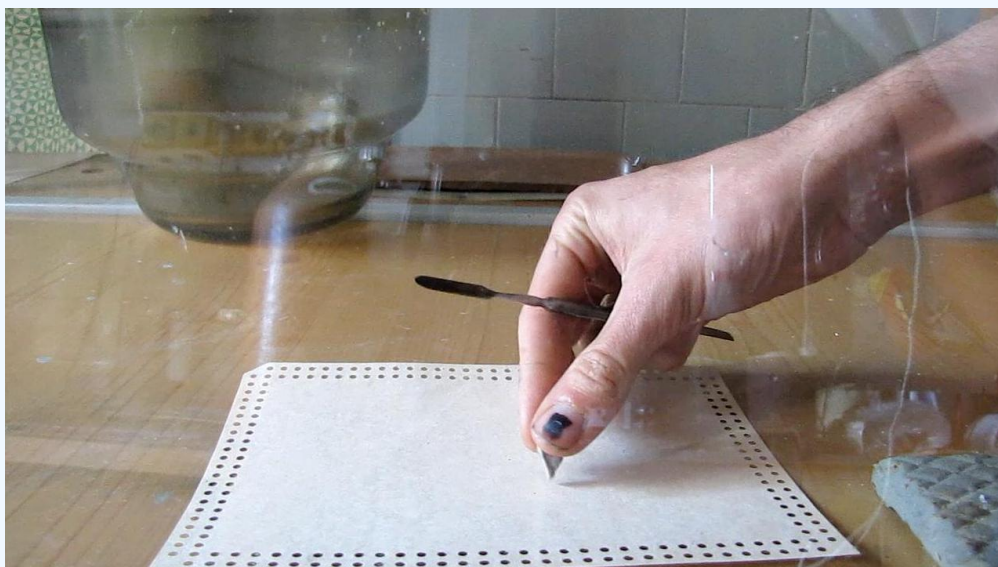
На натрий капнули несколько капелек воды. Раздалось шипение, пленка натрия расплавилась и собралась в несколько шариков. Один из шариков загорелся. При дальнейшем добавлении одиночных капель вода вскипала, раздавалось шипение, но воспламенения не последовало. Когда добавили сразу несколько капель, появились искры и самый большой шарик натрия загорелся желтым пламенем, подпалив бумагу.

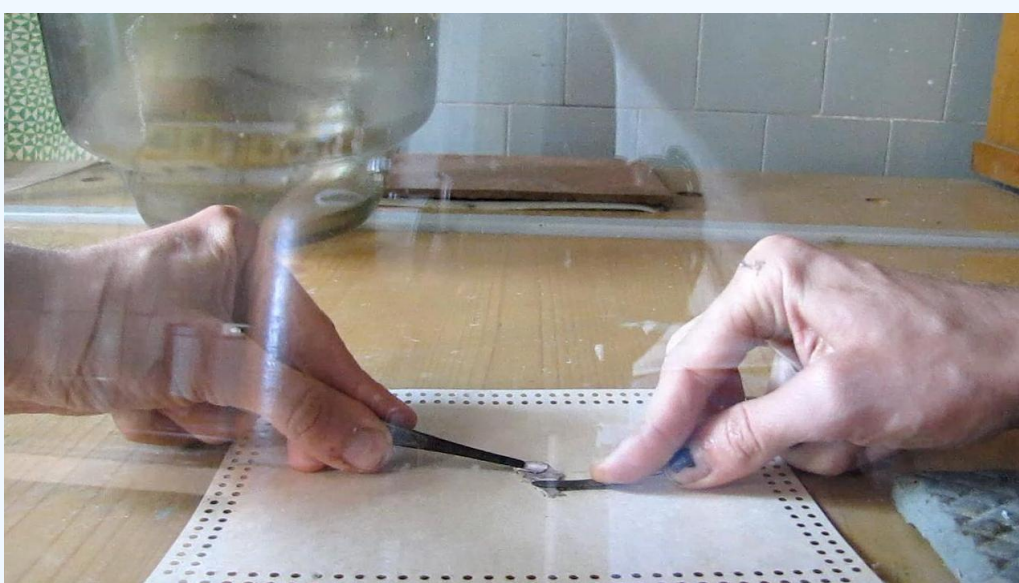
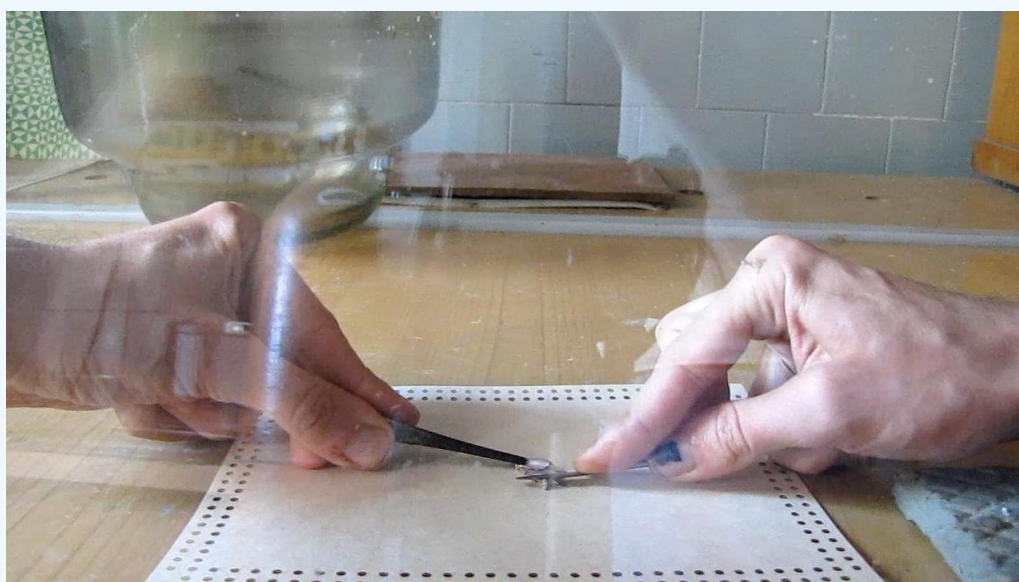
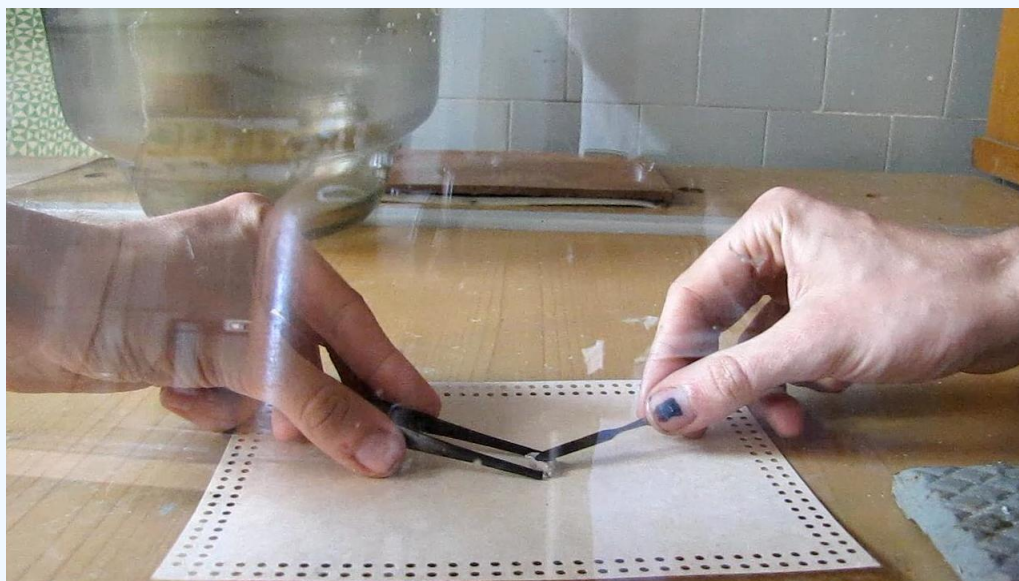
По нашей неосторожности бумага лежала прямо на деревянном столе, в результате на поверхности стола образовалось выжженное место размером со спичечный коробок. Опыт пришлось прекратить. Описанного в практикуме Рипана и Четяну взрыва мы так и не наблюдали.

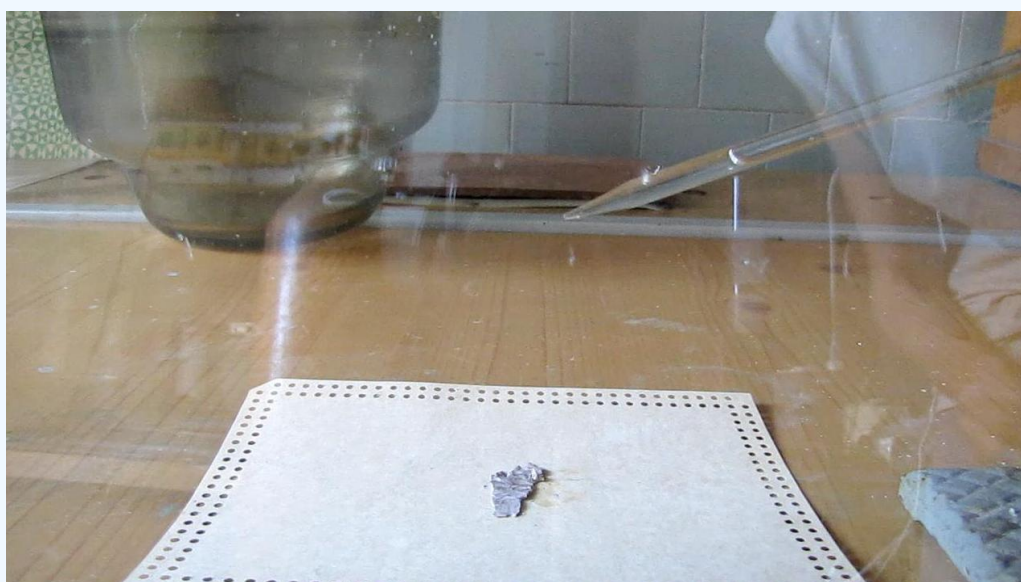
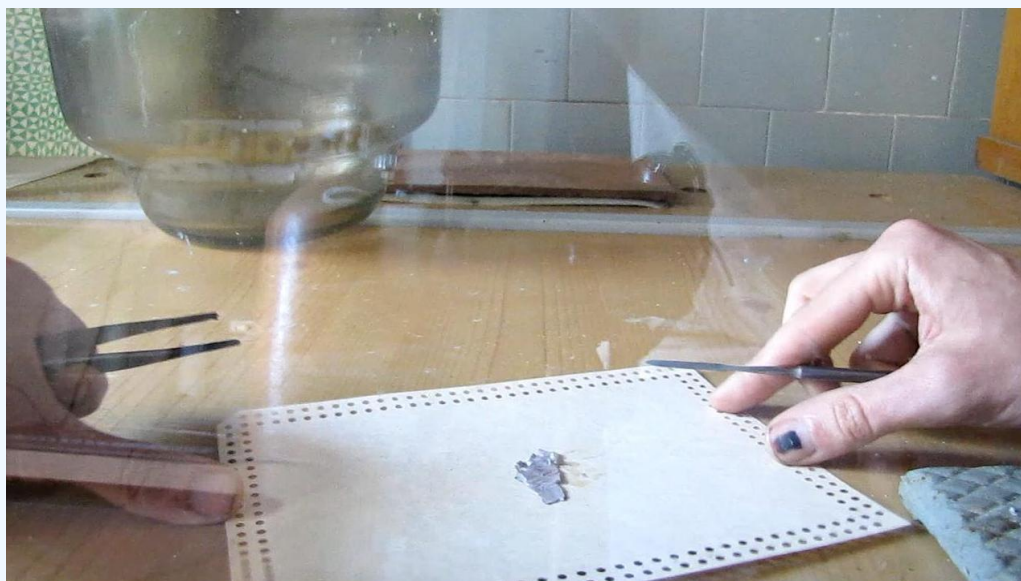
[Смотреть Видео \(36 Мб, .avi \)](#)

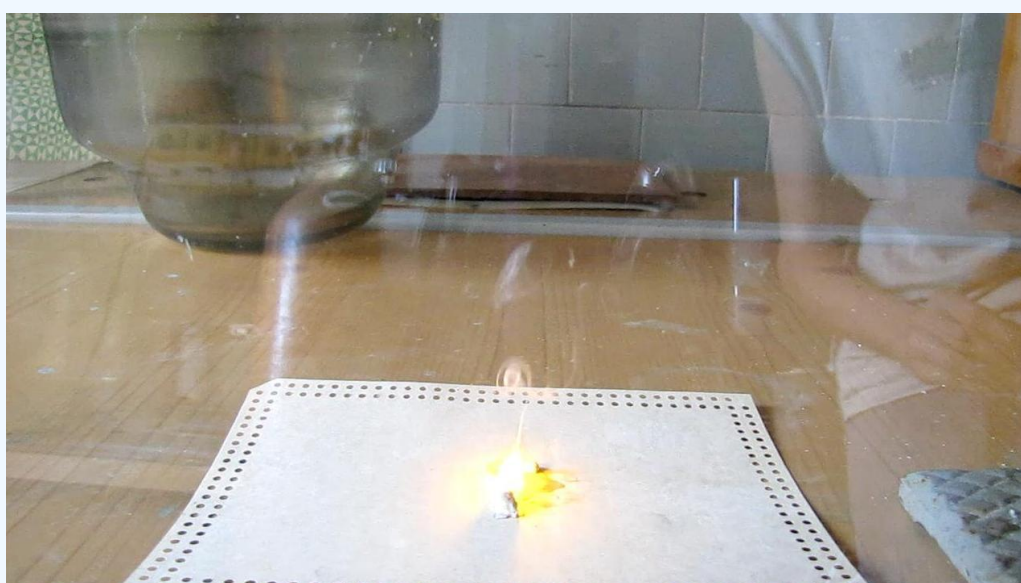
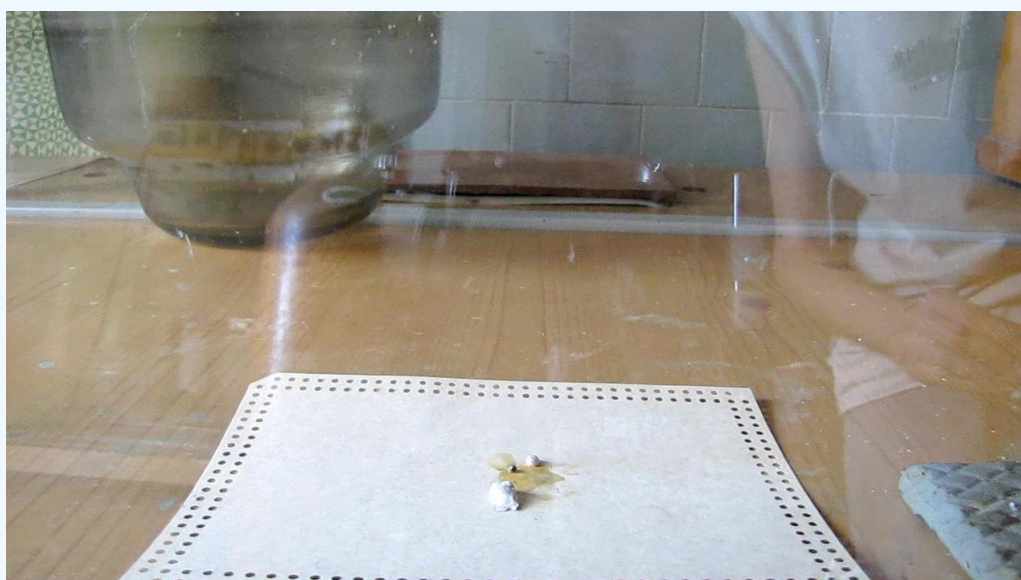
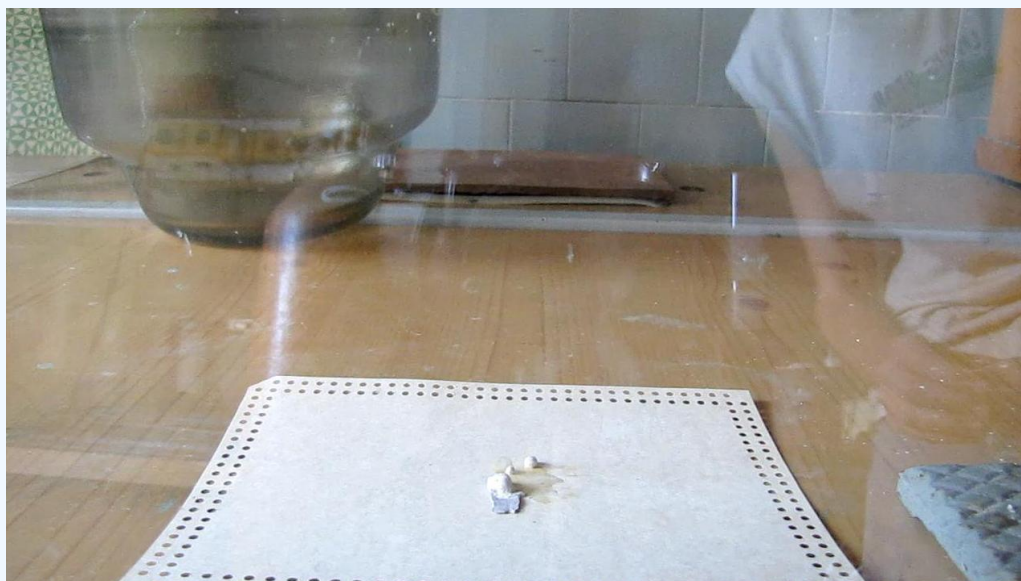


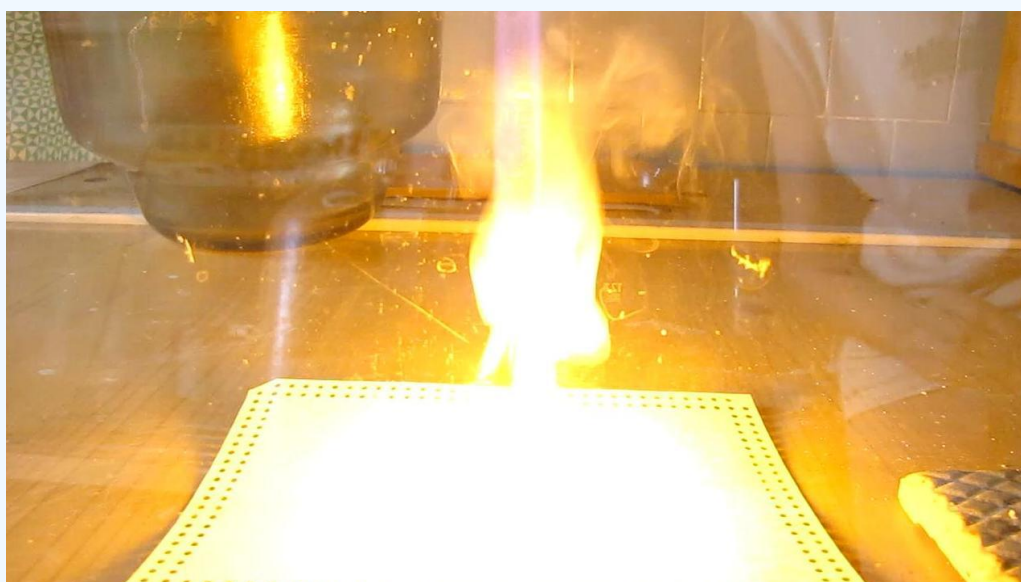
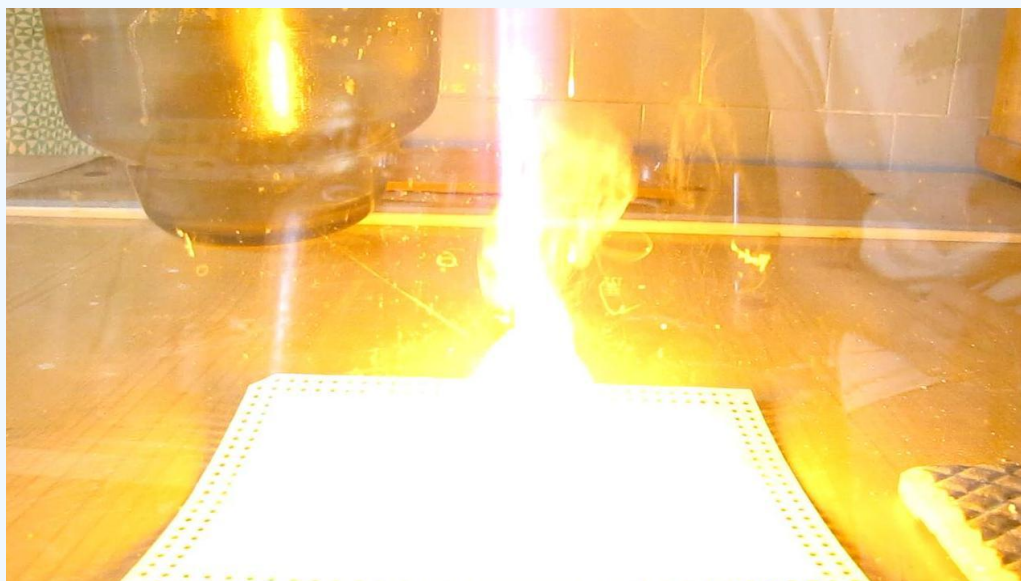
Реакция натрия с водой

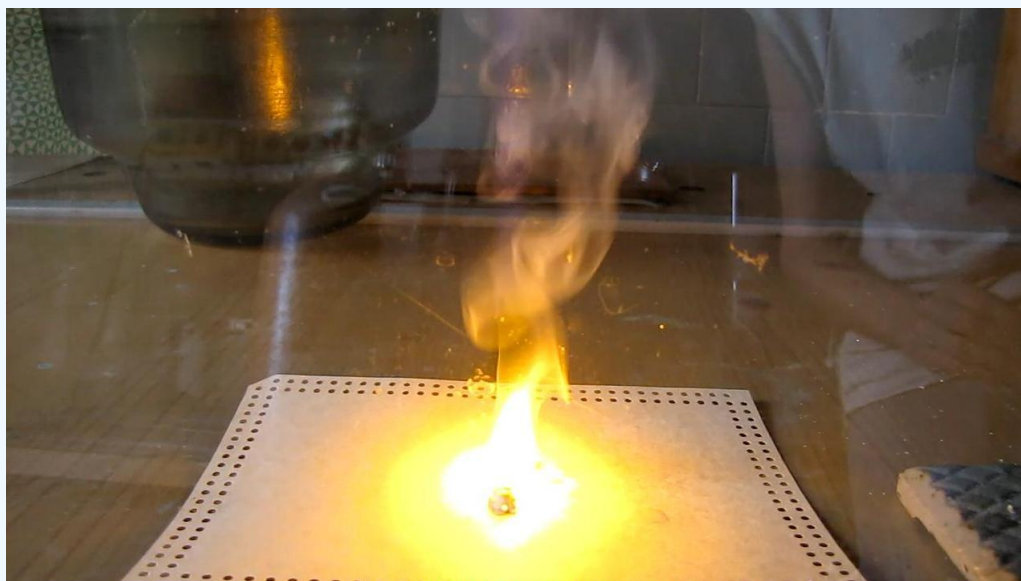


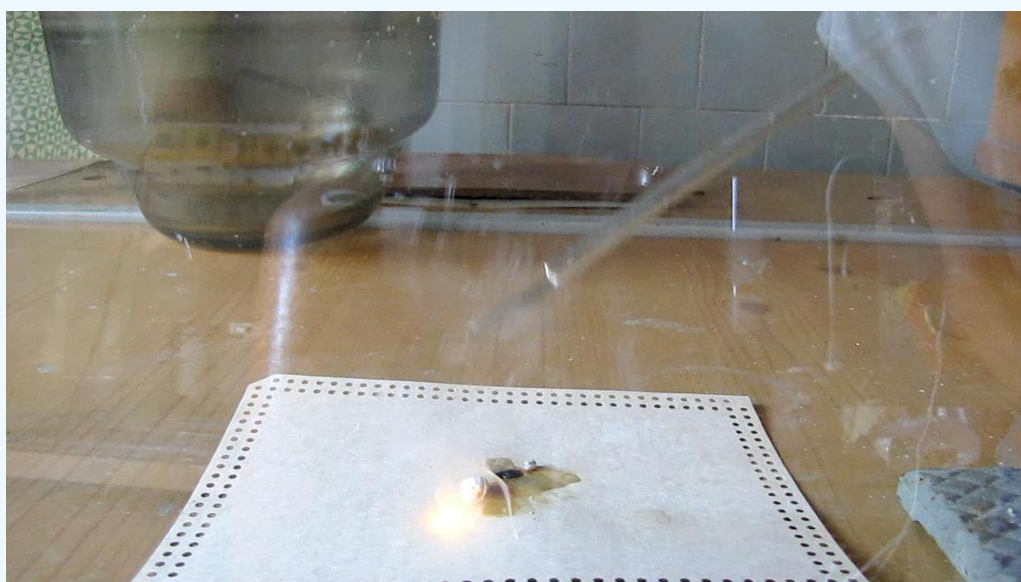


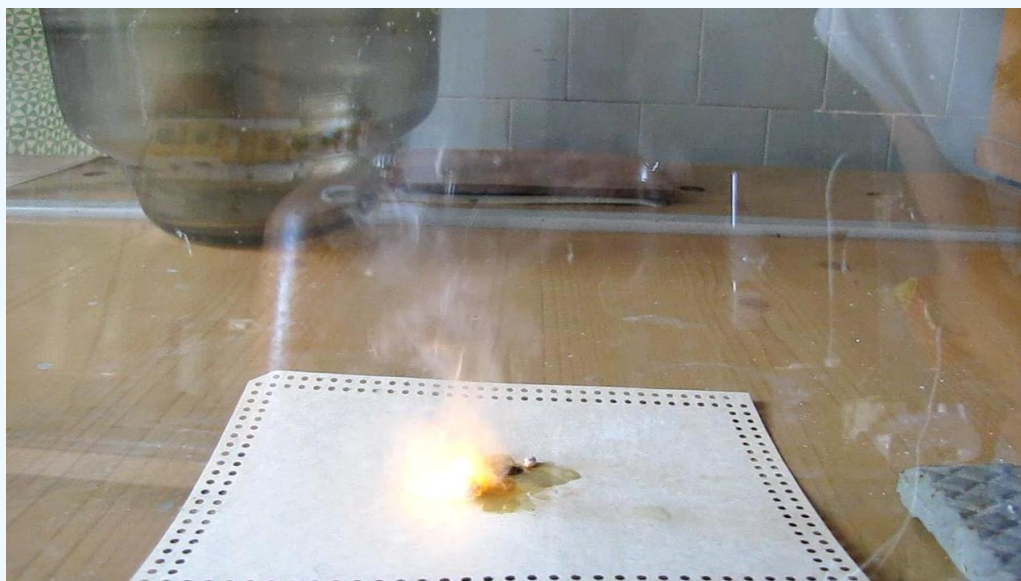


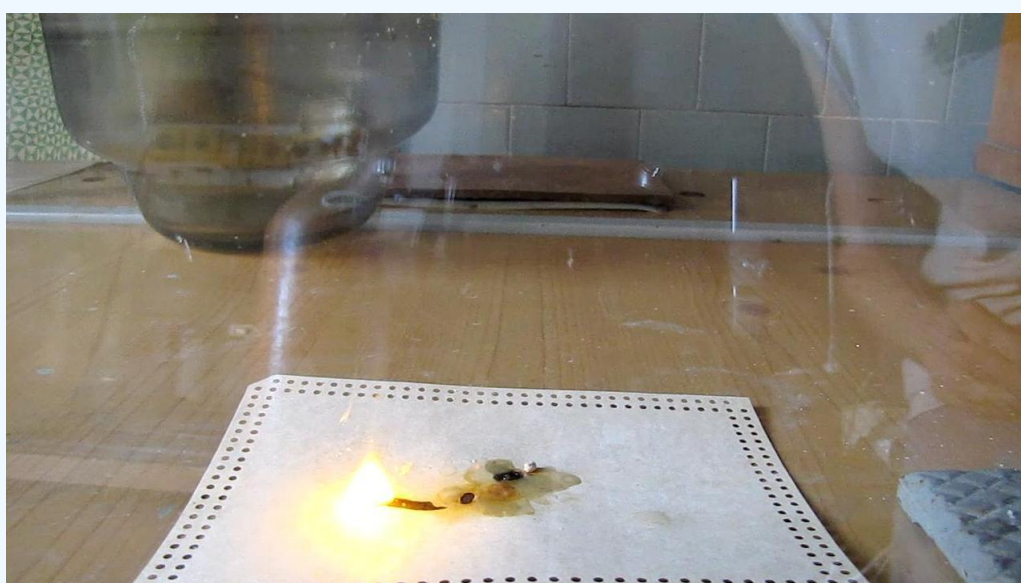
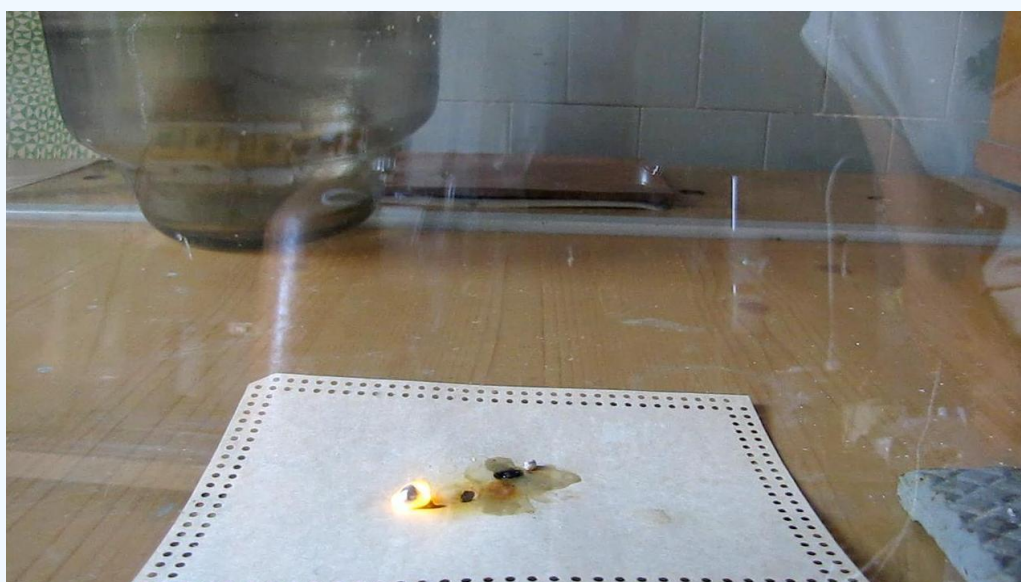
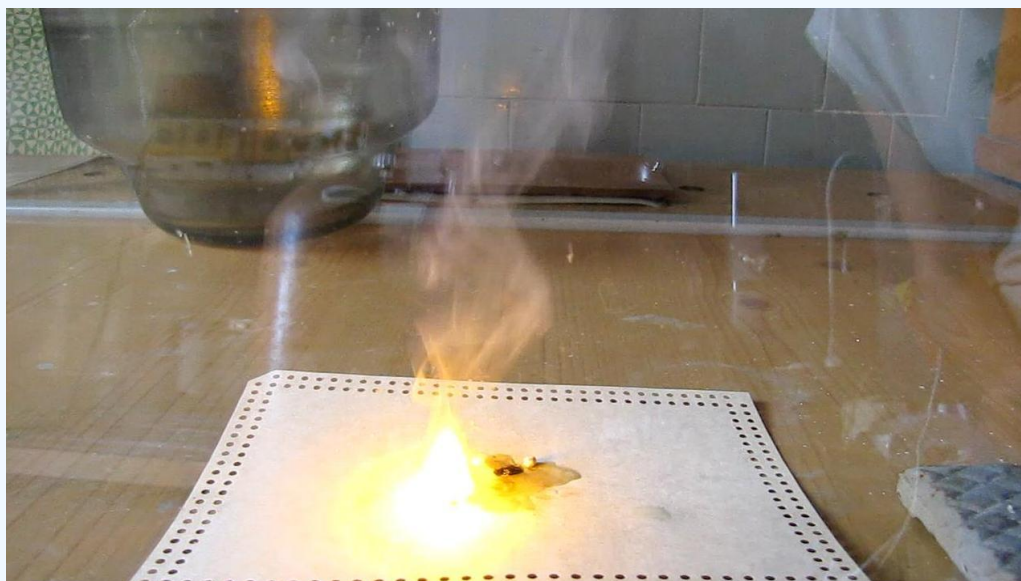


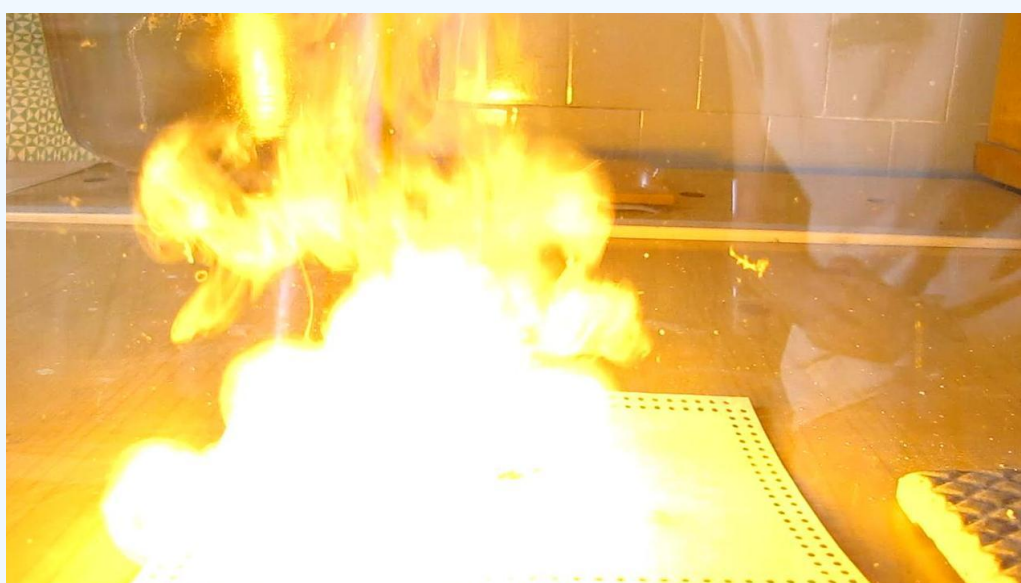
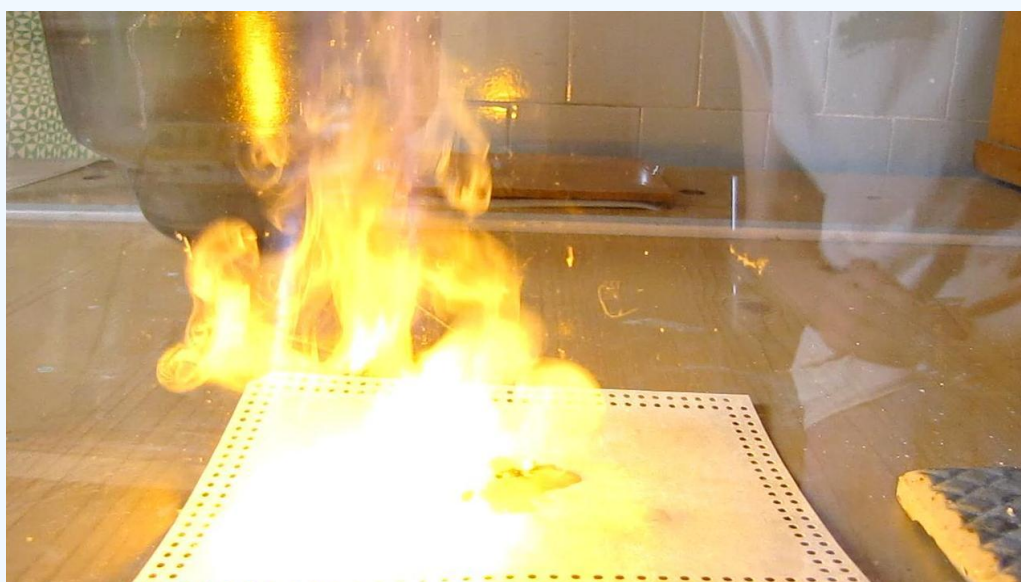
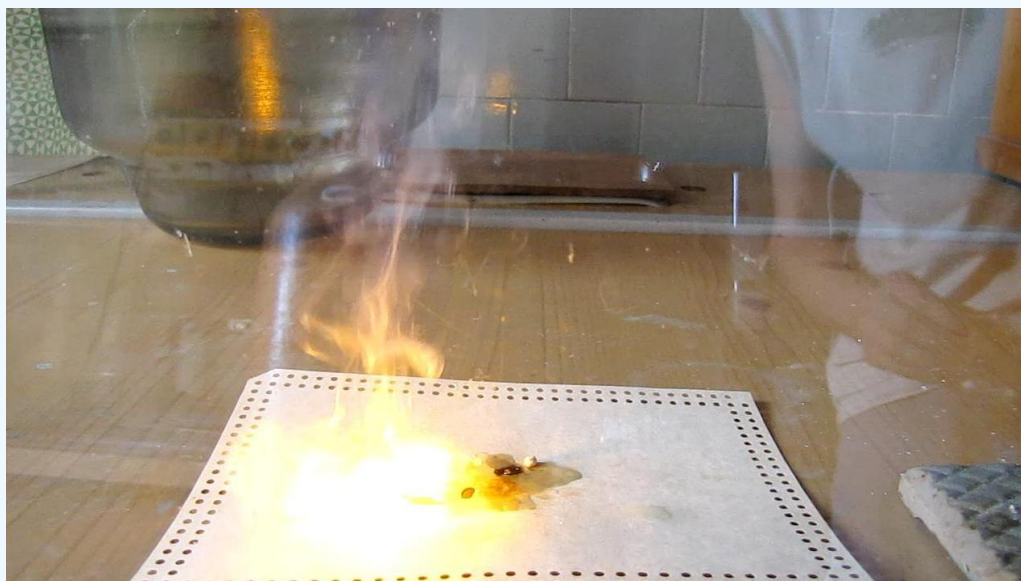


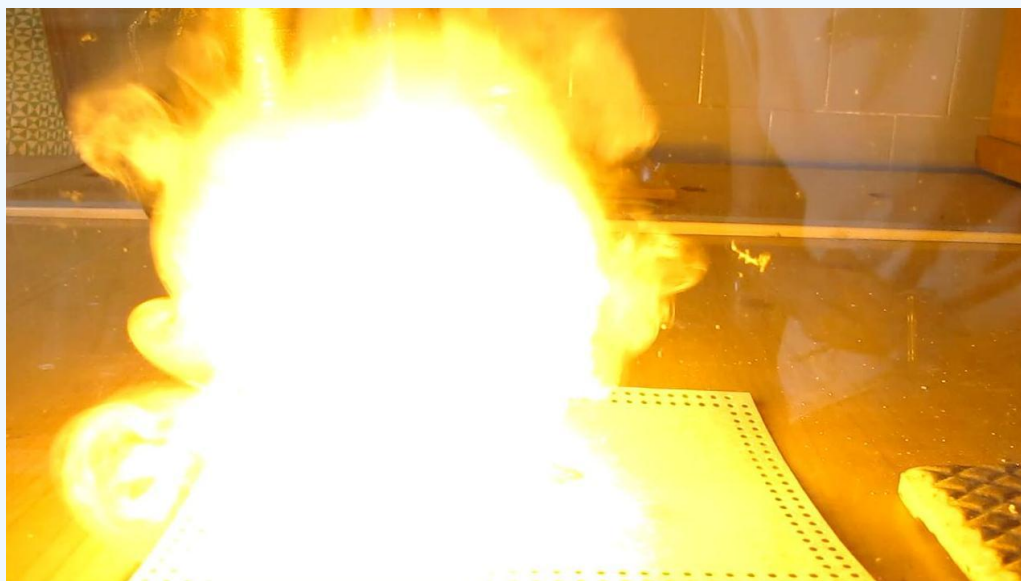


















В заключение предлагаем вашему вниманию видео и фотографии реакции натрия с водой, которую провел ivan. Для защиты камеры был использован кусок органического стекла. К удивлению автора на него не попало ни одной капли, хотя вокруг было очень много мелких капелек на полу и на стенах...

[Смотреть Видео \(8 Мб, .avi \)](#)



Реакция натрия с водой









Реакция натрия с уксусной кислотой

В.Н. Витер

В чашку Петри с ледяной уксусной кислотой бросили кусочек натрия размером с фасоль. Началось выделение газа, кусочек натрия расплавился и собрался в шарик. Шарик натрия начал двигаться по поверхности кислоты, постепенно уменьшаясь в размерах. Минуты через полторы он исчез. Искр или пламени не было.

Оказалось, что реакция натрия с уксусной кислотой протекает значительно менее интенсивно, чем с водой: в воде такой кусочек натрия загорелся бы, а затем взорвался. Обратите внимание, уксусная кислота проявляет кислотные свойства гораздо сильнее, чем вода. Такие металлы как магний, цинк и свинец растворяются в уксусной кислоте.

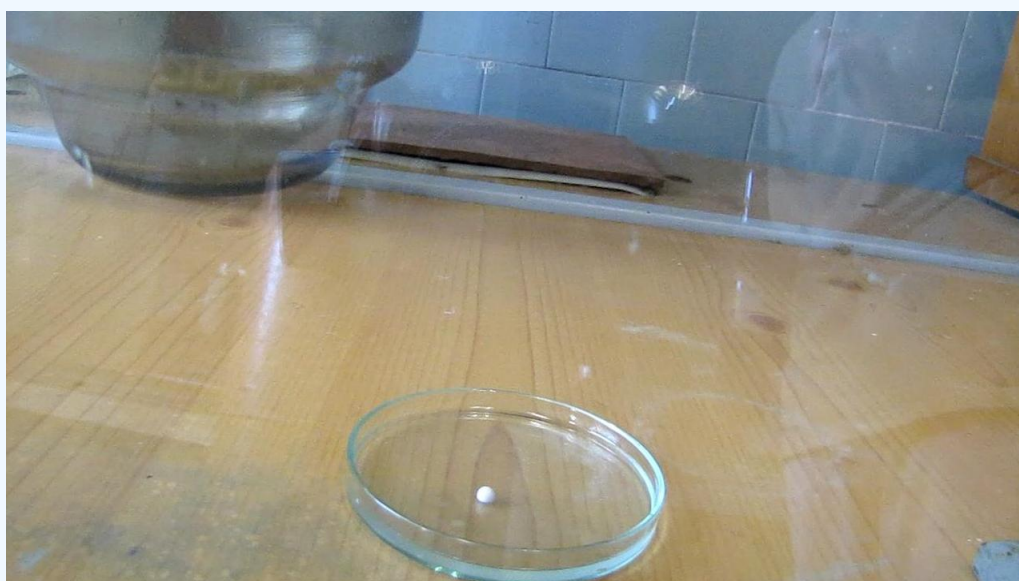
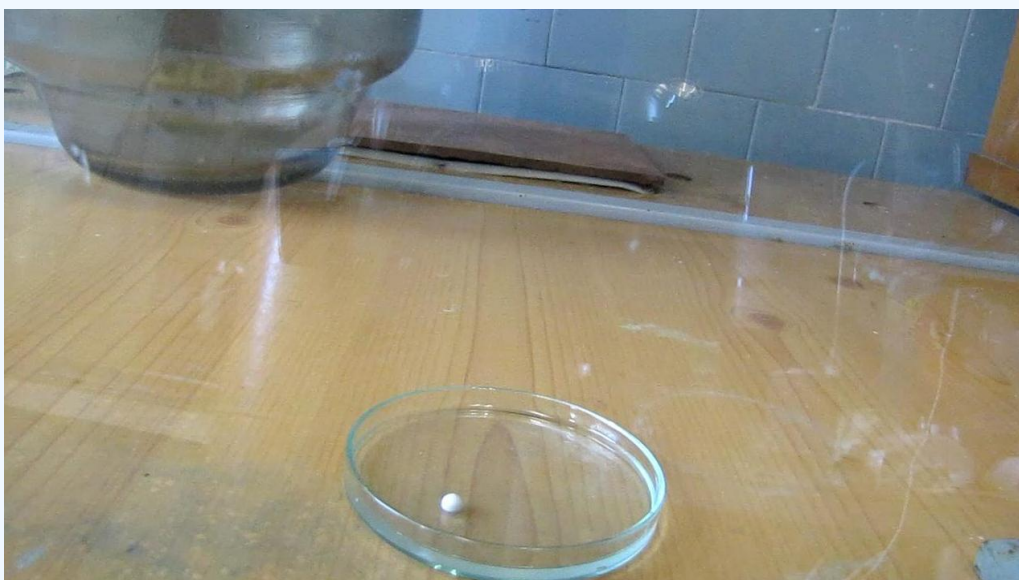
[Смотреть Видео \(23 Мб, .avi\)](#)



Реакция натрия с уксусной кислотой







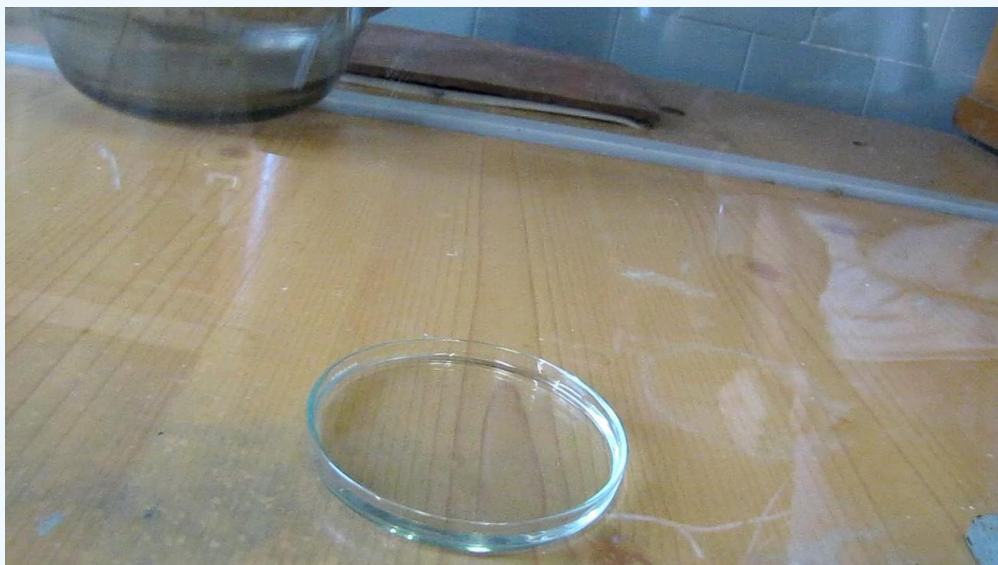




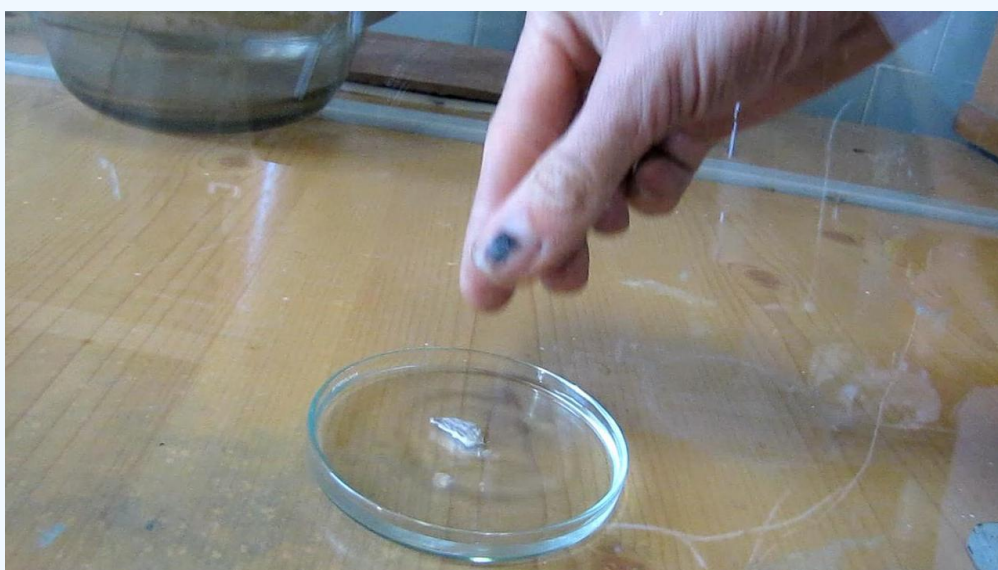
Во втором опыте мы использовали уксусную кислоту, разведенную равным объемом воды (1:1) и чуть больший кусочек натрия. От контакта с раствором натрий зашипел, расплавился, собрался в шарик. Образовался белый пар. Через несколько секунд появились искры, и шарик натрия загорелся. Однако горение было недолгим: шарик вскоре погас и в дальнейшем плавал по поверхности уже без горения. Раздавались шипение и треск, иногда появлялись искры.

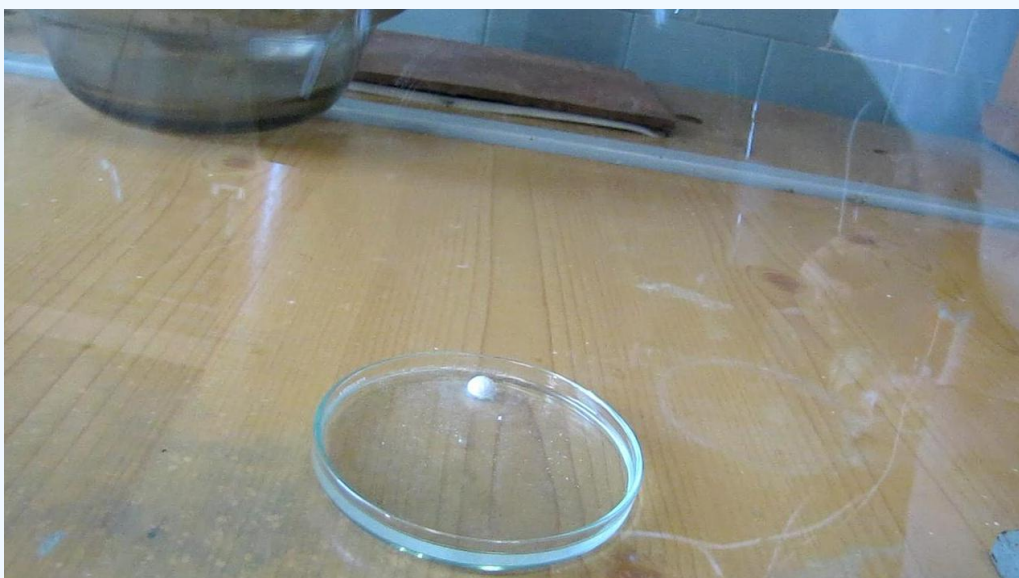
В отличие от предыдущего эксперимента, в ходе реакции натрия с кислотой образовывалась белая муть, вероятно, это осадок ацетата натрия. Было похоже, что на поверхности металла присутствует белая корка (как при реакции натрия с соляной кислотой).

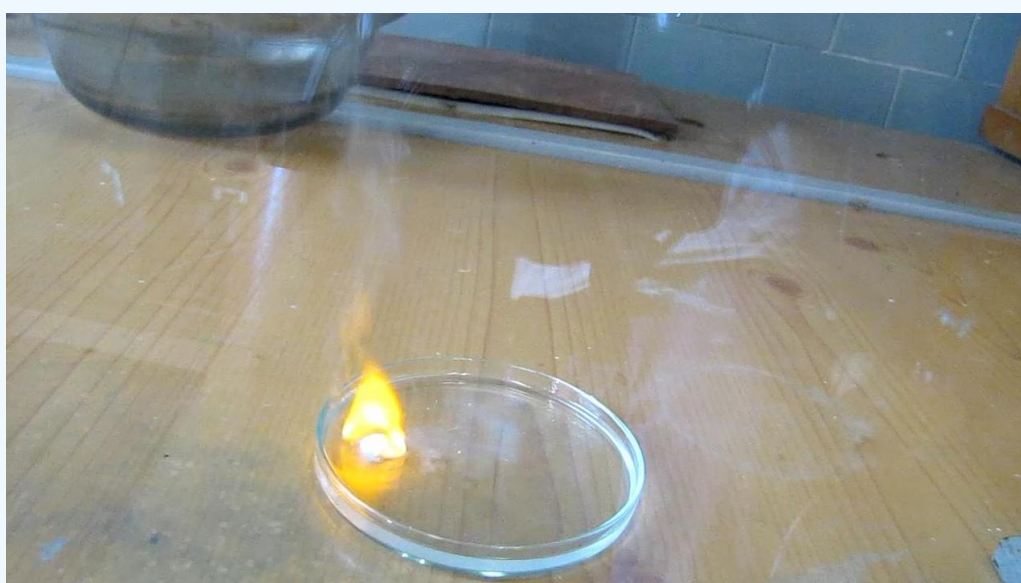
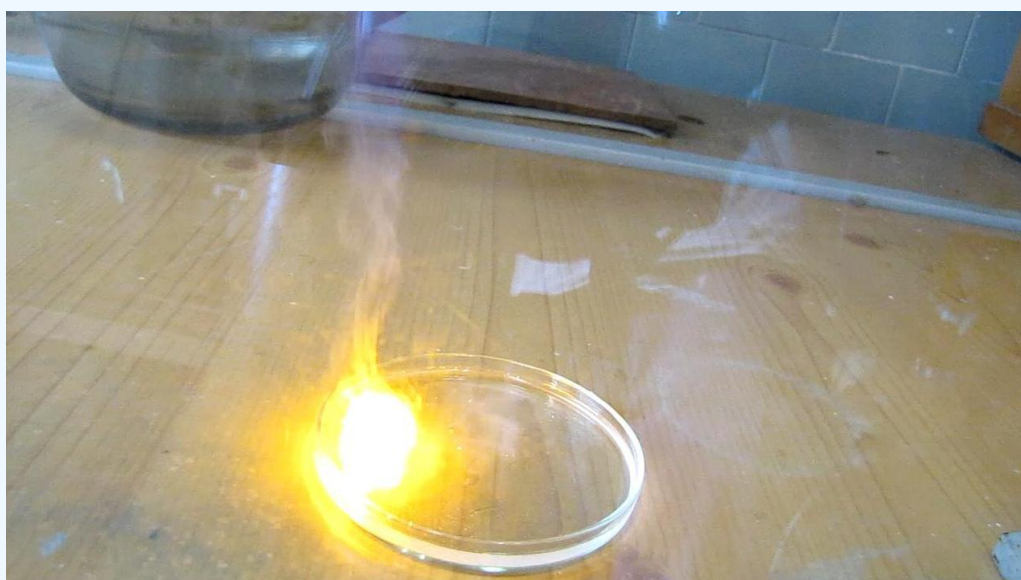
[Смотреть Видео \(26 Мб, .avi\)](#)

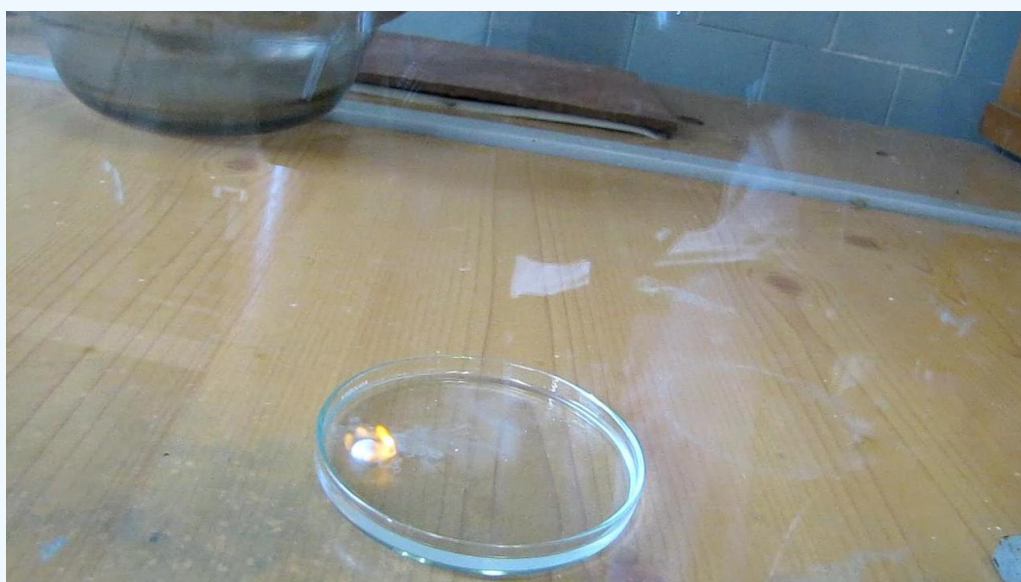
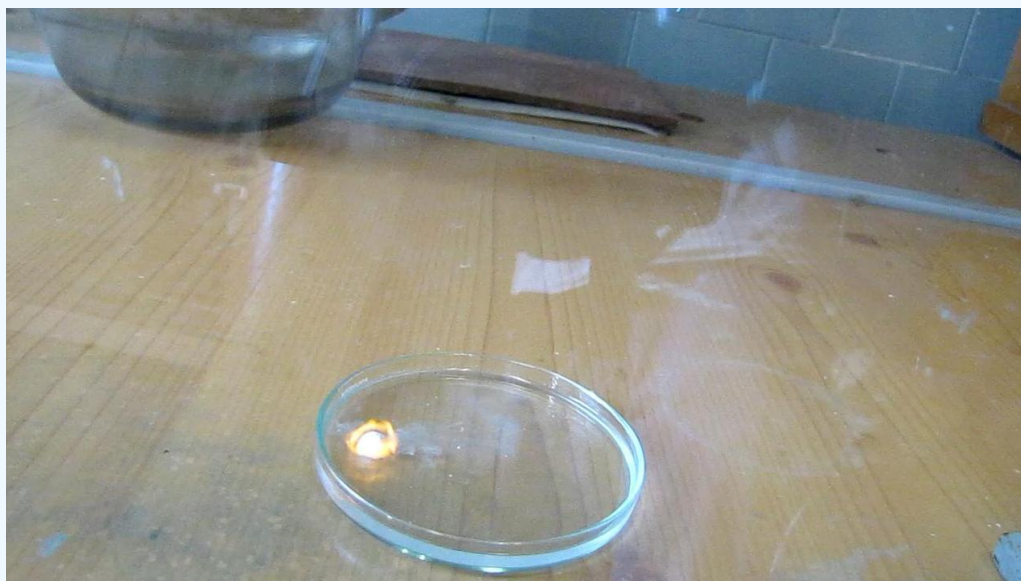


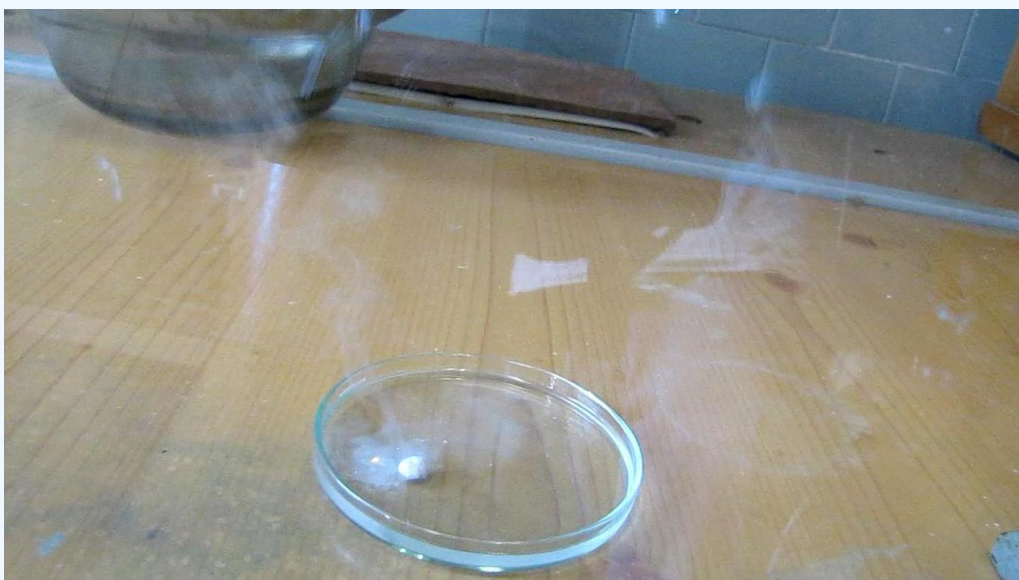
Реакция натрия с уксусной кислотой (разведенной 1:1)





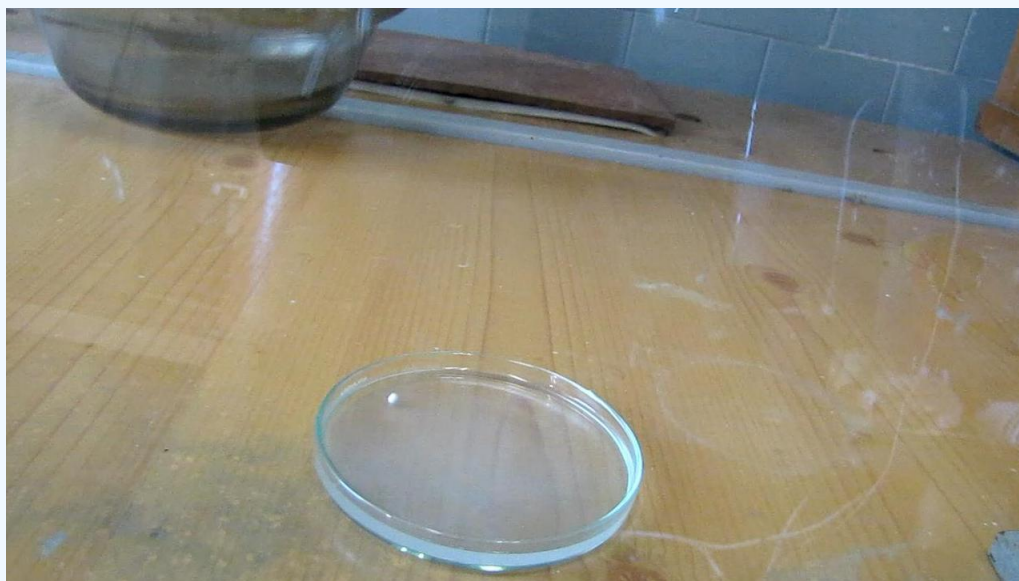












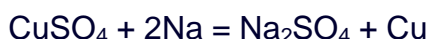


Реакция натрия с раствором медного купороса (сульфата меди)

В.Н. Витер

Как реагирует натрий с раствором медного купороса? Вымуштрованный для сдачи ЕГЭ ученик без промедления ответит:

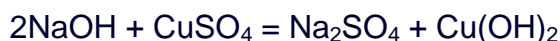
"Сульфат меди плюс натрий равно сульфат натрия плюс медь!"



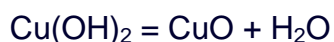
Человек, более-менее знакомый с химией, вспомнит, что натрий активно реагирует с водой, при этом образуется гидроксид натрия и водород. Данная реакция должна протекать быстрее, чем реакция между сульфатом меди и натрием. Другими словами, следует ожидать образования не меди и сульфата натрия, а гидроксида натрия и водорода.



Разумеется, гидроксид натрия будет реагировать с сульфатом меди, образуя гидроксид меди и основные соли.



Химик, который работал с соединениями меди, непременно вспомнит, что гидроксид меди - соединение неустойчивое к нагреванию, а при реакции натрия с раствором медного купороса будет очень "жарко". Таким образом, гидроксид меди частично, а возможно и полностью перейдет в оксид.



Приступим к экспериментам. Мы взяли насыщенный раствор медного купороса и бросили в него кусочек натрия размером с фасолину. Раздались шипение и треск, натрий расплавился, собрался в шарик и загорелся. Во все стороны полетели искры. Реакция протекала достаточно бурно. С первых секунд было заметно, что в растворе под кусочком металла образуется синий гидроксид и черный оксид меди.

Затем в эту же чашку мы бросили второй кусочек натрия (в полтора раза больше). Натрий ярко загорелся, образовалось большое количество искр и брызг. Вскоре реакция закончилась. Количество синего и черного осадка увеличилось. В месте, где в конце опыта чашка контактировала с натрием, стекло треснуло.

В процессе реакции образовалось немного меди. По крайней мере, там, где натрий прилип к стеклу, и там, где на защитный экран попали брызги, обнаружено немного красно-оранжевого налета.

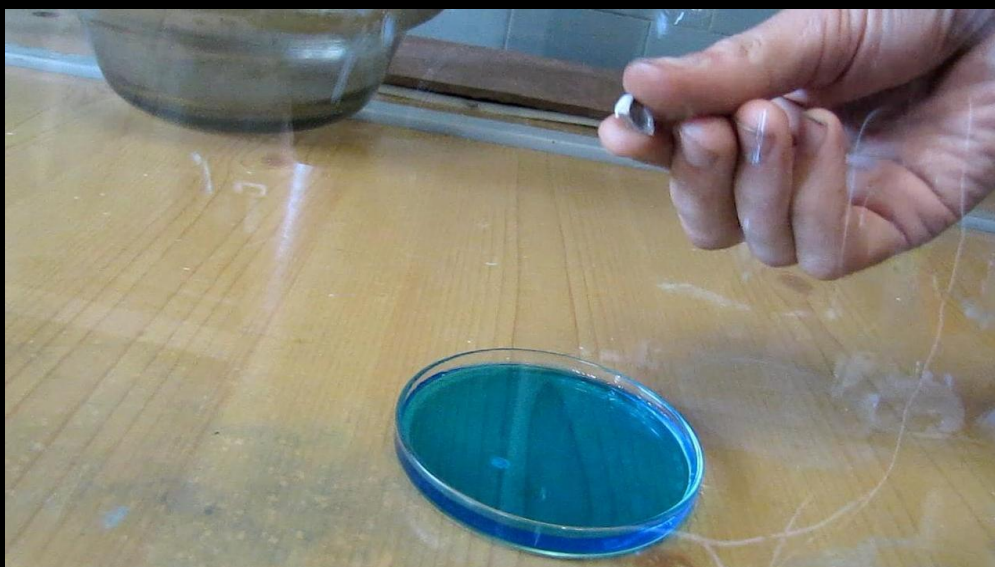
Таким образом, при реакции натрия с насыщенным раствором сульфата меди образовались: водород, гидроксид и оксид меди, сульфат натрия и небольшое количество металлической меди.

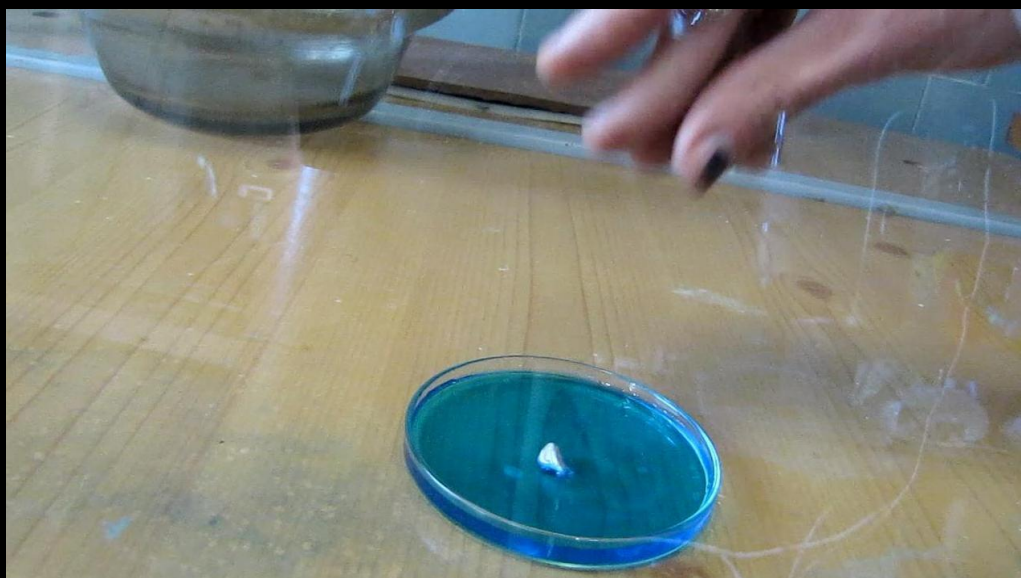
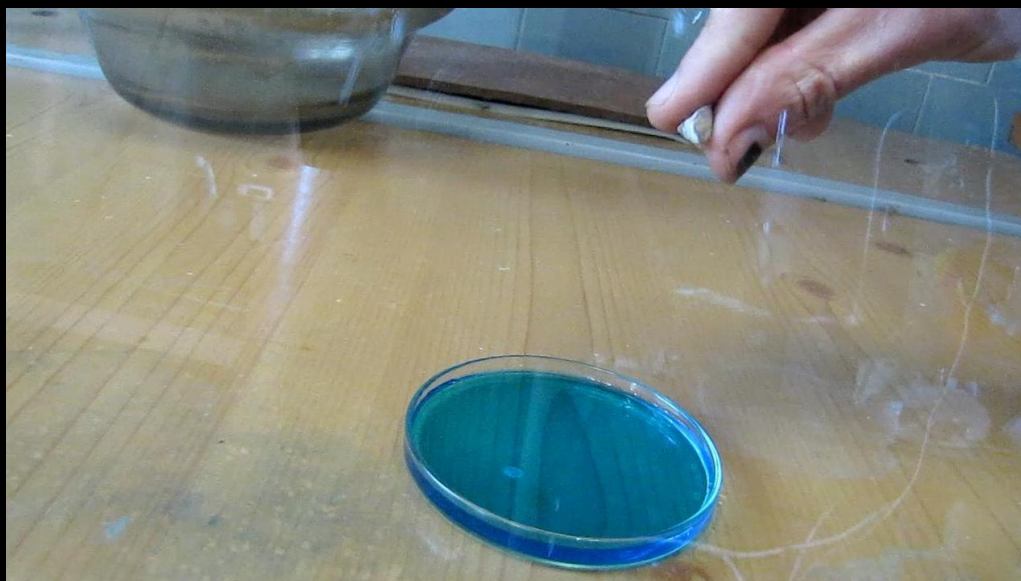
[Смотреть Видео \(23 Мб, .avi \)](#)

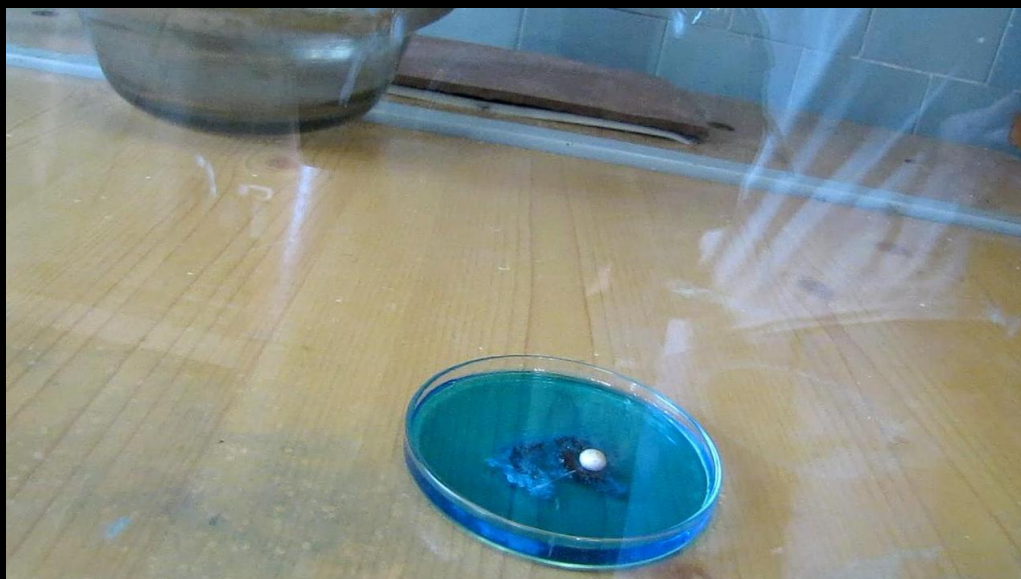
[Смотреть Видео - продолжение \(26 Мб, .avi \)](#)



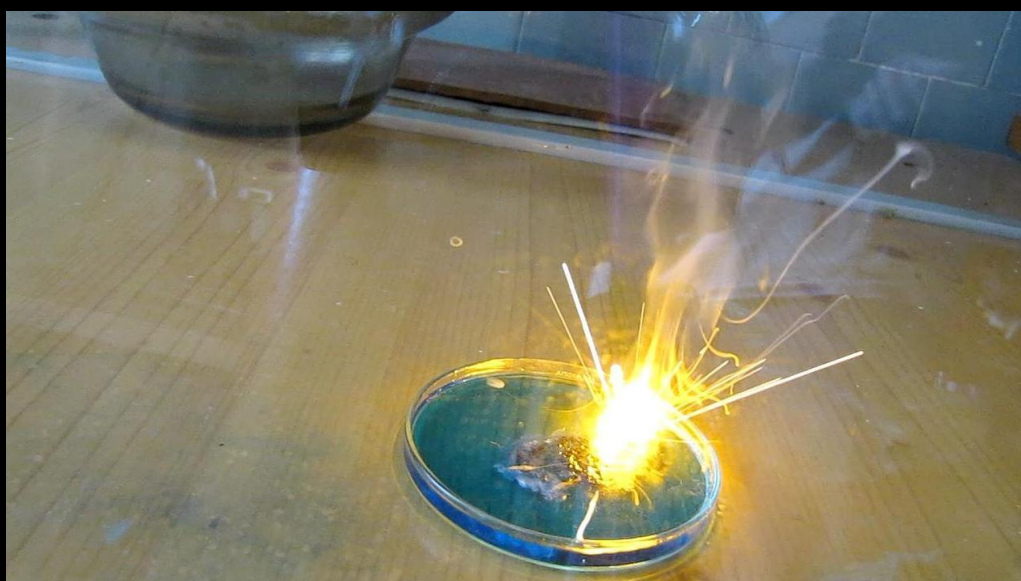
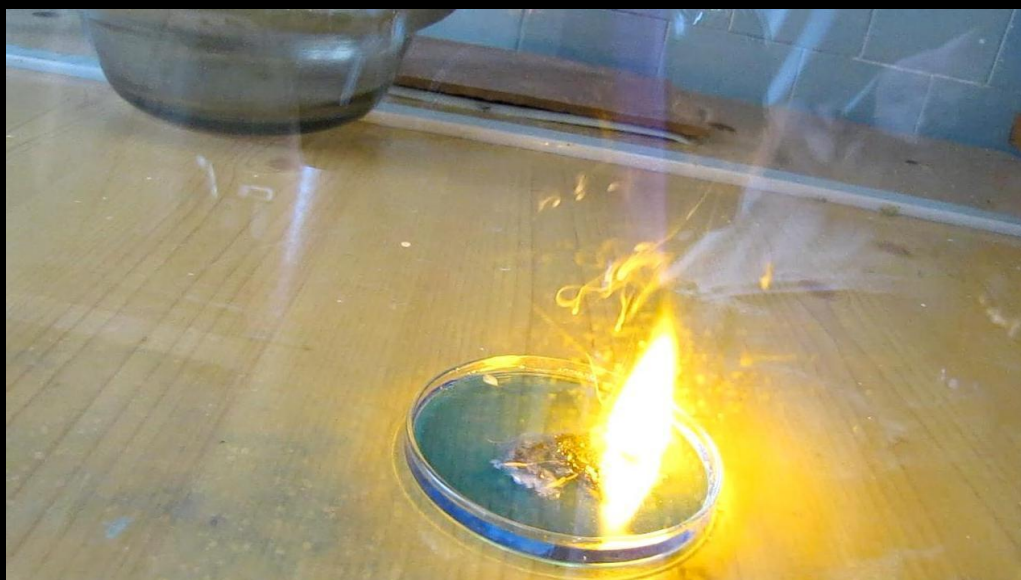
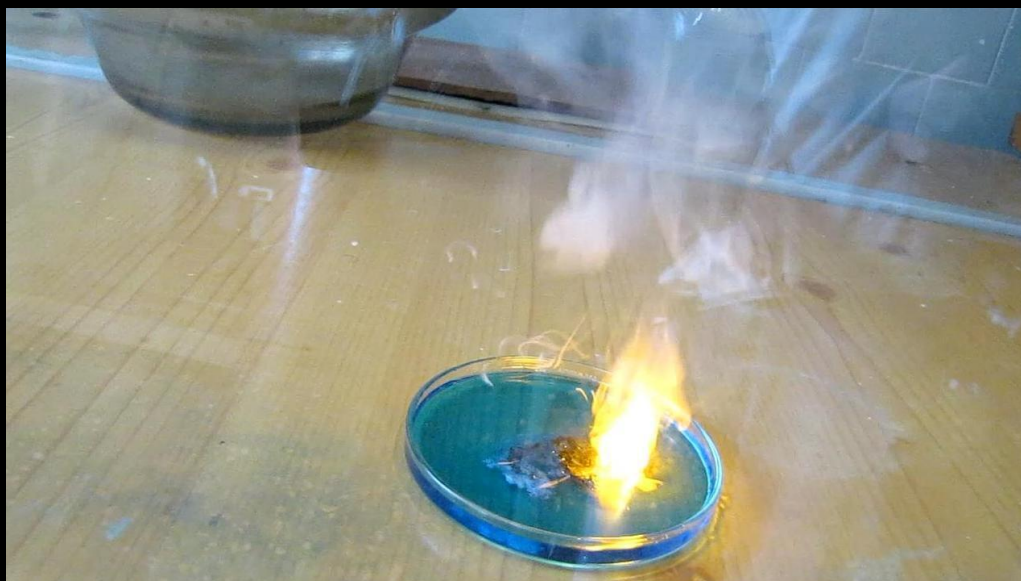
Реакция натрия с раствором медного купороса (сульфата меди)

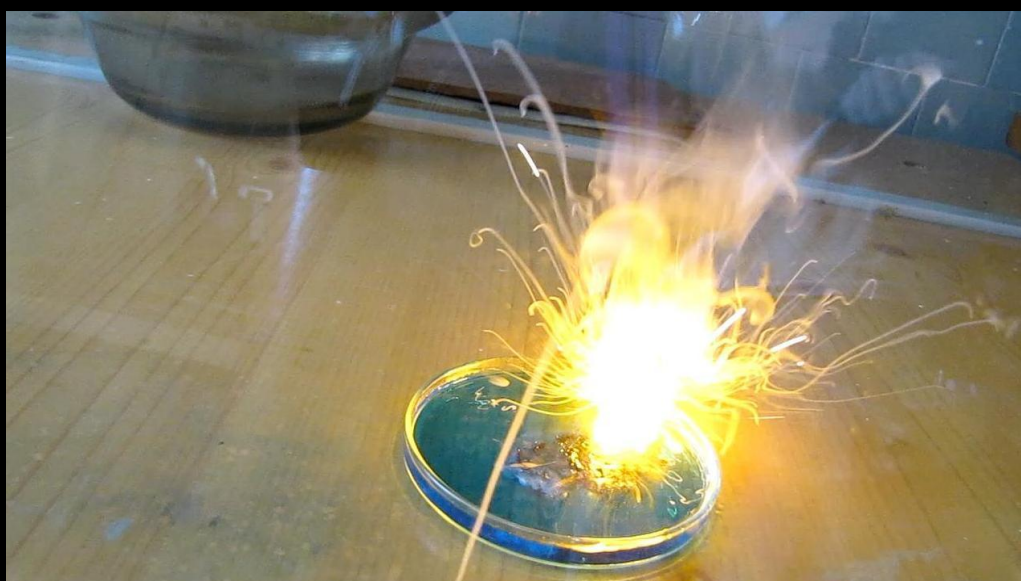


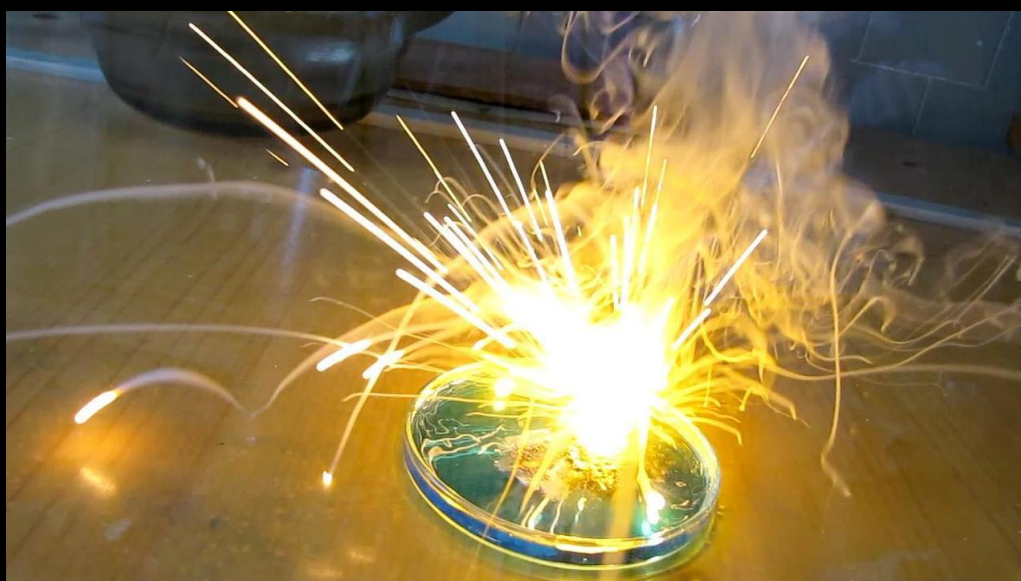
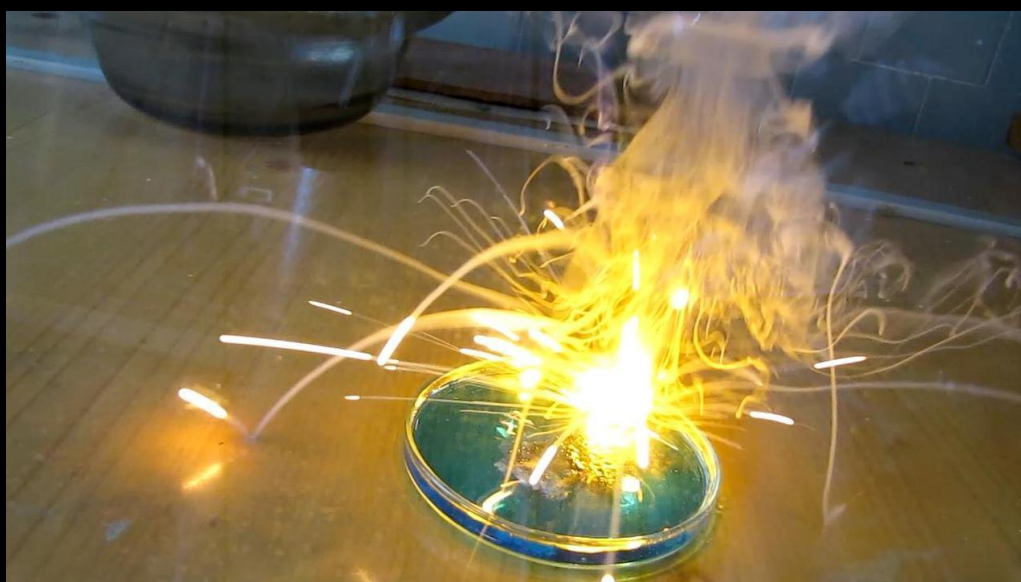
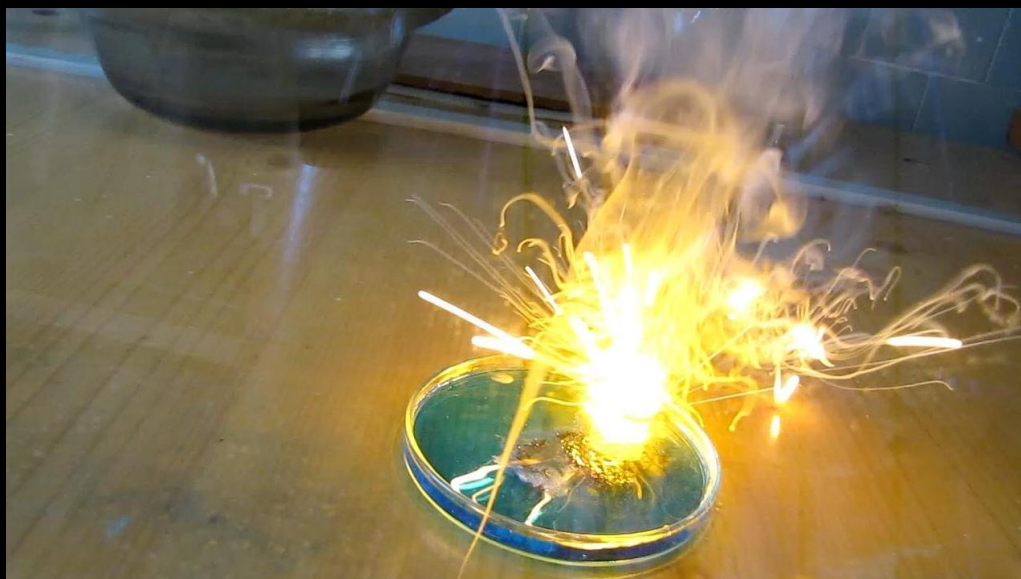








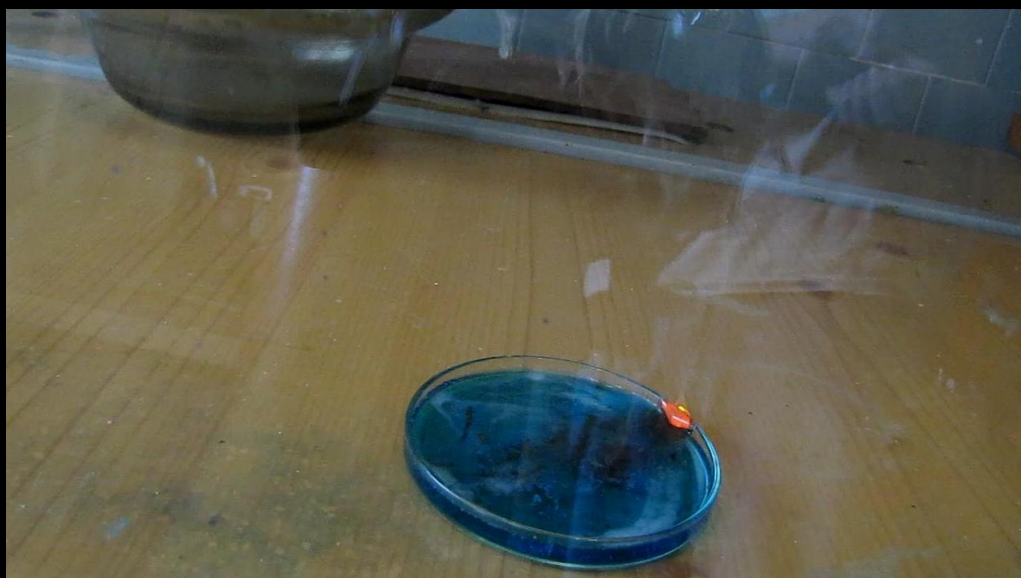








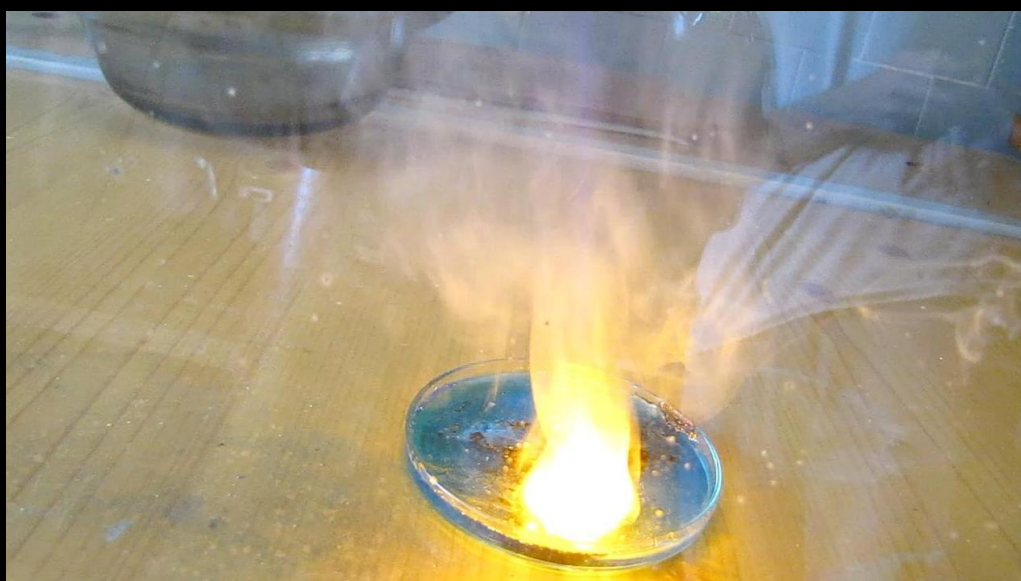
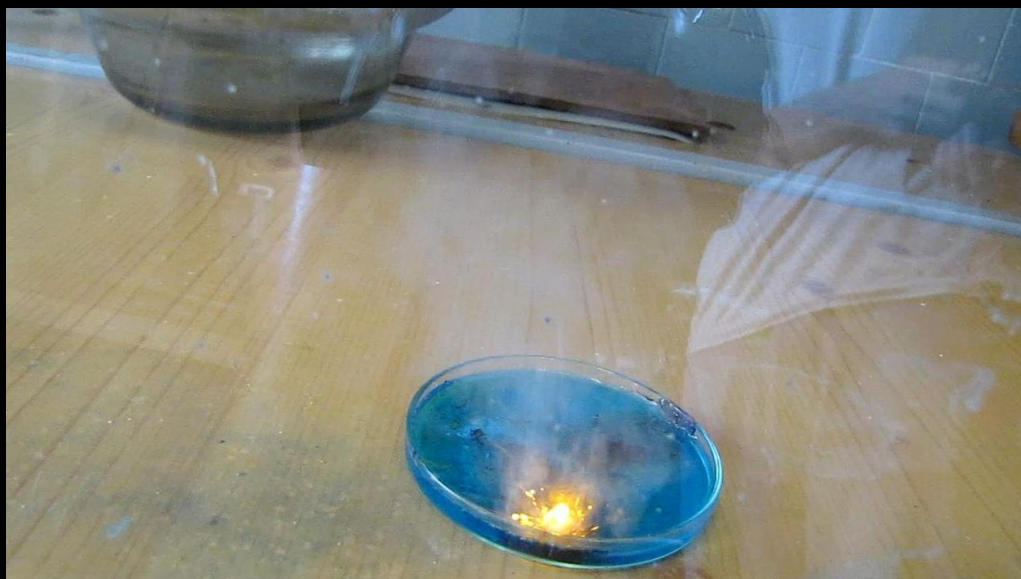




























Реакция кальция и серы

И.Н. Григорьев

Магний активно реагирует с серой. Смесь магниевого порошка и серы ярко вспыхивает при поджигании. Кальций - более активный металл, чем магний, поэтому в случае порошков кальция и серы следует ожидать не менее бурной реакции.

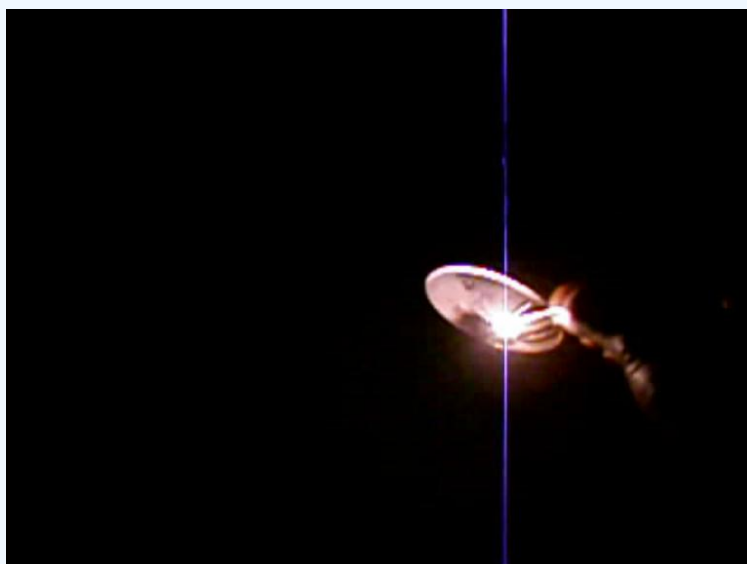
Для предварительного эксперимента мы взяли 0.2 г опилок кальция и 0.15 г серы. От первой спички смесь не загорелась (вернее, горела только сера). Мы поднесли вторую горящую спичку и стали ей помешивать смесь. Внезапно произошла мгновенная яркая вспышка, которая сопровождалась своеобразным треском.



Реакция кальция и серы (исходная смесь)



Реакция кальция и серы





Теперь предстояло снять более качественный ролик реакции серы с кальцием. В первом эксперименте ролик снимали с рук, ночью, во время вспышки рука непроизвольно дрогнула и видео смазалось.

Приготовили смесь опилок кальция (0.7 г) и серы (0.56 г). Когда получали опилки, напильник постоянно "забивался" кальцием и приходится менять грани. Опилки вначале серебристые и блестящие постепенно чернеют.

Смесь подожгли спичкой "спецназ", для гарантии воспламенения проложили тоненькую стружку магния. Фотоаппарат установили близко, около метра от смеси.

Вспышка была очень эффектная, на видео можно наблюдать клубящееся расширяющееся пламя. В конце экспериментатора и фотоаппарат "ослепило" от ярчайшего света.

[Смотреть Видео \(3 Мб. .avi\)](#)



Кальций и сера



Реакция кальция и серы (исходная смесь)



Реакция кальция и серы







Реакция кальция с четыреххлористым углеродом

И.Н. Григорьев

Мы решили провести реакцию четыреххлористого углерода с кальцием. Предварительно налили немного четыреххлористого углерода в полиэтиленовый пузырек из-под капель для носа: в таком виде его удобно прикапывать к порошку кальция (не забудьте наклеить на пузырек этикетку!). Напильником наточили опилки кальция и поместили их на кусок жести с бортиками.

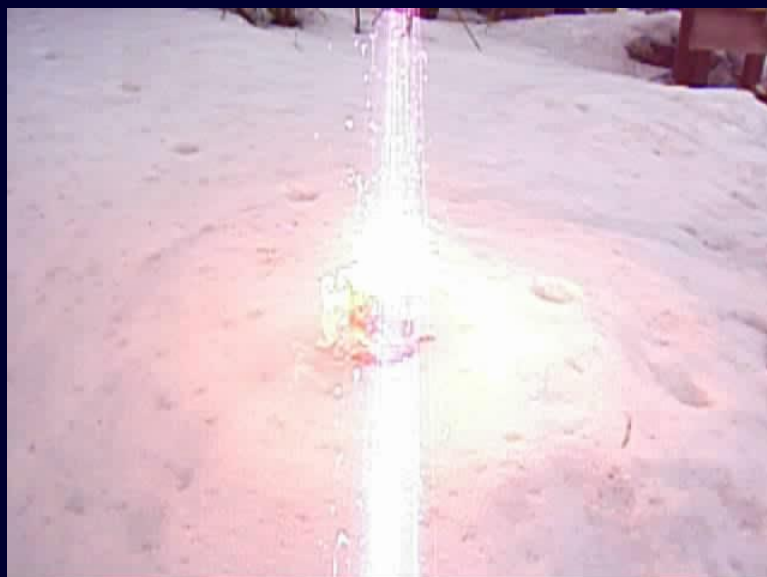
Для воспламенения смеси использовали горящую тонкую стружку магния. Причем вначале мы взяли мало магния и воспламенения не произошло. Для удачного воспламенения нужно кашицу смеси нанести на край подложки и положить под нее свернутый комочек стружек магния. Когда магний загорится, он подожжет помещенную на него смесь, а от нее загорится остальная масса.

Реакция идет очень бурно, сопровождается ослепительной вспышкой ("огненное облако") с хлопком и образованием белого дыма.

[Смотреть Видео \(7 Мб, .avi\)](#)



Реакция кальция с четыреххлористым углеродом







Огонь от капли воды (реакция магния с иодом и кальция с иодом)

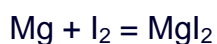
В.Н. Витер, И.Н. Григорьев

В сознании многих людей, особенно далеких от химии, вода ассоциируется с укрощением огня. Конечно, далеко не все вещества можно тушить водой. Например, при попытке погасить водой горящие нефтепродукты они всплывают и растекаются, в результате пожар только усиливается. Некоторые вещества воспламеняются от контакта с водой. В качестве примера можно назвать щелочные металлы, алюмогидрид лития, некоторые металлоорганические соединения.

Есть также смеси веществ, которые воспламеняются от контакта с водой, хотя компоненты этих смесей, взятые отдельно, с водой активно не взаимодействуют. Мы остановимся именно на последних.

Есть немало вариантов опыта, в котором смесь веществ воспламеняется от нескольких капель воды. Остановимся на смеси порошка магния с иодом. В прошлом нам уже несколько раз приходилось проводить этот опыт. Иногда получалось довольно красиво: горка смеси вспыхивала от единственной капли воды, иногда (когда мы взяли не порошок, а стружку) при добавлении смесь активно бурлила, выделяя бурые и фиолетовые пары, однако воспламенения не происходило.

Решив не обращаться к старым записям, мы попробовали подобрать соотношение веществ опытным путем. Согласно уравнению реакции на один моль магния Mg ($M=24.3$ г/моль) нужно взять 1 моль иода I_2 ($M=2 \cdot 126.90 = 253.8$ г/моль):

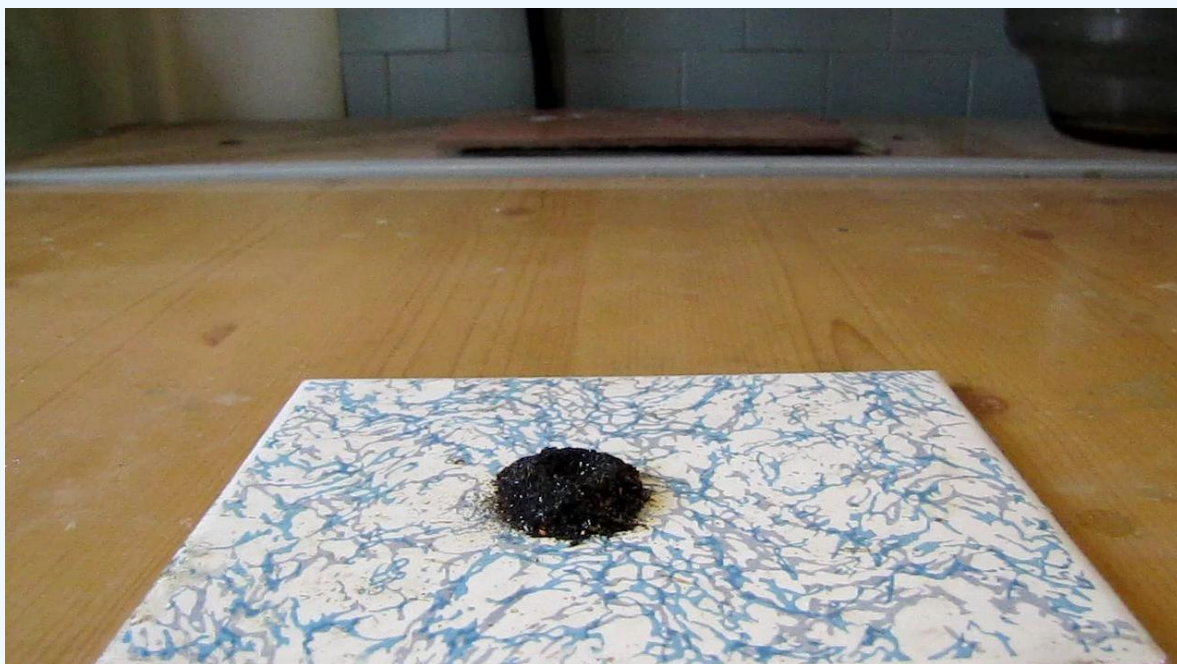


У нас было 1 г магниевого порошка, значит необходимо взять $1/24.3 \cdot 253.8 = 10.44$ г иода. Иод - ценный реактив, кроме того было предчувствие, что если взять столько иода, смесь не загорится. Значит иод нужно брать в недостатке: дефицит иода будет восполнен избытком кислорода в атмосфере, с которым магний прекрасно реагирует.

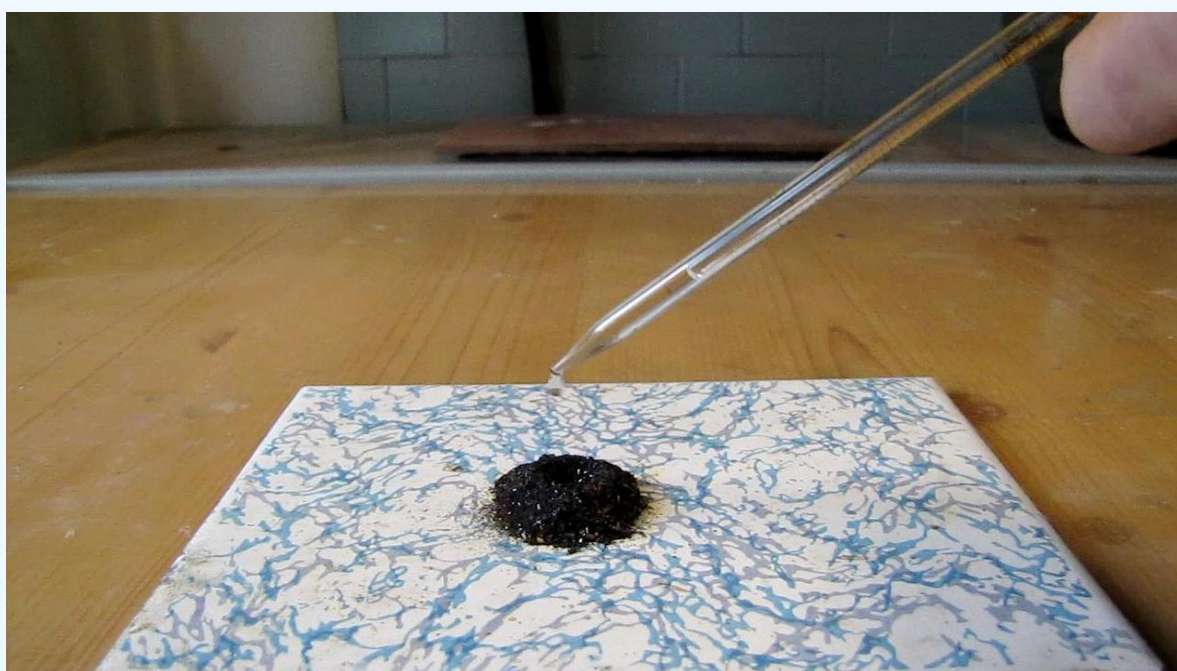
Для первого опыта вместо 10.44 г иода мы взяли 3 г. Смесь насыпали горкой на керамическую плитку, в центре сделали углубление и капнули туда воды. Смесь

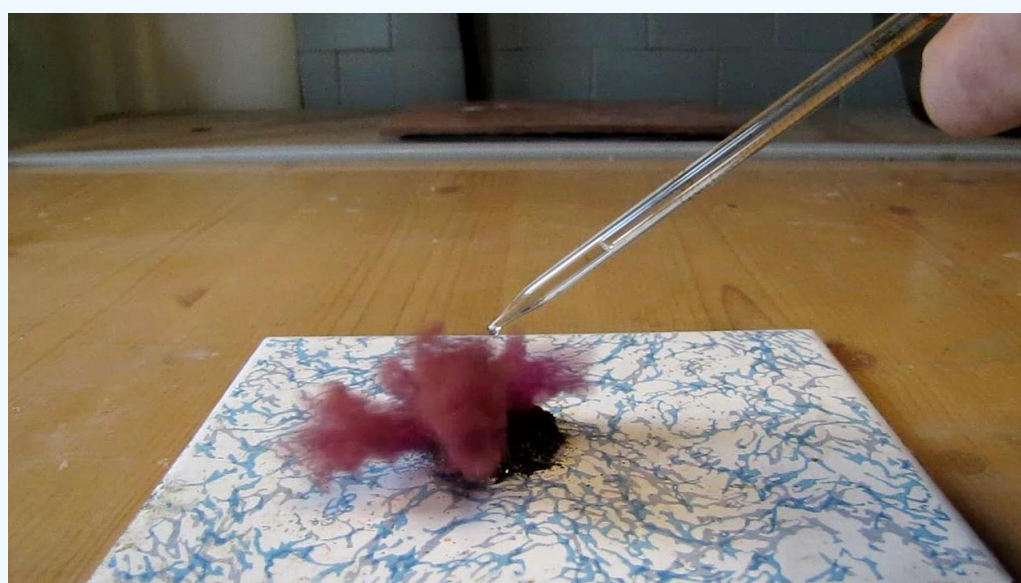
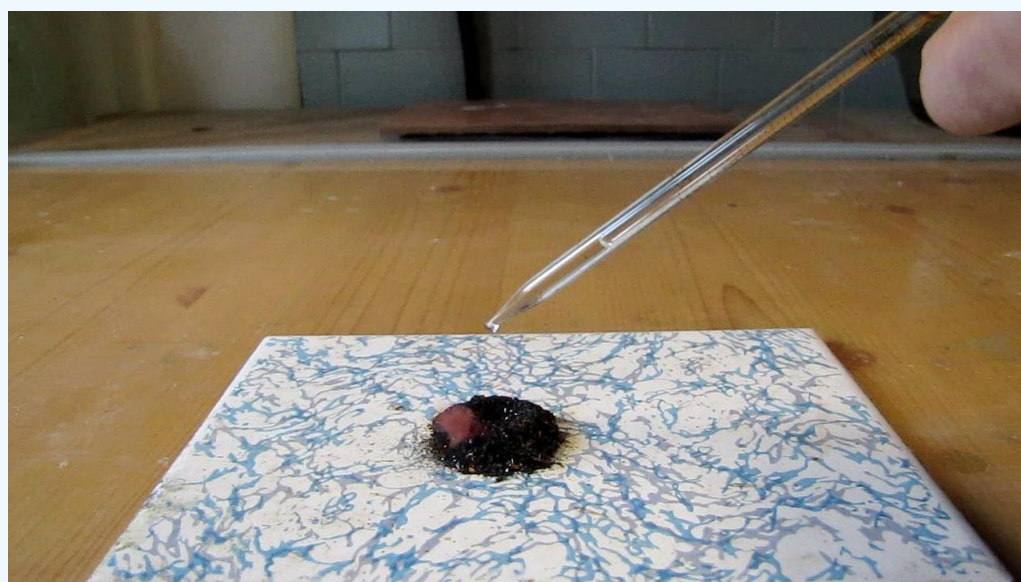
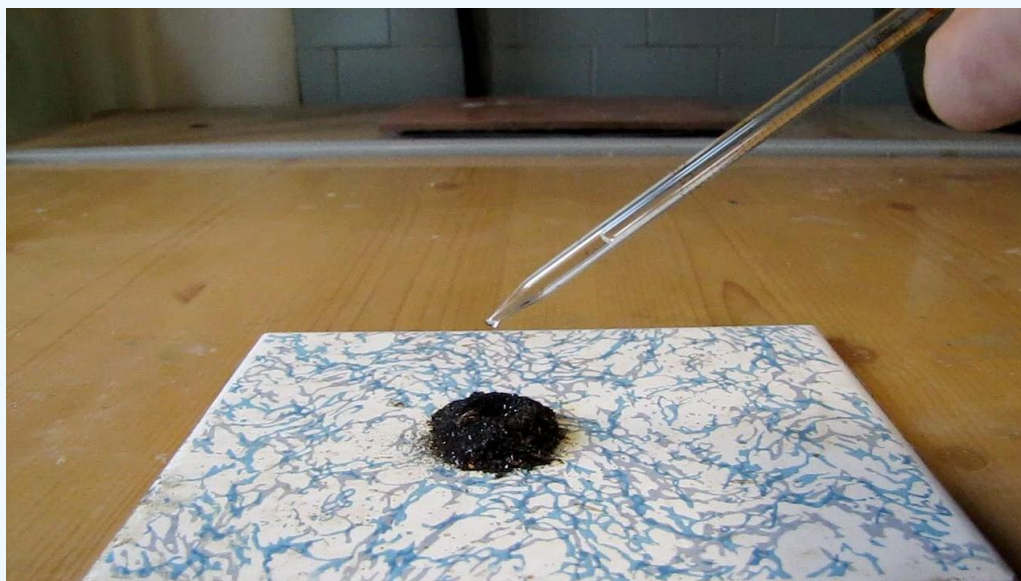
забурлила, появились фиолетовые и бурые пары, которые поднимались вверх или стелились по поверхности. Было красиво, однако сколько воды мы не добавляли, смесь так и не загорелась. Причина очевидна - слишком много иода: тепло реакции (между иодом и магнием) уходило на сублимацию иода и испарение воды, в результате достаточного разогрева смеси не было.

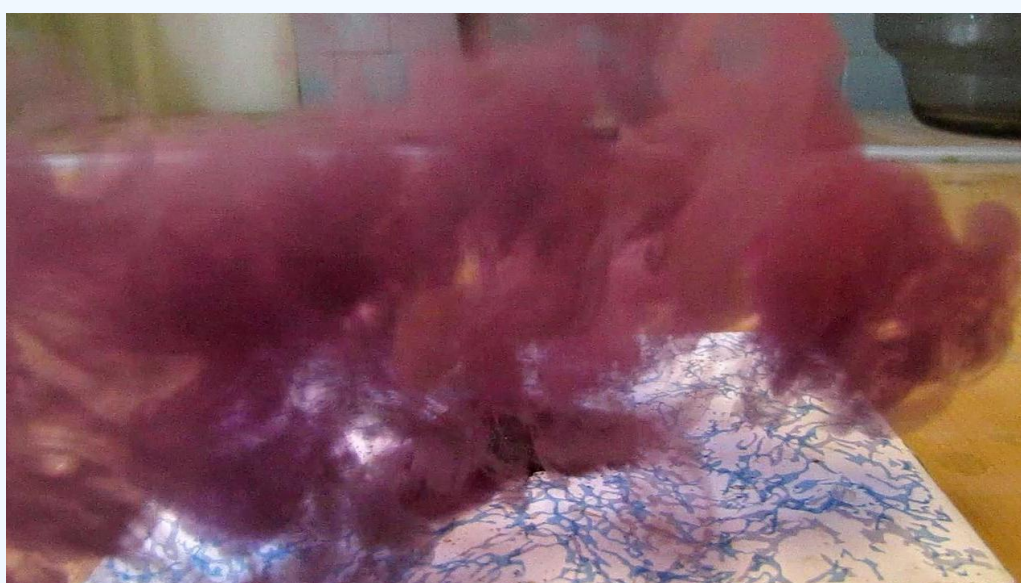
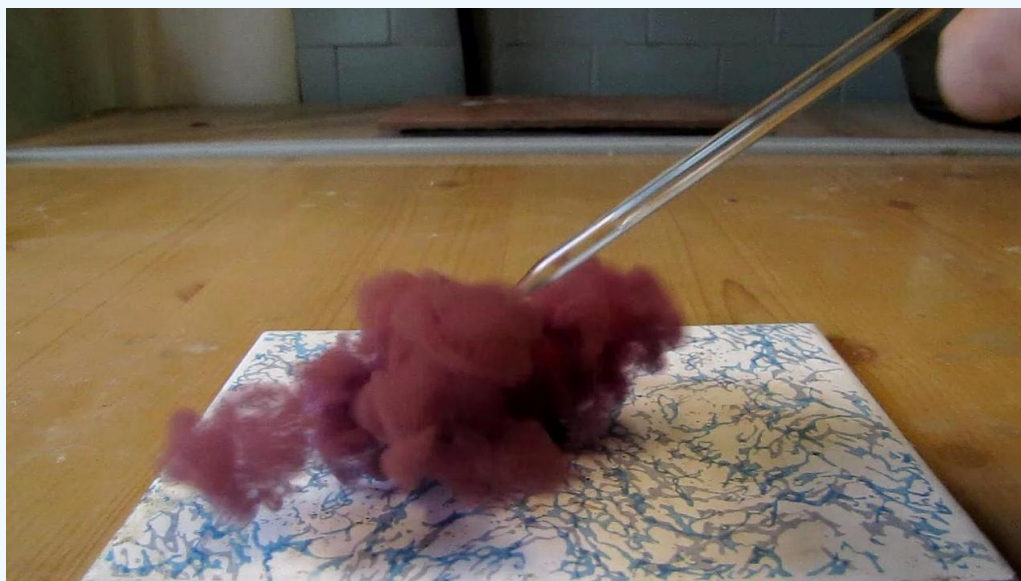
[Смотреть Видео \(40 Мб, .avi\)](#)

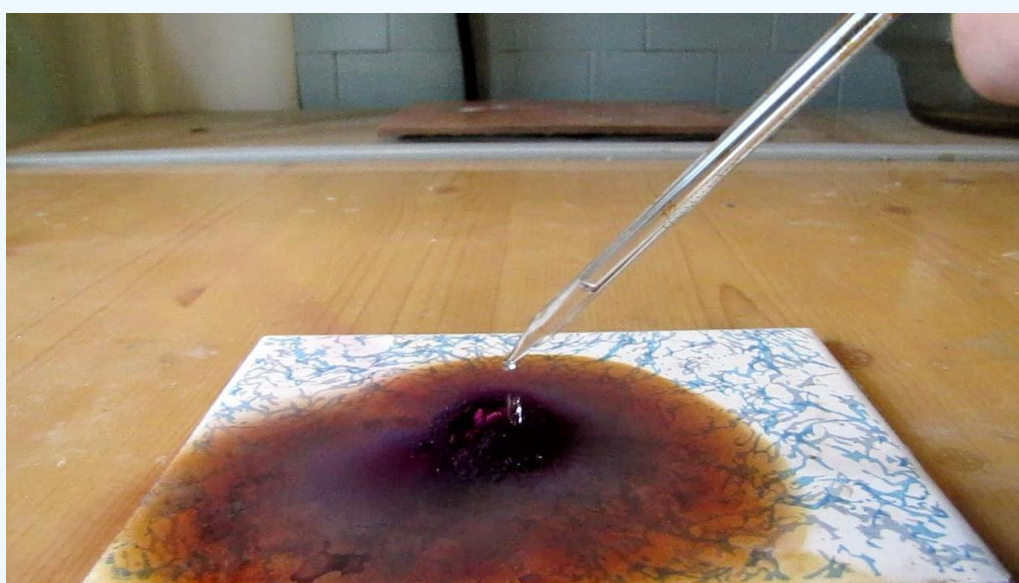


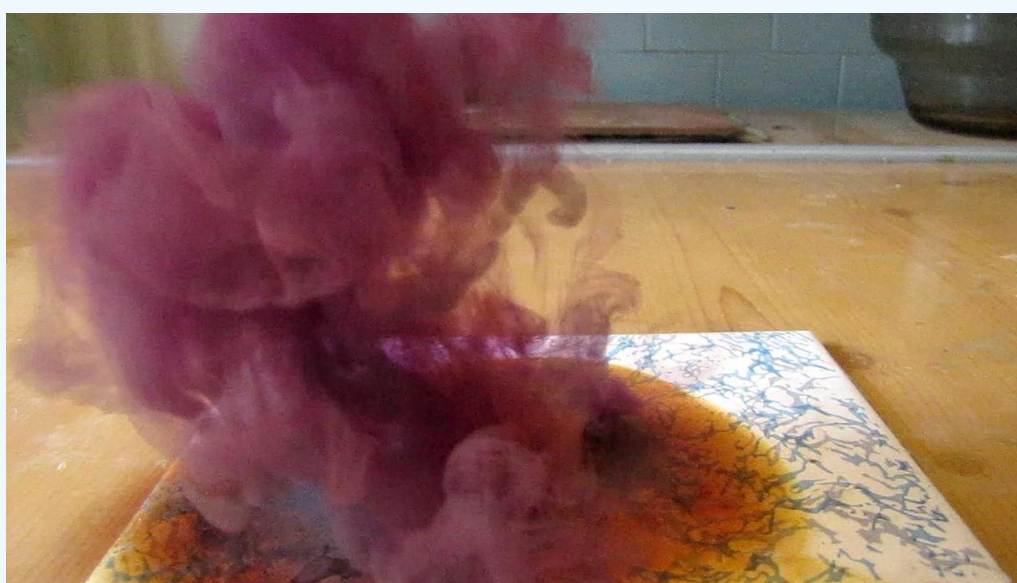
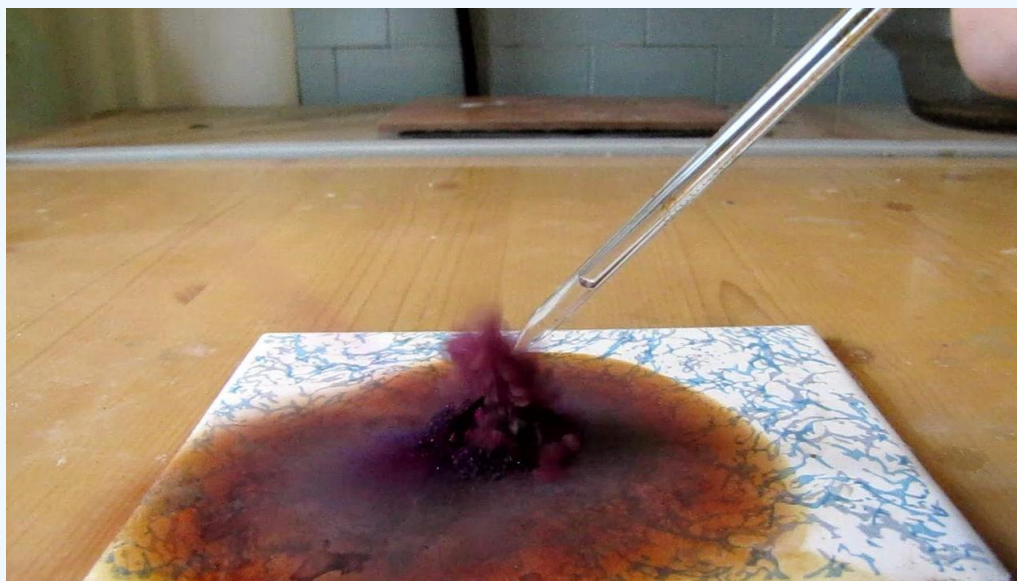
Огонь от капли воды (реакция магния с иодом)

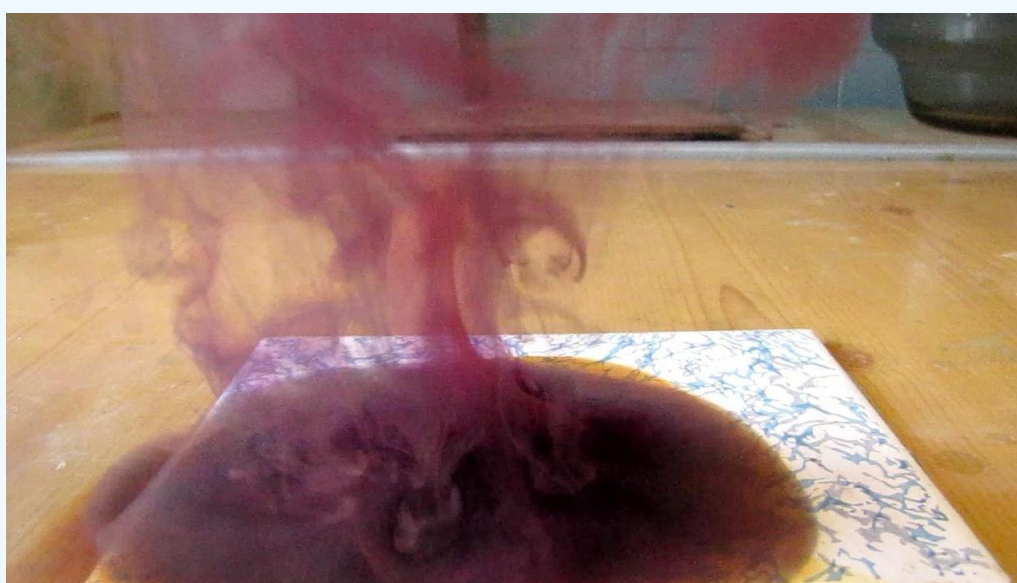
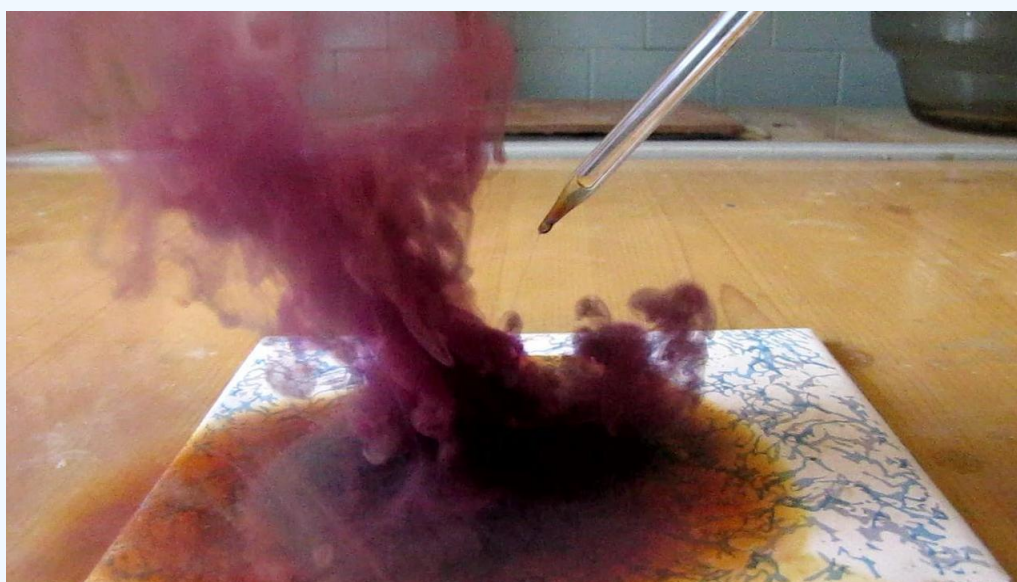
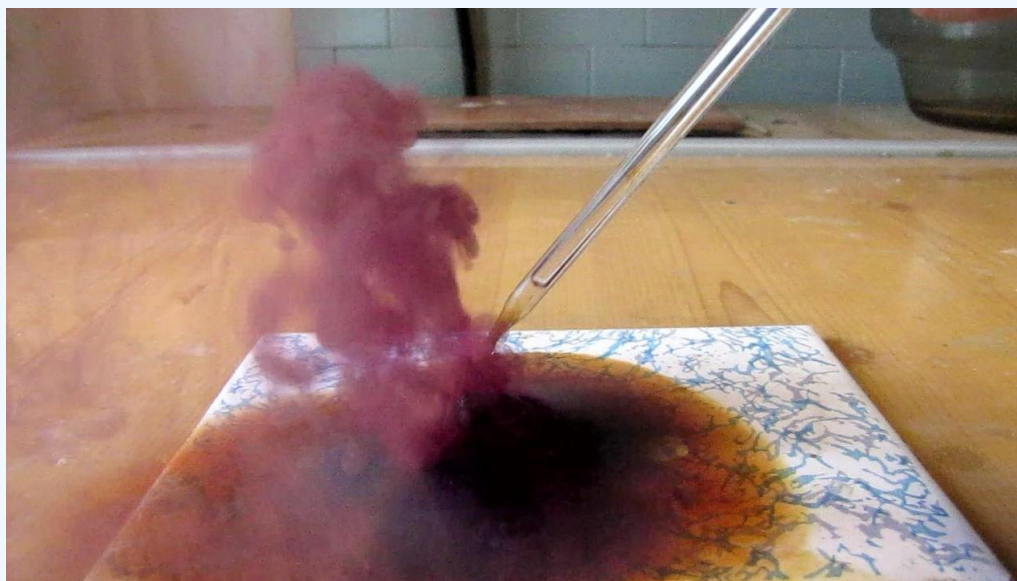


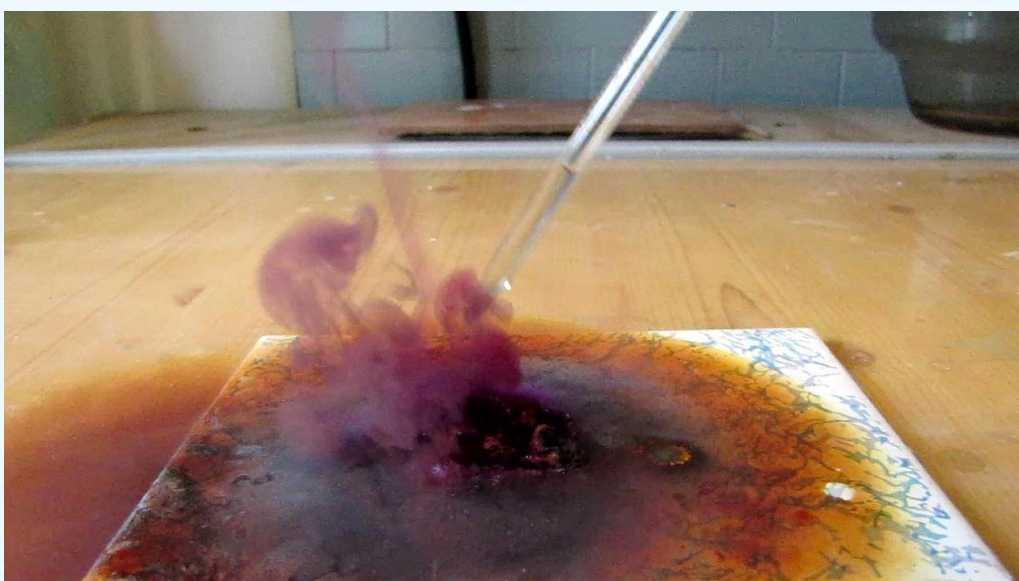
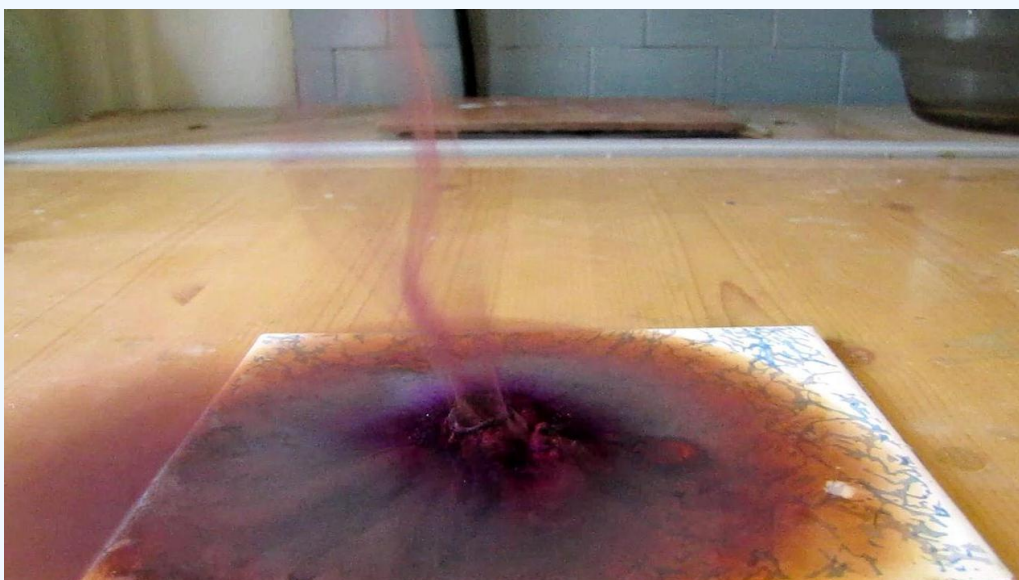


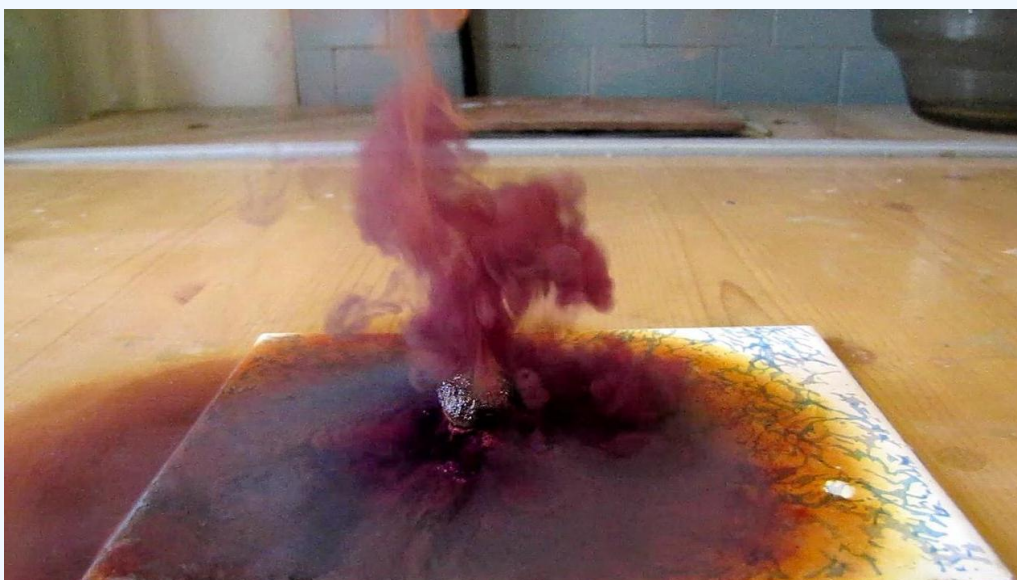
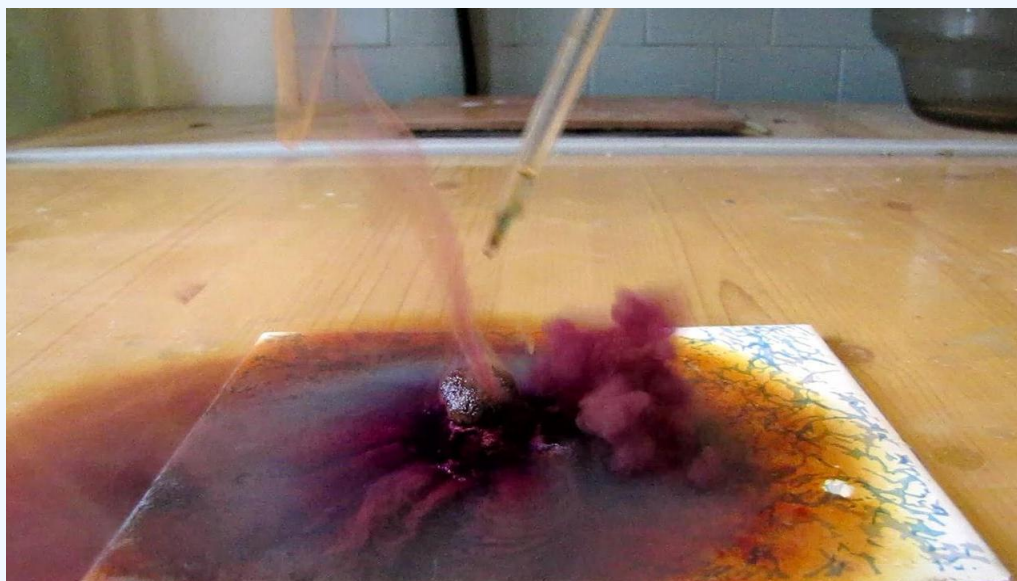








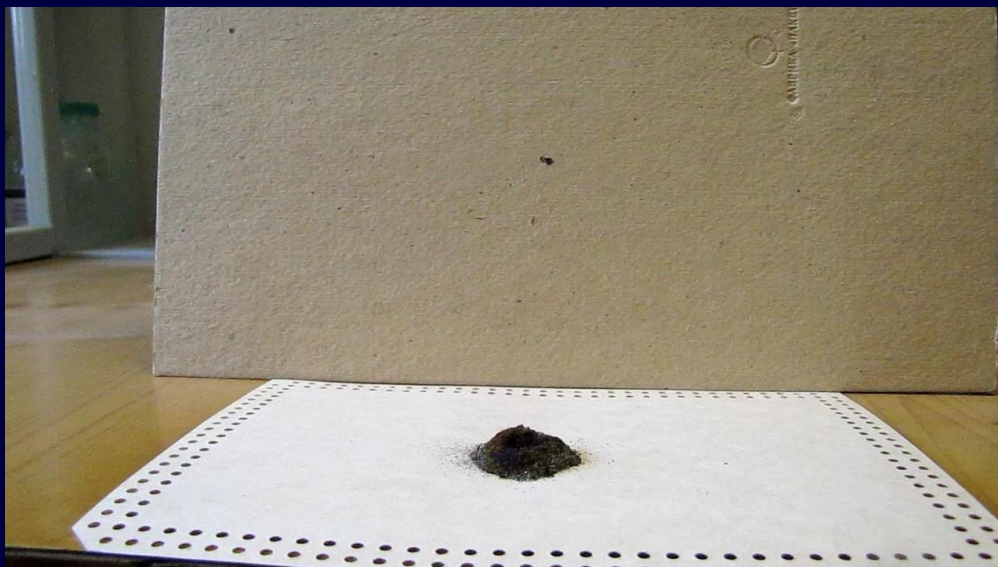




Во втором опыте мы взяли значительно меньше иода (на 0.45 г Mg 0.25 г I₂). Смесь также расположили горкой и капнули воды. От первой капли началось активное выделение фиолетовых и бурых паров, еще несколько капель и смесь ярко вспыхнула.

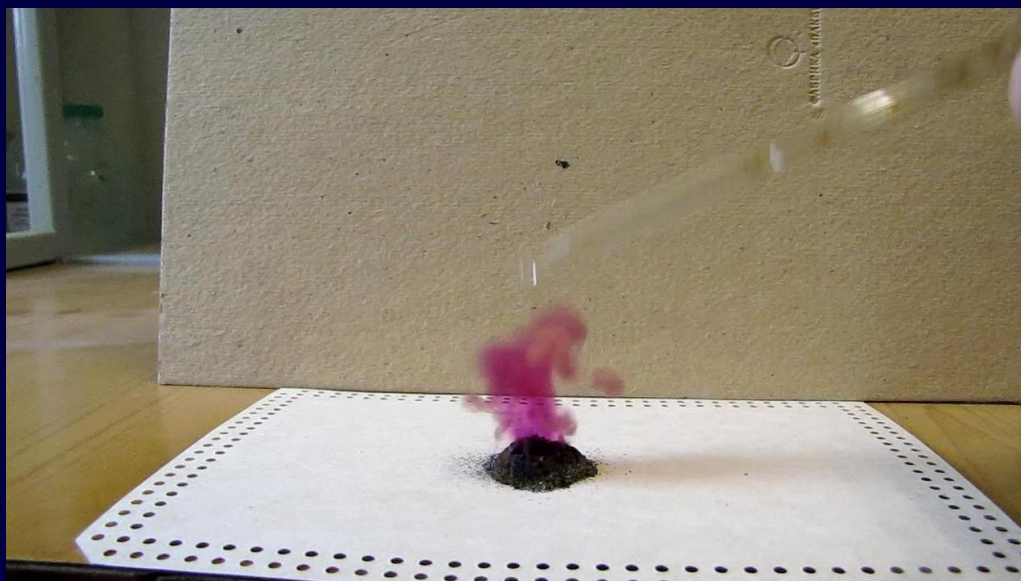
В разгар опыта оказалось, что снизу нет керамической плитки: смесь была насыпана на бумагу, которая лежала прямо на деревянном столе, но было уже поздно. На крышке стола появилось еще одно обугленное место.

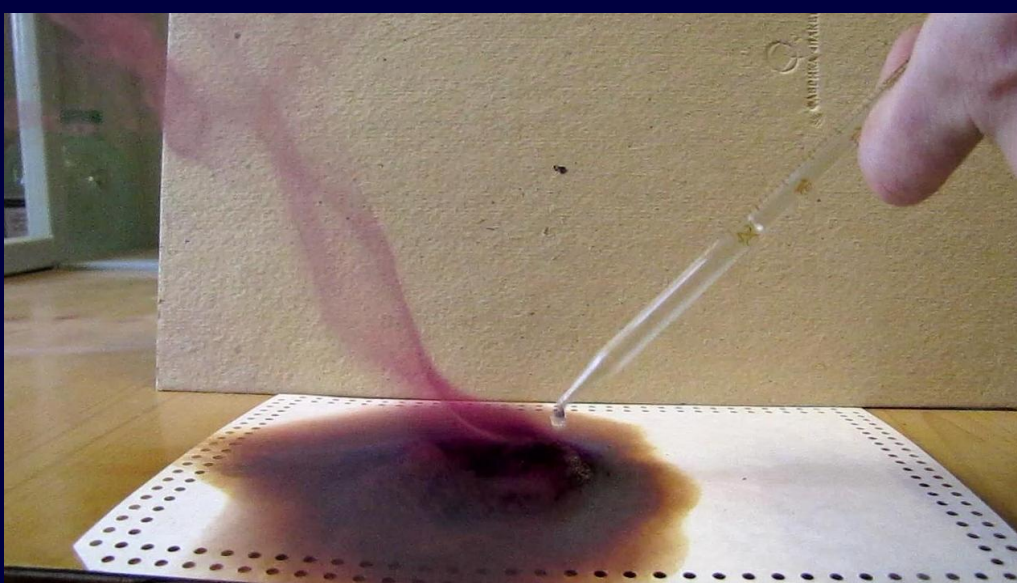
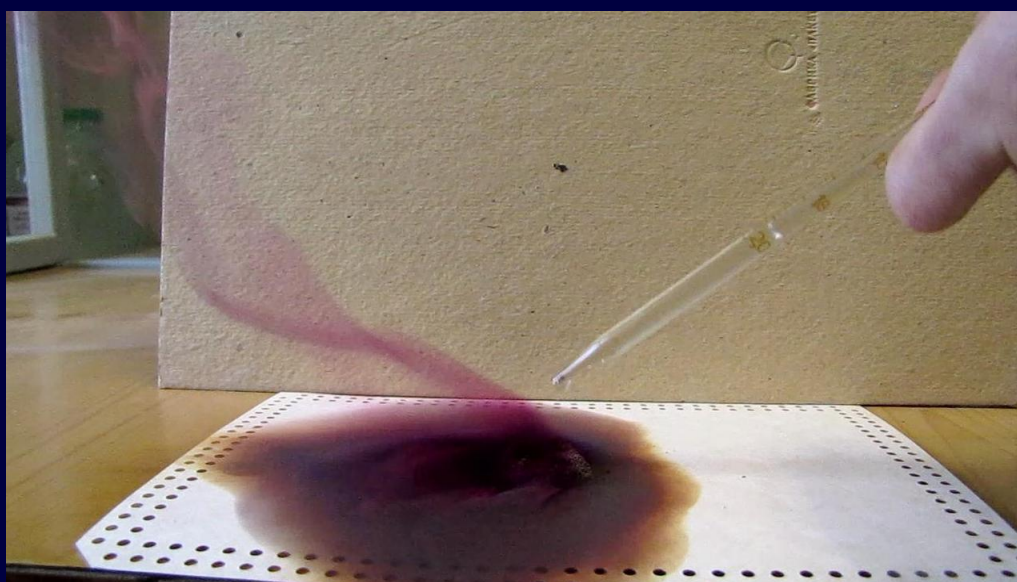
[Смотреть Видео \(29 Мб, .avi \)](#)

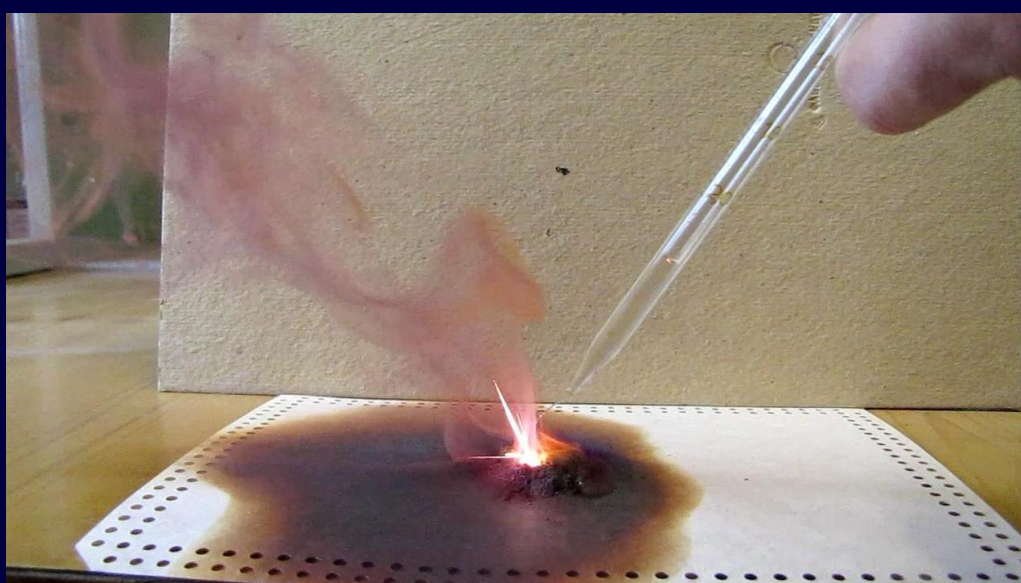
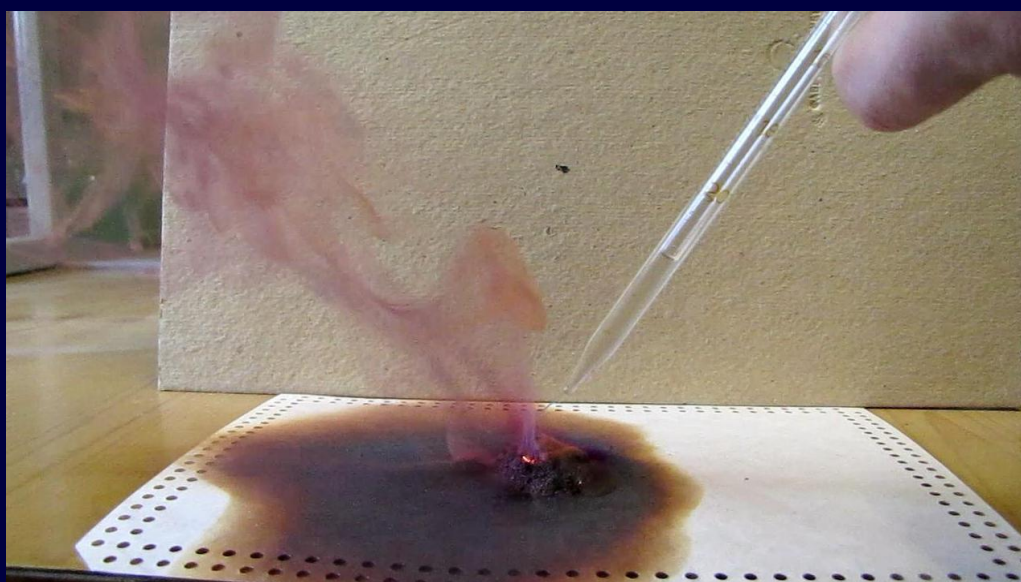
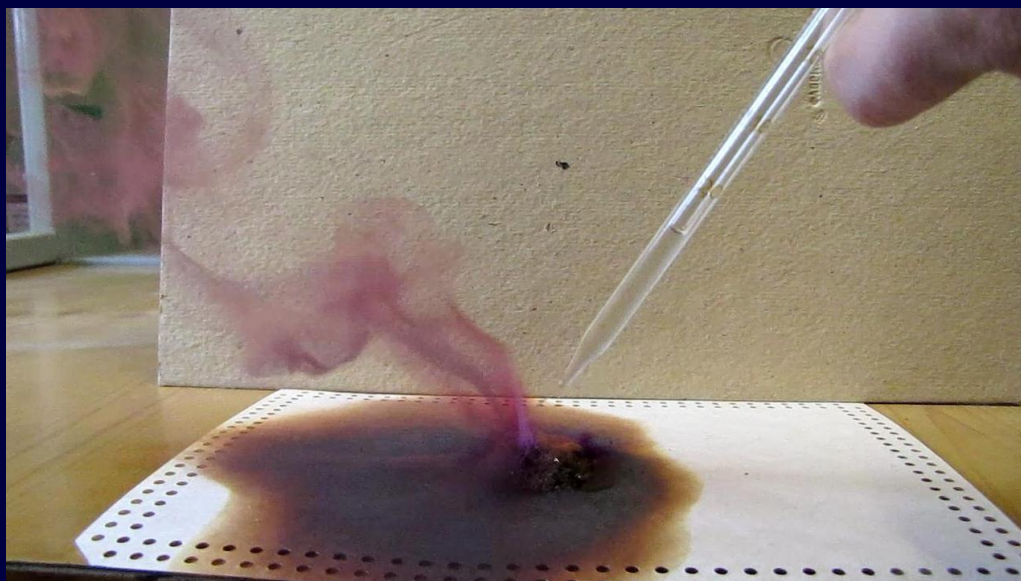


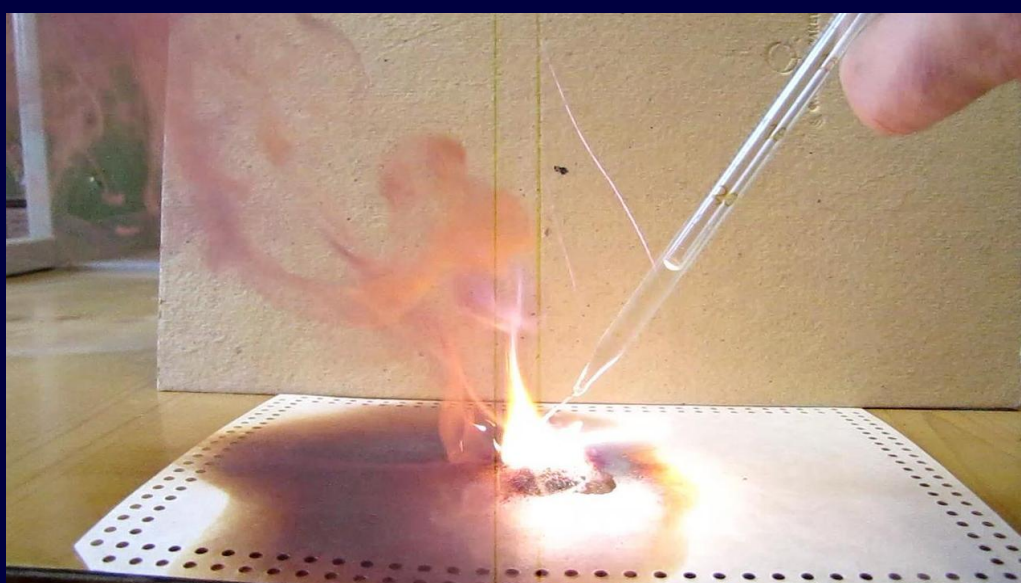
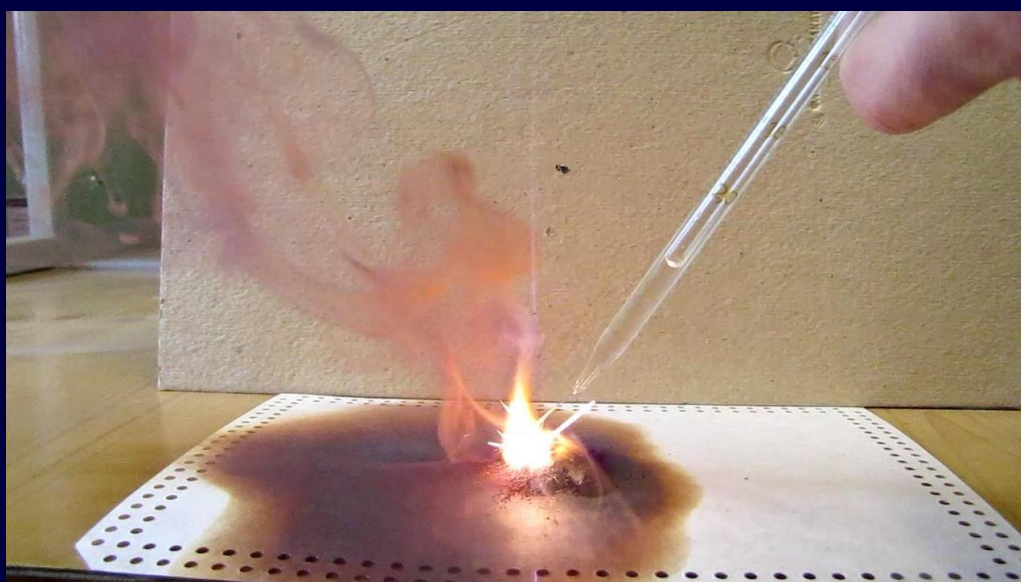
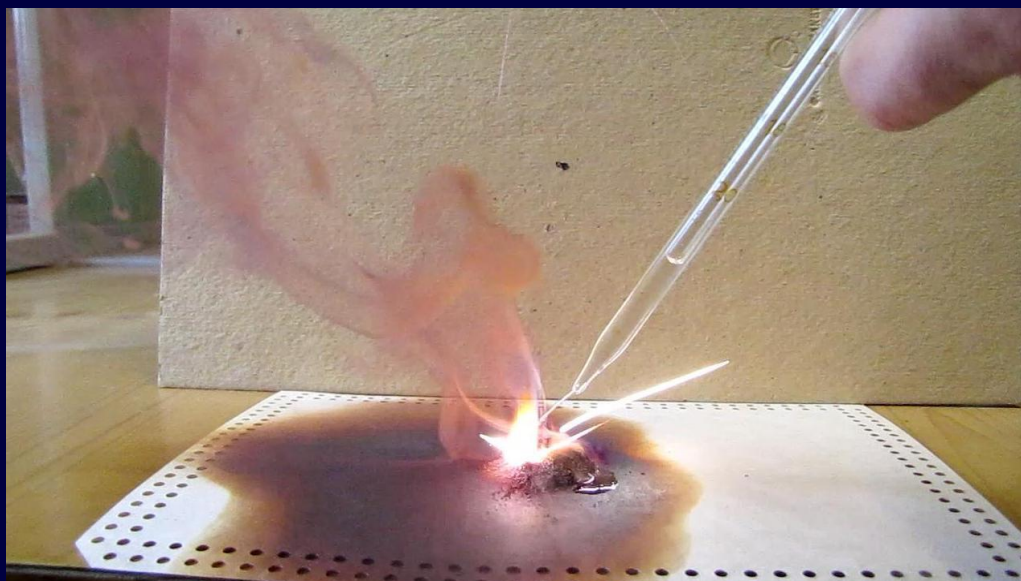
Огонь от капли воды (реакция магния с иодом)

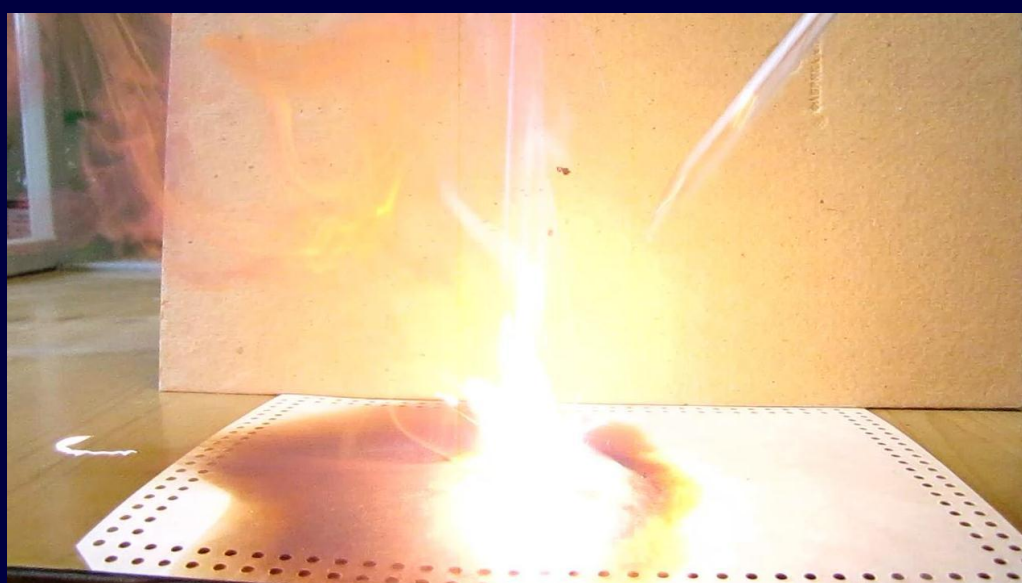
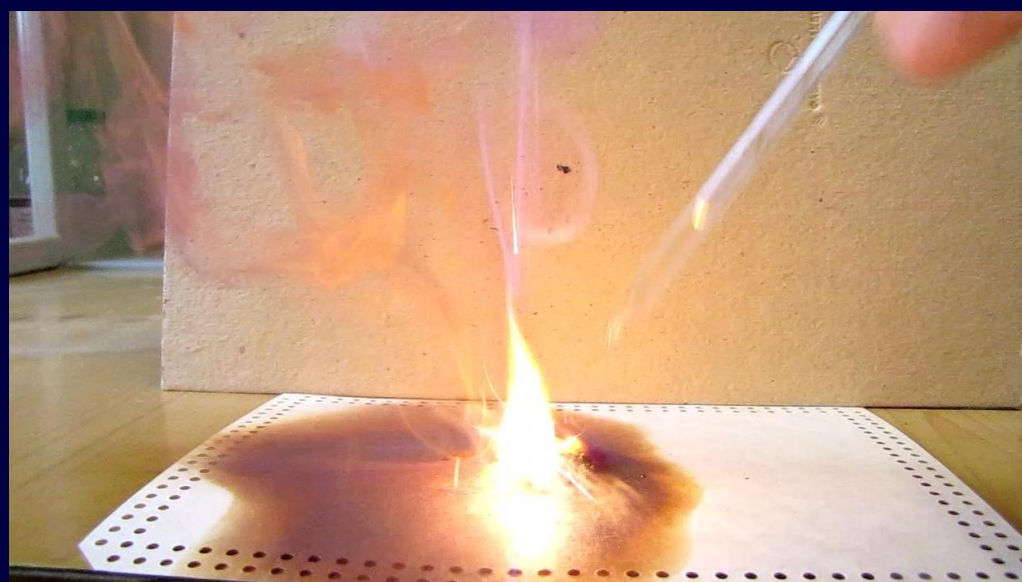
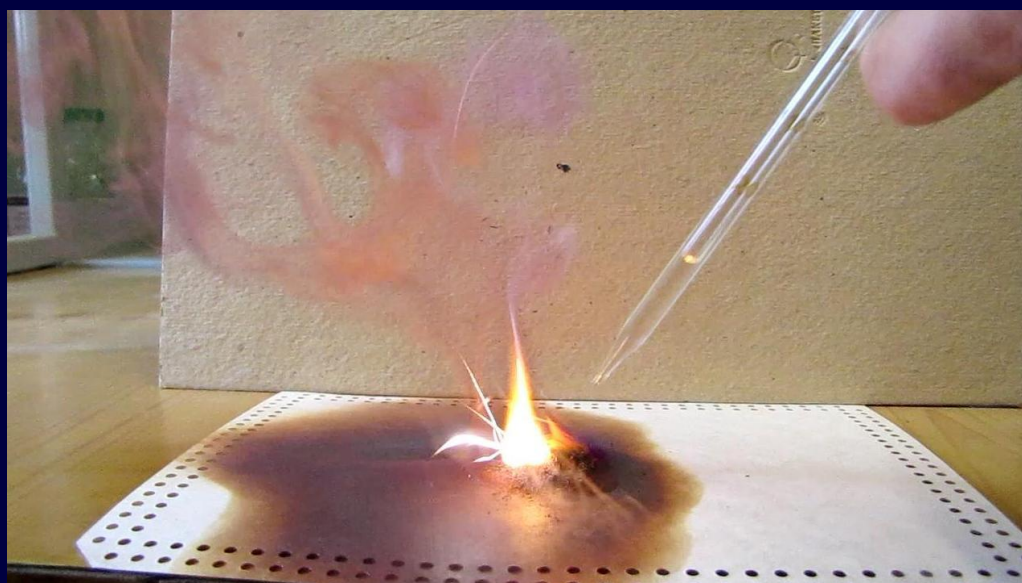


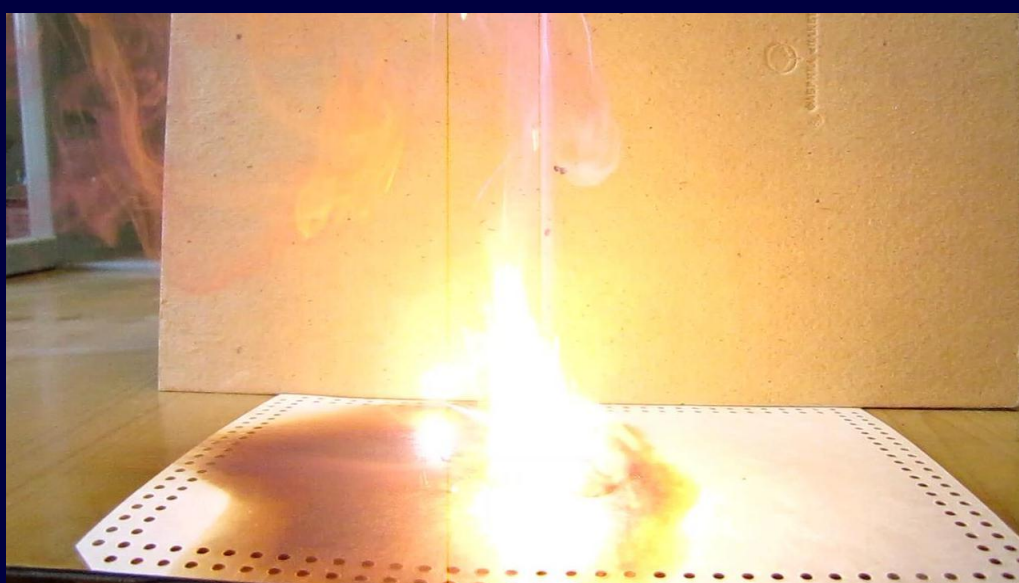
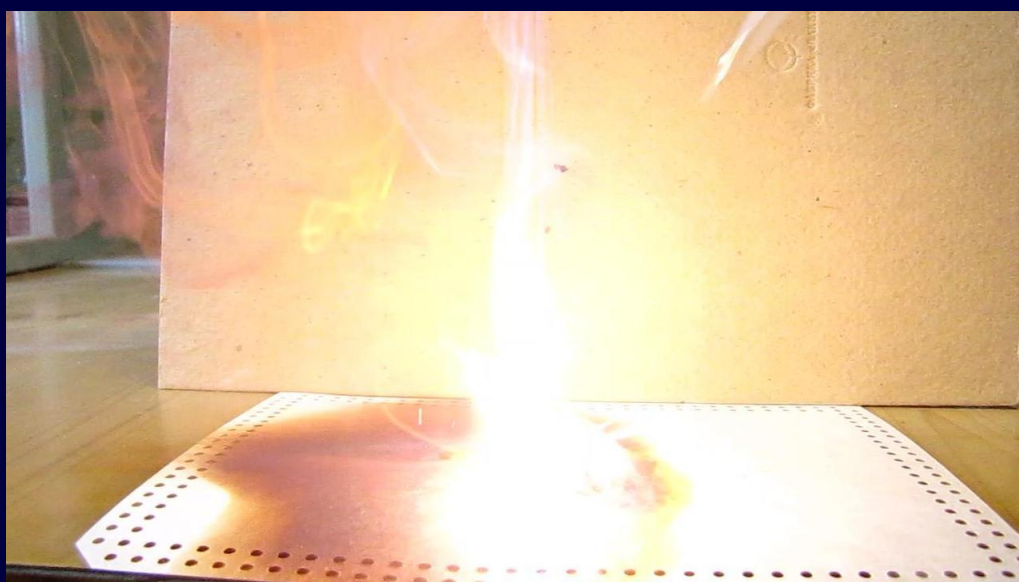


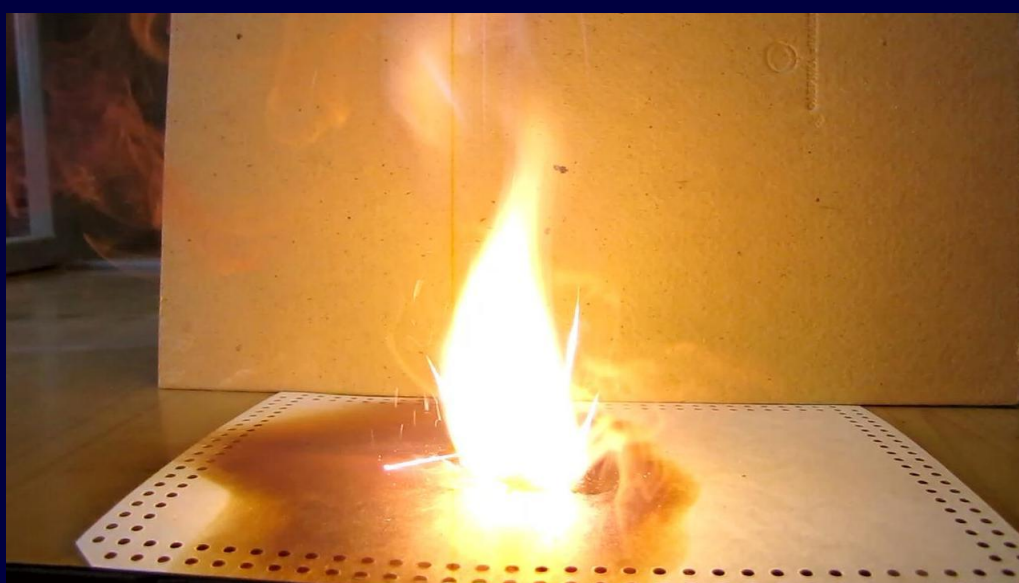
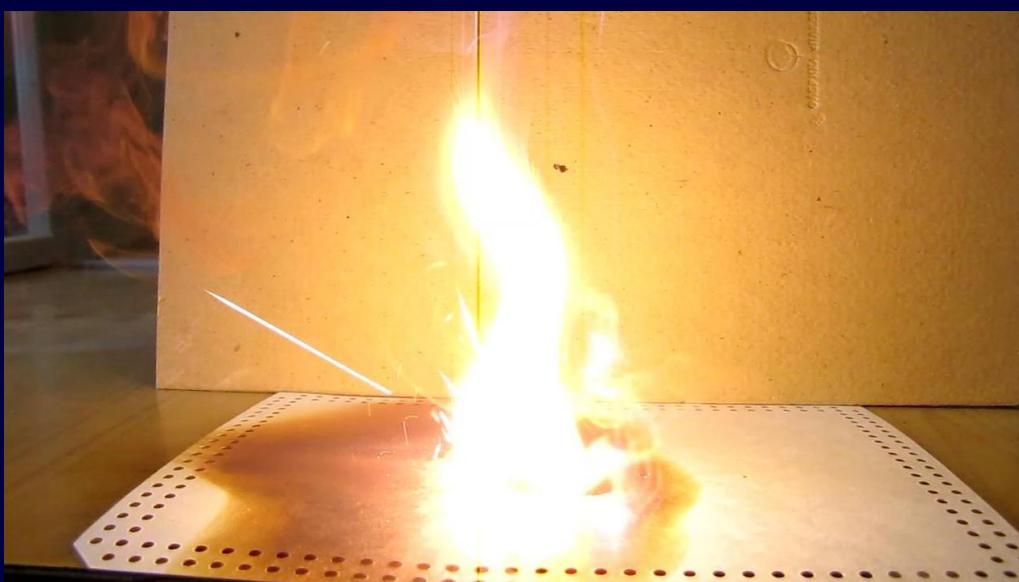
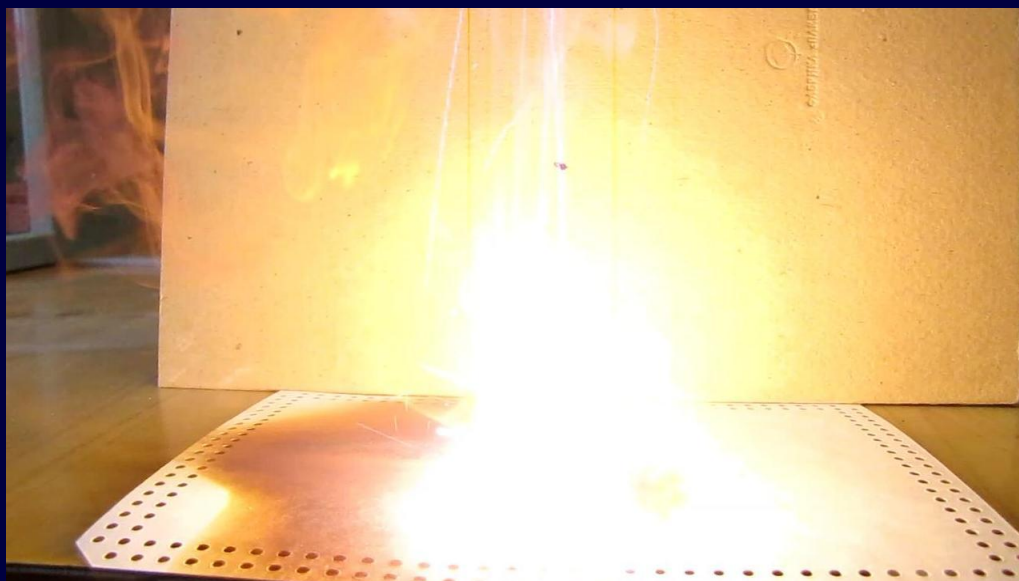


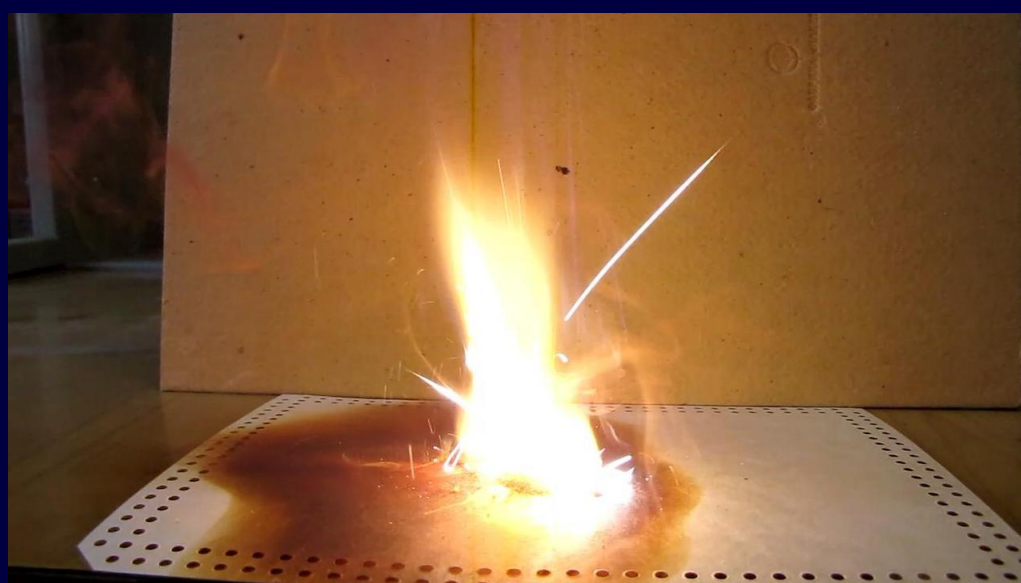
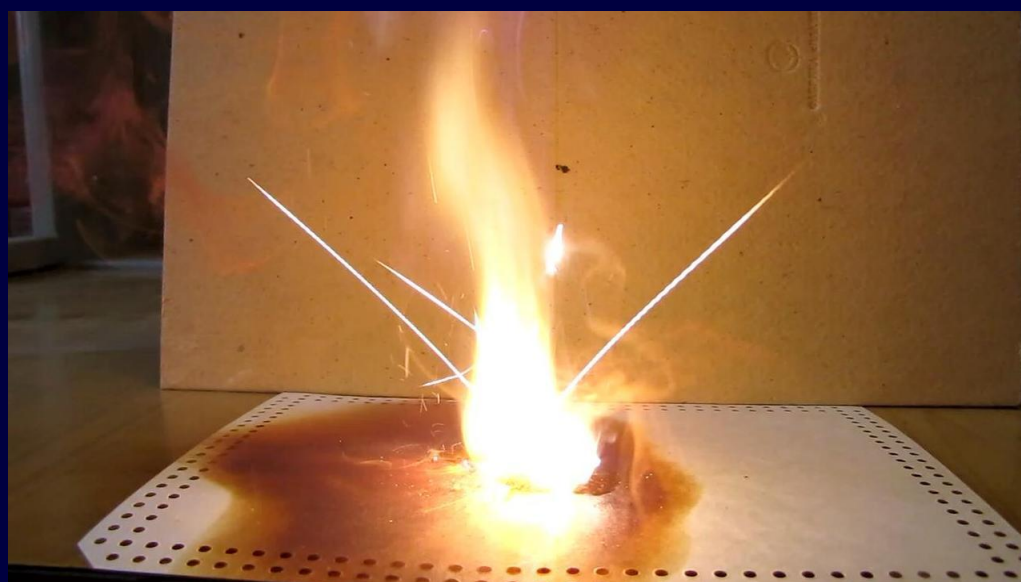
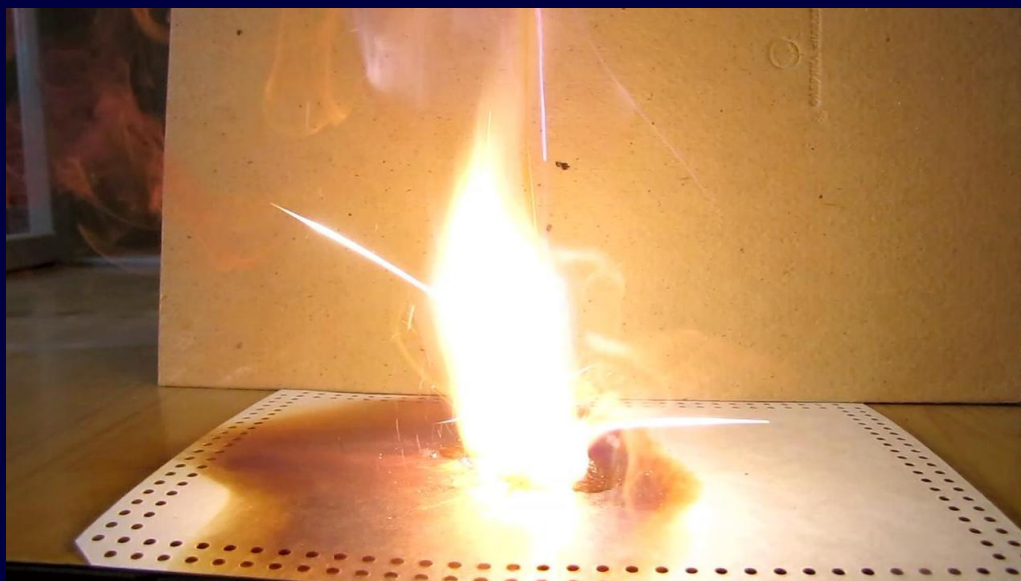


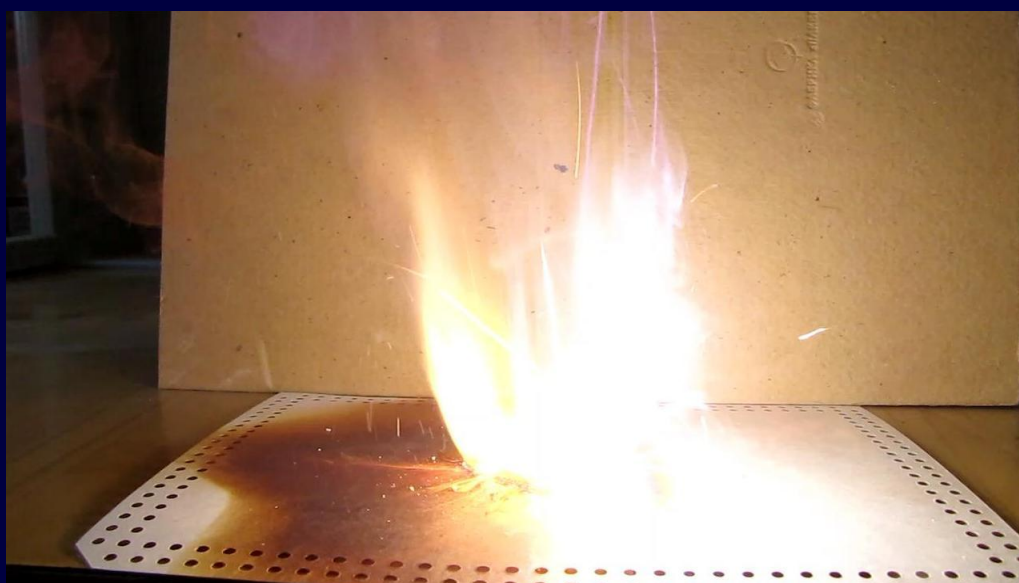
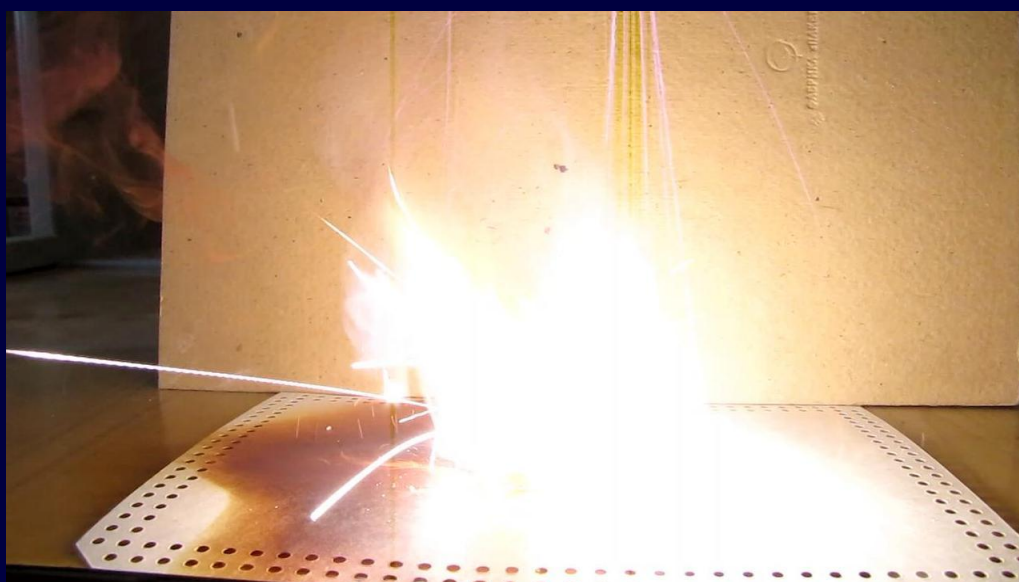
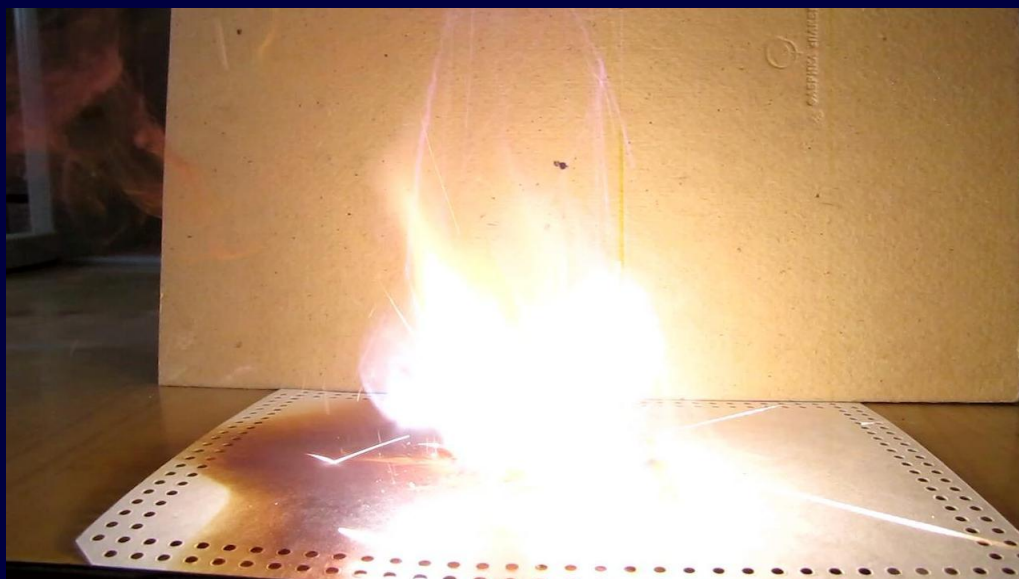


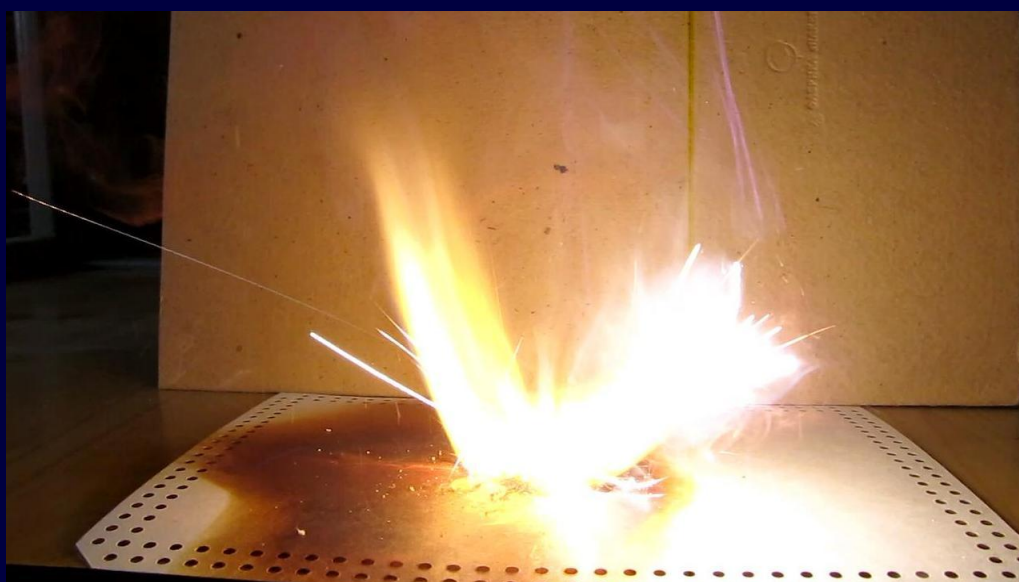
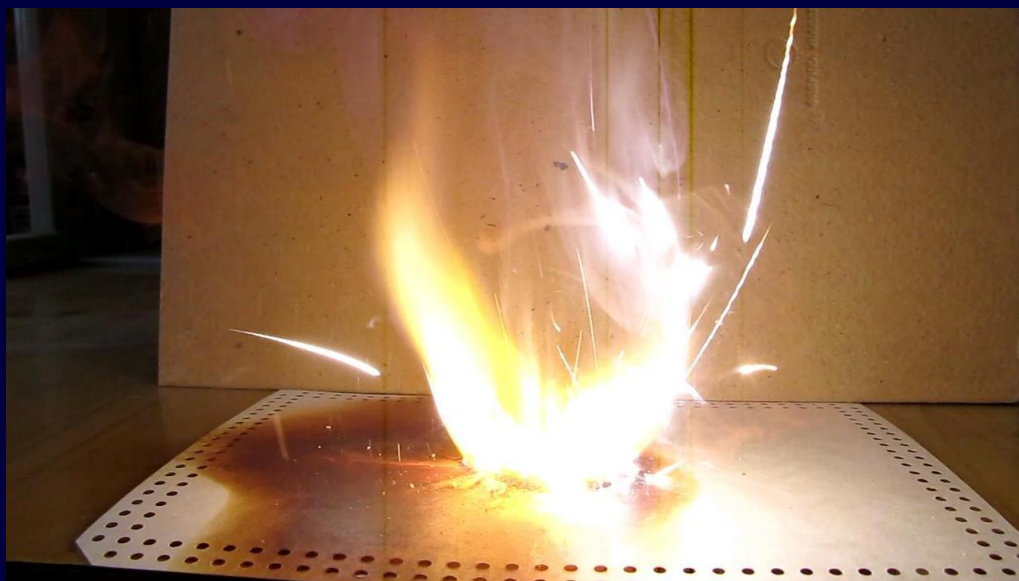


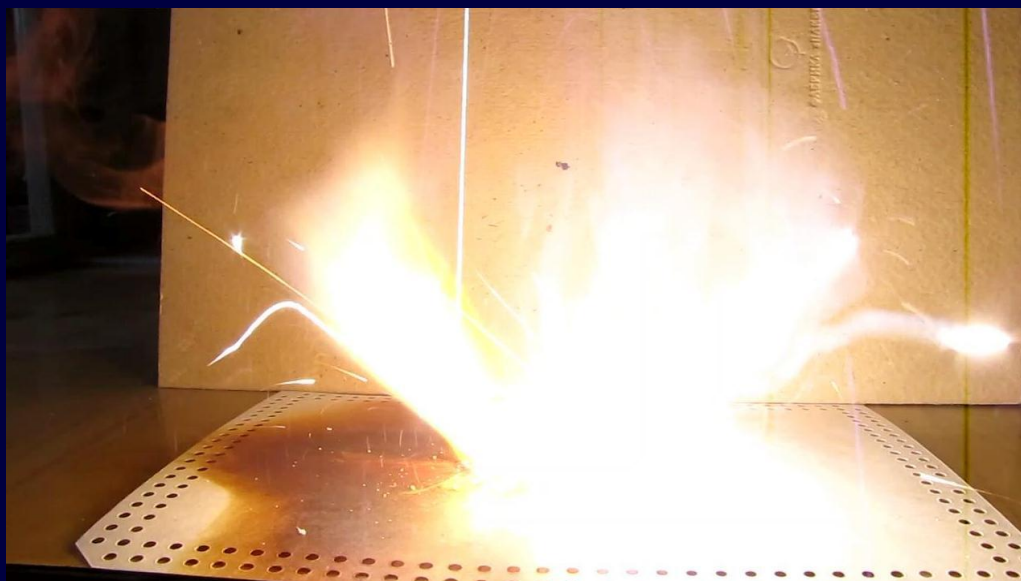


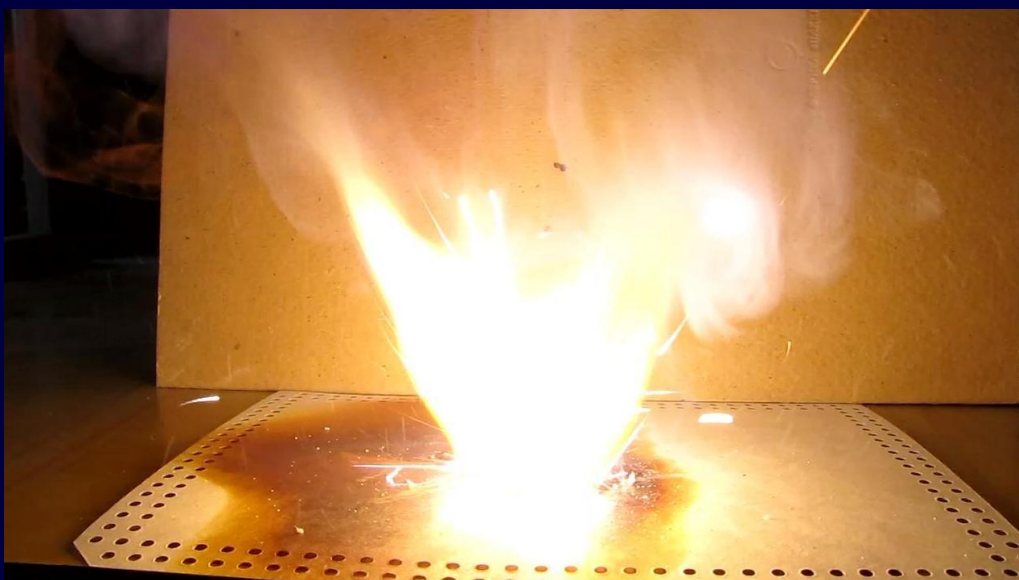


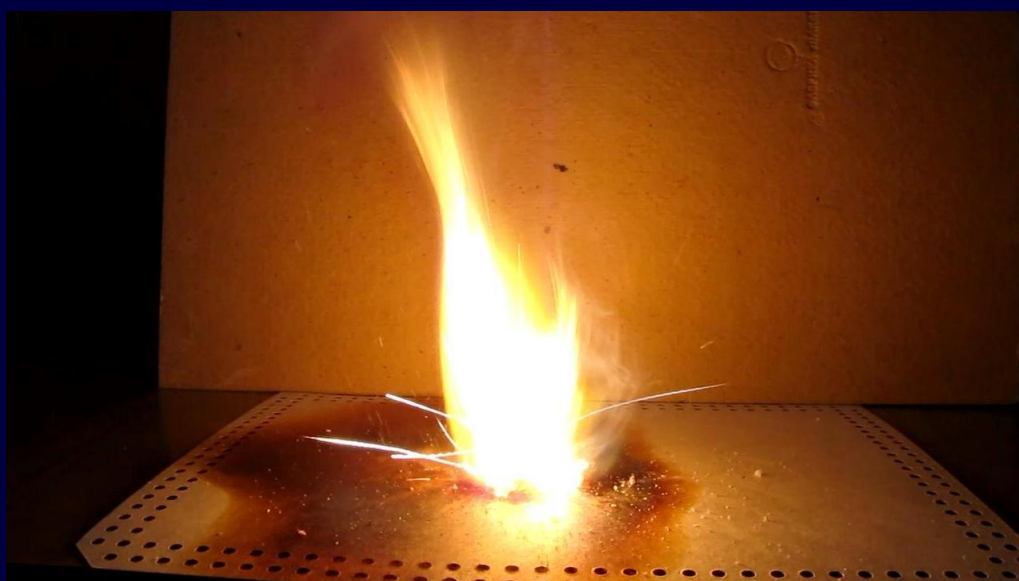




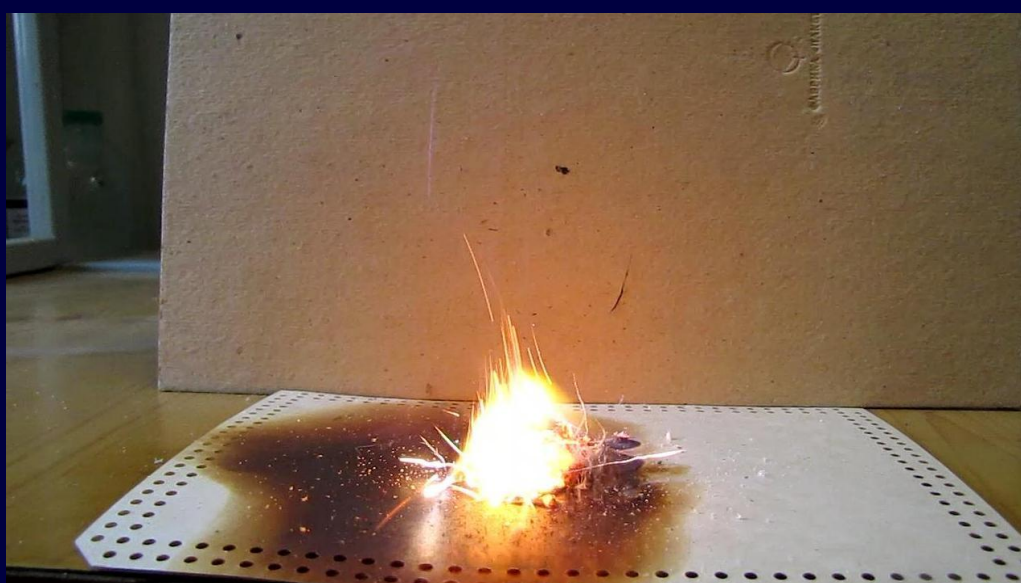
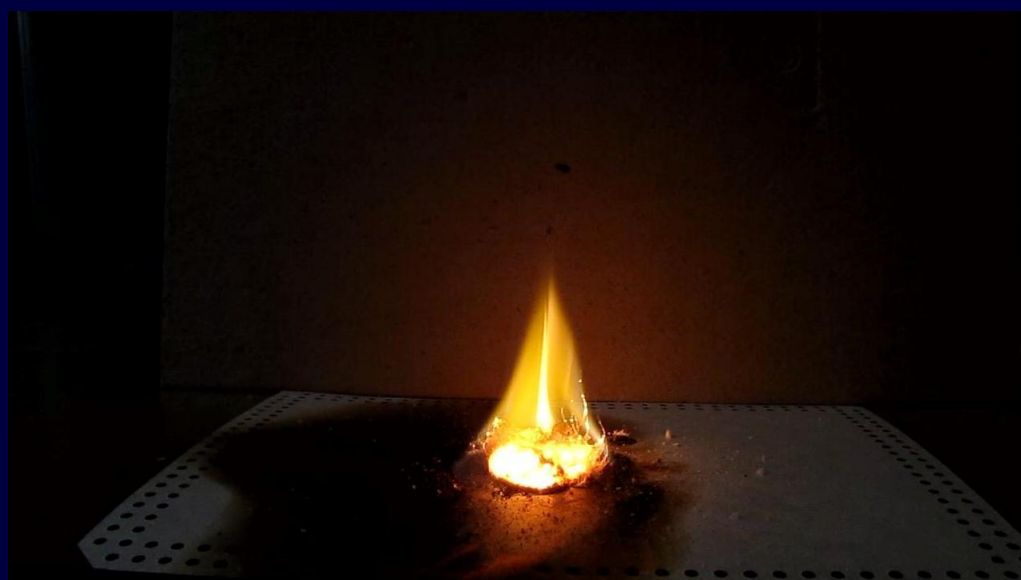














Был проведен аналогичный опыт с кальцием и иодом. Грубую смесь иода с опилками кальция смочили каплей воды. Раздалось шипение, образовалось облако "дыма", однако вспышки заметно не было.



Реакция кальция с иодом





Огонь от капли воды (магний и нитрат серебра)

В.Н. Витер

В предыдущей статье мы описали воспламенение смеси магния и иода при добавлении воды. Аналогичным свойством обладает смесь магния и нитрата серебра, конечно при горении смеси не образуются бурые и фиолетовые пары иода, но опыт выглядит не менее эффектно.

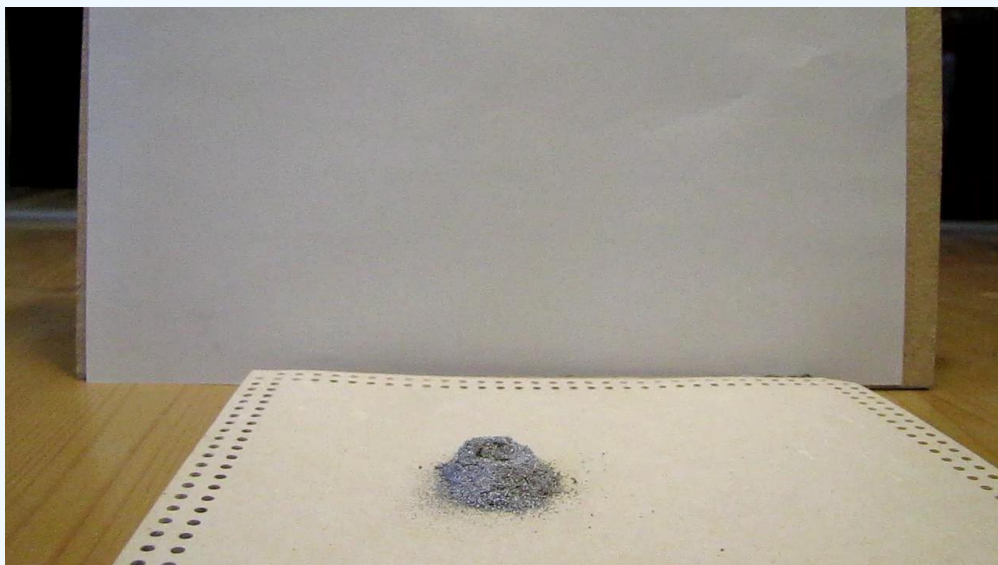
Первоначально планировалось взять на 0.59 г порошка магния 0.2 г нитрата серебра, однако при взвешивании мы случайно насыпали нитрата серебра больше, чем необходимо, а возвращать реактив в бутылочку не хотелось (риск загрязнения). В результате было взято **0.59 г мелкого порошка магния и 0.65 г нитрата серебра**. Нитрат серебра растерли и смешали с магнием, смесь высыпали горкой на бумагу, снизу подложили кафельную плитку. В центре горки сделали углубление и капнули туда горячей воды.

Следующее, что мы увидели - фиолетовый туман в глазах. Вспышка была настолько яркой, что ослепила экспериментатора на полминуты и настолько быстрой, что заметить ее не удалось. Реакция сопровождалась звуком, подобным звуку магниевой фотовспышки.

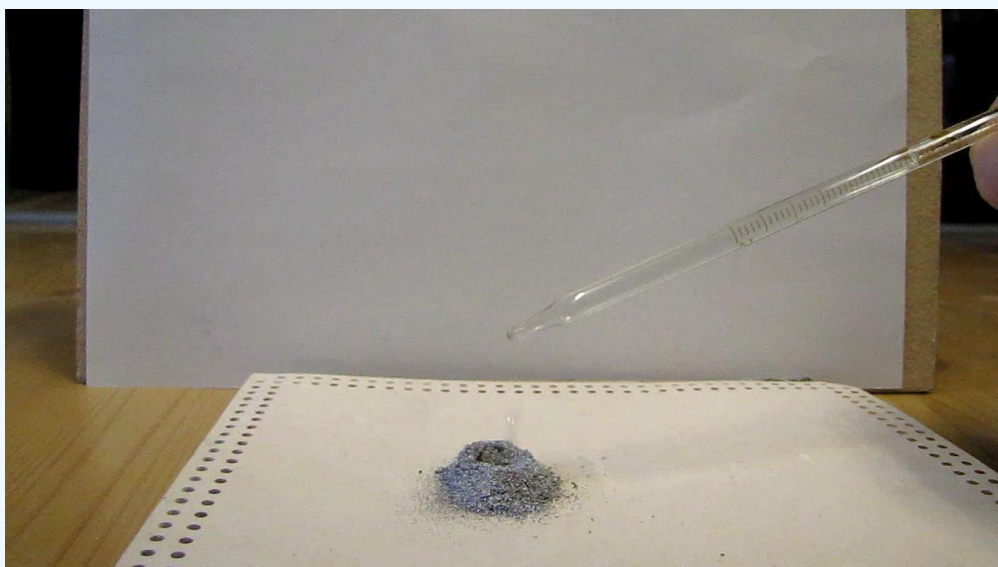
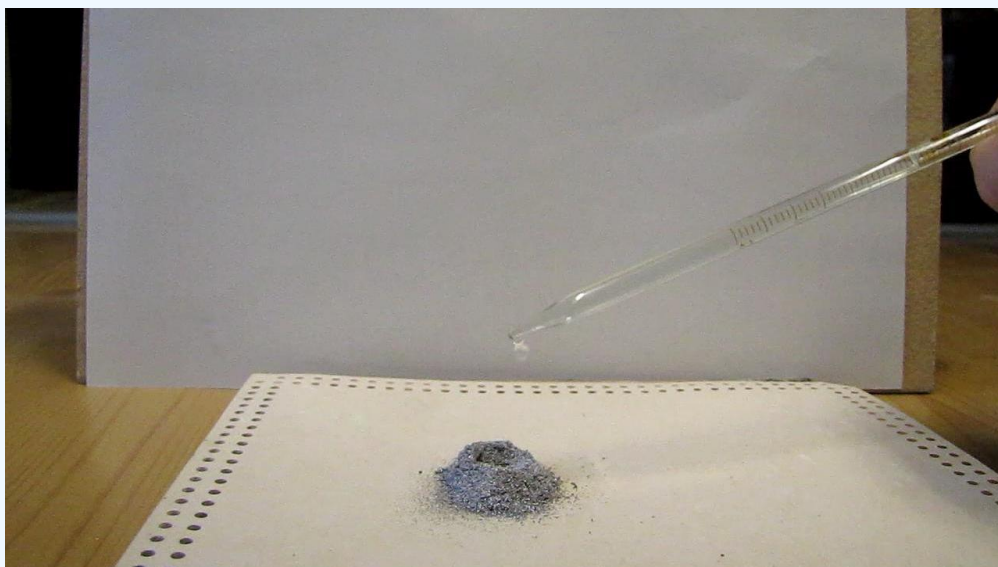
На бумаге и фоновом экране появилось два коричневых пятна - это все, что осталось от смеси. Сама бумага загореться не успела.

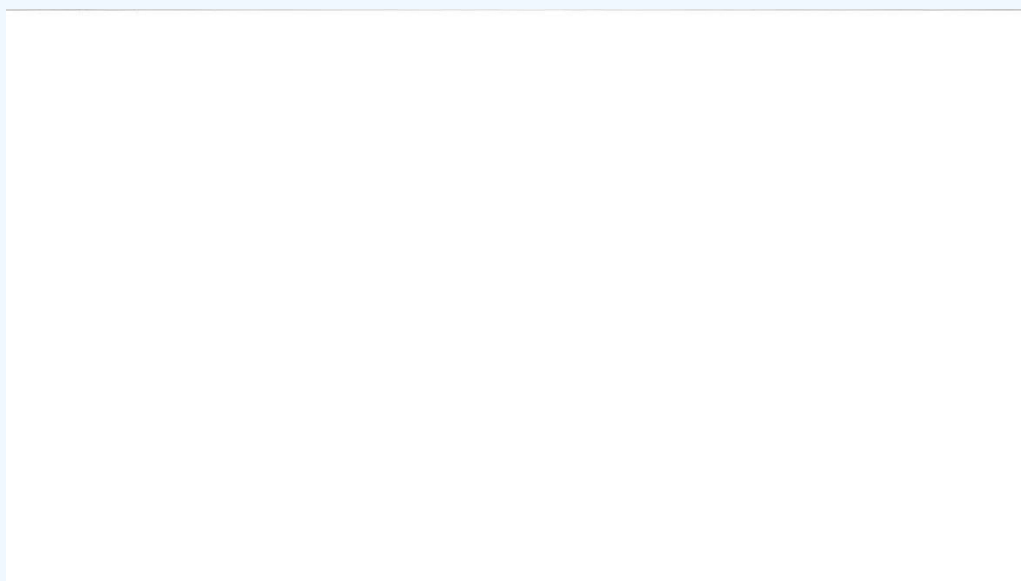
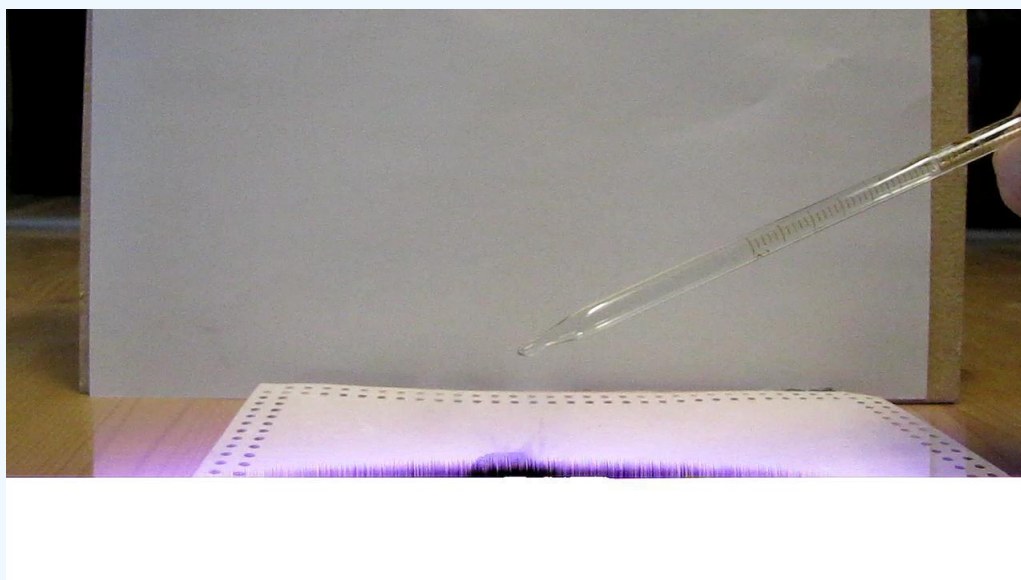
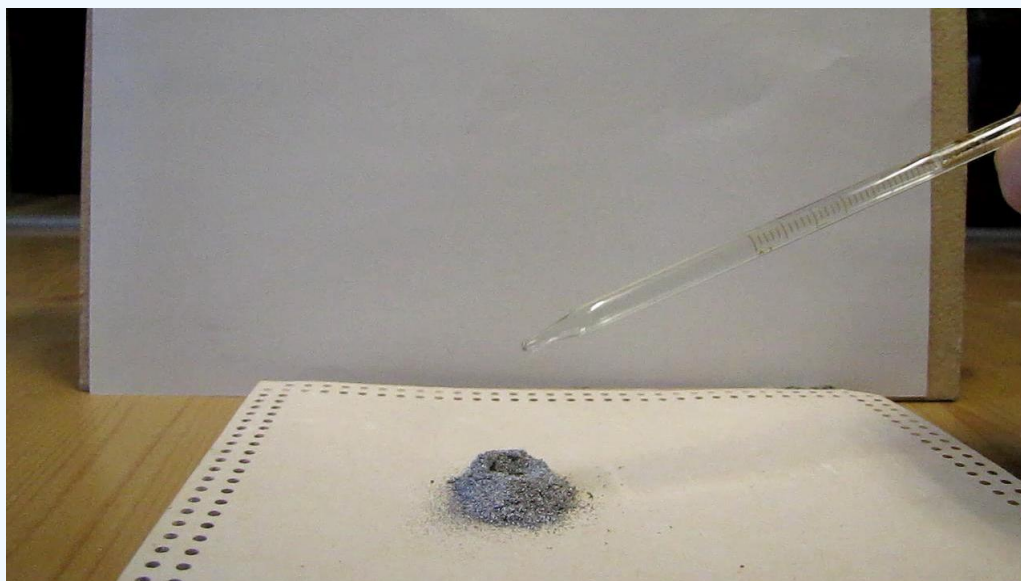
Реакция была настолько стремительной, что зафиксировать сам момент вспышки на видео не удалось: фотоаппарат неадекватно передавал изображение (см. иллюстрации ниже).

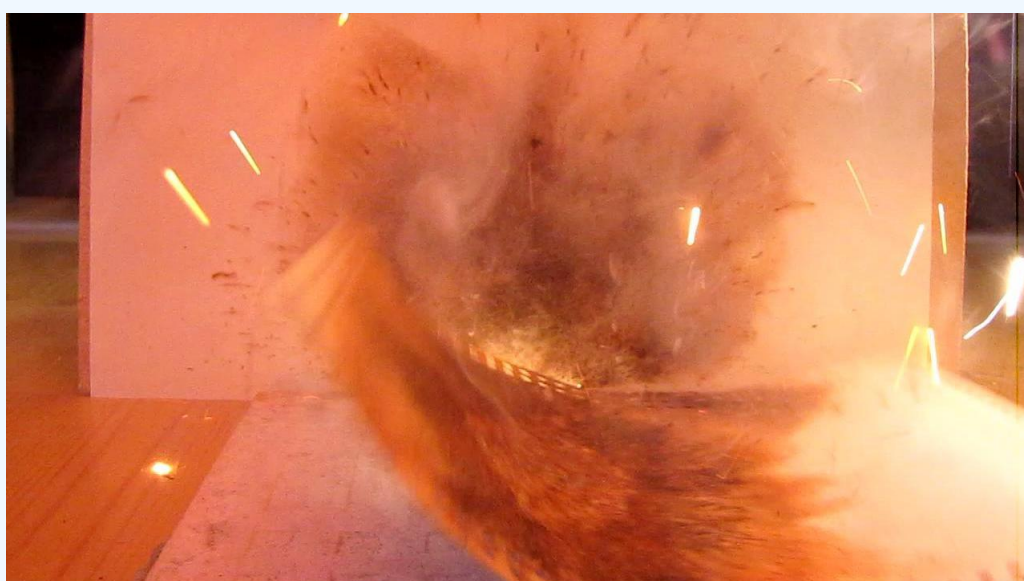
[Смотреть Видео \(17 Мб, .avi\)](#)

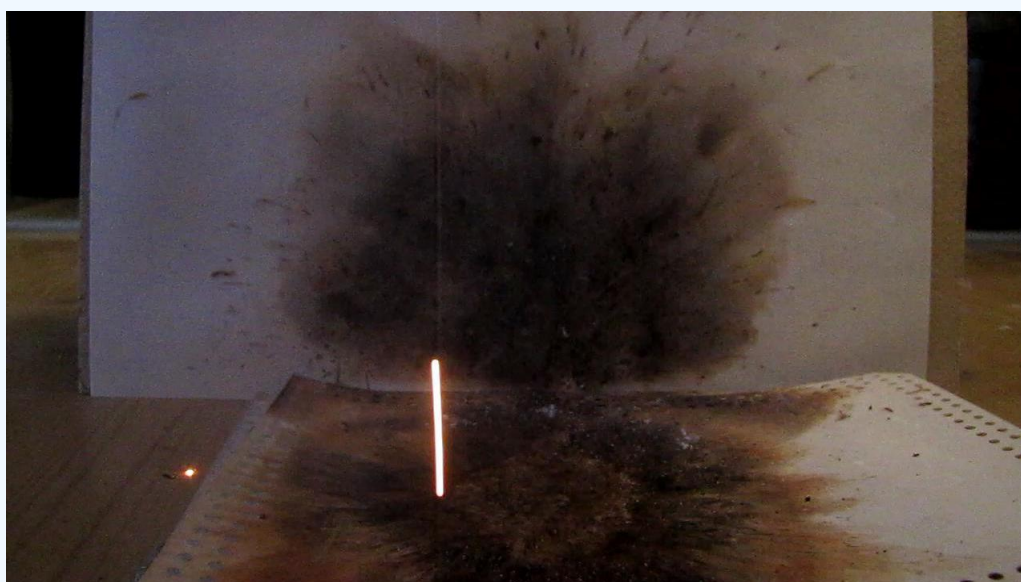


Огонь от капли воды (магний и нитрат серебра)





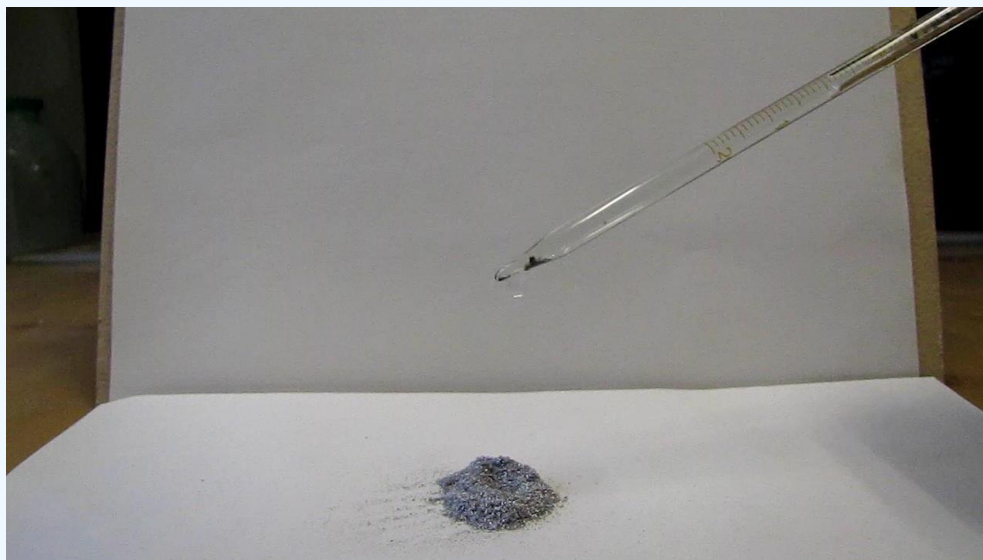






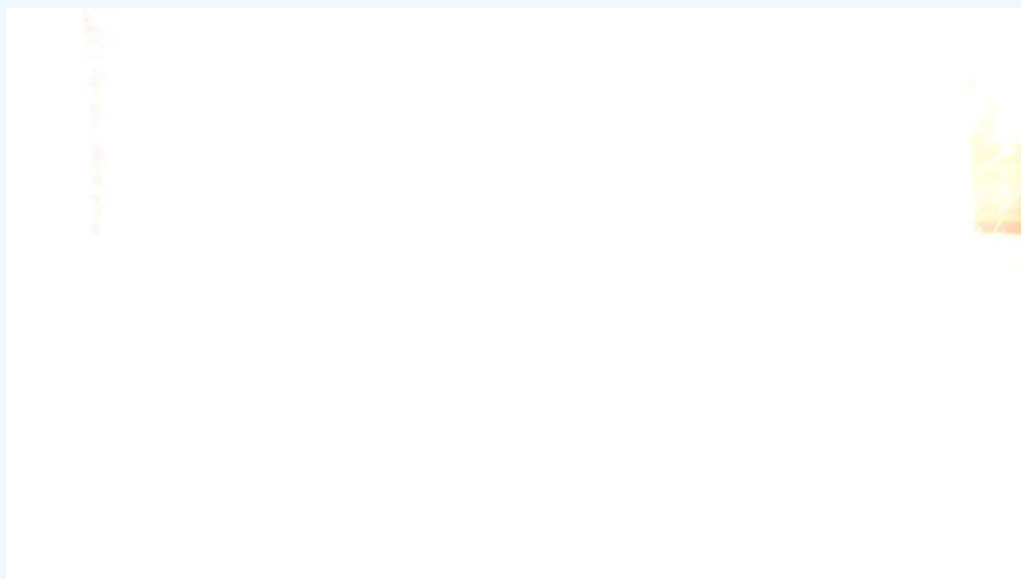
Во втором эксперименте мы смешали 0.5 г магния и 0.2 г растертого нитрата серебра. Смесь также высыпали горкой, сделали в центре углубление и капнули воды (комнатной температуры). В этот раз вспышка произошла с небольшой задержкой и была не такой стремительной: на видео была сплошная засветка, но визуально наблюдать вспышку удалось. Бумага после вспышки загорелась.

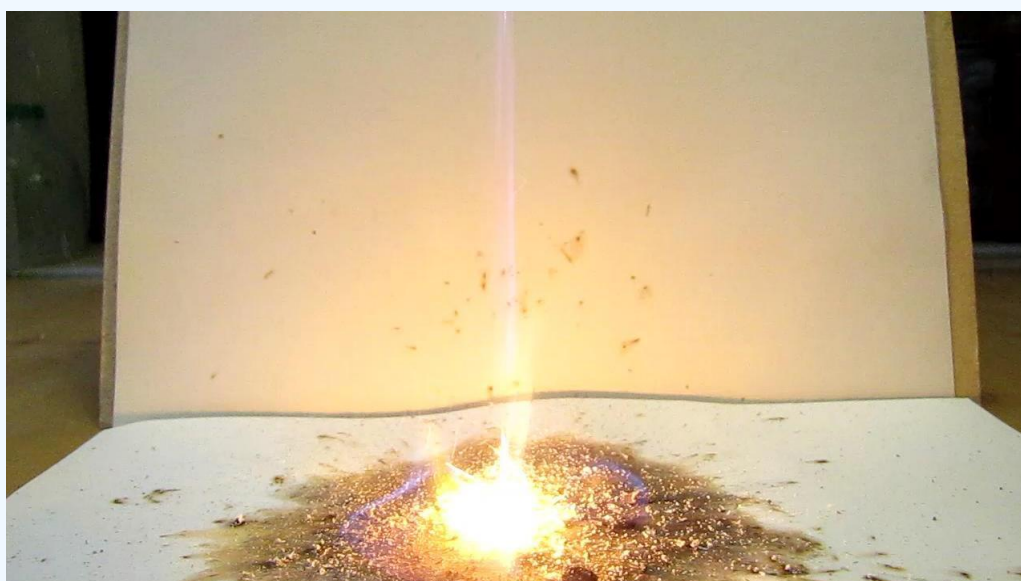
[Смотреть Видео 2 \(12 Мб, .avi\)](#)



Огонь от капли воды (магний и нитрат серебра)





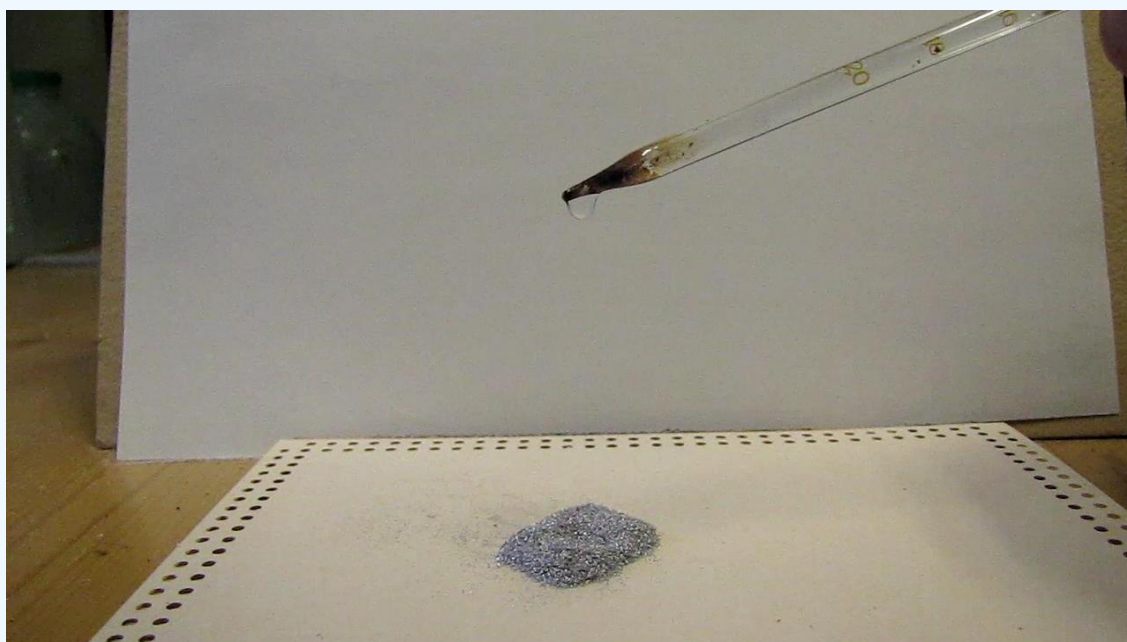




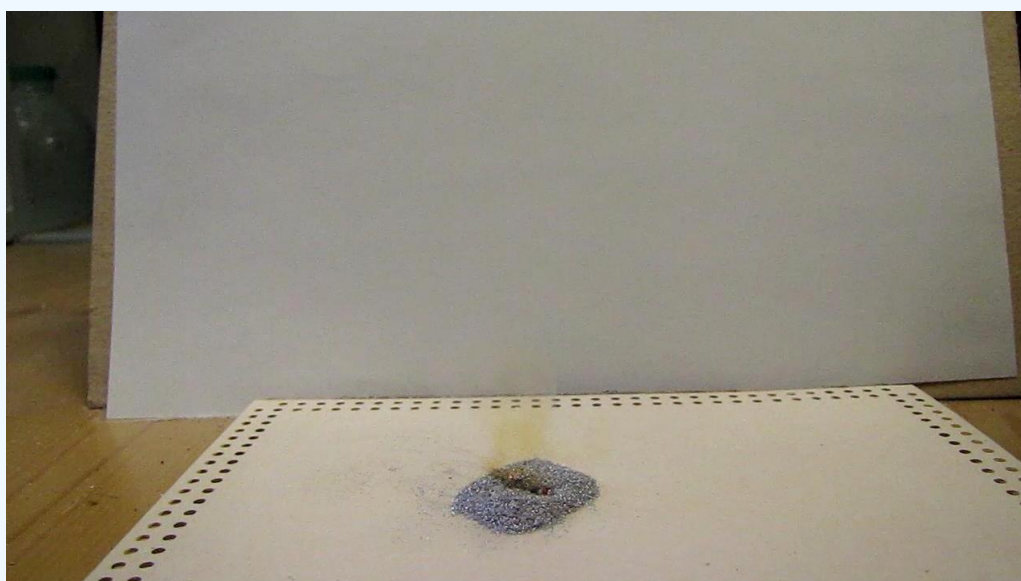
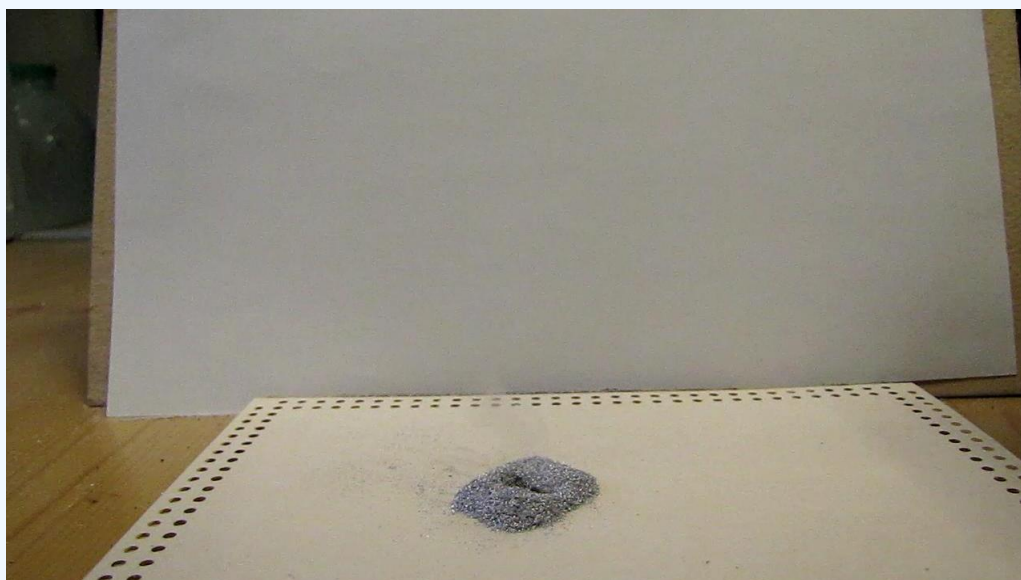
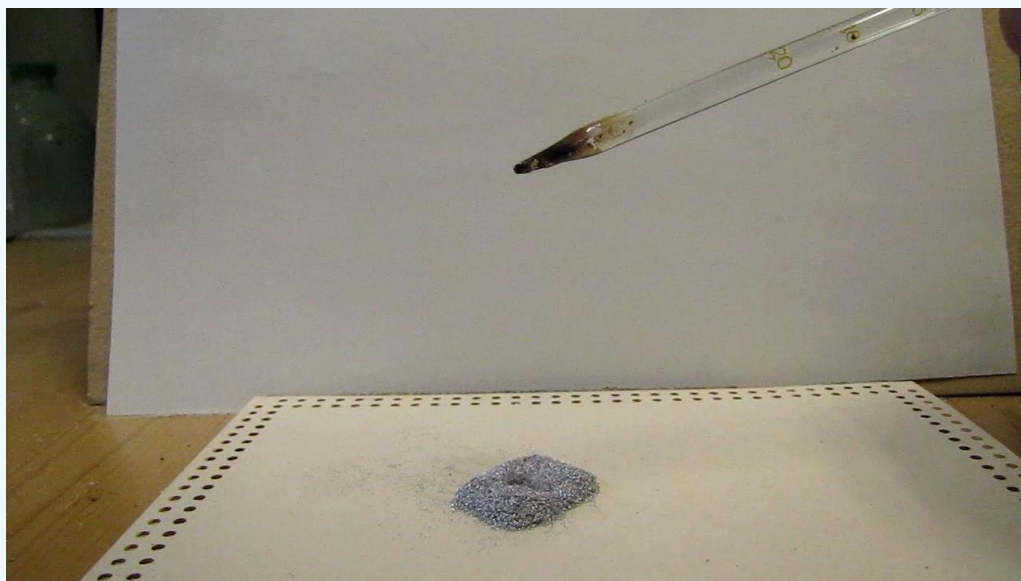
Для третьего эксперимента мы взяли 0.56 г магния и 0.07 г нерастертого нитрата серебра. При добавлении капли воды было заметно выделение белых, потом бурых паров, после чего произошла яркая вспышка. Бумага загорелась.

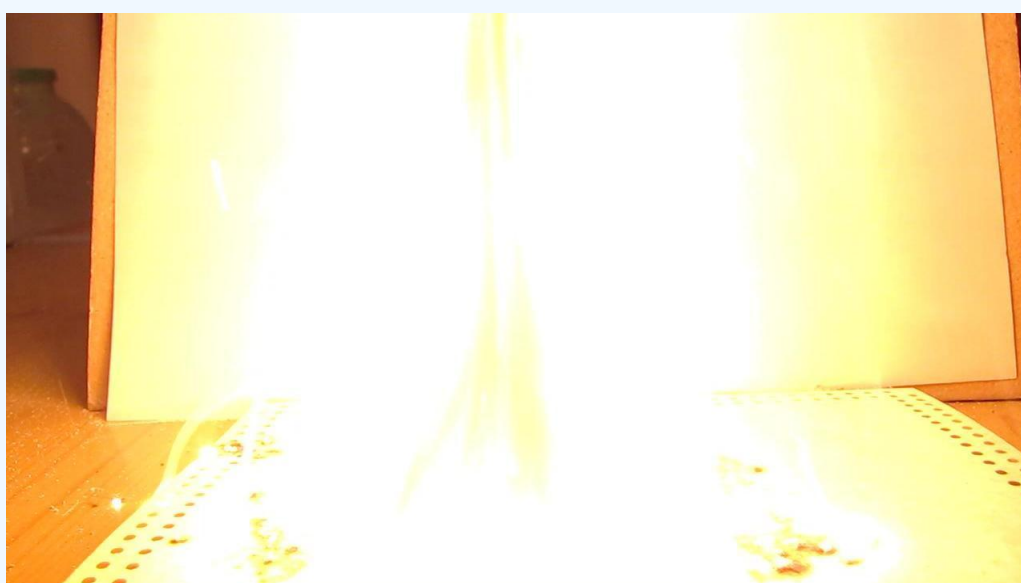
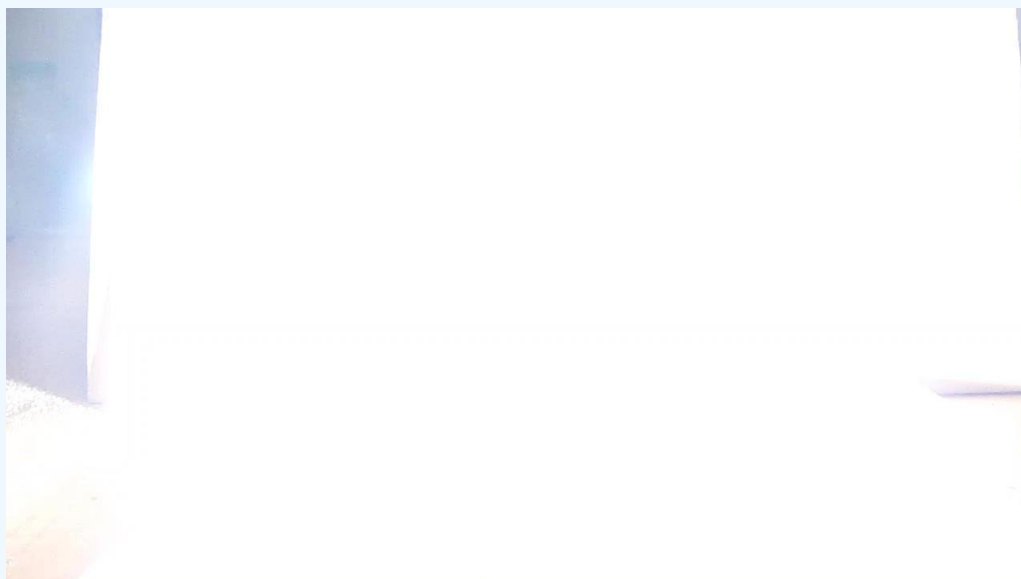
Видимо, для воспламенения достаточно взять буквально несколько кристалликов нитрата серебра.

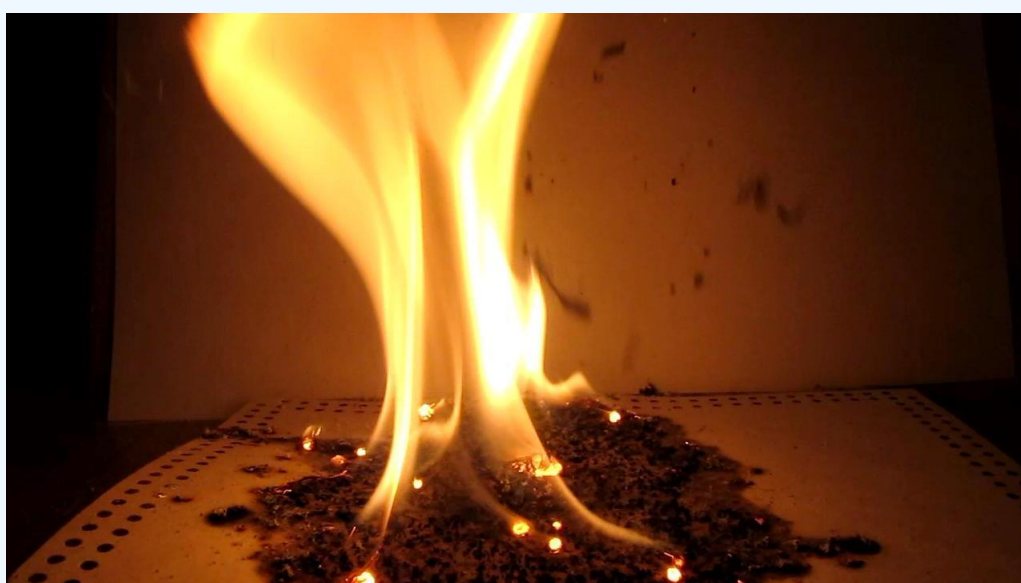
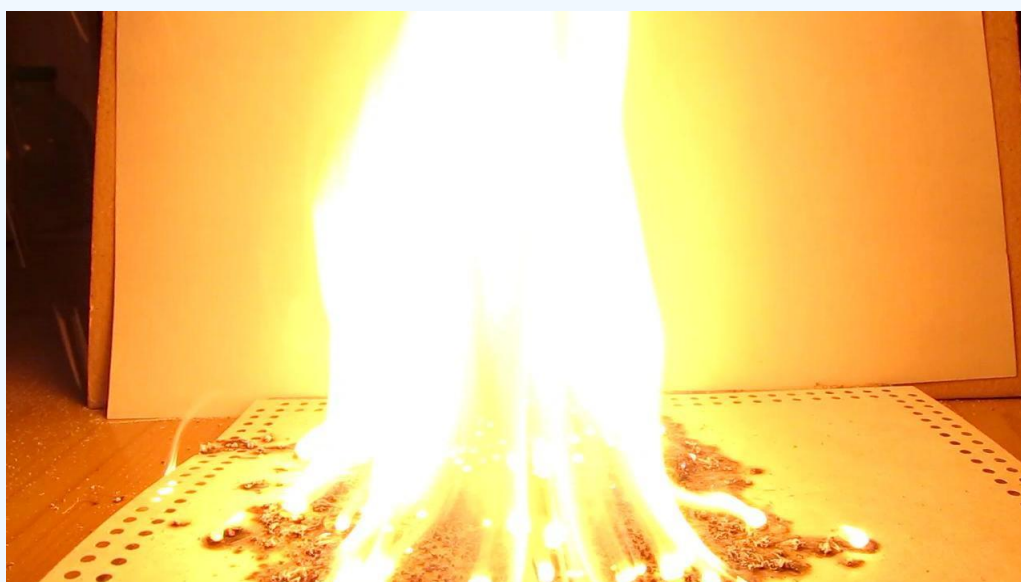
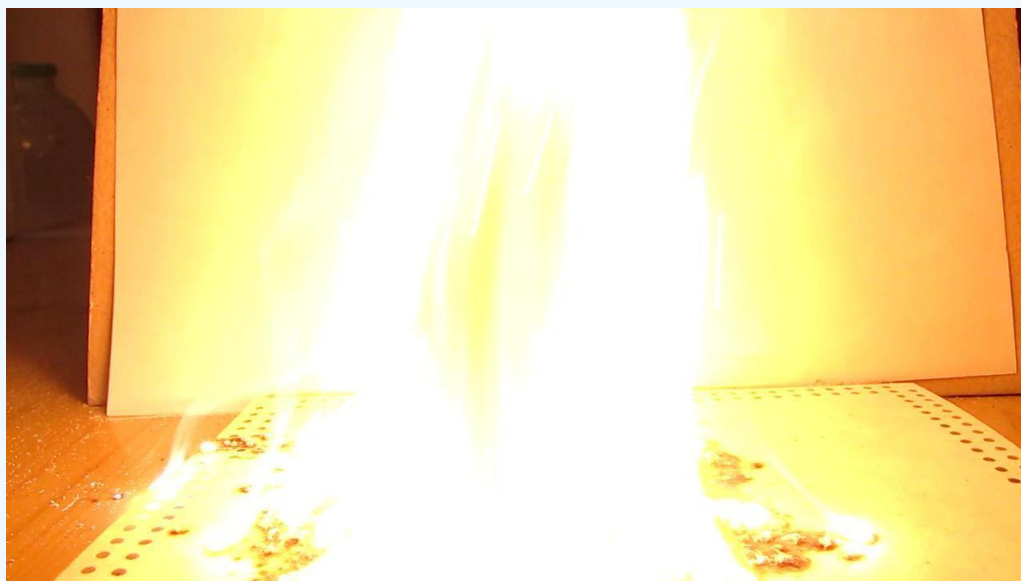
[Смотреть Видео 3 \(13 Мб, .avi\)](#)



Огонь от капли воды (магний и нитрат серебра)









Огонь от капли воды (хлорат калия, магний, сульфат меди и нитрат аммония)

И.Н. Григорьев

В предыдущих статьях описаны смеси, которые воспламеняются от капли воды (смеси магния и иода, а также магния и нитрата серебра). Разумеется, веществ, которые вспыхивают от контакта с водой немало (вспомним, например, щелочные металлы и металлоорганические соединения). Однако упомянутые смеси замечательны тем, что их компоненты, взятые по отдельности, при контакте с водой не воспламеняются.

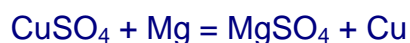
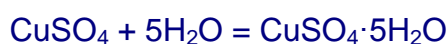
Упомянутые выше примеры далеко не исчерпывают многообразия подобных смесей. Приведем фрагмент книги [Ладягин Ю.О. Введение в пиротехнику \(1997\)](#) [ссылка](#).

Одним из первых пиротехнических составов, воспламеняющихся от воздействия воды, была смесь равных частей серы и железных опилок. Из указанной тестообразной смеси, иногда с добавлением нашатыря (NH_4Cl), лепили шары размером с яблоко и подкладывали в места, предназначенные для поджога. Через несколько часов шары воспламенялись. Возгорание подобных составов зависит от множества вторичных условий: температуры, степени измельчения, наличия в сере следов серной кислоты и тому подобное. Эффект возгорания подобных составов трудно воспроизводим и потому практически не употребляется.

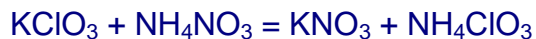
Рецепт практического состава, воспламеняющегося от действия небольшого количества воды:

Хлорат калия 50 %, нитрат аммония 20 %¹, медный купорос прокаленный 10 %, магний 20 %

При воздействии на состав воды в нем протекают следующие реакции:



Эти реакции (гидратации и вытеснения) сопровождаются значительным повышением температуры, а обменная реакция в растворе



приводит к образованию хлората аммония, вещества способного к саморазложению и даже самовзрыванию при небольшом повышении температуры до 30...60°C, который и является инициатором воспламенения основной массы состава.

От действия воды воспламеняются также составы на основе тиомочевины и персульфата калия, исследованные под научным руководством автора аспиранткой Пановой В.И. В основе данной реакции лежит автокаталитическое разложение персульфата калия с выделением пероксида водорода в свободном состоянии. Данная реакция не всегда приводит к воспламенению состава, необходимым условием воспламенения являются рН среды менее 7.

Под действием воды воспламеняется так же и состав следующей рецептуры:

Уротропин 33.3 %, перекись натрия 66.7 %

¹ В оригинале книги написано "НТА"

Нас заинтересовала смесь хлората калия, магния, медного купороса и нитрата аммония, тем более, что все ее компоненты (разве что за исключением хлората калия) легкодоступны.

Для опыта было использовано 0.50 г мелких магниевых опилок, 0.25 г безводного сульфата меди, 0.50 г нитрата аммония (удобрение) и 1.25 г бертолетовой соли.

Медный купорос был предварительно прокален в фарфоровой чашке до серого цвета. Бертолетова соль и сульфат меди после взвешивания тщательно растерлись в ступке. Затем на листке бумаги осторожно смешали бертолетову соль, магниевые опилки и сульфат меди с помощью кусочка бумаги. Смесь была пересыпана в пластиковую пробирку и закрыта пробкой. Нитрат аммония ввиду гигроскопичности был быстро измельчен в ступке, предварительно прогретой феном, и максимально быстро перенесен в пробирку. Переворачивая пробирку, добились однородного смешения.



Огонь от капли воды (хлорат калия, магний, сульфат меди и нитрат аммония)





Полученная смесь при добавлении капли воды вспыхивает. Вначале капля воды вскипает и заметно выделение пара, затем следует ослепительно-яркая мгновенная вспышка. Задержка между добавлением воды и вспышкой около 4 секунд.

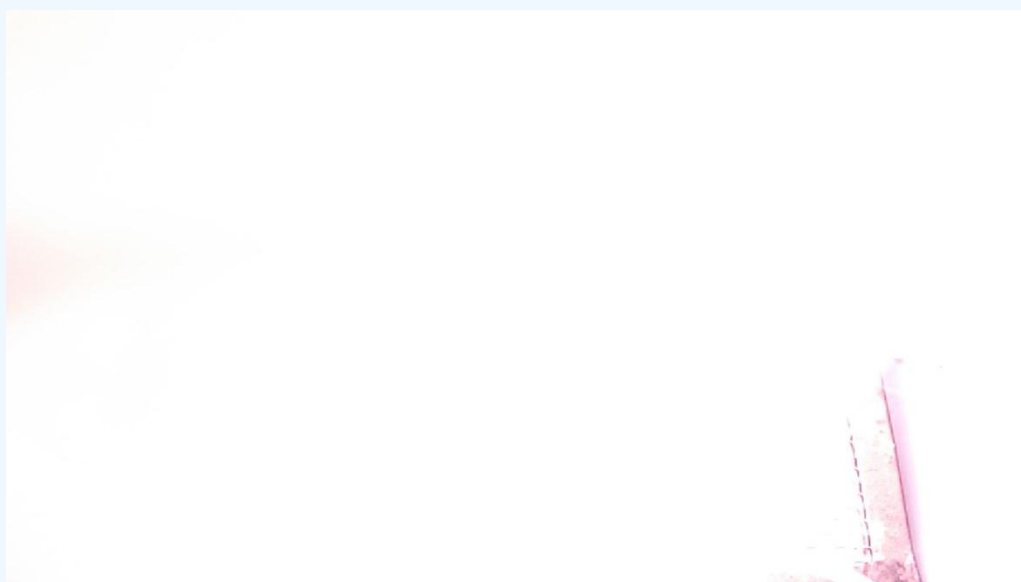
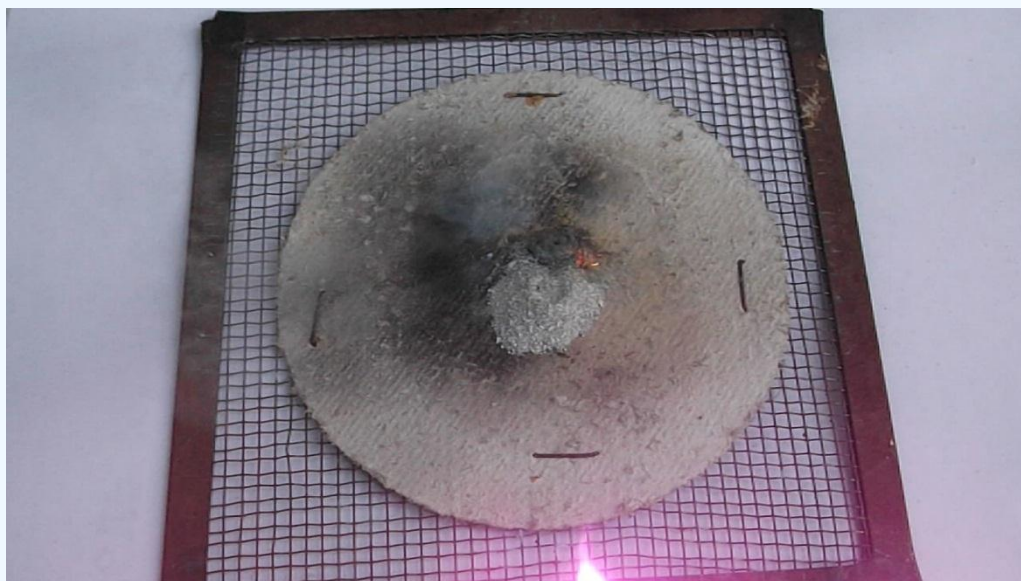
На видео капля воды попала на край смеси, но на результат опыта это не повлияло. Предварительный опыт с совсем небольшой кучкой дал тот же результат.

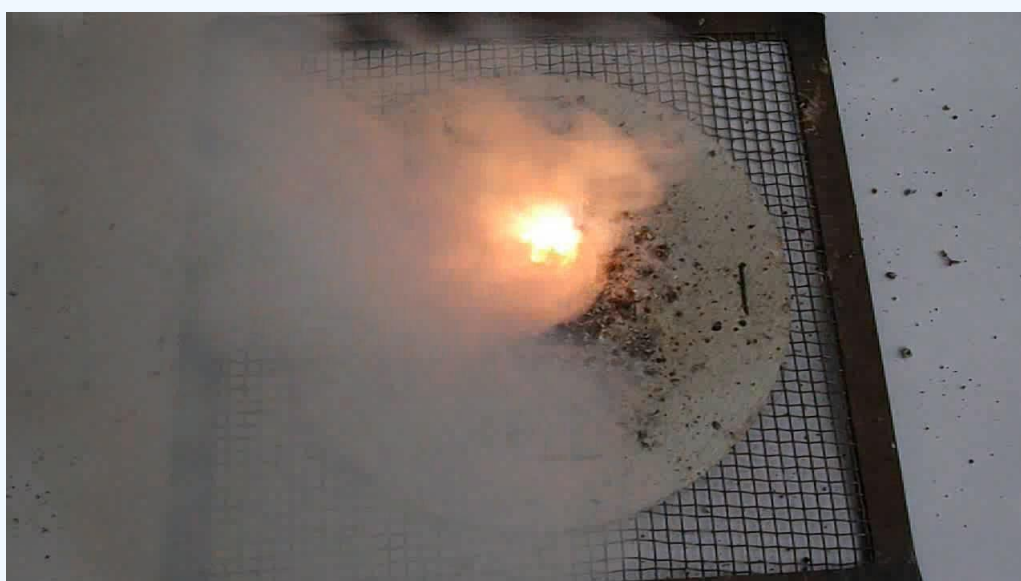
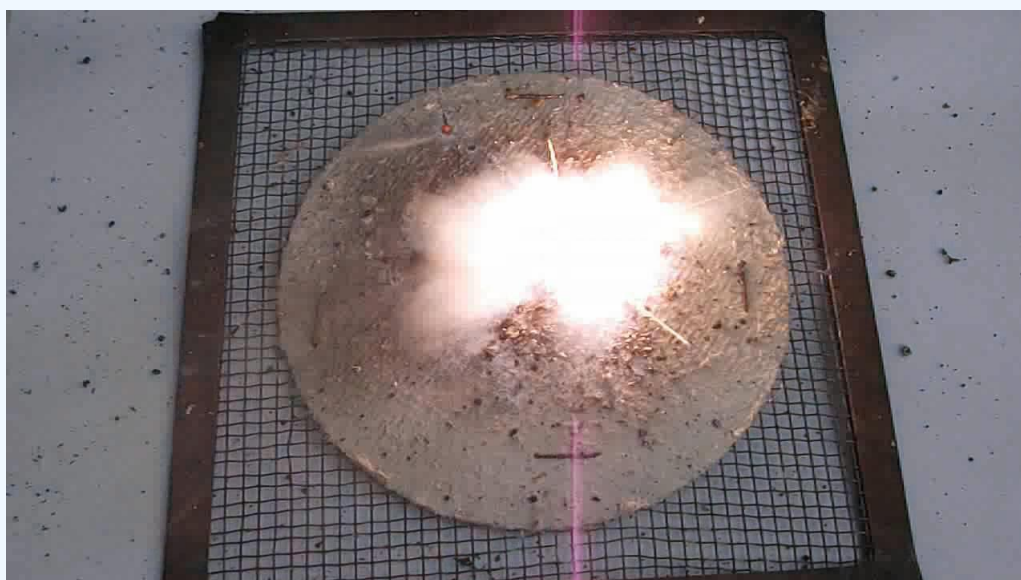
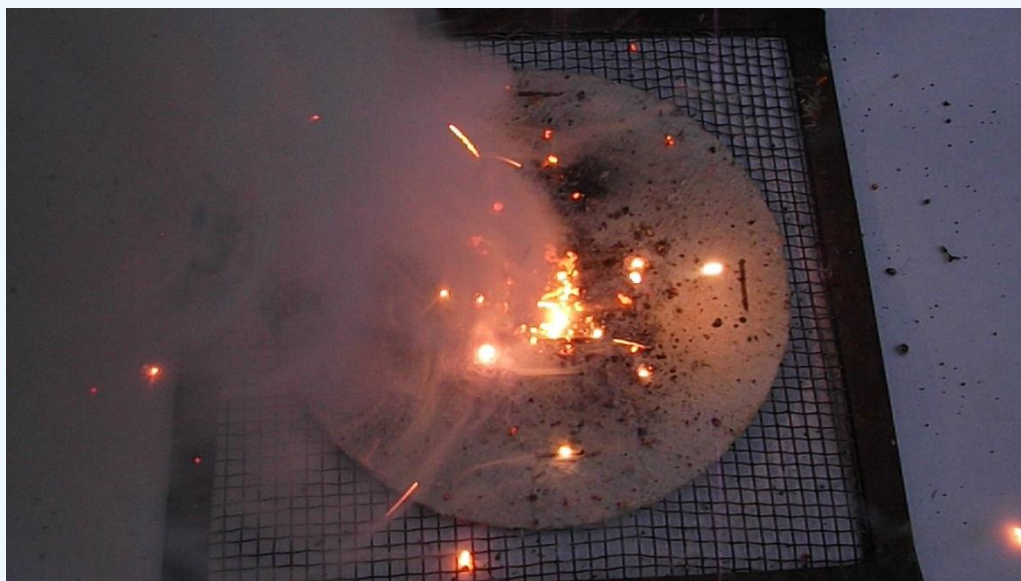
[Смотреть Видео \(7 Мб, .avi\)](#)



Огонь от капли воды (хлорат калия, магний, сульфат меди и нитрат аммония)









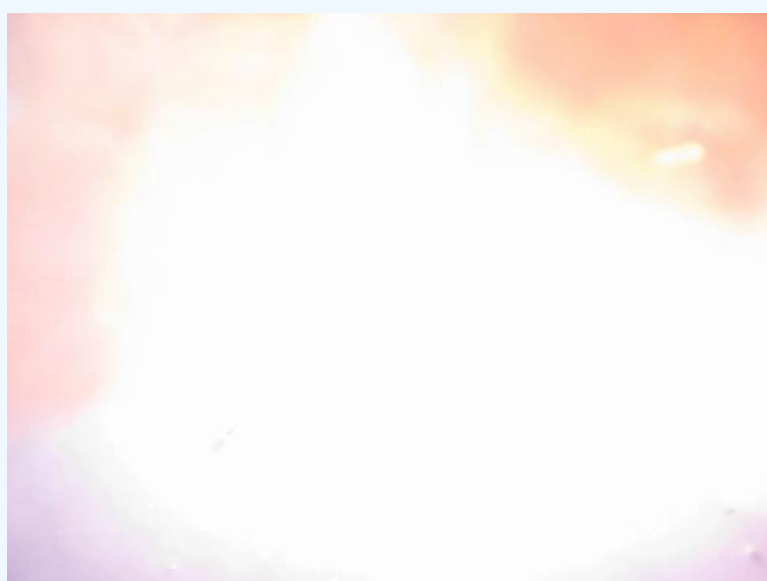
Предлагаем вашему вниманию также эксперимент Андрея Трелина. В этом случае смесь воспламенилась медленнее (компоненты дозировались "на глаз").

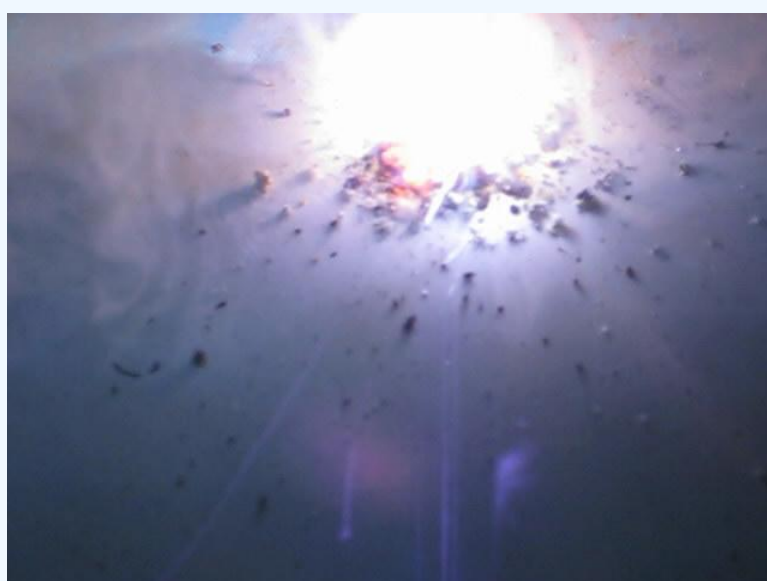
[Смотреть Видео \(9 Мб, .avi\)](#)



Огонь от капли воды (хлорат калия, магний, сульфат меди и нитрат аммония)









Опыты с калий-натриевым сплавом ч.1

И.Н. Григорьев

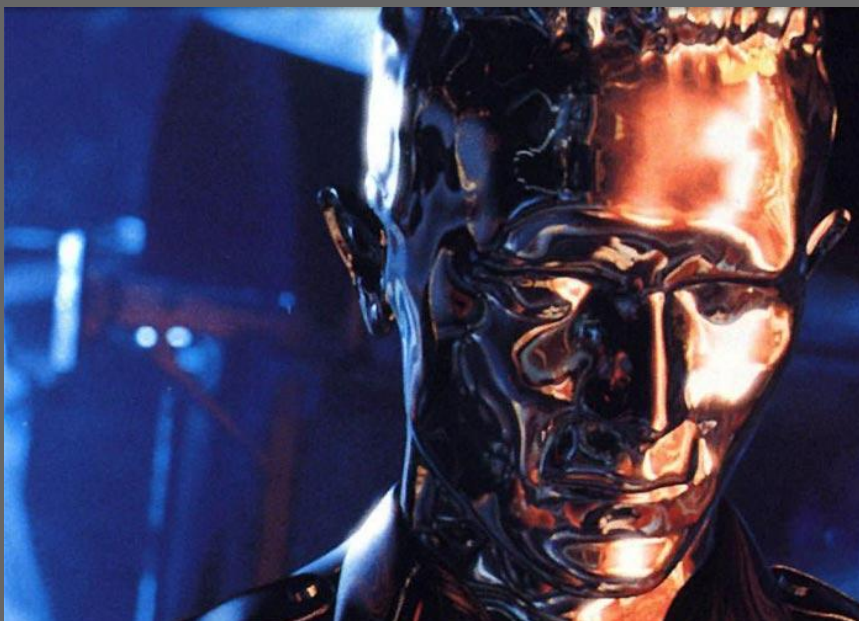
Вступление

Как известно, самый легкоплавкий металл - ртуть. Это единственный металл, который находится в жидком состоянии при нормальных условиях (0°C). Температура плавления ртути минус 38.83°C. Сочетание "жидкий металл" нередко употребляется как синоним слова "ртуть". Ртуть - далеко не единственный "жидкий металл". Конечно, другие легкоплавкие металлы имеют гораздо более высокие температуры плавления¹, однако кроме индивидуальных металлов существует множество сплавов.

Калий и натрий замечательны своей химической активностью, но не менее интересными свойствами обладает их сплав. Сплав натрия и калия, который содержит 40-90% калия (по массе), при комнатной температуре представляет собой серебристо-белую жидкость. Химическая активность подобных сплавов очень велика, на открытом воздухе они мгновенно окисляются, теряя свой блеск, самовоспламеняются при контакте с влажными поверхностями или при растирании на горючих материалах (вроде бумаги), при реакции с водой выделяющийся водород воспламеняется.

В системе натрий - калий при температуре минус 12.5°C наблюдается эвтектическая точка, которая соответствует содержанию калия 77.2% (по массе). Другими словами, сплав натрия с калием может оставаться жидким при температурах ниже 0°C. В системе натрий - калий также установлено существование соединения Na₂K плавящегося при 7°C. Читателям, которые интересуются свойствами натрия, его соединений и сплавов, а также способами их получения, рекомендуем книгу **М. Ситтиг Натрий, его производство, свойства и применение (1961)** [ссылка](#), а мы тем временем приступим к экспериментам.

¹ Например: цезий (температура плавления 28.4 °C), галлий (T_{пл} 29.8°C), индий (T_{пл} 156.6°C), литий (T_{пл} 180.5 °C).

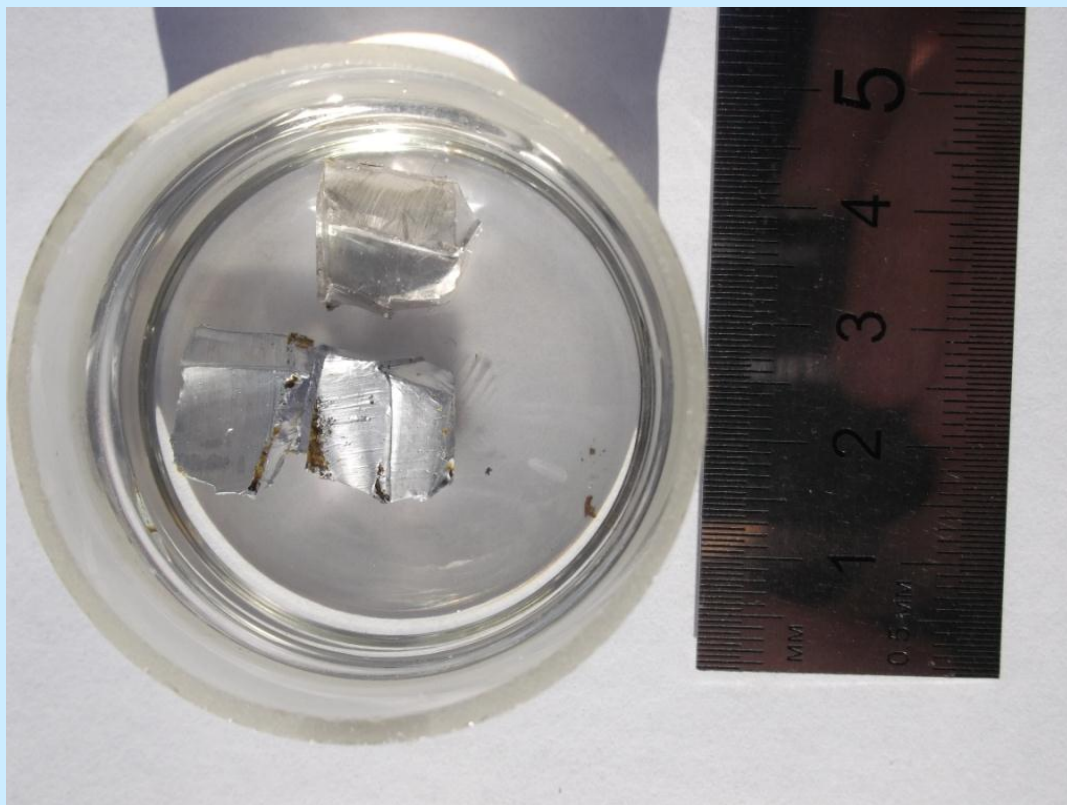


Получение

Сплав можно приготовить путем сплавления калия и натрия в инертной среде - под слоем инертного растворителя или в атмосфере инертного газа. При этом металлы должны быть очищены от пленки продуктов окисления (пероксидов, супероксидов, гидроксидов, карбонатов).

Для получения сплава был выбран наиболее простой способ - сплавление под слоем вазелинового масла. При этом не обязательно нагревать металлы, достаточно потереть пинцетом друг о друга чистые кусочки металлов и хорошо размешать стеклянной палочкой до образования однородной жидкости. С металлов (под слоем керосина) были срезаны корочки и сформированы кубики приблизительно одинакового размера. Было использовано соотношение (по объему) две части калия к одной части натрия. Обрезанные кусочки были пинцетом перенесены в бюкс с чистым вазелиновым маслом.

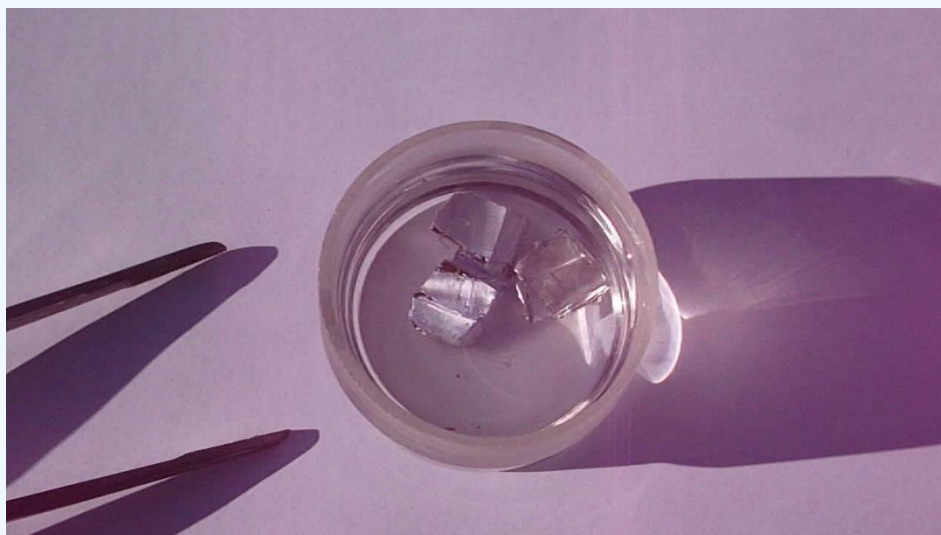
Калий и натрий заметно отличаются по цвету. Первый имеет сине-фиолетовый оттенок, второй желтоватый.



Калий и натрий в вазелиновом масле
(кусочки калия снизу)

Затем держа пинцетом кусочки металлов, нужно потереть их друг о друга. Постепенно в месте соприкосновения образуется жидкий сплав. Потом необходимо тщательно размешать стеклянной палочкой оставшиеся кусочки металлов до образования однородной жидкой массы.

[Смотреть Видео \(24 Мб, .avi\)](#)



Приготовление сплава калия с натрием







Поверхность сплава имеет сероватый цвет и не блестит

Возникает вопрос, как провести опыты с таким неудобным, активным и опасным объектом? Как избавиться от мешающего вазелинового масла? Между тем метод очень прост и позволяет удобно хранить и дозировать чистый сплав!

Необходимо новым инсулиновым шприцем² аккуратно отделить жидкий сплав от вазелинового масла и плавающей на поверхности окисной пленки. Для этого погружаем иглу в каплю сплава и осторожно оттягиваем поршень. Постепенно шприц наполнится серебристо-белой жидкостью, похожей на ртуть. В некоторых случаях возможно забивание иголки и сплав "тянется" с трудом, тогда нет нужды заполнять весь шприц. Старайтесь не засосать вазелиновое масло.

Осторожно! Следует работать в защитных очках! Капли сплава попавшие в глаза приведут к слепоте! Попадание на кожу грозит ожогами. Сплав легко может вызвать пожар! Шприц должен быть абсолютно сухим изнутри!

Итак, мы отделили чистый сплав и можем хранить и дозировать его для дальнейших опытов. Резиновый поршень и герметично вставленная тонкая игла защитят сплав от окисления. Иглу после отбора сплава необходимо прикрывать колпачком, следя за тем, чтобы на ней не было капель. На следующий день сплав вблизи стенок шприца совсем немного потерял блеск, игла несколько забилась - сплав выдавливался значительно труднее. Можно немного обрезать иглу ножницами, нам это помогало.

² Мы использовали шприц Микро-Файн с тонкой иглой 0.30/8 мм.



Инсулиновый шприц с калий-натриевым сплавом

На воздухе изначально серебристые и блестящие капли сплава мгновенно тускнеют. Вначале поверхность металла становится серой. Затем образуется белая влажная корочка (из гидроксидов и карбонатов), как скорлупа покрывающая остатки металла.



Окисление калий-натриевого сплава на воздухе



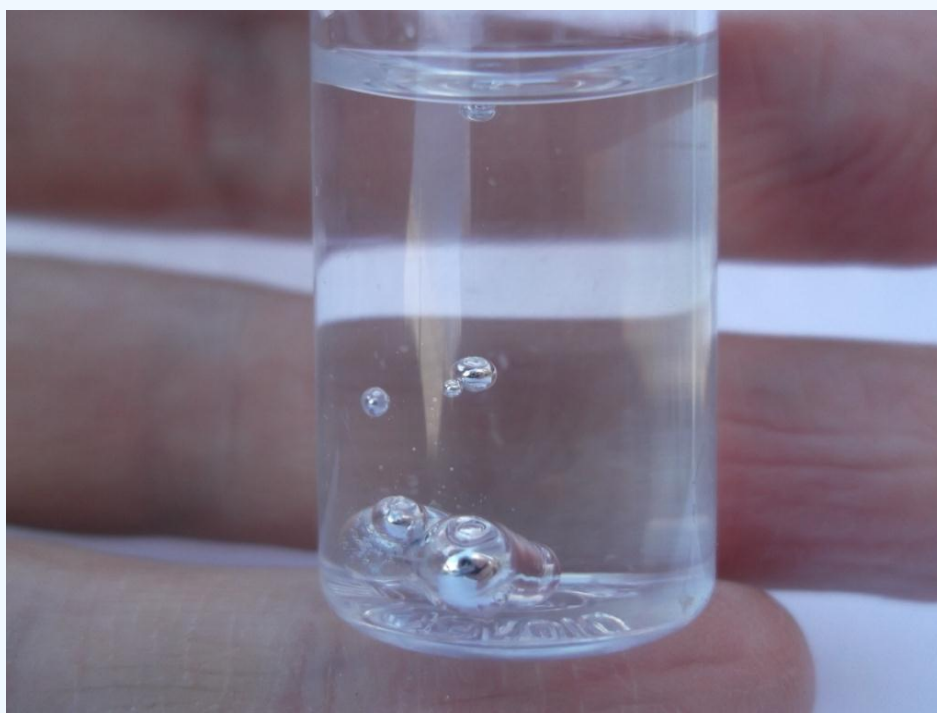
**Окисление калий-натриевого сплава на воздухе
(вид через 25 минут нахождения на воздухе)**



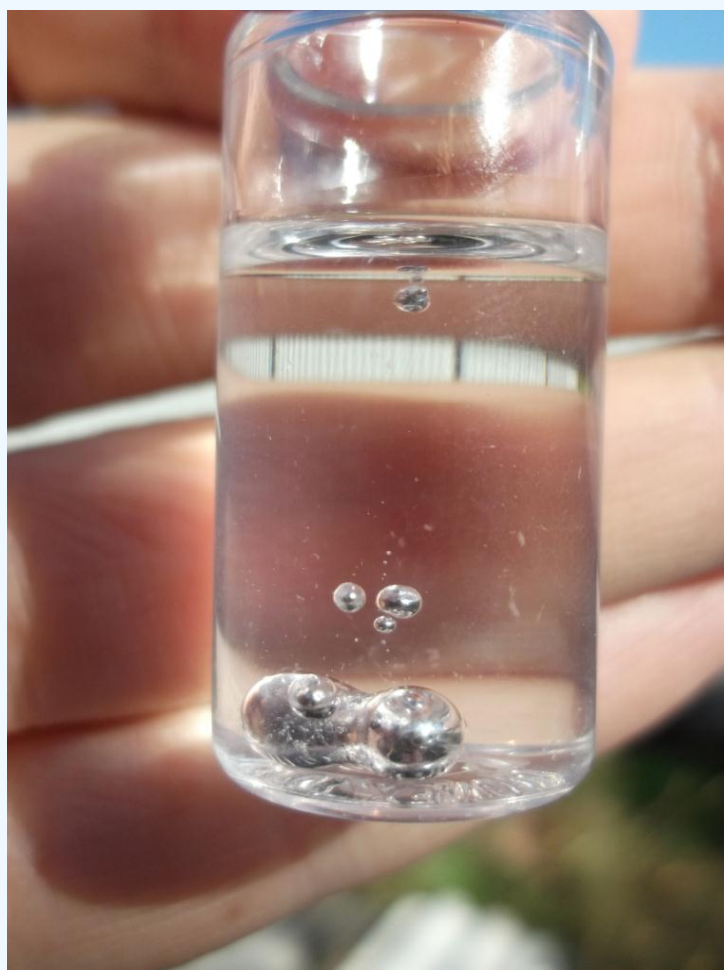
**Окисление калий-натриевого сплава на воздухе
(прошло 40 минут. Для наглядности капли раздавлены)**

Отметим интересную особенность - при окислении сплав светится в темноте. Свечение довольно слабое, белого цвета. Напоминает свечение загрязненного фосфора полученного из спичечных терок. Опыт следует проводить в полной темноте, после адаптации глаз в течение нескольких минут. Используйте кусок жести с бортиками или обрезанную консервную банку. Свечение временно усиливается, если на капли сплава подышать.

Посмотреть на металлический блеск (помимо наблюдения сквозь прозрачные стенки шприца) можно выдавив немного сплава под слоем инертного растворителя. Мы использовали вазелиновое масло. Блестящие сферические капли сплава медленно тонут, блеск сохраняется длительное время.



Калий-натриевый сплав



Калий-натриевый сплав

Опыты с калий-натриевым сплавом ч.2

И.Н. Григорьев

Огниво с иголкой (самовоспламенение на воздухе)

В дореволюционной книге **Фэдо Ф. - Химикъ-любитель / Химик-любитель [1898]** [ссылка](#) можно прочитать о занятном практическом применении активности калий-натриевого сплава для создания курьезного огнива.

Огниво с иголкой. Калий с натрием дают сплав, похожий совершенно на ртуть и обладающий замечательным свойством загораться, когда его взбалтывают или прикасаются к нему.

Можно приготовить этот сплав, нагревая под слоем парафина 1 часть калия и 3 части натрия.

Если мы положим в небольшое количество ртути немного калия и натрия, то получим амальгаму, обладающую тем же свойством.

Эти сплавы можно сохранить в закрытых герметически стеклянных трубках, наполненных газом, неспособным к химическому взаимодействию, как, например, азот.

Указанным свойством щелочных металлов воспользовались недавно для устройства очень замечательного огнива.

Оно состоит из двух соединенных между собой металлических трубок; в одной из них находится бумажная светильня, похожая на все, существующие в обыкновенных кремниевых огнивах. Другая заключает в себе стеклянную трубку, где находится состав, служащий для зажигания светильни. Нужно стеклянную трубку наполнить им доверху, так, чтобы в ней осталось по возможности меньше воздуха. В состав для зажигания погружается длинная булавка с большой головкой; стержень ее должен герметически закрывать отверстие трубки, в которое он плотно входит.

Когда хотят добыть огонь, вынимают булавку, причем на ее конце остается немного

сплава, которым натирают конец светильни, вследствие чего последняя загорается. После этого нужно тотчас же поставить иголку на свое место.

Трубка вместе со своим содержимым должна меняться через два-три месяца, потому что вследствие доступа воздуха в короткие промежутки времени, когда иголкой приходится тереть светильню, состав окисляется, превращаясь в кали и натр, вещества в высшей степени гигроскопичные, которые довершают разрушительное действие на сплав, начатое воздухом.



Огниво с иголкой (Фэдо Ф. - Химикъ-любитель / Химик-любитель [1898])

Огниво съ иголкой.—Калий съ натриемъ дають сплавъ, похожій совершенно на ртуть и обладающій замѣчательнымъ свойствомъ загораться, когда его взбалтываютъ или прикасаются къ нему.

Можно приготовить этотъ сплавъ, нагревая, подъ слоемъ парафина, 1 часть калия и 3 части натрія.

Если мы положимъ въ небольшое количество ртути немного калия и натрія, то получимъ амальгаму, обладающую тѣмъ же свойствомъ.

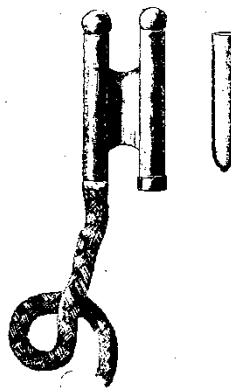
Эти сплавы можно сохранять въ закрытыхъ герметически стеклянныхъ трубкахъ, наполненныхъ газомъ, не способнымъ къ химическому дѣйствию, какъ напримѣръ, азотъ.

Указаннымъ свойствомъ щелочныхъ металловъ воспользовались недавно для устройства очень замѣчательнаго огнива.

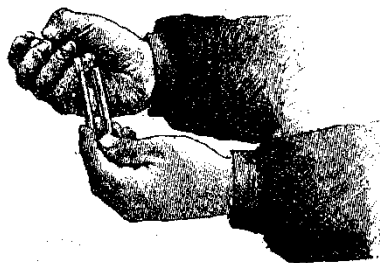
Оно состоитъ изъ двухъ, соединенныхъ между собою, металлическихъ трубокъ; въ одной изъ нихъ находится бумажная свѣтильня (фиг. 129), похожая на всѣ, существующія въ обыкновенныхъ кремневыхъ огнивахъ. Другая заключаетъ въ себѣ стеклянную трубку, гдѣ находится составъ, служащій для зажиганія свѣтильни. Нужно стеклянную трубку наполнить имъ доверху, такъ чтобы въ ней осталась по возможности меньше воздуха. Въ составъ для зажиганія погружается длинная булавка съ большой головкой; стержень ея долженъ герметически закрывать отверстие трубки, въ которое онъ плотно входитъ.

Когда желаютъ добыть огня, вынимаютъ булавку, причемъ на концѣ ея всегда остается немного сплава, которымъ натираютъ конецъ свѣтильни, вслѣдствіе чего послѣдняя загорается (фиг. 130). После этого нужно тотчасъ же поставить иголку на свое мѣсто.

Трубка вмѣстѣ съ своимъ содержимымъ должна мѣняться черезъ два-три мѣсяца, потому что вслѣдствіе доступа воздуха въ короткіе промежутки времени, когда иголкой приходится тереть свѣтильню, составъ окисляется, превращаясь въ кали и натръ, вещества въ высшей степени гигрометрическія, которые довершаютъ разрушительныя дѣйствія на сплавъ, начатыя воздухомъ.



Фиг. 129.—Огниво съ иголкой.—Составныя части.



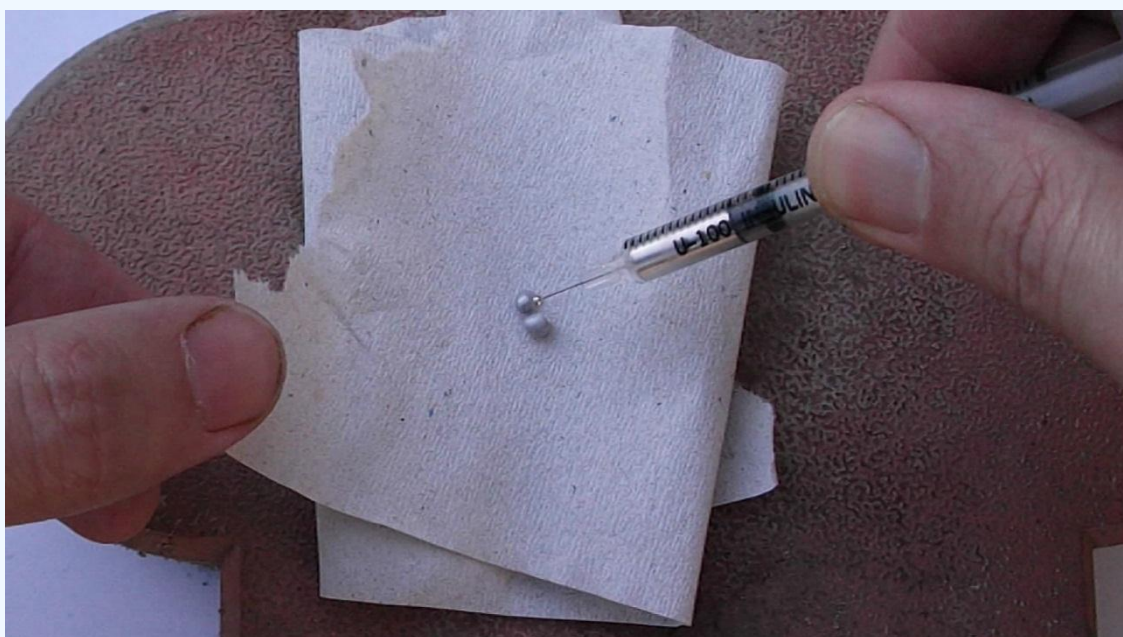
Фиг. 130.—Огниво съ иголкой, зажиганіе.

При растираніи сплава увеличивается его поверхность, что приводит к мгновенному окислению пленки, аккумулярованию тепла на поверхности трута и его воспламенению. Нами был испытан способ добывания огня со жгутиком свернутой туалетной бумаги, имитирующей трут. Выдавливалась маленькая капля сплава и слегка растиралась пинцетом. Воспламенение облегчается если после растиранія слегка увлажнить "импровизированный трут" (подышать на него), при этом бумага сразу вспыхивает. Разумеется, такой способ добывания огня при всей его оригинальности крайне неудобен и несколько опасен.

Можно также растереть каплю сплава на туалетной бумаге с помощью шпателя, бумага при этом загорается. Опыт следует делать под тягой или на открытом воздухе из-за образования едкого аэрозоля.

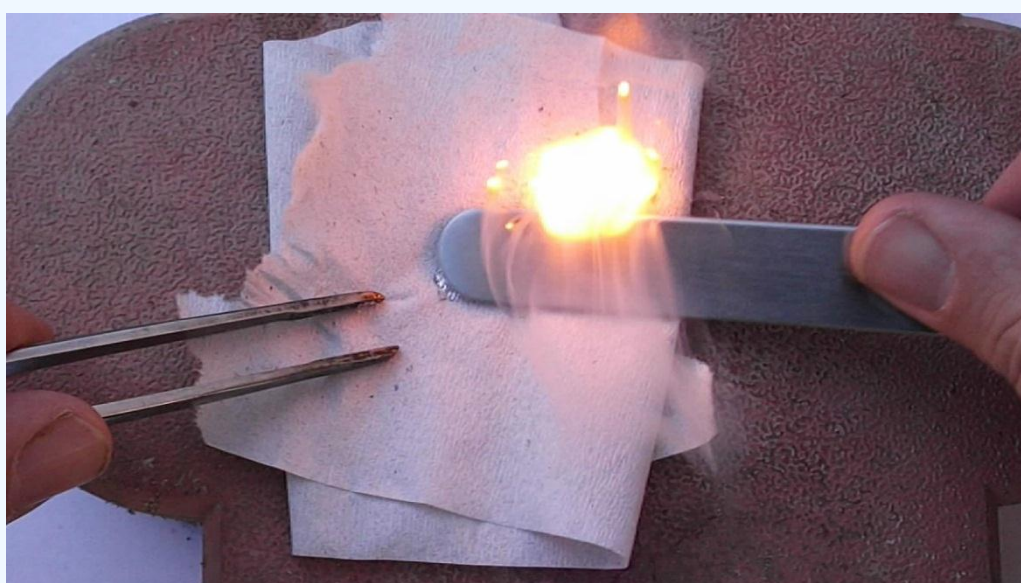
Рекомендуем читателям ознакомиться с описанием аналогичных экспериментов по самовоспламенению калия [ссылка](#) и рубидия [ссылка](#).

[Смотреть Видео \(23 Мб, .avi \)](#)



Самовоспламенение калий-натриевого сплава







Опыты с калий-натриевым сплавом ч.3

И.Н. Григорьев

Реакция с водой

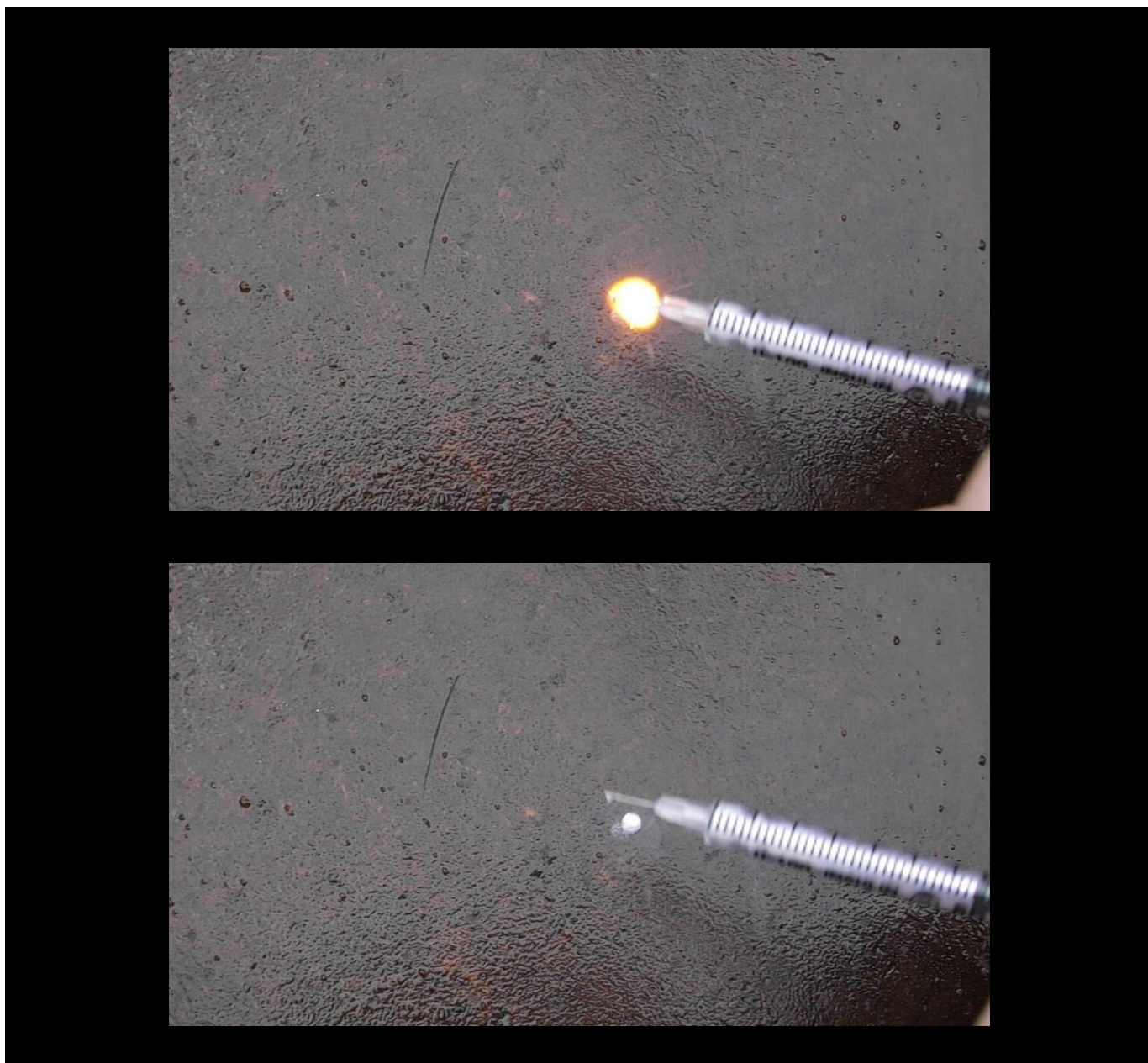
Сплав калия и натрия при контакте с водой мгновенно воспламеняется, пламя водорода окрашено в интенсивно-желтый цвет, хотя наш сплав содержит значительно больше калия, чем натрия.

В случае, когда капля сплава касается влажной поверхности, происходит вспышка водорода, если влаги мало, горение прекращается, сплав быстро разрушается. Для показанного ниже опыта использовался железный лист.



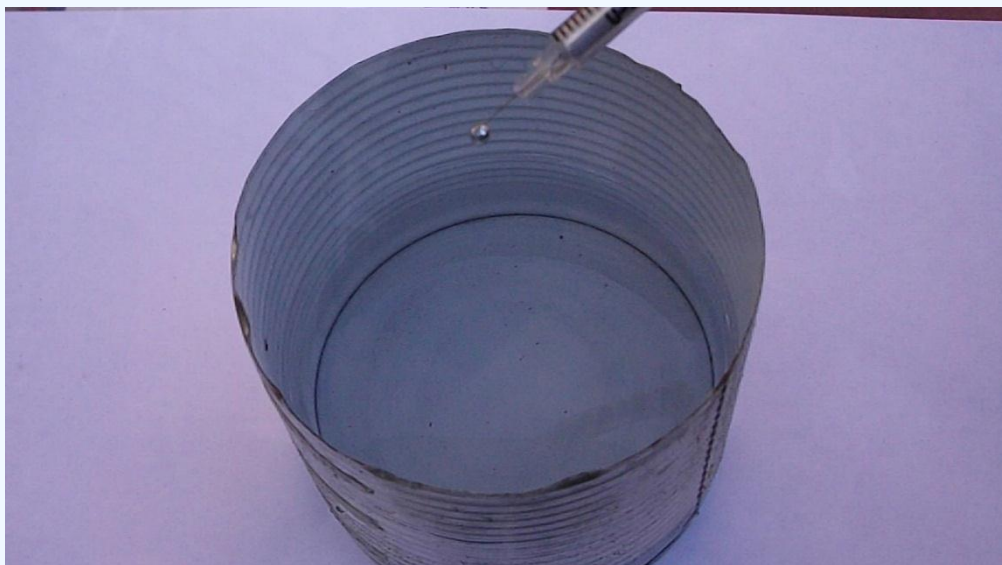
Воспламенение калий-натриевого сплава от контакта с мокрой поверхностью





Если калий-натриевый сплав капать в воду, от контакта с водой капельки вспыхивают и горят желтым пламенем. В конце реакции с водой происходит обычное для щелочных металлов взрывное разбрызгивание. Перед этим заметно наступление сфероидального состояния - капля становится "прозрачной" и блестящей. Мы ограничились небольшими масштабами опыта, при использовании большого количества сплава, несомненно, произойдет взрыв. **Опыт необходимо проводить в защитных очках! Крайне желателен защитный экран.**

[Смотреть Видео \(9 Мб, .avi \)](#)

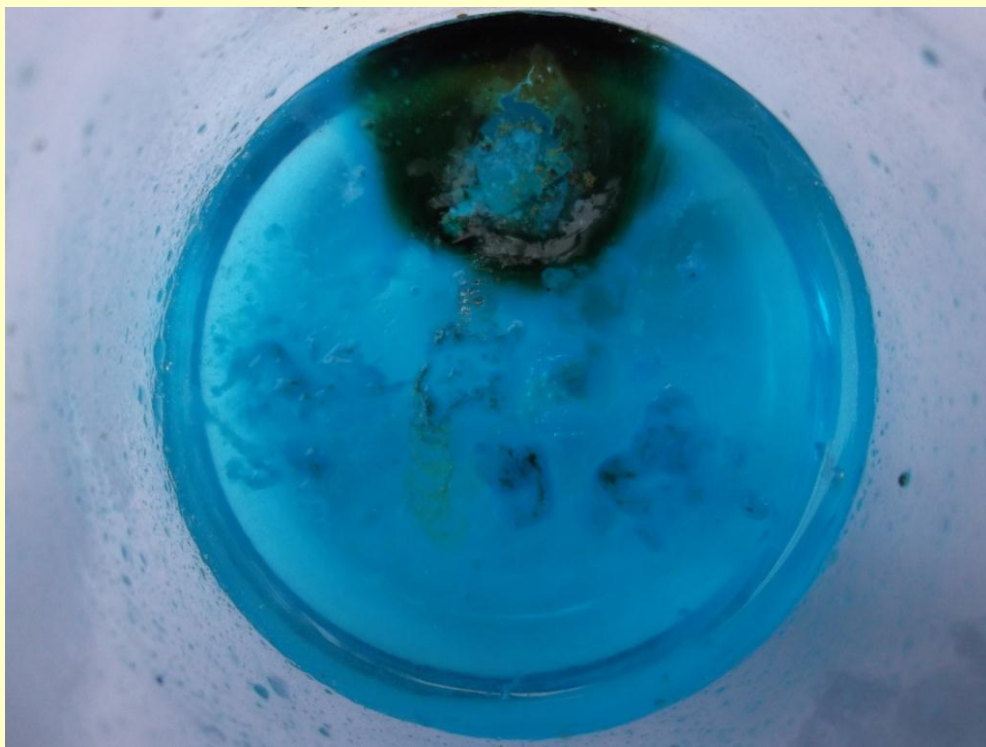


Реакция калий-натриевого сплава с водой





Рассмотрим другой вариант опыта, когда вместо воды взят насыщенный раствор медного купороса. Внешне поведение капли сплава и ее горение не отличаются от вышеописанного, за исключением замедления и остановки шарика в сфероидальном состоянии в конце опыта, из-за образования слоя гидроксида меди. Помимо гидроксида меди образуется черный налет оксида меди (II) в месте остановки капли и локального повышения температуры.



**Реакция сплава калий-натрий с раствором медного купороса.
Поверхность раствора после опыта**

Опыты с калий-натриевым сплавом ч.4

И.Н. Григорьев

Реакции с концентрированной серной и азотной кислотами

Реакция с концентрированной серной кислотой

Опыт внешне напоминает реакцию калий-натриевого сплава с водой, однако такой эксперимент более опасен, поскольку во все стороны разлетаются капли серной кислоты, и образуется много едкого аэрозоля. Мы использовали защитный экран из стекла.

[Смотреть Видео \(5 Мб, .avi \)](#)



Реакция калий-натриевого сплава с концентрированной серной кислотой



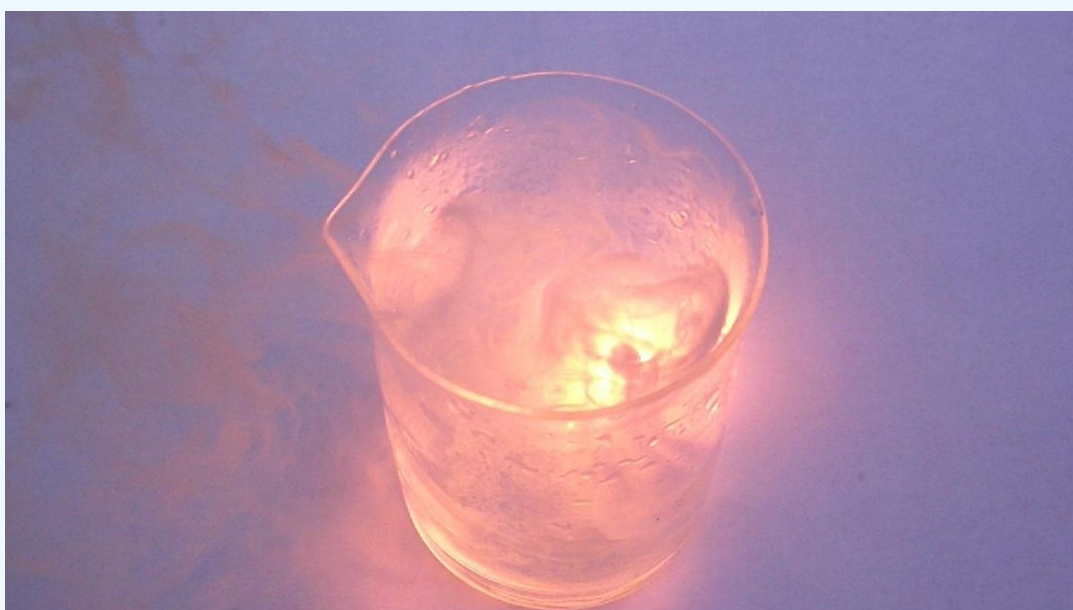
Реакция с концентрированной азотной кислотой

В данном случае реакция более бурная, ее продолжительность заметно короче. Взрывов не наблюдалось, только горение и слабое разбрызгивание в конце. Как и в случае серной кислоты необходим защитный экран.

[Смотреть Видео \(8 Мб, .avi\)](#)



Реакция калий-натриевого сплава с концентрированной азотной кислотой



Опыты с калий-натриевым сплавом ч.5

И.Н. Григорьев

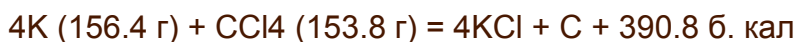
Реакция с четыреххлористым углеродом

В энциклопедической книге **А. Штетбахер Пороха и взрывчатые вещества, ОНТИ (1936)** [ссылка](#) нам удалось найти интересную информацию:

Взрывчатые смеси, составленные из щелочных металлов и галоидпроизводных углеводородов

В свое время (1910 г) не было обращено внимания на наблюдение Гольдштейна, что между цезием и хлороформом после непродолжительного стояния происходит реакция, сопровождающаяся сильным взрывом. В 1922 г Штаудингер снова отметил это явление, наблюдаемое им на смесях щелочных и щелочноземельных металлов с четыреххлористым углеродом и трихлорметаном. Поразительная сила взрыва привела даже к тому, что некоторые из этих смесей - исключительно мощные - были запатентованы и предложены для практического применения в стеклянной оболочке в горном деле. Этим своеобразным "взрывчатым веществам", занимающим обособленное положение, Ленце и Мец посвятили обстоятельную работу.

Для смеси калия с четыреххлористым углеродом, сравнительно наименее чувствительной, но обладающей **наибольшей силой**, эти исследователи установили довольно высокую теплоту реакции, равную 1261 б. кал/кг.



310.2 г -----> 390.8 б. кал

20 г такой смеси при взрыве в свинцовом цилиндре капсулом №8 дали:

Калий	Четыреххлористый углерод	Расширение
10	9.83 (теоретическая смесь)	203 см ³
10	23.9 (избыток 2.43 раза)	360 см ³

В пересчете на число калорий количество энергии соответствовало бы количеству

энергии среднего динамита; по величине расширения оно не достигало бы силы ни хлората¹, ни аммонита. Это совершенно понятно, так как твердый хлористый калий может находиться в парообразном состоянии и производить механическую работу только выше некоторой определенной температуры; таким образом, действие этой смеси сходно с действием также энергично взрывающейся, но не бризантной взрывчатой смеси хлората калия с алюминием.

Чувствительность к удару гораздо выше, чем у иницирующих взрывчатых веществ; уже на этом основании отклонена возможность практического применения смесей такого рода. Наиболее чувствительные смеси металла с указанными соединениями получаются в том случае, когда последние содержат большое количество хлора; минимальная живая сила удара, способная вызвать взрыв смеси четыреххлористого углерода, трихлорметана, дихлорметана и монохлорметана, возрастает в отношении 0.005; 0.01; 0.02; 0.3 кгм.

В монографии **Алабышев А.Ф., Грачев К.Я., Зарецкий С.А., Лантратов М.Ф. Натрий и калий (получение, свойства и применение) [1959] / под ред. А.Ф. Алабышева** (с. 39) [ССЫЛКА](#) упоминается, что чувствительность взрывчатых смесей - сплавов натрия-калия с четыреххлористым углеродом к удару в 150-200 раз выше чувствительности гремучей ртути.

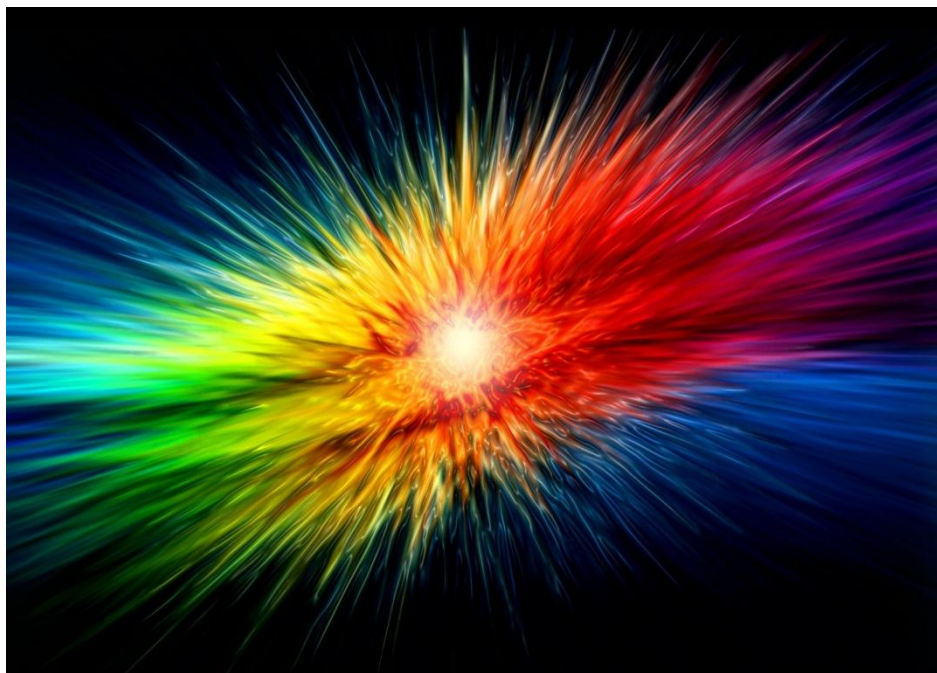
Мы не смогли избежать искушения попытаться провести этот опыт.

Предупреждение!

Готовить большие количества подобных смесей (и как-то пытаться их использовать) категорически запрещается, ввиду их крайней опасности для жизни экспериментатора.

В небольшом масштабе опыт не представляет особой опасности и может быть легко выполнен. **Необходимо использовать защитные очки или прозрачный экран из стекла.** Не забывайте также, что четыреххлористый углерод ядовит.

¹ Хлоратит - взрывчатое вещество на основе хлората калия. Пример состава: хлорат калия 91%, керосин 9%.



Для проведения эксперимента из толстой алюминиевой фольги мы сделали чашечку диаметром около 7 мм, высотой примерно 3-4 мм. Подойдет и обычная кухонная фольга. Нужно обернуть фольгой цилиндрический предмет вроде ручки и осторожно обрезать ее до необходимой высоты.



Чашечка для проведения реакции

Чашечку помещаем на массивное железное основание вроде гантели или плоского куска железа. Затем шприцем выдавливаем каплю калий-натриевого сплава.



**Реакция калий-натриевого сплава с четыреххлористым углеродом
(подготовка)**

Сразу добавляем четыреххлористый углерод, брать его нужно с избытком - в 3-4 раза больше по объему, чем сплава.



**Реакция калий-натриевого сплава с четыреххлористым углеродом
(подготовка)**

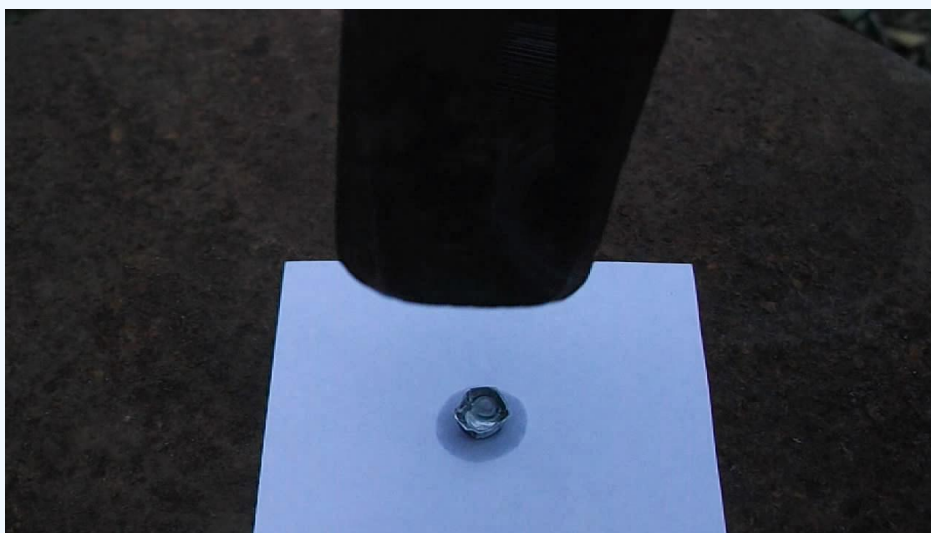


Калий-натриевый сплав и четыреххлористый углерод перед взрывом

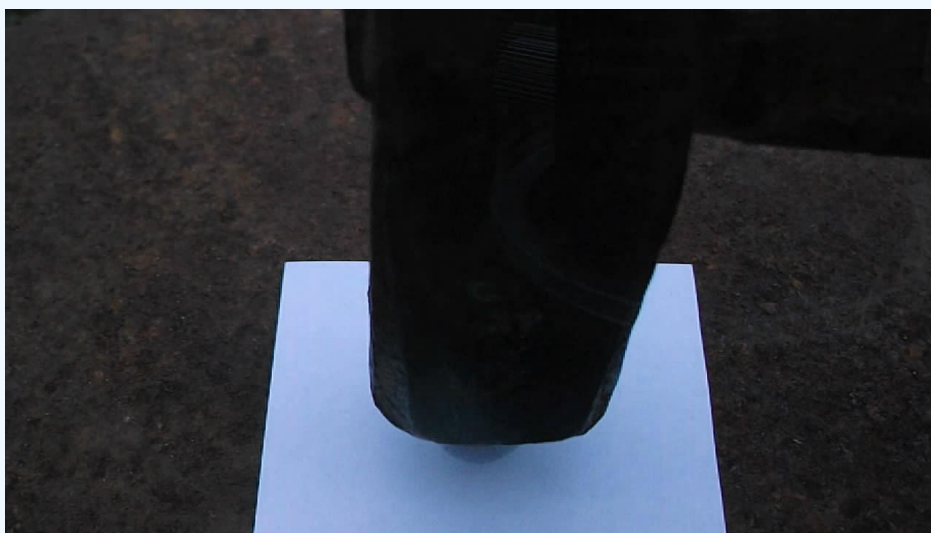
Полученная смесь взрывает от совсем легкого удара молотка, производя желтую вспышку. Сила удара меньшая, чем требуется для взрыва нитроглицерина. Звук взрыва резкий, напоминает взрыв смеси Армстронга². Из-за крайней быстроты процесса не удается качественно снять момент вспышки и звук взрыва на фотоаппарат (использовалась "мыльница" Fujifilm JV250). На одном из роликов была сплошная засветка.

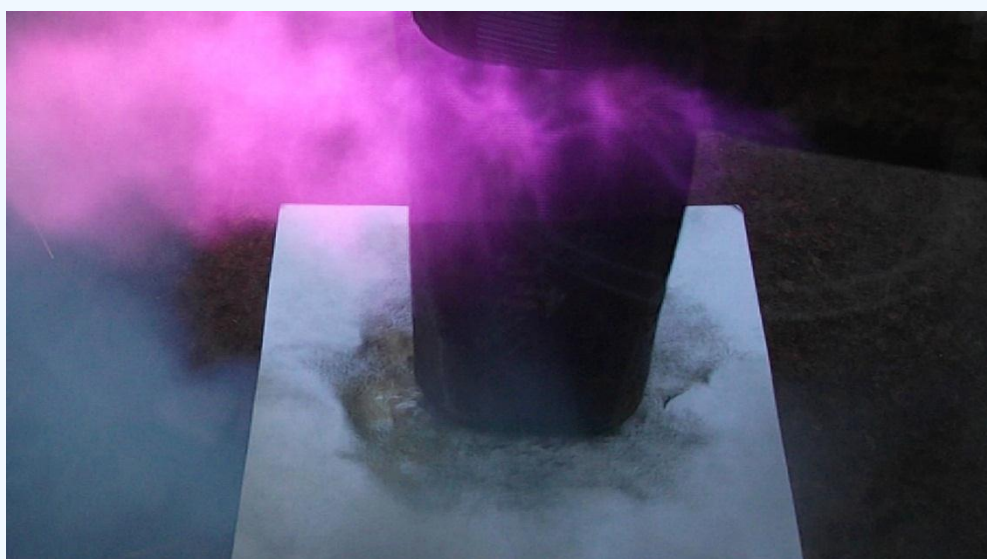
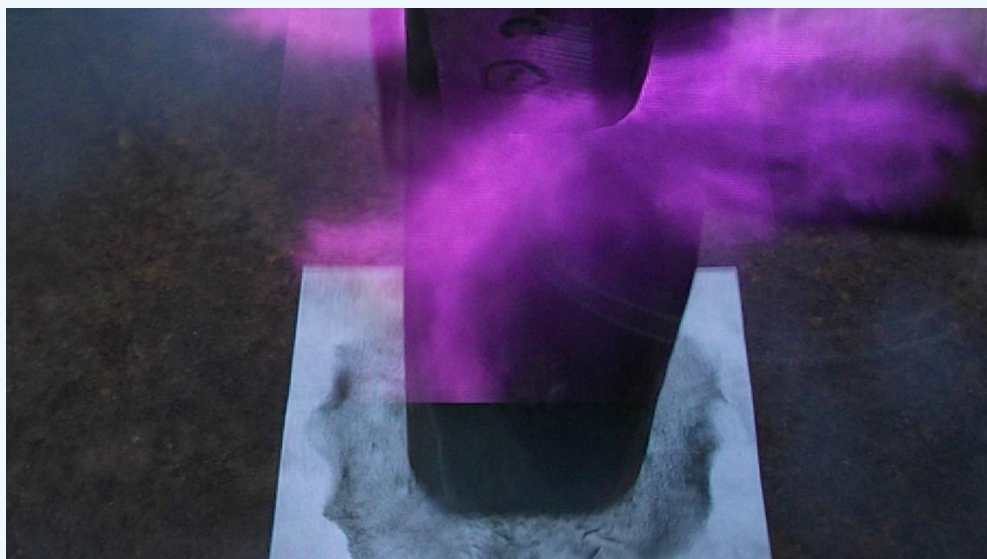
² Смесь Армстронга - смесь бертолетовой соли (хлората калия) и красного фосфора. Сильно взрывается от трения и удара. Данная смесь стала причиной большого количества несчастных случаев. Сленговое название - "бертафос".

[Смотреть Видео \(25 Мб, .avi \)](#)



Реакция калий-натриевого сплава с четыреххлористым углеродом

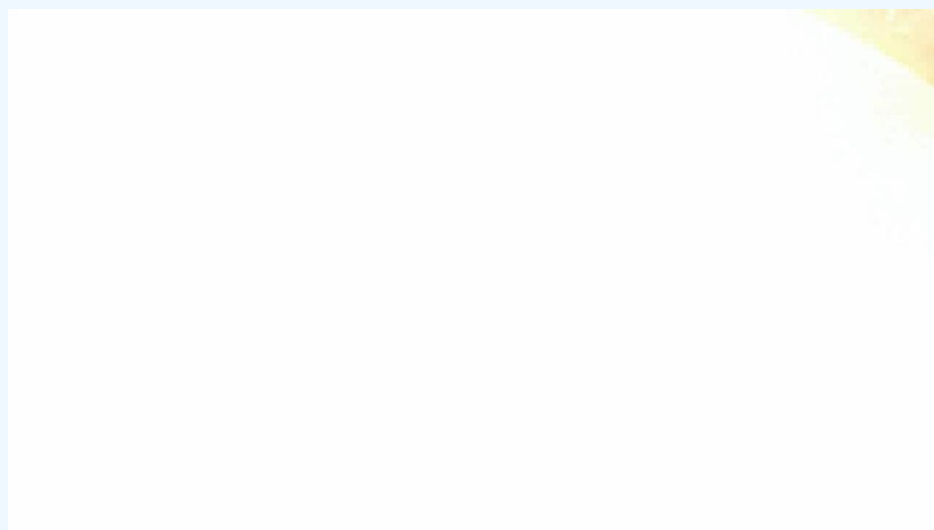




Можно заметить пятно углерода, особенно если заранее подложить квадратик белой бумаги



Реакция калий-натриевого сплава с четыреххлористым углеродом





После взрыва образуется белый "дым" из хлоридов калия и натрия



Опыты с калий-натриевым сплавом ч.6

И.Н. Григорьев

Зажигательные свойства щелочных металлов в военном деле (супернапалм)

После опытов под слоем вазелинового масла осталось немного загрязненного калий-натриевого сплава. Было решено, не просто уничтожить его, а с пользой употребить для демонстрации свойств зажигательных смесей.

Активность щелочных металлов находит применение и в военном деле. Они используются в качестве добавок к некоторым напалмам - горючим составам на основе нефтепродуктов. Введение жидкого сплава калий-натрий в состав напалма приводит к тому, что напалм воспламеняется при контакте с водой, снегом и просто влажными поверхностями.

Во время первой мировой войны американцы первыми начали применять зажигательные бомбы с так называемым "отвержденным горючим" (нефтепродукты загущенные стеаратом натрия), вплавляя внутрь ее кусочки металлического натрия, для того чтобы предотвратить возможность отказов при наличии влажности (см. **И. Быстров Краткий курс пиротехники [ссылка](#)**).

Согласно монографии **А.А. Шидловский Основы пиротехники [ссылка](#)** смеси с добавками щелочных металлов называются супернапалмами: "такая смесь самовоспламеняется на цели, особенно в воде, или на снегу, затрудняя тем самым тушение пожаров и усиливая моральное воздействие". Разумеется, составы подобных пирогелей помимо щелочных металлов могут содержать другие добавки, увеличивающие их эффективность, например белый фосфор.

Подобным свойством обладает используемая в лабораторной технике суспензия натрия в инертных растворителях. (См. **Г. Брауэр Руководство по неорганическому синтезу в 6 томах: т.3, с. 1019-1021 [ссылка](#)**)

Предупреждаем читателей, что подобные смеси - эмульсии и суспензии щелочных

металлов, а также их сплавов в органических растворителях - опасны в обращении и могут привести помимо возгорания и пожара к тяжелым ожогам!



Напалм





Атака напалмом с воздуха

Итак, остатки масла со сплавом калий-натрий были осторожно перелиты в 100 мл аптечный пузырек (под водочную крышку). Для увеличения горючести был долит равный объем гексана. Конечно, в напалм добавляют загустители, чтобы он не сгорал слишком быстро и лучше прилипал к поверхностям, а также другие добавки, но мы не ставили цели воспроизвести рецепт.

Задача воспроизвести реальный состав напалма не такая уж сложная, но мы не будем искушать читателей. Кто интересуется данным вопросом, может обратиться к специальной литературе.

Смесь тщательно встряхнули, при этом образовалась грубая эмульсия. Из-за капелек калий-натриевого сплава полученная жидкость немедленно вспыхивает при контакте с водой и даже просто влажной землей. В случае выливания на землю могут быть отказы воспламенения, если она недостаточно влажная.

В процессе опыта мы предварительно встряхнули жидкость, и плеснули немного ее в старый таз с водой. Смесь немедленно вспыхнула и растеклась по поверхности воды. При проливе на сильно увлажненную землю тоже произошло воспламенение. Опыты выглядят довольно эффектно и весьма необычно.

[Смотреть Видео \(14 Мб, .avi\)](#)



Наша зажигательная смесь, практически супернапалм



Воспламенение при контакте с водой





Воспламенение при контакте с почвой



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.1)

И.Н. Григорьев

Веселящий газ: свойства и применение

Однажды, прочитав биографию Гемфри Дэви, я решил повторить его знаменитые опыты с вдыханием веселящего газа (он же - закись азота N_2O). Меня заинтересовали описания поведения людей вдыхающих этот газ. Что же такое "веселящий газ" и где он применяется?

Для начала приведем свойства закиси азота из книги Ю.В. Карякин, И.И. Ангелов *Чистые химические вещества (1974)* [ссылка](#)

Азот закись ("Веселящий газ")

Nitrogenium oxydulatum, Nitrous oxide, Stickoxidul Lachgas

N_2O , молекулярный вес 44.01

Свойства

Бесцветный газ со слабым сладковатым запахом и вкусом. Тпл. -90.8 ; Ткип. $-88.5^\circ C$. Плотность N_2O 1.5299 (по воздуху) при $0^\circ C$ и 760 мм рт. ст. При нормальных условиях 1 л закиси азота весит 1.9778 г. Плотность жидкой закиси азота 1.226 г/см^3 при $-89^\circ C$. Закись азота растворима в воде и еще лучше - в этиловом спирте (1 объем спирта растворяет 4 объема закиси азота при $20^\circ C$). При нагревании свыше $500^\circ C$ закись азота разлагается:



Процентное содержание кислорода в продуктах распада N_2O выше, чем в воздухе, поэтому горение веществ идет энергичнее. При повышенных температурах закись азота действует как сильный окислитель. Например, тлеющая лучина вспыхивает, как в кислороде, а смеси закиси азота с водородом и аммиаком при нагревании взрываются.

Малые концентрации закиси азота при вдыхании вызывают чувство своеобразного опьянения, которое обычно сопровождается выраженной эйфорией, благодаря этому закись азота получила свое знаменитое тривиальное название - веселящий газ. При вдыхании чистого газа быстро развиваются наркотическое состояние и асфиксия. В смеси с кислородом при правильном дозировании вызывает наркоз без предварительного

возбуждения и побочных явлений. Закись азота при вдыхании не вызывает раздражения дыхательных путей, с гемоглобином не связывается. После прекращения вдыхания через 10...15 минут полностью выделяется через дыхательные пути в неизменном виде.

Основное свое применение закись азота находит в медицине из-за ее наркотических свойств. Газ используется для наркоза в смеси с кислородом в хирургической практике, оперативной гинекологии, хирургической стоматологии, для обезболивания родов, для профилактики травматического шока в послеоперационный период, а также для купирования болевых приступов при острой коронарной недостаточности, инфаркте миокарда, остром панкреатите и других патологических состояниях, сопровождающихся болями.



Баллоны с закисью азота





Наркоз закисью азота

Одно из наиболее известных медицинских применений закиси азота - обезболивание при стоматологических операциях. Смесь кислорода и веселящего газа подается в маску, закрепленную на носу. Концентрация газа подбирается так, чтобы пациент находился в сознании, при этом он мало восприимчив к боли и испытывает состояние приятной релаксации. Благодаря этому дети в европейских странах не боятся стоматологов, что позволяет проводить продолжительное лечение. К сожалению, в России эта процедура практически не используется, благодаря этому стоматологи для многих детей являются воплощением зла, а сам процесс часто напоминает средневековые пытки. По крайней мере, так казалось автору в детстве.

Из второстепенных по значимости областей применения веселящего газа отметим пищевую промышленность. Закись азота зарегистрирована как добавка E-942. В отличие от широко используемого двойника по физическим свойствам - углекислого газа употребляется редко. Нам удалось найти лишь один довольно распространенный продукт, содержащий веселящий газ - это взбитые сливки. Выпускаются аэрозольные баллончики, где веселящий газ используется в качестве пропеллента или сливки взбиваются в сифонах с помощью восьмigramмовых баллончиков со сжиженным газом. Из аэрозольного баллончика взбитых сливок нам удалось получить около трех литров веселящего газа. Другими словами, взбитые сливки могут служить быстрым и очень простым (но дорогим) нехимическим источником получения небольших количеств газа. Однако не будем забегать наперед: получению закиси азота из взбитых сливок посвящен один из следующих разделов статьи.



Взбитые сливки - удовольствие не из дешевых

Одно из популярных любительских применений закиси азота т.н. системы NOS - от англ. Nitrous Oxide System, использующиеся для увеличения мощности двигателей внутреннего сгорания, что является очень привлекательным для автогонщиков. Сжиженная закись азота из баллона и горючее впрыскиваются во впускной (всасывающий) коллектор двигателя, что приводит к следующим результатам:

* снижает температуру всасываемого в двигатель воздуха, увеличивая тем самым плотность поступающей в цилиндры смеси.

* увеличивает содержание кислорода в поступающем газе (воздух содержит лишь 21 % кислорода по весу).

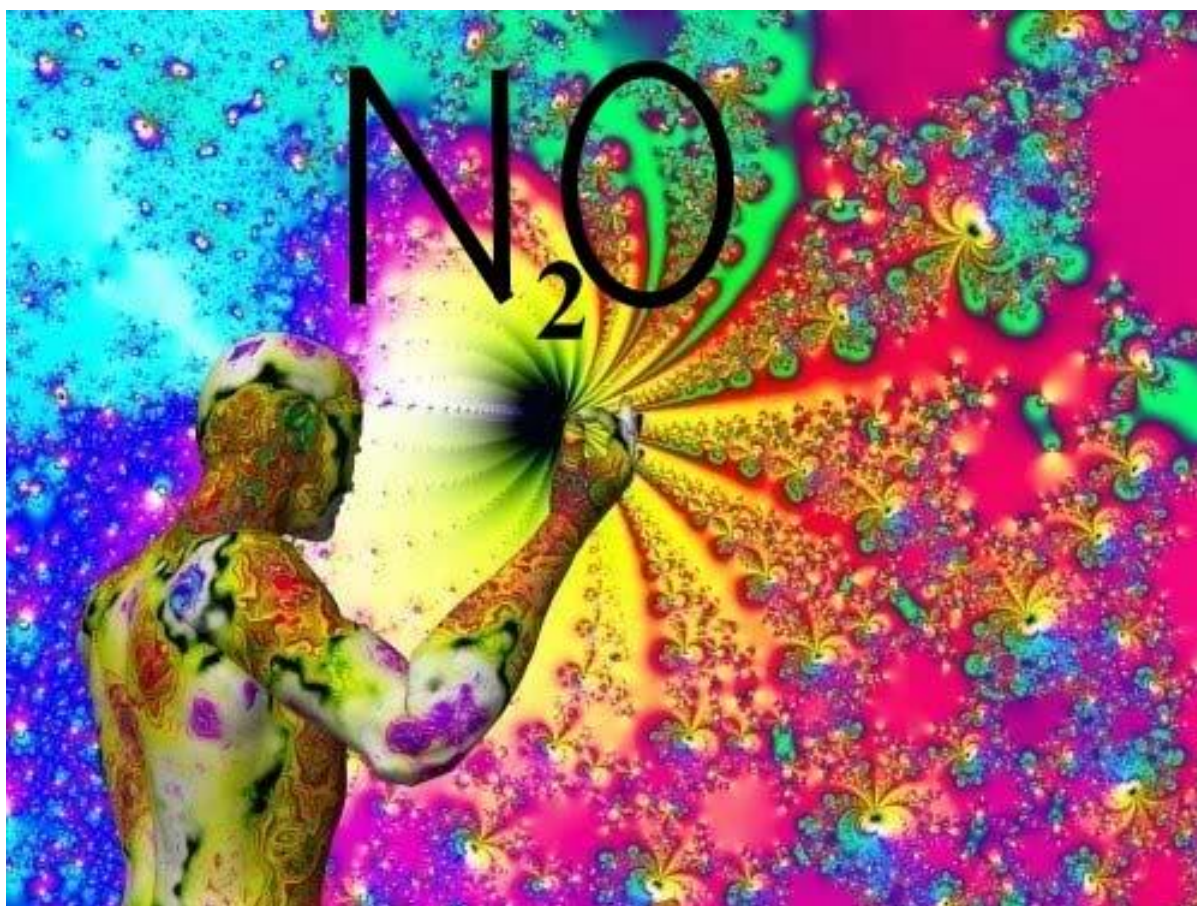
* повышает скорость (интенсивность) сгорания в цилиндрах двигателя.

Увеличение количества кислорода позволяет сжигать большее количество топлива, как следствие высвобождать больше энергии. Чистый кислород непригоден для этой цели, ввиду слишком сильного окислительного действия. Азот, образующийся при распаде закиси азота, не дает смеси детонировать. Подобные системы, однако, несмотря на громкую рекламу скорее дорогое развлечение, т.к. дают крайне непродолжительный эффект (баллон расходуется очень быстро), двигатель при этом быстрее изнашивается. NOS используются лишь для любителей гонок.



Система для впрыскивания закиси азота в двигатель

Не совсем приятной областью использования закиси азота стало его "неофициальное применение" в качестве наркотического вещества (вернее ингалянта), другими словами - злоупотребление веселящим газом. В США довольно распространено нецелевое использование баллончиков с пищевым веселящим газом для взбивания сливок. В России увлечение вдыханием веселящим газом начало приобретать популярность в клубах. Об этом будет подробнее сказано во второй части.



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.2-1)

И.Н. Григорьев

"A smell of petroleum prevails throughout"¹ или эффекты вдыхания закиси азота

1. История открытия действия "веселящего газа"

Наркотическое действие веселящего газа было открыто Г. Дэви. Рассмотрим подробнее биографию этого выдающегося химика до периода исследований действия газов. Гемфри Дэви (Humphry Davy, 1778-1829) родился в маленьком городке Пензансе на юго-западе Англии. Гемфри учился в грамматической школе близ Пензанса. В 1795 г., через год после смерти отца, Гэмфри был принят в качестве ассистента и аптечного помощника к местному хирургу Дж. Бингану Борлэйзу (J. Bingham Borlase). Он готовил мази, взвешивал порошки, помогал при перевязках, мечтая выучиться врачебному ремеслу и стать доктором.



Чрезвычайно прилежный и любознательный Дэви жадно прислушивался к разговорам своего шефа с местными коллегами и заезжими коммерсантами-аптекарями о перспективах развития "пневматической медицины", основы которой были положены работами английского ученого Джозефа Пристли (Priestley J., 1733-1804). Шум вокруг этой новой моды в медицине был уже порядочный, если судить по оппозиции, которая довольно громко высказывалась. Так, например, Ян Ингенхаус (Jan Ingenhoucz), придворный врач австрийского имперского двора, открыто предостерегал врачебный мир от опасностей чрезмерного увлечения газами как "жизненным эликсиром". Но еще более категоричные отрицательные взгляды высказал авторитетный американский врач, химик Митчелл (Lantham Mitchell), который ссылаясь на проделанные им опыты на животных с открытой Пристли закисью азота, заявил, что этот газ является опасным ядом, от которого его животные чуть не погибли. Митчелл в своих предостережениях шел еще дальше, высказывая мысль, что некоторые газы сами по себе и есть главная причина эпидемических заболеваний. Митчелл был для всех признанным авторитетом, и его суждения в общественном сознании были чуть ли не истиной в последней инстанции. Однако на юного Дэви подобные приговоры произвели

обратное действие и зародили в нем мысль приготовить закись азота, и на самом себе испробовать ее действие.

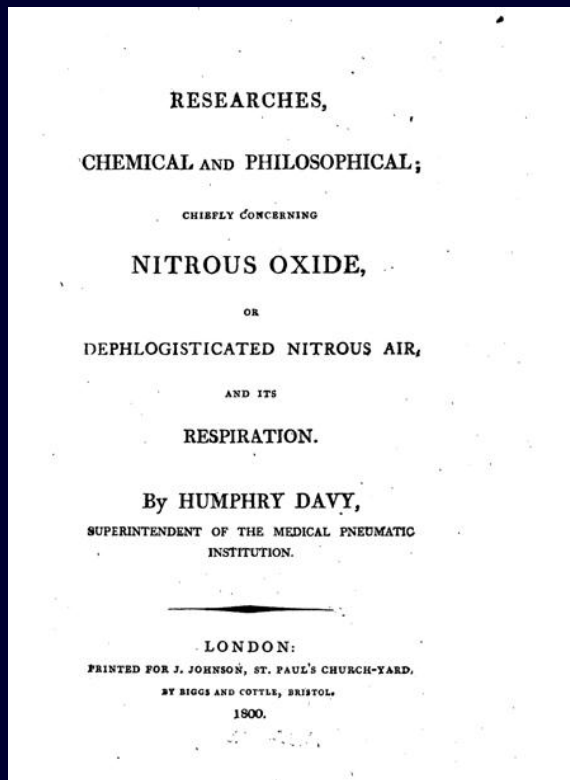
По ночам, когда хозяин Борлэйз уходил, Дэви перечитывал "Химический справочник" Никольсона, "Руководство по элементарной химии" Лавуазье и "Эксперименты и наблюдения" Пристли, а также постепенно подготавливал оборудование и препараты для приготовления закиси азота. Когда все было готово, и газ был получен, Дэви начал свои героические опыты. Вдыхание закиси азота произвело на него столь необыкновенное действие, вызывая чрезвычайно приятные ощущения и веселое настроение, что Дэви, скрывая опыты от своего шефа, стал повторять их почти ежедневно, все более и более убеждаясь не только в отсутствии отравляющего действия, но и в неизменном опьяняющем эффекте закиси азота и вызываемых им веселых галлюцинациях.

Дэви был начинающим поэтом, и он не утерпел, чтобы не описать в стихах свои ощущения при действии закиси азота. Но для нас гораздо интереснее не его юношеские вирши, теряющие прелесть стихотворной формы при переводе прозой, а точные записи из его знаменитой книги, вышедшей в 1800 г., когда он уже был сотрудником "Медицинского пневматического института". Здесь мы находим первое в мире прямое указание на обезболивающее действие ингаляции закиси азота. Вот цитата из книги Дэви "Исследования химические и философские, касающиеся главным образом закиси азота, или дефлогистированного воздуха и его вдыхания" [*Humphry Davy - Researches, Chemical and Philosophical; Chiefly Concerning Nitrous Oxide or Dephlogisticated Nitrous Air and its Respiration (1800)* [<ссылка>](#)]:

"При прорезывании одного злосчастного зуба, называемого *dentes sapientiae*, я испытывал острое воспаление десны, сопровождающееся большой болью, которая одинаково мешала как отдыху, так и сознательной работе. Однажды, когда воспаление было чрезвычайно чувствительно, я вдохнул три большие дозы закиси азота. Боль совершенно исчезла после первых четырех или пяти вдохов и неприятные ощущения на несколько минут сменились чувством удовольствия. Когда прежнее состояние сознания возвратилось, вместе с ним вернулось и состояние в органе, и мне даже показалось, что боль была сильнее после опыта, чем раньше".

¹ "Во всей Вселенной пахнет нефтью". Известный (в широких кругах) английский математик и философ Бертран Рассел в книге "История Западной Философии" пишет: "Уильям Джеймс описывает человека,

который испытал действие веселящего газа; всякий раз, когда он находился под воздействием этого газа, он знал тайну Вселенной, но когда приходил в себя, то забывал ее. Наконец ему удалось путем огромного усилия записать эту тайну до того, как видение исчезло. Совершенно очнувшись, он бросился посмотреть то, что записал. Это было: "Повсюду пахнет нефтью".



**Титульная страница книги
*Humphry Davy - Researches, Chemical and Philosophical; Chiefly Concerning Nitrous Oxide or Dephlogisticated Nitrous Air and its Respiration (1800)***



Гемфри Дэви

Увлекательные опыты с закисью азота и сопровождающее их состояние наркотического опьянения испортили взаимоотношения Дэви с его шефом, который вначале не мог понять причины небывалых раньше приступов безудержного смеха и возбуждения своего ученика. Случалось, что приезжавшие пациенты, встретившись с невменяемым, по их мнению, лекарским помощником, уезжали с недовольством и практика Борлэйза стала падать. Когда хозяин выяснил в конце причину частой одержимости Дэви, то, усмотрев в опытах с закисью азота причину своего врачебного неблагополучия, он запретил Дэви продолжать исследования в его доме.

Дэви переселился к своему приемному отцу, доктору Тонкину. Здесь он вновь собрал кое-какую стеклянную посуду и оборудование, наладил производство газов и возобновил свои опыты. Именно тут, у Тонкина, он дал закиси азота название "веселящий газ".

Но однажды ночью семейство Тонкинов было разбужено сильным взрывом. Вбежав в комнату Дэви, они застали его растерянного, с виноватым видом, среди разбросанного взрывом оборудования. Последовало категорическое запрещение продолжать эти затеи, угрожающие взорвать весь дом. Вторично поискам Дэви наступил конец.

Но в это время в Пензанс случайно приехал доктор Дэвис Гидди (Davies Giddy, позднее Gilbert), впоследствии ставший президентом Королевского Общества (1827-30 гг.). Он услышал о "таинственных газах" и о взрыве в доме Тонкинов и пожелал познакомиться с этим "неисправимым юношей". Гидди сразу же усмотрел в юном Дэви многообещающего пытливого исследователя и рекомендовал его своему другу - доктору Томасу Беддо (Beddoes, Thomas, 1760-1808), директору "Пневматического института" в Клифтоне, под Бристолем.

Приехав в Клифтон, Дэви получил максимум того, о чем мог мечтать: замечательную лабораторию, прекрасные условия жизни и работы, и прекрасного руководителя, увлеченного мечтами об исследованиях газов и их действии на организм человека при вдыхании.

Томасу Беддо, возглавлявшему созданный им "Пневматический институт", в это время было сорок лет. Это был чрезвычайно образованный, разносторонний ученый, собравший вокруг себя группу энтузиастов новой идеи - пневматической медицины. Сам он был известным химиком, философом, поэтом и искренне увлекался идеями служения на благо человечества. Он получил образование в Лондоне, Эдинбурге и Париже, был

дружен с Лавуазье. Дополнительный курс химии он прошел в Оксфорде. Беддо увлекался психологическими анализами, изучал природу снов и впечатления раннего детства, предвосхищая тем самым будущие работы Зигмунда Фрейда.

Идеи Беддо о лечении ингаляциями газов различных болезней встретили весьма горячий отклик и всяческую помощь. Достаточно сказать, что известный поэт Томас Веджвудд предоставил тысячу фунтов стерлингов в его распоряжение, а известный изобретатель, создатель первой паровой машины, Джеймс Уатт (Watt, J, 1736-1819) снабжал его лаборатории необходимым оборудованием.

"Пневматический институт" был оборудован и снабжен первоклассным по тем временам оборудованием и лабораториями, при нем находилась больница на 10 коек и поликлиническое отделение. Ко времени приезда Дэви в институте уже широко проводились испытания ингаляций кислорода, водорода, азота и некоторых недавно открытых углеводов. Фактически, это был настоящий научный центр, в котором изучались свойства различных газов и их влияние на организм человека. Можно смело сказать, что Томас Беддо и его сотрудники были пионерами и предшественниками современной респираторной терапии. В "Пневматическом институте", во многом благодаря Джеймсу Уатту, создавались и испытывались первые ингаляторы, спирометры, баллоны сжатого газа и т.д. Именно в "Пневматическом институте" впервые был применен с лечебной целью кислород; разработаны основы аэрозольной терапии; впервые была измерена общая емкость легких методом разведения водорода (Дэви).

Намерения Дэви заняться закисью азота были встречены Беддо с одобрением. Дэви повторил свои опыты, проведенные в Пензансе, изготовил хорошие газометры, хотя дважды чуть не погиб от ингаляций недостаточно очищенного газа. В конце концов, 11 апреля 1799 г. ему удалось наладить получение "чистой" закиси азота.

Как же тогда получали закись азота, и чистой ли она была по современным понятиям? Обратимся к монографии Дэви. В главе "О подготовке закиси азота для экспериментов над вдыханием" описан использованный прибор, который состоял из стеклянной реторты объемом 2-3 кварты (около 2-3 л), в которой разлагается расплав аммиачной селитры, горло реторты соединялось с герметичными газометрами Уатта, в качестве запирающей жидкости использовалась вода насыщенная закисью азота. Дэви предупреждает, что "газ, произведенный из нитрата аммония, должен быть перенесен, чтобы находится в покое, по крайней мере, в течение часа после его генерации". Если использовать газ раньше, то

он будет содержать "более или менее белого пара, у которого есть неприятное кислотное свойство" и который сильно раздражает легкие. Читателю известно, что даже при благоприятном температурном режиме разложения аммиачной селитры всегда идут побочные реакции, в ходе которых сырой газ кроме безобидных примесей воды и азота содержит также пары азотной кислоты и смесь NO и NO₂. В процессе разложения селитры газ увлекает аэрозоль нитрата аммония. При выдерживании газа количество примесей уменьшалось незначительно, вероятно при этом конденсировалась часть азотной кислоты, и оседал аэрозоль селитры. Содержание NO и NO₂ не менялось. Дышать таким газом вредно для здоровья, но тогда об этом не знали.

Первая демонстрация ингаляции больших доз закиси азота была проведена Дэви в присутствии Беддо и младшего ассистента Кинглэка. Успех был полный: вдыхая три-четыре кварты из приготовленного, непроницаемого шелкового мешка, Дэви не испытал никакого дурного действия. К опытам присоединились и другие. Первым из принявших ингаляцию был известный поэт Сэмюэль Тейлор Колеридж. Дэви начал вдыхать из шелкового мешка, содержащего 20 кварт закиси азота (22.8 л). Вот его описание:

"Почти немедленно началось дрожание, идущее от груди к конечностям. Я испытывал ощущение осязательного напряжения, в высшей степени приятного в каждом члене. Мои зрительные впечатления были ослепительны и казались великолепными. Я отчетливо слышал каждый звук в комнате и был прекрасно ориентирован в происходившем. Постепенно, по мере того, как приятные ощущения нарастали, я потерял связь с внешним миром. Потoki зрительных образов быстро пробегали в моем сознании и так сочетались со словами, что производили совершенно новые образы. Я пребывал в мире идей, заново измененных и причудливо сочетавшихся. Я строил теории и делал открытия. Когда я был разбужен из этого полубредового транса доктором Кинглэком, который отнял мешок от моего рта, то негодование и гордость были первыми чувствами от присутствия около меня другого человека. Мои эмоции были возвышены, и я испытывал энтузиазм; я ходил по комнате около минуты, совершенно не считаясь с тем, что говорили вокруг меня. Когда я вернулся к прежнему состоянию рассудка, я испытывал потребность сообщить об открытии, которое я сделал во время эксперимента. Я старался вернуть свои видения, но они были слабы и неотчетливы. Однако сумма данных представлялась сама собой, и я заявил доктору Кинглэку с самой полной уверенностью и пророческим образом: в мире нет ничего, кроме понятий; вселенная состоит из впечатлений, идей, удовольствий и страданий".

Опыт продолжался три с половиной минуты, и было израсходовано не более половины газа. Потом Дэви вдохнул оставшуюся половину газа.

"Подобные ощущения были снова произведены; я был быстро брошен в радостный транс, и продолжал в нем находиться дольше, чем прежде. В течение многих минут после эксперимента я испытал волнения (трепет) в конечностях, взволнованность продолжалась почти два часа".

Опыты стали ставить шире. Слухи и рассказы привлекли множество больных в "Пневматический институт", главным образом, страдающих астмой. Многие из них после ингаляций считали себя совершенно излеченными и "заново родившимися".

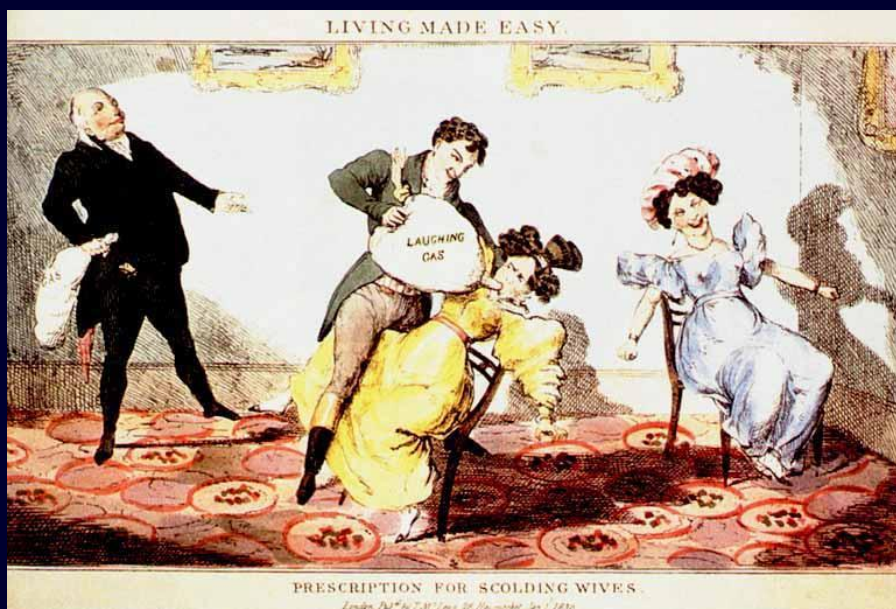
Среди описаний экспериментаторов проводивших вдыхание почти все описывают необычные и трудноописуемые приятные ощущения. Газ вдыхали из шелковых мешков в количествах 7-9 л. Закись азота нередко получалась непригодной для дыхания из-за аэрозоля кислоты. Интересующихся описаниями сеансов вдыхания и историей исследования веселящего газа отсылаем к книге "Исследования химические и философские, касающиеся главным образом закиси азота, или дефлогистированного воздуха и его вдыхания" [Humphry Davy - *Researches, Chemical and Philosophical; Chiefly Concerning Nitrous Oxide or Dephlogisticated Nitrous Air and its Respiration* (1800) [<ссылка>](#)]. К сожалению, книга не переводилась на русский язык.

В разделе использованы материалы книги Б. Могилевский - Живи в опасности. Повесть о великом химике Гемфри Дэви (1970). [<ссылка>](#).



Карикатура Джеймса Джилрея.

Молодой Гемфри Дэви проводит публичную демонстрацию "веселящего газа" в Королевском Институте. Лектор - Томас Гарре, предшественник Дэви на посту профессора химии. Бенджамин Томпсон (граф Румфорд), основатель Королевского Института, стоит в дверном проеме.



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.2-2)

И.Н. Григорьев

"A smell of petroleum prevails throughout" или эффекты вдыхания закиси азота

2. Как закись азота начали использовать в стоматологии

10 декабря 1844 г. В этот день в небольшом американском городке Хартфорде (штат Коннектикут) произошло довольно знаменательное событие. 27-летний дантист Хорас Уэллс (Horace Wells, 1815-1848) просматривая местную газету "Hartford Courant", заинтересовался объявлением, в котором извещалось, что приезжий химик доктор Кольтон сегодня вечером проведет так называемый дивертисмент с показом опытов "с веселящим газом".

Следует отметить, что в Великобритании и США первой половины 19-го века общественные демонстрации ингаляций закиси азота не были уже редкостью. Так же как и ether frolics (эфирные шалости), эти своеобразные развлечения довольно широко распространились не только в больших, но даже и в маленьких городках США. Программа подобных "дивертисментов" странствующих лекторов и артистов обычно представляла собой смесь развлечений, фокусов и научно-популярных лекций по темам от электричества до химии с демонстрацией различных опытов почтенной публике. После того, как в 1799-1800 гг. стали известны эксперименты, проводившиеся в "Пневматическом институте" Томаса Беддо, и многократные демонстрации Г. Дэви возбуждающего эффекта закиси азота на вечеринках с друзьями, на протяжении последующих нескольких десятилетий многочисленные лекторы стали включать в свои программы и демонстрацию эффекта вдыхания закиси азота, проводимую на добровольцах из публики. Любопытно, что и известный изобретатель 6-зарядного револьвера полковник Самуель Кольт, впоследствии владелец крупной оружейной фабрики в том же Хартфорде, в тридцатых годах 19-го столетия был антрепренером подобных шоу.

Однако одним из лучших демонстраторов США считался вышеупомянутый Гарднер Квинси Кольтон (Colton, Gardner Quincy, 1814-1898).

После двух лет изучения медицины в Нью-Йорке Кольтон бросил медицинскую школу в 1844 г. (или был изгнан из нее?), послав по его собственным словам медицину к "чертям собачьим". Он начал карьеру публичного лектора, разъезжая по городам США с лекциями по химии, натурфилософии и телеграфу. Его "дивертисменты" представляли собой массовые красочные зрелища. Программа часто включала в себя выставку "Страшного суда", большого полотна Рембрандта Пила (Rembrandt Peale), размерами 13 футов в высоту и 24 фута в длину. В дополнение своих научно-популярных лекций Кольтон демонстрировал публике работу телеграфа и эффекты, вызываемые ингаляцией закиси азота ("веселящего газа").

Вот текст того любопытного объявления, которое заинтересовало Хораса Уэллса и побудило его пригласить свою жену пойти вечером с ним вместе на представление Кольтона:

"Большая демонстрация эффекта, вызываемого ингаляцией закиси азота, веселящего или смехотворного газа, будет дана в Юнион Холл сегодня (вторник) вечером, 10 декабря 1844 г.

Сорок галлонов газа будут приготовлены и отпущены всем желающим вдыхать его в аудитории. Двенадцать молодых людей уже выразили желание быть добровольцами для ингаляции газа в начале представления.

Восемь крепких мужчин приглашены занять передние места, чтобы защитить находящихся под действием газа от повреждений самих себя или других. Эти меры предпринимаются, дабы не возникло никакой опасности. Вероятно, никто не сделает попыток драки.

Газ вызывает у тех, кто вдыхает его, либо смех, пение, танцы, разговорчивость или буйство и т.д. и т.п. в соответствии с главной чертой характера. Но, кажется, что все сохраняют сознание настолько, чтобы не высказать или не сделать того, о чем они после пожалели бы.

Газ будет отпускаться только джентльменам из лучшего общества. Задача развлечения - сделать его занятием, приятным во всех отношениях.

Мистер Кольтон дал два аналогичных представления прошлой весной в Таверне Бродвея

в Нью-Йорке. Оба спектакля привлекли свыше четырех тысяч дам и джентльменов, полный отчет о чем можно найти в New Mirror от 6 апреля, написанный Н.П.Уиллисом. Прибывши в Хартфорд, мистер Кольтон дает данное представление по настоятельной просьбе друзей. Его желание и намерение - заслужить и приобрести покровительство и расположение публики первого класса. Он верит, что они будут смеяться больше, чем смеялись за последние шесть месяцев. Развлечение это является научным для тех, кто желает его сделать таковым. Те, кто вдыхал газ один раз, боятся привыкнуть к нему, но таких примеров еще не было.

Невозможно описать словами восхитительное ощущение, вызываемое ингаляцией. Поэт Роберт Санти (Robert Sontey) как-то сказал, что "атмосфера высшего из всех возможных небес должна состоять именно из подобного газа".

Полное описание действия, оказанного на некоторых замечательных людей Европы, можно узнать в Хуперовском медицинском словаре под заголовком "Азот".

Мистер Кольтон будет вдыхать газ первым. История и свойства газа будут изложены в начале.

Мистер Кольтон даст частное представление для дам, которые пожелают вдыхать газ во вторник, между 12 и 13 часами бесплатно. Никто, кроме дам, не допускается. Это делается для тех, кто хочет вдыхать газ без свидетелей.

Представление начнется в 7 часов. Билеты по 25 центов продаются в Главном книжном магазине и у входа 10 декабря".

Вечером 10 декабря Хорас Уэллс и его жена направились в Юнион Холл. Во время представления на соседнем месте с Х.Уэллсом оказался молодой человек по имени Самуэль А. Кулей (Samuel A. Cooley), приказчик из большой хартфордской аптеки. По роду своей профессии дантиста Уэллс часто имел дело с этой аптекой и лично знал Самуэля, которого называл просто Сэмом.

Колтон прочитал короткую вступительную лекцию и затем началась демонстрация ингаляции закиси азота. Газ подавали в резиновых мешках. Вдыхали его через грубые деревянные мундштуки, подобные тем, через которые в плохих деревенских трактирах сосали сидр из бочонков. Кольтон первым принял ингаляцию веселящего газа и заявил о восхитительных ощущениях, которые он испытывает.

В числе любопытных, пожелавших попробовать на себе действие закиси азота, вышел на сцену и Кулей. Как только Кольтон дал ему вдохнуть несколько глотков газа, Кулей опьянел. Он подпрыгивал, приседал, танцевал по сцене, а затем, вообразив присутствие какого-то невидимого врага, стал энергично размахивать в воздухе руками, нападать и отбиваться. Когда наркотное опьянение кончилось, Кулей очнулся и старался понять, где он и, что с ним. Кулей сел на свое место рядом с Уэллсом, и в то время, как на сцене проводили ингаляции следующим добровольцам, он почувствовал боль в голени. Засучив штанину, он к удивлению увидел зияющую и кровоточащую, ушибленную рану ниже колена. Он никак не мог разгадать, в чем дело, если бы Уэллс не разъяснил ему, что, будучи в наркотном возбуждении, он перепрыгнул через скамьи и, споткнувшись, очевидно, сильно ударился ногой. Было ясно, что для столь значительной ссадины нужен был весьма сильный удар, который, тем не менее, прошел совершенно нечувствительным для аптекаря.

Сеансы ингаляции веселящего газа на сцене продолжались. Публика со смехом следила за поведением и выходками каждой новой добровольной жертвы экспериментов. Один лишь Хорас Уэллс сидел молчаливый и задумчивый. В голове его все яснее и яснее созревал вывод, суливший грандиозные перспективы и славу.

"Скажите, Сэм, неужели вы совершенно не почувствовали боли при столь сильном ушибе ноги?" - спросил он. "Абсолютно нет", - ответил Кулей.

Таким образом, благодаря представлению Гарднера Квинси Кольтона, дантист Хорас Уэллс пришел к мысли о возможности уменьшить боль при экстракции зубов с помощью ингаляций закиси азота. Тем самым он вновь вернулся к идеям Гемфри Дэви, высказанным еще четыре десятилетия назад.

Рано утром он отправился в гостиницу, в которой остановился гастролирующий лектор и демонстратор Гарднер Квинси Кольтон, чтобы попросить у него некоторое количество закиси азота. Уэллс смог убедить Кольтона согласиться, пообещав ему долю барышей из того, что несомненно должно было стать весьма прибыльным делом.

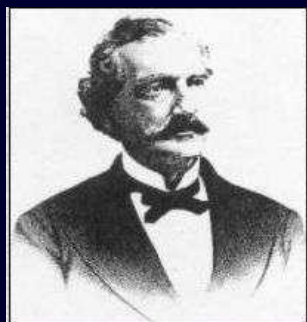
Получив согласие, Уэллс решил испробовать обезболивающее действие закиси азота прежде всего на самом себе, и обратился к другому хартфордскому дантисту, Джону Риггсу (John M. Riggs) с просьбой, чтобы тот удалил у него один здоровый зуб.

Все собрались в приемной Риггса в тот же день, 11 декабря, в послеобеденное время. Кольтон принес газ и сам лично сделал ингаляцию большой дозы Уэллсу, а Риггс, воспользовавшись хорошим наркозом, вырвал у коллеги один из здоровых моляров. Уэллс вскоре очнулся и с крайним энтузиазмом воскликнул: «Наступила новая эра в экстракции зубов!». Он уверял всех присутствующих, что не почувствовал ни малейшей боли, и что в процессе самой ингаляции он испытывал замечательно приятные ощущения.

Это событие стало первым использованием закиси азота для обезболивания в стоматологии.

Дальнейшая судьба Хораса Уэллса сложилась трагически, но мы на этом останавливаться не будем.

(использованы материалы сайта www.critical.ru)



Гарднер Квинси Кольтон
(Colton, Gardner Quincy,
1814-1898)

Гарднер Квинси Кольтон (Colton, Gardner Quincy, 1814-1898)



Хорас Уэллс (Horace Wells, 1815-1848)



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.2-3)

И.Н. Григорьев

"A smell of petroleum prevails throughout" или эффекты вдыхания закиси азота

3. Закись азота и мистическая философия

Наркотики делают религиозный опыт возможным? Они сделали это для Джеймса и для других философов-мистиков его времени. Эксперименты Джеймса с психотропными препаратами поднимают трудные вопросы о вере и ее состояниях.

*У него короткие волосы и длинная коричневая борода. Он носит костюм "тройку". Он представляется, упавшим на свой стол, беспомощно смеясь. На столе мешок с выходящей из него резиновой трубкой. Под рукой листок бумаги, на котором он написал "Это походит на ерунду, но это чистый смысл!" Он смеется сильнее. Держит свой лоб в обеих руках. Он в состоянии транса. Он - Уильям Джеймс, американский психолог и философ. И впервые он чувствует, что понимает религиозный мистицизм. (Вольный пересказ фрагмента статьи *The Nitrous Oxide Philosopher by Dmitri Tymoczko*)*

Религиозное, а в более общем случае - мистическое мировоззрение апеллирует к иррациональному. С другой стороны, закись азота (равно как и некоторые другие наркотические вещества) направляют сознание человека по пути, который расходится с нашей грешной реальностью. Не удивительно, что нашлось немало философов-мистиков, которые восприняли субъективные ощущения, вызванные опьянением закисью азота, эфиром и другими наркотиками, как проявление неких объективных истин, недоступных человеку в здравом рассудке. Ярким примером таких мыслителей был Уильям Джеймс (Джемс).

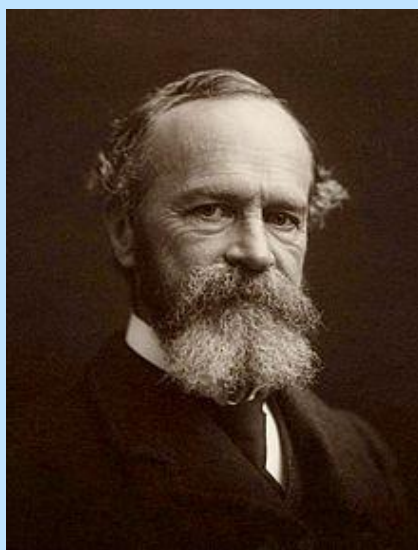
Краткая биографическая справка

Уильям Джеймс [William James] (11 января 1842, Нью-Йорк - 26 августа 1910, Чокоруа, шт. Нью-Хэмпшир), американский философ и психолог, основатель прагматизма.

Начав свое образование с изучения живописи в Ньюпорте, Джеймс поступил затем в Научную школу Лоренса (Lawrence Scientific School) Гарвардского университета, которую двумя годами позже сменил на Медицинскую школу. Продолжил обучение в Германии,

где штудировал медицину, физиологию и естественные науки под руководством Гельмгольца и Вирхова. По возвращении в Гарвард Джеймс получил в 1868 степень доктора медицины. После этого он пережил тяжелый душевный кризис, который преодолел только в 1870 благодаря увлечению философией Ш. Ренувье, утверждавшего миропонимание свободы и творчества. Памяти Ренувье Джеймс посвятил написанную тогда же рукопись "Некоторые проблемы философии" (опубликована она была только после смерти автора). В 1871 при участии Джеймса создается Метафизический клуб, объединивший Ч. Пирса, Ч. Райта, Дж. Росса, Ф. Эббота и других математиков, естествоиспытателей, юристов, теологов. Джеймс очень высоко оценил доклады Пирса, учеником и последователем которого он стал. После того как в 1873 Джеймса приглашают занять должность профессора Гарвардского университета, он начинает регулярно вести занятия - сначала по анатомии и физиологии, затем по психологии и, наконец, по философии.

Фундаментальный двухтомный труд "Принципы психологии" (1890) приносит ему известность как крупному психологу, а сборник философских работ "Воля к вере" (1897) создает ему репутацию влиятельного мыслителя. Благодаря своим лекциям, пользующимся неизменной популярностью, Джеймс часто получает приглашения из различных университетов США и Европы. Его сочинения, написанные в начале века, - "Многообразие религиозного опыта" (1902), "Прагматизм" (1907), "Плюралистический универсум" (1909) - провозглашают прагматизм особым философским направлением.



Уильям Джеймс (Джеймс) [William James]



Уильям Джеймс и Джосайя Ройс

Уильям Джеймс описывает свои личные переживания, связанные со случаями изменения сознания. "Одно из очарований опьянения, - пишет он, - бесспорно, заключается в глубинном чувстве реальности и истине, которая достигается через него. В каком бы свете ни представали перед нами вещи, они видятся безоговорочными, "совершенно совершенными", что не наблюдается, когда мы трезвые". В своей книге "Многообразие религиозного опыта" он добавляет:

"Эфир и в особенности окись азота, в известной дозе примешанные к воздуху, являются также могучими стимулами к пробуждению мистического сознания. Перед вдыхающим их, точно разверзаются бездны истины одна за другою. Когда человек приходит в нормальное состояние, истина от него ускользает, и если остается от нее какая-нибудь формула, для нормального рассудка она оказывается бессмыслицей. Тем не менее, у человека остается чувство, что эта формула полна глубокого значения. Я лично знаю многих людей, которые убеждены, что в трансе, вызванном окисью азота, возможны настоящие метафизические откровения.

Несколько лет тому назад я сделал сообщение в печати о произведенных лично мною опытах опьянения окисью азота. На основании их я пришел тогда к такому выводу, - который и до настоящего времени не поколебался в моих глазах, - что наше нормальное или, как мы его называем, разумное сознание представляет лишь одну из форм сознания, причем другие, совершенно от него отличные формы, существуют рядом с ним, отделенные от него лишь тонкой перегородкой. Мы можем совершить наш жизненный

путь, даже не подозревая об их существовании; но как только будет применен необходимый для их пробуждения стимул, они сразу оживут для нас, представляя готовые и определенные формы духовной жизни, которые, быть может, имеют где-нибудь свою область применения. Наше представление о мире не может быть законченным, если мы не примем во внимание и эти формы сознания. Из них, правда, нельзя вывести точной формулы и они не могут дать нам плана той новой области, которую они перед нами раскрывают, но несомненно, что они должны помешать слишком поспешным заключениям о пределах реального. Возвращаясь к моим собственным переживаниям этого рода, я должен признать, что они сводятся к особому просветленному состоянию, которому я не могу не придать мистической окраски. Основной чертой такого состояния всегда является примиренность, словно две противоположные стороны мира, столкновения между которыми составляет причину всех наших внутренних бурь и неурядиц, расплавились и образовали единое целое. Они не принадлежат к одному роду, как два различных вида, но один из видов, - более возвышенный, - сам становится родом по отношению к противоположному виду и растворяет его в себе. Я знаю, что эта мысль с логической стороны темна, но я не могу избавиться от ее влияния на меня. Я чувствую, что в ней есть смысл, соприкасающийся с сущностью гегелевской философии. Имеющий уши, да слышит. Для меня эта мысль постижима лишь этим путем искусственно разбуженного мистического состояния сознания.

У меня есть друзья, которые верят в откровение, обусловленное наркозом. Для них оно также метафизическая интуиция, в которой мир в своих многообразных проявлениях воспринимается как бы растворившимся в Едином.

"Мы погружаемся в этот повсюду разлитой Дух, - пишет один из них, - всецело, безраздельно, в полном самозабвении. Все перестает тогда существовать для нас, все, что выше и что ниже нас, все где бы то ни было сущее. Остается лишь жизнь и мы, в нее погруженные. Существует только единое, множественное теряет свою множественность, исчезает; и каждый из нас есть этот Единый существующий... Это предельная черта. И насколько достоверно то наше существование, которое составляет обычный источник наших забот, настолько же достоверна и радость, царящая над всяким дуализмом, над всеми антитезами, какой я достиг в моем уединении, равном божескому".

Весьма поэтично и точно Джеймс описывает наступление в процессе интоксикации своеобразного состояния мистического откровения, а также его исчезание в процессе выделения растворенной закиси азота из крови.

"Для меня, как и для всех известных мне людей, главным в подобных экспериментах бывает наступление просветленности сознания. Истина лежит глубже очевидности ослепительных видений и необычных ощущений. Мозгу внезапно и с такой ясностью открываются сущность явлений и все логические связи бытия, что нормальное сознание не дает этому аналогий. Только по мере возвращения трезвости тает способность ясновидения, глаза становятся пустыми, а в мозгу мелькают какие-то обрывки фраз и слов. Такое чувство, как будто смотришь на снежный пик, помертвевший, потому что на нем только что погас закат, или на пепел, оставшийся от еще недавно раскаленных головешек".

Интересующиеся читатели могут посмотреть эссе [William James Subjective Effects of Nitrous Oxide](#) [ссылка](#).

Добавим, что подход Джеймса и других философов-мистиков, которые искали истину в закиси азота, является вполне логичным. Если наука стремится к знаниям объективным (т.е. независимым от личности исследователя), то философия изучает отношение человек - мир. Другими словами, субъективное начало принципиально неотделимо от философии. Оказалось, что субъективные переживания человека под действием наркотических веществ так же хорошо пригодны для построения новых философских концепций (и обоснования старых), как и умозаключения философов, сделанные в здравом рассудке, - главное только не забывать, на чем эти концепции основаны (прим. ред.).



Subjective Effects of Nitrous Oxide (ч. 2-3а)

William James

[Перевод >>](#)

Some observations of the effects of nitrous-oxide-gas-intoxication which I was prompted to make by reading the pamphlet called *The anaesthetic revelation and the gist of philosophy* (Blood, 1874), have made me understand better than ever before both the strength and the weakness of Hegel's philosophy. I strongly urge others to repeat the experiment, which with pure gas is short an harmless enough. The effects will of course vary with the individual, just as they vary in the same individual from time to time; but it is probable that in the former case, as in the latter, a generic resemblance will obtain. With me, as with every other person of whom I have heard, the keynote of the experience is the tremendously exciting sense of an intence metaphysical illumination. Truth lies open to the view in depth beneath depth of almost blinding evidence. The mind sees all the logical relations of being with an apparent subtlety and instantaneity to which its normal consciousness offers no parallel; only as sobriety returns, the feeling of insight fades, and one is left staring vacantly at a few disjointed words and phrases, as one stares at the cadaverous-looking snow peak from which the sunset glow has just fled, or at the black cinder left by an extinguished brand.

The immense emotional sense of *reconciliation* which characterizes the "maudlin" stage of alcoholic drunkenness -- a stage which seems silly to lookers-on, but the subjective rapture of which probably constitutes a chief part of the temptiaon to the vice -- is well-known. The centre and periphery of things seem to come together. The ego and its objects, the *meum* and the *tuum* , are one. Now this, only a thousand-fold enhanced, was the effect upon me of the gas: and its first result was to make peal through me with unutterable power the conviction that Hegelism was true after all, and that the deepest convictions of my intellect hitherto were wrong. Whatever idea of representation occurred to the mind was seized by the same logical forceps, and served to illustrate the same truth; and that truth was that every opposition, among whatsoever things, vanished in a higher unity in which it is based; that all contradictions, so-called, are of a common kind; that unbroken continuity is of the essence of being; and that we are literally in the midst of *an infinite* , to perceive the existence of which is the utmost we can attain. Without the *same* as a basis, how could strife occur? Strife presupposes something to be striven about; and in this common topic, the same of both parties, the differences merge. From the hardest contradiction to the tenderest diversity of verbiage deffierences evaporate; yes and

no agree at least in being assertions; a denial of a statement is but another mode of stating the same, contradiction can only occur of the same thing --- all opinions are thus synonyms, and synonymous, are the same. But the same phrase by difference of emphasis is two; and here again difference and no-difference merge in one.

It is impossible to convey an idea of the torrential character of the identification of opposites as it streams through the mind in this experience. I have sheet after sheet of phrases dictated or written during the intoxication, which to the sober reader seem meaningless drivel, but which at the moment of transcribing were fused in the fire of infinite rationality. God and devil, good and evil, life and death, I and thou, sober and drunk, matter and form, black and white, quantity and quality, shiver of ecstasy and shudder of horror, vomiting and swallowing, inspiration and expiration, fate and reason, great and small, extent and intent, joke and earnest, tragic and comic, and fifty other contrasts figure in these pages in the same monotonous way. The mind saw how each term *belonged* to its contrast through a knife-edge moment of transition which *it* effected, and which, perennial and eternal, was the *nunc stans* of life. The thought of mutual implication of the parts in the bare form of a judgement of opposition, as "nothing--but," "no more--than," "only--if," etc., produced a perfect delirium of the theoretic rapture. And at last, when definite ideas to work on came slowly, the mind went through the mere *form* of recognizing sameness in identity by contrasting the same word with itself, differently emphasized, or shorn of its initial letter. Let me transcribe a few sentences.

What's mistake but a kind of take?

What's nausea but a kind of -usea?

Sober, drunk, -unk, astonishment.

Everything can become the subject of criticism --

How criticise without something *to* criticise?

Agreement -- disagreement!!

Emotion -- motion!!!!

By God, how that hurts! By God, how it *doesn't* hurt!

Reconciliation of two extremes.

By George, nothing but *othing*!

That sounds like nonsense, but it is pure *onsense*!

Thought deeper than speech...!

Medical school; divinity school, *school!* SCHOOL!

Oh my God, oh God; oh God!

The most coherent and articulate sentence which came was this: There are no differences but differences of degree between different degrees of difference and no difference.

But now comes the reverse of the medal. What is the principle of unity in all this monotonous rain of instances? Although I did not see it at first, I soon found that it was in each case nothing but the abstract *genus* of which the conflicting terms were opposite species. In other words, although the flood of ontologic *emotion* was Hegelian through and through, the ground for it was nothing but the world-old principle that things are the same only so far and not farther that they *are* the same, or partake of a common nature -- the principle that Hegel most tramples under foot. At the same time the rapture of beholding a process that was infinite, changed (as the nature of the infinitude was realized by the mind) in to the sense of a dreadful and ineluctable fate, with whose magnitude every finite effort is incommensurable and in the light of which whatever happens is indifferent. This instantaneous revulsion of mood from rapture to horror is, perhaps, the strongest emotion I have ever experienced. I got it repeatedly when the inhalation was continued long enough to produce incipient nausea; and I cannot but regard it as the normal and the inevitable outcome of the intoxication, if sufficiently prolonged. A pessimistic fatalism, depth within depth of impotence and indifference, reason and silliness united, not in a higher synthesis, but in the fact that whichever you choose it is all one -- this is the upshot of a revelation that began so rosy bright.

Even when the process stops short of this ultimatum, the reader will have noticed from the phrases quoted how often it ends by losing the clue. Something "fades," "escapes"; and the feeling of insight is changed into an intense one of bewilderment, puzzle, confusion, astonishment. I know no more singular sensation than this intense bewilderment, with nothing left to be bewildered at save the bewilderment itself. It seems, indeed, a *causa sui*, or "spirit become its own object."

My conclusion is that the togetherness of things in a common world, the law of sharing, of which I have said so much, may, when perceived, engender a very powerful emotion; that Hegel was so unusually susceptible to this emotion throughout his life that its gratification became his supreme end, and made him tolerably unscrupulous as to means he employed; that *indifferentism* is the true outcome of every view of the world which make infinity and continuity to be its essence, and that pessimistic or optimistic attitudes pertain to the mere accidental subjectivity of the moment; finally, that the identification of contradictories, so far from being the self-developing process which Hegel supposes, is really a self-consuming process, passing

from the less to the more abstract, and terminating either in a laugh at the ultimate nothingness, or in a mood of vertiginous amazement at a meaningless infinity.



Субъективные эффекты закиси азота (ч. 2-3b) (Subjective Effects of Nitrous Oxide)

Уильям Джеймс (William James)
Перевод с английского - С.С. Лемешко

[Оригинал >>](#)

Наблюдения эффектов интоксикации закисью азота (веселящий газ), записать которые меня подтолкнуло прочтение памфлета под названием "Анестетическое откровение и суть философии" (Blood, 1874), помогли мне лучше, чем когда-либо, понять сильные и слабые стороны философии Гегеля. Я настоятельно рекомендую повторить мой эксперимент, который при использовании чистого веселящего газа краток и достаточно безопасен. Эффекты, разумеется, будут варьировать в зависимости от человека, равно как они меняются и для одного и того же человека от эксперимента к эксперименту. Но есть вероятность, что как и в первом случае, так и во втором общее подобие будет сохраняться. Для меня, как и для любого другого человека (*испытавшего действие закиси азота*), о котором я слышал, суть переживания состоит в необычайно радостном ощущении интенсивного метафизического озарения. Истина предстает открытой взору в глубине почти ослепляющих свидетельств. Разум видит все логические взаимосвязи бытия с такой утонченностью и мгновенностью, параллели которым обыденному сознанию неизвестны; только по мере возвращения состояния трезвости чувство озарения увядает, а человеку остаётся лишь смотреть пустым взглядом на несколько бессвязных слов и фраз подобно тому, как можно смотреть на имеющую мертвенный вид снежную вершину, которую только что покинуло сияние заката, или же на чёрный пепел, оставшийся от угасшего костра.

Хорошо известно необъятное волнующее чувство примирения, характерное для "сентиментальной" стадии алкогольного опьянения - стадии, которая кажется глупой для сторонних наблюдателей, но субъективное упоение которой, вероятно, составляет основную часть искушения этим пороком. Центр и периферия вещей, кажется, сливаются воедино. Эго и его объекты, моё и твоё - есть одно и то же. Вот это чувство - только тысячекратно усиленное - и было эффектом действия на меня веселящего газа, а его первым результатом стало проникновение в меня с невыразимой силой убеждения, что гегельянство всё-таки верно и глубочайшие до сей поры убеждения моего разума, таким образом, были ошибочны. Все, о чем бы я не подумал, тут же захватывалось в

логические щипцы и служило для иллюстрации той же самой истины, а истиной было то, что любая противоположность среди каких бы то ни было вещей исчезала в высшем единстве, в котором она имеет основу; что все, так называемые, противоречия принадлежат к одному типу; неразрывная целостность происходит из сути бытия и мы буквально в середине бесконечного, воспринимать существование которого нам вполне по силам. Без этой целостности как основы, как могла бы происходить борьба? Борьба предполагает нечто являющееся предметом борьбы; и в этой общей теме, одной и той же для двух сторон, различия объединяются. От самых трудных противоречий к нежным разнообразиям формулировок различия испаряются; по крайней мере "да" и "нет" согласуются в данном утверждении; отрицая утверждение, но другим способом заявляя то же самое, противоположность становится тождественной утверждению - все мнения, таким образом, синонимы и синонимичны, все как одно. Но одна и та же фраза при различии в акценте дает две, и здесь вновь различие и не-различие объединяются в одно.

Невозможно во всей полноте передать идею стремительной идентификации противоположностей, которая заполняют разум во время опыта. У меня есть страницы и страницы фраз надиктованных или записанных в состоянии интоксикации, которые для трезвого читателя кажутся бессмысленным бредом, но в момент написания они родились в огне бесконечной рациональности. Бог и дьявол, добро и зло, жизнь и смерть, я и тысяча, трезвый и пьяный, материя и форма, белое и черное, количество и качество, дрожь от восторга и содрогание от ужаса, рвота и глотание, вдох и выдох, рок и разум, большой и малый, мера и намерение, шутка и серьезность, трагичный и комичный, как и полсотни других контрастных образов фигурируют на этих страницах одним и тем же единообразным способом. Ум видел, как каждое определение принадлежало своей противоположности посредством тонкого, как лезвие ножа момента перехода, который он осуществлял, и который, постоянный и вечный, был незыблемой основой жизни. Мысль о взаимном значении фрагментов в голой форме суждения о противоположности, таких как "ничто - но", "не больше - чем," "только - если," и т.д., произвела великолепный бред теоретического восторга.

И, наконец, когда ясные мысли приходили уже медленнее, разум, продолжая работать, прошел через простую форму признания сходства в идентичности, противопоставляя слово самому себе, по-другому расставляя акценты или лишая его первой буквы. Позвольте мне записать несколько предложений.

Что является ошибкой, но своего рода принятием?

Что является отвращением, но своего рода применением?

Трезвый, пьяный, -ый, удивление.

Все может стать объектом критики -

Как критиковать без того что критиковать?

Согласие - разногласие!!

Эмоции - движение!!!!

Ей-Богу как это ранит! Ей-Богу как это не ранит!

Примирение двух крайностей.

Джордж только чего!

Это походит на ерунду, но это - чистый смысл!

Мысль глубже, чем речь...!

Военно-медицинская школа; семинария, школа! ШКОЛА!

О мой Бог, о, Боже; о, Боже!

Самое последовательное и членораздельное предложение, которое пришло на ум было таким: *нет различий кроме различий в степени между разными степенями различия и не-различия.*

Но вот обратная сторона медали. Что есть принцип единства во всем этом монотонном потоке примеров? Хотя я вначале не видел его, вскоре нашел, что в каждом случае это было не что иное как абстрактный класс, противоречивые элементы которого были противоположными видами. Другими словами, хотя поток онтологических эмоций был насквозь гегельянским, основания для этого не было, был только старый как мир принцип - что объекты остаются теми же самими только до тех пор, пока они идентичны сами себе, или сохраняют общую (для своего класса) природу - принцип, который сам Гегель попирает ногами. В то же время упоение созерцанием процесса, который был бесконечен, превратилось (по мере того как природа бесконечности осознавалась умом) в ощущение страшного и неотвратимого рока, с величиной которого несоизмеримо никакое конечное усилие и в свете которого безразлично все, что происходит. Это мгновенное изменение настроения от восторга до ужаса, пожалуй, самое сильное ощущение, что я когда-либо испытывал. Я добивался этого неоднократно, когда ингаляции продолжались достаточно долго, до появления чувства тошноты, и я не могу не рассматривать его как нормальный и неизбежный результат интоксикации, при достаточной длительности последней. Пессимистический фатализм, бездны беспомощности и безразличия, объединенные разум и глупость, не в высшей синтезии,

но что бы ты ни выбрал - все тождественно, - вот итог откровения, которое началось столь ярко и радужно.

Даже когда процесс останавливается, не доходя до этой заключительной стадии, читатель заметит из цитированных фраз, как часто он заканчивается потерей экспериментатором хода мысли. Что-то "исчезает", "улетучивается", и чувство понимания сути вещей превращается в сильное проявление недоумения, спутанности сознания, удивления.

Я не знаю больше необычного ощущения, чем это бурное недоумение, приходящее без какой-либо причины недоумевать, за исключением самого недоумения. Похоже, действительно, *Causa Sui*¹, или "дух станет его собственным объектом".

Мой вывод заключается в том, что единение вещей в обычном мире, закон совместного обладания (*общими признаками*), о котором я так много рассказывал, может, при своем восприятии, породить очень сильное чувство; что Гегель был настолько необычно восприимчив к этому чувству на протяжении своей жизни, что его удовлетворение стало для Гегеля высшей целью и сделало его недобросовестным относительно тех средств, которые он использовал для этого; что индифферентизм - истинный результат каждой системы взглядов на мир, делающей бесконечность и непрерывность его сущностью, а пессимистические или оптимистические подходы имеют отношение не более чем к субъективности момента; наконец, что идентификация противоречий, будучи столь далека от саморазвивающегося процесса, который предполагает Гегель, в действительности есть самопожирательный процесс, переходящий от менее к более абстрактному и оканчивающийся или в смехе над окончательным ничто, или в настроении головокружительного изумления бессмысленной бесконечностью.

¹ *Causa Sui* - (лат. - "причина в себе") обозначает "то, что генерируется внутри себя". Это понятие имеет центральное значение в работах Б. Спинозы, Зигмунда Фрейда, Жан-Поль Сартра, и Эрнеста Беккера, где оно относится к цели, которую объекты могут присвоить себе. В случае, Фрейда и Беккера, концепция часто используется как обозначение бессмертного корабля, где что-то может создать смысл или продолжать создавать смысл за пределами своей собственной жизни. В традиционном западной теизме, Бог не может быть создан любой другой силой или существом, следовательно, Бог есть либо самопричинным либо беспричинным.

Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.2-4)

И.Н. Григорьев

"A smell of petroleum prevails throughout" или эффекты вдыхания закиси азота

4. Увлечение веселящим газом в наши дни

Увлечение веселящим газом - до недавнего времени практически забытое - ныне вновь возродилось. Предприимчивые владельцы клубов поняли, что могут хорошо зарабатывать на продаже шаров с веселящим газом и привлечь много посетителей, тем более что в перечень наркотических препаратов веселящий газ не входит.

На многих сайтах с помощью примитивной рекламы пытаются спекулировать этим веществом.

Для любителей позитива и отличного настроения, улетного отдыха и нереального отрыва мы предлагаем новую альтернативу алкоголю!!!!!! Веселящий газ поднимет настроение на любой вечеринке!!!!

Веселящий газ вызывает безудержный смех и веселье, газ абсолютно БЕЗВРЕДЕН и продается во многих странах мира. В России он не запрещен и продается легально!! С веселящим газом на любой вашей вечеринке будет СМЕХ, РАДОСТЬ и ВЕСЕЛЬЕ)))..проверено на СЕБЕ!!...))



Получила распространение продажа через интернет восьмиграммовых баллончиков со сжиженной пищевой закисью азота, предназначенной для взбивания сливок в сифоне. В комплект входит простейшее устройство пробойник с трубкой для выхода газа, на которую для сбора газа надевают шар. Кроме высокой цены такой способ употребления представляется крайне неудобным.

Мы советуем не поддаваться на подобную рекламу и не выручать "барыг", тем более что чистую закись азота при желании легко получить в домашних условиях.



**Примитивное устройство на основе восьмиграммовых баллончиков закиси азота.
Десять баллончиков, "открывашка" и пять шаров за 1400 руб.!
Другими словами, закись азота - новое лекарство от избытка денег**



"Развлечения" с веселящим газом в наши дни



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.2-5)

И.Н. Григорьев

"A smell of petroleum prevails throughout" или эффекты вдыхания закись азота

5. Закись азота. Опыты автора и его методика вдыхания

Учась на 5 курсе университета, я решил испытать, как будут вести себя знакомые и друзья, вдыхая закись азота. В общежитии была собрана установка, веселящий газ я получал порциями по 3-9 литров несколько раз. Недавно была сделана более совершенная установка, о ней я расскажу в третьей части статьи.

Добровольцы вызвались не сразу, несмотря на все мои заверения в чистоте газа и подробному рассказу о его свойствах. Первую порцию в 3 литра я вдохнул сам продемонстрировав безопасность опыта. Оказалось, что внешне действие газа выглядит не так как описано в некоторых источниках. Люди не совершали идиотские поступки, вполне сохраняя контроль и связь с внешним миром. Остается гадать, как можно надышавшись газа, совершать какие-либо действия. Может тогда имело место самовнушение или какие-то другие причины. Опишу свои опыты. Закись азота, несмотря на кажущуюся безопасность, может привести к печальным последствиям, если ее использовать неправильно. Как любой относительно инертный газ закись азота не поддерживает дыхания. Это означает, что дышать ей можно только короткое время, периодически вдыхая воздух, иначе начнется гипоксия (кислородное голодание). Анестезиологи всегда примешивают к наркозным газам кислород. Однако опыт прошлого и мой собственный показывает, что можно обходиться чистой закисью азота. Также **недопустимо совместное употребление спиртного или других наркотиков**, это может создать эффект усиления действия каждого из веществ и привести к печальным последствиям! Используются мешки емкостью три литра или резиновые подушки, вроде "кислородной". Вначале нужно выбрать удобное место, где можно было бы присесть в покое от суеты мира, наполненные мешки осторожно кладут вблизи. Хорошо если за опытом наблюдает друг-ассистент, однако при соблюдении осторожности можно обойтись и без посторонней помощи. "Экспериментатор" должен медленно и глубоко вдохнуть и выдохнуть воздух несколько раз, чтобы насытить организм кислородом. Затем он берет, мешок обхватывает губами трубку клапана и, открыв правой рукой его и

одновременно держа мешок, делает несколько вдохов-выдохов полной грудью. Действие начинается со второго вдоха и обычно на четвертом достигает максимума. В этот момент желательно выдохнуть обратно в мешок, тогда можно сэкономить часть газа. Однако мешок обычно выпадает из рук и человек находится в "трансе" и "вихре вибраций" около 15 секунд. Порции в 3-л обычно хватает на цикл из 4-6 вдохов-выдохов полной грудью. Что чувствует "экспериментатор" описать можно лишь в самых общих чертах. **Действие газа может сильно меняться для разных людей.** Один мой знакомый после вдыхания 6 литров закиси азота почувствовал лишь легкое опьянение, сравнимое с алкогольным.



Закись азота: вся земная истина находится на табуретке

После вдоха газа и нескольких последующих вдохов-выдохов (на это уходит около 3 литров) быстро наступает то самое состояние, когда доступна "глубина всей земной истины" по выражению Джеймса. В моей интерпретации ощущений земная истина это восприятие мира (точнее совокупности окружающих предметов в момент эксперимента) в состоянии глубоко эйфорической вибрации. Это восприятие крайне трудно описать, т.к. в нашем повседневном языке нет слов соответствующих переживаниям. Похоже на нирвану в представлении буддистов, все заключено в этом ощущении: **полная самодостаточность.** Понятное дело нет никакого желания что-либо делать, кроме созерцания и бытия в этом состоянии (поэтому непонятны описания, где что-либо делают) были мысли о фиксировании этого откровения, но даже в глубине транса я знал, что это бессмысленно. Разумеется, это не идет ни в какое сравнение с опьянением

алкоголем, разве что потом состояние последствия напоминает легкое опьянение. Глубоко эйфорический вихрь вибрации это нечто **невыразимо прекрасное и великое**. Состояние этого транса длится около 15 секунд, потом быстро слабеет.

Резиновой подушки веселящего газа хватило на пять таких метафизических откровений.

После воспоминания постепенно несколько блекнут, но основные моменты сохраняются в памяти.

После 2-го вдоха появляется и нарастает чувство радости, и появляются странные вибрации всего тела (внешне не заметные) и в такт им - звуковые. Закись азота, похоже, позволяет "настроиться в резонанс на частоту колебаний Вселенной"¹. Можно так же отметить, что звуки слышатся доходящими как бы "со стороны", хотя это нельзя точно объяснить. Цвета кажутся более яркими. Появляется ощущение "правильного" осознания всего, мимолетное прикосновение "*Нечто*", кажущегося истинным и великим. "Нечто" не может быть выражено в словесной форме², это особое ощущение, новое экстрасенсорно-мистическое восприятие мира.

Затем следует сделать несколько вдохов-выдохов воздуха и только потом можно вдохнуть следующую порцию закиси азота. **Вдыхание веселящего газа должно быть непродолжительным и чередоваться с вдохами воздуха, как видно из описания!** Это очень важно. Непрерывное вдыхание закиси азота в течение продолжительного времени приводит к гипоксии, а затем смерти вследствие нее. Это происходило и происходит с недалекими токсикоманами, применяющими надетые на голову пакеты, плотно прилегающие маски или использующими большую концентрацию газа в замкнутых пространствах. Хотя, возможно, автор излишне заостряет внимание читателя, образованному человеку это ясно как дважды два. Здесь видно удобство применения мешков для вина. Порция газа небольшая, но достаточная, не дает развиться гипоксии и удобный клапан, автоматически закрывающийся, если мешок выпадет из пальцев. Удобна также резиновая подушка с трубкой снабженной зажимом Мора. После того как газ прекратили вдыхать действие его быстро ослабевает. Примерно 40 минут - 1 час длится состояние легкого отрешения от действительности, похожее на действие пива. При этом происходит накатывание волн ощущений - периодическое усиление-ослабление приятного опьянения. Все это время автор наблюдал парестезии, т.е. чувство "мурашек", легкого "онемения" кожи, небольшое нарушение координации точных движений пальцев. Это все видимые побочные действия острого отравления закисью азота.

¹ Это не гипотеза, а лишь шутка. Хотя автор и не уверен наверняка, так ли это.

² Хотя ради курьеза, пожалуй, стоит попытаться записать несколько своих мыслей. Однако намного лучше предварительно включить диктофон и наговорить, т.к. записать что-либо во время действия газа очень сложно, нарушена координация движений.



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.2-6)

И.Н. Григорьев

"A smell of petroleum prevails throughout" или эффекты вдыхания закиси азота

6. Послесловие или коротко о вреде веселящего газа

Следует помнить, что, несмотря на малую токсичность, при регулярном злоупотреблении закись азота так же опасна для здоровья, как и другие наркотические вещества. В настоящее время механизм действия закиси азота ясен не полностью, а ее вредное влияние на организм исследовано недостаточно.

При использовании закиси азота в небольших количествах действительно нет видимых побочных последствий для организма. Можно утверждать, что закись азота значительно менее опасна для человека, чем алкоголь. Но это совсем не означает, что негативных последствий употребления веселящего газа нет.

Не следует полагаться на распространенное (особенно в рекламе веселящего газа) мнение о полной безопасности закиси азота и совершенном отсутствии его вредного влияния на организм. История медицины показала ошибочность кажущейся первоначально безопасности наркотических вещества/лекарств.

В частности использование веселящего газа приводит к расходованию витамина В12, что может повлечь неврологические проблемы. Ранние признаки включают покалывания в пальцах и конечностях в течение длительного времени. Люди с дефицитом витамина В12 наиболее подвержены побочным последствиям действия закиси азота (erowid.org/chemicals/nitrous/nitrous_health2.shtml).

Ранее считали, что закись азота практически не оказывает токсического действия, но последние научные данные позволили усомниться в этом утверждении.

Закись азота взаимодействует с кобальтом, который входит в состав витамина В12. В результате ингибируется синтез метионина, тимидина, тетрагидрофолата и ДНК. Закись азота напрямую ингибирует метионинсинтетазу, стимулирует образование мегалобластов

в костном мозге, а при длительном воздействии может привести к угнетению функции костного мозга с развитием агранулоцитоза. Длительная ингаляция закиси азота может вызвать хроническую инактивацию цианокобаламина и метионинсинтетазы, что может привести к анемии. Особенно опасно применение закиси азота для больных с гиповитаминозом. **В этих случаях необходимо применение цианокобаламина и фолиевой кислоты.**

В результате длительной ингаляции закиси азота может развиваться миелонейропатия, которую характеризуют прогрессирующей демиелинизацией задних рогов спинного мозга с характерной симптоматикой.

Экспериментально обнаружен тератогенный эффект закиси азота, и хотя он не доказан у людей, тем не менее, закись азота не следует использовать в первом триместре беременности (essenciale.ru/zakis-azota/).

Мы не стали касаться опасности примесей оксидов азота, что могут присутствовать в газе при недостаточной очистке, которой всегда следует уделять первостепенное внимание. Интересующиеся могут почитать про действие оксидов азота на организм в справочнике **Филов В.А. (ред.) Вредные химические вещества [ссылка](#).**

Об опасности гипоксии было сказано выше.

Думаю, стоит добавить пару слов по поводу гипоксии. Человек может прожить без еды около месяца, без воды - несколько дней, а без кислорода - всего несколько минут. Лишившись подачи кислорода, клетки головного мозга начинают необратимо умирать через две с половиной - три минуты. Не удивительно, что эволюция выработала у человека боязнь перед нехваткой воздуха, например, попав под воду, мы инстинктивно пытаемся всплыть.

Но всего эволюция предвидеть не могла: если человек вдыхает вместо воздуха газ, не обладающий запахом, вкусом и раздражающим действием, в первые секунды он практически ничего не чувствует. Вы спокойно продолжаете "дышать", не ощущая никакой разницы. И только через полминуты - минуту начинает ощущаться гипоксия (нехватка кислорода). Если эксперимент продолжить, вы можете потерять сознание и умереть, так и не осознав в чем дело. В случае с закисью азота, ситуация осложняется опьянением.

Не так давно ушел из жизни мой знакомый биохимик, которому не было и сорока. Он работал в области геронтологии (наука о продлении жизни). По неофициальной версии причиной смерти стал эксперимент по дыханию смесью с низким содержанием кислорода. Химик был опытным экспериментатором и отлично осознавал опасность, но как видите, это не помогло. (- прим. ред.)



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.3)

И.Н. Григорьев

Получение закиси азота в домашних условиях

Получить веселящий газ можно несколькими путями. Самым доступным в домашних условиях является способ Г. Дэви - термическое разложение нитрата аммония (аммиачной селитры) по реакции:



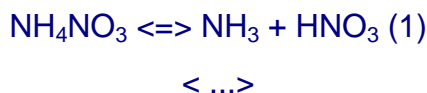
В лабораторных условиях более удобным является нагревание сульфаминовой кислоты с азотной кислотой:



однако сульфаминовую и азотную кислоты достать труднее, поэтому мы остановимся на разложении аммиачной селитры. Кстати, разложение аммиачной селитры используется для синтеза закиси азота в промышленных масштабах.

При нагревании нитрата аммония имеет место несколько реакций. Приведем фрагменты из книги [Л.И. Багал Химия и технология иницирующих взрывчатых веществ \(1975\)](#)
[ссылка](#)

Нитрат аммония при нагревании несколько выше температуры плавления (сухой нитрат аммония плавится при 169.6°C), разлагается по реакции



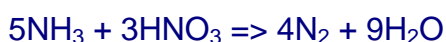
Реакция разложения на закись азота и воду изучалась Бертелло, Томсенем и Велеем. Первые два исследователя нашли, что реакция экзотермична



Основными реакциями разложения нитрата аммония при температуре до 270°C являются (1) и (2). Расплавленный нитрат аммония при нагревании выше 250-260°C может выделять окислы азота, азот и воду:



Саундерс (1922 г), основываясь на результатах газового анализа, пришел к убеждению, что основными реакциями разложения при температуре до 260°C являются (1) и (2), а также реакция



Разложение при взрыве по его мнению протекает по реакции



< ... >

Для нормального процесса образования закиси азота путем разложения нитрата аммония его температурный режим и степень чистоты имеют исключительное значения.

Как видно из приведенных выше данных, аммиачная селитра при нагревании до 240-250°C разлагается с образованием закиси азота и воды, однако даже при этой температуре полученный "сырой" газ содержит пары азотной кислоты, оксиды азота NO и NO₂, аммиак, хлор (за счет примесей хлоридов), азот и "туман" возогнанной аммиачной селитры. Понятно, что такую смесь вдыхать нельзя (если возникнет мысль повторить опыты Дэви), поскольку это **смертельно опасно!** Мало того, если колба закрыта резиновой пробкой, то она даже после кратковременного использования постепенно разрушается (с образованием совсем не безвредных продуктов).

Поэтому способ получения веселящего газа нагреванием аммиачной селитры на сковородке (который зачастую рекомендуют "гуру", чтобы посмеяться над "профанами") выглядит в лучшем случае как черный юмор.

Перейдем к рассмотрению установки. Нитрат аммония разлагают в колбе Вюрца при осторожном нагревании. Лучше использовать термометр, однако без него при необходимости можно обойтись. Как показал опыт лучше использовать нагрев примерно до 220°C, при этом наблюдается легкое "кипение" расплава. Полученный "сырой газ" для очистки пропускают вначале через охлаждаемую льдом ловушку, для сбора перегоняющейся воды с примесью азотной кислоты. Далее газ проходит через склянку Дрекслея с раствором железного купороса, она также служит своеобразным индикатором скорости выделения газа. Затем газ промывается в импровизированной промывалке (с

пористым распылителем) с раствором 5-7 % щелочи (гидроксида натрия или калия), где он очищается от NO_2 , азотной кислоты, хлора. И, наконец, в третьей промывалке с пористым распылителем, в которую налит раствор сульфата железа (II), закись азота очищается от NO и следов оставшихся примесей. После нее газ содержит закись азота с некоторым количеством воды и азота, а также следами NO_2 и NO .

Следует помнить, что очистке закиси азота, если она будет использована для повтора опытов Дэви, следует уделить **особое внимание**, в противном случае газ будет токсичным.

В качестве реакционной загрузки использовалось удобрение нитрат аммония (аммиачная селитра).



Нитрат аммония (аммиачная селитра)

Теперь рассмотрим цикл получения газа. Мы использовали термостойкую колбу Вюрца емкостью 500 мл. Однако возможно применение колб меньшей емкости, что отразится на длительности процесса. Так как по колбе в процессе реакции стекают капли воды, может произойти растрескивание стекла, поэтому рекомендуется термостойкое стекло. Отвод колбы обмотан влажным бинтом для дополнительного охлаждения "сырого

газа", периодически его осторожно смачивают водой из пипетки. **Следите, чтобы капли воды не попали на колбу!** Колбу загружают селитрой на три четверти. Вначале осторожно нагревают селитру до плавления, не присоединяя отвод с резиновой трубкой. Нагревать можно над электроплиткой, спиртовкой, газовой конфоркой. Периодически ее помешивают стеклянной палочкой. (Не рекомендуем использовать для нагрева таблетки сухого горючего, издающие при длительном горении крайне неприятный запах. После сжигания трех таблеток пришлось проветривать помещение.) Плавление длится долго, постепенно объем загрузки уменьшается можно досыпать немного селитры.



Нитрат аммония (аммиачная селитра) в колбе Вюрца



Установка для получения закиси азота (веселящего газа)
[колба с селитрой не подсоединена, маленькая колба Вюрца (справа) играет роль ловушки]



Установка для получения закиси азота (веселящего газа)

Когда селитра расплавилась и начала слегка "кипеть" осторожно присоединяем резиновый шланг, придерживая рукой конец стеклянного отвода. Надевают резиновую трубку, слегка смочив водой стеклянный отвод, натягивать нужно примерно на 7-8 мм. Можно заранее присоединить резиновую трубку к отводу колбы, но тогда нельзя

закрывать пробкой с термометром горло колбы до начала стабильного выделения газа.

Теперь началось выделение веселящего газа. Вначале нужно либо подождать пока он вытеснит воздух из системы, либо сразу присоединить мешок для сбора газа (так можно примерно увидеть объем газа, который выделился). После заполнения мешка наполовину, присоединяем пустой мешок. Нагрев регулируем так, чтобы температура была около 220°C. Это позволит получить более чистый газ. При нагревании вначале наблюдается более сильное "кипение" селитры, т.к. испаряется примесь влаги.

Необходимо следить за прохождением газа через первую промывалку - должна выходить непрерывная цепочка пузырьков. Примерно за 20 минут можно получить три литра газа.

Опыт показал, что держать нужный температурный интервал очень легко. При снижении температуры можно ненадолго подогреть газовой горелкой боковую часть колбы. **Однако оставлять прибор без присмотра на длительное время (более 5 мин.) нельзя!!!**

Помните - при охлаждении скорость выделения закиси азота уменьшается и через некоторое время воду из промывалки засосет в ловушку, а затем и в колбу. Это вызовет ее разрушение со всеми неприятными последствиями! Возможен и противоположный исход, когда от перегрева произойдет неконтролируемое ускорение реакции. Поэтому понаблюдав за процессом, отрегулируйте степень нагрева колбы.

[Смотреть Видео \(5 Мб, .avi\)](#)



Разложение аммиачной селитры

Используемая плитка (мощность спирали 600 Вт) оказалось неспособной вызвать перегрев, несколько раз приходилось слегка подогреть колбу газовой горелкой, чтобы температура держалась возле 220°C.

Выделяющая вода конденсируется на горле колбы и периодически по стенкам стекает в расплав, вызывая непродолжительный ускоренный выход газа. Чтобы избежать этого (и возможного разрушения колбы) некоторые руководства рекомендуют боковой обогрев горла колбы или ее теплоизоляции, однако это кажется излишним. Постепенно мешок заполняется газом. Когда он почти заполнился и слегка упруго продавливается, его необходимо отсоединить и поставить другой. Делают это так - вначале выдергивают проволочные кольца, клапан закрывается. Затем **быстро отсоединяют** широкий шланг от горла мешка. Берем пустой мешок, выдавливаем воздух, открыв пальцами клапан, или просто втягиваем воздух ртом. Фиксируем "крылышки" клапана в открытом положении палочкой от мороженого и двумя проволочными кольцами из медного электропровода. Далее надеваем резиновый шланг подачи газа. Цикл повторяется.

Также закисью азота (за неимением достаточного количества мешков для вина) была наполнена резиновая подушка. Для длительного хранения газа она непригодна. Однако удобна при кратковременном хранении.



Мешок для вина с закисью азота



Подушка-"газгольдер" с закисью азота

Когда собран и отложен последний мешок необходимо отсоединить шланг от отвода колбы Вюрца. Автор просто его срезал, т.к. снять его проблематично, можно сломать отвод. **Колбу с расплавом лучше сразу вынести на открытый воздух, она должна остывать на штативе, ничего не касаясь, до полного охлаждения!** Пробку с термометром необходимо вынуть. Можно закрыть горло пробкой (без термометра!). Промывалки нельзя оставлять с растворами. Их разбирают, растворы переливают в стеклянные бутылки. Следует помнить, что щелочь разрушает полиэтилентерефталат, поэтому раствор ее лучше хранить в полиэтиленовых или полипропиленовых бутылках (в крайнем случае - стеклянных). Все трубки тщательно промывают проточной водой, аквариумные "распылители" необходимо после промывки выдержать в разных стаканах с водой, для окончательного удаления следов растворов. Распылитель, бывший в растворе щелочи, при мытье раскрошился в руках. Поэтому лучше заранее купить несколько запасных.

Дополнительные подробности об установке

В описанной выше версии прибора было решено использовать термометр и дополнительную ловушку для кислого конденсата (служащую также предохранительной склянкой от случайного засасывания раствора). Возможен и более простой вариант - без термометра и ловушки, - однако с ним работать менее удобно, и нужна большая осторожность.

Ловушку мы сделали из маленькой колбы Вюрца, однако можно с успехом изготовить ее из аптечной склянки на 100 мл, с винтовой резьбой под пластиковую крышку.

Достаточно просверлить два отверстия, как показано ниже, и вставить длинную (почти до дна) и короткую стеклянные трубки. Ловушка охлаждается в ледяной бане, для чего удобнее использовать металлический широкогорлый термос, наполненный колотым льдом с водой. Загрузка селитры (для 500 мл колбы) около 850 г - почти полный пакет удобрения.

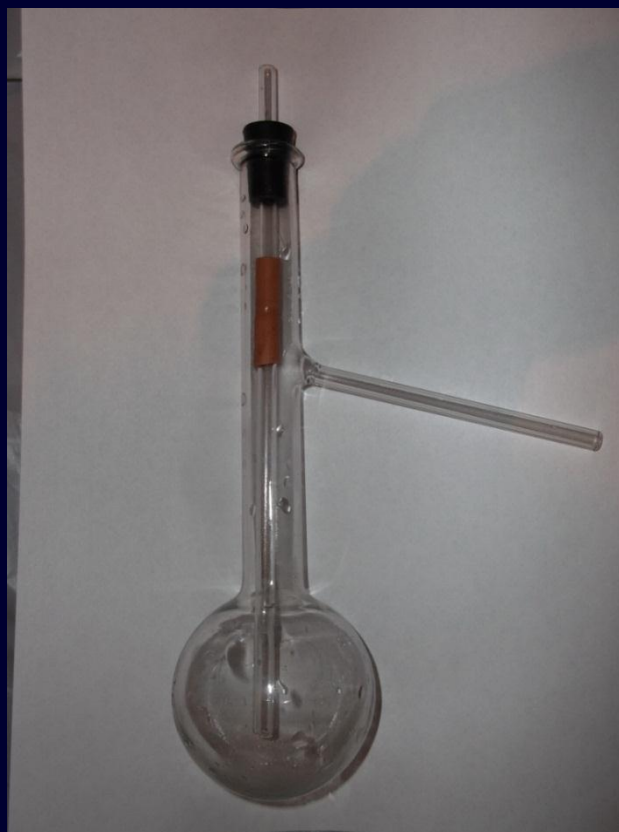
Изготовление промывалок не представляет труда - нужны лишь аквариумные распылители подходящего диаметра (меньше диаметра горла бутылки) и стеклянные трубки (можно использовать подходящие по диаметру пипетки Мора). Необходимо сделать 3 отрезка трубки 3-4 см длиной, диаметр примерно 7 мм, и 3 куса трубки 25-30 см (подбирается по длине бутылки)¹ со слегка оттянутым концом. Для этого трубку, вращая, нагревают в пламени горелки (удобны корейские горелки, надевающиеся на баллончик с бутаном). Когда пламя окрасится в желтый цвет и трубка начнет размягчаться, ее непрерывно вращая, **совсем слегка** растягивают. После остывания посередине оттянутого пространства трубку разрезают. Для этого краем тонкого, "бархатного" напильника слегка наносят черту на 1/6 - 1/3 окружности трубки и разламывают, одновременно, как бы стараясь разорвать трубку в разные стороны. Оттянутый конец трубки вставляют в крышку пластиковой бутылки, отверстие должно быть чуть меньше диаметра трубки, тогда система совершенно герметична. Окончательный размер длинных трубок подбирается так, чтобы распылитель при закручивании пробки был у самого дна бутылки. Собранный систему необходимо проверить на герметичность, смочив снаружи пробку мыльным раствором и каким-либо способом создать давление газа. Аккуратно сделанные промывалки даже под значительным давлением совершенно герметичны. Затем в прибор необходимо залить воды по уровню начала горлышка бутылок (в первую можно на две трети) и попытаться

ртом продуть систему, с переднего конца трубки подачи "сырого" газа. С некоторым усилием это должно удаться.

Для сбора установки использовались: литровая промывалка (оснащенная пористым распылителем) на основе пластиковой пивной бутылки с сульфатом железа, стеклянная промывалка из водочной бутылки (раствор щелочи, тоже с пористым распылителем) и самодельная склянка Дрекслея с раствором железного купороса из полулитровой пластиковой бутылки.

Раствор щелочи готовим осторожно, помня о крайней опасности ее для глаз и кожи. Применялся 7 % раствор едкого кали. Раствор железного купороса готовим насыщенным, воду слегка подкисляем серной кислотой. Нами был куплен сульфат железа фирмы Фаско, железный купорос был влажным, однако он достаточно чистый и растворяется без остатка.

¹ Стеклянные трубки при необходимости можно использовать составные - срастив подходящие отрезки кусочком резиновой трубки.



Колба Вюрца (ловушка)



Промывалка (крышка)



Сульфат железа (II) [железный купорос]



Сульфат железа (II) [железный купорос] - раствор





Юпитер



Закись азота. Получение, хранение и физиологическое действие (ч.4)

И.Н. Григорьев

Закись азота из взбитых сливок

Как мы уже говорили, закись азота используется в пищевой промышленности, в частности, в качестве пропеллента (газ, создающий давление в аэрозольных баллончиках). Для подобных целей обычно используют более дешевый углекислый газ¹, но это не всегда возможно: углекислый газ обладает кислотными свойствами. Являясь "двойником" углекислого газа по физическим свойствам, закись азота кислотными свойствами не обладает. Видимо, этим и объясняется то, что в баллончиках "взбитых сливок" используется закись азота (сливки могут испортиться от действия кислоты - даже такой слабой, как угольная).

Но действительно ли в баллончиках взбитых сливок, которые продают в магазинах, содержатся существенные количества закиси азота? Как мы неоднократно убедились, верить отечественным производителям и продавцам нельзя.

Я решил проверить распространенный миф о веселящем газе из взбитых сливок. Для чего купил самый дешевый баллончик "легких" сливок (стоит 70 рублей). Дома медленно стравливая газ (через ловушку из маленькой колбы Вюрца, с раствором поваренной соли, как счетчик пузырьков и предохранительную склянку) набрал ровно один мешок (3 л) закиси азота. После этого давление в баллончике упало, и он стал продавливаться пальцами. Газ при вдыхании произвел надлежащий эффект.

Вывод: из одного баллончика взбитых сливок можно получить закись азота в количестве, которого хватит на один эксперимент по его вдыханию.

В крайнем случае, таким способом получить небольшие количества веселящего газа можно, но это неоправданно дорого. Не стоит субсидировать жуликов от маркетинга.

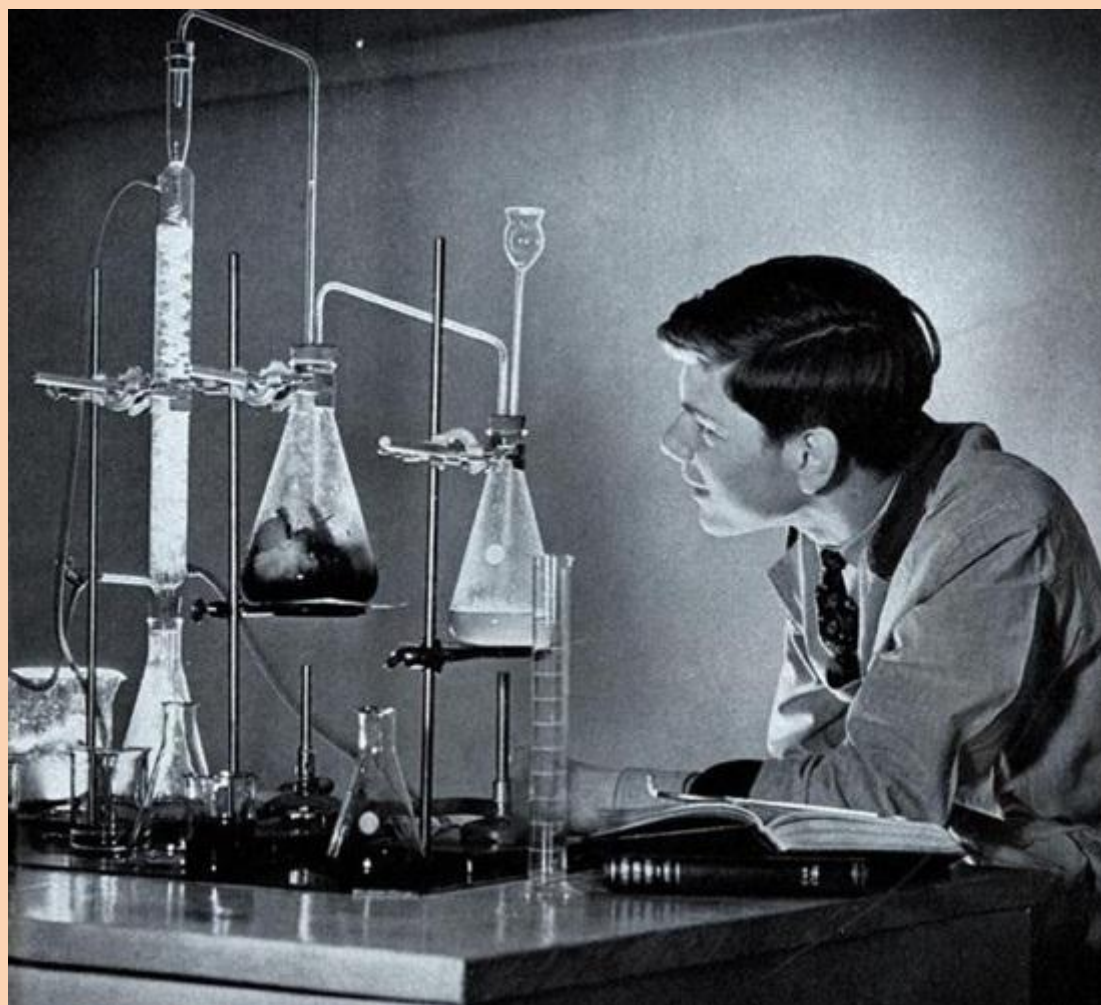
¹ Для непищевых целей в качестве пропеллента также применяют пропан-бутановую смесь, иногда - фреоны.



Взбитые сливки (аэрозольные баллончики)



Юный Химик



Запал Кибальчича (воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара) ч.1

В.Н. Витер

Обратимся к книге **Рипан Р. Четяну И. Руководство к практическим работам по неорганической химии (неметаллы) [1965]** [ссылка](#).

Бертолетова соль (хлорат калия) при действии на нее концентрированной серной кислоты (температура 20-30°C) дает диоксид хлора.



По существу, сначала образуется неустойчивая хлорноватая кислота HClO_3 , которая превращается в диоксид хлора, хлорную кислоту и воду (реакция диспропорционирования).



Диоксид хлора - зеленовато-желтый газ, неустойчив, обладает сильными окислительными свойствами. При нагревании до 65°C диоксид хлора взрывается.

От соприкосновения со смесью бертолетовой соли и концентрированной серной кислоты многие органические вещества воспламеняются. Это свойство было использовано Николаем Ивановичем Кибальчичем, который сконструировал бомбу, ставшую прообразом современных гранат. Запалом в этом устройстве служила смесь бертолетовой соли и сахара, в которую была помещена ампула с концентрированной серной кислотой. При ударе ампула разбивалась, кислота вступала в контакт со смесью бертолетовой соли и сахара, в результате смесь воспламенялась и приводила взрывчатку в действие. Сделанная Кибальчичем бомба сыграла решающую роль в покушении на царя Александра II. Это событие окончилось трагически не только для царя и непосредственных исполнителей покушения, но и для самого изобретателя. Читателям, которые интересуются жизнью и деятельностью Николая Ивановича Кибальчича, рекомендуем обратиться к заключительной части статьи [перейти](#), а мы тем временем приступим к экспериментам.

Не мудрствуя лукаво, мы решили воспользоваться описанием эксперимента из уже упомянутого практикума Рипана и Четяну.

1-1.5 г тонкорастертой бертолетовой соли смешивают на листке бумаги с равным количеством порошка глюкозы $C_6H_{12}O_6$ (сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$, крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$ или какой-нибудь смолы, например, канифоли). Смесь высыпают в фарфоровую чашку, ставят под тягу и при помощи стеклянной палочки или пипетки смачивают несколькими каплями концентрированной серной кислоты. Смесь воспламеняется и сгорает ярким фиолетовым пламенем, характерным для калия [\[1\]](#).

При выполнении опыта следует соблюдать осторожность, чтобы разлетающиеся брызги концентрированной серной кислоты не попали на экспериментатора и окружающих.

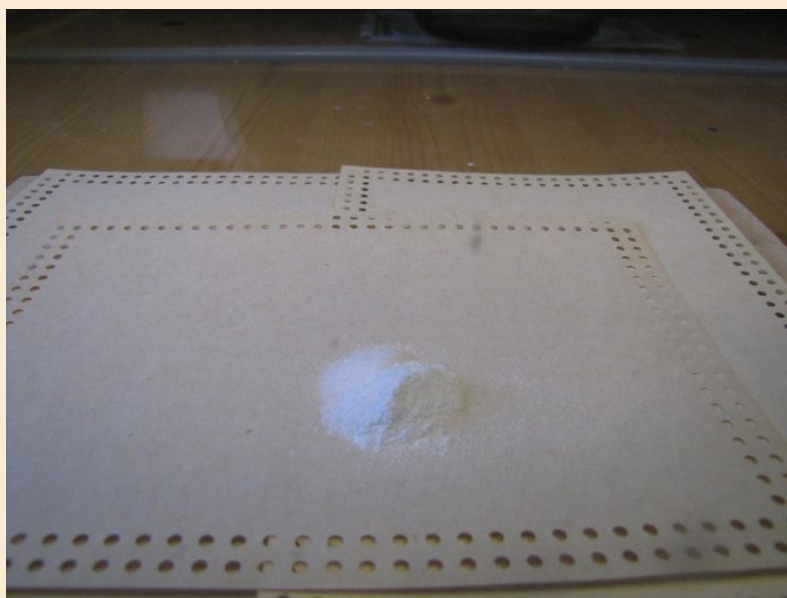
Итак, мы взяли 1 г мелкорастертого сахара и смешали его с 1 г мелкокристаллической бертолетовой соли. Смесь высыпали на бумагу, а бумагу положили на кафельную плитку. В центре горки сделали ямку и капнули туда концентрированной серной кислоты. Капля превратилась в шарик - сначала желтоватый, потом черный, под шариком появились первые фиолетово-белые искры, после чего произошла фиолетовая вспышка. После горения смеси остался черный обугленный остаток.

В первом опыте фотоаппарат был на расстоянии около 10 см от смеси. Чтобы уберечь его от огня и брызг серной кислоты, использовали стеклянный экран. Близкое расстояние камеры позволило хорошо заснять начальные стадии вспышки, но основную стадию на ролике видно плохо.

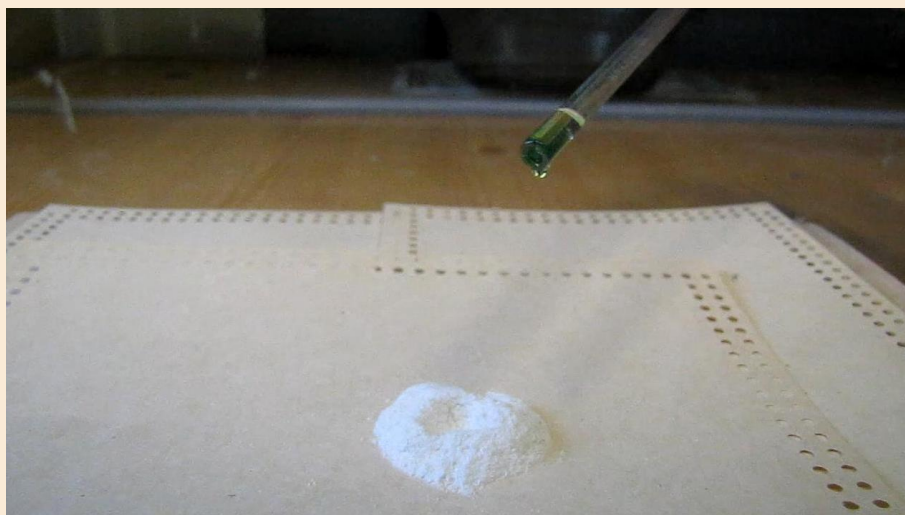
[Смотреть Видео \(28 Мб, .avi\)](#)



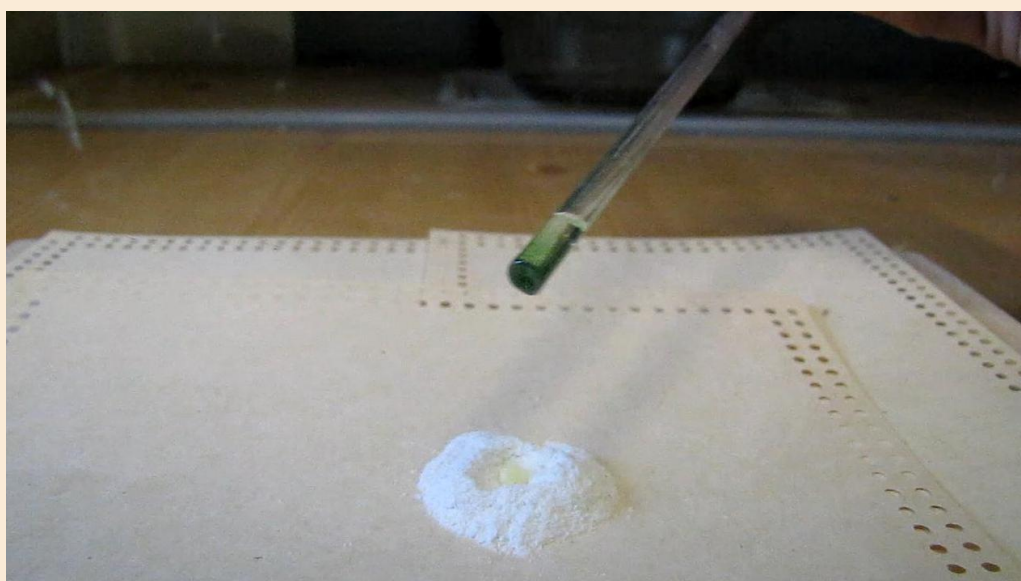
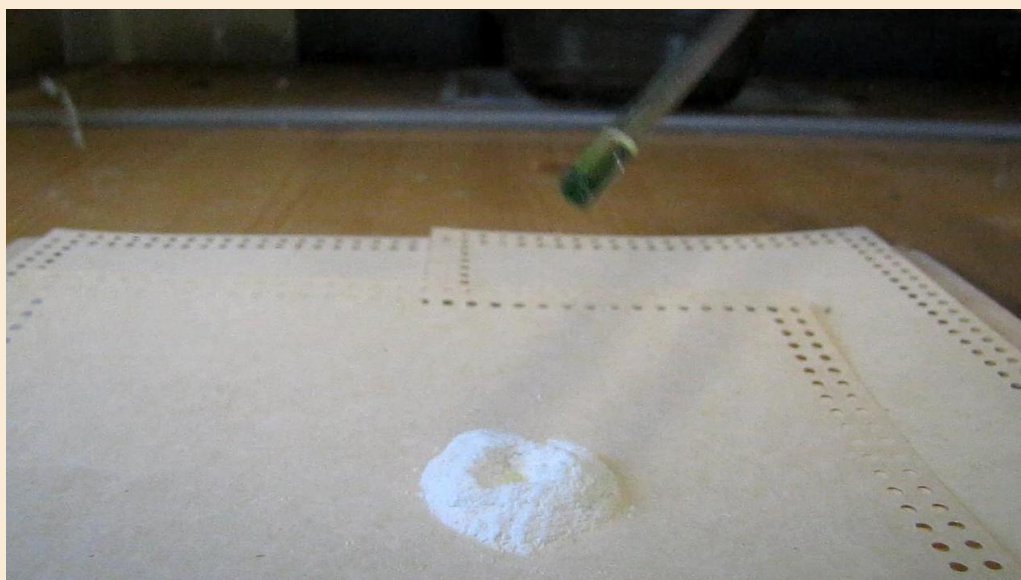
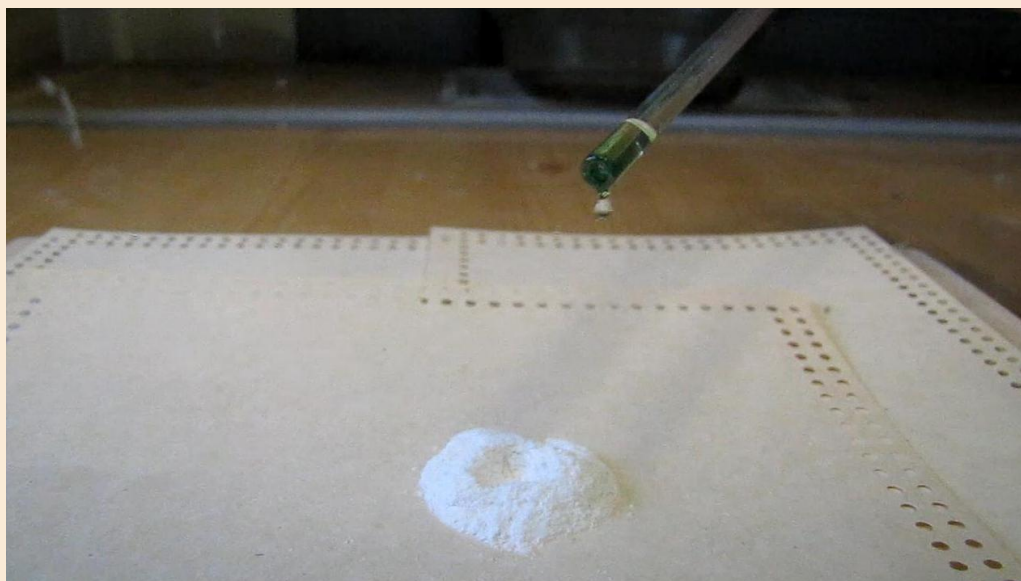
Бертолетова соль (хлорат калия)

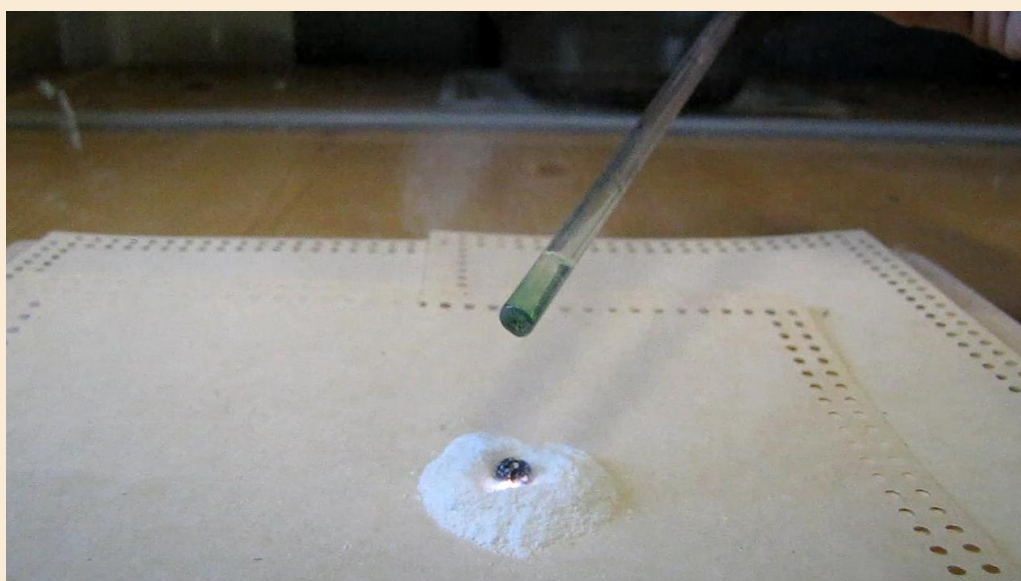
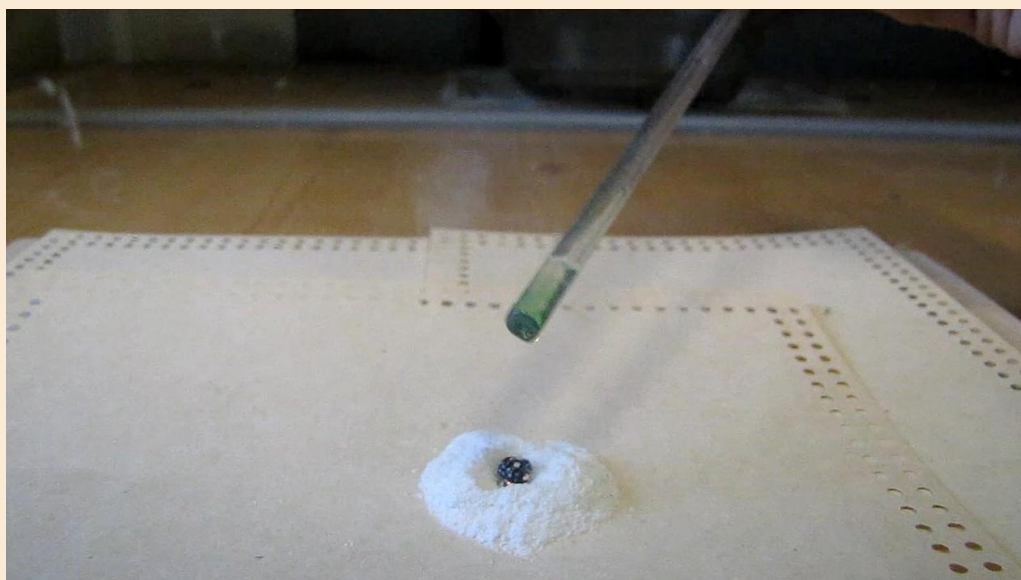
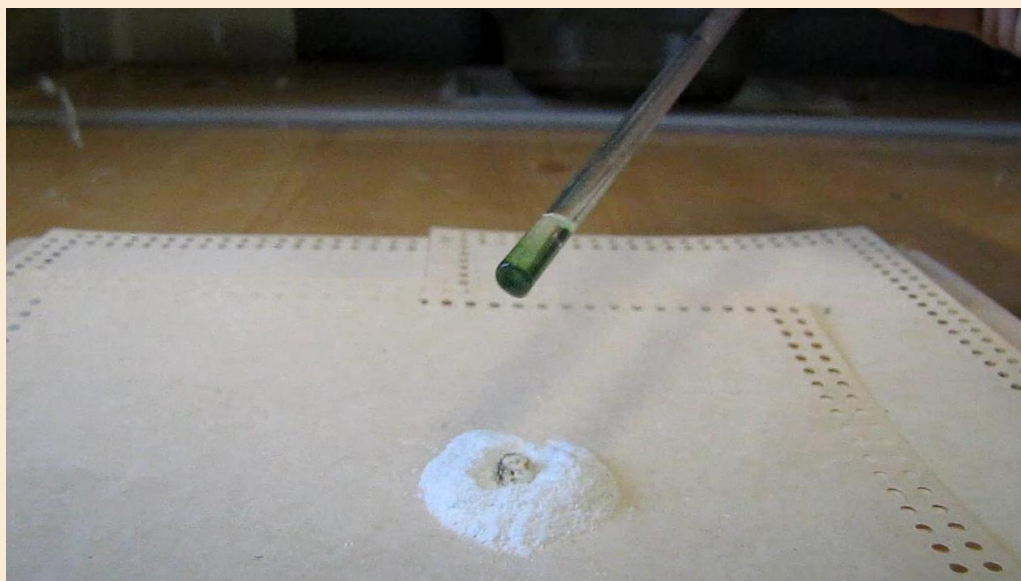


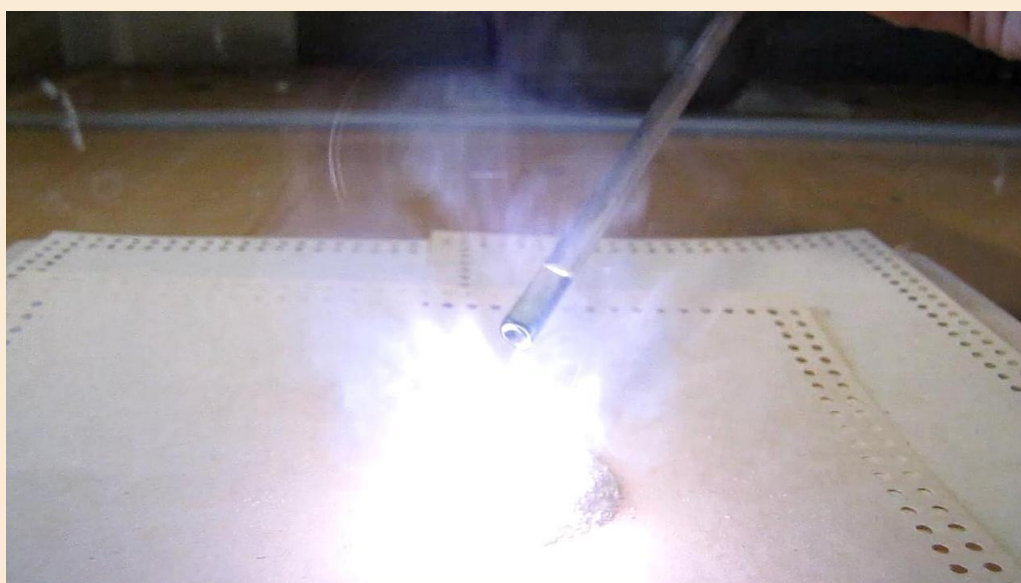
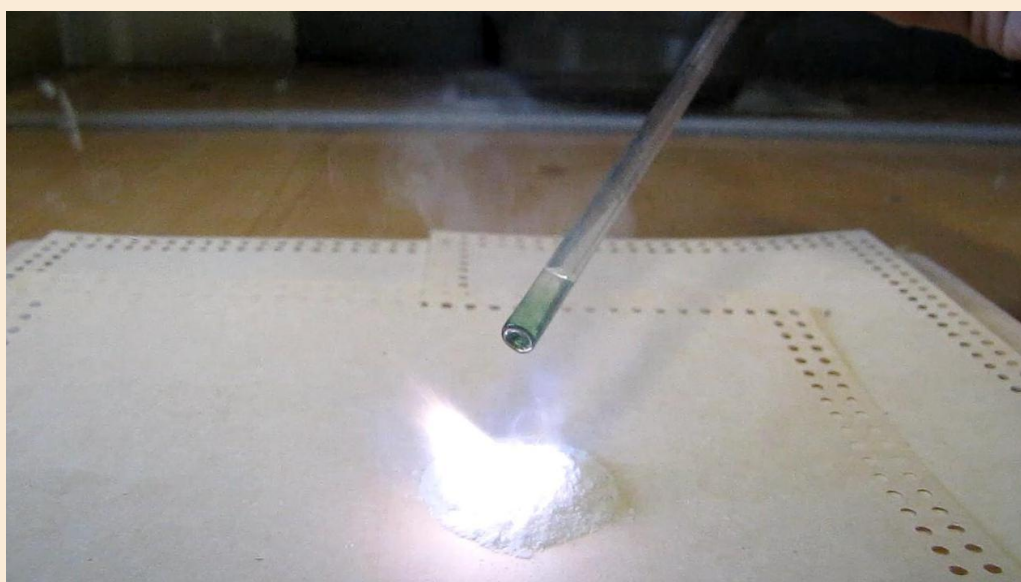
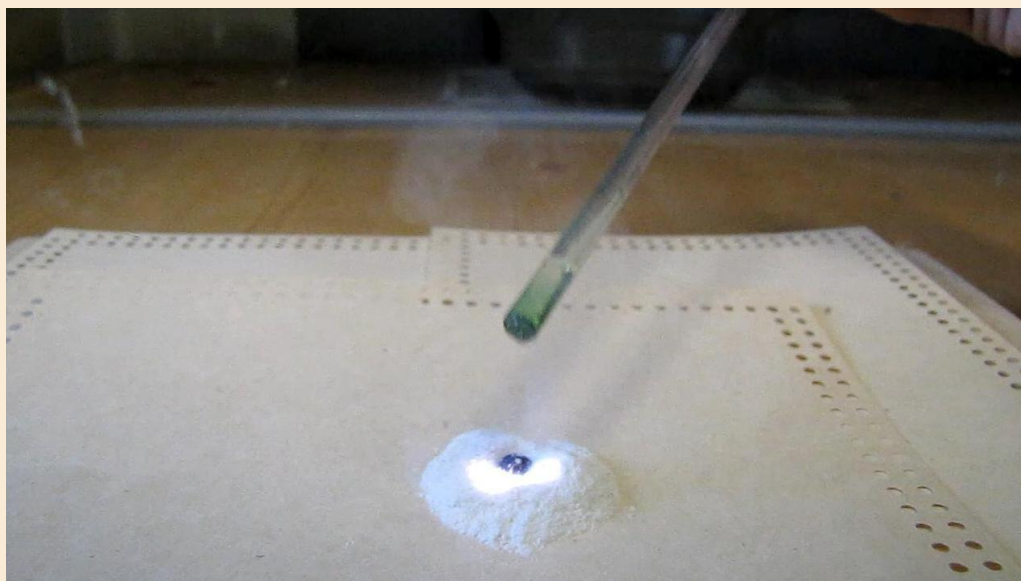
Смесь бертолетовой соли и сахара

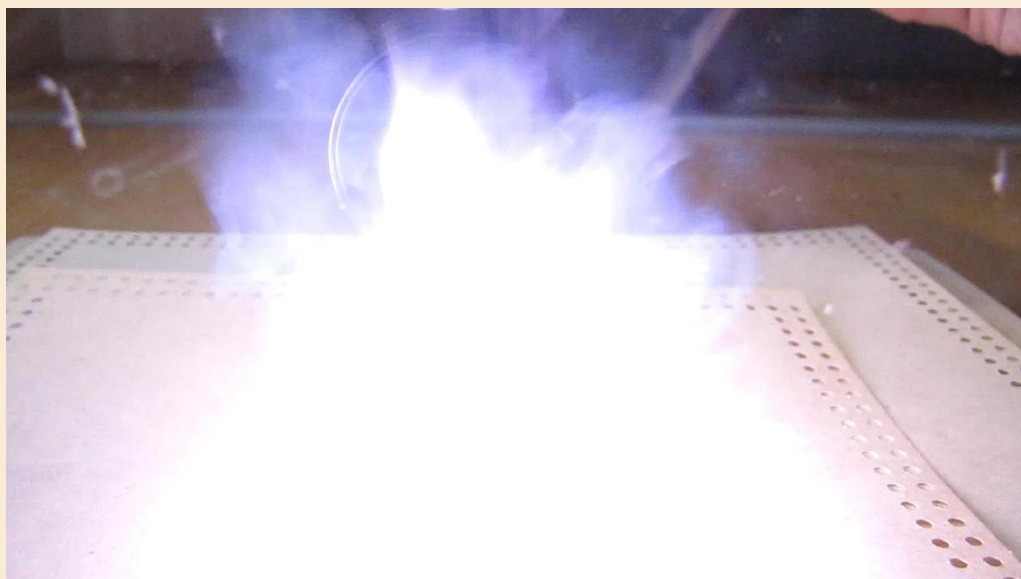


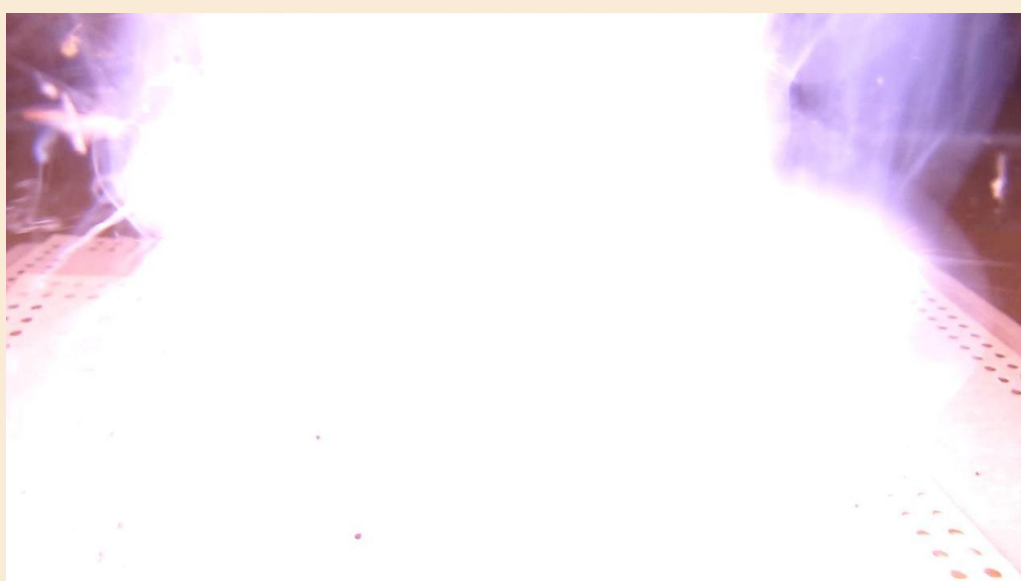
Воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара

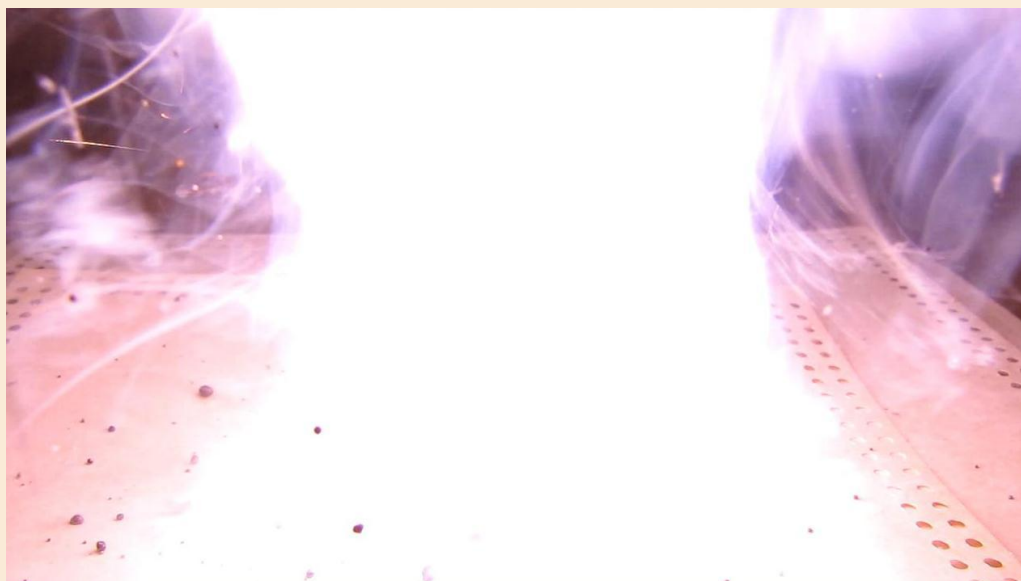








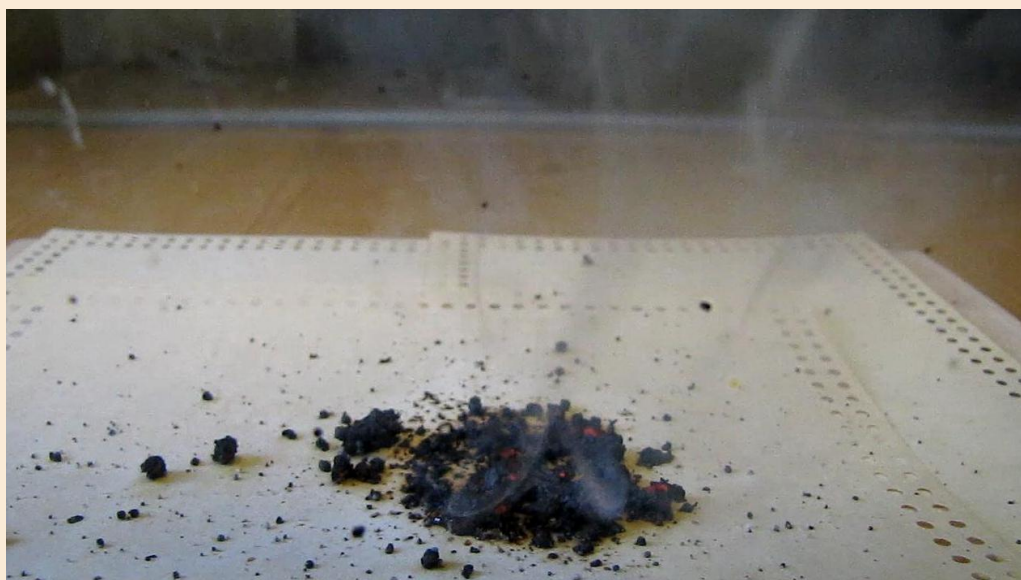






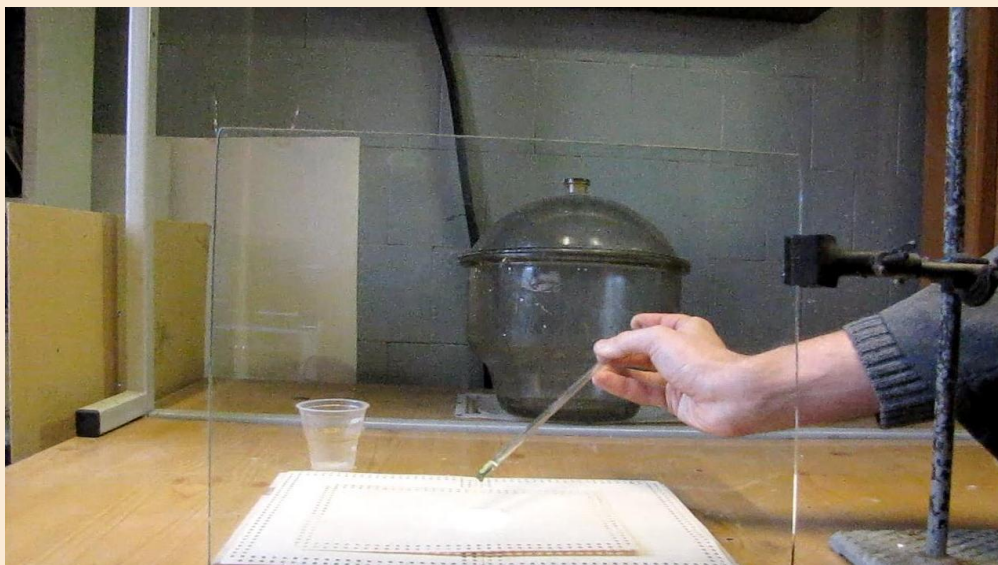




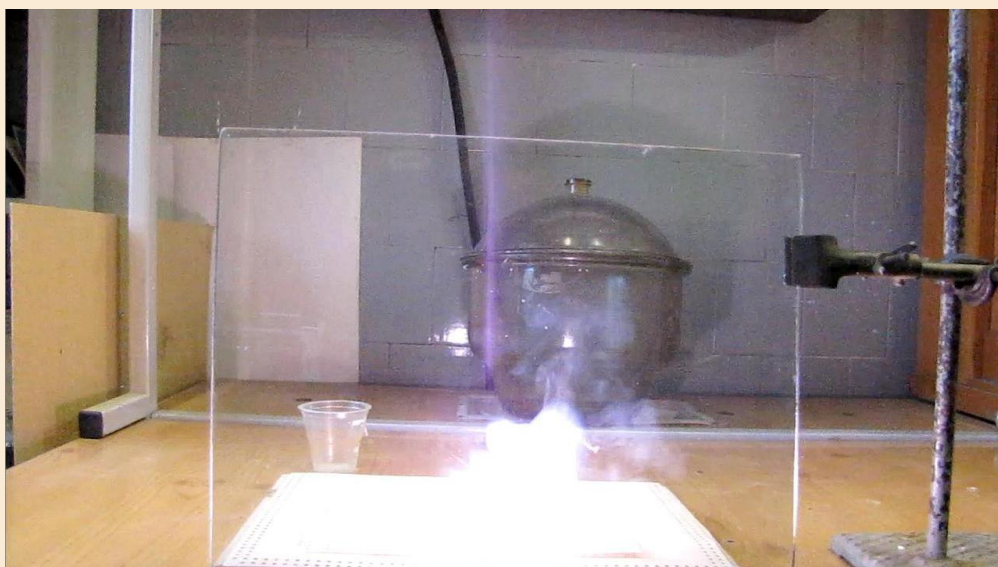


Во втором опыте камера была установлена на расстоянии около 50 см от смеси. В результате начальные стадии были почти неразличимы, зато хорошо видно собственно саму вспышку.

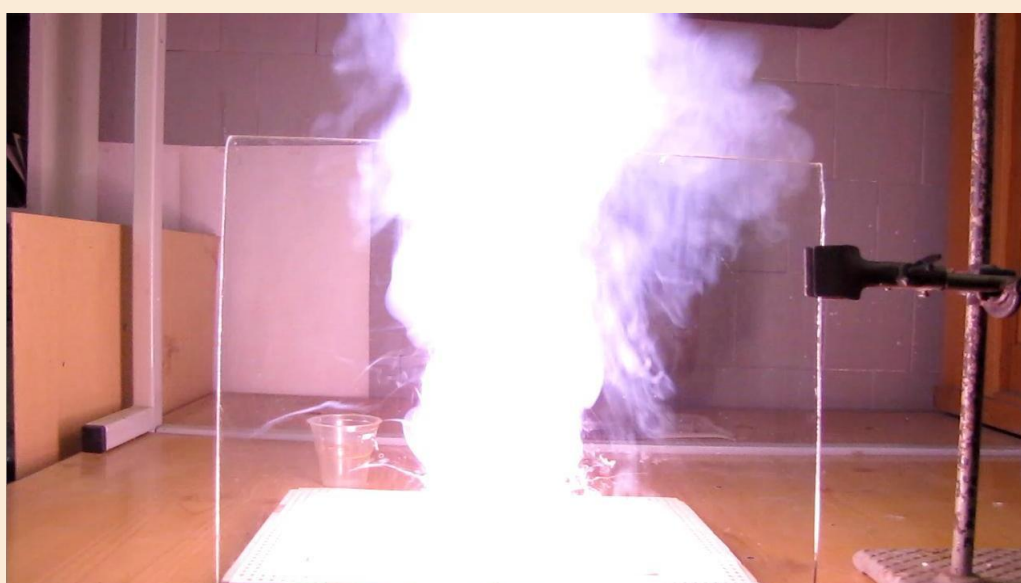
[Смотреть Видео \(31 Мб, .avi \)](#)

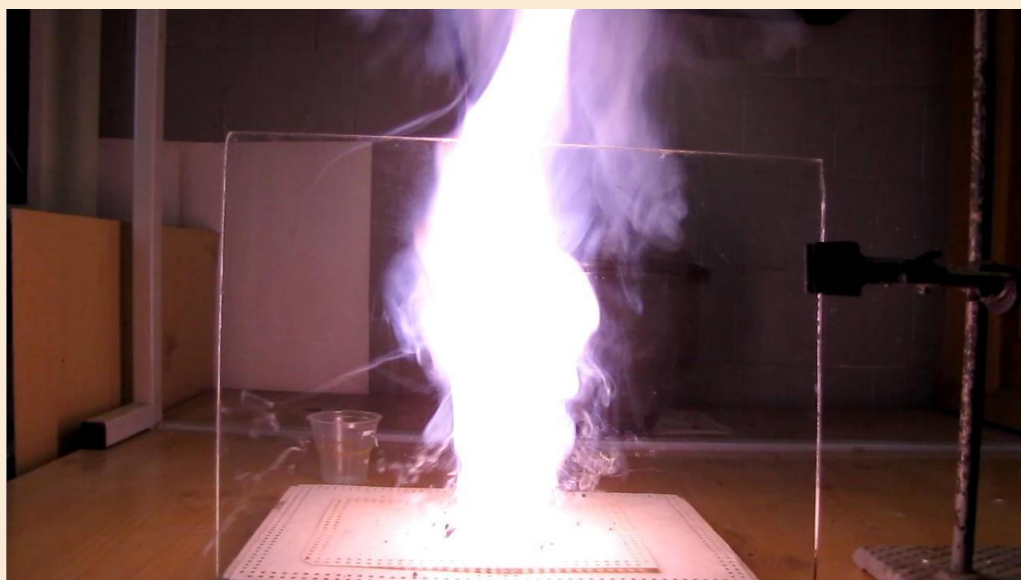
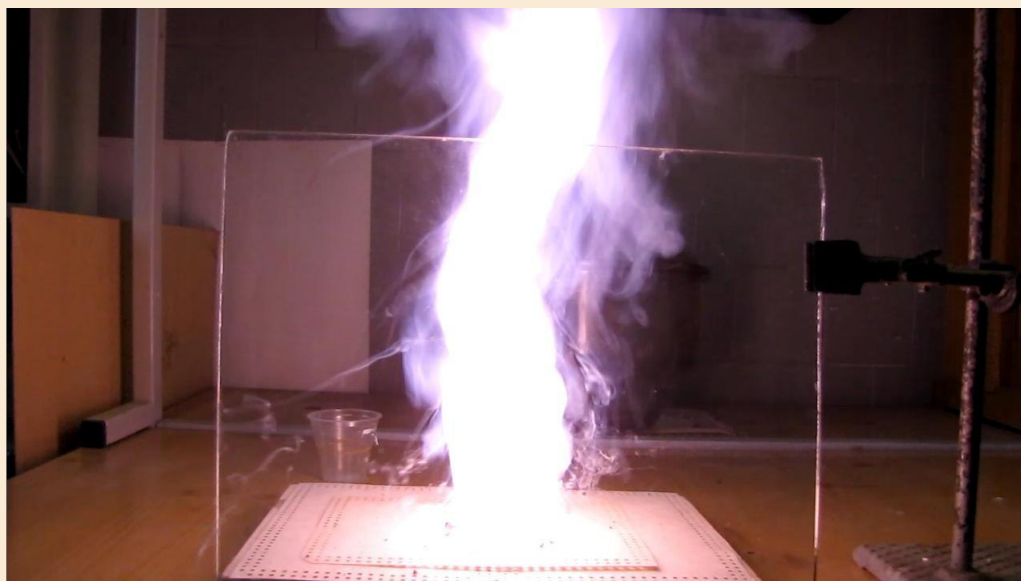


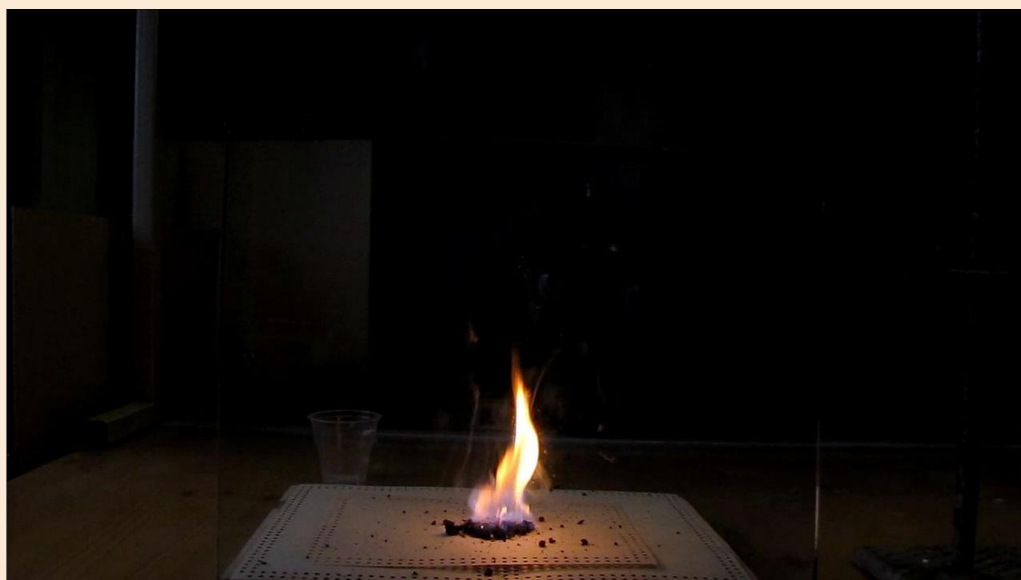
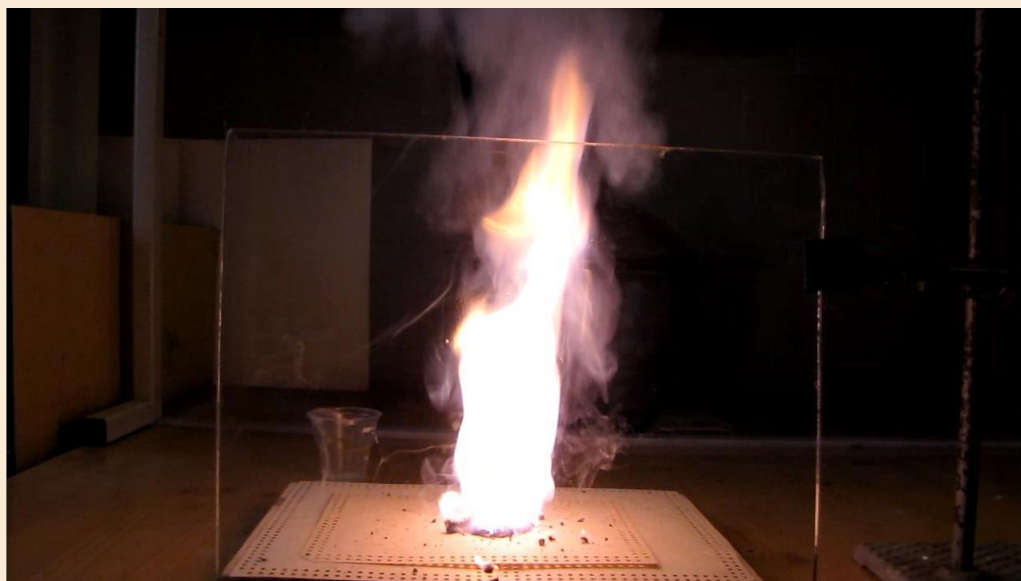
Воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара













Кибальчич Николай Иванович

Николай Иванович Кибальчич родился 31 октября 1853 г в городе Короп (ныне Черниговская область) в семье священника. В юном возрасте Николай Иванович пошел на конфликт с отцом и оставил черниговскую духовную семинарию, поступив в гимназию в Новгороде-Сиверском. В гимназии мальчик увлекся химией, за что его стали называть Коля-пиротехник. Увлечение естественными науками определило его жизненный путь. Чтобы читать научную и техническую литературу, мальчик самостоятельно выучил английский язык ^[2]. Николай был одним из лучших учеников в гимназии, которую окончил с серебряной медалью.

Первоначально Кибальчич поступил в Петербургский институт инженерных путей сообщения (1871-1873 г), но, не окончив его, перешел в Медико-хирургическую академию. Тут Кибальчич познакомился с народовольцами и проникся их идеями. У 1875 г за хранение нелегальной литературы он был арестован и почти три года провел в Лукьяновской тюрьме (Киев), после чего был освобожден под присмотр полиции. После тюрьмы продолжение учебы для Кибальчича находилось под запретом, поэтому он занялся самообразованием и выбрал путь революционера-подпольщика.

Николай Иванович Кибальчич проявил себя как талантливый химик и публицист, за что получил уважение среди революционеров. Кибальчич работал в нелегальных типографиях и подпольных лабораториях, где изготовляли оружие и взрывчатку для борьбы с тогдашним режимом. Николай Иванович смог изготовить в кустарных условиях нитроглицерин и динамит (гремучий студень), который по качеству превосходил

фабричный. Кроме того, он разработал рецепт специальной краски для подпольных типографий.

Одной из главных задач народовольцы считали устранение царя Александра II, которое по их мнению должно было привести к всеобщему народному восстанию. Однако, целых шесть покушений не дали результата. Разумеется, охрана Александра II не идет ни в какое сравнение с тем, как стерегут власть предрежащих сейчас, однако и оружие террористов в те времена не отличалось надежностью. Кроме того, народовольцами были в основном студенты и мелкие дворяне, которые пошли по пути вооруженной борьбы только потому, что не видели иного выхода. Никакой специальной подготовки они не имели.

Кибальчич проанализировал ошибки предшественников и пришел к выводу, что необходимо создать новую бомбу, которая обеспечит успех операции. Разработанное Кибальчичем взрывное устройство превосходило по своим характеристикам все современные аналоги.

Покушение состоялось 1 марта 1881 г. После взрыва первой бомбы Александр II остался невредим, однако необдуманные действия царя решили его судьбу: Александр II вышел из кареты, чтобы посмотреть на убийцу, и другой народоволец не промахнулся: царь был смертельно ранен взрывом второй бомбы и в этот же день скончался.

Николай Кибальчич был арестован через семнадцать дней после покушения и 15 апреля 1881 г казнен. Другие участники также были схвачены и казнены (за исключением Игнатия Гриневицкого, который скончался почти одновременно с царем от взрыва собственной бомбы). Но на этом последствия покушения не исчерпались. Народ не одобрил убийство Александра II, поскольку много поколений официальная пропаганда прививала людям веру в "добротого царя". На смену сравнительно либеральному Александру II пришел закоренелый консерватор Александр III, который отбросил Россию назад на несколько десятков лет.

За несколько дней до казни Николай Кибальчич разработал устройство порохового ракетного двигателя, который отдаленно напоминал современные аппараты. Николай Иванович смог передать свои записи адвокату. Однако эта его работа была изъята, попала в архивы полиции и увидела мир только в 1918 г.

Жертва народовольцев не принесла стране и народу облегчения: вместо ликвидации авторитарного режима произошло его упрочнение и ужесточение. Идеи и поступки Кибальчича и его товарищей оказались наивными, но они были объективными. В разные времена, в разных странах и при разных политических системах действует правило: к власти почти всегда приходит глупость и подлость. Естественно, образованные люди не хотят мириться ни с глупой серостью, ни с подлостью, в результате неминуемо возникает конфликт образованных людей с властью. Совсем не обязательно интеллигенция хватается за бомбы. Это конфликт может приобретать самые различные формы: начиная от пассивного несогласия, заканчивая публичными протестами и голодовками.

На образованных людей почти не действуют любые формы массового зомбирования (телевидение, газеты, "институт слухов" и т.п.), которыми власть пытается удержать народ в повиновении. Власть это понимает и пытается всячески понизить уровень науки и образования: глупыми людьми легче манипулировать.

Во времена Кибальчича много книг, газет и просто идей находилось под запретом: вспомните, что Кибальчич сидел не за изготовление взрывчатки, а потому, что у него нашли запрещенную литературу. Сейчас - во времена интернета - такая цензура почти невозможна, но власть нашла другое направление для своих запретов - химические реактивы массового употребления. Много веществ, абсолютно необходимых как для работы в лаборатории, так и для промышленности, запретили. В их числе находится и серная кислота, которая производится миллионами тонн в год. "Борьба с наркоманией" - это только повод, главный смысл запретов в самих запретах³. Они позволяют "запрещающим органам" безбедно жить, ничего не делая и ни за что не отвечая - в том числе и за катастрофическое распространение наркомании.

¹ Обратите внимание, приведенный состав предназначен для демонстрационных целей. В запале Кибальчича соотношение компонентов было иным.

² Для современного химика знание английского языка абсолютно необходимо. Следует не только понимать английские тексты, но и уметь переводить текст с родного языка на английский. Многим ученым пришлось уехать за рубеж. Большому числу коллег придется выехать в будущем. Поэтому следует изучить также разговорный английский - хотя бы необходимый минимум.

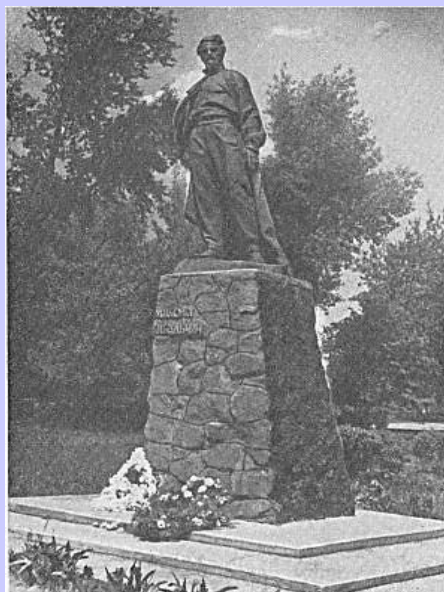
³ Очень показательна песня из кинофильма **Дон Сезар де Базан (1989)**. За средневековой Испанией неумолимо проступает наша действительность: [Смотреть Видео \(12 Мб, .avi\)](#).



Николай Иванович Кибальчич



Николай Иванович Кибальчич (почтовая марка)



Памятник Кибальчичу на родине



Мемориальная доска Николаю Кибальчичу



Реконструкция летательного аппарата Кибальчича

Запал Кибальчича (воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара) ч.2

И.Н. Григорьев

Состав смеси бертолетовой соли и сахара, использованной в первой части статьи, значительно отличался от реальных составов смесей для химических запалов. После сгорания упомянутого состава образовался черный остаток, что свидетельствует о дефиците окислителя. Было бы интересно повторить этот эксперимент, используя соотношение бертолетовой соли и сахара, которое применялось в действительности. В энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона указан следующий состав:

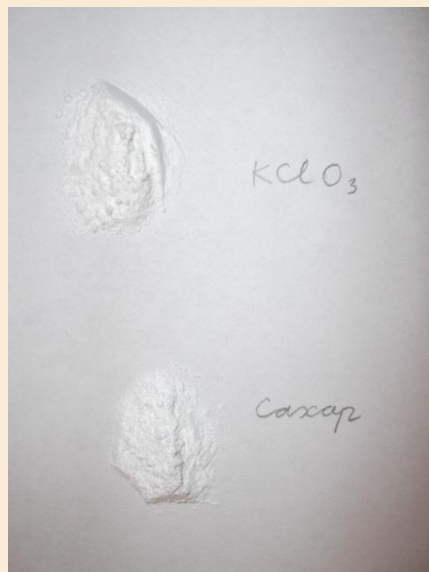
2.86 ч. бертолетовой соли к 1 ч. сахара.

(полный вариант текста из энциклопедии приведен в конце статьи [\[перейти\]](#))

Для эксперимента мы взяли 1.43 г бертолетовой соли и 0.5 г сахара. Компоненты тщательно растерли и смешали на листе бумаги. Полученную смесь разделили на две части. К первой порции добавили каплю серной кислоты из пипетки, ко второй прикоснулись стеклянной палочкой, смоченной небольшим количеством серной кислоты.

В обоих случаях произошла яркая вспышка, после горения обугленного остатка практически не было.

[Смотреть Видео \(13 Мб, .avi\)](#)

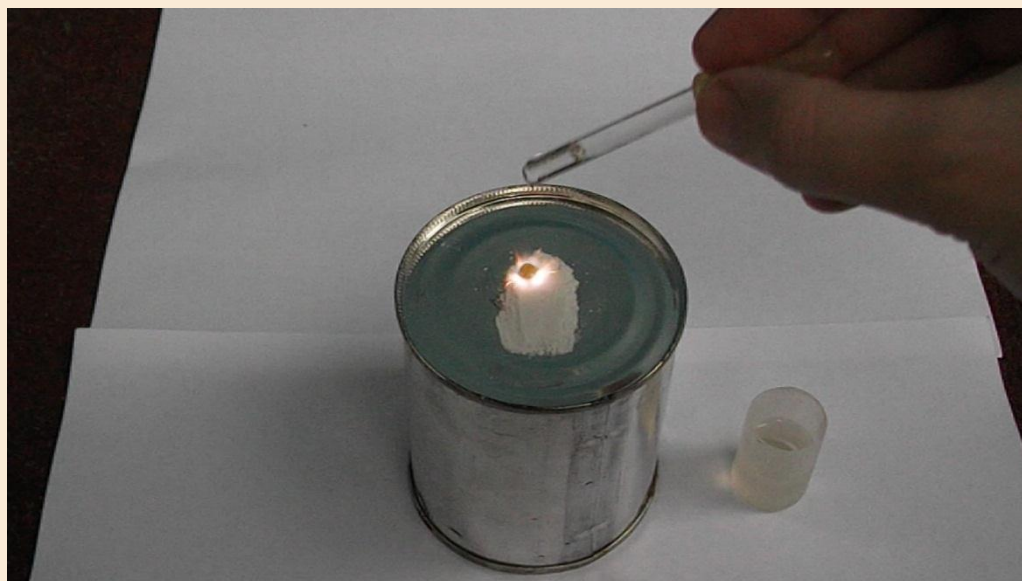


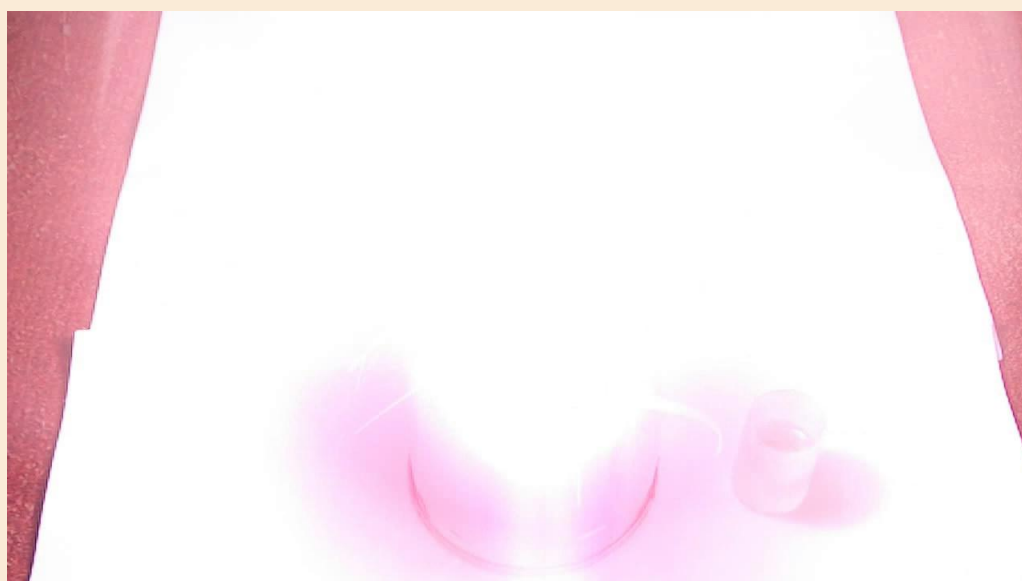
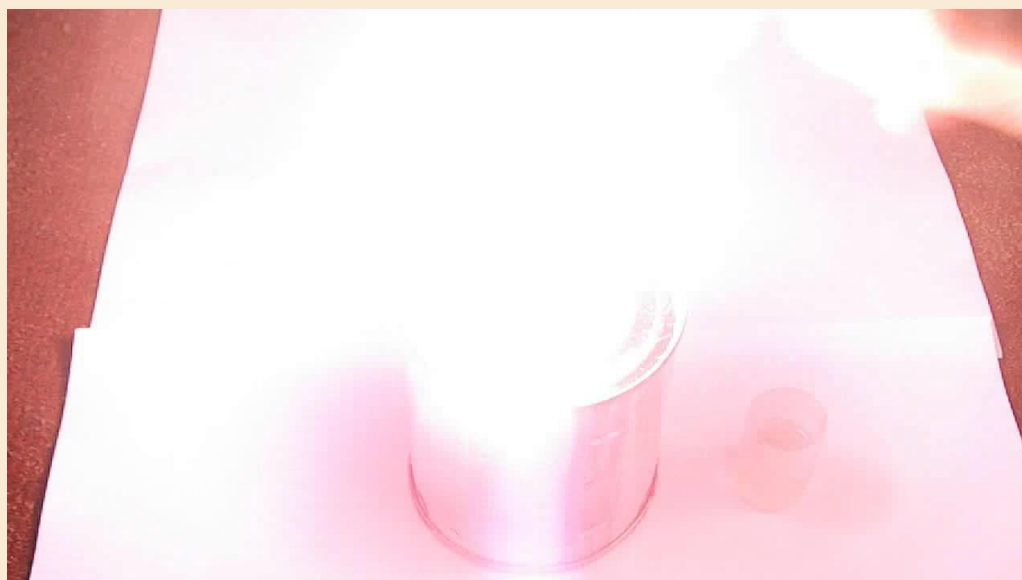
Хлорат калия и сахар



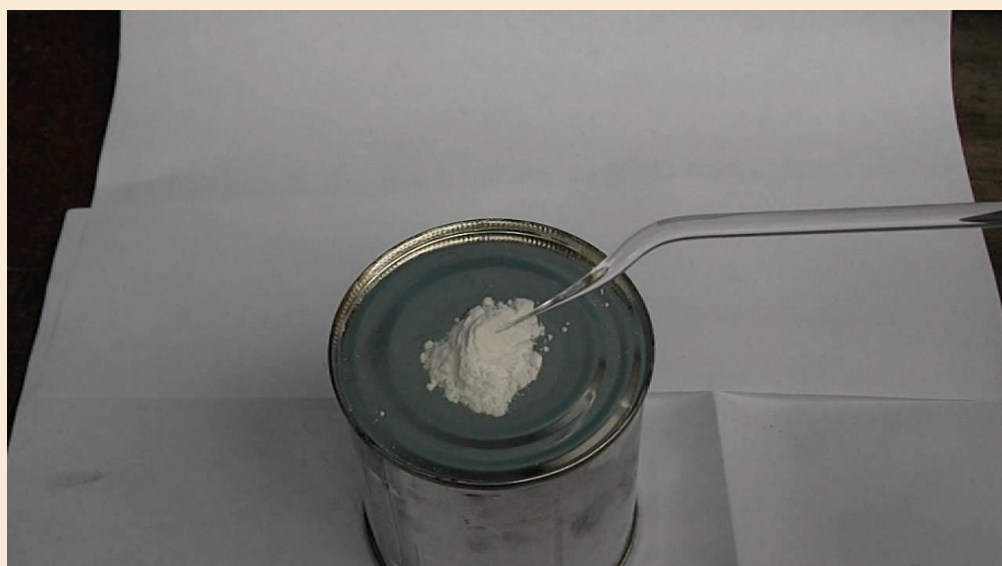
Воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара



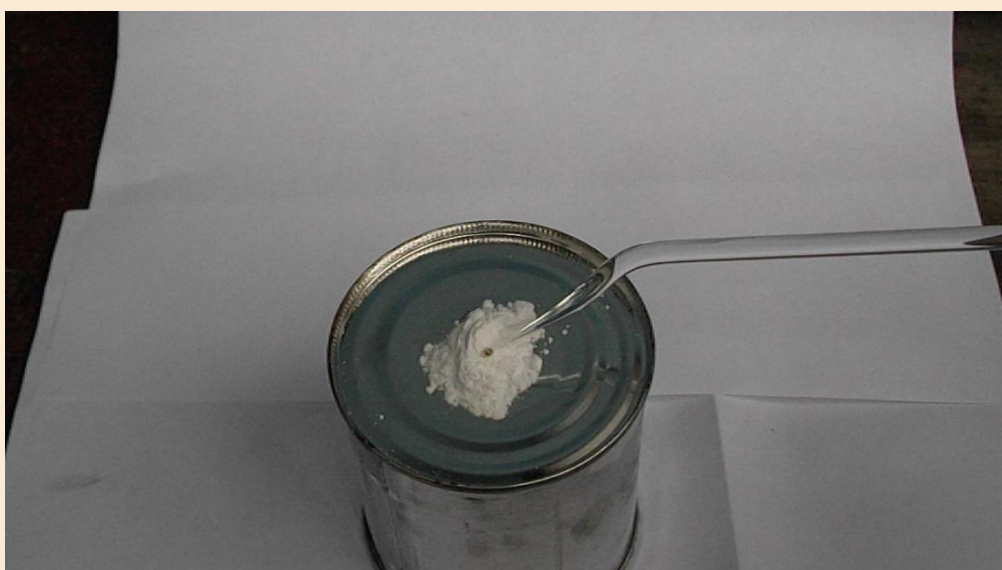




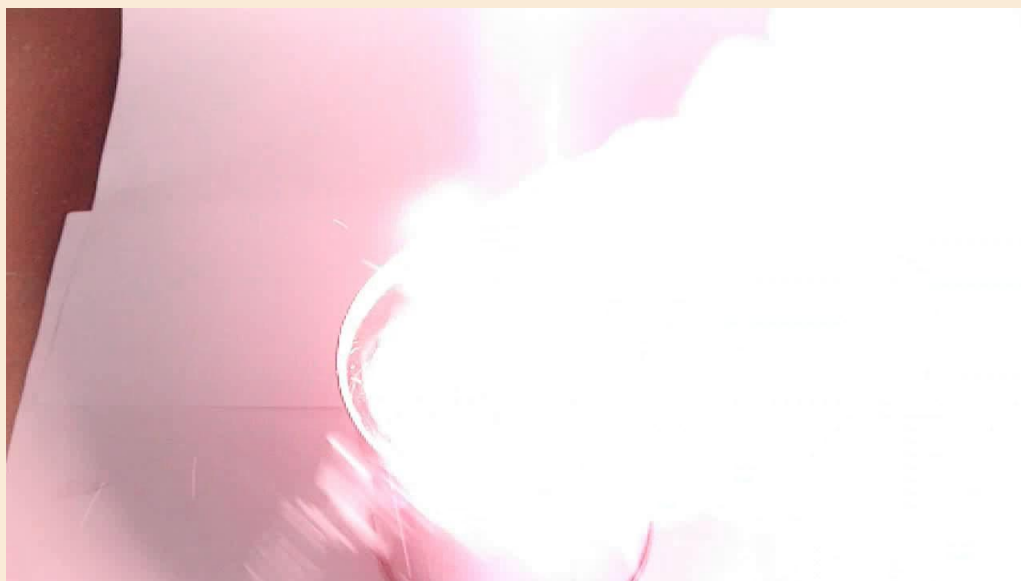




Воспламенение смеси бертолетовой соли и сахара









Химические запалы

(энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона [ссылка](#))

Химические запалы воспламеняются вследствие какой-либо специальной химической реакции взрывчатого вещества, в них заключенного, с некоторой жидкостью, отделенною посредством хрупкой перегородки и приходящею в прикосновение только при разбивании этой перегородки. Например, известно, что взрывчатая смесь 1 части сахара и 2.86 ч. бертолетовой соли при действии капли крепкой серной кислоты тотчас взрывается, по уравнению:



Причина же этого явления состоит в том, что бертолетова соль с серной кислотой выделяет двуокись хлора ClO_2 :



а в двуокиси хлора такие органические вещества, как сахар, тотчас загораются при прямом прикосновении, не требуя предварительного подогревания, т. е. получается огонь, от которого воспламеняется и остальная смесь. Или, если возьмем, с одной стороны, пороховую мякоть и кусочек металлического калия, а с другой - воду, и приведем последнюю в прикосновение с калием, то этот металл, выделяя водород из воды с огромным отделением тепла, воспламеняет мякоть. На этих началах было предложено несколько химических запалов, назначавшихся для подводных мин заграждения или для бросательных ручных снарядов. Мы дадим понятие только о так называемой Власовской трубке. Она состоит из двух стеклянных трубок, помещенных одна в другую так, что внутренняя наполнена крепкой серной кислотой, а внешняя - смесью бертолетовой соли с сахаром. Очевидно, если такая трубка будет ввинчена сверху в заряд подводной мины, то проходящий корабль, ударив своим корпусом по трубке, разобьет ее и тем самым взорвет под собою мину. На средней части внутренней трубки с серной кислотой можно укрепить свинцовый груз; тогда Власовская трубка, будучи вставлена в разрывной ручной снаряд, будет функционировать при бросании такого снаряда. Но все подобные запалы опасны при обращении с ними и потому не привились в практике.



Серная кислота, спички и пистоны (ч.3)

Воспламенение спички от контакта с серной кислотой

В предыдущих частях статьи было описано воспламенение смеси хлората калия и сахара при контакте с концентрированной серной кислотой. Некоторые читатели скажут, что бертолетова соль - не самый доступный реактив, но это не совсем так. Во-первых, бертолетову соль вполне можно получить в домашних условиях¹. Во-вторых, проблему можно решить очень просто - даже не имея чистой бертолетовой соли. Достаточно вспомнить, что спичечные головки и пистоны содержат хлорат калия. Более того, они содержат и восстановители, способные воспламенятся при контакте с диоксидом хлора².

Для примера приведем один из составов спичечных головок (а заодно и спичечных "терок")

Состав головки спички: бертолетова соль - 46.5 %, хромпик - 1.5 %, сера - 4.2 %, сурик - 15.3 %, белила цинковые - 3.8 %, стекло молотое - 17.2 %, клей костяной - 11.5 %.

Состав "терки": красный фосфор - 30,8 %, трехсернистая сурьма - 41.8 %, сурик - 12,8 %, мел - 2.6 %, белила цинковые - 1.5 %, стекло молотое - 3.8 %, клей костяной - 6.7 %.

Костяной клей и сера вполне могут воспламениться при контакте с диоксидом хлора. Другими словами, головка спички должна воспламеняться от контакта с концентрированной серной кислотой. Действительно, если слегка макнуть спичку в кислоту и аккуратно распределить кислоту по поверхности головки, спичка через определенное время вспыхнет.

К сожалению, эксперимент получается не всегда: это зависит от концентрации кислоты, качества спичек, температуры. Когда мы попробовали провести этот опыт, то ощутили довольно сильный запах хлора (вернее - диоксида хлора), но на этом дело и закончилось. Зато Sneg.EXE повезло больше - в его экспериментах спичка вспыхивала на протяжении минуты.

¹ Например, хлорат калия можно получить продолжительным электролизом горячего раствора поваренной соли с последующим добавлением хлорида калия и охлаждением. При этом бертолетова соль выпадает в осадок.

Другой способ - нагревание средства "Белизна" с последующим добавлением хлорида калия и охлаждением (вероятно, также необходимо упаривание).

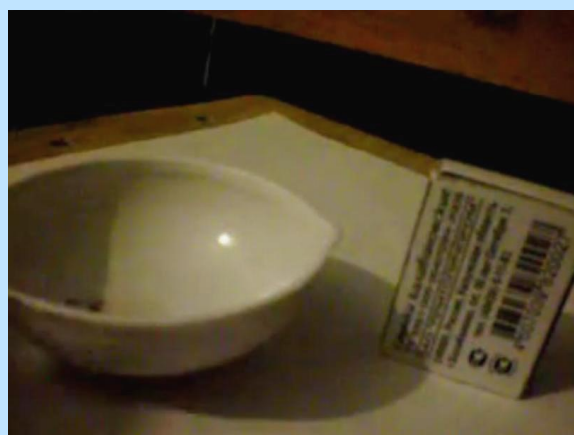
Наконец, третий способ - пропускание хлора через горячий раствор едкого кали или поташа.

² Напомним, диоксид хлора образуется при реакции концентрированной серной кислоты и хлората калия. Многие органические вещества (а также некоторые неорганические восстановители) воспламеняются при контакте с диоксидом хлора.

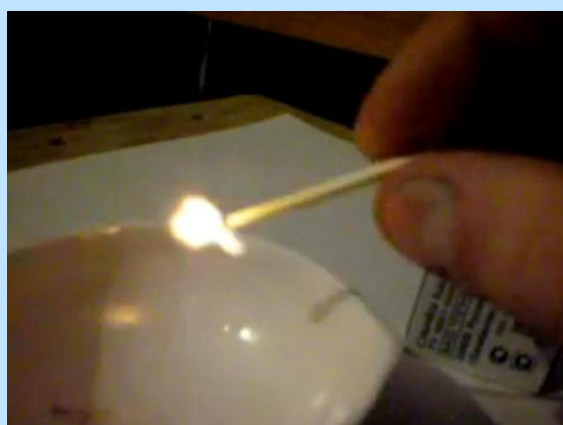
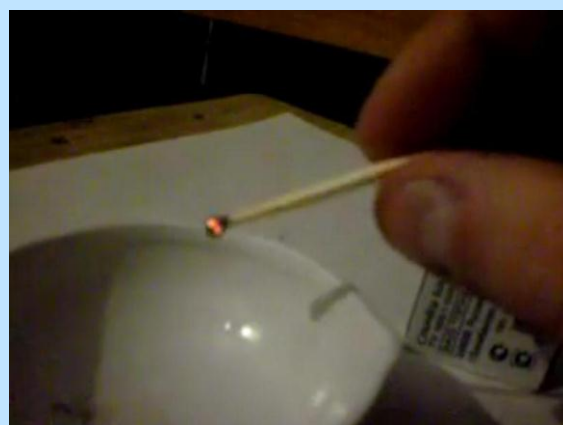
[Смотреть Видео \(6 Мб, .avi \)](#)



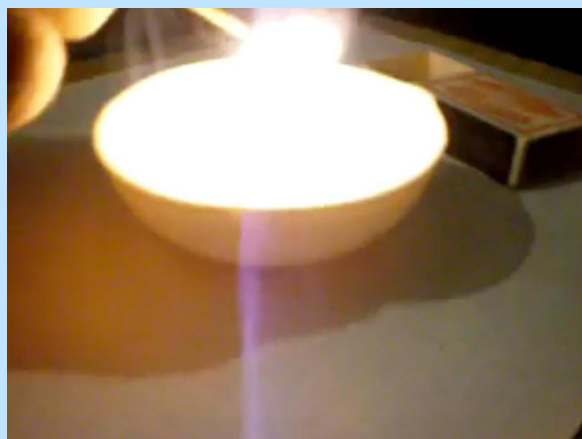
Бертолетова соль



Воспламенение спички от контакта с серной кислотой







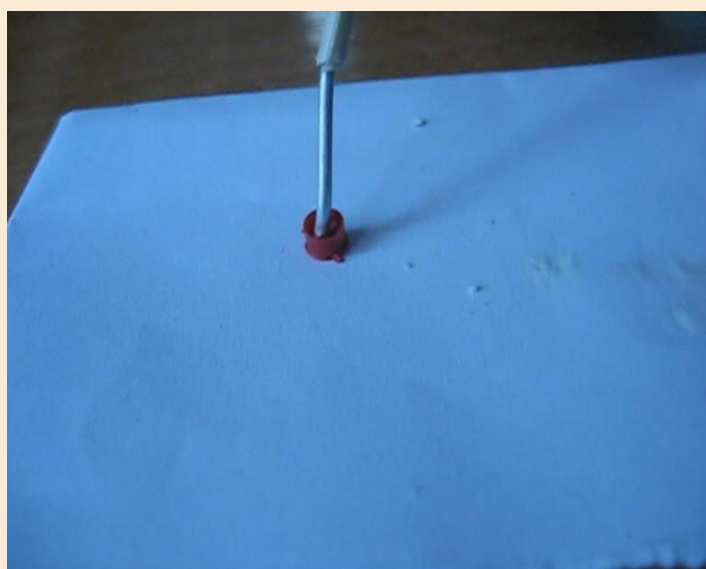
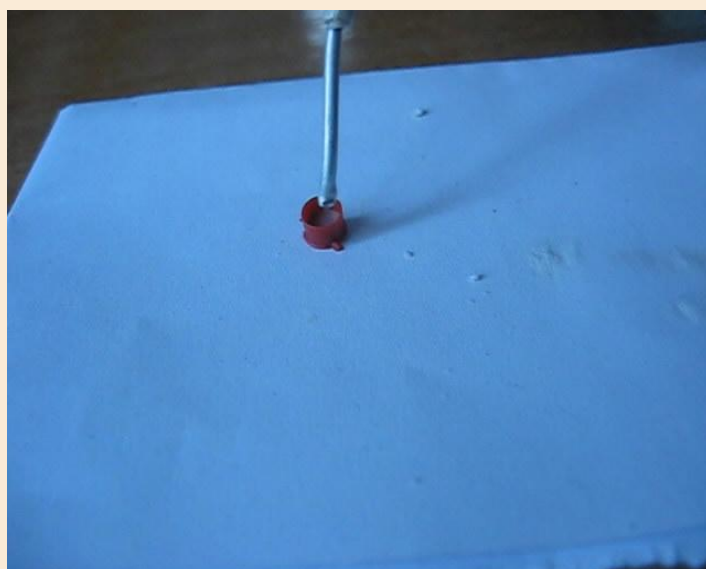
Воспламенение пистона от контакта с серной кислотой

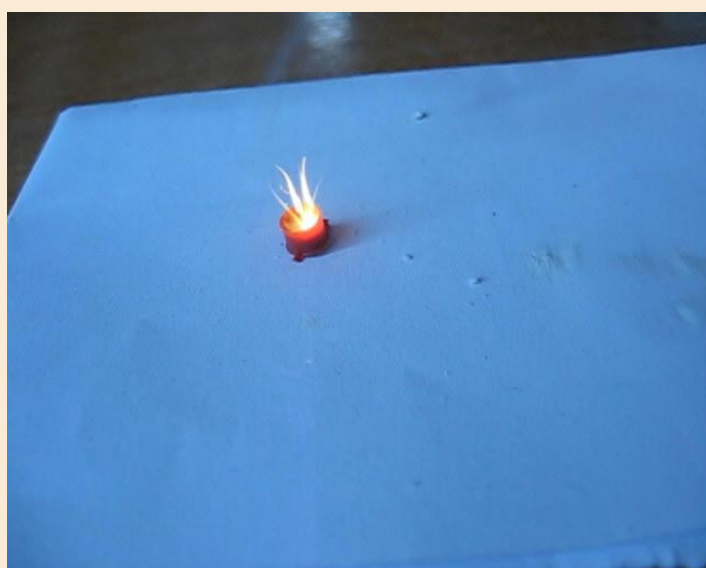
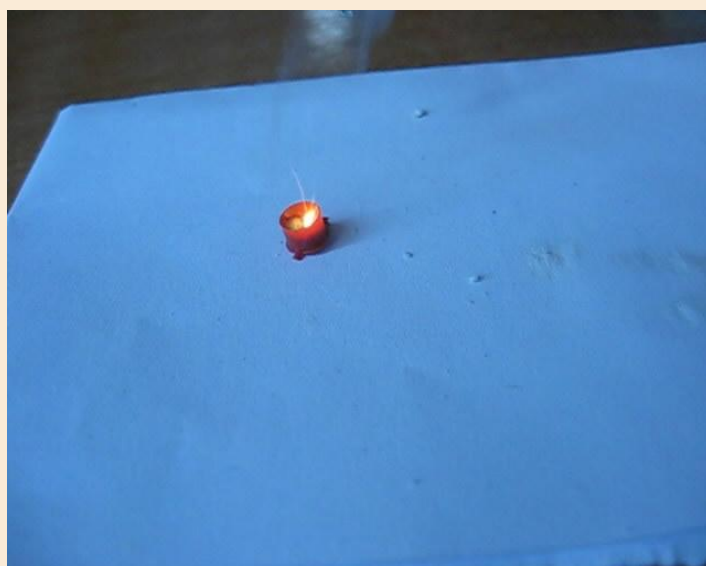
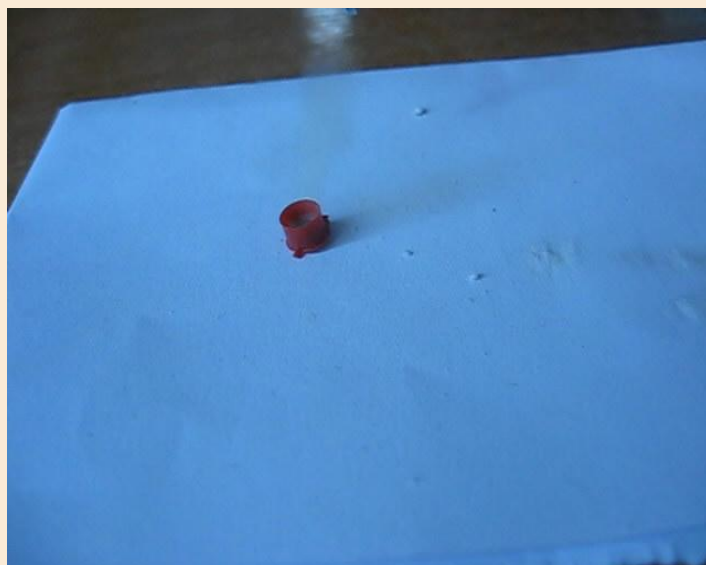
Обычные пистоны от детских револьверов содержат бертолетову соль и красный фосфор, а также желатин (и другие добавки). Такая смесь легко воспламеняется от контакта с концентрированной серной кислотой. Андрей Трелин прикоснулся к пистону проволоочкой с концентрированной серной кислотой. Произошла вспышка.

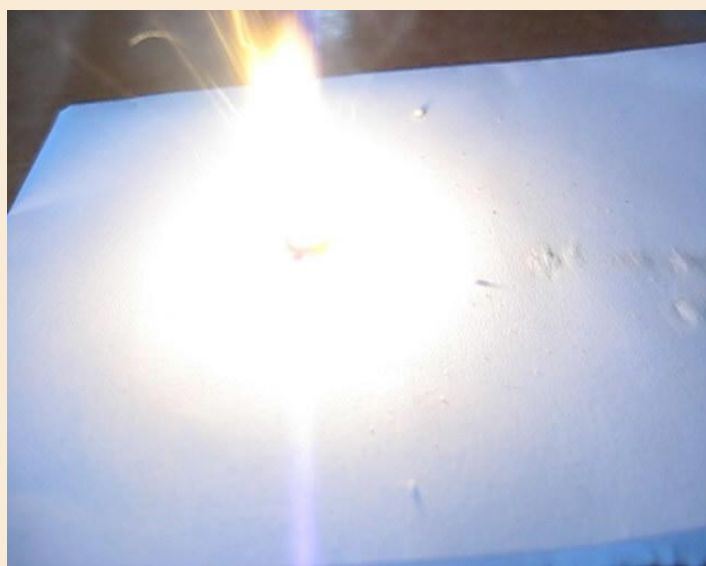
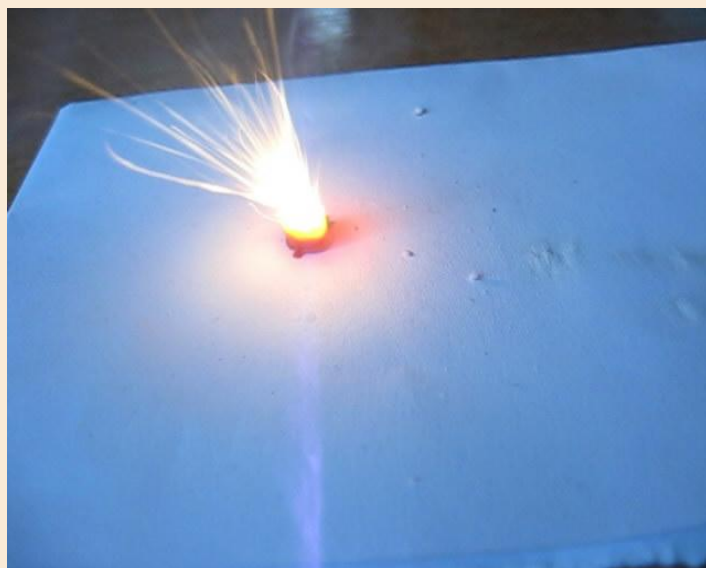
[Смотреть Видео \(2 Мб, .avi\)](#)

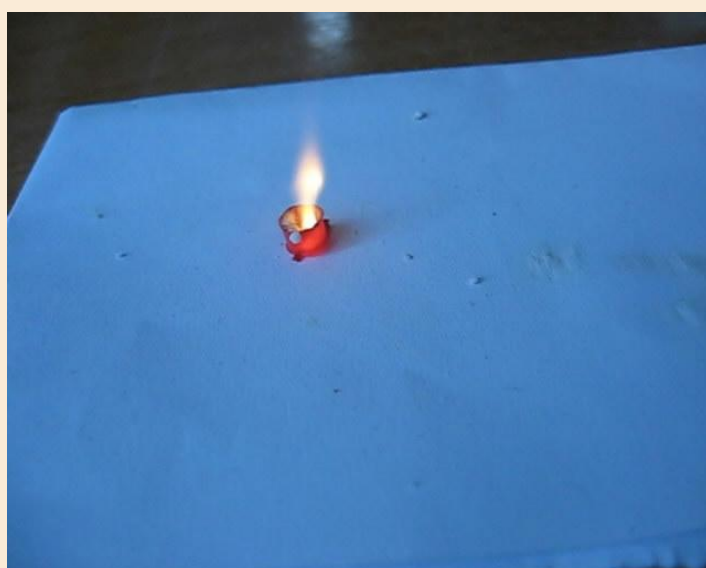
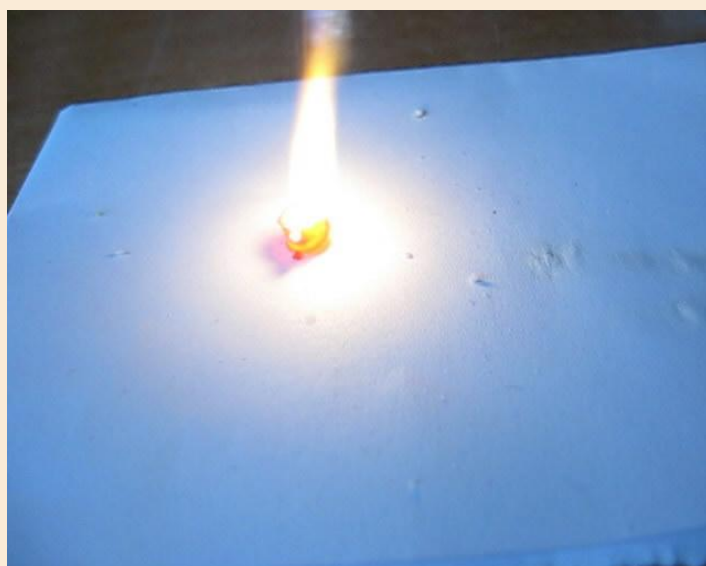


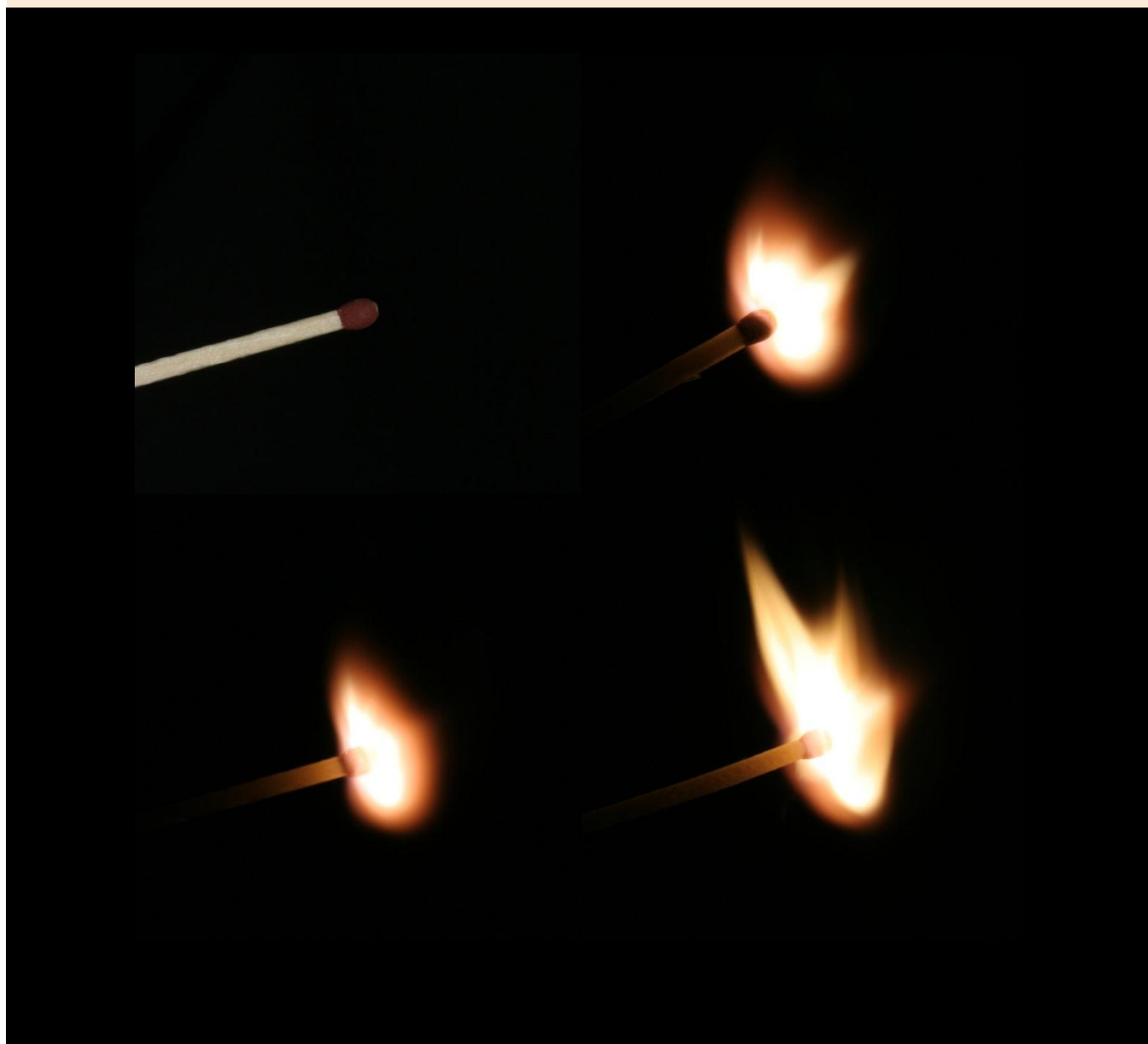
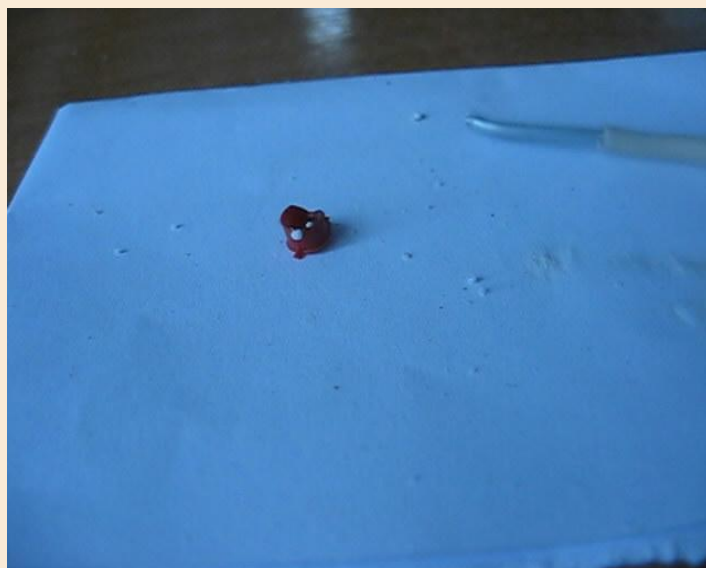
Воспламенение пистона от контакта с серной кислотой











Суррогат смеси Кибальчича из спичек (ч.4)

И.Н. Григорьев

В третьей части статьи уже упоминалось, что если для приготовления "классической" смеси Кибальчича нет бертолетовой соли, можно провести опыты по самовоспламенению спичечных головок или пистонов от концентрированной серной кислоты.

В случае спичечных головок воспламенение происходит не всегда, зато ощущается запах хлора (вернее - диоксида хлора). Это навело на мысль приготовить суррогатный аналог смеси Кибальчича на основе спичечных головок, ведь если ощутим запах диоксида хлора, но воспламенения не происходит, значит нужно добавить восстановитель, который не даст диоксиду хлора "пропадать впустую".

Для эксперимента мы взяли две коробки спичек. Отделив зажигательную массу (головки) от спичек¹, мы получили 0.85 г "серы".

Осторожно измельчив массу на листе бумаги с помощью фарфорового пестика (предварительно удалив пинцетом попавшие кусочки дерева), в полученный тонкий порошок добавили 0.09 г сахарной пудры и тщательно перемешали.

Полученную смесь поместили на консервную банку и коснулись стеклянной палочкой смоченной концентрированной серной кислотой. Воспламенение происходит с некоторым запозданием, примерно на секунду дольше, по сравнению с оригинальной смесью.

Описанный суррогат смеси (запала) Кибальчича хотя и не дает фиолетового пламени, характерного для оригинального состава, однако вспыхивает от капли концентрированной серной кислоты и быстро сгорает. Скорость горения несколько выше, чем для оригинальной смеси, после сгорания остается немного угля.

¹ Спичечные головки удобнее отделять, слегка постукивая на бумаге по пучку спичек пестиком.

[Смотреть Видео \(6 Мб. .avi\)](#)



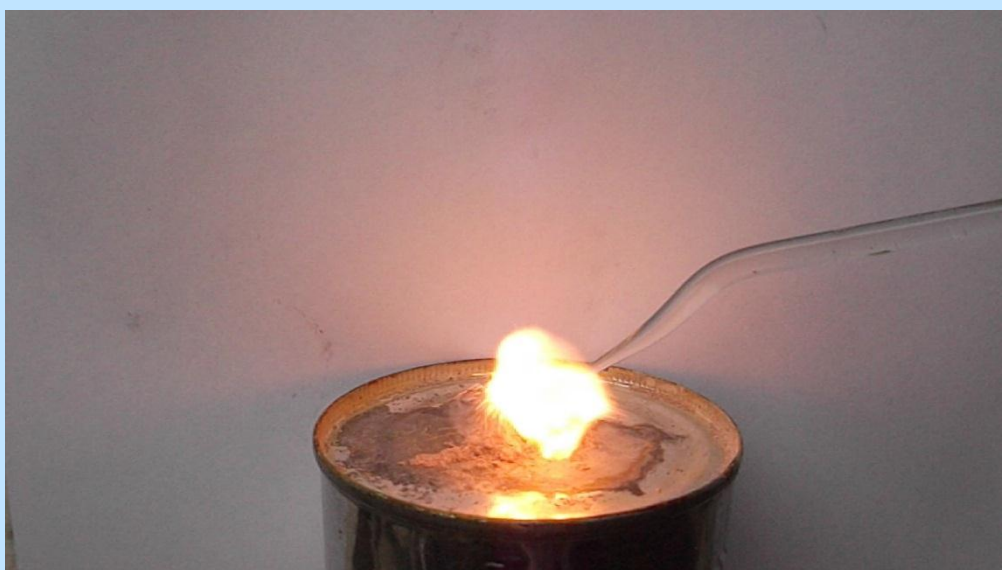
Отделение спичечных головок

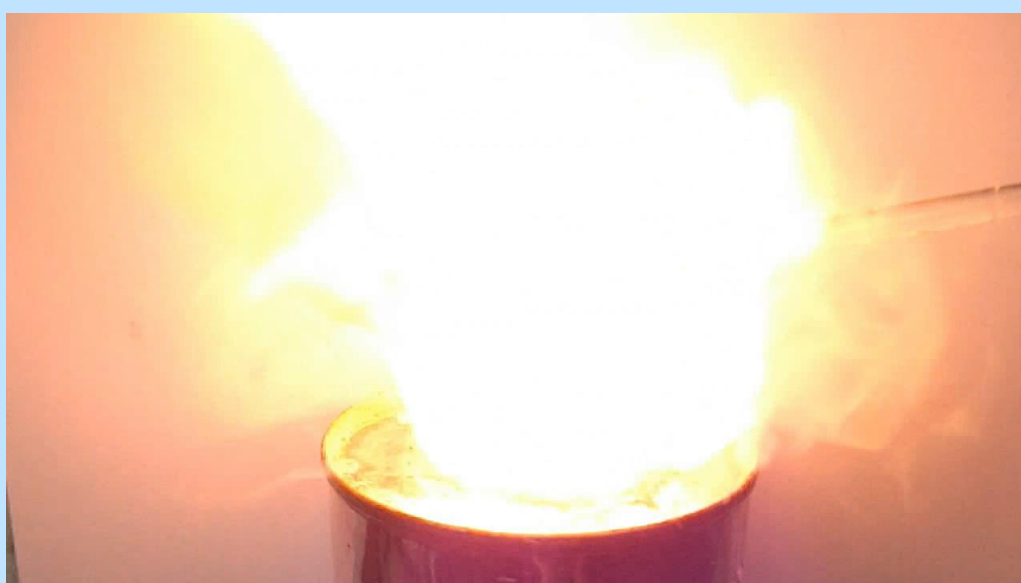
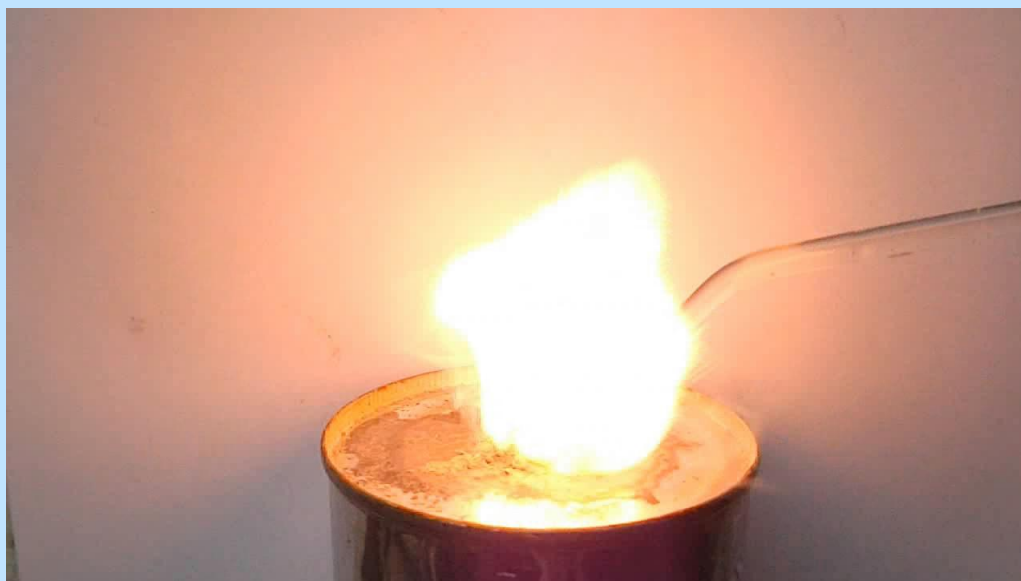


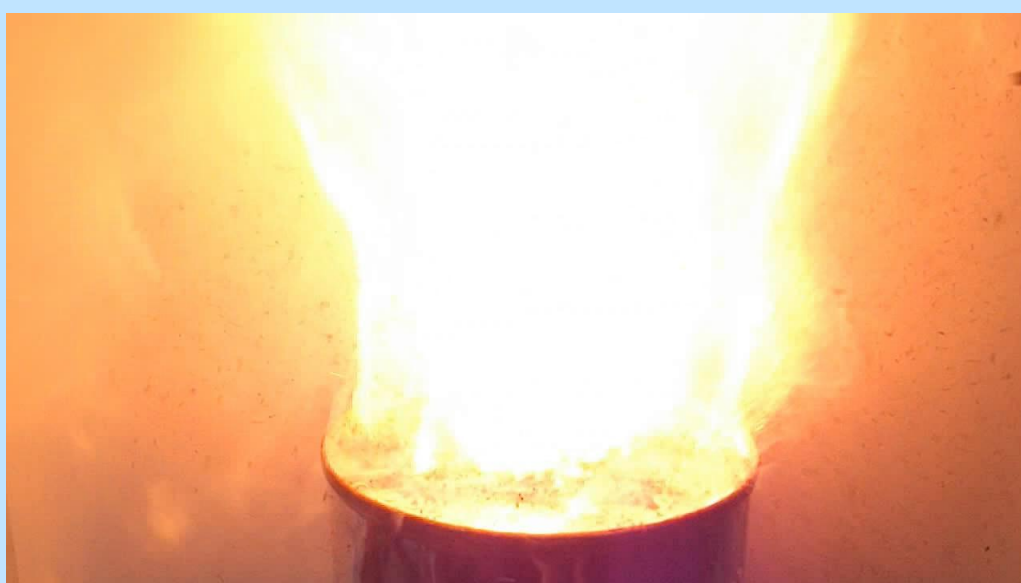
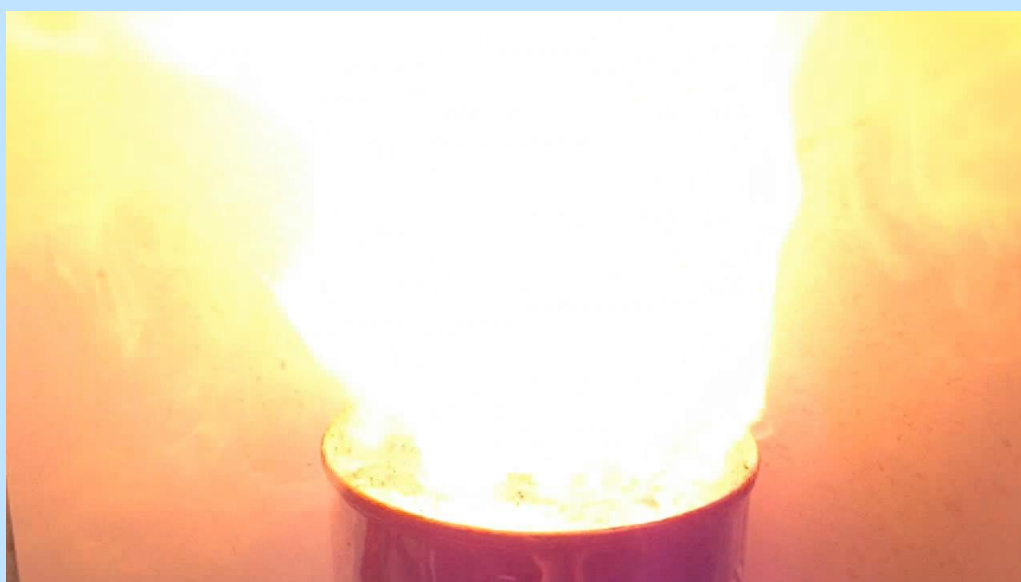
Спичечные головки и сахар



Суррогат смеси Кибальчича













WallpapersMania

Смесь Кибальчича с алюминием (ч.5)

И.Н. Григорьев

В предыдущих частях статьи была описана "классическая" смесь Кибальчича, а также ее суррогат с использованием состава спичечных головок ("серы"). Еще одну вариацию на тему смеси Кибальчича можно найти в книге [Фэдо Ф. - Химик-любитель / Химик-любитель \[1898\] ссылка](#).

Порошок, который загорается от прикосновения к нему капли жидкости. Смешивая в ступке с бертолетовой солью одно из указанных веществ¹, будем получать порошки, зажигающиеся от капли серной кислоты и горящие чрезвычайно ярко.

Для осуществления подобного опыта можно положить около двух золотников² вещества на кирпич, а на него капнуть серной кислотой с конца длинной стеклянной трубки. Нужно держаться подальше от этого порошка во избежание какой-нибудь случайности. Заметим, что самое красивое пламя бывает при употреблении сахара и крахмала.

Еще более красивый результат получается от прибавления к смеси измельченных металлов вроде магния, алюминия, цинка в виде мелких опилок, а также тутии (tuthie). Это последнее вещество представляет собой побочный продукт металлургии цинка и находится весьма легко в продаже; оно имеет вид весьма тонкого порошка, состоящего из цинка, окиси цинка и кадмия.

Когда кислота прикоснется к этому порошку, яркие искры брызнут во все стороны, производя великолепный фейерверк. Очень хорошо удается опыт со следующими смесями:

1.

Бертолетовой соли 20 частей

Порошкообразного алюминия или магния 5 "

Порошка сахара 5 "

2.

Бертолетовой соли 20 частей

Порошка магнезия 5 "

Ликоподия 5 "

¹ Растирать смесь бертолетовой соли с восстановителями ни в коем случае не стоит: это опасно. Вещества растирают по отдельности и смешивают на листе бумаги.

² Золотник - старая мера веса. 1 золотник равен 4.266 грамма

Порошокъ, загорающійся отъ прикосновенія къ нему капли жидкости. Смѣшивая въ ступкѣ съ бертолетовой солью одно изъ указанныхъ только-что веществъ будемъ получать порошки, зажигающіеся отъ капли сѣрной кислоты и горящіе чрезвычайно ярко.

Для осуществленія подобнаго опыта можно положить около двухъ золотниковъ вещества на кирпичъ, а на него капнуть сѣрной кислотой съ конца длинной стеклянной трубки. Нужно держаться подалеже отъ этого порошка во избѣжаніе какой-нибудь непредвидѣнной случайности. Замѣтимъ, что самое красивое пламя бываетъ при употребленіи сахара и крахмала.

Еще болѣе красивый результатъ получается отъ прибавленія къ смѣси размельченныхъ металловъ вродѣ магнезія, алюминія, цинка, въ видѣ мелкихъ опилокъ, а также тутіи (tuthie). Это послѣднее вещество представляетъ собою побочный продуктъ въ металлургіи цинка и находится весьма легко въ продажѣ; оно имѣетъ видъ весьма тонкаго порошка, состоящаго изъ цинка, окиси цинка и кадмія.

Когда кислота прикоснется къ этому порошку, яркія искры брызнутъ во всѣ стороны, производя великолѣпный фейерверкъ.

Очень хорошо удается опытъ со слѣдующими смѣсями:

1° Бертолетовой соли	20 частей.
Порошкообразнаго алюминія или магнезія	5 »
Сахара въ порошокѣ.	5 »
2° Бертолетовой соли	20 частей.
Порошка магнезія	5 »
Ликоподія	5 »

Ми выбрали рецепт №1 с алюминием. Фэдо рекомендует взять два золотника смеси, т.е. около 8.5 г. Однако для эксперимента вполне достаточно 3 г смеси (2.00 г бертолетовой соли, 0.50 г сахара и 0.50 г алюминиевых опилок). При контакте с концентрированной

серной кислотой смесь загорается и горит ярким фиолетовым пламенем с искрами. Как это выглядит, вы можете увидеть на фотографиях и видео.

[Смотреть Видео \(15 Мб, .avi\)](#)



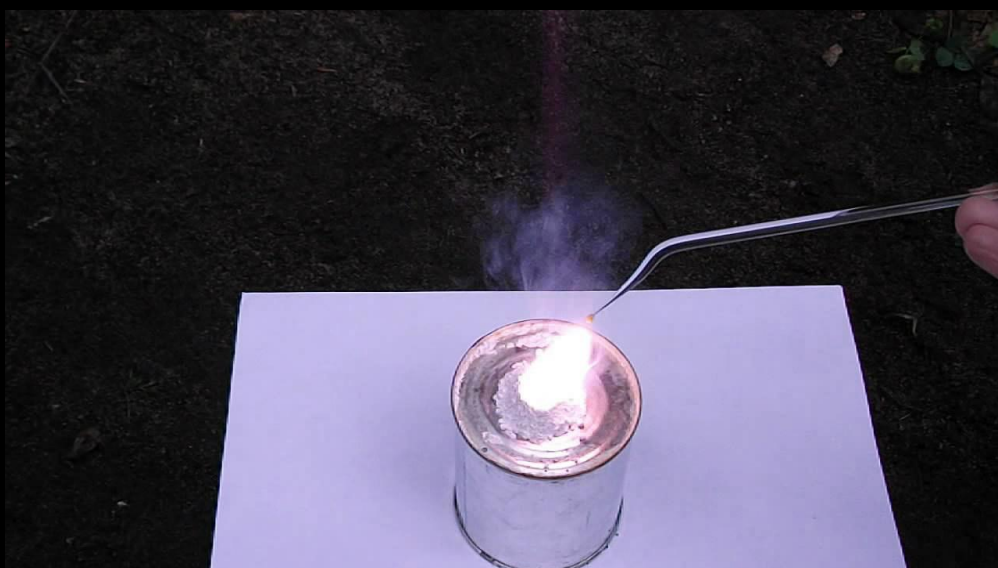
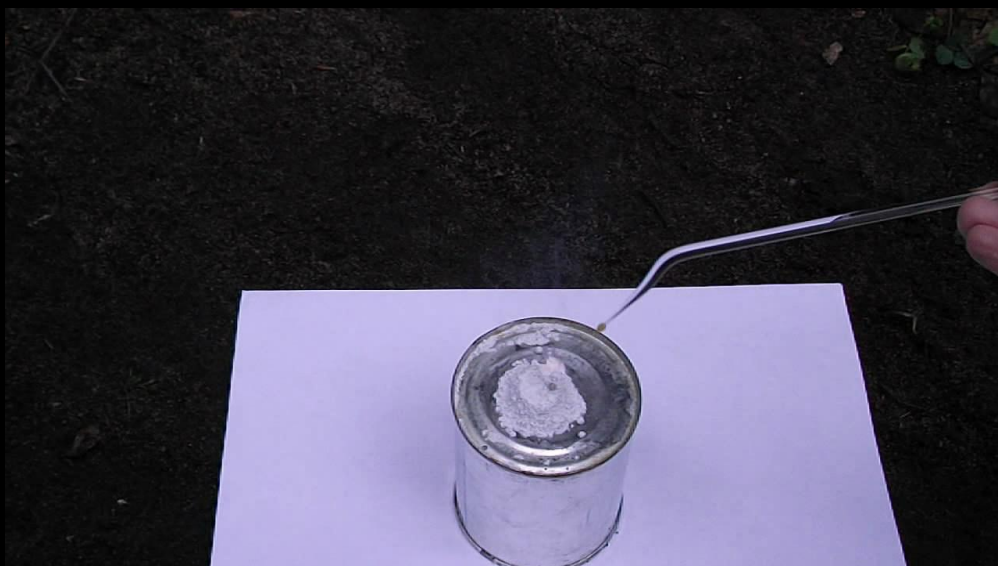
Хлорат калия, алюминий, сахар

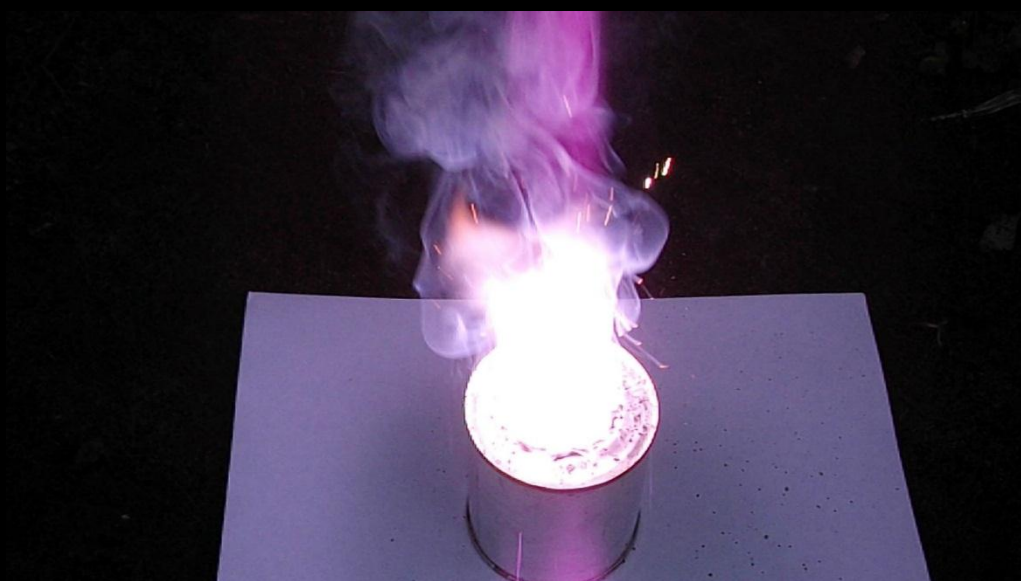
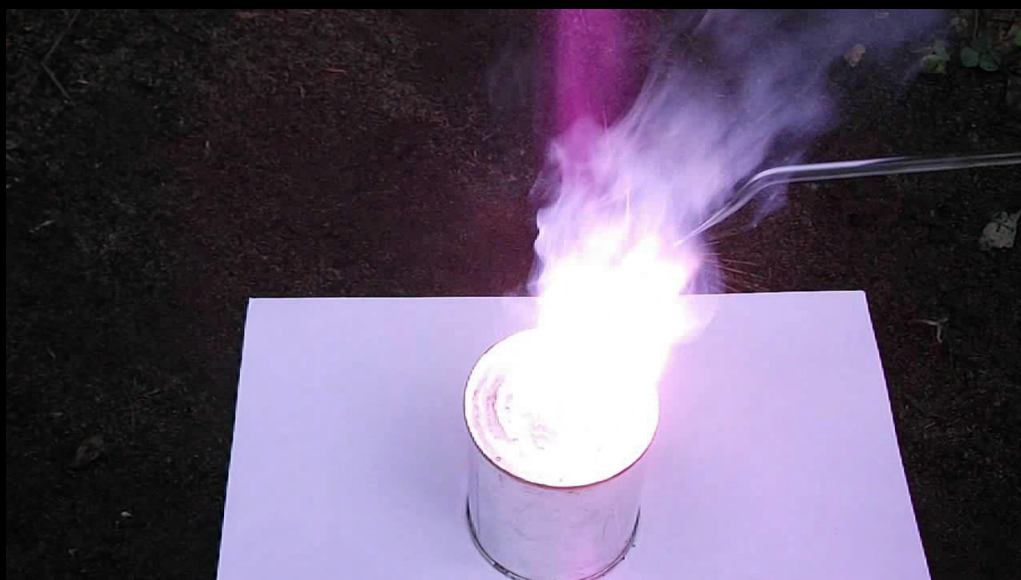
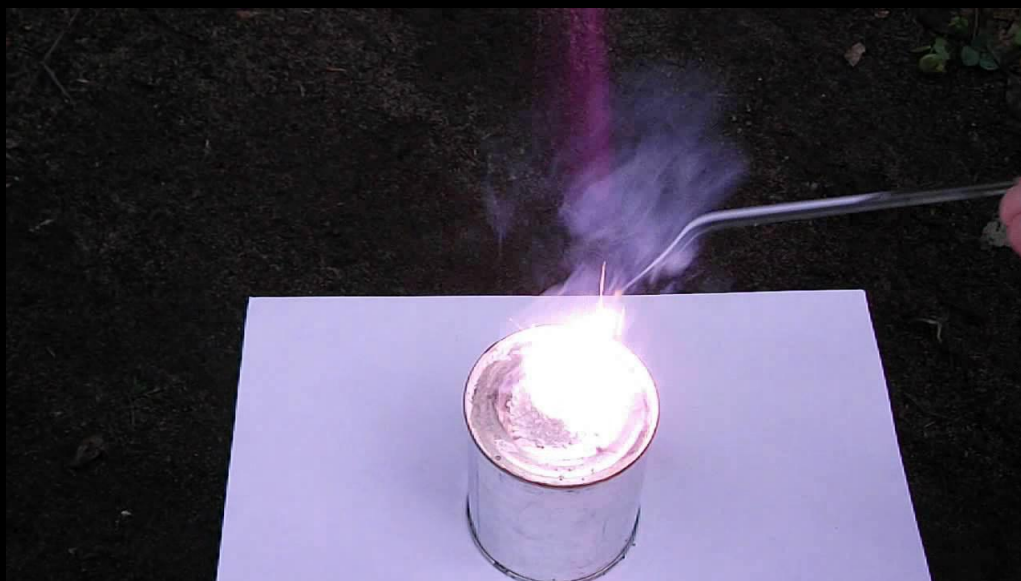


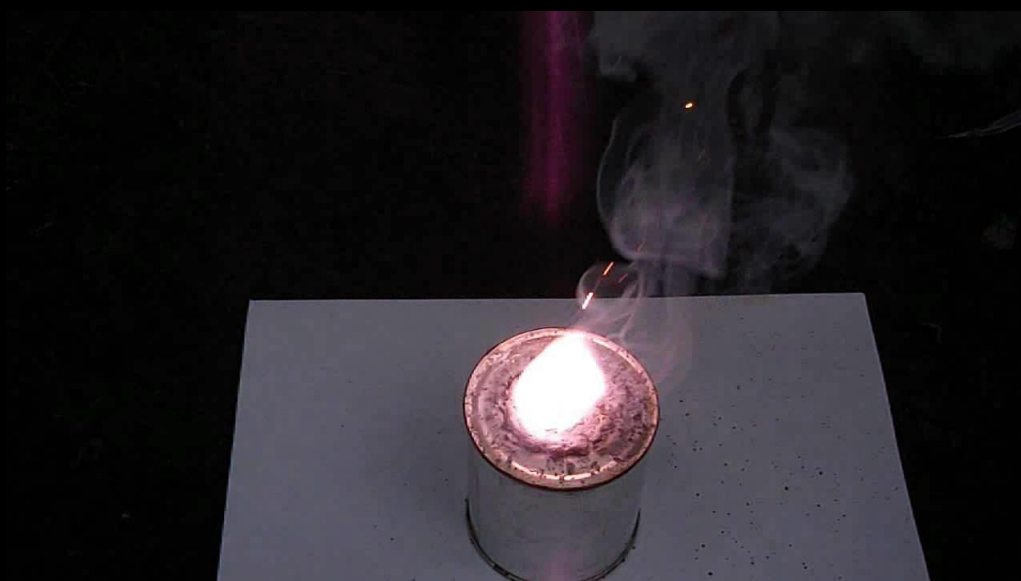
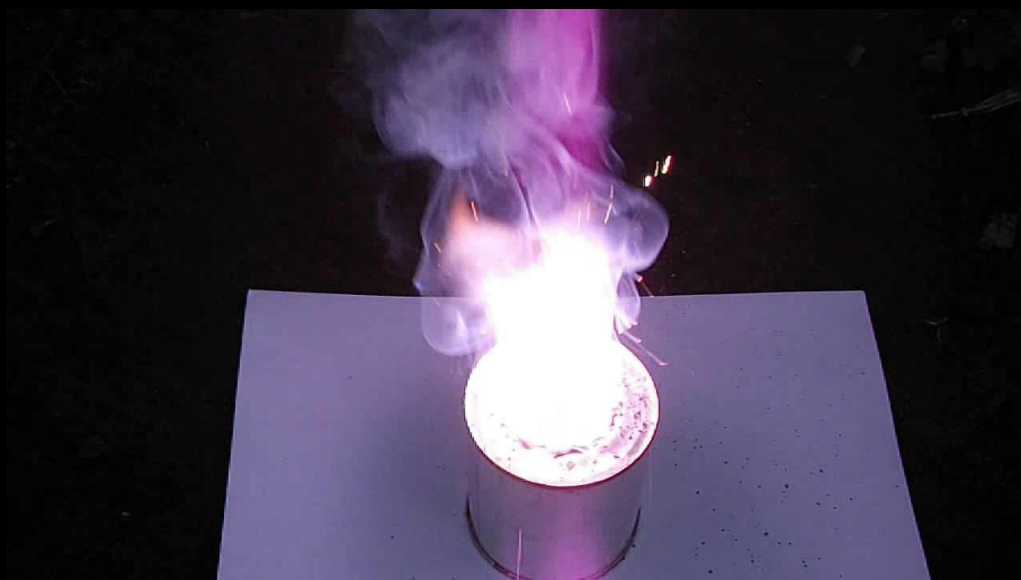
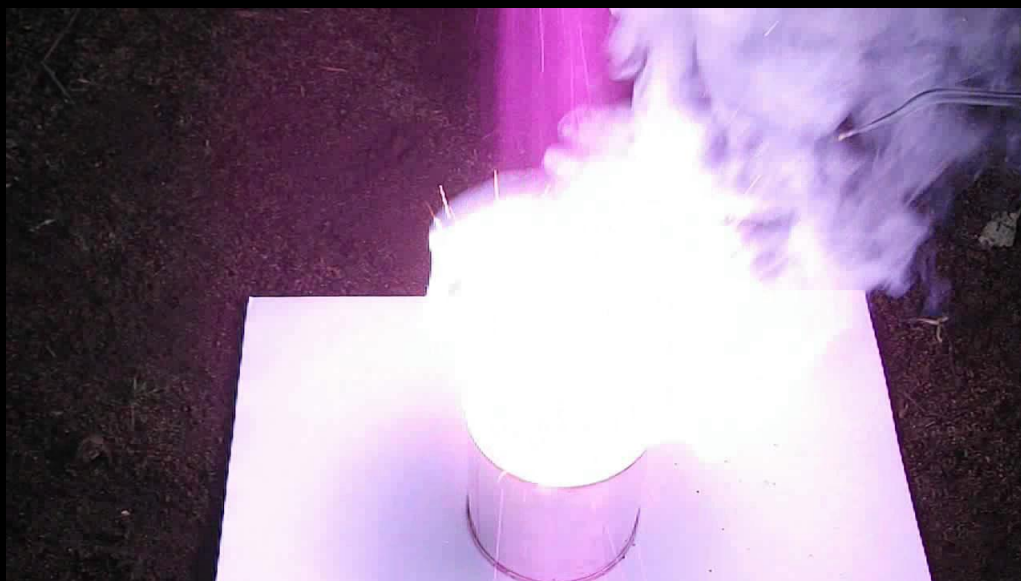
Смесь Кибальчича с алюминием



Смесь Кибальчича с алюминием









Протуберанец

Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.1

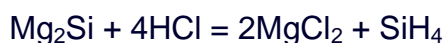
В.Н. Витер

Целью эксперимента является наблюдение самовоспламенения силана. Опыт состоит из двух частей.

1. Получение силицида магния реакцией порошков магния и диоксида кремния.



2. Реакция силицида магния с разбавленной соляной кислотой. Силицид магния разлагается разбавленной соляной кислотой, в результате образуется силан, который самовоспламеняется на воздухе.



Получение силицида магния

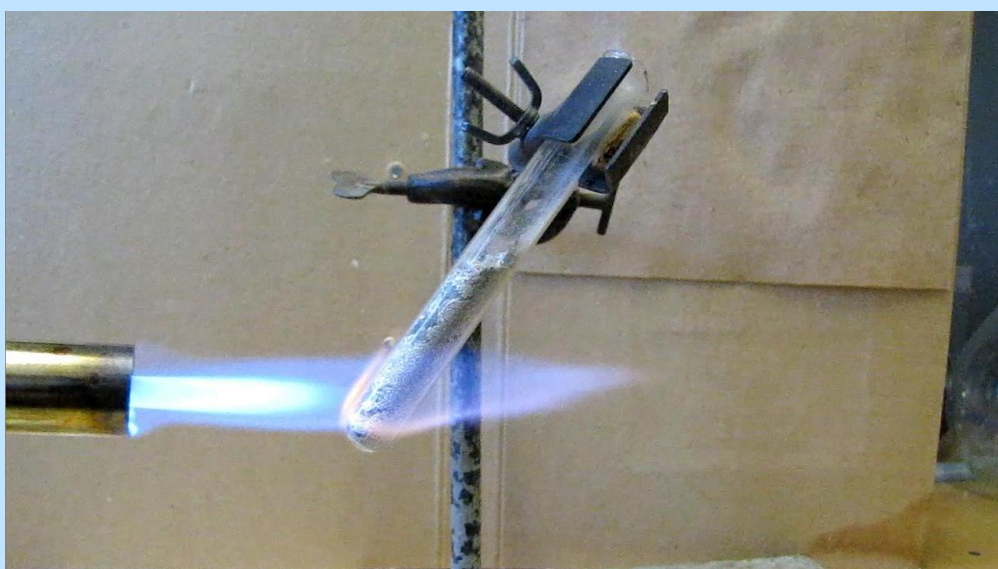
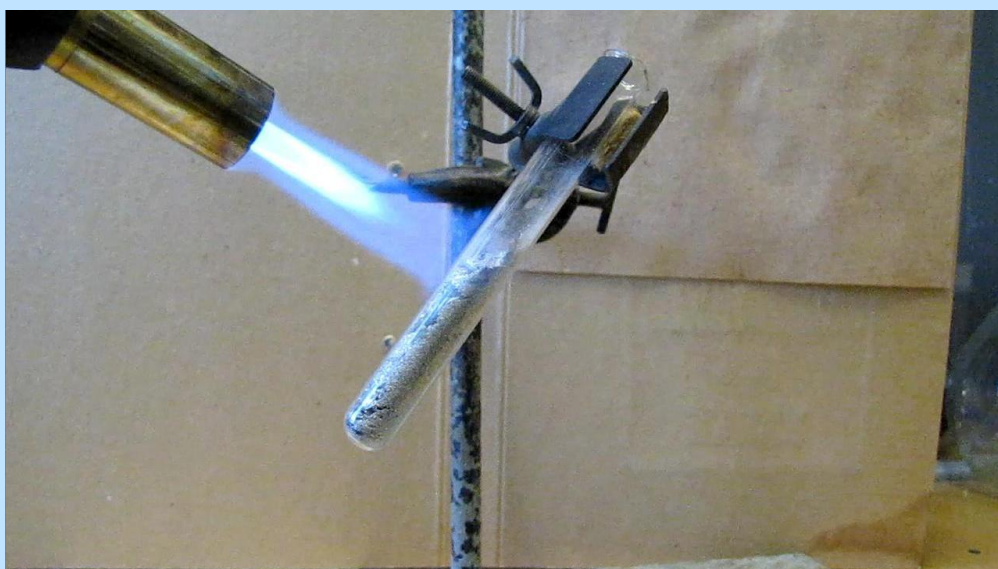
В соответствии с уравнением реакции на 1 моль диоксида кремния SiO_2 необходимо четыре моля магния Mg. Мы взяли 3.71 г порошка магния и смешали с 2.29 г кварцевого песка, предварительно растертого в ступке. Смесь поместили в пробирку и нагрели ее в сильном пламени газовой горелки. Когда смесь раскалилась докрасна, началась самопроизвольная экзотермическая реакция: содержимое пробирки еще больше раскалилось и стало сначала желтым, потом почти белым. Через несколько секунд реакция завершилась, пробирка начала остывать. После охлаждения пробирку разбили и извлекли из нее черное содержимое - силицид магния.

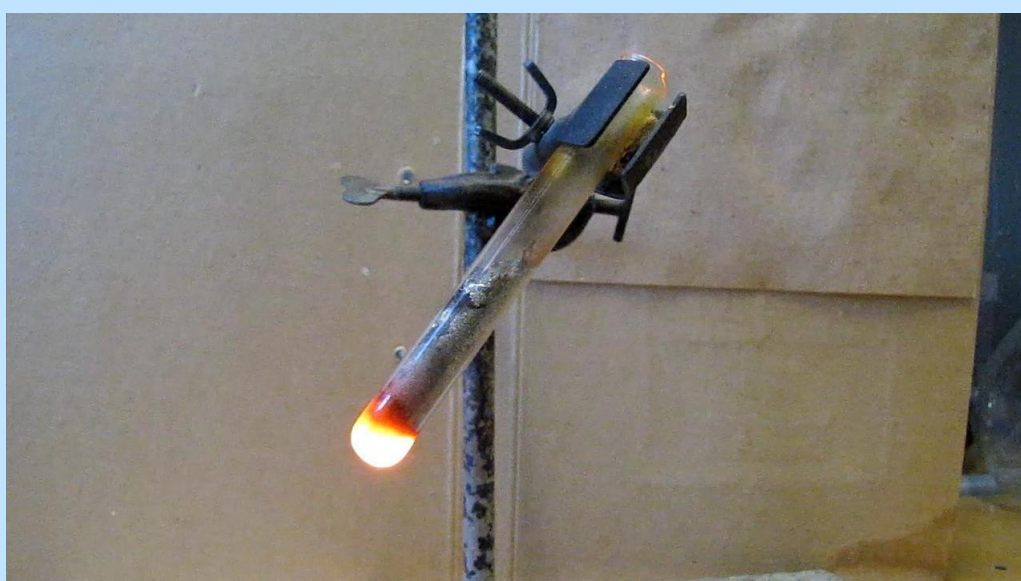
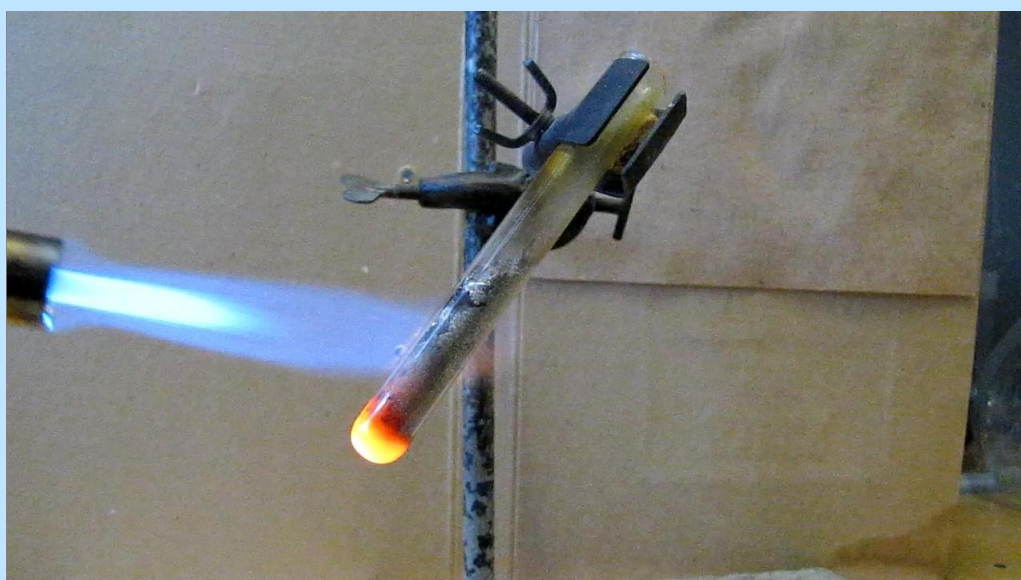
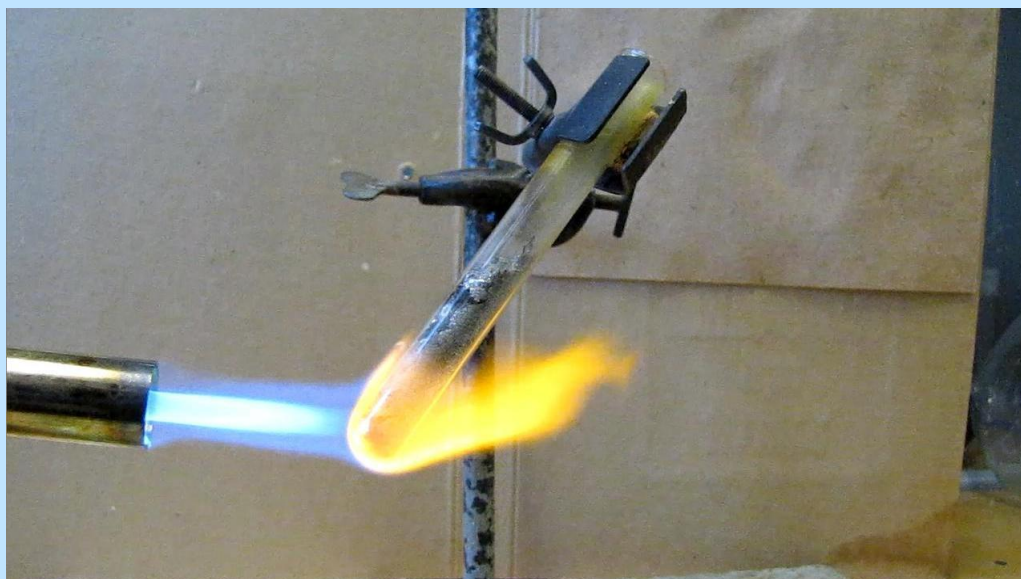
К сожалению, в исходной смеси среди магниевых порошков попадались и крупные частицы, смесь была насыпана неплотно. В результате с первого раза загорелся не весь объем: смесь пришлось поджигать в несколько попыток.

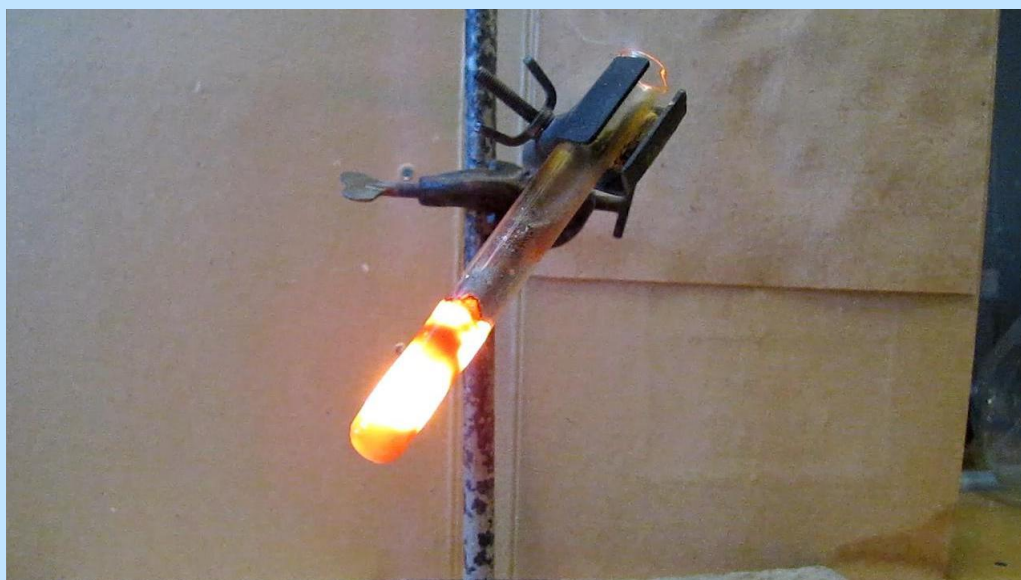
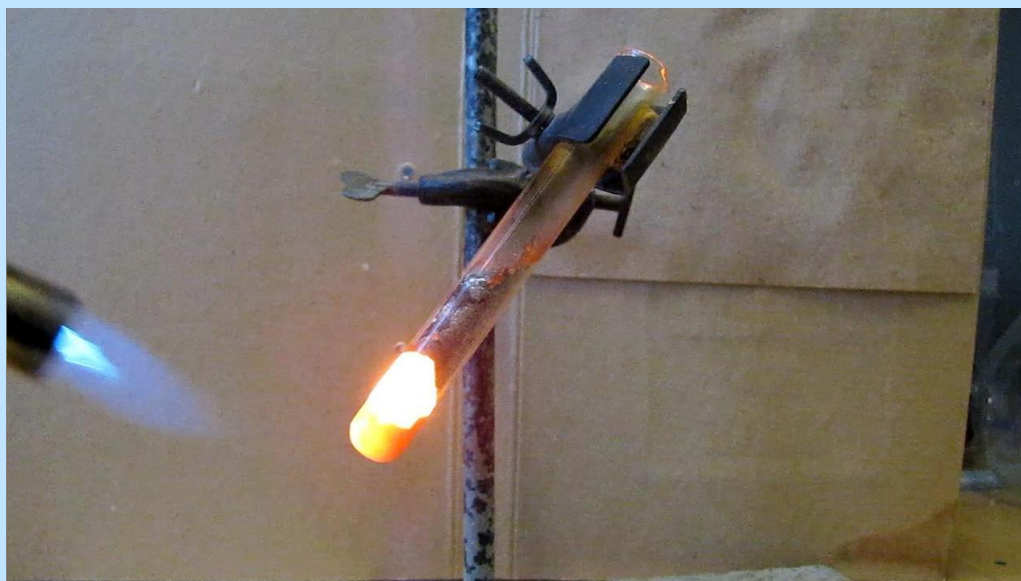
[Смотреть Видео \(68 Мб, .avi \)](#)

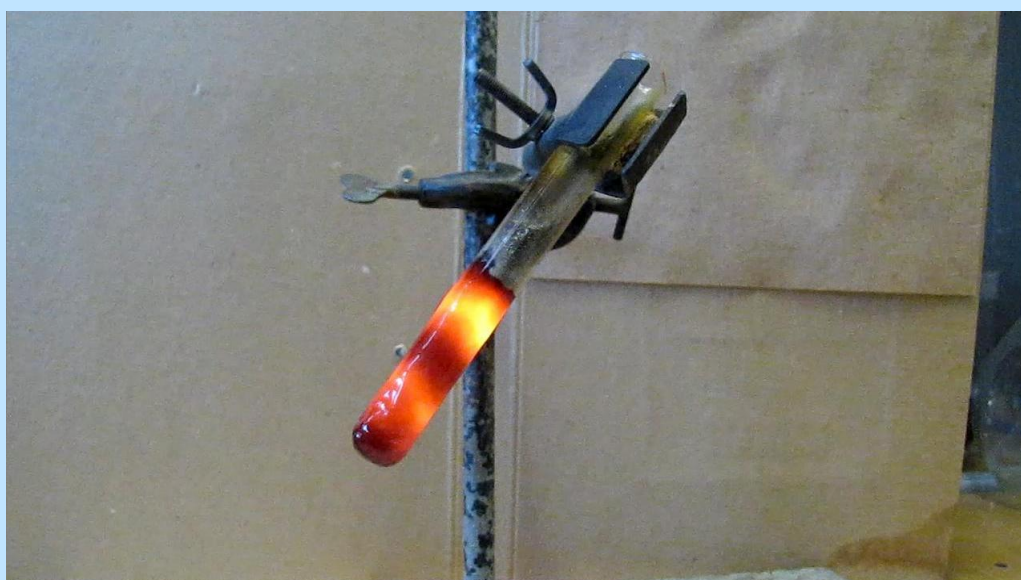


Реакция магния и диоксида кремния (получение силицида магния)

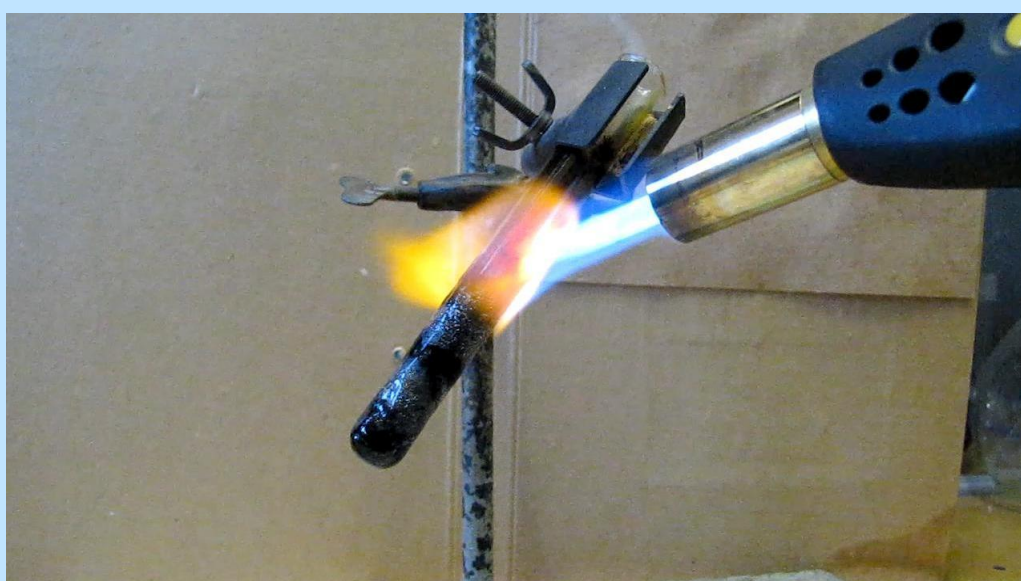
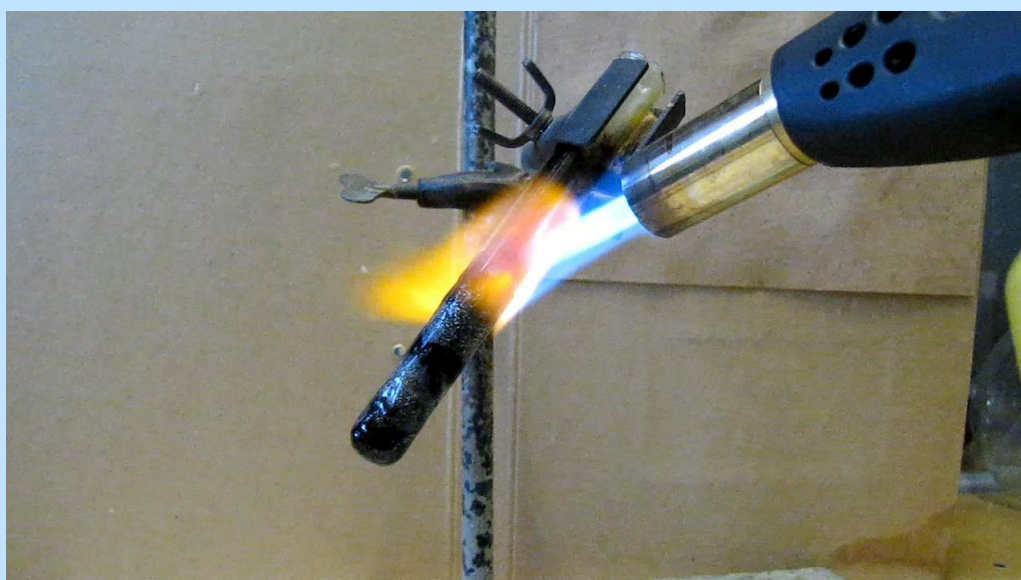


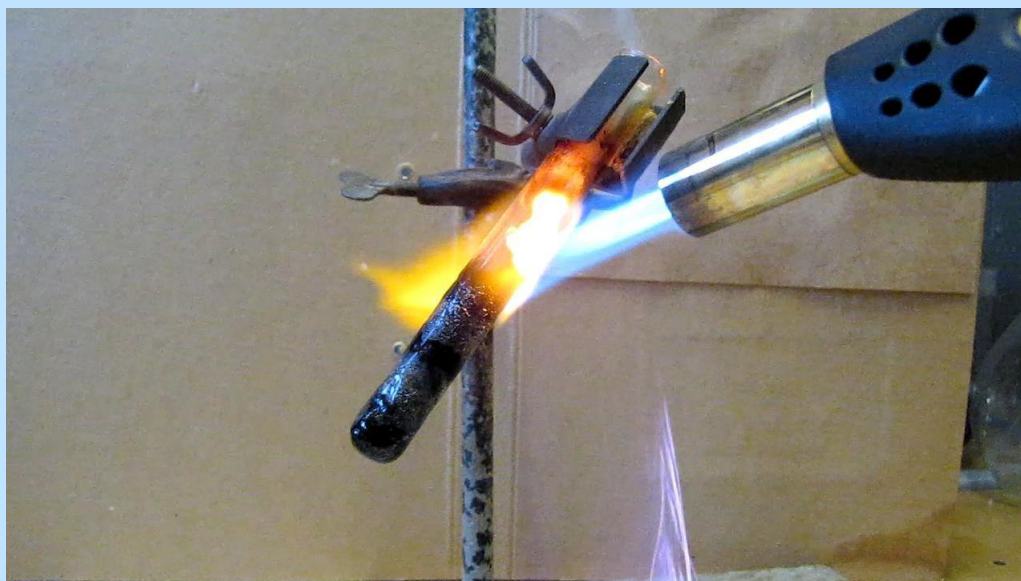


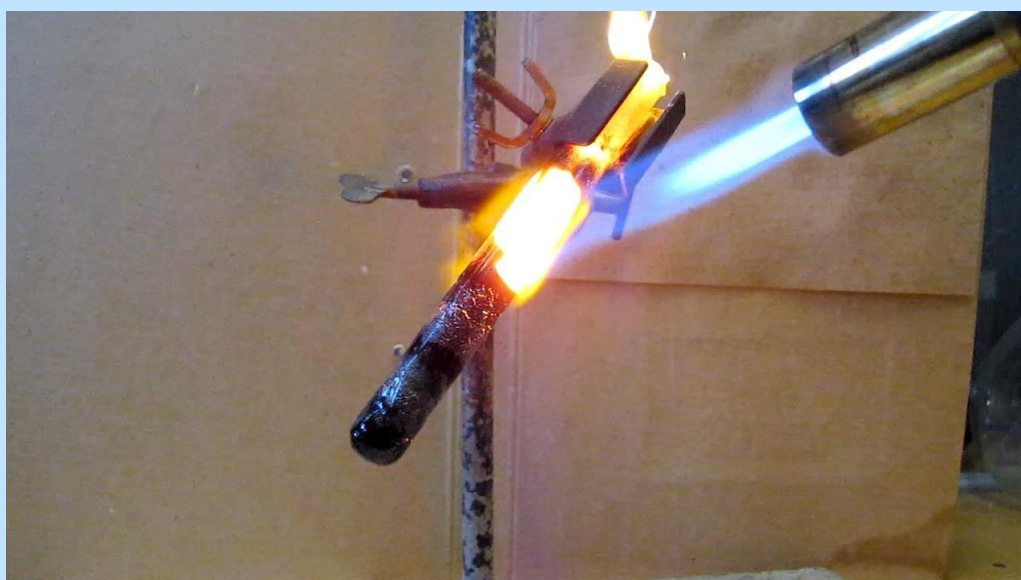
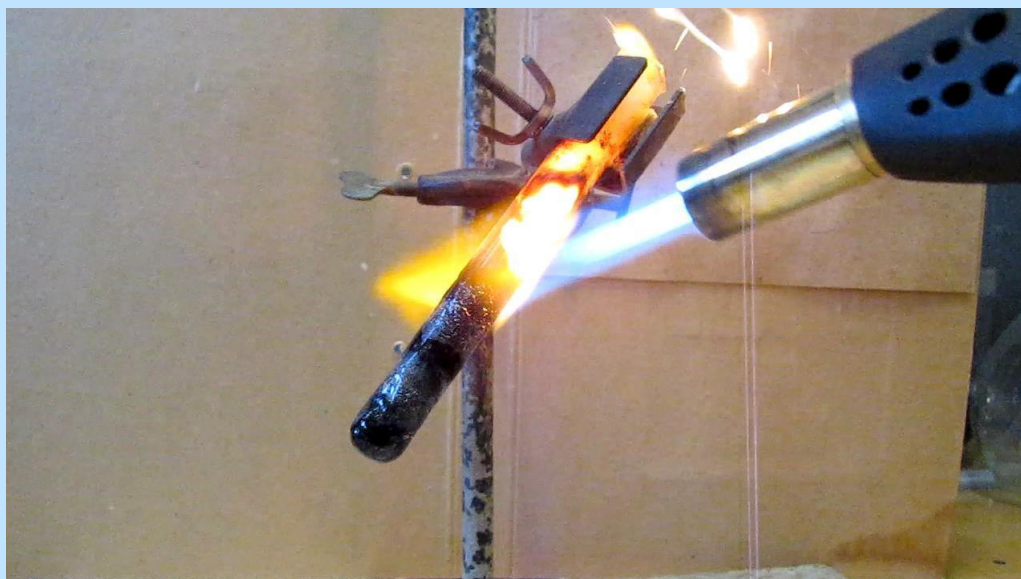


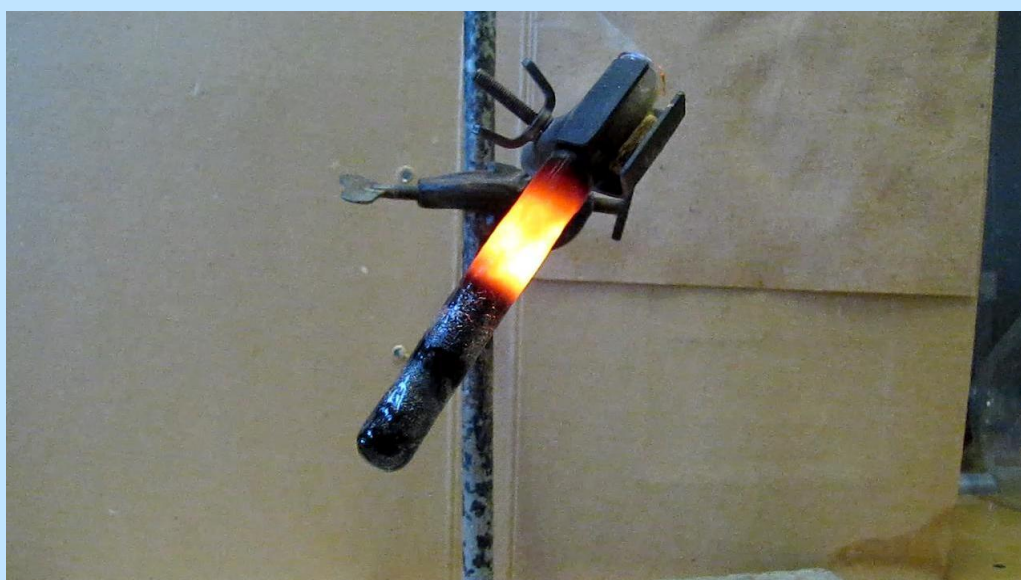
















Полученный силицид магния

Аналогичный эксперимент мы проводили и несколько лет назад. В тот раз у нас была горелка Теклю. Она давала нежаркое пламя, которого не хватало, чтобы поджечь смесь. Пришлось вдуть в пламя воздух с помощью пипетки. Так мы получили горячее пламя. В результате один из участков пробирки расплавился, образовался стеклянный пузырь, который лопнул. Произошла яркая вспышка и примерно в этот момент загорелась смесь.

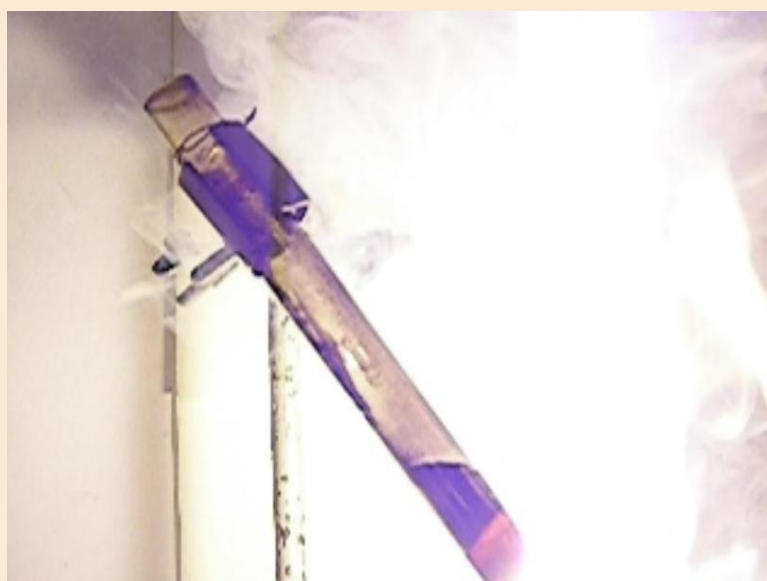
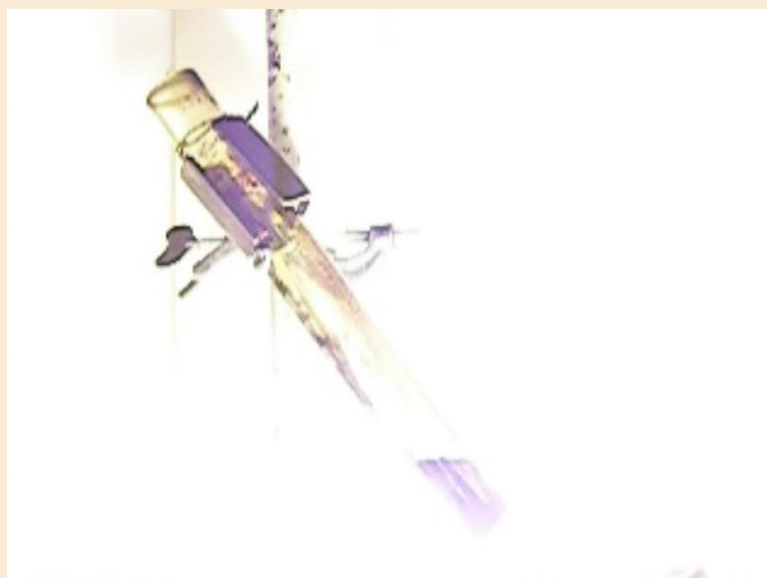
Вспышка произошла где-то в 15 сантиметрах от лица, благо была защитная маска. Зато смесь прореагировала практически по всему объему: в тот раз магний был измельчен как следует.

[Смотреть Видео \(8 Мб, .avi\)](#)

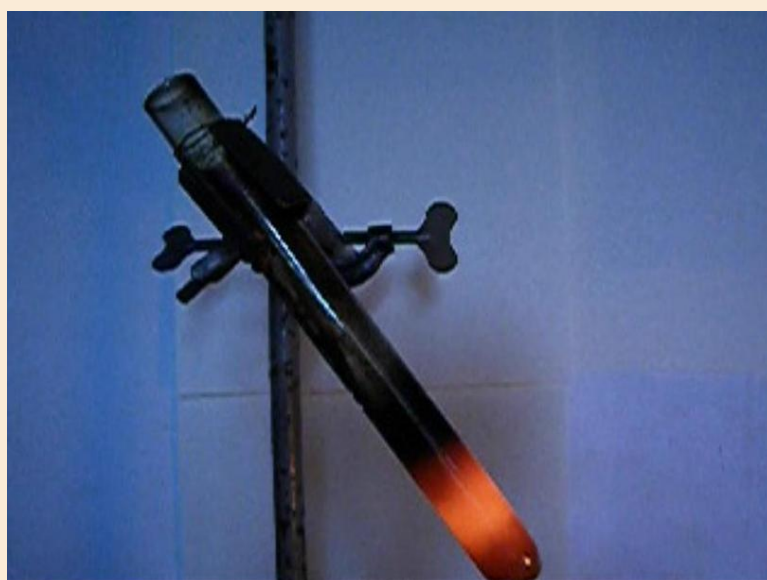


Реакция магния и диоксида кремния (получение силицида магния)











В заключение приведем описание получения силицида магния из практикума **Рипан Р. Четьяну И. Руководство к практическим работам по неорганической химии (неметаллы) [1965]** [ссылка](#).

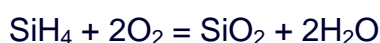
Тщательно смешивают 5 г сухого белого кизельгура (предварительно прокаленного при помощи паяльной горелки и охлажденного в эксикаторе) с 8 г порошка магния. Смесь помещают в железный тигель и сильно нагревают под тягой до начала реакции. После охлаждения тигля из него извлекают синеватую кристаллическую массу; ее хранят в эксикаторе или плотно закупоренной склянке, тщательно оберегая от сырости. Вообще рекомендуется получать силицид магния незадолго до получения кремневодорода.

Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.2

В.Н. Витер

Образование и самовоспламенение силана

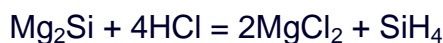
В чашку Петри налили разбавленную соляную кислоту (1 мл конц. HCl в 15 мл воды). Чашку установили на черном фоне и высыпали в нее полученный в предыдущем опыте силицид магния. Началось активное выделение газа. Некоторые пузырьки газа вспыхивали, при этом раздавался хлопок и образовывался белый дым диоксида кремния.



Запах газа, который выделялся, несколько напоминал запах ацетилена, полученного из технического карбида кальция. Опыт выглядит красивее в частично затемненном помещении.

К сожалению, вспышки силана происходили не так часто, как хотелось бы. Дело в том, что силан - активное и неустойчивое соединение. В частности, он способен реагировать с соляной кислотой и водой, поэтому значительная часть силана разлагается в момент образования. Кроме силана (моносилана) SiH_4 образуются и другие кремнистые водороды, содержащие несколько атомов кремния в молекуле (аналогично углеводородам).

Уравнение



описывает лишь один из происходящих процессов.

Отметим также, что при попытке провести разложение силицида магния в высоком стакане опыт окончился неудачей: газ выделялся, но вспышек не было. Видимо, следует использовать сосуды с низкими стенками вроде чашки Петри или кристаллизатора.

[Смотреть Видео \(47 Мб, .avi \)](#)



Образование и самовоспламенение силана

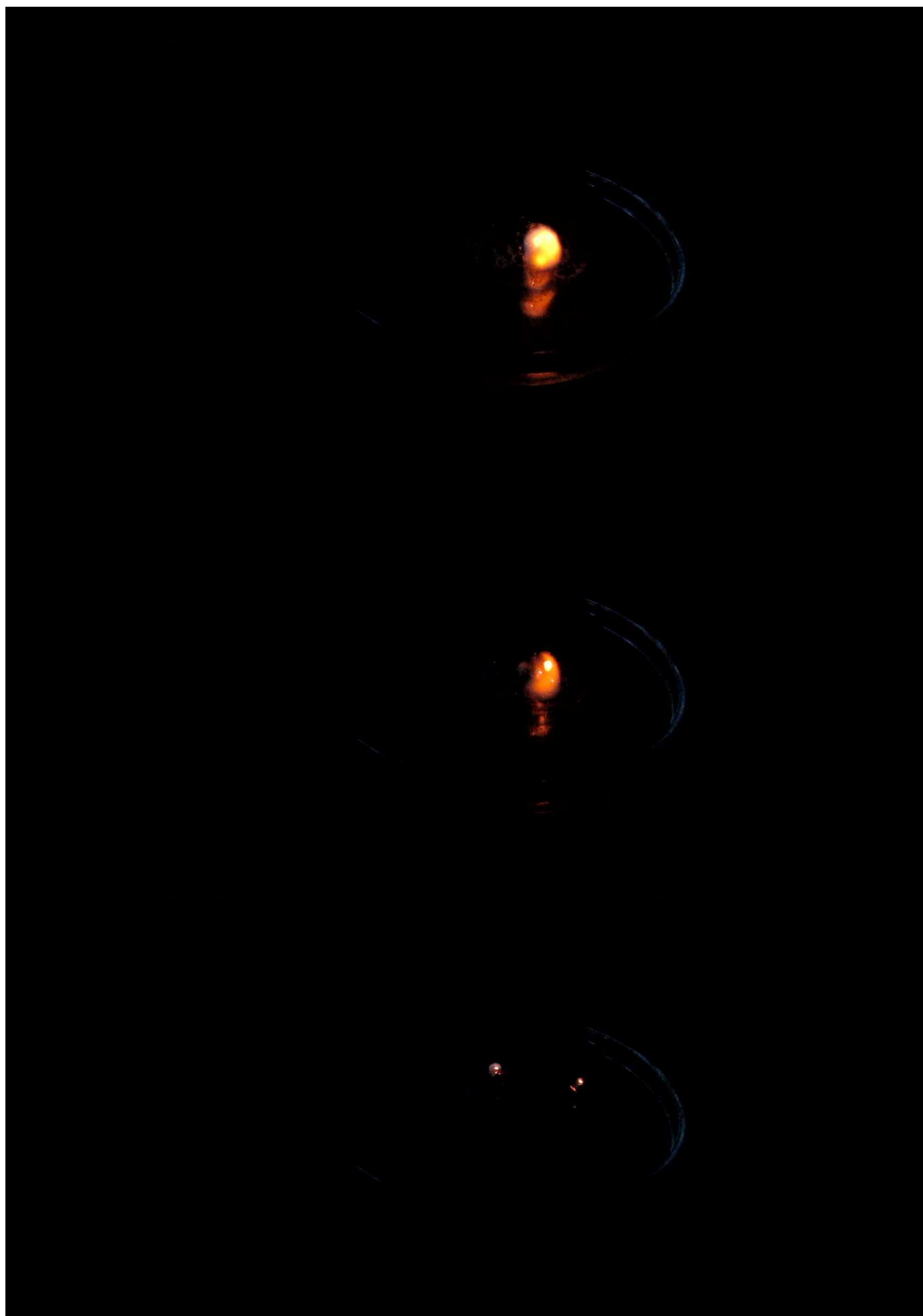




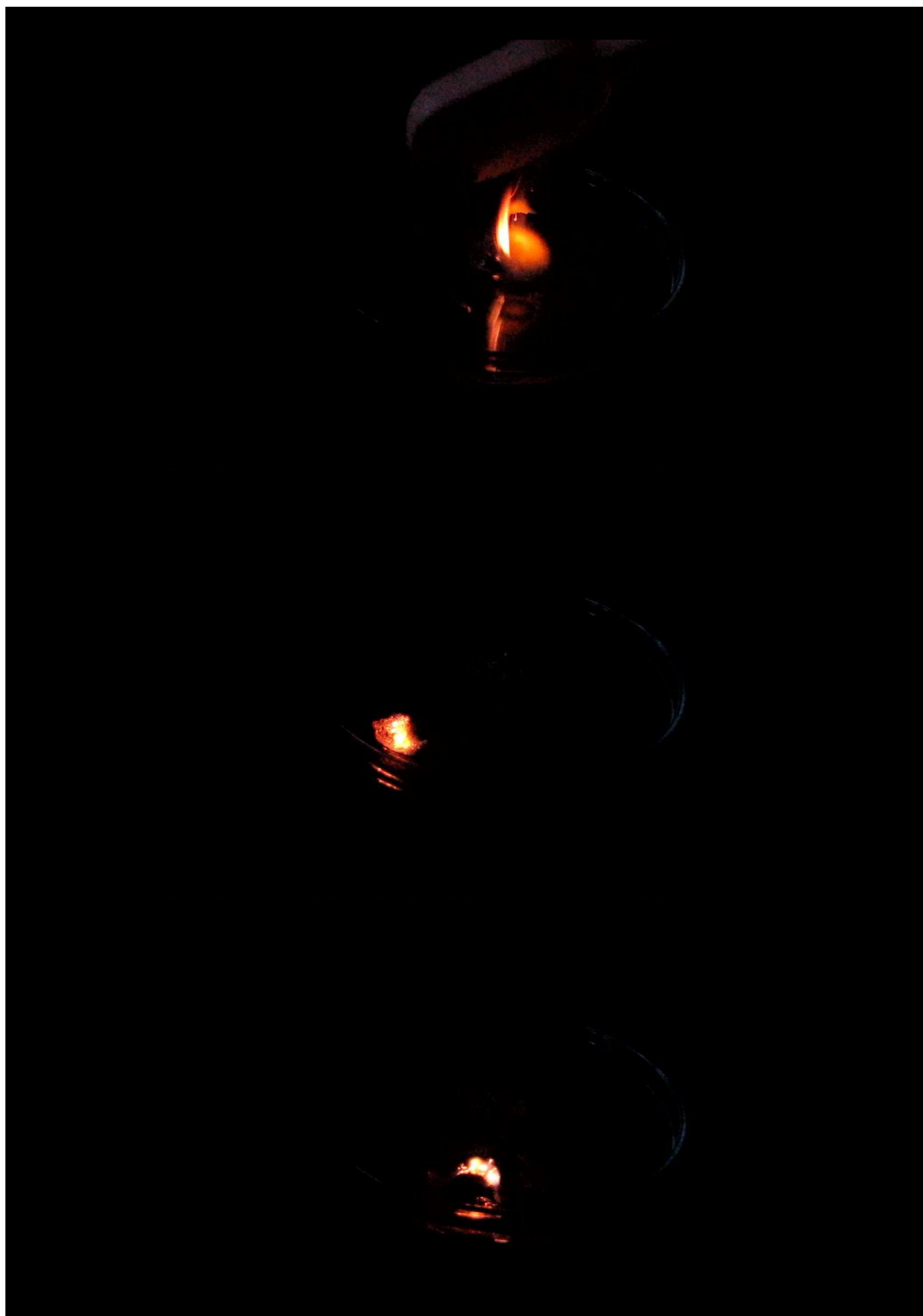




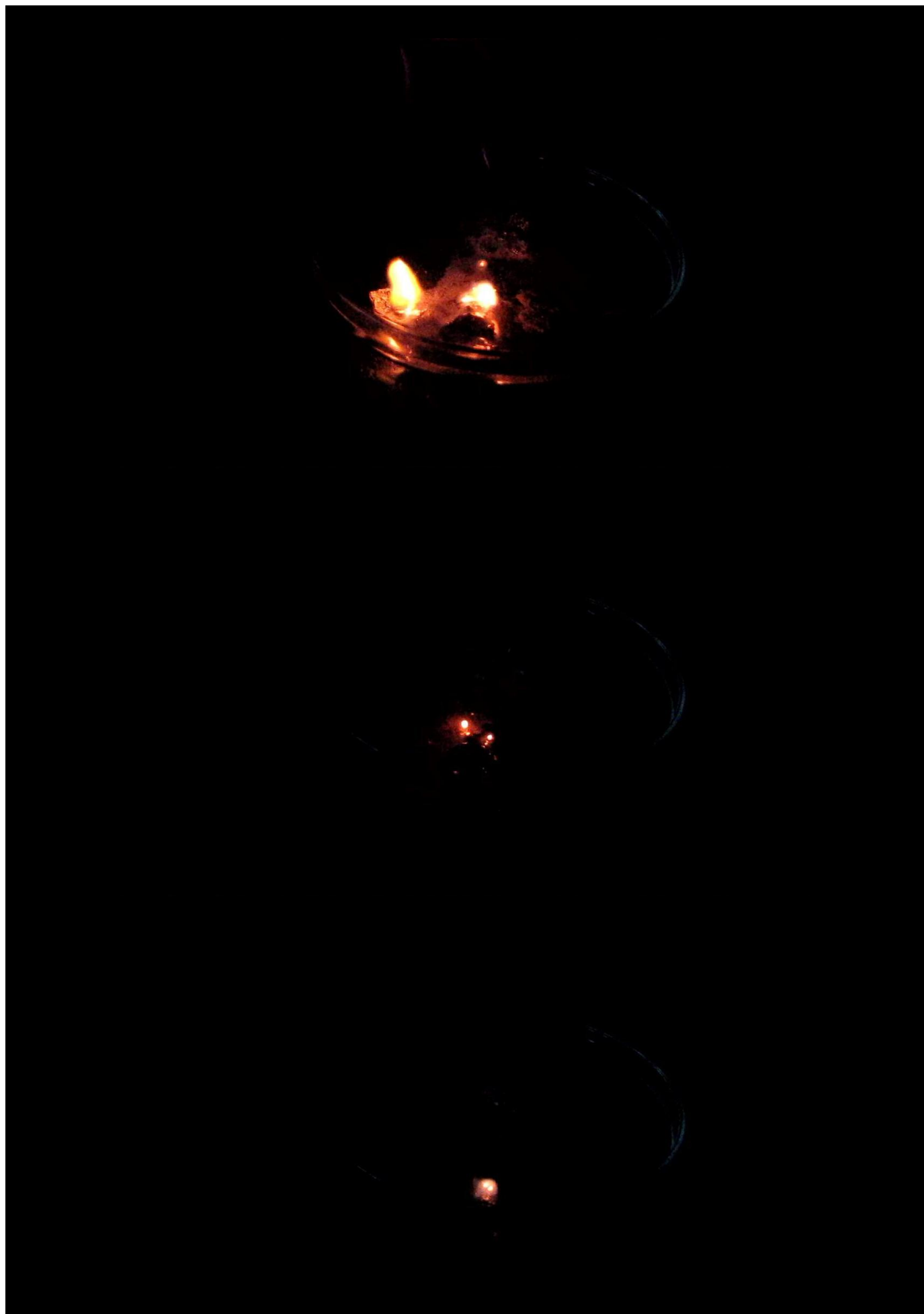


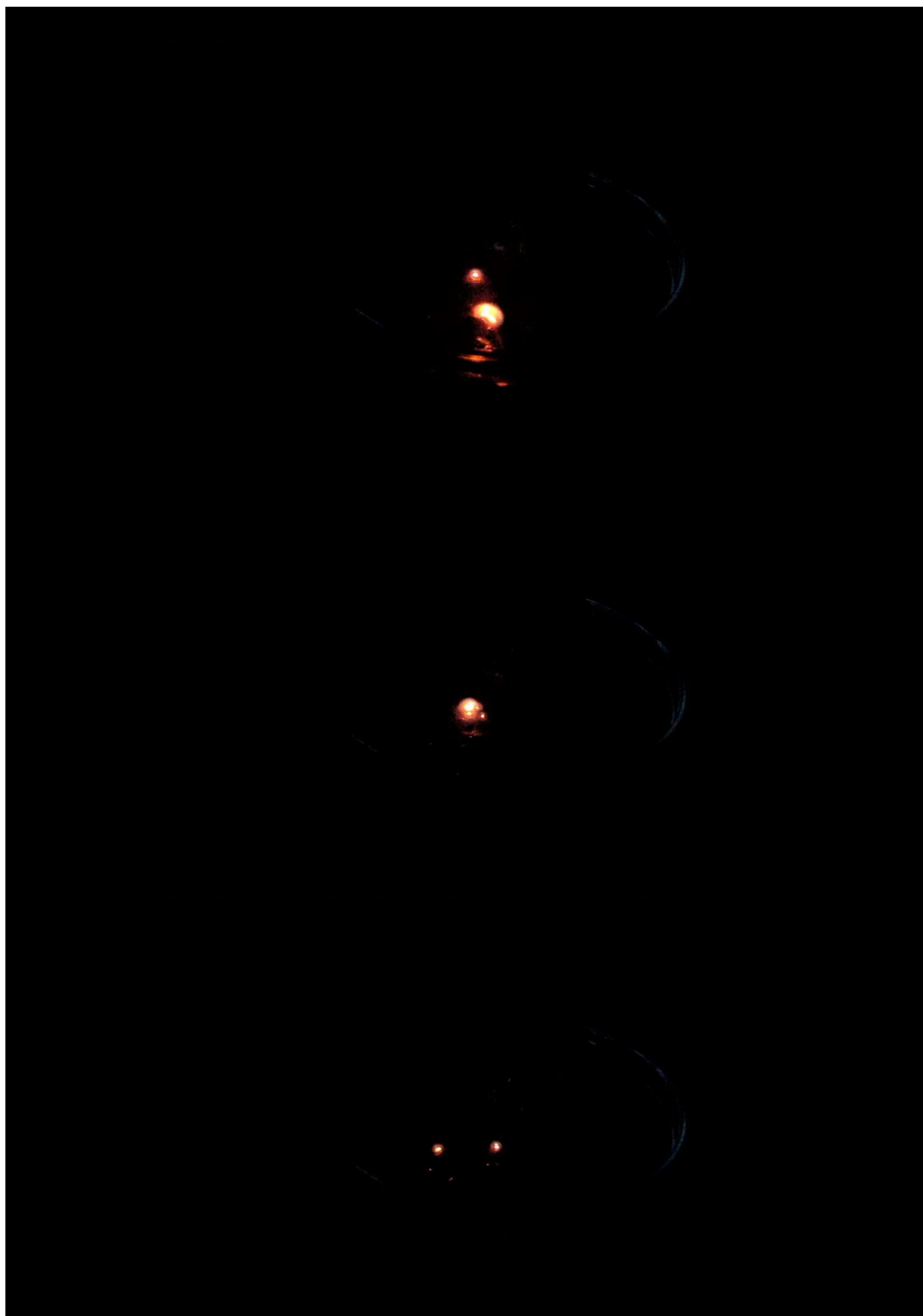


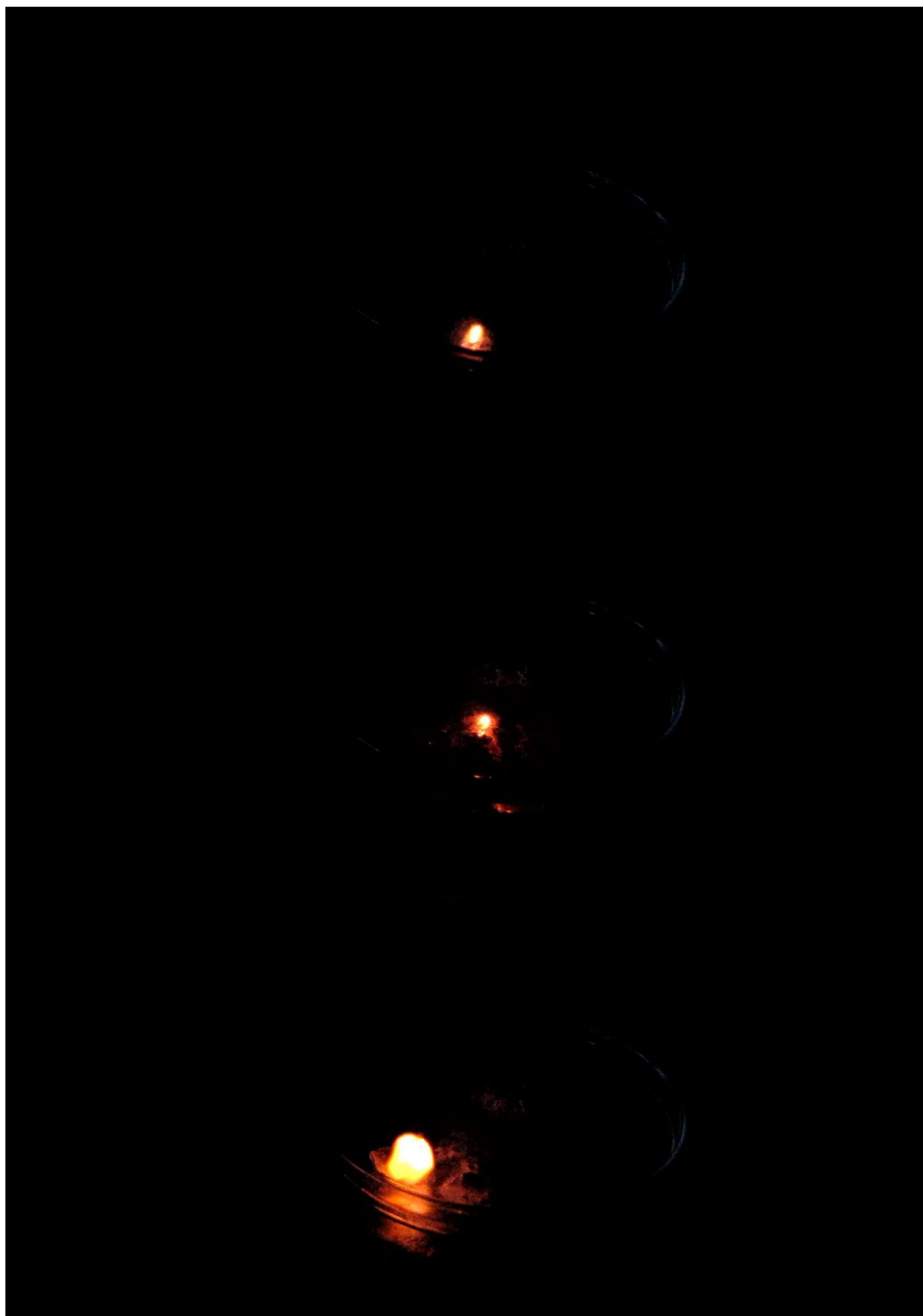


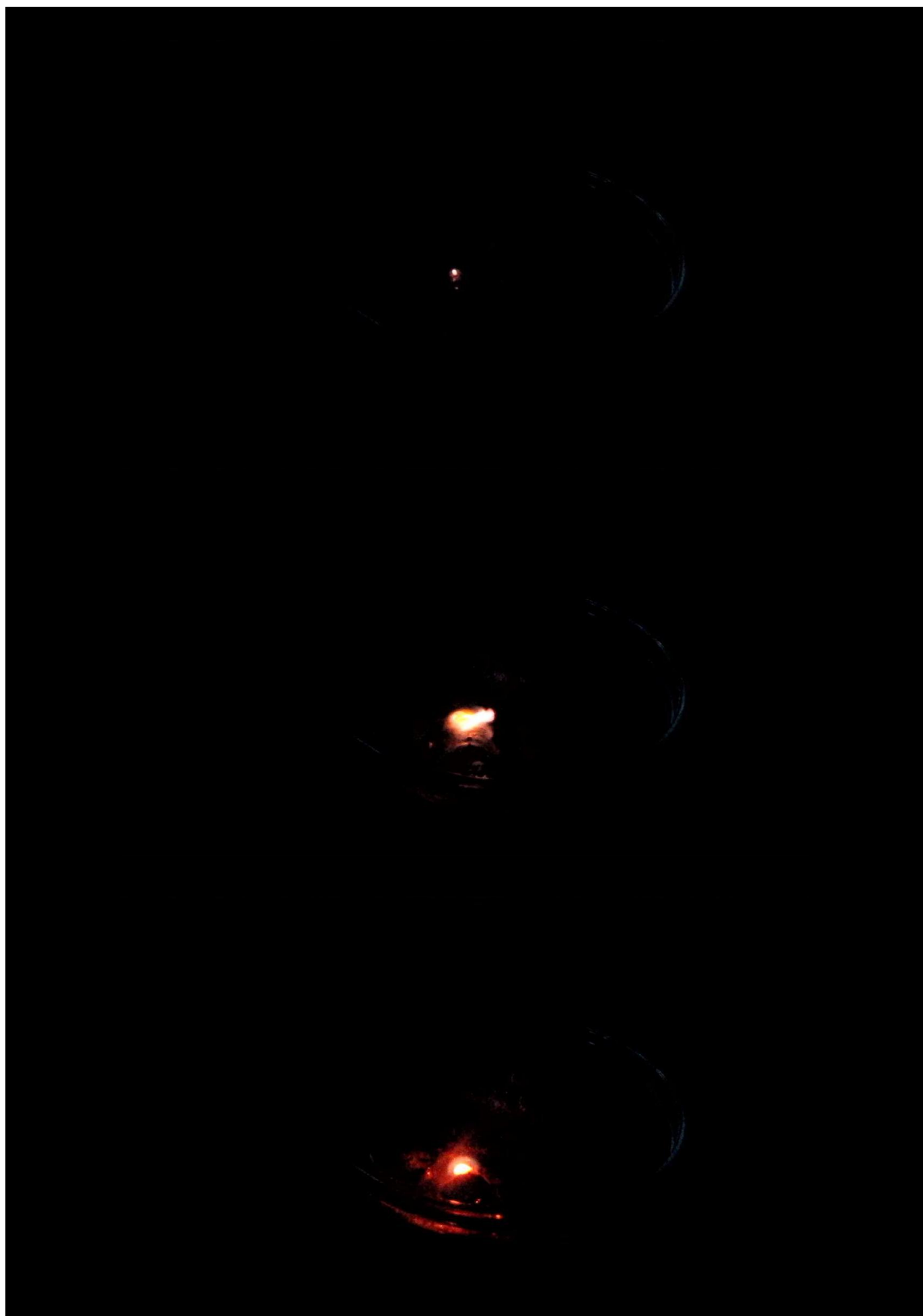


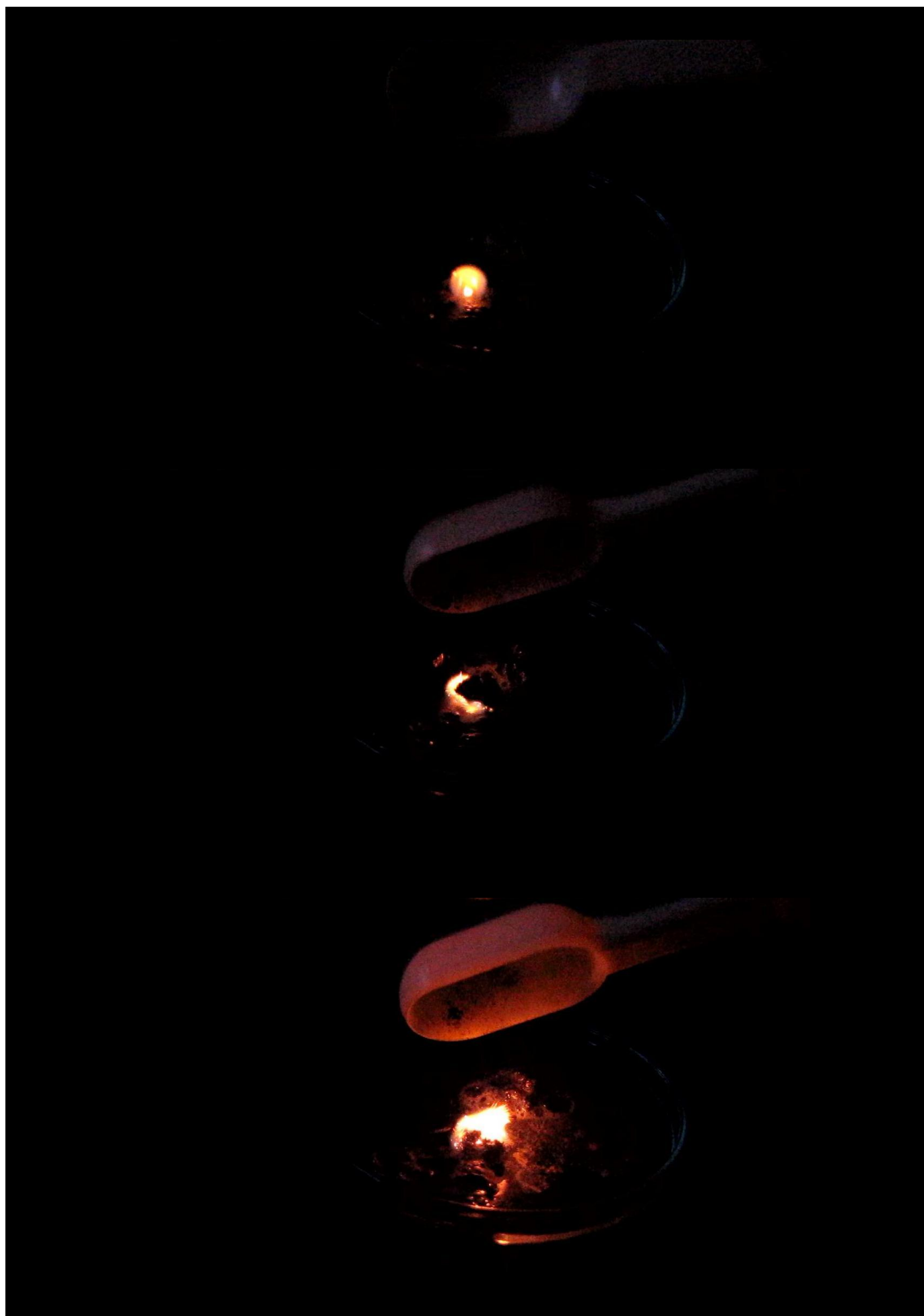




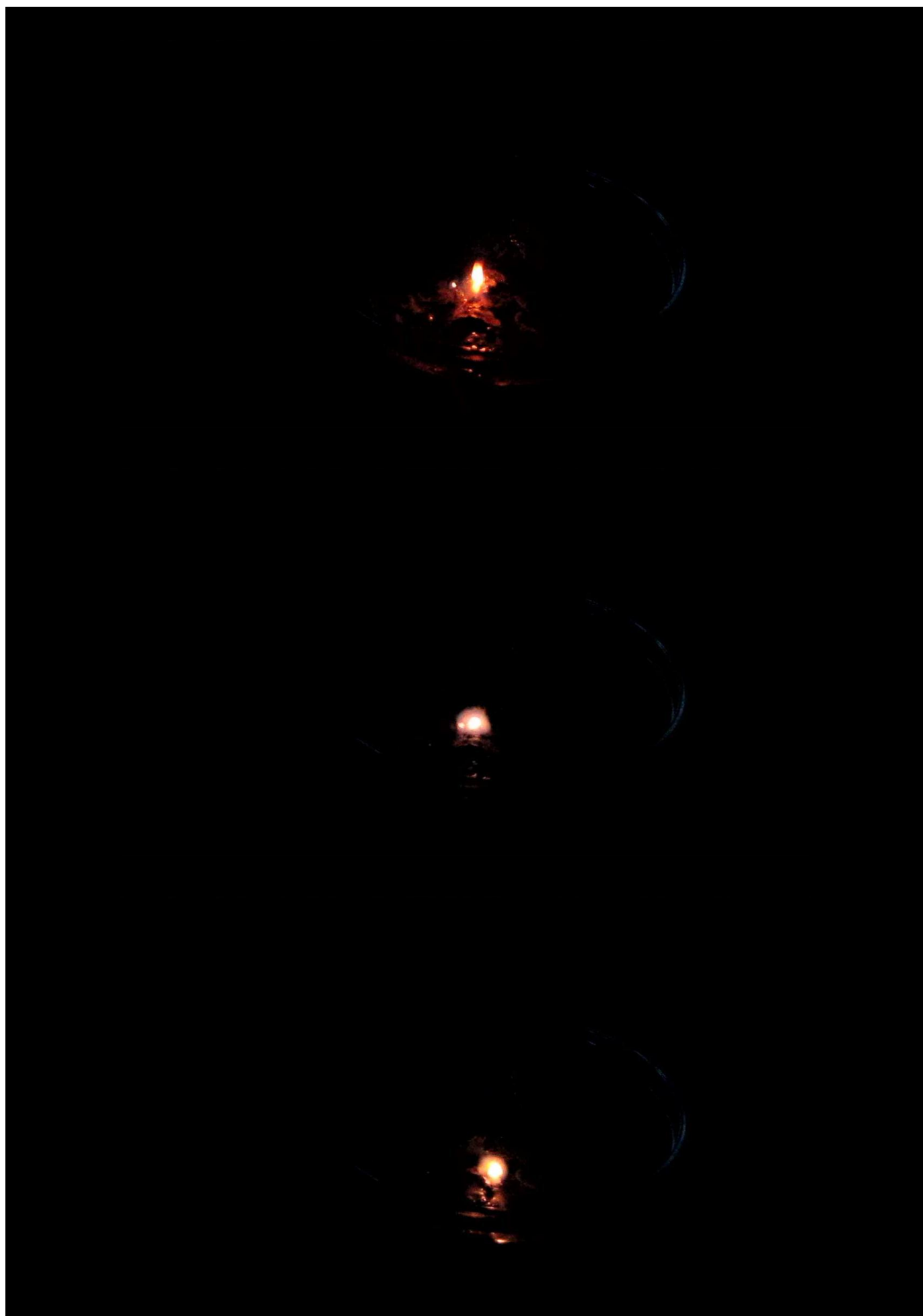




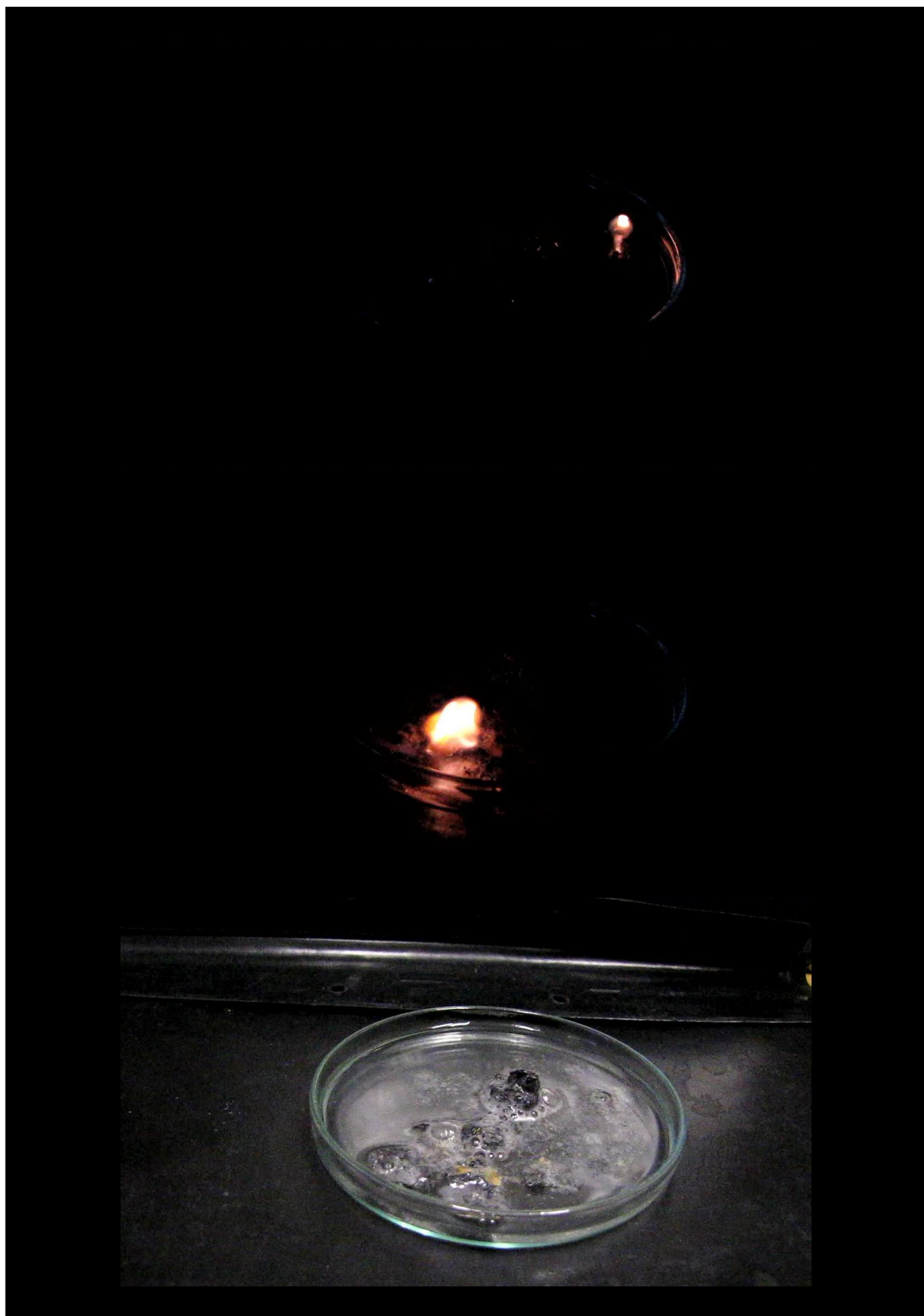


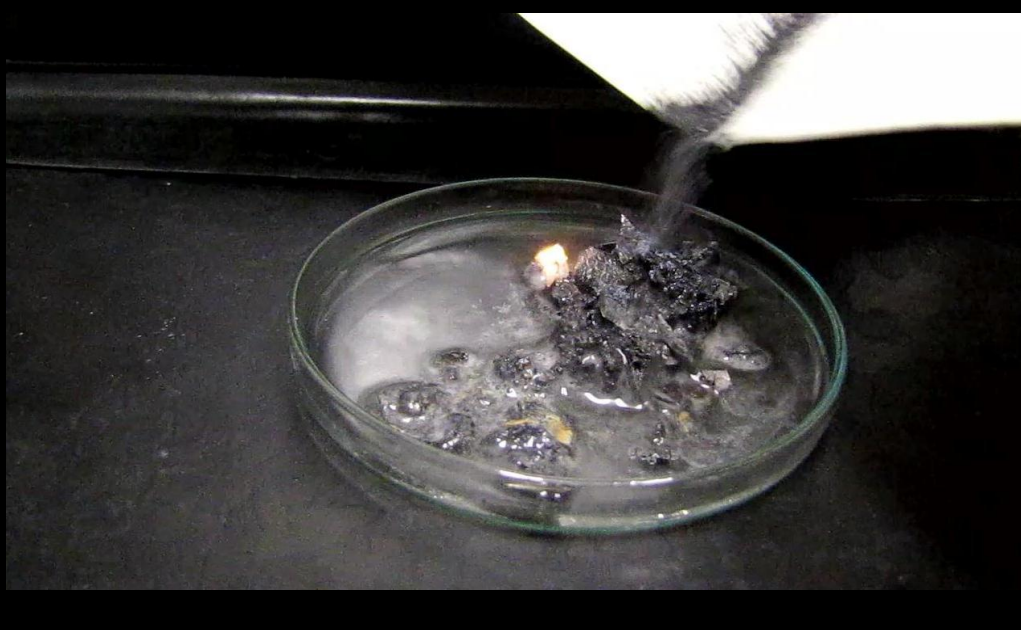
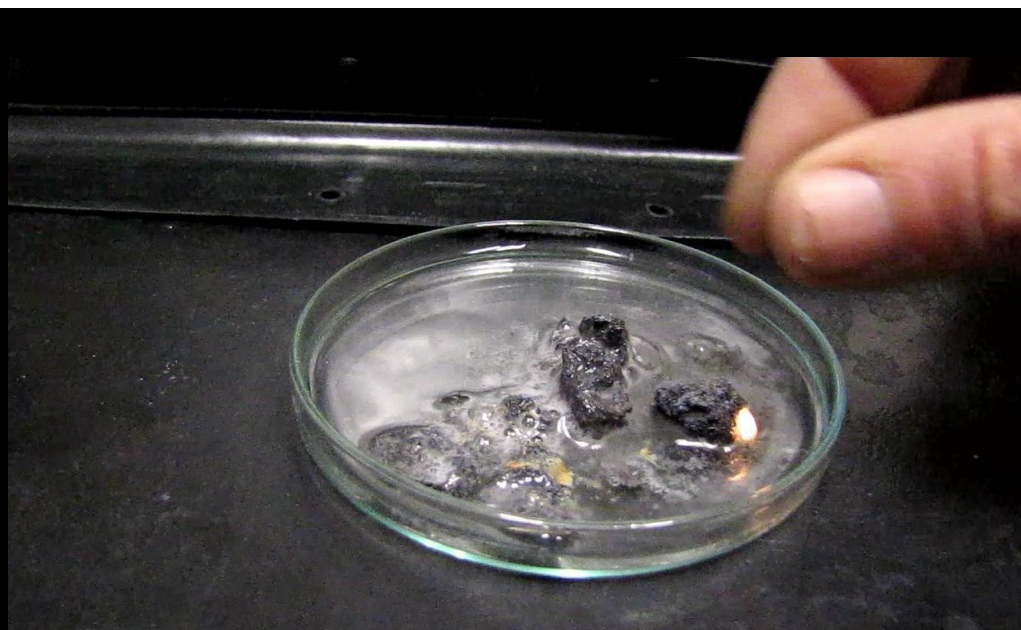


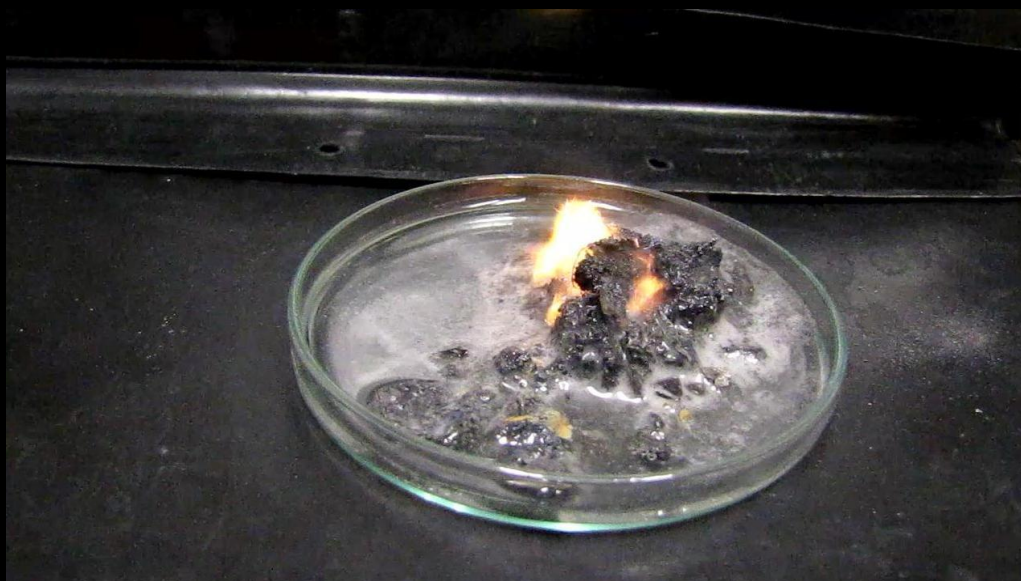
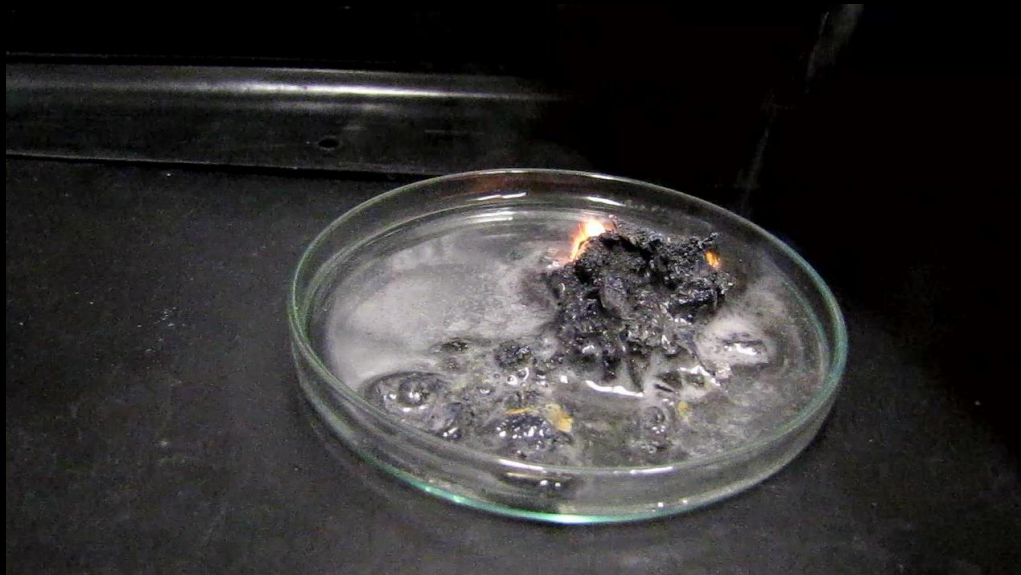
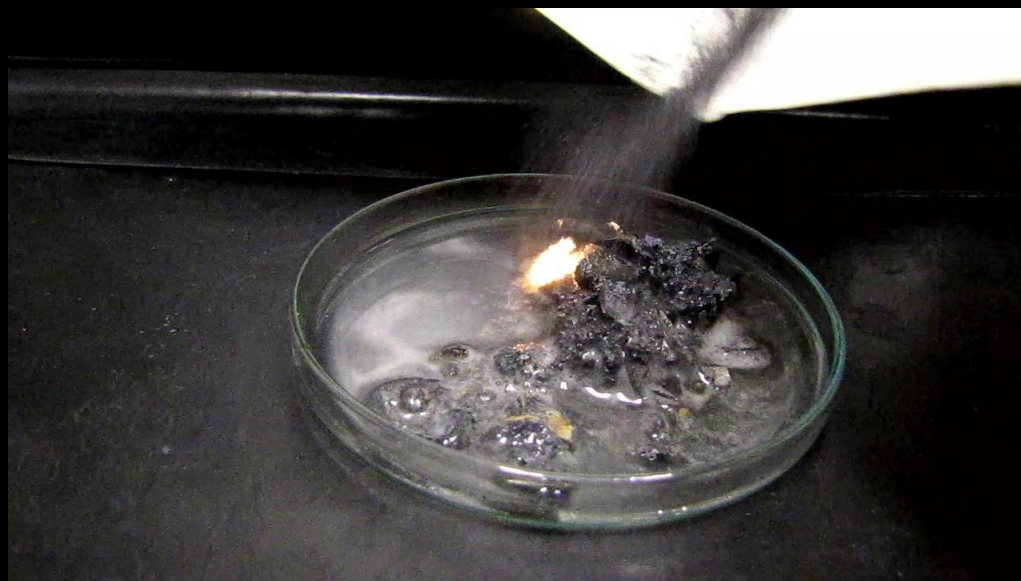


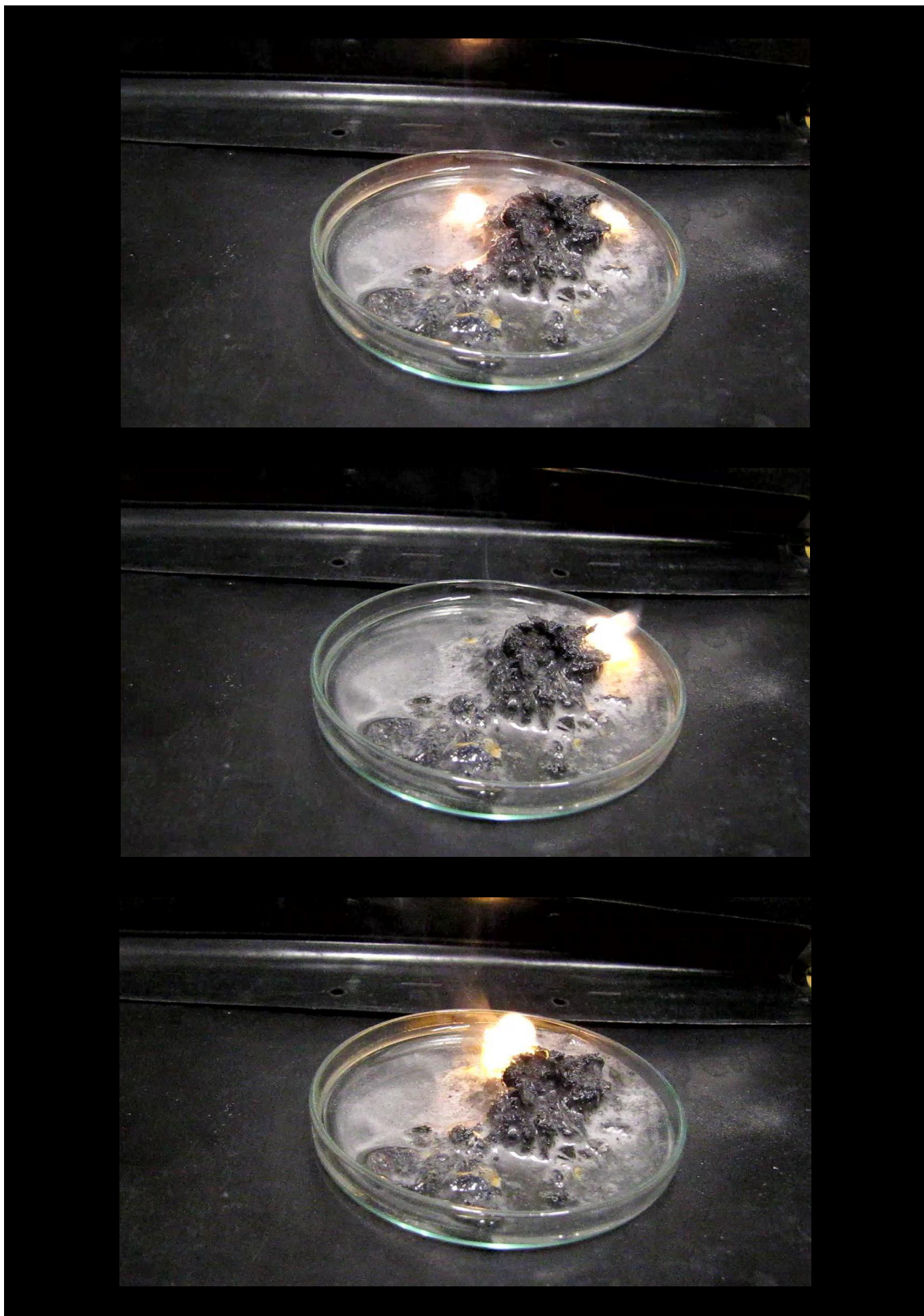


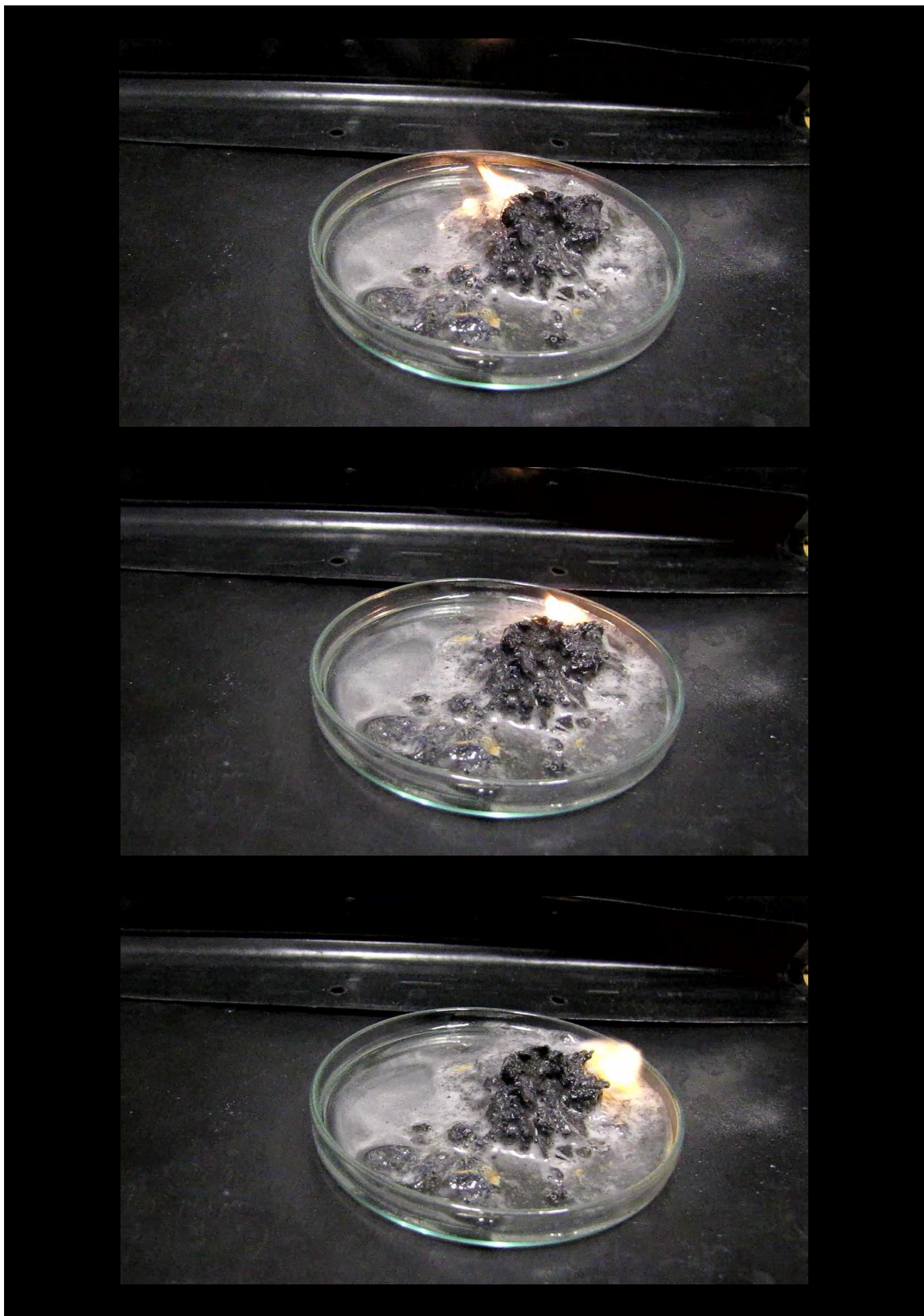


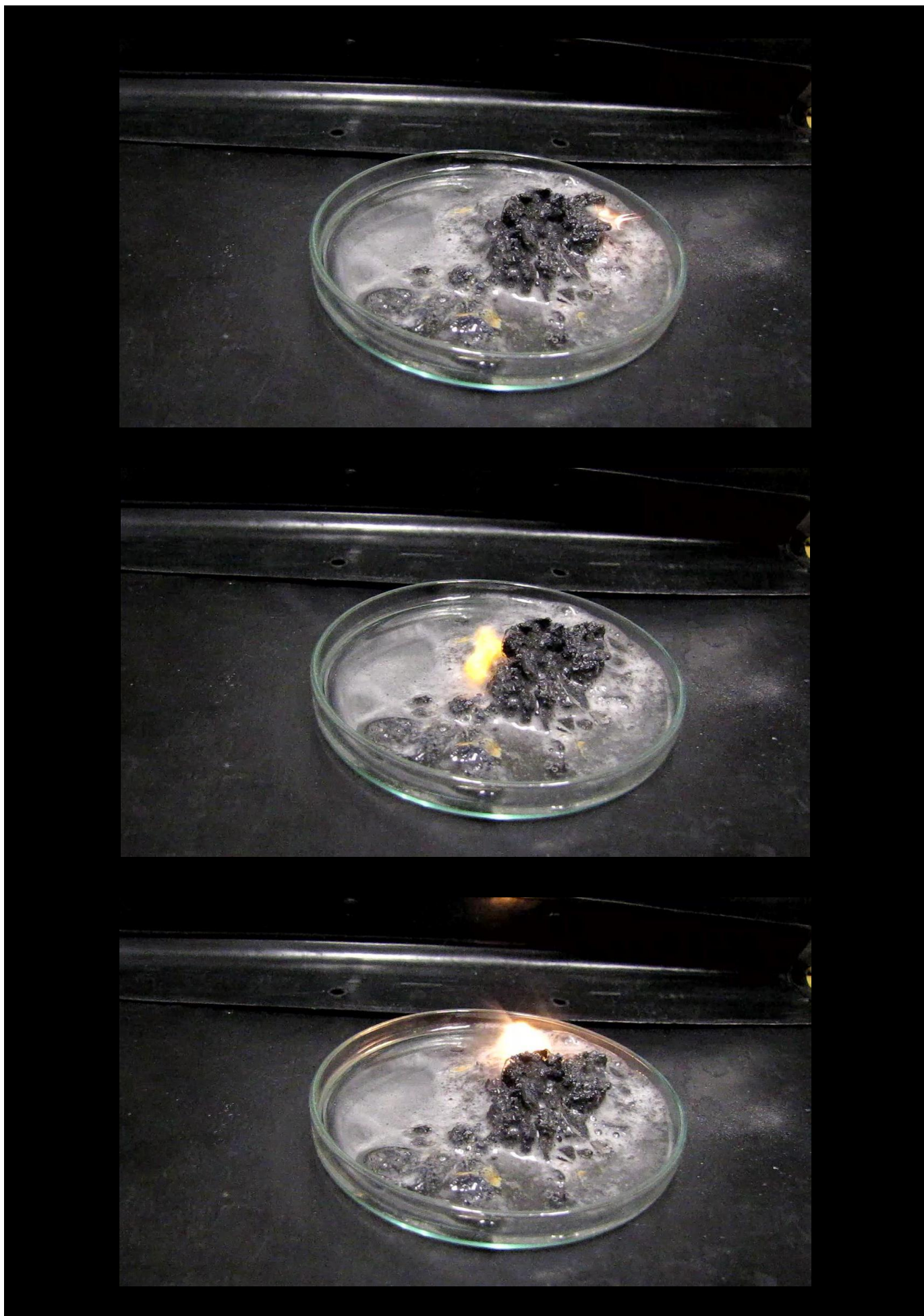






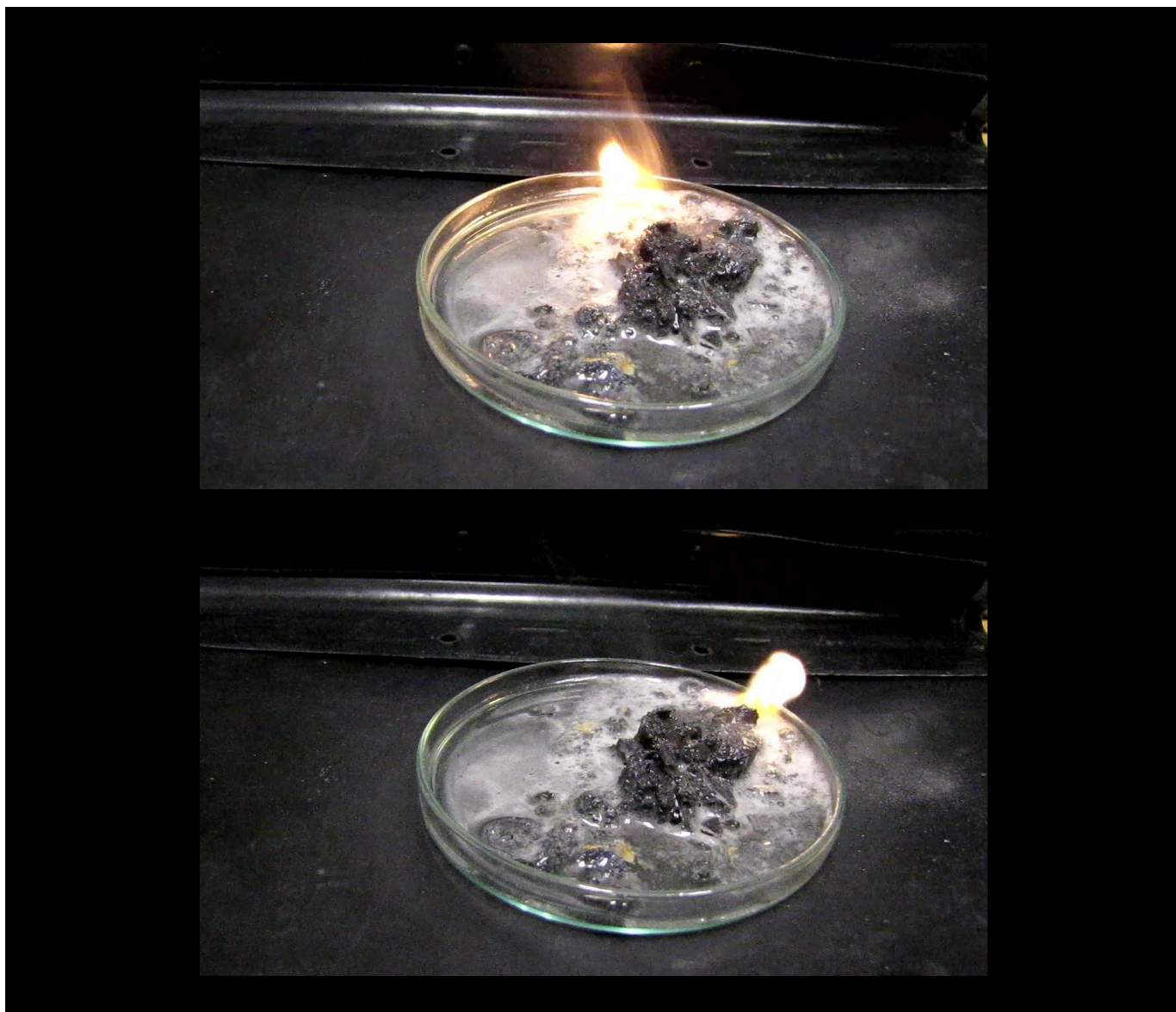






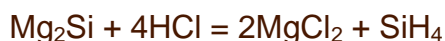






В практикуме **Рипан Р. Четяну И. Руководство к практическим работам по неорганической химии (неметаллы) [1965]** [ссылка](#) приведен более сложный вариант эксперимента.

Получение кремнистого водорода действием разбавленной HCl на силицид магния. Реакция протекает по уравнению



По существу при этой реакции образуется смесь кремнистых водородов (силанов), содержащих от одного до шести атомов кремния в молекуле.

Прибор собирают в соответствии с рисунком. Горлышко склянки плотно закрывают резиновой пробкой с пропущенной через нее капельной воронкой и газоотводной трубкой. Нижний конец капельной воронки внутри склянки опускают в короткую пробирку.

Газоотводная трубка диаметром 8 мм начинается внутри склянки у нижнего обреза пробки и служит для отвода газообразных продуктов в кристаллизатор с водой.

В короткую пробирку насыпают 1 г силицида магния Mg_2Si , плотно закрывают склянку трубкой и через капельную воронку заполняют сосуд холодной водой двойной дистилляции. Газоотводную трубку вводят в кристаллизатор таким образом, чтобы свободный ее конец находился на 1.5 см ниже уровня воды. При заполнении склянки водой следят, чтобы в склянке не осталось ни одного пузырька воздуха. Затем наливают в капельную воронку концентрированной HCl , открывают кран и вводят в пробирку небольшое количество кислоты, следя за тем, чтобы одновременно не впустить в склянку воздух. Соляную кислоту добавляют небольшими дозами, чтобы можно было наблюдать за выделением каждого пузырька газа в кристаллизатор. В течение всего опыта в капельной воронке должно находиться некоторое количество соляной кислоты.

При выделении каждого пузырька в кристаллизаторе появляется муть вследствие реакций:

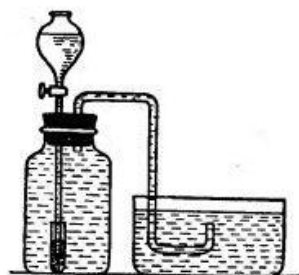


Выйдя на поверхность, пузырьки газа сгорают с характерным треском и образованием колец белого дыма SiO_2 .



Моносилан SiH_4 представляет собой очень ядовитый бесцветный газ с запахом, напоминающим запах арсина и сероводорода, на воздухе он самовоспламеняется, так как температура его самовоспламенения ниже комнатной.

Прибор разбирают только после полного прекращения выделения газа, которое проверяют добавлением концентрированной соляной кислоты. Эту проверку проводят самым тщательным образом.



Прибор для получения силана

Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.3

Силицид магния и силан

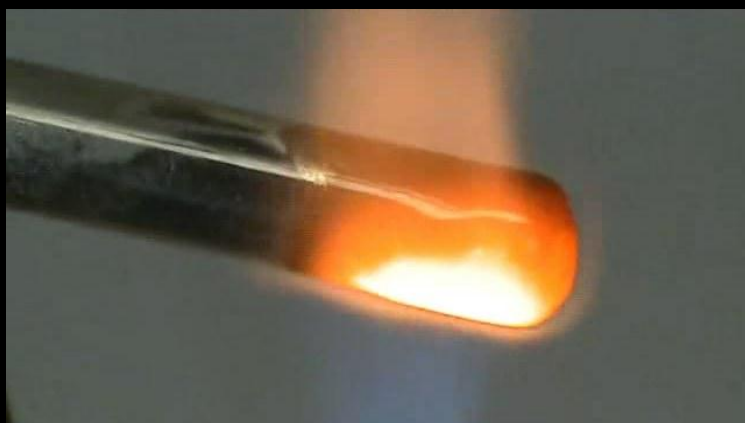
Предлагаем вашему вниманию видео и фотографии получения силицида магния и самовоспламенения силана, которые выложил Biver [(с) Бобёр & Енот]. Описание эксперимента вы найдете в предыдущих разделах статьи (а также на видео).

[Смотреть Видео \(32 Мб, .avi \)](#)



Получение силицида магния









Образование и самовоспламенение силана









Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.4

В.Н. Витер

Реакция магния и аэросила

В предыдущих частях статьи описано получение силицида магния из порошка магния и мелкорастертого песка. В практикуме Рипана и Четяну вместо песка рекомендуют использовать прокаленный кизельгур.

Вполне логично предположить, что для получения силицида магния можно использовать и другую форму диоксида кремния - аэросил. Аэросил - очень мелкодисперсный порошок аморфного диоксида кремния (размер частиц примерно от 5 до 40 нм), который получают реакцией тетраглюрида кремния и водяных паров. Аэросил имеет высокую удельную поверхность (сотни м² на 1 г) и применяется как наполнитель каучуков, для приготовления мазей, красок, лаков, смазок и в качестве стабилизатора суспензий.

Высокая удельная поверхность аэросила должна облегчить его реакцию с магнием, однако, насыпная плотность аэросила низкая (несколько десятков грамм на литр): в порошке много воздуха, благодаря чему аэросил очень легкий.

Последнее обстоятельство весьма неблагоприятно для получения силицида магния. Можно ожидать, что смесь магния и аэросила при поджигании вспыхнет. При этом значительная часть магния (и силицида магния) просто сгорит. Не следует также забывать, что аэросил способен сорбировать водяные пары. Эта вода также будет активно реагировать с магнием.

Учитывая такой прогноз, мы не стали проводить реакцию в пробирке. Смесь порошков магния и аэросила (4 моля магния на 1 моль диоксида кремния) просто насыпали в металлическую крышку из-под кофе и положили на нее горячий кусочек магния. Произошла яркая вспышка, которая напоминала вспышку смеси магния и перманганата¹.

После реакции смесь была бело-серой, что указывает на переход значительной части магния в оксид, поэтому мы даже не пытались использовать ее для получения силана.

¹ Разумеется, в случае аэросила вспышка была слабее.

[Смотреть Видео \(4 Мб, .avi\)](#)

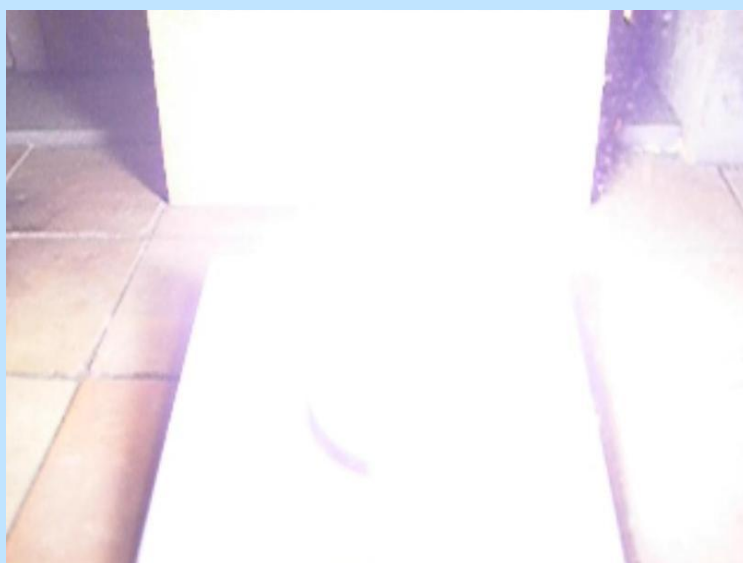
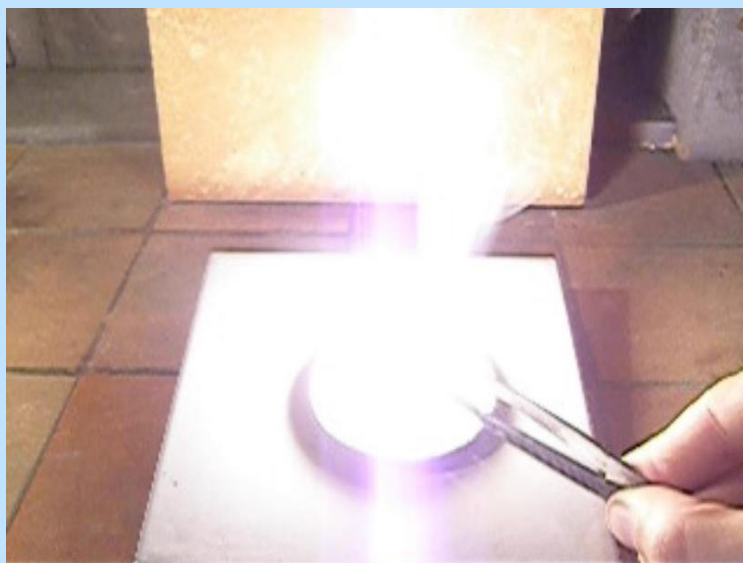


Аэросил

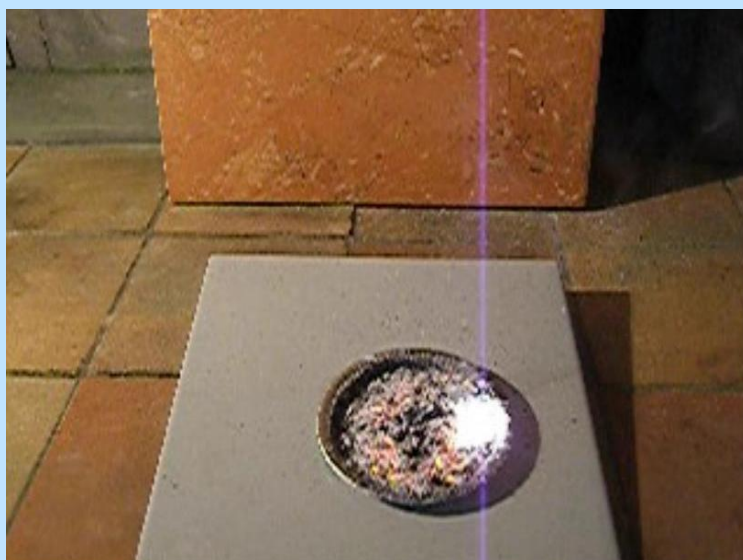
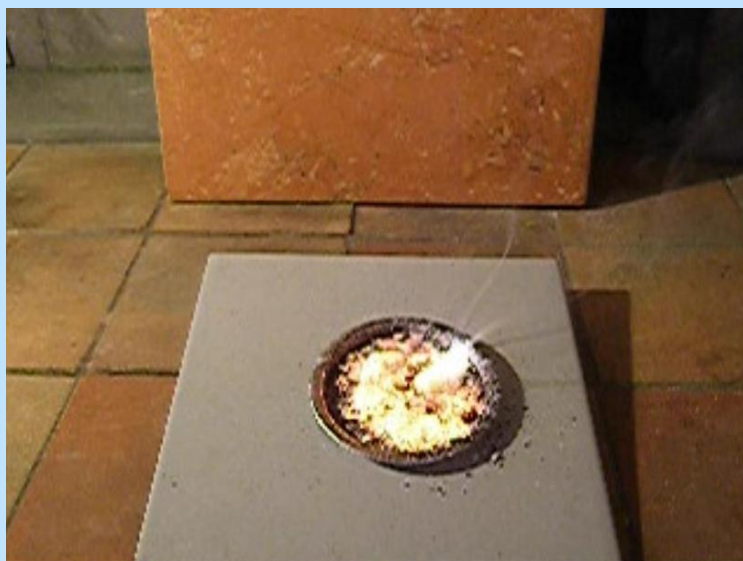


Реакция магния и аэросила









Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.5

В.Н. Витер

Реакция порошков магния и кремния (получение силицида магния)

В предыдущих частях статьи было описано получение силицида магния из порошков магния и диоксида кремния. Мы решили также провести синтез силицида магния из магния и кристаллического кремния. Предполагаемая реакция имеет вид:



Таким образом, на 1 моль магния (24.305 г) необходимо 2 моля кремния ($2 \cdot 28.09 = 56.18$ г). Мы взяли 0.6 г магния, следовательно, необходимо взять $0.6/24.305 \cdot 2 \cdot 28.09 = 1.4$ г порошка кремния.

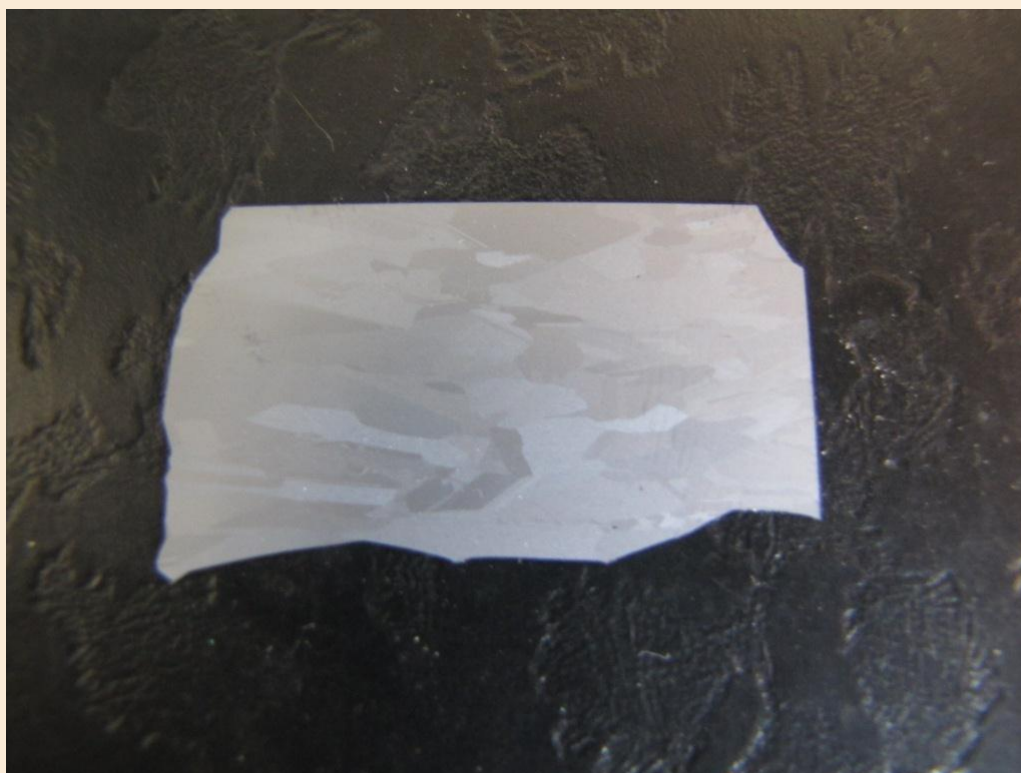
Кремний был в виде кусочков от пластины для фотоэлемента. Его измельчили следующим способом. На доску постелили бумагу, высыпали кремний, накрыли его плотной бумагой и стали раскатывать сверху фарфоровым пестиком (примерно как раскатывают тесто). Время от времени собирали кремний в кучку, перемешивали и снова раскатывали. В конце концов, получились мелкие чешуйки и порошок.

Магний напилили напильником, смешали с кремнием на листке бумаги, после чего примерно пять минут раскатывали и перемешивали смесь так же, как перед этим кремний. Смесь засыпали в пробирку, утрамбовали постукиванием (пытались дополнительно уплотнить смесь стеклянной палочкой, но это не дало эффекта).

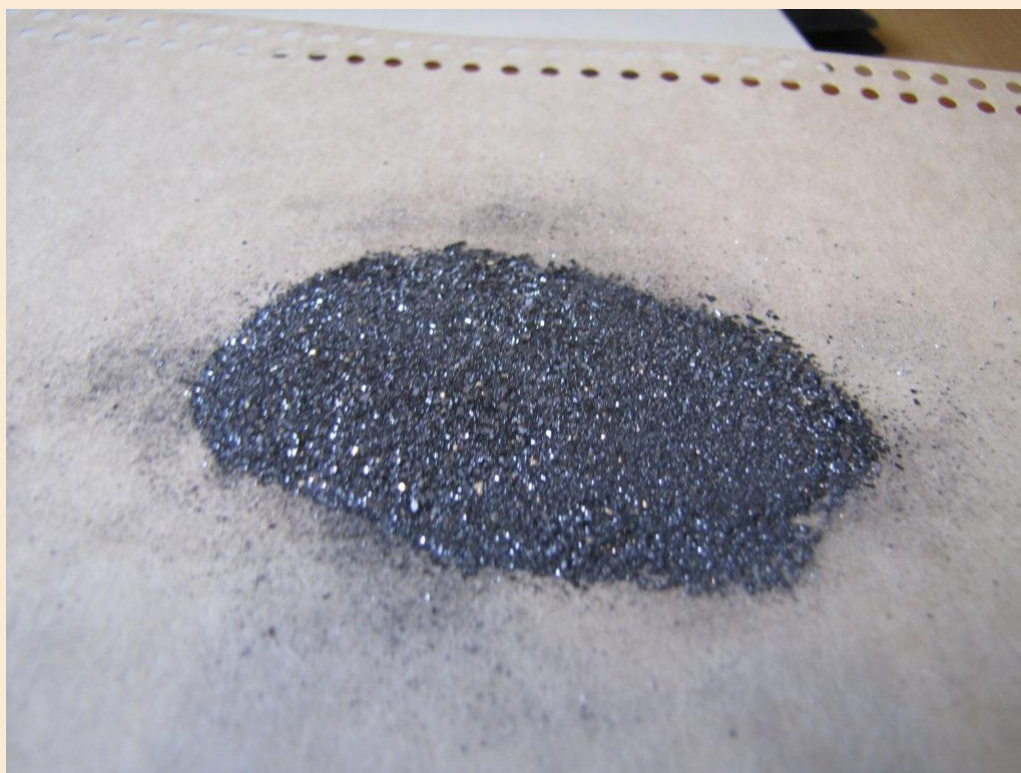


Кремний









Кремний



Смесь магния и кремния

Пробирку со смесью магния и кремния нагрели в сильном пламени горелки до красного (а частично - и красно-желтого) каления. Самоподдерживающейся реакции (как в случае смеси магний - диоксид кремния) не было. Стоило прервать нагрев, и смесь сразу же остывала. После нескольких минут прокаливания прекратили нагрев, охладили и разбили пробирку. В ней оказался темно-серый (почти черный) порошок, визуальнo однородный.

[Смотреть Видео \(61 Мб, .avi \)](#)

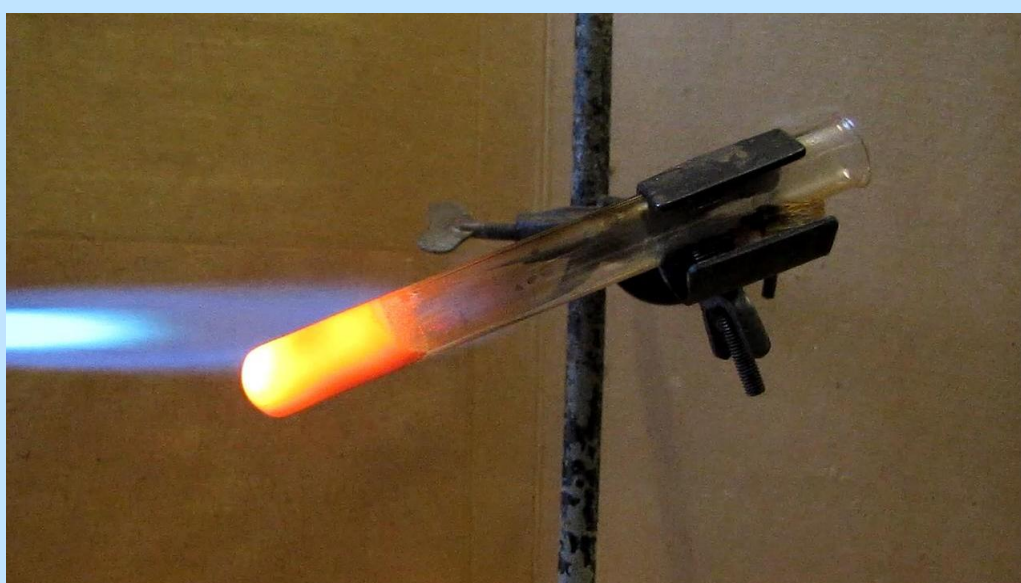
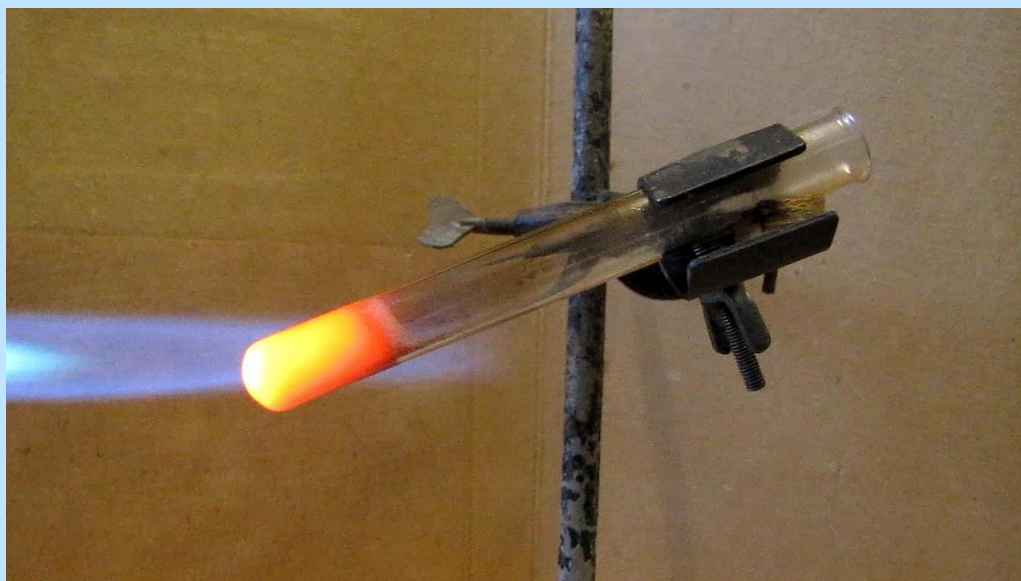


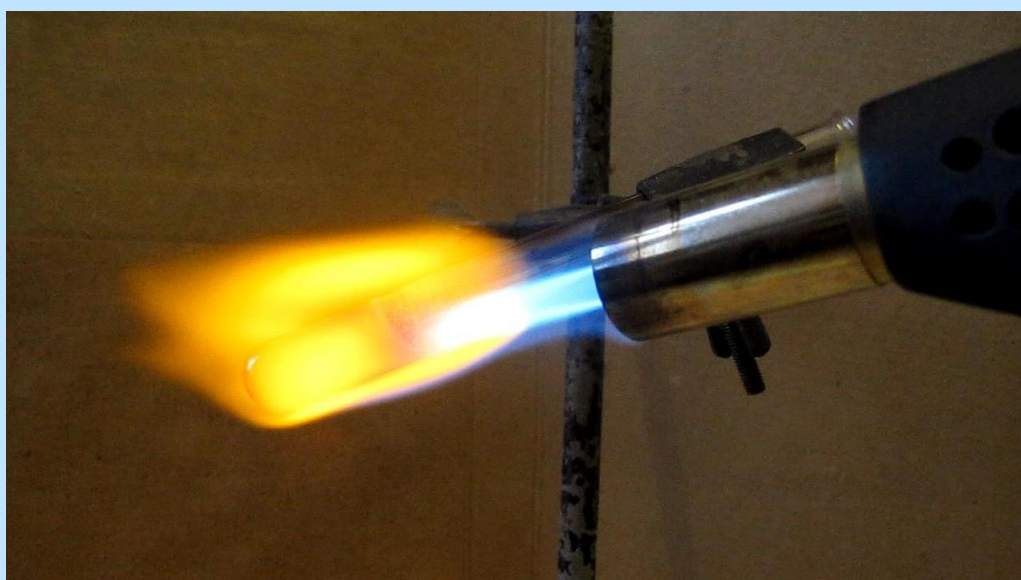
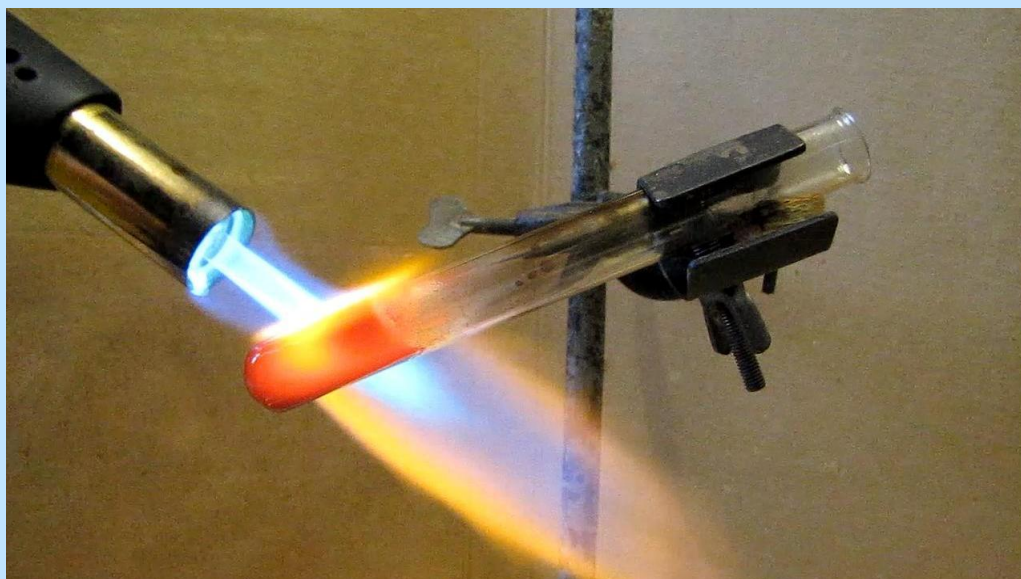
Реакция магния и кремния (получение силицида магния)















Надеясь, что полученный порошок - силицид магния, мы решили заснять самовоспламенение силана. Что из этого вышло, вы узнаете в следующей части статьи.



Силицид магния



Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.6-1

В.Н. Витер

"Силановый ужас" (реакция силицида магния с водой)

Надеясь, что порошок, который образовался при нагревании смеси магния и кремния - силицид магния, мы решили заснять самовоспламенение силана. В чашку Петри на черном фоне налили 20 мл воды и 3 мл концентрированной соляной кислоты, выключили в комнате свет и добавили порошок в чашку Петри.

Результат стал полной неожиданностью: мы надеялись, что будут отдельные вспышки (как в случае силицида магния, полученного из магниевых порошка и песка), но эксперимент преподнес сюрприз.

В момент контакта порошка с кислотой произошла настолько яркая вспышка, что камера была ослеплена. Было четко видно, что горит не только силан, но и силицид магния. Был слышен громкий треск. Позже при покадровом просмотре видео оказалось, что над чашкой возникло сплошное пламя силана и силицида магния. В целом это больше напоминало не самовоспламенение силана, а реакцию с водой "калия, который горит желтым и белым". При свете вспышек был виден белый дым диоксида кремния.

В несколько попыток добавили примерно половину чайной ложки силицида. После вспышек началось активное выделение газа: на поверхности жидкости то и дело вспыхивали пузырьки. Оказалось, что если провести по пене стеклянной палочкой или шпателем, происходит целая серия вспышек. Видимо, эффект объясняется тем, что пузырьки разрушаются, и силан вступает в контакт с воздухом. Кроме того, силицид магния, который плавал поверх пены, вступал в контакт с кислотой.

Постепенно использовали весь оставшийся силицид, дважды налив в чашку Петри свежую кислоту¹. Каждый раз, когда с чашки сливали отработанную смесь, происходили вспышки и раздавались громкие хлопки.

В случае силицида, полученного из магния и песка, вспышки силана продолжались всего несколько секунд. В данном же эксперименте вспышки с треском и громкими хлопками

длились несколько минут - настоящий "силановый ужас". На некоторых кадрах заметно, что особо яркие и большие вспышки происходили после того, как лопался большой пузырь силана.

В ходе реакции поверхности жидкости появилось светло-коричневое вещество. Коллега Александр считает, что это аморфный кремний. Аморфный кремний - довольно ценный продукт, который получают разложением силана. На некоторых кадрах видео заметно, что коричневое вещество образуется после вспышек пузырьков силана. Иногда был виден светло-коричневый дым.

В нашем предыдущем эксперименте с силицидом, полученным из песка, образование светло-коричневого вещества наблюдалось, но его было мало. В опыте, который выложил Biver, оно также присутствовало.

¹ В двух других экспериментах использовали растворы следующего состава:

вода 25 мл, концентрированная соляная кислота 4 мл;

вода 20 мл, концентрированная соляная кислота 4 мл.

[Смотреть Видео 1 \(97 Мб, .avi\)](#) [Смотреть Видео 2 \(39 Мб, .avi\)](#)

[Смотреть Видео 3 \(59 Мб, .avi\)](#) [Смотреть Видео 4 \(30 Мб, .avi\)](#)



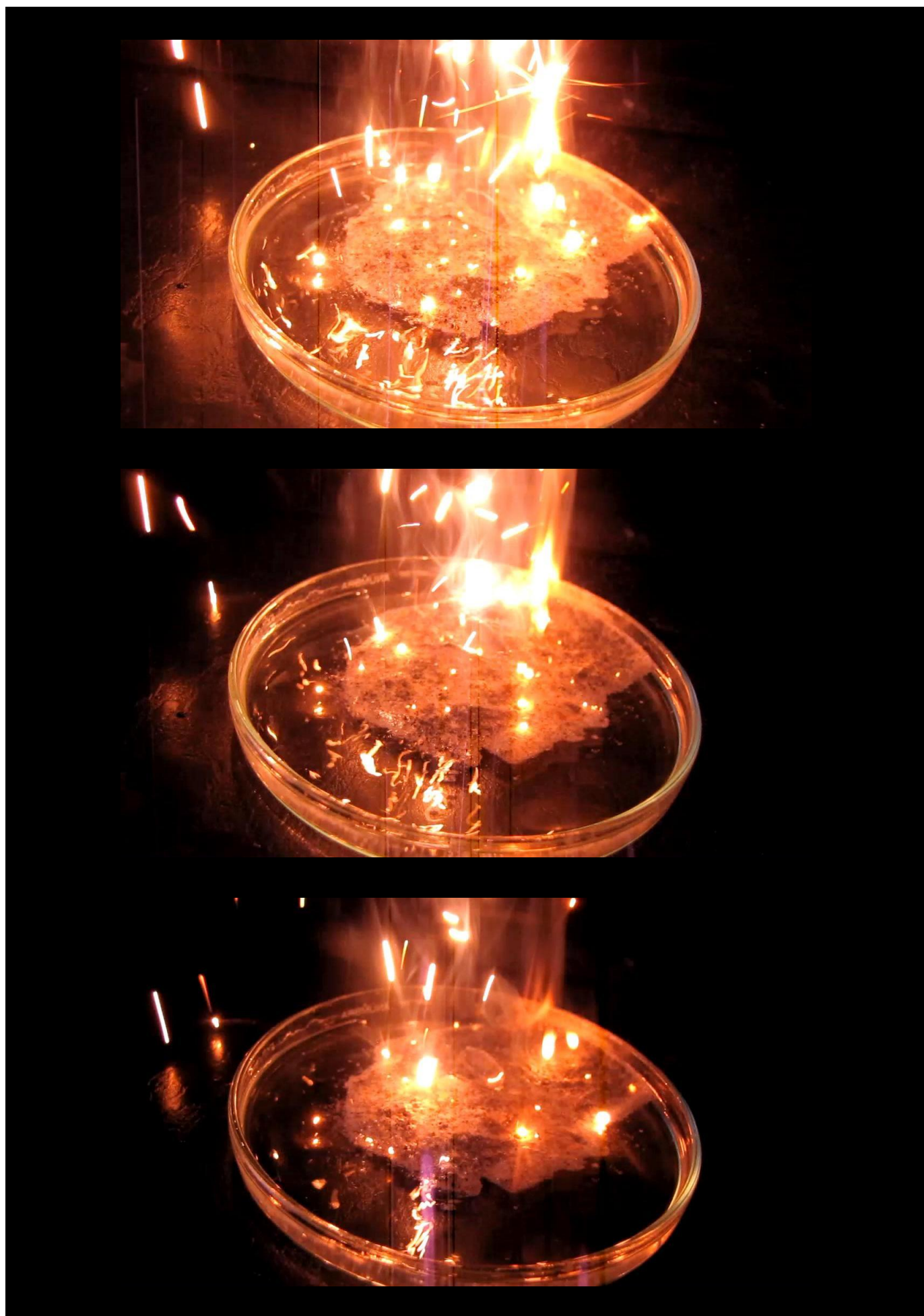
Образование и самовоспламенение силана (реакция силицида магния и соляной кислоты)

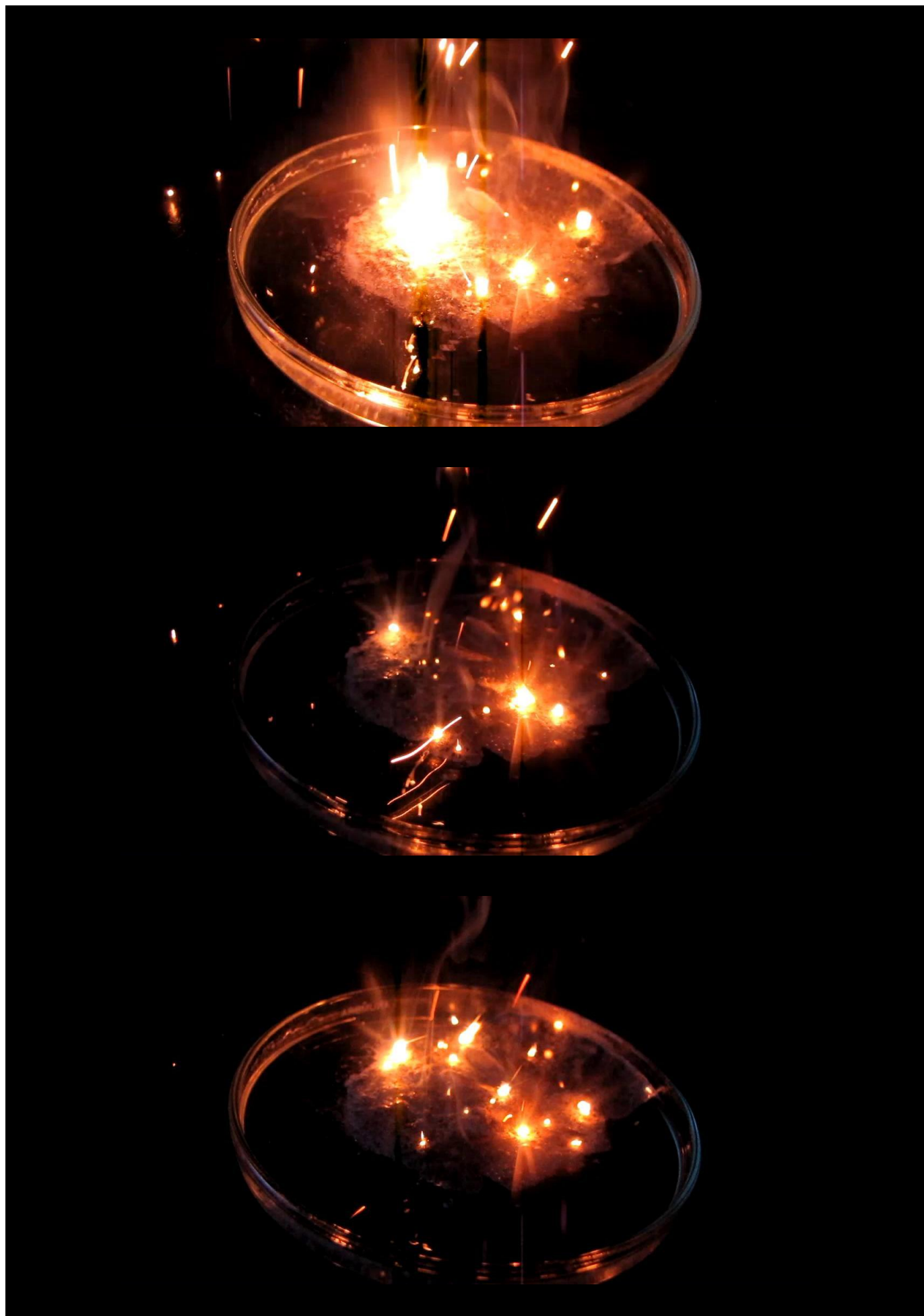


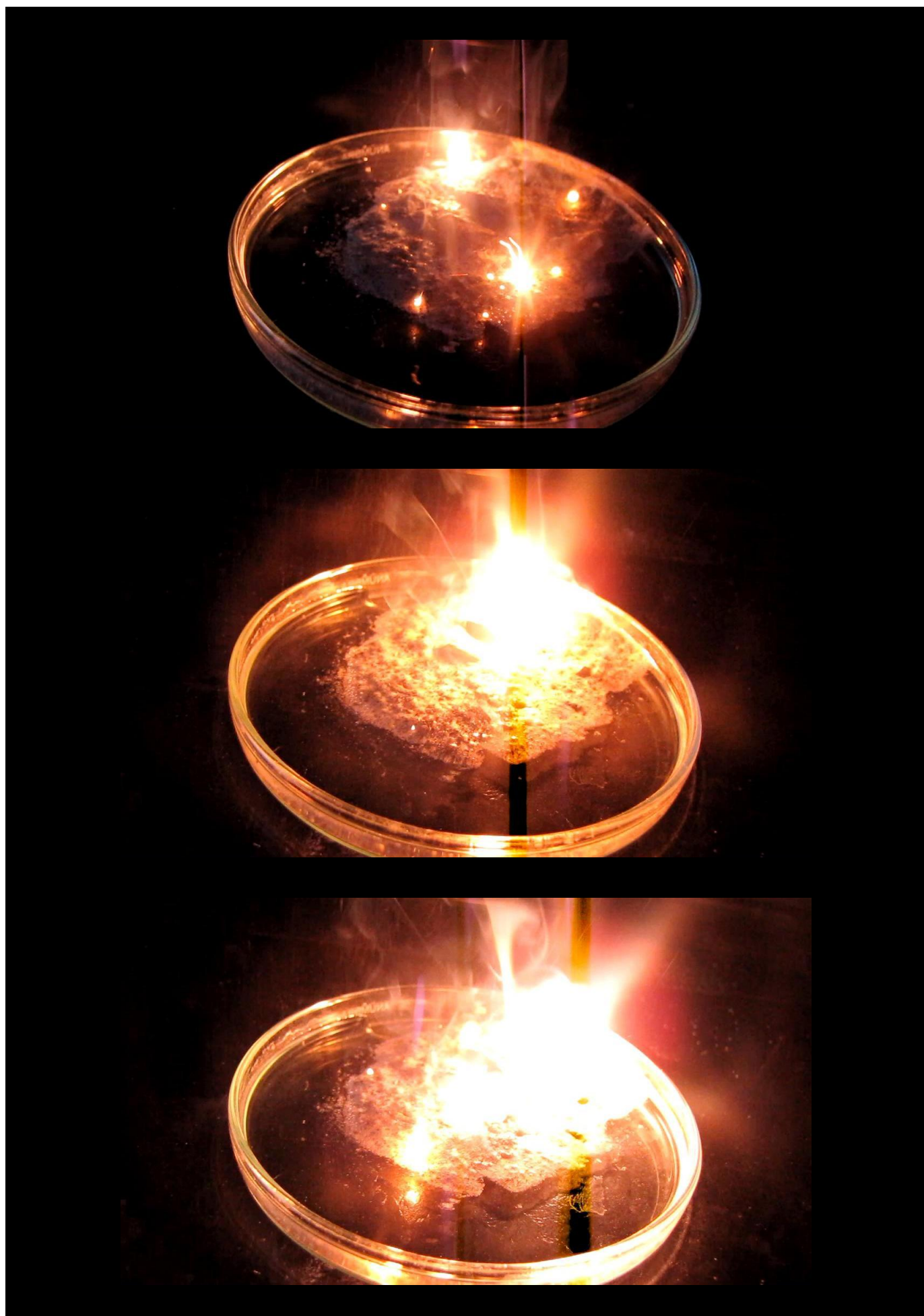




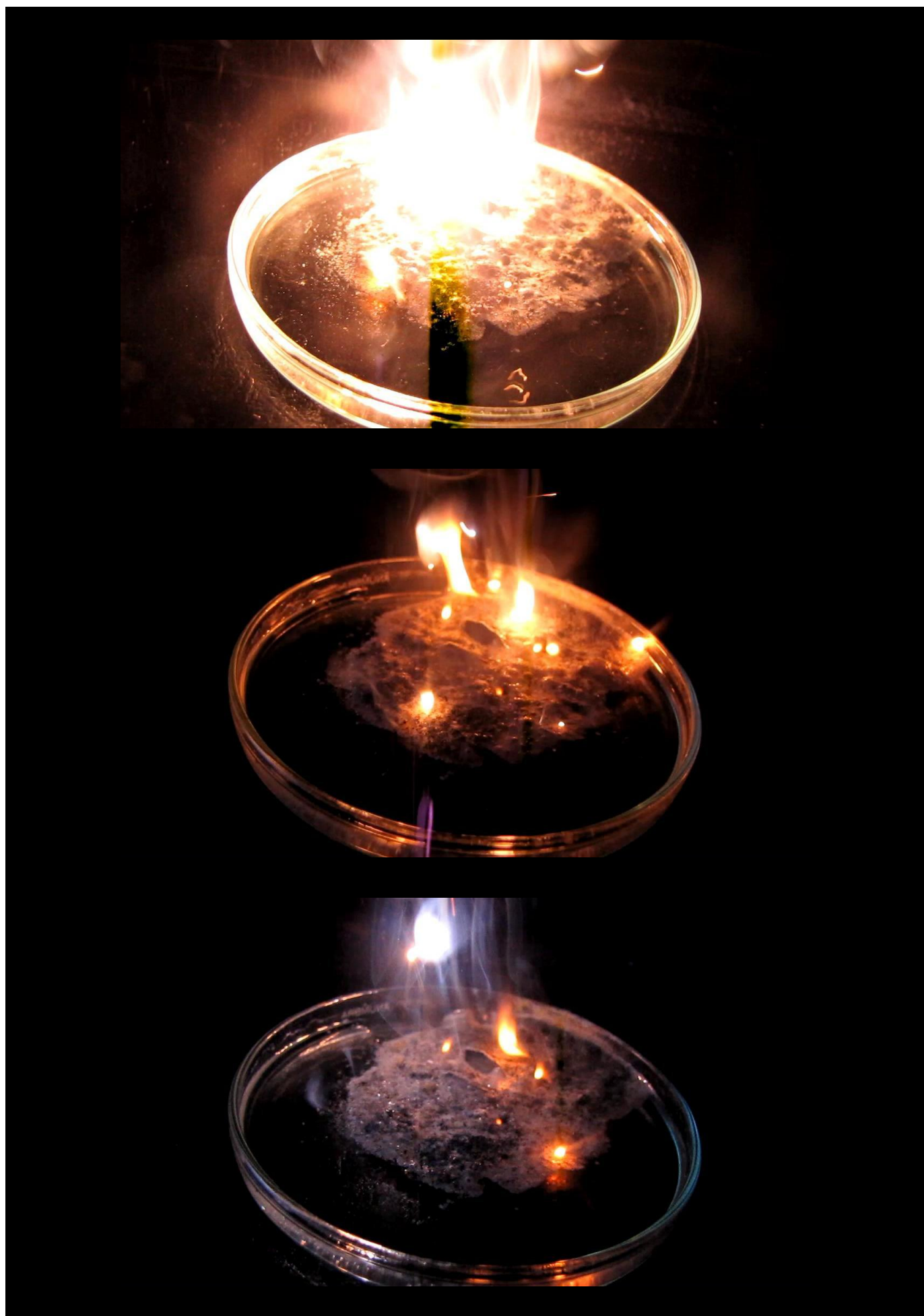


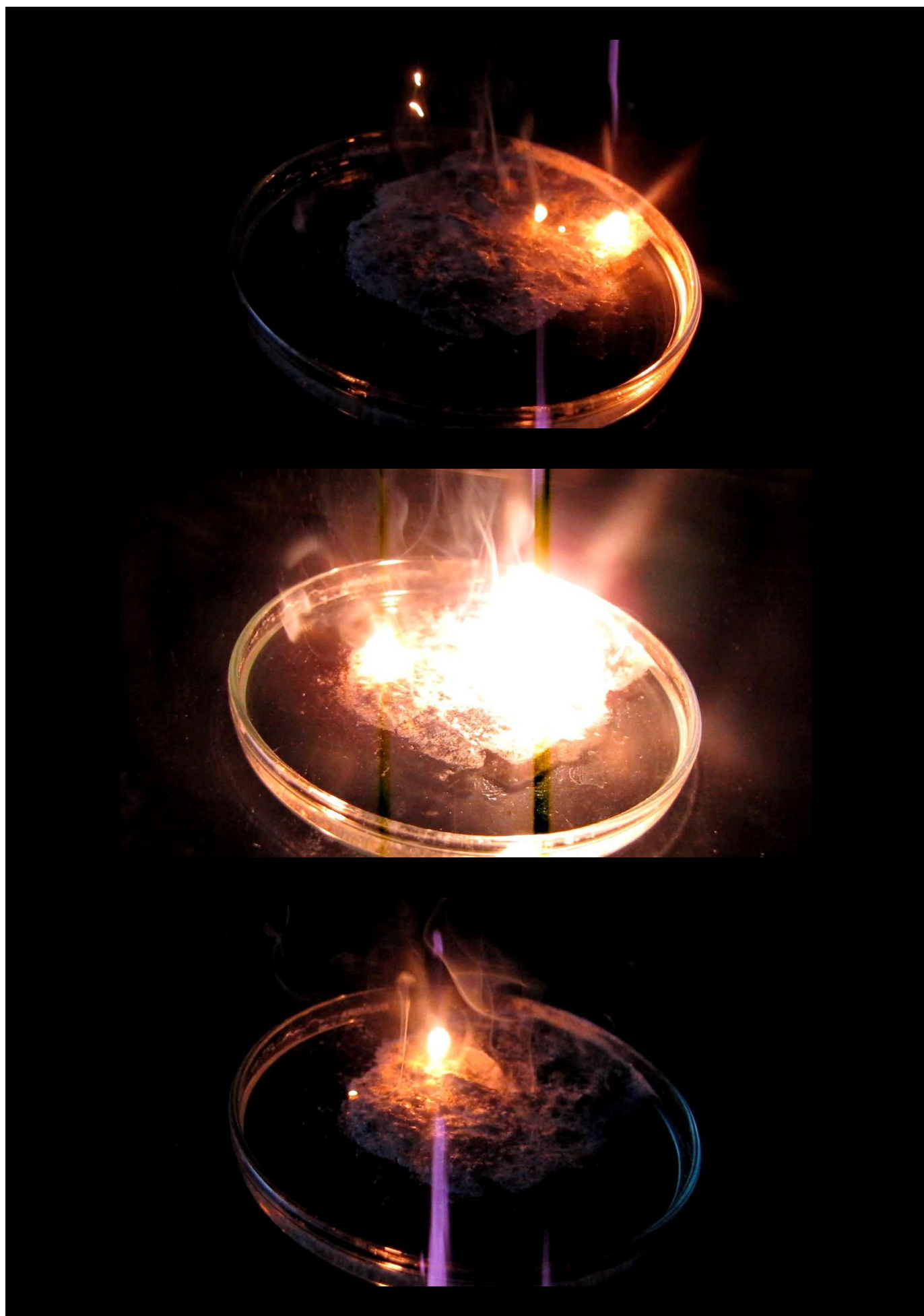




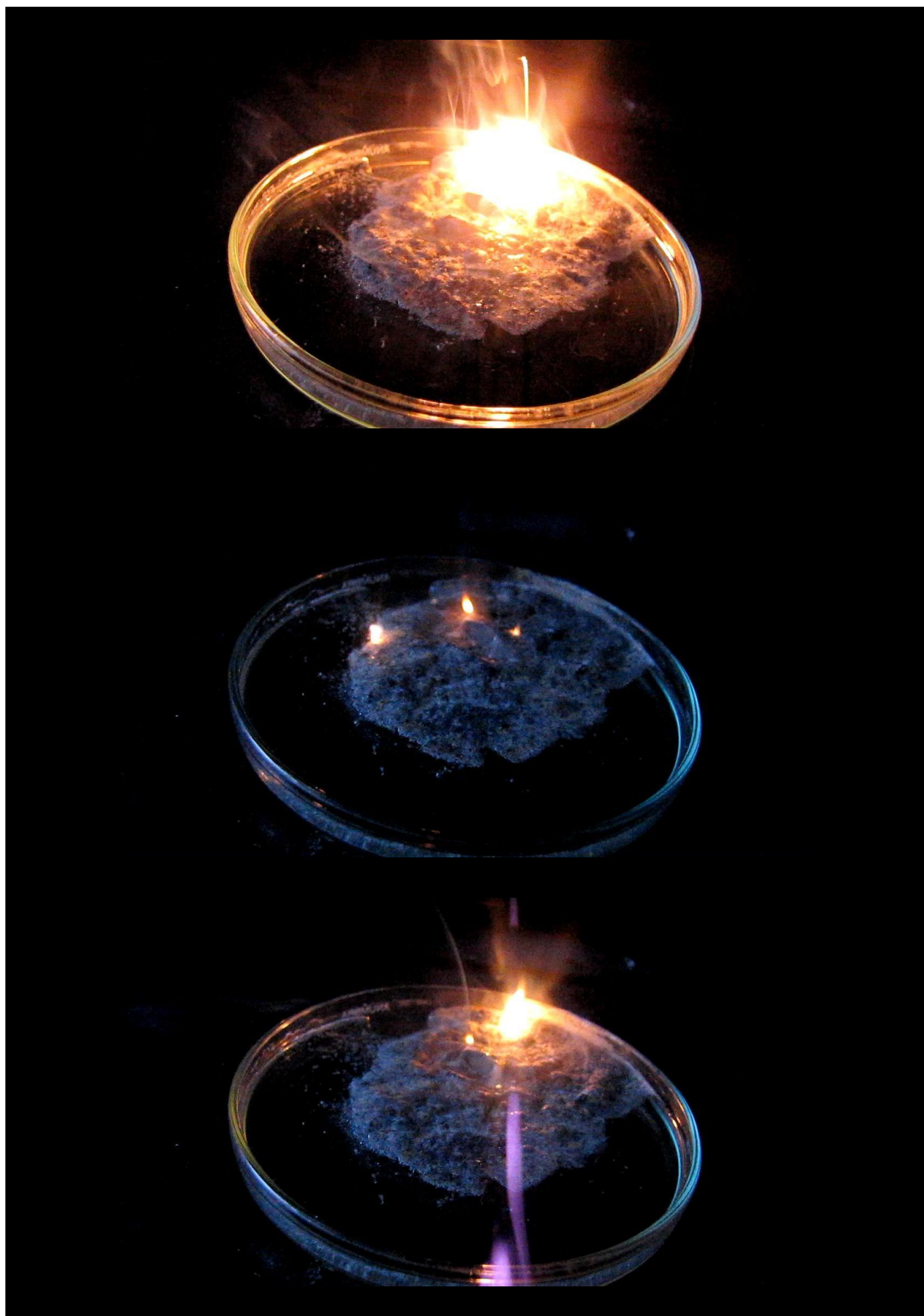




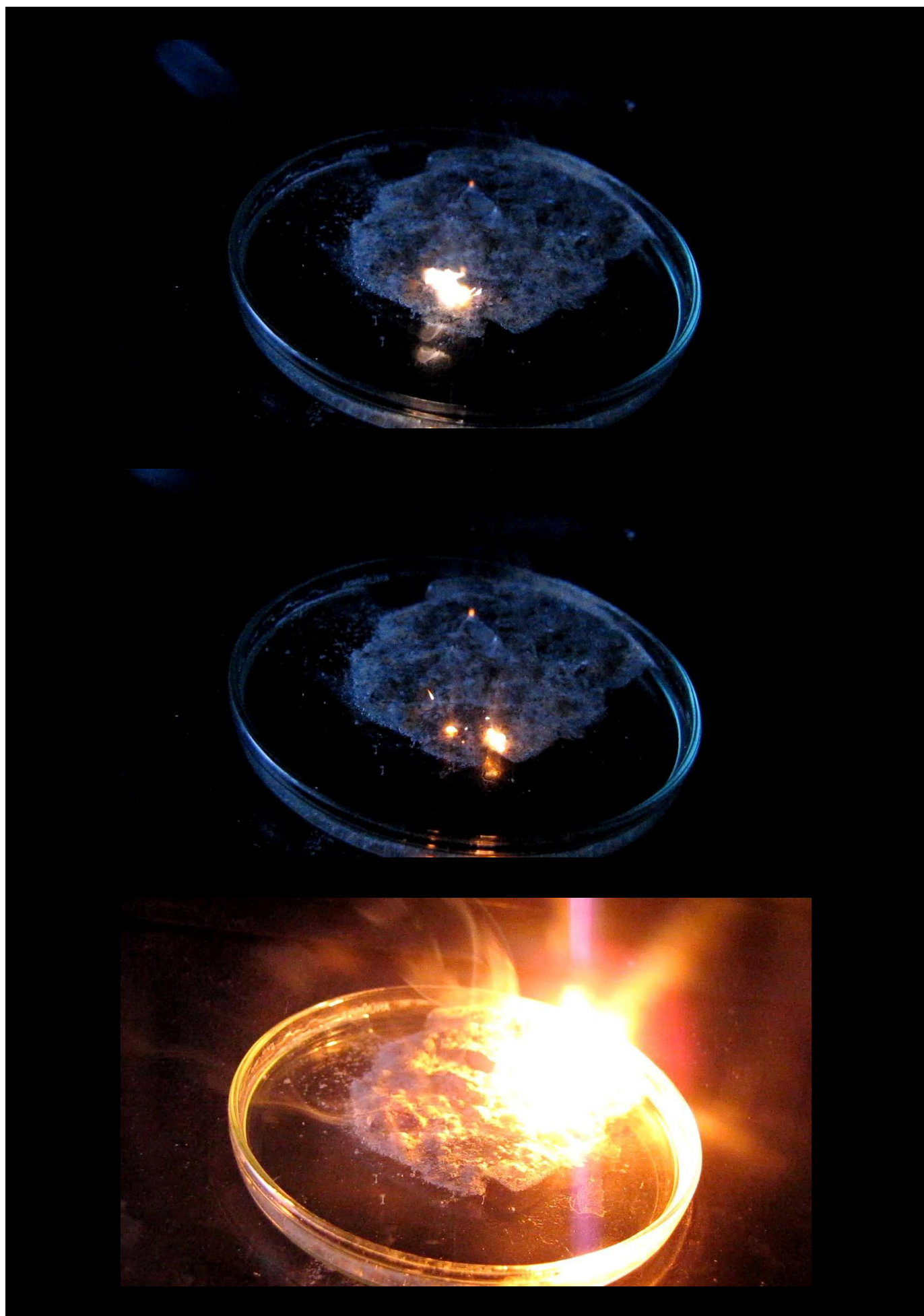




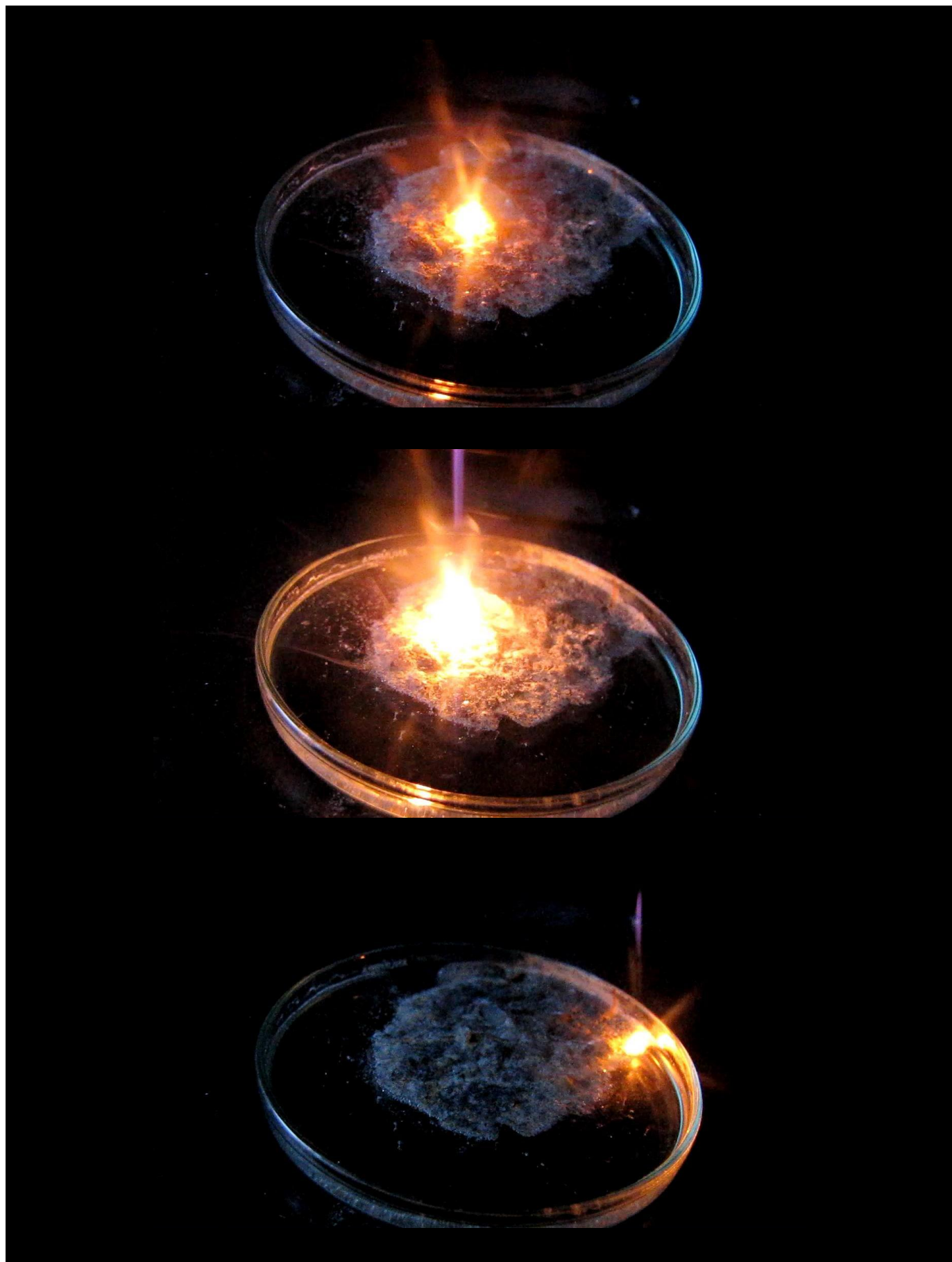












[Другие фотографии \(ч.6-2\)>>](#)

[Другие фотографии \(ч.6-3\)>>](#)

Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.6-2

В.Н. Витер

"Силановый ужас" (реакция силицида магния с водой)

Описание эксперимента вы найдете в предыдущей части статьи [\[ссылка \(ч.6-1\)\]](#). Ниже приведены фотографии и видео.

Несмотря на пожароопасность, нестабильность и токсичность силана, он используется как в лабораторных исследованиях, так и в промышленности. В частности из силана получают ценные органические производные, а также высокочистый кремний. Силан активно используется при производстве электроники (фотоэлементы, мониторы, интегральные микросхемы и т.д.).

Есть указания, что силан воспламеняется при контакте с кислородом даже при температуре жидкого воздуха. С галогенами силан и его гомологи реагируют со взрывом.

Коллега рассказывал, что как-то ему досталось несколько газовых баллонов с неизвестным содержимым. Впрочем, содержимое его не интересовало: нужны были сами баллоны. Поэтому газ из баллонов просто выпустили. Большинство баллонов открыли прямо в лаборатории, но один баллон вызывал какие-то - абсолютно бессознательные - подозрения. Его вынесли на улицу и только там открыли. Сразу же ударил язык пламени длиной полтора метра: в баллоне оказался силан.

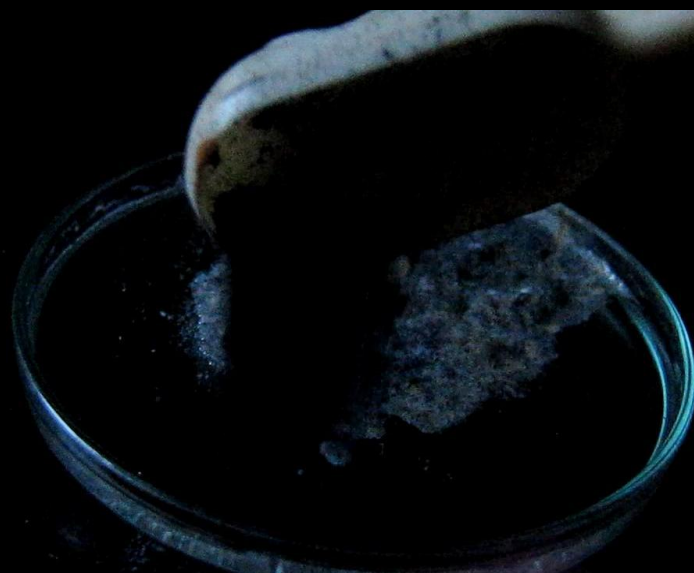
Другой коллега рассказывал, что у них баллон с силаном был подписан оригинальным способом: на нем красовалась надпись "**Силантий**".

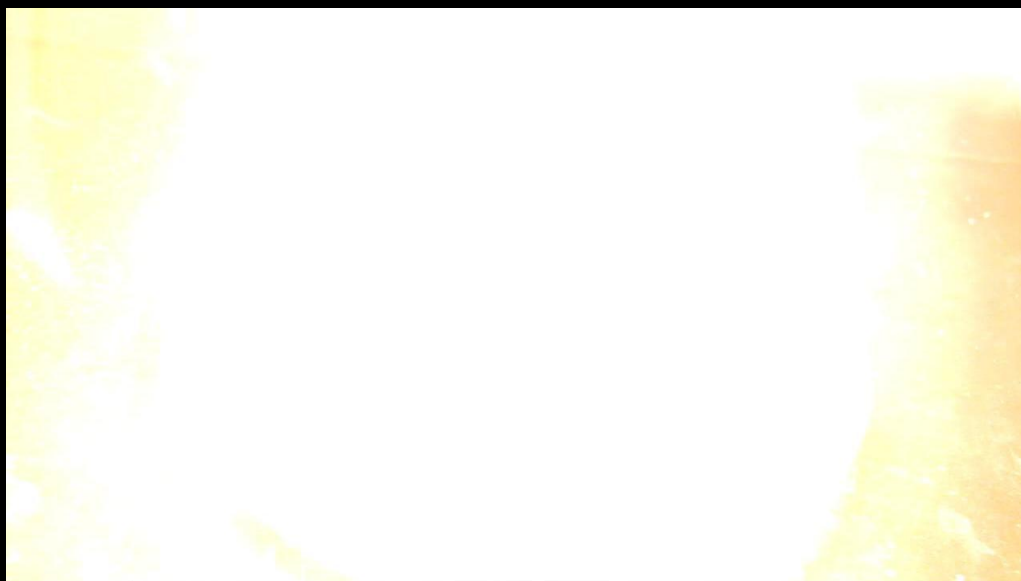
[Смотреть Видео 5 \(20 Мб, .avi\)](#) [Смотреть Видео 6 \(25 Мб, .avi\)](#)

[Смотреть Видео 7 \(36 Мб, .avi\)](#) [Смотреть Видео 8 \(119 Мб, .avi\)](#)



Образование и самовоспламенение силана (реакция силицида магния и соляной кислоты)









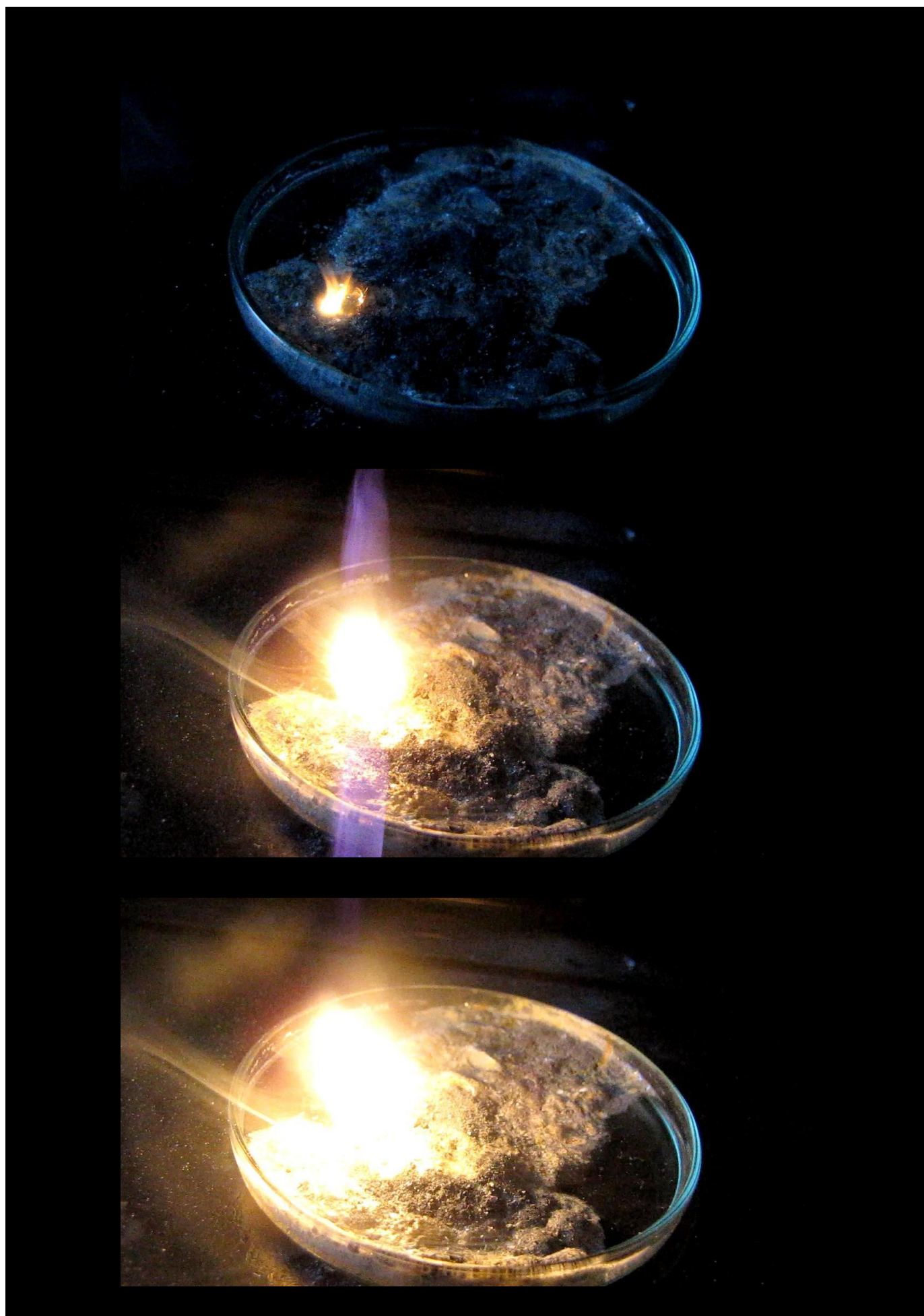


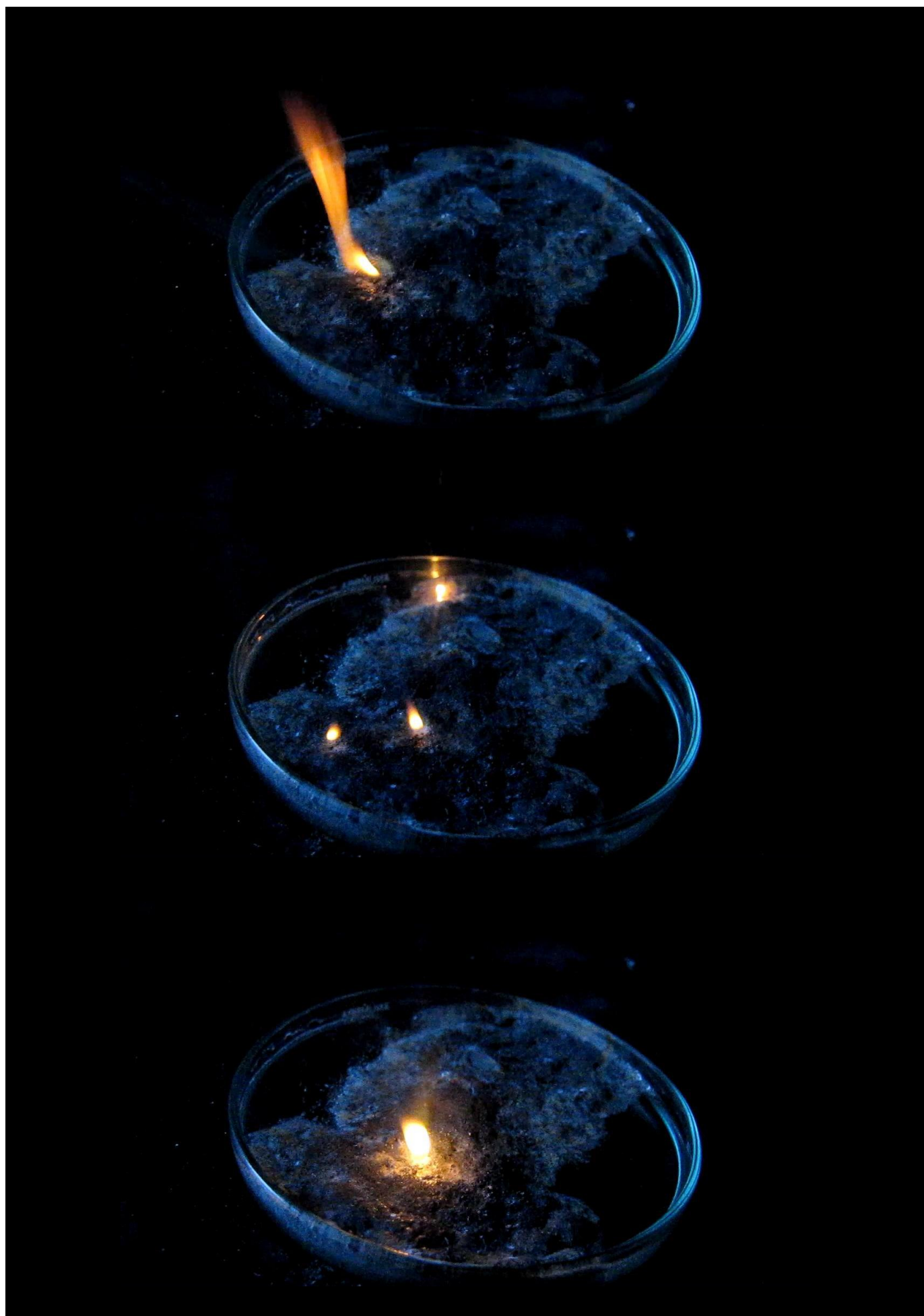


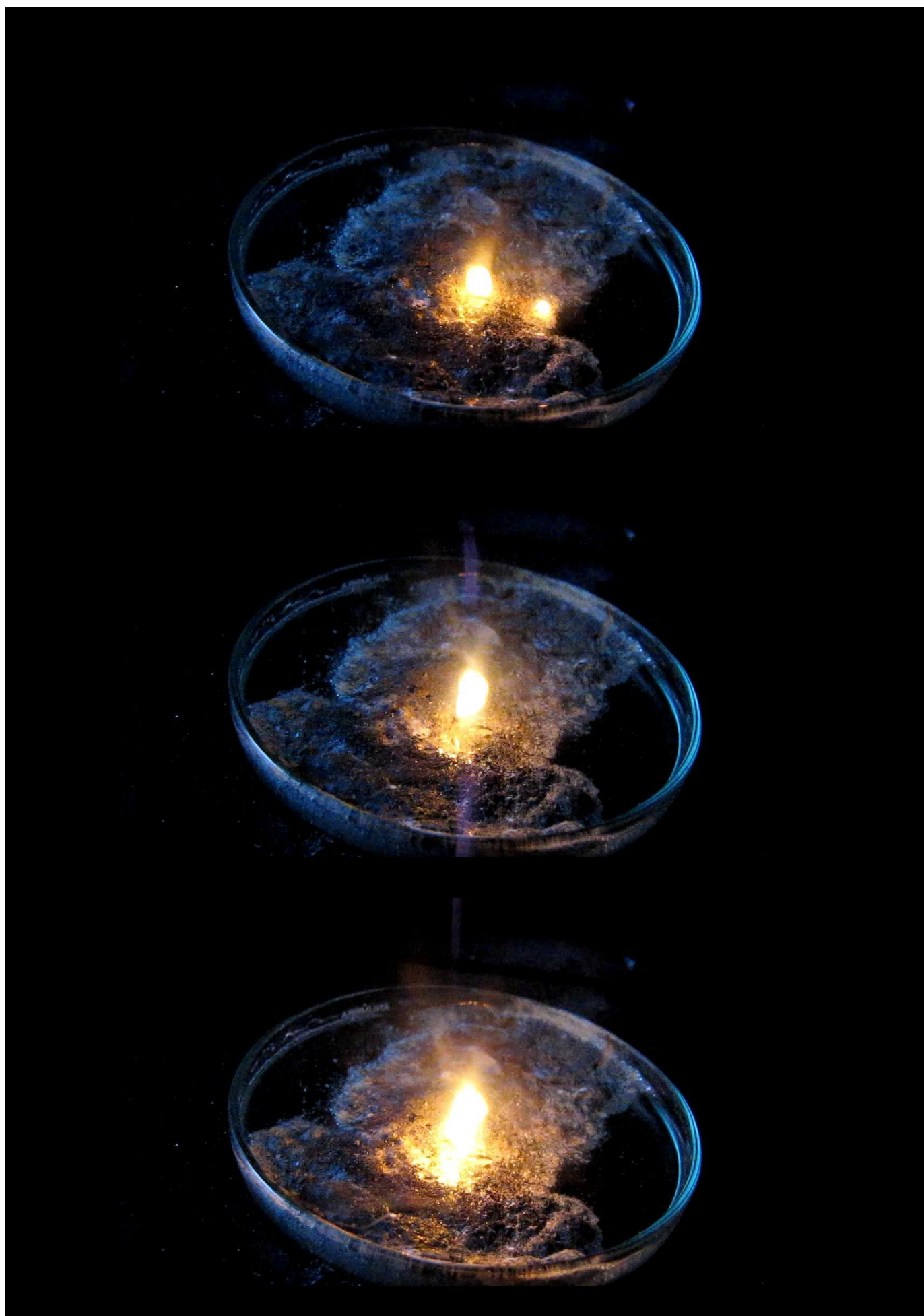










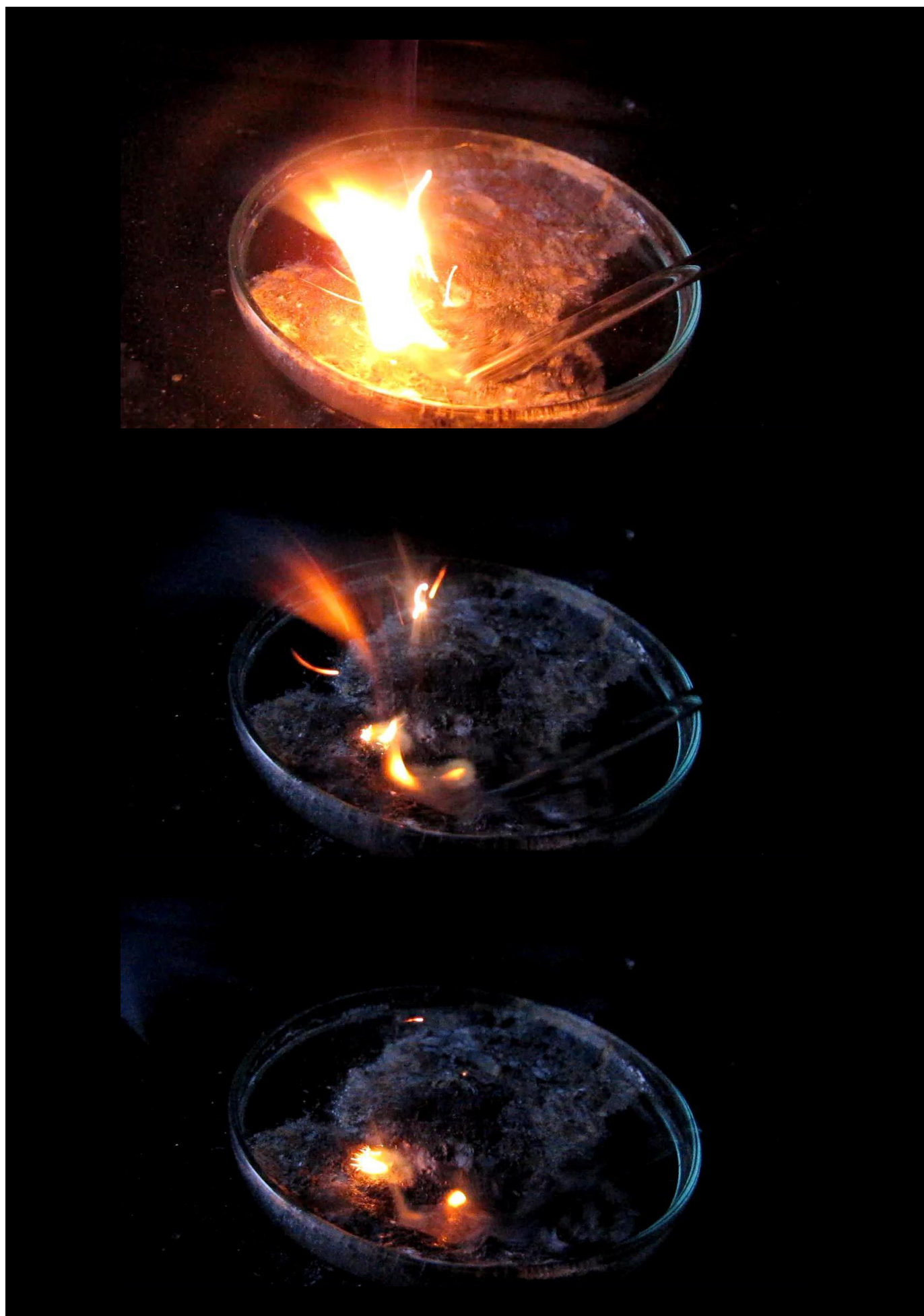


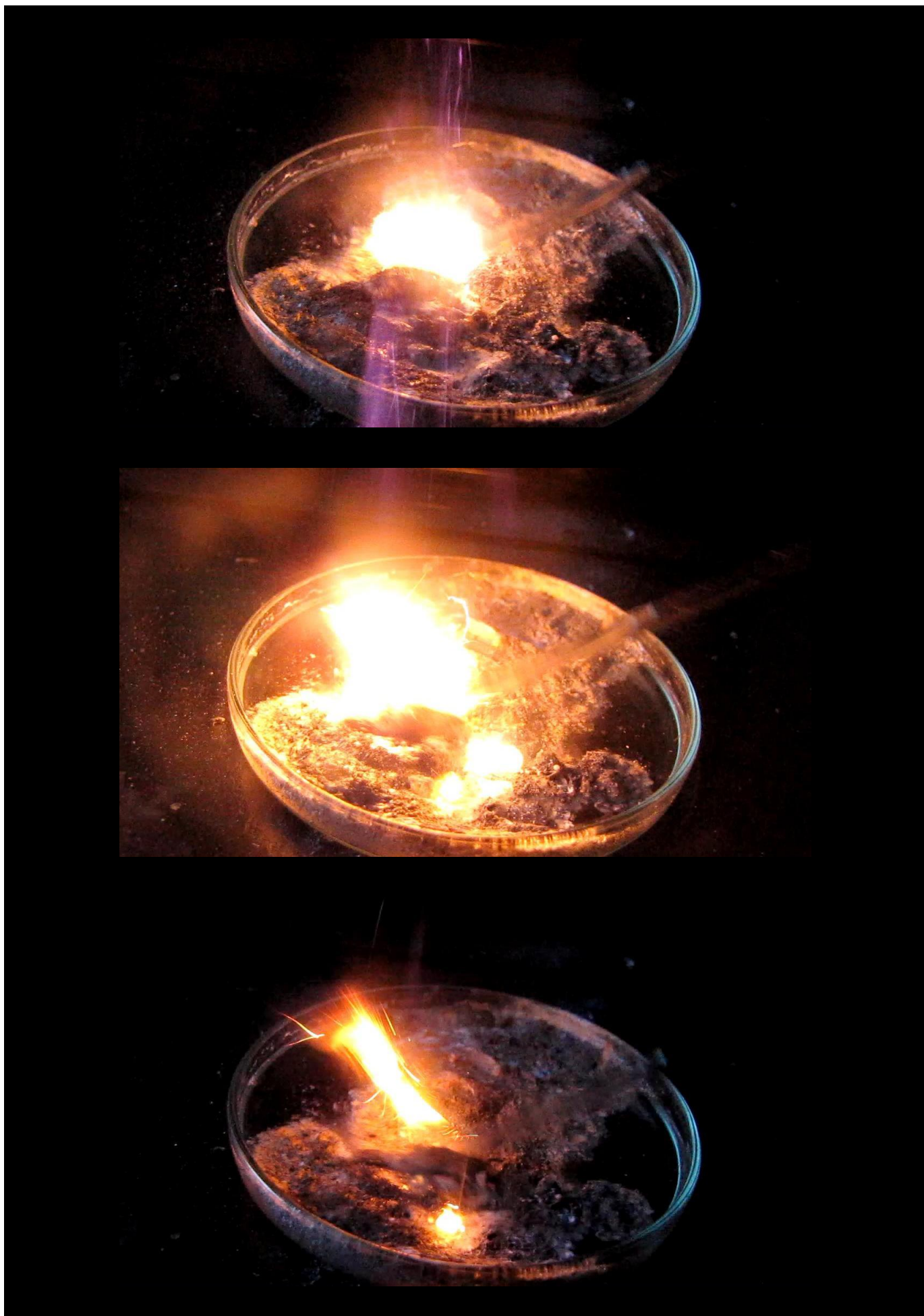


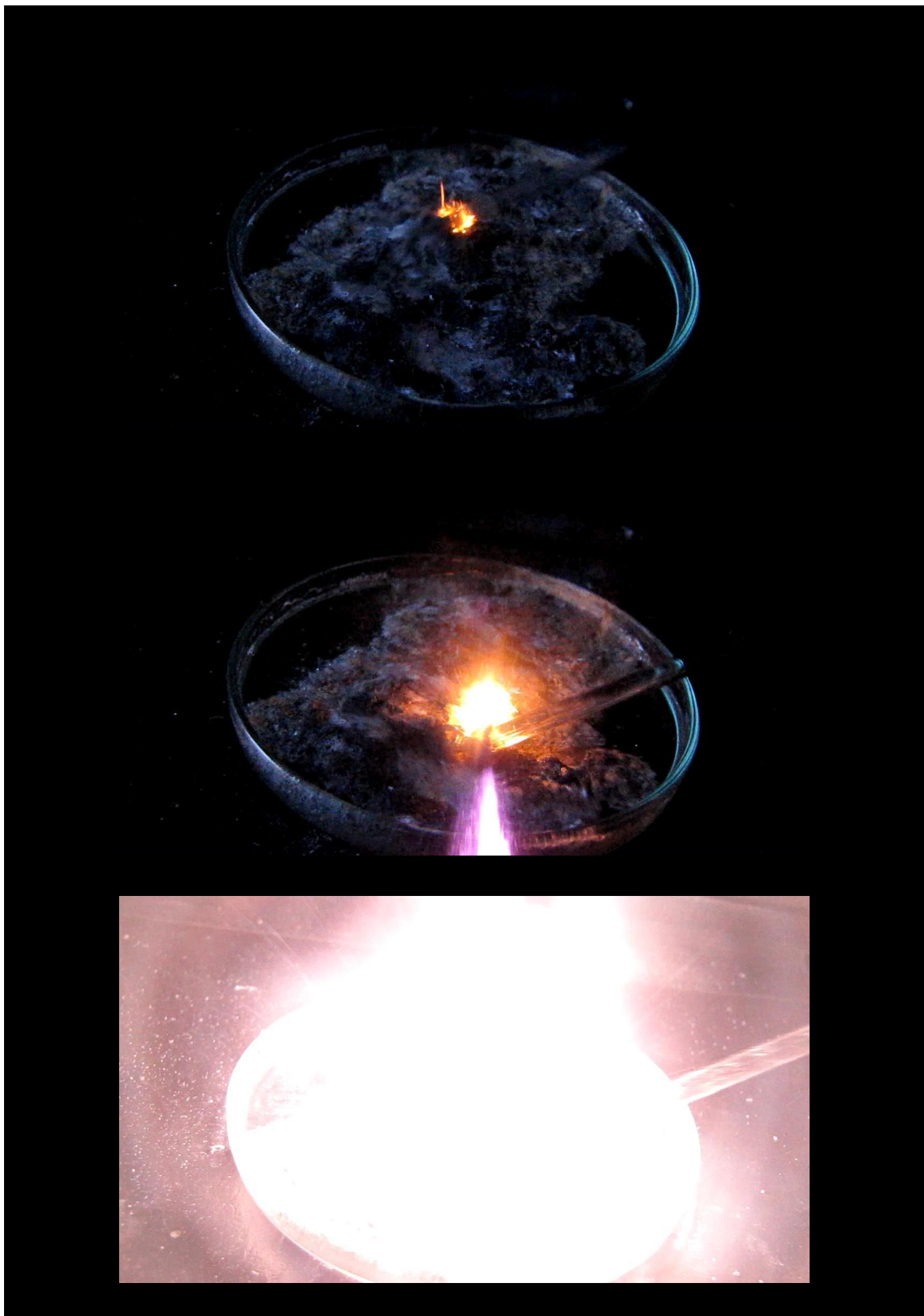


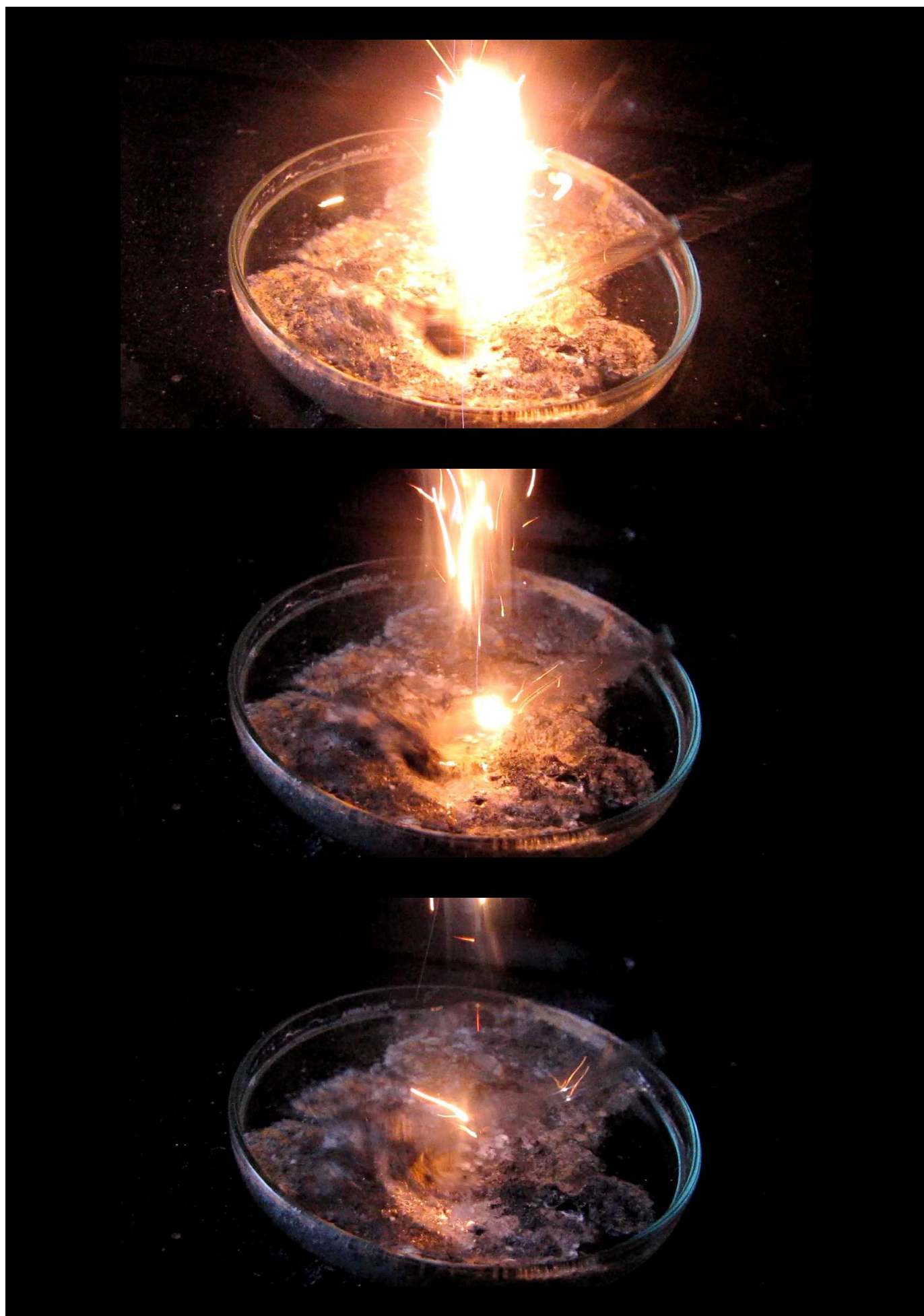
Вспышки силана при помешивании пены стеклянной палочной

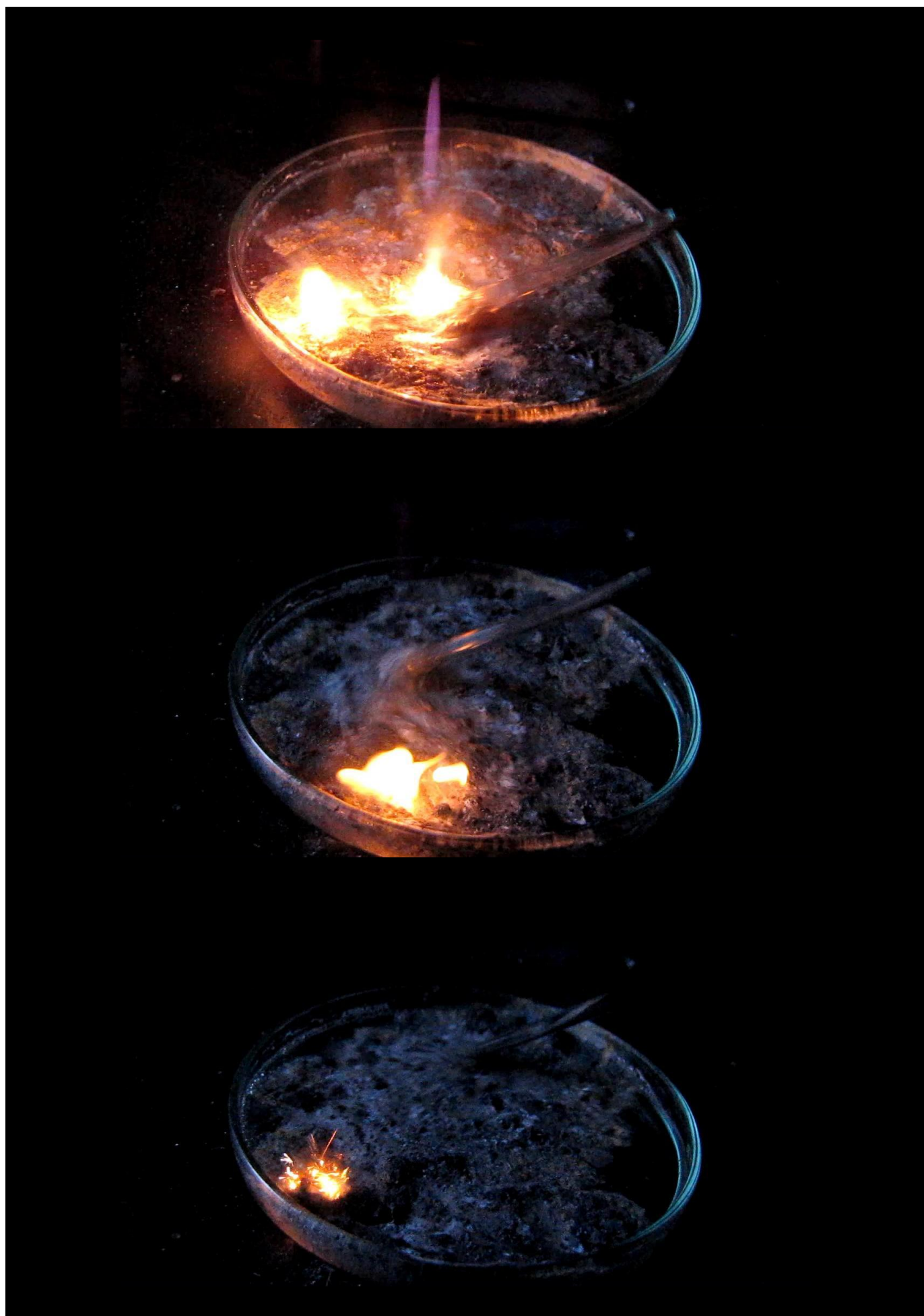






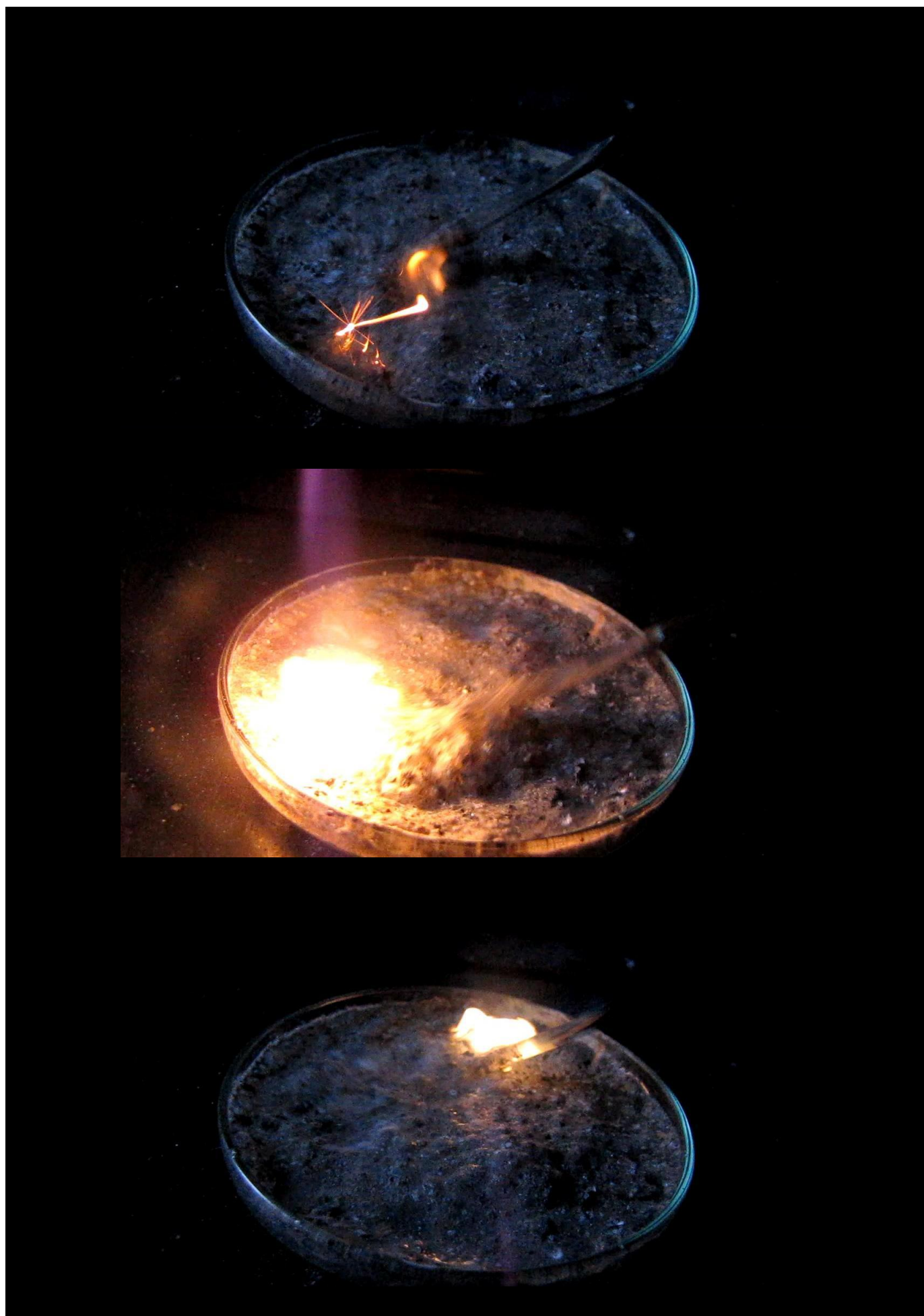














<<Другие фотографии (ч.6-1)

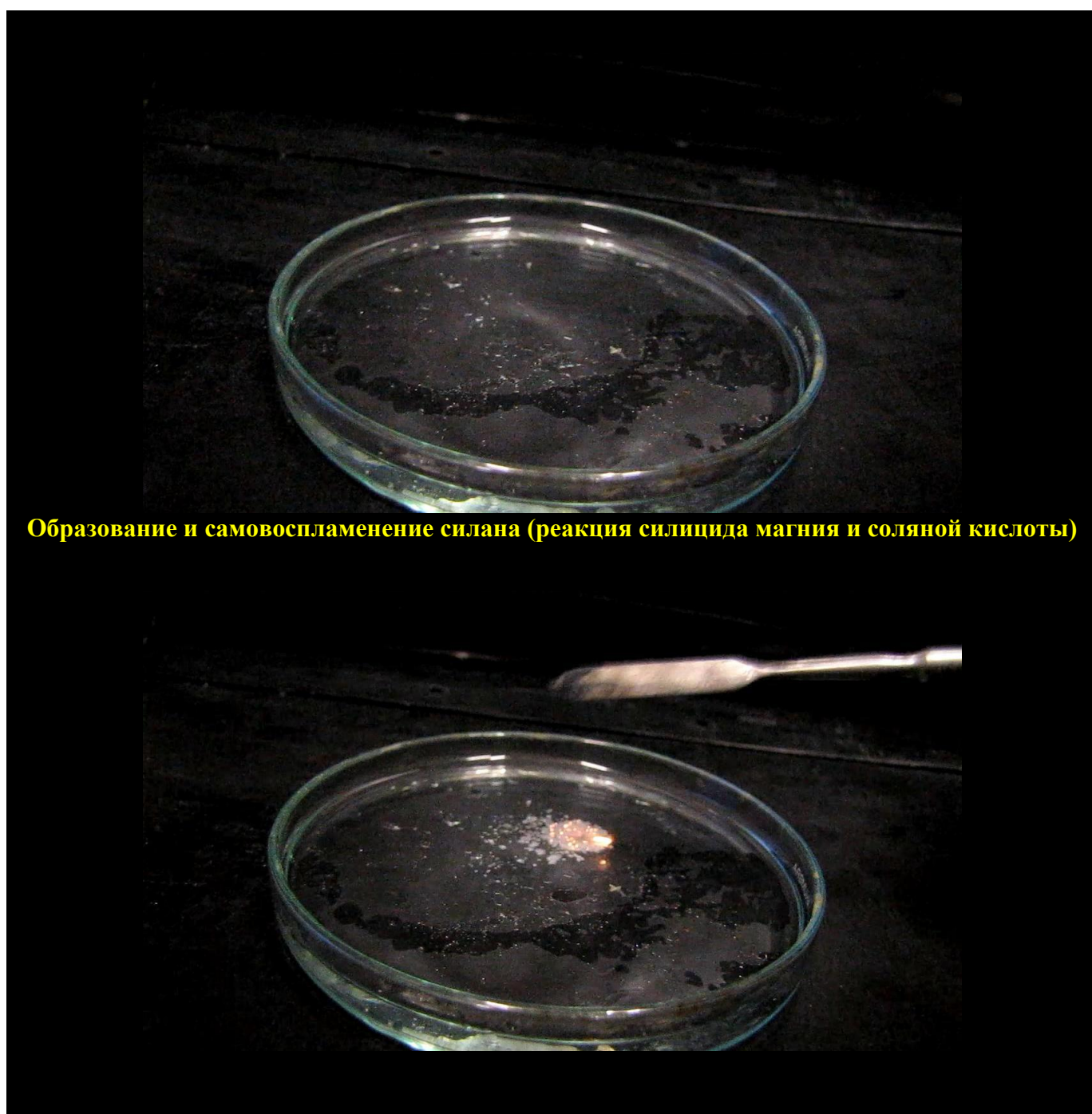
Другие фотографии (ч.6-3)>>

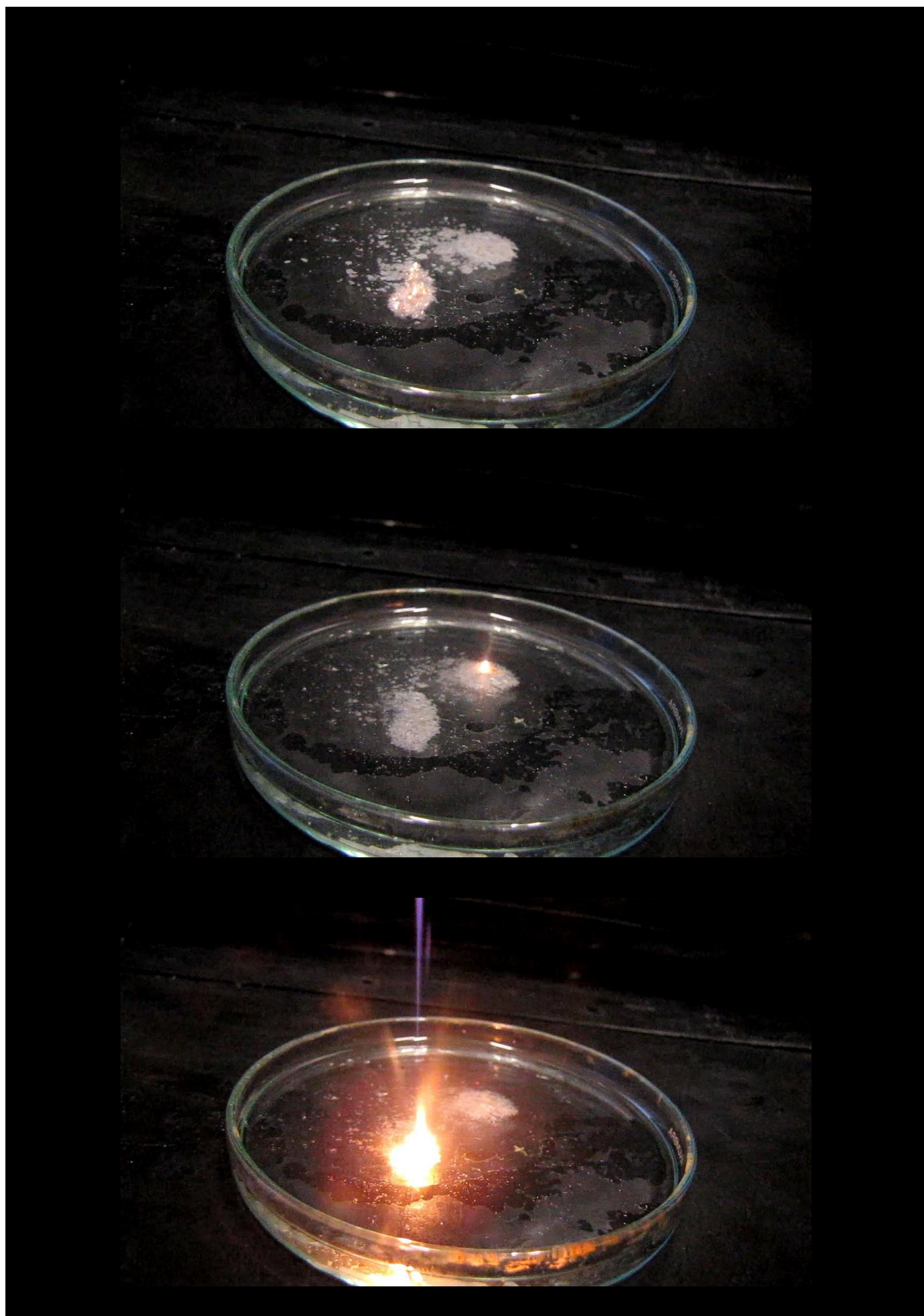
Получение силицида магния. Образование и самовоспламенение силана ч.6-3

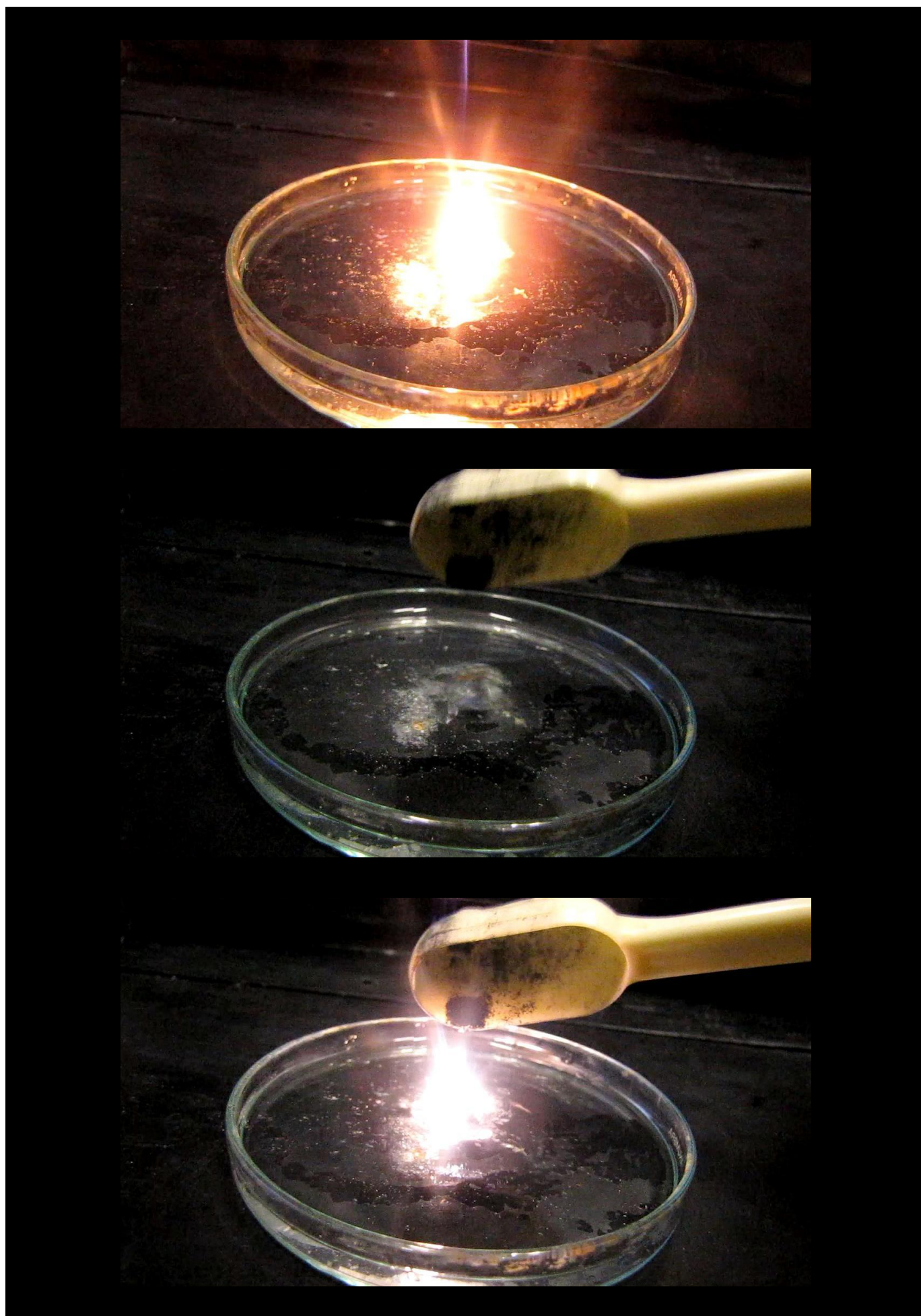
В.Н. Витер

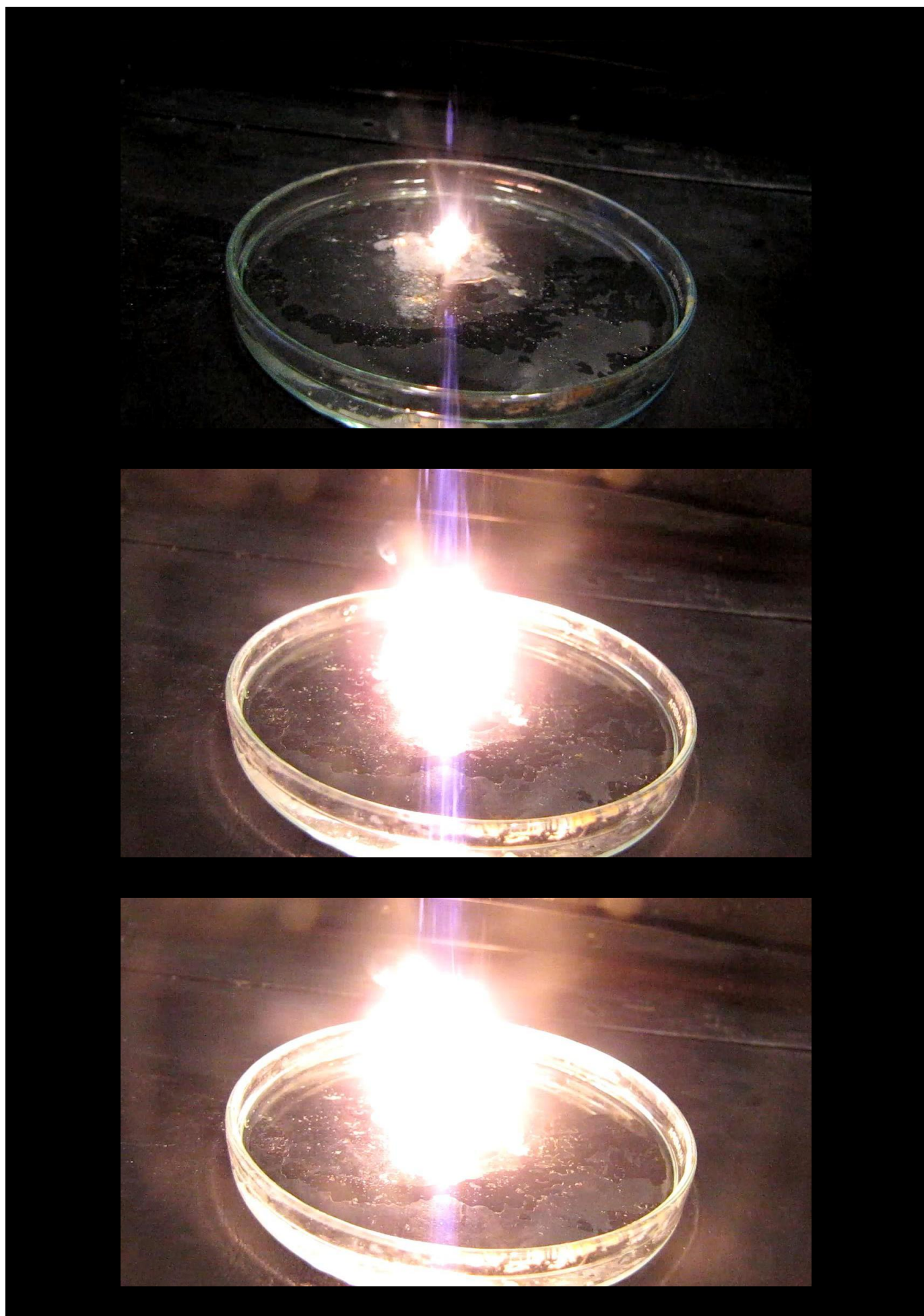
"Силановый ужас" (реакция силицида магния с водой)

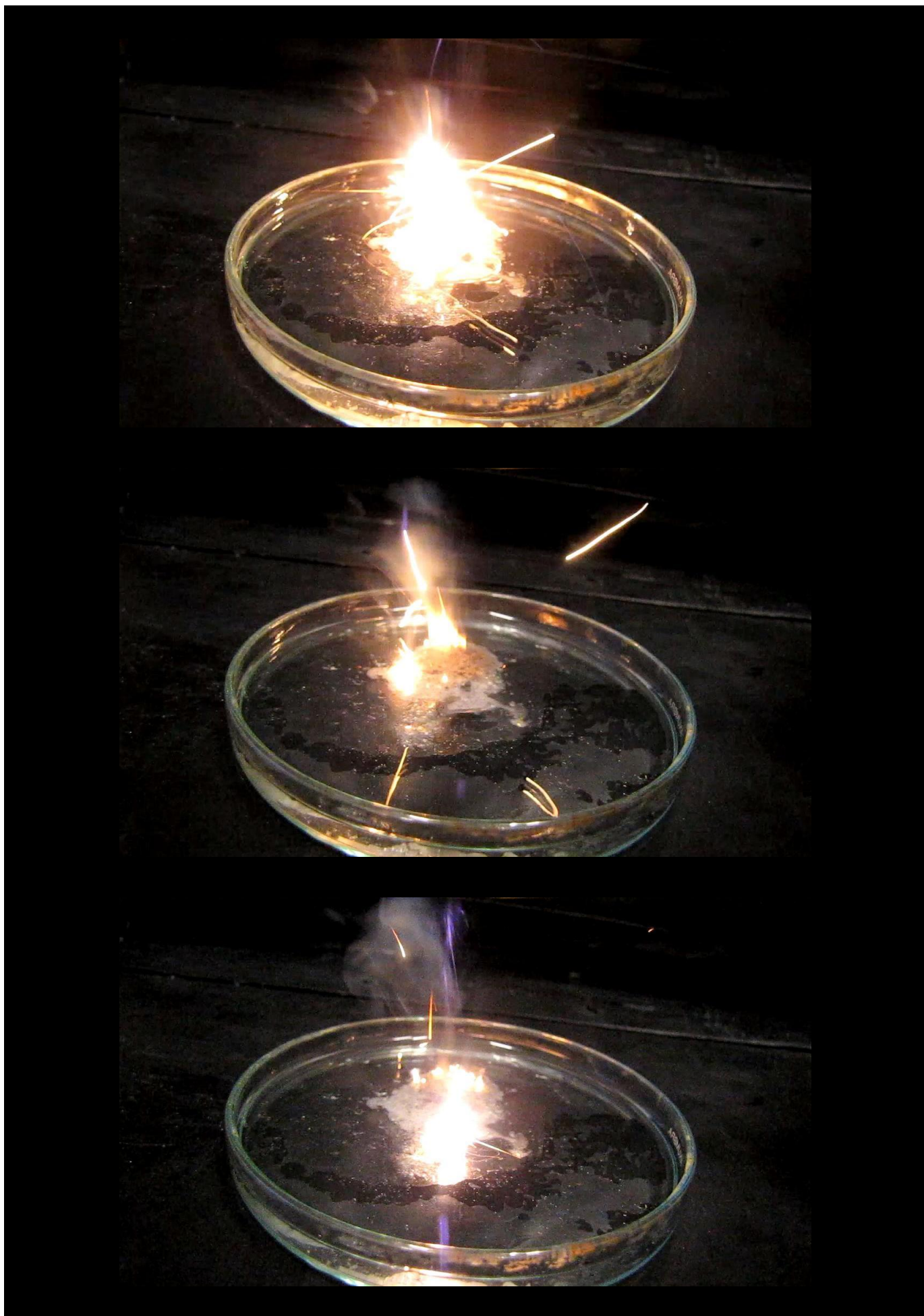
Описание эксперимента вы найдете в первой части статьи [\[ссылка \(ч.6-1\)\]](#). Ниже приведены фотографии.

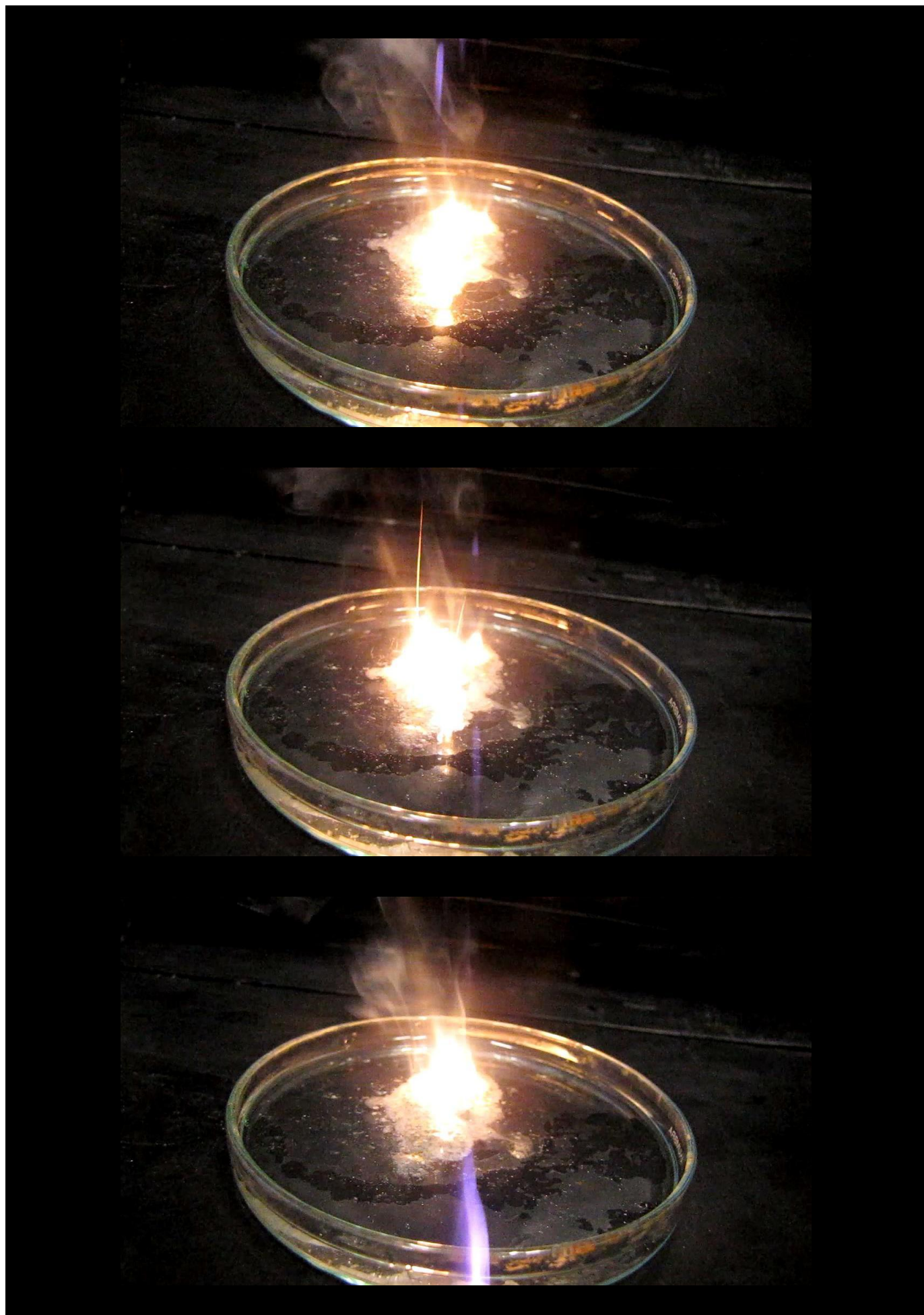




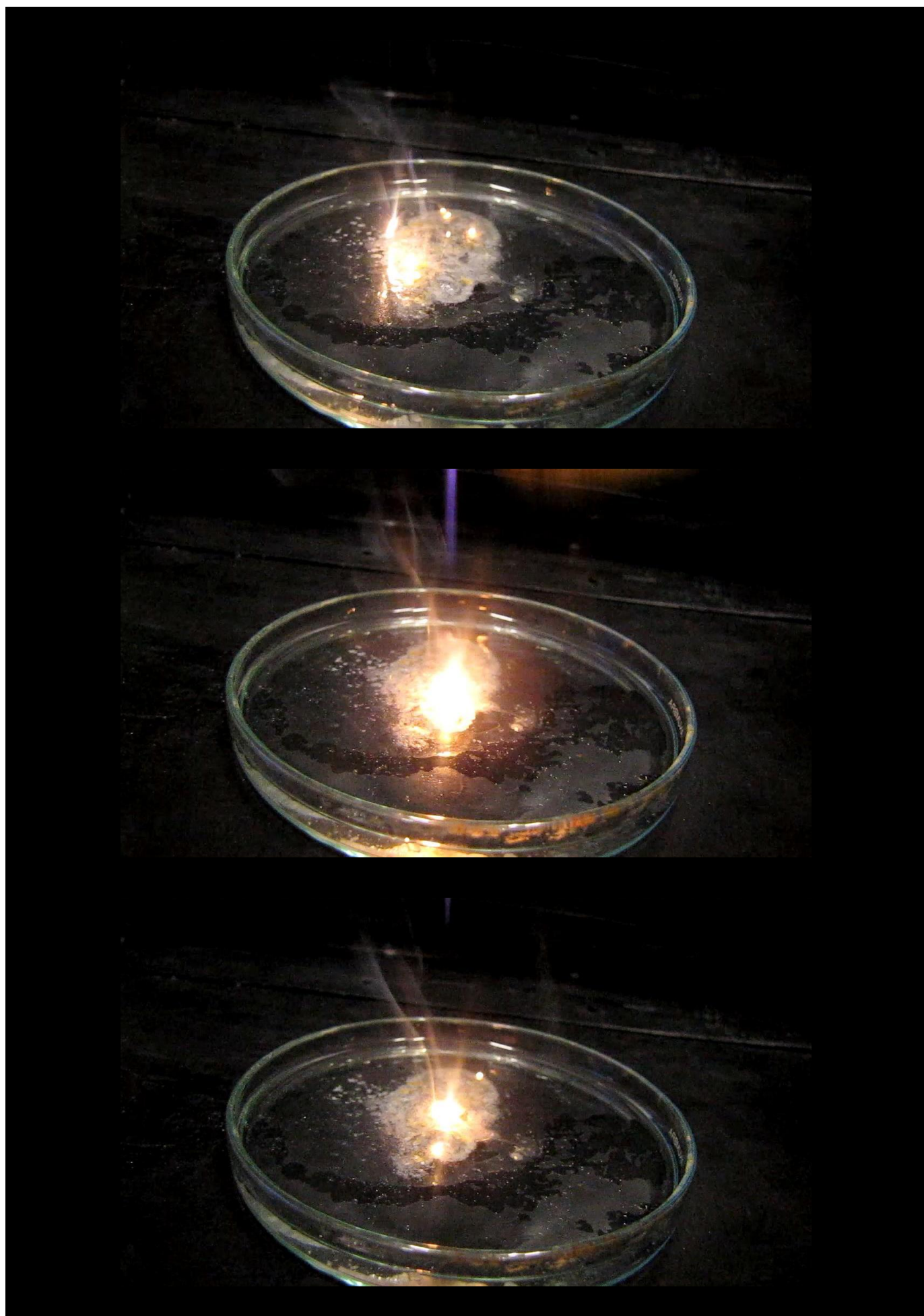


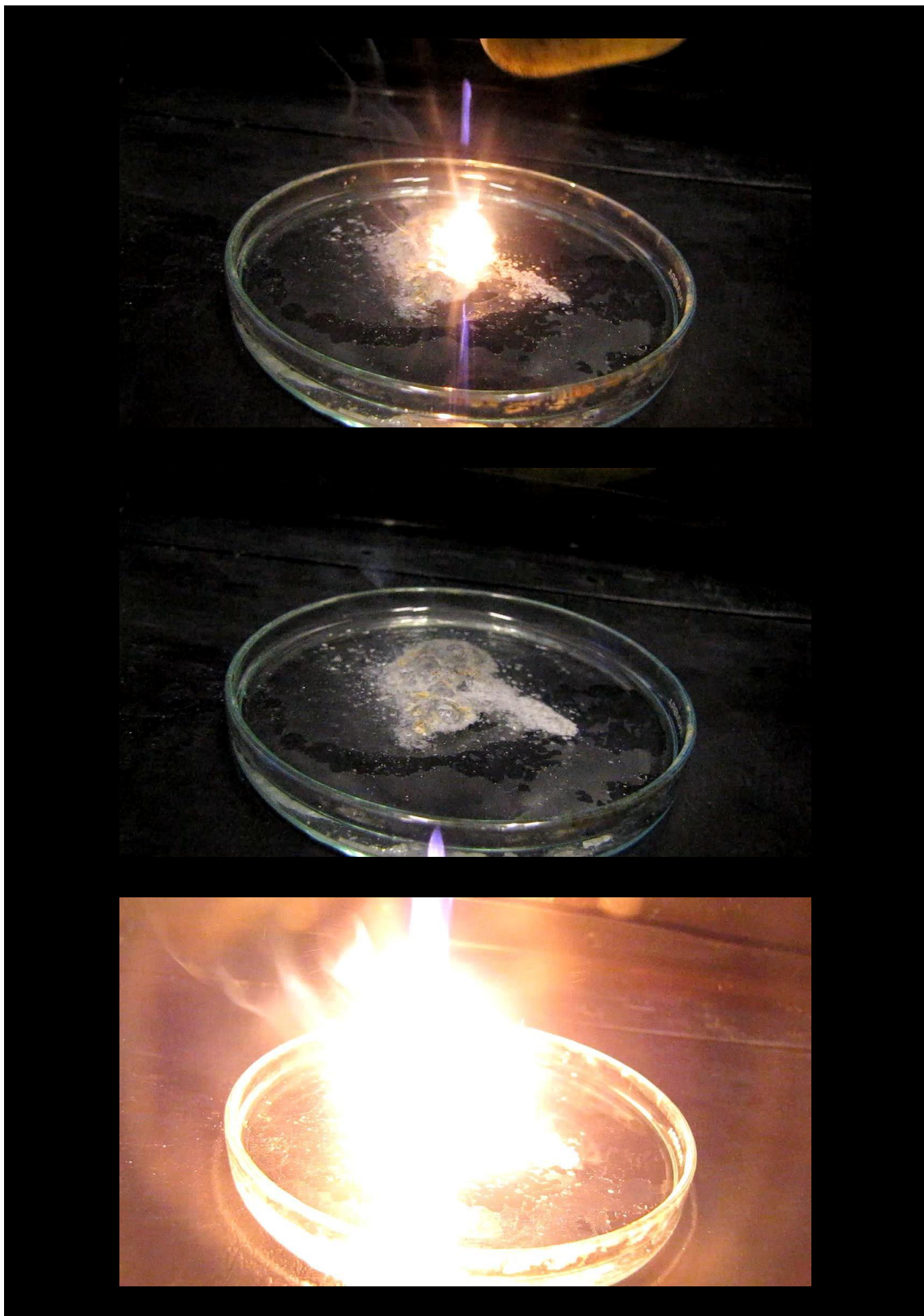




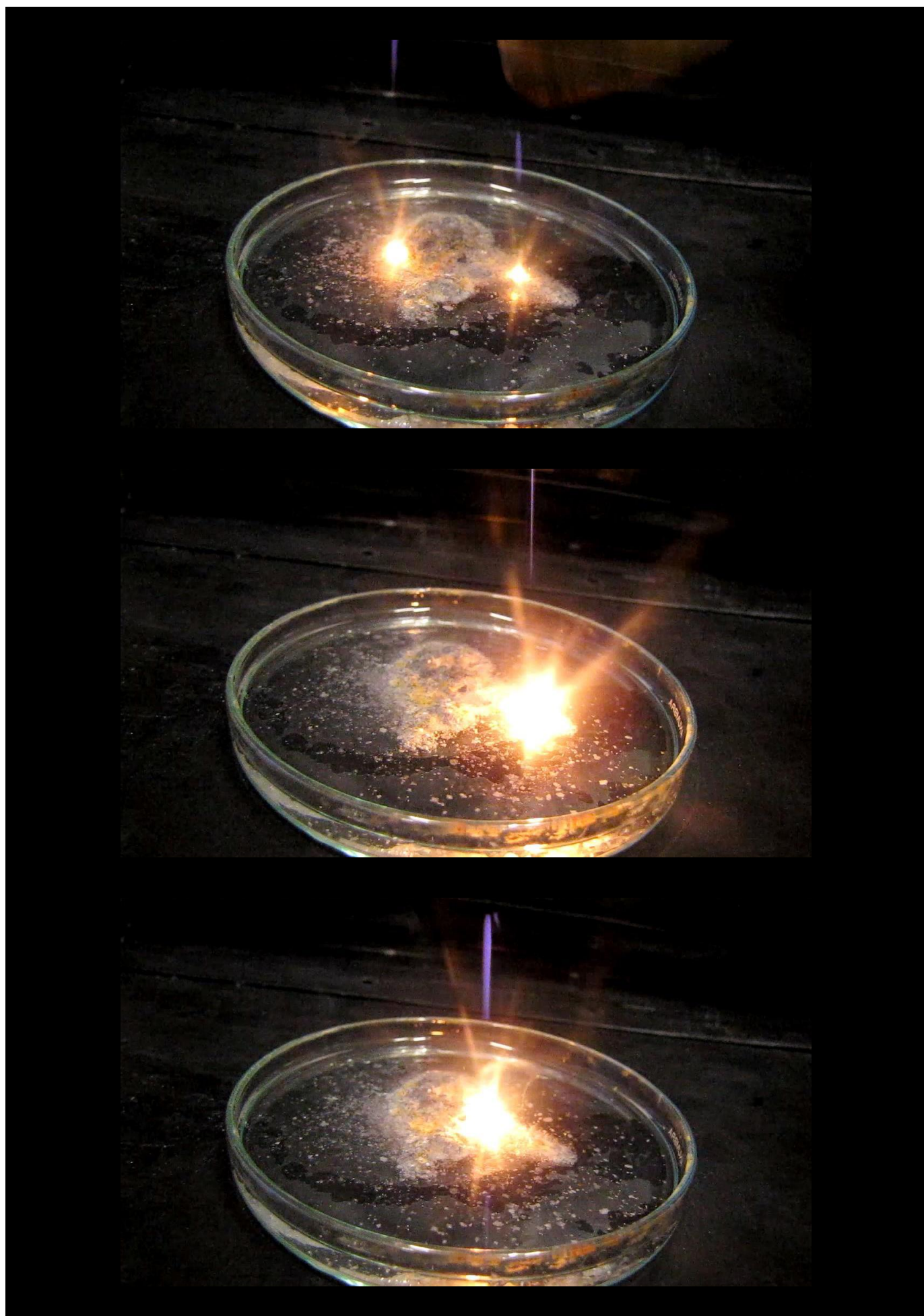


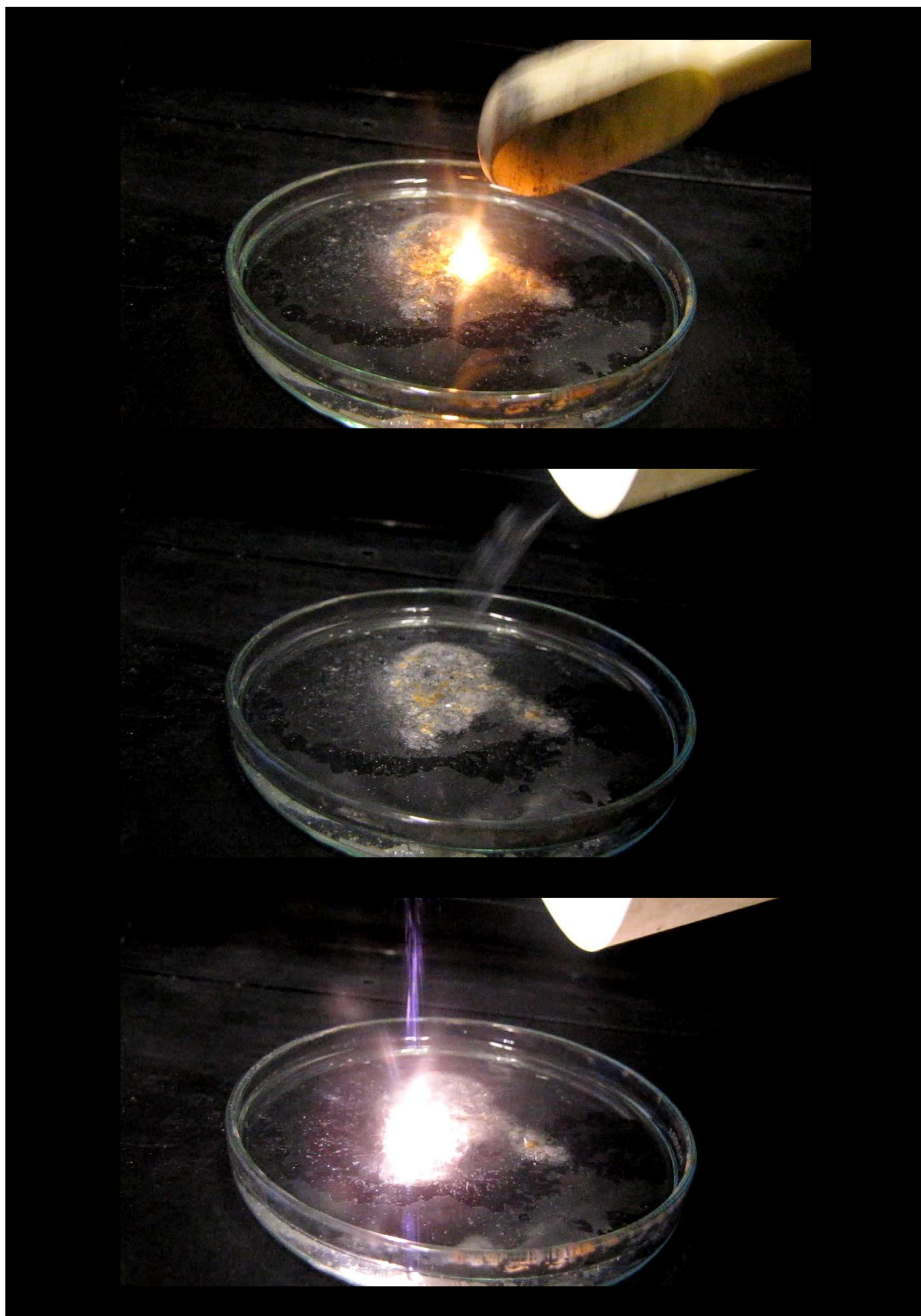


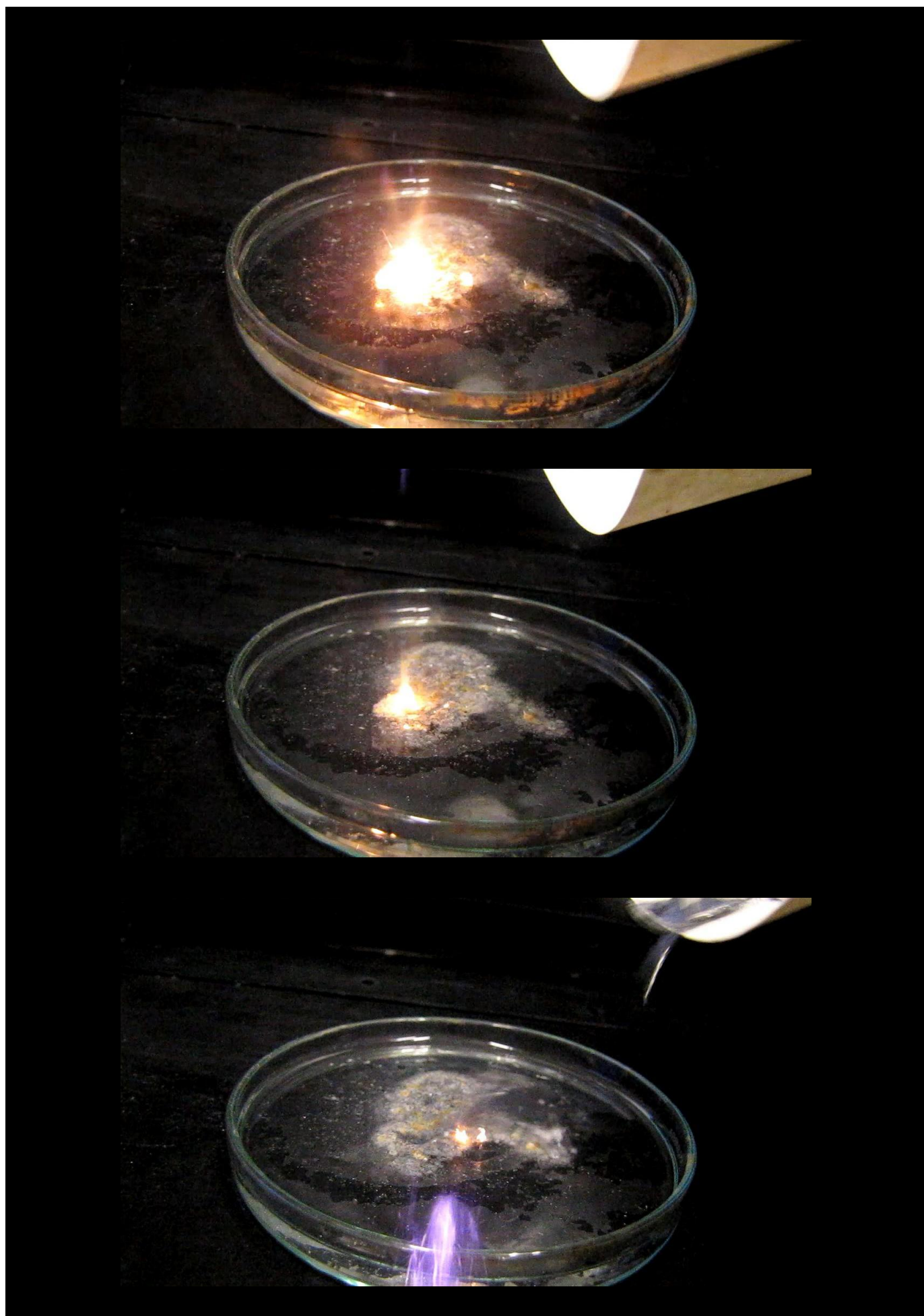


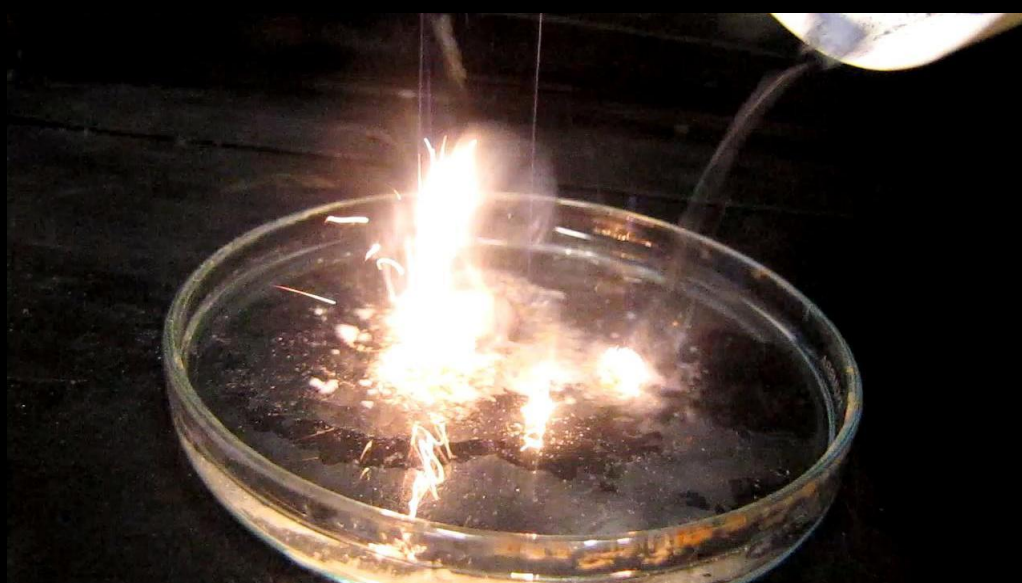
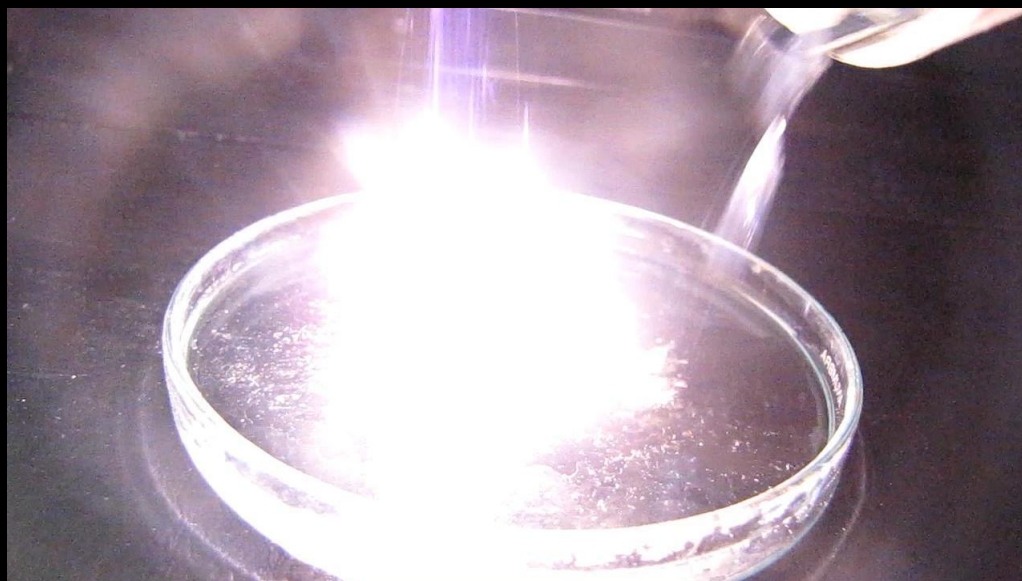


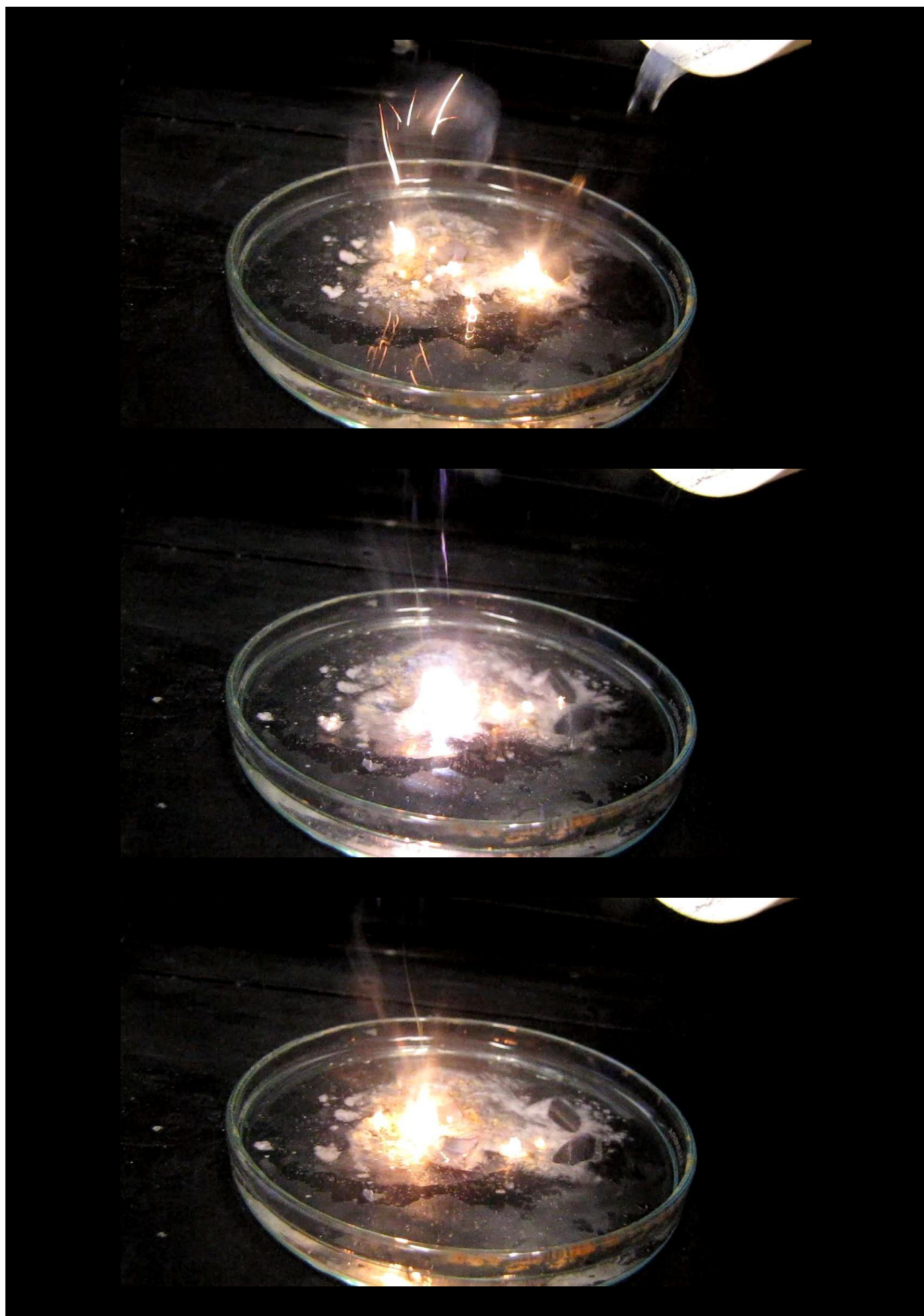


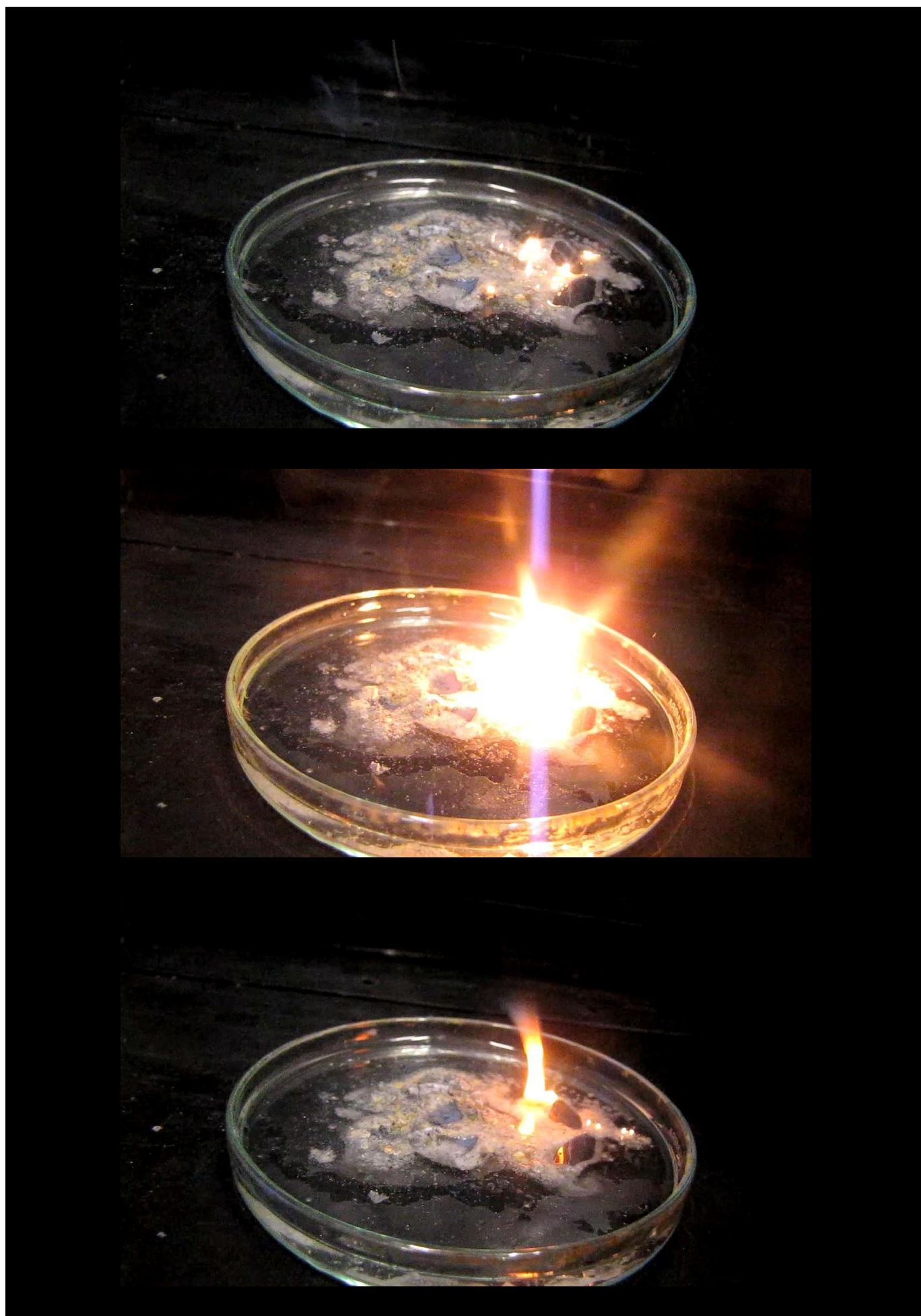


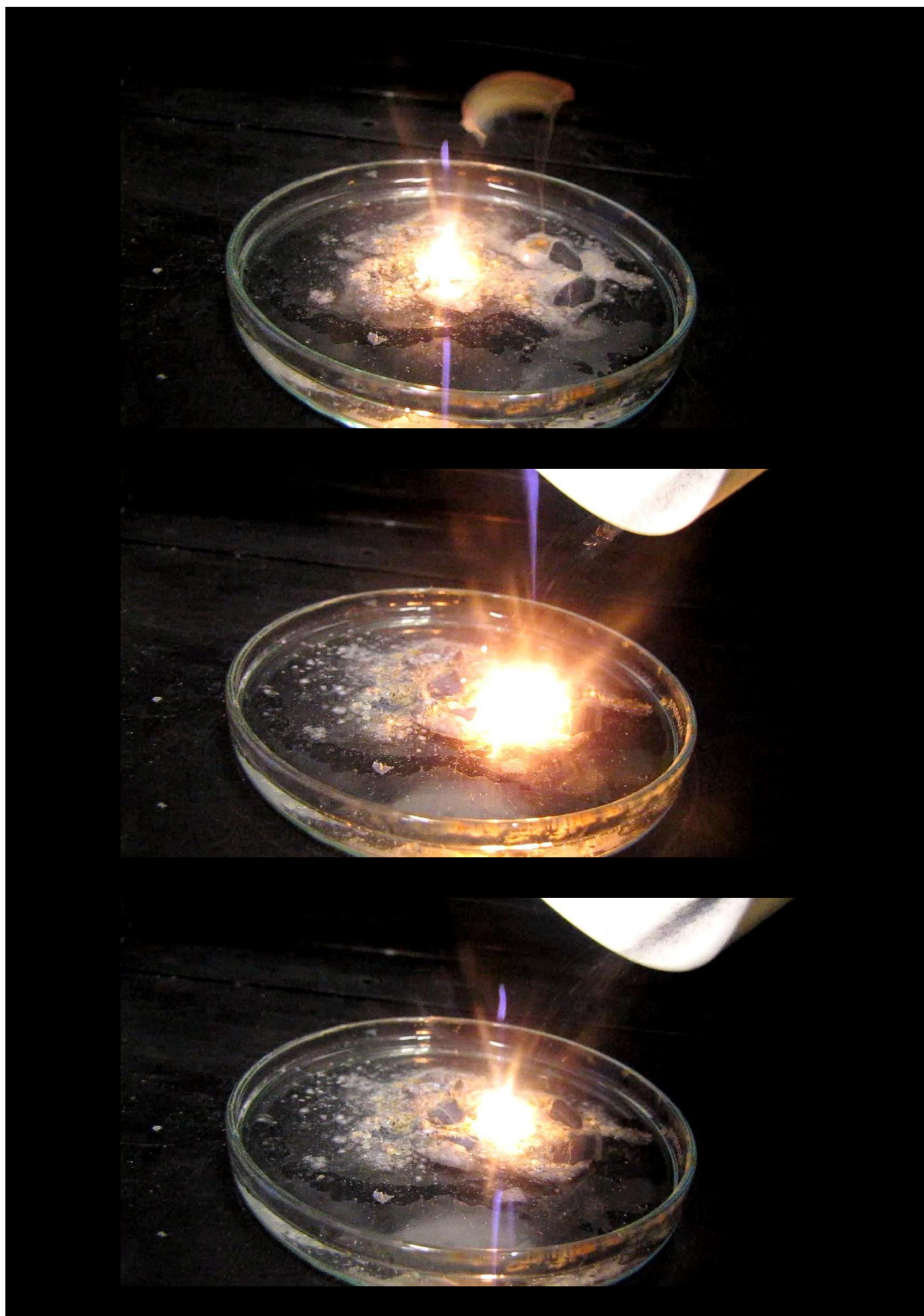


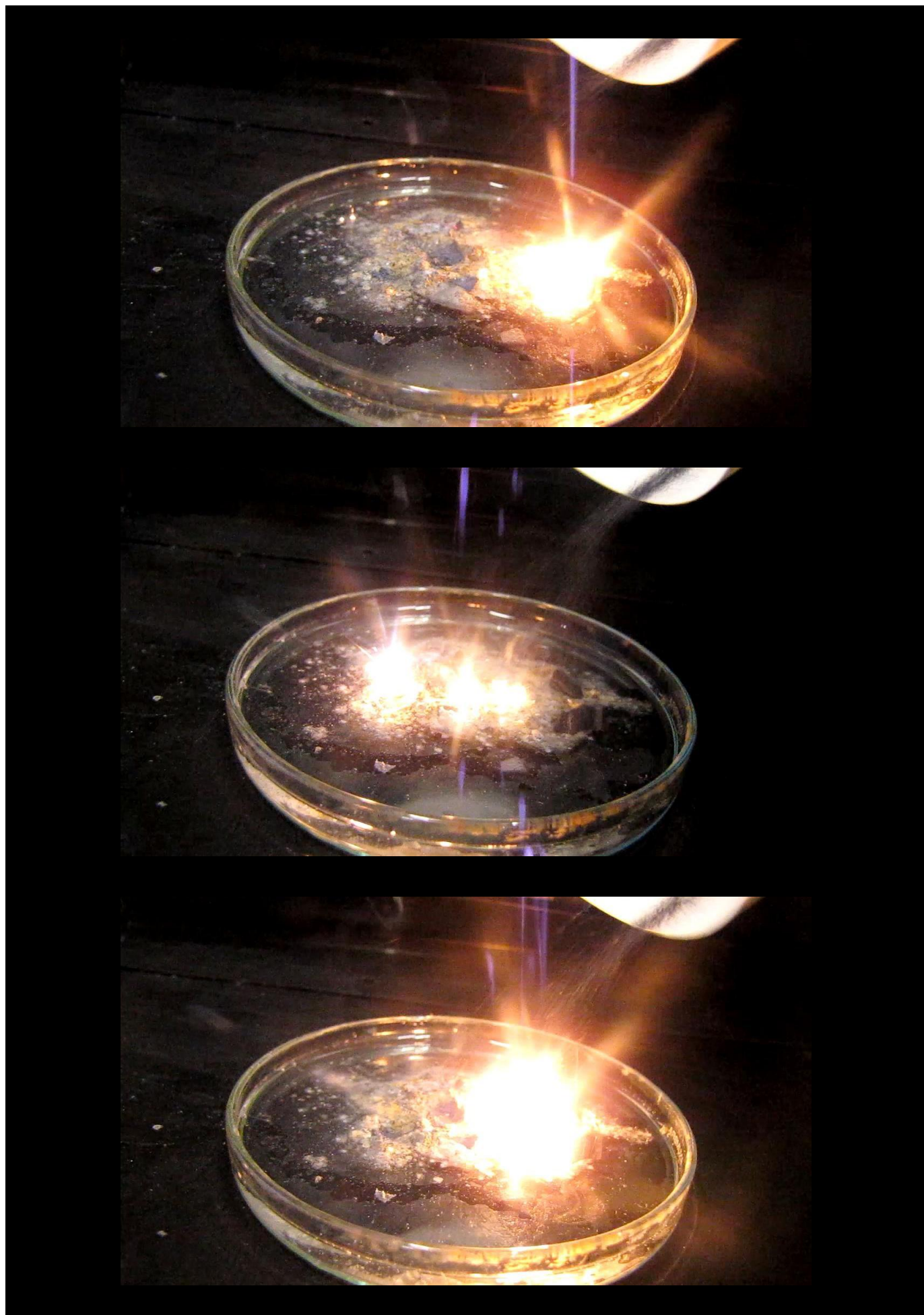


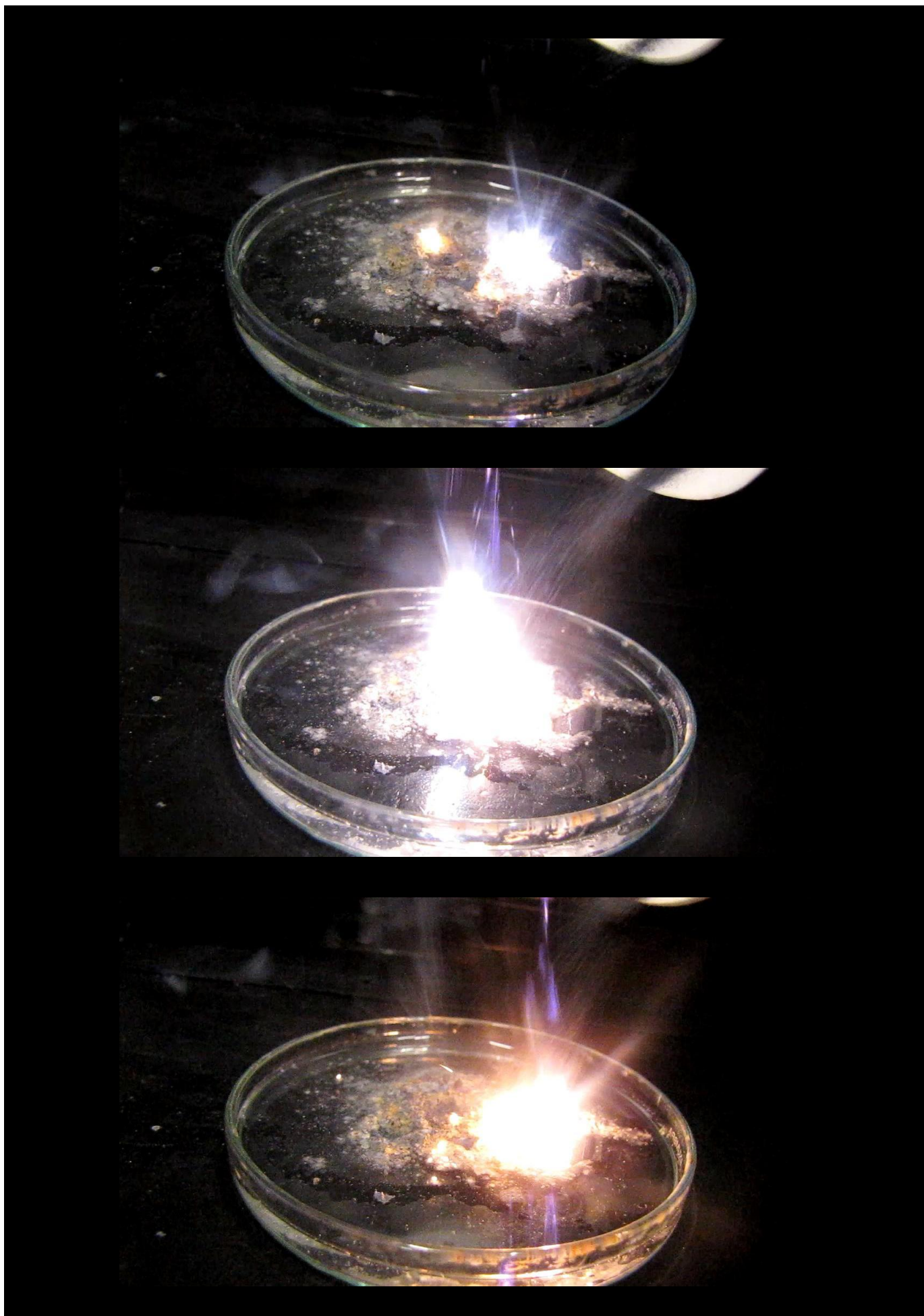






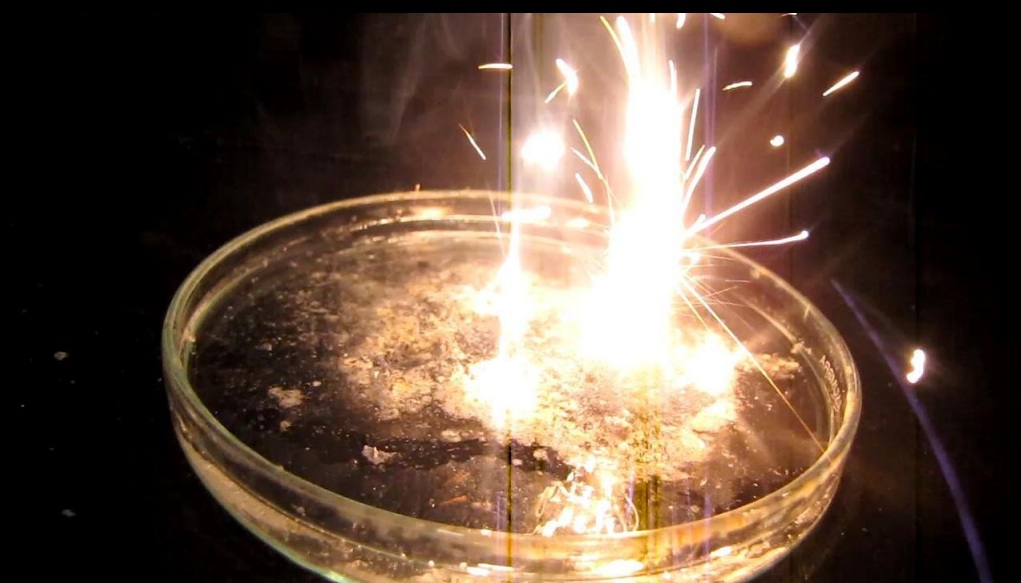
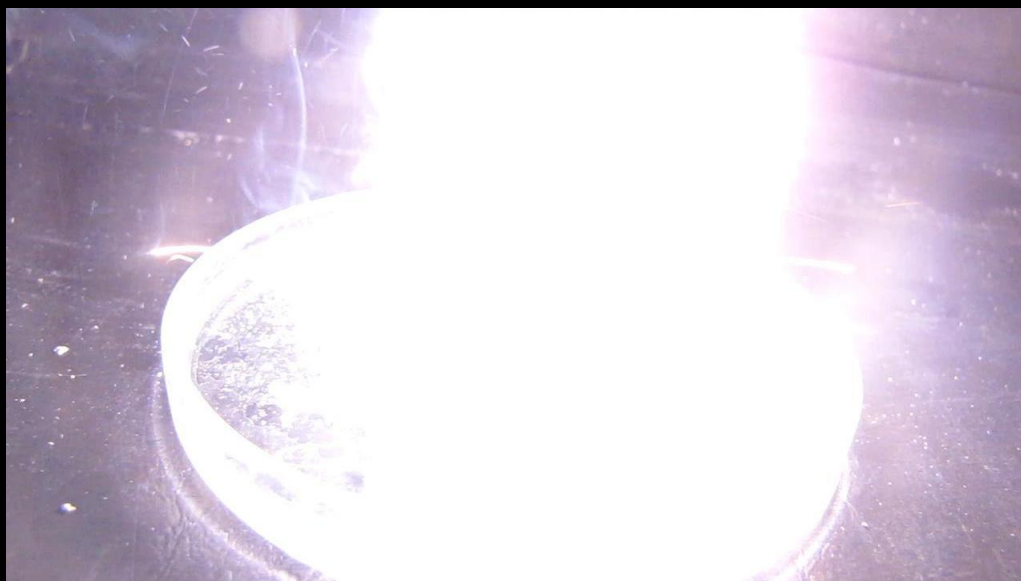


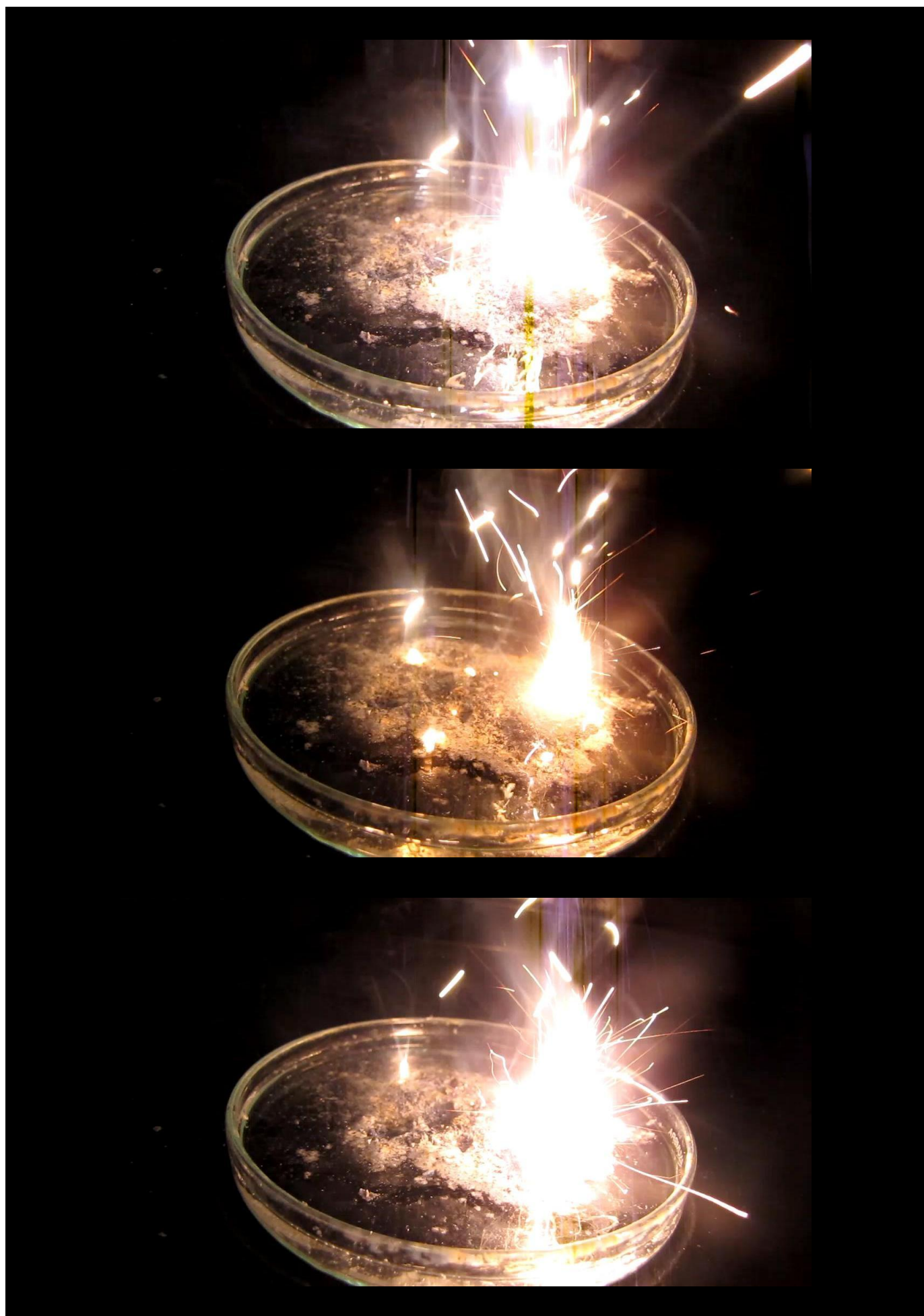


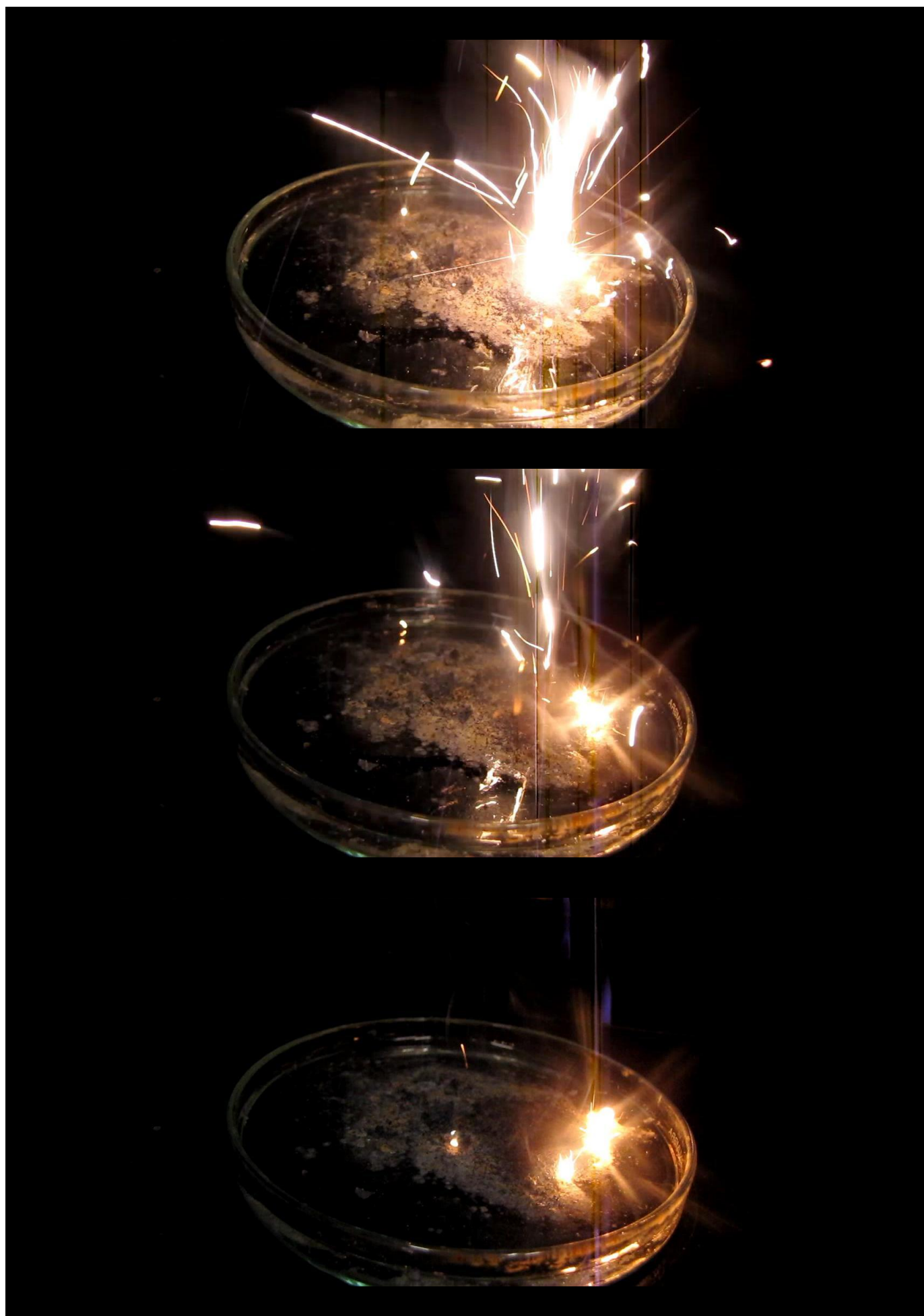


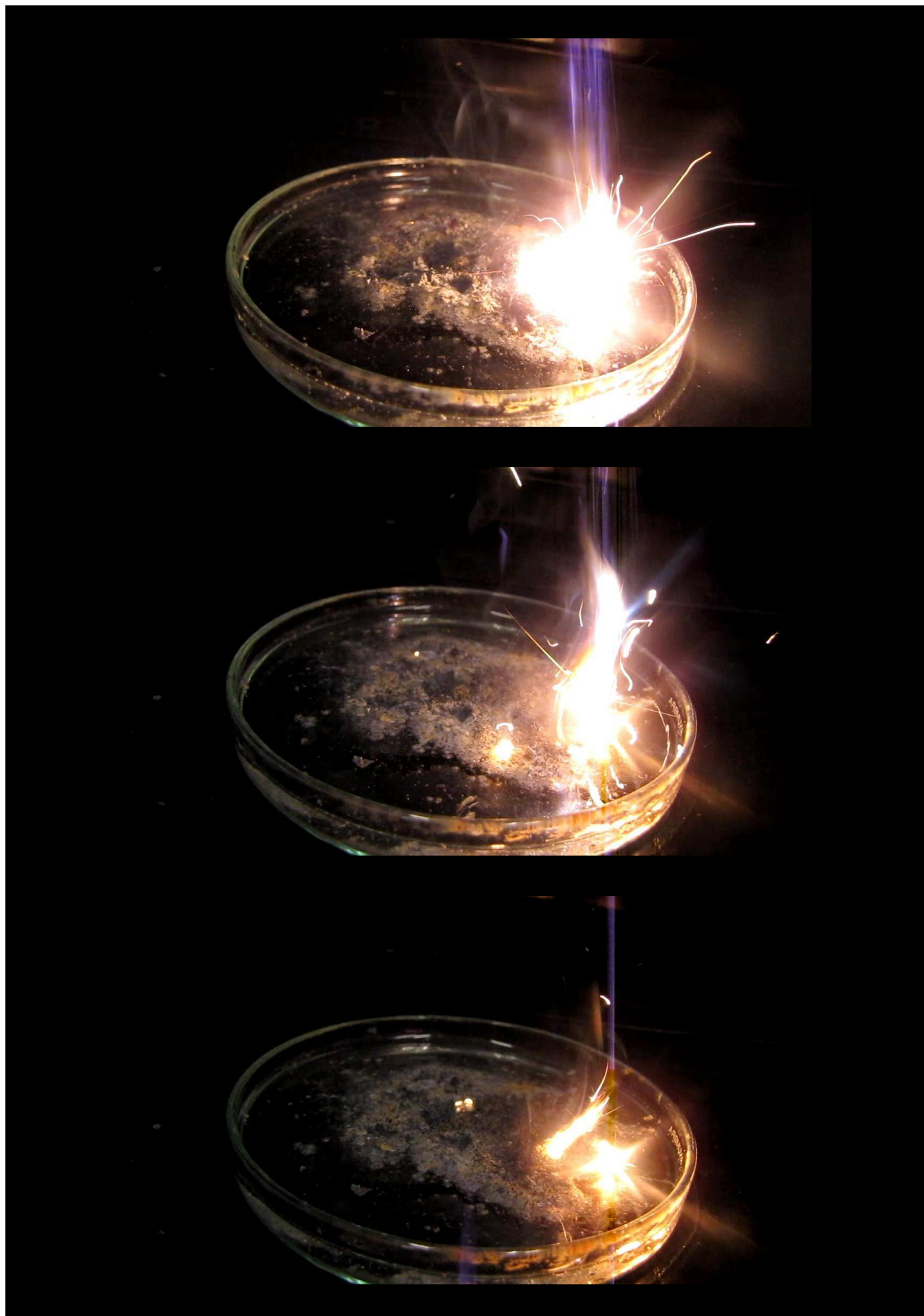




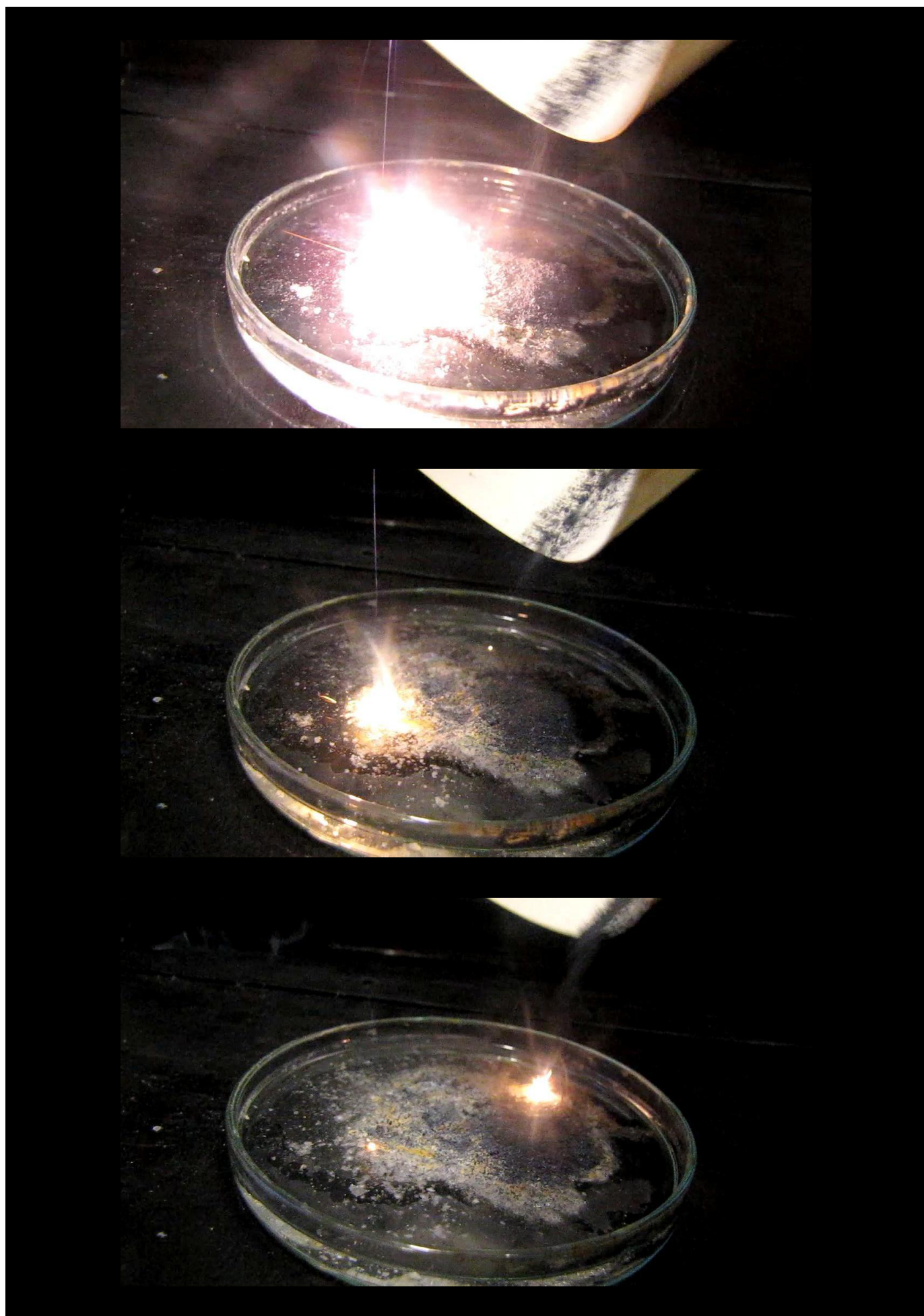


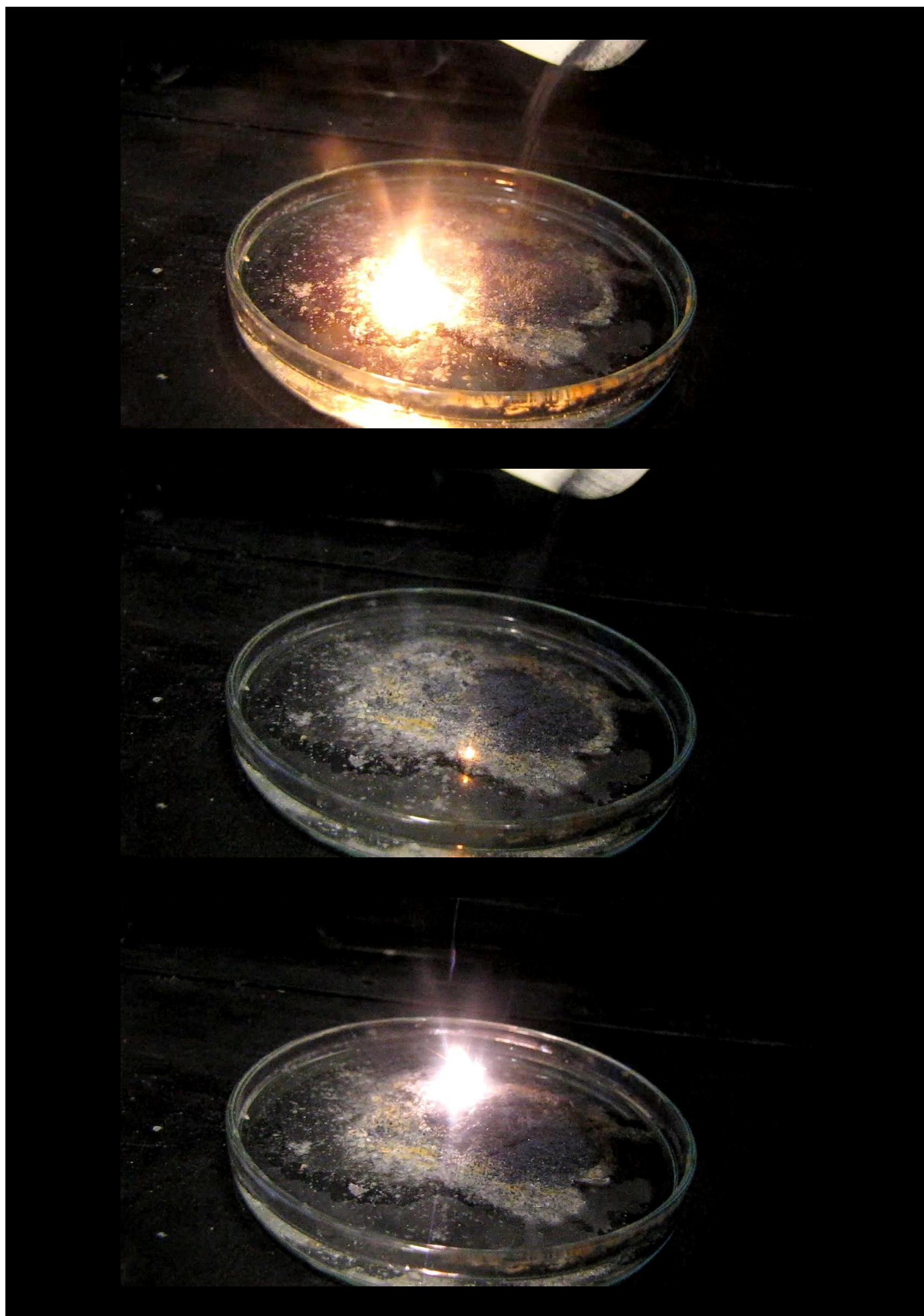


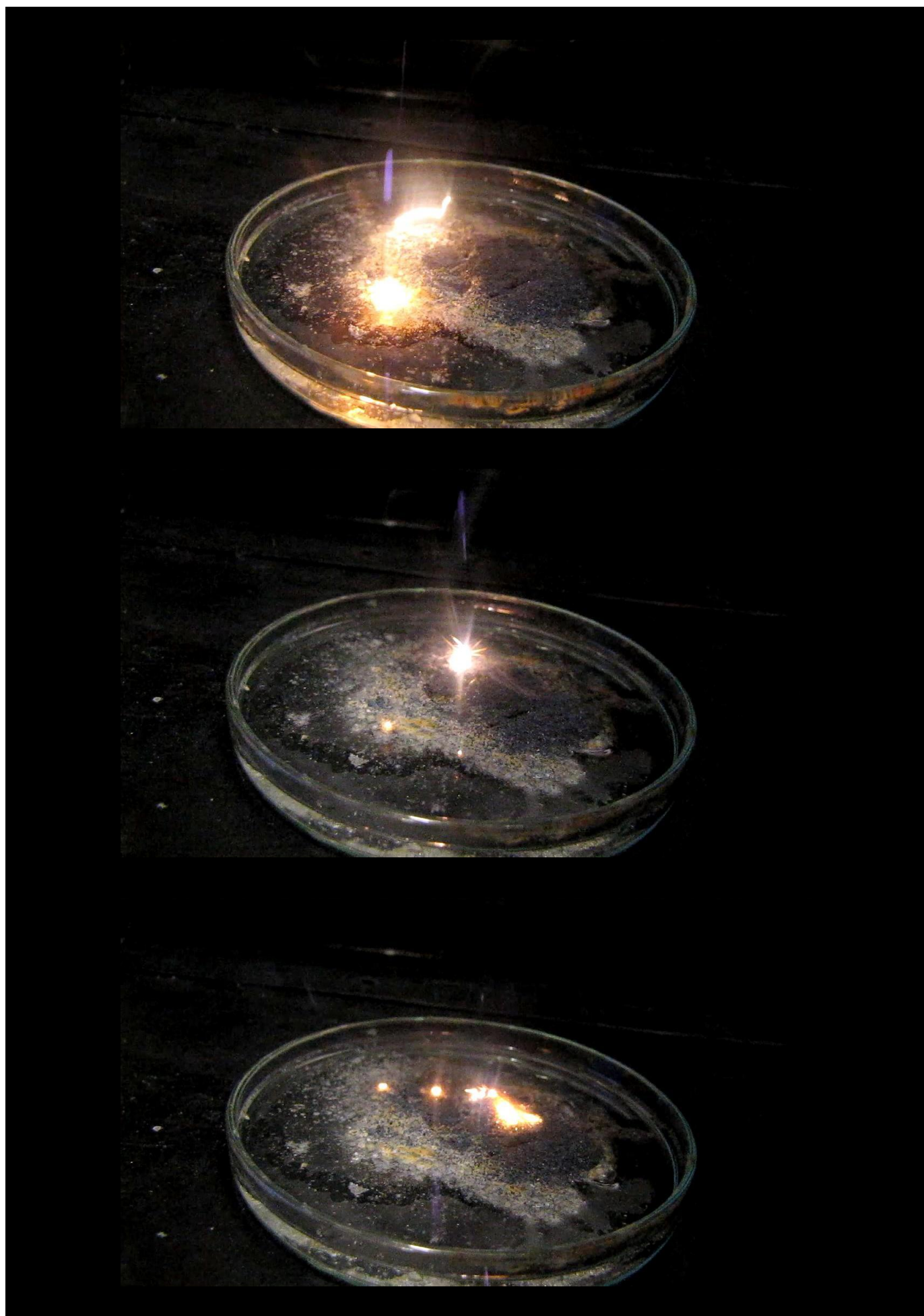


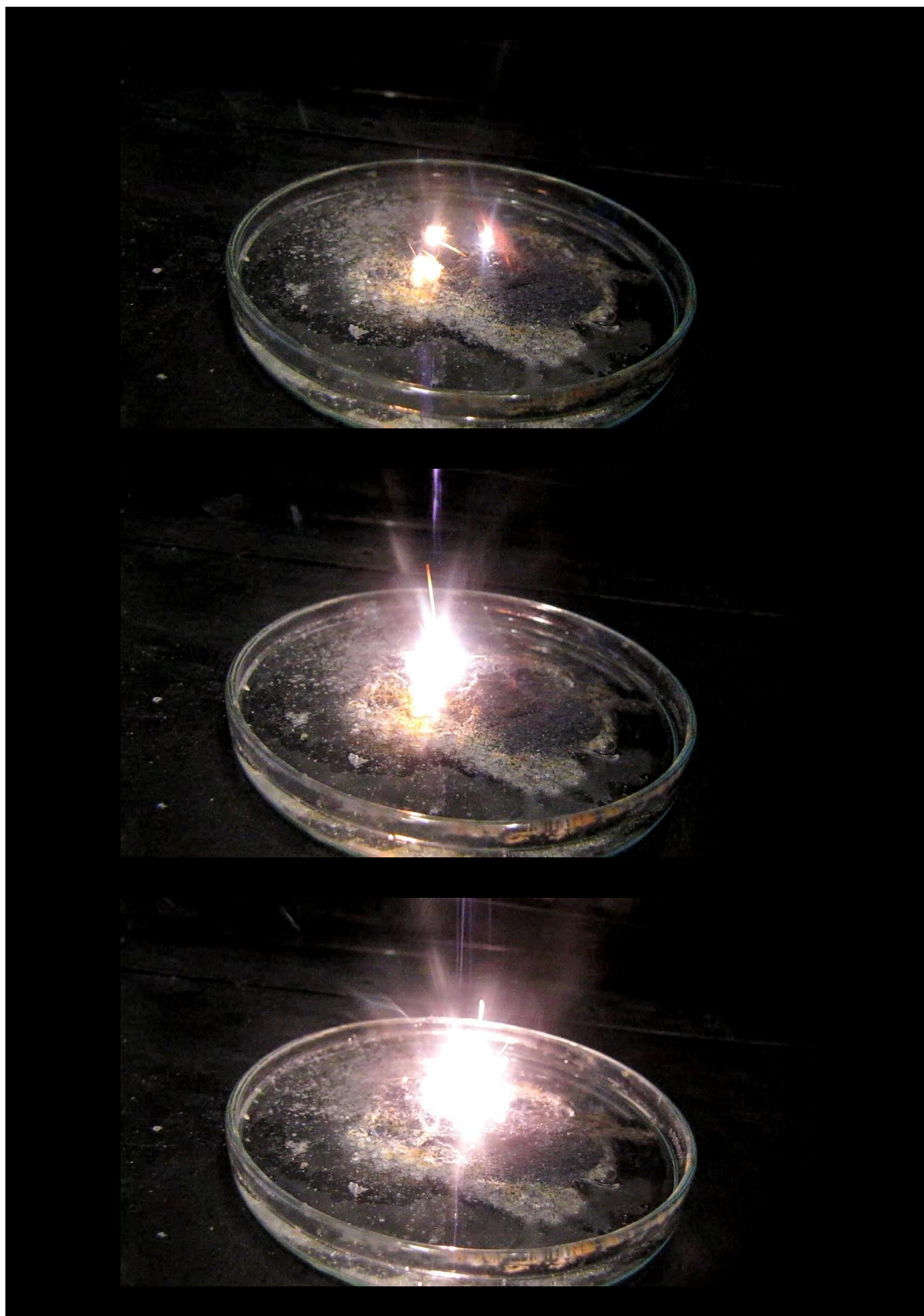




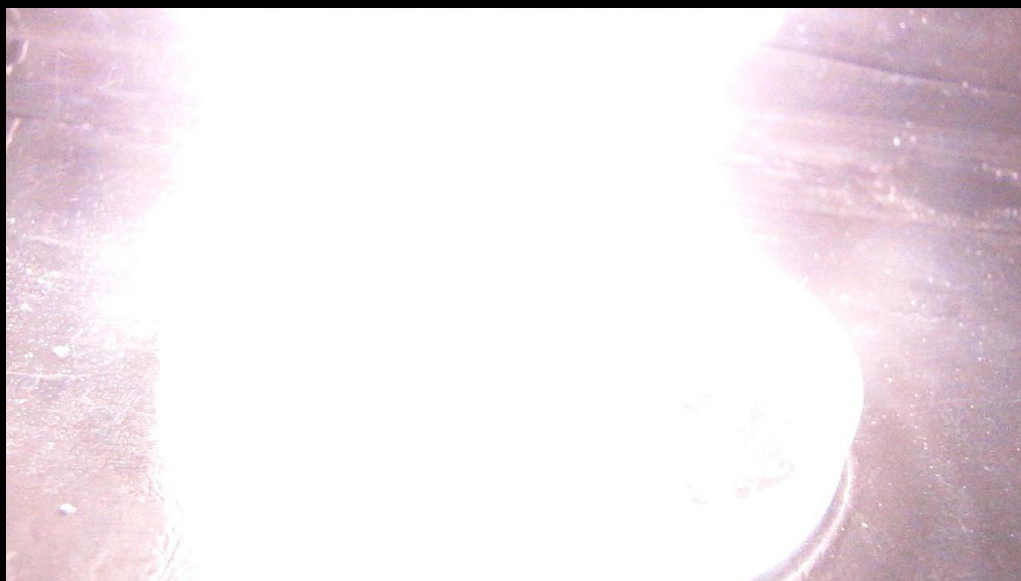


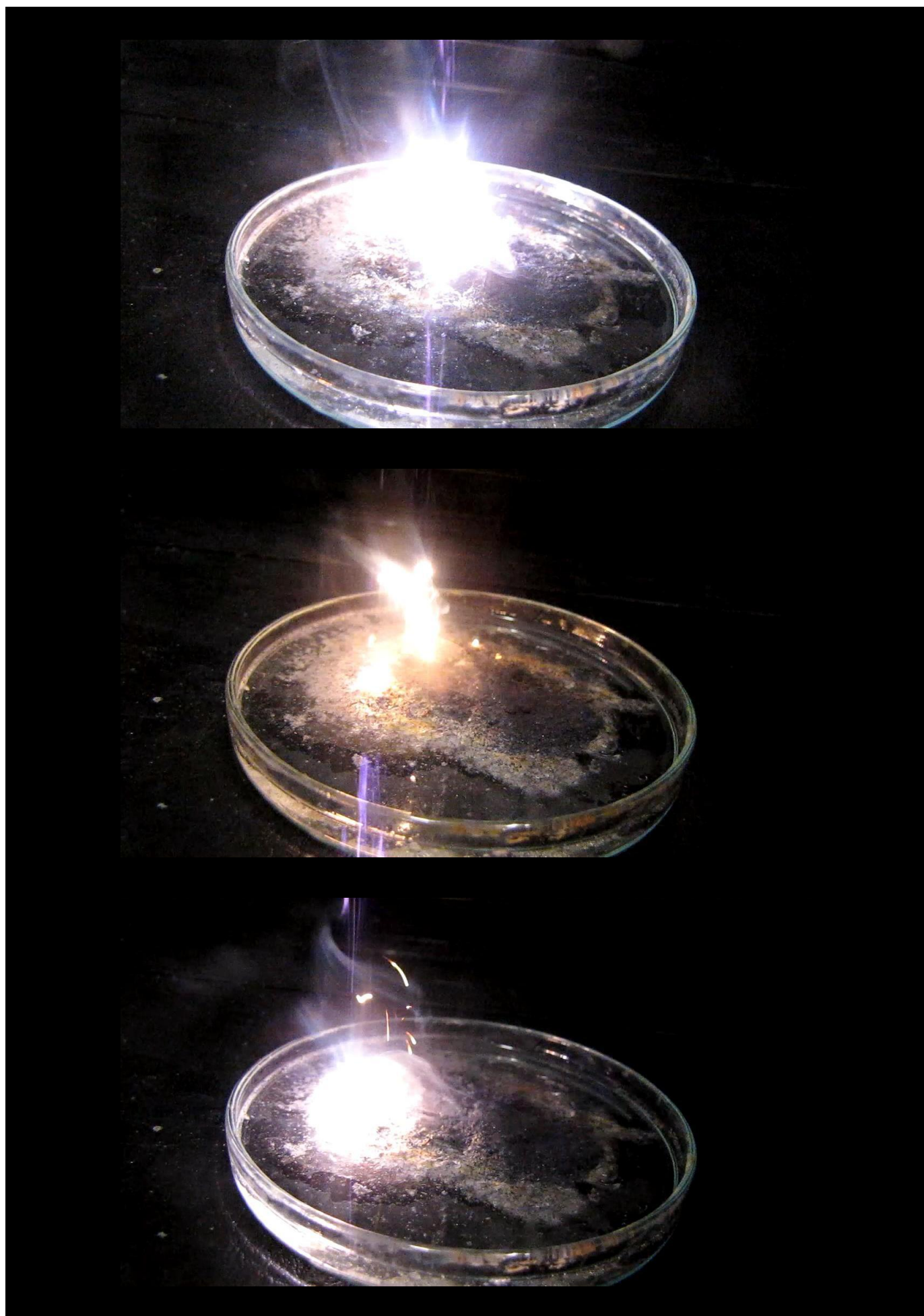




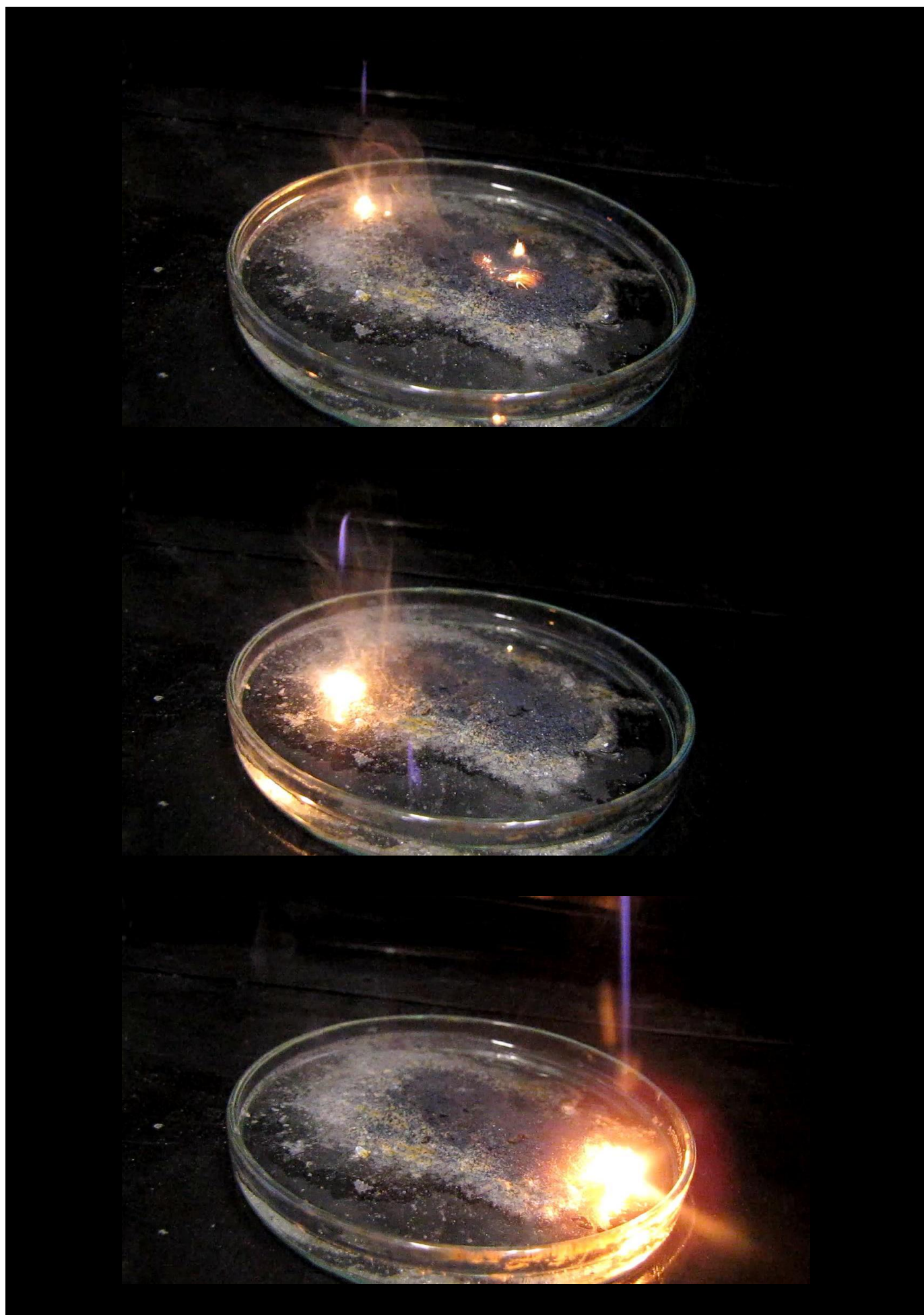


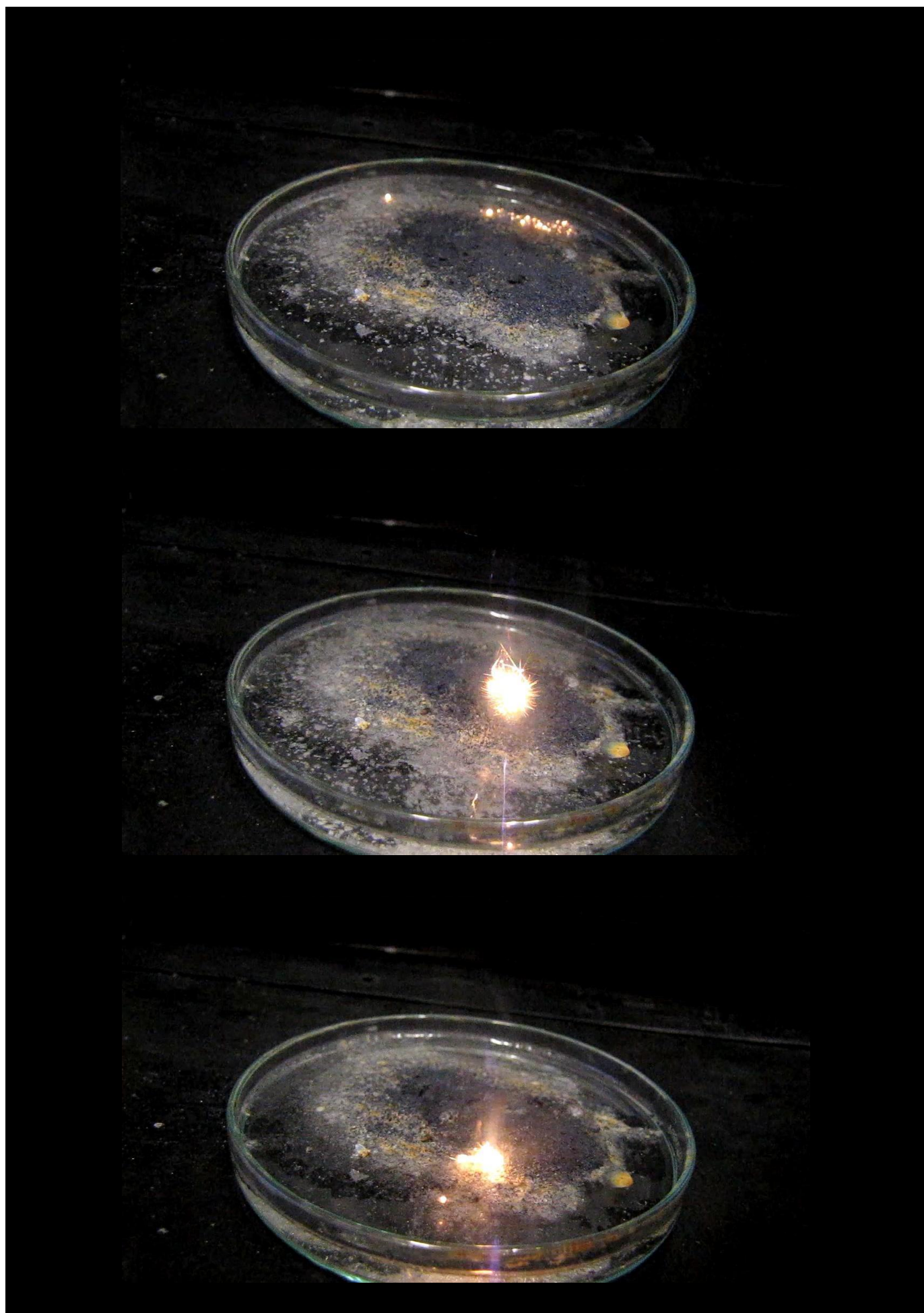






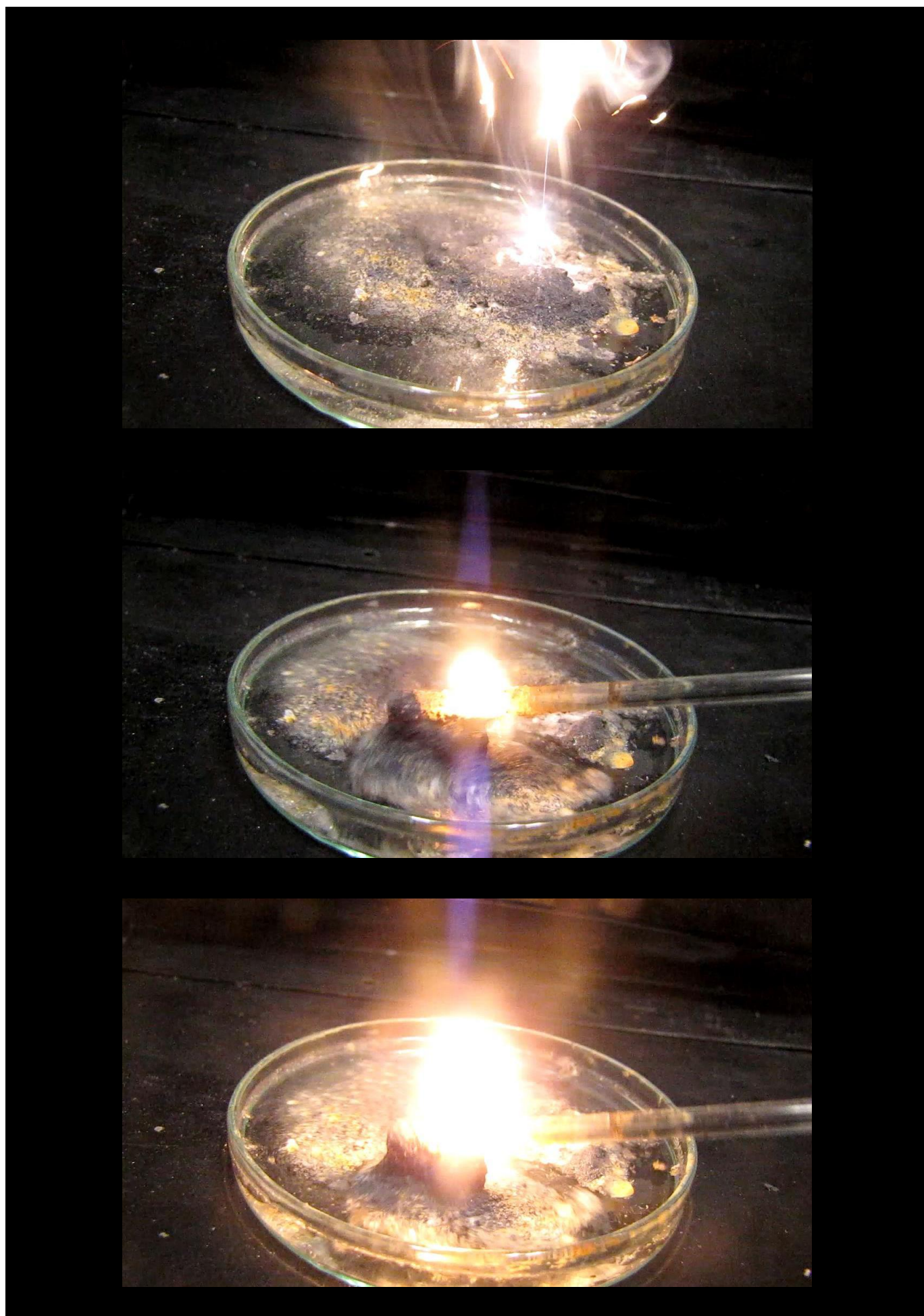




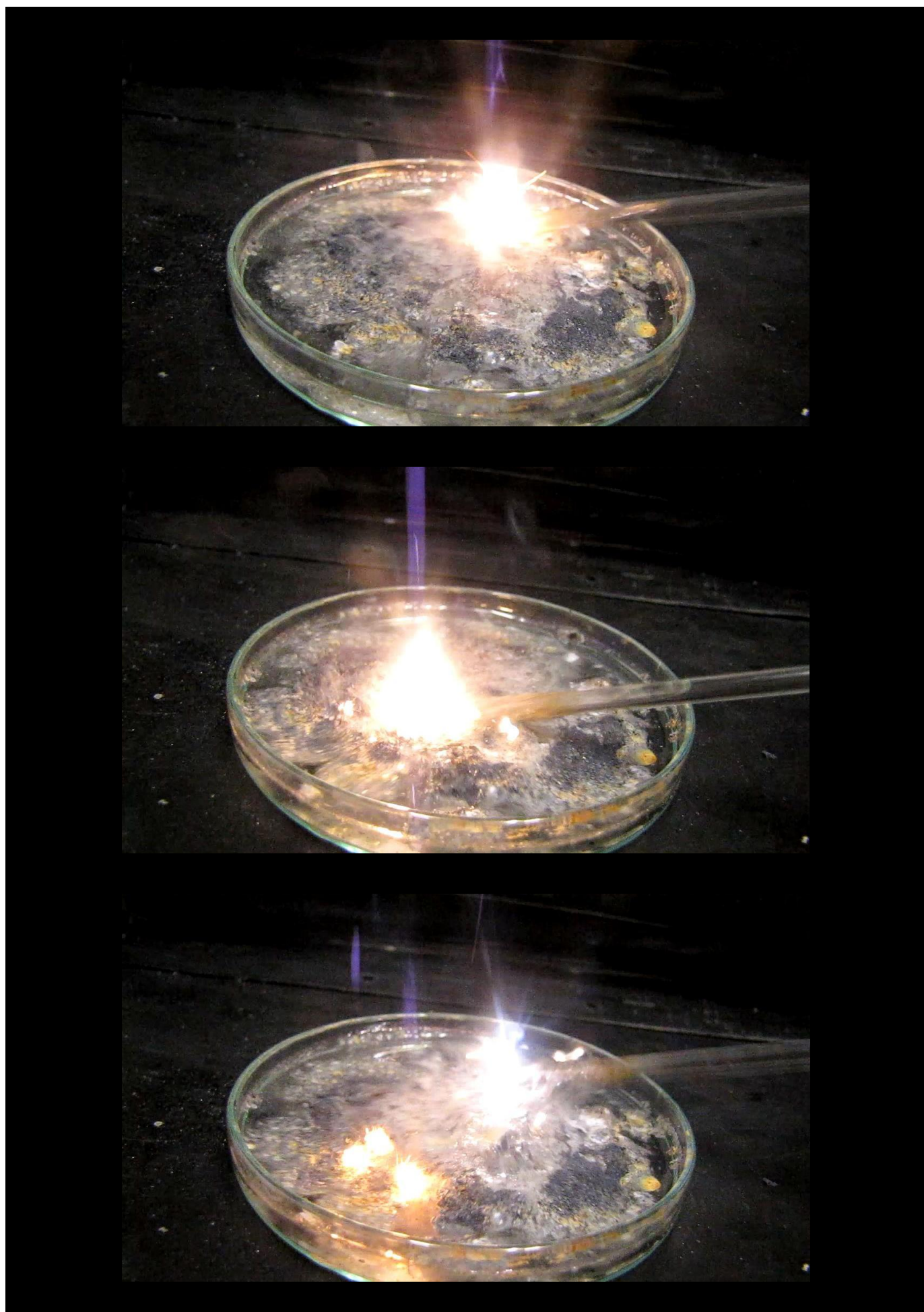






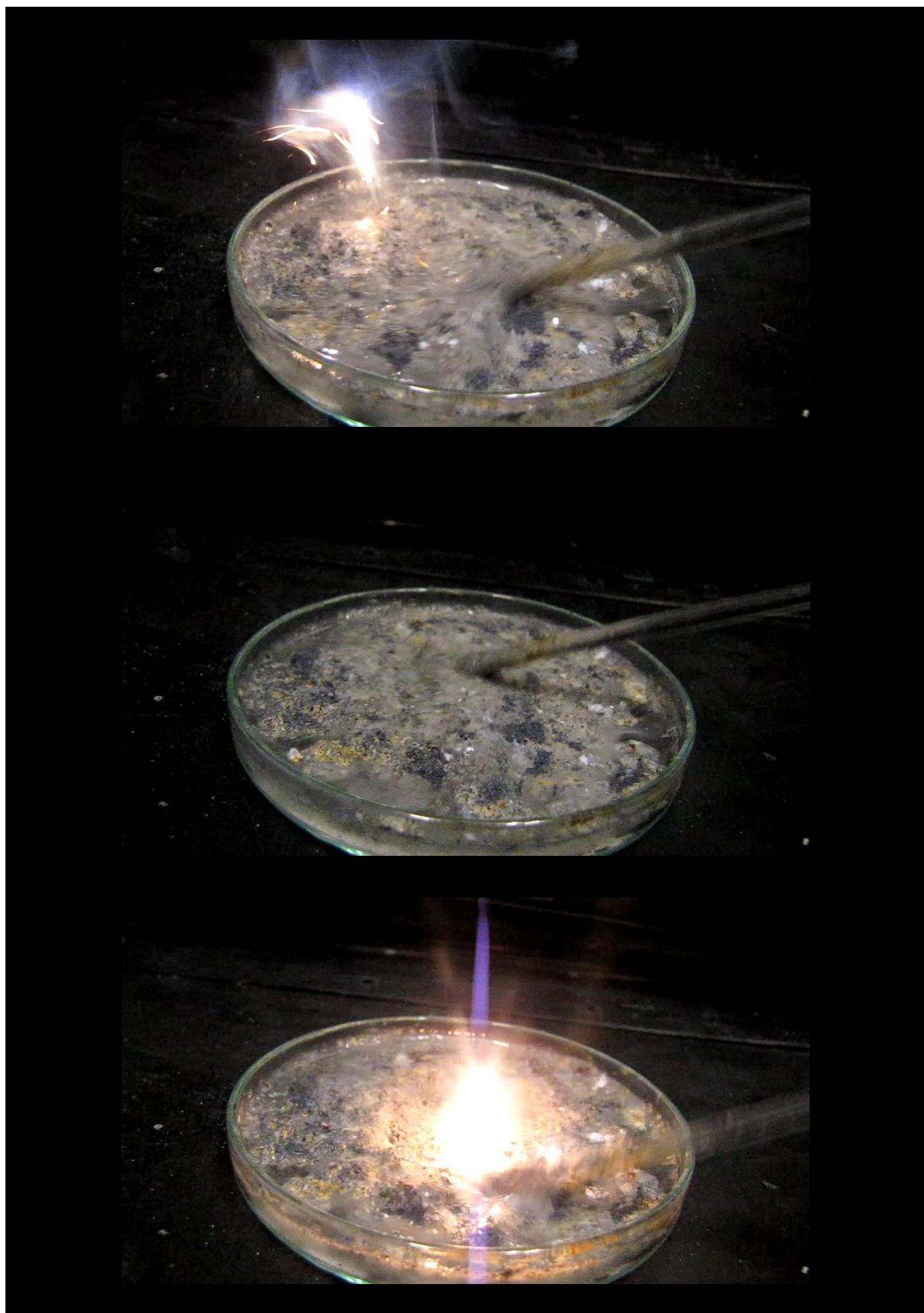


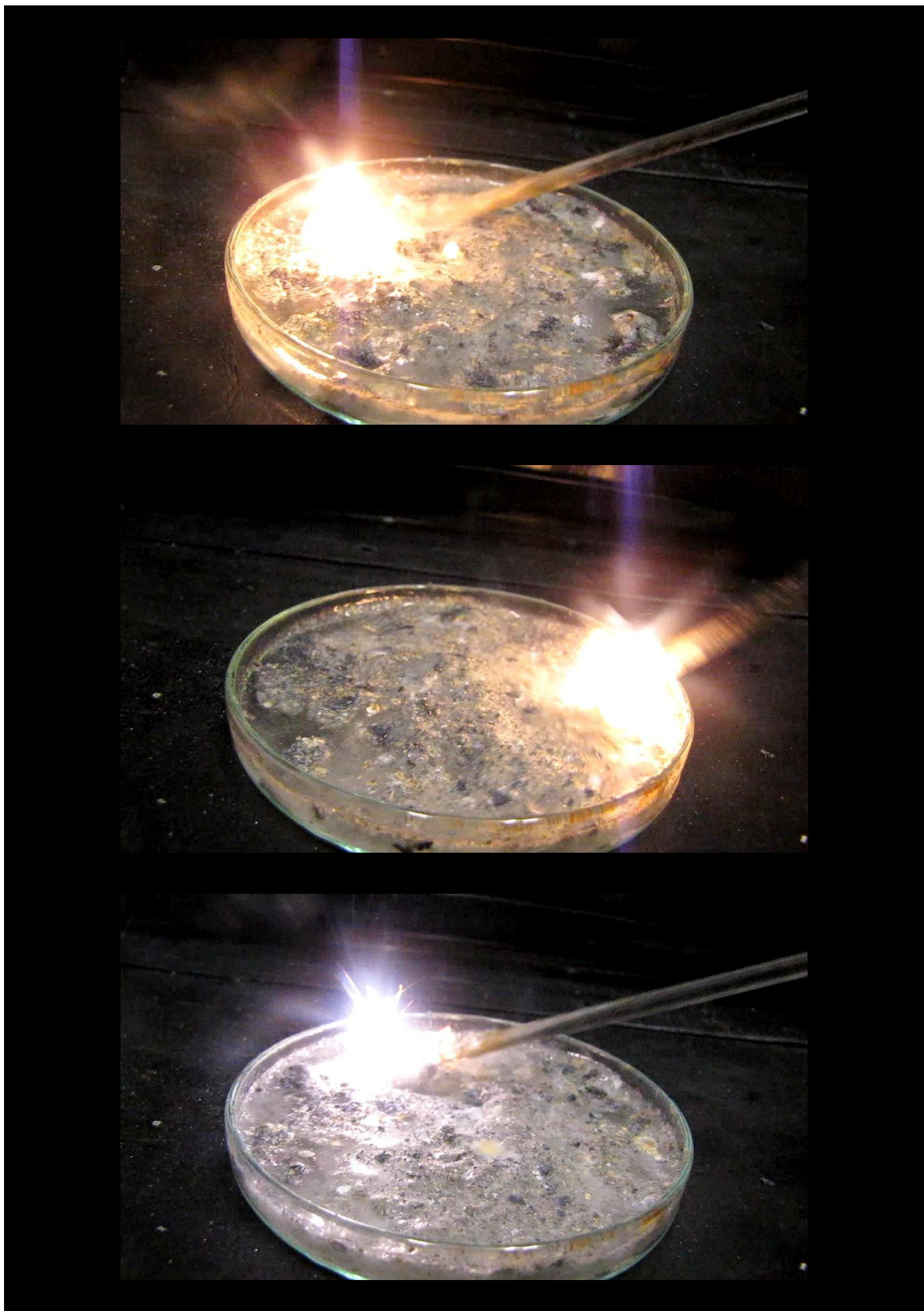


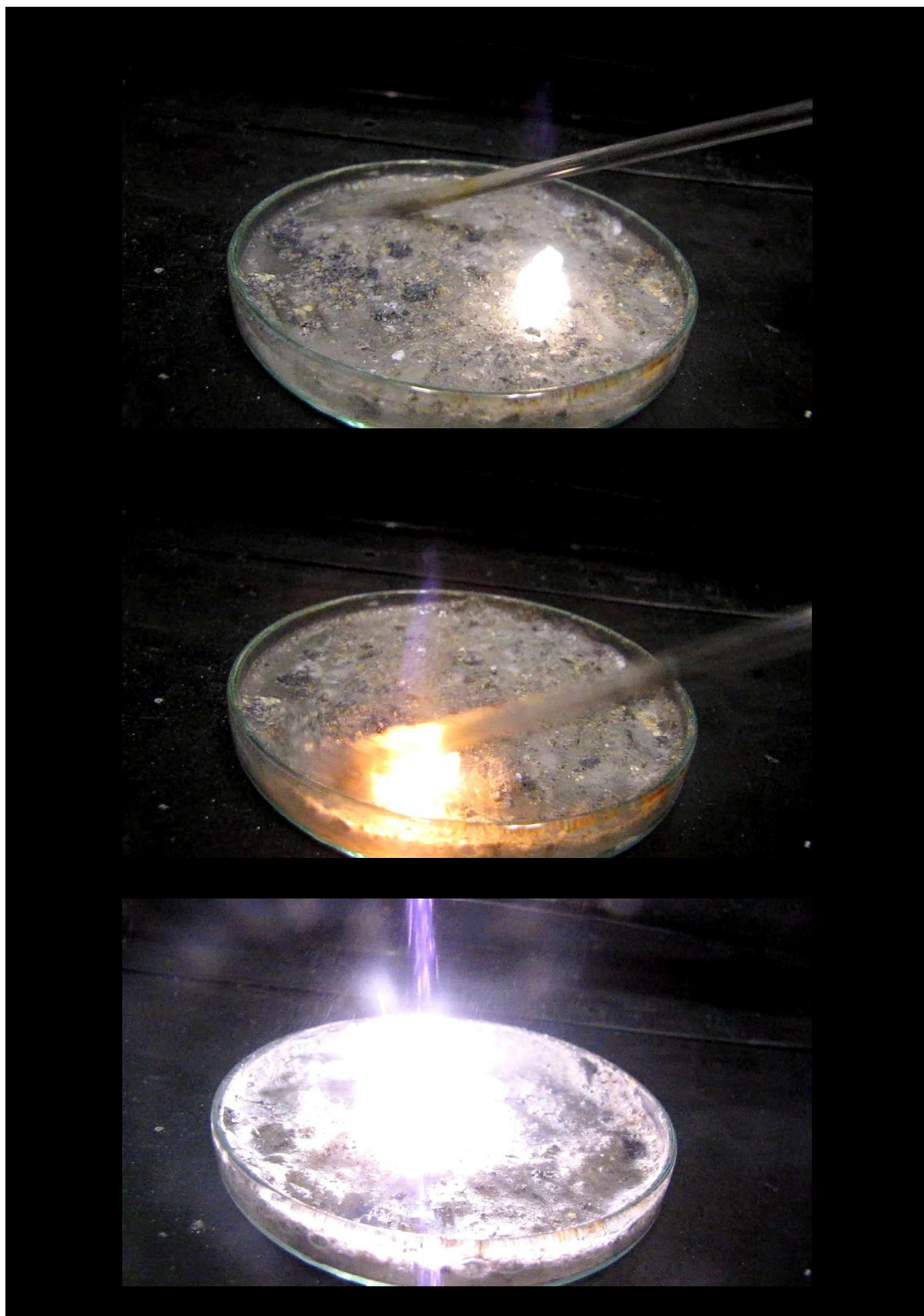




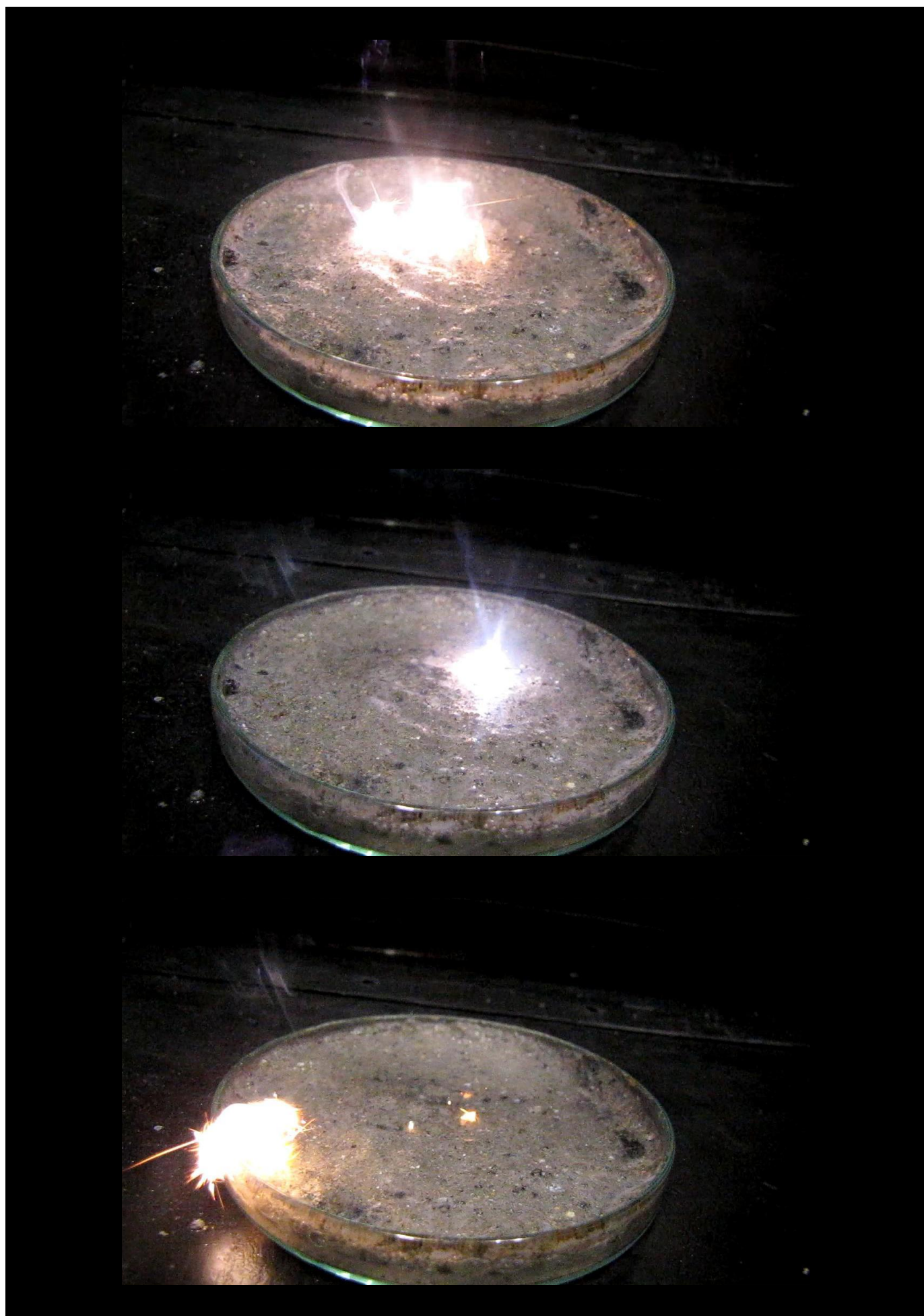


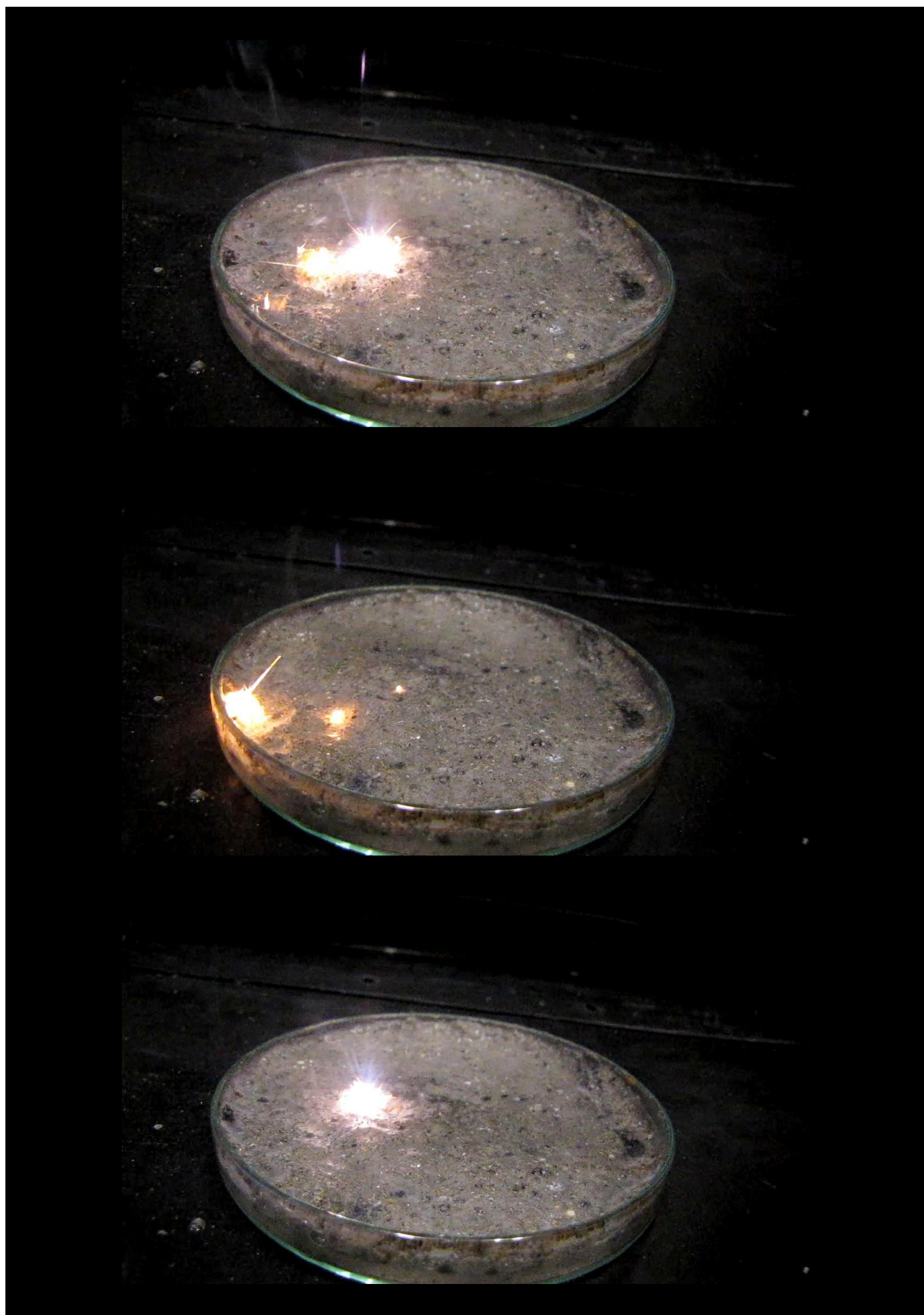


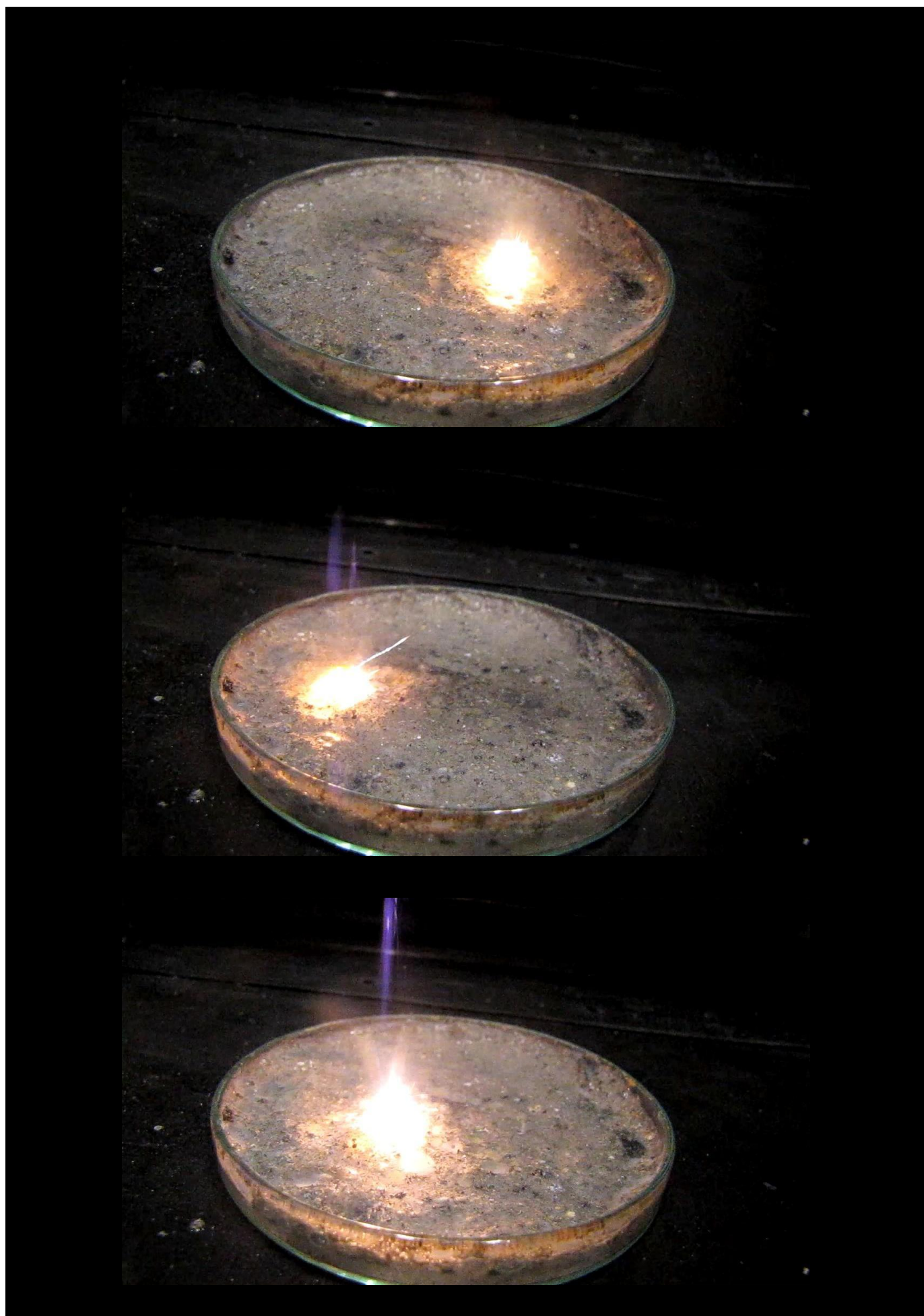














[<<Другие фотографии \(ч.6-1\)](#)

[<<Другие фотографии \(ч.6-2\)](#)

Вспышка шарика с пропан-бутановой смесью

В.Н. Витер

В воздушный шарик мы набрали пропан-бутановую смесь из баллона. Шарик привязали на конце длинной вертикальной палки, прикрепили снизу газету, которую подожгли. В комнате погасили свет. Когда огонь подобрался к резине, шарик лопнул, через несколько мгновений газ вспыхнул, и темная лаборатория озарилась желтым пламенем.

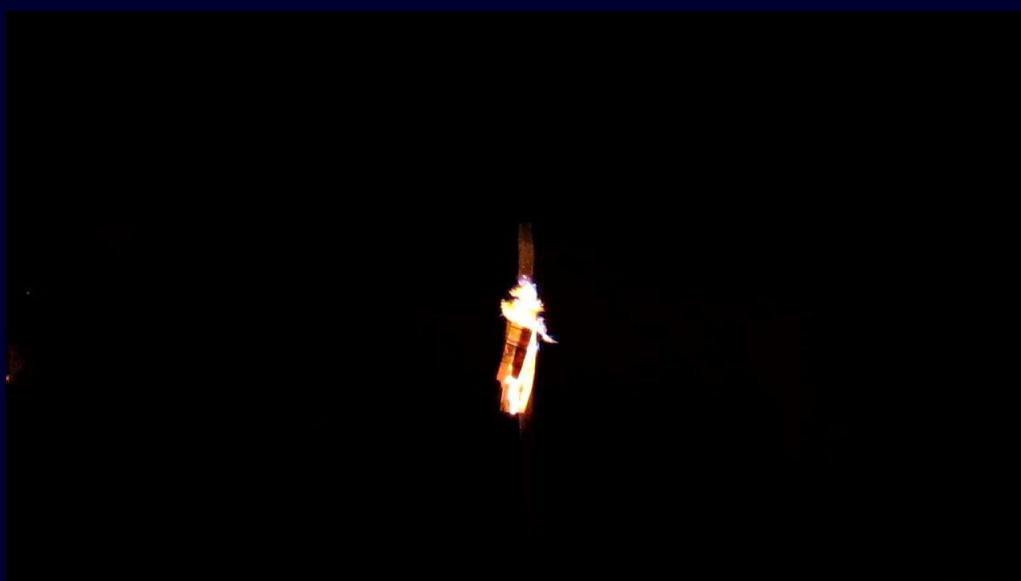
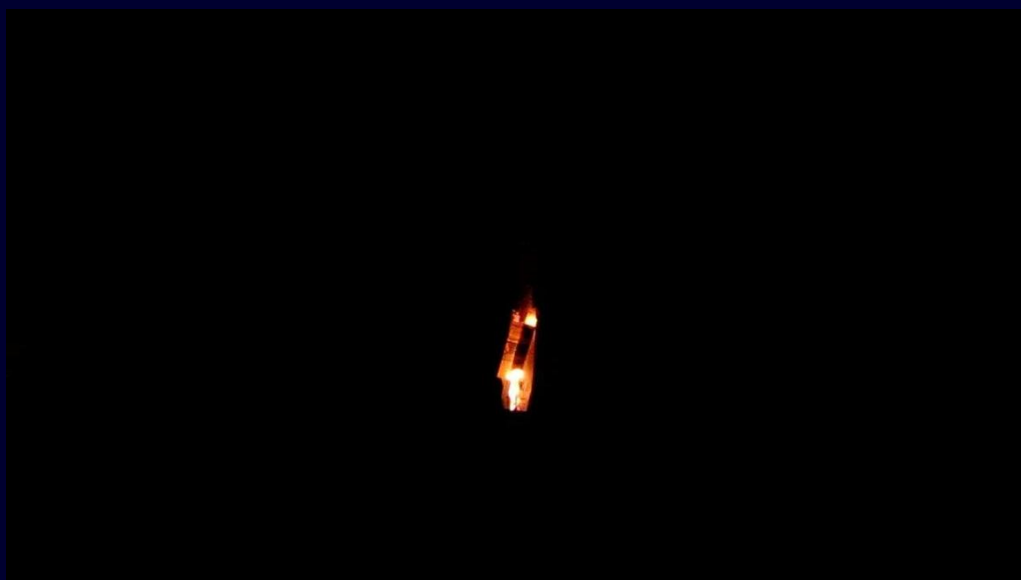
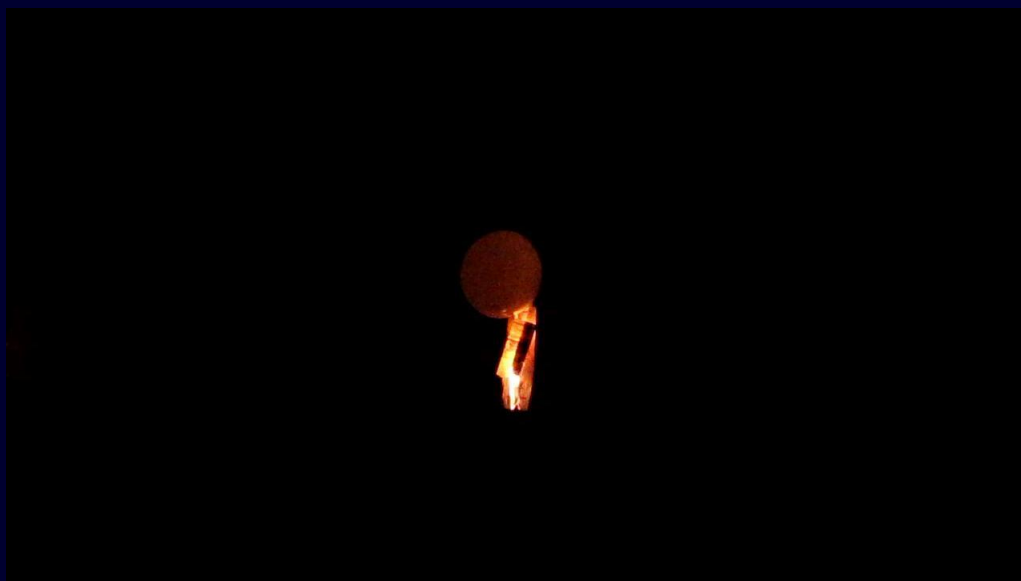
[Смотреть Видео \(36 Мб, .avi\)](#)

[Смотреть Видео 2 \(30 Мб, .avi\)](#)

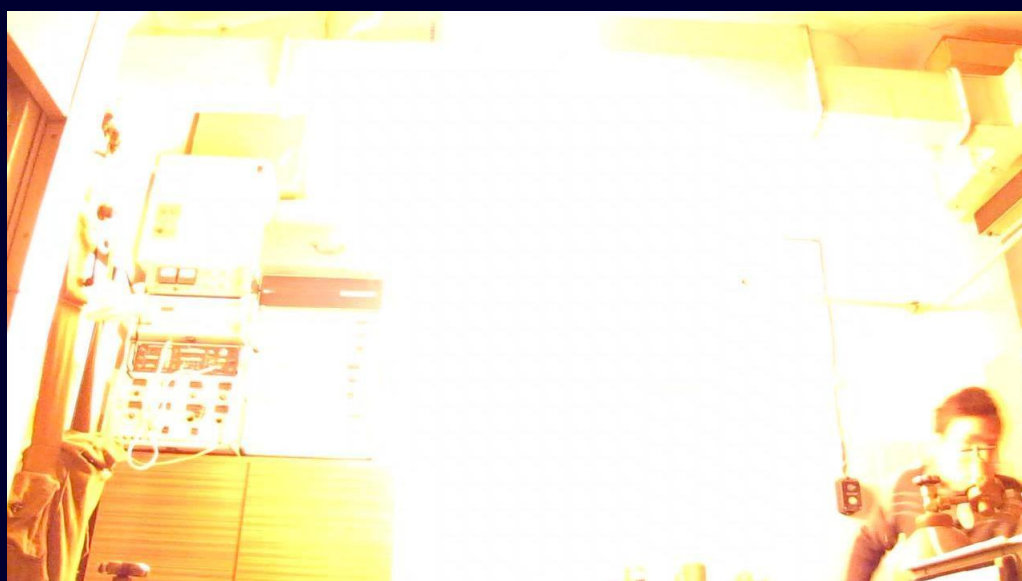


Вспышка шарика с пропан-бутановой смесью



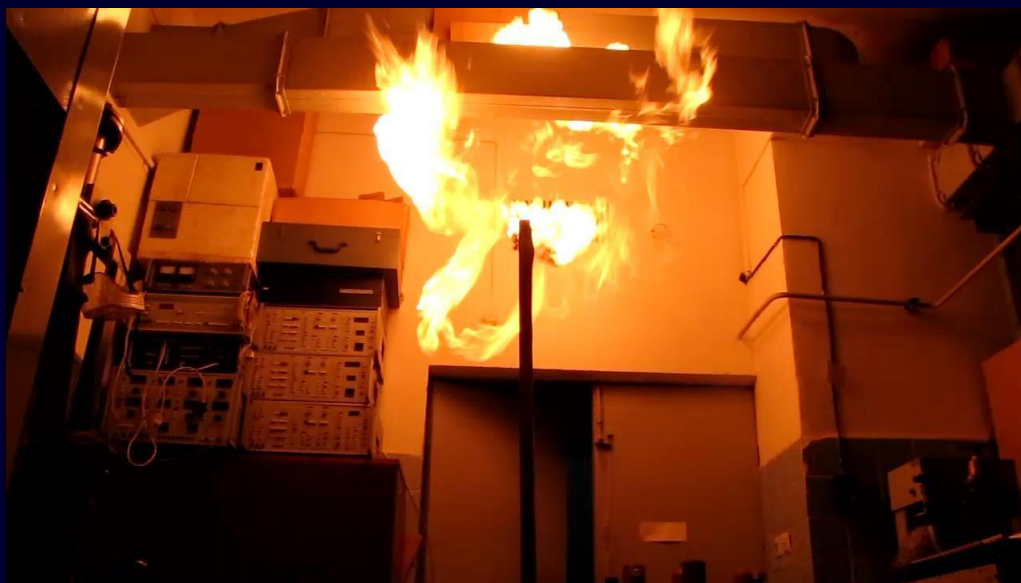




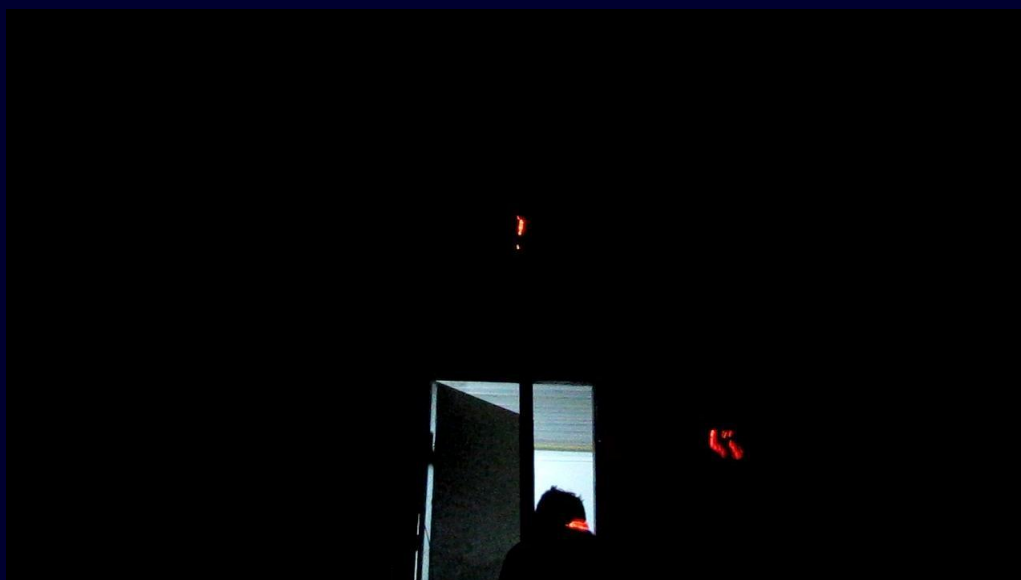






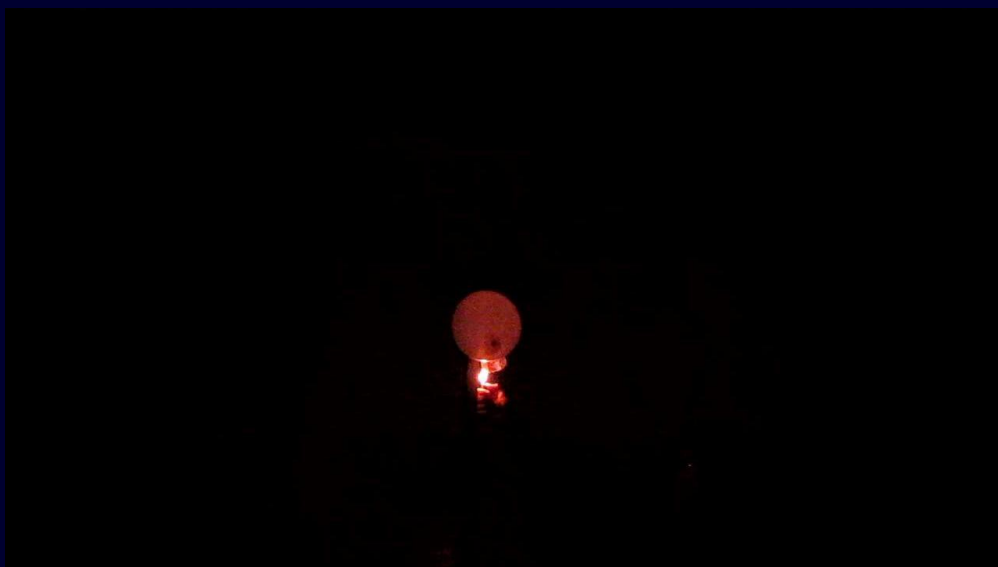




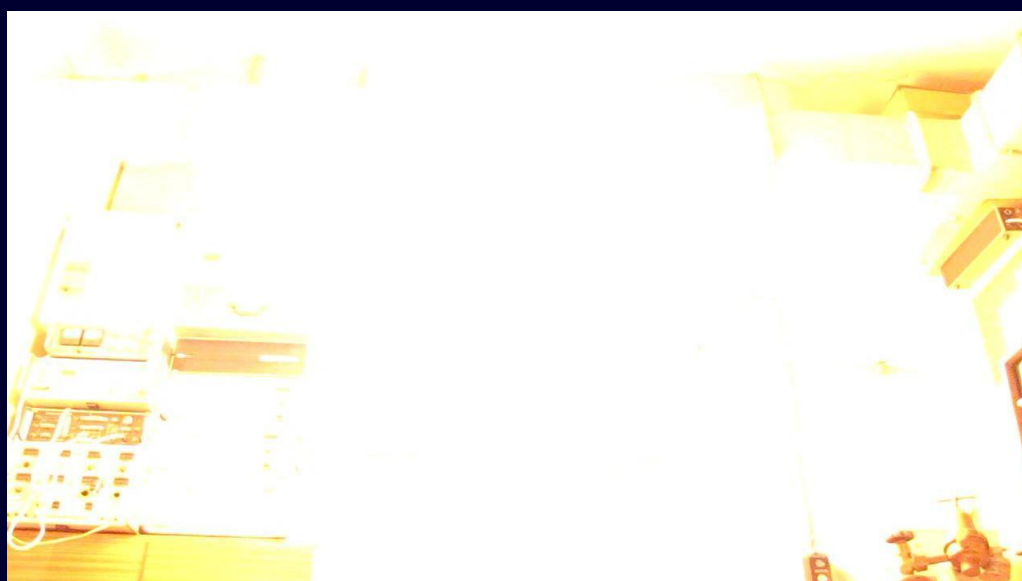




Вспышка шарика с пропан-бутановой смесью

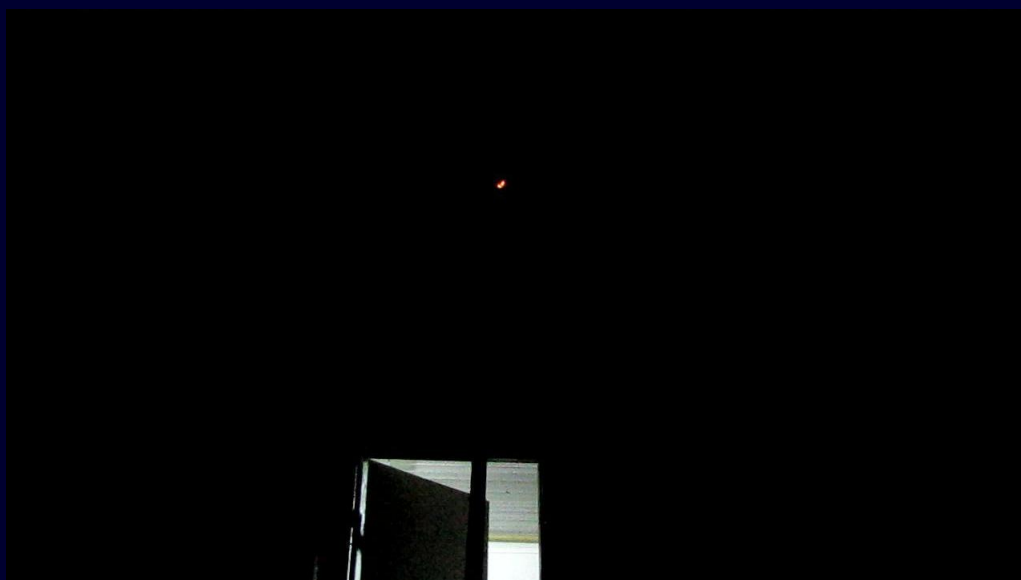
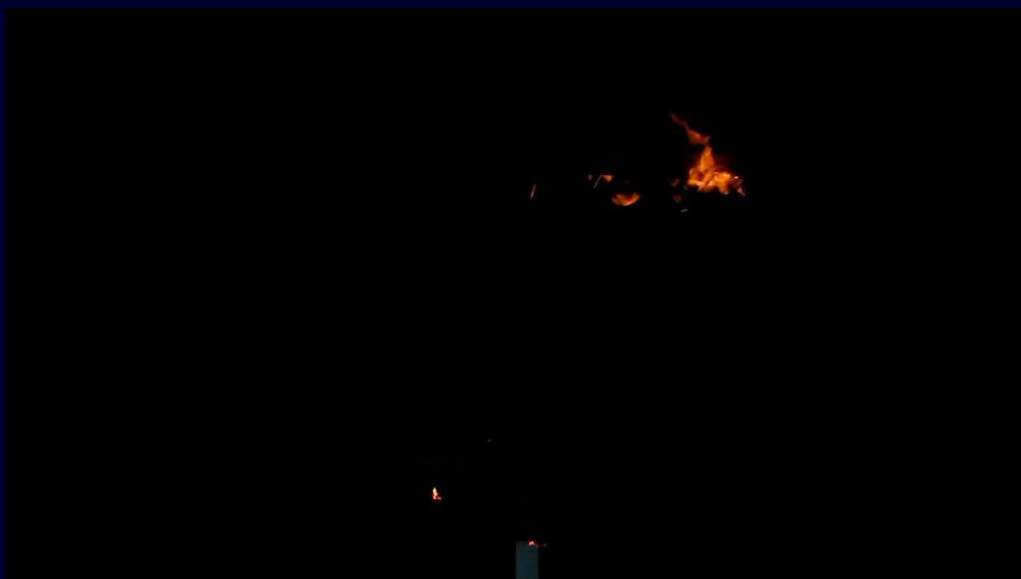












Банка-ракета (взрыв водорода)

В.Н. Витер

Суть эксперимента очень проста. Берут высокую жестяную банку (например, из-под кофе или консервов), перевернутую вверх дном. В дне банки делают небольшое отверстие, которое закрывают капелькой клея "момент" (или другим удобным способом). Банку наполняют водородом, после чего отверстие прочищают, удаляя клей с помощью спички, водород поджигают.

Сначала водород горит бесшумно, небольшим почти незаметным огоньком, потом начинается слабое гудение, которое постепенно усиливается и становится более высоким (гудение напоминает самолет или значительно усиленное жужжание насекомого). Потом неожиданно происходит взрыв. Банка подлетает вверх, на видео заметна желтая вспышка.

Водород легче воздуха, поэтому он вытекает вверх через отверстие, а на его место в банку попадает воздух. Образуется смесь водорода и воздуха со все большим содержанием кислорода. Когда концентрация кислорода в банке достигает определенного предела, происходит взрыв гремучей смеси.

Мы использовали полулитровую банку из-под кофе. Эксперимент занял приблизительно минуту, банка подлетела примерно на метр. В предыдущих экспериментах мы использовали двухлитровую бутылку из полиэтилентерефталата со срезанным верхом, бутылка с силой врезалась в потолок (ссылка: [\[pdf \]](#), [\[html + видео \]](#)). Такая разница, видимо, объясняется большим объемом и меньшей массой бутылки.

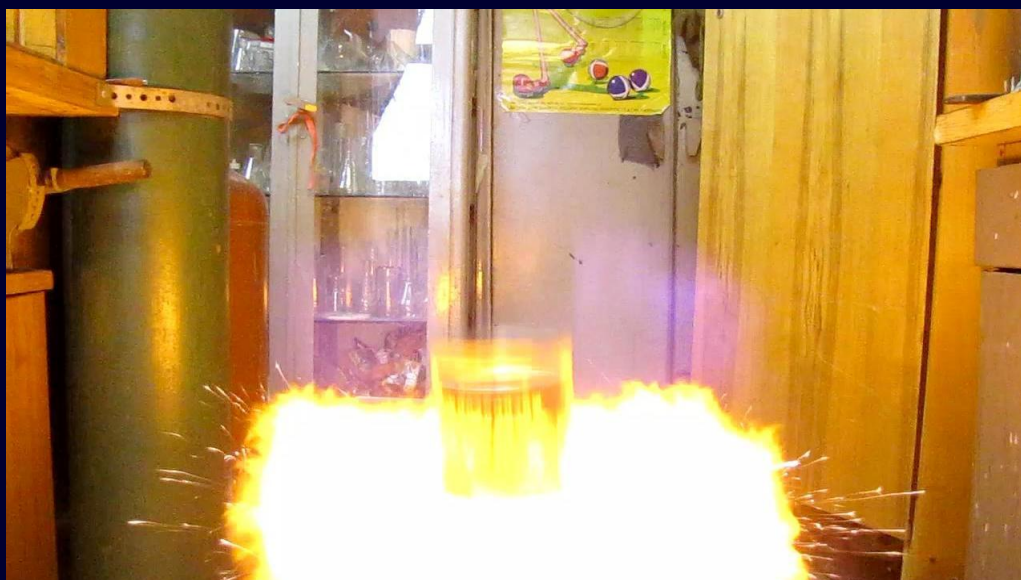
[Смотреть Видео \(91 Мб, .avi \)](#)

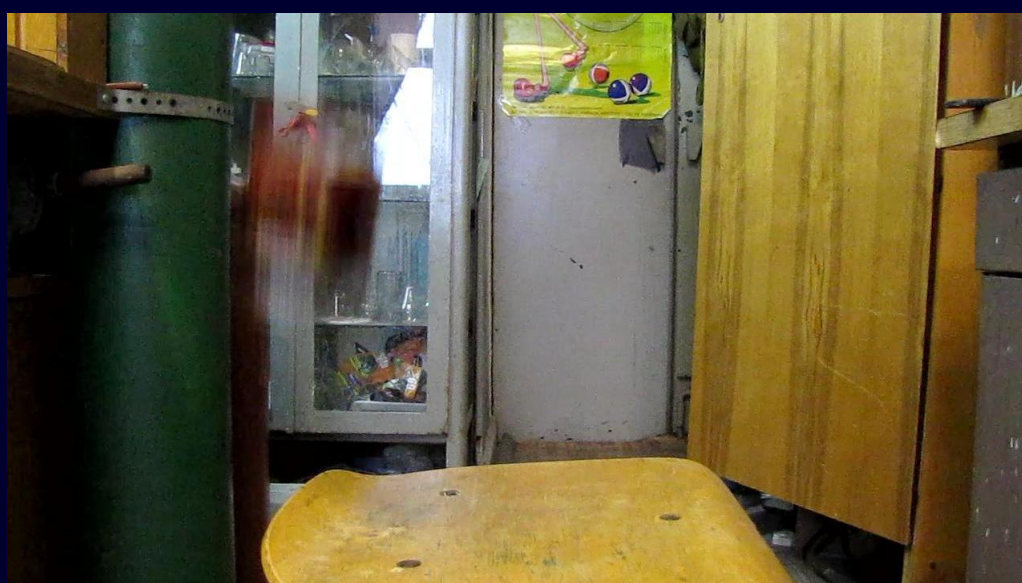
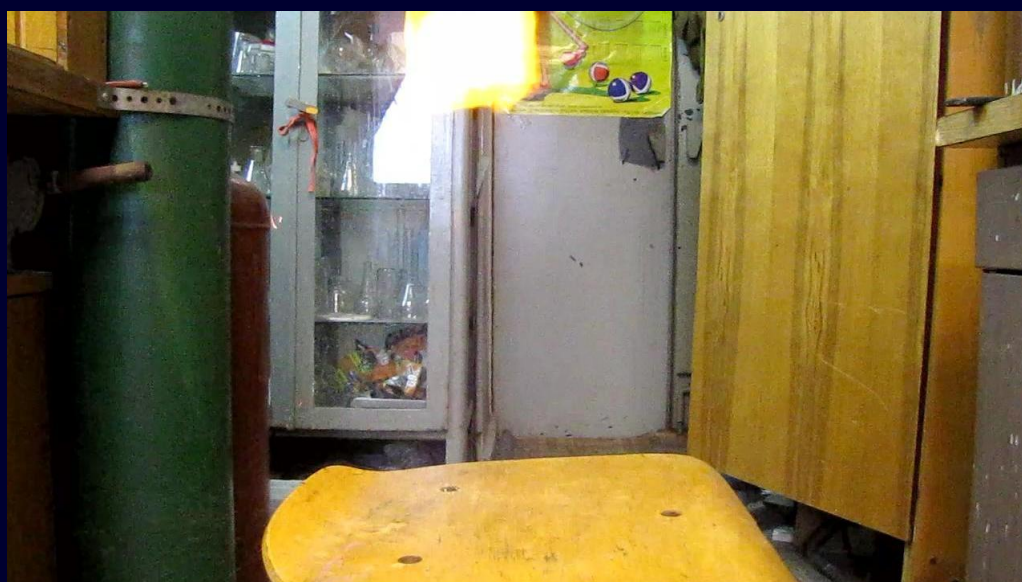
[Смотреть Видео \(меньшее разрешение, 30 Мб, .avi \)](#)



Банка-ракета (взрыв водорода)









Для сравнения приведем описание этого эксперимента из замечательной книги О.И.

Астахов Цікаві роботи з хімії (Занимательные работы по химии) [ссылка](#)

Адская машина

Подготовьте чистую жестяную банку емкостью 0.5 л (лучше узкую). Сделайте в ее дне шилом отверстие. Банку поставьте на стол вверх дном, закройте отверстие кусочком спички, заполните сосуд водородом из аппарата Киппа. Водород следует пропускать 5-7 мин., чтобы в банке не осталось воздуха.

Заполнив банку, извлеките кусочек спички из отверстия в дне банки и подожгите водород, который выходит из отверстия, с помощью свечи, прикрепленной к проволоке. Не следует делать это спичкой, потому что иногда при недостаточном пропускании водорода может произойти сразу взрыв.

Перед поджиганием водорода отставьте подальше аппарат Киппа.

Сначала водород горит спокойно, но через несколько минут пламя его уменьшается и происходит взрыв, банка улетает вверх.

Водород, который сгорает, вытесняется воздухом. Когда между водородом и кислородом воздуха в банке устанавливается определенное соотношение (2 : 1), смесь взрывается¹.

¹ Смесь водорода и кислорода (воздуха) взрывается в широком диапазоне концентраций. Соотношение $H_2 : O_2$ (2 : 1) соответствует стехиометрической смеси, которая взрывается с максимальной силой.

ШЕКЕЛЬНА МАШИНА

Підготуйте чисту жерстяну банку місткістю 0,5 л (краще вузьку). Зробіть в її дні шилом отвір. Банку поставте на стіл догори дном, закрийте отвір кусочком сірника, заповніть посудину воднем з апарата Кіппа. Водень слід пропускати 5—7 хв, щоб у банці не залишилося повітря.

Заповнивши банку, вийміть кусочок сірника з отвору в дні банки і підпаліть водень, що виходить з отвору, за допомогою свічки, закріпленої на дроті. Не слід робити це сірником, бо іноді при недостатньому пропусканні водню може зразу статися вибух.

Перед підпаленням водню відставте апарат Кіппа!

Спочатку водень горить спокійно, але через кілька хвилин полум'я його зменшується і відбувається вибух, банка злітає догори.

Водень, що згоряє, витискується повітрям. Коли між воднем та киснем повітря у банці встановлюється певне співвідношення (2 : 1), суміш вибухає.



Аппарат Киппа





Старт ракеты

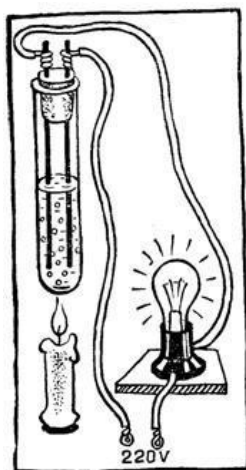
[<Увеличить>](#)

Зажгите лампу спичкой

В.Н. Витер

В одной из самых замечательных книг по экспериментам для юных химиков - **О. Ольгин** **Опыты без взрывов** [ссылка](#) описан опыт "Зажгите лампу спичкой". Один из его вариантов следующий:

Закрепите вертикально пробирку, на дно которой насыпано немного калиевой или натриевой селитры (нитрата калия или натрия), и опустите в нее две медные проволочки. Чтобы медные электроды не соприкасались, пропустите их сквозь пробку. Подсоедините к электродам лампу так же, как в предыдущем опыте. Когда вы включите ток, лампа, естественно, не загорится: твердая селитра ток не проводит.



Нагрейте селитру до плавления с помощью таблеток сухого горючего - лампа вспыхнет. Ионы, составлявшие кристаллическую решетку соли, приобретают подвижность, и цепь замыкается. Лампа будет гореть и после того, как вы уберете пламя: у расплава селитры высокое электрическое сопротивление, и то тепло, которое выделяется при прохождении тока, поддерживает селитру в расплавленном состоянии.

Так случилось, что книга "О. Ольгин Опыты без взрывов" стала первой в жизни книгой, которую я прочел (если не считать эпизодического чтения книг по астрономии). Было тогда мне лет десять (учился в пятом классе). Но описанный выше эксперимент я проделал, только когда мне исполнилось тридцать пять - во истину, лучше поздно, чем никогда.

Опыт воспроизводил по памяти, поэтому насыпал калиевой селитры не "немного", а полпробирки¹, в качестве проводов использовал прутики из нержавеющей стали, которые разделил с помощью куска дерева.

Небольшая неприятность случилась с горелкой: обычно для несильного нагрева я пользуюсь горелкой Теклю, которая дает негорячее, коптящее пламя. Но в данном случае редуктор пропан-бутанового баллона был переставлен на баллон с водородом. Пришлось воспользоваться переносной китайской горелкой, которая давала узкое и горячее пламя. Это оказалось ошибкой: пробирки среднего размера такого нагрева не выдерживали и трескались - если не при нагревании, то при охлаждении.

Собственно сам эксперимент. Пробирку с селитрой и электродами закрепил в штативе, включил ток и начал осторожно нагревать калиевую селитру. Разумеется, пока селитра оставалась твердой, лампочка не горела: кристаллическая решетка солей состоит из ионов, но эти ионы почти неподвижны, поэтому твердая калиевая селитра практически не проводит ток.

Как только селитра начала плавиться, лампочка ярко загорелась. Обратило на себя внимание то, что электроды из нержавеющей стали сразу же начали разрушаться: расплав приобрел бурый цвет. Когда убрал горелку, лампа продолжала гореть (выждал 5 минут): расплав нагревался за счет прохождения электрического тока, поэтому не застывал. Выключил ток, подождал, пока селитра кристаллизуется, и снова включил. Разумеется, лампа на этот раз не загорелась.

На втором из представленных роликов видно, как после прекращения нагрева пробирка треснула, и часть расплава вытекла, но лампа продолжала гореть, поскольку контакт между электродами не нарушился.

¹ Большая часть селитры в ходе опыта так и осталась нерасплавленной - нитрата калия нужно было взять намного меньше.

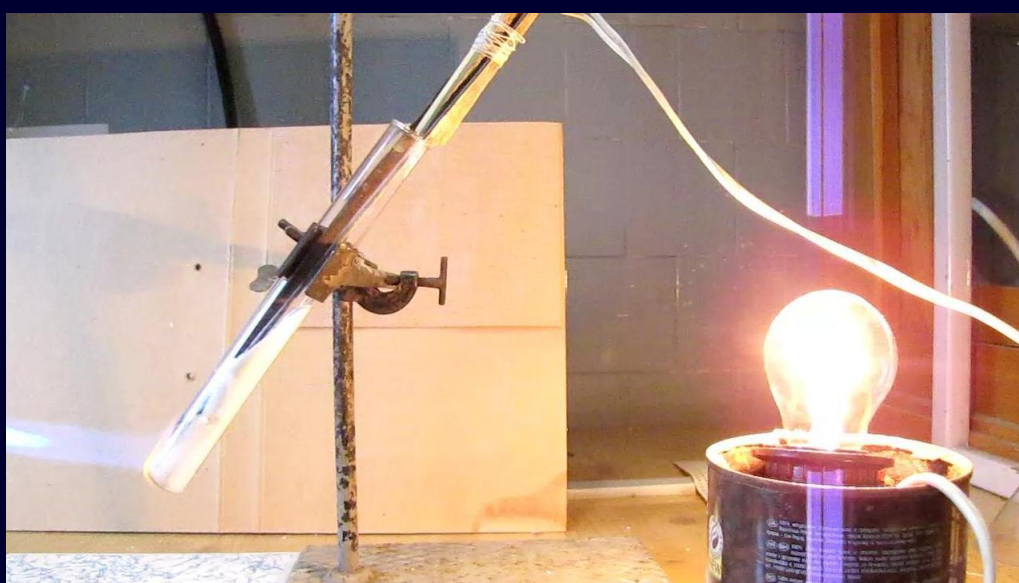
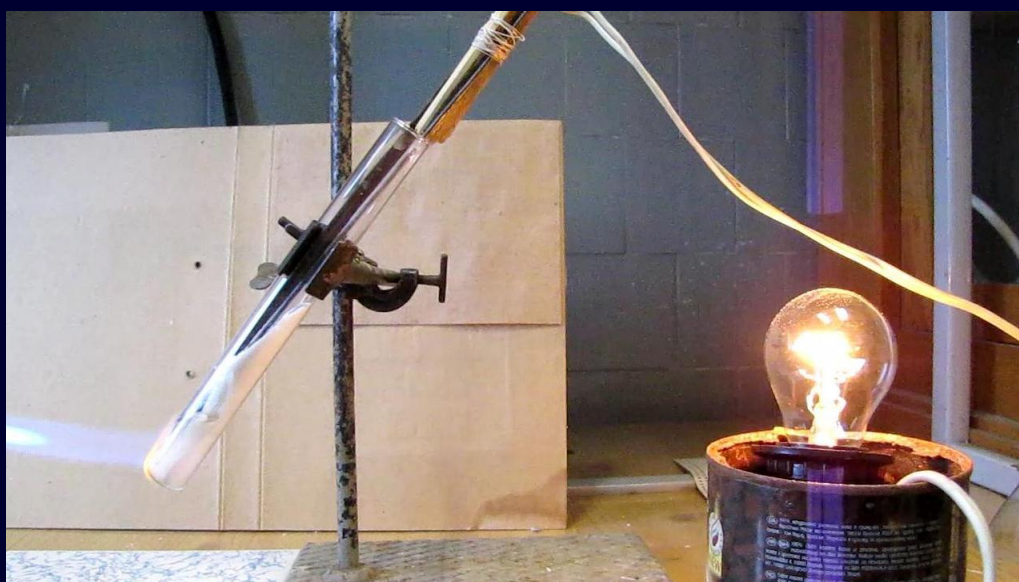
[Смотреть Видео \(47 Мб, .avi \)](#)

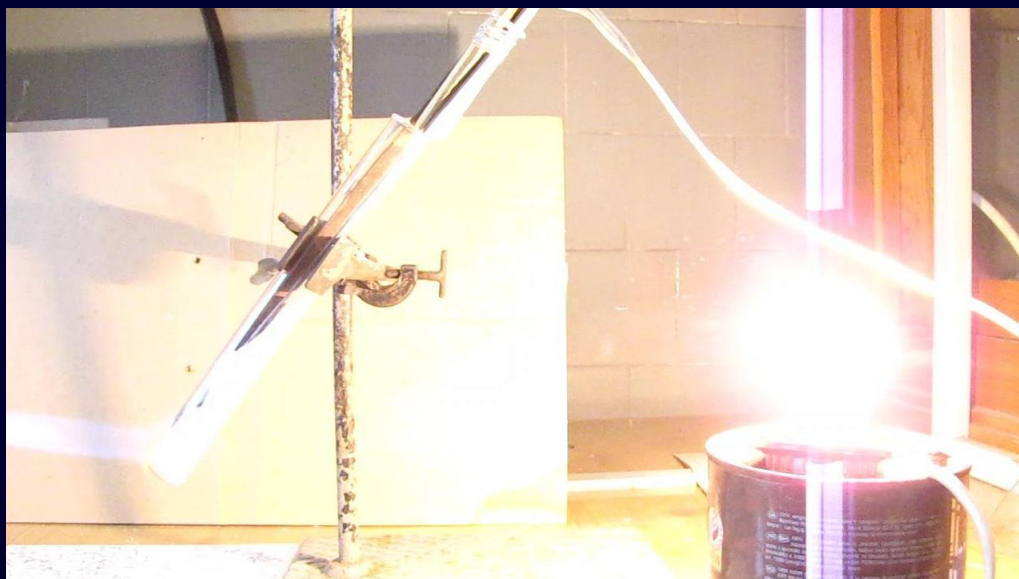
[Смотреть Видео 2 \(49 Мб, .avi \)](#)

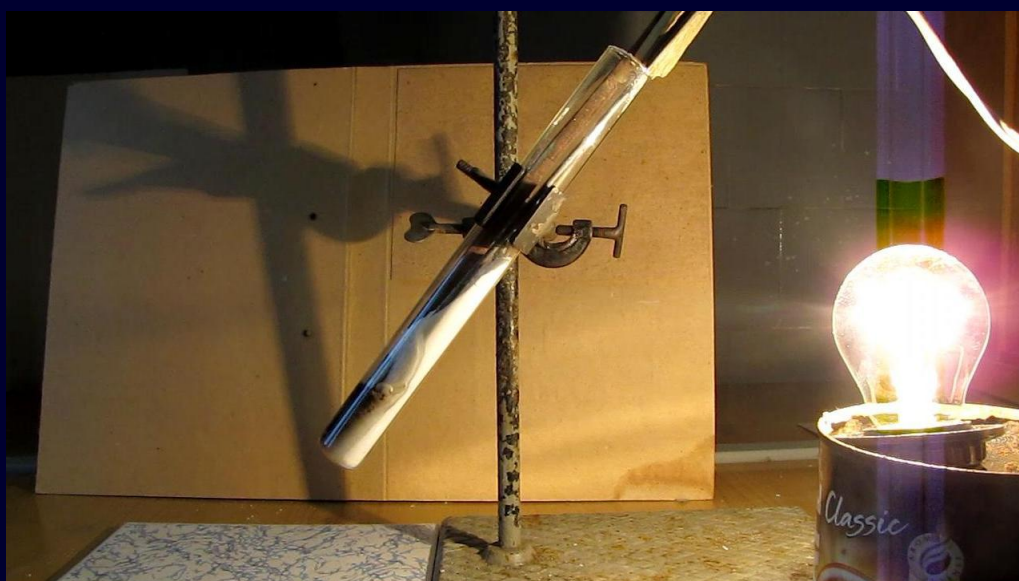


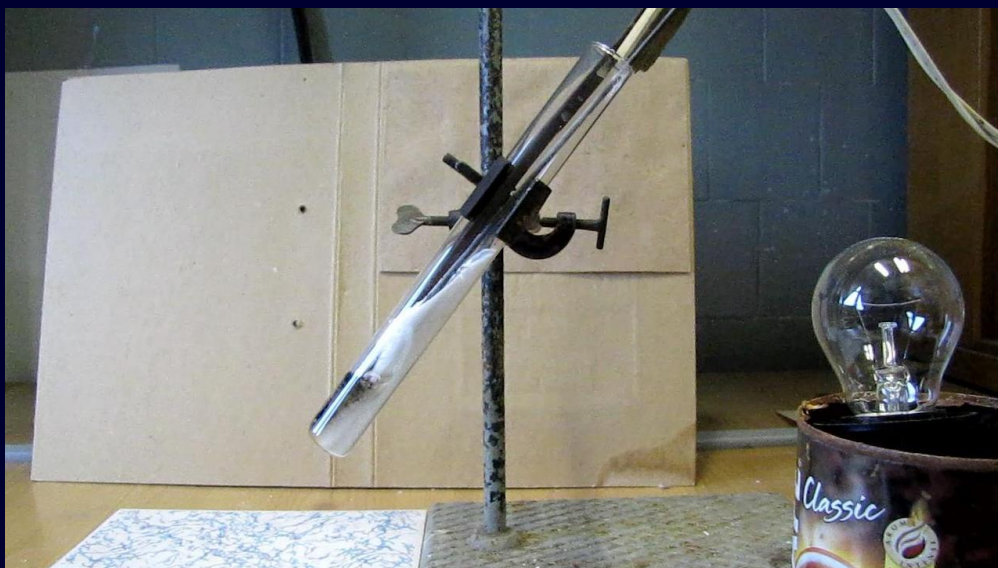
Зажгите лампу спичкой





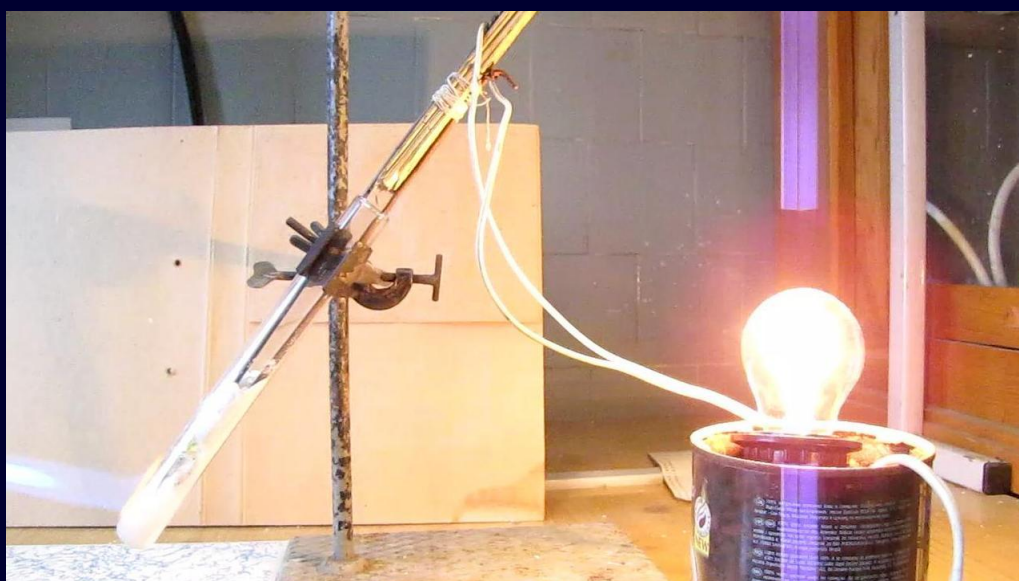


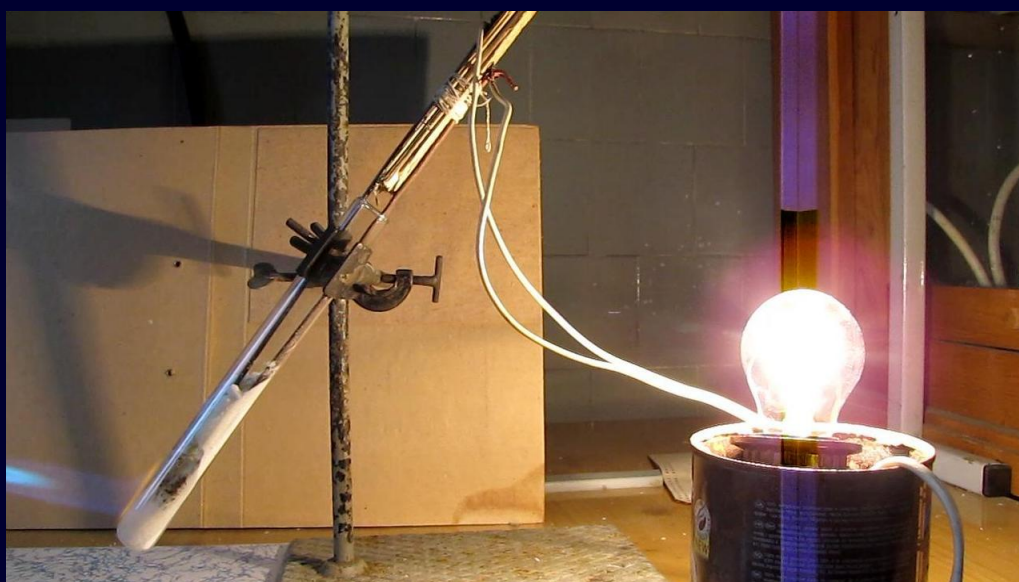




Зажгите лампу спичкой









Пробирка лопнула, расплав вытекает





Горелка Теклю (Teklu Burner)



“Лампочка в одну свечу”

Огонь на ладони ч.1

В.Н. Витер

Вступление

Холодного огня, как известно, не бывает. Любое, даже самое "холодное" пламя, имеет температуру, более чем достаточную, чтобы сжечь руку. Тем не менее, это не означает, что нельзя продемонстрировать огонь на ладони и остаться при этом целым. Секрет подобных экспериментов прост: нужно успеть продемонстрировать зрителям пламя, но не успеть обжечься. Достигается это по-разному. В большинстве случаев используют вещества, которые быстро сгорают, не успев повредить ладонь.

Наиболее известное из таких веществ - **нитроцеллюлоза (пироксилин)**. Эксперименты с нитроцеллюлозой (точнее - с нитрованной ватой) уже были описаны в журнале [ссылка: [pdf](#), [html + видео](#)]. С тех времен остался небольшой кусочек нитрованной ваты, горение которого будет показано в третьей части статьи.

Для демонстрации огня на ладони можно также использовать **перекись ацетона** [ссылка: [html + видео](#)], однако вещество это коварное и непредсказуемое, поэтому повторяя такой опыт вы рискуете серьезно пострадать.

Оказалось, что для демонстрации огня на ладони подходит и **черный (дымный) порох** [ссылка: [html + видео](#)]. Во время горения черного пороха ощущается довольно значительное жжение, но терпеть можно.

В качестве смеси, которая быстро сгорает, прекрасно подходит **пена, наполненная горючим газом**. Как горючий газ мы использовали **пропан-бутановую смесь** [ссылка: [pdf](#), [html + видео](#)] или **водород** [ссылка: [pdf](#), [html + видео](#)]. К экспериментам с пропан-бутановой смесью в этой статье мы еще вернемся.

Есть также вариант опыта "Огонь на ладони", основанный на совсем другом принципе: на ладонь помещают **смесь двух легколетучих жидкостей: горючей и негорючей**, причем последняя должна давать тяжелые пары. Смесь паров вспыхивает, горючий компонент выгорает, а негорючий накапливается, в результате пламя гаснет. Естественно, горение происходит не на самой поверхности ладони, а в газовой фазе над ней. Если тщательно

подобрать состав и количество смеси, можно добиться хорошего эффекта.

В классическом варианте использовали смесь сероуглерода и тетрахлорида углерода (тетрахлорметан, четыреххлористый углерод). Ввиду отсутствия и крайней опасности сероуглерода мы воспользовались смесью **циклогексан - четыреххлористый углерод** [ссылка: [pdf](#), [html + видео](#)].

Итак, приступим к экспериментам.



Огонь на ладони ч.2

И.Н. Григорьев

Хлорат калия и желтая кровяная соль

В книге **Ладягин Ю.О. Введение в пиротехнику (1997)** [ссылка](#) описан еще один вариант смеси, способной гореть на ладони, не причиняя существенного вреда.

Очень большую скорость горения в неуплотненном состоянии дают также смеси хлората и перхлората калия с желтой кровяной солью или роданидом калия. Составы хлорат - желтая кровяная соль, будучи подоженными на голой руке воспламеняются со вспышкой и сильным хлопком, не причиняя ни малейших неприятных ощущений. Такой эксперимент можно повторить только с неуплотненным пироксилином (гомогенное ВВ), из чего понятно, что в данной достаточно устойчивой и поддающейся уплотнению смеси присутствует чрезвычайное сродство компонентов. Смеси желтой кровяной соли с нитратами горят медленно.

<...>

Имитационный состав, пригодный для снаряжения малогабаритных изделий состоит из 57% хлората калия и 43% желтой кровяной соли, этот состав является достаточно чувствительным, поэтому может быть изготовлен только в небольших количествах. Действие его чрезвычайно сильное, скорость горения настолько высока, что даже подоженный без какой бы то ни было оболочки дает значительный звук. Все имитационные составы должны применяться только в легких оболочках из непрочных и легких материалов, не допускающих образование осколков (картон, пластмасса). Применение прочных оболочек недопустимо, так как горение в них имитационных составов легко может перейти во взрыв.

Желтая кровяная соль была старая, поэтому ее очистили по методике, приведенной в практикуме Карякина. Соль из насыщенного раствора высалили спиртом, отфильтровали и промыли спиртом. Получился мелкий порошок, который высушили в чашке Петри¹. Желтая кровяная соль после высаливания получилась в виде мельчайших кристаллов, которые после растирания (для которого и ступка необязательна) превращаются в тончайший порошок, как тальковая присыпка.

Возник вопрос: в каком виде использовать желтую кровяную соль? В отличие от красной

кровяной соли $K_3[Fe(CN)_6]$, желтая кровяная соль представляет собой кристаллогидрат $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$. Не лучше ли его предварительно обезвожить?

Эксперименты показали, что смесь с безводной солью горит быстрее, однако, при обезвоживании нужно соблюдать значительную осторожность и не поднимать температуру желтой кровяной соли выше $80-100^\circ C^2$.

¹ Возникает вопрос: а нужна ли очистка желтой кровяной соли? Видимо, это не обязательно. Единственное очевидное преимущество очистки состоит в том, что после очистки получается легко измельчаемая мелкокристаллическая форма. Фильтровать кристаллы желательно под вакуумом, так как образуется взвесь.

² Согласно книге Рипан Р. Четьяну И. Неорганическая химия (1972, т.2, с. 508) [ссылка](#) кристаллогидрат желтой кровяной соли теряет воду при $87-90^\circ C$, а выше $100^\circ C$ разлагается на KCN и $Fe(CN)_2$. Мы сушили соль при $80-100^\circ C$, обезвоженный продукт имел ощутимый миндальный запах.

Следует отметить, что некоторые химики привыкли думать, что кристаллогидрат мало чем отличается от безводной соли. Достаточно удалить воду из кристаллогидрата - и мы получим безводную соль. Безводная соль поглотит воду - и образуется кристаллогидрат. Однако, это не всегда и не совсем так. Кристаллогидрат - не просто "гидрат соли", а фактически комплекс, роль лиганда в котором играют молекулы воды.

Некоторые кристаллогидраты (например, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) способны обратимо отдавать воду с образованием безводной соли. В то же время, кристаллогидраты хлоридов алюминия, железа и многих других переходных металлов при нагревании отдают не только воду, но и хлороводород (за счет гидролиза). Таким образом, нагреванием кристаллогидрата не удастся получить безводный хлорид. Аналогично и с нитратами.



Желтая кровяная соль (кристаллогидрат)



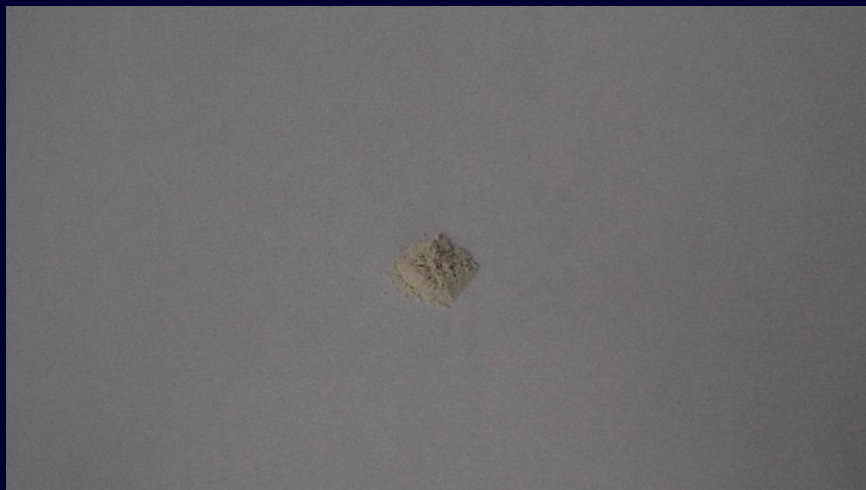
Желтая кровяная соль (обезвоженная)

Итак, мы взяли мелко растертую и обезвоженную желтую кровяную соль. Отдельно растерли бертолетову соль (к слову: хлорат калия тоже растирался довольно легко). Вещества смешали на бумаге - получился рыхлый легкий совершенно однородный порошок.

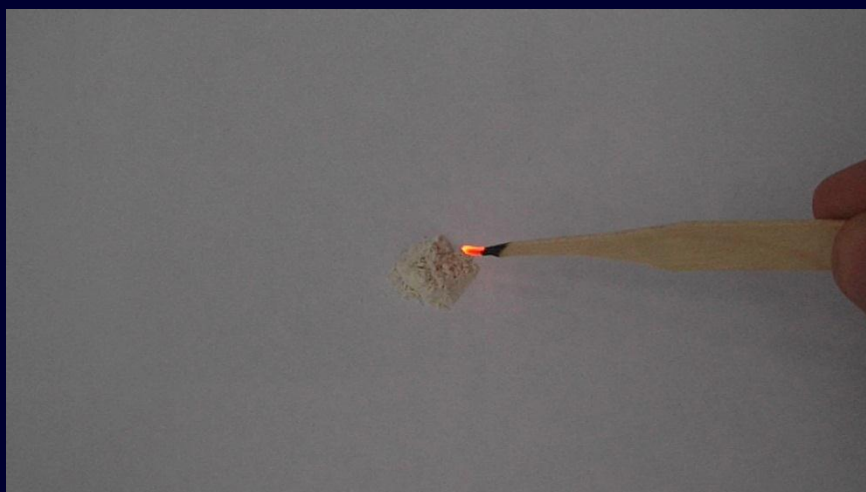
Не доверять приведенной книге **Ладагин Ю.О. Введение в пиротехнику (1997)** не было никаких причин, но подобные смеси следует сначала испытать на бумажке, а уже потом - в случае положительного результата - перейти к "опытам на людях".

Небольшое количество смеси высыпали на бумагу и подожгли. Смесь вспыхнула и моментально сгорела. На бумаге остались следы, но лист пострадал не сильно - значит можно приступать к экспериментам по горению смеси на ладони.

[Смотреть Видео \(4 Мб, .avi\)](#)



Хлорат калия - желтая кровяная соль (горение смеси на бумаге)







Поскольку эксперимент на бумаге закончился благополучно (лист не прожгло), приступили к сжиганию смеси на руке. Ощущение примерно такие же, как и с пироксилиновой ватой: жжение чувствуется (причем сильное), но серьезного ожога (покраснения, пузыря) не было, хотя две кучки смеси сожгли на одной и той же руке. После горения осталось только немного пепла. Описанного в книге **Ладагин Ю.О. Введение в пиротехнику** "сильного хлопка" не наблюдалось.

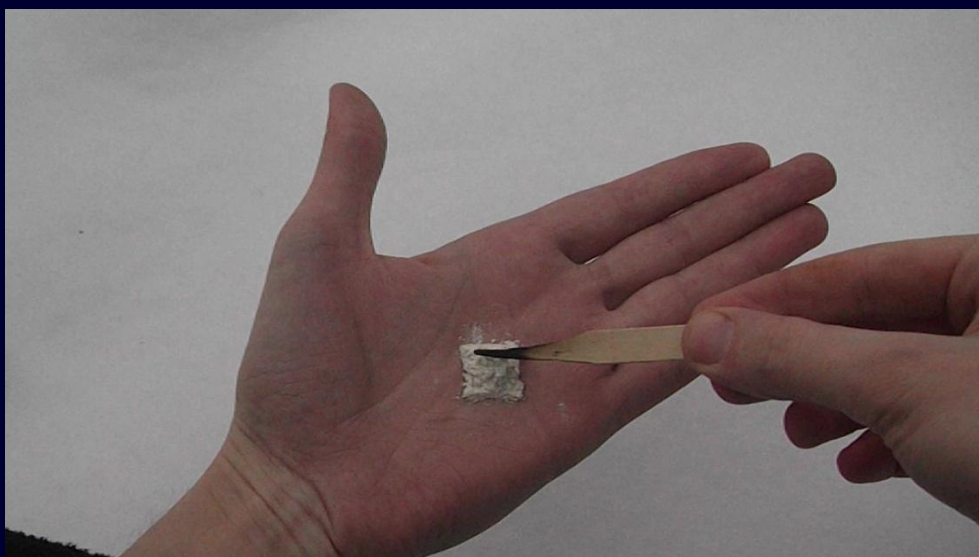
На опыты ушло всего 1.00 г смеси.

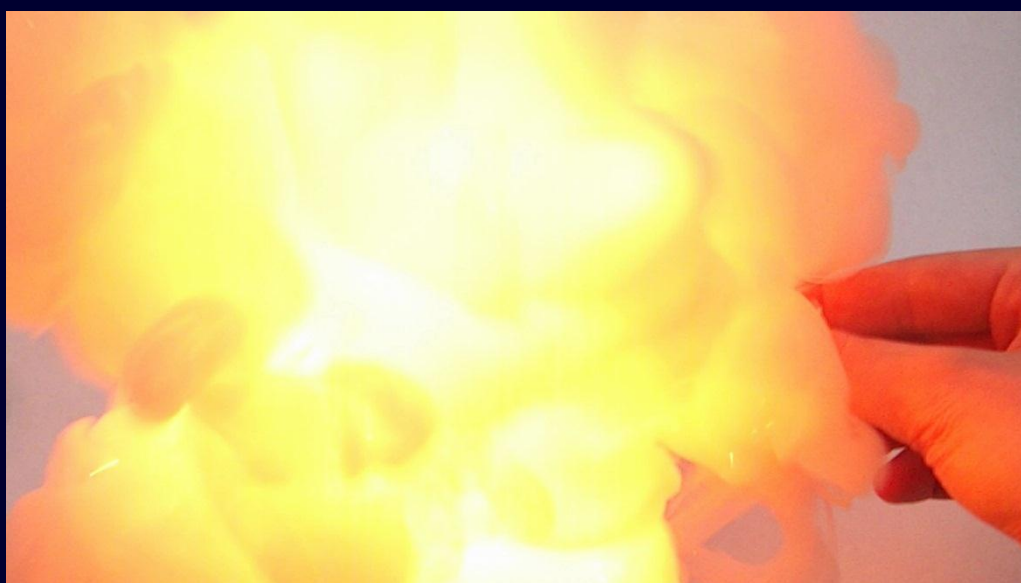
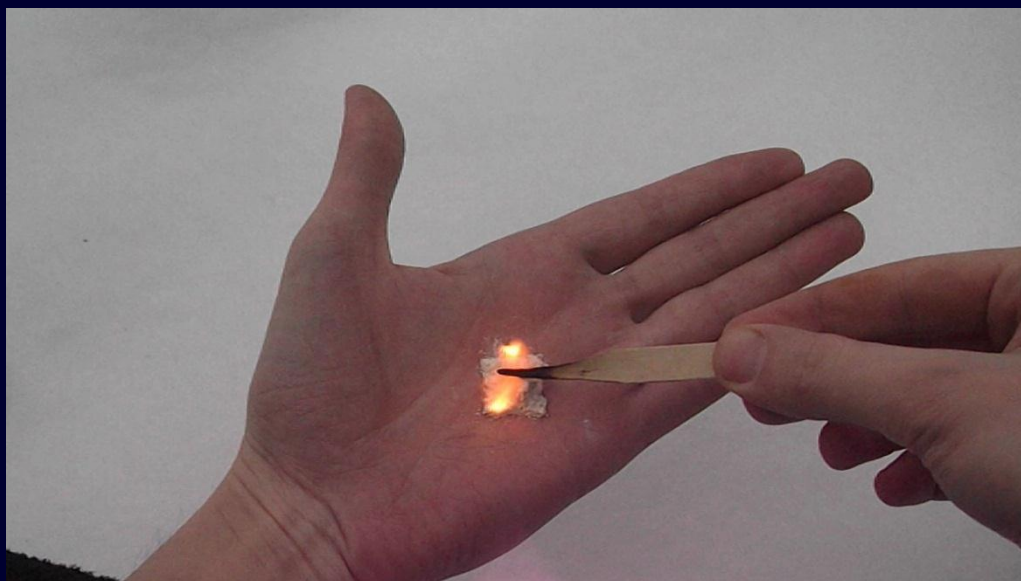
[Смотреть Видео \(4 Мб, .avi\)](#)

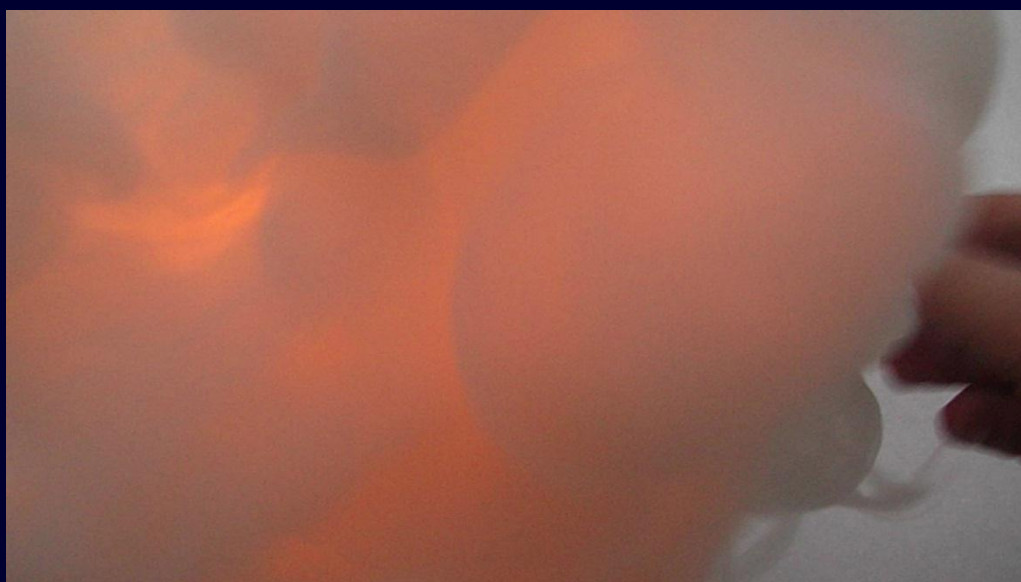
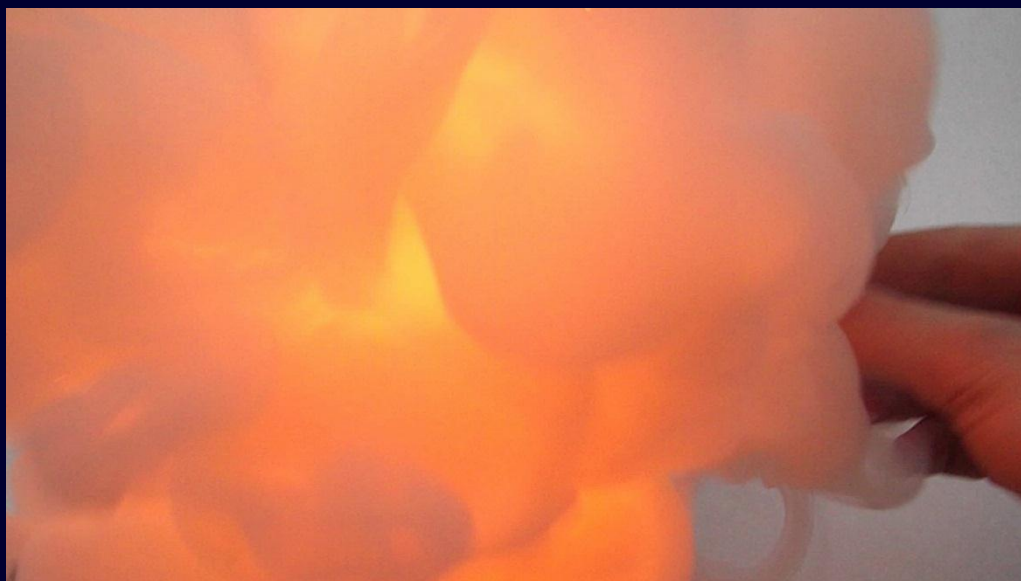
[Смотреть Видео 2 \(5 Мб, .avi\)](#)



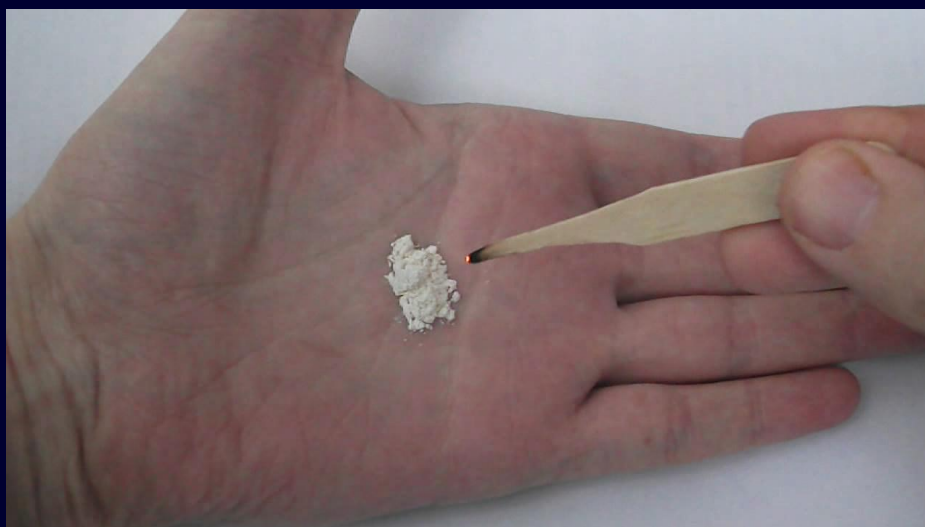
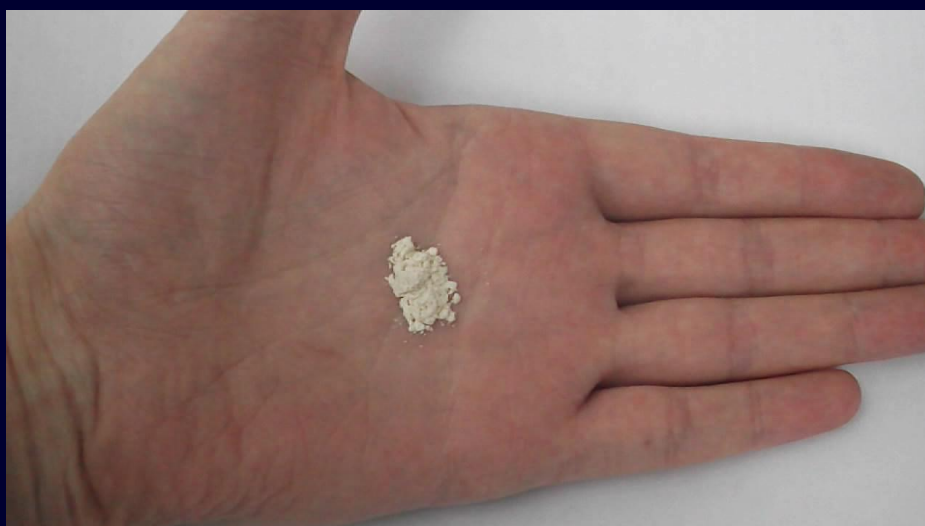
Огонь на ладони (хлорат калия - желтая кровяная соль)

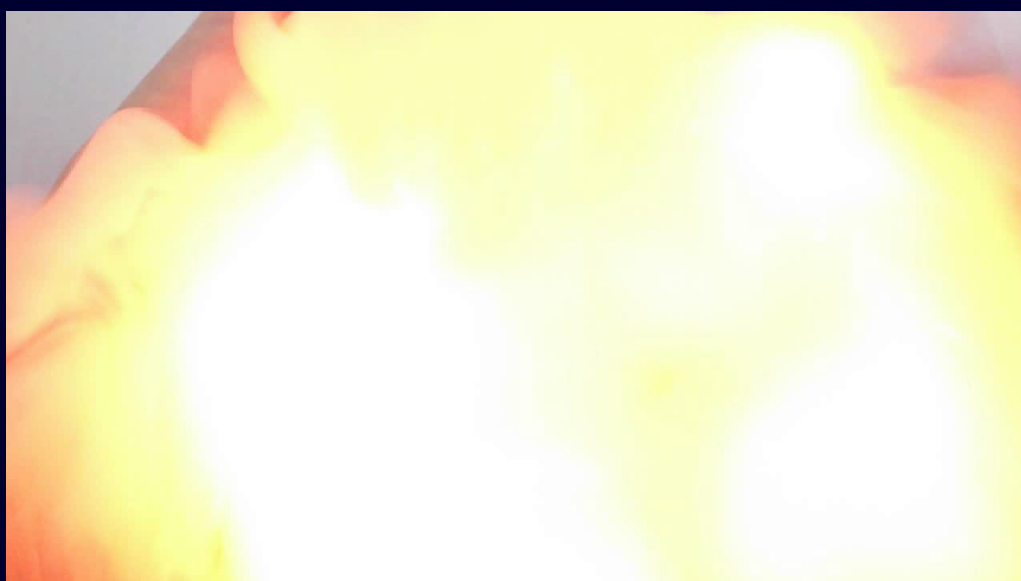
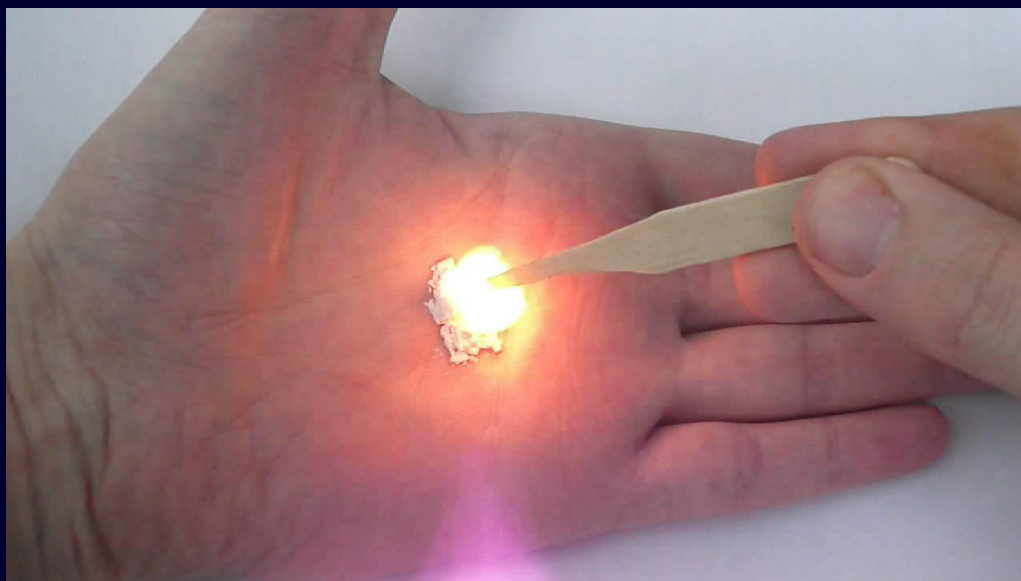


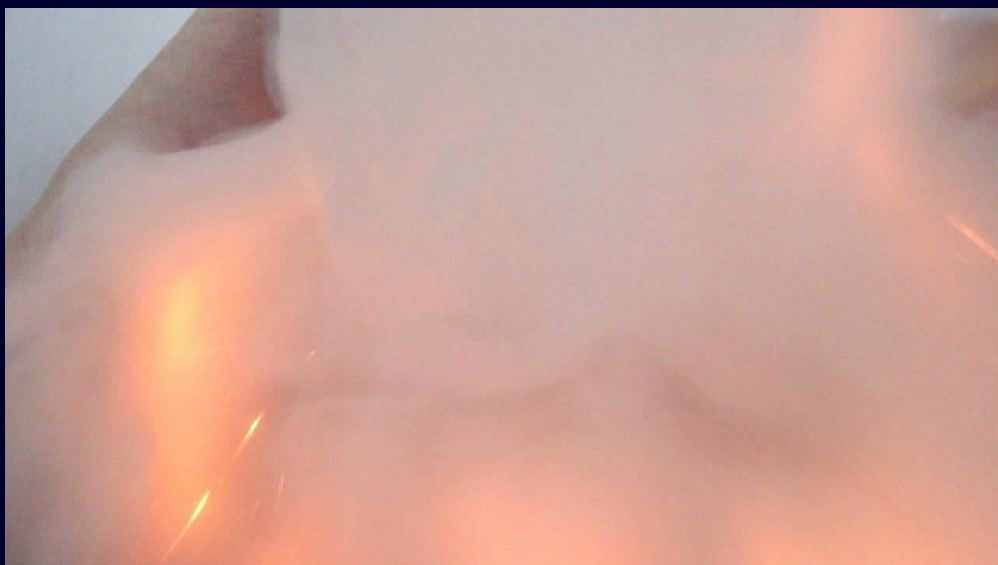












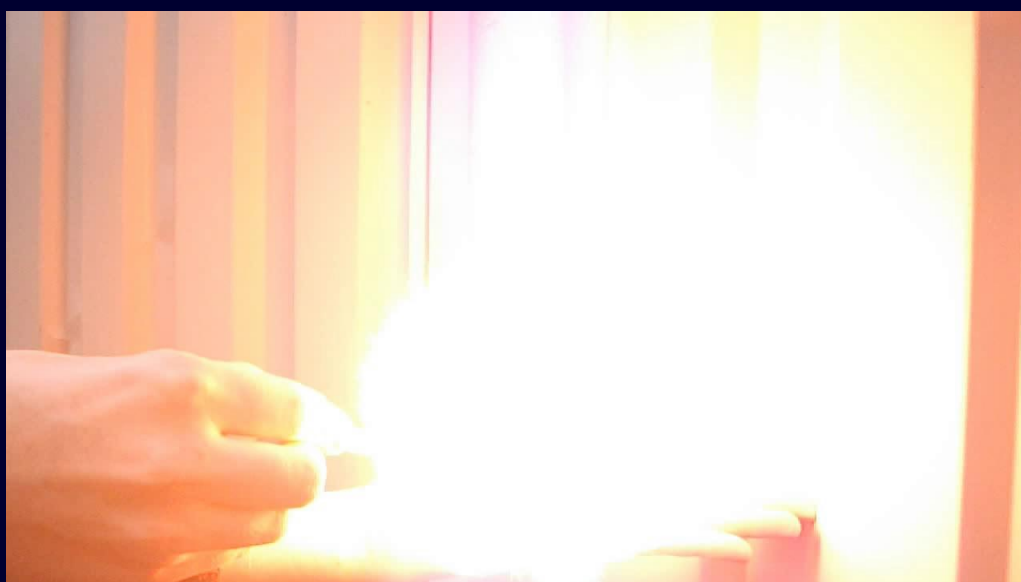
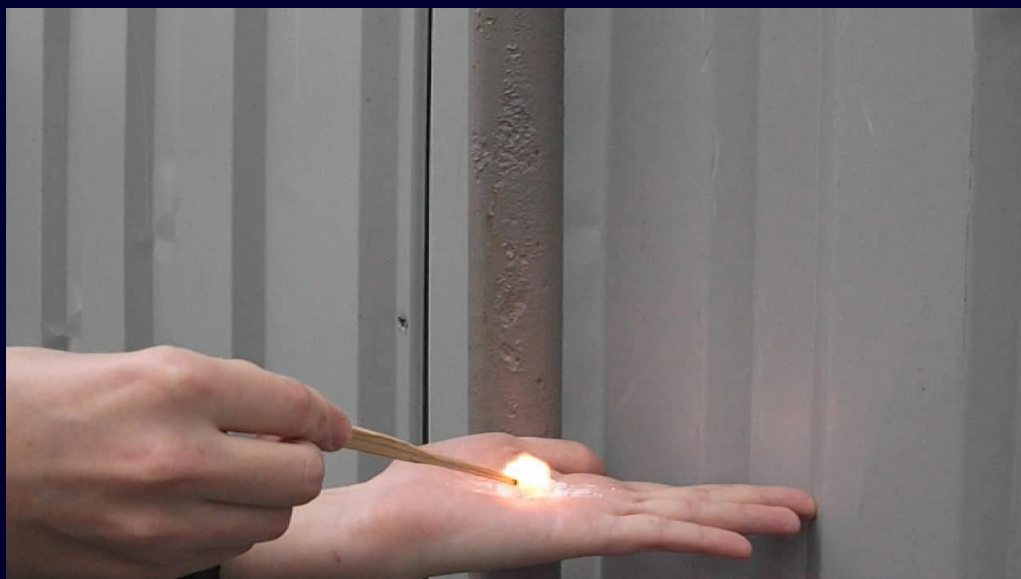
Теперь посмотрите, как выглядит вспышка с боку. По-моему, немного напоминает ядерный гриб.

[Смотреть Видео \(5 Мб, .avi\)](#)



Огонь на ладони (хлорат калия - желтая кровяная соль)









Огонь на ладони ч.3

В.Н. Витер

Горение нитроцеллюлозы

Видимо, самым известным вариантов опыта "Огонь на ладони" является горение нитроцеллюлозы (нитрованной ваты). Для получения нитрованной ваты необходимы два реактива - концентрированные азотная и серная кислоты. Даже при отсутствии опыта химических экспериментов процесс нитрования ваты обычно не вызывает сложностей¹.

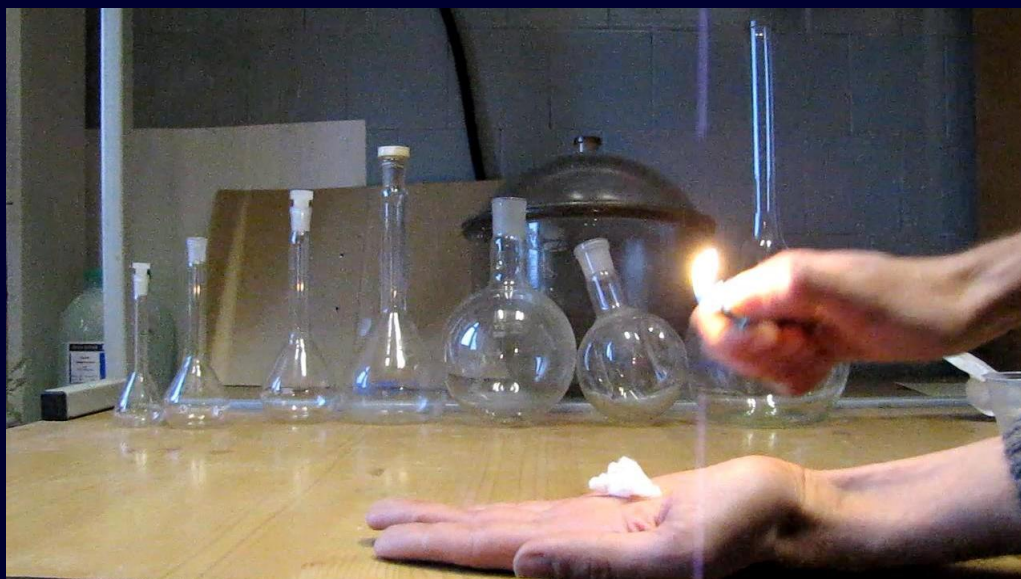
Почти через год от проведенных нами ранее экспериментов остался небольшой кусочек нитрованной ваты. Ничего оригинального в голову не пришло, поэтому мы решили просто заснять горение на руке. Опыт прошел как обычно: в ходе горения чувствовалось жжение, но терпеть его было можно.

¹ Описание получения нитроцеллюлозы вы найдете в видеоархиве журнала [ссылка](#) или в первом номере за 2011 год [ссылка](#).

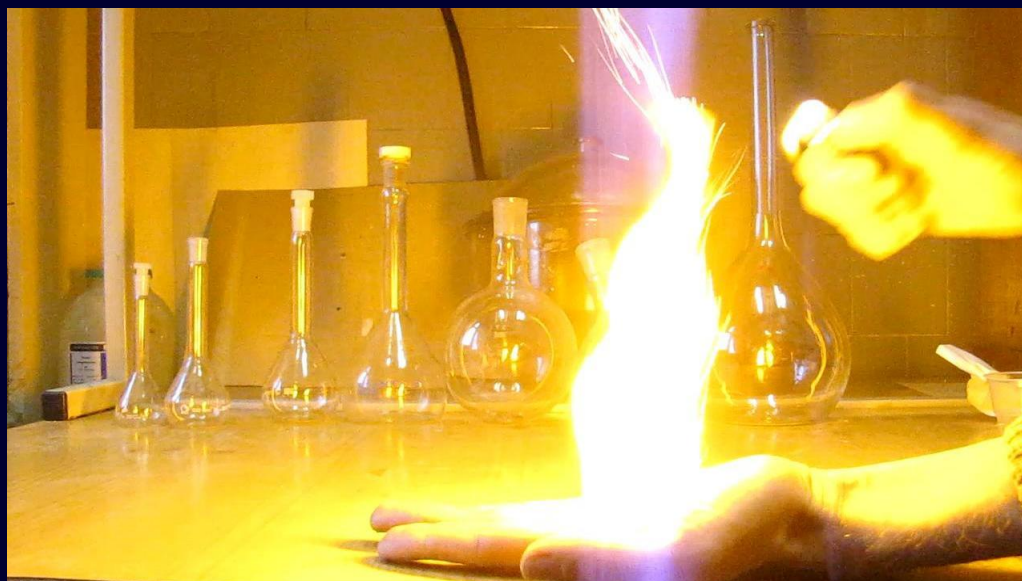
[Смотреть Видео \(18 Мб, .avi\)](#)

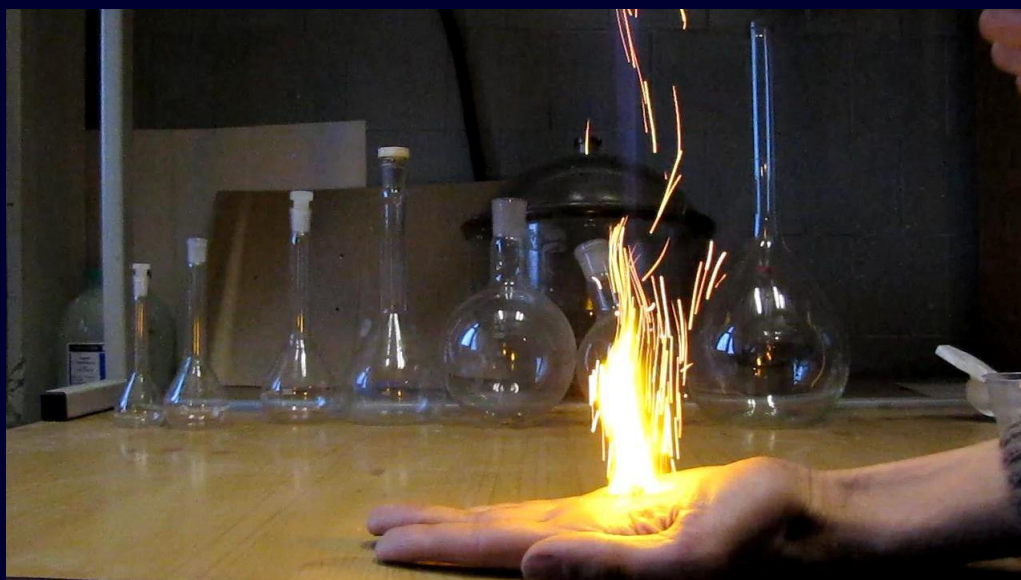


Огонь на ладони (горение нитроцеллюлозы)











Огонь на ладони ч.4

В.Н. Витер

Вспышка пены с пропан-бутановой смесью

Смесь пропана, бутана и изобутана (которая также содержит небольшое количество углеводородов с более высокой и более низкой молекулярной массой) используется в качестве топлива в горелках, зажигалках, двигателях внутреннего сгорания и т.п. Еще одно важное применение данной смеси - пропеллент (вещество, создающее давление в аэрозольных баллончиках).

В следующем номере мы надеемся опубликовать статью по опытам с пропан-бутановой смесью, поэтому останавливаться на описании ее свойств и применения мы не будем. Сейчас нас интересует эксперимент "Огонь на ладони".

Для эксперимента нам понадобились: бытовой пропан-бутановый баллон с редуктором, шланг (со стеклянной трубкой на конце), кристаллизатор с раствором жидкого моющего средства "Gala" и добавкой глицерина, а также ладонь добровольца. Количество моющего средства и глицерина подбирают так, чтобы образовалась стабильная пена (глицерин добавлять не обязательно, но он стабилизирует пену).

Суть эксперимента проста: набрать пену в ладонь и поджечь. Пену получают, опустив трубку, соединенную с газовым баллоном, в кристаллизатор с мыльным раствором. Однако есть и некоторые детали.

Во-первых, кожа руки должна быть хорошо смочена мыльным раствором. Делается это не для защиты (наоборот: мокрая кожа лучше проводит тепло, чем сухая). При контакте с сухой кожей мыльная пена быстро лопаются, в мокрых же руках пена живет намного дольше. Мы просто полностью опускали кисть в кристаллизатор с мыльным раствором, затем выдували пену. Когда пены образовывалось много, поднимали ладонь, стараясь захватить побольше пены.

Во-вторых, постарайтесь, чтобы пена была сверху кисти, но не сбоку или снизу: когда пропан-бутановая смесь горит над ладонью - это одно, а под ладонью - совсем другое. И в том и другом случае продукты горения уходят вверх, но если сверху находится рука

(горение под ладонью), вам будет больно.

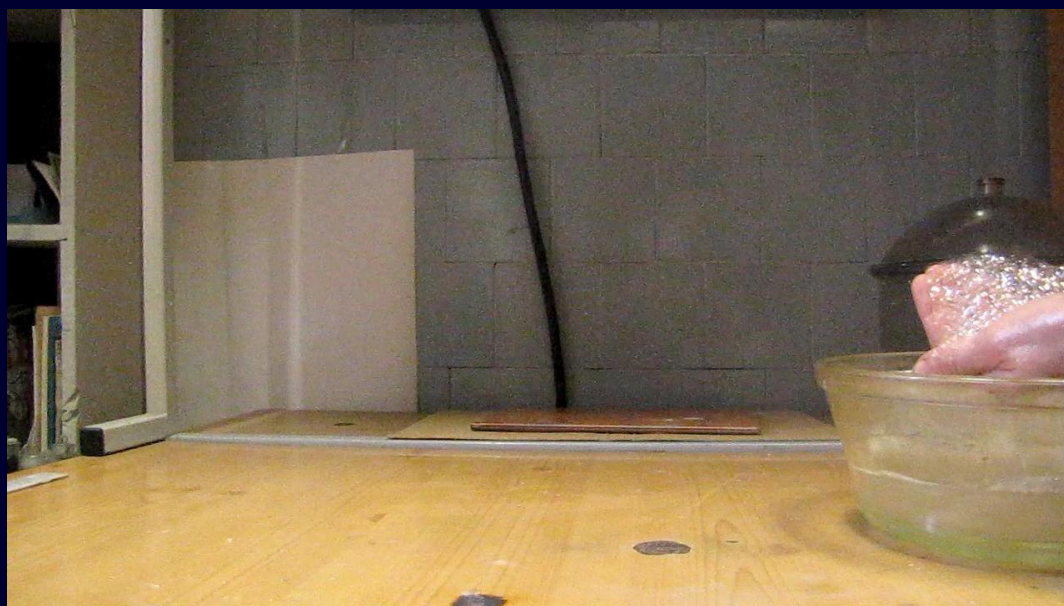
В-третьих, и это самое главное: берегите лицо и, особенно - глаза. Не наклоняйтесь над рукой во время опыта, всегда используйте защитную маску (в крайнем случае - очки). Помните, что пропан-бутановая смесь тяжелее воздуха, поэтому она способна растекаться по горизонтальным плоскостям, подобно бензину. В отличие от бензина она невидима, но если поблизости будет огонь, результат может стать не менее плачевным. Аналогичными свойствами обладают пары диэтилового эфира. Баллон должен находиться на максимально возможном расстоянии и быть защищенным от огня. Взрыв газового баллона означает почти неминуемую смерть экспериментатора и окружающих.

Вместо пропан-бутановой смеси для получения горючей пены можно использовать и другие газы, например, водород. В случае водорода вспышка иногда получается грибовидной, напоминая ядерный взрыв (ссылку на эксперимент вы найдете в первой части статьи).

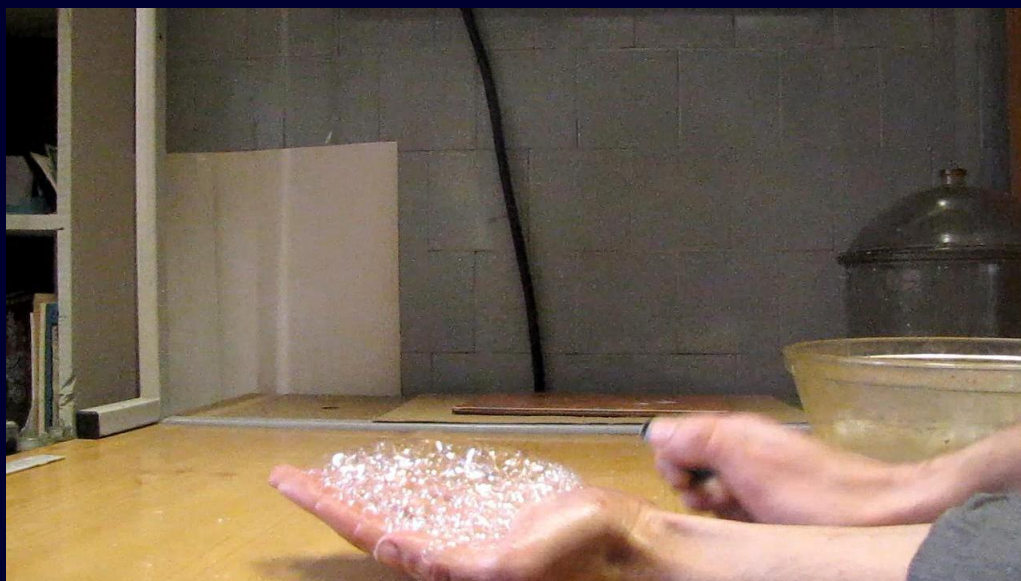
[Смотреть Видео \(21 Мб, .avi \)](#) [Смотреть Видео 2 \(34 Мб, .avi \)](#)

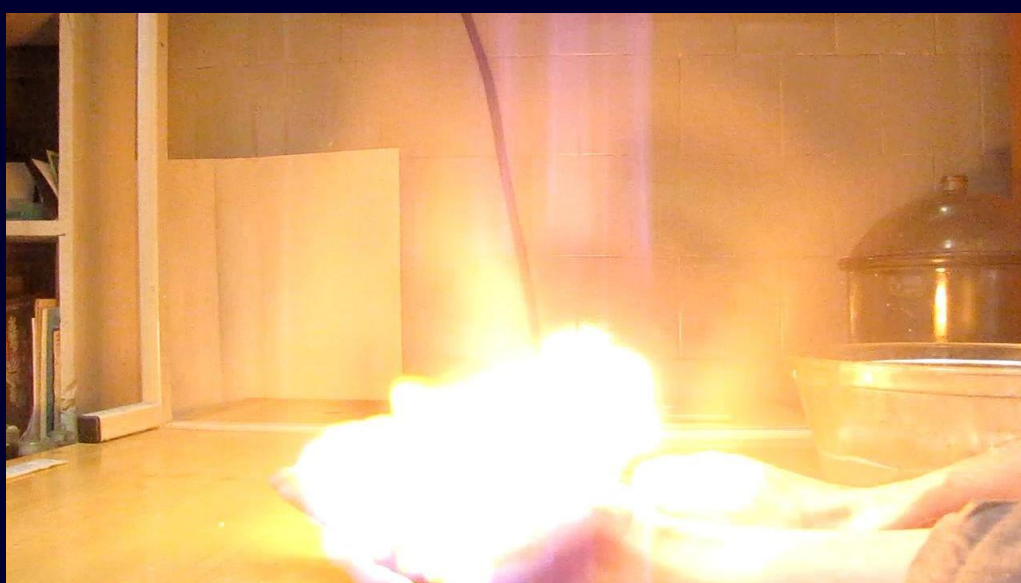
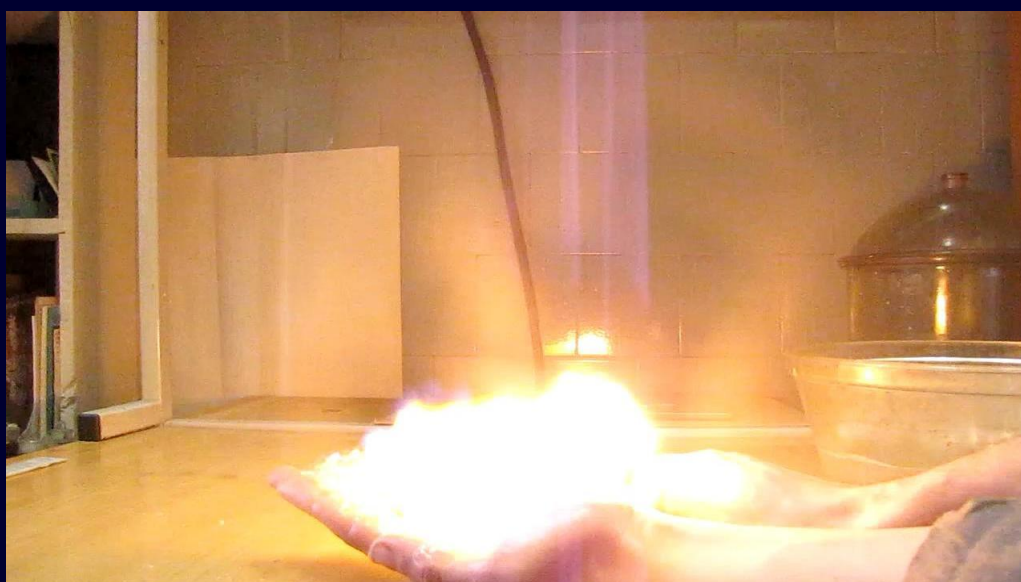
[Смотреть Видео 3 \(26 Мб, .avi \)](#) [Смотреть Видео 4 \(27 Мб, .avi \)](#)

[Смотреть Видео 5 \(28 Мб, .avi \)](#)

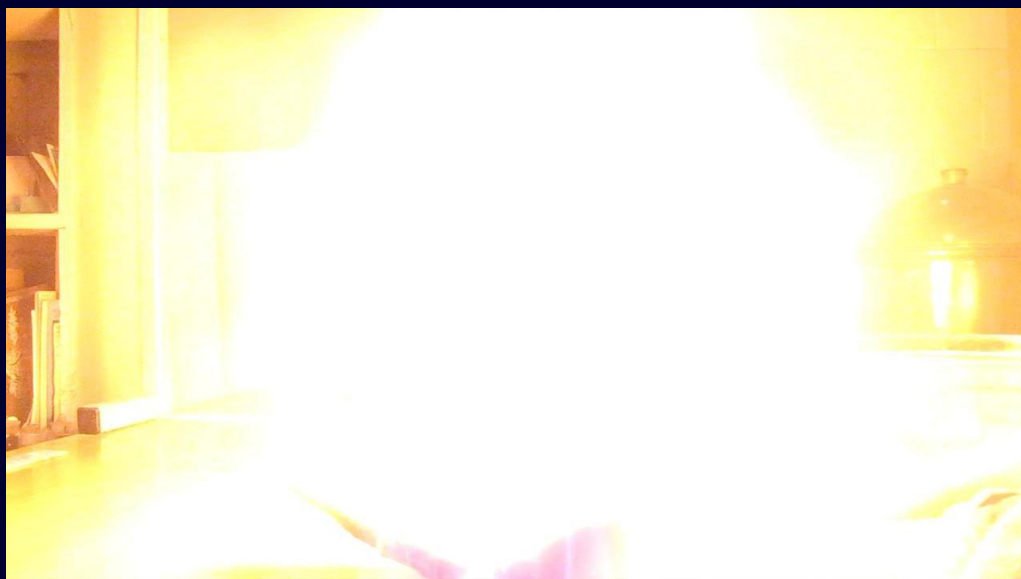


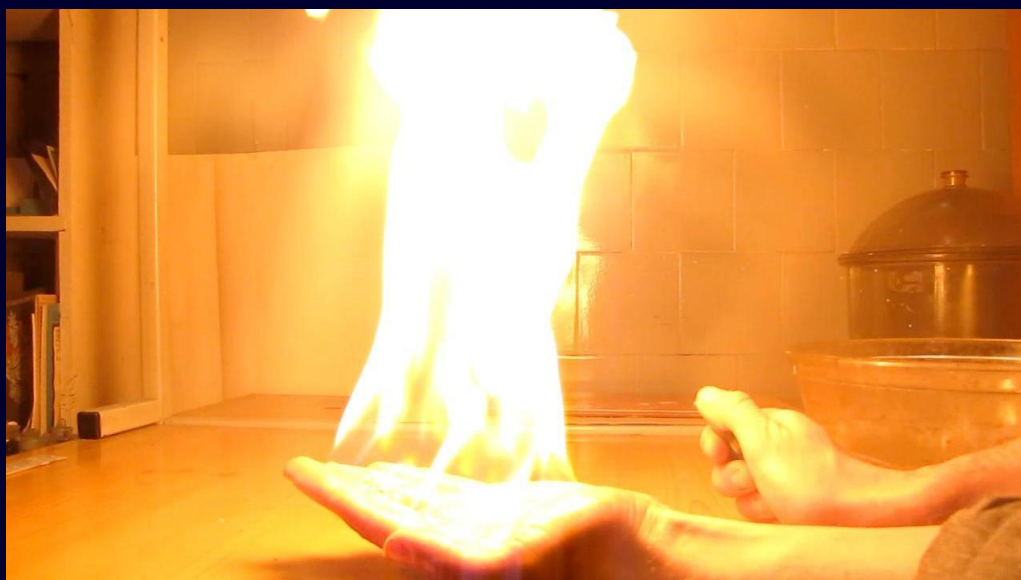
Огонь на ладони. Вспышка пены с пропан-бутановой смесью

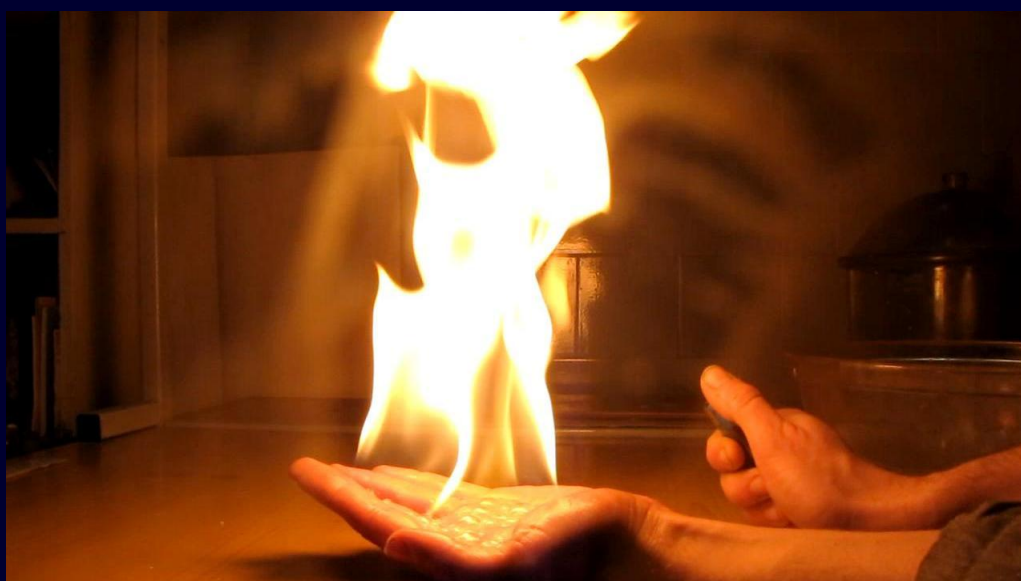
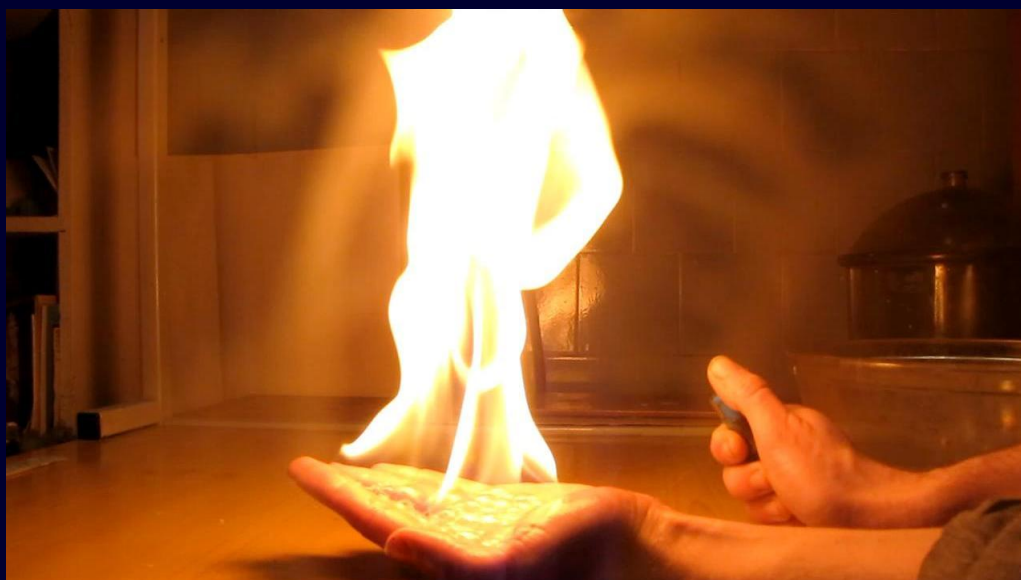
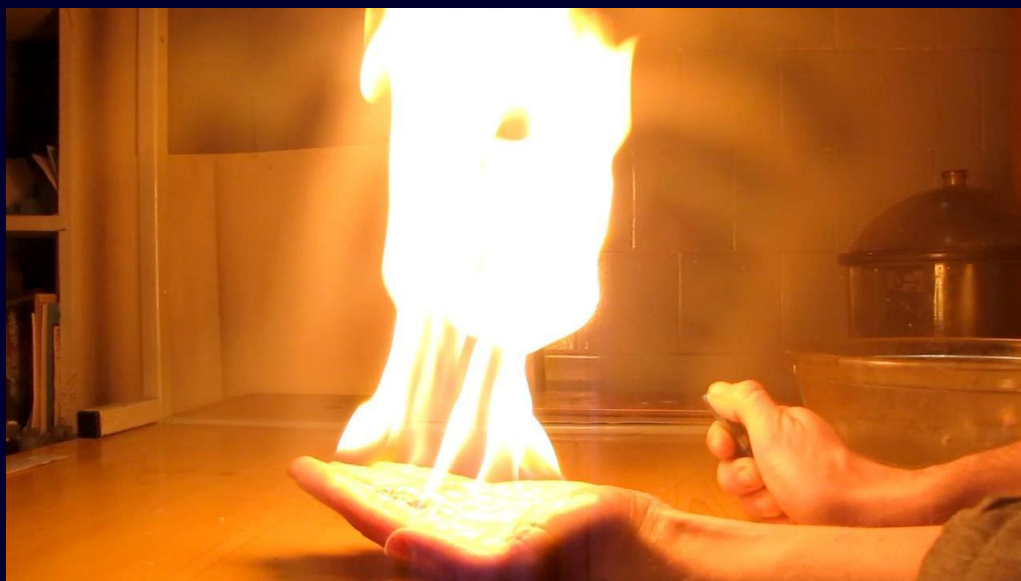




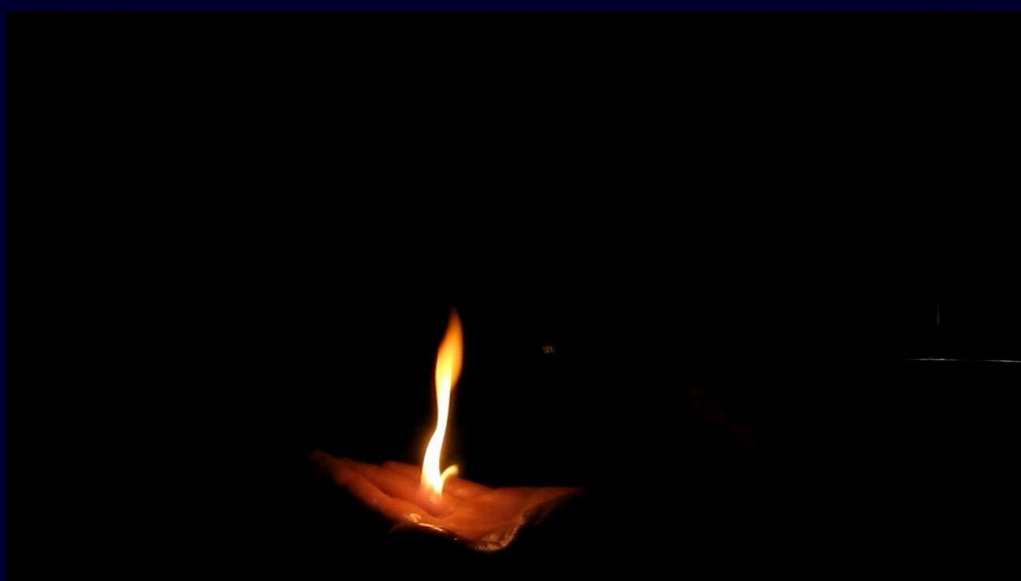


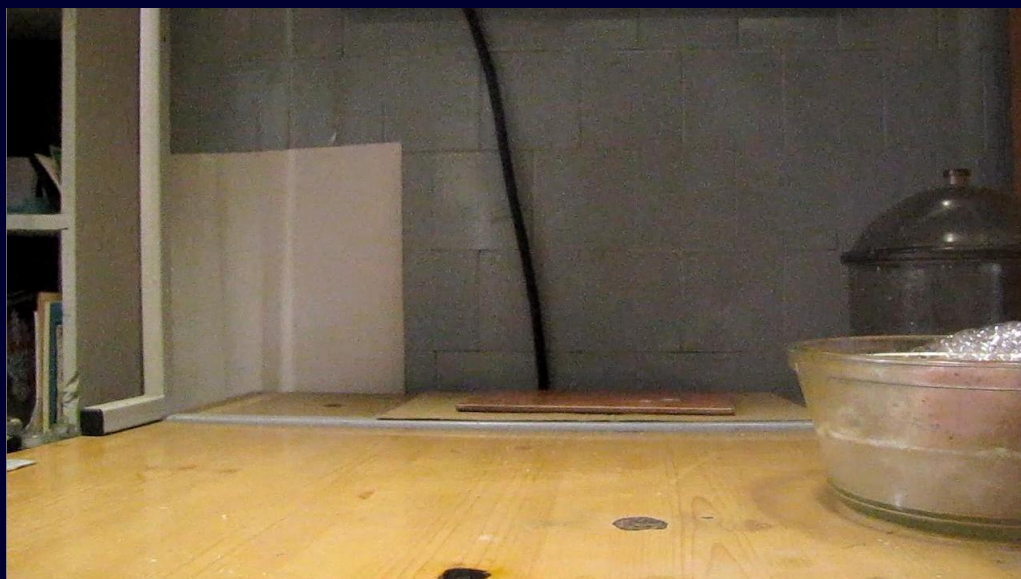




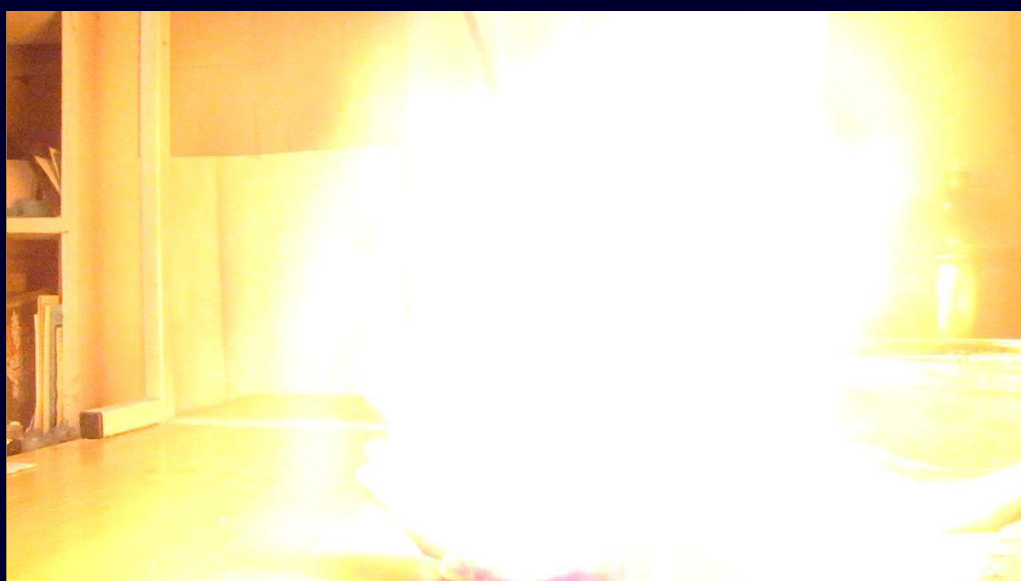






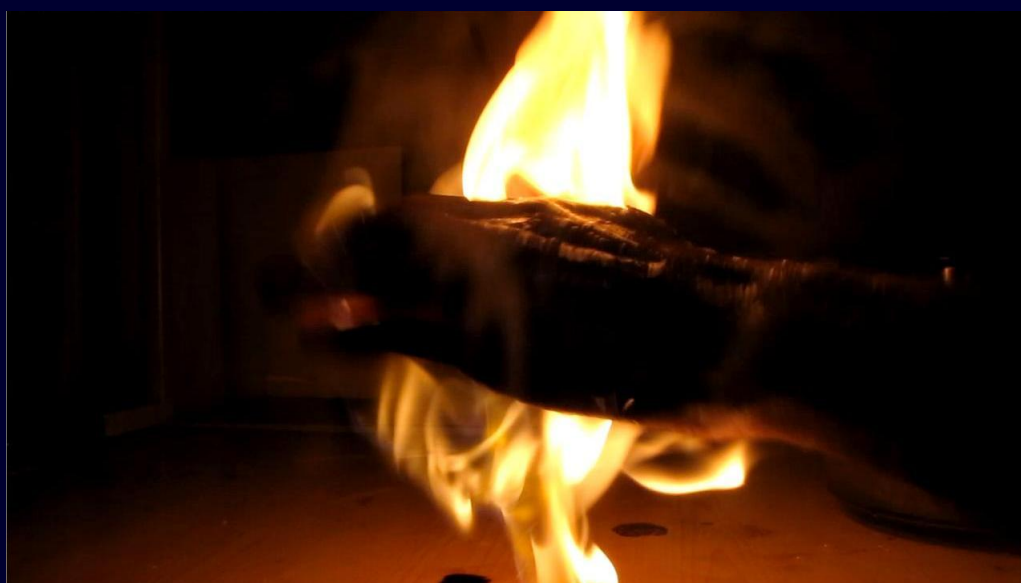




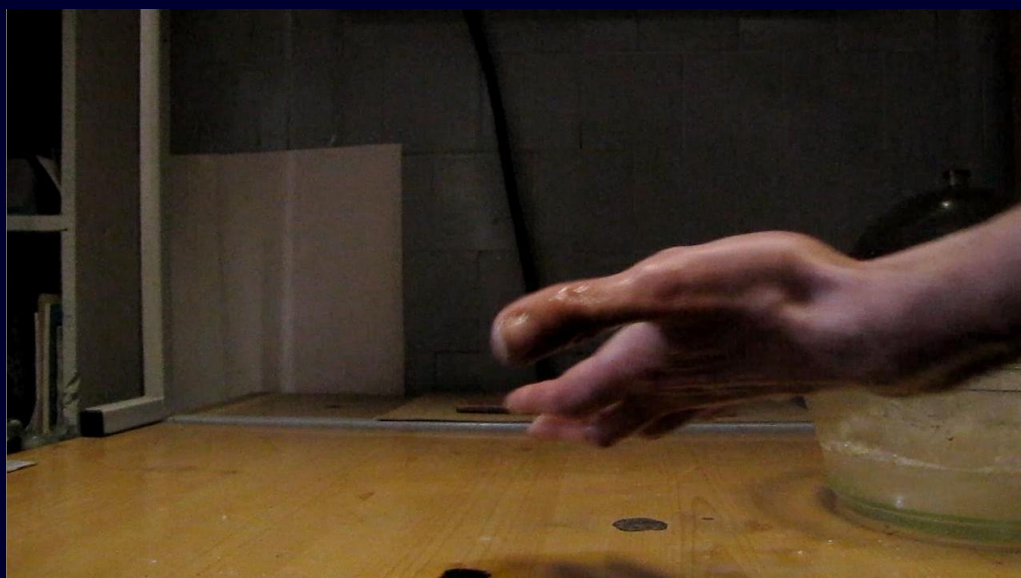
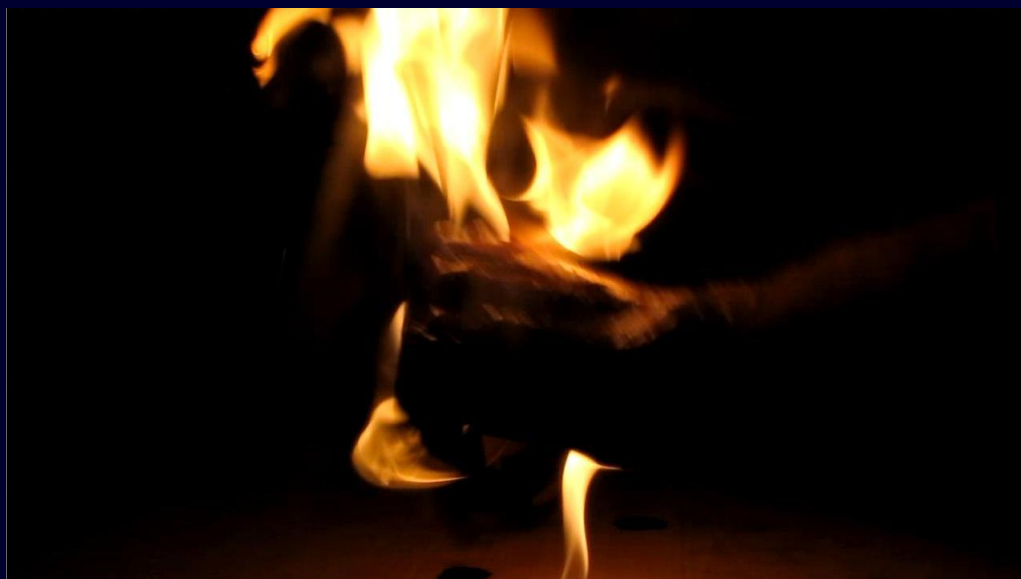


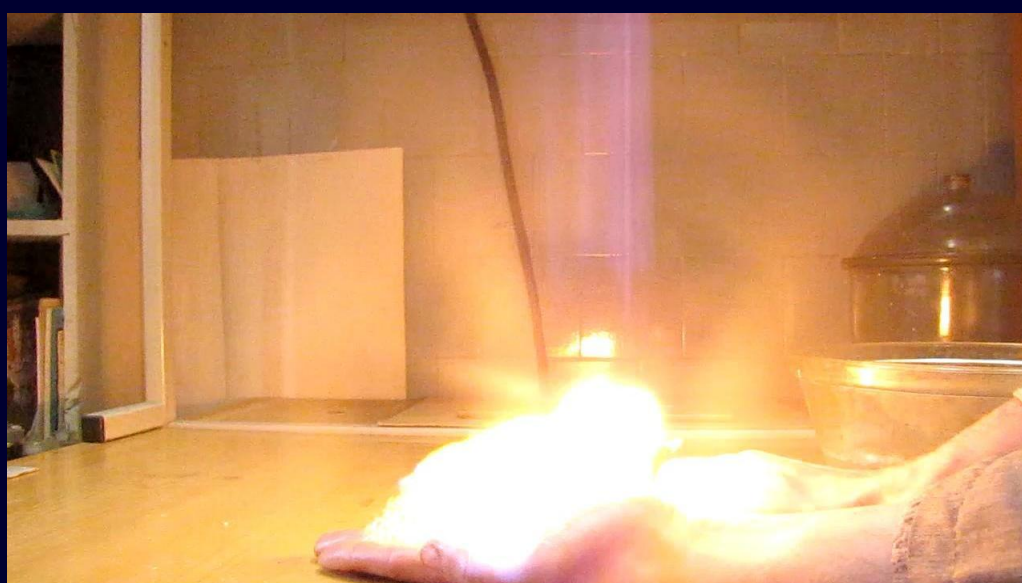
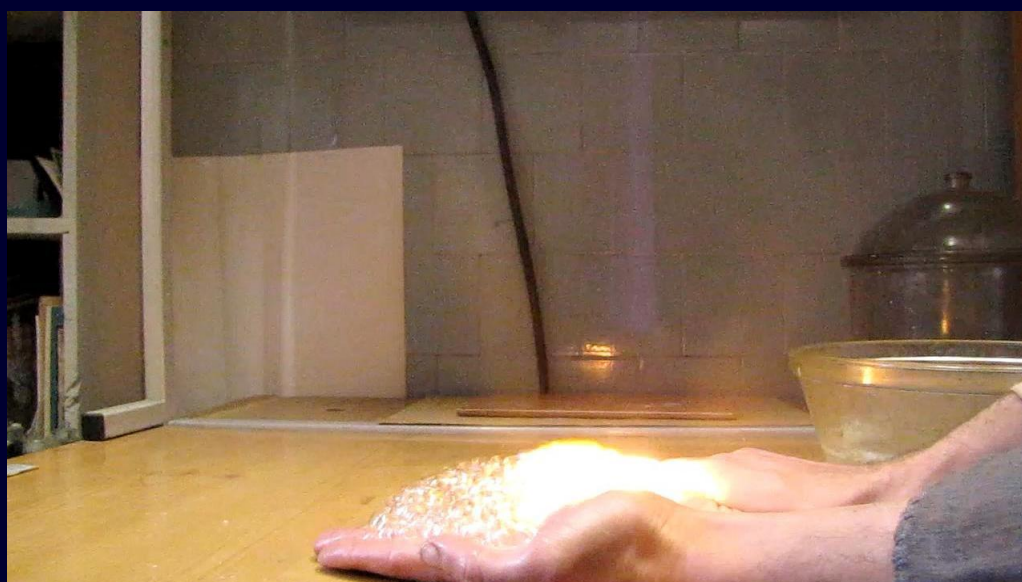




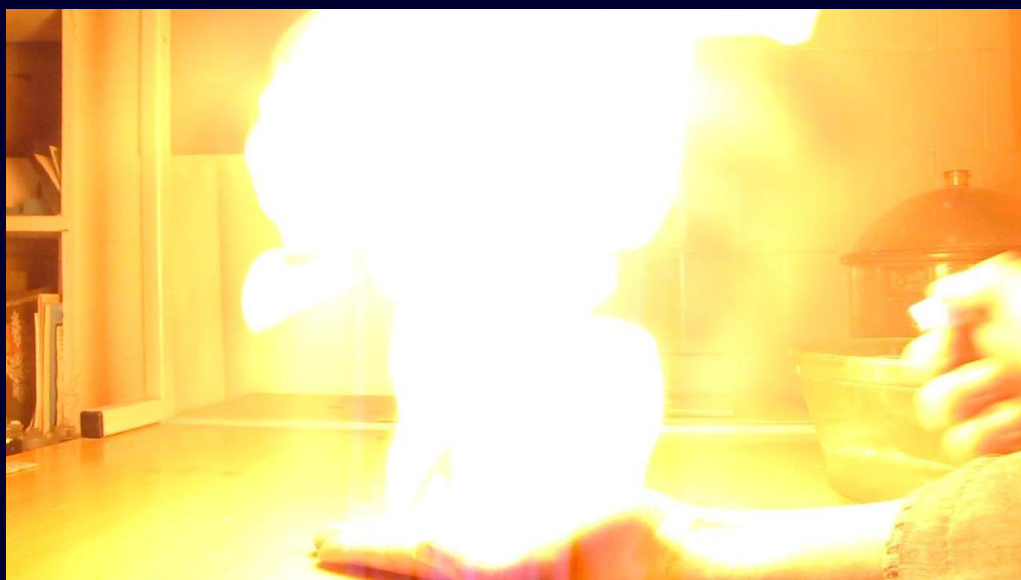
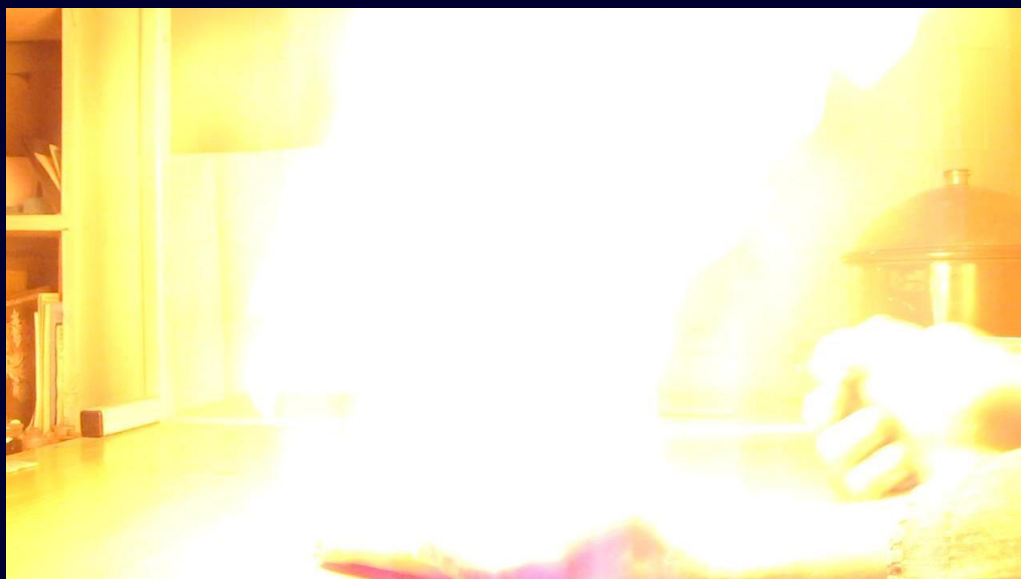




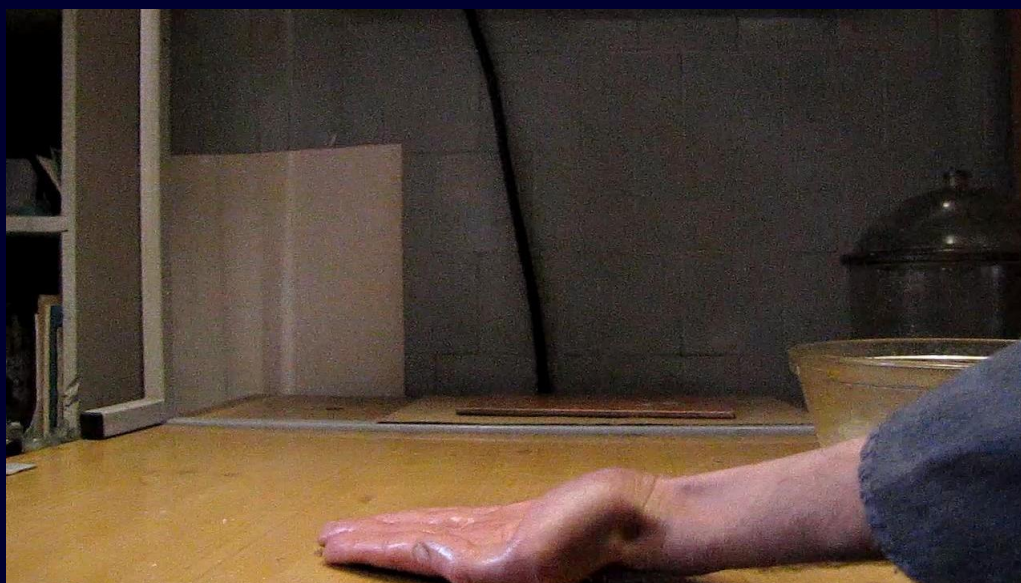












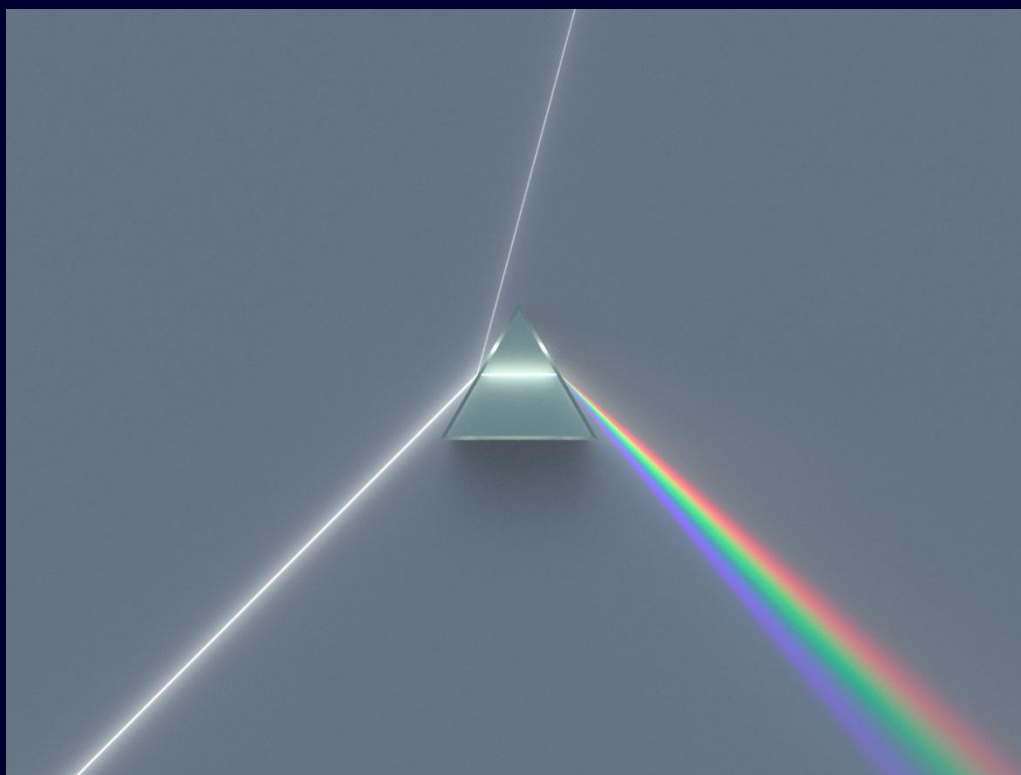
Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.1

В.Н. Витер

Вступление

Привычный для нас свет - видимое излучение - лежит на сравнительно узком участке спектра (длина волны от 380 до 740 нм). Нижний край этой области соответствует фиолетовому свету, верхний - красному. Многие источники света - в том числе и Солнце - одновременно излучают свет с разными длинами волн. Воспользовавшись трехгранной призмой можно разделить белый свет на его компоненты - цвета радуги. Таким образом мы сможем наблюдать спектр. Обычно выделяют семь цветов радуги:

фиолетовый (380-440 нм) синий (440-485 нм), голубой (485-500 нм), зеленый (500-565 нм), желтый (565-590 нм), оранжевый (590-625 нм) и красный (625-740).

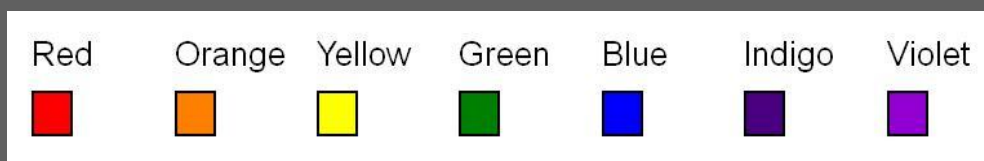


Призма разлагает белый свет



Радуга

Разделение видимого спектра на цвета радуги условно, поскольку между цветами нет резкой границы - переход одного цвета в другой происходит постепенно. Не удивительно, что в Японии выделяют только шесть цветов радуги. В англоязычной литературе обычно выделяют семь цветов радуги, но голубой цвет (находится между синим и зеленым) не считают "самостоятельным", зато выделяют цвет индиго - "сине-фиолетовый".



Цвета радуги в англоязычной литературе

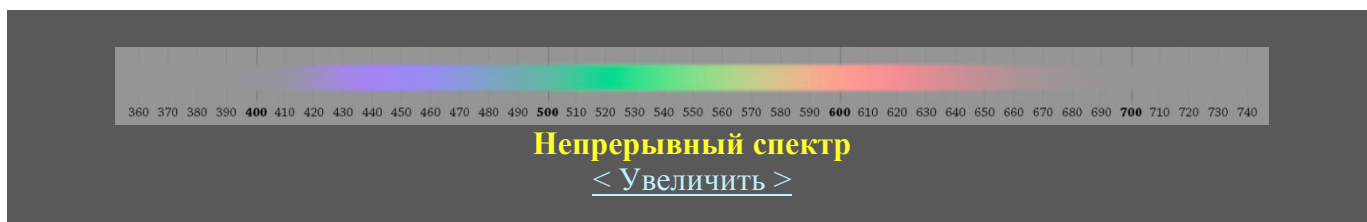
Разумеется, электромагнитное излучение не исчерпывается видимым участком спектра, и ученые доказали это еще в начале 19 века.

В 1800 г английский астроном Уильям Гершель, исследуя спектр Солнца, обнаружил излучение, которое вызывало более сильный нагрев, чем красные лучи спектра, но лежало за пределами видимой области¹. Так было открыто инфракрасное (тепловое) излучение. Инфракрасные лучи имеют большую длину волны (и соответственно - меньшую частоту колебаний) по сравнению с красным излучением.

После открытия излучения, которое лежит в спектре справа от красных лучей (т.е. имеет большую длину волны), логично было предположить, что существуют и с лучи длиной волны меньшей, чем у фиолетового света (т.е. такие, которые лежат в спектре левее фиолетового света).

Немецкий физик Иоганн Риттер в 1801 году обнаружил, что хлорид серебра разлагается под действием невидимого излучения, которое лежит за пределами фиолетовой области спектра. Причем действие этого невидимого излучения на хлорид серебра было даже сильнее, чем действие видимого света. Так были открыты ультрафиолетовые лучи.

¹ Если мы могли бы видеть инфракрасные лучи, на верхней фотографии с трехгранной призмой они были бы правее красных лучей. Помещенные в эту область приборы фиксируют самый сильный нагрев: основная часть тепла Солнца приходит к нам именно с невидимыми инфракрасными лучами.



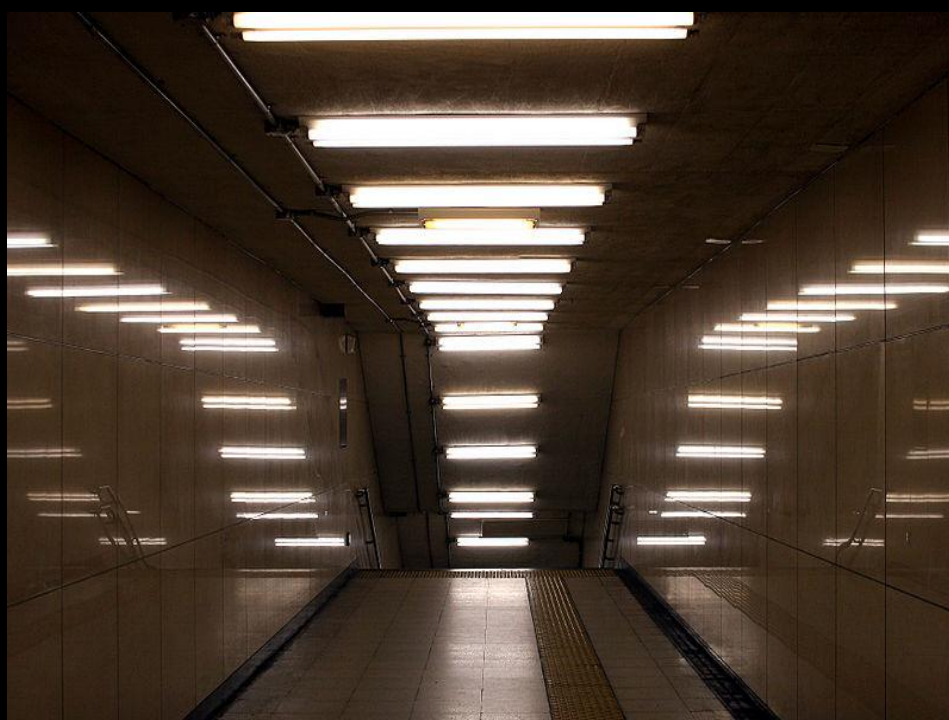
Одним из самых распространенных источников ультрафиолетового излучения является кварцевая лампа. При прохождении электрического разряда через пары ртути они излучают ультрафиолетовый свет. Обычное стекло хорошо поглощает ультрафиолетовые лучи, поэтому стенки таких ламп делают из кварцевого стекла, которое прозрачно для ультрафиолетового излучения.



Разряд в парах ртути используют не только для получения ультрафиолетового света, но и видимого. Для этого стенки лампы делают из обычного стекла (а не кварцевого) и покрывают их люминофором, который поглощает ультрафиолетовые лучи и испускает видимые (обычно - белые). Именно на таком принципе работают люминесцентные лампы (лампы дневного света).



Люминесцентные лампы (лампы дневного света)



Люминесцентные лампы (лампы дневного света)

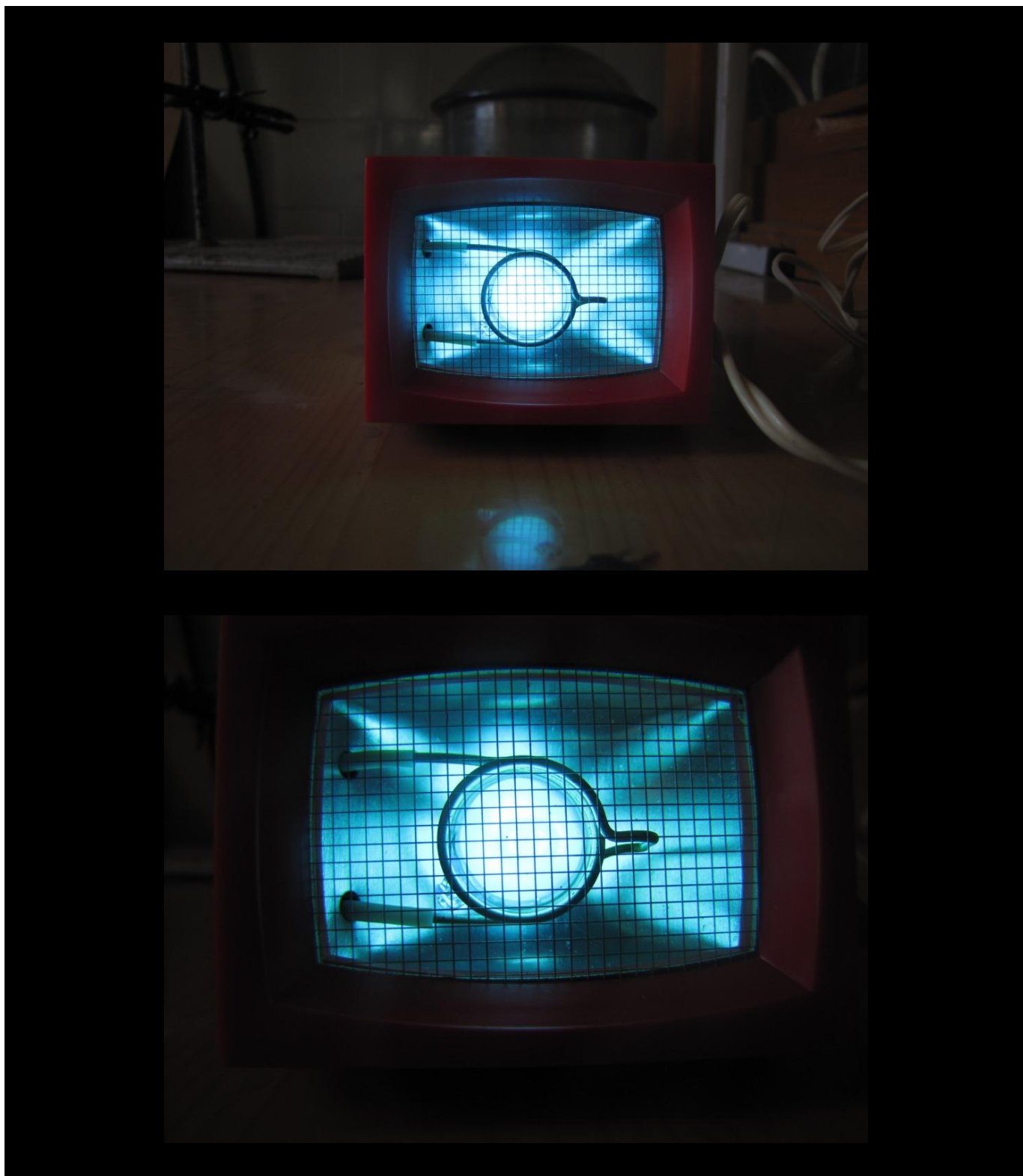
Ртутная лампа - мощный источник ультрафиолетового излучения, причем довольно жесткого (в том, что кварцевая лампа дает жесткий ультрафиолет легко убедиться, включив ее: вскоре вы почувствуете запах озона, иногда довольно сильный).

Однако, одновременно с ультрафиолетовым излучением ртутная лампа излучает немало видимых лучей. Для многих целей это не мешает, например, видимый свет - не помеха при использовании таких ламп для дезинфекции, при проведении фотохимических реакций в органическом синтезе или для проявления хроматограмм. С другой стороны, если мы хотим изучать действие именно ультрафиолетовых лучей, необходимо избавиться от видимого (и инфракрасного) излучения.



Ультрафиолетовая лампа (использовалась для проявки хроматограмм)

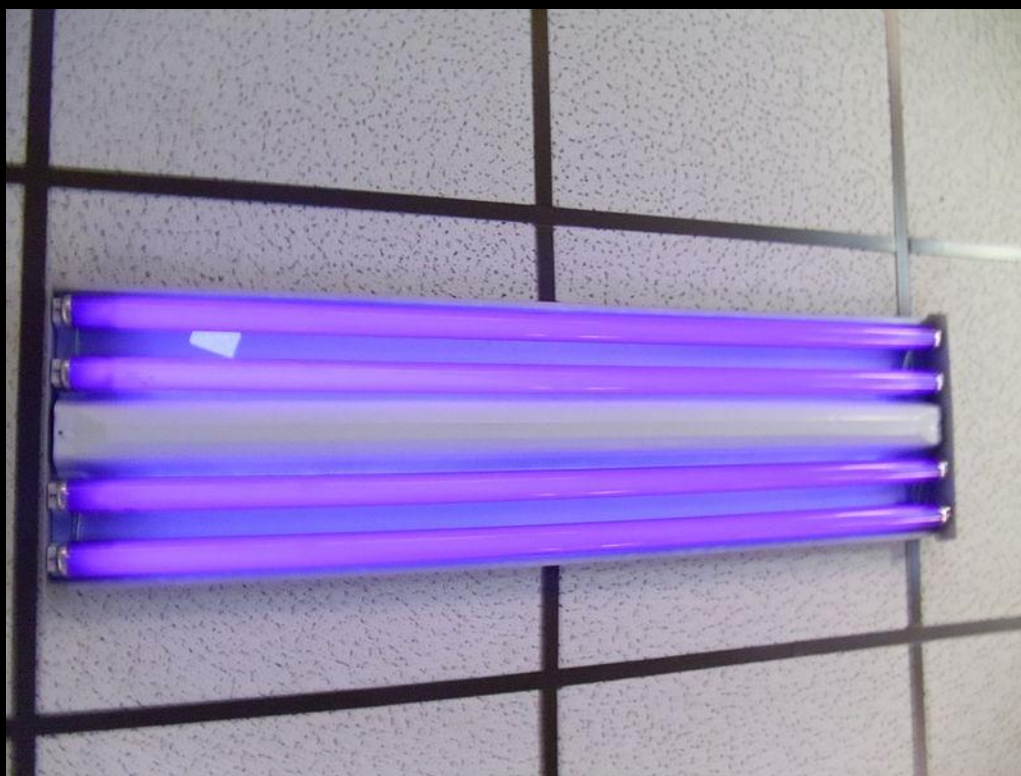




Отделить видимое излучение от ультрафиолетового можно, например, с помощью призмы или дифракционной решетки. Однако на практике это не всегда удобно. Нужен был более простой способ. Американский физик Роберт Вуд разработал специальное стекло, которое поглощает видимые и инфракрасные лучи, но пропускает ультрафиолетовые. Стекло Вуда представляет собой натриево-бариевое силикатное стекло, которое содержит около 9% оксида никеля, иногда - оксид кобальта.

Ртутная лампа, сделанная из такого стекла, излучает ультрафиолетовый свет с небольшой примесью фиолетового. Поскольку стенки лампы Вуда непрозрачны для видимого света, лампа выглядит черной. Изобретение лампы Вуда благоприятствовало применению ультрафиолетового света, как для научных исследований, так и для нужд практики. Какие невероятные вещи проделывал с ультрафиолетовым светом сам Роберт Вуд, вы можете узнать из книги **Вильям Сибрук - Роберт Вильямс Вуд. Современный чародей физической лаборатории** [ссылка](#)

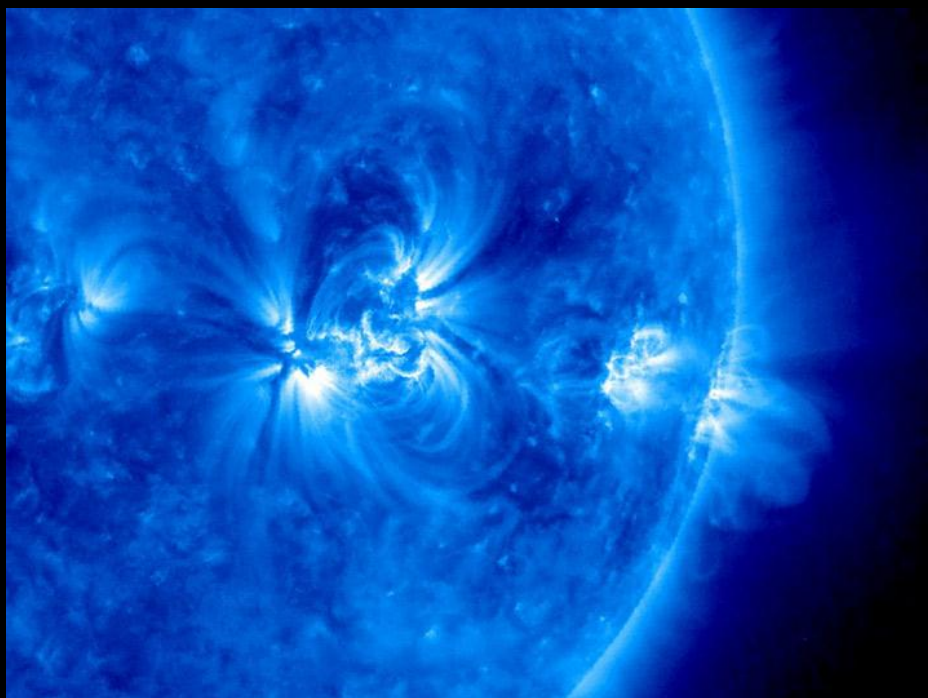
Поскольку ультрафиолетовое излучение иногда называют "черный свет", лампу Вуда нередко называют "лампа черного света".



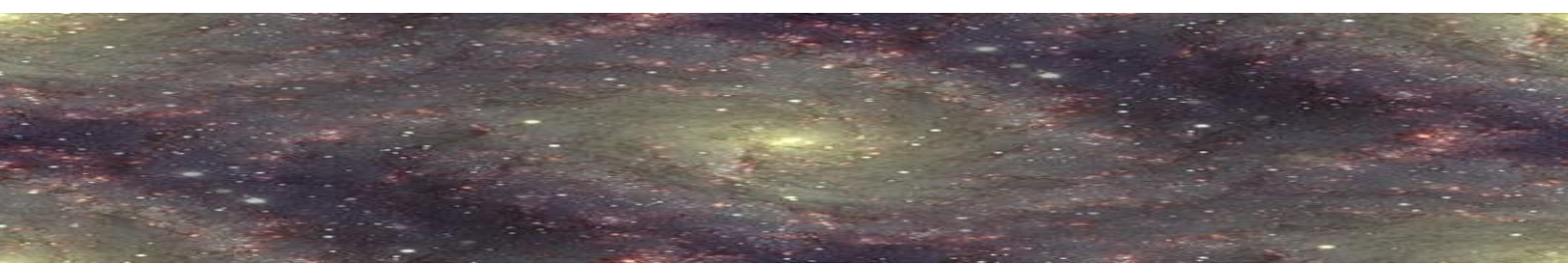
Лампа черного света (лампа Вуда)

Современные лампы Вуда часто делают из стекла, покрытого специальным люминофором, который дает максимум излучения в области мягкого ультрафиолета и почти не испускает видимого света. В качестве люминофоров используют активированный европием борат стронция $\text{SrB}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ (368-371 нм), активированный свинцом силикат бария $\text{BaSi}_2\text{O}_5:\text{Pb}^{2+}$ (350-353 нм) и другие составы.

Приступим к экспериментам.



Снимок Солнца в ультрафиолетовых лучах



Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.2

В.Н. Витер

Знакомство с лампой Вуда

Для начала мы купили лампу черного света, которая обошлась приблизительно в 60 грн. (1 грн. соответствует 4 руб.) Стекло лампы было практически черным, когда лампу включили, она загорелась неярким фиолетовым светом, от которого быстро начинали болеть глаза. Фиолетовые лучи - только верхняя часть айсберга, основную же часть излучения лампы составляют невидимые ультрафиолетовые лучи. Даже мягкий ультрафиолет может серьезно повредить глаза, поэтому следует пользоваться стеклянными очками (желательно - желтыми), но лучше вообще не смотреть на лампу.



Лампа черного света



Когда в темной лаборатории загорелась лампа Вуда, окружающая обстановка приняла необычный, почти иллюзорный вид. Большинство предметов так и остались темными, лишь слегка отражая тусклый фиолетовый свет, но некоторые вещи засветились ярким бело-синим, зеленым или оранжевым светом.

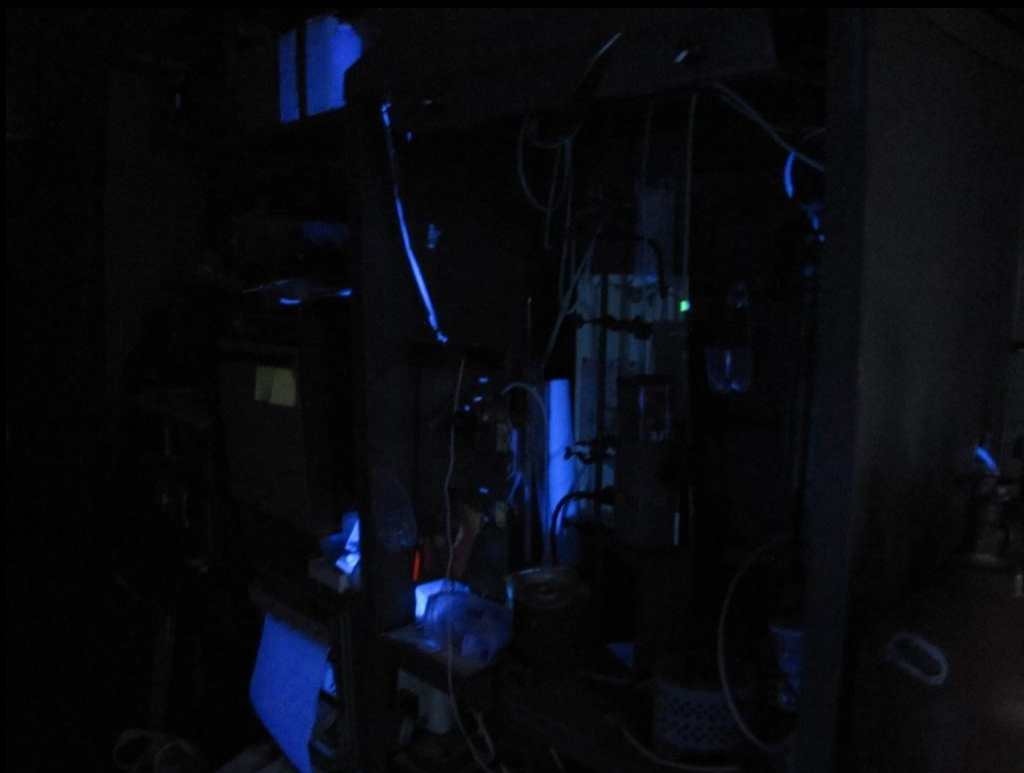
При беглом осмотре оказалось, что белая бумага, полотенце, провод и пластмассовая ленточка ярко светится бело-синим, пластмассовая ручка пилы светилась оранжевым, а самоклеющаяся этикетка - зеленым. Темный свитер светился бело-синим.

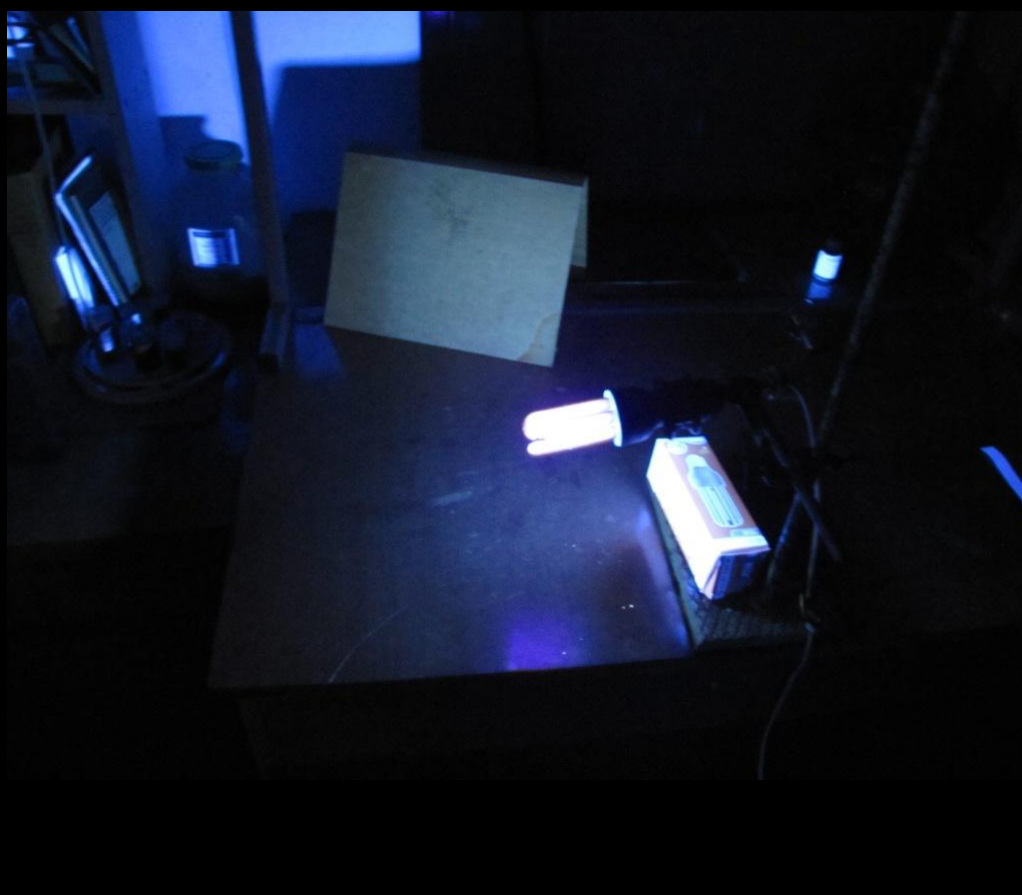
Мимо воли вспомнился эпизод из книги **Вильям Сибрук - Роберт Вильямс Вуд. Современный чародей физической лаборатории (Глава 17) [ссылка](#)**.

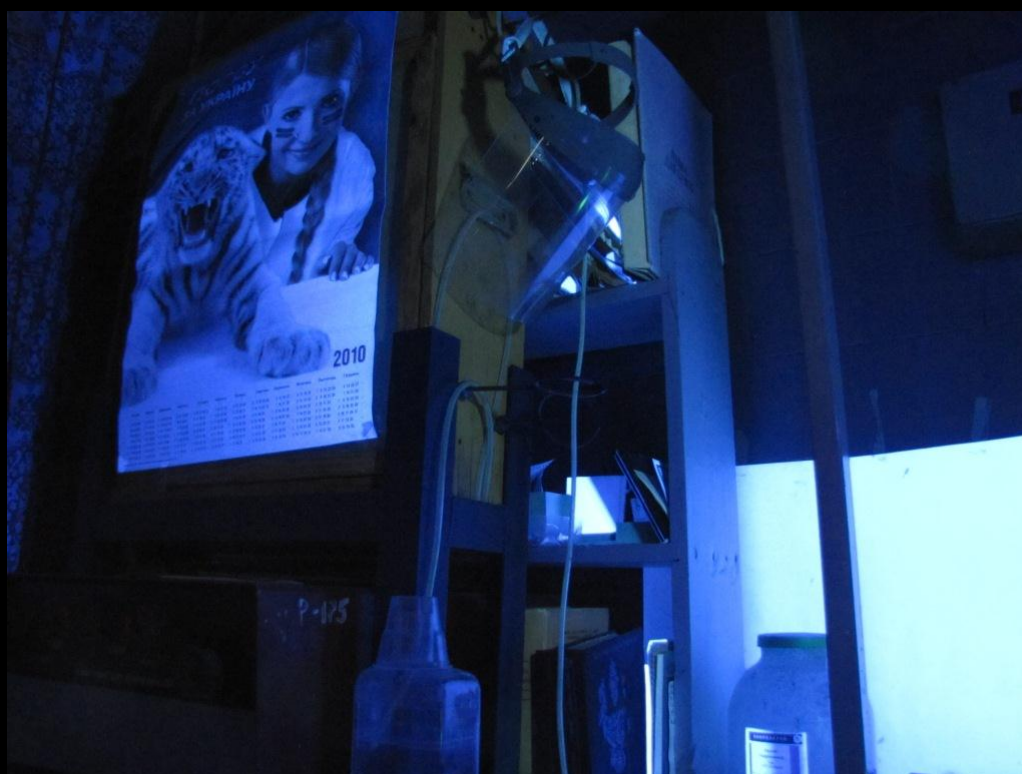
Роберт Вуд очень не любил медиумов, однако разоблачить этих мошенников было непросто, медиумы любили показывать "чудеса" в темноте - чтобы скрыть все свои манипуляции от слишком любопытных глаз. Разумеется, в те времена не было инфракрасных видеокамер и приборов ночного видения. Чтобы разоблачить одного медиума Роберт Вуд попытался вести съемку в ультрафиолетовом свете, который невидим для глаз человека. Однако результат получился неожиданным: цветы и некоторые другие предметы в комнате засветились ярким светом. От затеи пришлось отказаться.



Лаборатория в ультрафиолетовом свете



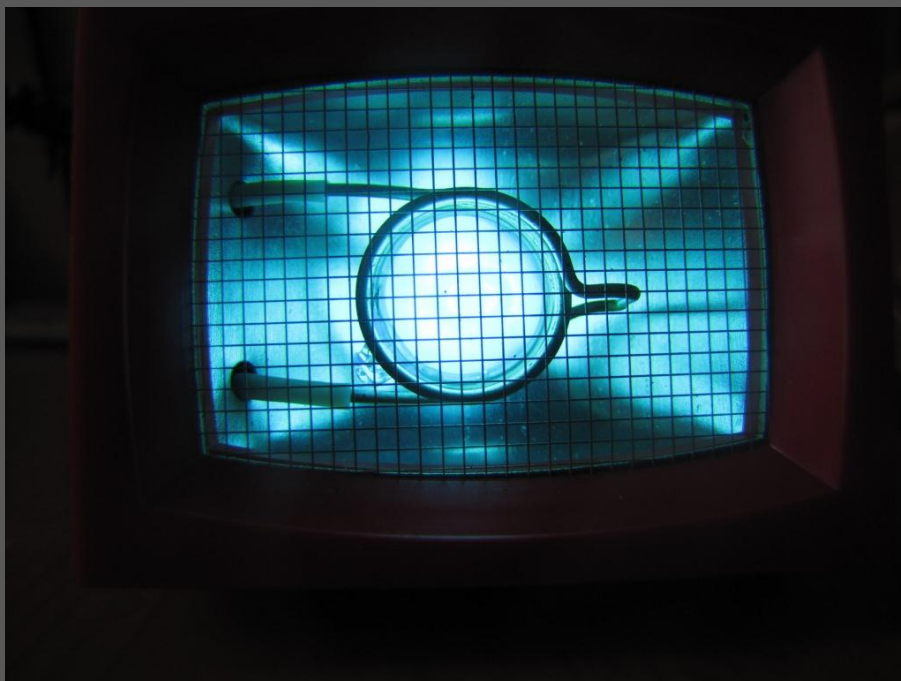






Лаборатория при дневном свете

Когда мы попробовали включить обычную ультрафиолетовую лампу, не оснащенную светофильтром (который отсекает видимые лучи) все очарование исчезло. Несмотря на то, что эта лампа была гораздо мощнее, бело-голубой свет лампы забивал люминесценцию.



Ультрафиолетовая лампа (без светофильтра)

Руки в ультрафиолетовом свете напоминали руки негра, причем ногти светились. Вспомнился другой эпизод из упомянутой книги¹ - шутка, которую проделал Роберт Вуд над хорошенькой машинисткой. Вуд спросил, не желает ли она, чтобы ее фотография была в Британской энциклопедии? Сотрудница, естественно, согласилась.

Вуд сфотографировал машинистку в ультрафиолетовых лучах, и через некоторое время белая женщина смогла увидеть свою фотографию в энциклопедии, на которой она похожа на негритянку.

¹ Вильям Сибрук - Роберт Вильямс Вуд. Современный чародей физической лаборатории (Глава 19) [ссылка](#)



Рука при обычном и в ультрафиолетовом свете



Бесцветное пластмассовое ведро светилось в ультрафиолетовых лучах синим, а ценник - желтым.

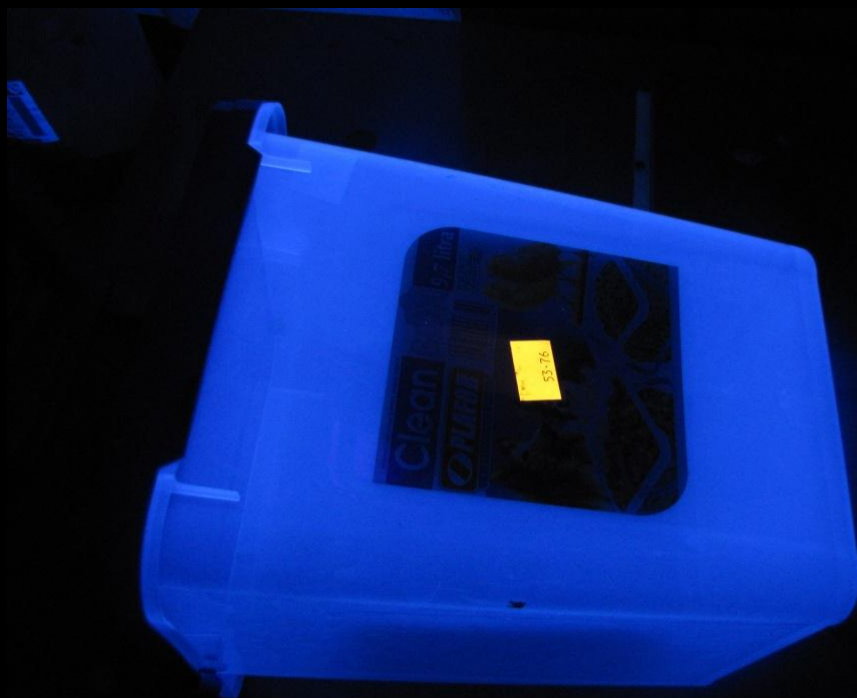
Забегая наперед, скажем, что наблюдаемое нами свечение обусловлено присутствием флуоресцентных красителей (ценник, ручка пилы и самоклеющаяся этикетка) или оптических отбеливателей (бумага, ткань, ведро).

В следующей части статьи мы займемся бумагой и денежными купюрами.



Пластмассовое ведро в обычном и в ультрафиолетовом свете





Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.3

В.Н. Витер

Бумага и денежные купюры

Итак, для экспериментов с ультрафиолетом нам нужны люминесцентные красители. "Используй то, что под рукою и не ищи себе другое" - эта поговорка очень пригодилась. В результате осмотра карманов (своих) удалось добыть пару денежных купюр и жетон метро.

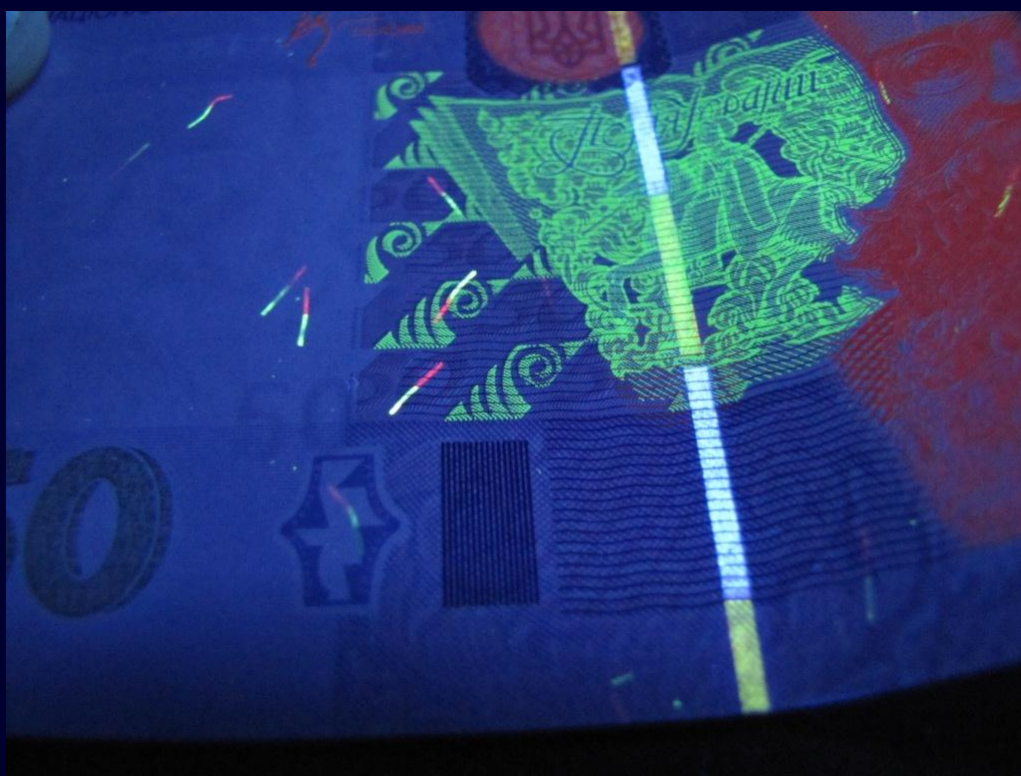
Еще в прадавние времена находилось немало мошенников, которые пытались подделывать деньги. Не удивительно, что стали появляться методы защиты монет, а позднее - и банкнот от подделки. Одним из наиболее эффективных методов защиты современных денег от фальсификации является нанесение рисунков люминесцентным красителем. Люминесцентные красители - как раз то, что нам нужно.

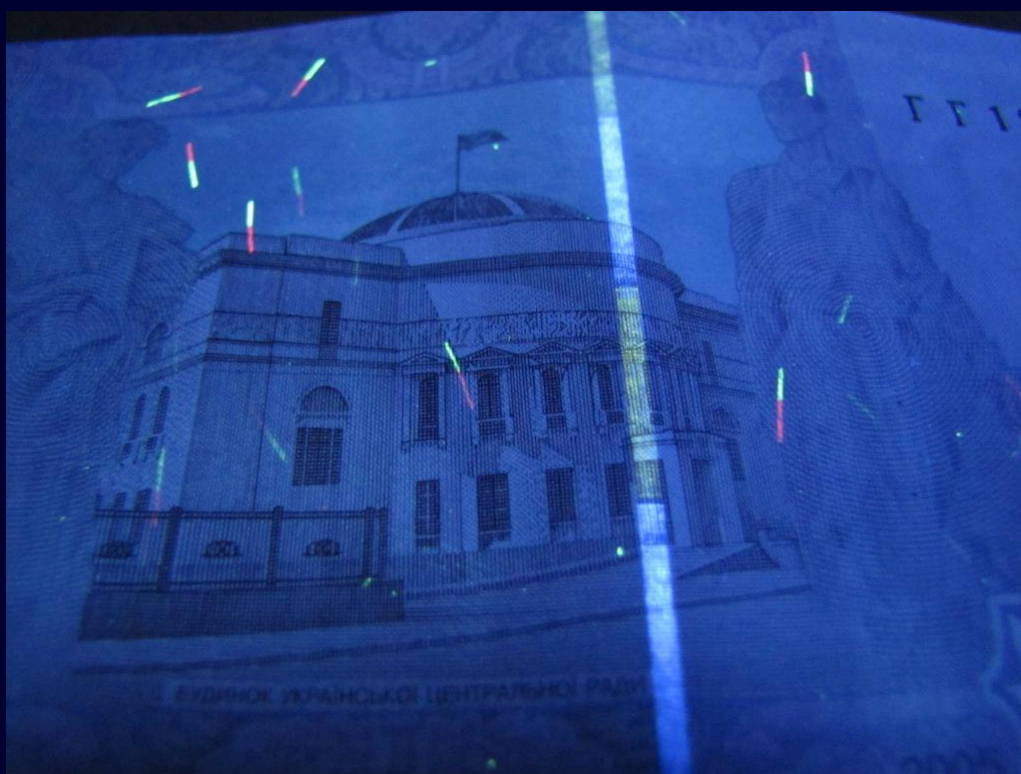
Для начала возьмем найденные купюры 50 и 100 гривен и включим ультрафиолетовую лампу. Как видите, в разных местах купюр появляются разноцветные светящиеся рисунки, но бросается в глаза другое: сама "денежная бумага" не светилась - в отличие от белой бумаги для принтеров. (Вернее, денежная бумага слегка светилась, но только за счет отраженного света.)



Купюры 50 и 100 грн. в ультрафиолетовом свете









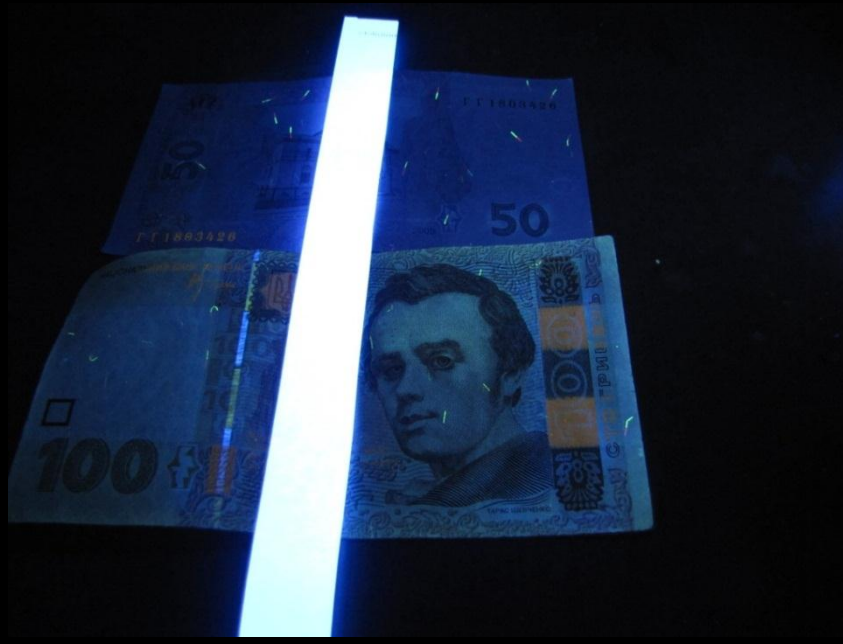


Дело в том, что бумага для принтеров содержит оптические отбеливатели - красители, которые добавляют в желтоватую бумагу, чтобы она выглядела белой. Именно эти красители и светятся в ультрафиолете. Аналогично и с тканями, пластмассой и другими материалами (совсем не обязательно белыми). Денежная бумага явно не содержит таких отбеливателей. Это можно продемонстрировать простым экспериментом.

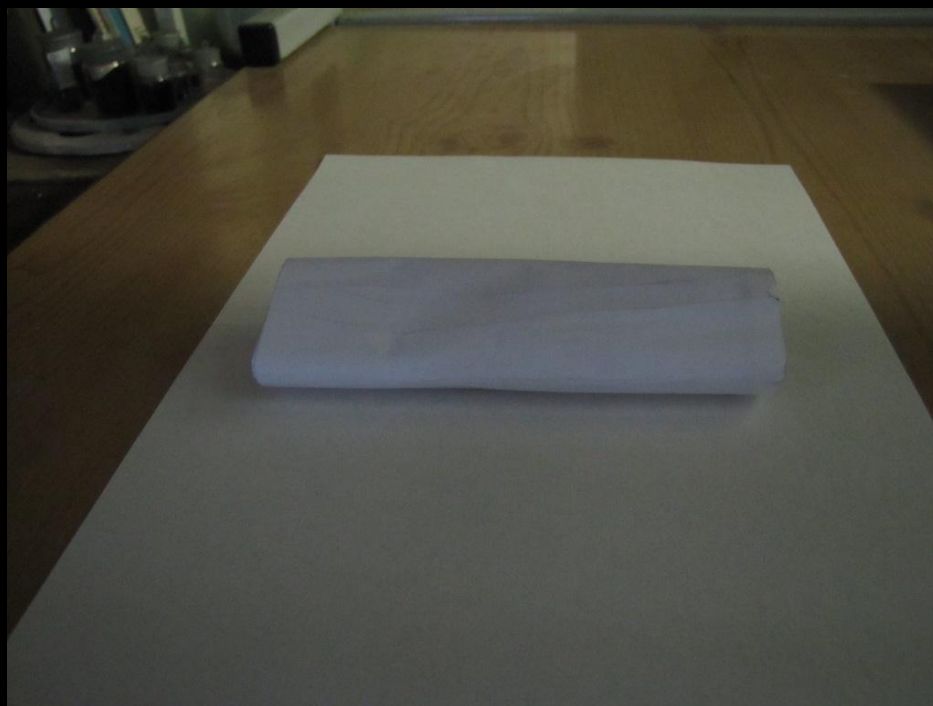
На денежные купюры положим полоску бумаги для принтеров и включим ультрафиолетовую лампу. Как видите, принтерная бумага светиться настолько ярко, что затмевает свет люминесцентных меток денежных купюр.



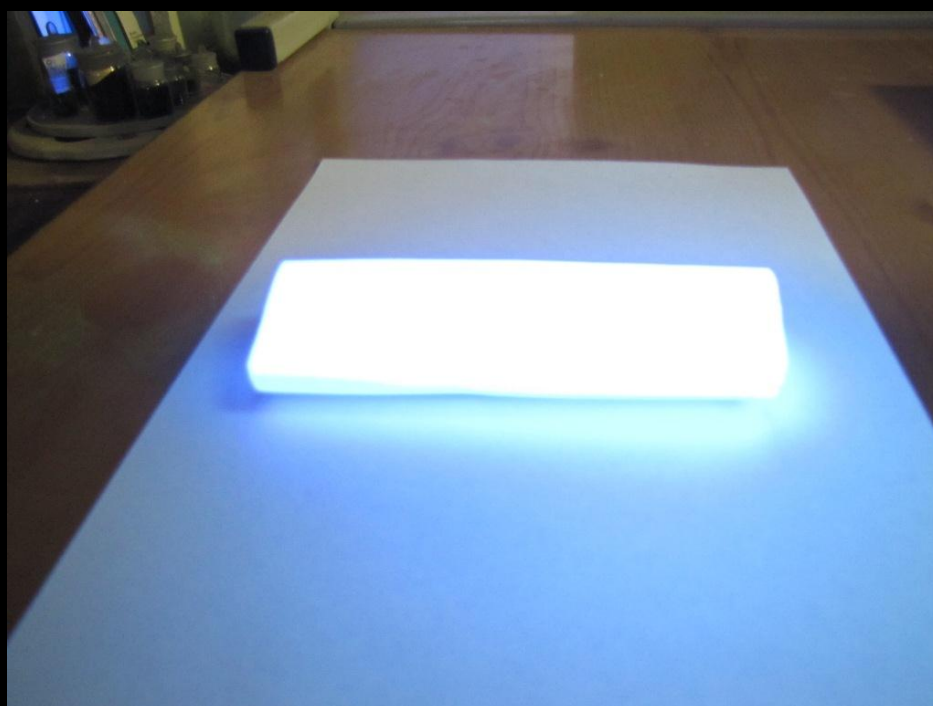
Бумага в ультрафиолетовом свете

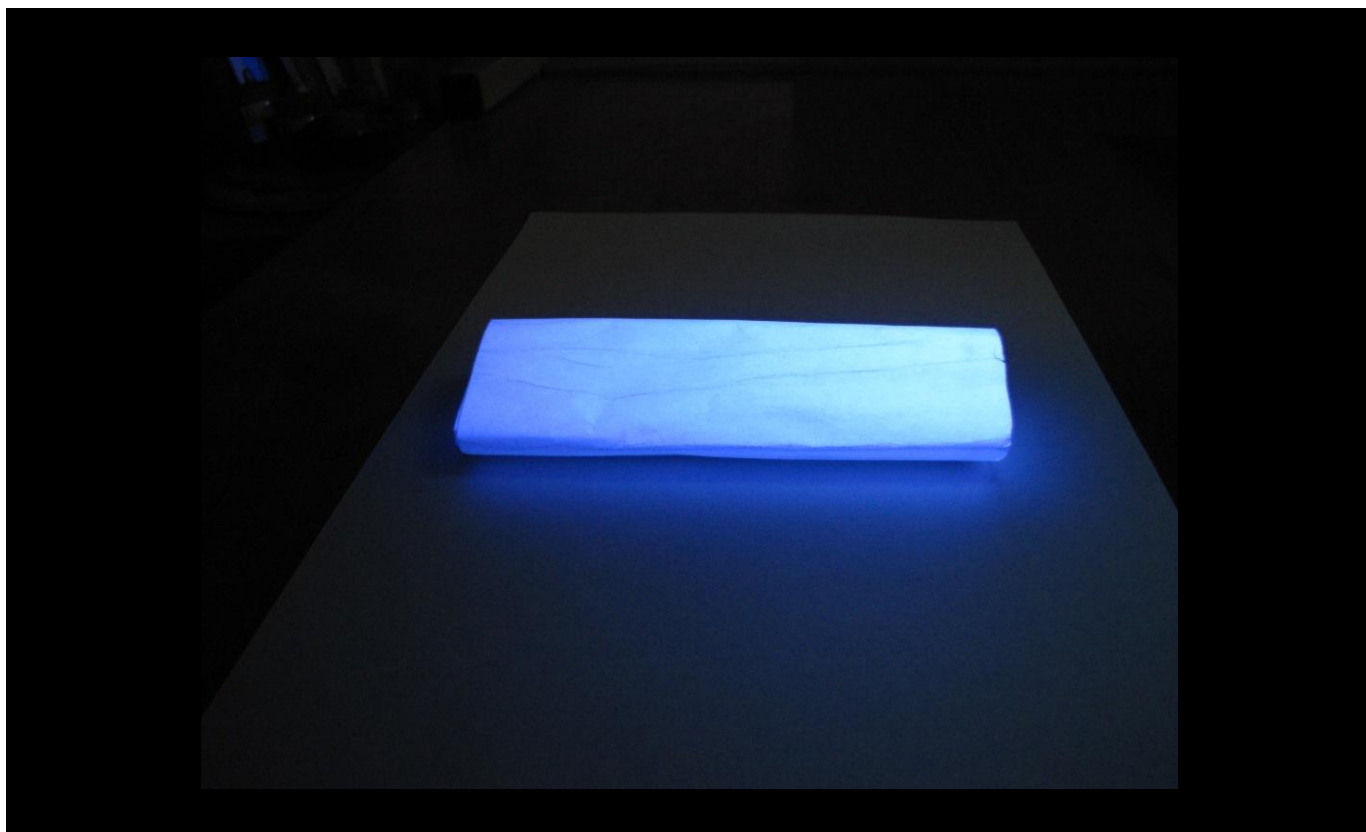


Далеко не всякая бумага светится в ультрафиолете. Старая советская писчая бумага таким свойством не обладает. Не удивительно: бумага желтая - для нее пожалели оптический отбеливатель. Убедиться в этом очень просто. На лист желтой бумаги положим кусок белой бумаги для принтеров и включим ультрафиолетовую лампу. Белая бумага ярко светится, желтая же лишь отражает слабые лучи. Разницу легко можно заметить даже при включенном электрическом свете.

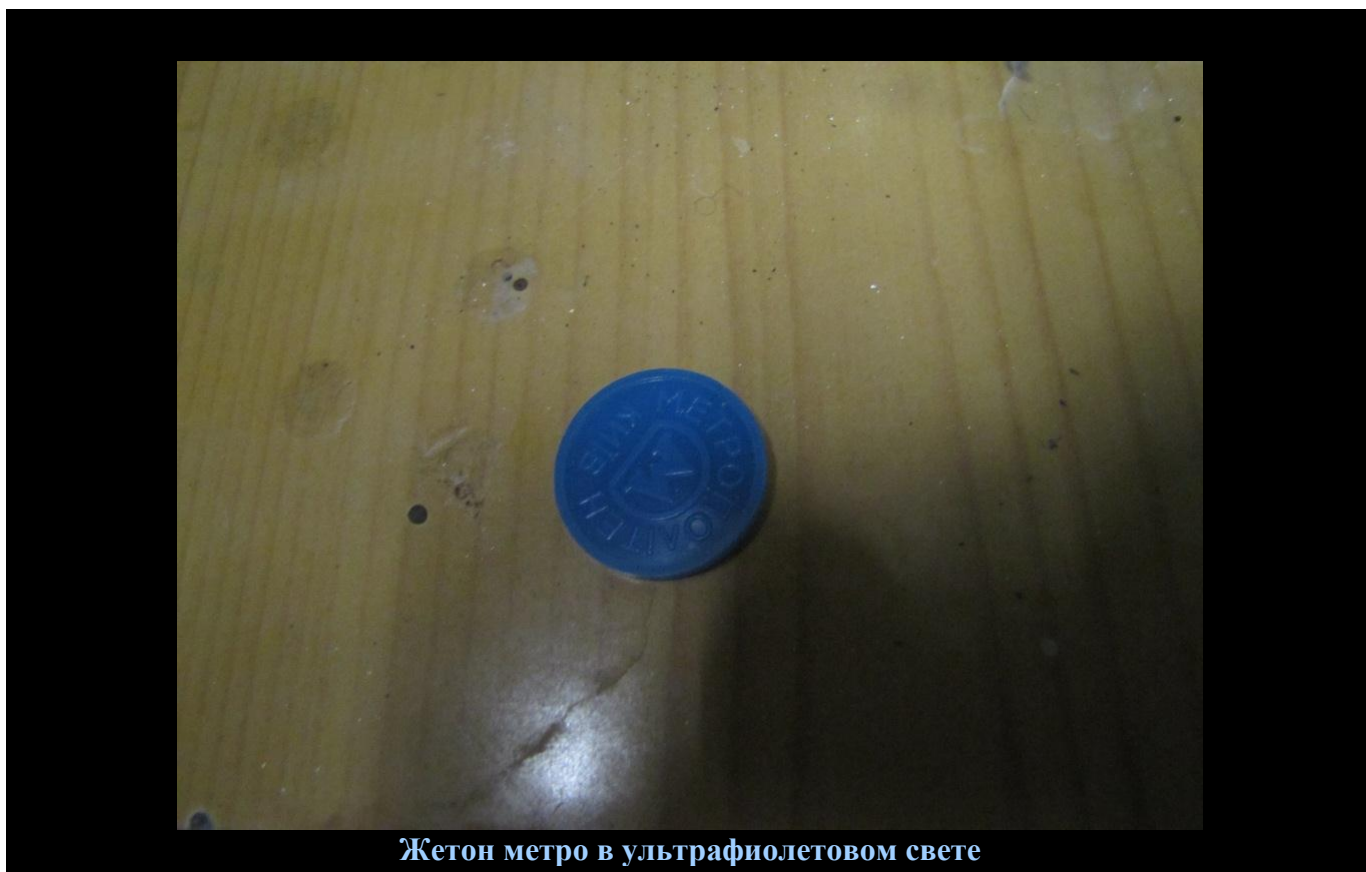


Бумага в ультрафиолетовом свете





Люминесцентные метки используют не только распознавания денежных купюр. Возьмем, например, синий жетон метро. В свете ультрафиолетовой лампы он засветился сиреневым.



Жетон метро в ультрафиолетовом свете



Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.4

В.Н. Витер

Гривны

Продолжим эксперименты с гривнами. Вот как выглядят купюры номиналом 20, 50, 100 и 500 гривен при свете ультрафиолетовой лампы.



Купюры 20, 50, 100 и 500 гривен в ультрафиолетовом свете





Как можно видеть из фотографий, купюра в 500 гривен отличается не таким уж и сложным рисунком, это притом, что купюры большого номинала - лакомая мишень для фальшивомонетчиков.



Купюра 500 гривен в ультрафиолетовом свете









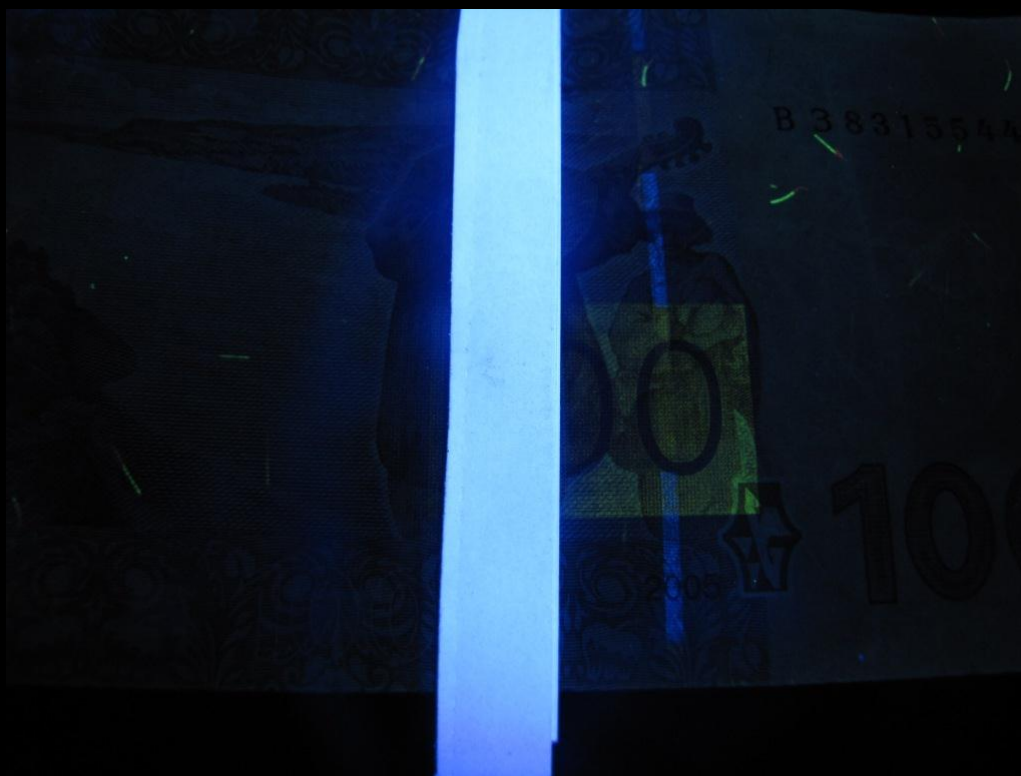
Теперь купюры 20, 50 и 100 гривен.



Купюра 100 гривен в ультрафиолетовом свете







Купюра 100 гривен и принтерная бумага в ультрафиолетовом свете



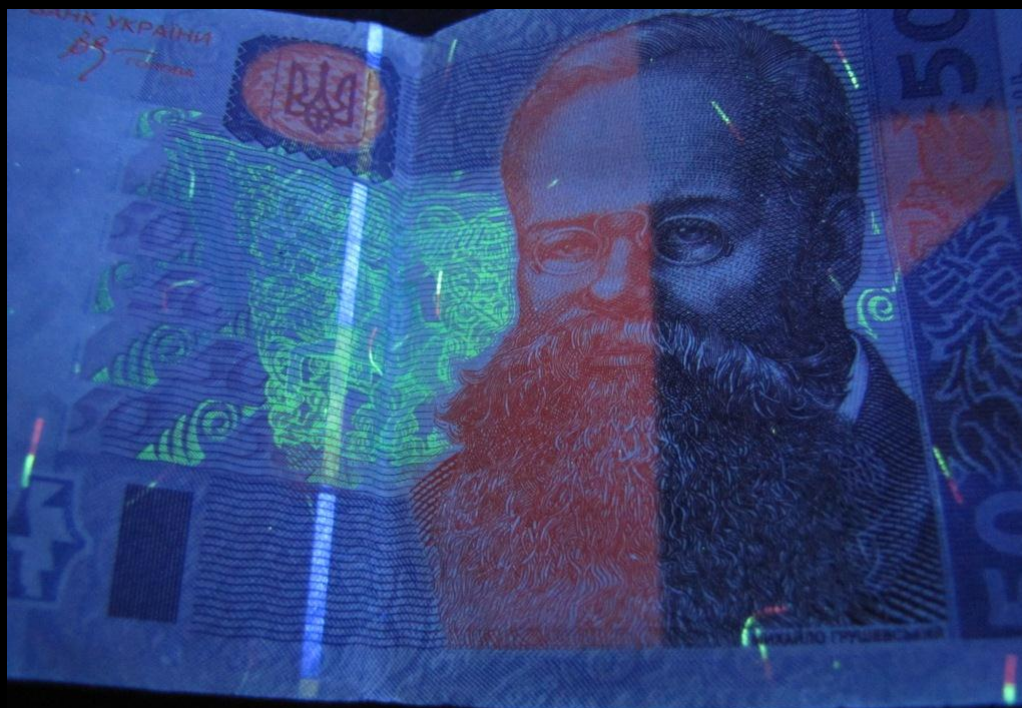
Купюра 100 гривен и принтерная бумага при электрическом свете

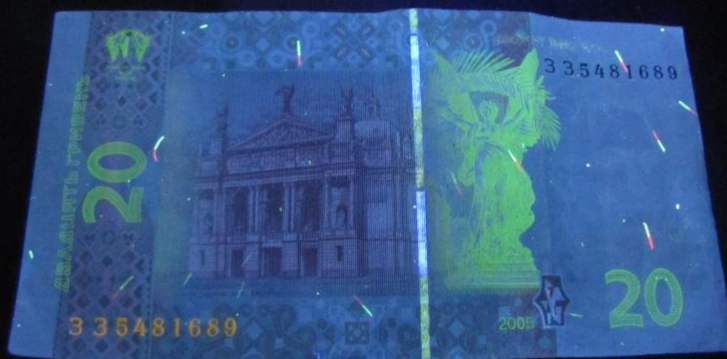


Купюра 50 гривен в ультрафіолетовому світлі









Купюра 20 гривен в ультрафіолетовом светe







Купюры 10, 5, 2 и 1 гривна. Как видите, даже купюры небольшого номинала не лишены люминесцентной защиты.



Купюры 5 и 10 гривен



Купюра 10 гривен



Купюра 10 гривен в ультрафиолетовом свете



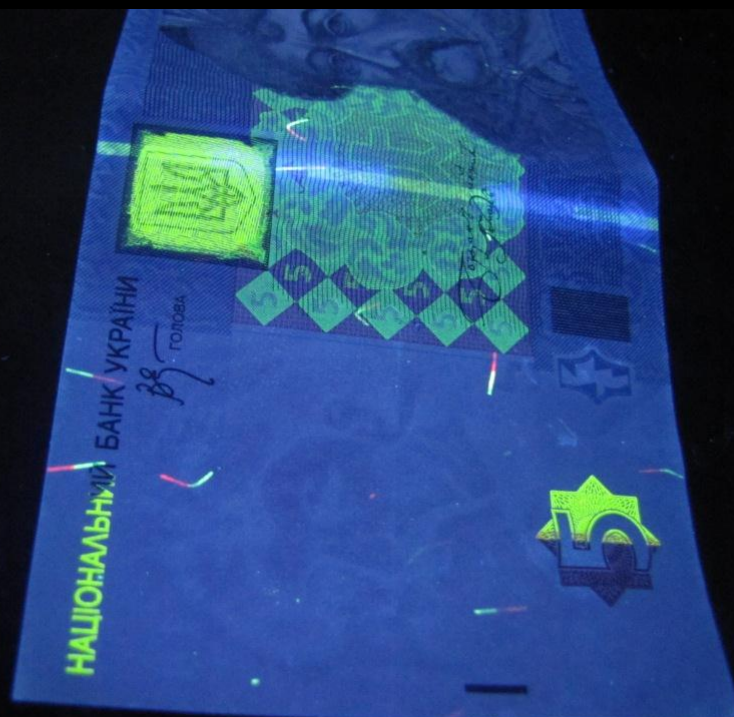


Купюра 5 гривен

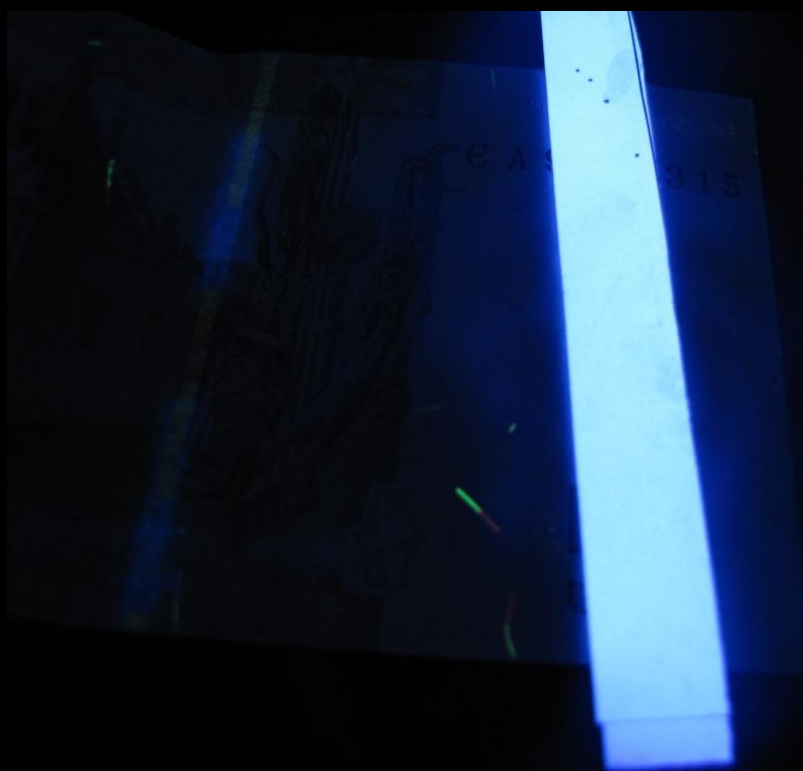


Купюра 5 гривен в ультрафіолетовом светe









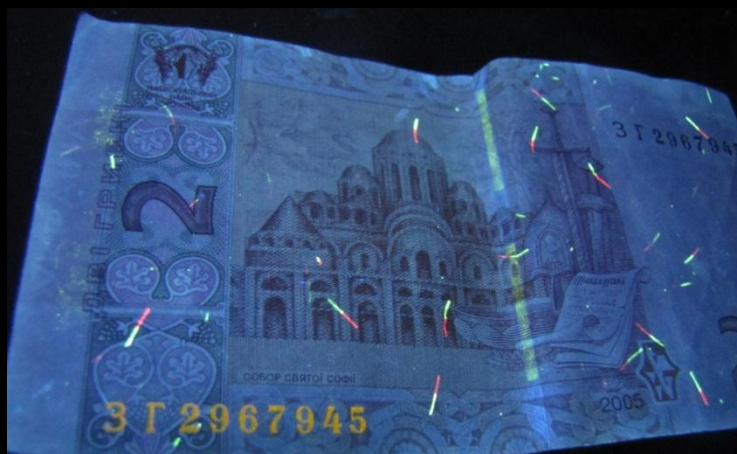
Купюра 5 гривен и принтерная бумага в ультрафиолетовом свете

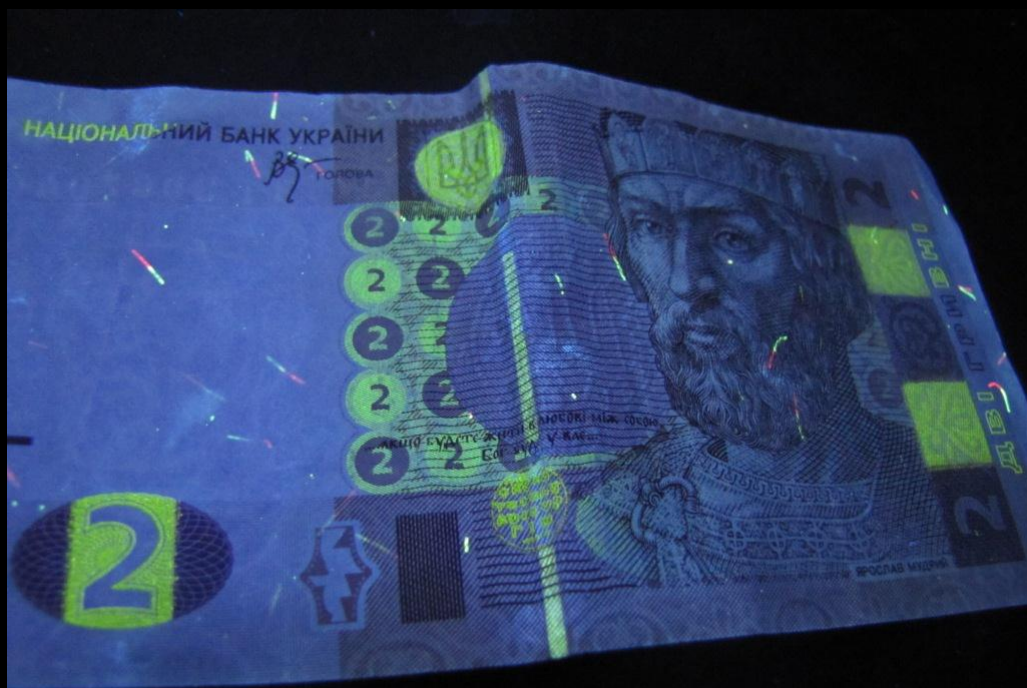


Купюра 2 гривны



Купюра 2 гривны в ультрафиолетовом свете







Купюра 1 гривна



Купюра 1 гривна в ультрафіолетовом свете





Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.5

В.Н. Витер

Ультрафиолетовая лампа, мыло и ступка

Кроме прочих предметов наше внимание привлекли два куса туалетного мыла и фарфоровая ступка. Один кусок мыла был белым, второй - желтым. Возникло подозрение, что белое мыло содержит оптический отбеливатель, желтое - нет (за ненадобностью). Чтобы проверить допущение, достаточно посмотреть, как выглядят эти куски в свете ультрафиолетовой лампы.

Как видите, белое мыло ярко засветилось, желтое - нет (если не считать отдельных участков - куски мыла лежали рядом, и видимо на желтое мыло попало немного белого). Свечение белого мыла хорошо видно даже при электрическом свете. Какой можно сделать вывод? Белое мыло на самом деле не белое, а желтое, но чтобы компенсировать желтый цвет в него добавили оптический отбеливатель (или отбеливатели).

Оптические отбеливатели представляют собой бесцветные или почти бесцветные органические вещества, которые поглощают ультрафиолетовый свет, излучая при этом в голубом, синем или фиолетовом диапазоне. Синий и желтый свет компенсировали друг друга - в результате мы видим белое мыло. На этом и основан принцип действия оптических отбеливателей. Но оптические отбеливатели выдают себя, ярко светясь в ультрафиолете.

Мимо воли вспомнились две вещи: фотографии лаборатории в ультрафиолетовом свете и "Футурологический конгресс" Станислава Лема. На фотографиях видно, как много рукотворных предметов светится в ультрафиолете: их белизна - всего лишь оптическая иллюзия. В "Футурологическом конгрессе" описан мир, в котором практически все - начиная от роскошных лимузинов и шикарных завтраков в ресторанах, заканчивая вражеским воздушным десантом - только иллюзия, созданная химическим путем.

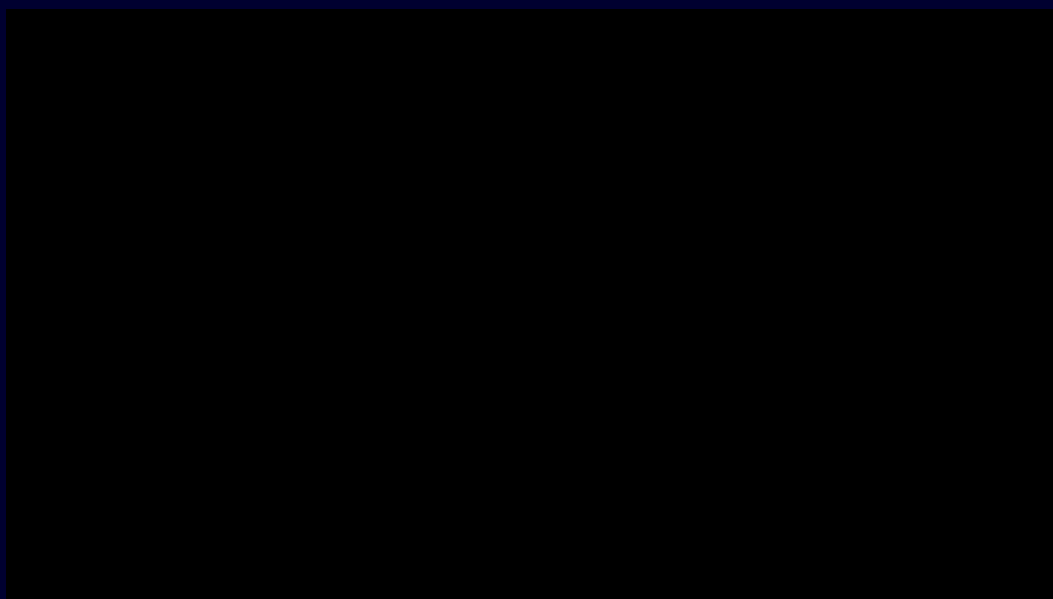
Даже не просто иллюзия, а целый каскад "фармакологических миров": преодолев один из уровней "маскировки действительности", герои произведения Лема попадали во власть

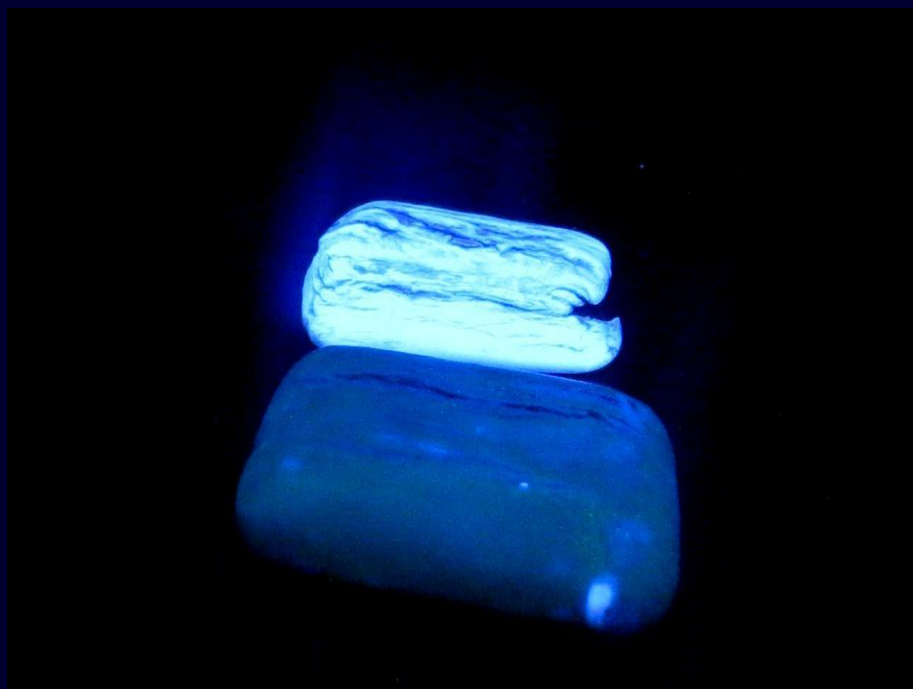
другого - очередного уровня "разъявливания". И каким бы страшным не казалось увиденное, оно оказывалась очередной ложью, предназначенной скрыть ложь другую - еще более страшную.

[Смотреть Видео \(23 Мб, .avi \)](#)



Мыло в ультрафиолетовом свете





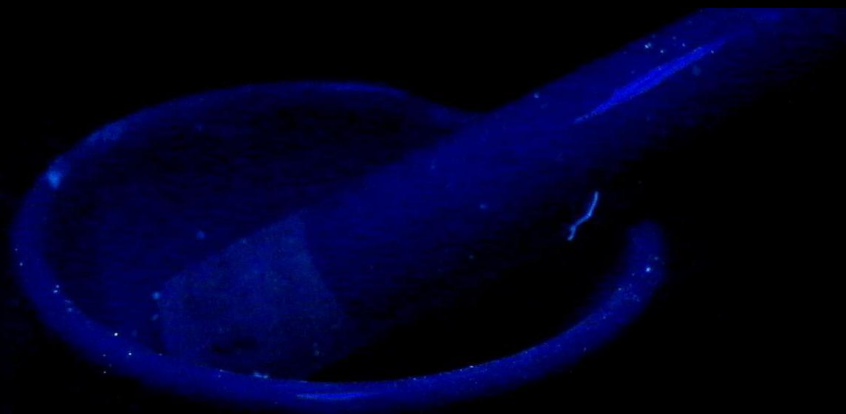


Перейдем к фарфоровой ступке. Как видите, белая фарфоровая ступка в ультрафиолетовом свете выглядит темной, лишь слегка светясь за счет отраженных фиолетовых лучей. Даже кожа рук выглядит гораздо более яркой¹ (при дневном или электрическом свете все наоборот). На фотографиях видно небольшие светлые вкрапления, это светятся остатки веществ, которые растирали в ступке.

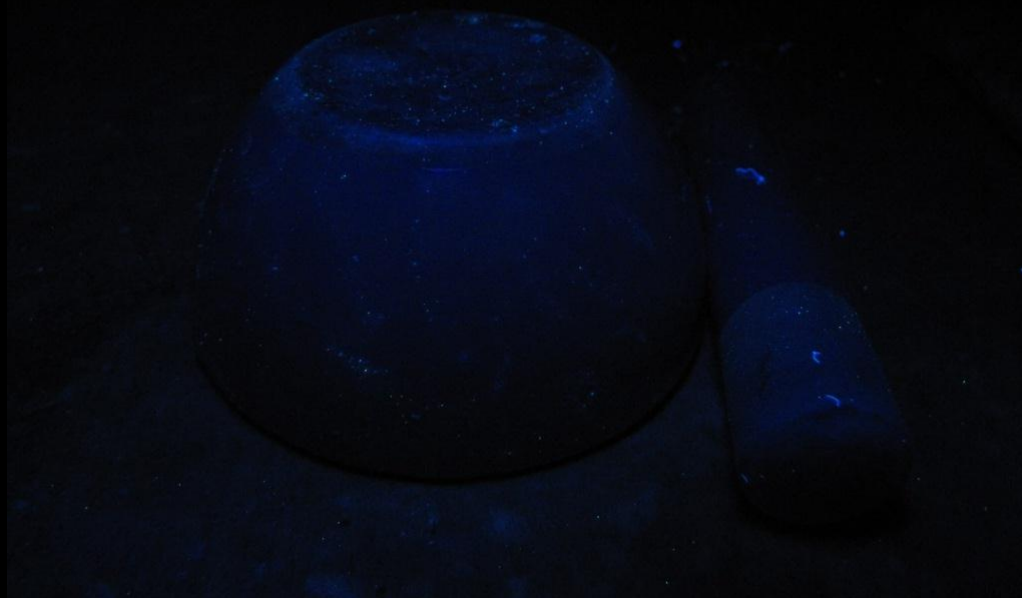
¹ Напомним, что кожа в ультрафиолетовых лучах выглядит как кожа африканца - т.е. темной.



Фарфоровая ступка в ультрафиолетовом свете







Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.6

В.Н. Витер

Лампа черного света и люминофор

Люминофоры - синтетические вещества, способные излучать свет под действием разных видов энергии. Различные люминофоры могут светиться под действием видимого или ультрафиолетового излучения, рентгеновских лучей, альфа-частиц, пучка электронов, электрического поля и других воздействий.

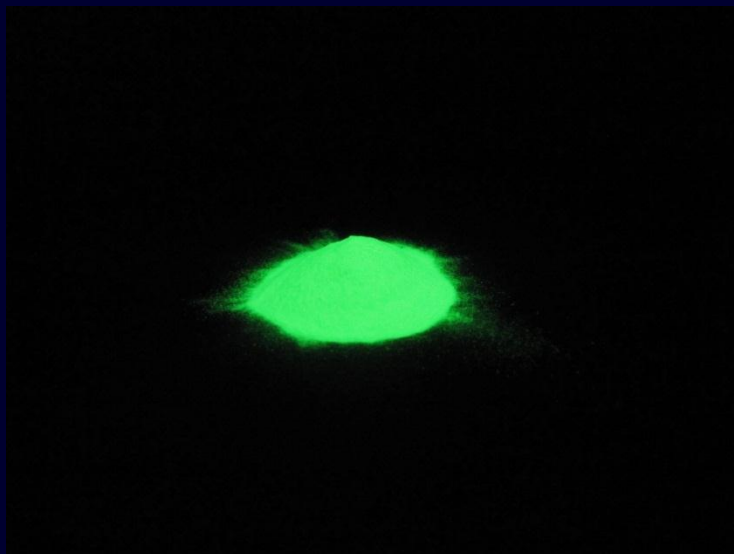
Неорганические люминофоры обычно состоят из вещества-матрицы, например, сульфида цинка ZnS , вольфрамата кальция $CaWO_4$, фосфатов кальция и небольшого количества вещества-активатора. Содержание активатора в люминофорах невелико, обычно оно составляет 0.1-0.001%. Роль активаторов могут играть катионы металлов: марганца, меди, олова, редкоземельных элементов и других. Кроме активаторов существуют и гасители - вещества, небольшие примеси которых способны подавлять свечение люминофоров. Изготовление люминофоров требует применения веществ самой тщательной очистки, ведь даже ничтожные примеси могут все испортить.

От предшественников нам осталась небольшая баночка с люминофором. Никаких других сведений, кроме сделанной от руки надписи "Люминофор" не было. Люминофор представлял собой желтый очень мелкий порошок (по консистенции напоминает муку), который светится в темноте зеленым светом (после того, как его выдержали при дневном или электрическом свете). Почти наверняка это люминофор промышленного изготовления на основе сульфида цинка. Для экспериментов с ультрафиолетовым светом эта баночка оказалась очень кстати.



Люминофор





Итак, действия дневного или электрического света вполне достаточно, чтобы наш люминофор начал светиться, но это свечение заметно лишь в темноте (или при очень слабом освещении). А как действует на люминофор ультрафиолетовый свет?

Возьмем желтую писчую бумагу (которая не светится в ультрафиолетовых лучах) и насыплем на нее кучку люминофора. Не выключая свет, включим лампу Вуда. Люминофор вспыхнет зеленым светом, который хорошо заметен даже при электрическом освещении. Если ультрафиолетовую лампу выключить, люминофор погаснет не сразу, а постепенно: при электрическом свете его свечение заметно несколько секунд. Но даже после этого люминофор продолжит светиться. В этом легко убедиться, выключив в комнате свет: мы увидим зеленое свечение кучки люминофора, которое постепенно угасает. В нашем случае отчетливое свечение оставалось на протяжении нескольких минут. Это явление называется "послесвечение люминофора".

В некоторых случаях послесвечение люминофора стараются сделать как можно более долгим, для этого необходимо максимально удалить даже самые ничтожные следы примесей, которые гасят свечение (например, железо и никель). Не удивительно, что для приготовления люминофоров используют вещества самой тщательной степени отчистки, но даже этого мало: необходимо обеспечить, чтобы непрошеные примеси не попали в люминофор во время получения (например, из материала посуды или нагревателя).

В других случаях послесвечение люминофора - вредное явление и его пытаются максимально сократить. Например, не так давно широкое распространение имели

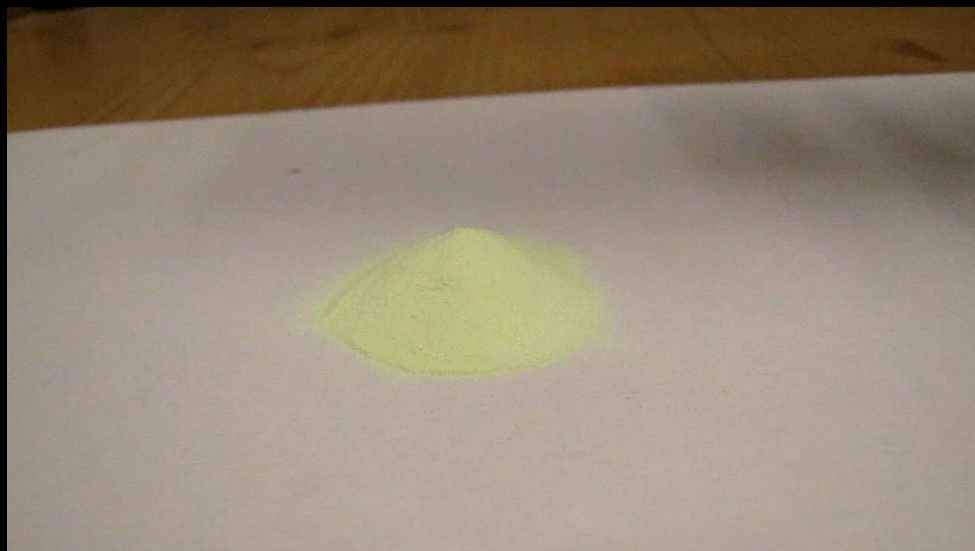
телевизоры и мониторы с лучевыми трубками. Да и сейчас они много где остались, например, эта статья пишется за одним из таких мониторов. Для создания изображения в таких мониторах использовались люминофоры, которые светятся под действием электронного луча. Не трудно понять, что для таких люминофоров свечение должно сразу же прекращаться после того, как в это место экрана перестает падать электронный луч (иначе показать динамическую картинку невозможно - старое и новое изображения будут накладываться). Другой пример - люминесцентная лампа, которая должна сразу же гаснуть после того, как мы выключим свет. Применяемая нами в эксперименте ультрафиолетовая лампа также содержит на стенках люминофор, который должен тухнуть после того, как мы выключим ток.

Внимательные читатели, безусловно, заметили, что совершенство недостижимо: в темном помещении хорошо видно, как только что выключенная люминесцентная лампа, равно как и кинескоп телевизора, продолжают тускло светиться. Другими словами, полностью подавить послесвечение трудно, но его можно свести к разумным пределам.

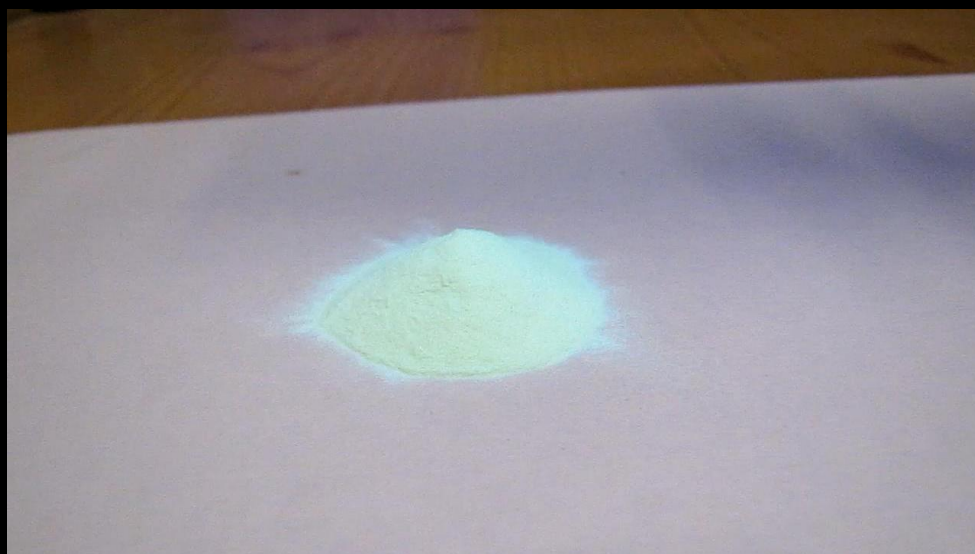
Итак, свечение нашего сульфидно-цинкового люминофора под действием ультрафиолетовых лучей хорошо заметно даже при электрическом свете, но особенно эффектно оно выглядит в темноте. Стоит включить ультрафиолетовую лампу и люминофор вспыхивает ярким зелено-белым светом. Если лампу выключить, яркое зеленое свечение продолжится, но оно будет быстро угасать. Включим, а затем выключим лампу - и все повторится вновь.

[Смотреть Видео \(36 Мб, .avi \)](#)

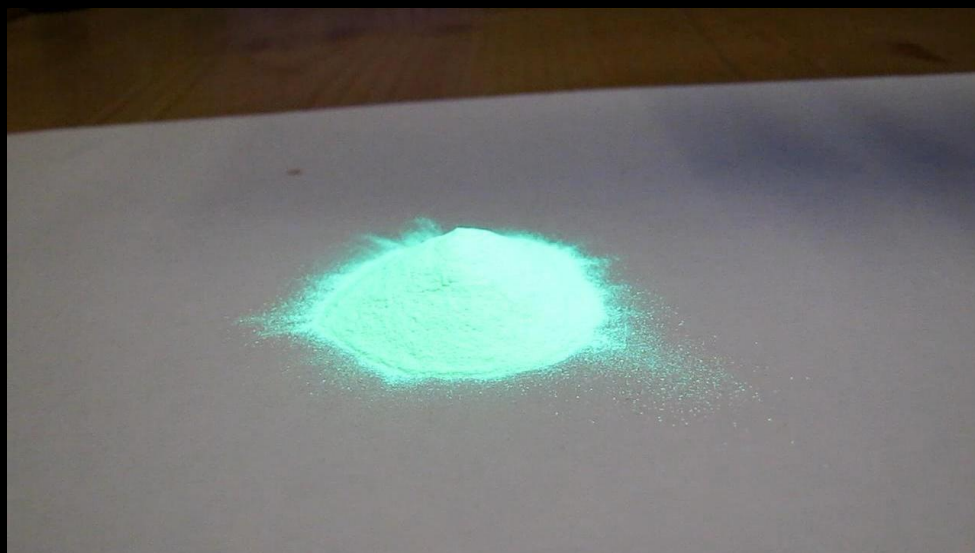
[Смотреть Видео 2 \(26 Мб, .avi \)](#)

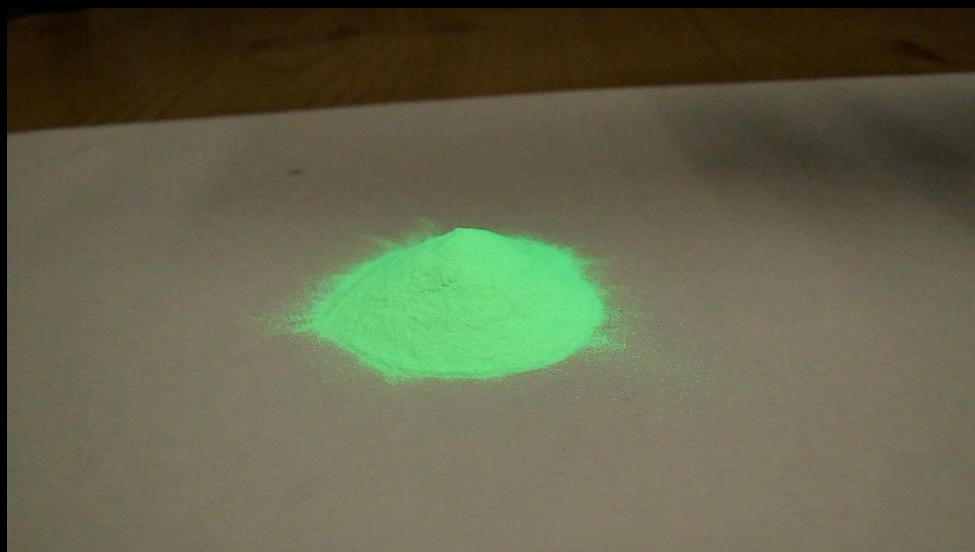


Люминофор

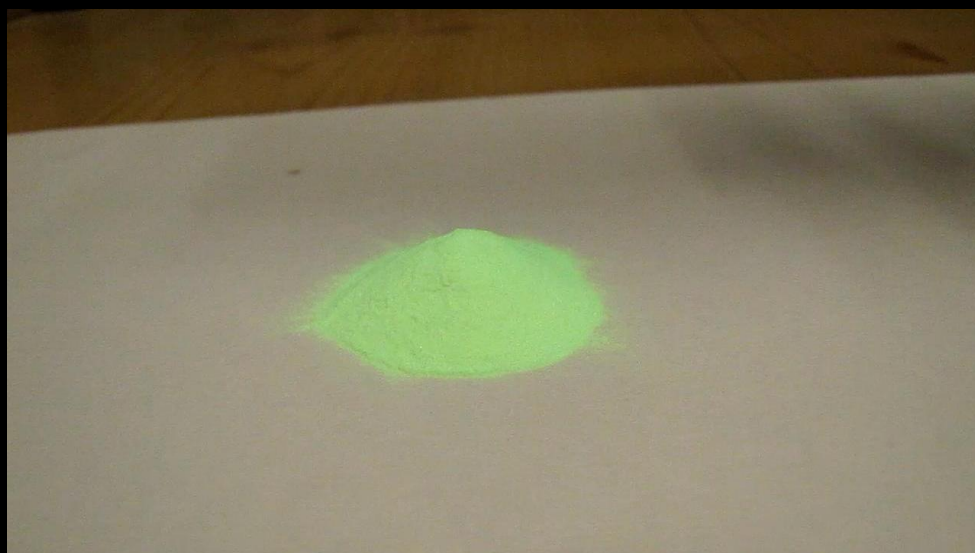


Ультрафиолетовую лампу включили

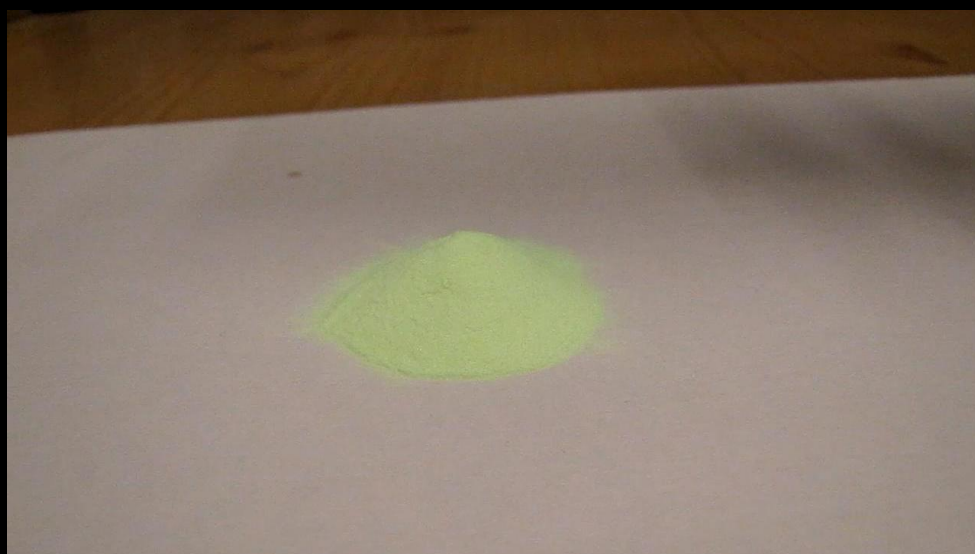


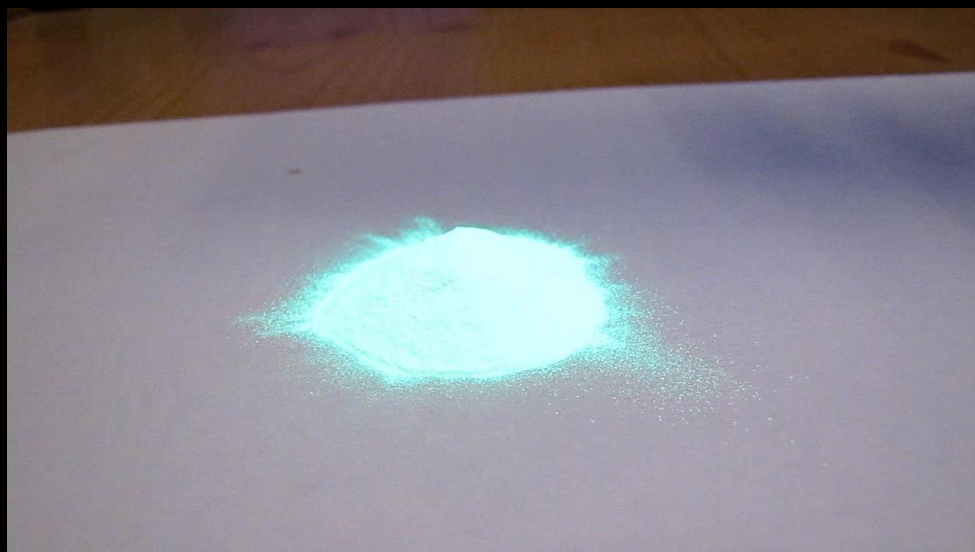


Ультрафиолетовую лампу только что выключили

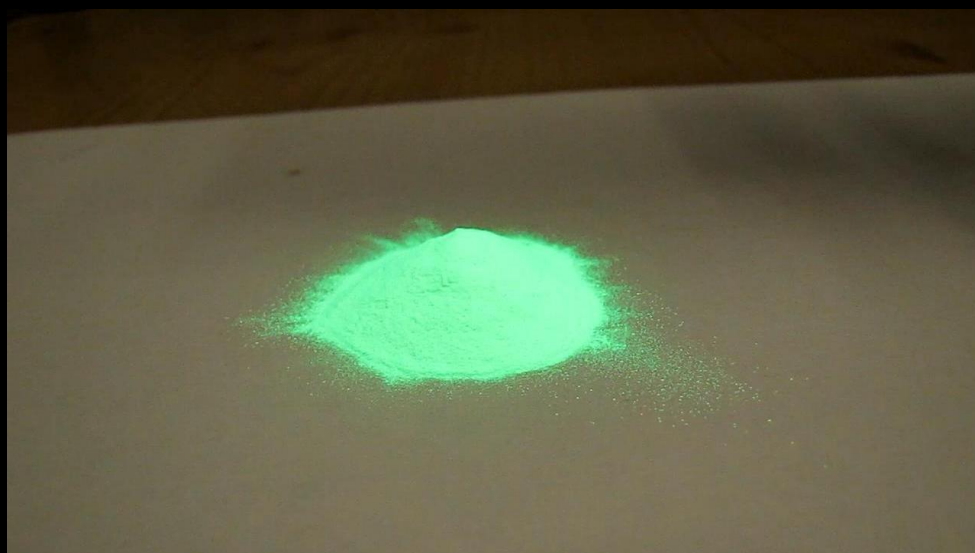


Свечение слабеет

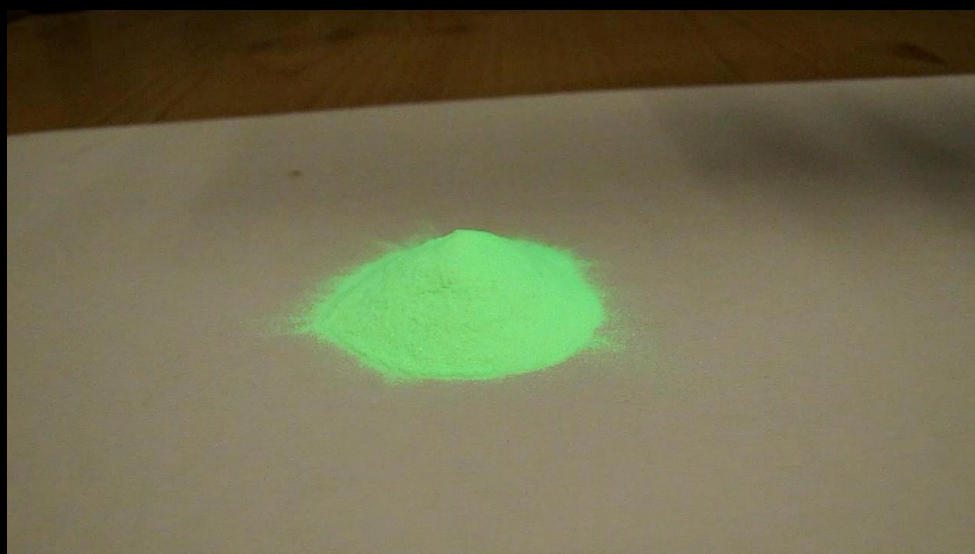




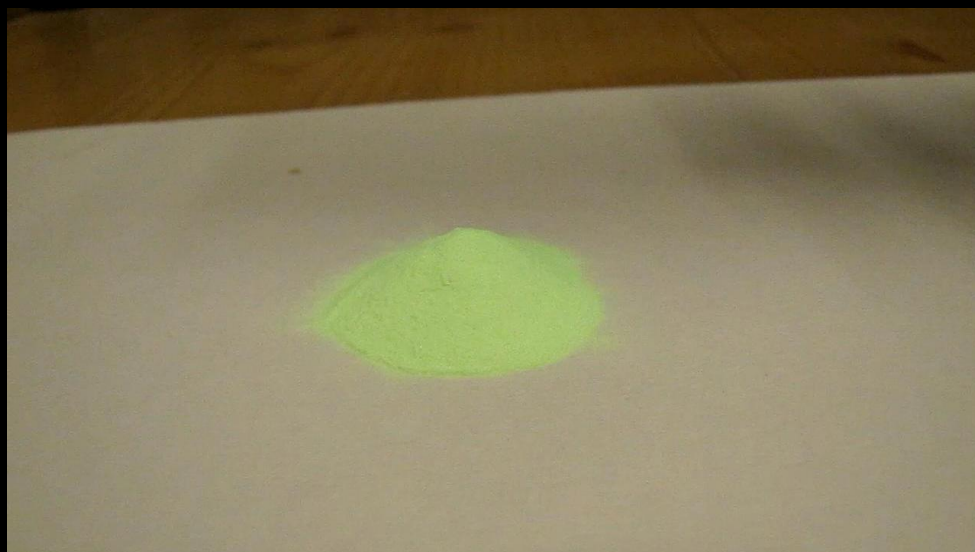
Ультрафиолетовую лампу снова включили



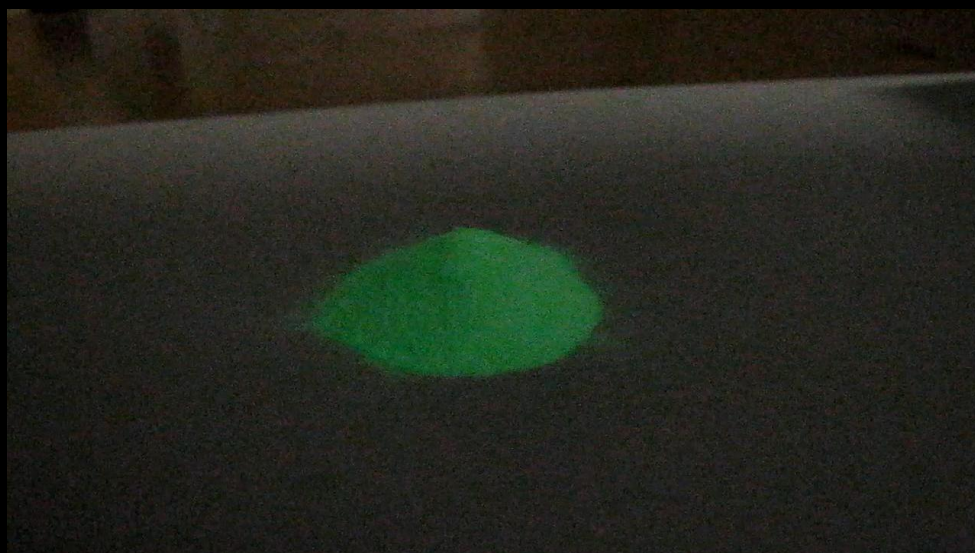
Лампу выключили



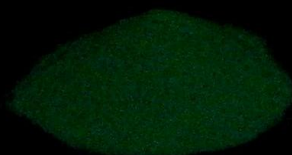
Свечение слабеет



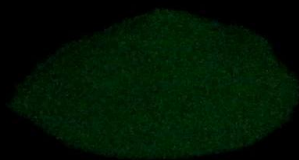
Свечение перестало быть видно при электрическом освещении



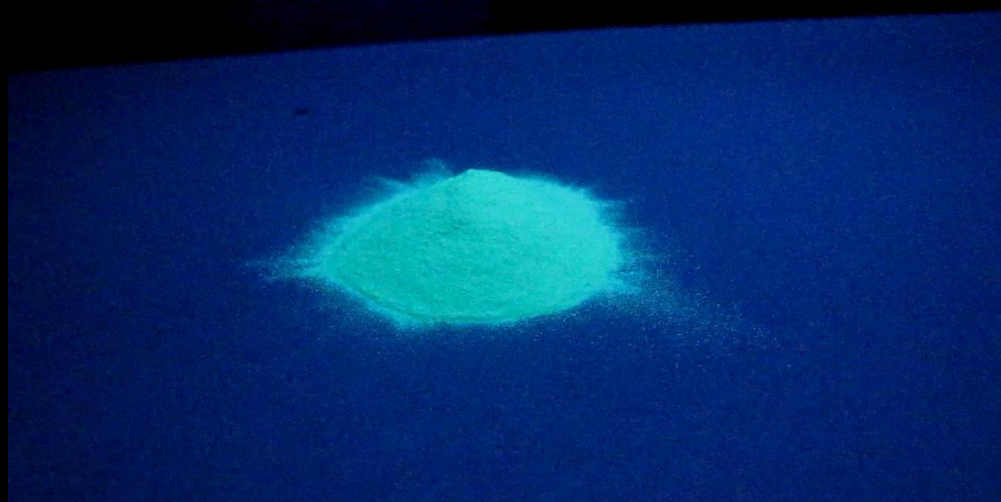
В комнате частично погасили свет - как видите, люминофор все еще светится

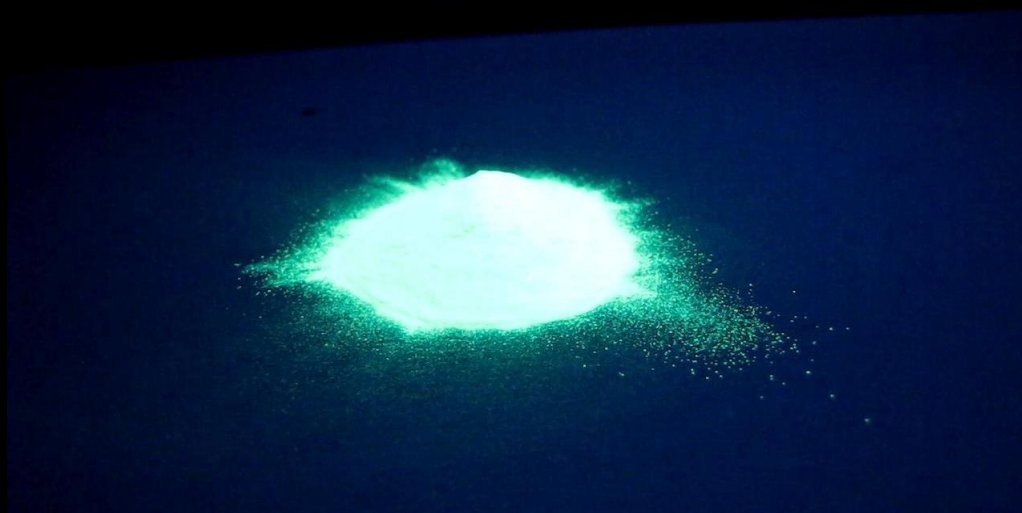
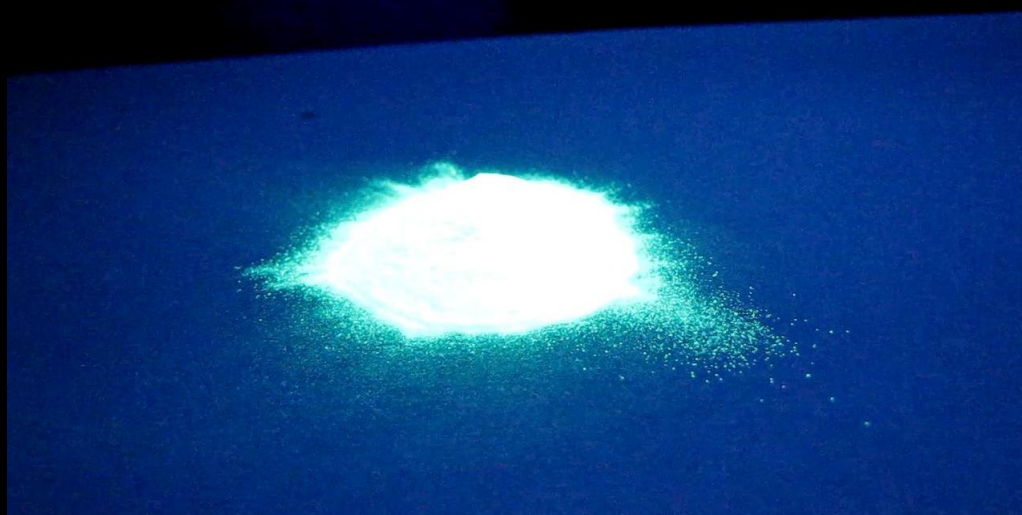
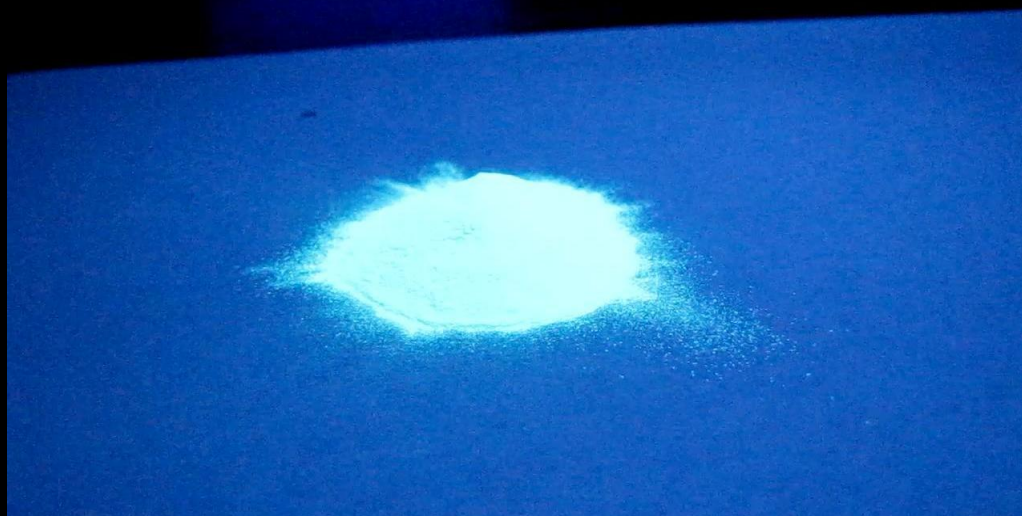


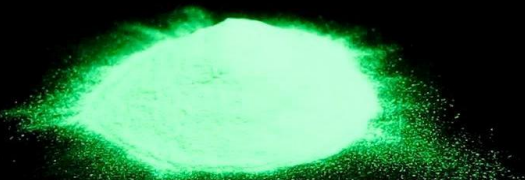
Свет погасили полностью



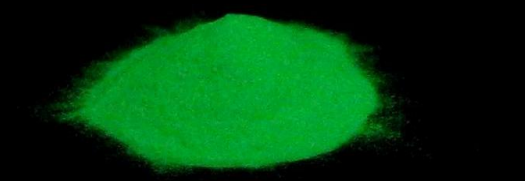
Лампу Вуда включили в темноте

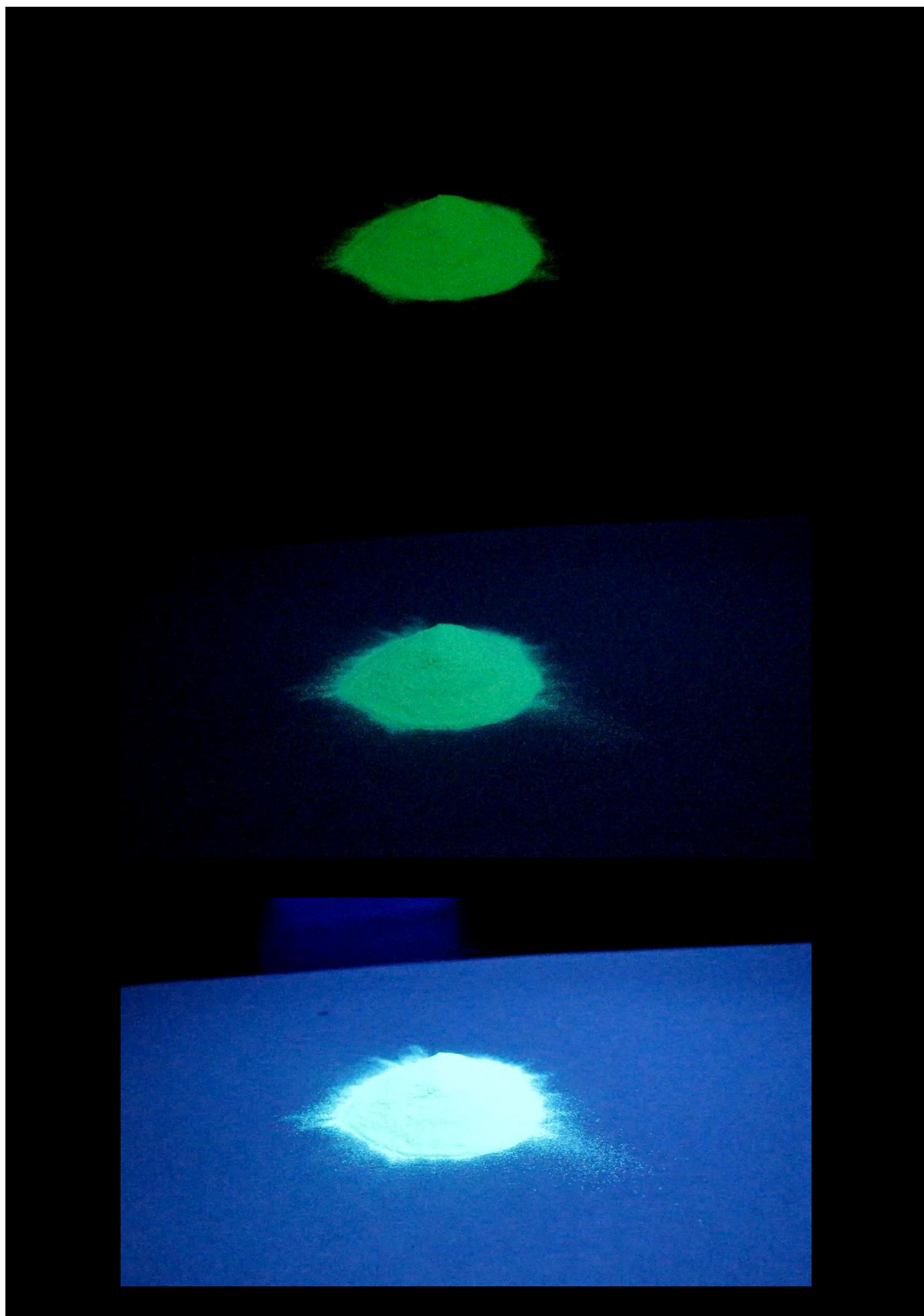


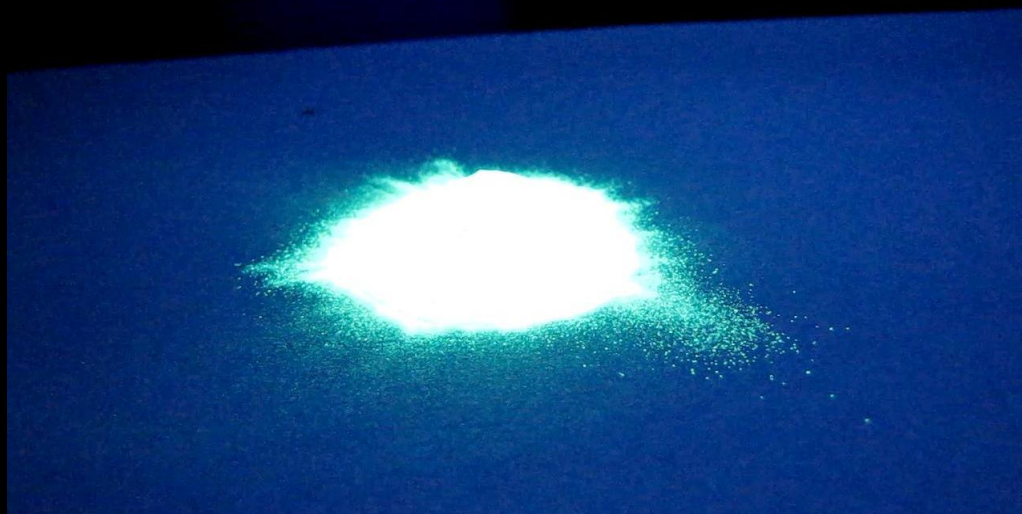


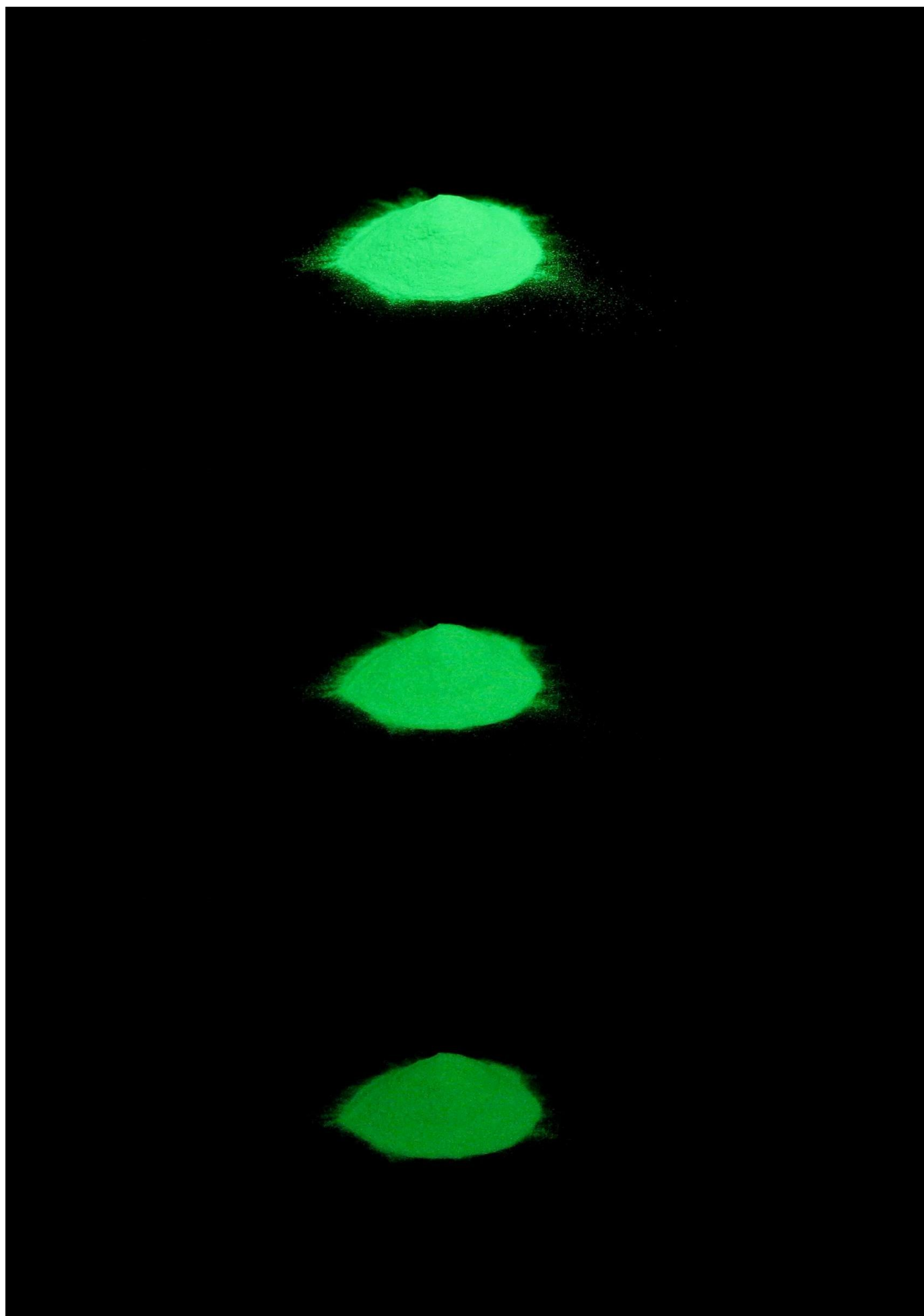


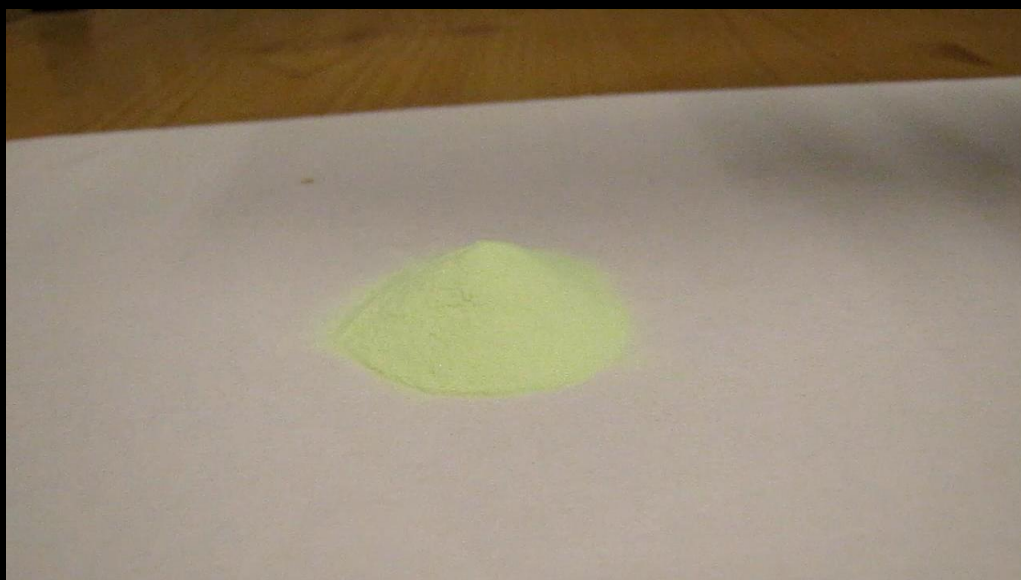
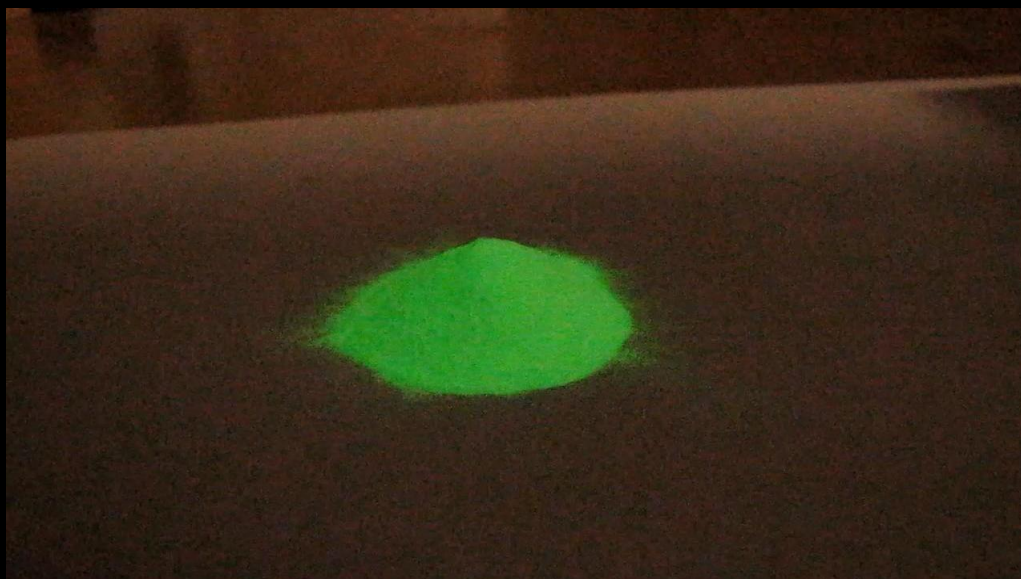
Момент после выключения лампы

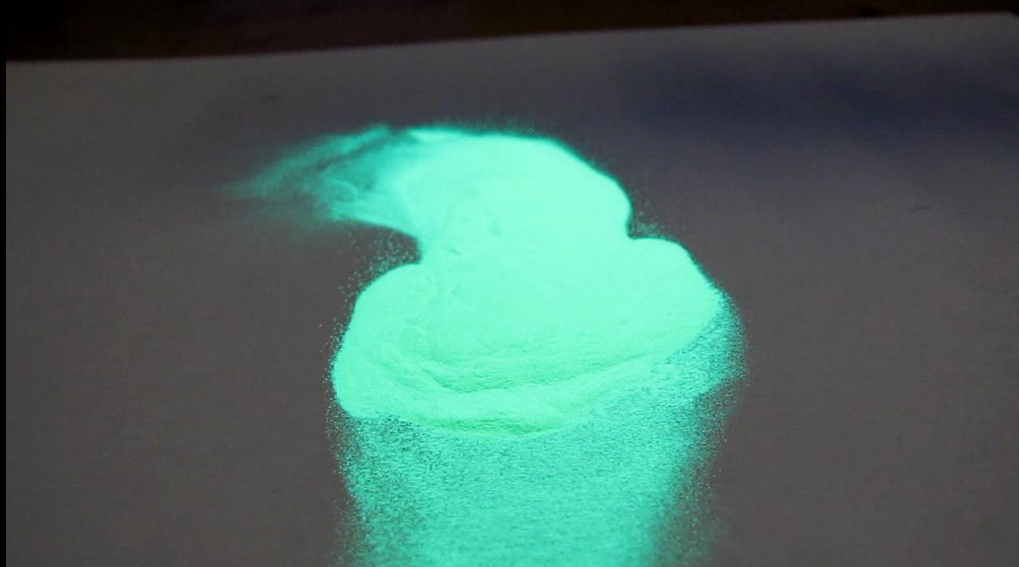
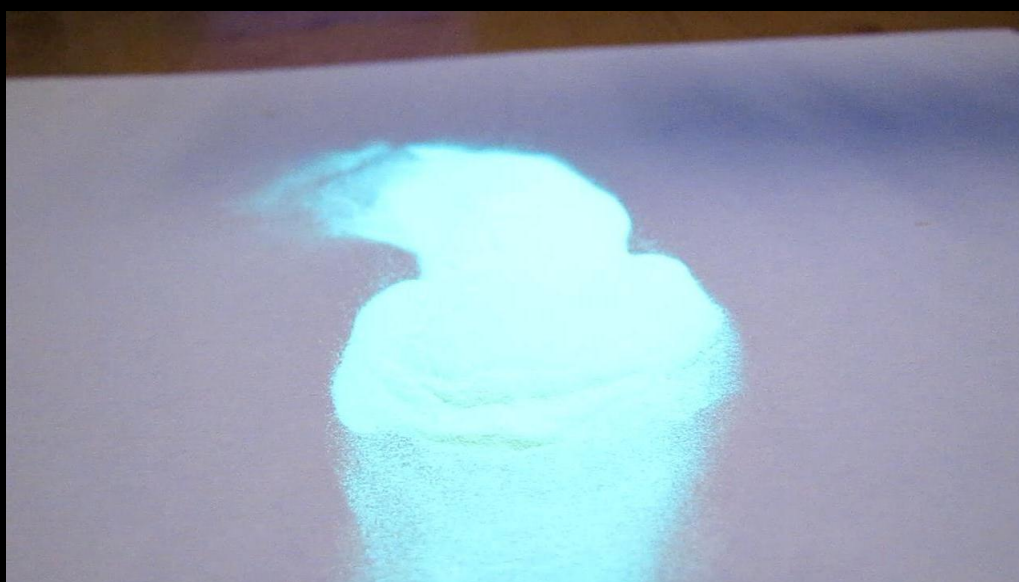
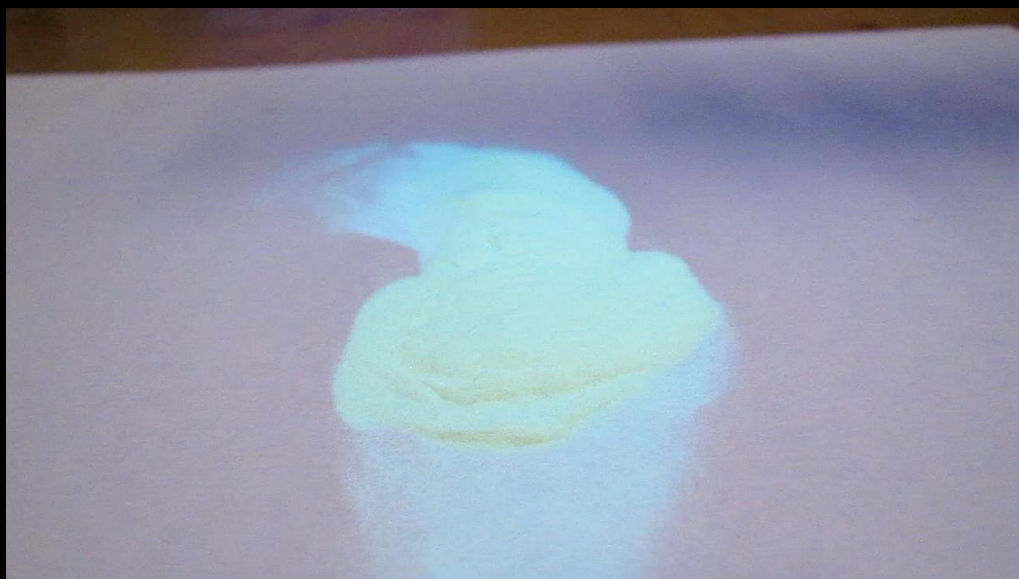


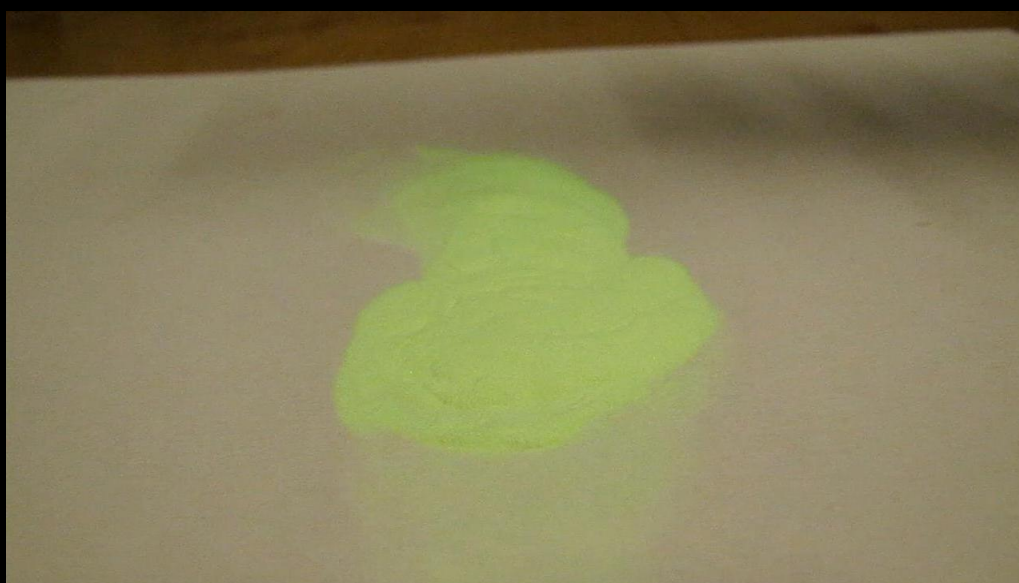
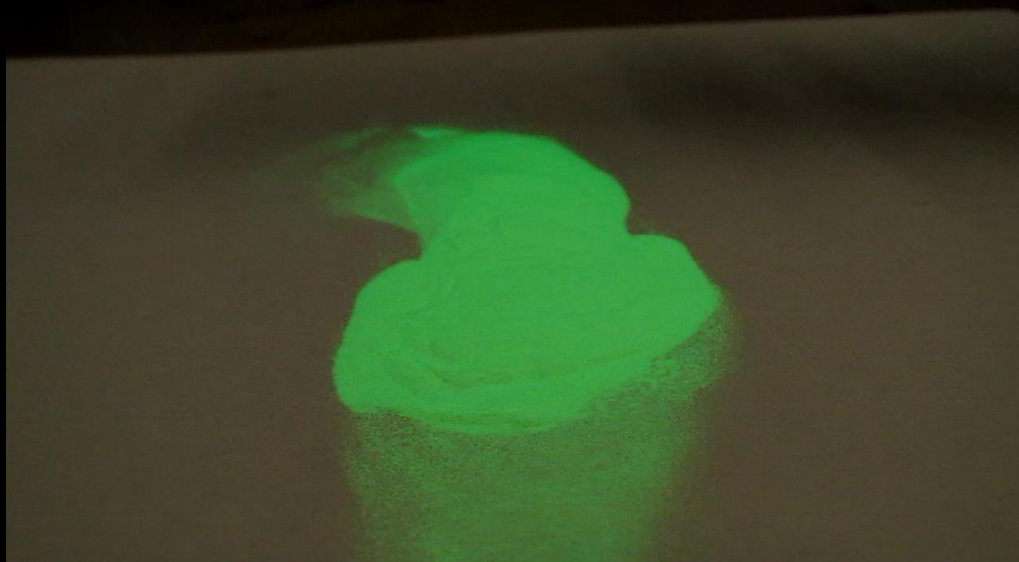
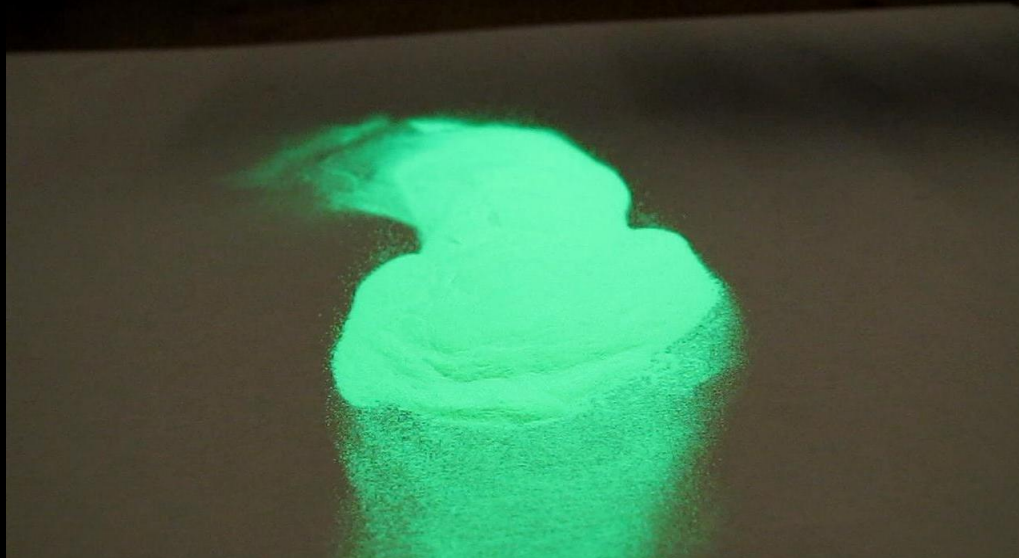


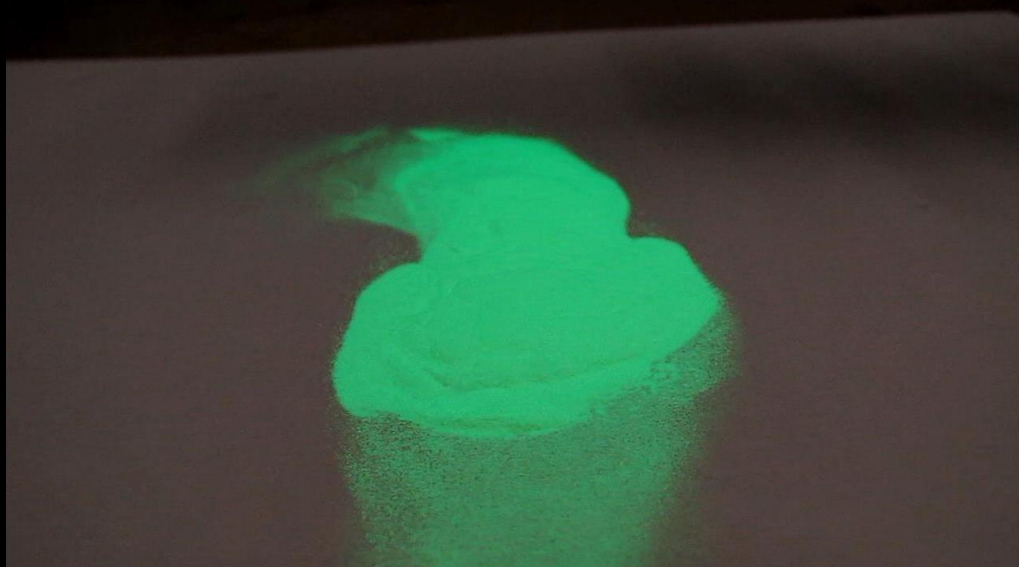
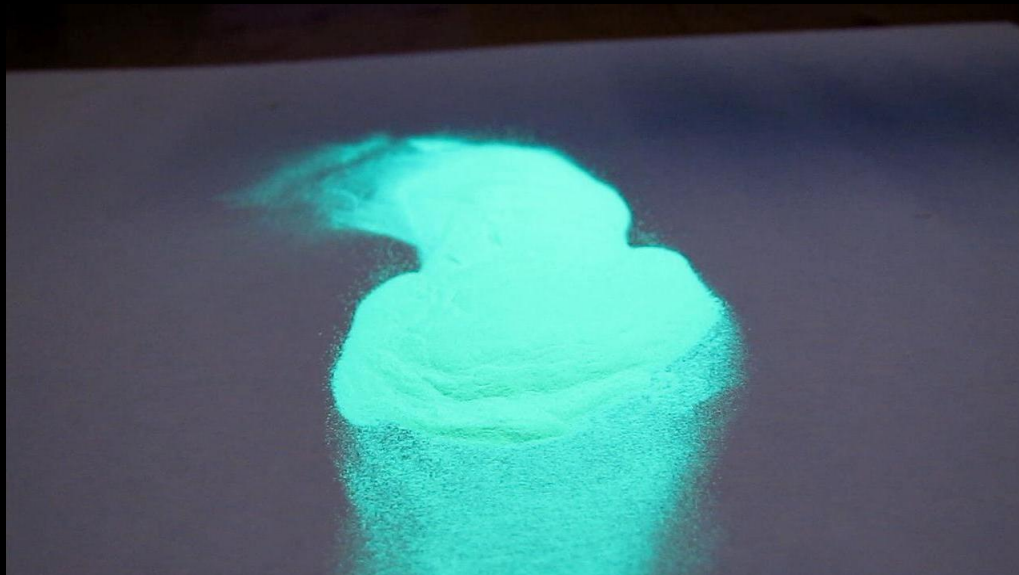


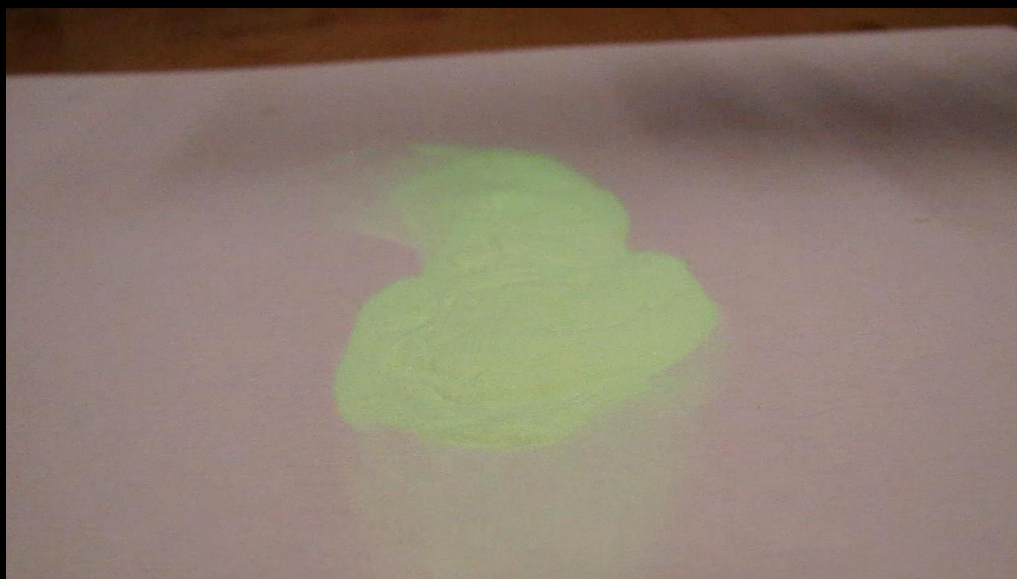




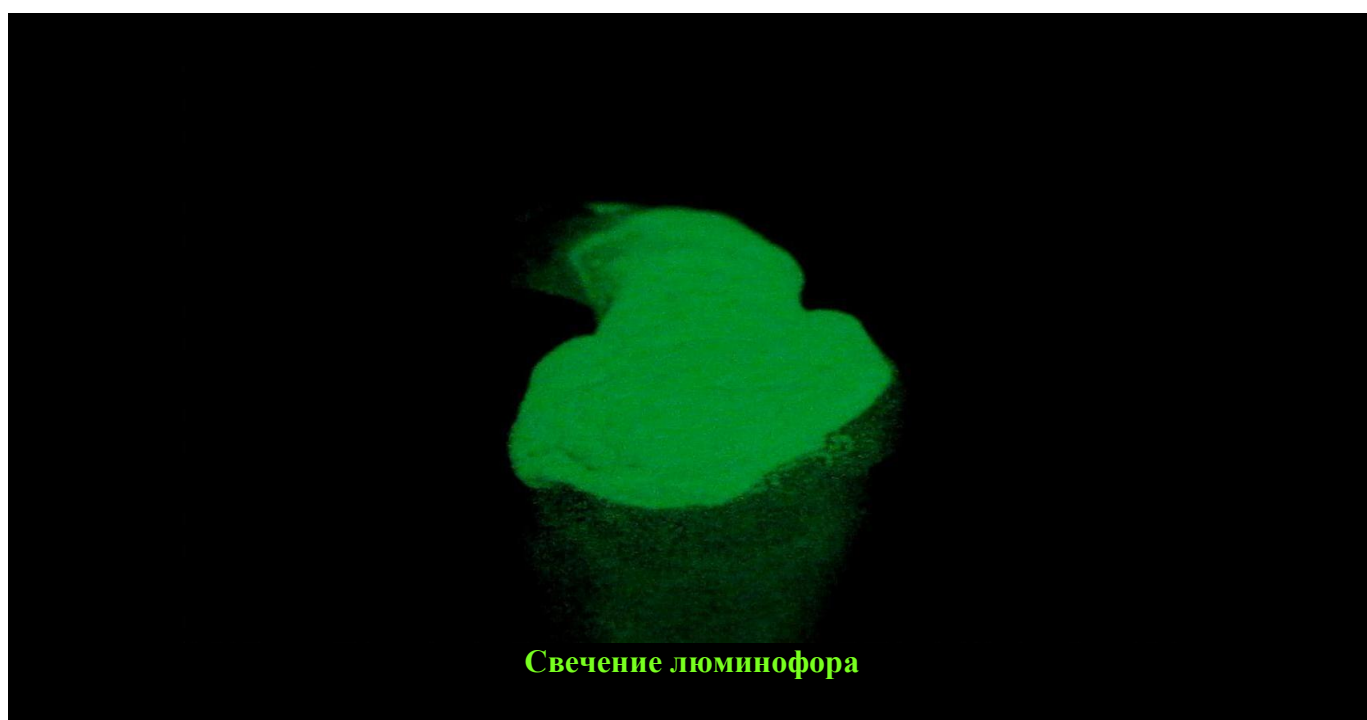


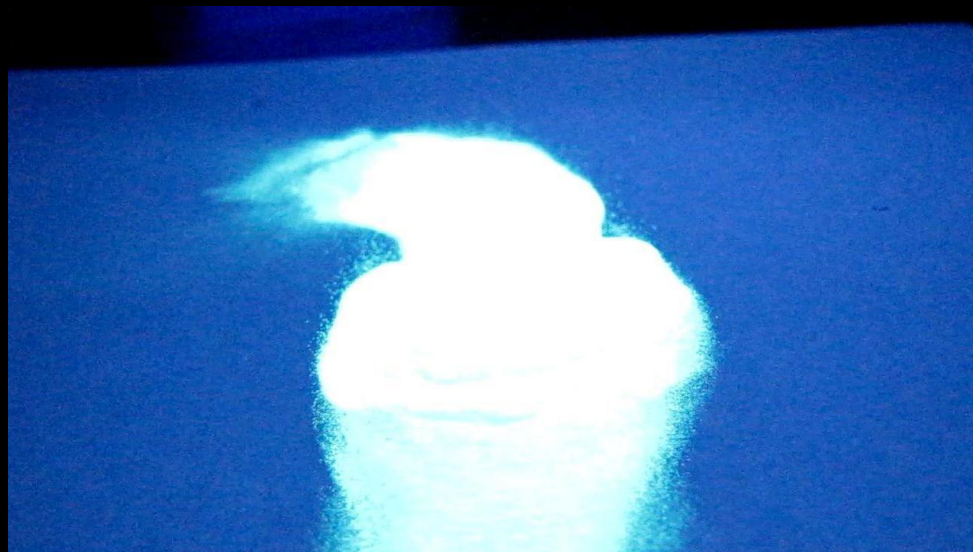




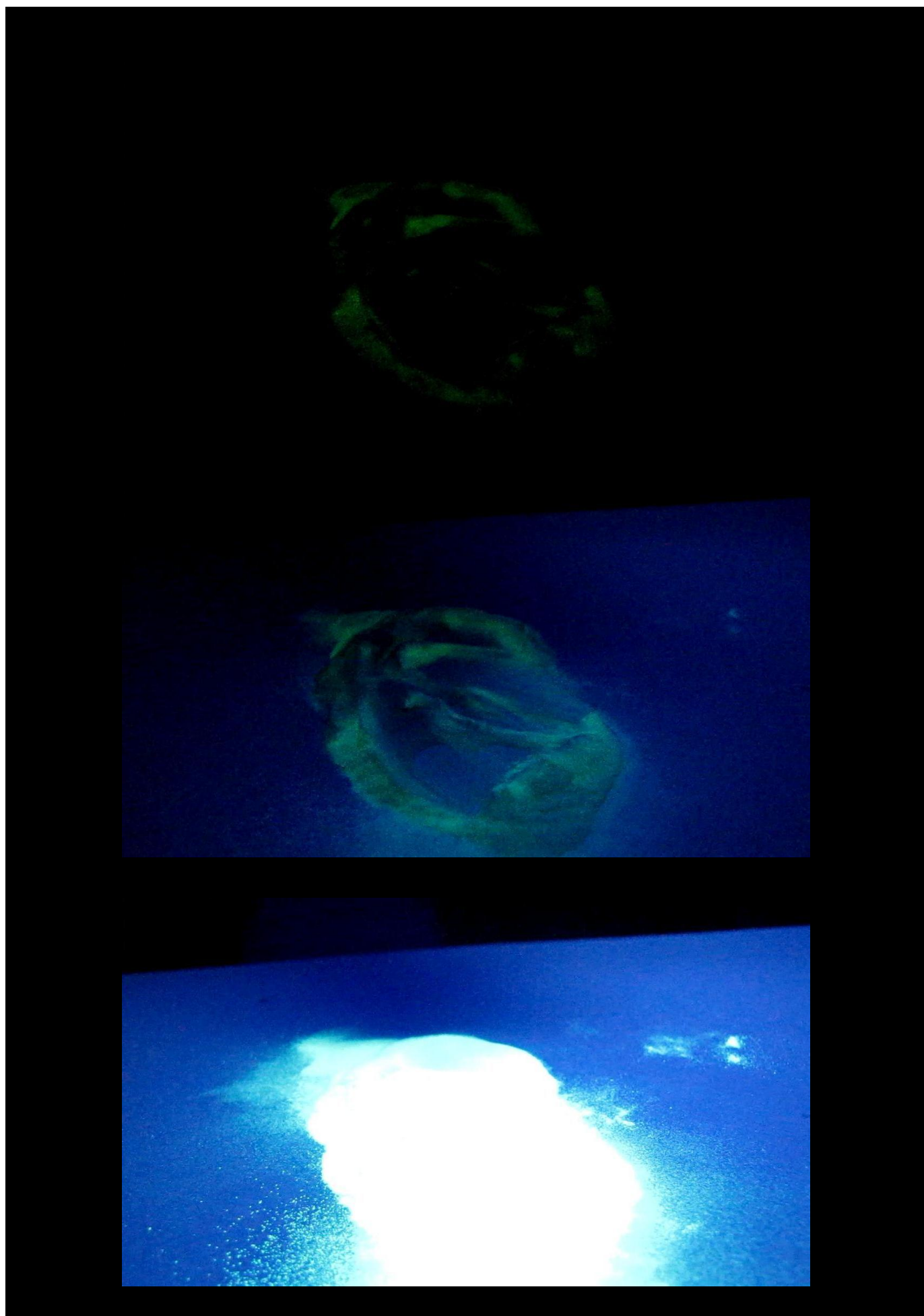


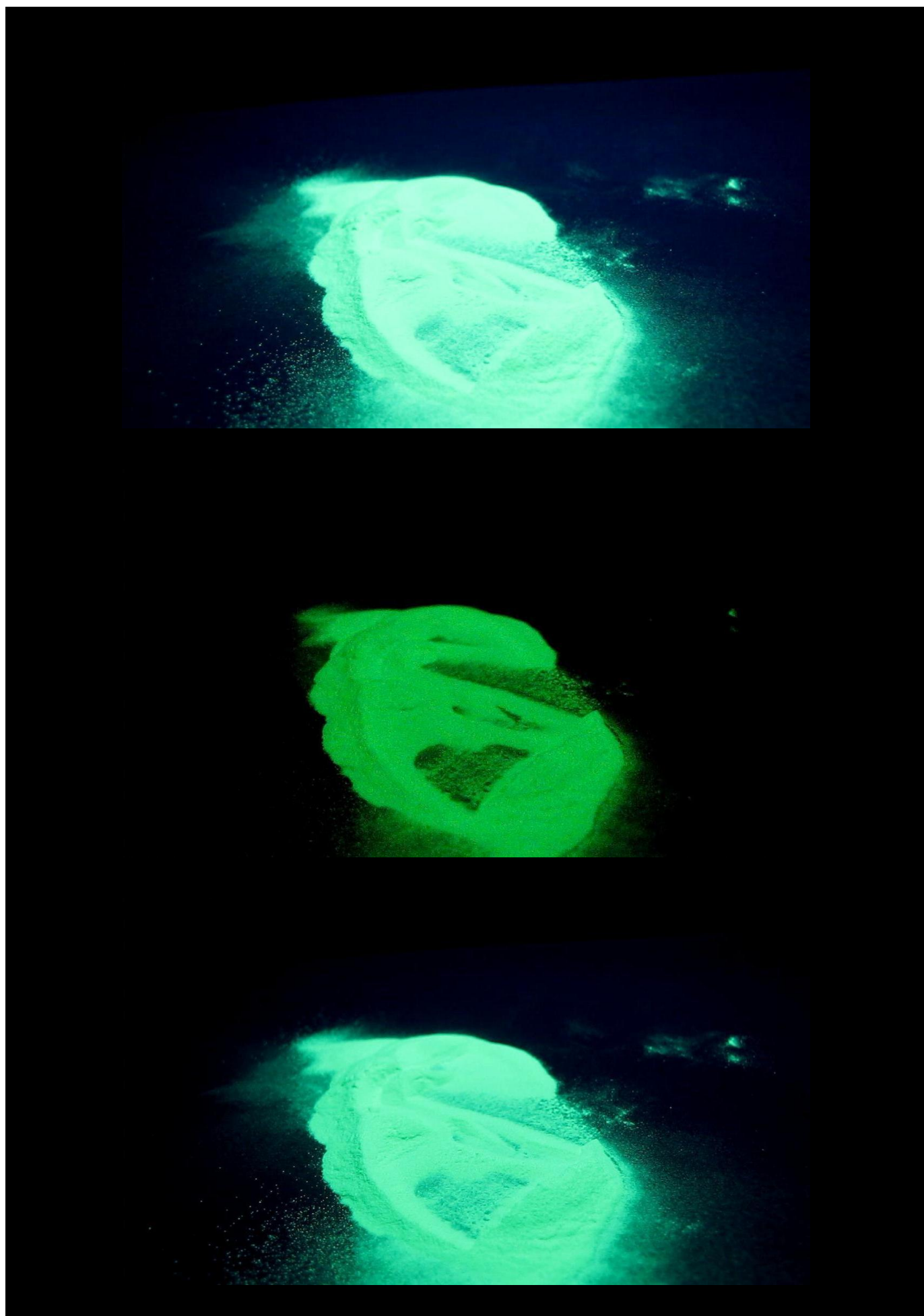
Легко убедиться, что светится в основном верхний слой люминофора, остальная же его часть фактически играет роль "подпорки". В темноте включим и выключим ультрафиолетовую лампу, люминофор ярко засветится. Теперь бумажкой аккуратно снимем верхний светящийся слой - станет видно, что под ним люминофор темный, но стоит включить - выключить лампу, как этот темный люминофор ярко засветится. Поэтому, если нам необходимо, чтобы какой-то предмет светился, нет нужды изготовлять его из люминофора - это не только дорого, но и бесполезно: достаточно тонкого слоя краски с добавкой люминофора.

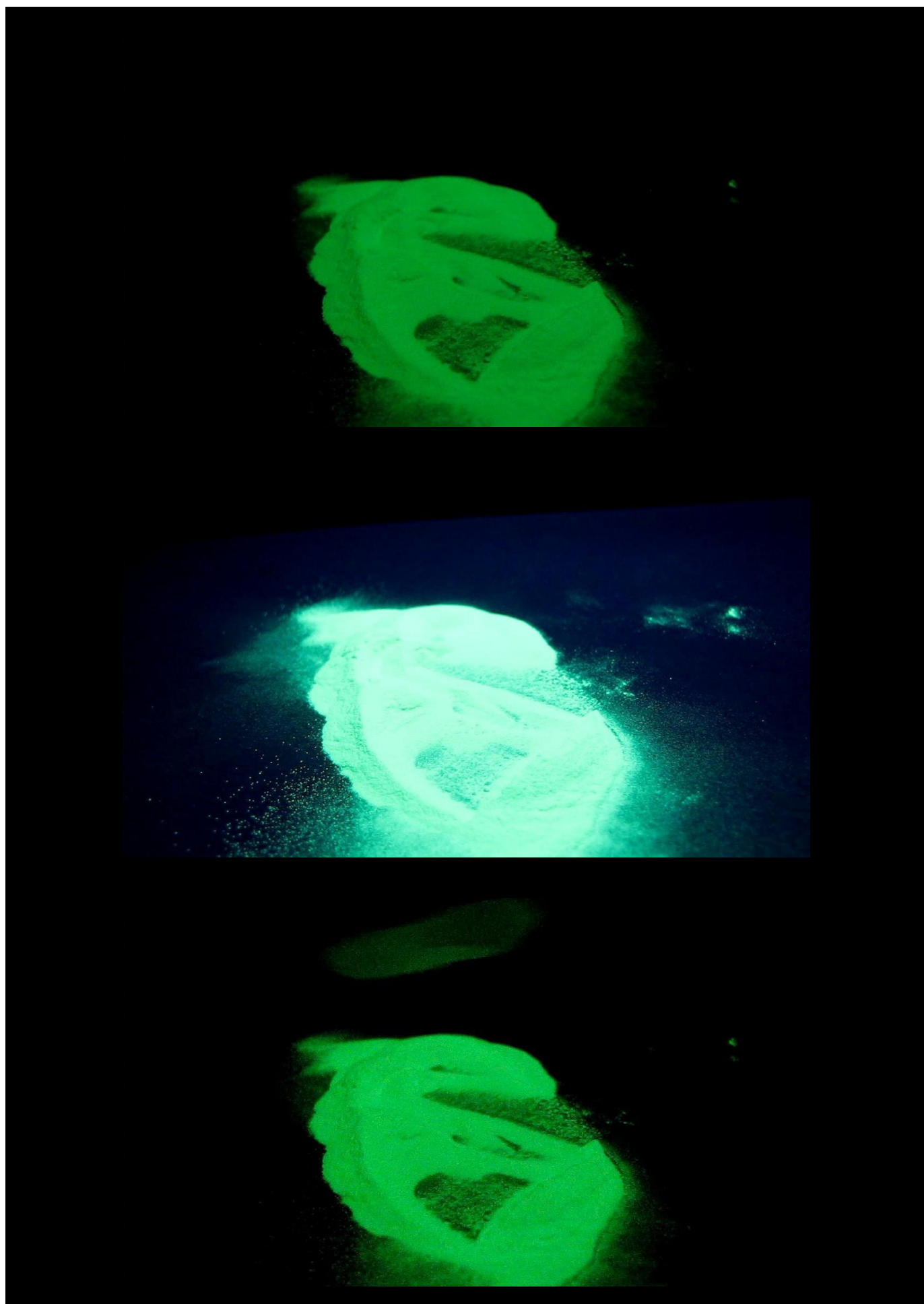




**Верхний светящийся слой люминофора аккуратно сняли.
Как видите, нижний слой, не подвергшийся действию ультрафиолета, практически не светится**







Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.7

В.Н. Витер

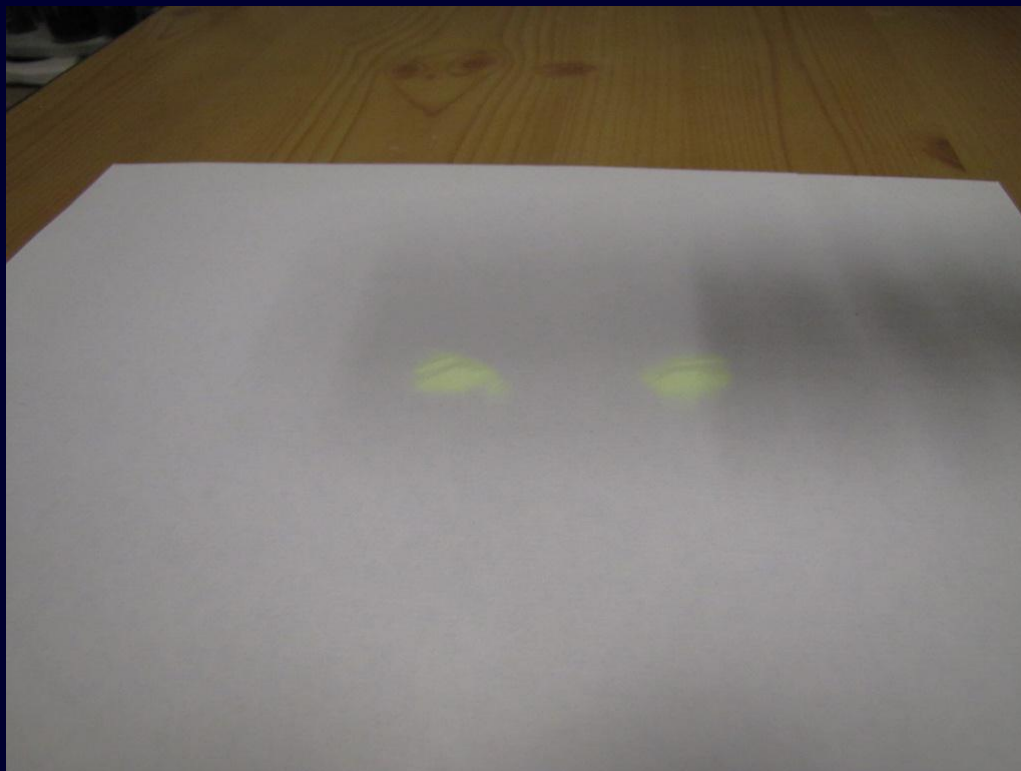
Стекло непрозрачно для ультрафиолетовых лучей?

Довольно распространено мнение, что обычное силикатное стекло непрозрачно для ультрафиолетовых лучей. В подтверждение этого свидетельствует факт, что в приборах, предназначенных для работы с ультрафиолетовым излучением, вместо обычного стекла используют кварцевое. Кварцевое стекло, в отличие от обычного, хорошо пропускает ультрафиолетовые лучи. Ртутные лампы (без люминофора и светофильтров), предназначенные для получения ультрафиолетовых лучей, нередко называют "кварцевая лампа", поскольку их стенки сделаны из кварцевого стекла. Кварцевое стекло (особенно - оптическое) получать и обрабатывать намного сложнее, чем, например, оконное стекло: диоксид кремния имеет значительно более высокую температуру плавления (чем шихта для получения обычного стекла), но с этим приходится мириться.

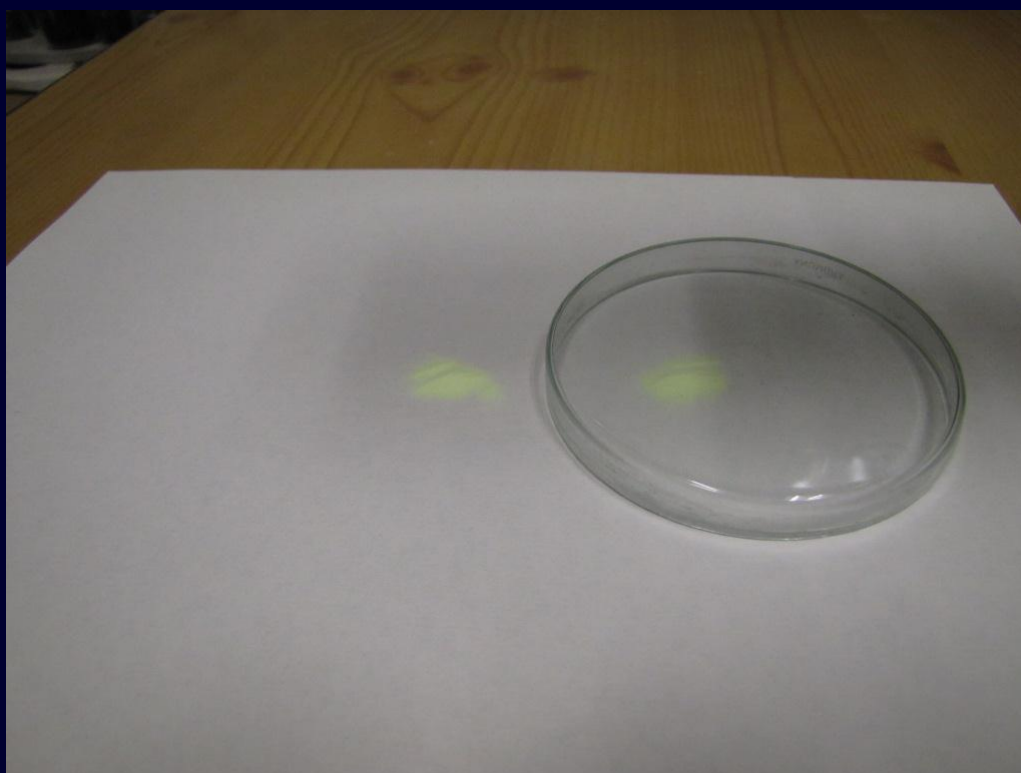
Продемонстрировать, что стекло не пропускает ультрафиолетовые лучи, можно с помощью простого опыта. Поместим на бумагу две одинаковые кучки люминофора, расположенные на равном расстоянии от ультрафиолетовой лампы (лампа черного света). Одну из кучек накроем стеклянной чашкой Петри. Когда мы включим лампу, кучка люминофора, накрытая стеклом, должна светиться менее ярко, поскольку стекло отсекает ультрафиолетовый свет, необходимый для свечения люминофора.

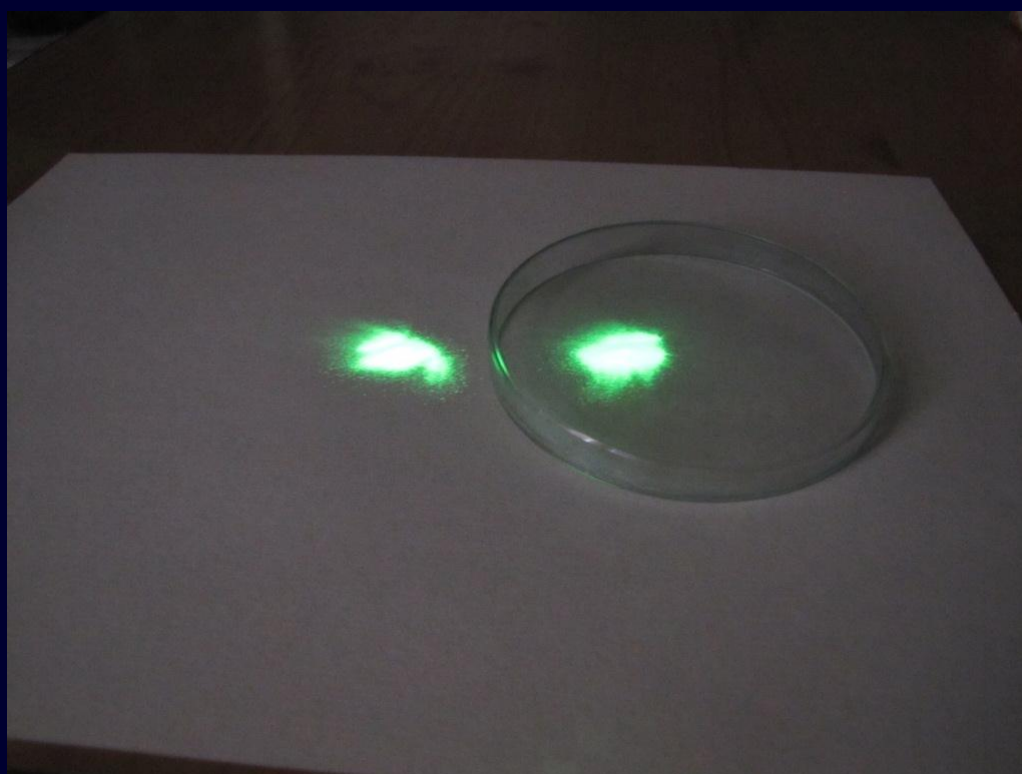
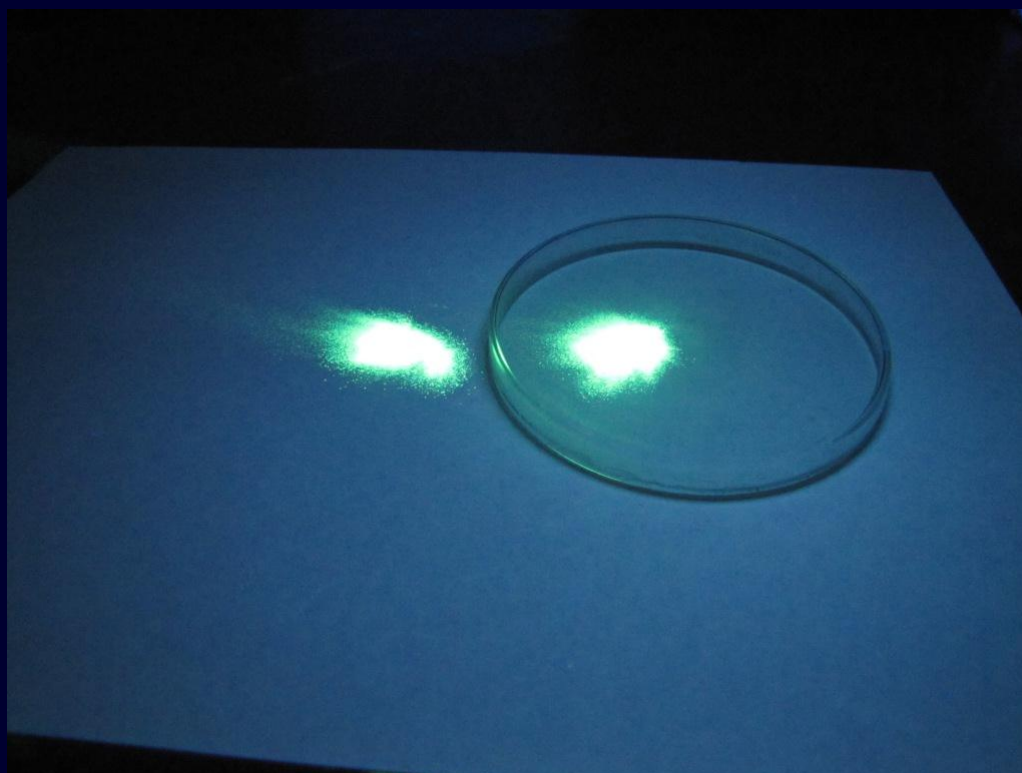
Итак, гасим в комнате свет, включаем ультрафиолетовую лампу.

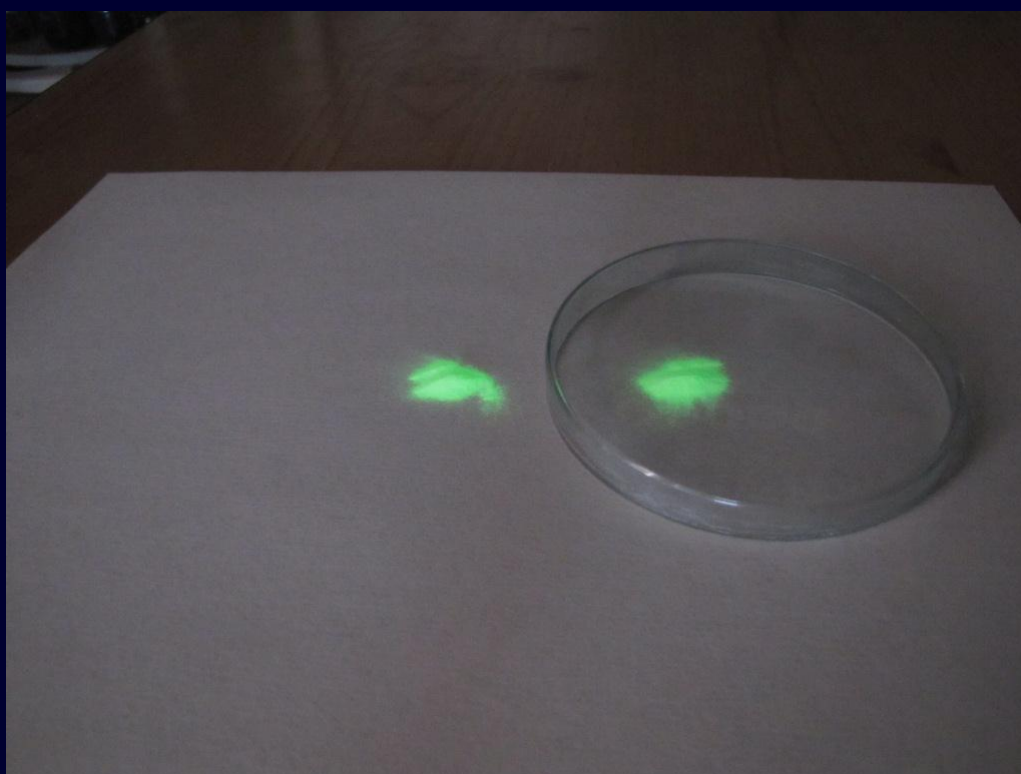
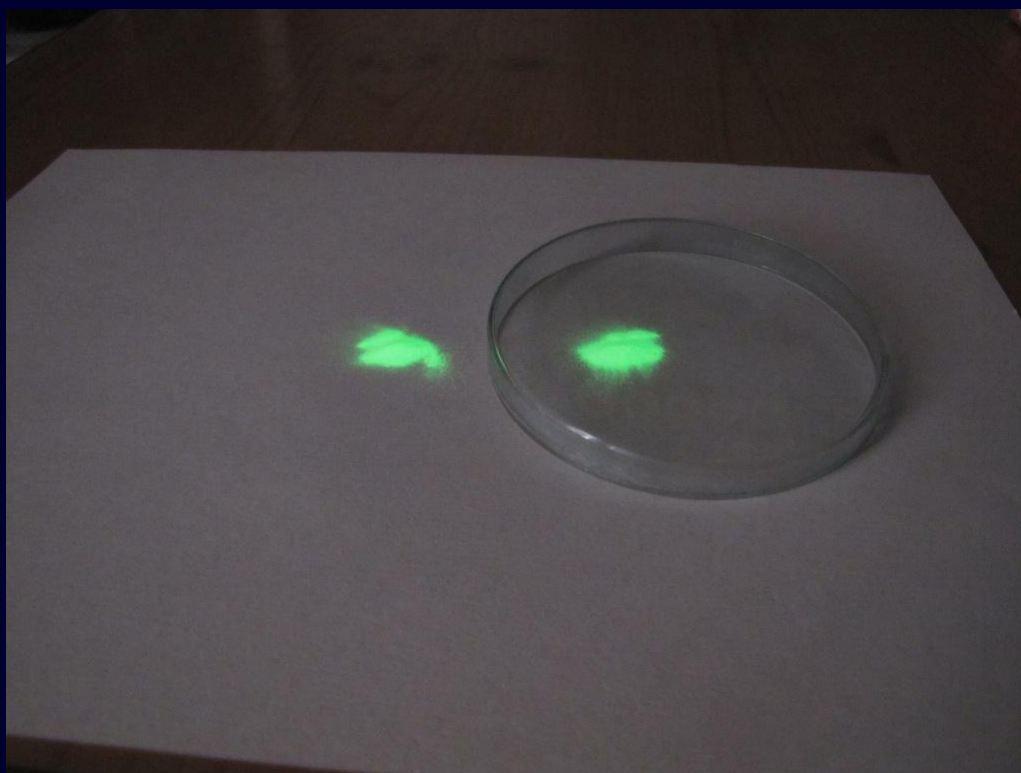
[Смотреть Видео \(10 Мб, .avi \)](#)

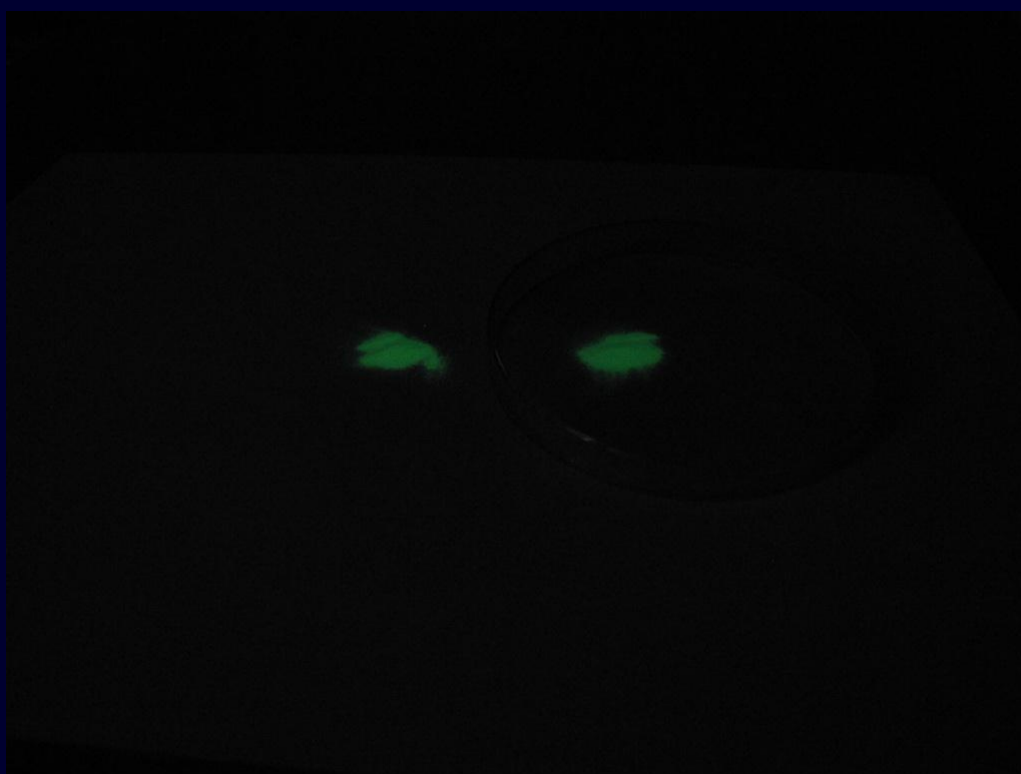
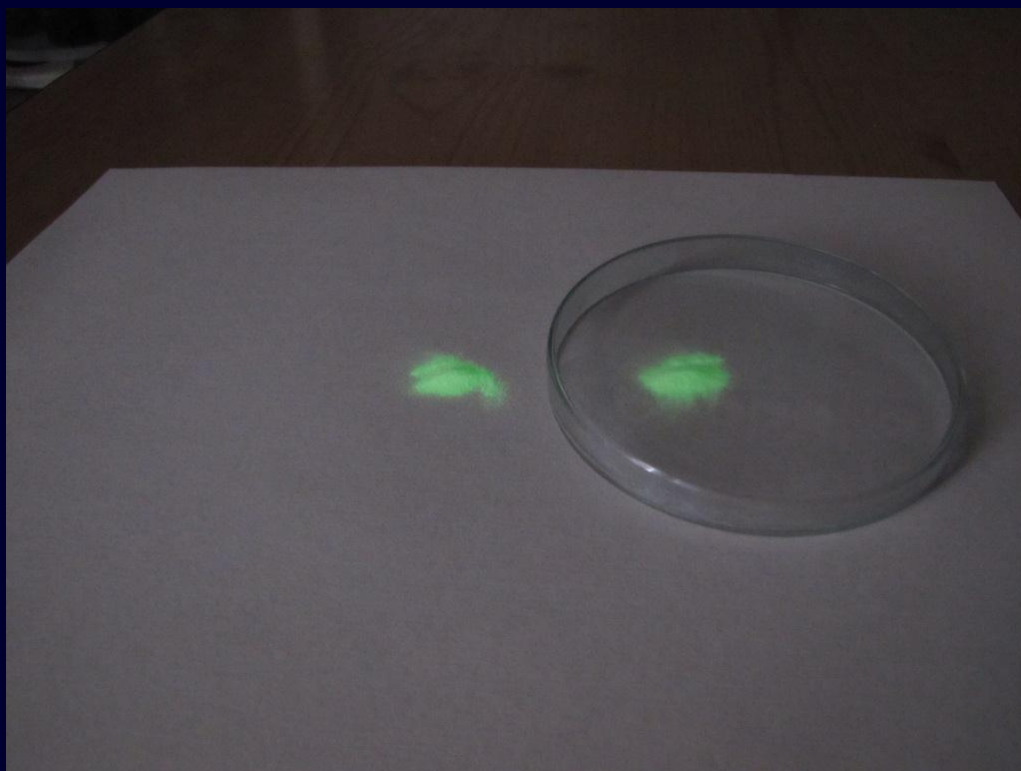


Ультрафиолетовая лампа, стекло и люминофор



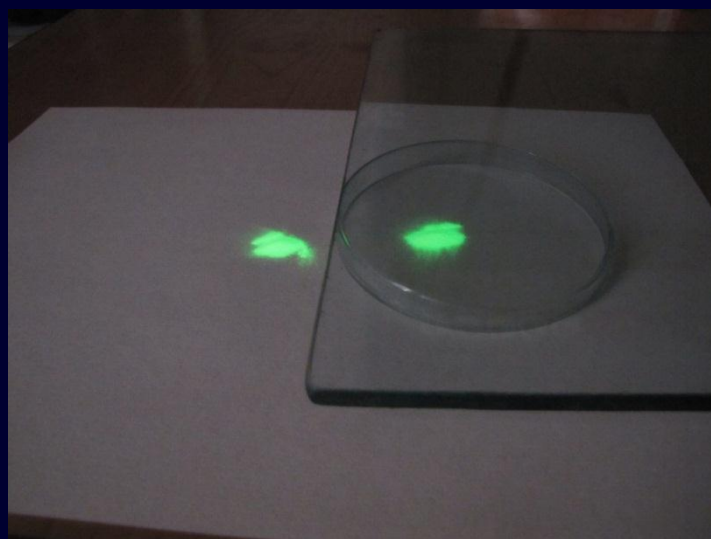




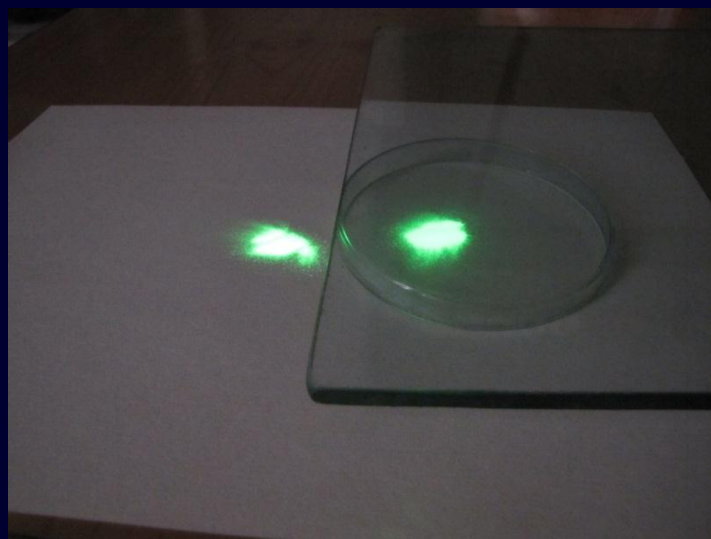
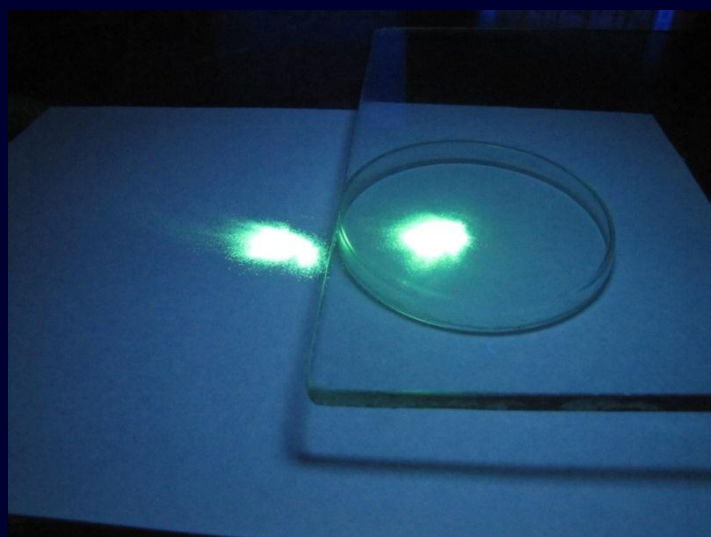


Как видите, результат оказался неожиданным: визуально обе кучки люминофора светились одинаково - и при включенном источнике ультрафиолета, и после его выключения. Это было заметно и в темноте, и при электрическом освещении.

Возможно, стекло было слишком тонким? Сверху чашки Петри положили лист стекла толщиной 5 мм. Этого точно должно хватить.



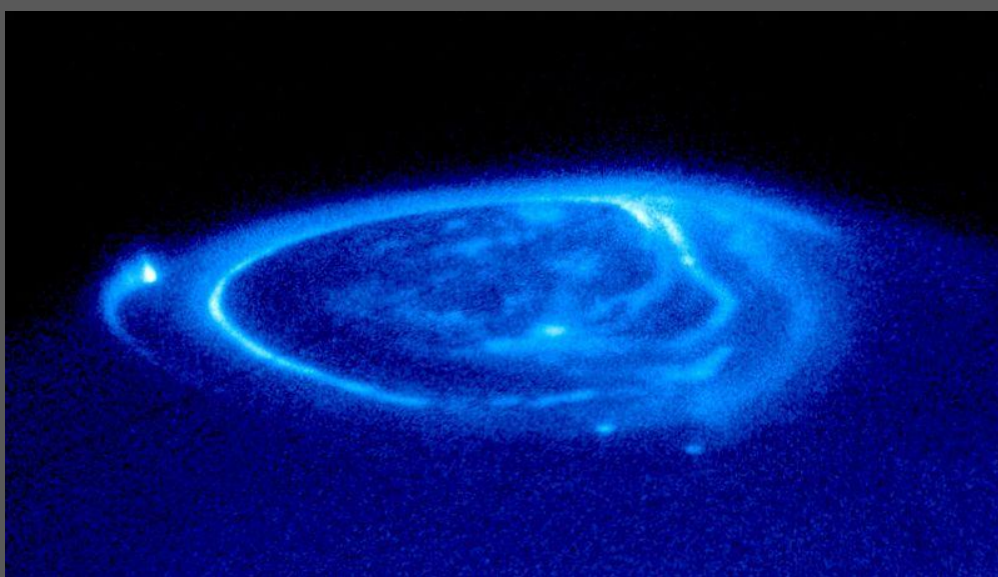
Ультрафиолетовая лампа, стекло и люминофор



Результат эксперимента оказался аналогичным: люминофор, накрытый силикатным стеклом, светился так же ярко, как и люминофор, не накрытый стеклом.

Вывод напрашивается сам собой: стекло пропускает ультрафиолетовые лучи. Не вызывает сомнения, что значительная часть ультрафиолета поглощается стеклом, но той его части, которая все таки проходит, вполне хватает, чтобы возбудить свечение люминофора. Кроме того, люминофор возбуждается не только ультрафиолетовыми, но и видимыми лучами (для которых стекло прозрачно).

Не будем также забывать, что ультрафиолетовое излучение простирается в широком интервале длин волн (от 10 до 380 нм). Свойства ультрафиолетовых лучей с разной длиной волны могут сильно отличаться (в частности - их способность поглощаться разными материалами). Например, ультрафиолет с длиной волны 10-200 нм называют "вакуумный", поскольку он активно поглощается даже атмосферой и с ним приходится работать в вакуумированных приборах.



Сияние в районе северного полюса Юпитера в ультрафиолетовых лучах

Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.8

В.Н. Витер

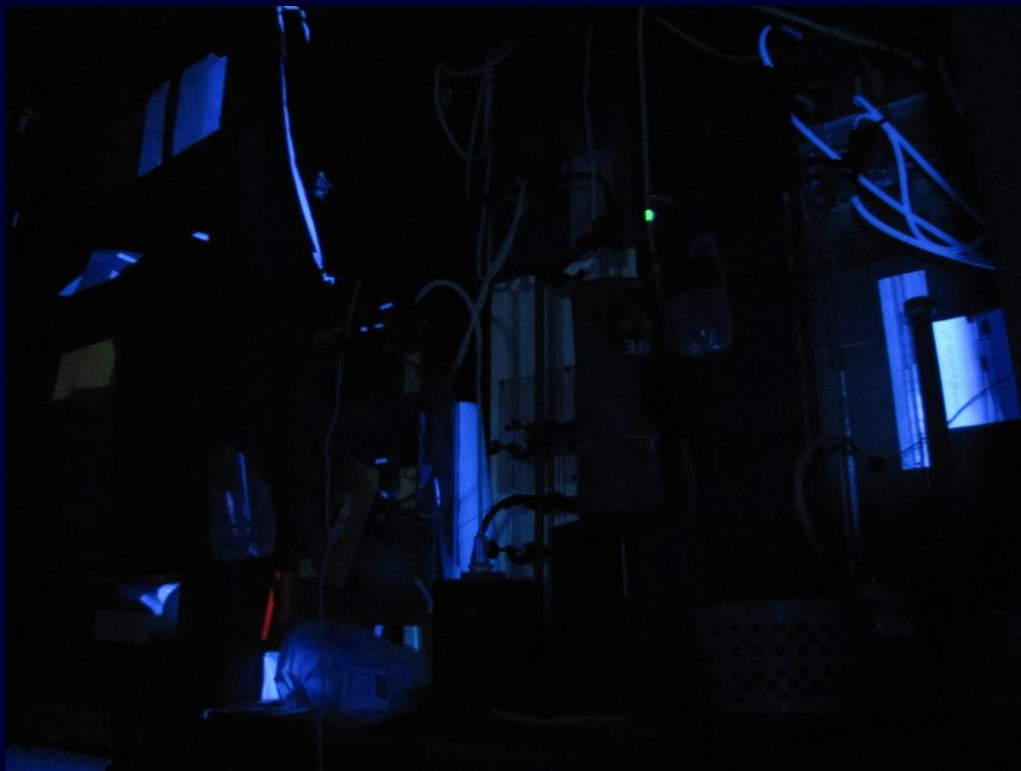
Жить у нас светло и просто,
Всем нам светит по ночам
Добрый стронций-90
Вместо лампы Ильича
Рома Федоров

Светящееся лицо

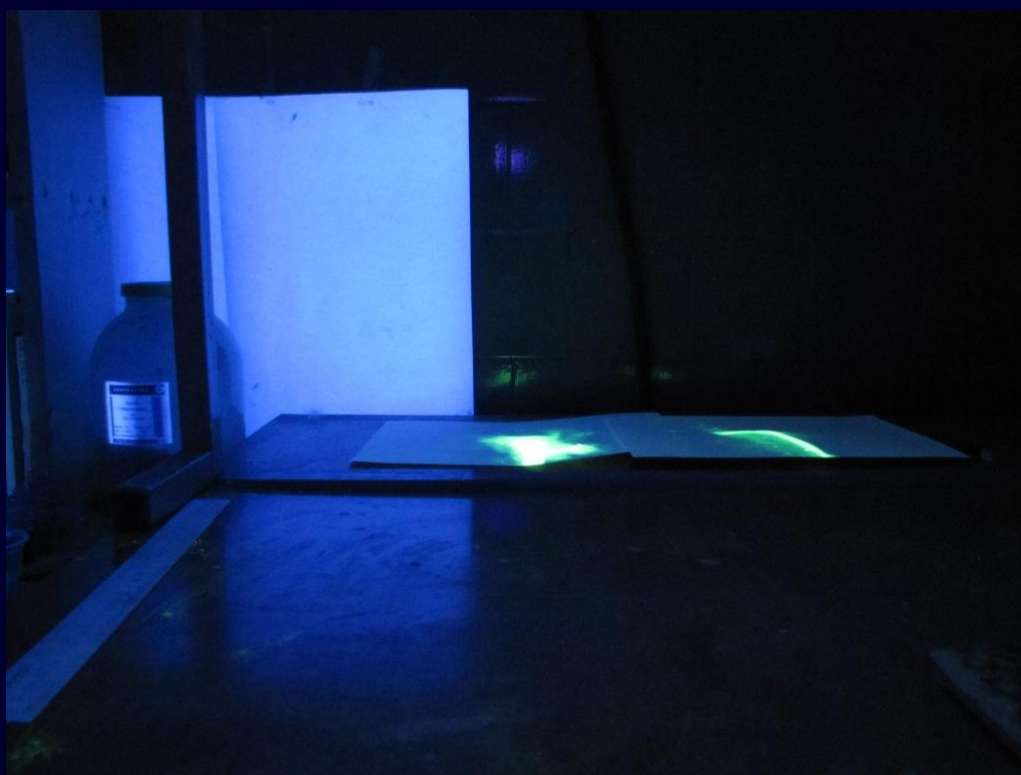
Возникла идея повторить незабываемую сцену из фильма "Собака Баскервилей", снятого по одноименному произведению Артура Конан Дойла, когда неожиданно из темноты появляется огромная адская собака со светящейся мордой¹. Поскольку собак-добровольцев не нашлось, пришлось провести этот эксперимент на себе.

Мысль была простой: намазать лицо люминофором, выключить свет и включить ультрафиолетовую лампу. Для пробы нанесли несколько полосок, которые подражали боевой раскраске индейцев, однако сразу же появилась проблема. В комнате было много вещей, которые ярко светились в ультрафиолетовом свете - они попадали в кадр и все портили, в лучшем случае они мешали за счет рассеянного света.

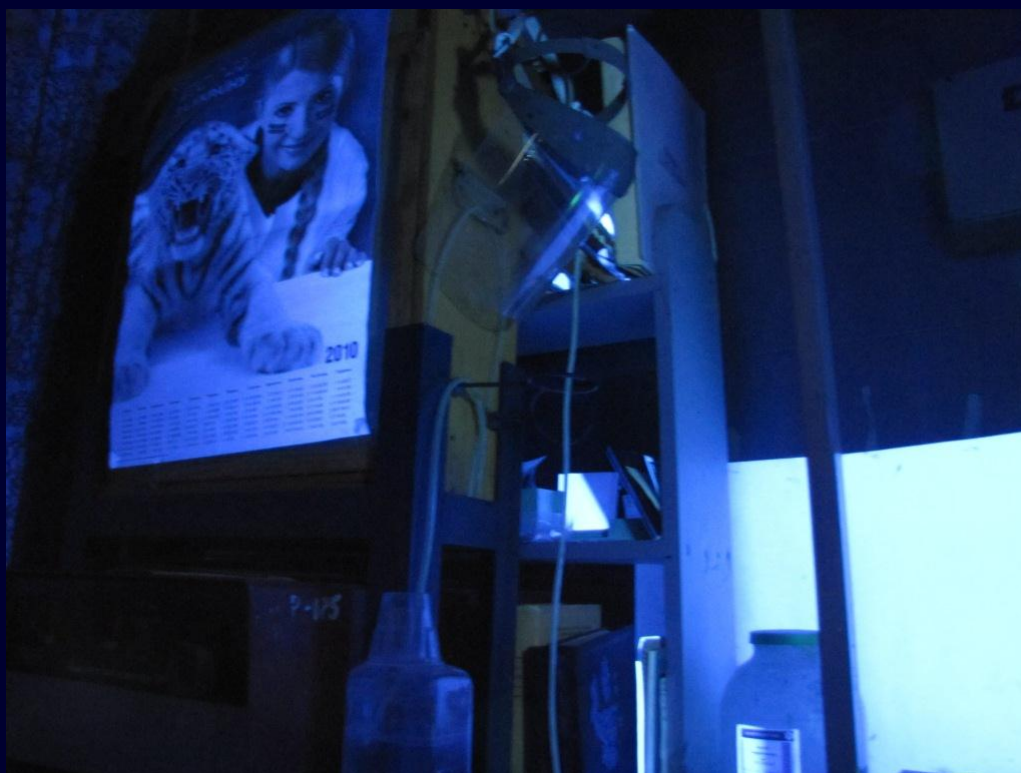
¹ Избалованная обилием фильмов ужасов современная молодежь найдет эту сцену скорее забавной, чем страшной, но в восьмидесятые - в период нашего детства - это было действительно страшно, особенно, если смотреть телевизор в темной комнате.



Лаборатория в ультрафиолетовых лучах



На листах бумаги осталось немного пыли люминофора, которая ярко светится



Объект эксперимента



Объект эксперимента в ультрафиолетовых лучах



Первое, что мешало - это темный свитер, который светился в ультрафиолетовых лучах. Пришлось поверх свитера надеть старую заводскую робу, а светящиеся предметы по возможности закрыть или спрятать. Следующим штрихом был темный, несветящийся фон. Количество порошка люминофора пришлось максимально увеличить, поскольку несколько полосок не производили должного эффекта.

Что получилось, вы видите на фотографиях. Пожалуй, это очень напоминает сцену из постапокалиптической компьютерной игры Fallout-II (Возрождение-II), в которой обильно представлены фосфоресцирующие радиоактивные загрязнения и субъекты, светящиеся от радиации².

Естественно, люминофор продолжал светиться и после выключения ультрафиолетовой лампы. Неповторимое ощущение в темноте: вокруг полностью темно, но ты видишь (даже скорее чувствуешь), что лицо светится желтовато-зеленым цветом. Подходишь к стеклу или кафельной плитке и видишь призрачный отсвет.

Дело было в конце дня, возникла мысль пойти в таком виде домой: в маршрутке свечение будет незаметно, зато люминофор зарядится от света и на темной улице эффект будет "на лицо". Остановило то, что порошок люминофора был вполне виден, а это вызвало бы замечания вроде: "Мужчина, у вас слегка испачкано лицо..." Хватило ума стереть, и, слава богу: в переходе перед самым домом разбили все лампочки, в результате метров двадцать темнота была практически полной. От вида моего лица у встречных мог бы случиться инфаркт. Зато была бы шутка в стиле Роберта Вуда.

Но когда пришел домой, в темной комнате возникло ощущение: лицо все равно светится. Посмотрел в зеркало - точно: небольшого количества люминофора, который остался, хватило, чтобы вызвать отчетливое свечение. Хорошо все-таки, что я никого не встретил в темном переходе...

² Мимо воли вспомнился юмор ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС. Людей, которые получили дозу радиации выше определенной, называли "Ваша светлость", а еще большую - "Ваше сиятельство". Юмор этот очень черный: "светлости", а тем более - "сиятельства" имели мало шансов на долгую и счастливую жизнь.



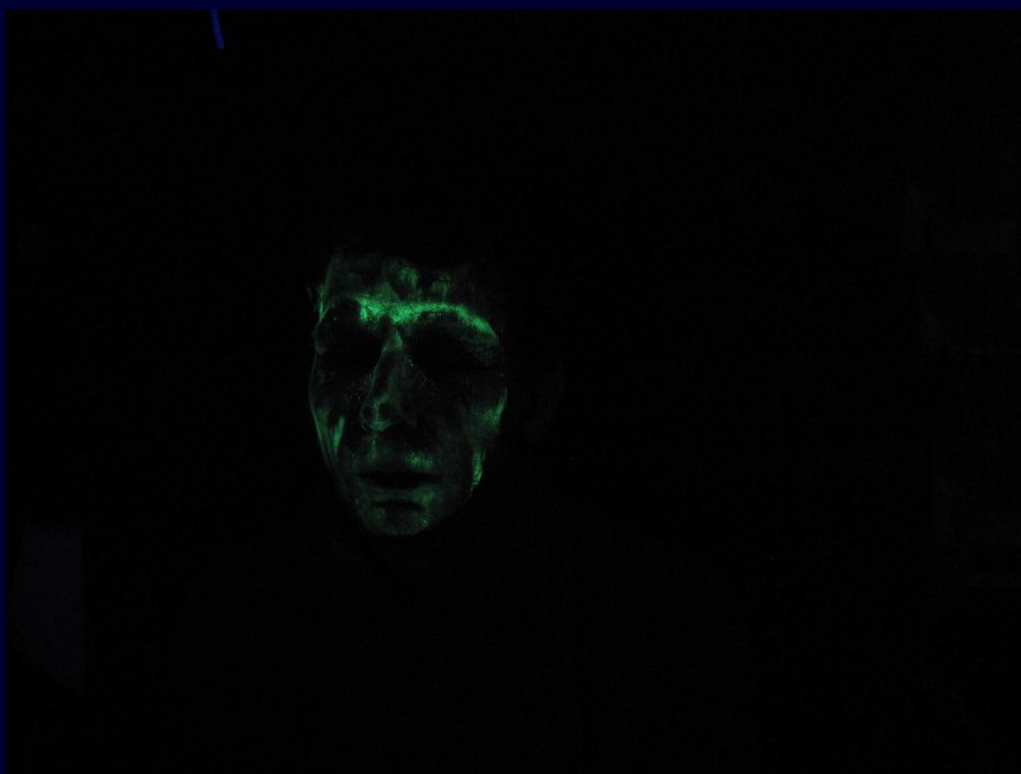
Люминофор, ультрафиолетовая лампа и лицо











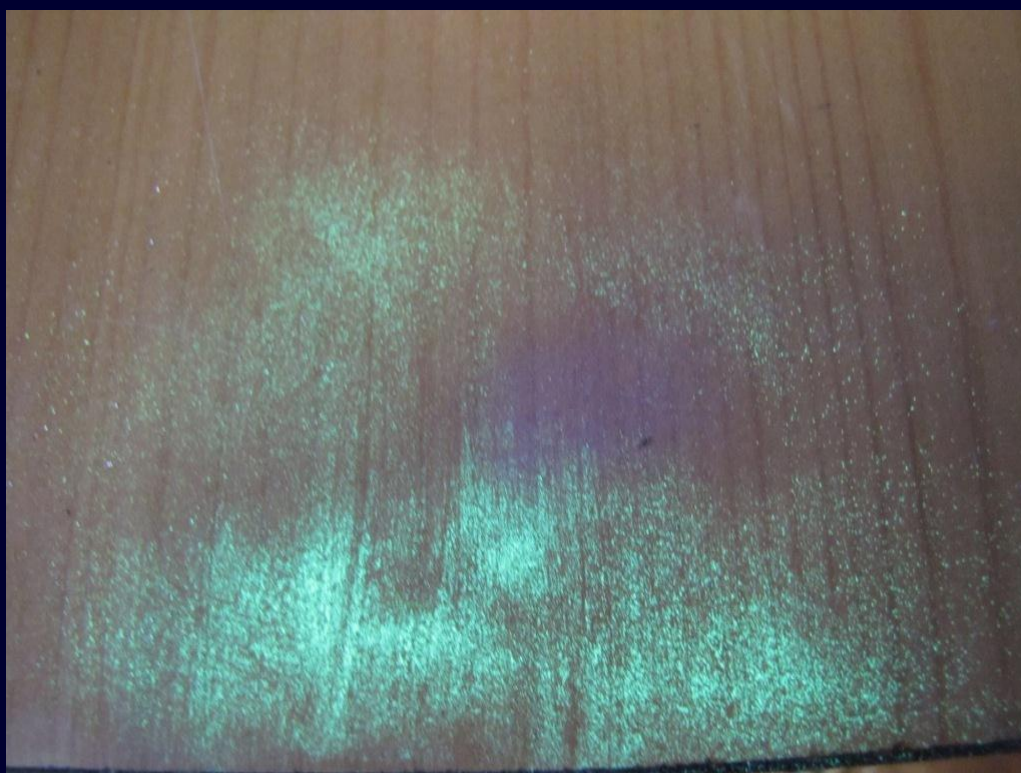


Обратите внимание, даже самое минимальное количество люминофора можно обнаружить по его способности светиться (в нашем случае - под действием ультрафиолетового излучения). Посмотрите на фотографию стола. При электрическом свете слегка заметен небольшой белый налет, но стоит включить ультрафиолетовую лампу, и мы увидим, что на столе просыпан люминофор.

Это явление лежит в основе очень чувствительного метода анализа - люминесцентного, когда вещество определяют по способности люминесцировать при определенном воздействии, или наоборот - по его способности гасить свечение других веществ.



Пыль люминофора на столе



Пыль люминофора на столе (лампа Вуда включена)

Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.8а

В.Н. Витер

Взгляд из светлого будущего

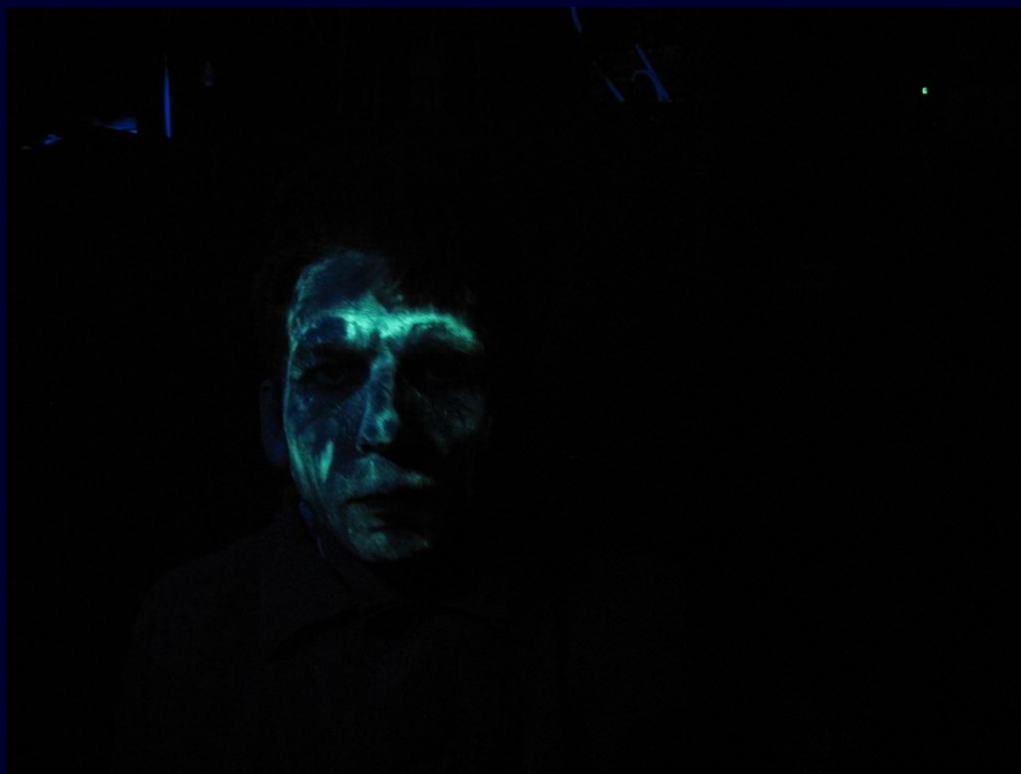
Светящееся лицо (продолжение)

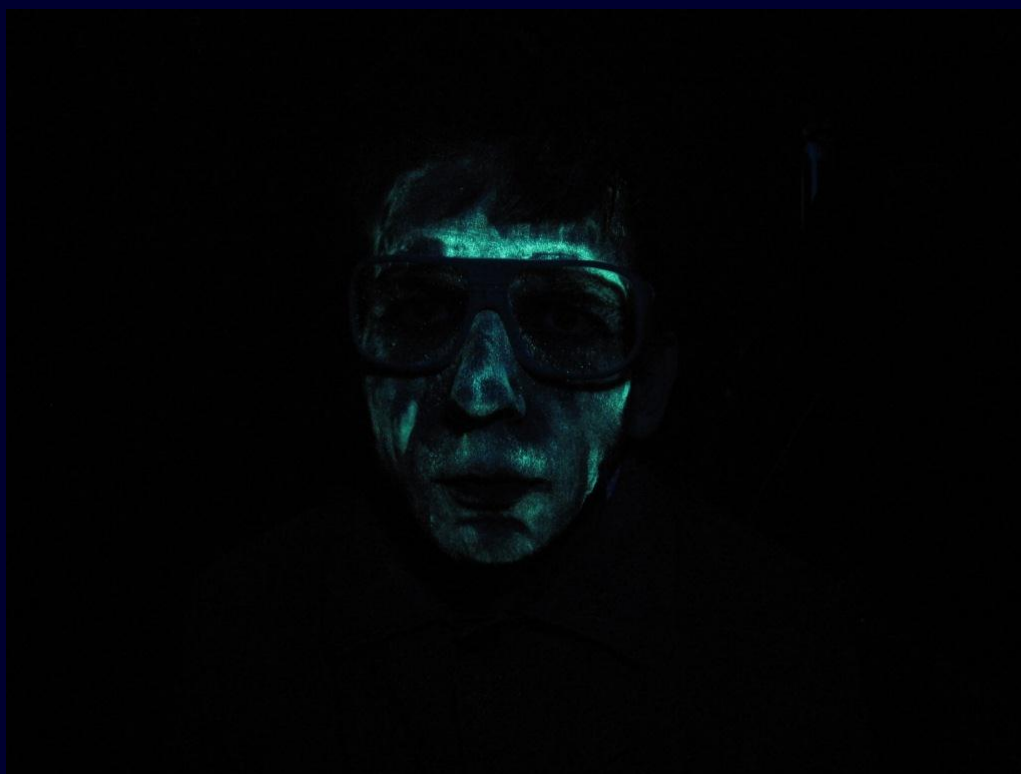
Предлагаем вашему вниманию еще несколько фотографий светящегося лица.

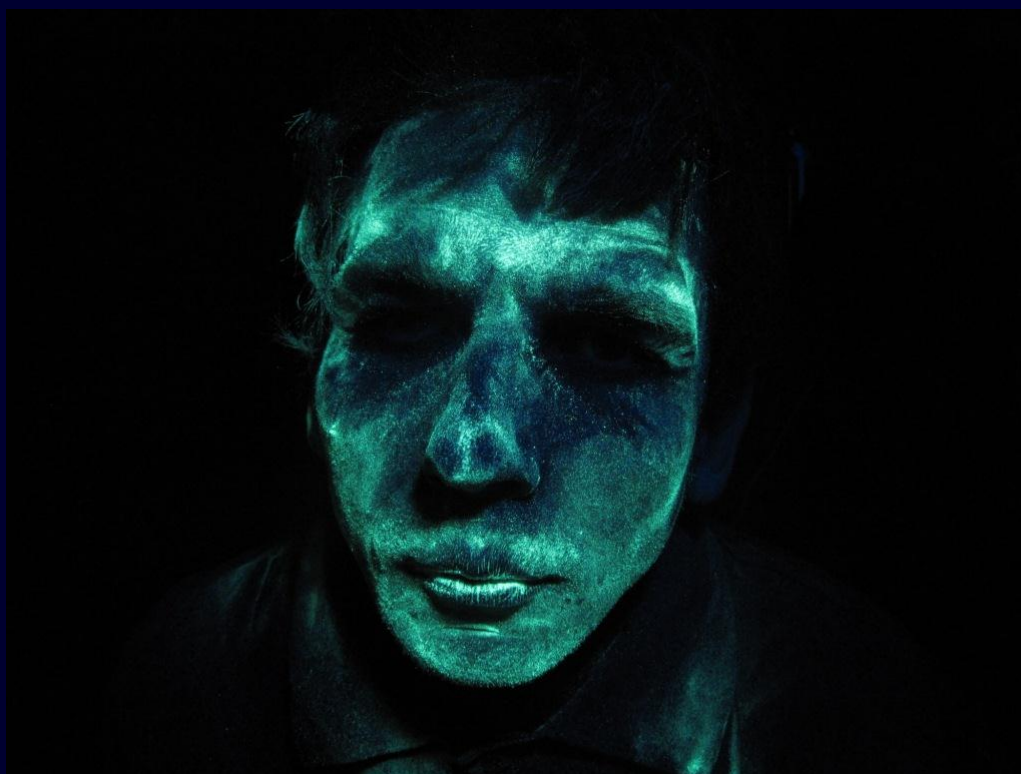
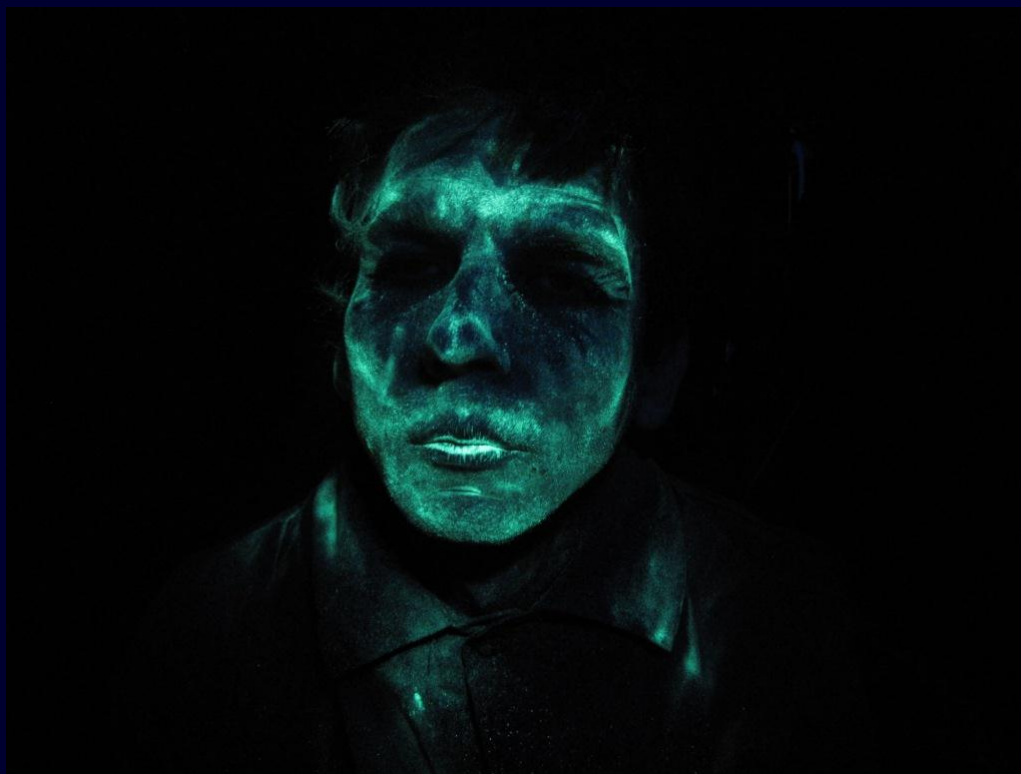


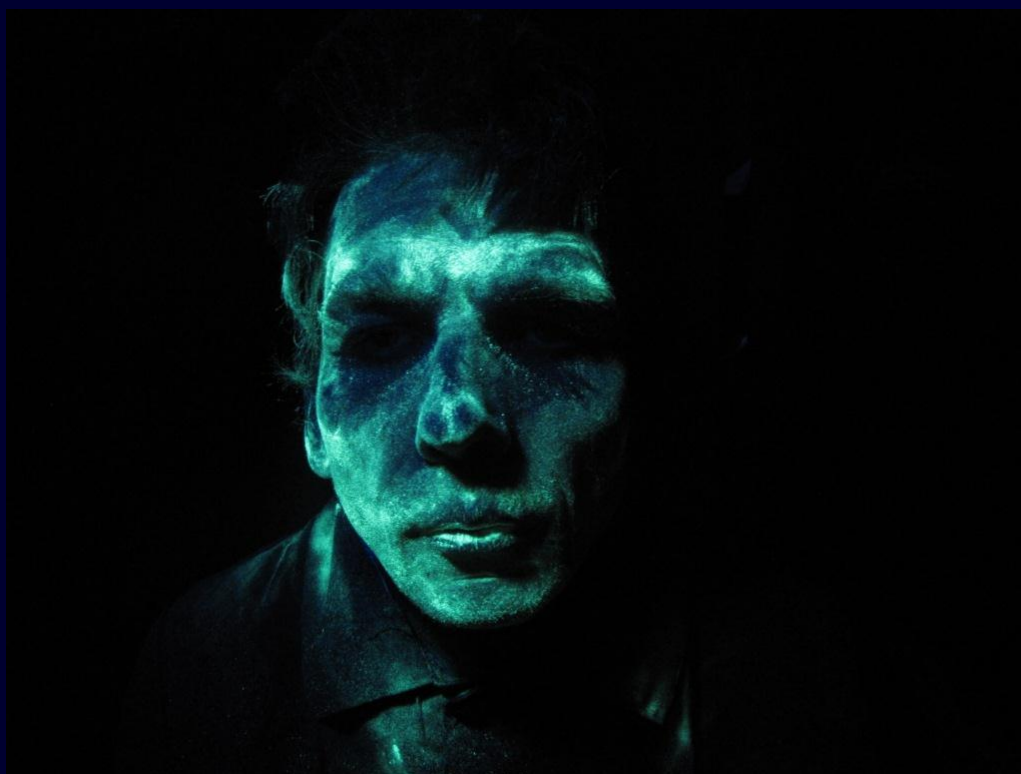
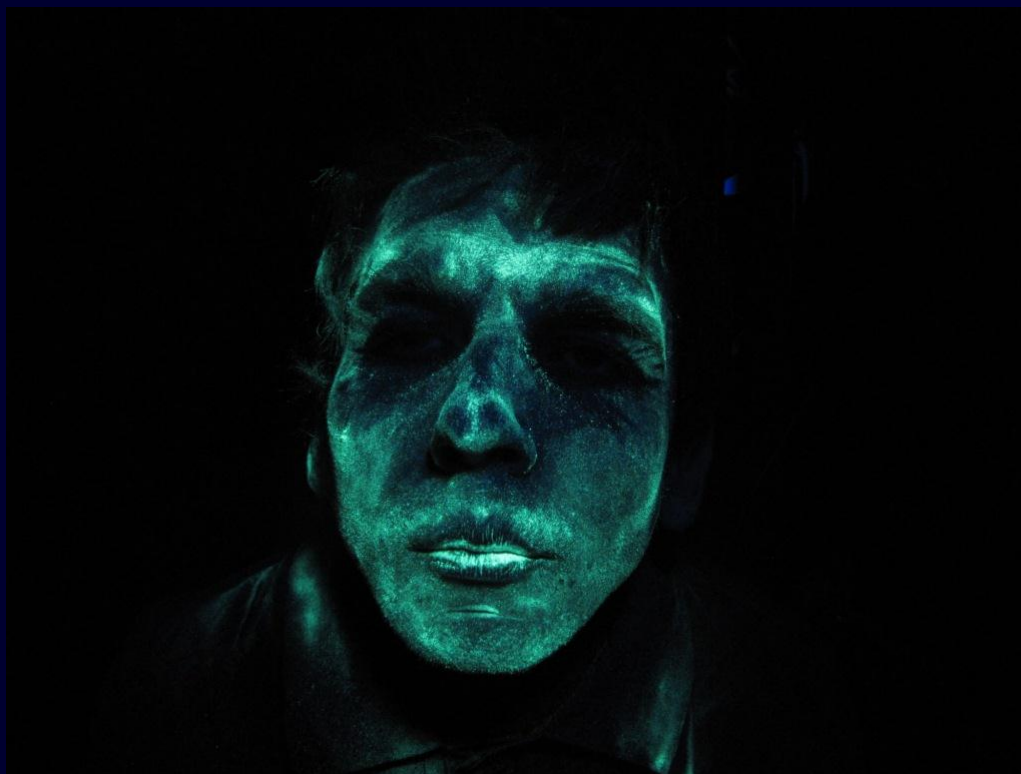
Люминофор, ультрафиолетовая лампа и лицо

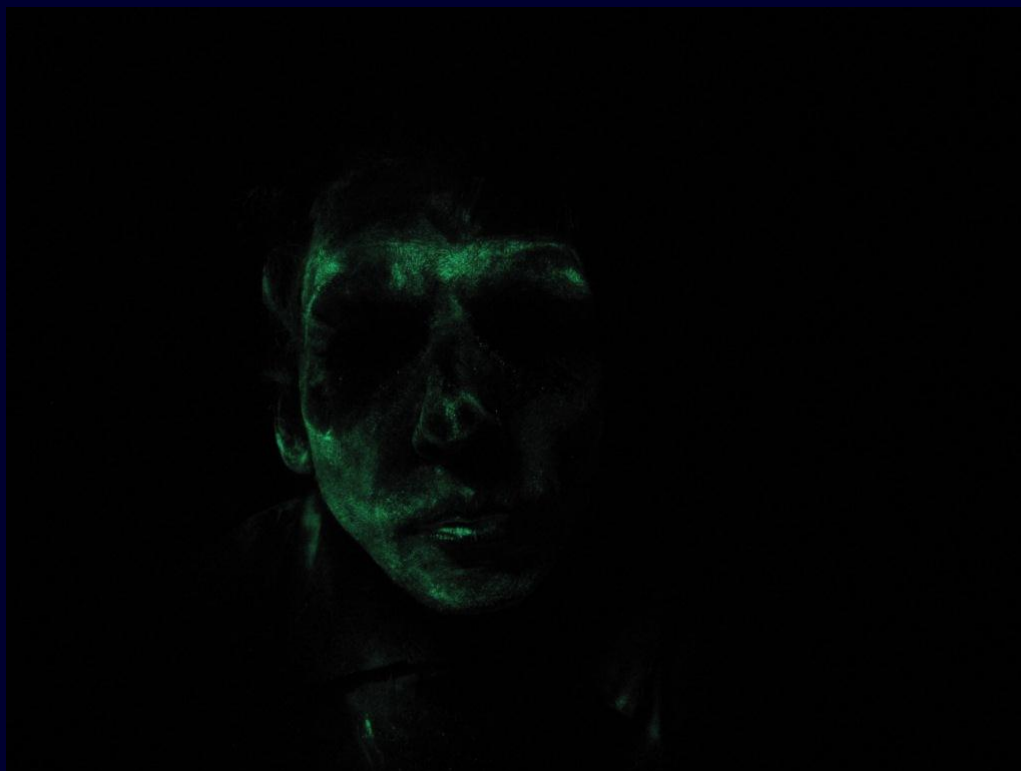












Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.9

В.Н. Витер

Светящаяся рука

Свечение люминофора на лице выглядит эффектно, однако можно обойтись и более простым вариантом, например, продемонстрировать свечение люминофора на руке. Конечно, такой эксперимент выглядит не так красиво, но это освобождает от необходимости наносить люминофор на лицо. Ниже даны фотографии и видео эксперимента.

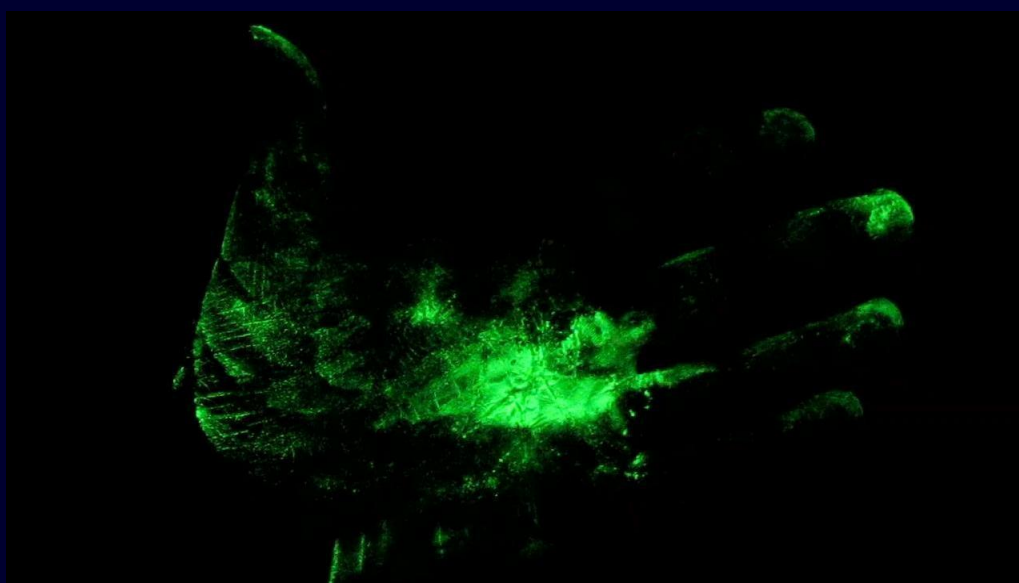
[Смотреть Видео \(25 Мб, .avi \)](#)

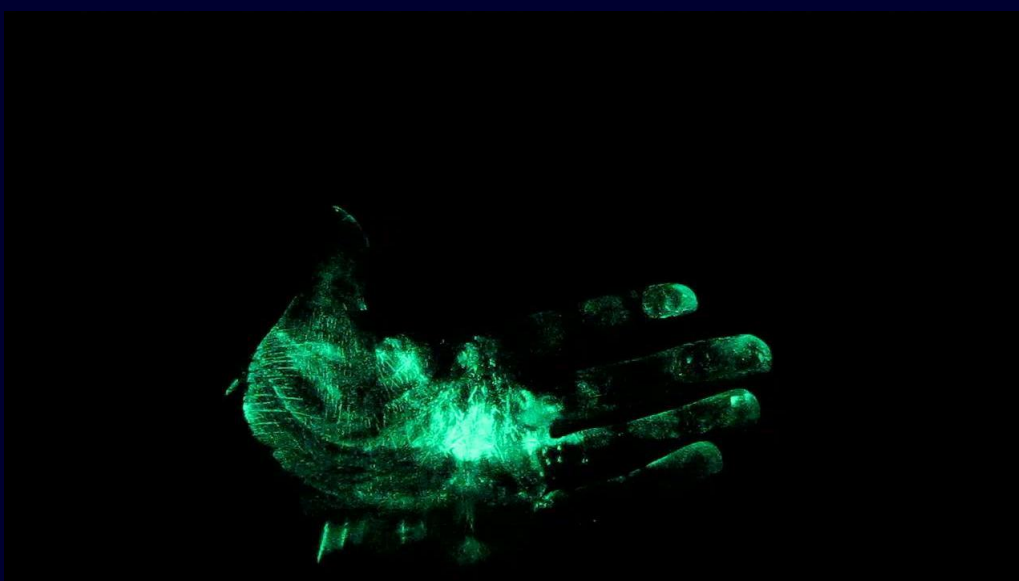
[Смотреть Видео 2 \(46 Мб, .avi \)](#)

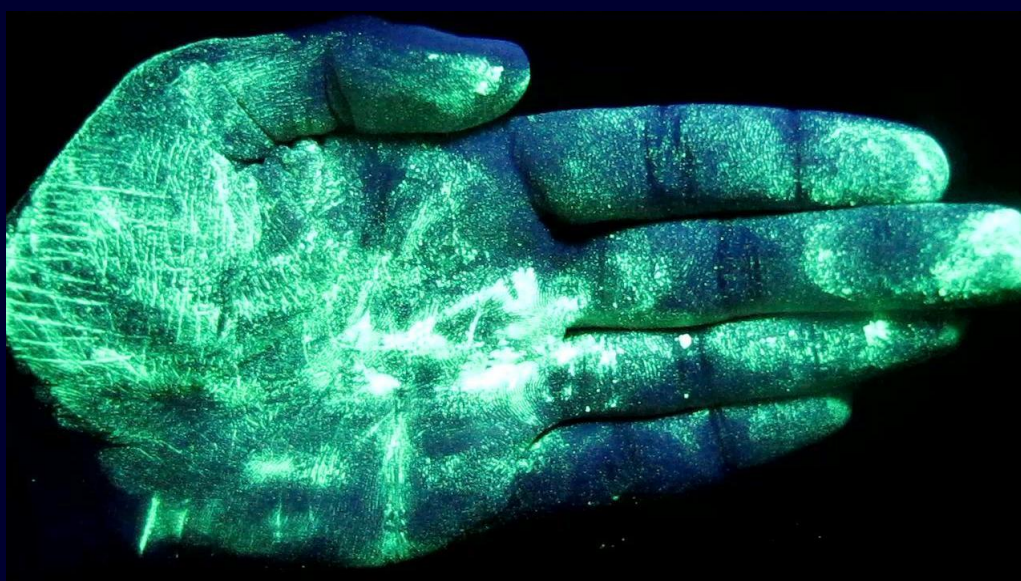
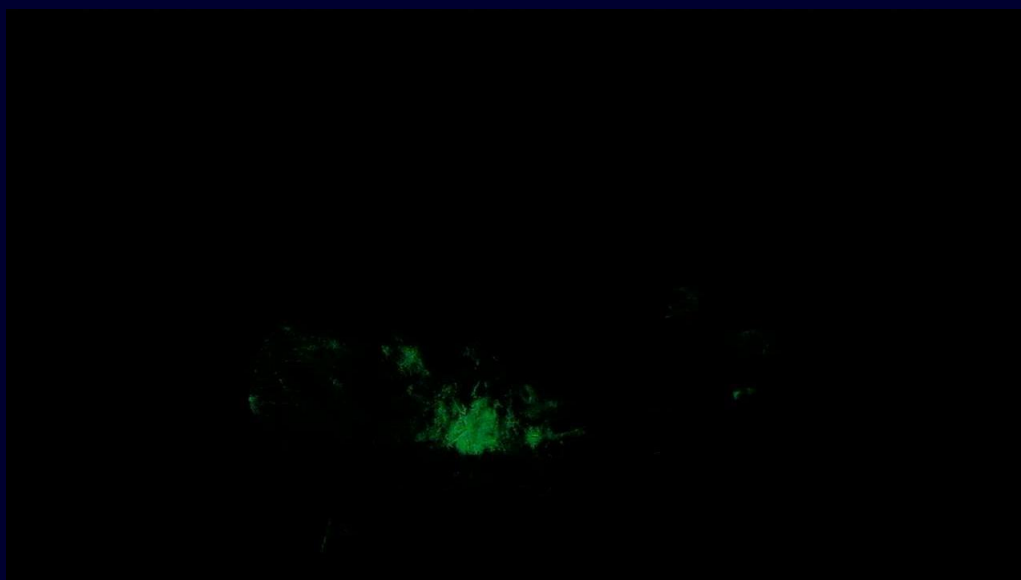
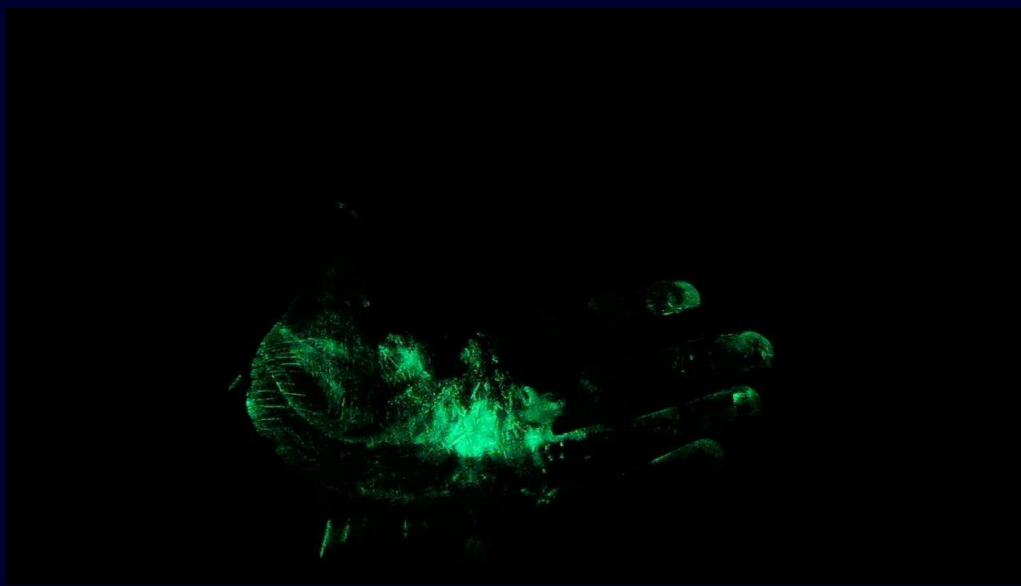


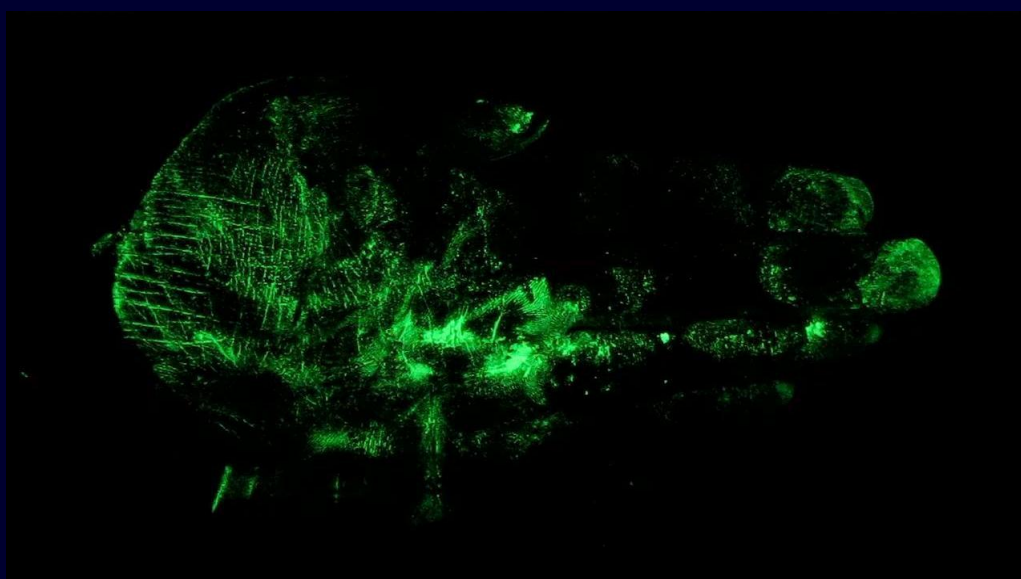
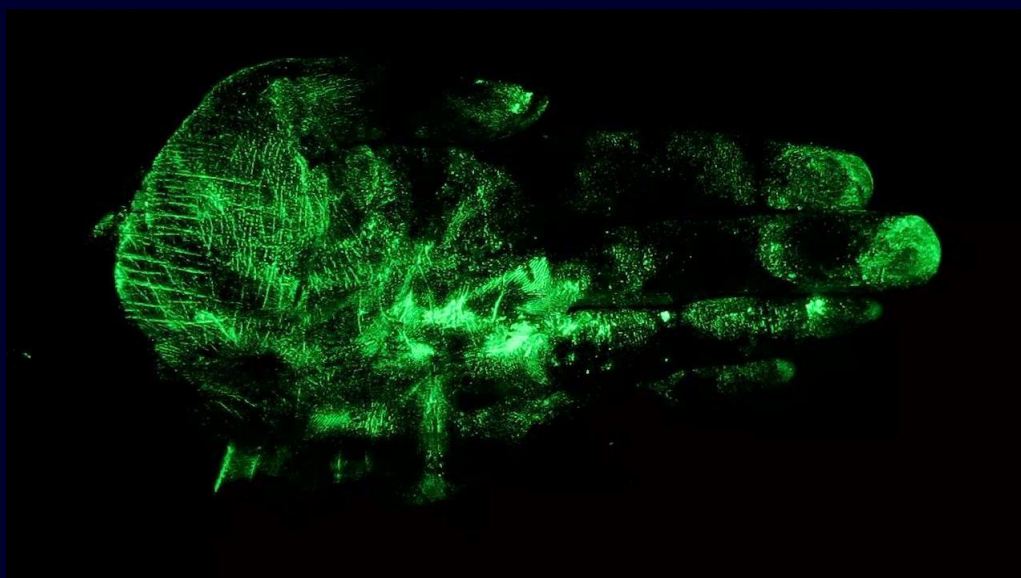
Светящаяся рука















Опыты с ультрафиолетовым светом (лампа Вуда) ч.10

В.Н. Витер

Светящаяся пена

Как получить светящуюся пену? Логично было бы добавить поверхностно-активные вещества в светящийся раствор и пропустить через него воздух. Однако, на практике не все так просто. Реакции хемилюминесценции имеют свои особенности. Возьмем, например, окисление люминола перекисью водорода в присутствии красной кровяной соли. Если концентрация люминола будет высокой, раствор будет светиться ярко, но недолго. Если концентрация люминола низкая, раствор будет светиться десятки минут, но свечение будет тусклым.

Возникла идея использовать в качестве светящейся жидкости суспензию люминофора при включенной ультрафиолетовой лампе. Люминофор будет светиться до тех пор, пока будет включена лампа. Мы взяли немного люминофора и взболтали его в небольшом количестве воды. Для образования пены добавили жидкое моющее средство для посуды "Gala", для увеличения вязкости прилили глицерин.

После взбалтывания жидкость светилась в ультрафиолете ярким зеленым светом, внешне это очень напоминало хемилюминесценцию, но со временем люминофор оседал, и свечение сосредотачивалось на дне. При пропускании через суспензию воздуха образовывалась зеленая светящаяся пена. Было хорошо видно, что сама мыльная пленка не светится (а только блестит отраженными фиолетовыми лучами), зато светятся прилипшие к пленке частички люминофора. Особенно ярко светилась пена из мелких пузырьков.

Из такой жидкости можно выдувать мыльные пузыри. Они выглядели не очень эффектно, но было четко заметно свечение частичек люминофора на их поверхности. Основная часть люминофора собиралась в капельке под пузырем.

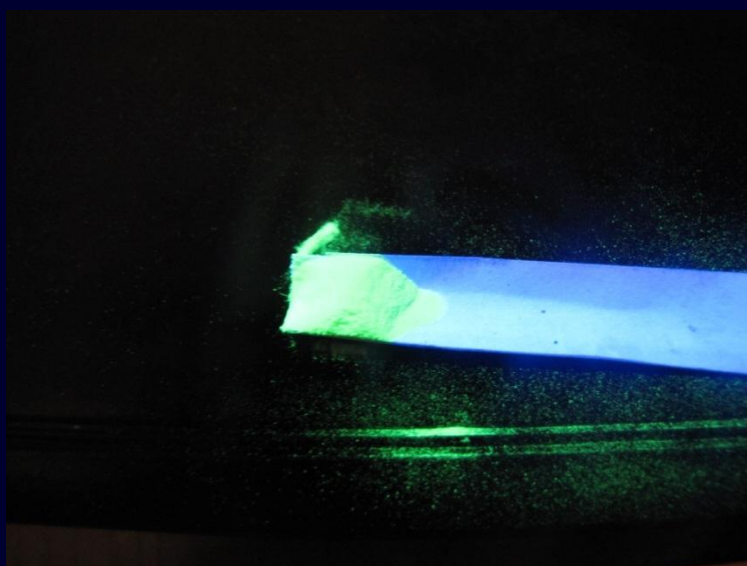
[Смотреть Видео \(7 Мб, .avi\)](#)

[Смотреть Видео 2 \(26 Мб, .avi\)](#)

[Смотреть Видео 3 \(16 Мб, .avi\)](#)



Светящаяся пена (подготовка)



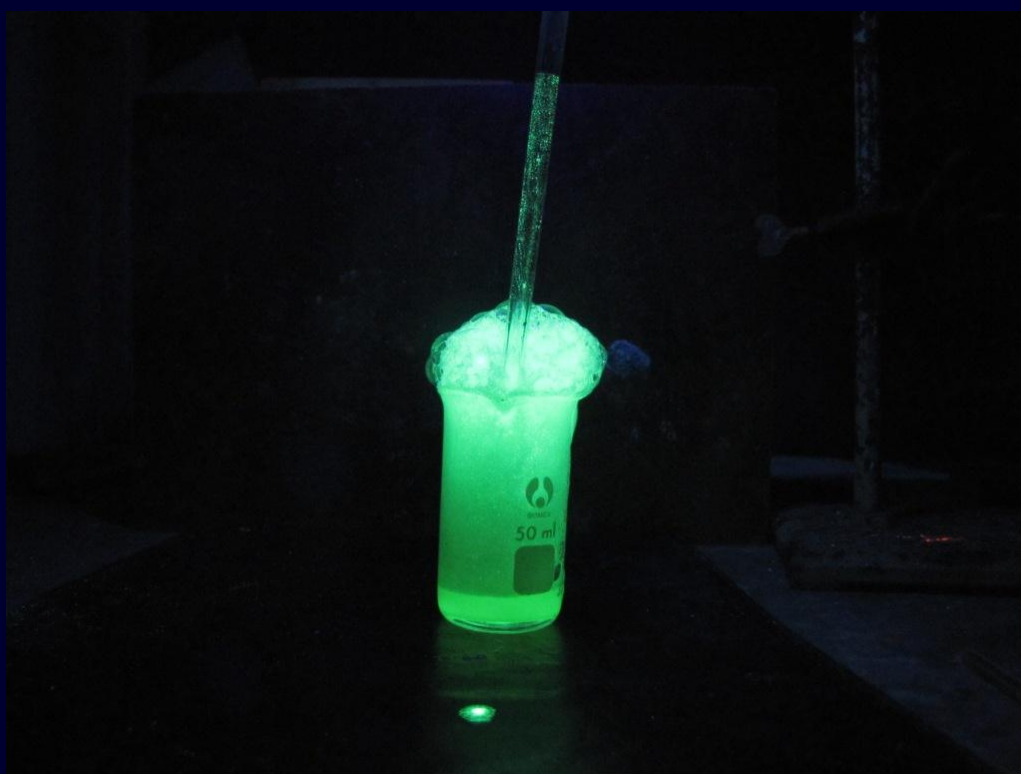




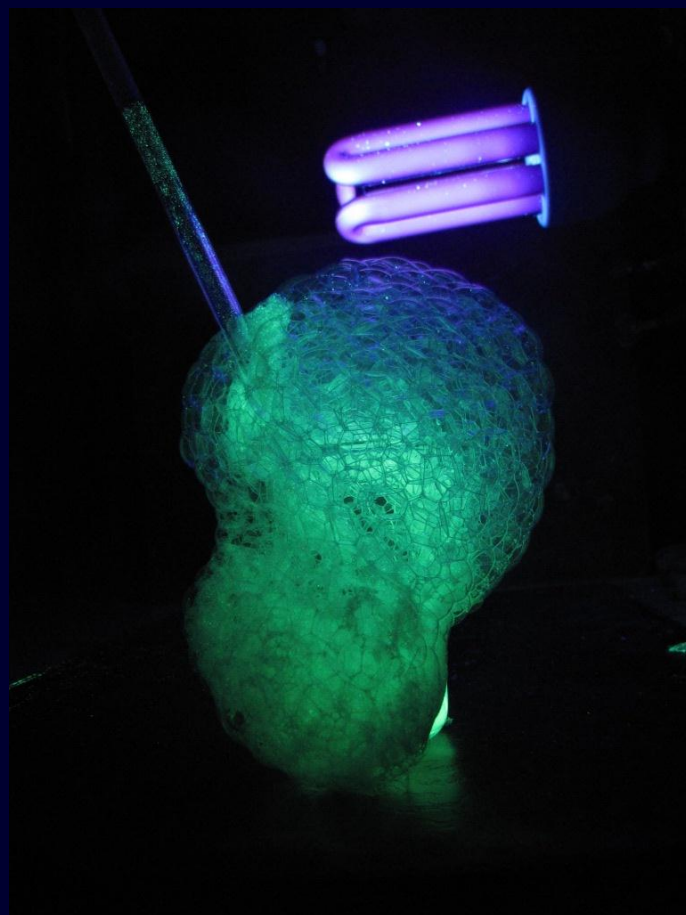
Светящаяся пена

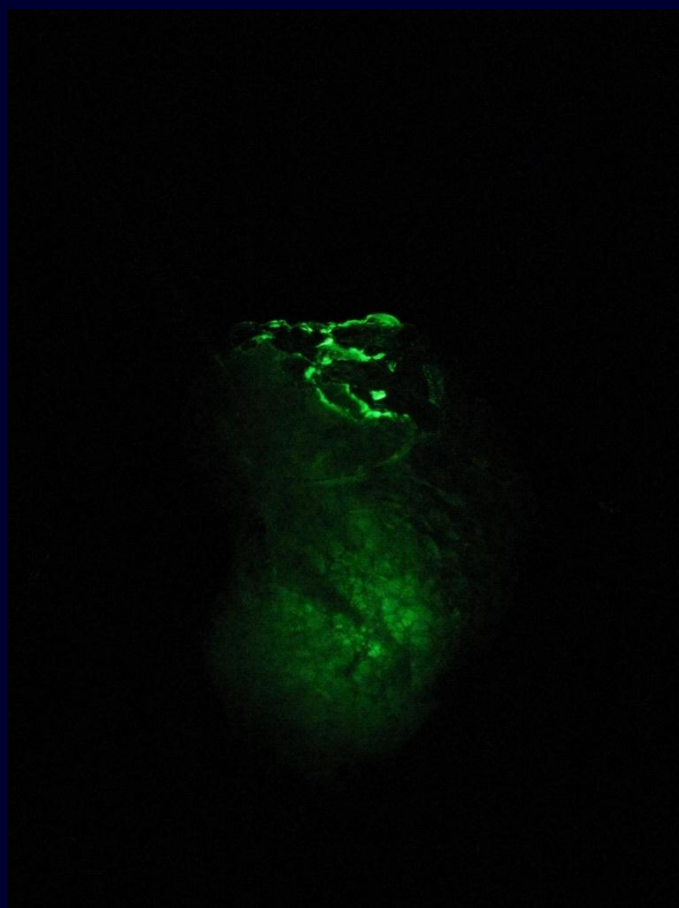
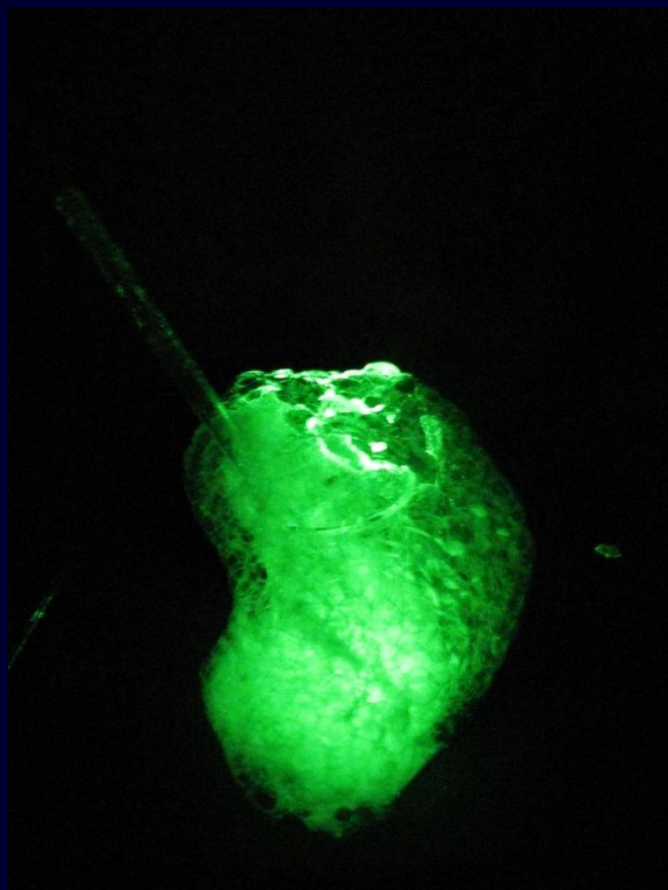


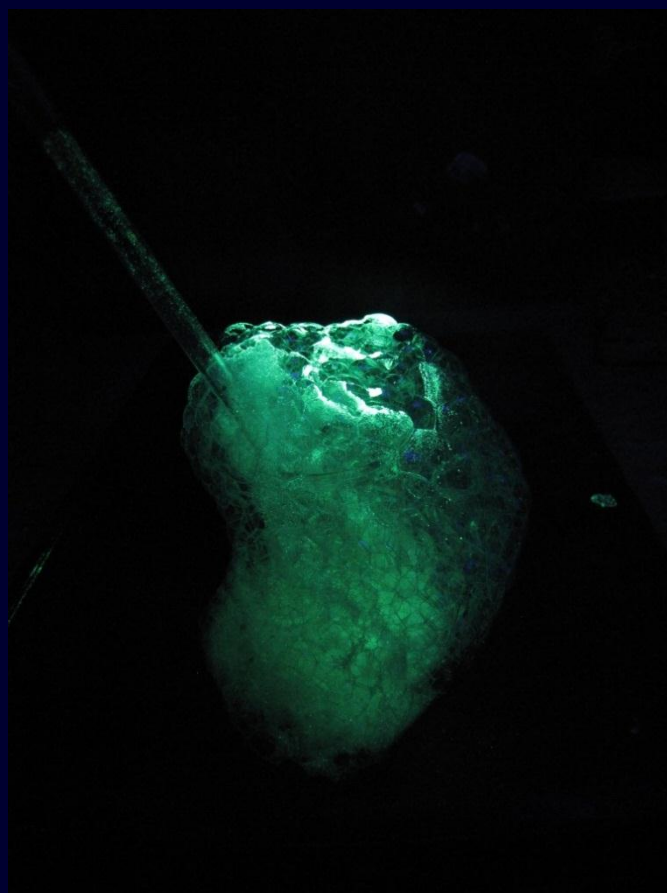


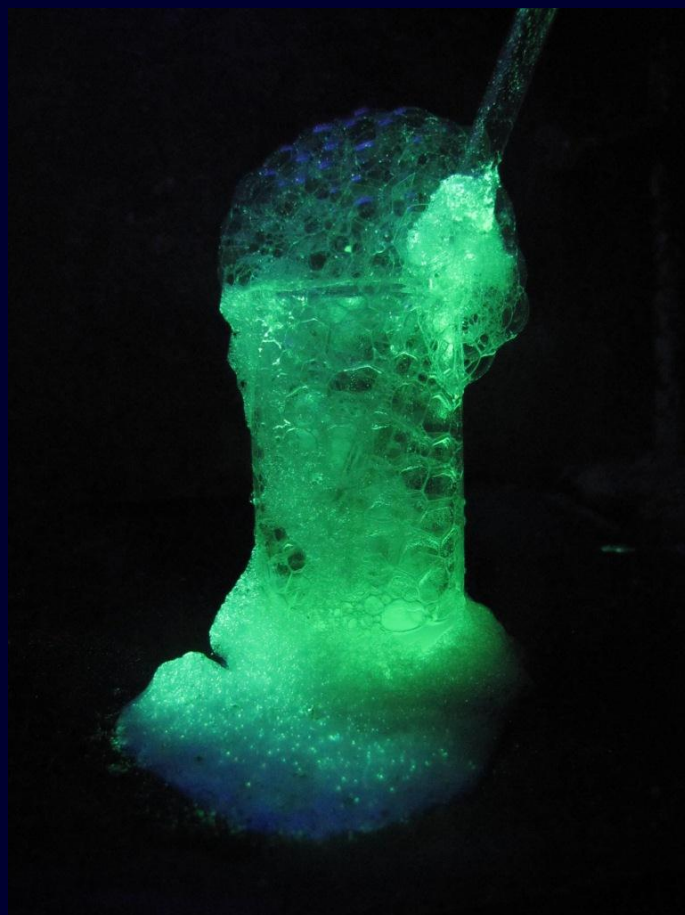


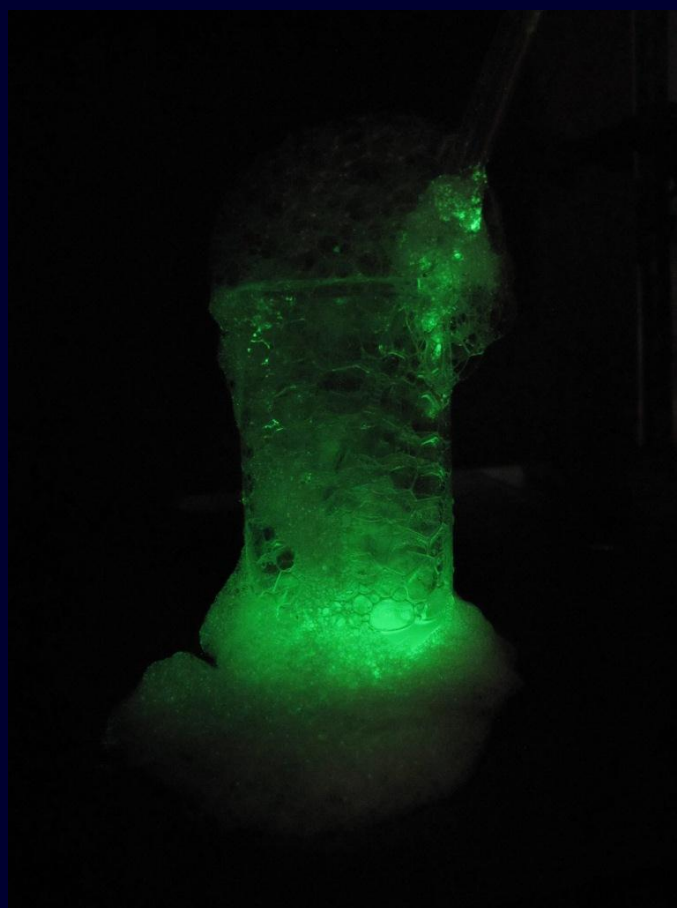
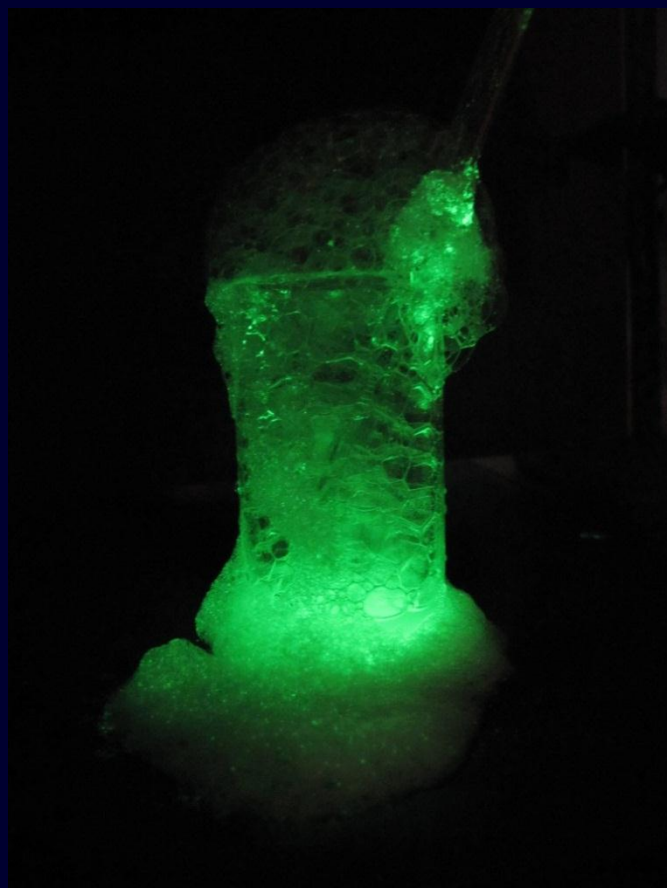


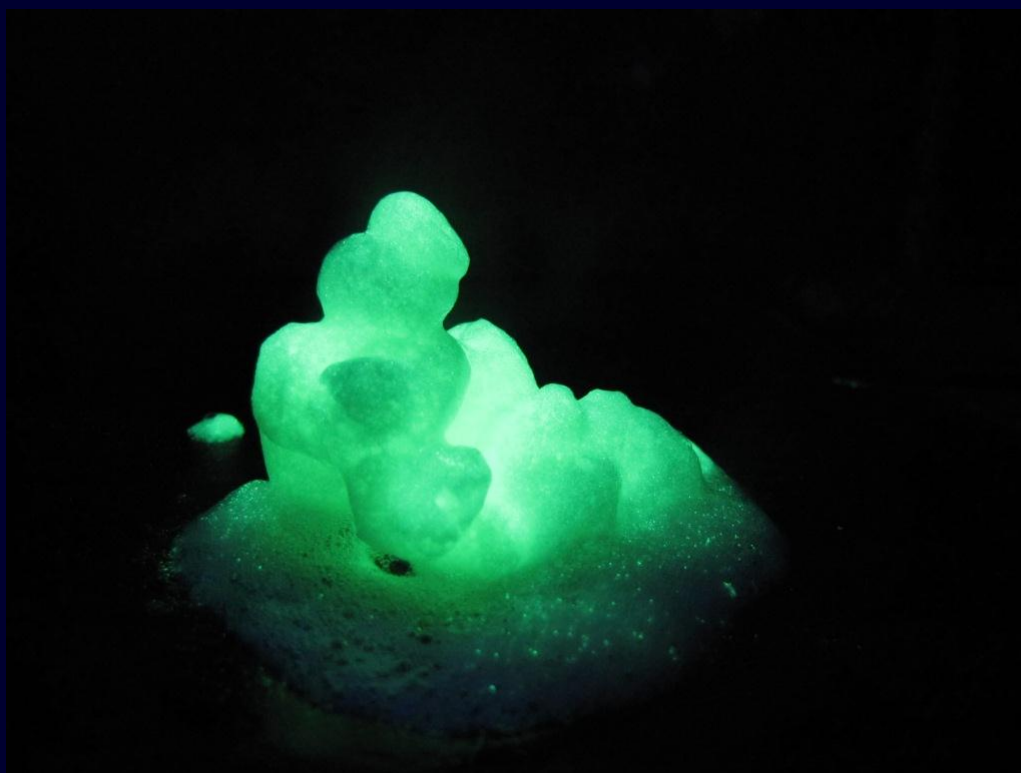








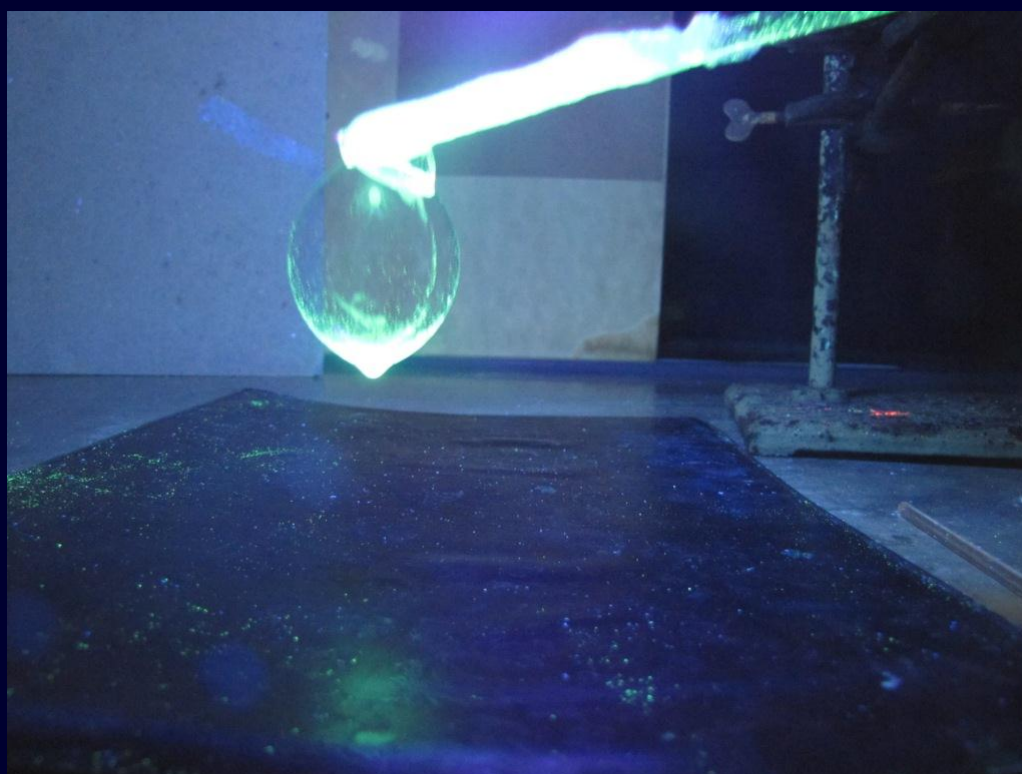
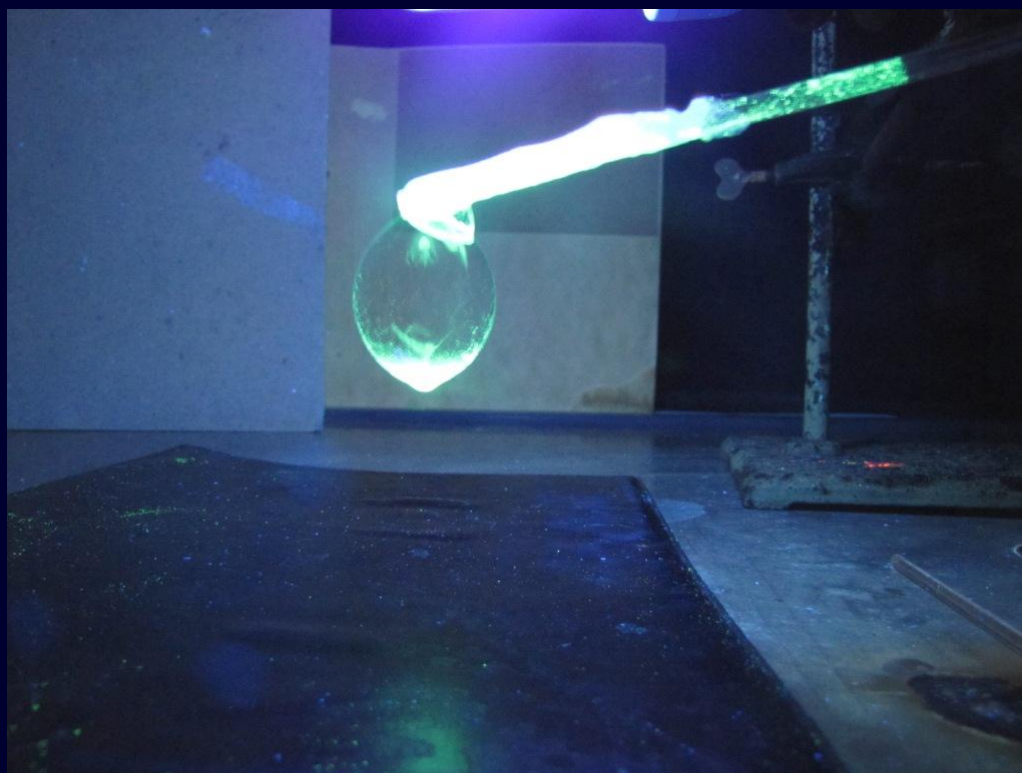


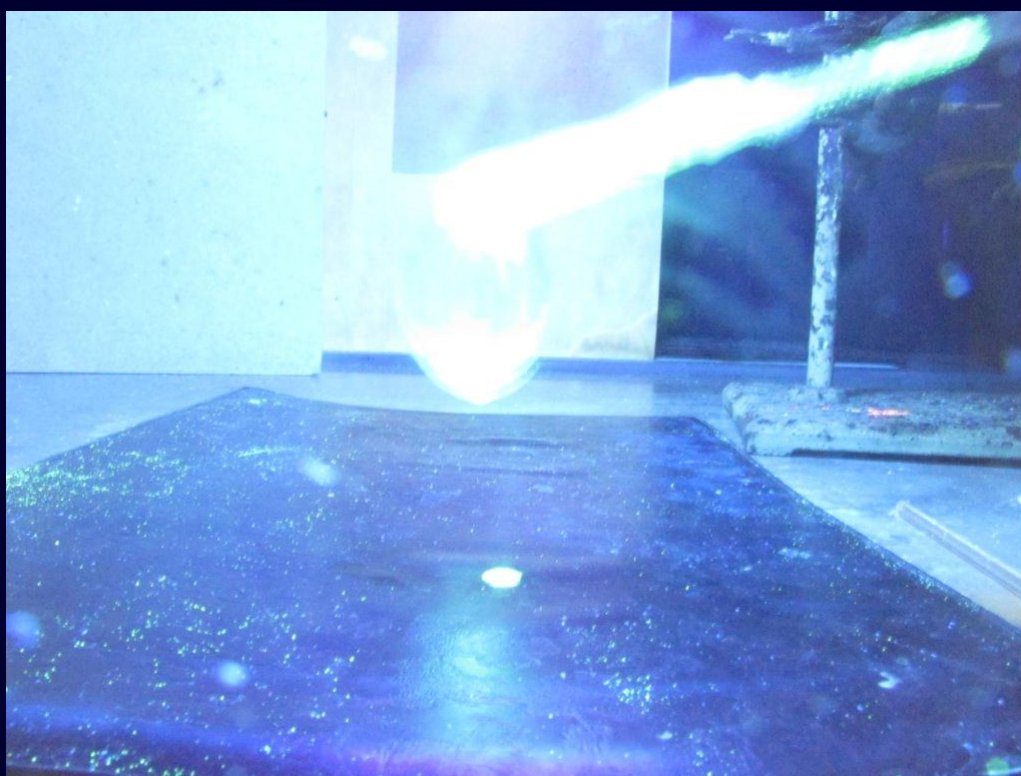
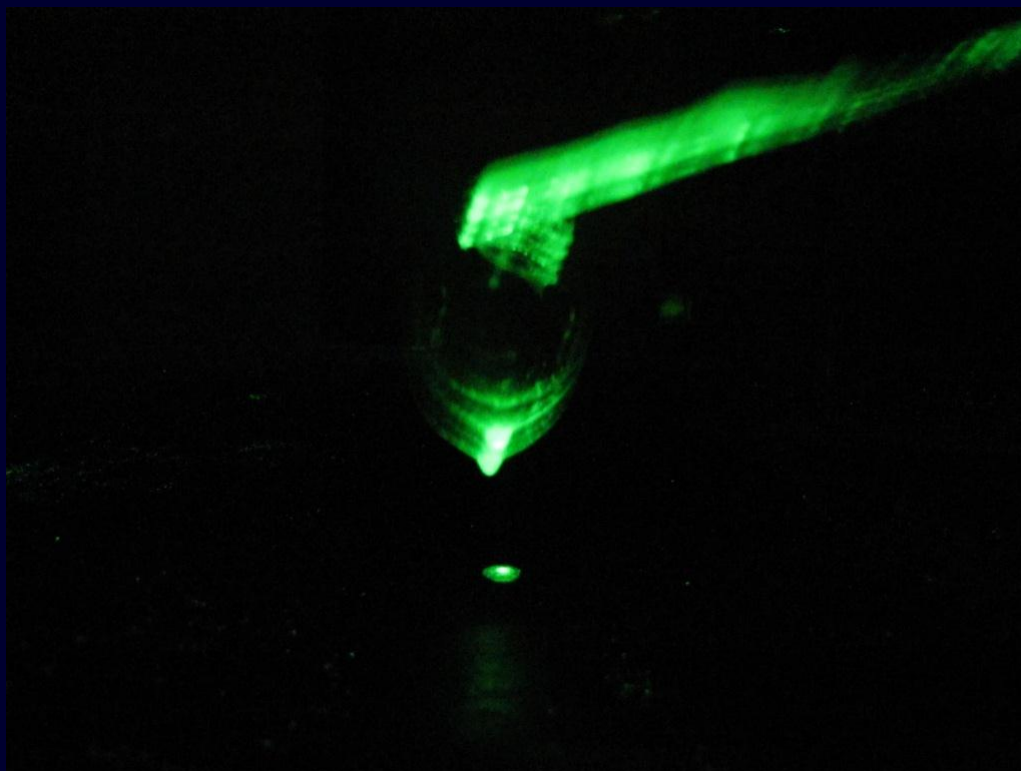


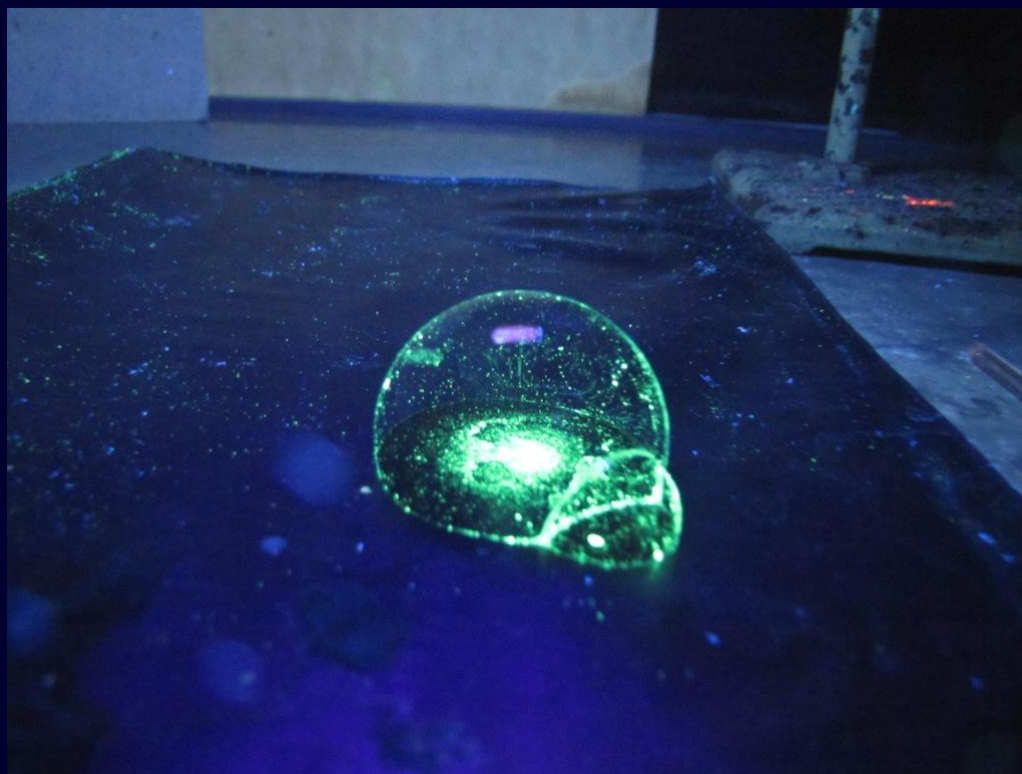










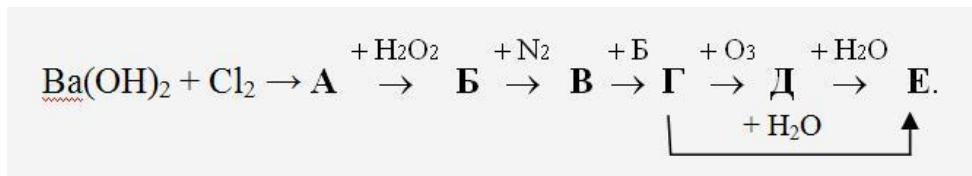


Київський національний університет імені Тараса Шевченка Хімічний факультет Завдання заочного туру олімпіади 2012 року

Предлагаем вашему вниманию задачи заочного тура химической олимпиады, которую проводит киевский университет для абитуриентов. Участники, которые успешнее всего справятся с заданиями, будут приглашены на очный тур (состоится в одну из суббот апреля). Раньше предусматривались небольшие квоты на зачисление в университет для победителей очного тура олимпиады. Теперь, к сожалению, эти квоты отменили, но будем надеяться, что победители получат неофициальную поддержку при поступлении.

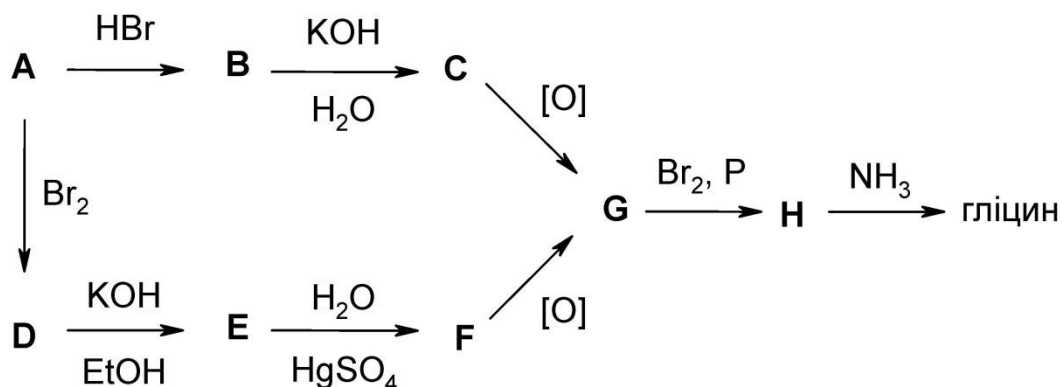
1. При взаємодії деякої кількості металу Х із 20%-ним розчином сульфатної кислоти об'ємом 214,91 мл (густина розчину 1,14 г/мл) утворився 22,53%-ний розчин сульфату. Метал і сульфатну кислоту було взято в стехіометричному співвідношенні. Така сама кількість металу повністю вступила в реакцію з розчином натрій гідроксиду масою 80 г. Визначте метал Х і обчисліть масову частку продукту другої реакції в розчині, який утворився.
2. У вашому розпорядженні є гашене вапно, натрій ортофосфат, кальцинована сода, харчова сода, натрій сульфат, а також концентрований водний розчин амоніаку. Якими з названих речовин і реактивів можна усунути тимчасову твердість води, загальну твердість води, а якими це зробити не можна? Кожну відповідь обґрунтуйте; наведіть необхідні хімічні рівняння.
3. Наважку невідомого мінералу масою 4,42 г прожарили. При цьому його маса зменшилася на 28,05% і виділилося 0,448 л газу (н. у.) із відносною густиною за повітрям приблизно 1,52. При розчиненні такої самої наважки мінералу в сульфатній кислоті виділився такий самий об'єм газу. До утвореного блакитного розчину, що містив тільки один вид катіонів і аніонів, додали надлишок розчину натрій сульфіді. Осад, що утворився, відфільтрували і висушили. Його маса склала 3,82 г. Визначте формулу мінералу.

4. Розшифруйте речовини, позначені літерами у схемі перетворень:



Напишіть відповідні хімічні рівняння, вказавши умови, за яких відбувається кожна реакція.

5. Розшифруйте речовини, позначені літерами в схемі перетворень:



Напишіть відповідні хімічні рівняння і запропонуйте можливі окисники для добування **Г**.

6. Сульфід двовалентного металічного елемента **X** масою 22 г обробили надлишком хлоридної кислоти. Газ, який виділився, пропустили в розчин натрій гідроксиду об'ємом 50 мл з концентрацією лугу 7,5 моль/л. Внаслідок цього утворилися дві солі, причому в однакових кількостях речовини. Визначте відносну атомну масу елемента **X**.

7. Нагріванням суміші магній нітрату, кальцій карбонату і калій нітрату до завершення хімічних реакцій добуто твердий залишок, у якому маса оксидів становила 19,2 г, і суміш газів об'ємом 17,92 л (н. у.) із об'ємною часткою вуглекислого газу 25%. Обчисліть масу вихідної суміші солей.

8. Суміш однакових мас гідриду і фосфіду лужного елемента обробили водою. При цьому утворилася суміш газів із відносною густиною за азотом 0,2926. Визначте лужний елемент, сполуки якого взяли для дослідів.

9. Напишіть по два приклади рівнянь реакцій: а) між сіллю і металом; б) між сіллю і неметалом; в) між сіллю і оксидом; г) між сіллю і водою. Зважте на те, що продуктами цих

реакції мають бути лише солі.

10. При спалюванні 6,16 г органічної речовини X, до складу молекул якої входять атоми Карбону, Гідрогену і елемента Z, утворилося 6,27 л (н. у.) вуглекислого газу та 7,56 мл води.

" Виведіть формулу речовини X, якщо молекула X містить один атом Z.

" Обчисліть масу кисню, яка вступила в реакцію з X.

" Для чого використовують речовину X?



О редких и рассеянных. Рассказы о металлах

С.И. Венецкий

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТРИУМФ ВЕЛИКОГО ЗАКОНА (ГАЛЛИЙ) [Перейти](#) Галлий (фотографии) [смотреть](#)
2. "ЗЛОЙ ДЖИН" (РУБИДИЙ) [Перейти](#) Рубидий (фотографии) [смотреть](#)
3. ТАЙНА БЕНГАЛЬСКИХ ЖРЕЦОВ (СТРОНЦИЙ) [Перейти](#) Стронций (фотографии) [смотреть](#)
4. НАХОДКА В ЗАБРОШЕННОМ КАРЬЕРЕ (ИТТРИЙ) [Перейти](#) Иттрий (фотографии) [смотреть](#)
5. ВОЗРОЖДЕННЫЙ "ДИНОЗАВР" (ТЕХНЕЦИЙ) [Перейти](#) Технеций (фотографии) [смотреть](#)
6. ШУТКА АНГЛИЙСКОГО УЧЕНОГО (ПАЛЛАДИЙ) [Перейти](#) Палладий (фотографии) [смотреть](#)
7. ПО ИМЕНИ ФИНИКИЙЦА КАДМА (КАДМИЙ) [Перейти](#) Кадмий (фотографии) [смотреть](#)
8. ТЕЗКА СТРАНЫ ЧУДЕС (ИНДИЙ) [Перейти](#) Индий (фотографии) [смотреть](#)
9. СЛУЧАЙ В ШТАЛЬГАУЗЕНСКОМ МОНАСТЫРЕ (СУРЬМА) [Перейти](#) Сурьма (фотографии) [смотреть](#)
10. ДВЕ ГОЛУБЫЕ НЕЗНАКОМКИ (ЦЕЗИЙ) [Перейти](#) Цезий (фотографии) [смотреть](#)
11. УДАЧА САПОЖНИКА ИЗ БОЛОНЬИ (БАРИЙ) [Перейти](#) Барий (фотографии) [смотреть](#)
12. "ЖИЛ ЭЛЕМЕНТ РАССЕЯННЫЙ"... (ГАФНИЙ) [Перейти](#) Гафний (фотографии) [смотреть](#)
13. СЕКРЕТ СТАРЫХ ОТВАЛОВ (РЕНИЙ) [Перейти](#) Рений (фотографии) [смотреть](#)
14. "ОБИДА" БЛАГОРОДНОГО МЕТАЛЛА (ОСМИЙ) [Перейти](#) Осмий (фотографии) [смотреть](#)
15. ВСЕ ЦВЕТА РАДУГИ (ИРИДИЙ) [Перейти](#) Иридий (фотографии) [смотреть](#)
16. "МОЛОДАЯ ЗЕЛЕНАЯ ВЕТВЬ" (ТАЛЛИЙ) [Перейти](#) Таллий (фотографии) [смотреть](#)
17. "КОМАНДИРОВКА" В КОСМОС (ВИСМУТ) [Перейти](#) Висмут (фотографии) [смотреть](#)
18. РЕДЧАЙШИЙ ИЗ РЕДКИХ (ФРАНЦИЙ) [Перейти](#) Франций (фотографии) [смотреть](#)
19. "В ГРАММ ДОБЫЧА, В ГОД ТРУДЫ" (РАДИЙ) [Перейти](#) Радий (фотографии) [смотреть](#)

В научно-популярной форме автор рассказывает об истории открытия, свойствах и применении важнейших редких (в том числе и рассеянных) металлов.

Книга предназначена для самого широкого круга читателей: студентов, преподавателей, учащихся, специалистов - всех интересующихся историей и развитием металлургии, химии, материаловедения.

ВЫ ПРОЧТЕТЕ:

- о кладах, рождающихся в наши дни, и о черной записной книжке - свидетельнице великого научного подвига;
- об обещанной Наполеоном огромной премии, которую никто так и не получил, и о том, как старые отвалы пустой породы оказались поистине бесценными;
- о странном газетном объявлении, сыгравшем роковую роль в судьбе английского химика, и о тайне красных огней, тщательно скрываемой бенгальскими жрецами;
- об элементе, исчезнувшем на нашей планете подобно динозаврам, и неизвестных пока сплавах, предсказанных ЭВМ;
- о пропаже, которую вряд ли отыскал бы Шерлок Холмс, и о диагнозе, поставленном Агатой Кристи;
- о том, как удалось определить возраст древних горных пород, и о маленькой шведской деревушке, которой могут позавидовать крупные государства;
- о металлах и сплавах, "командированных" в космос для проведения важных экспериментов, и об "усах", вошедших в моду;
- о строгой ревизии, благодаря которой был открыт новый химический элемент, и о металлическом облаке над Колумбией;
- о большой "обиде", нанесенной благородному металлу его "крестным отцом", и красивых "визитных карточках" элементов;
- о помощи, которую оказывают некоторые металлы криминалистам, и о многом-многом другом.

ОБ ЭТОЙ КНИГЕ

Мы живем в удивительное время: на наших глазах человек проложил первые дороги в космос, овладел энергией атомного ядра, создал «мыслящие» машины, проник в тайны живой клетки.

Новые области науки и техники необычайно интересны. Но есть такая сфера человеческой деятельности, которая хоть и стара, как мир, однако ничуть не менее интересна, чем космонавтика или ядерная физика, кибернетика или микробиология. Я имею в виду металлургию – производство и обработку металлов, получение разнообразных сплавов.

Когда-то, на заре цивилизации, люди были знакомы лишь с несколькими металлами. Проходили столетия, становились известными все новые и новые элементы. Постепенно расширялся и круг металлов, используемых человеком. Одним металлам удалось довольно быстро завоевать признание ученых и инженеров, другие – долгие годы не находили применения. Это «безделье» объяснялось вполне уважительными причинами. Во-первых, содержание многих металлов в земной коре весьма мало и добыть их чрезвычайно трудно; некоторые из них вообще не имеют собственных минералов и встречаются в природе только в виде примесей к другим металлам (такие «распыленные» по свету элементы относятся к группе рассеянных). Во-вторых, наука до поры до времени располагала скудной информацией о большинстве металлов. А поскольку они были редкими гостями в промышленном мире, за ними и закрепилось название редких.

XX век ознаменовался бурным развитием техники. Приборостроению и химической промышленности, авиации и ракетостроению, электронике и ядерной энергетике потребовались совершенно новые материалы с уникальными свойствами. Взоры ученых обратились к редким металлам. Тщательное изучение этих «отшельников» показало, что многие из них обладают недюжинными способностями. Тогда-то и началось наступление редких металлов «по всему фронту».

Сейчас уже, пожалуй, нет такой области новой техники, где бы в той или иной степени не применялись редкие металлы, их сплавы или разнообразные соединения. Так, из сплавов рения изготавливают торсионы – тончайшие и вместе с тем необычайно прочные металлические нити, необходимые для сверхточных навигационных приборов. Галлий используют для создания так называемых жидких затворов в вакуумных аппаратах, для изготовления высокотемпературных термометров и манометров. «Главное действующее лицо» фотоэлементов дефектоскопов и других приборов – цезий. Гафний известен как материал для регулирующих стержней ядерных реакторов: перспективно применение этого металла в производстве жаропрочных сплавов для авиации и ракетной техники. Тонкий слой индия, нанесенный на подшипники, предохраняет их от эрозии и тем самым в несколько раз увеличивает срок службы. Таких примеров можно привести множество.

Некоторым редким металлам (в том числе и тем из них, которые относятся к рассеянным элементам) посвящена эта книга. Ее можно рассматривать как продолжение книги С.И. Венецкого «Рассказы о металлах» (3-е издание выпущено издательством «Металлургия» в 1978 г.).

Так же, как в своей предыдущей книге, автор не стремится сообщить читателю сколько-нибудь систематические сведения о каждом из описываемых химических элементов. Биографии редких металлов содержат немало любопытных фактов, занимательных историй, курьезных событий. Познакомить читателя с ними, рассказать о трудных путях, которыми шли ученые к важным открытиям, поведать о тех нехоженых тропах, каких еще много в удивительном мире металлов, – цель данной книги.

Книга густо «заселена» реальными и вымышленными персонажами. На ее страницах, наряду с видными учеными разных стран, упоминаются Наполеон и Агата Кристи, Карел Чапек и Шерлок Холмс, старик Хоттабыч и Акакий Акакиевич. Но занимательные сюжеты – это только фон, на котором автор знакомит читателя с достижениями металлургии, физики, химии, с успехами техники и технологии производства металлов, с новыми процессами, материалами, приборами. Совсем недавно на борту научной орбитальной станции «Салют-6» проводилась серия экспериментов по космическому материаловедению, но и они уже отражены на страницах книги.

Не один крупный ученый или инженер делал свои первые шаги к вершинам науки и техники под впечатлением интересных научно-популярных книг. Убежден, что и книга «О редких и рассеянных» поможет многим юношам и девушкам найти ответ на едва ли не самый главный для них вопрос: «Кем быть?».

Академик, лауреат Ленинской и Государственных премий, Герой Социалистического Труда

А.Ф. БЕЛОВ

Рецензент проф. докт. техн. наук В.М. Розенберг
Оформление и рисунки художника А.В. КОЛЛИ
Редактор издательства М.Р. ЛАНОВСКАЯ
Художественный редактор А.И. ГОФШТЕЙН
Технический редактор В.А. ЛЫКОВА
Корректоры Ф.В. ЦАЛКИНА, Л.М. ЗИНЧЕНКО
©Издательство "Металлургия", 1980
Отсканировал и вычитал Владимир Афанасьев
Веб-верстка и вычитка Руслан Краснонис

О редких и рассеянных. Рассказы о металлах

С.И. Венецкий

ТРИУМФ ВЕЛИКОГО ЗАКОНА (ГАЛЛИЙ)



Не торопитесь с выводами! – Первая ласточка. – Ирония судьбы. – Фиолетовая незнакомка. – Франция или петух? – Спор ученых. – Разные судьбы. – «Дискриминации» не место. – Бедный родственник. – Богатства хранятся в... отходах. – Галлий на ладони. – Пожар не состоится. – Лампы становятся лучше. – Большой оригинал. – Вне всякой конкуренции. – «Не по-товарищески». – Незаурядные способности. – «Не лыком шиты». – По законам невесомости. – Почему светит Солнце?

Когда в марте 1869 года Д.И. Менделеев поведал миру о том, что им открыт периодический закон, которому неукоснительно подчиняются все химические элементы, кое-кто из ученых встретил это сообщение в штыки. Даже признанный корифей науки, каким по праву считался один из создателей спектрального анализа немецкий химик Роберт Бунзен, поспешил язвительно заметить: «Такого рода обобщений можно составить сколько угодно из цифровых данных, помещенных в биржевом листке».

Впоследствии Бунзен не раз, видимо, жалел о своем скором суждении, но в то время Менделееву еще предстояло доказать свою правоту, и ученый с триумфом сумел это сделать. Величие периодического закона заключалось в том, что он не только обобщал уже известные науке сведения о химических элементах и устанавливал для них строгий порядок, но и служил своеобразным компасом для многотысячной армии экспериментаторов, пытавшихся отыскать в безбрежном море химии неизвестные острова – новые элементы, новые кирпичи мироздания. Гений Менделеева сумел предвидеть открытие более чем десятка элементов.

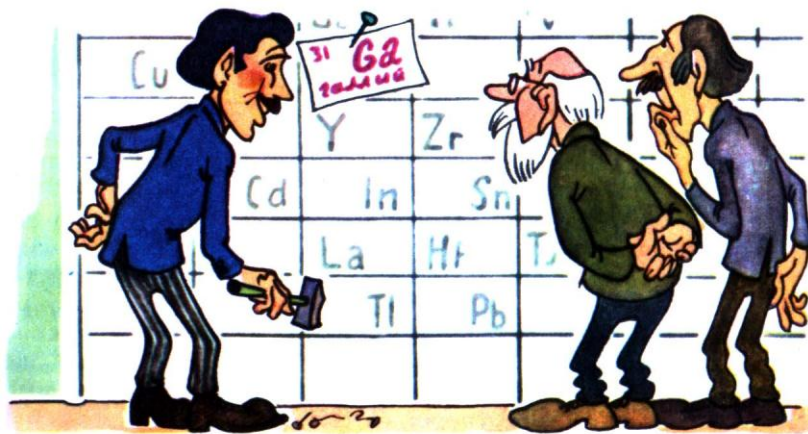
Первой ласточкой, принесшей весть о правоте великого химика, суждено было стать галлию.

В конце 1870 года, выступая на заседании Русского физико-химического общества, Д.И. Менделеев сказал, в частности, что в пятом ряду третьей группы должен находиться пока еще не открытый, но безусловно существующий в природе элемент. При этом Менделеев очень подробно описал свойства «эка-алюминия» (так ученый условно назвал этот элемент, поскольку в таблице ему отводилось место под алюминием) и даже высказал уверенность, «что он будет открыт спектральным исследованием». (Ирония судьбы: мог ли Бунзен предположить, что разработанный им спектральный анализ сыграет с ним горькую шутку – неопровержимо докажет ошибочность его скоропалительной оценки периодического закона?)

Ждать пришлось сравнительно недолго. В 1875 году французский химик Поль Эмиль Лекок де Буабодран, исследуя спектроскопическим путем цинковую обманку – хорошо известный минерал, привезенный из местечка Пьерфитт в Пиренеях, обнаружил фиолетовую незнакомку – новую спектральную линию, свидетельствующую о том, что в минерале присутствует неизвестный химический элемент.

Но увидеть новую линию – это лишь полдела, теперь предстояло выделить из минерала виновника ее появления в спектре. Задача была не из легких, так как содержание искомого элемента в цинковой обманке оказалось крайне незначительным. Все же химику сопутствовал успех: после многочисленных опытов ему удалось получить крупицу нового металла – всего 0,1 грамма.

Итак, трудности позади, а на повестке дня стоял уже следующий вопрос: пользуясь почетным правом первооткрывателя, Лекок де Буабодран должен был дать «новорожденному» имя. В честь своей родины ученый решил назвать его «галлием» (Галлия – латинское название Франции). Правда, злые языки вскоре стали поговаривать, что в этом слове химик хитро зашифровал намек на свою фамилию: ведь «галлус» – по-латыни «петух», по-французски же петух – «ле кок», ну, а отсюда до Лекока де Буабодрана, как говорится, рукой подать.



Вскоре сообщение об открытии галлия было опубликовано в докладе французской Академии наук. Когда Д.И. Менделеев ознакомился с ним, он сразу понял, что речь идет о том самом эка-алюминии, которому уже было уготовано место в его таблице элементов. В письме, адресованном французской Академии наук, Менделеев сообщал: «...способ открытия и выделения, а также немногие описанные свойства заставляют предполагать, что металл – не что иное, как эка-алюминий».

В самом деле, свойства теоретического эка-алюминия и реального галлия удивительно совпадали. Расхождение оказалось лишь в плотности: по мнению Менделеева, она должна была составлять около 6 г/см^3 , а Лекок де Буабодран указывал другое значение – 4,7. Так кто же прав? Тот, кто никогда даже не видел этот металл, или тот, кто не только держал его в руках, но и проводил с ним различные исследования? Не впервые в истории науки теория сталкивалась с практикой, мысль спорила с экспериментом.

Чтобы доказать точность своих первоначальных данных, Лекок де Буабодран снова выделил крупцы галлия, тщательно очистил их и подверг скрупулезному исследованию. И что же выяснилось? Плотность галлия действительно была близка к 6. Французский химик публично признал правоту своего русского коллеги. «Не нужно, я думаю, указывать на исключительное значение, которое имеет плотность нового элемента для подтверждения теоретических выводов Менделеева», – писал тогда первооткрыватель галлия.

Судьбы многих металлов довольно сходны. Но ведь и среди сотни знакомых вы не найдете двух людей, чьи жизненные пути полностью бы совпадали, не правда ли? То же самое можно сказать и о металлах. Даже у таких близнецов, как, например, цирконий и гафний или тантал и ниобий, биографии оказались совершенно разными. Однако начальная пора в жизни большинства металлов протекала одинаково скучно: они терпеливо ждали того часа, когда для них найдется, наконец, хоть какая-нибудь работа. Некоторым элементам повезло, и спустя несколько лет после открытия они уже вели бурную деятельность; для других период ожидания затянулся надолго. Одним из неудачников оказался галлий.

Прошло более полувека после того, как Лекок де Буабодран известил коллег, что обнаружил новый металл, но промышленный мир не обращал на него ни малейшего внимания. В 1929 году вышел 14-й том

Большой Советской Энциклопедии (1-е издание), в котором «использованию» галлия отведено всего четыре слова: «В технике не применяется». И точка.

Чем же объяснялась такая дискриминация? Неужели металл, сыгравший столь блистательную роль в утверждении периодического закона, оказался больше ни на что не пригодным? Неужели его миссия заключается только в том, чтобы бесполезно заполнять 31-ю клетку таблицы элементов? Неужели он не обладает ни одним свойством, способным заинтересовать конструкторов, изобретателей, ученых".

Нет, дело тут не в свойствах галлия, которые, кстати сказать, весьма любопытны и оригинальны (вы в этом вскоре убедитесь). Так, может быть, в природе слишком мало этого элемента и отсюда все его беды? Но и на природу жаловаться грех: галлия в земной коре содержится в десятки раз больше, чем, например, тантала или вольфрама, в сотни раз больше, чем ртути или серебра.

Все дело в том, что, подобно некоторым другим так называемым рассеянными элементами, галлий «не позаботился» о создании собственных месторождений. Более того, он практически не имеет «персональных» минералов. Лишь сравнительно недавно в юго-восточной части Африки был обнаружен первый галлиевый минерал, который и получил название галлит. В нем содержится почти 37% галлия. Обычно же этот элемент в едва заметных количествах (сотые доли процента) пристраивается как бедный родственник главным образом к алюминию, реже – к железу, цинку, меди и другим металлам. Как выяснилось, сравнительно богата галлием зола каменных углей. Английские ученые подсчитали, что каждая тонна угля, добытого на Британских островах, содержит в среднем 5 граммов галлия. Всего-то? Но даже такая, казалось бы, ничтожная концентрация этого элемента считается вполне достаточной для его промышленного извлечения. (Все в мире относительно: железную руду, на тонну которой приходится 300-400 килограммов железа, принято называть бедной.) Зато и масштабы производства галлия, прямо скажем, невелики. Первые 50 килограммов этого металла получили в Германии в 1932 году. Спустя примерно четверть века производство галлия возросло лишь до 350 килограммов. И хотя сегодня счет идет на тонны, даже такой редчайший металл, как рений, которого в земной коре содержится в десятки тысяч раз меньше, чем галлия, по объему производства оставил его далеко позади.

Главным источником получения галлия служат... отходы алюминиевого производства. Но не торопитесь делать вывод, что галлий – дешевый металл. Хотя на сырье и не приходится тратиться, сам процесс извлечения галлия настолько сложен (чего стоит, например, хотя бы отделение его от алюминия!), что он оказывается одним из самых дорогих металлов на мировом рынке. В середине 50-х годов 1 килограмм галлия стоил 3000 долларов – почти в три раза дороже золота! Подумать только: небольшой слиточек металла, вполне умещающийся на ладони, – и такая солидная сумма!..

Впрочем, как раз на ладони-то мы бы не советовали держать галлий, и вовсе не потому, что ладонь – не очень надежное хранилище для ценнейшего металла. Есть другая причина: тепла человеческого тела достаточно, чтобы этот серебристый мягкий (его можно резать ножом) металл превратился в жидкость. Температура плавления его необычайно низка – всего 29,8°C. В этом отношении он уступает только игривой ртути, которую способен утихомирить лишь сорокаградусный мороз, и чуть-чуть – цезию, плавящемуся при 28,5°C. Галлий не стоит брать в руки еще и потому, что он довольно токсичен (токсичнее ртути) – и общение с ним может привести к не очень приятным последствиям.





Благодаря низкой температуре плавления галлий – основной компонент многих легкоплавких сплавов. Создан, например, сплав галлия (67%) с индием (20,5%) и оловом (12,5%), который даже при комнатной температуре не может остаться твердым: он плавится при 10,6°C. Такие сплавы широко используют в технике, в частности в устройствах пожарной сигнализации. Стоит воздуху в помещении слегка нагреться, как столбик галлиевого сплава, вмонтированный в реле, начинает таять – жидкий металл замыкает электрические контакты и звуковой или световой сигнал возвещает об опасности. Такой прибор надежнее любого вахтера.

Легкоплавкие галлиевые сплавы (как и сам галлий) обладают еще и способностью хорошо смачивать твердые материалы, благодаря чему их успешно применяют вместо ртути для создания жидких затворов в вакуумной аппаратуре. Галлиевые затворы надежнее сохраняют вакуум, чем ртутные.

Сплавы галлия с индием и оловом служат в качестве смазок и прокладок при соединении деталей из кварца, стекла и керамики, для склеивания этих материалов под давлением. Галлийиндиевый сплав, нанесенный на поверхность подшипников, заметно продлевает срок их службы. Мы уже говорили, что галлий весьма токсичен, однако в компании с никелем и кобальтом он не проявляет свой ядовитый характер; из сплава этих элементов зубные врачи изготавливают пломбы высокого качества.

В медицине широко применяют лампы ультрафиолетового излучения, катоды которых раньше обычно делали из ртути. Сплав алюминия с галлием лучше ртути справляется с этой работой: излучаемый лампами свет богаче целебными лучами.

Большинство металлов плавится и застывает при одной и той же температуре. Уникальное свойство галлия – его «умение» длительное время (многие месяцы!) не затвердевать в переохлажденном состоянии. Так, если капельку его вылить на лед, галлий еще долго будет оставаться в расплавленном виде. Зато, когда он все же затвердеет, объем металла заметно возрастет, поэтому нельзя заполнять жидким галлием металлические или керамические сосуды – они разорвутся при затвердевании металла. Обычно его хранят либо в небольших желатиновых капсулах, либо в резиновых баллончиках. Эту характерную черту галлия (все прочие металлы, кроме сурьмы и висмута, как известно, при переходе из жидкого состояния в твердое «худеют») предложено использовать в установках для получения сверхвысоких давлений.



Главное же достоинство галлия в том, что он остается жидким в огромном интервале температур, значительно большем, чем у любого другого легкоплавкого металла. Расплавленный галлий начинает

кипеть лишь после того, как температура достигнет 2230°C. Именно эта поистине удивительная способность галлия предопределила его важнейшее амплуа в технике – изготовление высокотемпературных термометров и манометров. Галлиевые термометры позволяют измерять такую высокую температуру (более 1000°C), при которой ртутным термометрам, как говорится, нечего делать: ведь ртуть закипает уже при 357°C.

Легкоплавкость в сочетании с широким интервалом существования расплава делают галлий потенциальным теплоносителем для атомных реакторов. Однако жидкий галлий ведет себя явно не товарищески по отношению к тем конструкционным материалам, которые могли бы окружать его в реакторе: при повышенных температурах он растворяет и тем самым разрушает большинство металлов и сплавов. Агрессивность мешает галлию занять ответственный пост теплоносителя (в этой роли сейчас обычно выступают натрий и калий). Но, возможно, ученым удастся найти на него управу: так, уже установлено, что тантал и вольфрам легко переносят контакт с галлием даже при 1000°C. Любопытно, что небольшие (до 5%) добавки «едкого» галлия к магнию повышают его антикоррозионные свойства, а заодно и прочность.

Интересна еще одна особенность галлия: величина электрического сопротивления его кристаллов сильно зависит от того, вдоль какой их оси (т.е. в продольном или поперечном направлении) проходит ток; отношение максимума сопротивления к минимуму равно 7 – больше, чем у любого другого металла. То же самое можно сказать и о коэффициенте теплового расширения, который изменяется в зависимости от направления тока почти втрое.

Незаурядные способности галлия хорошо отражать световые лучи позволили ему не без успеха попробовать свои силы в производстве зеркал, причем галлиевые зеркала не тускнеют даже при повышенных температурах. Окись этого металла необходима для получения специальных стекол, обладающих большим коэффициентом преломления, хорошо пропускающих инфракрасные лучи.

Сверхчистый галлий (не менее 99,999%) применяют как легирующую присадку к германию и кремнию для повышения их полупроводниковых свойств. А не так давно галлий доказал, что он и сам в этом отношении «не лыком шит»: у некоторых его соединений – с сурьмой, фосфором и особенно с мышьяком – обнаружались явные полупроводниковые наклонности.

Особенно ярко они проявились при создании так называемых гетеропереходов, обеспечивающих высокие рабочие характеристики полупроводниковых приборов. Гетеропереход – это содружество двух различных по химическому составу полупроводников, которые сращены в монокристалле. Теоретически ученые уже давно сумели доказать, что такое совместное «проживание под одной крышей» сулит полупроводниковой технике интересные перспективы. Однако подобрать подходящую пару оказалось архитрудной задачей. Исследователи перепробовали десятки различных сочетаний, но все они были далеки от идеала, а часто вещества откровенно демонстрировали свою несовместимость. Ученым пришла в голову мысль испытать в качестве партнеров арсенид галлия и арсенид алюминия: их кристаллические решетки похожи, как две капли воды, а это не могло не обнадеживать. Но неожиданно на пути вырос новый барьер – арсенид алюминия был настолько неустойчив, что во влажной атмосфере разлагался буквально на глазах.

Неужели снова неудача? Спас положение галлий. Атомы его, введенные в арсенид алюминия, придавали тому нужную устойчивость. Проблема была решена – техника обогатилась множеством новых совершенных приборов. Коллективу ученых, создавших чудо-кристаллы, в 1972 году была присуждена Ленинская премия.

Сфера деятельности химических соединений галлия постоянно расширяется. Их можно встретить

сегодня, в вычислительных устройствах и радарных установках, термоэлементах для солнечных батарей и полупроводниковых приборах ракетной техники. Они участвуют в изготовлении лазеров, создании люминесцентных (светящихся) веществ, оказывают сильное каталитическое воздействие на многие важные процессы органической химии.

Еще недавно «гиперболоид инженера Гарина» (а точнее, писателя Алексея Толстого) казался несбыточной фантазией, а сегодня современные «гиперболоиды» – лазеры – прочно вошли в жизнь. Одним из первых лазерных материалов стал арсенид галлия. По зарубежным данным, лазеры на арсениде галлия – простые, эффективные, компактные – предполагалось использовать в космической технике, в частности для связи между космонавтом, вышедшим в открытое пространство, и космическим кораблем или между двумя станциями, находящимися на околоземных орбитах. Намечалось также применить такой лазер для ориентации корабля при посадке на Луну.

Космическая невесомость создает неповторимые условия для проведения различных технологических операций. Интересные опыты по выращиванию полупроводникового кристалла арсенида галлия проведены на американской космической станции «Скайлэб». Если в земных условиях не удастся вырастить кристаллы этого вещества размером более 2-3 миллиметров, то в невесомости получен отличный кристалл-великан длиной около 25 миллиметров. Подобные эксперименты в космосе успешно прошли и на борту советской научно-исследовательской станции «Салют-6». Кроме того, наши космонавты провели на установке «Сплав» опыты по получению слитка, состоящего из молибдена и галлия. Дело в том, что молибден почти вдвое тяжелее галлия и в обычных условиях эти металлы не могут равномерно перемешиваться: при застывании слитка верхние его слои оказываются богатыми галлием, а нижние – молибденом. В космосе же царит невесомость, и перед ее законами молибден и галлий равны, поэтому слиток получается равномерным по составу.

Вполне вероятно, что именно галлий поможет ученым ответить на вопрос, почему... светит Солнце. Да-да, не удивляйтесь: ведь до сих пор наука располагает лишь гипотезами о природе колоссальной энергии, миллиарды лет непрерывно излучаемой Солнцем. Одна из самых распространенных и авторитетных гипотез утверждает, что в недрах небесного светила постоянно идут процессы термоядерного синтеза. Но как это доказать?

Самыми убедительными, хотя и косвенными уликами могли бы стать нейтрино – частицы, которые образуются при термоядерных реакциях. Но вот беда: приобщить к делу эти улики необычайно трудно. Даже сам Вольфганг Паули – швейцарский физик, еще в 1933 году теоретически предсказавший существование нейтрино, полагал, что никто не сможет экспериментально подтвердить наличие этих частиц, так как они не имеют ни массы, ни электрического заряда. В то же время нейтрино обладают определенной энергией и огромной проникающей способностью. Высвобождаясь в ядре Солнца, они беспрепятственно проходят через толщу солнечного вещества и колоссальным потоком низвергаются на Землю (как, разумеется, и на другие небесные тела). Ученые считают, что на каждый квадратный сантиметр поверхности нашей планеты ежесекундно обрушивается свыше 60 миллиардов



нейтрино. Однако зарегистрировать их крайне сложно: через любое вещество они проходят, словно сквозь пустоту. И все же физики нашли некоторые материалы, в которых нейтрино оставляют следы. Так, ядро атома хлора с атомной массой 37, поглощая нейтрино, испускает электрон и превращается в атом аргона с той же атомной массой. Эта реакция эффективно протекает лишь с участием нейтрино, обладающих большой энергией. Но доля таких частиц в нейтринном солнечном потоке чрезвычайно мала (менее одной десятичной). Вот почему для экспериментов, связанных с поисками «неуловимых», нужны поистине стерильные условия.

Попытка создать такие условия была предпринята в США. Чтобы по возможности устранить влияние других космических частиц, громадную цистерну с перхлорэтиленом (эту жидкость обычно применяют при химчистке) физики упрятали под землю на глубину около полутора километров, воспользовавшись для этого заброшенным золотым рудником в штате Южная Дакота. Согласно теоретическим расчетам, каждые двое суток в цистерне три атома хлора-37 должны были превращаться в атомы аргона-37, причем считалось, что два таких превращения произойдут «по вине» нейтрино, а третье – под действием других излучений, ухитряющихся проникнуть даже через полуторакилометровую толщу земли. Увы, обнаружить удавалось лишь один из трех атомов аргона-37, а это скорее всего означало, что посланники Солнца тут ни при чем.

Так что же: нейтрино не поступают на Землю и, следовательно, гипотеза о термоядерном происхождении солнечной энергии неверна? Советские физики полагают, что указанные эксперименты еще не дают основания отказываться от сложившихся представлений о Солнце как о гигантском термоядерном реакторе. Видимо, подобные опыты требуют еще большей точности. Кроме того, теория говорит о том, что Солнце посылает на Землю большие потоки нейтрино с относительно низкой энергией, для фиксации которых хлор-аргоновый метод попросту непригоден. Вот тут на помощь и должен прийти герой нашего повествования – галлий. Оказалось, что он может служить отличной мишенью (или, как говорят физики, детектором) для нейтрино с малой энергией: ядра изотопа галлия-71 охотно поглощают эти частицы и превращаются в ядра германия-71. Определив число образовавшихся в мишени атомов германия-71, ученые смогут измерить поток солнечных нейтрино. Пока это только теория, но в нашей стране уже создана галлий-германиевая установка, а в горах Северного Кавказа (в Баксанском ущелье) пробита глубокая штольня для нейтринной обсерватории. И хотя для работы установки потребуется не одна тонна галлия, в ходе экспериментов этот довольно дорогой металл практически останется целым и невредимым. Пройдет несколько лет, и галлий, возможно, прольет свет на одну из важнейших проблем современной астрофизики.

«ЗЛОЙ ДЖИН» (РУБИДИЙ)



Если верить Библии. – Древние камни Гренландии. – Помолодевшие Гималаи. – Часы, которые не идут. – находка в спектре. – Словесный портрет. – Бунзен выпаривает «море». – Четверть века спустя. – «Камера предварительного заключения». – Схватка со льдом. – Вдали от родного ядра. – В борьбе за «трон». – Приятные хлопоты. – На международном рынке. – Смежные профессии. – Куранты бьют вовремя. – Двадцать веков и одна секунда. – Подземные кладовые. – На берегах Камы. – Кто покрасил соль? – В одесских лиманах. – «Берегите мужчин!»

Сколько лет нашей планете? К сожалению, «метрическое свидетельство» о рождении Земли не сохранилось, а сама же она (как и всякая не очень молодая особа) тщательно скрывает свой возраст. Но

коли есть загадка, то всегда находятся и желающие ее разгадать. Спор о том, когда в просторах Вселенной образовалась наша «обитель», длится уже много веков. Если верить Библии, это произошло совсем недавно – около шести тысячелетий назад. Согласно же современным научным представлениям, Земля «живет на свете» уже приблизительно 4,5 миллиарда лет (весьма почтенный возраст, не правда ли?).



В роли свидетелей, готовых подтвердить правильность этой точки зрения, выступают древнейшие горные породы планеты. До последнего времени самыми «престарелыми» считались породы, найденные в Африке, в районе Трансвааля: им примерно 3,4-3,5 миллиарда лет. Но в 1966 году молодой новозеландский ученый Вик Макгрегор на западном побережье Гренландии, у входа в Амералик-фьорд, обнаружил породы, которые оказались старше, чем трансваальские, почти на добрых полмиллиарда лет. А установить это удалось с помощью так называемых рубидий-стронциевых «часов». Что же они собой представляют?

Еще в начале нашего века великий английский физик Эрнест Резерфорд предложил для определения возраста минералов и горных пород воспользоваться открытым за несколько лет до этого явлением радиоактивности. Дело в том, что атомы радиоактивных химических элементов, входящих в состав земной материи, постоянно излучают те или иные ядерные частицы, превращаясь в атомы другого элемента. Самое любопытное, что скорость такого превращения не зависит ни от температуры, ни от давления, ни от каких-либо других факторов. Но зато каждый химический «индивидуум» характеризуется своим периодом полураспада – временем, в течение которого распадается ровно половина имеющегося количества радиоактивного элемента. У одних веществ этот период длится лишь миллионные доли секунды, у других достигает сотен триллионов лет.

Период полураспада одного из «долгожителей» – рубидия-87 (на его долю приходится около 28% природных запасов рубидия) – 48 миллиардов лет. Самопроизвольно испуская электроны, этот изотоп медленно, но верно превращается в стабильный (не подвергающийся дальнейшему распаду) изотоп стронция с тем же массовым числом (87). Поскольку известно обычное соотношение между этим изотопом и его ближайшими «родственниками» (изотопами с массовыми числами 88, 86, 84), нетрудно вычислить, сколько в горной породе «сверхнормативного» стронция-87, т.е. того, который образовался в результате радиоактивного распада рубидия-87. Ну, а определив к тому же количество исходного «сырья», можно подсчитать, как долго длился процесс превращения, т.е. узнать возраст горной породы.

Если гренландским горным породам с помощью изотопов рубидия и стронция удалось доказать свою глубокую древность, то самые высокие горы нашей планеты – Гималаи – благодаря этой же паре химических элементов смогли убедить научный мир в том, что они значительно моложе, чем предполагалось до последнего времени. Так, долгое время считалось, что горные массивы Центральной Азии образовались сотни миллионов лет назад. Сравнительно недавно японские ученые, воспользовавшись рубидий-стронциевыми «часами», тщательно исследовали образцы гималайских пород и установили ошибочность существовавшей точки зрения. Ученые пришли к выводу, что этот район земного шара дважды подвергался сильнейшим геологическим сжатиям. Первое сжатие, в результате которого сформировалась базовая структура (или, иначе говоря, своего рода фундамент) Гималаев, произошло 450-500 миллионов лет назад, а второе, благодаря которому на этом фундаменте были воздвигнуты высочайшие горы Земли, – всего каких-нибудь 15 миллионов лет назад.



Существуют и другие подобные методы – радиоуглеродный, уран-гелиевый, уран-свинцовый, калий-аргоновый и т.д., но для весьма солидных промежутков времени, пожалуй, самыми подходящими являются рубидий-стронциевые "часы".

Итак, рубидий помогает установить примерный возраст Земли. А как давно он сам известен человеку? На этот вопрос можно дать предельно точный ответ.

Рождение рубидия состоялось в 1861 году. Это событие не ускользнуло от пытливого взгляда двух замечательных немецких ученых – химика Роберта Бунзена и физика Густава Кирхгофа, разработавших в 1859 году спектральный метод анализа веществ, с помощью которого спустя год им удалось открыть цезий. Продолжая исследовать различные минералы, они обнаружили в спектре саксонского лепидолита две неизвестные ранее темно-красные линии. Так сигнализировал о своем появлении на свет новый элемент, который и был назван рубидием, что в переводе с латинского означает «красный». Это дает рубидию основание считать себя почти однофамильцем рубина – известного драгоценного камня. Но если рубин и впрямь красный, то о рубидии этого не скажешь: как и большинство металлов, он серебристо-белого цвета. Рубидий очень легкий (легче магния) и очень мягкий (как воск) металл. Ему явно противопоказано пребывание в жарких местах нашей планеты: температура плавления рубидия всего 38,9°C, поэтому под палящими лучами южного солнца он может буквально растаять на глазах. Чтобы закончить словесный портрет рубидия, укажем еще одну особую примету: пары его соединений придают пламени горелки характерный пурпурный оттенок.

Впервые металлический рубидий сумел получить в 1863 году Р. Бунзен. Для этого ему пришлось «свернуть горы», а вернее, выпарить целое «озеро» – более 40 кубометров шварцвальдской минеральной воды, в которой также был обнаружен новорожденный элемент. Но это было только начало. Из упаренного раствора ученый осадил смесь хлороплатинатов калия, цезия и рубидия. Теперь предстояло разделить неразлучную троицу. Воспользовавшись более высокой растворимостью калийных соединений, Бунзен путем многократной фрикционной



кристаллизации сначала удалил «с поля» калий. Разделить цезий и рубидий было еще сложнее, но и эту задачу удалось решить. Завершила дело сажа, которая восстановила рубидий из его кислого тартрата (соли винной кислоты).

Спустя четверть века известный русский химик Н.Н. Бекетов предложил другой способ получения металлического рубидия – восстановлением его из гидроокиси алюминиевым порошком. Ученый проводил этот процесс в железном цилиндре с газоотводной трубкой, которая соединялась со стеклянным резервуаром-холодильником. Цилиндр подогревался на газовой горелке, и в нем начиналась бурная реакция, сопровождавшаяся выделением водорода и возгонкой рубидия в холодильник. Как писал сам Бекетов, «рубидий гонится постепенно, стекая, как ртуть, и сохраняя даже свой металлический блеск вследствие того, что снаряд во время операции наполнен водородом». В наши дни этот металл «добывают» главным образом из хлорида, воздействуя на него металлическим кальцием в вакууме при 700-800°C.

Как ни сложно выделить чистый рубидий из его соединений, но это только полдела: не меньше хлопот связано с его хранением. «Свежий» металл немедленно запаивают в ампулы из особого стекла, в которых создан вакуум или находится инертный газ. Иногда «камерой предварительного заключения» служат металлические сосуды, заполненные «сухим» (тщательно обезвоженным) керосином или парафиновым маслом. Только при соблюдении этих условий можно быть уверенным, что «продукт подлежит длительному хранению». Чем же вызваны столь суровые меры «наказания»?

Виной всему – буйный характер пленника. Высвободить его из заточения – все равно, что выпустить злого джина из бутылки. По химической активности рубидий в семье металлов уступает только своему «старшему брату» цезию. Оказавшись на воле, т.е. на воздухе, рубидий тут же воспламеняется и сгорает ярким розовато-фиолетовым пламенем, образуя желтый порошок – надперекись рубидия. Возникший «пожар» нельзя тушить водой: металл реагирует с ней еще более бурно, со взрывом, причем разлученный с кислородом водород немедленно загорается, «подливая масла в огонь». При этом рубидий совершенно не считается с физическим состоянием воды: даже замерзнув и превратившись в лед, она не перестает быть объектом нападок агрессивного металла. Подобно тому, как отбойный молоток шахтера врывается в пласт угля, рубидий решительно «вгрызается» в толщу ледяных кристаллов, и только адский мороз (ниже -108°C) способен утихомирить буяна. Получающаяся при этом гидроокись рубидия тоже старается показать характер: если ее поместить в стеклянную посуду, то от стекла вскоре останутся одни воспоминания. Да и сам рубидий при высоких температурах (300°C и выше) быстро разрушает стекло, беззащитно «выпроваживая» кремний из его окислов и силикатов. Вот почему «смирительные рубашки» (ампулы) для этого металла необходимо делать из специального стекла, способного постоять за себя.

Высокая химическая активность рубидия обусловлена строением его атома. Как и у других щелочных металлов, на его внешней электронной оболочке «проживает» один-единственный валентный электрон, который находится дальше от ядра, чем у лития, натрия или калия, и поэтому по первому требованию поступает в распоряжение атомов других веществ (с большей охотой отдают свой электрон только атомы цезия).

Столь же легко рубидий расстается с электронами «по просьбе» световых лучей. Это явление, называемое фотоэффектом, присуще



многим металлам, но рубидий и цезий в этом отношении вне всякой конкуренции. И хотя сегодня в фотоэлементах и других фотоэлектрических устройствах гораздо чаще применяется цезий, признанный «королем фотоэффекта», у рубидия есть неплохие шансы со временем потеснить короля на троне: ведь его в природе примерно в 50 раз больше, чем цезия, дефицит которого рано или поздно сыграет на руку рубидию. К тому же некоторые его сплавы (например, с теллуром) обладают максимальной светочувствительностью в более далекой ультрафиолетовой области спектра, чем аналогичные цезиевые сплавы; в ряде случаев это обстоятельство имеет первостепенное значение при выборе материала фотокатодов.

Другая важная сфера деятельности рубидия – органическая химия, где на долю его солей выпали «приятные хлопоты»: они исполняют обязанности катализаторов. В этом амплула карбонат рубидия впервые выступил еще более полувека назад при получении синтетической нефти. Сегодня без него не обходится синтез метанола и высших спиртов, а также стирола и бутадиена – исходных веществ для производства синтетического каучука. Сравнительно недавно разработаны рубидиевые катализаторы для гидрогенизации, дегидрогенизации, полимеризации и еще некоторых реакций органического синтеза. Весьма важно, что такие катализаторы позволяют вести процесс при более низких параметрах (температуре и давлении), чем в том случае, когда для этой цели используются соединения натрия или калия. Кроме того, к их достоинствам следует отнести пренебрежительное отношение к сере – бичу многих других катализаторов.

Американские химики установили, что тартрат рубидия оказывает каталитическое действие на окисление сажи, заметно снижая температуру реакции. «Эка невидаль – сажа», – может подумать кое-кто. Но ученые, ведущие работы по изысканию новых видов авиационного топлива, придерживаются на этот счет совсем иного мнения. И, надо полагать, не без оснований.

Некоторые соединения рубидия обладают полупроводниковыми свойствами, другие – пьезоэлектрическими. Однако пока эти способности элемента № 37 только начинают привлекать внимание ученых и инженеров.

Как вы заметили, речь чаще идет о потенциальных возможностях рубидия, чем о конкретном использовании его в современной технике. Действительно, он не вправе пока претендовать на роль великого труженика, подобно железу, алюминию, меди, титану. Это подтверждается и масштабами его производства: если «поскрести по сусекам» всех стран, производящих рубидий, то за год наберется всего несколько десятков килограммов, а отсюда – очень высокая цена этого металла на мировом рынке.

Помимо упомянутых областей применения, рубидиевые соединения в небольших количествах используются в аналитической химии – как реактивы на марганец, цирконий и благородные металлы, в медицине – в качестве снотворного и болеутоляющего средства, а также при лечении эпилепсии. В виде различных солей рубидий участвует в изготовлении специальных оптических материалов, прозрачных для инфракрасных лучей, в производстве люминесцентных ламп, телевизионных и других электроннолучевых трубок. В некоторых вакуумных приборах рубидий выполняет функции геттера (газопоглотителя), а в магнитометрах и эталонах частоты и времени – функции так называемого активного вещества.

Недавно одна из электротехнических фирм ФРГ сконструировала рубидиевую контрольно-регулирующую приставку для старинных курантов, украшающих древние башни многих европейских городов и радующих слух их жителей мелодичным боем. Но вот беда: почти все куранты страдают хроническим «заболеванием» – уж очень не точны эти громоздкие средневековые механизмы. Новая приставка – атомный эталон частоты – гарантирует курантам безупречную точность хода (до сотых долей секунды в сутки).

Еще большая точность нужна ядерной физике, лазерной технике, космической навигации: здесь погрешность измерения времени порой «не вправо» превышать миллионные доли секунды в сутки! Таким требованиям отвечают созданные в нашей стране атомные часы, «сердцем» которых служит изотоп рубидия. Принцип их действия основан на том, что атомы химических элементов способны поглощать или излучать энергию только определенной длины волны (частоты). Для каждого элемента эта длина волны строго постоянна, поскольку она зависит лишь от строения атома. Поэтому атомные (или, как их еще называют, квантовые) часы на несколько порядков точнее, чем любые другие, в том числе и кварцевые, в которых роль маятника играют упругие колебания кварцевой пластины. Точность рубидиевых часов такова, что если бы их «завели» на рубеже новой эры, то к нашим дням они отстали бы или убежали вперед не более чем на... одну секунду.

Можно смело утверждать, что в ближайшие годы послужной список рубидия станет намного длиннее, а значит, возрастут и масштабы его производства. Природа не страдает от недостатка этого металла: в подземных кладовых его припрятано больше, чем, например, хрома, цинка, никеля, меди, свинца.

Правда, определенные трудности возникают из-за крайней рассеянности рубидия, который, хотя и обнаружен во многих горных породах, не имеет собственных минералов, не говоря уже о крупных месторождениях. Обычно рубидий примыкает к более распространенным щелочным металлам, причем с калием он просто неразлучен. Кроме уже упоминавшегося лепидолита, рубидий в очень незначительных количествах (от сотых до десятых долей процента) присутствует в карналлите, откуда его и извлекают попутно с другими элементами. Поскольку общие запасы карналлита практически неисчерпаемы, этот минерал считается наиболее перспективным рубидиевым сырьем.

Еще в XV веке на берегу реки Камы среди уральских лесов возник городок Соль Камская. Современный Соликамск – крупный центр химической промышленности. Здесь находятся богатейшие месторождения карналлитов, сильвинитов и других калийных солей. Похожий на мрамор сильвинит окрашен в различные цвета: он то белый, как снег, то переливается всеми цветами радуги – от светло-розового до красного, от небесно-голубого до темно-синего. При этом минерал (представляющий собой хлорид калия) пронизан бесцветными прозрачными кристаллами хлорида натрия (т.е. поваренной соли), среди которых иногда попадаются совершенно черные крупные кубики. Отчего же почернела поваренная соль? Полагают, что это «автограф» рубидия-87 – уже знакомого нам радиоактивного изотопа, облучившего когда-то хлорид натрия.

Соли рубидия растворены в воде океанов, морей, озер. Довольно богаты этим элементом знаменитые одесские лиманы, но еще больше его в каспийских водах. Не обошел рубидий своим вниманием и многих представителей растительного мира: следы его встречаются в морских водорослях и табаке, в листьях чая и зернах кофе, в сахарном тростнике и свекле, в винограде и некоторых видах цитрусовых.

В заключение приведем шуточный аргумент в пользу прозвучавшего несколько лет назад призыва «Берегите мужчин!»: их кровь, как утверждает Большая Советская Энциклопедия, богаче рубидием, чем женская (соответственно 0,00032 и 0,00028%). Ну как же их в таком случае не беречь?

ТАЙНА БЕНГАЛЬСКИХ ЖРЕЦОВ (СТРОНЦИЙ)



Чем болели казаки? – Деревня попадает в историю. – Торопитесь с выводами! – Рецепт бенгальских жрецов. – Букеты расцветают в небе. – «Сладкое местечко». – В различных ампулах. – Взрыв на атолле Бикини. – Опасный «вирус». – Широкие перспективы. – Стронций забирается в часы. – На далеком северном острове. – «Тристан» уходит в пучину. – Чудесный генератор. – Мелкие хлопоты. – Без искры. – Голубые кристаллы. – На дне прибрежной полосы. – Дела давно минувших дней. – Природе не свойственна торопливость.

В начале прошлого столетия казаки, жившие в Забайкалье, решили переселиться на берега Урова (притока Аргуни) – их привлекли здесь хорошие пахотные земли и неплохой климат. Но вот беда: спустя всего несколько лет многие переселенцы заболели неведомой болезнью, которая скручивала людей, пронизывала болью все тело. Не раз приезжали сюда врачи, но никто из них не смог выяснить причину массового заболевания. Лишь в наше время комплексные биогеохимические экспедиции Академии наук СССР сумели установить, что виновником этого тяжелого недуга был... стронций, которым оказались богаты воды тех мест.

Что же представляет собой этот коварный химический элемент, столь недружелюбно встретивший забайкальских казаков?

Стронций был открыт в конце XVIII века. Своим названием элемент обязан небольшой шотландской деревушке Стронциан (впрочем, уместнее сказать, что скромная деревушка обязана этому металлу тем, что благодаря ему попала в историю химии). В 1787 году в ее окрестностях был найден редкий минерал, названный стронцианитом. Исследования английских химиков А. Кроуфорда и Т. Хопа, немецкого химика М. Клапрота и других ученых, заинтересовавшихся новым минералом, свидетельствовали о том, что в нем присутствует «земля» (окисел) неизвестного в то время металлу.

Лиха беда начало: уже в 1792 году Хопу удастся представить убедительные доказательства существования нового элемента, который был назван стронцием (в русской литературе начала XIX века встречались и другие названия: стронтий, стронциан, стронтиян).



К числу первооткрывателей стронция можно отнести и русского химика Т.Е. Ловица. В том же 1792 году он обнаружил «стронциановую землю» в минерале барите. Но будучи чрезвычайно осторожным, ученый решил не торопиться с выводами, а, следуя принципу «семь раз отмерь», провести еще более тщательные опыты. Когда же они были закончены и Ловиц подготовил к публикации статью «О стронциановой земле в тяжелом шпате», оказалось, что «отрезать» уже было поздно: до России дошли иностранные химические журналы с результатами исследований Хопа, Клапрота и других зарубежных ученых. Да, иногда, пожалуй, не грех и поторопиться...

Знакомство ученых с чистым стронцием состоялось спустя несколько лет, в 1808 году, когда англичанин Г. Дэви сумел впервые выделить этот легкий (легче алюминия) серебристо-белый металл в свободном виде. С химическими же соединениями стронция человек познакомился задолго до описываемых событий.

Еще в Древней Индии при совершении священных обрядов в полумраке храмов внезапно

вспыхивали таинственные красные огни, наводившие суеверный страх на молящихся. Разумеется, всемогущий Будда был меньше всего причастен к этой иллюминации, зато его верные служители – жрецы, видя испуганные лица своих подопечных, потирали руки от удовольствия. Чтобы добиться такого эффекта, они смешивали соли стронция с углем, серой и бертолетовой солью, прессовали смесь в шарики или пирамиды, а в нужный момент незаметно поджигали. Должно быть, «патент» на такую смесь принадлежал жрецам Бенгалии (одной из индийских провинций), поскольку за этими огнями прочно закрепилось название «бенгальских».

На протяжении многих веков свойство летучих соединений стронция придавать пламени ослепительно яркий красный цвет использовалось в пиротехнике. В России, например, во времена Петра I и Екатерины II без «потешных огней» не обходилось ни одно мало-мальски значительное торжество. Да и в наши дни праздничные салюты и фейерверки радуют взоры букетами красных, зеленых, желтых огней, расцветающих на черном бархате ночного неба.

Но пиротехнические способности «металла красных огней», как называют стронций, нужны не только для развлечений: разве можно подсчитать, сколько человеческих жизней было спасено благодаря сигнальным ракетам, которые при кораблекрушениях, вспыхивая во мраке над океаном, указывали судам, спешащим на помощь, местонахождение тех, кто потерпел бедствие.

Окрашивание пламени долгое время оставалось единственным занятием стронция. Но вот на рубеже XIX и XX веков химики обнаружили, что он может проявить себя на другом поприще – в сахарном производстве: с его помощью удалось заметно повысить извлечение сахара из свекольной патоки – мелассы. Но спустя несколько лет нашелся более дешевый исполнитель этой роли – кальций, и стронций вынужден был уступить ему «сладкое местечко». Любопытно, что в последнее время ставится вопрос о возрождении стронциевого метода обессахаривания мелассы, так как выход сахара в этом случае примерно на 20% выше.



Можно назвать еще много областей, в которых стронций с большим или меньшим успехом пробовал свои силы. Металлургам, например, он помогал очищать сталь от газов и вредных примесей. В производстве глазурей этот элемент позволил обойтись без ядовитых соединений свинца, который к тому же и более дефицитен. В стекольной промышленности стронций (точнее, его окисел) приобрел известность как заменитель дорогостоящих материалов при изготовлении стекловолокна и стекол различного назначения. Синтетические кристаллы титаната стронция по игре и блеску граней способны конкурировать с бриллиантами. Присутствие стронция в портландцементе повышает его влагоустойчивость, что особенно важно при строительстве гидросооружений. В радиотехнике и электронике этот металл применяют для

оксидирования катодов электронных ламп и в качестве газонаполнителя в вакуумной технике, в частности при изготовлении диэлектриков и сегнетозлектриков. Стронциевые соединения входят в состав люминофоров, малярных красок, консистентных смазок, отличающихся высокой стойкостью. «Дуэт» рубидий – стронций позволяет ученым с большой точностью определять возраст наиболее древних горных пород. ([Подробнее об этом рассказано в очерке о рубидии «Злой джин»](#)).

Как видите, работы для элемента № 38 хватает. И все же то, что мы перечислили, можно считать лишь эпизодами из жизни стронция. Но прежде чем перейти к самой важной стороне его деятельности, вспомним об одном сравнительно недавнем событии, сообщения о котором долго не сходили с центральных полос газет всего мира.

В марте 1954 года над атоллom Бикини, расположенным в южной части Тихого океана, поднялось гигантское грибовидное облако – результат испытаний американской водородной бомбы. Спустя несколько часов на палубу японского рыболовного судна «Фукурю-Мару», находившегося в открытом море более чем в 150 километрах от эпицентра взрыва, начали падать грязно-белые хлопья радиоактивных осадков. Рыбаки прекратили промысел и взяли курс на Японию, но было поздно: вскоре после возвращения один из членов экипажа умер, а остальные оказались пораженными тяжелой формой лучевой болезни. Едва ли не главным «вирусом» этой болезни был стронций-90, один из многочисленных радиоактивных изотопов, образующихся при ядерном распаде.

В результате такого взрыва в атмосферу выбрасываются десятки миллионов тонн земли и горных пород, буквально начиненных продуктами деления атомных ядер, самый токсичный, а значит, и самый опасный среди которых – стронций-90. Рано или поздно они возвращаются на землю, оседая на поверхность материков и океанов. Теперь радиоактивному стронцию остается один шаг до организма человека. Вместе с фруктами и овощами, усвоившими его из почвы, с питьевой водой, с мясом или молоком домашних животных, «полакомившихся» травой, зараженной стронцием-90, он проникает в организм людей, накапливается там и создает опасные радиоактивные очаги, губительно воздействующие на костные ткани, мозг, кровь.

Прогрессивное человечество боролось и продолжает бороться за полный запрет атомных и водородных взрывов. Миллионы людей во всем мире горячо приветствовали подписание в Москве в 1963 году международного Договора о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. Однако это вовсе не означает, что радиоактивный стронций сойдет со сцены: развитие ядерной энергетики создает неограниченные возможности для мирного использования его в науке и технике. Здесь для него работы – непочатый край.

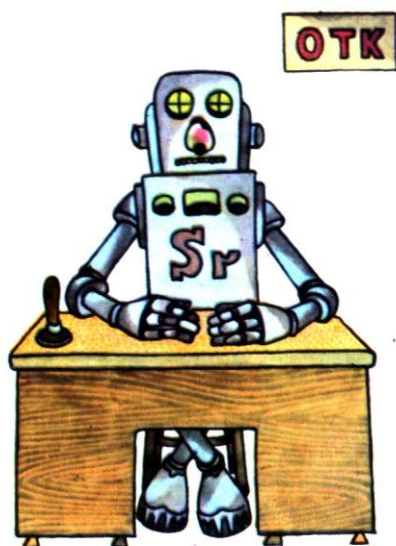
Широкие перспективы открываются перед радиоизотопами стронция в производстве атомных электрических батарей для космических ракет и искусственных спутников Земли. Принцип действия таких батарей основан на способности стронция-90 излучать электроны, обладающие большой энергией, преобразуемой затем в электрическую. Радиостронциевые элементы, соединенные в миниатюрную батарейку (размером со спичечную коробку), способны безотказно служить без перезарядки 15-25 лет.

Атомные батарейки, несомненно, найдут применение в телефонии и радиотехнике. А вот швейцарские часовщики с успехом использовали крохотные стронциевые батарейки для питания электрочасов.

Неприхотливые и практически вечные источники тока незаменимы на автоматических метеостанциях, расположенных в пустынных, полярных и высокогорных районах нашей планеты. В Канаде, например, на далеком северном острове Аксель-Хейберг в труднодоступном месте действует атомная метеорологическая станция, рассчитанная на работу без обслуживания в течение двух-трех лет.

Источником энергии для аппаратуры станции служит изотоп стронция (всего 400 граммов), помещенный в специальный трехслойный сплав и защищенный свинцовым экраном. Теплота, образующаяся при радиоактивном распаде стронция, превращается в электрический ток, который питает приборы для измерения температуры, атмосферного давления, скорости и направления ветра. Полученные данные фиксируются самопишущими приборами и передаются по радио с помощью двух транзисторных передатчиков на расстояние свыше 1500 километров. Вся аппаратура смонтирована в стальном цилиндре высотой 2,5 метра, диаметром 0,65 метра и общей массой около тонны. Душой этого сложного технического комплекса можно без преувеличения назвать маленькие стронциевые батареи.

Несомненный интерес представляет термоэлектрическая стронциевая батарея «Тристан», разработанная учеными фирмы «Сименс» (ФРГ) для проведения подводных исследований. Высокоэффективные термоэлектрические элементы преобразуют энергию распада стронция-90 в электрический ток. Размеры батареи невелики, но весит она 1,4 тонны, поскольку снабжена толстым свинцовым экраном, который надежно защищает обитателей морских пучин и, разумеется, прежде всего людей от радиации – ее уровень вблизи «Тристана» в пять раз меньше допустимого.



Советскими учеными создан изотопный генератор электрической энергии для питания автоматических метеостанций. Главное действующее лицо в нем – все тот же изотоп стронция. Гарантийный срок службы «Бета-С» (так назван генератор) – 10 лет, в течение которых он способен снабжать электрическим током нуждающиеся в нем приборы. А все обслуживание его заключается лишь в профилактических осмотрах – раз в два года. На Лейпцигской ярмарке этот генератор был удостоен золотой медали. Первые образцы его установлены в Забайкалье и в верховьях таежной речки Кручины.

Число приборов различного назначения, в которых используется радиоактивный стронций, растет не по дням, а по часам. Успешно действуют, например, толщинометры для контроля и управления процессом производства бумаги, тканей, тонких металлических лент, пластмассовых пленок, лакокрасочных покрытий. Изотоп стронция «трудится» в приборах для измерения плотности, вязкости и других характеристик вещества, в дефектоскопах, дозиметрах, сигнализаторах.

С борта судна, направляющегося в Таллинский порт, хорошо видна словно выросшая из воды высокая красная «свеча» – атомный маяк «Таллин». Главная его особенность – радиоизотопные термоэлектрические генераторы, в которых в результате распада стронция-90 возникает тепловая энергия, преобразуемая затем в световую. Иначе говоря, недра атомов стронция можно с родным основанием считать местом рождения мощного луча света, легко пробивающего ночную мглу Балтики. Заметим, что традиционной должности смотрителя в штатном расписании атомного маяка нет: лишь несколько раз в год специалисты посещают его для осмотра аппаратуры. Недавно здесь вырос еще один такой маяк.

На машиностроительных предприятиях часто можно встретить так называемые бета-реле. В их «обязанности» входит контроль подачи заготовок на обработку, проверка исправности инструмента, правильность положения детали и тому подобные «мелкие хлопоты». Принцип действия реле прост. Микрочастица радиоактивного стронция, излучение которого в двести раз ниже санитарных норм, покоится в свинцовой ампуле с крохотным окошком, прозрачным для бета-излучения (потока электронов). До тех пор пока в «поле зрения» бета-лучей находится деталь или инструмент, т.е. пока все обстоит благополучно,

автоматическая система спокойна. Но вот, допустим, сверло внезапно сломалось – теперь уже бета-лучи, не встречая на своем пути преграды, попадают на газоразрядный приемник излучения. Тотчас же реле срабатывает, останавливая механизмы, а на пульте диспетчера вспыхивает сигнальный огонек, указывающий, где произошло повреждение.

При производстве материалов, являющихся изоляторами (бумага, ткани, искусственное волокно, пластмассы и т.д.), вследствие трения возникают электрические заряды, создающие напряжения до нескольких тысяч вольт, – в результате может произойти искровой пробой и возникнуть пожар. Чтобы избежать этого, до недавнего времени применяли сложную, громоздкую и дорогую аппаратуру, позволяющую с помощью ультрафиолетовых или рентгеновских лучей ионизировать окружающий воздух и тем самым снимать электростатические заряды. Сейчас для этой цели широко пользуются стронциевыми ионизирующими источниками – они недороги, не требуют установки высоковольтной аппаратуры, просты в эксплуатации, компактны и долговечны. Новые приборы позволили в несколько раз повысить производительность прядильных и ткацких станков, резко сократить брак и простои из-за обрыва нитей.

Итак, мирный стронций все увереннее прокладывает себе дорогу в промышленность, спрос на него непрерывно растет. А сможет ли природа удовлетворить потребности человечества в этом металле?

Большинство минералов стронция встречается довольно редко; лишь уже знакомый нам стронцианит и целестин (по-латыни – «небесный») образуют иногда солидные скопления. Вот как описывает свою встречу с целестином замечательный советский геохимик и минералог академик А.Е. Ферсман: «...вдруг в одном разломанном желвачке я увидел какой-то голубой кристаллик: о, это был настоящий целестин! Чудесная прозрачная голубая иголочка, как светлый сапфир с острова Цейлон, как светлый, выгоревший на солнце василек».

Но целестин бывает не только голубым – не менее чудесны его нежно-фиолетовые, розоватые или дымчато-черные кристаллы, встречающиеся в пустотах горных пород. Необыкновенно красивы зеленоватые россыпи его мелких зерен на другах янтарно-желтой серы.

Пути образования в природе целестина (он представляет собой серноокислую соль стронция) различны, и, чтобы поведать об одном из них, мы снова предоставим слово академику А.Е. Ферсману, поскольку вряд ли кто-нибудь сможет рассказать об этом интереснее и поэтичнее, чем он:

«...Давно-давно, несколько десятков миллионов лет тому назад верхнеюрское море докатывало свои волны до мощных, тогда уже существовавших Кавказских хребтов...

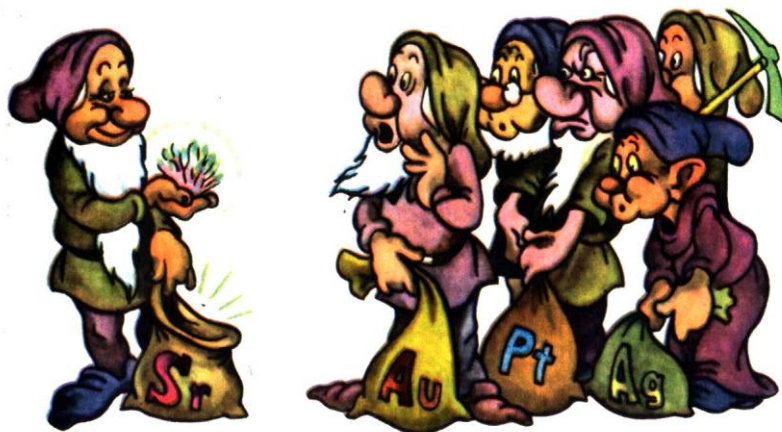
На дне прибрежной полосы, на камнях в бесчисленных количествах жили маленькие радиолярии; некоторые из них были прозрачны, как стекло, другие представляли собой мелкие белые шарики не больше одного миллиметра, с маленьким стебельком, в три раза большим, чем туловище. Они сидели на камнях, на красивых зарослях мшанок, а иногда покрывали даже иглы морских ежей, путешествуя с ними по морскому дну.

Это были знаменитые радиолярии-акантарии, скелеты которых состояли из иголочек, числом от 18 до 32. Долгое время никто не знал, из чего они образованы, и только случайно было обнаружено, что они состоят не из кремнезема, не из опала, а из серноокислого стронция. Эти бесчисленные радиолярии накапливали в сложном жизненном процессе соль серноокислого стронция, извлекая ее из морской воды, и постепенно строили свои кристаллические иголки.

Отмирающие радиолярии падали на дно моря. Так было положено начало скоплениям одного из редких металлов...»

Добавим, что не только радиолярии, но и другие морские организмы равнодушны к стронцию: ученые находили спиральные раковины давно вымерших моллюсков, состоящие из целестина. Некоторые

из них достигали внушительных размеров – до 40 сантиметров в поперечнике.



В природе имеются довольно крупные так называемые вулканогенно-осадочные месторождения стронция, например в пустынях Калифорнии и Аризоны в США. (Кстати, замечено, что стронций «любит» жаркий климат, поэтому в северных странах он встречается гораздо реже.). В третичную эпоху этот район был ареной бурной вулканической деятельности.

Термальные воды, поднимавшиеся вместе с лавой из земных недр, были богаты стронцием. Расположенные среди вулканов озера накапливали этот элемент, образуя за тысячелетия весьма солидные его запасы.

Есть стронций и в водах Кара-Богаз-Гола. Постоянное испарение вод залива приводит к тому, что концентрация солей непрерывно возрастает и наконец достигает точки насыщения – соли выпадают в осадок. Содержание стронция в этих осадках иногда составляет 1-2%.

Несколько лет назад геологи обнаружили значительное месторождение целестина в горах Туркмении. Голубые пласты этого ценного минерала залегают на склонах ущелий и глубоких каньонов Куштангтау – горного хребта в юго-западной части Памиро-Алая. Нет сомнения, что туркменский «небесный» камень успешно послужит нашему народному хозяйству.

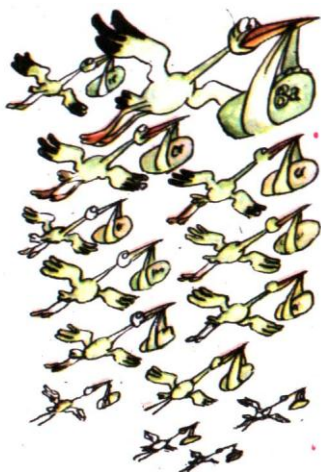
...Природе не свойственна торопливость: сейчас человек использует запасы стронция, которые она начала создавать миллионы лет назад. Но и сегодня в глубинах земли, в толще морей и океанов происходят сложные химические процессы, возникают скопления ценных элементов, рождаются новые клады, но достанутся они уже не нам, а нашим далеким-далеким потомкам.

НАХОДКА В ЗАБРОШЕННОМ КАРЬЕРЕ (ИТТРИЙ)



Звездный час Аррениуса. – Загадочная примесь. – Урожайные годы. – Почему пожелтела земля? – Запись в биографии. – «Скрытый» становится открытым. – В порядке очереди. – «Трио» Мосандера. – Редкоземельная «лихорадка». – Альдебараний и К°. – 15 тысяч кристаллизаций. – Хата с краю. – Почти однофамильцы. – «Жилищная проблема». – Что выяснилось за два столетия? – Лампа зажигается спичкой. – «Окна» ракет. – Прогресс в цветном телевидении. – «Витамин» для чугуна. – Редки ли редкоземельные? – В честь Юрия Гагарина.

В 1787 году лейтенант шведской армии Карл Аррениус решил провести летний отпуск в местечке Иттербю, расположенном на одном из многочисленных островков вблизи столицы Швеции Стокгольма.



Выбор был сделан не случайно: страстный любитель минералогии, Аррениус знал, что в окрестностях Иттербю есть отслуживший свой век и потому давно заброшенный карьер – он-то и манил молодого офицера, надеявшегося пополнить свою коллекцию минералов. День за днем Аррениус тщательно обследовал все новые и новые участки карьера, но похвастать ему долгое время было нечем. И вот, наконец, пришла удача: найден черный тяжелый камень, похожий на каменный уголь. Такая находка уже чего-то стоила. Радости Аррениуса не было пределов, но мог ли он тогда предположить, что этот невзрачный на вид минерал сыграет огромную роль в истории неорганической химии, а заодно впишет в нее имя своего первооткрывателя?

Отпуск подошел к концу. Вернувшись домой, Аррениус составил описание минерала, дал ему без долгих раздумий название «иттербит» (в честь местечка, где тот был найден) и вновь приступил к несению военной службы. Время от времени он продолжал заниматься минералогическими поисками, но звездный час его был уже позади.

В 1794 году иттербитом заинтересовался финский химик Юхан Гадолин, профессор университета в Або (ныне Турку). И для него черный камень из-под Иттербю оказался счастливым, во многом определив направление дальнейшей научной деятельности этого крупного ученого (в 1811 году он был избран членом-корреспондентом Петербургской академии наук). Гадолин подверг минерал химическому анализу и обнаружил в нем, наряду с окислами железа, кальция, магния и кремния довольно большое количество (38 %) неизвестной примеси, напоминавшей отчасти окись алюминия, отчасти окись кальция. Ученый пришел к выводу, что им открыта окись нового химического элемента, или, как тогда было принято говорить, новая «земля» (так прежде называли тугоплавкие, нерастворимые в воде окислы некоторых элементов).



Спустя три года исследованием иттербита занялся шведский химик Андрес Экеберг, профессор Упсальского университета. Он подтвердил выводы своего финского коллеги с той лишь разницей, что, по его мнению, на долю нового вещества приходилось не 38, а 55,5%. Экеберг предложил назвать неведомую землю иттриевой, а иттербит переименовать в гадолинит в знак уважения к большим научным заслугам Гадолина – первого исследователя этого минерала.

Интерес ученых к иттриевой земле рос как на дрожжах. Многочисленные исследования, проведенные в разных странах, подтверждали присутствие в гадолините нового элемента (правда, количественные характеристики, как правило, оказывались различными). Но никому из химиков, «бороздивших» вдоль и поперек иттриевую землю, до поры до времени не приходило в голову, что в ней прячется не один, а сразу несколько незнакомцев – окислов неизвестных науке элементов.

Такой же сложной по составу оказалась цериевая земля, открытая в 1803 году. Как выяснилось позднее, в этих двух веществах «проживали» почти все элементы, которые располагаются сегодня в таблице Менделеева под номерами 57-71 и называются лантаноидами, а вместе со своими ближайшими «родственниками» скандием (№ 21) и иттрием (№ 39) образуют семью редкоземельных металлов. Но для того, чтобы разделить эти земли на составные части и открыть все входящие в их состав элементы, ученым

потребовалось целое столетие.

Начало XIX века ознаменовалось появлением на свет большого числа новых элементов. В эти годы были открыты палладий и родий, осмий и иридий, калий и натрий, барий и стронций, кальций и магний, литий и кадмий. Эти и другие «новорожденные» приковали к себе внимание химиков, а интерес к иттриевой и цериевой землям заметно упал.

Пожалуй, лишь знаменитый шведский химик Йенс Якоб Берцелиус и его ученики не теряли из вида редкие земли. В 1818 году один из помощников Берцелиуса Шерер обнаружил, что при нагревании иттриевой земли в закрытой склянке бесцветный порошок вдруг приобретал странную желтизну, которая исчезала лишь после того, как процесс повторялся в восстановительной атмосфере. Это навело Шерера на мысль, что в исходном препарате, наряду с окисью иттрия, содержится неизвестный окисел – он-то и навел желтый «грим» на иттриевую землю. Подобные мысли кое-кто высказывал и раньше, но дальше предположений дело не шло. Шерер тоже не сумел экспериментально подтвердить свою идею.

Прошло несколько лет, и в биографии иттрия появилась новая запись: 1828 год – немецкий ученый Фридрих Велер (кстати сказать, тоже ученик Берцелиуса) впервые получил металлический иттрий. И хотя металл был сильно загрязнен примесями, это событие расценивалось как значительный успех Велера, поскольку выделение любого редкоземельного элемента из химических соединений – по сей день необычайно трудоемкая и сложная задача.

Следующую страницу в историю иттрия (а точнее, в историю всех редкоземельных элементов, ибо их судьбы теснейшим образом переплелись) вписал еще один ученик Берцелиуса – талантливый шведский химик Карл Мосандер. Еще в 1826 году он всерьез увлекся исследованием цериевой земли и вскоре сделал вывод о том, что в ней, как и в иттриевой, может содержаться другой, еще неизвестный окисел. Однако Мосандер не был любителем скоропалительных категорических суждений, а выделить новую землю он тогда не сумел. На какое-то время другие дела отвлекли его от изучения окислов церия, и лишь в конце 30-х годов стрелка компаса научных интересов ученого вновь повернулась в сторону редкоземельного «полюса».

Сначала он повторил свои опыты с цериевой землей и теперь уже сумел доказать, что в ней скрывается окись другого элемента. По предложению Берцелиуса Мосандер назвал его лантаном – по-гречески «скрытый». Лантан действительно долго скрывался под прикрытием церия, но зато впоследствии он не только гостеприимно приютил в своем «доме» всех редкоземельных родственников, но и дал им право именоваться лантаноидами.

Кроме окиси лантана, Мосандер обнаружил в цериевой земле еще одну землю; в дальнейшем выяснилось, что и она имела сложный состав, и из нее в конце концов удалось выделить несколько редкоземельных элементов. Теперь настал черед иттриевой земли. Мосандер помнил о ее «желтых днях» в экспериментах Шерера. Не забыл он и о том, что данные о содержании окиси иттрия в гадолините заметно различались в опытах Гадолина, Экеберга и многих других исследователей, несмотря на сходные методы анализа. Тут было над чем поломать голову, тем более, что даже сам Берцелиус не смог дать этим расхождениям подходящего объяснения. Но с чего начать?

Прежде всего, Мосандер постарался получить как можно более чистую окись иттрия. При этом ученый не довольствовался только теми методами, которыми располагала в ту пору наука: специально для своих опытов он разработал новые методы, впоследствии прочно вошедшие в арсенал химии редкоземельных элементов. Для «расщепления» иттриевой земли Мосандер использовал так называемое дробное (или фракционированное) осаждение, в основе которого лежало незначительное различие в растворимости солей редкоземельных элементов в кислотах. Если иттриевая земля представляет собой

смесь окислов, то они должны выпадать в осадок не одновременно, а по очереди, обусловленной их разной основностью, а, следовательно, и разной растворимостью.

Проходили дни, недели, месяцы. Буквально по каплям добавлял ученый к гидроокиси иттрия оксалат калия, аммиак и другие реактивы. Один скрупулезный опыт сменялся другим. И вот, наконец, в октябре 1843 года Мосандер опубликовал в «Философском журнале» результаты своей работы. Из иттриевой земли ему удалось выделить три окисла: сначала выпадал желтый осадок, затем розоватый и в последнюю очередь – бесцветный. Названия, которые дал Мосандер этим окислам и соответствующим им элементам, как бы символизировали разделение исходной земли, обнаруженной в минерале из-под Иттербю: от начальной части названия этой шведской деревушки «итт» получила свое имя бесцветная окись – иттрия, от «тер» – желтая, ставшая тербией, и от «эрб» – розоватая, именовавшаяся отныне эрбией.

Но на этом ставить точку было еще рано: вокруг «трио» Мосандера развернулась оживленная полемика, в которой участвовали многие крупные химики. Одни сомневались в существовании вновь открытых земель, другие, напротив, утверждали, что эти земли в свою очередь должны быть разделены на самостоятельные «территории», принадлежащие неизвестным пока элементам. Истина лежала между этими крайними точками зрения: эрбиевая земля действительно оказалась смесью окислов. В 1878 году швейцарский химик Жан Мариньяк разделил ее на две части – эрбию и иттербию (названную в честь все той же шведской деревушки). Но, как вскоре выяснилось, каждая из этих земель была... тоже смесью окислов.

Дробление земель продолжалось, семья редкоземельных элементов пополнялась новыми членами. В те годы интерес к редким землям резко возрос. Немалую роль сыграл в этом разработанный в 1860 году немецкими учеными Робертом Бунзеном и Густавом Кирхгофом спектральный метод анализа, значительно расширивший возможности проникновения в тайны вещества.



Подобно тому, как во времена золотых лихорадок тысячи любителей наживы устремлялись в Калифорнию и Клондайк, в последней четверти прошлого века на берега архипелага редких земель высадился многочисленный десант ученых – искателей химических кладов. Открытия новых редкоземельных металлов посыпались как из рога изобилия, но, увы, подавляющему большинству из них (а всего их оказалось свыше ста) не хватало требуемых «документов» для постоянной прописки в таблице элементов. Зато какие красивые имена давались новорожденным их счастливыми «родителями»: филиппий и деципий, демоний и метацерий, дамарий и люций, космий и неокосмий, глаукодим и викторий, эвксений и каролиний, инкогнитий и кассиопей и даже альдебараний. Теперь эти звучные названия можно найти лишь в списках ложнооткрытых химических элементов...

Но, разумеется, были и удачи. Из эрбиевой земли, наряду с самим эрбием, были получены тулий, гольмий и диспрозий, а из иттербиевой земли, кроме иттербия, еще скандий и лютеций. Характерная деталь: для выделения лютеция французскому химику Жоржу Урбену пришлось выполнить более 15 тысяч кристаллизаций. Так неохотно природа раскрывала науке свои секреты. Интересно, что лютеций оказался последним редкоземельным элементом как по времени открытия (он «вошел в строй» в 1907 году), так и по положению в ряду лантаноидов. Если вы посмотрите на таблицу элементов, то увидите, что лютеций вполне резонно может заявить: «Моя хата с краю».

Итак, все редкоземельные металлы открыты. Подведем некоторые итоги. Крохотное шведское селение Иттербю, где когда-то Аррениус нашел черный камень, дало имена четырем химическим элементам – иттрию, тербию, эрбию и иттербию. Ни один материк, ни одно государство, ни одна столица не удостоились такой чести. Стал своеобразным рекордсменом и черный минерал гадолинит (иттербит): он оказался «камерой хранения» чуть ли не десятка новых элементов, которые были извлечены из иттриевой земли, впервые обнаруженной в иттербите.



Иттрий и другие редкоземельные металлы доставили немало хлопот Д.И. Менделееву, когда тот выписывал «ордера» для заселения построенной им периодической таблицы. К моменту открытия важнейшего закона химии науке были известны шесть редкоземельных элементов. Подобрать для каждого из них подходящее место в таблице оказалось весьма сложно из-за их удивительного химического сходства, а поскольку с годами число их росло, то и забот прибавлялось. Прошло не одно десятилетие, прежде чем удалось окончательно решить "жилищную проблему" для членов редкоземельного семейства. Оказалось, что иттрию, с которого началась история редких земель, необходимо предоставить отдельную «квартиру». Такие же льготы получил скандий, а все остальные редкоземельные элементы, как уже говорилось, были размещены в "многокомнатной квартире", и лантан был назначен «ответственным съемщиком». И хотя часть лантаноидов относится к иттриевой группе (другая часть – к цериевой), иттрий разлучен с ними в таблице элементов.

С конца XVIII века, когда был открыт иттрий, до наших дней прошло чуть ли не два столетия. Казалось бы, за это время можно было досконально изучить элемент и узнать все его физические характеристики. Тем не менее до сих пор сведения о плотности, температурах плавления и кипения и некоторых других параметрах иттрия, приведенные в разных справочниках, не всегда совпадают. Причина тому одна: неодинаковая степень чистоты металла, достигнутая различными исследователями. Сейчас переплавом в вакууме с последующей двух- и трехкратной дистилляцией получают иттрий чистотой 99,8-99,9%. Такой металл плавится примерно при 1500°C, а его плотность составляет 4,47 г/см³. Сочетание сравнительно высокой температуры плавления с небольшой плотностью, неплохими прочностными данными и другими ценными свойствами делают иттрий перспективным конструкционным материалом. Так, из него уже изготавливают трубопроводы для транспортирования жидкого ядерного горючего – расплавленного урана или плутония. Но пока элемент № 39 чаще пробует свои силы в других областях.

Еще в конце прошлого века, ознаменовавшемся электрическим бумом, немецкий физик Вальтер Нернст создал необычную лампу накаливания: вместо угольной или металлической нити, помещенной в вакуум или инертный газ, она имела открытый стерженек из смеси окислов циркония и иттрия. Идея ученого основывалась на том, что некоторые кристаллические соединения – так называемые твердые электролиты

– проводят ток в результате движения ионов, а не электронов. Лампу Нернста приходилось зажигать спичкой, так как керамический стерженек начинал проводить ток лишь при 800°C. По этой причине лампа не нашла тогда спроса, однако подобные нагревательные элементы широко применяются в современной технике для создания высоких температур (окись иттрия заменена в них окисью кальция). В отличие от металлических, такие нагреватели не только не окисляются на воздухе, но и, напротив, работают тем лучше, чем выше окислительная способность среды.

Сегодня из окиси иттрия очень высокой чистоты изготовляют иттриевые ферриты, используемые в радиотехнике и электронике, в слуховых приборах и ячейках памяти счетно-решающих устройств. Бориды, сульфиды и окислы иттрия служат материалом катодов мощных генераторных установок, жаропрочных тиглей для плавления тугоплавких металлов. Несколько лет назад создан новый жаропрочный материал циттрит, представляющий собой циркониевую керамику с добавками иттрия; циттрит обладает минимальной теплопроводностью и сохраняет свои свойства до 2200°C. Разработан и другой керамический материал – иттрийлокс, плавящийся при 2204°C. Этот материал (твердый раствор двуокиси тория в окиси иттрия) для видимой части спектра прозрачен, как стекло, и, кроме того, хорошо пропускает инфракрасные лучи. Из него можно изготавливать инфракрасные «окна» специальной аппаратуры и ракет, смотровые глазки высокотемпературных печей.

Иттрий внес свою лепту и в развитие цветного телевидения: кинескопы с красными люминофорами на основе его соединений характеризуются высокой яркостью свечения. В Японии для этой цели применяют окись иттрия, активированную европием; специалисты других стран отдают предпочтение ортованадату иттрия. По японским данным, на миллион трубок расходуется примерно 5 тонн чистой окиси иттрия.



Но, пожалуй, наиболее важная в наше время область применения иттрия – металлургия. С каждым годом этот металл все шире используется как добавка при производстве легированной стали и модифицированного чугуна. Введение незначительных количеств иттрия в сталь делает ее структуру мелкозернистой, улучшает механические, электрические и магнитные свойства. Если немного иттрия (десятые и даже сотые доли процента) добавить в чугун, твердость его возрастет почти вдвое, а износостойкость – в четыре раза. К тому же такой чугун становится менее хрупким, по прочностным характеристикам он приближается к стали, легче переносит высокие температуры. И вот что весьма ценно: иттриевый чугун можно переплавлять несколько раз, но благотворное влияние «витамина Y» при этом сохраняется.

Иттрий повышает жаропрочность сплавов на основе никеля, хрома, железа, молибдена, увеличивает пластичность тугоплавких металлов – ванадия, тантала, вольфрама и сплавов на их основе, заметно упрочняет титановые, медные, магниевые и алюминиевые сплавы. Из легкого магнийиттриевого сплава (9% иттрия), обладающего высокой коррозионной стойкостью, изготовляют различные детали и узлы летательных аппаратов.

Промышленность выпускает иттрий как в чистом виде (монокристаллы, слитки), так и в виде сплавов с магнием и алюминием. Масштабы его производства из года в год растут: если совсем недавно мировая добыча этого металла исчислялась лишь килограммами, то сейчас в мире ежегодно потребляется свыше ста тонн этого редкого элемента. Впрочем, такой ли уж он редкий?

Оказывается, нет. Не только иттрий, но и большинство других редкоземельных элементов

встречается на земле отнюдь не редко. Иттрия в земной коре 0,0029%, а это значит, что он входит в число 30 наиболее распространенных элементов нашей планеты. Его земные запасы в десятки раз больше, чем, например, молибдена или вольфрама, в сотни раз больше, чем серебра или ртути, и, наконец, в тысячи раз больше, чем золота или платины. Понятие «редкоземельные элементы» – скорее дань истории их открытия, чем оценка распространенности их в природе.

Свыше ста минералов содержат иттрий. Среди них есть собственно иттриевые – ксенотим, фергусонит, эвксенит, таленит и другие. Сравнительно недавно, в 1961 году, советские ученые обнаружили скопления неизвестного ранее иттрийсодержащего минерала в Казахстане. В честь первого в мире космонавта он был назван гагаринитом. Один из лучших образцов этого камня его первооткрыватели подарили Ю.А. Гагарину. Красивая друза гагаринита – крупные светло-желтые шестигранные кристаллы – экспонируется в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана Академии наук СССР.

ВОЗРОЖДЕННЫЙ «ДИНОЗАВР» (ТЕХНЕЦИЙ)



Вернется ли вчерашний день? – Долг платежом красен. – Подмоченная репутация. – Фортуна поворачивается спиной. – Зачем ломать копья? – «Категорически запрещается!» – Нахальные соседи. – Не спеши... – Пропавший без вести. – Новинки артиллерии. – Визит за океан. – Лучше меньше, чем ничего. – Не мудрствуя лукаво. – «Чудо-осколки». – Нельзя ли подешевле? – Блюдо не по вкусу. – Неприступная крепость. – Вблизи нуля. – В созвездии Андромеды. – Отпавшие версии. – Динозавры выходят на прогулку.

Вообразите, что однажды утром, раскрыв газету, вы увидели в ней сенсационное сообщение:

Родился динозавр

Вчера в N-ском зоопарке успешно завершились многолетние эксперименты по скрещиванию крокодилов и кенгуру в целях воссоздания на Земле динозавров – животных, обитавших в мезозойскую эру и вымерших много миллионов лет назад.

Разумеется, такая «информация» могла появиться в газете только 1 апреля. Мыслимо ли, чтобы колесо истории вдруг прокрутилось на много-много оборотов назад и вернуло бы нам вчерашний день? Недаром говорят, что было, того уж не вернешь.

И все же, хотя науке сегодня действительно не под силу возрождать динозавров и птеродактилей, но совершать нечто подобное в иных областях ученым иногда удается. Речь идет о «воскрешении» тех химических элементов, которые когда-то «обитали» на нашей планете, но постепенно в результате радиоактивного распада практически полностью исчезли. Первым таким элементом был полученный в 1937 году технеций. Впрочем, сначала – небольшой экскурс в историю химии.

Еще в 1846 году работавший в России химик и минералог Р. Герман нашел в Ильменских горах на Урале неизвестный ранее минерал, названный им иттроильменитом. Ученый не успокоился на достигнутом и попытался выделить из него новый химический элемент, который, как он считал, содержится в минерале. Но не успел он открыть свой ильмений, как известный немецкий химик Г. Розе "закрыв" его, доказав ошибочность работ Германа. (Вскоре тот сумел отомстить: когда Розе объявил об открытии им пелопия, Герман, приложив немало усилий, убедительно опроверг выводы Розе.)

Спустя четверть века ильмений снова появился на авансцене химии – о нем вспомнили как о претенденте на роль «эка-марганца», который должен был занять пустовавшее в периодической системе место под номером 43. Но репутация ильмения была сильно «подмочена» работами Г. Розе, и, несмотря на то, что многие его свойства, в том числе и атомный вес, вполне подходили для элемента № 43, Д.И. Менделеев не стал оформлять ему прописку в своей таблице. Дальнейшие исследования окончательно убедили научный мир в том, что ильмений может войти в историю химии лишь с печальной славой одного из многочисленных лжеэлементов.

Поскольку свято место пусто не бывает, претензии на право занять его появлялись одна за другой. Дэвий, люций, ниппоний – все они лопались, словно мыльные пузыри, едва успев появиться на свет.

Но вот в 1925 году немецкие ученые супруги Ида и Вальтер Ноддак опубликовали сообщение о том, что ими обнаружены два новых элемента – мазурий (№ 43) и рений (№ 75). К рению судьба оказалась благосклонной: он тут же был узаконен в правах и незамедлительно занял приготовленную для него резиденцию. А вот к мазурию фортуна повернулась спиной: ни его первооткрыватели, ни другие ученые не могли научно подтвердить открытие этого элемента. Правда, Ида Ноддак заявила, что «в скором времени мазурий, подобно рению, можно будет покупать в магазинах», но химики, как известно, словам не верят, а других, более убедительных доказательств супруги Ноддак представить не могли – список «лжесороклетних» пополнился еще одним неудачником.

В этот период некоторые ученые начали склоняться к мысли, что далеко не все элементы, предсказанные Менделеевым, в частности элемент № 43, существуют в природе. Может быть, их просто нет и незачем понапрасну терять время и ломать копья? К такому выводу пришел даже крупный немецкий химик Вильгельм Прандтль, наложивший «вето» на открытие мазурия.

Внести ясность в этот вопрос позволила младшая сестра химии – ядерная физика, успевшая уже к тому времени завоевать прочный авторитет. Одна из закономерностей этой науки (замеченная в 20-х годах советским химиком С.А. Щукаревым и окончательно сформулированная в 1934 году немецким физиком Г. Маттаухом) называется правилом Маттауха-Щукарева, или правилом запрета. Прежде чем разъяснить его суть, напомним, что означают термины «изотоп» и «изобар». Изотопы – атомы какого-либо химического элемента, имеющие одинаковый заряд атомных ядер, но разные массовые числа. У изобаров же, или, иначе говоря «равнотяжелых» изотопов, напротив, заряды ядер различны, а массовые числа совпадают.

Теперь вернемся к правилу запрета. Смысл его заключается в том, что в природе не могут существовать два стабильных изобара, ядерные заряды которых отличаются на единицу. Другими словами, если у какого-либо химического элемента есть устойчивый изотоп, то его ближайшим соседям по таблице «категорически запрещается» иметь устойчивый изотоп с тем же массовым числом. В этом смысле элементу № 43 явно не повезло: его соседи слева и справа – молибден и рутений – позаботились о том, чтобы все стабильные вакансии близлежащих «территорий» принадлежали их изотопам. А это означало, что элементу № 43 выпала тяжкая доля: сколько бы изотопов он не имел, все они обречены на неустойчивость, и, таким образом, им приходилось непрерывно – днем и ночью – распадаться, хотели они того или нет.

Резонно предположите, что когда-то элемент № 43 существовал на Земле в заметных количествах, но постепенно исчез, как утренний туман. Так почему же в таком случае до наших дней сохранились уран и торий? Ведь они тоже радиоактивны и, следовательно, с первых же дней своей жизни распадаются, как говорится, медленно, но верно? Но именно в этом и кроется ответ на наш вопрос: уран и торий только потому и сохранились, что распадаются медленно, значительно медленнее, чем другие элементы с естественной радиоактивностью (и все же за время существования Земли запасы урана в ее природных

кладовых уменьшились примерно в сто раз). Расчеты американских радиохимиков показали, что неустойчивый изотоп того или иного элемента имеет шансы дожить в земной коре с момента «сотворения мира» до наших дней только в том случае, если его период полураспада превышает 150 миллионов лет. Забегая вперед, скажем, что когда были получены различные изотопы элемента № 43, выяснилось, что период полураспада самого долгоживущего из них лишь немногим больше двух с половиной миллионов лет, и, значит, последние его атомы перестали существовать, видимо, даже задолго до появления на Земле первого динозавра: ведь наша планета «функционирует» во Вселенной уже примерно 4,5 миллиарда лет.

Стало быть, если ученые хотели «пощупать» своими руками элемент № 43, его нужно было этими же руками и создавать, поскольку природа давно внесла его в списки пропавших. Но по плечу ли науке такая задача?

Да, по плечу. Это впервые экспериментально доказал еще в 1919 году замечательный английский физик Эрнест Резерфорд. Он подверг ядро атомов азота ожесточенной бомбардировке, в которой орудиями служили все время распадавшиеся атомы радия, а снарядами – образующиеся при этом альфа-частицы. В результате длительного обстрела ядра атомов азота пополнились протонами и он превратился в кислород.

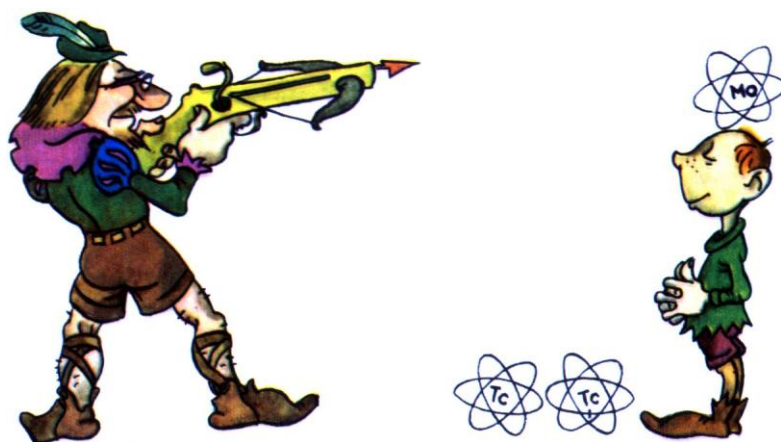
Опыты Резерфорда вооружили ученых необыкновенной артиллерией: с ее помощью можно было не разрушать, а создавать – превращать одни вещества в другие, получать новые элементы.

Так почему бы не попытаться добыть таким путем элемент № 43? За решение этой проблемы взялся молодой итальянский физик Эмилио Сегре. В начале 30-х годов он работал в Римском университете под руководством уже тогда знаменитого Энрико Ферми. Вместе с другими «мальчуганами» (так Ферми шуточно называл своих талантливых учеников) Сегре принимал участие в опытах по нейтронному облучению урана, решал многие другие проблемы ядерной физики. Но вот молодой ученый получил заманчивое предложение – возглавить кафедру физики в Палермском университете. Когда он приехал в древнюю столицу Сицилии, его ждало разочарование: лаборатория, которой ему предстояло руководить, была более чем скромной и вид ее отнюдь не располагал к научным подвигам.

Но велико было желание Сегре глубже проникнуть в тайны атома. Летом 1936 года он пересекает океан, чтобы побывать в американском городе Беркли. Здесь, в радиационной лаборатории Калифорнийского университета уже несколько лет действовал изобретенный Эрнестом Лоуренсом циклотрон – ускоритель атомных частиц. Сегодня это небольшое устройство показалось бы физикам чем-то вроде детской игрушки, но в то время первый в мире циклотрон вызывал восхищение и зависть ученых из других лабораторий (в 1939 году за его создание Э. Лоуренс был удостоен Нобелевской премии).

Незаметно подошел к концу срок пребывания Сегре в США. Трудно ему было расставаться с циклотроном – о подобном оборудовании он не мог тогда и мечтать. Незадолго до отъезда ученому пришла в голову интересная мысль: захватить с собой в Италию пластинку молибдена, на которую в течение нескольких месяцев обрушивался мощный поток ускоренных на циклотроне дейтронов – ядер тяжелого водорода (дейтерия). Лоуренс охотно пошел навстречу своему коллеге, и тот вернулся в Палермо с несколькими образцами невзрачного на вид, но драгоценного молибдена.

Зачем же они понадобились Сегре? «У нас были веские основания думать, – писал он впоследствии, – что молибден после бомбардировки его дейтронами должен превратиться в элемент с номером 43...» В самом деле, ведь атом молибдена имеет в своем ядре 42 протона. Если дейтрон, состоящий из протона и нейтрона, сумеет проникнуть в ядро атома молибдена, то в нем окажется уже 43 протона, т.е. как раз столько, сколько должно быть в ядре элемента № 43.



Казалось бы, все просто, но попробуй докажи это экспериментальным путем. Как бы то ни было, в январе 1937 года Сегре и его помощник минералог Карло Перье засучили рукава и приступили к делу.

Прежде всего они выяснили, что заокеанский молибден излучает бета-частицы – быстрые ядерные электроны. Значит, в нем действительно "сидит" радиоактивный изотоп, но какой именно? Это может быть изотоп как самого молибдена, так и других элементов, например циркония, ниобия, рутения или искомого "сорок третьего".

В результате скрупулезного химического "расследования" все элементы, кроме последнего, сумели доказать свою полную непричастность к бета-излучению. После их удаления ученые получили, наконец, долгожданный "эка-марганец". Правда, получили – пожалуй, слишком громко сказано: как выяснилось несколько позднее, они имели дело всего с 0,0000000001 грамма нового вещества. Впрочем, для физиков одна десятиллиардная доля грамма – не так уж и мало: открытие менделевия (№ 101) было зарегистрировано, когда удалось «добыть» всего 17 атомов этого элемента. Для наглядности приведем такой пример: если все атомы железа, содержащиеся в крохотной булавочной головке, равномерно распределить по поверхности земного шара, то на каждом квадратном метре «обоснуется» добрый десяток миллионов(!) атомов.

Но мы несколько отвлеклись от главных событий, которым посвящен наш рассказ. Итак, в июне 1937 года искусственным путем ученым удалось воссоздать первый из «вымерших» на Земле химических элементов. Не мудрствуя лукаво, Э. Сегре и К. Перье назвали сорок третий элемент технецием, что в переводе с греческого («техникос») значит искусственный.



Хотя технеция в руках ученых было, скажем прямо, не густо, они все же сумели определить некоторые свойства нового элемента и убедились, что он родственник рения, причем довольно близкий, а

не «седьмая вода на киселе».

Вполне понятно, как велико было желание химиков и физиков всего мира узнать побольше подробностей об искусственном новоселе таблицы Менделеева. Но чтобы изучать технеций, нужно было его иметь. Все понимали, что на облученный молибден рассчитывать не приходилось: слишком беден он был технецием. Требовалось подыскать более подходящую кандидатуру на роль поставщика этого элемента.

Поиски продолжались недолго: уже в 1940 году все тот же Сегре и его ассистентка Ву Цзянь-сюн обнаружили, что один из самых долгоживущих изотопов технеция в довольно солидных количествах присутствует в так называемых «осколках», образующихся при делении урана в результате облучения его нейтронами (этот процесс лежит в основе работы ядерных реакторов). На один килограмм «осколков» приходится несколько граммов технеция – тут уже есть о чем поговорить всерьез. Неудивительно, что ядерные реакторы стали по совместительству своеобразными «фабриками», производящими технеций.

Поначалу продукция этих «фабрик» – тяжелый тугоплавкий серебристо-белый металл – стоила, прямо скажем, дороговато – в тысячи раз дороже золота. Но атомная энергетика развивалась весьма энергично (на то она и энергетика!). С каждым годом «сжигалось» все больше ядерного топлива, и урановые «осколки» постепенно становились не столь дефицитным товаром, как прежде. Цена на технеций начала резко падать. Однако процесс извлечения его из радиоактивных «осколков» очень и очень сложен, поэтому еще в 1965 году каждый грамм «синтетического» металла оценивался на мировом рынке в 90 долларов. Но производство его определялось уже не долями миллиграмма, а десятками и сотнями килограммов, и ученые могли теперь всесторонне изучить его свойства, попытаться определить возможные сферы его будущей деятельности.



Важнейшая профессия технеция определилась довольно быстро: борьба с коррозией. Эта коварная «хищница» наносит человечеству огромный ущерб, безжалостно съедая каждый год десятки миллионов тонн стали. Metallурги, правда, умеют варить нержавеющую сталь – «блюдо», которое коррозии не по зубам. Но, во-первых, такая сталь значительно дороже обычной; во-вторых, стали всякие нужны, а сделать металл одновременно и нержавеющим, и, например, износостойким не всегда возможно; наконец, в-третьих, просто не напасть столько хрома и никеля, без которых «нержавейку» не сварить, как не приготовить уху без рыбы. Metallоведы, химики, физики постоянно ищут способы умерить аппетит коррозии, сделать ее менее прожорливой.



Решить антикоррозионную проблему не так-то просто, но успехов на этом поприще уже немало. Ученые обнаружили, в частности, что некоторые вещества обладают ценнейшими свойствами: они делают поверхность металла химически пассивной и, таким образом, надежно предохраняют изделия от коррозии. Эти вещества получили название ингибиторов (от латинского слова «ингибиере» – тормозить, удерживать). Самым способным из них оказался технеций: он обладает наибольшим ингибирующим эффектом. Если стальную деталь обработать раствором, в котором присутствуют едва уловимые количества пертехнатов (солей технециевой кислоты) – всего сотысячные доли процента, то она окажется неприступной крепостью для ржавчины. Даже значительный нагрев (до 250°C) не в силах при этом помочь «агрессору».

Немалый интерес представляет еще одно ценное свойство технеция. Известно, что вблизи абсолютного температурного нуля (-273,16°C) многие металлы становятся сверхпроводниками, т.е. практически перестают оказывать какое бы то ни было сопротивление прохождению электрического тока. Чем выше точка перехода в сверхпроводящее состояние (так называемая критическая температура), тем большие перспективы сулит это свойство технике. В этом отношении у технеция нет конкурентов: он совершенно беспрепятственно проводит ток при 8,24К (-264,92°C), в то время как другим металлам для этого нужно еще немного «поостыть».

Ученые не теряют надежды найти технеций в земной коре, поскольку теоретически можно предположить, что «осколки» урана образуются и в природных кладовых этого элемента; кроме того, не исключена возможность появления технеция в различных горных породах, содержащих молибден, рутений, ниобий: их изотопы под действием космических нейтронов, достигающих Земли, способны превращаться в изотопы элемента № 43.

И все же возлагать большие надежды на нашу планету, пожалуй, не приходится. Вот почему многие исследователи в поисках технеция обратили свой взор (в буквальном смысле) на другие небесные тела. Еще в 1951 году американский астроном Шарлотта Мур опубликовала сенсационное сообщение: спектральным анализом технеций обнаружен на Солнце. Спустя год английский астрофизик Р. Мерилл нашел линии этого элемента в спектре некоторых звезд из созвездий Андромеды и Кита. Правда, дальнейшими исследованиями открытие Мур не подтвердилось, зато существование технеция на далеких звездах неопровержимо доказывали сотни спектрограмм.

Но самое удивительное было в том, что звездные запасы этого элемента оказались вполне сопоставимыми с содержанием циркония, ниобия, молибдена. Может быть, технеций из созвездия Андромеды, в отличие от земного, стабилен и потому распаду не подлежит? Нет, это исключено. Тогда, возможно, звезды, о которых идет речь, намного моложе земли и технеций еще просто не успел превратиться в другие элементы? И такая версия отпадает, потому что эти звезды и наша планета принадлежат к одному «поколению».

В таком случае напрашивается единственный вывод: внутри некоторых небесных тел технеций образуется и в настоящее время. Как это происходит, наука еще не может точно объяснить, а лишь выдвигает ряд гипотез. Видимо, в процессе эволюции звезд в их недрах непрерывно протекают термоядерные реакции и в результате на свет рождаются различные химические элементы.



Вполне возможно, что где-то в просторах Вселенной, за тридевять галактик от Земли, затерялась пока неведомая ученым планета. Кое-где на ее поверхности встречается застывшая лава – вулканы выбросили из недр очередную порцию «свежеприготовленного» технеция. А может быть там и динозавры разгуливают?..

ШУТКА АНГЛИЙСКОГО УЧЕНОГО (ПАЛЛАДИЙ)



Роковое утро. – Странное объявление. – Любопытство – не порок. – Мошенник будет разоблачен! – Как сорвать куш? – Тайное становится явным. – Фиаско Ченевикса. – Богиню звали Афиной Палладой. – Поручение испанского правительства. – Не густо! – Скромная роль. – Есть ли пятна на Солнце? – Все в мире относительно. – Белое золото. – Полезные связи. – Броня крепка. – На внешней орбите. – Палладий творит чудеса. – Все довольны. – Информация к размышлению. – Сиреневый сплав. – Две медали.

В тот день Ричард Ченевикс – преуспевающий английский химик – проснулся раньше обычного. За окном висели тяжелые, мокрые насквозь тучи. Дождь, беззастенчиво тархтевший всю ночь напролет, продолжал лить как из ведра, словно желая проверить водонепроницаемость лондонских крыш. Казалось, небеса решили выплеснуть на землю всю накопленную ими влагу.

Может быть, нам не следовало уделять столько внимания атмосферным осадкам, которыми, как известно, богат Туманный Альбион, если бы именно в это слякотное утро 1803 года не произошло событие, в конце концов приведшее к тому, что научная репутация Ченевикса оказалась подмоченной.

Просматривая за чашкой кофе свежие газеты, Ченевикс наткнулся на странное объявление, сообщавшее, что в магазине мистера Форстера – коллекционера и торговца минералами – можно по сходной цене приобрести новый металл – палладий, о котором еще вчера не слышал ни один химик мира.

Что это: шутка, научная мистификация или рекламный трюк? И хотя Ченевиксу было совершенно ясно, что ни о каком новом металле здесь не могло быть и речи, любопытство взяло свое: несмотря на непогоду, он все же отправился по указанному адресу.

К его великому удивлению Форстер действительно показал слиточек металла, по внешнему виду напоминавшего платину, но значительно более легкого. Он рассказал, что несколько дней назад получил письмо, написанное красивым почерком на дорогой бумаге. Анонимный корреспондент предлагал владельцу магазина попытаться продать небольшое количество неизвестного ранее металла, который был приложен к письму. Более Форстер ничего не мог сказать. Ченевикс решил купить слиточек, чтобы потом, проанализировав его, публично высмеять наглого лжехимика, который якобы открыл новый металл. Не грех было заодно и проучить торговца, принявшего участие в этой возмутительной фальсификации.

О своем намерении ученый оповестил коллег, и те с нетерпением ожидали результатов анализа. Вскоре Ченевикс выступил с сообщением, что так называемый палладий вовсе «не новый элемент, как постыдно заявлялось», а всего-навсего сплав платины со ртутью. Казалось бы, мошенническая проделка разоблачена, но как ни старались после этого другие химики обнаружить в палладии платину и ртуть, им это не удавалось. В чем же дело? Уязвленный Ченевикс поспешил объяснить и этот факт: по его мнению, причина крылась в том, что ртуть в сплаве очень прочно связана с платиной и разделить их практически невозможно. Более того, он даже указал рецепт приготовления сплава.

Страсти, разгоревшиеся вокруг нового металла, со временем начали утихать, как вдруг в одном из

научных журналов появилось объявление, в котором предлагалась немалая премия (20 фунтов стерлингов!) тому, кто в течение года сможет приготовить палладий из платины и ртути по рецепту Ченевикса или любым иным способом. Желающих сорвать куш оказалось немало, но год прошел, а ни сам Ченевикс, ни кто-либо другой так и не обрели право на премию.

Спустя некоторое время после истечения назначенного срока, в 1804 году, на заседании Лондонского королевского общества (игравшего роль Академии наук) его секретарь, известный врач и химик Уильям Гайд Волластон, доложил, что при анализе платины он обнаружил в ней металл с теми же свойствами, что у палладия, купленного за год до этого Ченевиксом, и, кроме того, еще один новый металл, названный родием. А в начале 1805 года в том же журнале, где было помещено объявление о премии, Волластон опубликовал открытое письмо, в котором признался, что не кто иной, как он создал ажиотаж вокруг открытого им палладия: именно он предложил Форстеру для продажи слиточек нового металла и он же пообещал раскошелиться на 20 фунтов стерлингов.

Трудно сказать, чем руководствовался Волластон, столь необычным путем оповестивший мир о своем открытии. Для Ченевикса же все это означало полное фиаско. Потрясенный неудачей, он вскоре после описанных событий вообще забросил занятия химией.

Назвав новый металл палладием, Волластон тем самым отдал дань уважения совершенному в 1802 году астрономическому открытию немецкого ученого Г. Ольберса, обнаружившего в солнечной системе неизвестную ранее малую планету (или астероид), которую он окрестил Палладой в честь древнегреческой богини мудрости Афины Паллады.



Спустя четверть века в издаваемом в России «Горном журнале» появилось следующее сообщение: «В 1822 году Г. Бреан имел поручение от испанского правительства очистить и обратить в слитки всю платину, собранную в Америке в течение многих лет. При сем случае, обрабатывая более 61 пуда сырой платины, отделил он два с четвертью фунта палладия, металла, открытого Волластоном и по чрезвычайной редкости своей ценимого в пять с половиной раз выше золота».

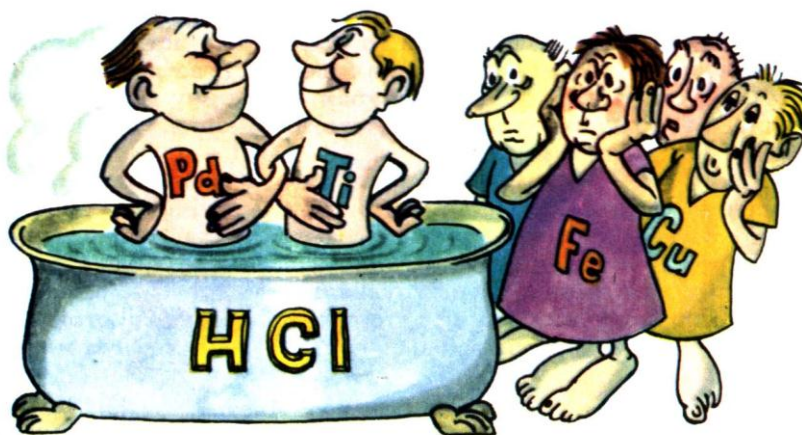
Сегодня, когда с относительной точностью подсчитано содержание всех элементов в земной коре, известно, что палладия в ней примерно в десять раз больше, чем золота. Однако общие запасы палладия, как и других металлов платиновой группы, довольно скудны – всего $5 \cdot 10^{-6}\%$, хотя геохимики могут назвать около 30 минералов, в которые входит этот элемент. В отличие от других платиноидов, палладий, как и сама платина, встречается также в самородном состоянии. Как правило, при этом он содержит примеси платины, иридия, золота, серебра. Нередко палладий и сам находится в природе в виде примеси к самородной платине или золоту. В Бразилии, например, найдена редчайшая разновидность самородного золота (порпечит), в котором содержится 8-11% палладия.

Поскольку россыпные месторождения палладия довольно редки, основным сырьем для его получения служат сульфидные руды никеля и меди. Палладию, правда, принадлежит при этом скромная роль побочного продукта переработки руд, но он от этого не становится менее ценным. Крупными залежами таких руд располагают Трансвааль и Канада. А сравнительно недавно советские геологи нашли в районе Норильска обширные месторождения медно-никелевых руд, для которых характерно присутствие платиновых металлов, главным образом палладия.

Этот элемент имеется не только на нашей планете – «водится» он и на других небесных телах, о чем свидетельствует состав метеоритов. Так, в железных метеоритах на тонну вещества приходится до 7,7 грамма палладия, а в каменных – до 3,5 грамма. То, что на Солнце есть пятна, известно всем. А вот то, что на Солнце есть палладий, знают, видимо, далеко не все. Ученые обнаружили там палладий одновременно с гелием, еще в 1868 году.

Несмотря на то, что палладий примерно в полтора раза тяжелее железа, среди своих «коллег»-платиноидов он прослыл легковесным: по плотности (12 г/см^3) он значительно уступает осмию (22,5), иридию (22,4), платине (21,45). Плавится он также при более низкой температуре (1552°C), чем другие металлы платиновой группы. Палладий легко обрабатывается даже при комнатной температуре. А поскольку он довольно красив, отлично полируется, не тускнеет и не корродирует, ювелиры охотно взяли его в работу: из него изготавливают, например, оправы для драгоценных камней.

Мы уже привыкли к таким газетным штампам, как «черное золото» – так величают нефть, «мягкое золото» – мех, «зеленое золото» – лес. Когда говорят о «белом золоте», обычно подразумевают хлопок. Но, оказывается, золото может быть белым в самом прямом смысле: даже небольшие добавки палладия снимают «с лица» золота желтизну и придают ему красивый белый оттенок. Часы, оправы для драгоценных камней, браслеты из белого золота очень эффектны.



Весьма приятным оказалось знакомство с палладием и для титана. Известно, что этому металлу присуща высокая коррозионная стойкость: даже такие всеядные «хищники», как царская водка или азотная кислота, не могут «полакомиться» титаном, однако под действием концентрированных соляной и серной кислот он все же вынужден корродировать. Но если его немного «витаминизировать» палладием (добавка меньше 1%), то способность титана сопротивляться этим окислителям резко возрастает. Такой сплав уже освоен нашими заводами: из него изготавливают аппаратуру для химической, атомной, нефтяной промышленности. За год пребывания в соляной кислоте пластинка из нового сплава теряет всего 0,1 миллиметра своей толщины, в то время как чистый титан за тот же срок «худеет» на 19 миллиметров. Раствору хлорида кальция сплав совсем не по зубам, а титану без примеси палладия приходится отдавать этому агрессору ежегодную дань – более двух миллиметров.

Каким же образом палладию удается столь благотворно влиять на титан? Причиной этого оказалось обнаруженное недавно учеными явление так называемой самопассивации (самозащиты) металлов: если в сплавы на основе титана, железа, хрома или свинца ввести буквально микродозы благородных металлов – палладия, рутения, платины, то стойкость сплавов против коррозии повышается в сотни, тысячи и даже десятки тысяч раз.

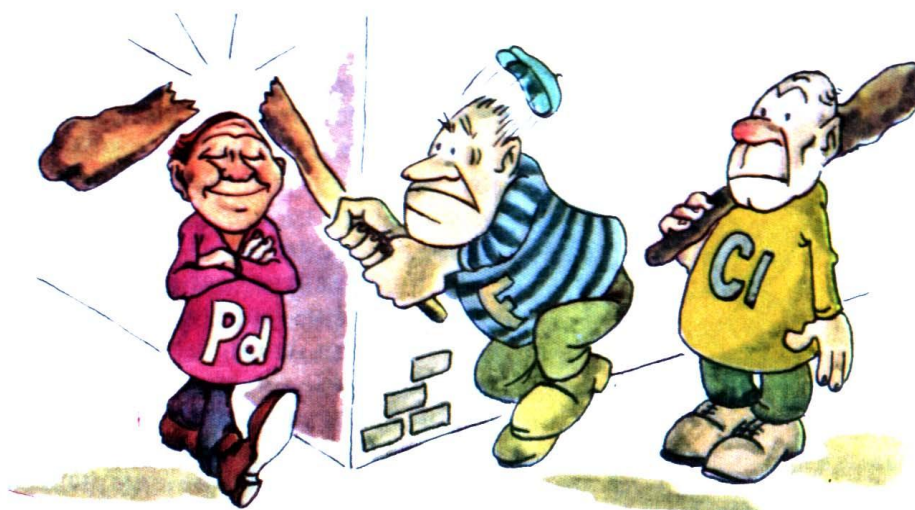
В лаборатории коррозии сплавов Института физической химии Академии наук СССР ученые

испытали действие палладия на хромистую сталь. Детали из этого материала разъедаются многими кислотами за несколько дней. Дело в том, что положительные ионы металла при этом переходят в раствор кислоты, а из раствора в кристаллическую решетку металла проникают ионы водорода, которые охотно соединяются со свободными электронами. Образовавшийся водород выделяется и разрушает сталь. Когда же в кислоту погрузили деталь из той же стали, но с «гомеопатической» добавкой палладия (доли процента), коррозия металла продолжалась всего... несколько секунд, а затем кислота оказалась бессильной. Исследование показало, что кислота взаимодействует в первую очередь с палладием и тут же поверхность стали покрывается тончайшей окисной пленкой – деталь как бы надевает на себя защитную рубашку. Такая «броня» делает сталь практически неуязвимой: скорость ее коррозии в кипящей серной кислоте не превышает десятых долей миллиметра в год (прежде она достигала нескольких сантиметров).

Сам палладий тоже легко попадает под влияние некоторых других элементов: стоит ввести в него, например, небольшое количество родственных металлов – рутения (4%) и родия (1%), как его прочность на растяжение повышается примерно вдвое.

Сплавы палладия с другими металлами (главным образом серебром) используют в зубоорудной технике – из него делают отличные протезы. Палладием покрывают особо ответственные контакты электронной техники, телефонных аппаратов и других электротехнических приборов. Из палладия изготовляют фильеры – колпачки с множеством мельчайших отверстий: в производстве тончайшей проволоки или искусственных волокон через эти отверстия продавливают специально подготовленную массу. Палладий служит материалом для термомпар и некоторых медицинских инструментов.

Но, пожалуй, наибольший интерес представляют уникальные химические свойства палладия. В отличие от всех элементов, известных сегодня науке, он имеет на внешней орбите атома 18 электронов: иными словами, его наружная электронная оболочка заполнена до предела. Такое строение атома обусловило исключительную химическую стойкость палладия: даже всеокрушающий фтор при обычных условиях опасен для него не более, чем для слона комариный укус. Только призывав на помощь высокие температуры (500°C и более), фтор и другие сильные окислители могут вступить во взаимодействие с палладием.



Палладий способен поглощать или, выражаясь языком физиков и химиков, окклюлировать в больших количествах некоторые газы, главным образом водород. При комнатной температуре кубический сантиметр палладия в состоянии поглотить примерно 800 «кубиков» водорода. Разумеется, такие эксперименты не проходят для металла бесследно: он разбухает, вспучивается, дает трещины.



Не менее удивительно и другое свойство палладия, также связанное с водородом. Если, допустим, изготовить из палладия сосуд и наполнить его водородом, а затем, закупорив, нагреть, то газ преспокойно начнет вытекать через... стенки сосуда, как вода через решето. При 240°C за одну минуту через каждый квадратный сантиметр палладиевой пластинки толщиной в миллиметр проходит 40 кубических сантиметров водорода, а с повышением температуры проницаемость металла становится еще более значительной.

Как и другие платиновые металлы, палладий служит отличным катализатором. Это свойство в сочетании со способностью пропускать водород лежит в основе явления, открытого недавно группой московских химиков. Речь идет о так называемом сопряжении (взаимном ускорении) двух реакций на одном катализаторе, в роли которого выступает палладий. Реакции при этом как бы помогают друг другу, а вещества,

принимающие в них участие, не перемешиваются.

Представьте себе аппарат, герметически разделенный тонкой палладиевой перегородкой (мембраной) на две камеры. В одной из них находится бутилен, в другой – бензол. Жадный до водорода палладий вырывает его из молекул бутилена, газ проходит через мембрану в другую камеру и там охотно соединяется с молекулами бензола. Бутилен, у которого отняли водород, превращается в бутадиев (сырье для производства синтетического каучука), а бензол, поглотив водород, становится циклогексаном (из него изготавливают капрон и нейлон). Присоединение водорода к бензолу протекает с выделением тепла; значит, чтобы реакция не прекратилась, тепло нужно все время отводить. Зато бутилен готов отдать свой водород лишь «в обмен» на некоторое количество джоулей. Поскольку обе реакции проходят «под одной крышей», все тепло, образующееся в первой камере, тут же используется в другой. Эффективное сочетание этих химических и физических процессов становится возможным благодаря тоненькой палладиевой пластинке.

С помощью мембранных палладиевых катализаторов можно также получать из нефтяного сырья и попутных газов сверхчистый водород, необходимый, например, для производства полупроводников и особо чистых металлов.

В наши дни палладий сравнительно дешев – его цена в пять раз меньше, чем платины. Немаловажное обстоятельство! Оно позволяет надеяться, что работы для этого металла будет с каждым годом все больше и больше. А помогут ему найти новые сферы деятельности электронные вычислительные машины. Решение подобных задач по плечу ЭВМ, конечно, при условии, что ученые обеспечат их необходимой «информацией к размышлению».

Сегодня уже никого не удивишь тем, что ЭВМ играют в шахматы, управляют технологическими процессами, переводят с иностранных языков, рассчитывают траектории полета космических кораблей. А почему бы не вменить в обязанности ЭВМ создание новых сплавов, обладающих уникальными свойствами?

Такую проблему поставили перед собой несколько лет назад ученые Института металлургии имени А.А. Байкова Академии наук СССР. Прежде всего им предстояло найти общий язык с машиной, на котором можно было бы отдавать ей команды. И такой язык – нужные алгоритмы – ученым удалось разработать. В блок памяти ЭВМ «Минск-22» были введены результаты исследований примерно 1500 различных сплавов и, кроме того, «анкетные данные» металлов – электронное строение их атомов, температуры плавления, типы кристаллических решеток и многие другие сведения, характерные для каждого из металлов. Зная все

это, машина должна была предсказать, какие неизвестные ранее соединения могут быть получены, указать их основные свойства, а значит, и подобрать подходящие для них области применения.

Представьте себе, что эти задачи решались бы, как и прежде, «ручным» способом – путем обычных экспериментов. Это значило бы, что к каждому металлу нужно добавить различные количества другого металла, выбранного по тем или иным соображениям, из полученных сплавов приготовить образцы, затем подвергнуть их физическим и химическим исследованиям, и т.д. Ну, а если задаться целью изучить все возможные комбинации не двух, а трех, четырех, пяти компонентов? Такая работа заняла бы десятки, а то и сотни лет. К тому же для проведения опытов понадобилось бы огромное количество металлов, многие из которых дороги и дефицитны. Вполне возможно, что земных запасов таких редких элементов, как, например, рений, индий, палладий, на подобные эксперименты попросту бы не хватило.

Электронной вычислительной машине пищей для ума служат цифры, символы, формулы, да и «производительность труда» у нее повыше: за считанные мгновенья она в состоянии выдать огромную научную информацию.

В результате кропотливой работы, проведенной под руководством члена-корреспондента Академии наук СССР Е.М. Савицкого, удалось сначала предсказать с помощью ЭВМ, а затем и получить в натуре многие интересные материалы. Одними из первых соединений, рожденных ЭВМ, были сплавы палладия, в том числе необычайно красивый сиреневый сплав палладия с индием. Но главное, разумеется, не в цвете. Гораздо важнее деловые качества новых «работников». И они, надо сказать, на высоте. Так, созданный институтом сплав палладия с вольфрамом позволил более чем в 20 раз повысить надежность и срок эксплуатации многих электронных приборов.

«Прогноз с помощью ЭВМ, – говорит Е.М. Савицкий, – конечно, не делается для сплавов, которые можно получить простым смешением компонентов, но там, где нужны сложные соединения и требуется получить сплавы, выдерживающие огромные давления и сверхвысокие температуры, противостоящие магнитным и электрическим полям, там помощь ЭВМ необходима». Машина подсказала уже ученым около восьмисот новых сверхпроводящих соединений и почти тысячу сплавов со специальными магнитными свойствами. Кроме того ЭВМ порекомендовала металловедам обратить внимание примерно на пять тысяч соединений редкоземельных металлов из которых пока известна лишь пятая часть. Ценные указания получены от машины и в отношении трансурановых элементов.

По мнению Е.М. Савицкого, «возможности синтеза неорганических соединений безграничны. На их основе уже в ближайшие годы число полученных соединений может быть увеличено в десятки раз. И, несомненно, среди них будут находиться вещества с совершенно новыми и редкими физическими и химическими свойствами, необходимыми для народного хозяйства и новой техники».

В заключение расскажем о двух медалях, изготовленных из палладия. Первая из них, носящая имя Волластона, была учреждена Лондонским геологическим обществом полтора века назад. Сначала медаль чеканили из золота, но после того, как в 1846 году английский металлург Джонсон извлек из бразильского палладистого золота чистый палладий, ее изготавливают только из этого металла. В 1943 году медаль имени Волластона была присуждена замечательному советскому ученому академику А.Е. Ферсману и хранится сейчас, в Государственном историческом музее СССР. Вторую палладиевую медаль, присуждаемую за выдающиеся работы в области электрохимии и теории коррозионных процессов, учредило Американское электрохимическое общество. В 1957 году этой наградой были отмечены труды крупнейшего советского электрохимика академика А.И. Фрумкина.

ПО ИМЕНИ ФИНИКИЙЦА КАДМА (КАДМИЙ)



Строгий ревизор. – Загадочная желтизна. – Повествуют мифы. – Покушения на приоритет. – Крик души. – Надежное алиби. – Кадмиевое «покрывало». – Нежеланный гость. – «Усы» входят в моду. – Прочная паутина. – Отрицательный герой. – Лунная бритва. – Сердце бьется чаще. – Чьи отпечатки пальцев? – Трио в работе. – Ну, а вдруг? – Служба на периферии. – Огни маяков. – Лебедь, рак и щука. – Бешеные цены. – «Made in cosmos». – Негативная сторона. Большая редкость.

Все началось с ревизии. Но любителей детективного жанра ждет горькое разочарование: в описываемой истории ревизия привела не к раскрытию преступной шайки жуликов, а к... открытию нового химического элемента.

Дело происходило в Германии в начале прошлого века. Окружной врач Ролов, ревизуя по долгу службы аптеки своего округа, обнаружил во многих из них препараты с окисью цинка, которая показалась ему подозрительной: ее внешний вид позволял предположить, что она содержит мышьяк. А поскольку репутация этого элемента и сейчас далеко не безупречна (до сих пор, например, многие историки считают мышьяк «виновником» смерти Наполеона), Ролов запретил продажу этих препаратов и подверг изъятую окись цинка проверке. Первые же опыты вроде бы свидетельствовали, что бдительный врач не зря поднял тревогу: при взаимодействии раствора этой окиси цинка и сероводорода выпадал желтый осадок, очень напоминавший сульфид мышьяка. Но владелец фабрики, изготовлявшей злополучные препараты, некто Герман, не пожелал сдаваться без боя. Будучи по профессии химиком, он тщательно проверил свою продукцию на присутствие мышьяка всеми известными тогда методами. Результаты анализов явно опровергли мнение Ролова, и Герман обратился к местным властям с просьбой «реабилитировать» его ни в чем не повинные препараты.



Прежде чем окончательно разрешить возникший спор, власти земли Ганновер сочли нужным выяснить мнение профессора Штроемера, возглавлявшего кафедру химии Геттингенского университета, а по совместительству занимавшего пост генерального инспектора всех ганноверских аптек.

Из Шенебека, где находилась фабрика Германа, в Геттинген были присланы образцы цинковых соединений, и генеральный инспектор приступил к исполнению роли арбитра в споре между окружным врачом и фабрикантом. Чтобы получить окись цинка, в Шенебеке прокаливали углекислый цинк. Штроемер проделал ту же операцию и к своему удивлению обнаружил, что образовавшееся соединение имеет желтый цвет, а окись цинка «по правилам» должна быть белой.



Какова же причина этой незапланированной желтизны? Герман объяснял ее присутствием примеси железа. Ролов же утверждал, что во всем виноват мышьяк. Проведя полный анализ карбоната цинка, Штроемeyer обнаружил новый металл, очень сходный с цинком, но легко отделяемый от него с помощью сероводорода. Ученый назвал металл кадмием, подчеркнув тем самым его «родственные связи» с цинком: греческое слово «кадмея» с древних времен означало «цинковая руда». Само же слово, по преданию, происходит от имени финикийца Кадма, который будто бы первым нашел цинковый камень и подметил его способность придавать меди при выплавке ее из руды золотистый цвет. Это же имя носил герой древнегреческой мифологии: по одной из легенд, Кадм победил в тяжелом поединке Дракона и на его землях построил крепость

Кадмею, вокруг которой затем вырос семивратный город Фивы.

В 1818 году Фридрих Штроемeyer опубликовал подробное описание нового металла, а уже вскоре состоялось несколько «покушений» на его приоритет в открытии кадмия. Первое из них совершил знакомый нам Ролов, однако его притязания были отвергнуты как несостоятельные. Чуть позже Штроемeyerа, но независимо от него тот же элемент открыл в цинковых рудах Силезии немецкий химик Керстен, предложивший назвать элемент мелинумом (что означает «желтый, как айва») – по цвету его сульфида. На след кадмия напали еще двое ученых – Гильберт и Джон. Один из них предложил именовать элемент юнием (по названию открытого в 1804 году астероида Юноны), а другой – клапротием (в честь скончавшегося в 1817 году выдающегося немецкого химика Мартина Генриха Клапрота – первооткрывателя урана, циркония, титана). Но как ни велики заслуги Клапрота перед наукой, его имени не суждено было закрепиться в списке химических элементов: кадмий остался кадмием.

В чистом виде – это довольно тяжелый (тяжелее железа) мягкий металл. Если пруток кадмия приложить к уху и согнуть, то можно услышать характерный треск, вызываемый деформацией кристаллов металла. Такой же звуковой эффект наблюдается и у олова («оловянный крик»).

Сравнительно невысокая температура плавления (321°C) обусловила широкое применение кадмия в качестве компонента легкоплавких сплавов. К их числу относится, например, сплав Вуда (12,5% кадмия), который был разработан еще в 1860 году не очень известным английским инженером Вудом; часто это изобретение ошибочно приписывают его однофамильцу – знаменитому американскому физику, но у того есть более чем надежное «алиби»: в момент создания сплава его просто не было на нашей планете – он родился лишь восемь лет спустя. Легкоплавкие сплавы используют как припои, как материал для получения тонких и сложных отливок, в автоматических противопожарных системах, для спайки стекла с металлом.

Кадмиевые сплавы обладают хорошими антифрикционными свойствами. Так, сплав, состоящий из 99 % кадмия и 1% никеля, применяют для изготовления подшипников, работающих в автомобильных, авиационных и судовых двигателях. Чтобы устранить вредное влияние органических кислот, содержащихся в смазочных материалах, подшипниковые сплавы на основе кадмия иногда покрывают тончайшим слоем индия. В свою очередь кадмиевое покрытие надежно предохраняет железные и стальные изделия от атмосферной коррозии. Раньше для кадмирования металл погружали в расплавленный кадмий: сейчас этот процесс осуществляют только электролитическим путем. Кадмированию подвергают наиболее ответственные детали самолетов, кораблей, а также различные изделия, предназначенные для «несения службы» в условиях тропического климата. Любопытно, что кадмиевые покрытия особенно добросовестно выполняют свои «обязанности» на лоне природы: в сельской местности их коррозионная стойкость заметно

выше, чем в промышленных районах. Весьма положительную репутацию в ряде областей техники снискала кадмированная жечь, однако ввиду токсичности кадмия в пищевую промышленность ей вход строго воспрещен. В некоторых странах это запрещение возведено даже в ранг закона.

До недавних пор у кадмиевых покрытий имелся недуг, время от времени дававший о себе знать. Дело в том, что при электролитическом нанесении кадмия на стальную деталь в металл может проникнуть содержащийся в электролите водород. Этот весьма нежеланный гость вызывает у высокопрочных сталей опасное «заболевание» – водородную хрупкость, приводящую к неожиданному разрушению металла под нагрузкой. Получалось, что, с одной стороны, кадмирование надежно предохраняло деталь от коррозии, а с другой – создавало угрозу преждевременного выхода детали из строя. Вот почему конструкторы часто были вынуждены отказываться от «услуг» кадмия.

Ученым Института физической химии Академии наук СССР удалось устранить эту «болезнь» кадмиевых покрытий. В роли лекарства выступил титан. Оказалось, что, если в слое кадмия на тысячу его атомов приходится всего один атом титана, стальная деталь застрахована от возникновения водородной хрупкости, поскольку титан ухитряется в процессе нанесения покрытия вытянуть из стали весь водород.



С кадмированием связана важная веха в биографии так называемых нитевидных кристаллов. Еще во время второй мировой войны было зафиксировано немало случаев, когда по непонятным причинам выходили из строя различные электронные устройства. Как удалось установить, виновниками неполадок оказывались мельчайшие (диаметром 1-2 микрона) кристаллики олова или кадмия, которые вырастали иногда на поверхности стальных деталей, покрытых слоем одного из этих металлов.

Чтобы успешно бороться с нитевидными кристаллами, или «усами» (так начали называть вредную металлическую «растительность»), нужно было их как следует изучить. Усы стали объектом многочисленных исследований, и вскоре выяснилось (поистине нет худа без добра), что они обладают колоссальной прочностью – близкой к теоретически возможной. Такое уникальное свойство сразу переменяло отношение к усам. Вскоре были разработаны эффективные методы выращивания тончайших кристаллов для использования во многих областях техники. С тех пор в лабораториях ряда стран выращены кристаллы-нити сотен элементов и соединений, но самое почетное место среди них навсегда оставлено за оловянными и кадмиевыми усам, которые первыми всерьез заинтересовали собой научный мир.

Миллионами километров медной проволоки опутаны наши города: благодаря этой «паутине» бойко курсируют по городским улицам троллейбусы и трамваи. Но при этом их токоснимающие устройства безжалостно истирают медь проводов.

На помощь приходит кадмий: небольшие добавки этого элемента (около 1%) значительно повышают прочность и твердость меди, практически не ухудшая ее электрических свойств. Даже на самых оживленных транспортных магистралях такие провода служат бессменно долгие годы.

Современная техника немыслима без электрических аккумуляторов. Космические корабли и подводные лодки, автомобили и радиоприемники, телефонные и телеграфные устройства, шахтные светильники и слуховые аппараты, фотовспышки и приборы аварийного освещения – впрочем перечислить все области применения электрических аккумуляторов так же «просто», как пересчитать звезды на небе. Эти несложные приборы, состоящие из двух электродов, погруженных в раствор электролита, накапливают

электрическую энергию, превращая ее в химическую, и по мере надобности вновь преобразуют ее в электрический ток. Широкое распространение получили кадмиево-никелевые аккумуляторы. Роль отрицательного «героя» (точнее, электрода) в них выполняют железные сетки с губчатым кадмием, а положительные пластины покрыты окисью никеля; электролитом служит раствор едкого кали. Такие источники тока отличаются высокими электрическими характеристиками, большой надежностью, длительным сроком эксплуатации, а их подзарядка занимает всего 15 минут.

Несколько лет назад одна из фирм США сконструировала бритву с турболучевым приводом, энергию которой сообщают три компактные кадмиево-никелевые батарейки. По сообщениям американской печати, новинкой заинтересовалось Национальное управление по исследованию космического пространства: предполагалось, что космонавты возьмут эту бритву в экспедицию на Луну.

Еще более интересное и несомненно очень полезное применение нашли кадмиево-никелевым батарейкам врачи. Введенные в грудную клетку людей, страдающих сердечной недостаточностью, эти миниатюрные «электростанции» обеспечивают энергией механический стимулятор работы сердца. Но ведь батарейка не может работать вечно – время от времени ее нужно перезаряжать. Неужели каждый раз больной должен ложиться на операционный стол? Разумеется, нет. Для бесперебойной службы батарейки достаточно раз в неделю надевать всего на полтора часа специальную намагниченную куртку. Уже тысячи человек на собственном опыте убедились в достоинствах новых стимуляторов сердечной деятельности.

Недавно кадмий был «принят на службу» английскими криминалистами: с помощью тончайшего слоя этого металла, напыленного на обследуемую поверхность, удается быстро выявить четкие отпечатки пальцев преступника.



Соединения кадмия – «ведущие исполнители» в так называемом нормальном элементе Вестона – своеобразном эталоне электродвижущей силы (э.д.с.). В нем «трудятся» амальгама кадмия, кристаллы его сульфата и водный раствор этой соли. Значения э.д.с. такого прибора при комнатной температуре колеблются в очень узких пределах.

Середина XX века – время удивительных научных открытий, небывалого технического прогресса. Одно из самых значительных достижений человеческого разума – покорение энергии атома. Для овладения фантастическими силами, таящимися в атомном ядре, нужны были не только гениальные мысли, но и материалы с уникальными свойствами. В числе немногих металлов, на которые обратили внимание конструкторы ядерных реакторов, оказался кадмий.

Какие же функции выполняет этот элемент в атомной энергетике? Подобно тому, как автомобиль не обходится без тормозов, реактор не может работать без регулирующих стержней, увеличивающих или уменьшающих поток нейтронов. Чтобы началась реакция, стержни медленно поднимают, предоставляя

нейтронам возможность свободно "резвиться" в атомном котле. Но если они при этом «теряют чувство меры», т.е. процесс становится слишком интенсивным, стержни вновь погружают в активную зону: нейтроны оказываются как бы взаперти, и реакция затормаживается.

В каждом реакторе «по штатному расписанию» предусмотрен также массивный аварийный стержень, который приступает к делу в том случае, если регулирующие стержни почему-либо не справляются с возложенными на них обязанностями. Ну, а вдруг и он откажет? Такой случай произошел на одном из американских реакторов (в штате Калифорния). Из-за каких-то конструктивных неполадок аварийный стержень не смог своевременно погрузиться в котел – цепная реакция стала неуправляемой, возникла серьезная авария. Реактор с разбушевавшимися нейтронами представлял огромную опасность для окрестного населения. Пришлось срочно эвакуировать людей из опасной зоны, пока ядерный «костер» не погас. К счастью, обошлось без жертв, но убытки были очень велики, да и реактор на некоторое время вышел из строя. А будь исправен механизм аварийного стержня, нейтроны удалось бы утихомирить в считанные мгновения.

Главное требование, предъявляемое к материалу регулирующих и аварийных стержней, – способность поглощать нейтроны, а кадмий – один из «крупнейших специалистов» в этой области. С одной только оговоркой: если речь идет о тепловых нейтронах, энергия которых очень мала (она измеряется сотыми долями электрон-вольта). В первые годы атомной эры ядерные реакторы работали именно на тепловых нейтронах и кадмий долгое время считался «первой скрипкой» среди стержневых материалов. Позднее, правда, ему пришлось уступить ведущую роль бору и его соединениям. Но для кадмия физики-атомщики находят все новые и новые сферы деятельности: так, например, с помощью кадмиевой пластинки, устанавливаемой на пути нейтронного пучка, исследуют его энергетический спектр, определяют, насколько он однороден, какова в нем доля тепловых нейтронов.

Если атомная энергетика – своего рода эпицентр современной техники, то лакокрасочная промышленность – всего лишь ее периферия. Но и тут кадмий работает так же добросовестно, как и на «ответственных постах» в ядерных реакторах. Еще в прошлом веке сульфид этого элемента использовали в качестве минерального красителя. В «Технической энциклопедии», изданной в начале нашего века, приведена следующая справка: «...светлые желтые тона, начиная от лимонно-желтого, получаются из чистых слабокислых и нейтральных растворов серноокислого кадмия, а при осаждении раствором сернистого натрия получают тона более темно-желтые. ...Тем или другим способом можно получить кадмиевую желть шести оттенков, начиная от лимонно-желтого до оранжевого... Краска эта в готовом виде имеет очень красивый блестящий желтый цвет. Она довольно постоянна к слабым щелочам и кислотам, а к сероводороду совершенно нечувствительна; поэтому она смешивается в сухом виде с ультрамарином и дает прекрасную зеленую краску, которая в торговле называется кадмиевой зеленью... Будучи смешана с олифой, она идет как масляная краска в малярном деле; очень хорошо укрывиста, но вследствие большой рыночной цены (фунт стоит от 5 до 6,50 руб.) она большей частью идет в живописи как масляная или акварельная краска, а также и для печатания. Благодаря ее большой огнеупорности употребляется для живописи по фарфору».

Амплуа красителя сульфид кадмия сохранил и в последующие годы. С почтением относились к кадмиевой краске вагоностроители, которые многие годы красили ею железнодорожные пассажирские вагоны. Объяснялось это не столько тем, что она «очень хорошо укрывиста», сколько ее высокой стойкостью против «дурного влияния» паровозного дыма. В последнее время сравнительно дорогой чистый сульфид кадмия часто заменяют более дешевыми красителями – кадмопоном и цинко-кадмиевым литопоном; последний имеет приятный цвет – кремовый или слоновой кости.

У пиротехников сульфид кадмия пользуется популярностью благодаря его способности создавать синее пламя, а при соответствующих добавках – голубое и фиолетовое. Но этим не исчерпываются «творческие возможности» кадмиевых соединений: селенид этого элемента применяют как красную краску; ему же обязаны своим рубиновым цветом звезды московского Кремля. Словом, кадмий имеет «дружеские связи» со всеми цветами радуги. Кадмиевые пигменты используют для окраски резины, тканей, пластических масс, синтетических волокон.

Уже знакомые вам соли кадмия – сульфид и селенид – известны также своими полупроводниковыми свойствами. Ученые полагают, что кристаллам сульфида кадмия суждено сыграть важную роль в развитии электроники, ядерной физики, акустики (в частности, для усиления ультразвука).

Вполне возможно, что сульфид кадмия сыграет важную роль и в преобразовании солнечной энергии в электрическую. Над этой интересной проблемой работают ученые различных стран. Ведь из огромного количества энергии, посылаемой Солнцем на Землю, человек использует сегодня лишь 0,001%. Что и говорить, маловато! Не случайно замечательный французский физик Фредерик Жолио-Кюри, посвятивший свою жизнь извлечению энергии из недр атома, считал, что «решение проблемы использования солнечной энергии для человечества важнее, чем покорение атомного ядра». Уже созданы солнечные элементы, аккумулирующие лучи небесного светила и преобразующие их в электроэнергию. Такие элементы устанавливают, например, на космических аппаратах. На солнечное «обслуживание» переведены маяки Камчатки и Курильских островов. Достаточно двух-трех месяцев безоблачной погоды, чтобы маяки, заряженные энергией Солнца, светили целый год. Наибольшее распространение получили кремниевые элементы, но они очень дороги, и бесплатная энергия Солнца с их помощью заметно возрастает в цене. Физики уже предложили ряд других элементов, которые во много раз дешевле кремниевых. Так, в США изготовлены солнечные элементы в виде тонкой пленки на основе сульфидов кадмия и меди. Правда, коэффициент полезного действия их пока невысок, но специалисты считают, что это дело поправимое.

В последние годы многие технологические эксперименты ставят не в земных лабораториях, а в условиях космического пространства. «Тут (в космосе) можно роскошно производить всевозможные металлургические работы», – говорит один из героев фантастической повести К.Э. Циолковского «Вне Земли». Прошло всего несколько десятков лет, и дерзновенные мечты великого ученого стали реальностью. Невесомость действительно уникальная среда для проведения разнообразных опытов. Однако пропускная способность космических лабораторий пока еще невелика, и поэтому «участников» внеземных экспериментов приходится придирчиво отбирать из наиболее интересных и перспективных материалов. Кадмию в этом отношении повезло: в программу космического материаловедения было включено получение на борту орбитальной научной станции «Салют-6» на установках «Сплав» и «Кристалл» ряда полупроводниковых веществ, в том числе теллурида и сульфида кадмия, а также тройного соединения кадмий-ртуть-теллур (сокращенно КРТ).

Особый интерес ученых вызывало выращивание в невесомости кристалла КРТ, представляющего собой твердый раствор теллуридов кадмия и ртути. Этот полупроводниковый материал незаменим для изготовления тепловизоров – точнейших инфракрасных



приборов, применяемых в медицине, геологии, астрономии, электронике, радиотехнике и многих других важных областях науки и техники. Получить это соединение в земных условиях чрезвычайно трудно: его компоненты из-за большой разницы в плотности ведут себя как герои известной басни И.А. Крылова – лебедь, рак и щука, и в результате вместо однородного сплава получается слоеный «пирог». Ради крохотного кристаллика КРТ приходится выращивать большой кристалл и вырезать из него тончайшую пластинку пограничного слоя, а все остальное идет в отходы. Иначе нельзя: ведь чистота и однородность кристалла КРТ оцениваются в стомиллионных долях процента. Немудрено, что на мировом рынке один грамм этих кристаллов стоит «всего» восемь тысяч долларов.

Вот почему ученые возлагали большие надежды на невесомость, где у компонентов этого вещества нет никаких оснований для раздела объема кристалла: в отсутствие силы тяжести все равны – и легкие, и тяжелые. Ну, а чтобы создать на борту «Салюта» полную «гравитационную тишину», в те часы, когда формировался кристалл, Центр управления полетом не допускал резких движений станции: разворотов, переориентации, включения бортовых двигателей. Да и сами космонавты прекращали на время занятия физкультурой: упражнения на бегущей дорожке и велоэргометре могли помешать кристаллу спокойно расти.

Труды не пропали даром: как показал предварительный анализ доставленных на Землю образцов, в космосе получены достаточно однородные крупные кристаллы с правильной структурой. Пока на промышленные нужды они не пошли – их направили в десятки лабораторий для тщательного исследования. Но уже сейчас можно с уверенностью сказать, что не за горами то время, когда во многих приборах будут работать чудо-кристаллы, рожденные в космосе.

В многогранной деятельности кадмия есть и негативные стороны. Несколько лет назад один из сотрудников службы здравоохранения США установил, что существует прямая связь между смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний и... содержанием кадмия в атмосфере. Этот вывод был сделан после тщательного обследования жителей 28 американских городов. В четырех из них – Чикаго, Нью-Йорке, Филадельфии и Индианополисе – содержание кадмия в воздухе оказалось значительно выше, чем в остальных городах; более высокой была здесь и доля смертных случаев в результате болезней сердца.

Коли враг известен, с ним нужно бороться. Такую задачу поставили перед собой американские ученые. В одной из бухт реки Миссисипи они высадили водные гиацинты, полагая, что с их помощью удастся очистить воду от таких «неблагонадежных» металлов, как кадмий и ртуть. Выбор пал на эти цветы из-за их способности к бурному росту. Насколько эффективен «цветочный» метод, покажет будущее.

Пока медики и биологи определяют, вреден ли кадмий, и ищут пути снижения его содержания в окружающей среде, представители техники принимают все меры к увеличению его производства. Если за всю вторую половину прошлого столетия было добыто лишь 160 тонн кадмия, то в конце 20-х годов нашего века ежегодное производство его в капиталистических странах составляло уже примерно 700 тонн, а в 50-х годах оно достигло 7000 тонн (ведь именно в это время кадмий обрел статус стратегического материала, предназначенного для изготовления стержней атомных реакторов).

Кадмий – весьма редкий и довольно рассеянный элемент. В земной коре его в десятки раз меньше, чем, например, бериллия, скандия, германия, цезия. Уж на что редок индий, но и его природа припасла больше, чем кадмия. К тому же, чтобы сосчитать собственные минералы этого элемента, вполне хватит пальцев на одной руке. Чаще его можно встретить в цинковых, свинцово-цинковых и медно-цинковых рудах. При их переработке в качестве побочного продукта получают кадмий. Но, как вы уже убедились, этот «побочный продукт» играет в технике отнюдь не второстепенные роли.

ТЕЗКА СТРАНЫ ЧУДЕС (ИНДИЙ)



Наполеон готов раскошелиться. – Фортуна поворачивается лицом. – Сколько стоит карандаш? – Приятные хлопоты. – Скрытое становится явным. – Редкая рассеянность. – Находка в Аризоне. – Зеркала обманывают модниц. – В Туманном Альбионе. – Пожарники могут спать. – Физики в недоумении. – В подводном царстве. – Подшипники нужно беречь. – Кое-что о зубных пломбах. – «Одеяло» из индия. – Зеленое золото. – Нейтроны любят счет. – Примесь без примесей. – Чудо-кристалл. – Крепкие объятия. – При чем здесь футбольный мяч? – Желанный гость.

С давних пор в Европе высоко ценилась привозимая из страны чудес Индии ярко-синяя краска «индиго». По чистоте цвета она могла соперничать с синими лучами солнечного спектра. Владельцы текстильных предприятий не скупилась на расходы, чтобы приобрести эту королеву красок, применявшуюся для крашения сукна и других тканей. Когда в конце XVIII века Франция оказалась отрезанной английским военным флотом от Индии и других южных стран, многие заморские товары, в том числе и знаменитая краска «индиго», стали весьма дефицитными. Наполеон, желавший сохранить для своей армии традиционные темно-синие мундиры, пообещал колоссальную премию – миллион франков! – тому, кто найдет способ получения чудесной краски из европейского сырья.

Мы не случайно начали рассказ об одном из редких металлов – индий – с упоминания о краске «индиго»: ведь именно ей элемент № 49 обязан своим названием.

В 1863 году в химической лаборатории маленького немецкого городка Фрейберга профессор Фердинанд Рейх и его ассистент Теодор Рихтер занимались спектроскопическим исследованием цинковых минералов Саксонских гор, надеясь обнаружить в них открытый за два года до этого элемент таллий. Ученые подвергали анализу образец за образцом, однако, как ни вглядывались они в возникающие перед ними спектры, сочных зеленых линий, присущих таллию, не было и в помине. Но, видимо, в тот погожий день фортуне очень уж не хотелось поворачиваться спиной к фрейбергским химикам. Почему бы не вознаградить их за долготерпенье и кропотливый труд? И вот в очередном спектре перед взором ученых предстала необыкновенно яркая синяя линия, не принадлежавшая ни одному из известных элементов. Рейху и Рихтеру стало ясно, что им посчастливилось открыть новый элемент. А за сходство его спектральной линии с королевой красок «новорожденного» решено было назвать индием.

Теперь перед учеными встала проблема: выделить металл в чистом виде. Немало потратили они времени и труда, прежде чем сумели получить два образца металлического индия, каждый величиной с карандаш. Кстати, сходство с карандашом было не только внешним: индий оказался удивительно мягким металлом – почти в пять раз мягче свинца и в 20 раз мягче чистого золота. Из десяти минералов, составляющих шкалу твердости по Моосу, девять тверже индия; ему уступает лишь самый податливый из них – тальк. На бумаге индий оставляет заметный след. Однако писать индиевыми «карандашами» было бы таким же безрассудным расточительством, как топить печку ассигнациями: французская Академия наук оценила образцы нового металла в 80 тысяч долларов - по 700 долларов за грамм!

Появляясь на свет, индий, разумеется, не подозревал, что доставит немало хлопот великому русскому химику Д.И. Менделееву. Впрочем, виноват в этом был не столько индий, сколько его первооткрыватели: они приняли новый металл за близкого родственника цинка и поэтому ошибочно решили, что он, как и цинк, двухвалентен. Кроме того, ученые неправильно определили его атомный вес, посчитав его равным 75,6. Но в этом случае для индия не находилось места в периодической таблице, и

Менделеев пришел к выводу, что индий трехвалентен, по свойствам он гораздо ближе к алюминию, чем к цинку, а атомный вес его составляет примерно 114. Это был далеко не единственный случай, когда великий химик на основе обнаруженного им закона вносил существенные коррективы в характеристики уже известных элементов. И на этот раз жизнь подтвердила его правоту: атомный вес индия, определенный с помощью самых точных методов, оказался равным 114,82. Элементу было отведено место № 49 в третьем ряду периодической системы.

Природный индий состоит из двух изотопов с массовыми числами 113 и 115, причем доля более тяжелого из них значительно солиднее - 95,7%. До середины XX века оба эти изотопа имели репутацию стабильных. Однако в 1951 году ученые установили, что индий-115 все же подвержен бета-распаду и постепенно превращается в олово-115. Правда, процесс этот протекает крайне медленно: период полураспада ядер индия-115 очень велик – $6 \cdot 10^{14}$ лет. Вполне понятно, что при таких «темпах» индию долго удавалось скрывать свою радиоактивность. В последние десятилетия физики получили около 20 радиоактивных изотопов индия; период полураспада наиболее долгоживущего из них (индия-114) - 49 дней.

Подобно многим другим металлам, индий долгое время не находил практического применения. И на это были вполне уважительные причины: ведь индий не только довольно редкий элемент (по содержанию в земной коре он среди «обитателей» периодической системы занимает скромное место в седьмом десятке), но и крайне рассеянный: в природе практически нет минералов, в которых главным компонентом (или хотя бы одним из основных) был бы индий. В лучшем случае его можно встретить в виде ничтожных примесей к рудам других металлов, где содержание его не превышает обычно 0,05%. Можно себе представить, какие трудности надо преодолеть, чтобы извлечь из этих руд спрятавшиеся в них крохи индия.

Однако свойства этого металла не могли оставлять равнодушными представителей технического мира. В 1924 году индием всерьез заинтересовался американский инженер Маррей. В поисках индиевых месторождений он вдоль и поперек исколесил Соединенные Штаты Америки, пока, наконец, в песчаных холмах Аризоны не обнаружил хоть и не ахти какие, но все же более высокие, чем в других местах, концентрации этого рассеянного элемента. Вскоре здесь возник завод по производству индия.

Одной из первых областей применения индия стало изготовление высококачественных зеркал, необходимых для астрономических приборов, прожекторов, рефлекторов и тому подобных устройств. Оказывается, обычное зеркало не одинаково отражает световые лучи различных цветов. Это значит, например, что цветная одежда, если ее рассматривать в зеркало, имеет несколько иную окраску, чем на самом деле.

Правда, глаз модницы, сидящей перед трельяжем, не в состоянии зафиксировать такие перемены в ее туалете, но для многих приборов цветовая фальсификация просто недопустима. И серебряные, и оловянные, и ртутно-висмутовые зеркала грешат этим недостатком. Индий же не только обладает чрезвычайно высокой отражательной способностью, но и проявляет при этом полнейшую объективность, совершенно одинаково относясь ко всем цветам радуги – от красного до фиолетового. Вот почему, чтобы свет, излучаемый далекими звездами, доходил до астрономов неискаженным, в телескопах устанавливают индиевые зеркала.

В отличие от серебра, индий не тускнеет на воздухе, сохраняя высокий коэффициент отражения. Между прочим, индий сыграл немаловажную роль при... защите Лондона от массированных налетов немецкой авиации во время второй мировой войны. На первый взгляд, такое утверждение может показаться странным, но именно индиевые зеркала позволяли прожекторам противовоздушной обороны в поисках воздушных пиратов легко пробивать мощными лучами плотный туман, нередко окутывавший британские острова. Поскольку индий имеет низкую температуру плавления – всего 156°C, во время

работы прожектора зеркало постоянно нуждалось в охлаждении, однако английское военное ведомство охотно шло на дополнительные расходы, с удовлетворением подсчитывая число сбитых вражеских самолетов.



Но часто в технике низкая температура плавления может служить не недостатком, а достоинством. Так, сплав индия с висмутом, свинцом, оловом и кадмием плавится уже при $46,8^{\circ}\text{C}$ и благодаря этому успешно справляется с ролью автоматического контролера, предохраняющего ответственные узлы и детали различных механизмов от перегрева. Известен сплав индия с галлием и оловом, который даже при комнатной температуре находится в жидком состоянии: он плавится при $10,6^{\circ}\text{C}$. Плавкие предохранители из индиевых сплавов широко используют в системах пожарной сигнализации.

Любопытные эксперименты, связанные с температурой плавления индия, были проведены в Канаде. Исследуя с помощью электронного микроскопа мельчайшие частицы этого металла, канадские физики обнаружили, что, когда размер частиц индия становится меньше некоторой величины, температура плавления его резко понижается. Так, частицы индия размером не более 30 ангстрем плавятся при температуре чуть выше 40°C . Такой колоссальный скачок – от 156 до 40°C – представляет для ученых несомненный интерес. Но природа этого эффекта даже для выдавшей виды современной физики пока остается загадкой: ведь теория процессов плавления разрабатывалась применительно к значительным массам вещества, а в опытах канадских физиков расплавлению подвергались "гомеопатические" дозы индия - всего несколько тысяч атомов.



Ценное свойство индия – его высокая стойкость к действию едких щелочей и морской воды. Эту способность приобретают и медные сплавы, в которые введено даже небольшое количество индия. Обшивка нижней части корабля, выполненная из такого сплава, легко переносит длительное пребывание в

соленом подводном царстве.

Подшипникам, применяемым в современной технике, например в авиационных моторах, приходится трудиться в довольно тяжелых условиях: скорость вращения вала достигает нескольких тысяч оборотов в минуту, металл при этом нагревается и его сопротивление разъедающему действию смазочных масел снижается. Чтобы металл подшипников не подвергался эрозии, ученые предложили наносить на них тонкий слой индия. Его атомы не только плотно покрывают рабочую поверхность металла, но и проникают вглубь, образуя с ним прочный сплав. Такой металл смазке уже не по зубам: срок службы подшипников возрастает в пять раз.

Кстати, о зубах. Из индиевых сплавов (например, с серебром, оловом, медью и цинком), которым свойственны высокая прочность, коррозионная стойкость, долговечность, изготавливают зубные пломбы. В этих сплавах индий играет ответственную роль: он сводит к минимуму усадку металла при затвердевании пломбы.

Авиаторы хорошо знакомы с цинкоиндиевым сплавом, служащим антикоррозионным покрытием для стальных пропеллеров. Своеобразным тончайшим «одеялом» из олова и окиси индия «укутывают» ветровые стекла самолетов. Такое стекло не замерзает – на нем не появляются ледяные узоры, которые вряд ли радовали бы взор пилотов. Сплавы индия широко используют для склеивания стекол или стекла с металлом (например, в вакуумной технике).

Некоторые сплавы индия очень красивы – неудивительно, что они приглянулись ювелирам. Как декоративный металл используют, в частности, сплав 75% золота, 20% серебра и 5% индия – так называемое зеленое золото. Известная американская фирма «Студебеккер» вместо хромирования наружных деталей автомобилей не без успеха применила индирование. Индиевое покрытие значительно долговечнее хромистого.

В атомных реакторах индиевая фольга служит контролером, измеряющим интенсивность потока тепловых нейтронов и их энергию: сталкиваясь с ядрами стабильных изотопов индия, нейтроны превращают их в радиоактивные; при этом возникает излучение электронов, по интенсивности и энергии которого судят о нейтронном потоке.

Но бесспорно важная область применения индия в современной технике – промышленность полупроводников. Индий высокой чистоты необходим для изготовления германиевых выпрямителей и усилителей: он выступает при этом в роли примеси, обеспечивающей дырочную проводимость в германии. Кстати, сам индий, используемый для этой цели, практически не содержит примесей:

выражаясь языком химиков, его чистота – «шесть девяток», т.е. 99,9999%! Некоторые соединения индия (сульфид, селенид, антимонид, фосфид) сами являются полупроводниками; их применяют для изготовления термоэлементов и других приборов. Антимонид индия, например, служит основой инфракрасных детекторов, способных «видеть» в темноте даже едва нагретые предметы.

Индий оказался одним из немногих пока химических элементов, «командированных» в космос, чтобы вписать новые страницы в технологию неорганических материалов. В 1975 году, незадолго до начала совместного советско-американского космического полета по программе «Союз» – «Аполлон», командиры экипажей А. Леонов и Т. Стаффорд в беседе с корреспондентом ТАСС высказали свое мнение о значении предстоящих экспериментов на орбите. В частности, они затронули вопрос о технологических



опытах по плавке металлов и выращиванию кристаллов различных веществ. «Предстоит выяснить возможность использования невесомости и вакуума для получения новых материалов – металлических и полупроводниковых, – сказал А. Леонов. – По мнению советских и американских ученых, в космосе можно сплавлять компоненты, не смешиваемые на Земле, создавать жаропрочные материалы...» «Наши астронавты – добавил Т. Стаффорд, – на борту орбитальной станции "Скайлэб" проводили опыты по выращиванию кристаллов антимонида индия. Удалось получить кристалл самый чистый и самый прочный из всех, когда-либо искусственно полученных на Земле». А в 1978-1980 годах на борту советской орбитальной научной станции «Салют-6» были проведены новые технологические эксперименты, в которых «участвовали» индий и его соединения.

Опыты с соединениями индия ведут и на Земле. Так, недавно антимонид индия был подвергнут давлению в 30 тысяч атмосфер. Оказалось, что в результате таких «крепких объятий» изменилась кристаллическая решетка вещества и при этом его электропроводность возросла в миллион раз!

Мировое производство индия пока очень мало – всего несколько десятков тонн в год. Обычно этот ценнейший металл получают как... побочный продукт при переработке руд цинка, свинца, меди, олова. Оригинальный способ получения индия разработали ученые ГДР. Они предложили добывать его из пыли, облака которой «украшали» небо над одним из предприятий по переработке медистых сланцев. Пыль, в которой среди прочих компонентов содержится индий, сначала промывается горячей серной кислотой, затем проходит долгий путь сложных превращений, в результате которых получается чистый индий.

Интерес к индию все время растет. Ученые стремятся как можно больше узнать об этом металле. Несколько лет назад физики США сумели заполнить еще один пробел в характеристике индия, определив конфигурацию его ядра: оказалось, что оно напоминает... футбольный мяч с полоской по «экватору».

...В природе индий встречается редко, но можно с уверенностью утверждать, что в промышленном мире он с каждым годом будет становиться все более и более желанным гостем.

СЛУЧАЙ В ШТАЛЬГАУЗЕНСКОМ МОНАСТЫРЕ (СУРЬМА)



Хрустальная мечта. – Проделки хитрого монаха. – Версия на версии. – Не насурьмить ли брови? – В Древнем Вавилоне. – "Триумфальная колесница Антимония". – Дефицит небесных тел. – Внешность обманчива. – Волк открывает пасть. – На Солнце нет сурьмяных пятен. – Находка в Киргизии. – Дело несложное, но хлопотливое. – Примеси-кочевники. – Эталон чистоты. – Склонность к полноте. – Немного шрапнели. – Баббиты не забыты. – По следам пули. – Театральный занавес. – Борьба за огонь. – Бактериям не спится.

Поиски «философского камня», словно эпидемия, охватили средневековую Европу. Идея найти волшебное вещество, с помощью которого без особых хлопот можно было бы превращать в золото чуть ли не любой другой металл, казалась весьма заманчивой. Особое пристрастие к этому занятию питали, как ни странно, духовные особы, хоть им вроде бы и не к лицу было уподобляться алчным мирянам, беззастенчиво стремящимся к обогащению. В те далекие времена вряд ли удалось бы отыскать хоть один монастырь, в кельях и подвалах которого не шла бы напряженная алхимическая работа. Денно и ночью кипели в ретортах огненные жидкости, измельчались и перемешивались в ступках подозрительные порошки, но, увы, чудо-камень так и оставался хрустальной мечтой всех искателей счастья.

Для отца Леонардуса, настоятеля Штальгаузенского монастыря в Баварии, мысли о спасении души

на время явно отступили на второй план. Куда важнее было докопаться до точного рецепта «философского камня». Смиранный отец перепробовал уже десятки вариантов, но ни один из них не дал желаемого результата. И тут его осенило: «А не попробовать ли смешать пепел сожженного накануне еретика с пеплом его кота (казненного вместе с хозяином в назидание прочим тварям), да добавить еще двойное количество земли, взятой из-под костра...» Столь научный подход к подбору компонентов несомненно сулил успех. Тщательно перемешав золу с землей и проделав еще кое-какие необходимые манипуляции со смесью, Леонардус нагрел ее и стал терпеливо ожидать, пока она остынет и превратится в легкое прозрачное вещество: ведь именно так, по мнению ряда крупных специалистов, должен был выглядеть «философский камень». Но, видимо, дьявол не дремал: остывшая смесь оказалась тяжелым темным веществом с металлическим блеском. Раздосадованному настоятелю ничего не оставалось делать, как выбросить плоды очередного неудачного эксперимента в угол монастырского двора.

Шли дни. Как-то однажды, разгуливая в паузах между алхимическими опытами и молитвами по двору, отец Леонардус обратил внимание на свиней, с удовольствием полизывающих выброшенный им камень. К тому же он подметил, что свиньи за последнее время заметно подобрали.

«Не иначе как сей камушек свойствами питательными обладает, – смекнул хитрый настоятель. – Если подкормить им монахов, то можно, пожалуй, кое-чем поживиться и без «философского камня». Задумано – сделано. Быстренько приготовил он новую порцию своего «фирменного блюда», и уже на следующий день худосочные монахи получили на завтрак кашу с чудодейственной приправой. Но дьяволу явно не спалось: на следующее утро все сорок монахов Штальгаузенского монастыря скончались в страшных муках. Только теперь понял Леонардус, какой великий грех взял он на душу. С этого дня он зарекся проводить свои эксперименты, а злополучный камень прозвал «антимониумом», т.е. средством против монахов.



Такова одна из версий происхождения названия элемента, известного у нас как сурьма. За достоверность описанных событий ручаться трудно: возложим ответственность за нее на популярного чешского писателя Ярослава Гашека, поведавшего об этой истории в своем рассказе «Камень жизни».

По другой версии, название это, сохранившееся, кстати, во многих языках, происходит от греческих слов «антос аммонос» – цветок бога Амона (Юпитера): сростки игольчатых кристаллов минерала сурьмяного блеска (антимонита) в самом деле напоминают цветы. Некоторые историки химии считают, что слово «антимоний» – производное от греческого «антимонос», т.е. противник уединения: этим как бы подчеркивался тот факт, что в природе сурьма не встречается в одиночестве, а всегда обитает в компании с другими элементами.

Есть и иные версии, но как бы то ни было, а в 1789 году знаменитый Антуан Лавуазье под таким названием включил сурьму в составленный им список известных к тому времени химических элементов. Русское название «сурьма» происходит от турецкого «сюрме», что переводится как «натирание» или «чернение бровей». В старину на Руси бытовало выражение «насурьмить брови», хотя краской для бровей служили не только соединения сурьмы. Это название закрепилось сначала за фиолетово-черной трехсернистой сурьмой, а затем перешло к элементу № 51. Латинское же название его «стибиум» происходит либо от греческого слова «стиби» – так назывался минерал сурьмяный блеск, либо от слова «стимми», означавшего сурьмяную краску, которую гречанки использовали для косметических целей.

Знакомство человека с сурьмой насчитывает уже не одно тысячелетие: в странах Древнего Востока (например, в Вавилонском царстве) из нее изготавливали вазы, различные сосуды и другие предметы.

Первая известная нам книга, в которой подробно описаны свойства сурьмы и ее соединений. – «Триумфальная колесница антимония», издана в 1604 году. Ее автор вошел в историю химии под именем немецкого монаха-бенедиктинца Василия Валентина. Кто скрывается под этим псевдонимом, установить не удалось, но еще в прошлом веке было доказано, что в списках монахов ордена бенедиктинцев брат Василий Валентин никогда не числился. Есть, правда, сведения, будто бы в XV веке в Эрфуртском монастыре жил монах по имени Василий, весьма сведущий в алхимии: кое-какие принадлежащие ему рукописи были найдены после его смерти в ящике вместе с порошком золота. Но отождествлять его с автором «Триумфальной колесницы антимония», видимо, нельзя. Вероятнее всего, как показал критический анализ ряда книг Василия Валентина, они написаны разными лицами, причем не ранее второй половины XVI века.

Еще средневековые металлурги и химики подметили, что сурьма куется хуже, чем «классические» металлы, и поэтому вместе с цинком, висмутом и мышьяком ее выделили в особую группу – «полуметаллов». Для этого имелись и другие "веские" основания: по алхимическим понятиям, каждый металл был связан с тем или иным небесным телом. «Семь металлов создал свет по числу семи планет» – гласил один из важнейших постулатов алхимии. На каком-то этапе людям и впрямь были известны семь металлов и столько же небесных тел (Солнце, Луна и пять планет, не считая Земли). Не увидеть в этом глубочайшую философскую закономерность могли только полные профаны и невежды. Стройная алхимическая теория гласила, что золото представлено на небесах Солнцем, серебро – это типичная Луна, медь несомненно связана родственными узами с Венерой, железо явно тяготеет к Марсу, ртуть соответствует Меркурию, олово олицетворяет Юпитер, а свинец – Сатурн. Для других элементов в рядах металлов не оставалось ни одной вакансии.

Если для цинка и висмута такая дискриминация, вызванная дефицитом небесных тел, была явно несправедливой, то сурьма с ее своеобразными физическими и химическими свойствами и в самом деле не вправе была сетовать на то, что оказалась в разряде «полуметаллов».

Судите сами. По внешнему виду кристаллическая, или серая, сурьма (это ее основная модификация) – типичный металл серо-белого цвета с легким синеватым оттенком, который тем сильнее, чем больше примесей (известны также три аморфные модификации: желтая, черная и так называемая взрывчатая). Но внешность, как известно, бывает обманчивой, и сурьма это подтверждает. В отличие от большинства металлов, она, во-первых, очень хрупка и легко истирается в порошок, а во-вторых, значительно хуже проводит электричество и тепло. Да и в химических реакциях сурьма проявляет такую двойственность, что не позволяет однозначно ответить на вопрос: металл она или не металл.

Словно в отместку металлам за то, что они неохотно принимают ее в свои ряды, расплавленная сурьма растворяет почти все металлы. Об этом знали еще в старину, и не случайно во многих дошедших



до нас алхимических книгах сурьму и ее соединения изображали в виде волка с открытой пастью. В трактате немецкого алхимика Михаила Майера «Бегущая Атланта», изданном в 1618 году, был помещен, например, такой рисунок: на переднем плане волк пожирает лежащего на земле царя, а на заднем плане тот же царь, целый и невредимый, подходит к берегу озера, где стоит лодка, которая должна доставить его во дворец на противоположном берегу. Символически этот рисунок изображал способ очистки золота (царь) от примесей серебра и меди с помощью антимонита (волк) – природного сульфида сурьмы: при сплавлении золота с антимонитом серебро и медь превращались в сульфиды, а золото образовывало соединение с сурьмой, которое затем обрабатывали струей воздуха – сурьма улетучивалась в виде трехоксида, и получалось чистое золото. Этот способ существовал до XVIII века.

В земной коре сурьмы немного – всего $5 \cdot 10^{-5}\%$. Тем не менее, она входит в состав примерно ста минералов, самый распространенный из которых – сурьмяный блеск (он же антимонит, он же стибнит), содержащий более 70% сурьмы и служащий основным промышленным сырьем для ее получения. Другие важные минералы этого элемента – кермезит, сервантит (сурьмяная охра), валентинит.

Зафиксированы случаи присутствия сурьмы в составе метеоритов, а вот на Солнце, где спектральным анализом уже обнаружены многие элементы, сурьму пока найти не удалось.

Значительные месторождения сурьмяных минералов расположены в Китае, Чехословакии, Боливии, Мексике, Японии, США, в ряде африканских стран. В дореволюционной России сурьму совсем не добывали, да и месторождения ее были не известны (в начале XX века Россия ежегодно ввозила из-за границы почти по тысяче тонн сурьмы). Правда, еще в 1914 году, как писал в своих воспоминаниях видный советский геолог академик Д.И. Шербаков, признаки сурьмяных руд он обнаружил в Кадамджайском гребне (Киргизия). Но тогда было не до сурьмы. Геологические поиски, продолженные ученым спустя почти два десятилетия, увенчались успехом, и уже в 1934 году из кадамджайских руд начали получать трехсернистую сурьму, а еще через год на опытном заводе была выплавлена первая отечественная металлическая сурьма. Уже к 1936 году полностью отпала необходимость в покупке ее за рубежом.

Получить сурьму из руды или концентрата – дело несложное: с помощью железа ее вытесняют из сульфидов, а углерод помогает ей расстаться с кислородом окисла. Можно воспользоваться и гидрометаллургическими методами: перевести сурьму сначала в раствор, а затем извлечь ее путем электролиза. Но беда в том, что получаемая всеми этими способами сурьма не блещет чистотой: содержание в ней примесей (железа, меди, мышьяка, серы и других) достигает порой 10-15%.

На такой товар охотников найдется немного, поэтому черновую сурьму приходится подвергать очистке. Ее снова расплавляют, добавляя в печь такие вещества, которые активно взаимодействуют с примесями: серу связывают железом, мышьяк выгоняют содой, а железо и медь покорно удаляются после вмешательства сернистой



сурьмы. Этот метод называется огневым рафинированием.

Известен другой метод очистки – электролитический. Ток, проходя через электролит, которым заполнены большие ванны, проявляет особое внимание к атомам сурьмы и препровождает их на один из электродов (катод), где они тесно «прижимаются» друг к другу. К примесям же такого почтения нет, и им приходится оставаться в растворе.

Рафинированная сурьма содержит уже не более 0,5-0,8% чужих атомов, но и такой металл удовлетворяет не всех потребителей: для полупроводниковой промышленности, например, требуется сурьма 99,999%-ной чистоты. Чтобы получить ее, применяют кристаллофизический метод очистки – зонную плавку. Длинный цилиндрический слиток сурьмы укладывают в графитовый контейнер (в виде корытца) и помещают в кварцевую трубку, вокруг которой расположен кольцевой электрический нагреватель. В процессе плавки нагреватель перемещается относительно слитка, расплавляя поочередно все новые и новые порции металла. Когда «покинутая» нагревателем порция сурьмы застывает, все содержащиеся в ней примеси перебираются в следующую зону, где металл находится в жидком виде. Это происходит в силу физического закона, по которому при кристаллизации вещества примеси «не имеют права» застывать вместе с ним, а должны оставаться в жидкой фазе. (За примерами ходить далеко не надо: ледяной панцирь, покрывающий зимой северные моря, не содержит солей, хотя в морской воде их довольно много). Постепенно перемещаясь вместе с зоной расплавленного металла, все примеси, в конце концов, оказываются на краю слитка. Эту часть его отрезают, а всю остальную сурьму – теперь уже сверхчистую – сдают на склад готовой продукции. Впрочем иногда, в особо ответственных случаях, зонную плавку повторяют несколько раз. Для соблюдения химической стерильности процесс ведут в атмосфере инертного газа (аргона), не желающего вступить ни в какие реакции.

Подвергнутый многостадийной очистке металл способен удовлетворить самого взыскательного потребителя. Не случайно на Всемирной выставке в Брюсселе, проходившей в 1958 году, сверхчистая сурьма Кадамджайского комбината была признана лучшей в мире и утверждена в качестве мирового эталона.

Именно такую сурьму используют как легирующую добавку (всего-навсего 0,000001%!) к одному из важнейших полупроводниковых материалов – германию, что заметно улучшает его качество. Но если в ней на тысячу атомов окажется хотя бы один атом меди, то добавка вместо пользы принесет только вред. Вот почему, прежде чем попасть на заводы, изготавливающие полупроводниковые приборы, сурьма и проходит тот длинный путь, о котором было рассказано выше. Кстати, некоторые ее соединения (в частности, с галлием и индием) – сами отличные полупроводники. Многие полупроводниковые материалы, содержащие сурьму, были получены в условиях невесомости на борту советской орбитальной научной станции «Салют-6» и американской станции «Скайлэб».

На изготовление полупроводников расходуется сравнительно немного сурьмы. Основное ее количество идет на производство разнообразных сплавов – их насчитывается около двухсот. Еще в трудах крупнейшего металлурга средневековья Георга Агриколы, жившего в XVI веке, мы находим такие строки: «Если путем сплавления определенная порция сурьмы прибавляется к олову, получается типографский сплав, из которого изготавливается шрифт, применяемый теми, кто печатает книги». И сегодня сплав свинца с сурьмой и оловом (гарт) – неперенный атрибут любой типографии. Расплавленная сурьма, в отличие от других металлов (кроме висмута и галлия), при затвердевании увеличивает свой объем. Поэтому при отливке шрифта типографский сплав, содержащий сурьму, застывая в литейной матрице, расширяется, благодаря чему плотно ее заполняет и, следовательно, очень точно воспроизводит зеркальное изображение буквы, цифры или какого-либо иного знака, который затем, при печати, должен быть

перенесен на бумагу. Помимо этого, сурьма придает типографскому сплаву твердость и износостойкость – весьма важные свойства, если учесть, что каждая литера выполняет свои функции десятки тысяч раз. На склонности остывающей сурьмы к «полноте» основано использование ее сплавов для художественного литья, где необходимо сохранять тончайшие детали оригинала.

Твердые и коррозионностойкие сплавы свинца с сурьмой применяют в химическом машиностроении (для облицовки ванн и другой кислотоупорной аппаратуры), а также для изготовления труб, по которым транспортируются кислоты, щелочи и другие агрессивные жидкости. Из них же делают оболочки, окутывающие различные кабели (электрические, телеграфные, телефонные), решетки свинцовых аккумуляторов, сердечники пуль, дробь, шрапнель.

Широко применяют подшипниковые сплавы (баббиты), в состав которых входят олово, медь и сурьма. Первый сплав такого типа был создан еще в 1839 году американским инженером И. Баббитом. Несмотря на «солидный возраст», эти материалы до сих пор в большом почете у конструкторов. Особая структура – наличие твердых частиц в мягкой пластичной основе – обуславливает высокие антифрикционные свойства баббитов: малый коэффициент трения в подшипниках, залитых этими сплавами, хорошую прирабатываемость, большое сопротивление истиранию. Неплохой антифрикционный материал – чугун, легированный сурьмой (0,5%).

В последние годы сурьма стала оказывать кое-какие «услуги»... криминалистике. Дело в том, что летящая пуля оставляет за собой вихревой поток, в котором имеются микроколичества ряда элементов – свинца, сурьмы, бария, меди. Оседая на землю, пол или другую поверхность, они оставляют на ней невидимый след. Невидимый? Оказывается, современная наука позволяет увидеть этот след, а значит, и узнать направление пули. На обследуемую поверхность накладывают полоски влажной фильтровальной бумаги, затем их помещают в ядерный реактор и подвергают бомбардировке нейтронами. Вследствие «обстрела» некоторые атомы, прихваченные бумагой (в том числе атомы сурьмы), превращаются в радиоактивные изотопы, а степень их активности позволяет судить о содержании этих элементов в пробах и таким образом определить траекторию и длину полета пули, характеристику самой пули, оружия и боеприпасов.

Разнообразна «деятельность» и соединений сурьмы. Их используют, например, для вулканизации каучука в производстве резины. Трехокись сурьмы служит огнестойкой добавкой к тканям – ею пропитывают театральные занавеси, драпировки, брезенты. Изготовленной на ее основе краской «сурьмин» окрашивают подводную часть и надпалубные постройки кораблей. В качестве пигмента соединения этого элемента входят в состав многих красок, применяемых в живописи («неаполитанская желтая»), в производстве керамики и фарфора, белого молочного стекла и эмали для кухонной посуды.

Соединения сурьмы каждый из нас не раз держал в руках: боковая поверхность спичечной коробки покрыта составом, который, наряду с красным фосфором, содержит сульфид сурьмы (они-то и придают «терке» темно-коричневый цвет). Некоторые ее соли явно склонны к пиротехническим эффектам. Впрочем, и чистая сурьма способна устроить необыкновенно красивый фейерверк: если в сосуд, заполненный хлором, осторожно, небольшими порциями, всыпать мелкий порошок сурьмы, то крупички ее тут же будут вспыхивать яркими звездочками; сосуд же вскоре наполнится белым дымом образовавшегося пентахлорида. А взрывчатая сурьма (об этой модификации говорилось выше) настолько неустойчива, что взрывается при любом соприкосновении или небольшом нагреве, превращаясь при этом в обыкновенную серую сурьму.



Не так давно, в 1974 году, в СССР было зарегистрировано открытие, в основе которого лежат сложные биохимические процессы, совершаемые... бактериями. Многолетнее изучение сурьмяных месторождений показало, что сурьма в них постепенно окисляется, хотя при обычных условиях такой процесс не протекает: для этого нужны высокие температуры - более 300°C. Какие же причины заставляют сурьму нарушать химические законы? Микроскопическое исследование образцов окисленной руды показало, что они густо «заселены» неизвестными прежде микроорганизмами, которые и были виновниками окислительных «событий» на рудниках. Но, окислив сурьму, бактерии не успокаивались на достигнутом: энергию окисления они тут же «пускали в ход» для осуществления хемосинтеза, т.е. для превращения углекислоты в органические вещества.

Явление хемосинтеза впервые обнаружено и описано еще в 1887 году русским ученым С.Н. Виноградским. Однако до сих пор науке были известны всего четыре элемента, при бактериальном окислении которых выделяется энергия для хемосинтеза: азот, сера, железо и водород. Теперь к ним прибавилась сурьма.

ДВЕ ГОЛУБЫЕ НЕЗНАКОМКИ (ЦЕЗИЙ)



«Разборчивая невеста». – Истины ради. – Пламя меняет цвет. – Многоголосый «хор». – На помощь приходит принц. – Визитные карточки. – Посылка из Шварцвальда. – Чьи голубые «глаза»? – На вечное хранение. – Шерлок Холмс спокоен. – Вы курите? – Жюри присуждает приз. – Как сохранить? – Эксперимент не состоится. – Разные мнения. – Один в поле не воин. – Прибор получает «взятку». – На сотни верст. – «Ночезрительные трубы». – К далеким звездам. – Распухшие атомы. – Проще пареной репы. – Сегодня и завтра.

История – «разборчивая невеста»: добиться ее благосклонности – попасть на самые почетные страницы – удастся далеко не каждому. В мире химических элементов (как, пожалуй, и в жизни) такой чести удостоиваются лишь те счастливицы, которые сумели в чем-либо превзойти или опередить конкурентов. Что ж, в этом есть своя логика. Разве не вправе рассчитывать на особое место в истории, например, технеций – первый искусственно созданный элемент, или гелий – единственный обитатель периодической таблицы, сначала обнаруженный на Солнце, а уж потом найденный на Земле?

К числу баловней судьбы с полным основанием можно отнести цезий, который голубыми буквами вписал свое имя в историю спектрального анализа. Впрочем, истина требует точности: вписал не цезий, а

сделали это немецкие ученые Роберт Бунзен и Густав Кирхгоф. Что же касается цвета букв, то они неспроста названы голубыми – в этом вы вскоре убедитесь.

В начале 50-х годов прошлого века профессор химии Гейдельбергского университета Р. Бунзен обратил внимание на малозначительное, казалось бы, для науки явление: если в пламя газовой горелки вводили соли металлов, оно окрашивалось в разные цвета. Возможно, это обстоятельство было подмечено кем-нибудь и раньше, но только Бунзен заинтересовался им всерьез. Ученый подносил к горелке крупички различных веществ и всякий раз язычок пламени, словно хамелеон, менял свою окраску, становясь то желтым, то фиолетовым, то розовым. В этих экспериментах отчетливо выявлялись две закономерности: во-первых, каждый из «подопытных» металлов придавал пламени определенный цвет, а во-вторых, этот цвет не зависел от того, в каком виде металл «приговаривался к сожжению». Так, все соединения бария делали пламя зеленоватым, а кальций, попадая в огонь, заставлял его краснеть как бы в отместку за свои муки.

Напращивалась мысль: нельзя ли воспользоваться подмеченными закономерностями, чтобы просто и быстро устанавливать, какие элементы присутствуют в исследуемом веществе? Такое открытие означало бы поистине революционный переворот в химическом анализе. К сожалению, заманчивую на первый взгляд идею трудно было претворить в жизнь. Дело в том, что любое вещество содержит, как правило, несколько компонентов, не говоря уже о примесях, которые обычно не желают оставаться незамеченными. И вот, когда вся эта «компания» оказывается в огне, попробуй различить в «хоре» цветов отдельные голоса: ярко-желтый «бас» натрия, например, без труда забьет довольно слабенький розовато-лиловый «тенорок» калия. Один цвет смешивается с другим, оттенки и полутона теряются на фоне более сочных красок – в таких условиях не приходится рассчитывать на успешный анализ.

Так что же: идея, едва успев появиться на свет, должна была бесславно кануть в Лету? В сказках при безвыходных ситуациях обычно появляется добрый принц – события принимают нужный оборот и неизбежно наступает счастливый конец. Нечто подобное произошло и в стенах Гейдельбергского университета: в роли принца выступил друг и коллега Р. Бунзена профессор физики Г. Кирхгоф, который уже был известен своими работами, в частности в области оптики. В тот период Кирхгофа более всего интересовало изучение спектров раскаленных твердых и жидких тел. Он-то и сумел оживить идею Бунзена, предложив рассматривать не само пламя горелки, а его спектр, поскольку в нем все цвета и оттенки видны гораздо отчетливее. Из двух подозрных труб, стеклянных призм и ящика из-под сигар Кирхгоф соорудил спектроскоп – прибор, позволявший как бы разлагать пламя на составные части. Если раньше информация о пламени воспринималась невооруженным глазом ученого, то теперь луч света от горелки проходил через несколько линз и призму, превращаясь в красочную полосу с многочисленными вертикальными линиями.

Когда Бунзен поместил в пламя кристаллик поваренной соли, Кирхгоф, смотревший в прибор, увидел на фоне черной полосы две яркие желтые линии. Были «преданы огню» другие соединения натрия – сода, селитра, серноокислый натрий, но всегда в одном и том же месте спектра возникала неразлучная ярко-желтая пара. Сомнений не было: такова «визитная карточка» натрия. Другой металл «рисовал» линии другого цвета, в другом месте спектра.

Дни складывались в недели, недели – в месяцы. Постепенно огонь, призму и подозрные трубы прошли сотни различных веществ, и ученые уже были убеждены в том, что каждому элементу присущи свои спектральные линии, по которым его всегда можно найти, как преступника по отпечаткам пальцев. От взора ученого, вооруженного спектроскопом, не могли ускользнуть самые крохотные примеси любого элемента. Волшебное око прибора способно было заметить в веществе тот или иной компонент, даже если его количество измерялось миллионными долями миллиграмма.



Бунзен и Кирхгоф тщательно изучили спектры всех известных тогда науке химических элементов и каждому из них дали точную спектральную характеристику. Это ознаменовало рождение нового метода анализа – спектрального. С помощью его можно не только обнаружить элемент, но и определить по интенсивности линий его количество. Однако возможности спектрального анализа этим не исчерпывались.

Однажды, а точнее в 1860 году, в лабораторию Бунзена пришла посылка с минеральной водой из знаменитых шварцвальдских источников. Врачи, приславшие воду, просили выяснить ее состав: им хотелось узнать, чему она обязана своими целебными свойствами. Почему не удовлетворить их любопытство? Бунзен выпарил воду, получил сгущенный раствор и внес каплю его в пламя газовой горелки. Глядя в окуляр спектроскопа, он наметанным глазом заметил линии натрия, калия, кальция, стронция, лития...

Но что это за две голубые незнакомки? Стронций? Нет, он сигнализирует о себе одной линией. Снова и снова ученый рассматривает спектр и сравнивает его с известными эталонами, но среди них нет ничего похожего. В этом же убеждается и Кирхгоф. Значит, открыт новый химический элемент, а называться он будет цезием: ведь в переводе с латинского это – «небесно-голубой».

Итак, цезий стал первым элементом, открытым не химическим путем, как десятки его старших «братьев» и «сестер», а методом спектрального анализа. Пройдут годы, радужные картины спектроскопа познакомят науку с рубидием, таллием, индием, галлием, самарием, но пальма первенства среди «рожденных спектром» всегда будет принадлежать цезию.

Спустя несколько лет цезий сумел пролить свет на довольно темную историю. Речь идет о пропаже, которая долгие годы не давала покоя химикам, хотя вряд ли заинтересовала бы Шерлока Холмса или комиссара Мэгре. Еще в 1846 году немецкий ученый К. Платтнер занялся исследованием поллуцита - минерала, найденного на острове Эльба. Выполнить полный химический анализ минерала было делом не хитрым, но вот загвоздка: как ни складывал Платтнер полученные им результаты, сумма всех составляющих оказывалась равной 93%. Куда же могли подеваться остальные 7%? Почти два десятка лет никто не мог ответить на этот вопрос. И лишь в 1864 году итальянец Пизани представил неопровержимые доказательства того, что виновником «недовеса» был цезий, ошибочно принятый Платтнером за калий – эти элементы состоят в довольно близком химическом родстве, однако цезий в два с лишним раза тяжелее.

Цезий – один из редчайших элементов, но все же следы его можно найти во многих горных породах, в морской воде, а его «связи» с минеральной водой вам уже известны (правда, чтобы получить несколько



граммов цезиевых солей, Бунзену пришлось выпарить «всего-навсего» 40 тонн целебного напитка). Любопытно, что «крохи» цезия обнаружены в сахарной свекле, зернах кофе, чайных листьях. Знаком с ним и каждый курильщик: об этом свидетельствуют две голубые линии в спектре табачного пепла.

Если бы металлы, подобно спортсменам, могли рассчитывать на приз «За активность», то судейская коллегия из самых авторитетных химиков без колебаний присудила бы его цезию. И дело не только в том, что этот элемент занимает самое «металлическое» место в периодической системе (если не считать франция, которого практически нет в природе), но и в том, что он полностью оправдывает свое «особое положение». Действительно, чистый цезий чрезвычайно активный металл. Оказавшись на воздухе, он немедленно воспламеняется и сгорает. Попадая в компанию с серой или фосфором (не говоря уже об «идейных противниках» всех металлов - галогенах), он тут же начинает бурно «возмущаться», и это всегда приводит к взрыву. Общение цезия с водой также чревато конфликтной ситуацией, сопровождающейся взрывом и пожаром – горит выделяющийся в ходе реакции водород. Даже скромный и смирный (в химическом отношении) лед, который весьма индифферентен к окружающей действительности, не выдерживает нападков цезия и вступает с ним в шумную «перепалку», причем разнять их не может и лютый холод (до -116°C) – известный «укротитель» химических реакций.



Немудрено, что при таком буйном нраве цезия получить его в чистом виде очень сложно. Впервые эту задачу сумел решить электролитическим путем шведский химик К. Сеттерберг в 1882 году. Сейчас для этой цели используют обычно способ, предложенный еще в 1911 году французским химиком А. Акспилем: цезий вытесняется из его хлорида металлическим кальцием в вакууме при температуре около 700°C (как видно, кальций - не из робкого десятка).

Но вот чистый цезий получен. А как его хранить? Вопрос этот, как вы понимаете, далеко не праздный, а ответ на него – просто парадоксален: чистый цезий нужно... загрязнить, т.е. сплавить с другими металлами. Сплавы цезия не столь «задиристы», как он сам, и хранятся тихо и спокойно, сколько требуется. Выделить же из них цезий помогает отгонка в вакууме.

«Свежеприготовленный» цезий – блестящий светлый металл с бледно-золотистым оттенком; он мягкий, как воск, и легкий, как магний или бериллий. Всем известно, что самый легкоплавкий металл – ртуть; в этом отношении у нее нет соперников. Но из всех прочих металлов наиболее «покладист» цезий: он легко переходит в жидкое состояние, так как температура плавления его всего $28,5^{\circ}\text{C}$. Чтобы он растаял, достаточно теплоты человеческих ладоней (надеемся, что помня об опасном характере этого металла, вы не будете проводить такой эксперимент, поскольку он может иметь печальные последствия).

Само собой разумеется, изготавливать из цезия детали или изделия, которые должны подвергаться механическим нагрузкам, работать в жарких условиях или находиться в контакте с химическими

«агрессорами», занятие, мягко выражаясь, неблагоприятное. Так, может быть, этот недотрога «голубых кровей» вообще ни на что не пригоден и представляет интерес лишь сугубо с научной точки зрения? Железу, титану, алюминию он и впрямь не конкурент, зато у него есть такие свойства, какими, кроме него, не обладает ни один металл. А чтобы стало понятно, о чем идет речь, снова совершим небольшой экскурс в прошлый век.

В 1887 году известный немецкий физик Генрих Герц открыл явление внешнего фотоэффекта, т.е. «испарения» электронов с поверхности металлов под действием света. Вскоре профессор Московского университета А.Г. Столетов, заинтересовавшийся этим явлением, провел ряд опытов и на их основе сформулировал теоретические законы фотоэффекта. В чем же его суть? Оказывается, невесомый луч несет с собой энергию, вполне достаточную для того, чтобы выбить из атомов некоторых металлов наиболее удаленный от ядра электрон. Если в разрыв электрической цепи направить вереницу вырвавшихся на волю «узников», то их поток способен замкнуть цепь и в ней появится ток.

Говорят, сколько людей – столько мнений. Так и у каждого металла есть свое «мнение» в отношении фотоэффекта. Одни не считают нужным идти на поводу у света: их хоть прожектором «обстреливай», но электронов из них не выбьешь. Другие, напротив, без сожаления расстаются с ними, как только на них попадает едва заметный луч. Самый щедрый на электроны металл – цезий, и эта щедрость отнюдь не случайна. У всех щелочных металлов, а цезий – их типичный представитель, на внешней орбите «разгуливает» всего один электрон. Но один в поле не воин, и свет расправляется с ним без особого труда. У цезия к тому же этот одинокий скиталец находится дальше от ядра, чем у его родственников по «щелочной линии». Поэтому работа выхода электрона (так называется тот «труд», который должен затратить световой луч, чтобы отнять у атома электрон) у цезия минимальна, а это значит, что он – самый подходящий материал для фотоэлементов – приборов, превращающих лучи света в электрический ток. Службу в фотоэлементах цезий несет не в одиночку, а, например, в сплаве с сурьмой, причем толщина светочувствительного слоя настолько мала, что одним граммом сплава можно покрыть поверхность примерно в 10 квадратных метров.

Все, кто пользуется услугами метрополитена, каждый день проходят мимо фотоэлементов. Они вмонтированы в контрольные турникеты, устроенные очень просто: с одной стороны – фотоэлемент, с другой – источник света, направляющий луч на своего «визави». Стоит вам, не опустив предварительно пятака, пересечь луч, фотоэлемент включит механизм рычагов и они с грозным лязгом преградят вам путь. Если же вы дадите турникету пятикопеечную «взятку», он сделает вид, что вас не заметил: механизм автоматически отключается, и рычаги не срабатывают.

Фотоэлемент – прибор несложный, но очень способный: его можно обучить любой работе. Как только в городе стемнеет, фотоэлемент включает фонари. Если рука рабочего окажется в опасной зоне, этот контролер тут же остановит станок. Фотоэлемент умеет сортировать сигареты, подсчитывать число деталей, проплывающих мимо него на конвейере, проверять, достаточно ли хорошо отшлифована



поверхность шариков для подшипников, читать запись на звуковой дорожке киноленты. Надежнее любого сторожа эти чуткие приборы охраняют ночью магазины, банки, склады.

Без фотоэлементов немыслима была бы сама идея передачи изображения на сотни и тысячи километров. Если вы вчера с интересом смотрели по телевизору хоккейный матч, концерт или очередную «порцию» захватывающего многосерийного фильма, то не грех поблагодарить за это цезий: без него ваш телевизор имел бы не больше шансов на передачу изображения, чем ящик из-под макарон.

С помощью фотоэлементов удалось «снять копию» обратной стороны Луны. А разве можно было бы передать по проводам чертежи, схемы, портреты, письма, если бы фототелеграфная связь не пользовалась услугами не равнодушных к свету электронов? Конечно, нет.

Фотоэлектрические свойства цезия позволили создать интроскоп – прибор, позволяющий заглянуть внутрь непрозрачных тел и заметить в них возможные дефекты. Чувствительность цезия к инфракрасным лучам лежит в основе конструкции «ночезрительных труб» - так М.В. Ломоносов называл приборы, о которых он мог только мечтать. А сегодня оптический «глаз», способный видеть в темноте, помогает человеку ночью вести автомобиль, прицельно стрелять, обнаруживать различные объекты.

До сих пор речь шла о фотоэлектрическом эффекте, но цезий готов поделиться своими электронами «по просьбе» не только света, но и тепла. Благодаря этому свойству он охотнее многих других химических элементов переходит в состояние ионизированного газа – плазмы. Цезиевая плазма представляет огромный научный и практический интерес. В космическом пространстве, например, где степень разрежения очень высока, поток электронов, выделяемых атомами цезия, способен создавать мощную реактивную тягу и придавать ракетам колоссальную скорость – по расчетам некоторых зарубежных ученых, до 44 километров в секунду! Возможно, недалек уже тот час, когда межпланетные корабли на цезиевом «топливе» будут заходить в самые далекие порты и гавани Вселенной.

Но цезиевая плазма не теряет времени даром и уже вовсю трудится на Земле. С ее помощью магнетогидродинамические генераторы (МГД-генераторы) преобразуют тепловую энергию в электрическую. Одно из многих достоинств этих генераторов – их простота: единственная движущаяся «часть» в них – поток ионизированного газа, как бы исполняющего обязанности вращающегося ротора. Без цезия не обходятся и термоэмиссионные преобразователи (ТЭП), в которых тепловая энергия ядерного реактора без задержки превращается в электрический ток. Первая мощная установка такого типа – «Топаз» действует в нашей стране.

Цезий отнюдь не обделен вниманием науки: ученые различных стран проводят множество исследований, главный объект которых – цезий. Несколько лет назад физики Билефельдского университета (ФРГ) проделали любопытный эксперимент. Длился он всего десятую долю секунды, а на его подготовку понадобилось... два года. В чем же он заключался? На специальной установке атом цезия был подвергнут бомбардировке сфокусированным импульсом мощного лазера. В результате такого обстрела атом цезия пришел в состояние «крайнего возбуждения»: орбиты электронов растянулись и размеры атома увеличились в десятки тысяч раз.

Группа американских физиков из Ок-Риджа (одного из важнейших центров атомной промышленности США) разработала методику, позволяющую пересчитать поштучно атомы некоторых элементов. В основе этой методики также лежит возбуждение атомов с помощью мощных лазерных импульсов. При первой демонстрации нового способа подсчитывались атомы цезия.

Ученые из индийского Института геофизических исследований, изучившие воду 60 горячих источников в Гималаях, пришли к выводу, что высокая концентрация цезия в воде может быть признаком магматической активности недр. Повышенная концентрация радиоактивного изотопа цезия-137 обнаружена

в деревьях, сохранившихся в районе знаменитого Тунгусского взрыва, причем химическая аномалия характерна как раз для тех слоев ствола, которые относятся к 1908 году, когда произошло это событие.

Нельзя не упомянуть еще об одном очень важном «амплуа» этого элемента. В 1967 году Международная генеральная конференция по мерам и весам установила: «Секунда – время, равное 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133». Коротко и ясно! Хотите отсчитать секунду, так это проще пареной репы: нужно только подождать, пока электрон цезия перепрыгнет с одной своей орбиты на другую указанное число раз. Конечно, человеку такой подсчет проделать, мягко выражаясь, трудновато, а вот атомные часы на этом принципе уже работают и, надо сказать, неплохо: за три тысячелетия точность их хода может измениться всего на одну секунду. Это возможно благодаря необыкновенной стабильности основных свойств атомов цезия.

О цезии можно рассказывать тысячу и одну ночь: о его каталитических способностях и умении создавать вакуум в радиолампах, о его изотопах, применяемых в медицине, дефектоскопии, измерительной технике, о получении с помощью этого элемента сцинтилляционных монокристаллов, способных светиться холодным голубоватым или зеленоватым светом под действием любого излучения – рентгеновского, ультрафиолетового, радиоактивного. Словом, областям применения цезия, как говорится, несть числа. А перспективы его поистине безграничны!

УДАЧА САПОЖНИКА ИЗ БОЛОНЬИ (БАРИЙ)



«Болонский самоцвет». – «Тяжелый», но... легкий. – Опыты в «угленном» тигле. – «Буйный нрав». – Нелегальная деятельность. – «Раскрыть это зло...» – В банкнотах и облигациях. – «Легкий завтрак. – Загадочные лучи. – На смену рыбьей чешуе. – Зеленый вклад. – «Прививки» сфинксу. – Не зная равных. – Кто же прав? – Соль в огне. – Есть ли вакансии? – Кристаллы меняют цвет. – На ошибках учатся. – С ювелирной точностью. – В магнитном поле. – Открытие аптекаря. – «Незаурядные способности». – Что мешает карьере? – В небе над Колумбией.

История этого элемента уходит истоками в далекое средневековье, когда в Европе повсюду бушевали алхимические страсти, разжигаемые идеей получения золота из «недефицитных» материалов.

В 1602 году болонский сапожник и по совместительству алхимик Касциароло подобрал в окрестных горах камень, который оказался настолько тяжелым, что не заподозрить в нем присутствие золота мог только полный профан. Но Касциароло был не таков. Перед ним засияли радужные перспективы, и он, притащив находку в свою сапожно-алхимическую мастерскую, тут же принялся за работу.

Для начала решено было прокалить камень с углем и олифой. И хоть выделить золото при этом почему-то не удалось, опыт принес явно обнадеживающие результаты: охлажденный продукт прокаливания светился в темноте красноватым светом.

Будучи человеком общительным, Касциароло не стал скрывать от своих коллег-алхимиков тайну необычного камня. Это сенсационное сообщение привело золотоискательскую братию в состояние поисковой горячки: найденный минерал, получивший ряд названий – «солнечный камень», «болонский камень», «болонский самоцвет», стал главным участником всевозможных реакций и экспериментов. Но время шло, золото и не думало выделяться, и интерес к новому минералу постепенно пропал.

Лишь спустя полтора столетия, в 1774 году, известные шведские химики Карл Шееле и Юхан Ган

подвергли «болонский камень» тщательному исследованию и установили, что в нем содержится особая «тяжелая земля», которую сначала называли «барот», а затем – «барит» (от греческого слова «барос» – тяжелый). Сам же металл, образующий эту «землю», был наречен барием.



В 1808 году англичанин Гэмфри Дэви электролитическим путем выделил из барита металлический барий. И поскольку он оказался сравнительно легким металлом (плотность $3,7 \text{ г/см}^3$), английский химик Кларк предложил сменить название «барий», не соответствующее его истинному положению среди других металлов, на «плутоний» – в честь мифического властителя подземного царства бога Плутона. Однако предложение Кларка не встретило поддержки у других ученых, и легкий металл продолжал именоваться «тяжелым» (в русской химической литературе начала XIX века этот элемент иногда фигурировал под названием «тяжелец»). Заметим, что по современной технической классификации барий – действительно самый тяжелый представитель группы... легких металлов.

В наши дни металлический барий – мягкий белый металл – получают алюминотермическим восстановлением его окиси. Впервые этот процесс осуществил русский физико-химик Н.Н. Бекетов, положивший тем самым начало алюминотермии. Вот как ученый описывает свои опыты: «Я взял безводную окись бария и, прибавив к ней некоторое количество хлористого бария, как плавня, положил эту смесь вместе с кусками глиня (т.е. алюминия – С.В.) в угленой тигель и накаливал его несколько часов. По охлаждении тигля я нашел в нем металлический сплав уже совсем другого вида и физических свойств, нежели глиний. Этот сплав имеет крупнокристаллическое строение, очень хрупок, свежий излом имеет слабый желтоватый отблеск; анализ показал, что он состоит на 100 ч из 33,3 бария и 66,7 глиня или, иначе, на одну часть бария содержал две части глиня...»

Сейчас этот процесс проводится в вакууме при $1100-1200^\circ\text{C}$. Одновременно с восстановлением окиси бария алюминием происходит дистилляция восстановленного бария, который затем конденсируется в чистом виде.

Барий химически очень активен; он легко самовоспламеняется при нагреве или от удара, хорошо взаимодействует с кислородом (блестящая поверхность только что полученного бария на воздухе быстро покрывается пленкой окисла), азотом, водородом, водой, поэтому его, как и некоторые другие металлы со «вспыльчивым характером», приходится хранить под слоем керосина. Отчасти этим объясняется весьма ограниченное применение металлического бария. Основная его «специальность» – поглотитель остаточных газов (геттер) в технике глубокого вакуума. В небольших количествах барий используют в металлургии меди и свинца для раскисления, очистки от серы и газов. Часть бария идет на изготовление подшипниковых и типографских сплавов: их основной компонент свинец становится заметно крепче, приняв даже малые дозы бария. Сплав этого элемента с никелем служит для изготовления электродов запальных свечей

двигателей и деталей радиоламп.

Гораздо более широкое поле деятельности у соединений бария. С сернокислым барием, или тяжелым шпатом (тем самым камнем, что попался когда-то под ноги Касциароло), издавна связано производство красок. Правда, поначалу участие сернокислого бария в этом деле носило нелегальный характер: в измельченном виде шпат подмешивали к свинцовым белилам, в результате чего они оказывались значительно дешевле, и хоть качество их явно страдало, владельцы красильных заводов без зазрения совести продавали свою эрзац-продукцию почти по тем же ценам, неплохо нагревая руки на этой операции.

Еще в 1859 году до департамента мануфактур и внутренней торговли дошли сведения о жульнических махинациях ярославских заводчиков, добавлявших к свинцовым белилам тяжелый шпат, что «вводит потребителей в обман на счет истинного качества товара, причем поступила и просьба о воспреещении означенным заводчикам употребления шпата при выделке свинцовых белил». Об этом же сообщалось несколько позднее и министру финансов, «которым как слышно и предписано было Ярославскому начальству сделать дознание, но как это произведено было через главного покровителя заводчикам полицмейстера Красовского, то, конечно, результат вышел тот, что они покаялись в его кабинете и принялись с большею смелостью за подделку своих злокачественных произведений». Далее содержалась просьба «раскрыть это зло и на Нижегородской ярмарке, откуда белилы развозятся до последних пределов империи, и раскрыть это весьма легко, стоит опросить всех белильных заводчиков, на какой конец выписывают они в огромных размерах шпат, какое из него делают употребление и если употребление для белил, то каковы последствия такого смешения».

Но все эти петиции ни к чему не привели. Достаточно сказать, что в 1882 году в Ярославле был основан шпатовый завод, который, например, в 1885 году выпустил 50 тысяч пудов измельченного тяжелого шпата, предназначенного все для тех же целей. В начале 90-х годов прошлого века Д.И. Менделеев писал: «...В подмесь к белилам на многих заводах примешивается барит, так как и привозимые из-за границы белила, для уменьшения цены, содержат эту подмесь».



Со временем сернокислый барий обретает в лакокрасочной промышленности права гражданства: он входит в состав литопона – белой краски с высокой кроющей способностью, пользующейся хорошей репутацией у потребителей. В производстве бумаги дорогих сортов (в частности, для денежных знаков, облигаций, документов) сульфат бария играет роль наполнителя и утяжелителя, делая бумагу белее и плотнее. Взвесь этой соли в воде используют как рабочую жидкость при бурении глубоких нефтяных и газовых скважин. Сернокислый барий задерживает рентгеновские лучи значительно лучше, чем мягкие ткани человеческого организма. Этим свойством медики пользуются для диагностики желудочных заболеваний. Больному дают на завтрак «бариевую кашу» – смесь сульфата бария с манной кашей (или водой) – и затем просвечивают рентгеновскими лучами: непрозрачная для них «бариевая каша» позволяет врачу получить точное представление о состоянии желудочно-кишечного тракта и определить место заболевания. Благодаря способности поглощать рентгеновские лучи и гамма-лучи барит служит надежным защитным материалом в рентгеновских установках и ядерных реакторах.

Поскольку речь зашла о рентгеновских лучах, уместно упомянуть о том, что их открытие связано с платиносинеродистым барием. В 1895 году зеленое свечение этого вещества в темноте навело

выдающегося немецкого физика Вильгельма Конрада Рентгена на мысль о каком-то неведомом прежде излучении, под действием которого и светилась соль бария. Желая подчеркнуть загадочную природу новых лучей, ученый назвал их X-лучами, но уже вскоре в большинстве стран они стали именоваться рентгеновскими – в честь своего первооткрывателя.

Все мы не раз любовались радужными переливами жемчуга или перламутра. Немудрено, что с давних пор велись поиски красителей, которые позволили бы искусственным путем получать материалы с перламутровой окраской. В старину для этого использовали отвар рыбьей чешуи. Да и сейчас еще кое-где таким способом, конечно, во многом усовершенствованным, производят жемчужный краситель. Но в век химии делать ставку на рыбью чешую просто несерьезно – ее с успехом заменяет тиосульфат бария. Кристаллики этого вещества, смешанные с каким-либо бесцветным лаком, превращают его в «жемчужный». Если же их ввести в желатиновый или столярный клей и нанести слой его на изделия из дерева, картона или папье-маше, то можно добиться полной имитации перламутра.

Работники стекольной промышленности хорошо знакомы с другим соединением бария – карбонатом, который они добавляют в стекольную массу, чтобы повысить коэффициент преломления стекла. Иногда для той же цели вместо карбоната бария вводят нитрат. Но основное «увлечение» нитрата – пиротехника: эта соль бария, как и его хлорат, принимает участие во всех салютах и фейерверках, внося в общий красочный букет ярко-зеленую лепту. В свою очередь хлорат бария не ограничивается осветительной ролью и слывет среди работников сельского хозяйства стойким борцом с сорняками.

Вот уже почти пять тысячелетий несет свою вахту страж египетских пирамид Большой сфинкс. Высеченный по велению фараона Хефрена из цельного куска известняковой скалы, он имеет львиное тело и голову, которой приданы черты самого Хефрена. Быть может, фараон и блистал красотой, но за долгие годы гигантская копия его явно потеряла привлекательность: под действием песчаных бурь, дождей и резких смен температуры сфинкс почти лишился носа, левый глаз его стал заметно косить, лицо покрылось глубокими морщинами. Особую тревогу вызывает постоянно худеющая шея статуи. «Сфинкс болен, – писала одна из каирских газет, – и если не будут приняты срочные меры, шея может не выдержать». Несколько лет назад сфинкса пробовали «лечить»: чтобы укрепить части, грозящие рухнуть, ему сделали «инъекции» солей бария. Они помогли, но не надолго. Спустя четыре года каменное изваяние пришлось «закрывать» на капитальный ремонт.



Достаточно большой «послужной список» у окиси бария. В прошлом веке это соединение применяли для получения кислорода: сначала ее прокачивали при 500-600°C и она, поглощая кислород воздуха, превращалась в перекись; при дальнейшем же нагреве (до 700°C) перекись вновь переходила в окись, теряя лишний кислород. Так «добывали» кислород почти до конца XIX века, пока не был разработан способ извлечения этого газа из жидкого воздуха.

Следующую интересную страницу в биографию окиси бария вписал в 1903 году молодой немецкий ученый Венельт. Произошло это, как говорится, нежданно-негаданно. Однажды ему поручили проверить на платиновой проволочке закон испускания электронов нагретыми телами, открытый незадолго до этого английским физиком Ричардсоном. Первый же опыт полностью подтвердил закон, но Венельт спустя некоторое время решил повторить эксперимент с другой проволочкой. Каково же было его удивление, когда платина стала испускать поток электронов, во много раз больший, чем накануне: прибор, измерявший электронную

эмиссию, едва не вышел из строя. Поскольку свойства металла не могли так резко измениться, оставалось предположить, что виновником электронного «шквала» является случайно попавшее на поверхность проволоочки вещество с более высокой способностью к эмиссии электронов, чем платина. Но что же это за вещество?

Ученый стал поочередно наносить на платину различные материалы, подозреваемые в изменении электронного потока, но все они без труда доказывали свою явную непричастность к этому делу. И когда Венельт уже решил, что докопаться до истины ему вряд ли удастся, он вдруг вспомнил, что в смазке насосной установки, принимавшей «участие» в эксперименте, содержалась окись бария, которая могла случайно попасть на платиновую проволоочку. Ученый вновь включил приборы. А уже через несколько мгновений его радость не знала границ. Так было открыто вещество, которое по способности испускать электроны при нагреве не имеет себе равных.

Однако к такому выводу научный мир пришел не сразу. После того как Венельт опубликовал результаты своих опытов, многие физики занялись их проверкой. Одно за другим начали появляться в печати сообщения о том, что Венельт сильно преувеличил эмиссионную способность окиси бария. Да и самому Венельту больше не удавалось подтвердить свое открытие. Разочарованный ученый вскоре прекратил опыты.

Лишь спустя почти четверть века окисью бария заинтересовался англичанин Коллер. Он провел ряд более совершенных экспериментов и сумел установить, что если окись бария нагревать в вакууме при очень низких давлениях кислорода, то электронная эмиссия вещества будет весьма высокой; если же давление кислорода во время нагрева повышается, то эмиссия резко падает. Этот вывод, с одной стороны, восстанавливал научное реноме Венельта, но, с другой, вполне совпадал с мнением его оппонентов. А так как при нагреве окись бария не меняла ни своего химического состава, ни кристаллической структуры, возникла новая загадка: почему одно и то же вещество ведет себя столь различно, хотя по всем законам его свойства должны быть одинаковыми?

Примерно в эти же годы немецкий ученый Поль обнаружил отклонения от общепринятых норм в поведении ряда других простых веществ и тем самым подлил масла в огонь. Впрочем, точнее сказать, он бросил в огонь соли. Да-да, кристаллы обычной поваренной соли, или хлористого натрия. Прогревая эти кристаллы в парах натрия, Поль с удивлением наблюдал, как они становились фиолетовыми. Нечто подобное произошло и с кристаллами хлористого калия: при нагреве в калиевых парах вещество посинело. Но ведь и с этими соединениями, как и с окисью бария, в результате проведенных опытов ничего не должно было произойти.

Ничего? Оказывается, кое-что все-таки происходило. Объяснить сущность загадочных явлений сумел в 1935 году тот же Поль. По его гипотезе, для каждого кристаллического вещества характерно постоянное соотношение в кристалле не атомов разного вида, а так называемых узлов решетки. Для поваренной соли, например, одни узлы принадлежат катионам натрия, а другие – анионам хлора. Каждая пара таких узлов обязательно образует как бы «двухкомнатную квартиру», причем «жильцы» могут там и не находиться. Если соотношение разнородных ионов в кристаллах не соответствует стехиометрическому соотношению, характерному для данного вещества (такие кристаллы получили позднее название нестехиометрических), то и свойства его могут меняться.

Поль резонно предположил, что при нагреве соли в парах натрия на поверхность кристалла могут попасть атомы этого элемента. При этом каждый из них отдает электрон, превращаясь в катион, и строит для себя «комнатку» (узел решетки), но тут же к нему, покинув свое прежнее «жилье» в кристалле, пристраивается анион хлора – будущий сосед по новой «двухкомнатной квартире». Освободившееся от

аниона хлора «помещение» (вакансия) становится на первых порах пристанищем для электрона, отпущенного атомом натрия. Но электроны - «свободолюбивый народ» и долго находиться взаперти им не по душе. Чтобы вырваться наружу, электрон должен получить энергию, соответствующую кванту желтого цвета. Поэтому нестехиометрические кристаллы поваренной соли, содержащие избыток натрия, поглощают желтый свет и, повинувшись законам спектра, принимают фиолетовую окраску. Тщательные измерения позволили дать ответ и на вопрос, сколько же избыточных атомов натрия необходимо для такого изменения цвета; оказалось, что всего лишь тысячные доли процента.

Но вернемся к окиси бария. В 1953 году американский ученый Спроул нагрел бесцветные крупички этого вещества в жидком барии – кристаллы стали красными. По-видимому, решил Спроул, в них произошли те же изменения, что и в поваренной соли, с той лишь разницей, что там вакансия одновалентного хлора задерживала один электрон, а в окиси бария вакансия двухвалентного кислорода была вправе рассчитывать на электронную пару. Именно этим, по мнению ученого, и объяснялась высокая эмиссия электронов, так как вакансии кислорода служили их естественными источниками. Гипотеза подкупала своей простотой. Оставалось лишь провести некоторые измерения, чтобы убедиться в том, что поток электронов находится в прямой зависимости от количества избыточного бария в кристаллах. И вот тут-то снова произошла осечка: опыты, проведенные в лаборатории американской фирмы «Белл телефон», казалось бы, не оставляли от гипотезы Спроула камня на камне. В чем же дело?

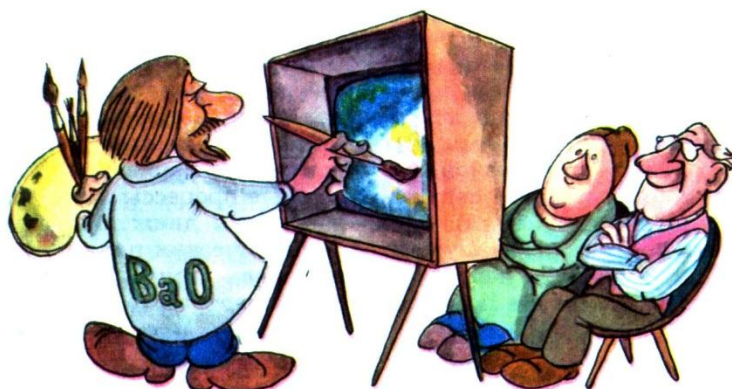
Для решения этой проблемы понадобилось 15 лет кропотливого труда. В конце 50-х годов советские химики А. Бундель и П. Ковтун, ознакомившись с экспериментами фирмы «Белл телефон», предположили, что ее сотрудники допустили ошибку в самой методике проведения опытов: на металлическую подложку наносилась тонкая пленка окиси бария и в ней определяли избыток бария. Столь малого количества вещества оказывалось недостаточно для точного химического анализа. К тому же при высоких температурах пленка могла загрязниться примесями подложки, что, разумеется, искажало истинную картину. Но, как известно, на ошибках учатся.

Чтобы не повторить просчетов американских коллег, Бундель и Ковтун в своих опытах использовали чистейшую окись бария, взяв ее в большом количестве, а доступ примесям был «категорически воспрещен» тем, что нагрев проводился в специально подобранном химически стойком материале. Из года в год совершенствовалась методика и техника эксперимента, но задача была настолько трудна, что лишь совсем недавно удалось поставить точки над *i*: именно крохотные количества избыточного бария, измеренные с ювелирной точностью, действительно, как и полагал Спроул, обуславливают эмиссию электронов. Так окончательно была разгадана природа явления, открытого еще в начале нашего века. Добавим лишь, что изображение, возникающее на экране вашего телевизора, «нарисовано» пучком электронов, вырвавшихся из нестехиометрических кристаллов окиси бария.

В последние годы окись бария (вполне нормальная со стехиометрической точки зрения) понадобилась для изготовления так называемых керамических магнитов. Для этого смесь порошков окиси бария и железа спекают под прессом в сильном магнитном поле. Образующийся феррат бария обладает интересными магнитными свойствами и все чаще применяется в технике.

Но, пожалуй, самым важным соединением бария сегодня с полным правом можно считать его титанат, получивший мировое признание как отличный сегнетоэлектрик. Своим названием этот новый класс химических веществ обязан французскому аптекарю Э. Сеньету, который еще в середине XVII века открыл двойную калиево-натриевую соль винной кислоты – сегнетову соль, завоевавшую вскоре репутацию неплохого слабительного средства. На этом скромном поприще соль трудилась более двух с половиной столетий, пока в 1918 году американский ученый Д. Андерсон не установил, что в интервале температур от

(-15) до +22°C она обладает весьма высокой диэлектрической проницаемостью, оставаясь поляризованной даже в отсутствие внешних электрических полей.



В 1944 году советский физик Б.М. Вул обнаружил незаурядные сегнетоэлектрические способности у титаната бария, который сохранял их в широком температурном диапазоне – почти от абсолютного нуля до +125°C. Поскольку титанат бария характеризуется большой механической прочностью и влагостойкостью и может быть получен без особых хлопот, неудивительно, что он занял среди сегнетоэлектриков одно из самых почетных мест, являясь прекрасным материалом для электрических конденсаторов. Благодаря сильно выраженному пьезоэффекту (изменению электрических характеристик под действием давления) эта соль бария нашла постоянную работу в пьезоэлементах.

В наш век – век небывалого технического прогресса – все шире становится круг химических элементов, которые претендуют на «ответственные должности» в науке, промышленности, сельском хозяйстве и других областях человеческой деятельности. Однако многие элементы с трудом делают карьеру из-за того, что их очень мало в земной коре. В этом отношении барий повезло: оболочка нашей планеты содержит 0,05% бария – в несколько раз больше, чем, например, никеля, кобальта, цинка и свинца, вместе взятых. Значит, дело за ним самим, да за учеными, которые призваны находить металлам, сплавам, соединениям новые интересные роли.

Одна из таких ролей – создание искусственных комет. Да, не удивляйтесь: выпущенные с борта космического аппарата на большом удалении от Земли пары бария превращаются в яркое плазменное облако, с помощью которого ученые осуществляют разнообразные исследования, ведут оптические наблюдения, определяют траекторию движения космических летательных аппаратов. Впервые искусственная комета была образована в 1959 году во время полета советской автоматической межпланетной станции «Луна-1». В начале 70-х годов западногерманские и американские физики, проводя совместные исследования электрического и магнитного поля Земли, выбросили над территорией Колумбии (на очень большой высоте) около 15 килограммов мельчайших частиц бария, которые образовали плазменное облако, наблюдавшееся из разных точек Америки. Вытянувшись вдоль магнитных линий земного шара, барий позволил уточнить их расположение.

В 1979 году с борта ракет, запущенных со шведского полигона в Кируне, в космическое пространство были также выброшены струи бария. Под действием солнечных лучей барий легко ионизировался и создал свечение, которое можно регистрировать на большом расстоянии с помощью сверхчувствительных телевизионных установок. Бариевое облако должно было пролить свет на некоторые процессы, связанные с полярным сиянием. Изучение характера движения облака позволит, в частности, судить об электрических полях, встречающихся на пути небесных скитальцев – ионов бария. Интересно, какие роли ждут барий завтра?

«ЖИЛ ЭЛЕМЕНТ РАССЕЯННЫЙ»... (ГАФНИЙ)



Кому повезло? – Частица Святого Носа. – Мыльные пузыри. – Бушуют споры. – Во славу древних племен. – Открытие Мозли. – На чашах весов. – В поддержку «земляков». – Не судьба... – Где живут рассеянные? – Кое-что о близнецах. – Препоны и рогатки. – Карьера под угрозой. – Гамлетовский вопрос. – Взгляды приходится пересмотреть. – Реактор или атомная бомба? – Хуже яда. – На вес золота. – Чудо-смолы. – Список претендентов. – Сапфир или фианит? – Можете завидовать.

Даже при беглом взгляде на таблицу химических элементов на ней нетрудно заметить явный географический налет: многие ее обитатели получили свои имена в честь различных городов, стран, континентов. Разумеется, «повезло» далеко не всем географическим названиям. Так, из материков лишь у Европы и Америки есть химические «тезки». А вот Азия, например, оказалась менее удачливой, чем ее соседки по глобусу, хотя была весьма «близка к успеху». Вы сами в этом убедитесь, если ознакомитесь с событиями, которые произошли в начале нашего века в Петербурге.

Незадолго до первой мировой войны один из работников Минералогической лаборатории привез в Петербург из Забайкалья с полуострова Святой Нос минерал ортит. В эти годы внимание многих ученых было приковано к проблеме радиоактивности. Поскольку имелись основания предполагать, что в ортите содержится один из наиболее интересных радиоактивных элементов – торий, минерал решили подвергнуть химическому анализу. Возглавлявший лабораторию замечательный геохимик академик В.И. Вернадский поручил эту работу своему ученику К.А. Ненадкевичу. Вскоре тому действительно удалось извлечь из ортита крупницы предполагаемого тория, но ученый не был уверен, что выделил именно торий.

По совету Вернадского Ненадкевич определил атомный вес этого элемента. Оказалось, что он равен 178 с десятными долями, в то время как атомный вес тория 232. Это означало, что в соответствии с периодическим законом выделенный из ортита элемент должен находиться в таблице Д.И. Менделеева между лютецием и танталом – в клетке № 72, которая в то время еще пустовала. Ненадкевич торжественно объявил Вернадскому: «Мы открыли новый элемент, Владимир Иванович!»

Как ни велико было желание оповестить об этом открытии научный мир, Вернадский все же счел нужным предупредить своего взволнованного ученика: «Подождите радоваться. Это надо сто раз проверить, прежде чем объявлять...» Но тут же спросил: «Откуда ортит?» – «Из Забайкалья». – «Значит, родом из Азии. Так и назовем его азием».

Но, видимо, судьбе было неуютно, чтобы самый большой материк «породнился» с простым химическим элементом. Начавшаяся вскоре первая мировая война, революция, гражданская война отодвигали вопрос об исследовании нового элемента все дальше и дальше, вплоть до того дня, когда... Впрочем, не будем забегать вперед, а расскажем вам о других событиях, имевших самое прямое отношение к описываемому элементу.

Когда Менделеев «расселил» в таблице все известные химические элементы, то клетка № 72 осталась незанятой. Можно было лишь предположить, что атомный вес ее будущего обитателя близок к 180, а сам он, располагаясь под цирконием, должен иметь сходные с ним свойства и в природе находиться в компании с ним.

О том, что в циркониевых рудах присутствует какая-то неизвестная примесь, многие химики подозревали и раньше. В XIX веке было опубликовано немало сообщений о якобы открытом в минералах циркония новом элементе. Названия этого элемента менялись – остраний, норий, яргоний, нигрий,

эвксений, но все они жили чуть дольше мыльных пузырей, потому что тщательная научная проверка каждый раз опровергала выводы авторов этих «открытий».

Выяснение личности «семьдесят второго» в значительной мере осложнялось тем, что к этой клетке таблицы примыкало слева «густонаселенное общежитие», где проживало редкоземельное семейство во главе с лантаном. Никто тогда толком не знал, сколько же «редких земель» существует на свете. Вокруг элемента № 72 разбушевались споры. Одни ученые продолжали считать, что он должен быть химическим родственником циркония, другие с ними не соглашались, утверждая, что претендент на эту вакансию должен иметь редкоземельное «происхождение».

В 1895 году датчанин Юлиус Томсен выступил с теоретическим обоснованием первой точки зрения, однако противники и не думали складывать оружие. В начале XX века стало широко известно имя французского химика Жоржа Урбена. Он внес немалый вклад в изучение редкоземельных металлов, зато элемент № 72 вправе предъявить ему серьезные претензии. И вот почему.

В 1907 году Урбен открыл лютеций – тот, что занимает в таблице клетку № 71 и замыкает правый фланг в строю лантаноидов. Сам же Урбен считал, что за лютецием должен располагаться еще один редкоземельный элемент. В 1911 году химик заявил, что в рудах редких земель им открыт этот последний представитель семейства лантана, который якобы вправе занять пустующее «помещение» № 72. В честь древних племен кельтов, некогда населявших территорию Франции, Урбен назвал его кельтием.



Спустя два года молодой английский физик Генри Мозли совершил чрезвычайно важное открытие: он установил, что заряд атомного ядра, или, иными словами, порядковый номер элемента, можно определить опытным путем – на основе исследования его рентгеновских спектров. Когда Мозли подверг рентгеноспектральному анализу образец кельтия, он не обнаружил тех линий, которые должен был бы дать спектру элемент № 72. Мозли сделал вывод: «Нет никакого кельтия! Элемент Урбена – всего лишь смесь известных редких земель».

Однако Урбен не хотел примириться с потерей кельтия и поспешил объяснить малоприятные для него результаты опытов Мозли несовершенством приборов, которыми тот пользовался. А поскольку осенью 1915 года, сражаясь в рядах британского экспедиционного корпуса на Галлипольском полуострове вблизи пролива Дарданеллы, Генри Мозли погиб, возразить Урбену он уже не мог. Более того, когда в 1922 году соотечественник Урбена физик А. Довилье провел по его просьбе тщательное исследование и заметил в спектре смеси лантаноидов две едва различимые линии, характерные для элемента № 72, кельтий вновь обрел «права гражданства».

Но радость Урбена была недолгой, и «помог» ему в этом знаменитый датский физик Нильс Бор. К этому времени электронная теория строения атомов, разработанная Бором, уже вполне позволяла создать

модель атома любого элемента. Согласно этой теории, атом элемента № 72 никак не мог походить на атомы редких земель, а, напротив, должен был походить на атомы элементов четвертой группы – титана и циркония.

Итак, на одной чаше весов оказались опыты и рассуждения Урбена, подкрепленные экспериментом Довилье, на другой – мнение Менделеева, рассуждения Томсена и расчеты Бора, пока еще не подтвержденные практическими работами. Так кто же прав?

Вскоре ответ был получен. Дали его венгерский химик Дьердь Хевеши и голландский физик Дирк Костер. Всецело доверяя авторитету Нильса Бора, они предприняли попытку найти элемент № 72 в минералах циркония. В 1923 году им удалось обнаружить новый элемент в норвежской циркониевой руде, а рентгеноспектральный анализ показал, что заряд его атомного ядра равен 72. По химическим же свойствам он, как и полагали Менделеев, Томсен и Бор, оказался близким аналогом циркония. Поскольку научная аргументация открытия была безупречной, в периодической системе появилось новое название – гафний. Хевеши и Костер дали ему это имя в честь древнелатинского названия Копенгагена (Гафния), где состоялось его рождение.

Ошибочность взглядов Урбена и Довилье не вызвала уже сомнений, и кельтию был вынесен приговор: «Из таблицы элементов исключить. Оставить лишь в анналах истории химии». И хотя приговор был окончательный и обжалованию не подлежал, ученые Франции, пытаясь отстоять приоритет своих соотечественников, еще четверть века именовали элемент № 72 «кельтием». Лишь в 1949 году 15-я конференция Международного союза чистой и прикладной химии навсегда «похоронила» это название.

Итак, чаша весов склонилась в пользу теории: периодический закон Менделеева и электронная модель строения атома Бора торжествовали победу. Но в таком случае, что за слабые линии видел в спектре смеси лантаноидов Довилье? Неужели, чтобы доказать явно предвзятую точку зрения Урбена, ученый пошел на сделку с совестью? Ничего подобного. Довилье действительно видел эти линии, и они действительно принадлежали элементу № 72: ведь иногда в природе гафний встречается совместно с редкоземельными металлами. Это и ввело в заблуждение французского физика.

Теперь настало время вернуться к началу нашего рассказа. Вы уже поняли, должно быть, что в петербургской Минералогической лаборатории Вернадский и Ненадкевич напали на след именно гафния, но поскольку открыть его «по всем правилам» они не успели, элемент получил свое название не в честь Азии, как предлагал Вернадский, а в честь датской столицы, как пожелали Хевеши и Костер, имевшие на то полное право.

Что же представляет собой гафний? Видимо, мало кто из читателей держал в руках этот серебристо-белый блестящий металл. В то же время запасы его в природе отнюдь не назовешь скудными: достаточно сказать, что гафния в 25 раз больше, чем серебра, и в тысячу (!) раз больше, чем золота. А уж серебро и золото, наверное, видел каждый. Чем же объяснить такой парадокс?

Во всем виновата чрезвычайная рассеянность гафния: он так распылен по белу свету, что на всей земле нет ни одного месторождения этого элемента. Словно тень, он неотступно следует за цирконием: в любом минерале циркония есть хоть немного гафния. Однако лишь циркон, в котором на каждые сто атомов циркония приходится в среднем всего один атом гафния, может быть использован промышленностью как гафниевое сырье. Но между «может быть использован» и металлическим гафнием лежит длинный и сложный технологический путь. И усложняет его не кто иной, как... цирконий.



Дело в том, что цирконий и гафний – химические близнецы. «Вот так близнецы, – вправе возразить дотошный читатель.– Ведь цирконий был открыт в 1789 году и, значит, старше гафния чуть ли не на полтора столетия. Он ему в пра-пра-прадедушки годится!» И тем не менее редкая пара элементов может продемонстрировать столь поразительное сходство химических свойств, каким обладают цирконий и гафний. До сих пор не найдено реакции, в которую вступал бы один из них и не желал бы вступить другой.

Из-за этого сходства химики долго не замечали гафний, и поэтому тот оказался значительно моложе циркония. Оно же ставит на пути технологов, стремящихся разлучить близнецов, многочисленные «препоны и рогатки». Еще не так давно для разделения циркония и гафния приходилось выполнять 500 операций растворения и кристаллизации, основанных на буквально микроскопической разнице в растворимости солей этих элементов. Нетрудно представить, во что обходилась такая процедура. Поэтому всего каких-нибудь полтора десятка лет назад никто не занимался производством гафния в промышленных масштабах: нужен он был только ученым для исследовательских целей – им хватало нескольких килограммов в год. Что же касается циркония, который всегда содержал примеси гафния, то большой бедой это не считалось: «Гафний, так гафний. Разве он мешает цирконию?»

До поры до времени гафний и в самом деле не мешал своему более маститому собрату. Цирконий обычно использовали как коррозионностойкий материал, и примеси гафния, которому борьба с коррозией тоже была вполне по плечу, не становились ложкой дегтя. Но когда цирконий получил ответственное назначение – стал служить «одеждой» урановых стержней в ядерных реакторах, родство с гафнием могло губительно повлиять на его «карьеру». Дело в том, что, несмотря на необыкновенное сходство этих элементов, по одному вопросу их «мнения» принципиально расходятся. «Пропускать или не пропускать нейтроны?» – эту дилемму каждый из них решает по-своему: если цирконий практически прозрачен для нейтронов, то гафний, наоборот, жадно их поглощает. Материал, в который «одевают» уран, не должен быть препятствием для инициаторов ядерной реакции. Чистый цирконий подходит для этой цели как нельзя лучше. Но присутствие всего лишь 2% гафния ухудшает «пропускную способность» циркония в 20 раз.



Ученые вынуждены были всерьез задуматься над проблемой получения циркония так называемой реакторной чистоты, т.е. практически не содержащего гафния (не более 0,01%). Полтысячи операций, разумеется, не устраивали промышленность, и наука нашла выход: вскоре был разработан достаточно

эффективный и экономичный способ очистки циркония от гафния. Гафний же в виде гидроокиси, получаемой в процессе разделения, поначалу рассматривался как побочный продукт. Однако вскоре эти взгляды пришлось изменить: технике потребовался и сам гафний, причем для чего бы вы думали? Для использования в... ядерных реакторах, где он прежде считался персоной «нон-грата».

Ни один реактор не мог бы работать без регулирующих стержней, которые, будучи нейтроннепроницаемыми, позволяют управлять ходом ядерной реакции. Когда регулирующие стержни выведены из активной зоны реактора, нейтроны обретают простор, они начинают быстро «размножаться», реакция протекает все энергичнее. Но за нейтронами нужен глаз да глаз. Если не сдерживать их «порывы», реактор превратится в... атомную бомбу со всеми вытекающими отсюда последствиями. Чтобы этого не произошло, регулирующие стержни поглощают избыточные нейтроны. Ну, а попробуйте найти лучший поглотитель нейтронов, чем гафний, да еще с такой отличной механической прочностью, с таким умением сопротивляться коррозии и высоким температурам?



Если к началу 50-х годов в США было получено менее 50 килограммов гафния, то уже спустя примерно 10 лет ежегодное производство его достигало 60 тонн, причем на повестке дня уже стоял вопрос о получении ультрачистого гафния – без губительных примесей циркония, мешающего ему работать в ядерной энергетике.

Как и большинство других новых материалов, гафний пока еще очень дорог: по американским данным, гафниевый прокат в несколько раз дороже серебра. Это, с одной стороны, сдерживает его применение, а с другой – предъявляет химикам и металлургам законное требование: создать такие способы получения этого металла, которые позволили бы резко снизить его стоимость.

Весьма перспективно для этой цели применение так называемых ионообменных смол. Если через колонку, содержащую эти смолы, пропустить раствор циркония и гафния, то на выходе в растворе не окажется гафния – он «застрянет» в смолах, а в результате последующей промывки колонки кислотой предстанет очищенным от циркония.

На гафний начинают претендовать различные области техники. Металлурги, например, не без основания считают, что он может благотворно влиять на механические свойства других металлов, принимать участие в создании специальных жаростойких сталей. Тугоплавкость гафния (температура плавления свыше 2200°C!) в сочетании со способностью быстро поглощать и отдавать тепло делают его подходящим конструкционным материалом для деталей реактивных двигателей (турбинных лопаток, клапанов, сопел и т.д.). Правда, есть одно «но»: гафний несколько тяжеловат – вдвое тяжелее, чем цирконий, и втрое, чем титан, а уж с таким легковесом, как бериллий, и сравнивать не приходится! В химическом машиностроении этот недостаток проявляется в меньшей мере, зато здесь высокие антикоррозионные свойства гафния могут быть оценены по достоинству.

Нельзя не сказать об использовании гафния в электротехнической и радиотехнической промышленности. Его применяют при изготовлении радиоламп, рентгеновских и телевизионных трубок. Добавки двуокиси гафния к вольфраму резко увеличивают срок службы нитей накаливания. Другие соединения гафния – нитрид и особенно карбид, который плавится почти при 4000°C, несомненно займут почетное место в списке особо заслуженных огнеупорных материалов.

Несколько лет назад на страницах газет и журналов появилось новое слово – «фианиты». Так

ученые Физического института имени П.Н. Лебедева Академии наук СССР (ФИАН) решили назвать полученные ими рукотворные драгоценные камни – синтетические монокристаллы двуокисей циркония и гафния. Играющие всеми цветами радуги (незначительные добавки различных элементов позволяют получать кристаллы практически любой окраски), фианиты не уступают по красоте сапфиру, топазу, аквамарину, гранату и другим чудесным природным камням. Но красивая внешность – не главное достоинство фианитов. Они сочетают в себе многие уникальные свойства: высокий коэффициент преломления (почти такой же, как у алмазов), твердость, тугоплавкость, химическую стойкость. Если учесть к тому же, что фианиты сравнительно недороги, то станет понятной та популярность, которую они быстро завоевали в мире науки и техники. Из них изготавливают оптические линзы, призмы, «окна», способные работать при высоких температурах даже в химически агрессивных средах. В «послужном списке» фианитов почетное место занимает их работа в качестве лазерных материалов.

И все же ядерная энергетика, потребляющая сегодня свыше 90% производимого в мире гафния, видимо, долгие годы еще будет монополистом в расходовании этого металла. Что ж: быть одним из важнейших материалов в одной из важнейших областей современной техники – этому, пожалуй, могут позавидовать многие другие металлы.

СЕКРЕТ СТАРЫХ ОТВАЛОВ (РЕНИЙ)



Где собака зарыта? – Есть вакансии. – Химические «лжедмитрии». – Поиски неуловимых. – Позвольте усомниться! – «Апартамент» занят. – Последний из могикан. – Уникальная река. – На вершине пирамиды. – Копнем-ка недра! – Почем фунт рения? – Раз, два и обчелся. – Необычный октет. – Чудеса старика Хоттабыча – События на границах. – Волшебные нити. – Контакты нужно наладить. – С помощью ЭВМ. – Защитная «рубашка». – Увлечение катализом. – Шлагбаум на пути. – Знатные гости.

В конце 20-х годов нашего века крупная зарубежная фирма обратилась к директору одного из заводов цветных металлов в Сибири с выгодным, казалось бы, предложением: продать ей за довольно солидную сумму отвалы пустой породы, скопившиеся около заводской территории.

«Неспроста, должно быть, иностранцы заинтересовались отходами производства», – подумали работники завода. О том, что фирма действовала, как говорится, не корысти ради, а лишь обуреваемая желанием улучшить финансовое положение советского предприятия, разумеется, не могло быть и речи. Значит, нужно было найти, где собака зарыта. И заводские химики принялись тщательно исследовать старые отвалы. А уже вскоре все стало ясно: оказалось, что «пустая» порода содержала редчайший металл рений, открытый за несколько лет до описываемых событий. Поскольку мировое производство рения измерялось в то время буквально граммами, цена на него была поистине фантастической. И немудрено, что представители зарубежной фирма готовы были раскошелиться, лишь бы заполучить драгоценные отвалы. Но к их великому огорчению сделка по вполне понятным причинам не состоялась.

Что же представляет собой рений и чем был вызван повышенный интерес к нему?

Приоритет открытия этого металла принадлежит немецким ученым супругам Иде и Вальтеру Ноддак, однако у них было немало предшественников, стремившихся ускорить торжества по поводу нового элемента. Дело в том, что еще в 1871 году Д.И. Менделеев предсказал, что в природе «обязаны» существовать два химических аналога марганца, которые в периодической системе должны располагаться под ним, занимая пустовавшие в то время клетки № 43 и 75. Менделеев условно назвал эти элементы эка-

марганцем и дву-марганцем.

Претендентов на появившиеся вакансии оказалось более чем достаточно. История химии хранит множество сообщений об открытиях новых элементов, которые после тщательной проверки приходилось «закрывать». Так было и с аналогами марганца. В роли первооткрывателей этих загадочных незнакомцев не прочь были выступить многие химики разных стран, но «открытым» ими элементам (ильмению, дэвию, люцию, ниппонию) суждено было лишь попасть в историю науки, но не заполнить вакансии периодической таблицы. Правда, один из них – дэвий, открытый в 1877 году русским ученым С. Керном и названный в честь знаменитого английского химика Г. Дэви, давал реакцию, которую в наше время используют в аналитической химии для определения рения. Может быть, Керну и в самом деле довелось держать в руках крупцы темно-серебристого металла, того, что спустя полвека официально появился на свет под названием рений? Но как бы то ни было в клетках № 43 и 75 продолжали торчать унылые вопросительные знаки.

Период неизвестности длился до тех пор, пока в поиски неуловимых элементов не включились немецкие химики Вальтер Ноддак и Ида Такке, которые вскоре, видимо, решили, что работа пойдет успешнее, если они скрепят свой научный союз еще и брачными узами.

Первым объектом их исследований, начатых в 1922 году, стала платиновая руда, однако экспериментировать с ней было довольно накладно, и ученым пришлось переключиться на материалы «попроще». К тому же теоретические работы, которые параллельно с экспериментами вели супруги, убеждали их в том, что, вероятнее всего, искомые элементы № 43 и 75 прячутся в природе в минералах типа колумбитов. Кроме того, теория позволила ученым рассчитать и приблизительное содержание в земной коре этих не поддающихся открытию элементов: оказалось, что на каждый их атом приходится миллиарды атомов других представителей химического мира. Стоило ли при этом удивляться, что так долго пустовали «квартиры» № 43 и 75, а их будущие обитатели тем временем водили за нос не одно поколение химиков?



Эксперименты супругов Ноддак поражали своим размахом: в течение года они, пользуясь разработанным незадолго до этого рентгеноспектральным методом, «прощупали» 1600 земных минералов и 60 пришельцев из космоса – метеоритов. Титанический труд увенчался успехом: в 1925 году ученые объявили о том, что нашли в колумбите два новых элемента – мазурий (№ 43) и рений (№ 75).

Но объявить об открытии – еще не все. Нужно суметь доказать свою правоту тем, кто поставит под сомнение рождение новых элементов. Одним из таких ученых, усомнившихся в том, что пришла, наконец, пора на место знаков вопроса поставить в таблицу Д.И. Менделеева символы Ma и Re, был известный

немецкий химик Вильгельм Прандтль. Крупный теоретик и блестящий экспериментатор, он вступил в ожесточенную дискуссию с супругами Ноддак. Те, в свою очередь, готовы были любой ценой защищать свой престиж. В конце концов «схватка», за ходом которой с интересом следил научный мир, закончилась вничью: убедительных доказательств в отношении мазурия супруги Ноддак представить не смогли, зато рений к этому моменту существовал уже не только на рентгеноспектрограммах: в 1926 году было выделено 2 миллиграмма нового металла, а спустя год – 120 миллиграммов!

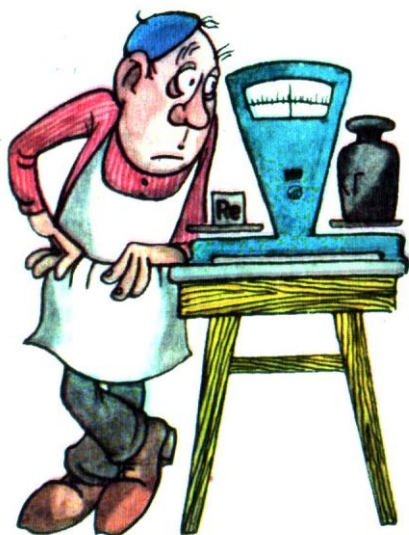
Да и работы других ученых – англичанина Ф. Лоринга, чехов И. Друце, Я. Гейровского и В. Долейжека (они независимо от супругов Ноддак, но лишь на несколько месяцев позже обнаружили элемент № 75 в марганцевых рудах) – свидетельствовали о том, что нашелся истинный владелец соответствующего «апартамента» периодической таблицы.

Рений оказался практически «последним из могикан» – элементов, обнаруженных в природных материалах. В дальнейшем удалось заполнить еще несколько оставшихся пустыми клеток периодической системы элементов Д.И. Менделеева, но их обитатели были уже получены искусственным путем – с помощью ядерных реакций. Первым среди них суждено было стать бывшему мазурию – элементу № 43, который открывшие его в 1937 году итальянские ученые Э. Сегре и К. Перье назвали технецием (что по-гречески означает «искусственный»).

Но вернемся к рению. Своим именем металл обязан реке Рейн. Рейнская область – родина Иды Ноддак; здесь же и сам рений впервые увидел свет. (Заметим, что ни одной другой реке нашей планеты химики и физики не оказали столь высокой чести.) Промышленное производство нового металла развернулось в начале 30-х годов в Германии, где были найдены молибденовые руды с большим содержанием рения – 100 граммов на тонну. Всего одна щепотка на гору руды, но для рения и такую концентрацию можно считать необычайно высокой: ведь его среднее содержание в земной коре в десятки тысяч раз ниже. Немного найдется элементов, которые встречаются в природе еще реже, чем рений.

Распространенность химических элементов часто для наглядности изображают в виде пирамиды. Ее широкое основание составляют кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, которыми богата Земля, а рений располагается в «поднебесье» – на самом острiente вершины.

Как полагал академик А. Е. Ферсман, для рения характерно «тяготение» к тем зонам земного шара, которые прилегают к его ядру. Возможно, со временем геологи сумеют проникнуть в самые недра нашей планеты и газеты всего мира опубликуют сенсационное сообщение об открытии там богатейшего рениевого месторождения...



В 1930 году мировое производство рения составляло всего... 3 грамма (зато каждый из этих граммов стоил ни мало, ни много – 40 тысяч марок!). Но уже спустя 10 лет только в одной Германии было получено примерно 200 килограммов этого металла.

С тех пор интерес к рению растет как на дрожжах. Он оказался одним из самых тяжелых металлов – чуть ли не в три раза тяжелее железа. Только осмий, иридий и платина по плотности немного превосходят рений. Характерная его черта – необычайная тугоплавкость: по температуре плавления (3180°C) он уступает лишь вольфраму. А температура его кипения настолько высока, что до сих пор ее не удалось определить с большой степенью точности. Можно лишь сказать, что она близка к 6000°C (только вольфрам кипит

примерно при такой же температуре). Еще одно важное свойство этого металла - высокое электросопротивление.

Не менее любопытны и химические свойства рения. Ни один другой элемент периодической системы не может похвастать тем, что, подобно рению, имеет восемь различных окислов. Кроме этого «октета» окислов, где валентность рения меняется от 8 до 1, он – единственный среди всех металлов – способен образовать ионы (так называемые «ренид-ионы»), в которых металл отрицательно одновалентен.

Рений весьма устойчив на воздухе: при комнатной температуре его поверхность остается блестящей десятилетиями. В этом с ним могут конкурировать, пожалуй, лишь золото, платина и другие представители «благородного семейства».

Если оценить все металлы с точки зрения их коррозионной стойкости, то в этой «табели о рангах» рению по праву должно быть предоставлено одно из самых почетных мест. Ведь самые «злые» кислоты – плавиковая, соляная, серная – не в силах с ним справиться, хотя перед азотной кислотой он пасует.

Как видите, свойства рения достаточно разнообразны. Многогранна и его деятельность в современной технике. Пожалуй, наиболее важную роль рений играет в создании различных кислотоупорных и жаропрочных сплавов. Техника XX века предъявляет к конструкционным материалам все более и более жесткие требования. Возможно, старику Хоттабычу для получения сплава с любыми заданными свойствами понадобилось бы лишь вырвать два-три волоска из своей бороды. Ученым же, не обладающим даром волшебства, приходится тратить на это долгие годы, да и «расход» волос при этом порой бывает значительно выше.

Можно с полным основанием сказать, что с тех пор, как создатели сплавов взяли на вооружение рений, им удалось добиться немалых успехов. Во всяком случае жаропрочные сплавы этого металла с вольфрамом и танталом уже успели завоевать признание конструкторов. Еще бы: мало какому материалу по плечу сохранять при «адских» температурах – до 3000°C! – ценные механические свойства, а для рениевых сплавов – это не проблема.

Особый интерес металловедов вызывает «рениевый эффект» – благотворное влияние рения на свойства вольфрама и молибдена. Дело в том, что эти тугоплавкие металлы, которые не только не боятся высоких температур, но и стойко переносят при этом значительные нагрузки, в обычных условиях (не говоря даже о легком морозе) ведут себя весьма капризно: они хрупки и от удара могут разлететься на кусочки, как стекло. Но оказалось, что в сочетании с рением вольфрам и молибден образуют прочные сплавы, сохраняющие пластичность даже при низких температурах.

Природа «рениевого эффекта» еще недостаточно изучена. Как полагают ученые, суть его в следующем. В процессе производства в вольфрам и молибден иногда проникает «инфекция» – углерод. Поскольку в твердом состоянии эти металлы совершенно не растворяют углерод, ему ничего не остается, как расположиться в виде тончайших карбидных пленок по границам кристаллов. Именно эти пленки и делают металл хрупким. У рения же с углеродом иные «взаимоотношения»: если его добавить к вольфраму или молибдену, то ему удастся удалить углерод с пограничных участков и перевести в твердый раствор, где тот практически безвреден. Теперь уже для хрупкости у металла нет оснований и он становится вполне пластичным. Вот почему из сплавов вольфрама и молибдена с рением можно изготовить фольгу или проволоку в несколько раз тоньше человеческого волоса.

Для сверхточных навигационных приборов, которыми пользуются космонавты, летчики, моряки, необходимы так называемые торсионы – тончайшие (диаметром всего несколько десятков микрон!), но удивительно прочные металлические нити. Лучшим материалом для них считается молибденорениевый сплав (50% рения). Оценить его прочность можно по такому факту: проволока из него сечением в 1

квадратный миллиметр способна выдержать нагрузку в несколько сот килограммов!



Сегодня трудно найти на земле уголок, куда бы не проникло еще электричество. В промышленности и сельском хозяйстве, на транспорте и в быту постоянно трудится несчетное число электроприборов. Множество приборов – это множество выключателей, множество контактов. При работе выключателя в нем иногда проскакивает крохотная искорка, которую не следует считать безобидной: медленно, но верно она разрушает электрический контакт, а это приводит к непредусмотренной потере электроэнергии.

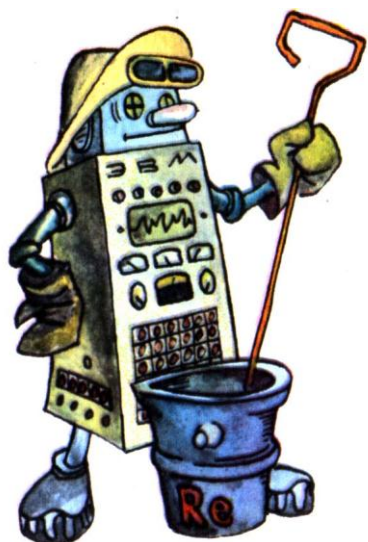
Какой бы мизерной ни была эта потеря, но помноженная на миллиарды контактов, она становится огромной. Особенно важно обеспечить стойкость контактов в тех случаях, когда они работают в условиях повышенной температуры или влажности, где вероятность их разрушения возрастает. Вот почему ученые постоянно ищут все более стойкие – прочные и тугоплавкие – материалы для изготовления контактов. Долгое время для этой цели не без успеха применяли вольфрам. Когда же стали известны характеристики рения, выяснилось, что рениевые контакты лучше вольфрамовых. Так, например, вольфрамовые контакты выдерживали совместное «наступление» тропической коррозии и вибрации лишь несколько суток, а затем полностью выходили из строя; рениевые же контакты успешно работают в таких условиях месяцы и даже годы.

Но где же напасть столько рения, чтобы удовлетворить им электротехническую промышленность? Опыты показали, что вовсе не обязательно делать контакт из чистого рения. Достаточно добавить к вольфраму немного этого металла, и эффект будет почти тот же. Зато расходы рения сократятся во много раз: одного килограмма его хватает на десятки тысяч контактов.

Один из вольфраморениевых сплавов, выпускаемый нашей промышленностью, уже нашел применение более чем в 50 электровакуумных приборах. Использование этого материала в катодном узле электроннолучевой трубки повысило его долговечность до 16 тысяч часов. Это значит, что если экран телевизора светится в наших домах в среднем по четыре часа в день, то его катодный узел сможет безупречно работать не менее 12 лет.

Замечательные свойства продемонстрировали и другие сплавы рения – с ниобием, никелем, хромом, палладием. Даже небольшие добавки рения повышают, например, температуру плавления хромоникелевого сплава примерно на 200-250 градусов.

Широким диапазоном свойств рениевых сплавов объясняется и многообразие сфер их применения: от высокотемпературных термомпар, не боящихся жарких объятий расплавленной стали, до кончиков вечных перьев, опор компасных стрелок и других деталей, которые должны долгое время сохранять большую твердость, прочность, износостойкость.



Число сплавов рения с другими металлами постоянно растет, причем сегодня в подборе «партнеров» для него значительную помощь металловедам оказывает электронная вычислительная техника. С помощью ЭВМ уже предсказаны свойства многих двойных сплавов рения.

Для борьбы с коррозией – вечным врагом металла – ученые разработали немало способов. Хромирование, никелирование, цинкование взяты на вооружение много лет назад, а вот ренирование – процесс сравнительно новый. Тончайшие рениевые покрытия по стойкости не знают себе равных. Они надежно защищают детали от действия кислот, щелочей, морской воды, сернистых соединений и многих других опасных для металла веществ. Цистерны и баки, изготовленные из ренированных стальных листов, применяют, например, для перевозки соляной кислоты.

Ренирование позволяет в несколько раз продлить срок службы вольфрамовых нитей в электролампах, электронных трубках, электровакуумных приборах. После откачки воздуха в баллоне электролампы неизбежно остаются следы кислорода и водяных паров; они же всегда присутствуют и в газонаполненных лампах. На вольфрам эти непрошеные гости действуют разрушающе, но если покрыть нити рениевой «рубашкой», то водород и пары воды уже не в силах причинить вольфраму вред. При этом расход рения совсем невелик: из одного грамма можно получить сотни метров ренированной вольфрамовой нити.

Новая, но очень важная область применения рения – катализ. Металлический рений, а также многие его сплавы и соединения (окислы, сульфиды, перренаты) оказались отличными катализаторами различных процессов – окисления аммиака и метана, превращения этилена в этан, получения альдегидов и кетонов из спиртов, крекинга нефти. Самый многообещающий катализатор – порошкообразный рений, способный поглощать большие количества водорода и других газов. По мнению специалистов, в ближайшие годы на катализационные «нужды» будет расходоваться половина рения, добываемого во всем мире.

Как вы убедились, «безработица» рению не грозит. Однако шлагбаумами на пути широкого использования его в технике оказались редкость и рассеянность этого элемента в природе. В земной коре золота, например, содержится в пять раз больше, чем рения, серебра – в сто раз, вольфрама – в тысячу, марганца – почти в миллион, а железа – в 50 миллионов раз больше. О чрезвычайной рассеянности рения говорит тот факт, что этот элемент не имеет собственных месторождений. Практически единственный минерал, который можно назвать рениевым – джезказганит (он найден вблизи казахского города Джезказган). Обычно же рений встречается в качестве примеси, например, в молибдените (до 1,88%), колумбите, колчедане и других минералах. Рения в них очень мало – всего от миллиграммов до нескольких граммов на тонну. Стоит ли удивляться, что супругам Ноддак, чтобы получить первый грамм сравнительно чистого металлического рения, пришлось переработать более 600 килограммов норвежского молибденита. По подсчетам специалистов, рениевые запасы всех месторождений капиталистических стран оцениваются всего в тысячу тонн.

Еще один крупный «недостаток» рения – его высокая стоимость: он значительно дороже золота. Тем не менее, спрос на этот металл все время растет, особенно в последние годы, когда им заинтересовались творцы ракетной техники.

До недавнего времени рений в нашей стране получали только из медного и молибденового сырья. В конце 70-х годов ученые Института металлургии и обогащения АН Казахской ССР создали технологию извлечения этого ценнейшего металла из полупродуктов свинцового производства. В основе новой

технологии лежат ионообменные процессы, позволяющие получать очень чистый металл, обладающий высокими физико-химическими свойствами.

...В 1960 году в Институт металлургии имени А.А. Байкова Академии наук СССР приехали иностранные гости. Казалось бы, для работников института, имеющего мировое значение, в этом факте не было ничего примечательного – здесь привыкли к визитам зарубежных коллег любого ранга. Однако гости, о которых идет речь, – убеленная сединами супружеская пара – вызывали особое уважение: это были приехавшие в Москву супруги Ноддак. Долго ходили они по комнатам лаборатории редких и тугоплавких металлов и сплавов. Их интерес был понятен: ученые лаборатории под руководством члена-корреспондента Академии наук СССР Е.М. Савицкого уже несколько лет занимались исследованием рения и сумели получить весьма важные результаты.

Замечательному металлу предстояло в стенах института раскрыть новые грани своего дарования, обрести новые профессии, и, конечно же, супругов Ноддак не могла не волновать дальнейшая судьба их детища.

«ОБИДА» БЛАГОРОДНОГО МЕТАЛЛА (ОСМИЙ)



Трифилий или Варахасий? – Горькая обида. – Поиск ведут знатоки. – Хлор редьки не слаще. – Благородное происхождение. – Три богатыря. – Все становится на свое место. – Сомнительная слава. – Что почем? – Твердость в почете. – Секрет вечности. – Неразлучный дуэт. – Ответственный пост. – Игра стоит свеч. – Большой спрос. – Семь «братьев». – «Товары неширокого потребления». – Осторожно: яд! – В стакане воды. – Сколько можно заблуждаться? – Проблемы трудоустройства. – Осмий в «ловушке».

Помните у Гоголя: «Родился Акакий Акакиевич против ночи, если только не изменяет память, на 23 марта... Родильнице предоставили на выбор любое из трех имен, какое она хочет выбрать: Моккия, Сессия или назвать ребенка во имя мученика Хоздазата. «Нет, – подумала покойница, – имена-то все такие». Чтобы угодить ей, развернули календарь в другом месте; вышли опять три имени: Трифилий, Дула и Варахасий. «Вот это наказание, – проговорила старуха, – какие все имена, я право никогда и не слыхивала таких. Пусть бы еще Варадат или Варух, а то Трифилий и Варахасий». Еще перевертели страницу – вышли: Павсикакий и Вахтисий. «Ну, уж я вижу, – сказала старуха, – что, видно, его такая судьба. Уж если так, пусть лучше будет он называться, как и отец его. Отец был Акакий, так пусть и сын будет Акакий». Таким образом и произошел Акакий Акакиевич».

Не знаем, долго ли английский химик Смитсон Теннант придумывал имя одному из двух открытых им в 1804 году химических элементов – осмию, но повезло этому «новорожденному» не больше, чем герою гоголевской «Шинели». Дело в том, что «осмий» в переводе с греческого означает... «запах».

Согласитесь: для благородного металла (а осмий как представитель платиновой группы металлов с полным правом носит этот титул) такое название, мягко выражаясь, не может служить украшением. А если учесть, что ближайшие родственники гордо именуются палладием (тезка богини Афины Паллады), иридием (по-гречески «радуга»), родием («Роза»), рутением (от латинского названия России), то обида становится еще горше.

Почему же Теннант был так немилостив к своему «крестнику»? Прежде чем ответить на этот вопрос, поведаем о событиях, которые предшествовали открытию осмия.



В 1804 году известный английский ученый Уильям Волластон, изрядно поинтриговав перед этим научный мир ([подробнее об этом рассказано в очерке о палладии «Шутка английского химика»](#)), сообщил на заседании Королевского общества, что, анализируя сырую (природную) платину, он обнаружил в ней неизвестные ранее металлы, названные им палладием и родием. Оба были найдены в той части платины, которая растворялась в царской водке, но при этом взаимодействии оставался еще и нерастворимый остаток. Он, как магнит, притягивал к себе многих химиков, справедливо полагавших, что и в нем может прятаться какой-нибудь неведомый дотоле элемент.

Близки к успеху были французы Колле-Дескотиль, Фуркруа и Воклен. Они не раз замечали, что при растворении сырой платины в царской водке выделялся черный дым, а при сплавлении нерастворимого остатка с едким кали образовывались соединения, которые «не возражали» против растворения. Фуркруа и Воклен предположили, что искомый элемент частично улетучивается в виде дыма, а та часть его, которой не удастся таким способом «эвакуироваться», оказывает агрессору посильное сопротивление, не желая в нем даже растворяться. Ученые поторопились дать новому элементу имя – «птен», что по-гречески означает «крылатый, летучий».

Но это название порхнуло, как бабочка, и кануло в Лету, так как вскоре Теннант сумел разделить «птен»: на самом деле он представлял собой естественный сплав двух разных металлов. Один из них ученый назвал иридием – за разнообразие окраски солей, а другой – осмием, поскольку его четырехокись, выделявшаяся при растворении в кислоте или воде продукта сплавления осмиридия (так в дальнейшем стали называть бывший «птен») со щелочью, имела неприятный, раздражающий запах, похожий одновременно на запахи хлора и подгнившей редьки. Позже выяснилось, что и сам металл способен издавать подобный «аромат», правда, послабее: тонкоизмельченный осмий постепенно окисляется на воздухе, превращаясь в четырехокись. Видимо, не по душе пришелся этот запах Теннанту, и он в сердцах решил увековечить в названии открытого им элемента свое наиболее сильное впечатление от первого свидания с ним.

По одежке встречают, по уму провожают. И если запах да цвет – оловянно-белый с серовато-голубым отливом – можно считать «одеждой» осмия, то его характеристики как химического элемента и как металла по этой пословице следует отнести к «уму».

Так чем же может похвастать наш герой? Прежде всего, как уже было сказано, своим благородным происхождением. Взгляните на периодическую систему элементов: в правой части ее особняком держится семейство платиноидов, состоящее из двух триад. В верхнюю триаду входят легкие платиновые металлы – рутений, родий, палладий (все в мире относительно: любой представитель этой троицы в полтора с лишним раза тяжелее железа). Во второй триаде собрались настоящие богатыри-тяжеловесы – осмий, иридий и платина. Интересно, что долгое время ученые придерживались такого порядка возрастания

атомных весов этих элементов: платина – иридий – осмий. Но когда Д.И. Менделеев создавал свою периодическую систему, ему приходилось тщательно проверять, уточнять, а порой и исправлять атомные веса многих элементов. Одному проделать всю эту работу было нелегко, поэтому Менделеев привлекал к работе других химиков. Так, когда ему отрекомендовали Ю.В. Лермонтову, которая была не только родственницей великого поэта, но и высококвалифицированным химиком, ученый попросил ее уточнить атомные веса платины, иридия и осмия, поскольку они вызывали у него большое сомнение. По его мнению, наименьший атомный вес должен был быть у осмия, а наибольший – у платины. Серия точных экспериментов, проведенных Лермонтовой, подтвердила правоту создателя периодического закона. Тем самым было определено нынешнее расположение элементов в этой триаде – все стало на свое место.



Осмий имеет рекордную плотность среди всех обитателей периодической системы – $22,5 \text{ г/см}^3$. Чтобы уравновесить гирьку из этого металла, понадобилось бы более 40 таких же по объему гирек из его антипода – лития. Если обычную бутылку заполнить порошком осмия, то она будет тяжелее ведра с водой.

Но каким бы уникальным ни казалось это качество осмия, пока оно практически не используется в технике. В отличие от тугоплавкости, твердости, прочности и других действительно ценных свойств металлов, большая плотность не приносит лавров ее обладателю. Аналогию можно найти и в жизни: люди всегда ценили силу, быстроту, ловкость, а гигантский вес или рост человека лишь вызывают удивление и сомнительный интерес.

Впрочем, у осмия есть и такие деловые качества, которые не могут не внушить уважения к нему. Не случайно, он самый дорогой из всех благородных металлов, хоть и наименее «благородный» из них (вы уже знаете, что мелкодробленый осмий не в силах противостоять кислороду воздуха даже при комнатной температуре, в то время как его «родственники» славятся прежде всего своей необыкновенной химической стойкостью). Тем не менее, если в 1966 году платина ценилась на мировом рынке в 4,3 раза дороже золота, а иридий в 5,3 раза, то аналогичный коэффициент для осмия был равен 7,5. Во многом виновата в этом природа, которая не только не накопила запасы осмия, но и ухитрилась так запрятать имеющиеся у нее крохи этого элемента ($5 \cdot 10^{-6}\%$ массы земной коры), что добыча их влетает в копейчку. Если мировое производство большинства металлов исчисляется тысячами и даже миллионами тонн, то для осмия счет идет на килограммы.

Одно из главных достоинств осмия – его очень высокая твердость; в этом с ним могут конкурировать немногие металлы. Вот почему при создании сплавов с наивысшей износостойкостью в их состав вводят осмий. Авторучки с золотым пером – не редкость. Но ведь золото – довольно мягкий металл, а перу за долгие годы работы приходится по воле хозяина пройти по бумаге долгие километры пути. Конечно, бумага – не напильник и не наждак, однако выдержать такое испытание могут лишь немногие металлы. И все же кончики перьев справляются с этой трудной ролью. Как? Секрет прост: их обычно изготавливают из сплавов осмия с другими платиноидами, чаще всего из уже известного вам осмиридия. Без преувеличения можно сказать, что перу, «бронированному» осмием, сносу нет.

Исключительная твердость, хорошая коррозионная стойкость, высокое сопротивление износу, отсутствие магнитных свойств делают осмиридий прекрасным материалом для острия компасной стрелки, осей и опор точнейших измерительных приборов и часовых механизмов. Из него изготавливают режущие кромки хирургических инструментов, резцов для художественной обработки слоновой кости.

То, что осмий и иридий часто «выступают дуэтом» – в виде природного сплава, объясняется не только ценными свойствами осмиридия. но и волею судьбы, пожелавшей, чтобы в земной коре эти элементы были связаны необыкновенно прочными узами. В виде самородков ни тот, ни другой металл в природе не обнаружены, зато осмистый иридий и иридистый осмий – хорошо известные минералы (называются они соответственно невьянскит и сысертскит): в первом преобладает иридий, во втором – осмий.

Иногда эти минералы встречаются самостоятельно, но чаще входят в состав самородной платины. Разделение ее на компоненты (так называемый аффинаж) – процесс, включающий множество стадий, на одной из которых осмиридий выпадает в осадок. И вот едва ли не самое сложное и дорогостоящее во всей этой «истории» – разлучить осмий и иридий. Но зачастую в этом и нет необходимости: как вы уже знаете, сплав широко применяют в технике, а стоит он значительно дешевле, чем, например, чистый осмий. Ведь для того, чтобы выделить этот металл из сплава, нужно провести столько химических операций, что одно их перечисление заняло бы много места. Конечный продукт длинной технологической цепи – металлический осмий чистотой 99,9%.

Наряду с твердостью, известно еще одно достоинство осмия – тугоплавкость. По температуре плавления (около 3000°C) он превзошел не только своих благородных собратьев – платиноидов, но и подавляющее большинство остальных металлов. Благодаря своей тугоплавкости осмий попал в биографию электрической лампочки: еще в те времена, когда электричество доказывало свое преимущество перед другим источником света – газом, немецкий ученый К. Ауэр фон Вельсбах предложил заменить в лампе накаливания угольный волосок осмиевым. Лампы стали потреблять в три раза меньше энергии и давали приятный, ровный свет. Но на этом ответственном посту осмий долго не продержался: сначала его сменил менее дефицитный тантал, однако вскоре и тот вынужден был уступить место самому тугоплавкому из тугоплавких – вольфраму, который по сей день несет свою огненную вахту.

Нечто подобное произошло с осмием и в другой сфере его применения – в производстве аммиака. Современный способ синтеза этого соединения, предложенный еще в 1908 году известным немецким химиком Фрицем Габером. немислим без участия катализаторов. Первые катализаторы, которые использовались для этой цели, проявляли свои способности лишь при высоких температурах (выше 700°C), да к тому же они были не очень эффективны. Попытки найти им замену долго ни к чему не приводили. Новое слово в совершенствовании этого процесса сказали ученые лаборатории Высшей технической школы в Карлсруэ: они предложили применять в качестве катализатора тонкораспыленный осмий. (Кстати, будучи весьма твердым, осмий в то же время очень хрупок, поэтому губку этого металла можно без больших усилий раздробить и превратить в порошок.) Промышленные опыты показали, что игра стоит свеч: температуру процесса удалось снизить более чем на 100 градусов, да и выход готовой продукции заметно возрос.

Несмотря на то, что в дальнейшем осмию пришлось и здесь сойти со сцены (сейчас, например, для синтеза аммиака используют недорогие, но эффективные железные катализаторы), можно считать, что именно он сдвинул важную проблему с мертвой точки. Каталитическую деятельность осмий продолжает и в наши дни: применение его в реакциях гидрогенизации органических веществ дает отличные результаты. Этим в первую очередь обусловлен большой спрос на осмий со стороны химиков: на химические нужды расходуется почти половина его мировой добычи.

Элемент № 76 представляет немалый интерес и как объект научных исследований. Природный осмий состоит из семи стабильных изотопов с массовыми числами 184, 186 - 190 и 192. Любопытно, что чем меньше массовое число изотопа этого элемента, тем менее он распространен: если на долю самого



тяжелого изотопа (осмия-192) приходится 41%, то легчайший из семи «братьев» (осмий-184) располагает лишь 0,018% общих «запасов». Поскольку изотопы отличаются друг от друга только массой атомов, а по своим физико-химическим «наклонностям» они весьма схожи между собой, то разделить их очень сложно. Именно поэтому даже «крохи» изотопов некоторых элементов стоят баснословно дорого: так, килограмм осмия-187 оценивается на мировом рынке в 14 миллионов долларов. Правда, в последнее время ученые научились «разлучать» изотопы с помощью лазерных лучей, и есть надежда, что вскоре цены на эти «товары неширокого потребления» будут заметно снижены.

Подобно другим платиновым металлам, осмий проявляет несколько валентностей. Наиболее часто встречаются соединения, где осмий четырех- и шестивалентен, однако при взаимодействии с кислородом он обычно «пускает в ход» все восемь своих валентных связей.

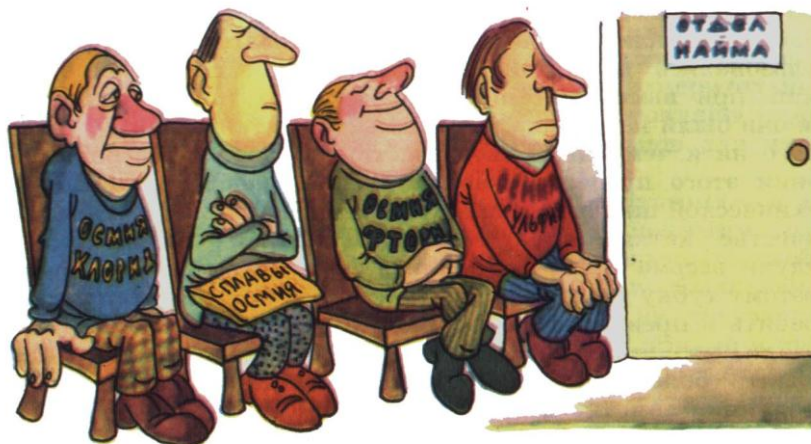
Из соединений осмия наибольшее практическое значение имеет его четырехокись (да-да, та самая, которой элемент так «обязан» своим названием). В роли катализатора она выступает при синтезе некоторых лекарственных препаратов. В медицине и биологии ее используют как окрашивающее средство при микроскопическом исследовании животных и растительных тканей. Следует помнить, что безобидные на вид бледно-желтые кристаллы четырехоксида осмия – сильный яд, раздражающий кожу и слизистые оболочки, вредно действующий на глаза.

Примечательна особенность четырехоксида осмия: ее растворимость в органических жидкостях значительно выше, чем в воде. Так, при обычных условиях в стакане воды растворяется всего 14 граммов этого вещества, а в стакане четыреххлористого углерода более 700 граммов.

В атмосфере серных паров порошок осмия вспыхивает, как спичка, образуя сульфид. Всеядный фтор при комнатной температуре не причиняет осмию никакого «вреда», но при нагреве до 250-300°C образуется ряд фторидов. С тех пор как в 1913 году впервые были получены два летучих фторида осмия, считалось, что их формулы OsF_6 и OsF_8 . Но в 1958 году выяснилось, что фторид OsF_8 , почти полвека «проживший» в химической литературе, на самом деле никогда не существовал, а указанные соединения соответствуют формулам OsF_5 и OsF_6 . Сравнительно недавно ученым удалось получить еще один фторид OsF_7 , который при нагреве выше 100°C распадается на OsF_6 и элементарный фтор.

Окись осмия используют в качестве черного красителя для живописи по фарфору: соли этого элемента применяют в минералогии как сильные травители. Большинство же осмиевых соединений, в том числе разнообразные комплексы (осмий проявляет присущую всем платиновым металлам способность к образованию комплексных соединений), а также его сплавы (кроме уже известного осмиридия и некоторых сплавов с другими платиноидами, вольфрамом и кобальтом), пока «томится» в ожидании подходящей работы. Можно не сомневаться, что в ближайшее время вопрос их «трудоустройства» будет решен и они заговорят о себе в полный голос. Да и сам осмий еще не сказал последнего слова.

А пока инженеры и ученые ищут экономически выгодные пути расширения производства этого ценного металла, изыскивают новые источники его получения. Важные работы в этом направлении были проведены на Норильском горно-металлургическом комбинате имени А.П. Завенягина. Metallурги знали, что в медно-никелевых рудах, поступающих на комбинат, имеются металлы платиновой группы, включая осмий. Но поскольку количество его в руде было мизерным, на него не обращали внимания, стараясь получить лишь как можно больше меди и никеля.



«Почему бы не попытаться попутно извлекать этот благородный металл», – задумались несколько лет назад ученые опытно-исследовательского центра комбината. Задача, которую они поставили перед собой, была очень сложной: требовалось узнать, как ведет себя осмий на различных стадиях переработки сырья, определить места его наибольших скоплений, выяснить, на каком этапе производственного процесса он теряется, попадая потом в отходы. Для этого нужно было проделать множество сложнейших анализов на каждом участке технологической цепочки.

Но вот эта часть задачи решена. Теперь предстояло создать технологию улавливания осмия из металлургических газов, спроектировать, изготовить и смонтировать промышленную установку, которая должна была стать ловушкой для осмия. И с этими проблемами работники комбината справились успешно: в ассортименте продукции заполярного предприятия появился осмиевый концентрат.

Полученный в Норильске концентрат поступает затем «на материк», где рождается чистый осмий – один из наиболее дефицитных в наши дни металлов.

ВСЕ ЦВЕТА РАДУГИ (ИРИДИЙ)



После взятия Бастилии. – Непростительные грехи. – Испытание временем. – Послужной список. – Сердце бьется чаще. – Знатное происхождение. – Не по карману. – В иридиевой «рубашке». – Радуга солей. – Остатки с Монетного двора. – Опасная «дегустация». – Санкция министра. – В честь России. – Безрадостные вести. – «Я много терпел от нее». – Искренние поздравления. – В порядке очереди. – Что происходит под мостом? – Во чреве доменной печи. – Тринадцатая, но счастливая. – Возбуждаться или не возбуждаться? – Иридий попадает в историю.

14 июля 1789 года восставший народ Франции штурмом взял Бастилию – началась Великая французская революция. Наряду со многими декретами и постановлениями, носившими политический, социальный, экономический характер, революционное правительство приняло решение ввести четкую метрическую систему мер. По предложению комиссии, в которую вошли авторитетные ученые, в качестве единицы длины – метра – была принята одна десятиmillionная часть четверти длины парижского географического меридиана. В течение пяти лет Ж. Деламбр и П. Мешен – крупнейшие специалисты в области астрономии и геодезии – проводили скрупулезные измерения дуги меридиана от Дюнкерка до Барселоны.

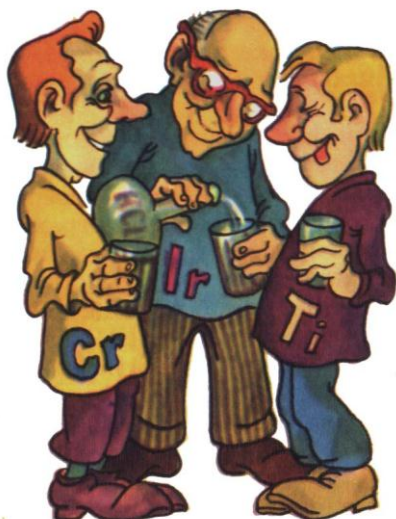
В 1797 году расчеты были завершены, а спустя два года изготовили первый эталон метра –

платиновую линейку, получившую название «метр архива», или «архивный метр» (по месту хранения). За единицу массы – килограмм – приняли массу одного кубического дециметра воды (при 4°C), взятой из Сены. Эталоном килограмма стала платиновая цилиндрическая гиря.

С годами, однако, выяснилось, что естественные прототипы этих эталонов – парижский меридиан и вода из Сены – не очень удобны для воспроизведения, да и к тому же не отличаются примерным постоянством. Такие «грехи» ученые-метрологи сочли непростительными. В 1872 году Международная метрическая комиссия решила отказаться от услуг природного прототипа длины: эту почетную роль доверили «архивному метру», по образу и подобию которого изготовили 31 эталон в виде брусков, но уже не из чистой платины, а из сплава ее с иридием (10%). Через 17 лет аналогичная участь постигла и воду из Сены: прототипом килограмма была утверждена гиря, выполненная из того же платиноиридиевого сплава, а международными эталонами стали 40 ее точных копий.

Иридий не случайно оказался союзником платины в эталонном сплаве. Требования к этому материалу очень высоки: он должен обладать необычайно большой прочностью и твердостью, быть тугоплавким и износостойким, не знать страха перед коррозией и совершенно не реагировать на изменения температуры. Сама платина не может сдать на «отлично» все эти экзамены, а вот ее сплав с иридием блестяще выдерживает трудное испытание уже в течение столетия. Правда, за это время «архивный метр» вынужден был уйти в отставку (в 1960 году эталоном метра стала длина, равная $1650763,73$ длины волны оранжевого излучения атома изотопа криптона-86), но самый главный в мире килограмм по-прежнему остается в строю.

Служба мер и весов – отнюдь не единственное занятие платиноиридиевых сплавов. Из них делают жаростойкие тигли, которые безболезненно переносят сильный нагрев в агрессивных средах; в таких тиглях, в частности, выращивают кристаллы для лазерной техники. С почтением относятся к этим сплавам и ювелиры: они охотно изготавливают из них красивые изделия, всегда пользующиеся большим спросом. Детали химической аппаратуры и точнейших приборов, электроконтакты, хирургические инструменты, пружины, лабораторная посуда – вот далеко не полный послужной список сплавов платины с иридием.



Несколько лет назад этим сплавам предложили новую ответственную роль: из них были изготовлены зажимы электродов электрических стимуляторов сердечной деятельности. Электроды вживляются в сердце человека, страдающего стенокардией; в теле больного находится и крохотный приемник, присоединенный к электродам и генератору с кольцевой антенной, закрепляемой на теле рядом с приемником (генератор же может располагаться, например, в кармане костюма). Как только начинается приступ стенокардии, больной включает генератор. Поступающие при этом в кольцевую антенну импульсы передаются в приемник, из него – на электроды, а затем через платиноиридиевые зажимы – на нервы, которые заставляют сердце работать активнее.

Многие ценные свойства присущи и сплавам иридия с другими металлами. Широко известен природный сплав осмия и иридия – осмиридий ([подробно о нем рассказано в очерке об осмии «Обида благородного металла»](#)). Незначительные добавки иридия к вольфраму и молибдену позволяют им сохранять прочность при высоких температурах. Титан и хром без посторонней помощи снискали себе репутацию стойких борцов с кислотами, но иридий сумел повисить и без того высокие их антикислотные «личные рекорды».

Быть может, у читателя сложилось впечатление, что иридий успешно выступает лишь как «соучастник» крупных дел. Совсем нет: ему по плечу и отличные «сольные номера». У этого серебристо-белого металла не только приятная внешность, но и прекрасные физические данные. Он обладает значительной твердостью и прочностью, стойко сопротивляется высоким температурам, износу и другим опасным воздействиям. Его характерная черта – очень большая плотность ($22,4 \text{ г/см}^3$). В этом отношении он уступает лишь своему ближайшему соседу - осмию. Вместе с другими членами семейства платины иридий относится к благородным металлам. Столь знатное происхождение обеспечивает ему независимое положение в обществе любых кислот, которые не в силах подействовать на него ни при обычной, ни при повышенной температурах. Даже встреча с такой коварной и едкой особой, как царская водка, проходит для иридия бесследно, не оставляя никаких печальных воспоминаний. К сожалению, этого не скажешь о расплавленных щелочах и перекиси натрия – им иридий противостоят не в силах.

Несомненное достоинство иридия – его способность практически вечно сохранять свои ценные свойства, как бы ни менялись окружающие условия. Если бы не высокая стоимость (он дороже самой платины!), перед ним были бы распахнуты двери во многие сферы научной и инженерной деятельности человека. Пока же такая роскошь ученым и конструкторам часто не по карману, и поэтому иридий работает сегодня лишь там, где он практически незаменим. Так, из этого металла изготавливают лабораторные тигли для проведения опытов с грозным фтором и его агрессивными соединениями. Из иридия делают также мунштуки для выдувания тугоплавкого стекла. Для измерения высоких температур ($2000\text{-}2300^\circ\text{C}$) сконструирована термопара, электроды которой выполнены из иридия и его сплава с рутением или родием. Пока такой термопарой пользуются лишь в научных целях, а на пути внедрения ее в промышленность стоит все тот же барьер – высокая стоимость.

Весьма перспективны прочные и износостойкие иридиевые покрытия. Сегодня их применяют реже, чем, скажем, платиновые, палладиевые, родиевые. Это объясняется, пожалуй, прежде всего технологическими трудностями, возникающими при нанесении иридия на другие металлы. Иридиевое покрытие можно получить электролитическим путем из расплавленных цианидов калия и натрия при 600°C . Несколько проще другой способ – плакирование. В этом случае на тот или иной металл накладывают тонкий слой иридия, а затем образовавшийся «бутерброд» попадает под горячий пресс, в результате чего покрытие прочно прилипает к основному металлу. Сходным способом изготавливают и иридированную проволоку: на заготовку из вольфрама или молибдена надевают «рубашку» – иридиевую трубку и горячей ковкой с последующим волочением получают биметаллическую проволоку нужной толщины. Такая проволока служит для производства управляющих сеток в электронных лампах.

Разработан и химический способ нанесения иридиевых покрытий на металлы и керамику. При этом на поверхность изделия наносят раствор комплексной соли иридия, например с фенолом или другим органическим соединением, и в контролируемой атмосфере нагревают изделие до $350\text{-}400^\circ\text{C}$: органическое вещество улетучивается, а слой иридия остается.

В чистом виде либо в союзе с другими металлами иридий находит применение в химической промышленности: иридиево-никелевые катализаторы помогают получать пропилен из ацетилена и метана; платиновые катализаторы, в состав которых входит иридий, ускоряют реакцию образования окислов азота в процессе получения азотной кислоты.

Очень красивы и разнообразны по цвету соли иридия. Практической пользы эта красота пока не приносит, но зато именно ей элемент обязан своим названием. В 1804 году английский химик Смитсон Теннант, исследуя черный порошок, остающийся после растворения самородной платины в царской водке, открыл в нем два новых элемента. Соли одного из них были окрашены буквально во все цвета радуги.

Теннанту не пришлось долго ломать голову в поисках подходящего для него имени: элемент был назван иридием, так как по-гречески «ириозэйдес» – радужный.



Судьбы платиновых металлов переплелись настолько тесно, что рассказ об одном из них немислим без упоминания о других. В 1840 году профессор Казанского университета К.К. Клаус заинтересовался проблемами переработки уральской платиновой руды. По его просьбе петербургский Монетный двор прислал ему пробы платиновых остатков – нерастворимого осадка, образующегося после обработки сырой платины царской водкой. «При самом начале работы, – писал позднее ученый, – я был удивлен богатством моего остатка, ибо извлек из него, кроме 10% платины, немалое количество иридия, родия, осмия, несколько палладия и смесь различных металлов особенного содержания...»

Если в первое время Клаус ставил перед собой лишь чисто практическую цель – найти способ переработки остатков платиновой руды в платину, то уже вскоре эти исследования приобрели более глубокий научный характер и полностью захватили ученого. «Два полных года, – вспоминал Клаус, – я кряхтел над этим с раннего утра до поздней ночи, жил только в лаборатории, там обедал и пил чай, и при этом стал ужасным эмпириком». Последнее утверждение имело вполне конкретный смысл: по словам А.М. Бутлерова – ученика Клауса, тот «имел привычку... при растворении платиновых руд в царской водке мешать жидкость прямо всеми пятью пальцами и определял крепость непрореагировавших кислот на вкус». Впрочем, это было свойственно не только Клаусу, но и другим химикам старой школы, которые, получив какое-либо вещество, всегда «дегустировали» его (до середины XIX века при описании свойств вещества необходимо было указать и его вкус), подвергая себя большой опасности: так, знаменитый шведский ученый Карл Шееле погиб, попробовав на вкус полученную им безводную синильную кислоту.

Труды Клауса увенчались успехом: способ переработки платиновых остатков был найден, и теперь ученому предстояло ехать в Петербург, чтобы сообщить об этом министру финансов Е.Ф. Канкрину, заинтересованному в удачном решении проблемы. Для поездки в столицу Клаус вынужден был занять 90 рублей у одного из своих друзей (вернуть долг ученый смог лишь спустя несколько лет, когда приобрел всемирную известность). По приезду в Петербург Клаус был уже через два дня принят министром и добился от него санкции на получение необходимых для продолжения исследований материалов. Ему были выданы 1/2 фунта платиновых остатков и 1/4 фунта сырой платины.

Вернувшись в Казань, ученый вновь с головой окунулся в работу, которая продолжалась много лет и дала блестящие результаты. Важнейшим из них стало открытие в 1844 году неизвестного ранее химического элемента – последнего «русского члена платинового семейства». «Уже при первой работе, – писал Клаус, – я заметил присутствие нового тела, но сначала не нашел способа отделения его от

примесей. Более целого года трудился я над этим предметом, но наконец открыл легкий и верный способ добывания его в чистом состоянии. Этот новый металл, который назван мною рутением в честь нашего отечества (от латинского названия России – С.В.), принадлежит без сомнения к телам весьма любопытным».



Но открытие Клауса не сразу получило признание. Первые пробы соединений нового элемента ученый послал в Стокгольм Й.Я. Берцелиусу, пользовавшемуся огромным авторитетом у всех химиков. Каково же было разочарование Клауса, когда он узнал, что, по мнению этого маститого ученого, присланное ему вещество не содержит новый элемент, а представляет собой плохо очищенное соединение иридия. Убеденный в своей правоте Клаус снова и снова проводил опыты, забывая порой об элементарных мерах защиты. Правда, спустя несколько лет ученый предупреждал своих коллег: «При работе с осмиевым иридием надобно остерегаться от паров осмиевой кислоты. Это весьма летучее вещество принадлежит к самым вредным телам и действует преимущественно на легкие и на глаза, производя сильные воспаления. Я много терпел от нее». Слишком велико было желание

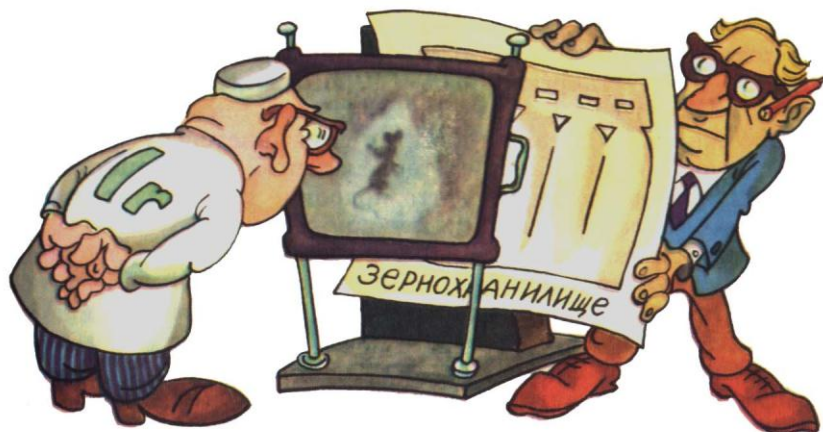
Клауса убедить научный мир в том, что действительно открыт новый элемент, и он, наконец, сумел это сделать. Препараты соединений рутения опять были посланы Берцелиусу, и тот, проведя тщательные исследования, понял, что прежде ошибался в своих выводах. «Примите мои искренние поздравления с превосходными открытиями и изящной их обработкой, – писал он Клаусу, – благодаря им Ваше имя будет неизгладимо начертано в истории химии».

Итогом напряженной работы Клауса стал опубликованный в 1845 году труд «Химическое исследование остатков уральской платиновой руды и металла рутения», в котором впервые были всесторонне описаны и свойства иридия, причем сам Клаус отмечал, что иридием он занимался больше, чем другими металлами платиновой группы. Рекомендации ученого стали научной базой для создания технологии получения иридия и других платиноидов. В наше время чистый иридий выделяют из самородного осмиридия и из остатков платиновых руд, но прежде из них, действуя различными реагентами, извлекают платину, осмий, палладий и рутений и лишь после этого наступает очередь иридия. Полученный при этом порошок либо прессуют в полуфабрикаты и сплавляют, либо переплавляют в электрических печах в атмосфере аргона. При обычной температуре иридий хрупок и не поддается никакой обработке, но в горячем состоянии он более «сговорчив» и позволяет себя ковать.

Природа бедна иридием: земные запасы его не превышают миллионных долей процента. Во всех странах мира за год производится не более тонны этого металла. Но интерес ученых к нему не ослабевает. Все новые и новые области применения находят, в частности, радиоактивные изотопы иридия. Так, недавно специалисты центра атомных исследований в Кадараше (Франция) разработали гамматрон – чувствительный прибор, позволяющий бдительно следить за состоянием мостов, плотин и других сооружений из железобетона: под действием гамма-лучей радиоактивного иридия-192 на стеклянной пластинке, покрытой светочувствительным слоем, появляется четкое изображение «внутренностей» контролируемых узлов и деталей. С помощью подобных дефектоскопов проверяют качество металлических изделий и сварных швов: на фотопленке фиксируются все пустоты, непроваренные места и инородные включения. В доменном производстве малогабаритные контейнеры с тем же изотопом иридия служат для контроля уровня материалов в печи. Поскольку часть испускаемых гамма-лучей поглощается шихтой, по степени

ослабления потока можно достаточно точно определить, какое расстояние лучам пришлось «пробираться» сквозь шихту, т.е. выяснить ее уровень.

Кстати, об изотопах. Помимо уже известного вам иридия-192, имеется еще 14 радиоактивных изотопов этого элемента с массовыми числами от 182 до 198. У самого тяжелого изотопа – самая короткая жизнь: его период полураспада меньше минуты. Любопытно, что период полураспада иридия-183 – ровно час. Стабильных же изотопов у элемента всего два – иридий-191 и иридий-193. На долю более «весомого» из них в природной смеси приходится примерно 62% атомов.



С изотопом иридия связано открытие так называемого эффекта Мёссбауэра, на котором основаны поразительно точные методы измерения малых величин и слабых явлений, широко применяемые в физике, химии, биологии, геологии. Этот эффект (или, выражаясь строго научно, резонансное ядерное поглощение гамма-квантов в твердых телах без отдачи) был обнаружен молодым физиком из ФРГ Рудольфом Мёссбауэром в 1958 году. За несколько лет до этого, когда учеба в Высшем техническом училище в Мюнхене подходила к концу, он стал подыскивать тему для дипломной работы. Один из профессоров любезно предложил студенту длинный перечень тем. Как вспоминает сам Мёссбауэр, ни одна из них не пришлась ему по вкусу, кроме последней (кстати, тринадцатой по счету), главное достоинство которой, по мнению будущего физика, заключалось в том, что он не имел о ней ни малейшего представления. Речь шла о резонансном поглощении гамма-квантов атомными ядрами. «Самым главным, – вспоминает физик, – было то, что меня ткнули носом в это дело».

И «это дело» пошло на лад. Сначала был защищен диплом, спустя два года пришел черед диссертации, а еще через год состоялось открытие. Работая в Гейдельберге, в Институте медицинских исследований имени Макса Планка, ученый продолжал заниматься резонансным поглощением. Специальным счетчиком он определял число гамма-квантов, прошедших через металлический иридий, точнее, через один из его изотопов; источниками этих гамма-квантов были возбужденные атомные ядра того же самого изотопа. Ядра, пребывающие в обычном состоянии, могут также «возбудиться», но для этого они должны, поглотив гамма-квант, получить такое количество энергии, которое в точности соответствует разности между энергиями ядра в возбужденном и основном состояниях (это поглощение и называется резонансным). Обычно же энергия гамма-квантов оказывается чуть меньше, чем нужно, так как часть ее теряется при испускании на отдачу испускающего ядра (нечто подобное происходит, например, при выстреле из пушки или ружья).

Чтобы устранить некоторые побочные процессы, способные исказить результаты опытов, Мёссбауэр решил охладить иридий до температуры жидкого азота. При этом он полагал, что из-за уменьшения скорости движения ядер резонансное поглощение уменьшится, а число прошедших через

иридий гамма-квантов соответственно возрастет (того же мнения придерживались и другие физики). К удивлению экспериментатора все оказалось наоборот. В чем же причина?

Ученый делает вывод: в твердых телах при достаточно низкой температуре отдачу воспринимает не отдельное ядро, а все вещество в целом, и поэтому потери энергии на отдачу исчезающе малы, т.е. энергия гамма-кванта точно равна разности энергии ядра в возбужденном и основном состояниях. Это открытие было признано одним из наиболее важных научных событий нашего времени (в 1961 году Мёссбауэр удостоен Нобелевской премии).

Сегодня эффект Мёссбауэра обнаружен уже на нескольких десятках элементов, но история науки навсегда связала открытие этого важнейшего физического явления с героем нашего рассказа – иридием.

«МОЛОДАЯ ЗЕЛЕНАЯ ВЕТВЬ» (ТАЛЛИЙ)



Кто ищет, тот всегда найдет. – "Эврика!" – Находка в пыли. – Когда распускаются ветви. – Плата за опоздание. – Химия и духи. – Именем Авиценны. – Лавры утконоса. – Гроза грызунов. – Темной ночью. – Драгоценные камни? – Вспышки в кристаллах. – Хорошая репутация. – Одно «но». – Диагноз ставит Агата Кристи. – Водой не разольешь. – Непременное условие. – Огни большого города. – Выбор «компаньонов». – Ценная лепта. – Был лютый мороз. – Статус-кво. – Как рукой. – Легче не будет? – В медузах и свекле. – Слово за таллием.

"Кто ищет, тот всегда найдет" – поется в популярной песне. Так это или нет, но на протяжении тысячелетий люди пребывают в постоянном поиске. Одни ищут клады, другие – приключения, третьи – пути в неизвестное. И кое-кто действительно что-то находит. Вспомним хотя бы великого Архимеда. Гениальное решение задачи о соотношении золота и серебра в короне царя Гиерона пришло к ученому в тот момент, когда он ложился в ванну. Забыв обо всем на свете, раздетый Архимед выбежал на улицу с криком «эврика!» (по-гречески «нашел!»), хотя со стороны могло показаться, что он, напротив, все потерял.



Бывали и такие случаи, когда вместо драгоценных металлов искатель клада «находил» несколько граммов свинца, а вместе с ними – и вечный покой. А вот Колумбу хоть и не удалось отыскать кратчайший морской путь из Европы в Индию, но зато посчастливилось обнаружить неизвестные земли американского континента. Нечто подобное произошло в 1861 году с английским ученым Уильямом Круксом. В 50-х годах прошлого века Крукс, тогда еще молодой химик, занимался исследованием пылевидных отходов сернокислотного производства, полагая, что в них должен присутствовать теллур. Однако многочисленные химические операции так и не принесли желаемого результата, и ученый потерял интерес к этой работе. Отходы долгое время лежали без дела в его лаборатории, пока открытие спектрального анализа не побудило Крукса вспомнить о них. Новый метод не требовал таких больших затрат труда, как химический, и не воспользоваться им было просто грех.

Каково же было изумление ученого, когда вместо ожидаемой линии теллура он увидел в спектре красивую ярко-зеленую полосу, которая не могла принадлежать ни одному известному элементу. Крукс понял, что ему удалось раскрыть еще одну тайну природы. А поскольку дело происходило весной и на

деревьях уже появились свежие побеги, новый элемент был тут же «окрещен» таллием: в переводе с греческого «таллос» означает «молодая зеленая ветвь». Любопытно, что почти так же звучит и другое греческое слово, которое переводится как «высочка». И хоть это совпадение случайно, оно не лишено смысла: ведь таллий и в самом деле можно считать «высочкой»: его не искали, он сам взял да и заявил о своем существовании.

Почти одновременно с Круксом, спустя лишь несколько месяцев, этот же элемент был обнаружен и французским химиком Лами; он нашел его тоже в отходах сернокислотного производства и тоже спектральным анализом. И хотя Лами даже удалось выделить 14 граммов металлического таллия и определить некоторые его свойства, приоритет открытия остался за английским ученым. Впоследствии Крукс внес немалый вклад в развитие химии и физики (парадоксально, что при этом он был убежденным сторонником спиритизма и много времени уделял вызыванию духов), а на склоне лет возглавил Лондонское королевское общество, но своим первым научным успехом он обязан открытому им в 1861 году металлу.

То, что таллий был впервые обнаружен с помощью спектроскопа, вполне закономерно: в большинстве минералов этот рассеянный элемент присутствует в столь малых количествах, что случайно напасть на его след химическим путем практически невозможно, благодаря же необыкновенно высокой чувствительности спектрального метода это произошло неожиданно-негаданно. Общее содержание таллия в земной коре не так уж мало – 0,0003% (природные запасы, например, золота или платины намного меньше). А вот собственные минералы элемента можно пересчитать по пальцам: лорандит, гутчинсонит, урбаит, крукезит, авиценнит; последний, представляющий собой почти чистую окись таллия, был найден в 1956 году на территории Узбекской ССР и назван в честь великого врача и философа древности Авиценны (правильнее Абу Али Ибн Сины). В природе эти минералы встречаются столь редко, что о промышленном использовании их в качестве таллиевых сырья не может быть и речи. А получают этот металл как попутный продукт при производстве свинца, цинка и ряда других элементов.



Более полувека после открытия таллий представлял интерес лишь как объект научных исследований. Ученые, изучавшие свойства этого металла, нашли в его поведении немало странностей. По внешним данным, плотности, твердости, температуре плавления и другим физическим свойствам он весьма сходен со свинцом – своим соседом справа по периодической системе (их «владения» располагаются под номерами 81 и 82). Что же касается химических склонностей, то в этом отношении таллий кое в чем подобен щелочным металлам – натрию и калию, а кое в чем – серебру.

Как представитель третьей группы таллий должен проявлять в основном валентность, равную трем, а он предпочитает выступать в роли одновалентного металла, что характерно для щелочных элементов. Впрочем, в некоторые комплексные соединения одновременно входят и одновалентный и трехвалентный

таллий: первый – в роли катиона, второй – как компонент комплексного аниона. Не случайно известный французский химик прошлого столетия Ж.Б.А. Дюма так отзывался об элементе № 81: «Не будет преувеличением, если с точки зрения принятой классификации металлов мы скажем, что таллий объединяет в себе противоположные свойства, которые позволяют называть его парадоксальным металлом». А чтобы наглядно проиллюстрировать свою мысль, Дюма даже заявил, что таллий занимает такое же место среди металлов, какое утконос – среди животных. Этот странный зверек – млекопитающее, однако подобно земноводным и птицам откладывает яйца; да и внешний вид его своеобразен: он покрыт шерстью, но имеет утиный клюв и перепонки на лапах.

По мере того как накапливались сведения о свойствах таллия и его соединений, начали намечаться и пути его практического применения. Первая запись в «трудовую книжку» этого элемента была сделана в



1920 году, когда в Германии запатентовали яд против грызунов и некоторых насекомых, содержащий сульфат таллия. Лиха беда начало. В том же году было замечено, что окисульфид таллия – так называемый таллофид – под действием света меняет свою электропроводность, особенно чутко реагируя на инфракрасные лучи. Вскоре уже были созданы таллофидные фотоэлементы, для которых быстро нашлись подходящие «места службы»: в устройствах для сигнализации в темноте или густом тумане, в инфракрасных прожекторах, указывающих летчику место посадки на затемненном аэродроме, в системах для отыскания в ночных условиях объектов, излучающих тепло, в приборах для измерения радиации звезд, в фотоэкспонометрах, применяемых при съемках в инфракрасных лучах. На необычайно высокой способности пропускать эти лучи основано использование в технике и других соединений таллия

– бромида и иодида. Из монокристаллов этих солей изготавливают линзы, окна, призмы, кюветы для оптических приборов, работающих в инфракрасной области спектра (приборы военного назначения, спектрометры, микроскопы). Соли таллия входят в состав специальных стекол – желтых, зеленых, оранжевых – с очень большим коэффициентом преломления (они могут имитировать драгоценные камни), а также черных непрозрачных стекол.

В современной технике широко применяются сцинтилляционные счетчики – приборы для обнаружения и измерения радиоактивных излучений. «Сердцем» такого прибора служат люминесцентные кристаллы, или кристаллофосфоры. Когда на кристалл попадают бета-частицы или гамма-кванты, в этом месте возникает световая вспышка. С помощью фотоэлемента свет преобразуется в электрический ток. Чем интенсивнее радиоактивные лучи, тем ярче вспышка и тем больше сила возникшего тока. В роли кристаллофосфоров успешно выступают галогениды щелочных металлов. Но чтобы повысить «к.п.д.» этих соединений, к ним обязательно добавляют так называемые активаторы, которые и создают в кристаллах центры свечения. В кристаллофосфоры, предназначенные для несения сцинтилляционной «службы», в качестве активатора входит таллий.

В химической промышленности таллий, его окислы и сульфиды пользуются хорошей репутацией как эффективные катализаторы различных органических реакций (восстановления нитробензола водородом, окисления газообразного анилина). Некоторые соединения этого элемента оказывают заметное антидетонирующее действие на топливо для двигателей.

Ели бы не одно «но», таллий и его соли, видимо, нашли бы широкое применение в медицине, где они не без успеха выполняли определенные функции. Этим «но» оказалась очень высокая токсичность как

самого металла, так и многих его соединений. Поскольку в ряде случаев необходимая терапевтическая доза оказывается близкой к опасной, поле деятельности этого элемента ограничено: ему приходится довольствоваться удалением волос при стригущем лишае (соли таллия приводят к временному облысению) да кое-какими другими мелкими «поручениями».

Несколько лет назад в лондонском аэропорту приземлился самолет, который доставил в английскую столицу тяжело больную полуторагодовалую девочку из Катара – небольшого арабского государства в районе Персидского залива. С каждым днем у ребенка росло кровяное давление, все труднее становилось дыхание. Поскольку врачи в Катаре не смогли поставить диагноз заболевания, полет в Лондон стал последней надеждой для несчастных родителей.

Но когда девочку привезли в одну из лондонских больниц, оказалось, что даже высококвалифицированные столичные врачи не знакомы с симптомами этого странного заболевания. Несколько часов длился консилиум лучших специалистов, однако прийти к какому-либо заключению не удалось. А тем временем состояние девочки становилось угрожающим, сознание почти не возвращалось к ней. И вот, когда казалось, что ничто не может спасти жизнь ребенка, в спор врачей у постели больной вмешалась медицинская сестра, ухаживавшая за ней. Девушка уверенно заявила, что организм ребенка отравлен таллием. На чем же был основан такой смелый диагноз? Медсестра пояснила, что совсем недавно она прочитала детектив Агаты Кристи «Соловая лошадь», где описывается отравление таллием: симптомы болезни маленькой пациентки больницы удивительно совпадали с тем, что происходит на страницах книги. Врачи решили проверить эту версию, однако в клинике не оказалось нужных приборов и реактивов. На помощь медикам пришел... Скотланд-Ярд, который по счастливому совпадению незадолго до этого расследовал убийство с применением таллия. В лаборатории криминалистики нашлись требуемые химикалии и аппаратура. Диагноз подтвердился: выяснилось, что родители девочки применяли дома для борьбы с крысами и тараканами химические средства, содержащие соли таллия. Врачи назначили соответствующее лечение, и вскоре ребенок был вне опасности.

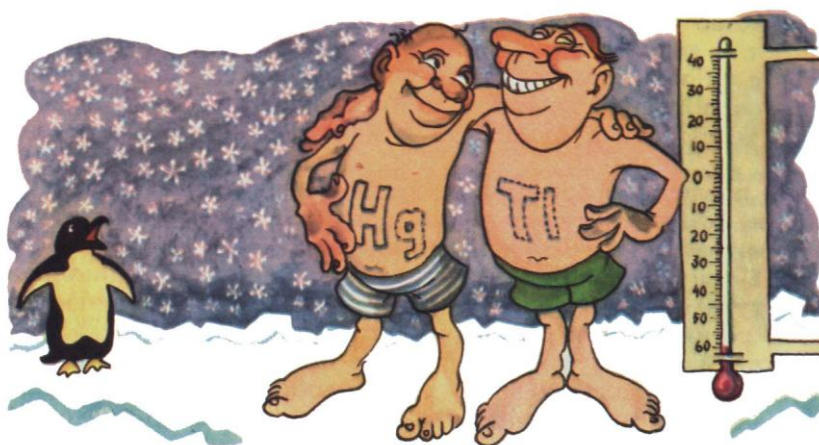
Как видите, включение таллия в «рацион» приводит к нежелательным последствиям. Использование же этого металла и его соединений по назначению приносит немалую пользу.

В природе многие минералы так хорошо уживаются друг с другом, что их, как говорится, водой не разольешь. Водой действительно их разделить трудновато, а вот органические соединения таллия позволяют это сделать без особых хлопот. Раствор муравьинокислого и малоновокислого таллия (жидкость Клеричи) характеризуется большой плотностью – более 4 г/см^3 . Если этой тяжелой жидкостью обработать смесь минералов, одни из них – легкие – всплывут на поверхность, другие – осядут на дно. Таким способом не только разделяют минералы, но и определяют их плотность.

Казалось бы, совсем недавно вошли в нашу жизнь полупроводники, а сегодня уже невозможно представить себе современную технику без этих замечательных материалов, которые способны поистине творить чудеса. Миниатюрные приборы – простые, надежные, удобные в обслуживании – решают самые разнообразные сложнейшие задачи. Известно много веществ с полупроводниковыми свойствами. Особое место среди них занимают так называемые стеклообразные полупроводники, в состав которых, наряду с мышьяком, сурьмой, серой, селеном и теллуром (в разных сочетаниях), непременно входит таллий.

Когда в вечернем сумраке больших городов вспыхивают огни световых реклам, вместе с другими элементами включается в работу и «восемьдесят первый»: стеклянные трубки, заполненные аргоном и парами таллия, излучают приятный зеленый свет. Таллиевые газоразрядные лампы применяют для градуировки спектральных приборов, контроля фотопленок и негативов, оценки рентгеновских снимков. Пары таллия придают зеленую окраску и некоторым видам сигнальных ракет.

В промышленности, сельском хозяйстве, бытовой технике трудится в наши дни громадное число металлических сплавов – более 10 тысяч. Пожалуй, невозможно назвать такой металл, который не участвовал бы в создании тех или иных сплавов. Не остался в стороне от этого важного дела и таллий. Легко сплавляясь со многими металлами, он входит в состав различных композиций, обладающих ценными свойствами. Так, в союзе со свинцом, оловом и сурьмой таллий образует отличный кислотоупорный материал, который запатентован для облицовки подземных трубопроводов. Создана большая группа подшипниковых сплавов, содержащих этот элемент. В зависимости от назначения подшипников таллий выбирает себе подходящих компаньонов: чаще всего в этой роли выступают свинец, медь, олово, а иногда даже такие благородные «персоны», как золото и серебро. При этом таллий вносит очень ценную лепту в комплекс свойств, необходимых подшипниковым материалам: благодаря сравнительно низкой температуре плавления он в процессе работы механизмов образует как бы естественную смазку, во много раз повышающую износостойкость подшипников, а значит, и срок их службы.



Существует несколько десятков легкоплавких сплавов, содержащих таллий. Но самым уникальным среди них безусловно нужно признать сплав таллия со ртутью: он становится твердым только при -60°C . В условиях Арктики или Антарктиды, на полюсе холода или в стратосфере специальные низкотемпературные термометры, заполненные этим жидким сплавом (точнее, амальгамой), могут надежно служить при лютых морозах, перед которыми вынуждены пасовать обычные ртутные термометры.

Нашлась работа в промышленности и для радиоактивного изотопа элемента № 81. Таллий-204 используется в качестве источника бета-излучения во многих приборах для контроля и исследования производственных процессов. С помощью таких приборов автоматически измеряется, например, толщина движущейся ткани или бумаги: как только бета-лучи, проходящие через слой материала, начинают ослабевать или усиливаться (а это значит, что толщина материала соответственно увеличилась или уменьшилась), автоматическое устройство дает нужную команду и восстанавливает «статус-кво», т.е. оптимальный технологический режим. Другие приборы с радиоактивным таллием как рукой снимают вредный статический заряд, возникающий в производственных помещениях текстильной, бумажной и киноплочной промышленности.

До последнего времени науке были известны два стабильных и 18 радиоактивных изотопов таллия, причем самым легким из них считался изотоп с массовым числом 191. В 1972 году в лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований в Дубне был получен еще более легкий изотоп этого элемента – таллий-189.

Таллий входит в состав многих представителей флоры и фауны нашей планеты. Из животных больше всего таллия содержат медузы, актинии, морские звезды и другие обитатели подводного царства. А

вот на суше этот элемент чаще встречается в растениях, причем некоторые из них аккумулируют его в процессе своей жизнедеятельности. Так, таллий был найден в свекле, произраставшей на почве, в которой с помощью самых чувствительных методов не удалось его обнаружить. Дальнейшие исследования показали, что свекла «умеет» собирать и накапливать таллий даже при минимальной концентрации его в почве.

...Свыше ста лет назад уже упоминавшийся Ж.Б.А. Дюма высказал мнение, что «таллию суждено сделать эпоху в истории химии». Вероятно, ученый переоценил возможности элемента, изучению которого он посвятил многие годы. Но бесспорно и другое: лучшие свои роли таллий еще не сыграл.

«КОМАНДИРОВКА» В КОСМОС (ВИСМУТ)



Эксперимент «Сфера». - Стоит ли огород городить? – Средневековая путаница. – Демогоргон или глаура? – Версии, версии, версии... – Бледные лица красавиц. – Благородное поприще. – Пожарникам снятся сны. – «Чаепитие» на уроке. – Лекарство от «чумы». – Эффект становится эффективным. – От фарфора до помады. – Полимер с начинкой. – Любимая роль. – Закон не писан. – Между полюсами. – Голубым огнем. – Нарушители порядка. – Без лишней торопливости. – «Стекланный» металл. – Двухмесячный «обстрел». – Скромное место. – Находки в Забайкалье.

В один из летних дней 1976 года, когда вокруг Земли вращалась орбитальная научная станция «Салют-5», члены ее экипажа космонавты Б. Волынов и В. Жолобов сообщили в Центр управления полетом, что согласно программе они провели очередной технологический эксперимент под названием «Сфера».

Кем только не приходится быть космонавтам во время полета! Они и геологи, и биологи, и медики, и физики, и химики – да разве перечислишь все их небесные профессии. На этот раз – для проведения эксперимента «Сфера» – космонавты превратились в металлургов, а их металлургическим «цехом» стал компактный прибор, с помощью которого предстояло исследовать процесс затвердевания жидкого металла в условиях невесомости. Точнее, воспользовавшись отсутствием земных сил тяжести, космонавты должны были получить на этом приборе идеальные по форме металлические шарики.

Что же представляет собой прибор и какому металлу суждено было одним из первых войти в летопись космической металлургии? Прибор состоит из специального «магазина» с металлическими заготовками, электронагревателя и прозрачного лавсанового мешочка. Металлом же, на который пал выбор ученых, планировавших этот эксперимент, оказался известный уже более ста лет так называемый сплав Вуда, состоящий из висмута, свинца, олова и кадмия (в соотношении примерно 4:2:1:1). Основная рабочая характеристика сплава – низкая температура плавления (около 70°C). Именно за эти заслуги сплаву Вуда и была выдана «путевка» в космические дали: чем легче плавится металл, тем конструктивно проще и, следовательно, компактнее может быть прибор, а это обстоятельство в космонавтике имеет первостепенное значение.

Итак, в точно отведенное для эксперимента время космонавты включили прибор и крохотная заготовка, похожая на кусочек карандашного грифеля, поступила из «магазина» в трубку нагревателя. Здесь заготовка быстро превратилась в каплю и специальное устройство вытолкнуло ее в лавсановый мешочек. Если бы дело происходило на Земле, капелька тотчас же упала бы на дно, и на этом опыт закончился бы, так и не состоявшись. В космосе же шарик из расплавленного металла, расставшись с

нагревателем, начинает парить в невесомости. Скорость выталкивания капли и размеры мешочка выбраны с таким расчетом, чтобы к моменту соприкосновения с его стенками металл уже успел затвердеть. Капля, еще капля, еще – и вот уже получено много крохотных матовых бусинок.

«Шарики вроде ничего, симпатичные, – комментировал по ходу дела бортинженер В. Жолобов. – Приятно смотреть, как расплавленные капельки парят в невесомости, застывают, ни с чем не соприкасаясь».

Но вот эксперимент «Сфера» закончен. Какую же практическую пользу он принесет? Стоит ли в космосе «огород городить» только ради того, чтобы собрать урожай металлических горошинок, пусть даже идеальной сферической формы? Да и будет ли их форма идеальной?

Лавсановый мешок космонавты доставили на землю, и ученые многих лабораторий подвергли его содержимое всестороннему исследованию. Оказалось, что, застывая, металлические капли приобретали эллипсоидный вид и превращались в крохотные «груши», «луковицы», но отнюдь не в желанные шарики. К тому же сплав Вуда по каким-то причинам терял в невесомости свою однородность. И хотя, как говорится, первый блин – комом, подобные эксперименты, видимо, будут продолжены. Если они окажутся успешными, перед технологами откроются заманчивые перспективы: ведь в земных условиях, чтобы из металлической заготовки получить шарик для подшипников, требуется выполнить одиннадцать различных операций, потеряв при этом немало металла в отходы. Да к тому же и структура поверхностного слоя шариков порой оставляет желать лучшего. Вот почему можно предположить, что расходы на путешествие сплава Вуда в космос с лихвой окупятся, когда на околоземной орбите начнет действовать первый космический подшипниковый завод. И это время уже не за горами...

А пока спустимся с небес на Землю и познакомимся с главным компонентом сплава Вуда висмутом – серебристо-белым металлом с легким розоватым оттенком. Первые упоминания о нем в химической литературе относятся к XV веку. Правда, тогда многие химики путали висмут со свинцом, оловом и сурьмой. Так, в одном из алхимических словарей висмут описывается как «всякий легчайший, бледнейший и дешевлеший свинец». Зато известный металлург и минералог средневековья Георг Агрикола в своей книге «О месторождениях и рудниках в старое и новое время», написанной в 1546 году, возвел висмут в ранг одного из основных металлов, присовокупив его к известной с древности «великолепной семерке» – золоту, серебру, меди, железу, свинцу, олову и ртути. Однако окончательно «права гражданства» висмут обрел лишь в XVIII веке. Этому металлу, пожалуй, как ни одному другому химическому элементу, повезло с названиями: по подсчетам некоторых ученых, в литературе XV–XVIII веков можно встретить более 20 «псевдонимов» висмута и среди них такие выразительные, как демогоргон, глаура, нимфа.



О происхождении слова «висмут» существует множество версий. Одни ученые считают, что в



основе его лежат немецкие корни «wis» и «mat» (искаженно weisse masse и weisse materia) – белый металл (точнее, белая масса, белая материя). По мнению других, название произошло от немецких слов «wiese» (луг) и «tuten» (разрабатывать рудник), поскольку этот металл еще в древние времена добывали в лугах Саксонии, близ Мейсена. Третьи утверждают, что висмутовыми рудами был богат округ Визен в Германии – ему, мол, и обязан металл названием. С точки зрения четвертых, слово «висмут» – не что иное, как арабское «би исмид», т.е. похожий на сурьму. Трудно сказать, какая из версий наиболее правильна. Даже Большая Советская Энциклопедия не берется разрешить этот спор и лишь лаконично замечает: «Происхождение назв. «В» не установлено». Символ Bi впервые ввел в химическую номенклатуру выдающийся шведский химик И.Я. Берцелиус.

Еще в старину соединения висмута широко применялись как краски, грим, косметические средства. Так, на Руси, например, представительницы слабого пола охотно пользовались различными белилами, в том числе и висмутовыми, которые иногда назывались также испанскими. Один англичанин, посетивший русское государство в середине XVI века, отмечал, что женщины «так намазывают свои лица, что почти на расстоянии выстрела можно видеть наклепанные на лицах краски; всего лучше их сравнить с женами мельников, потому что они выглядят так, как будто около их лиц выколачивали мешки муки».

Другая древняя «профессия» висмута, точнее его соединений, – медицина. На этом благородном поприще он продолжает трудиться и в наши дни: многие лекарства, присыпки и мази, применяемые как антисептические и заживляющие средства при лечении кожных и желудочно-кишечных заболеваний, ожогов, ран, содержат в том или ином виде висмут. Не случайно фармацевтическая промышленность – один из основных потребителей этого металла.

В технике же висмут издавна известен своими легкоплавкими сплавами. Вот что написано в одной из книг, изданных более ста лет назад: «В сплавах висмут употребляется единственно потому, что он придает им легкоплавкость. Оттого этим металлом пользуются оловянщики и органщики, когда им надобно иметь особенно легкоплавкий препарат. Словолитчики также прибавляют немного висмута для облегчения расплавления металла, чем, конечно, не улучшают своего товара, потому что висмут делает все сплавы ломкими».

Сегодня «словолитчики», правда, уже не применяют висмут в качестве компонента типографского сплава, но в других областях различные сплавы висмута (и среди них уже знакомый вам сплав Вуда) находят немало работы. Пожарники, например, могут спать спокойно, если огнеопасные объекты оборудованы автоматическими огнетушителями с плавкими предохранителями из сплава висмута с другими металлами. Стоит температуре в помещении превысить определенный уровень, проволока из этого сплава расплавляется, срабатывает реле и резкий звонок предупреждает о грозящей опасности. Есть и такие устройства, которые не только сигнализируют о пожаре, но и сами, не дожидаясь помощи со стороны, обрушивают на пламя потоки воды, а прибывшим пожарникам остается лишь констатировать, что огонь ликвидирован, и снова привести устройство в состояние «боевой готовности».



Сплав висмута со свинцом и ртутью плавится уже при трении и потому используется для изготовления металлических карандашей. Легкоплавкие сплавы на висмутовой основе позволяют надежно спаять стекло с металлом. Из сплава Вуда можно отлить чайную ложечку, которая... расплавится при первом же перемешивании ею горячего чая. Разумеется, в посудо-хозяйственном магазине такую ложку не встретишь, зато на уроке физики «чаепитие» с ее помощью дает возможность наглядно продемонстрировать легкоплавкость сплава Вуда.

Этот сплав обладает и высокими литейными свойствами, благодаря чему легко заполняет мельчайшие детали формы. Из него делают модели для отливки сложных деталей, он применяется для заливки металлографических шлифов, «принимает участие» в зубоорудном протезировании.



Для некоторых сплавов висмута характерны уникальные магнитные свойства. Так, из его сплава с марганцем изготавливают сильные постоянные магниты. Сплав висмута с сурьмой, обнаруживающий в магнитном поле аномальный эффект магнитосопротивления, используется для производства быстродействующих усилителей и выключателей. Добавка висмута (всего 0,01%) к сплавам на основе алюминия и железа улучшает пластические свойства материала, упрощает его обработку. Такую же услугу оказывает висмут и нержавеющей стали. А олову он помогает излечиться от хронического заболевания, называемого «оловянной чумой»: при низких температурах этот металл рассыпается в порошок. Причина этого – переход одной разновидности олова в другую, с более свободным расположением атомов в кристаллической решетке (так

называемое белое олово превращается в серое). Атомы же висмута, добавленные к олову, как бы цементируют его решетку, не давая ей разрушиться при перестройке, вызванной таким превращением.

Весьма перспективны соединения висмута с теллурием в качестве материала для термоэлектродвигателей. Благоприятное сочетание теплопроводности, электропроводности и термоэлектродвижущей силы обуславливает высокий коэффициент полезного действия преобразования тепловой энергии в электрическую. Кстати, первая батарея термоэлементов, созданная примерно полтора столетия назад, была выполнена из спаянных проволочек сурьмы и висмута.

В космонавтике, медицине и многих других областях используется сегодня термоэлектрическое охлаждение. Еще в 1834 году французский физик Жан Пельтье заметил, что если через электрическую цепь, состоящую из проводников разного типа, скажем железа и висмута, пропустить постоянный ток, то в месте их соединения поглощается некоторое количество теплоты. Это явление, названное эффектом

Пельтье, долгое время не находило практического применения, так как возникающее в месте соединения металлов охлаждение было очень незначительным. Но вот спустя более ста лет советский академик А.Ф. Иоффе предложил заменить металлы в термоэлектрических устройствах полупроводниковыми материалами, в частности соединениями висмута, теллура, селена и сурьмы. Вот тогда-то эффект Пельтье стал поистине эффективным средством охлаждения. Оказалось возможным создание на его основе холодильника нового типа, в котором переносчиком тепла служат не жидкости или газы, как в обычном холодильнике, а электроны. Крохотные электронные холодильники, величиной с наперсток, плавно понижают температуру до -50°C . Важной особенностью таких холодильников является то, что их легко можно превратить в... нагреватели: для этого нужно лишь изменить направление тока.

Соединения висмута можно встретить во многих сферах современной техники. Трехокись этого металла служит катализатором при получении акриловых полимеров. В качестве флюса, снижающего температуру плавления некоторых неорганических веществ, ее используют также в производстве стекла, эмали, фарфора. Висмутовые соединения вводят в состав стекол, если нужно повысить их коэффициент преломления. Соли висмута применяются при изготовлении красок для дорожных знаков, «вспыхивающих», когда на них падает луч автомобильной фары. Известные с давних пор косметические наклонности висмута проявляются сегодня в создании с помощью его солей перламутровой губной помады.

В последние годы внимание многих ученых приковано к явлению сверхпроводимости. Открытое еще в 1911 году голландским физиком Х. Камерлинг-Оннесом, это свойство некоторых металлов и соединений – вблизи абсолютного температурного нуля практически беспрепятственно пропускать электрический ток – долгое время представляло лишь сугубо научный интерес. Бурное развитие науки и техники во второй половине XX века связало со сверхпроводимостью грандиозные практические перспективы, прежде всего в области энергетики. Но чтобы перспективы стали реальностью, нужно отодвинуть как можно дальше от абсолютного нуля порог сверхпроводимости, т.е. ту критическую температуру, при которой вещество скачкообразно теряет способность сопротивляться электрическому току. Поиски ученых направлены на создание так называемых высокотемпературных сверхпроводников – материалов, способных обрести это свойство при сравнительно легко достижимых температурах. По мнению ряда специалистов, такими материалами могут стать полимеры, «начиненные» мельчайшими частицами металлов.

Не так давно советские химики сделали первый шаг на пути решения этой проблемы. Подвергая электролизу водный раствор солей свинца и висмута в присутствии толуольного раствора полидифенилбутадиена, они сумели получить металлополимер, содержащий около 80% дисперсных (диаметром несколько микрон) частичек свинцововисмутового сплава. Поскольку металл внедрялся в полимер в момент образования из соли, не успевая окислиться, поверхность частиц была почти идеально чистой. Как показали испытания нового материала, температура перехода его в сверхпроводящее состояние, хоть и далека от желаемой, но заметно выше, чем у чистого сплава того же состава. Значит, можно надеяться, что следующие шаги в этом направлении позволят достичь намеченной цели.

Любопытные результаты получили и американские ученые из Мичиганского университета. Они обнаружили, что висмут, «загрязненный» небольшим количеством атомов олова или теллура, при температурах 0,03–0,06К обретает сверхпроводимость, в то время как чистый металл этим свойством обделен. Изменяя концентрацию примеси, можно несколько смещать порог проводимости висмута в ту или другую сторону.

До сих пор речь шла о сплавах и химических соединениях висмута. Но свою, пожалуй, самую важную и ответственную роль – теплоносителя в ядерных реакторах – он предпочитает исполнять в гордом одиночестве. На эту роль металл приглашен не случайно: плавится он при сравнительно низкой

температуре (271°C), а кипит при довольно высокой (1560°C). Широкий интервал температур, при которых висмут пребывает в жидком состоянии, в сочетании с химической стойкостью, пожарной безопасностью и, что самое главное, способностью рассеивать тепловые нейтроны, почти не поглощая их при этом (т.е. не тормозя цепную реакцию), выдвигают висмут в число лучших ядерных теплоносителей. Перспективно и использование его в реакторах с жидкометаллическим топливом – ураном, растворенным в расплавленном висмуте.

У висмута есть еще целый ряд интересных свойств. В отличие от большинства металлов, он очень хрупок и легко растирается в порошок, но горячим прессованием из него можно изготовить тонкую проволоку и пластинки. Почти все металлы при затвердевании уменьшаются в объеме, а висмут, благодаря своеобразию кристаллической структуры, напротив, расширяется (то же происходит и с водой при ее превращении в лед). По-видимому, этим обусловлена и другая особенность поведения висмута. С ростом давления температура плавления веществ обычно повышается. Этому правилу подчиняются все металлы, а для висмута, оказывается, закон не писан: чем выше давление, тем легче он «соглашается» перейти в жидкое состояние.

Висмут – самый диамагнитный металл: если его поместить между полюсами обычного магнита, то он, стремясь с одинаковой силой оттолкнуться от обоих полюсов, займет положение на равном от них расстоянии. Под влиянием магнитного поля электрическое сопротивление висмута увеличивается в большей степени, чем у других металлов; этим его свойством пользуются для измерения индукции сильных магнитных полей (прибор, служащий для этой цели, называется висмутовой спиралью). После расплавления висмута его электросопротивление падает вдвое, а при охлаждении резко возрастает (например, при понижении температуры от нуля до -180°C сопротивление этого металла увеличивается в 60 раз).

В отношении химических свойств висмут ведет себя куда скромнее, стараясь походить на своих ближайших соседей по пятой группе (точнее, ее правой подгруппе) периодической системы – сурьму и мышьяк. Разве что металлические свойства у него выражены посильней, но к этому его просто обязывает положение в таблице элементов: он ближе к «полюсу металличности» (левый нижний угол таблицы), чем другие элементы его подгруппы. В сухом воздухе висмут устойчив, но во влажном он облачается в тончайшее покрывало окиси. Если же металл нагреть выше 1000°C, он сгорает красивым голубоватым пламенем.

Как известно, при электролизе ионы металла переносятся с анода на катод. Так считали почти полтора столетия – с тех пор как английский ученый Майкл Фарадей установил важнейшие законы электролиза. Но вот в 1975 году сотрудники Института общей и неорганической химии Академии наук УССР обнаружили, что некоторые металлы при электролитических процессах устремляются к аноду. В опытах украинских ученых катод был изготовлен из висмута, анод – из никеля, а роль электролита выполнял расплавленный едкий натр. Когда был включен ток, висмутовый катод начал таять на глазах, и уже вскоре на поверхности анода появились блестящие шарики из чистого висмута.

Это открытие не опровергает, а лишь уточняет закон Фарадея. Большинство металлов действительно выделяется на катоде, и лишь некоторые – висмут, свинец, олово, сурьма – «предпочитают» анод, правда, при условии, что электролитом служит расплав солей щелочных и щелочноземельных металлов.

«Поправка к закону» может быть использована для очистки многих металлов и сплавов от примесей висмута, свинца и других «нарушителей порядка». Для этого металлическую заготовку, которую нужно подвергнуть рафинированию, вводят в электролит в качестве катода. Начинается электролиз, и ненужные

примеси, расставшись с основной массой металла, перебазируются на анод. Этот экономичный способ назван катодной очисткой.

Как известно, все металлы, да и вообще большинство твердых тел, имеют кристаллическую структуру, при которой их атомы (ионы, молекулы) располагаются в пространстве в строго определенном порядке. Другое дело – жидкости или газы. Взять хотя бы обычную воду. Что она собой представляет? Совершенно хаотическое скопление молекул «ашдвао». Но стоит охладить воду до нуля, как ее замерзающие молекулы стремятся занять уже не случайное положение, а лишь то, что соответствует кристаллической решетке льда. Так неприметная капелька дождя превращается в красавицу-снежинку. В результате этой перестройки существенно меняются не только «внешние данные», но и многие физико-химические свойства вещества.

Однако не все твердые тела «признают» кристаллическую структуру. Таково, например, стекло – оно аморфно и в жидком, и в твердом состоянии. А нельзя ли аморфные металлические расплавы заставить переходить в твердое, но тоже аморфное состояние, т.е. получать «металлические стекла»? Эта смелая задача была продиктована не праздным любопытством ученых: ведь у новых материалов могли оказаться совершенно неожиданные свойства. Но как же решить задачу?

Обычно процесс кристаллизации вещества протекает во времени, и молекулы поэтому имеют возможность «поразмислить» над тем, как им себя вести в ходе перестройки. А что если осуществить мгновенное затвердевание и, следовательно, не дать молекулам времени на «размышление»?

На помощь пришлось призвать глубокий вакуум и адский холод. Именно они помогли создать такие условия, оказавшись в которых, молекулы вынуждены были, как при знакомой всем игре моментально подчиняться команде: «Замри!». В ходе многочисленных опытов удалось установить, что если на переохлажденную металлическую пластинку, находящуюся в камере, где обеспечены указанные условия, нанести пары какого-либо металла, то на пластинке тут же образуется «стеклянная» пленка. Подобный эксперимент, в частности, был проделан с висмутом. Оказалось, что пленка из висмутового «стекла» толщиной всего в несколько микрон обладает буквально сказочными магнитными и сверхпроводящими свойствами. Даже при обычной температуре ее сопротивление электрическому току во много раз ниже, чем у того же висмута в кристаллическом состоянии.

Магнетизм и сверхпроводимость – это едва ли не важнейшие качества материалов, без которых немислимо развитие многих направлений современной техники. И, надо полагать, металлические «стекла» (или, если хотите, «стеклянные» металлы) скажут по этому поводу свое веское слово.

Висмут – последний практически не радиоактивный элемент периодической системы. Именно практически, так как тонкие эксперименты показали, что ядра атомов его основного природного изотопа висмута-209 все же подвержены радиоактивным превращениям, но период полураспада этого изотопа в сотни миллионов раз превышает возраст Земли. Поэтому его с полным основанием можно характеризовать как стабильный, чего не скажешь о других 19 изотопах висмута – период полураспада любого из них не превышает нескольких суток.

Совсем недавно висмут помог советским физикам синтезировать ядра 107-го элемента периодической системы. Помещенная в ускоритель висмутовая мишень подверглась ожесточенной бомбардировке ионами хрома. Более двух месяцев непрерывно работал ускоритель, сопоставлялись и анализировались результаты десятков тончайших экспериментов, и вот, наконец, можно было с уверенностью заявить, что при слиянии иона хрома с ядром висмута образуются ядра 107-го элемента, период полураспада которых всего около двухтысячных долей секунды.

Спрос на висмут растет из года в год. За последние 40 лет цена на него на мировом рынке

подскакала в шесть раз. По запасам в земной коре висмут занимает весьма скромное место в восьмом десятке, позади большинства редких и рассеянных элементов. В то же время минералов этого металла не так уж мало – более 70. Правда, скоплений они не образуют, и добывать висмут приходится как попутный продукт при производстве свинца, меди, серебра и других распространенных металлов, руды которых содержат порой всего 0,0001% висмута. Самые известные висмутовые месторождения находятся в Боливии, на острове Тасмания и в Перу.

В нашей стране поиски месторождений этого металла начались в годы первой мировой войны, когда резко возросла потребность в лечебных и антисептических средствах. Висмутовые препараты, используемые для медицинских целей, ввозили в царскую Россию из Германии. С началом военных действий на старого торгового «партнера» рассчитывать не приходилось, и Управление верховного начальника санитарной и эвакуационной части обратилось в Академию наук с просьбой указать, есть ли в России руды висмута и можно ли выплавлять из них этот металл.

Просьба была передана крупнейшему геологу академику В.И. Вернадскому, который в те годы возглавлял Комиссию по изучению естественных производительных сил России. Исследовав образцы Минералогического музея академии, ученый пришел к выводу, что поисковые работы следует вести в Забайкалье, и вскоре туда отправился один из его учеников К.А. Ненадкевич (впоследствии член-корреспондент АН СССР). Спустя некоторое время он нашел в Шерловой горе новый минерал, названный им базобисмутитом. Минерал содержал довольно много висмута и мог быть отличным сырьем для его производства. В дальнейшем геолог нашел еще ряд висмутовых месторождений, а уже в 1918 году из руд одного из них – Букуинского – им были выплавлены первые десятки килограммов отечественного висмута.

РЕДЧАЙШИЙ ИЗ РЕДКИХ (ФРАНЦИЙ)

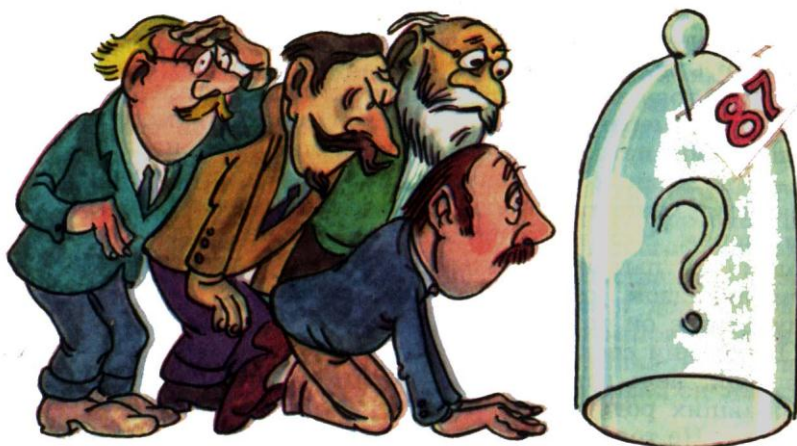


Нет правил без исключений. – Долгие ожидания. – Где хозяин? – Кое-какие прогнозы. – Две версии. – Незваные гости. – На берегах Мертвого моря. – Что «скажет» пепел сигары? – Открытия «закрываются». – Продолжение поиска. – Радиоактивная вилка. – Вакансия заполнена. – Жизнь коротка. – Химикам помогает... физика. – За залпом залп. – Алхимики хватаются за голову. – Лишнее золото. – Без иллюминации. – «Химия на бегу». – Точки зрения на точку плавления. – Лед тронулся.

Говорят, нет правил без исключений. И если посчитать правилом тот факт, что история открытия химических элементов связана прежде всего с представителями сильной половины человечества, то приятным исключением будут три женских имени, которыми вправе гордиться слабый пол: Мария Склодовская-Кюри – первооткрыватель полония и радия, Ида Ноддак (Такке), открывшая рений, и Маргерит Перэ, которой суждено было открыть франций. Нисколько не умаляя огромных заслуг Марии Склодовской-Кюри и Иды Ноддак, заметим, что научный успех они делили со своими мужьями Пьером Кюри и Вальтером Ноддаком, в то время как Маргерит Перэ при «рождении» Франция обошлась «без посторонней помощи».

Появления на свет элемента № 87 (а именно под этим номером значится франций в таблице элементов) химики всего мира ждали долго – без малого семь десятилетий. Дело в том, что Д.И. Менделеев, воздвигая стройное здание своей периодической системы, не всегда имел «под рукой» подходящий «строительный» материал, и поэтому многие клетки таблицы остались пустыми. Но гениальный ученый понимал, что эти пустоты – дело временное: соответствующие им «кирпичики» должны существовать в природе, но пока они ухитряются оставаться незамеченными. Менделеев не только указал

будущее «местожительство» ряда элементов, но и с большой точностью предсказал физические и химические свойства этих незнакомцев.



Жизнь вскоре подтвердила блестящий прогноз ученого: в 1875 году был открыт галлий (Менделеев называл его эка-алюминием, справедливо полагая, что по свойствам он будет похож на своего соседа сверху по таблице элементов), в 1879 году – скандий (эка-бор), а в 1886 году – германий (эка-силиций).

В статье «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов», опубликованной в 1871 году, Менделеев писал: «Затем в десятом ряду можно ждать еще основных элементов, принадлежащих к I, II и III группам. Первый из них должен образовывать окисел R_2O , второй – RO , а третий – R_2O_3 ; первый будет сходен с цезием, второй – с барием, а все их окиси должны обладать, конечно, характером самых энергичных оснований».

Шли годы, науке становились известны все новые и новые элементы, но клетка с номером 87, забронированная за эка-цезием, продолжало пустовать, несмотря на многочисленные попытки ученых ряда стран разыскать ее законного хозяина. И хотя ему удавалось ускользнуть от пытливого взора исследователей, многие его свойства, определяемые «географическим положением» в периодической системе, уже были известны науке.

Так, не вызывало сомнений, что элемент № 87 должен быть надежным хранителем щелочных «традиций», крепнущих от лития к цезию. Этим обуславливалась прежде всего его высокая реакционная способность (выше, чем у цезия), по «вине» которой он мог присутствовать в природе лишь в виде солей, обладающих большей растворимостью, чем у всех других солей щелочных металлов. Поскольку от лития к цезию падала температура плавления (от 180,5 до 28,5°C), резонно было полагать, что эка-цезий в обычных условиях должен подобно ртути, находиться в жидком состоянии. Для щелочных металлов (кроме лития) характерна еще одна закономерность: чем больше массовое число элемента (т.е. чем ниже он расположен в периодической таблице), тем меньше его содержится в земной коре. Если учесть, что уже на долю цезия в природе приходится совсем немного атомов, то расположенный под ним элемент № 87 мог и вовсе оказаться редчайшим из редких. Наконец, радиоактивные «наклонности» его соседей справа (о которых упоминал в статье Менделеев) – открытых в конце XIX века радия и актиния – позволяли утверждать, что и эка-цезий должен обладать радиоактивностью.



Свойства элемента № 87 определили два основных

направления поиска: одни ученые рассчитывали найти его в минералах щелочных металлов или в богатых ими водах минеральных источников и морей; другие предпочитали вести розыск на радиоактивных тропах, надеясь найти эка-цезий среди продуктов распада соседних с ним элементов.

В 1913 году английский радиохимик Дж. Крэнстон сообщил, что он заметил у одного из изотопов актиния слабое альфа-излучение (наряду с характерным для этого изотопа бета-излучением). Ученый предполагал, что при этом может образоваться изотоп элемента № 87. Спустя год сходные результаты были получены австрийскими радиохимиками Мейером, Гессом и Панетом, обнаружившими при опытах с изотопом актиния «незванные» альфа-частицы. "Эти частицы образуются при альфа-распаде обычно бета-активного ^{227}Ac ", – писали они, – ...продуктом распада должен быть изотоп элемента 87». Но предположение – еще не научный факт, тем более что для сомнений было немало оснований: во-первых, замеченное альфа-излучение было настолько слабым, что не выходило за пределы возможных погрешностей эксперимента: во-вторых, исследуемый препарат актиния вполне мог содержать примеси «проживающего» рядом протактиния, который способен излучать альфа-частицы и потому мог легко ввести ученых в заблуждение. Хотя эти исследователи, как выяснилось позднее, находились на правильном пути, до открытия элемента № 87 было еще далеко – этого события оставалось ждать ровно четверть века...

В 1925 году англичанин И. Фриенд решил отправиться в Палестину, намереваясь изучить воды Мертвого моря, богатые щелочными металлами. «Уже несколько лет назад, – писал он, – мне пришло в голову, что если эка-цезий способен к постоянному существованию, то его можно будет найти в Мертвом море». Что ж, идея эта не лишена была смысла, но сколько ни пытался ученый обнаружить рентгеноспектральным анализом хотя бы следы элемента № 87, желаемых результатов он так и не добился.

К помощи спектроскопа прибегали и многие другие исследователи: ведь именно он помог открыть рубидий и цезий – ближайших родственников элемента № 87 по щелочному семейству. Не только концентраты морских солей, но и крупницы редчайших минералов, зола грибов и пепел сигар, сожженный сахар и кости ископаемых животных – казалось бы, все потенциальные обладатели атомов эка-цезия представляли перед объективом спектроскопа, но прибор всякий раз огорчал экспериментаторов.

Однако у ученых, искавших эка-цезий, были не только огорчения, но и радости, часто, правда, преждевременные: некоторые их «открытия», ярко блеснув поначалу, оказывались на поверку ошибочными и потому быстро «закрывались». Так, в 1926 году в печати, появилось сообщение английских химиков Дж. Дрюса и Ф. Лоринга о том, что они якобы наблюдали линии 87-го элемента на рентгенограммах сульфата марганца и дали ему название алкалий. Через три года американский физик Ф. Аллисон опубликовал данные своих магнитооптических исследований, позволивших ему, как он полагал, обнаружить следы разыскиваемого элемента в редких минералах щелочных металлов – самарските, поллуците и лепидолите. В честь своего родного штата ученый предлагал назвать 87-й виргинием. В 1931 году его соотечественникам Дж. Пэпишу и Э. Вайнеру вроде бы удалось спектроскопическим методом подтвердить наличие линий виргиния в самарските, но вскоре выяснилось, что причиной появления незнакомых линий был дефект кальцитового кристалла, установленного в спектроскопе, которым пользовались ученые.

В 1937 году румынский химик Г. Хулубей заявил, что эка-цезий найден им в поллуците, и предложил именовать новый элемент молдавием. Но ни алкалийю, ни виргинию, ни молдавию не довелось занять вакантную клетку в левом нижнем углу периодической таблицы.

Продолжали поиски и сторонники радиоактивного направления. Еще в 1925 году одесский химик Д. Добросердов высказал на страницах «Украинского химического журнала» соображения о физических и химических свойствах эка-цезия, подчеркнув, в частности, что он «непрерывно должен быть весьма

радиоактивным элементом». Но ученый при этом ошибочно предположил, что радиоактивность калия и рубидия обусловлена примесями 87-го элемента, который он предлагал назвать руссием, если честь открытия выпадет на долю русских ученых.

Годом позже интересные результаты удалось получить известным радиохимикам О. Гану (Германия) и Д. Хевеши (Венгрия). Тщательное исследование радиоактивных рядов некоторых изотопов актиния показало, что при альфа-распаде одного из них образуется изотоп эка-цезия. Правда, из каждого миллиона атомов исходного вещества можно полнить лишь несколько атомов 87-го элемента.

Такова была ситуация в науке к 1938 году, когда в поиски эка-цезия включилась Маргерит Перэ – сотрудница парижского Института радия, ученица Марии Склодовской-Кюри. Прежде всего Перэ решила повторить уже к тому времени давние эксперименты Мейера, Гесса и Панета. Недаром говорят, что часто в науке «новое – это хорошо забытое старое». Подтверждением этого может служить история открытия элемента № 87.

Проделав опыты, Перэ, подобно своим предшественникам, обнаружила присутствие тех же альфа-частиц. Необходимо было доказать, что их источником являются не примеси протактиния, а актиний. Проведя поистине ювелирную очистку актиния от всех возможных примесей и «дочерних продуктов» (т.е. продуктов его радиоактивного распада), а затем исследовав полученный чистейший препарат актиния, Перэ выяснила, что изотоп этого элемента с массовым числом 227 имеет «радиоактивную вилку», или, иначе говоря, способен распадаться по двум направлениям – с излучением бета- и альфа-частиц. Правда, «зубья» у этой вилки оказались далеко не одинаковыми: лишь в 12 случаях из тысячи ядра актиния испускали альфа-частицы, во всех же остальных случаях они излучали бета-частицы (т.е. электроны), превращаясь в ядра изотопа тория. Ну, а что же происходило при альфа-излучении?

Расчет показывал, что, выбросив альфа-частицу (т.е. ядро гелия), ядро изотопа актиния «худело» ровно настолько, чтобы стать не чем иным, как ядром изотопа 87-го элемента. Действительно, в результате опытов появлялся продукт распада актиния со свойствами тяжелого щелочного радиоактивного металла. Это и был никогда прежде не зафиксированный в природе долгожданный эка-цезий, точнее, его изотоп с массовым числом 223. Так в 1939 году был открыт один из последних доурановых элементов. В честь своей родины Перэ назвала его францием.

Почему же так долго франций оставался неуловимым для ученых всего мира? Прежде всего потому, что из всех химических элементов (исключая трансурановые) франций – самый неустойчивый. Период полураспада его наиболее долгоживущего изотопа (который и был обнаружен в опытах Перэ) – всего 22 минуты. Мудрено ли, что при такой «продолжительности жизни» на Земле практически нет не только ощутимых запасов этого элемента, но и мизерных его следов? Впрочем, кое-что все же есть. Пользуясь законом радиоактивного распада, специалисты подсчитали, что из $5976 \cdot 10^{18}$ тонн земного вещества на долю франция приходится... чуть больше 500 граммов. Вот почему найти в природе хотя бы крупичку этого элемента неизмеримо сложнее, чем отыскать иголку в стоге сена. И тем не менее сегодня ученым точно известны многие физические и химические свойства франция. Как же удалось их определить?

Для этого нужно искусственным путем получить сколько-нибудь заметные количества элемента, тщательно очистить его от всех примесей и затем в кратчайшее время провести необходимые измерения и опыты.

Первое время для выделения франция применялись различные химические методы, однако они были довольно сложны и далеки от совершенства. Ощутимых успехов удалось достичь, когда на помощь химикам пришла... физика. Создание циклотронов и развитие техники ускорения ионов позволили разработать физические методы получения франция, основанные на бомбардировке ториевых или

урановых «мишеней» протонами высоких энергий. Таким путем в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне в результате пятнадцатиминутного «обстрела» одного грамма урана на синхроциклотроне было получено $5 \cdot 10^{-13}$ граммов франция.

Всего $5 \cdot 10^{-13}$ граммов? Если бы речь шла, допустим, о золоте, то такое его количество не стоило бы в буквальном смысле и ломаного гроша. А триллионные доли грамма Франция представляют для ученых огромную ценность, ибо позволяют заполнить многие графы в характеристике этого элемента. Разумеется, при этом невозможно экспериментально определить плотность металла или выяснить, при каких температурах он плавится и кипит, но собранная исследователями информация позволяет сделать это расчетным путем.

Разработан и другой оригинальный способ получения франция – облучение «мишеней» из свинца, таллия или золота многозарядными ионами соответственно бора, углерода или неона, ускоренными на циклотронах либо линейных ускорителях. Средневековые алхимики схватились бы за голову, узнав, что их потомки вместо того, чтобы заниматься серьезным делом, т.е. получать золото из других веществ, безрассудно «стреляют» в него какими-то частицами, стремясь превратить драгоценный металл в элемент с сомнительными свойствами. Именно эти сомнительные свойства и вынуждают ученых проводить все новые и новые эксперименты, чтобы узнать как можно больше «секретов» франция.

Как же осуществляются «алхимические» процессы XX века? Тончайшую золотую фольгу (толщиной всего несколько микрон), помещенную в кассету, облучают ускоренными ионами неона – происходит ядерная реакция, в результате чего образуется изотоп франция с массовым числом 212. После получасовой «артподготовки» кассету с фольгой доставляют в лабораторию, где в защитном шкафу с помощью манипулятора облученное золото извлекают из кассеты. Внешне фольга выглядит так же, как до опыта; на самом же деле она содержит десятки тысяч атомов франция. Скажем прямо, не густо, но современным ученым зачастую приходится иметь дело буквально с несколькими атомами вещества. Так, элемент № 101 (впоследствии названный менделевием) был открыт американскими учеными, когда у них «в руках» побывало всего 17 атомов, да и то не одновременно, а в результате примерно дюжины экспериментов (по 1-2 в каждом). Так что десятки тысяч атомов – это целый клад.

Итак, франций получен, но работа с ним только начинается: ведь его надо извлечь из золота и очистить от всех других осколков деления атомных ядер, а уж потом подвергнуть скрупулезному исследованию. Все это надо ухитриться проделать поистине с «космической» скоростью, потому что период полураспада изотопа франция, получаемого при «обстреле» золота, всего 19 минут.

Сначала фольгу растворяют в царской водке и с помощью специальных «золотоуловителей» удаляют весь драгоценный (но совершенно лишний в данной ситуации) металл. Теперь надо убедиться, что эта операция прошла успешно: электронные приборы, в основе работы которых лежит метод меченых атомов, категорически «заявляют», что в растворе нет ни одного атома золота. Но ведь еще не удалены другие примеси. Если они останутся, то исследовать франций бессмысленно, так как картина может быть искажена и ученые окажутся «обманутыми». А отпущенное время неумолимо сокращается как шагреневая кожа...



«Обеззолоченный» раствор несколько раз прогоняют через колонку, которая заполнена веществом, жадно поглощающим все лишние продукты ядерных реакций и пропускающим лишь франций. Но вот очистка окончена. Капельку раствора помещают в углубление на тефлоновой пластинке и облучают мощным потоком инфракрасных лучей. Через несколько секунд от капли ничего не остается. Но испарился только раствор, а атомы франция должны «лежать» на пластинке. Чтобы убедиться в этом, ее вставляют в камеру чувствительного прибора, где создается вакуум, и крохотная неоновая лампочка сигнализирует о том, что франций есть. Но почему горит лишь одна из многих лампочек? Это означает, что франций чист. Если бы к нему «присоседились» инородные атомы, то загорелись бы и другие лампочки. Но, к счастью, ненужной иллюминации нет – можно приступать к химическому исследованию франция. А на эту завершающую и, пожалуй, самую ответственную стадию эксперимента отведены считанные минуты, иначе от франция останутся лишь воспоминания. Не случайно ученые в шутку называют такие опыты «химией на бегу».



За годы, прошедшие со времени открытия франция, проделано множество опытов, выполнены сотни расчетов. Сегодня науке известны основные физические и химические свойства этого элемента. Его плотность $2,5 \text{ г/см}^3$, температура кипения примерно $620\text{-}630^\circ\text{C}$, а вот в отношении точки плавления франция у ученых нет единой точки зрения. Дело в том, что измерить эту температуру пока что не удастся, поскольку наука не в состоянии синтезировать франций в весовых количествах; иначе говоря, было бы что плавить, тогда было бы и что измерять. Правда, сегодня радиохимики умеют работать и с так называемыми субмикроскопическими количествами вещества (так, масса впервые полученного в металлическом состоянии берклия составляла всего пять миллионных долей грамма). Но и тогда результаты определения температуры плавления франция нельзя было бы считать истинными, так как чем меньше размер частиц вещества, тем ниже точка его плавления (например, частицы золота размером $0,01$ микрона плавятся не при 1063°C , как положено золоту, а лишь при 887°C).

Поэтому искомую характеристику франция ученые получают лишь теоретически – путем сопоставления свойств других щелочных металлов, выяснения существующей между ними взаимосвязи и экстраполяции, т.е. продолжения установленной графической зависимости в область, для которой нет экспериментальных данных. Но этот путь не дает столь точных результатов, как современные способы измерения температуры. Отсюда и расхождения, зависящие от того, какие теоретические предпосылки положены в основу расчета. В литературе можно встретить такие значения температуры плавления франция (в градусах Цельсия): 8, 19, 20, 27, 15-23 и т.д.

С химической точки зрения, франций – самый активный щелочной металл. Если фтор, находящийся в правом верхнем углу таблицы Менделеева, – наиболее яркий представитель неметаллов, то его антипод

франций можно считать самым «металлическим» металлом.

Ну, а какую практическую пользу может принести этот неуловимый элемент? О широком применении его говорить пока рано. Однако лед тронулся. Характерное для франция излучение позволяет, например, быстро определить, есть ли в тех или иных природных объектах его «прародитель» актиний. Для медицины несомненный интерес представляет способность франция накапливаться в опухолевых тканях, причем (что особенно важно) даже на начальных стадиях заболевания. Благодаря этому элемент можно использовать для ранней диагностики саркомы. Такие опыты уже успешно проведены на крысах. Будущее несомненно раскроет и другие «способности» франция, а пока...

Эксперименты продолжаются, франций «рассказывает» о себе, ученые внимательно «слушают».

«В ГРАММ ДОБЫЧА, В ГОД ТРУДЫ» (РАДИЙ)



Повествуют легенды. – Шаг в бессмертие. – Три франка в день. – Задачи определены. – Не жарко! – Два незнакомца. – Голь на выдумку хитра. – Находка в парижском дворе. – Подарок из Богемии. – Сказочное царство. – Четыре года спустя. – «Не имею нужды в ордене...» – Торжество алхимических идей? – Любовь и обида Беккереля. – Чудесный исцелитель. – Радость старого лорда. – Ожерелья и лаборатории. – Нобелевская премия. – Гибель Пьера Кюри. – «В грамм добыча, в год труды!» – На войне, как на войне. – Сказочный ларец. – Русский радий. – Мечта танцовщицы. – Черная записная книжка.

История науки хранит немало примеров того, как гениальные идеи внезапно осеняли ученых, как буквально в считанные секунды рождались великие открытия. Если верить древней легенде, однажды Архимед решил принять ванну, и пока его брненное тело занималось вытеснением жидкости, в голове великого грека уже созрел едва ли не важнейший закон гидромеханики. А вот Ньютону якобы достаточно было увидеть в саду падающее с дерева яблоко, как физика обогатилась одним из основных своих постулатов – законом всемирного тяготения...

В результате легкомысленного, а порой и обывательского «понимания» того, как открываются великие законы науки, создавались эти легенды. Но еще Ходжа Насреддин говорил: «Дичь видишь потому, что охотишься». На многих падало яблоко с дерева, но только для Ньютона оно оказалось воистину золотым. Все мысли ученого были заняты этим «будущим» законом – пока еще в предположениях и наблюдениях; вот почему маленькое яблоко стало подобно тому первому камешку в горах, который вызывает обвал. Да ведь для обвала-то надо кое-что «иметь», кроме этого первого камешка.

Порой, чтобы достичь цели, ученые трудились долгие месяцы и даже годы, проводили эксперимент за экспериментом, совершая при этом настоящий научный подвиг. И, пожалуй, самым ярким примером такого подвига может служить открытие и получение Марией Склодовской-Кюри и Пьером Кюри одного из удивительных металлов мироздания – радия. Вот почему рассказ о радиии – это и рассказ о двух замечательных ученых, об их бескорыстном титаническом труде на благо науки.

...Поезд идет уже третьи сутки. Где-то далеко позади осталась родная Польша, отсчитана не одна сотня километров по земле Германии, впереди – Париж. Что ждет там скромную польскую девушку, решившую поступить в знаменитую Сорбонну? Она мечтает, закончив университет, вернуться на родину – работать учительницей физики. Ни она сама и ни один человек в мире еще не знает, что не сбудется эта робкая мечта. Судьбе угодно было распорядиться иначе: сев в этот поезд, Мария Склодовская сделала

первый шаг на долгом и тернистом пути, который обессмертит ее имя, поставит его в ряд величайших имен человечества.

Всеобщее признание, слава, почет – как нескоро еще придет все это... А пока она может тратить только три франка в день – на еду, одежду, жилье, тетради, книги. Всего три франка!.. Расходы на омнибус – непозволительная роскошь: в холод и дождь Мария идет в университет пешком. Чтобы сэкономить керосин для освещения, как только начинает темнеть, она бежит в библиотеку Сен-Женевьев, где можно просидеть до закрытия – до десяти часов вечера. А потом до двух ночи при свете керосиновой лампы Мария занимается дома – в крохотной комнатке под крышей. На протяжении многих недель дневной рацион ее – чай да хлеб с маслом, а порой – лишь пучок редиски или немного вишен.

Но вот, наконец, с блеском окончен курс Сорбонны, получены сразу два диплома – физика и математика.

В это время в одном из писем брату Мария Склодовская делится с ним мыслями: «Жизнь, как видно, не дается никому из нас легко. Ну, что же, надо иметь настойчивость, а главное – уверенность в себе. Надо верить, что ты на что-то годен и этого «что-то» нужно достигнуть во что бы то ни стало».

Вскоре, в 1895 году, произошло событие, сыгравшее важную роль в судьбе Марии, – она стала женой уже известного в то время физика Пьера Кюри. С этого момента совместная работа стала для них смыслом жизни. До открытия радия оставалось немногим более трех лет...

Даже рождение дочери не могло помешать Марии заниматься любимым делом. Молодая женщина успевает и вести хозяйство, и ухаживать за крохотной Ирэн, и трудиться в лаборатории Пьера Кюри, в подготовительной школе физики при Сорбонне. В том же году Мария Склодовская-Кюри приступает к работе над диссертацией. Ей предстоит выбрать тему. Больше всего молодого ученого волнует открытое незадолго до этого Анри Беккерелем загадочное излучение урана и его соединений. Именно в этом направлении и решено было на семейном совете продолжать научный поиск.

С помощью созданного мужем прибора, позволявшего количественно оценивать поток таинственных лучей, Мария Кюри исследовала тысячи образцов. Работа велась в невероятно тяжелых условиях, в сыром не приспособленном для опытов помещении, на примитивном оборудовании. В один из зимних дней в научном дневнике появилась запись, покоряющая своей педантичной точностью: «Температура 6,25°C!!».

Но Мария Кюри трудилась с необыкновенным упорством. Тщательное изучение разнообразных материалов подтверждало правоту Беккереля, считавшего, что чистый уран обладает большей радиоактивностью, чем любое его соединение. И хотя об этом говорили результаты сотен опытов, исследованию подвергались все новые и новые вещества. И вдруг... Неожиданность! Два урановых минерала – хальколит и смоляная руда Богемии – гораздо активнее действовали на прибор, чем



уран. Вывод напрашивался сам собой: в них содержится какой-то неизвестный химический элемент (возможно, и не один) с еще более высокой степенью радиоактивности. По крупичкам анализируя оба минерала, супруги Кюри приходят к заключению, что в них «прячутся» два незнакомца. И вот, наконец, открыт один из них. В честь Польши–родины Марии – его решено назвать полонием.

Снова за работу, снова титанический труд – и еще одна победа: обнаружен элемент, в миллион раз превосходящий по радиоактивности уран. За эту неиссякаемую способность к излучению ученые назвали его радием («радиус» по-латыни – луч). Произошло это в 1898 году.

Итак, полоний и радий открыты, но их пока никто не видел. Чтобы показать миру эти элементы, чете Кюри понадобилось еще четыре года напряженного труда, долгих четыре года...

Даже в наиболее радиоактивных продуктах присутствуют лишь следы новых элементов. Значит, для их выделения придется обработать тонны сырья! Для этого нужны средства и немалые. Где их взять?

Ученые решили обратиться к одному из австрийских физиков с просьбой помочь им приобрести по доступной цене отходы урановой руды (из нее в Богемии извлекали уран, используемый в виде солей для окрашивания стекла и фарфора).

Тем временем нужно подыскать подходящее помещение: та небольшая мастерская, где начинались поиски неведомого элемента, слишком уж тесна для предстоящей работы. Руководство Сорбонны «не видит возможности» помочь ученым. В соседнем дворе они находят старый заброшенный сарай, у которого имелось одно весьма сомнительное достоинство: он был настолько плох, что на него не зарился никто другой. «Хоромы» поступают в полное распоряжение Пьера и Марии Кюри.

Дощатые стены, асфальт вместо пола, стеклянная крыша, протекавшая во время дождя, несколько грубо сколоченных столов, печка с проржавевшей трубой да классная доска – вот «штрихи к портрету» той лаборатории, где ученым предстояло провести не один год, прежде чем они добьются своей цели – выделят крупички лучезарного радия. «Но как раз в этом никудышном, старом сарае прошли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни, всецело посвященные работе», – скажет впоследствии М. Кюри.

Пока супруги осваивали свои новые владения, пришли хорошие вести из Австрии: по ходатайству Венской академии наук австрийское правительство дало указание директору рудника отправить в Париж несколько тонн отходов урановой руды.

Вскоре, в одно прекрасное утро (если бы шел проливной дождь с градом и ветер срывал с домов крыши, все равно это утро показалось бы Марии и Пьеру прекрасным), к зданию, где помещалась школа физики, подошла конная повозка и рабочие начали выгружать мешки. Мария не может скрыть свою радость: она стала обладательницей несметных сокровищ! Ведь в этих мешках содержится не просто бурая порода, похожая на дорожную пыль, – здесь таится ее радий. Проще, правда, найти иголку в стоге сена, чем добыть хотя бы крупички этого металла. И все же – за работу, сейчас же, немедленно...

Первое время супруги совместно трудятся над химическим выделением радия и полония. Однако постепенно они приходят к выводу, что целесообразно разделить «обязанности»: Мария продолжает обработку руд, чтобы получить чистые соли радия, Пьер ставит тонкие опыты по уточнению свойств нового металла.

В сарае нет вытяжных шкафов, а при работе выделяются вредные газы, поэтому Марию чаще можно было увидеть во дворе, окруженную клубами дыма. Зимой же и в непогоду она трудилась в сарае, при открытых окнах. «Мне приходилось обрабатывать в день до двадцати килограммов исходного вещества, – вспоминала М. Кюри, – и в результате весь наш сарай был заставлен большими сосудами с осадками и растворами; это был изнурительный труд – переносить мешки, сосуды, переливать жидкости и часами перемешивать железным прутом кипящую массу в чугунном котле». (Когда впоследствии кто-то

назовет в присутствии М. Кюри ее деятельность подвижничеством, она возразит: «Какое это подвижничество, господа, когда все это было так интересно!»)

Иногда ученые на несколько минут отрываются от приборов и склянок и начинают мечтать о том дне, когда они увидят, наконец, свой радий. «Пьер, ты каким представляешь его себе?» «Видишь ли, Мари, мне бы хотелось, чтобы у него был красивый цвет». К великому восторгу обоих через несколько месяцев они обнаруживают, что у радия есть нечто большее, чем красивый цвет: он постоянно излучает свет! По вечерам радий словно манит их к себе. Когда темнеет, Пьер и Мари возвращаются в сарай, где повсюду – на столах, на полках – расставлены стеклянные банки и пробирки с веществами, обогащенными радием. И старый дощатый сарай превращается в сказочное Царство Радия. Во тьме его, куда ни глянешь, мерцают чудесные зеленовато-голубоватые огни, как бы висящие в темноте. Бледное сияние озаряет прекрасные взволнованные лица ученых...

Шли дни, недели, месяцы, но радий упорно отказывался знакомиться с людьми. Стоит ли этому удивляться? Ведь условия, в которых находились физики, отнюдь не способствовали решению стоявшей перед ними сложнейшей химической задачи. Пьер даже предложил приостановить работу, заняться теоретическими исследованиями и дожидаться лучших времен – тогда успеха можно будет добиться с меньшими затратами сил. Но даже авторитет мужа не в состоянии поколебать решимость Мари. И Пьер соглашается с ней.

Самозабвенный труд приносит наконец плоды: в 1902 году, спустя четыре долгих года с того дня, когда супруги Кюри объявили о вероятном существовании радия, Мари удается выделить крупицу чистого хлористого радия, который давал ясный спектр нового элемента. Всего десятая доля грамма, но она приносит радио уже официальное признание.

И снова за дело – ведь теперь можно ближе познакомиться с этим необыкновенным элементом, выяснить, чем он может быть полезен людям. Для этого, как воздух, нужны средства, а семья Кюри, несмотря на блестящие научные достижения, продолжает едва сводить концы с концами.

Ученые мечтают о новой лаборатории, где они смогли бы развернуть большие опыты с радием, но судьба не торопится воплотить их мечту в жизнь. Примерно в это время начальство П. Кюри решило представить его к награде орденом Почетного легиона. Однако в записке, адресованной декану факультета, Пьер писал: «Прошу Вас, будьте любезны передать господину министру мою благодарность и осведомить его, что не имею никакой нужды в ордене, но весьма нуждаюсь в лаборатории».



Даже в тех условиях, которые, мягко выражаясь, оставляли желать лучшего, ученым удавалось узнавать все новые и новые подробности о радии. Оказалось, например, что он испускает не только лучи: каждый грамм этого металла выделяет в час теплоту, достаточную, чтобы растопить такое же количество

льда.

А всего за время своего существования (постепенно весь радий распадается, превращаясь в другие элементы) один грамм радия выделит столько теплоты, сколько образуется, например, при сжигании полтонны каменного угля, но на это потребуется немногим меньше... 20 тысяч лет.

Если в стеклянную трубку поместить маленькую щепотку солей радия и запаять ее, а спустя несколько дней перекачать воздух из нее в другую герметичную трубку, то она начнет светиться в темноте зеленовато-голубым светом – точно так же, как и радиевая соль. Большой интерес к этому явлению проявили английские ученые Эрнст Резерфорд, Фредерик Содди, Уильям Рамзай. Сначала было установлено, что свечение объясняется образованием нового газообразного радиоактивного вещества, рожденного из радия. Вслед за тем, в 1903 году, удалось обнаружить, что превращение радия в эманацию (так первое время именовался новый газ, названный позднее радоном) сопровождается появлением уже известного тогда газа гелия. Работы английских ученых положили начало теории радиоактивных превращений элементов (кстати, сам радий образуется в результате распада урана – именно поэтому он впервые дал о себе знать, когда исследовались урановые минералы).

Один элемент самопроизвольно превращается в другой – как тут не вспомнить средневековых алхимиков, стремившихся получить золото из других металлов. Значит, не так уж и плоха была в принципе эта идея. Но скольким умам еще предстояло родиться, прежде чем мир узнал о том, что подобные чудеса возможны, понял, почему они происходят, научился их совершать!

Во Франции же изучение радия пошло в несколько ином направлении: им всерьез заинтересовались... врачи. Было обнаружено еще одно свойство этого элемента: его излучение вызывало ожоги человеческого тела. Пьер Кюри добровольно подверг свою руку действию радия в течение нескольких часов – кожа сначала покраснела, затем образовалась рана, на лечение которой ушло более двух месяцев. Анри Беккерель также обжегся радием, хоть и не по своей охоте: пронесив некоторое время в кармане жилета пробирку с солью радия, он ощутил вдруг сильное жжение. Рассказывая об этом супругам Кюри, Беккерель воскликнул: «Я люблю радий, но я на него в обиде».

П. Кюри вместе с врачами проводит ряд опытов по облучению животных. Результаты ошеломляющие: разрушая больные клетки, радий помогает излечить рак кожи – болезнь, против которой медицина всегда была бессильна. Вскоре уже многие парижские больные узнают чудодейственную силу радиотерапии.

Первое время супруги Кюри обеспечивают врачей пробирками с эманацией радия, но новый вид лечения находит все больше сторонников, и скромная лаборатория физиков уже не может удовлетворить спрос на радиевые препараты.

Лечебные свойства радия привлекают внимание промышленников. Из Америки в адрес Кюри приходит письмо: в Буффало намечено строительство радиевого завода, и американские технологи просят ученых дать им сведения, необходимые для разработки проекта. Супруги могут, запатентовав свои идеи и закрепив таким образом право на промышленную добычу радия, извлечь из этого большую материальную выгоду. Им очень нужны деньги, но истинные ученые не считают себя собственниками радия – их детище принадлежит всем людям. В Буффало отправлено письмо с подробными указаниями, как извлекать радий из руд. Чем скорее начнет работать завод, тем больше людей исцелит радий. Это для Кюри дороже любых денег.



Завод по производству радия для медицинских целей сооружается и в Европе – его строит французский промышленник Арме де Лиль. Человек образованный и прогрессивный, он начинает издавать на свои средства научный журнал «Радий», посвященный вопросам радиоактивности.

Однако этому предшествовали события, сыгравшие большую роль в жизни супругов Кюри. 1903 год стал для них во многом переломным. В июне Мари с успехом защищает докторскую диссертацию. Летом того же года Лондонское королевское общество приглашает Пьера сделать доклад о радии. Прибывших в Англию супругов ждет восторженный прием. Их радушно встречает лорд Кельвин. Ученый, имя которого известно всему миру, гордится своей дружбой с замечательными французскими физиками. Кюри дарят ему стеклянную ампулу с радием, и великий старец с юношеским восторгом показывает этот бесценный подарок своим коллегам.

На докладе П. Кюри присутствует весь цвет английской науки. Пьер демонстрирует поразительные «способности» радия: волшебные силы, которые таятся в этом элементе, заставляют светиться экран, пропитанный раствором сернистого цинка, действуют на завернутые в черную бумагу фотопластины, разряжают на расстоянии электроскоп, согревают окружающий воздух.

Успех превзошел все ожидания. «Профессор и мадам Кюри» оказались в центре внимания аристократического Лондона. В их честь устроен блестящий банкет, где собралась столичная знать. Скромно одетые супруги Кюри, не привыкшие к таким приемам, чувствуют себя стесненно. Мари, у которой нет даже обручального кольца, с неподдельным интересом рассматривает сверкающие драгоценности, украшавшие светских дам. Она переводит взгляд на мужа и видит, что он... тоже с любопытством разглядывает роскошные бриллианты, жемчуг, золото – но это так не похоже на него. Все стало ясно после банкета, когда ученые оказались наконец одни. «Не зная, чем заняться, – поведал Пьер, – я придумал себе развлечение: стал высчитывать, сколько лабораторий можно построить за камни, обвивающие шею каждой из присутствующих дам. К концу обеда я выстроил астрономическое число лабораторий!»

Вскоре Лондонское королевское общество присудило супругам Кюри золотую медаль Дэви, а в ноябре того же 1903 года вместе с Анри Беккерелем они были удостоены высшей награды, которой отмечается труд ученых. – Нобелевской премии. Мари стала первой женщиной – лауреатом премии Нобеля. (Спустя восемь лет ее второй раз удостоит этой чести – на этот раз за работы в области химии – и на протяжении более полувека она будет единственным в мире дважды лауреатом Нобелевской премии.).

Слава, признание, возможность работать в отличных лабораториях – все это пришло теперь к супругам Кюри. Но радость их была недолгой: в 1906 году, попав под колеса ломовой телеги, гибнет Пьер Кюри. Горе, обрушившееся на Мари, безмерно. Она пытается найти хоть какое-то утешение в работе – той работе, которой ее Пьер посвятил свою жизнь.

В 1910 году Мария Кюри вместе с верным другом их семьи известным химиком Андре Дебьерном добивается крупнейшего научного успеха: им впервые в мире удается выделить чистый радий (получаемый до этого в лабораторных и промышленных условиях «радий» на самом деле представлял собой хлористую или бромистую соль этого элемента).

Выделение радия – одна из самых тонких и сложных операций, которые знает химия. Еще бы: ведь чтобы получить один грамм радия нужно переработать десятки тонн урановой руды (каждая тонна содержит лишь доли грамма этого элемента), израсходовать при этом 500 тонн различных реактивов, 10 тысяч тонн угля и столько же дистиллированной воды! «В грамм добыча, в год труды!» – точнее не скажешь. Удивительно ли, что в 1912 году один грамм радия, на вид мало чем отличающегося от большинства металлов, оценивался чуть ли не в полмиллиона золотых рублей. Так дорого никогда не стоило еще ни одно вещество. Уж тут не скажешь, что радий был «на вес золота»: за эту лучистую крупичку

пришлось бы отвалить не один десяток пудов золота!

В 1914 году сбылось то, о чем не раз мечтали супруги Кюри: в Париже, на улице Пьера Кюри, завершилось строительство Института радия. Казалось бы, теперь Мари может с головой окунуться в любимую работу. Однако в научные планы врывается война. Мария считает, что она не вправе заниматься в тиши кабинетов научной деятельностью, когда рвутся снаряды и гибнут люди. Нет, она должна быть там, в гуще событий.

С той же энергией, с какой она в свое время обрабатывала тонны руды, Мария Кюри берется за решение труднейшей задачи военного времени: организовать рентгеновское обследование раненых не только в тыловых госпиталях, но и в полевых условиях. На средства Союза женщин Франции она создает первый «радиологический автомобиль». Затем другой, третий, десятый, двадцатый... Эти машины, шутливо прозванные на фронте «кюричками», появляются всюду, где идут ожесточенные бои. Мари и сама с утра до вечера обследует раненых. Порой она забывает о завтраке или обеде, спит, где придется – в комнатухе медсестры, в походной палатке, а то и под открытым небом.

Но вот вновь наступает мир и Мари возвращается в опустевшее здание Института радия. Сколько мыслей, идей, планов можно теперь осуществить. Однако чтобы широко развернуть научную работу, нужен радий, а его в распоряжении Кюри так мало – чуть больше грамма.

В один из весенних дней 1920 года Институт радия посетила известная американская журналистка миссис Мелони. «Если бы вы имели возможность наметить себе во всем мире вещь, самую желанную для вас, то что вы выбрали бы?» – спросила она у Марии Кюри. «Мне был бы нужен один грамм радия для продолжения моих исследований, но купить его я не могу. Радий мне не по средствам».

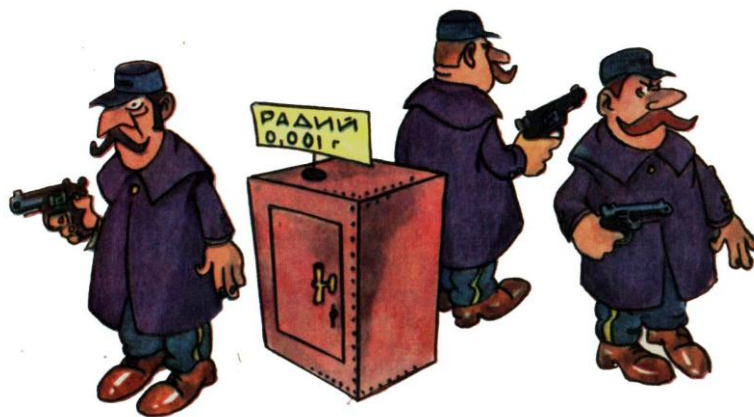
Миссис Мелони горит желанием помочь М. Кюри, но и у нее нет необходимых для этого ста тысяч долларов. У журналистки возникает смелый проект: пусть ее соотечественники подарят мадам Кюри грамм радия. По возвращении в Нью-Йорк она развивает бурную деятельность: создает специальный Комитет, организует во всех городах Америки национальную подписку в «Фонд радия Марии Кюри». Не проходит и года, как в Париж летит радостная весть: «Деньги собраны, радий – ваш!» Мари отправляется в США и 20 мая 1921 года в Вашингтоне президент Гардинг дарит ей грамм радия или, точнее, его символ – изготовленный для этой цели, окованный свинцом ларец для хранения пробирок с радием. Сам же радий, полученный на заводе в Питтсбурге, будет затем доставлен во Францию. Президент вручает Мари пергаментный свиток, перевязанный трехцветной лентой, и надевает ей на шею муаровую ленту с маленьким золотым ключиком от ларца.

Накануне торжества миссис Мелони решила согласовать с Кюри текст дарственного свитка. Прочтя его, Мари решительно возразила: «Надо изменить этот акт. Радий, который дарит Америка мне, должен навсегда принадлежать науке. Пока я жива, я буду пользоваться им только для научных работ. Но если оставить акт в такой форме, то после моей смерти подаренный мне радий окажется наследственной собственностью частных лиц – моих дочерей. Это недопустимо. Я хочу подарить его моей лаборатории». Пришлось вносить в акт соответствующие коррективы.

Научный интерес к радию наблюдался во многих странах. Еще при жизни Марии Кюри радиевые институты начали работать в Вене, Варшаве. В начале 1922 года Радиевый институт во главе с академиком В.И. Вернадским был создан в Петрограде. Уже вскоре, выступая на заседании Российской Академии наук, Вернадский сказал: «Я счастлив сообщить Академии, что в этом году сотрудникам Радиевого института под непосредственным руководством В.Г. Хлопина удалось получить из русской руды первые пробы радия. ...Радий получен из ферганской руды... Удалось наладить работу и на заводе (имелся в виду пробный радиевый завод на Каме – С.В.) не на бумаге, а в действительности, и сейчас первый радий в России

получен из новой руды по новым приемам».

К 1916 году в мире было получено лишь 48 граммов радия, к 1927 году насчитывалось около 340 граммов. Да и сейчас общее количество этого металла, добытое во всех странах мира, едва ли превышает 3 килограмма. Впрочем, это вполне объяснимо: и в научных лабораториях, и в медицинских учреждениях, и в промышленности применяют не чистый радий, а его соединения. Производство их намного проще, и стоят они поэтому неизмеримо дешевле чистого металла.



Силы радия настолько велики, что даже ничтожные количества его солей, добавленные к специальным краскам, заставляют их светиться практически вечно. Такие краски долгое время наносили на стрелки авиационных приборов, компасов и часов, чтобы ими можно было пользоваться в темноте, например в условиях долгой полярной ночи.

Любопытно, что мысль использовать радий в «осветительных» целях пришла впервые известной американской танцовщице Лои Фуллер – произошло это в самом начале нашего века. Прочитав как-то в газете, что радий излучает свет, она решила сделать танцевальный костюм в виде крыльев бабочки, которые мерцали бы в темноте, изумляя публику. Лои обратилась к супругам Кюри с просьбой помочь ей. Но ученым пришлось огорчить актрису: ее проект был совершенно нереален. В таких количествах, которые потребовались бы на «крылышки», радий представлял бы большую опасность для жизни самой танцовщицы. Да-да, тот самый радий, который играет роль чудесного исцелителя, может оказаться для человека губительным, если его концентрация окажется выше допустимой.

А какова же эта допустимая концентрация? Всего 10 миллиграммов на один кубический километр воздуха! Вот почему при работе с радием нужно соблюдать чрезвычайную осторожность. По этой же причине в последнее время во всех областях науки и техники радий вытесняется менее опасными и значительно более дешевыми искусственными радиоактивными элементами.

...В 1958 году в Брюсселе посетители Всемирной выставки с волнением рассматривали внешне малопримечательный экспонат. Под стеклом лежала раскрытая на случайной странице небольшая записная книжка в черном коленкоревом переплете – лабораторный дневник Марии и Пьера Кюри. Рядом с книжкой находился счетчик радиоактивности, соединенный с громкоговорителем. Он ритмично пощелкивал, свидетельствуя о том, что страницы дневника ни на секунду не прекращают испускать радиоактивные лучи: более полувека назад капли раствора, содержавшего соли радия, случайно упали на бумагу.

Уже давно нет в живых тех, кто тщательно вел когда-то этот дневник, уже давно пожелтели и стали ветхими его листки, но мы слышим сигналы именно того радия, что был рожден в старом сарае одного из парижских дворов. Пройдет еще много столетий, и рано или поздно эти следы радия перестанут существовать, но даже время не в силах будет стереть в памяти благодарного человечества имена замечательных ученых, совершивших одно из величайших научных открытий.

Галлий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Лекок де Буабодран - первооткрыватель галлия



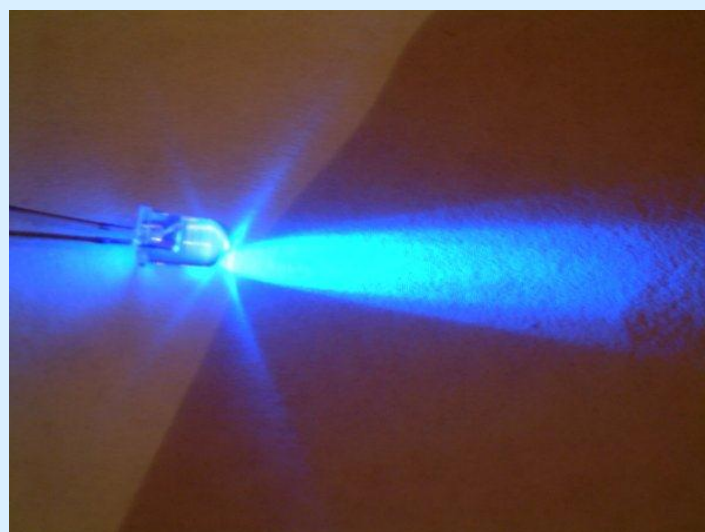
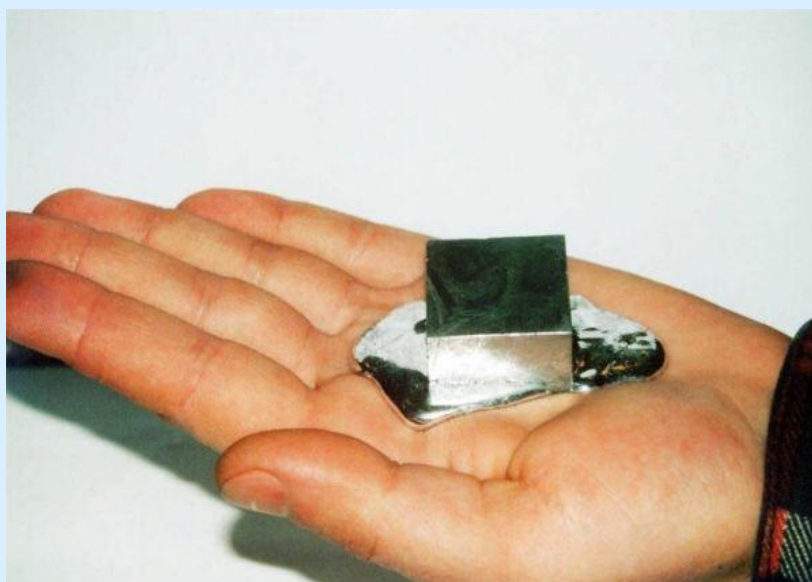
Кристаллы металлического галлия



Кристаллизация галлия из расплава



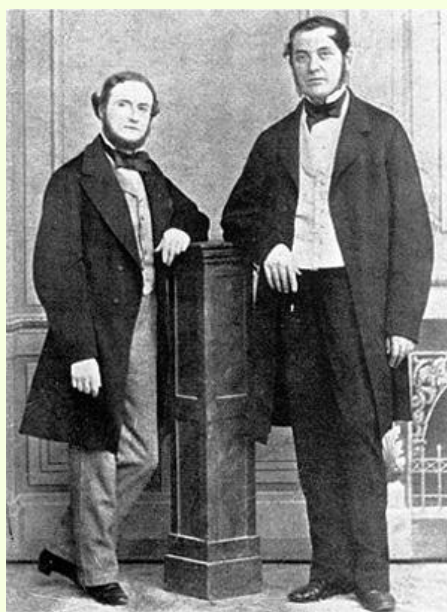
Плавление галлия на ладони



Ультрафиолетовый светодиод на основе нитрида индия и галлия $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$

Рубидий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Густав Роберт Кирхгоф (слева) и Роберт Вильгельм Бунзен - первооткрыватели спектрального анализа



Металлический рубидий



Соли рубидия окрашивают пламя в бледно-фиолетовый цвет



Рубидиевые атомные часы

Стронций

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Гемфри Дэви (Хамфри Дэви) впервые получил металлический стронций



Стронций

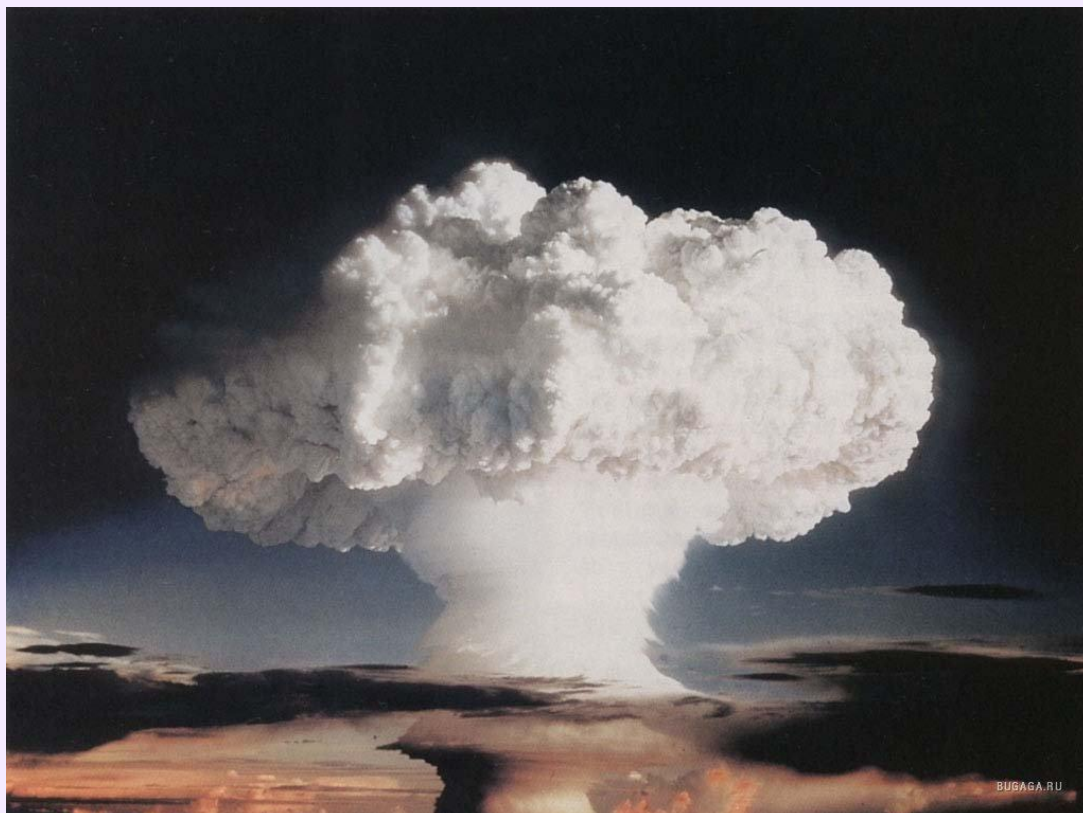


Минерал целестин (целестит) - природный сульфат стронция SrSO_4





Соли стронция окрашивают пламя в красный цвет. Их используют в фейерверках



В атомных реакторах и при испытаниях ядерного (термоядерного) оружия образуется радиоактивный изотоп стронций-90. Данный изотоп является одним из самых опасных загрязнителей

Иттрий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Юхан (Иоганн) Гадолин. Первооткрыватель иттрия



Иттрий



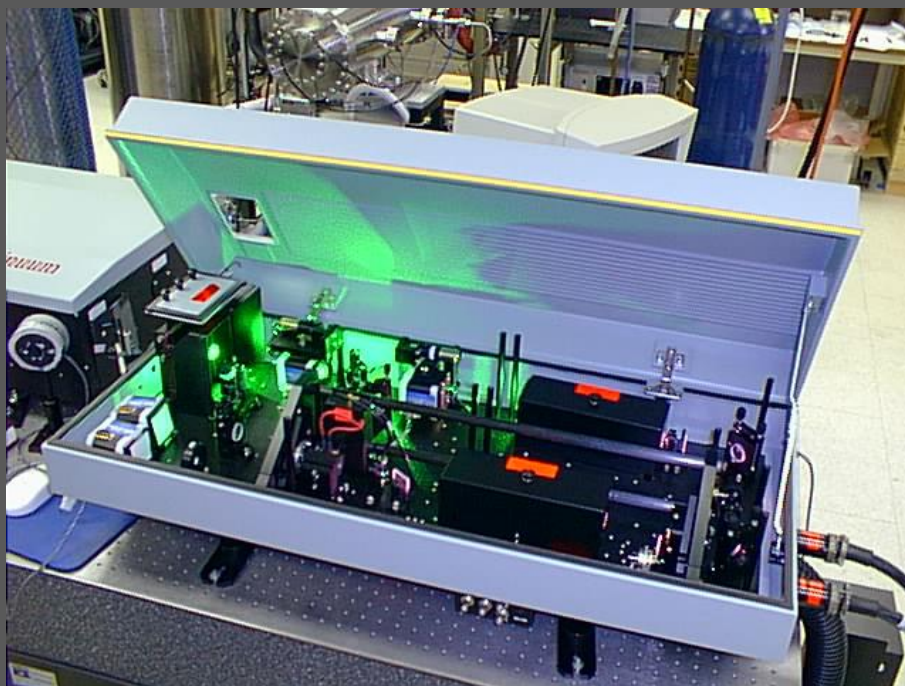
Иттрий



Купрат иттрия и бария $YBa_2Cu_3O_7$ (высокотемпературный сверхпроводник)



Стержень из алюмо-итриевого граната $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG) с добавками неодима (Nd) - рабочее тело лазера



Nd:YAG лазер



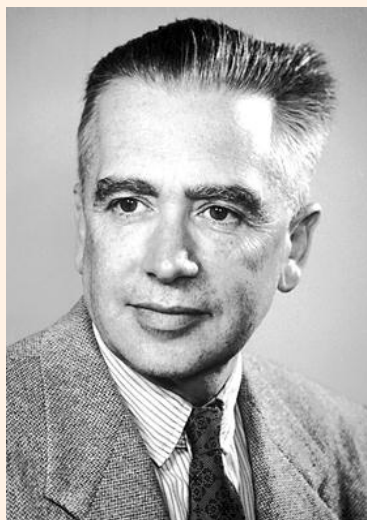
Гадолиний-галлиевый гранат (слева) и иттрий-алюминиевый гранат (в центре и справа) - искусственные самоцветы



Минерал ксенотим - фосфат иттрия YPO_4

Технеций

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Эмилио Джино Сегре



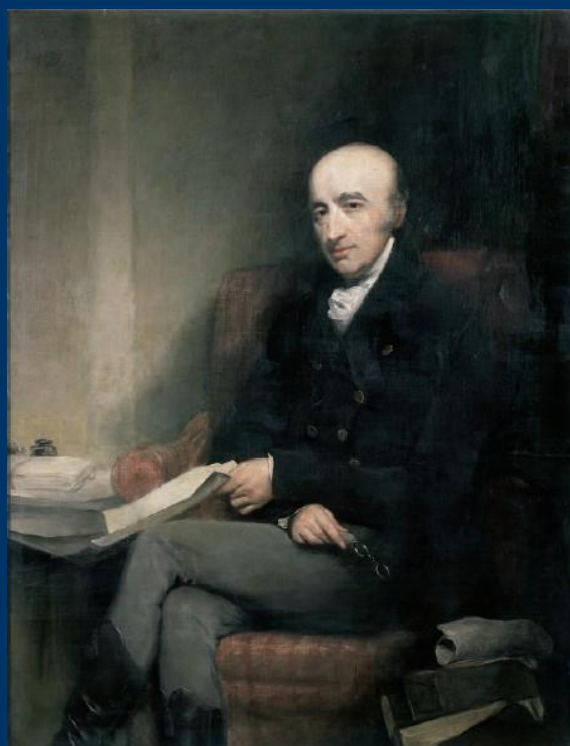
Технеций



Урановая руда содержит следы технеция

Палладий

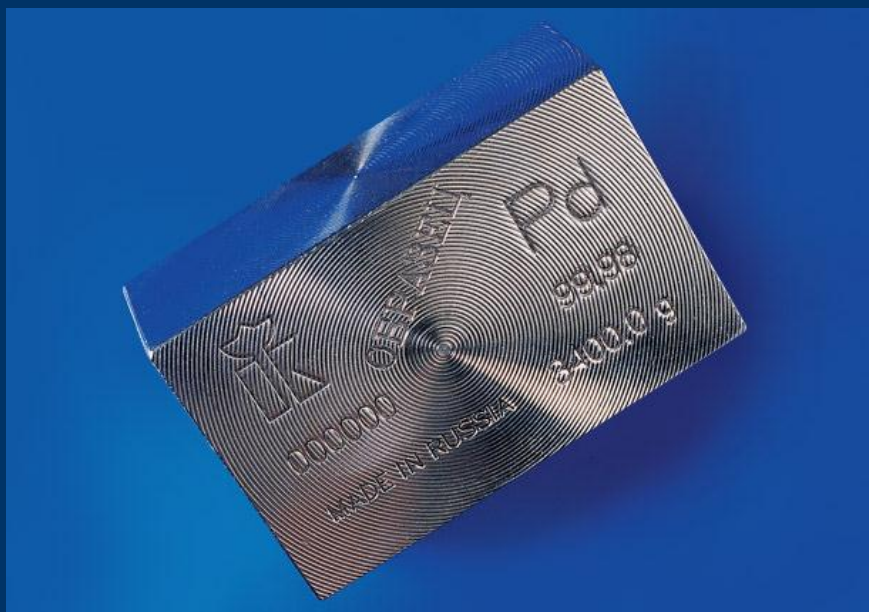
(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Вильям Волластон - первооткрыватель палладия



Палладий



Палладий



Палладий



Монета из палладия 999 пробы



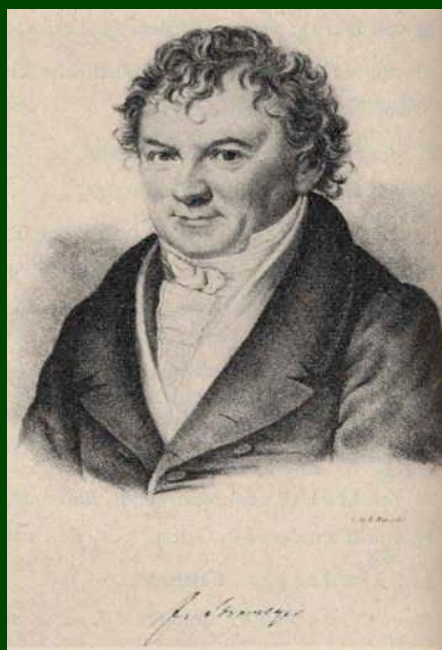
Хлорид палладия (II)



Оксид палладия (II)

Кадмий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Фридрих Штроемeyer - первооткрыватель кадмия



Кадмий



Кадмий



Сульфид кадмия (получение)



Краска на основе сульфида кадмия



Гринокиит или "кадмиевая обманка"



Никель-кадмиевые аккумуляторы

Индий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



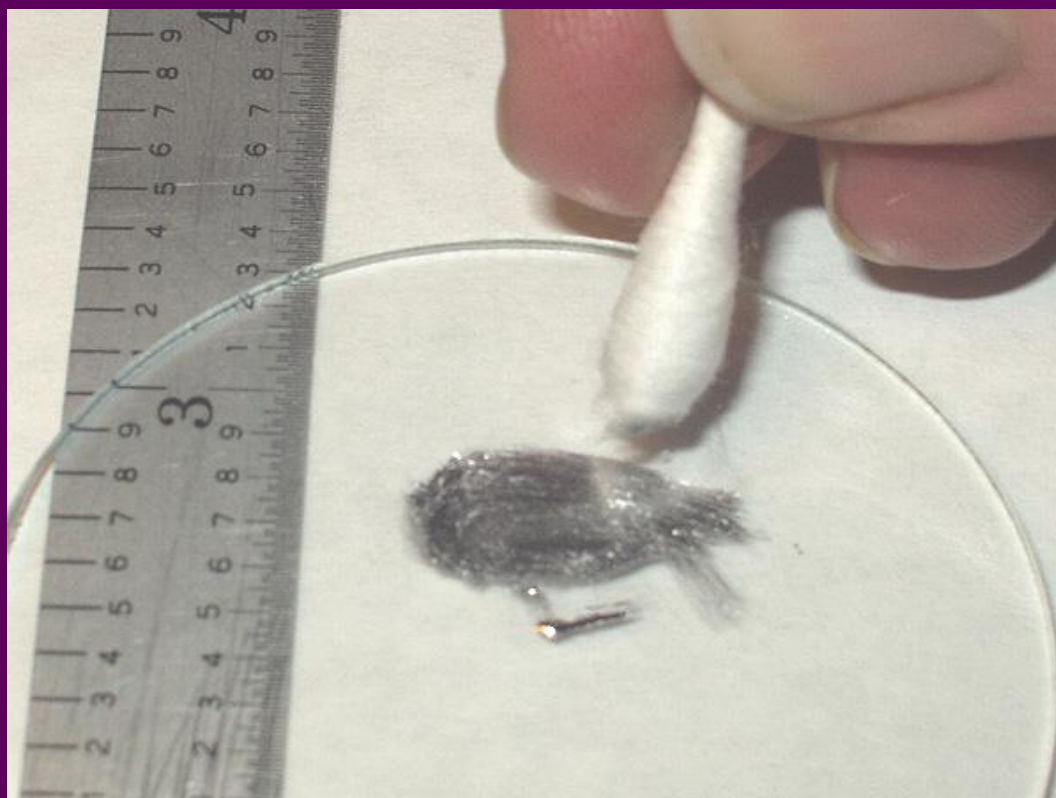
Индий



Индий



Индий



Сплав галинстан (англ. Galinstan).

Состав: 68.5 % галлия, 21.5 % индия и 10 % олова. Температура плавления минус 19°C

Сурьма

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Природная сурьма (с продуктами окисления)



Сурьма



Антимонид индия

Антимонид индия и родственные соединения нашли применение в инфракрасных детекторах, тепловых камерах, инфракрасных системах самонаведения ракет, а также в инфракрасной астрономии.

Цезий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Цезий

Реакция цезия с водой [Смотреть видео >>](#)



Хлорид цезия



Поллуцит (поллукс) - алюмосиликат натрия и цезия (минерал). Также содержит рубидий и галлий.



Цезиевые атомные часы (неточность - одна секунда в 30 миллионов лет)

Барий

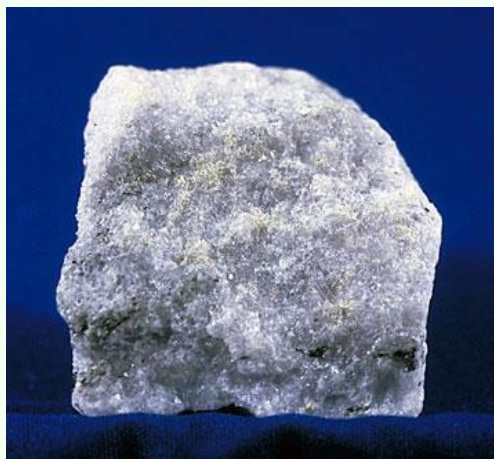
(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Барий (окисленный с поверхности)



Барий окрашивает пламя в зеленый цвет. Соединения бария используются в пиротехнике.



Барит (BaSO_4)



Заброшенная шахта, в которой добывали барит



Рентгеновский снимок ("рентген") кишечника, заполненного сульфатом бария



Карл Вильгельм Шееле

Гафний

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Гафний



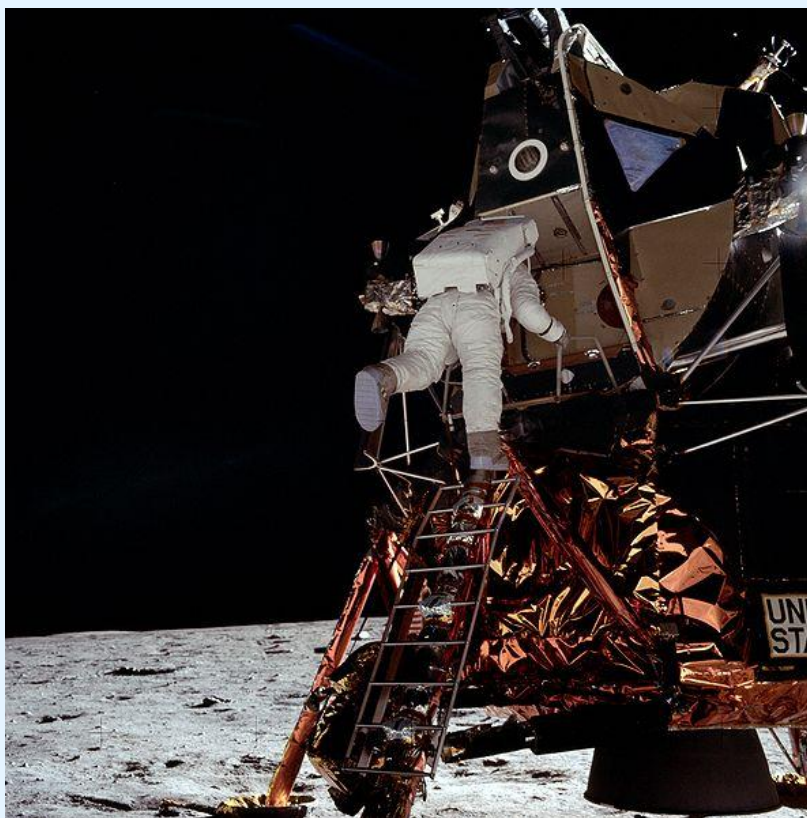
Гафний



Диоксид гафния



Кристалл циркона под микроскопом. Циркон - природный минерал (силикат циркония $ZrSiO_4$), который нередко содержит значительные количества гафния и редкоземельных элементов.



Сопло лунных модулей *Аполлон* (правая нижняя часть фото) было сделано из материала, содержащего гафний

Рений

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Рений



Молибденит (дисульфид молибдена MoS_2).
В отдельных образцах молибденита обнаружено до 1.88% рения.



Перренат аммония NH_4ReO_4



Лопasti этого авиадвигателя содержат 3% рения.

Осмий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



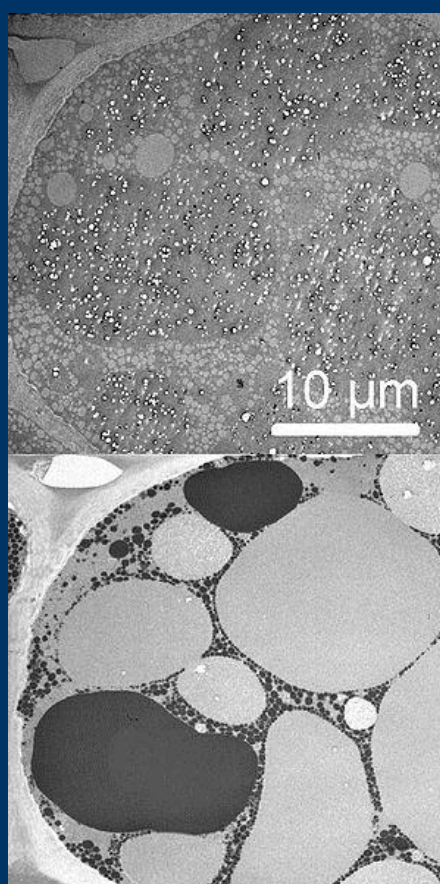
Кристаллы осмия



Кристаллы осмия, выращенные из газовой фазы путем транспортной реакции



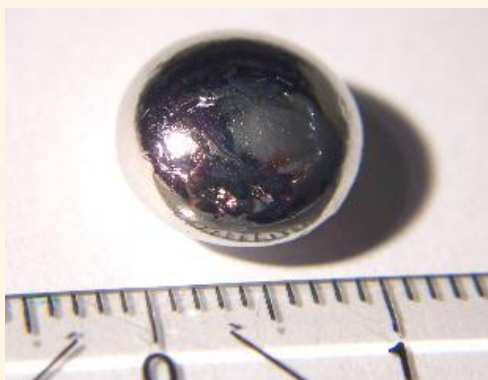
Природная платина содержит некоторое количество других металлов платиновой группы (платиноидов).



Снимок растительной ткани под электронным микроскопом. Сверху - без предварительной обработки оксидом осмия (VIII), снизу - после обработки OsO₄.

Иридий

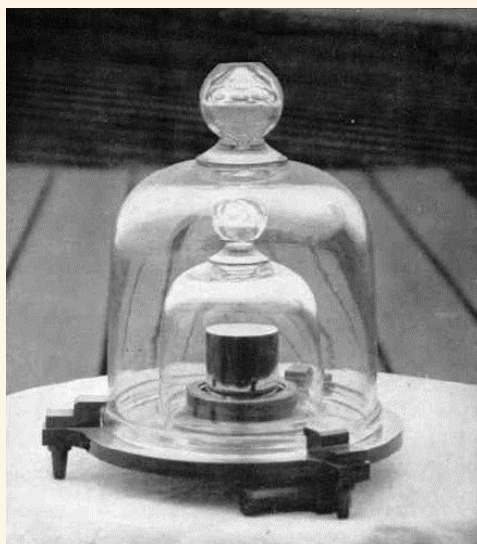
(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)







Иридий



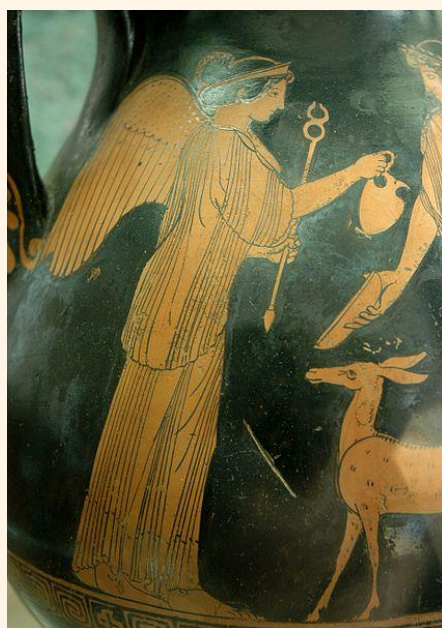
Иридиевая фольга



Эталон килограмма (сплав состава: 90% платина, 10% иридий)

IrF_5	
Cs_3IrI_6	
KIrF_6	
Na_2IrBr_6	
$\text{Na}_3\text{IrBr}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
IrI_3	
$\text{K}_3\text{IrCl}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	

Цвета соединений иридия



Ирида (богиня радуги в древнегреческой мифологии)

Таллий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



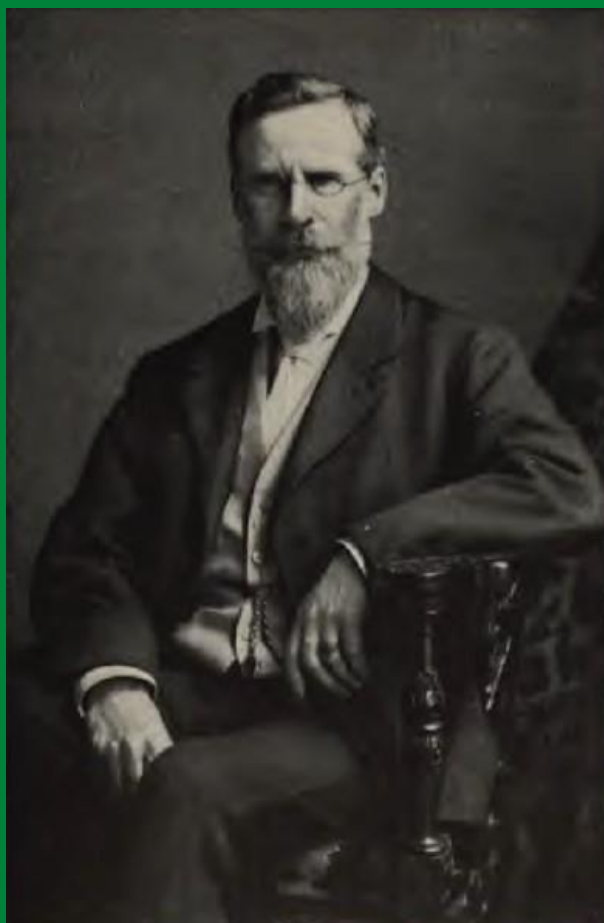
Таллий



Таллий, покрытый продуктами коррозии



Хатчинсонит (Hutchinsonite) $TlPbAs_5S_9$



Уильям Крукс - первооткрыватель таллия

Висмут

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Самородный висмут



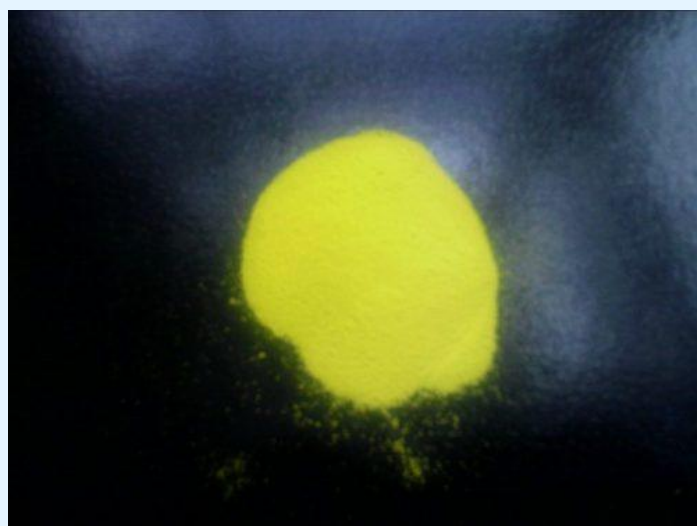
Самородный висмут



Кристаллы висмута, покрытые тонкой оксидной пленкой (видна интерференция света).



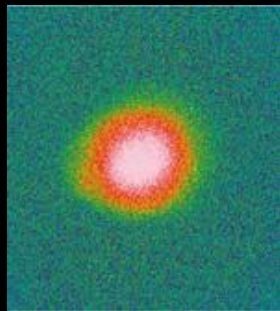
Бисмит [оксид висмута (III)]



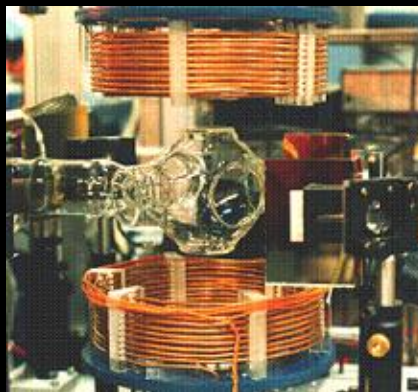
Ванадат висмута (пигмент)

Франций

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Флуоресценция 200000 атомов франция в магнитооптической ловушке



Магнитооптическая ловушка позволяет удерживать нейтральные атомы франция



Этот образец минерала настуран (уранинит, урановая смолка, урановая смоляная обманка) содержит примерно 100000 атомов ($3.3 \cdot 10^{-20}$ г) франция-223



Маргарита Перэ (Marguerite Perey) - первооткрывательница франция

Радий

(иллюстрации к книге
С.И. Венецкий - О редких и рассеянных. Рассказы о металлах)



Радий



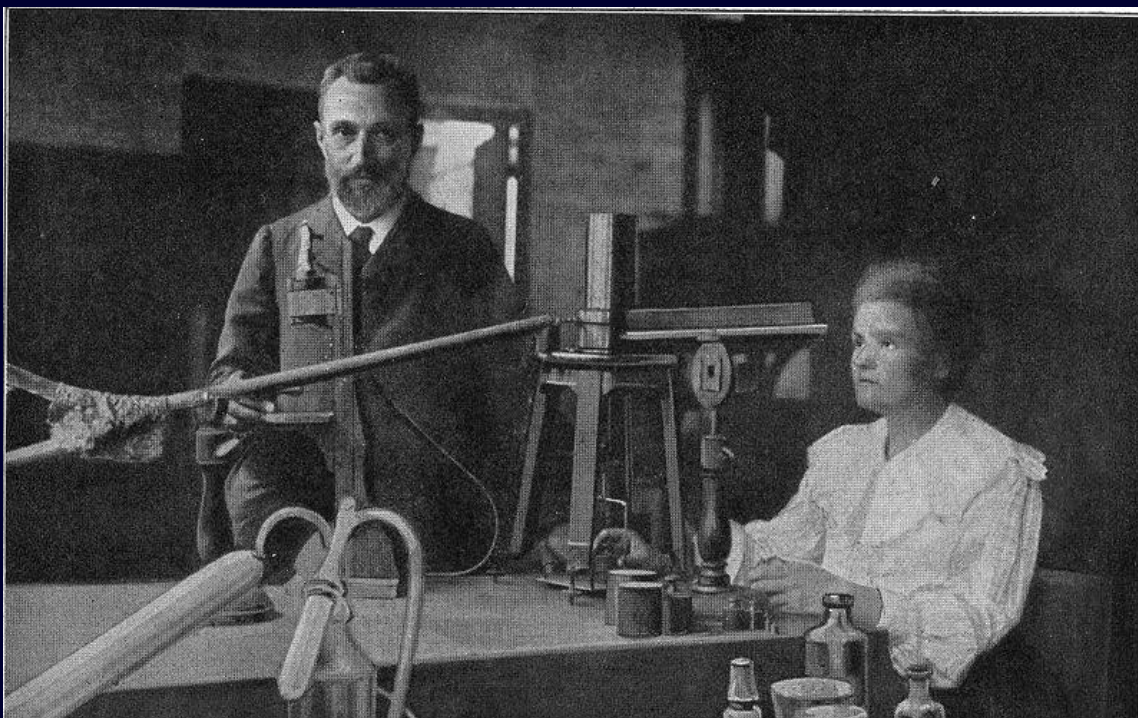
Циферблат с люминофором, содержащим радий



Radium Girls - работницы, которые наносят люминофор, содержащий радий



Radium Girls - работницы, которые наносят люминофор, содержащий радий

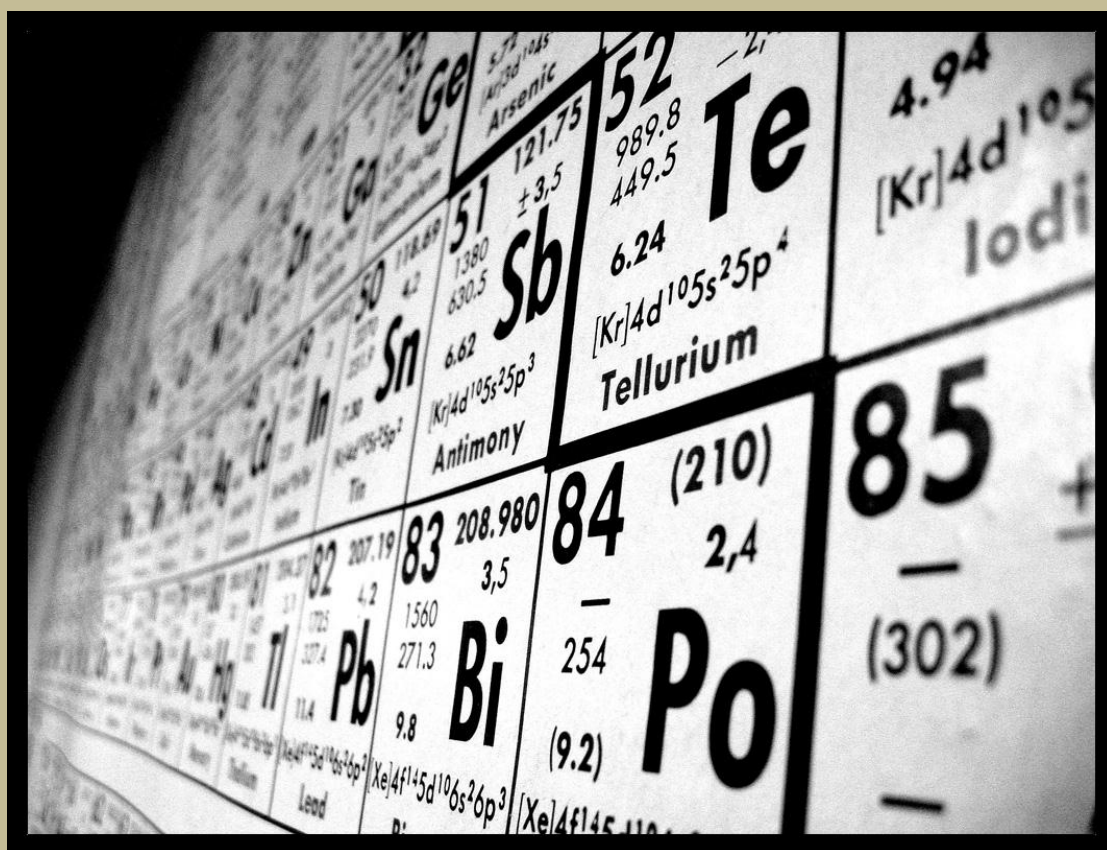


Пьер и Мария Кюри в лаборатории



**Мария Кюри в автомобиле с передвижной рентгеновской установкой
(Первая мировая война)**

Дискуссии



Как делаются трюки фальшивого жесткого цыгун?

Ян Вэй

Серебрянным копьём и стальной арматуриной колят четыре человека

Инвентарь. Копье - 3 штуки, арматура - 1 штука.

Процесс демонстрации. Исполнитель стоит в центре площадки, с обнаженным торсом и в тренировочных штанах. Четверо помощников с копьями и арматуриной в руках стоят сбоку. Продемонстрировав зрителям копьё и арматуру, исполнитель дает команду помощникам, и те становятся в определенном порядке. Встав лицом к человеку с копьём, исполнитель упирает наконечник себе в солнечное сплетение, сзади второй помощник упирает арматуру в затылок исполнителю, оставшиеся два помощника упирают наконечники копий в центр спины исполнителя. Далее исполнитель начинает двигать "ци" по телу, четверо помощников медленно начинают прибавлять силу, неожиданно слышится, как исполнитель выкрикивает "хай!", оседает корпусом, напрягает мышцы, помощники разом прилагают силу, и только и видно как копьё и арматура начинают гнуться, исполнитель стоит и на нем - ни малейшей царапины, за счет внутреннего "ци" он сопротивляется воздействию оружия, а оружие - гнется! Восторг публики не смолкает, раздаётся гром аплодисментов.

Однако мы не будем льстиво называть это "жестким цыгуном", ибо это вовсе не является демонстрацией наработки жесткого цыгун, здесь все упирается в исполнителя.

Что творится за кулисами. В инвентаре есть некоторые секреты, рассмотрим его поближе.

Копья - это обычные копьё с красными кистями, но наконечники не являются заточенным, они гораздо тупее чем обычно. Древко копьё - ключ ко всему, нужно чтобы оно могло скручиваться и расщепляться под нагрузкой. С точки зрения исполнителя, когда один помощник упирает наконечник под солнечное сплетение, а другие два - в спину, и с силой толкают копьё вперед, то первым делом нажимают тупым концом древка вниз, в результате чего усилие идет не на острие наконечника, и тело исполнителя остается в полной безопасности, а древки начинают сильно изгибаться. Таким образом, контакт тела

исполнителя с наконечником происходит не по острию, а по его боковой стороне, что, естественно, не может причинить никакого ранения.

Арматурина - это не совсем обычная стальная арматурина. Разбирающиеся в металлургии знают, что если дополнительно отжечь среднюю часть арматурины, то при малейшем усилии она будет там прогибаться. С точки зрения исполнителя: после того, как помощник упирает арматуру в затылок исполнителю и прилагает силу как копьем, то помощник первым делом нажимает на арматуру вниз, исполнитель одновременно воздействует головой назад, и под воздействием двух усилий отожженная средняя часть арматурины легко прогибается, а помощник еще более толкает вперед, усиливая изгиб и не причиняя никакого вреда исполнителю.

Кроме того, так как помощники прилагают силу в противоположных направлениях, то это еще больше облегчает задачу исполнителя.

На той же самой основе строятся и такие трюки, как "серебрянное копьё колет в горло", "драгоценный меч колет в солнечное сплетение".



Спать на кровати из гвоздей под плитой в тысячу цзиней¹

Инвентарь. *Одна кровать из гвоздей (в деревянную доску набиваются гвозди остриями вверх), каменная плита - три штуки.*

Процесс демонстрации. Исполнитель с обнаженным торсом подпоясывается тренировочным поясом, с грозным боевым видом выходит на площадку. Выполнив ряд движений цигун, он ложится на кровать из гвоздей, помощники кладут сверху три каменные плиты, сверху становится несколько человек (лучше всего - из числа зрителей). При этом лежащий под таким грузом исполнитель не меняется в лице, "ци" проходит по телу, позволяя выдерживать вес каменных плит и людей, толпа вокруг рукоплещет. Когда исполнитель легко вскакивает с кровати из гвоздей и демонстрирует спину зрителям, то видно, что под воздействием многокилограммовой нагрузк гвозди оставили на теле исполнителя лишь легкие отметины. Зрители рукоплещут все больше.

Что творится за кулисами. Вначале опишем инвентарь.

Кровать из гвоздей: ключ к успеху кроется в кровати. Из практики известно, что чем плотнее будут набиты гвозди, тем легче. Обычно один гвоздь приходится на 1-2 см. Кроме того надо обратить внимание, чтобы все острия находились на одном уровне, иначе сила будет распределяться неравномерно, и легко будет травмироваться. Таким образом, когда исполнитель ложится на кровать из гвоздей - то он ложится все равно что на ровную поверхность.

Далее, в процессе демонстрации важную роль играет распределение нагрузки. Из-за особенностей строения тела каменная плита соприкасается с телом лишь в районе груди и живота, основная тяжесть приходится на живот, а это место прикрыто от гвоздей широким поясом; другая часть веса приходится на грудь, а в этом месте сила распределяется еще и на две руки. Таким образом, воздействие на корпус исполнителя возрастает незначительно, и гвозди не могут причинить сильных ранений.

Поняв механизм трюка, можем ли мы отнести его к "чудесам жесткого цигун"?

¹ Цзинь - традиционная китайская мера веса. В современном Китае 1 цзинь равен 500 граммам.



Темный дракон погружается в море - наработка вырывания гвоздей

Инвентарь. Деревянная доска - одна штука, длинные гвозди в 4 цуня² - 3-8 штук, платок - одна штука.

Процесс демонстрации. Исполнитель взяв доску передает ее публике для осмотра, а сам, сложив руки без движения, ждет. Затем, взяв в правую руку гвоздь, он начинает двигать "ци" в руку, левой рукой берет доску, после чего со звуком "хэй!", проложив руку платком, рукой вбивает гвоздь в доску. Тут же исполнитель один за другим вгоняет в доску другие гвозди, тем временем публика рукоплещет и кричит "Браво!".

Но исполнитель еще не закончил. Продолжая движение, он направляет "ци" в правую ладонь. Раздается звук "энь!", и только и видно как он пальцами правой руки (сквозь проложенный платок) выдергивает гвоздь из доски, которая держится левой рукой (публика вновь начинает рукоплескать). Исполнитель, словно стреляет из пушки, с выдохом выдергивает по гвоздю. Зрители видят: в руках исполнителя, помимо доски и платка, нет ничего, и рукоплескания такой демонстрации силы не смолкают.

Что творится за кулисами. Вначале рассмотрим инвентарь.

Доска: за одним и тем же словом могут скрываться разные понятия, доска для демонстрации выбирается из специального дерева. Если взять доску из тополя, вымочить ее в воде, то гвозди легко проникнут в нее. В доску из ореха или ивы гвозди втыкаются с трудом.

Гвозди: перед демонстрацией гвозди затачиваются и шлифуются до максимума.

Далее, рассмотрим технику исполнения. При втыкании гвоздя шляпка помещается в платке, острие торчит между средним и безымянным пальцами, которые сжаты вместе, правая рука плотно сжата в кулак и с силой втыкает гвоздь в доску. Вытаскивание гвоздей также осуществляется специальным методом, бродячие демонстраторы перед демонстрацией готовят гвозди специальным образом: клещами берут гвоздь и двигают его туда-сюда, расшатывая, тогда во время демонстрации он легко выдергивается, так же можно делать и с только что вбитыми гвоздями, нужно только правильно прилагать силу, рукой расшатывая гвоздь, что демонстратор выполняет во время "накачки ци".

Таким образом, в данном трюке нет ни грамма "мастерства китайского гунфу".

² В современной КНР 1 цунь равен 1/30 метра или 3.33 см.



На ложе из стекла автомобиль переезжает тело

Инвентарь. Автомобиль - одна штука, ложе из стекла, доска (длиной 2,5 м, толщиной 5-10 см)

Процесс демонстрации. На площадке насыпается слой битого стекла толщиной в 5-10 см ("ложе из стекла"), исполнитель выполняет несколько упражнений цигун и ложится на ложе из стекла. Помощники кладут на тело исполнителя доску (так, чтобы средней частью она легла на живот исполнителя) таким образом, чтобы оба ее конца оказались в воздухе. 3-5 помощников, попрыгав на доске, демонстрируют зрителям, что исполнитель - готов. Под вопли ужаса на площадку выезжает автомобиль. Помощник прижимает к земле один край доски, под крики ужаса автомобиль медленно движется вперед и колесами одной стороны проезжает по доске, переезжая через корпус исполнителя. При этом лицо исполнителя краснеет, он стискивает зубы, мышцы всего тела напрягаются, изображая крайнее напряжение. После проезда автомобиля помощники снимают доску, исполнитель медленно встает, но на теле нет ран. Зрители рукоплещут и кричат "браво!".

Что творится за кулисами. Рассмотрим действие с точки зрения исполнителя.

Когда доска помещается серединой на живот исполнителя, один ее конец кладется на землю и автомобиль начинает заезжать на доску, то так как доска приподнята над землей, автомобиль перекашивается относительно земли. Чем больше автомобиль заезжает на исполнителя - тем больше его перекося. Когда переднее колесо автомобиля переезжает через живот, то оба конца доски на короткое время оказываются в воздухе, но очень быстро другой конец доски помещается на землю. Весь процесс - от заезда переднего колеса на доску до переезда заднего колеса через живот - занимает минут пять, а оба конца доски висят одновременно в воздухе не более чем на пару секунд. Пусть даже и трехтонный автомобиль будет заезжать на доску, но так как его левые и правые колеса находятся на разной высоте, то он начнет перекашиваться, и основная часть его веса уйдет на землю, лишь малая часть веса останется на доске, и чем больше этой нагрузки приходится на точку опоры - тем большая нагрузка приходится на живот исполнителя, но в момент, когда оба конца доски оказываются в воздухе, основная часть веса автомобиля распределяется на землю, и в момент, когда живот исполнителя подвергается максимальной нагрузке - она не превышает 500 кг. Так как обе руки исполнителя

поддерживают доску, то часть нагрузки приходится на них, потому что в момент максимальной нагрузки на живот она все же не превышает той, которую может вынести обычный человек без получения травмы.

"Цзинь" N 7, 1998. Перевод с китайского - Станислав Березнюк





Доска Позора



"Критические дни" российской науки

Ниже приводим "Перечень критических технологий Российской Федерации", который предоставил нам один из коллег на условиях анонимности. По его данным это не просто рекомендации относительно направлений исследований: деньги сейчас выделяют только на разработки и исследования из "Перечня".

Собственно, по "Перечню" видна реальная ситуация: в его составлении ученые участия не принимали. Это даже не перечень, а набор несвязных пунктов, многие из которых повторяются (обратите внимание, сколько раз упоминается приставка "нано-").

Тематики выбраны не исходя из их научной актуальности и практической ценности, а "выбиты" отдельными организациями, чтобы получить финансирование под собственные проекты. В частности:

* Строка №8 явно была "продвинута" известными хапугами из "РНЦ Курчатовский институт". Слово в слово т.н. "НБИК"-технологии (где **Н** означает "нано-", **Б** - "био-", **И** - информационные технологии, **К** - когнитивные технологии).

* Строка №25 - это интересы Чубайса и его "корпорации": Роснано пыталось получить 300 млн. на проект по разработке светодиодов и люминесцентных ламп (которые были разработаны еще в советское время). Попытка протащить госзаказ не вышла, теперь они пытаются "отбить бабло" через бюджетное финансирование.

* Не понятно, почему для России "Компьютерное моделирование наноустройств" оказалось важнее, чем металлургия, химическая промышленность, хирургия или машиностроение?

"Рисованием 3D-картинок" занимается полстраны, а рассчитать химический реактор, да так чтобы работало - некому.

Все формулировки в перечне расплывчаты. П. 16-17 - циничный "копипаст" (бездумное копирование).

Пункты 7, 8, 11, 14, 16 являются явной бутафорией, чтобы разворовывать государственные деньги. Если опустить модную приставку "нано-", станет очевидным отсутствие состава работ.

Краткие итоги. Сегодня у нас нет даже нормальной стали: аналоги советских спецсталей закупаются в Китае, катализаторы - в Германии и Америке. Техническое отставание возрастает. При этом для химии, физики, математики, медицины и инженерных наук места в перечне работ, на которые выделяется государственное финансирование, не нашлось.

ПЕРЕЧЕНЬ КРИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

- 1 Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники.
- 2 Базовые технологии силовой электротехники.
- 3 Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии.
- 4 Биомедицинские и ветеринарные технологии.
- 5 Геномные, протеомные и постгеномные технологии.
- 6 Клеточные технологии.
- 7 Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий.
- 8 Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии.
- 9 Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом.
- 10 Технологии биоинженерии.
- 11 Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств.
- 12 Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам.
- 13 Технологии информационных, управляющих, навигационных систем.
- 14 Технологии наноустройств и микросистемной техники.
- 15 Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику.
- 16 Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов.

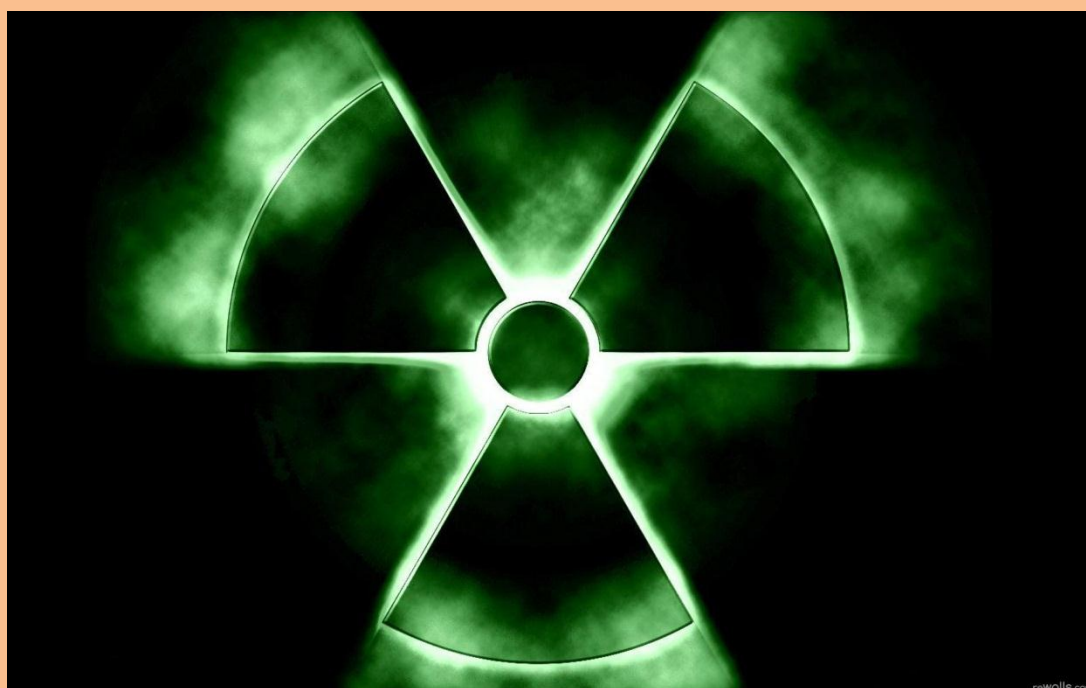
- 17 Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов.
- 18 Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем.
- 19 Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.
- 20 Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи.
- 21 Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.
- 22 Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний.
- 23 Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта.
- 24 Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения.
- 25 Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств.
- 26 Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии.
- 27 Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе.



"Критические дни" российской науки



Научный Юмор



Лабораторный вулкан (огонь от капли воды)

В разделе **Практическая Химия и Физика** [ссылка](#) мы привели несколько вариантов эксперимента "Огонь от капли воды". Теперь предлагаем вашему вниманию рассказ участника форума **radical** о том, как он наблюдал подобный эксперимент. Нам на первом курсе, на одной из лекций по неорганике, показали этот опыт. Большая лекционная аудитория-амфитеатр, половинки доски сдвигаются в стороны, за доской - застекленное окно вытяжного шкафа, который находится в соседней комнате-лаборатории. На столе лаборантка намешала хорошую кучку иода с алюминиевой пудрой (или цинковой пылью), на вид не менее 100г, а может и все 200. Лектор (Валентина Владимировна, если вы это читаете, передаю вам привет 😊) комментирует все действия лаборанта. Капают водой из пипетки. Никакой реакции (зима, топят плохо, студенты в куртках сидят). Капают снова. Появляется слабое облачко. Лектор, как бы извиняясь, говорит, мол, не совсем получилось, холодно в аудитории... Тут ВНЕЗАПНО куча натурально вспыхивает синим пламенем, весь шкаф заволакивает фиолетовым дымом, стекло сразу же становится непрозрачным. Самое веселое, что вытяжка в шкафу НЕ РАБОТАЛА, через несколько секунд лаборантка, кашляя, выскочила в коридор. На перемене иодом пахло в коридоре еще добротнo. Веселее всех, наверное, пришлось тем, которые мыли препараторскую от осевшего на всех поверхностях иода.





Из школьных сочинений ч.1

А на груди у нее была белая мошонка (вместо манишка).

Автор собрал в ночлежке представителей всего общества в одном месте.

Алёша Попович зорко смотрел в затылок Илье Муромцу.

Александр Ульянов хотел убить царя, но Владимиру Ульянову удалось воплотить в жизнь заветную мечту старшего брата.

Андрей Болконский часто ездил поглядеть тот дуб, на который он был похож как две капли воды.

Анна Каренина не нашла ни одного настоящего мужчины поэтому легла под поезд.

Анна Каренина бросилась под поезд, и он долго влачил ее жалкое существование.

Анна сошлась с Вронским совсем новым, неприемлемым для страны способом.

Аня, сидя на стуле, спала, и мимоходом ела булку.

Анна Каренина не выполнила своих обязательств перед обществом и поэтому легла на рельсы.

Арина Родионовна воспитывала Пушкина на сказках, как Шехеразада султанов и бабаев.

Астрономия - это наука, которая учит нас, как правильно пользоваться Солнцем и планетами.

Базаров любил народ, который помогал ему ловить лягушек.

Базаров мужественно переносит испытание смертью.

Базаров умер молодым человеком и сбыча его мечт не произошла.

Барин сел в карету и предоставил себя лошади.

Бедная Лиза рвала цветы и этим кормила свою мать.

Бедный, бедный Пьер Безухов! Элен наставила ему рога, а князь Курагин сделал из него дойную корову.

Белка свила себе уютное дупло.

Белозубый Витя и его светлые глаза смотрят в даль.

Блок понимает, что недолго еще протянет матушка-Русь, грохнут ее свои же сыновья,

ненавидящие мать за пошлость, кондовость и толстозадость. Будущее блоковской России - могила.

Буревестник восторженно предсказывает бурю, а пингвин демонстративно держится от него подальше, всем своим видом говоря: "Знаем мы эти ваши метеопрогнозы!"

Бойцы жалели голодных детей и давали им консервные банки.

Болконский после измены Наташе Ростовой долго не мог оправиться. Он оправился только после того, как подъехал к дубу.

Больше всех я люблю лето! А особенно гребной дождь!

Большинство его произведений пропитаны духом свободы, новаторством стиха, неповторимостью, историзмом и энциклопедизмом.

Борис не пожалел для друга ни последнего куска хлеба, ни последнего патрона.

В больничном отделении злорадствовала рожа.

В горницу вошёл негр, румяный с мороза.

В библиотеку вошли двое: мальчик и девочка; они были братьями.

В библиотеке стояли столы и ребята, заваленные книгами.

"В воскресенье рано утром я проснулся от свиста и чириканья попугаев..."

В Горячем Логе Давыдов быстро разобрался в окружающей обстановке - везде царила монархия.

В заповеднике живут звери, которые уже вымерли.

В Италии Гоголь отдыхал от ревизоров.

В книге "Маугли" Киплинг показал нравы животных, которые царили в Индии в начале прошлого века.

В клетке сидит мой пернатый друг - хомячок.

В комнате погас свет, и мы включили свечку.

В лесу стоял необычайный аромат, и я тоже остановился постоять.

В комнату вошел мальчик лет 80.

В музее природы есть рысь, олень, бобр и другие товарищи.

В нашем городе обитает много людей.

В нашем доме есть старики и малыши, которые еще не ходят в школу.

В открытую форточку ворвался сквозняк, шустрый, как веник.

В общежитии, где мы живем с мамой, праздник - это когда пекут пирог, пьют водку и дерутся.

В отсутствие Онегина Татьяна часто ходила в его кабинет, где постепенно из девушки превращалась в женщину.

В память об отце дети до сих пор хранят отцовскую фуражку и толстый ремень.

В пионерском лагере я познакомился с девочкой Олей. Ее звали Тамарой.

В повести А.П. Чехова "Дама с собачкой" говорится о том, что иногда надо любить и женщин.

В портфеле лежали книги, тетради, бутерброд с колбасой и другие школьные принадлежности.

В поход пошли одни девочки, кроме мальчиков.

В приемной городничего были утки, гуси и другой хлам.

В природе ничто не исчезает, а заносится в Красную книгу.

В прошлое воскресенье мы ездили на озеро. Но вода в озере мне не понравилась: какое-то неприятное ощущение, что купаешься в масле. Папа вылез весь жирный.

В рабочий класс хлынула мелкобуржуазная среда.

В результате из Тихона вырос не мужчина, а самый настоящий овца.

В романе "Отцы и дети" Базаров является не отцом, а дитем.

В саду росли лопухи, привольно развесив уши.

В своих юмористических рассказах великий Чехов никого не бичует и не высмеивает, а просто старается заработать денег.

В сказке "Волшебный котелок" - девочка не могла вспомнить заклинание, и котелок у неё не варил.

В соревнованиях участвовали гимнасты и гимнастерки.

В старину обезьяны ходили голыми, а когда наступил ледник, они покрылись волосами, и это помогло им стать людьми...

В США председателем колхоза является сам фермер.

В то время рэпа не было, поэтому пипл оттягивался на балах.

В фамусовском обществе слышались не только французские слова, но и нижегородские.

В центре города растет парк обсаженный нашими родителями.

В шкафу стоят книги разных писателей, написанных Носовым.

В этом кровавом сражении с обеих сторон полегло 80000 человек и 49 генералов.

"В ХХХХ году Лейбниц изобрёл такую машину, которая совместно с Ньютоном могла только суммировать."

Вася приобрел себе собаку, когда он был еще щенком.

Вдруг Герман услышал скрип рессор. Это была старая княгиня.

Вдруг я услышал лай собаки. Это были охотники.

Великий русский художник Левитан родился в бедной еврейской семье.

Весёлая Катя улыбалась во весь рост.

Во глубине сибирских руд сидел Ермак, объятый думой.

Во время войны девушки отрывали от себя последнее и вязали варежки бойцам.

Во время второго акта Софьи и Молчалина у них под лестницей сидел Чацкий.

Во второй половине дня Печорин любил пить кофе со сливками общества.

Во двор въехали две лошади. Это были сыновья Тараса Бульбы.

Во дворе стояла конура, вокруг которой сидела собака.

Воины ехали на верблюдах, конях и пешком.

Волк был голодный как зверь.

Волны качали его в зад и в перёд.

Володя бежал, весело перебирая двумя ногами.

Володя пришёл домой с гордо выпеченной грудью.

Вообще в Москве хорошо жить. У нас милиция хорошая, она много людей арестовывает.

Вот проехал автобус, увозя за собой пассажиров.

Вот уже забрюзжил рассвет.

Вронский упрекал себя, что совершил самоубийство.

Все улицы были украшены лозунгами, флагами и членами правительства.

Всех, кто мешал ему везти дрова, малюточка посылал басом.

Выбирая имя и отчество для Акакия Акакиевича, Гоголь не пожалел своего героя.

Выбросив княжну Мэри за борт в набежавшую толпу, Степан Разин стал морально устойчивым и вернул себе доверие избирателей.

Гагарин был первым проходимцем в космосе.

Гамлет сумел притвориться умалишенным, а Офелия не сумела.

Геологи пришли к своей продовольственной базе и увидели, что вся она съедена медведями.

Герасим бросил Татьяну и связался с Муму.

Герасим ел за четверых, а работал один.

Герасим и Муму быстро нашли общий язык.

Герасим налил Муме щей.

Герасим пожалел Муму, поэтому он решил ее накормить, а потом топить.

Герасим полюбил Муму и от радости подмёл двор.

Герасим поставил на пол блюдечко с молоком и стал тыкать в него мордочкой.

Герасим привязал кирпич на шею и поплыл.

Герасим учил плавать ещё хуже чем говорил.

Гитарист взял гитару и стал с ней играть.

Глаза вратаря, как и ноги бегали за мечом.

Глобус уронили, и он ушибся головой об пол.

Глухонемой Герасим не любил сплетен и говорил только правду.

Глядя на величественное дерево, Андрей Болконский чувствует себя таким же дубом.

Гоголь страдал тройственностью, которая заключалась в том, что одной ногой он стоял в прошлом, другой приветствовал будущее, а между ног у него была страшная действительность.

Голова ее была заплетена в длинные косы.

Горький увидел в Америке желтого дьявола, а в родной стране упорно не замечал красного.

Графиня ехала в карете с приподнятым, сложенным в гармошку задом.

Грибоедов написал "Горе от ума", потому что много учился.

Грушницкий тщательно целил в лоб, пуля оцарапала колено.

Грушницкий хотел княжну Мэри, а княжна Мэри хотела Печорина, но сам Печорин вообще никого не хотел, так как был лишним героем нашего времени.

Давыдова несколько раз ударили по голове, но амбар остался цел.

Даже если дворяне не понимали друг друга, он все равно говорили по-французски.

Два часа шел, три часа полз - вот путь коммуниста!

Дворец был построен крепостными руками графа Шереметьева.

Дворян гораздо чаще вызывали на дуэль, чем к начальству.

Девочка приучила свою комнату к порядку и себя.

Девочки шли и дружно хрустели ногами.

Дед был одет в толковые рваные штаны с заплатами.

Дед вылечил зайца и стал жить у него.

Дед Мороз раздавал подарки: мандарины, куклы Барби и другие фрукты.

Декабристы накопили большую потенцию и излили ее на Сенатскую площадь.

Денис Давыдов повернулся к женщинам задом и выстрелил два раза.

Дети Короленко жили в подzemелье.

Диоген жил в небольшой однокомнатной бочке.

Добрый молодец шепнул на ухо девице такое, что она стала красной.

Добрыми быть легче, ведь злым все время надо думать, какую бы еще гадость сделать.

Дождь бывает грибной, проливной, мелкий и крупнокалиберный.

Доктор дал барыне капли, и она сразу вырубилась.

Достоевский сделал героиню своего романа матерью.

Доярка сошла с трибуны и на нее тотчас же влез председатель.

Древние египтяне стали больше знать, чем вмещалось в их голову.

Дубровский был бедный дровянин.

Дубровский лежал на диване и смотрел телевизор.

Духовное состояние главных героев неадекватно духовному состоянию окружающей среды.

Душа Татьяны полна любви и ждет не дождется, как бы обдать ею кого-нибудь.

Дятел уселся и стал грызть дерево.

Его белокурое лицо было немного лысовато.

Его главная цель в жизни - есть добро ближнего.

Ей понравился Грушницкий, хотя он и был под шинелью.

Есенин часто писал домой и спрашивал: "Ты жива еще, моя старушка?"

Если бы Герасим не был так сильно закрепощен, то он утопил бы не Муму, а свою барыню.

Если бы Дантес разбирался в поэзии, то не стал бы стрелять в гениального поэта, а выбрал бы для дуэли какого-нибудь графомана, и потомки были бы ему только благодарны.

Если бы Одинцова вышла замуж за Базарова, они бы вместе ловили лягушек.

Если бы Штирлиц служил больше, чем 17 мгновений весны, он дослужился бы там до Гитлера.

Если наш товарищ будет тонуть, мы ему поможем!

Если в золото расплавить и налить в него расплавленный свинец, то после застывания оно станет бесценным...

Есть заводы, которые выливают нефтепромышленность в моря.

Живописца поразила поза её лица.

Жилин всю ночь не спал, и только к утру он проснулся.

За внешней издевкой над традициями русской литературы, под оболочкой непредвзятого историка или глумливого шута, бьется горячее сердце истинного русского патриота, который хулит и поносит свою страну, чтобы понять ее беды, а поняв, простить.

За вратарём стоит, слегка выпучив живот, его помощник.

За ним бежал зверь, который стоял и злобно смотрел на Петра.

Зайчик своим выражением лица звал на помощь.

Заметили гончие зайца и спустили собак.

Заяц впиваялся в глаза охотника от испуга.

Здесь он впервые узнал разговорную русскую речь от крепостного дядьки и няни Арины Родионовны, от простых мужиков и баб.

Зимой я люблю кататься на санках, которые мчатся впереди меня.

И вот на краю опушки показался олень, стройный, как жирафа.

И как велико горе Кольки, который потерял своего брата, свою вторую половину, свой мозг.

И Суворова через Альпы перевёл Иван Сусанин.

И тогда он взял нож и застрелился.

И только одиноко сверкал глаз вопиющего в пустыне.

И тут боец вспомнил, что в кармане у него винтовка!

И чем, как не плевками в душу, занималась власть, пытаясь закапать нам ум своей густой, мерзкой слюной.

Иго продолжалось целых 250 лет на территории СССР.

Из всех женских прелестей у Марии Волконской были только глаза.

Из-за куста выглянули заячьи уши.

Из-за тучи выглянул луч солнца и огрел кукушонка.

Из-за тучи выглянули солнце, месяц, полумесяц и луна.

Из крупнорогатого скота бык - самая большая скотина.

Из произведений Некрасова крестьяне узнали как им плохо живётся.

Из распахнутой нараспашку рубашки выглядывали ярко-голубые глаза.

Из описания картины: На заднем плане мы видим адскую булку. Адская булка - это мертвая глава.

Из машины вышел мой знакомый, весь в синяках и всадинах...

Из целого бревна Платон Каратаев мог вытесать топор и ложку.

Илья Муромец хорошо играл и плясал на гусях.

К автобусу бежала одевающаяся по моде женщина, а за ней аккуратно бреющийся мужчина.

К перрону подошёл пассажирный поезд.

Казбич очень любил Бэлу и хотел ее убить, но Печорин любил ее больше, и та умерла у него на руках.

Как перевозили революционеры свои листовки? В чемоданах с двойной подошвой.

Как Петр I поднял Россию на дыбы, так она с тех пор не может опустить передние копыта и скакать, как все цивилизованные страны.

Как только Павел Власов вышел на большую дорогу, он стал носить желтую рубашку, играть на гармонии и курить трубку.

Как хорошо быть осьминогом: одна нога - здесь, другая - там, третья - в школе, четвертая - на футболе, пятая - в библиотеке, шестая - на дискотеке, седьмая - в буфете, восьмая - на другой планете.

Кактус упал на кота и взвыл от боли.

Капитан Тушин был маленького роста, поэтому французские ядра не могли в него попасть.

Капитану Немо присудили 20 тысяч лье без права переписки, и он стал под водой мстить органам.

Капитанша рассказала о Пете Швабрине, которого отправили сюда за самоубийство.

Картину "Грачи прилетели" Саврасов писал быстро - боялся, что грачи улетят.

Катерина бросилась в реку по личному делу.

Катерина была лучом света, а Кабаниха - лучом темноты.

"Катерина никому не давала трогать своего собственного достоинства".

Квадратная скобка показывает, что минус бесконечность - самое левое число.

Книга "Мать" стала матерью всех рабочих-революционеров.

Князь Игорь с дружиной переехали через реку, преследованные погоней.

Князю Олегу предсказали, что он умрёт от змеи, которая вылезет из его черепа.

Кобыла посмотрела на ямщика через плечо и заржала нечеловеческим голосом...

Кобра - это змея, для которой укус человека смертелен.

Когда варяги пришли на Русь, там уже было гражданское общество.

Когда к Онегину приезжали гости, он всегда с заднего крыльца садился на жеребца.

Когда воронёнок видел мальчика, он радостно хлопал крыльями и чирикал...

Когда вырасту, не буду выходить замуж. Зачем? Ведь мальчишек хороших не бывает. На свадьбе,

когда невеста ходит в белом платье, то это красиво, но только ради платья не стоит выходить замуж. Его и так можно поносить.

Когда Дубровский убил медведя, Кирилл Петрович не рассердился, а велел содрать с него шкуру.

Когда едешь по снегу, трещат следы.

Когда к поэту являлась муза, он прекращал бездельничать и хватался за перо.

Когда кончается лето, очень грустно, но в школу зайти хоть на один день тоже хочется.

Когда мой друг тонул, я бросился его спасать, потому что на нем были мои плавки.

Когда Павел вошел в комнату, Жухрай мыл шею до пояса.

Когда русские дружинники вышли на поле битвы, из-за кургана выскочило монголо-татарское иго.

Когда туман рассеялся, князь увидел татаро-монгольское иго.

Когда Чацкий узнал, что Софья в стане его врагов, он начал бить ее меткими словами.

Когда я прочитал роман Горького "Мать", то сам захотел стать матерью.

Коля катался на катке с невыученными уроками.

Кожемяка бросился на быка и оторвал ему голову с мясом.

Комната Раскольникова была похожа на гроб с желтыми обоями.

Комсомольцы трудились день и ночь, не покладая рук, не вставая с постели.

Конь подбежал к хозяину, обнял его и стал что-то шептать ему в ухо.

Корова - это большое животное с четырьмя ногами по углам.

Кот бежал по огороду вприсядку.

Кот бежал тремя лапами, а четвертой бил петуха по спине.

Кровавое воскресенье еще раз показало, что царь мог стрелять не только по рабочим, но и по выходным.

Крестьянин был зажиточный: он имел свиней и жену.

Крестьяне по пути встретили помещика Оболта-Оболдуева, чья фамилия недвусмысленно говорит о том, что его предки ходили набегами на Русь.



Из школьных сочинений ч.2

Левинсон задавил в себе сладкую тоску.

Лев Толстой родился в 1828 году среди леса на ясной поляне.

Ленский вышел на дуэль в панталонах. Они разошлись, и грянул выстрел.

Ленский пригласил Онегина на дуэль.

Ленский жил, но не дожил до конца, умер на дуэли.

Лермонтов родился у бабушки в деревне, когда его родители жили в Петербурге.

Летать на костылях непросто, но он научился.

Летом мы с папой ходили на рыбалку ловить бабочек.

Летом, мы с пацанами ходили в поход с ночевкой, и с собой взяли только необходимое: картошку, палатку и Марию Ивановну.

Летом я был в деревне. Ловил рыбу. Один раз я поймал окуня, а кот съел его с головы до ног.

Лодка потерпела кораблекрушение.

Лодка самым наглым образом приставала к берегу...

Лопухий лосенок собирал землянику.

Лошадь жевала стог сена в упряжке.

Луна сквозь сон заглядывает в чужие окна.

Любовники делали императрицу Екатерину женщиной, а она их - генералами.

Люди в парке посадили деревья и скамейки.

Лягушек Базаров любит больше, чем женщин.

Лягушки скакали парами в сторону болота, где кончали самоубийством.

Лягушка-путешественница квакнула во все воронье горло.

Макар и Андрей не только сильные и волевые натуры, но и нежные человеческие души, умеющие горячо любить, страдать и переживать за судьбу близких людей. Так, М.Нагульнов, отдавая

грязный, искомканный в кармане платочек Луше, говорит: "На, возьми! Теперь он твой.

Мальчик бежал по дороге, поджав под себя ноги.

Мальчик боялся глубины, поэтому плавал на берегу.

Мальчик в лодке быстро греб коромыслами.

Мальчик вошел в комнату, опустил голову, и так стоял - вниз головой.

Мальчик лежал в постели с ледяным компрессором на голове.

Мальчик нахмурился и сразу сделал большие кулаки.

Мальчик с собакой подошли к озеру и разделись.

Мальчик, сломав голову, помчался за машиной.

Мама била Витьку часто, но мало.

Мама одета по-домашнему: комнатные тапки, на голове платок, черная юбка и фартук.

Мама сказала мне вымыть шею до пояса.

Мама спит, и дочка спит, дверь тихонечко храпит...

Мария Кирилловна была одета в свадебную форму.

Мать Павла была сначала несчастной русской женщиной, но кончила свою жизнь революционеркой.

Маша ехала в карете с приподнятым задом.

Машинист поезда и сам не мог толком объяснить, как очутился на Анне Карениной.

Маяковский засунул руку в штаны и вынул оттуда самое дорогое, поднял его высоко и сказал: "Я - гражданин Советского Союза".

Медведи увидели, что постель медвежонка измята, и поняли: здесь была Маша.

Медный всадник без головы.

Между Есениным и Советской властью образовалась большая промежность.

Митя пришёл домой из школы, волоча за собой ноги.

Миша долго смотрел в зеркало, пока не узнал своего лица.

Мне больно смотреть на истинных творцов, которые и не подозревают, что на них уже сели и вовсю ездят.

Мне нравится наша учительница. Она такая мыловидная.

Мне нравится то, что с таким талантом Пушкин не побоялся стать народным поэтом.

Мне очень нравится героиня романа Льва Толстого "Война и мир", особенно когда она танцует на балу со Штирлицем.

Многие писатели берутся покопаться в душе человеческой (и часто немытыми руками). Но не сравниться им, нет, с Достоевским, мастером социально-психологического романа.

Многие птицы улетают на юг, а кулики бегут бегом.

Мои лучшие подруги-ровесницы - это Оля, Катя и бабушка.

Мой папа - водитель автобуса дальнего плавания.

Мой папа по профессии отец.

Мой четвероногий друг - собака Тимка. Мы живём с ней дружно, и она даже берёт с меня пример: смотрит телевизор, грызёт кость.

Моим памятным днем стала тихая ноябрьская ночь.

Можно часами наблюдать за закатом.

Молодые сердца не могли сидеть на месте, а шли широким шагом к коммунизму.

Море было не очень спокойным, оно бесилось.

Моя верная подружка - это друг Толик.

Моя мама носила три фамилии от своих мужей, только ни одна ей надолго не подошла вместе с мужьями.

Моя мама работает в столовой поварёшкой.

Моя мама работает в детском саду Татьяной Васильевной.

Муму - это фамилия Герасима.

Муму не могла есть, и Герасим ей помог.

Муму прижалась к стенке, когда подошла барыня и оскалила зубы.

Муж Ниловны был алкоголиком, а сын благодаря марксистскому кружку бросил пить. Поэтому мать была за революцию.

Муравей снес такое большое яйцо, что еле-еле доволоч его до дома.

Муравьи - очень дружные люди, я бы не отказался пожить в муравейнике целое лето.

Мы в библиотеке сели за стулья.

Мы купили на базаре ёлку. Это была сосна.

Мы не забудем тебя, наш любимый Тарас Бульба, за твое мужественное героичество.

Мы с братом взялись за руки и пошли в разные стороны.

Мы спали, но нам не спалось.

На балах он ухаживал за дамами, но скоро ему эти прибаутки надоели.

На берегу реки доярка доила корову, а в воде отражалось все наоборот.

На богатыре была кольчуга и шлем из металлолома.

На болоте растут камыши и лягушки.

На борьбу с Гулливером поднялись все лилипуты, от мала до велика.

На ветке сидела птица с белой грудкой на спине.

На выставке собак присутствовали лайки, болонки, доги, бульдоги, водолазы, боксеры и судьи.

На ёлке горели огоньки, Дед Мороз и Снегурочка.

На картине изображён последний зимний месяц февраля.

На картине нарисованы девочка, собака и ее бабушка.

На картине Васнецова "Три Богатыря" Илья Муромец показан самым сильным из Добрыни Никитича и Алёши Поповича.

На козлах сидел ямщик, закутанный в тулуп, а внутри сидел барин.

На моей груди горит красная пятиконечная звездочка с кудрявым Володей.

На новогодней ёлке нас угощали вкусными конфетами и хлопушками.

На новогоднем празднике веселились старые и малые дети.

На переднем плане этой картины сидят две перевернутые килем вверх девочки.

На переднем плане начинается тропинка. На заднем плане тропинка продолжается.

На поле брани были слышны стоны и крики мертвецов.

На полу лежал и еле дышал труп, рядом сидела жена трупа, а брат трупа лежал в другой комнате

без сознания.

На псарне у Троекурова были гоночные собаки.

На санках катались веселые лица ребят.

На спортсмене был черный свитер, синие шорты и забинтованное колено.

На стене висел разрывной календарь.

На стене висели фрукты с изображением натюрморта.

На стене висят фотографии с красивыми прическами.

На столе стояли три телефона и абажур с книгами.

На ферме мы помогали дояркам в добыче молока.

На экскурсии по заводу ребята видели много гаек.

Названием своей поэмы Грибоедов сразу дает понять читателю, что не надо умничать.

Над её головой пели птицы, а её сердце грызло совесть.

Над головой васнецовой Аленушки летают ласточки. Они не боятся Аленушку, она не выстрелит в них из ружья.

Нам раздали шарики и велели по команде ведущего отпустить нитки. Был полный улет.

Напившись из источника, Грушницкий заметил княжну Мери и дружески её икнул.

Наполеон болел раком и умер на святой Елене.

Нас вокруг окружают продукты общества "маленького человека", и мы сами тоже продукты этого общества, и очень хорошо, что пока этот продукт недоброкачественный.

Наташа была истинно русской натурой, очень любила природу и часто ходила на двор.

Наташа была связана с народом красной нитью.

Наташа купила полтора с половиной килограмма арбуза.

Наташа Ростова хотела что-то сказать, но открывшаяся дверь закрыла ей рот.

Наша кошка приобрела трех щенят.

Наша семья большая и многодедная.

Наши далекие предки делали революцию голыми, босыми, в лаптях.

Не случайно Савелия называли сохатым медведем.

Небо Аустерлица переломило Болконского пополам.

Недалеко от нашей деревни был помят овес, потому что там загорали кабаны.

Немецко-фашистские захватчики напоили Андрея Соколова водкой и дали ему хлеба.

Немцы ворвались в дом через задний проход.

Николай Андреевич Болконский - старший член дворянского семейства.

Нина вместе с радиом стала делать зарядку.

Но Дубровский не струсил: когда медведь пошел на него, Дубровский молча достал свой "ТТ".

Но кровь, бесчеловечность - палка о двух концах, ружье, которое все же выстрелит и прогремит не в лучшую сторону, а занизит, деградирует его рост.

Нос Гоголя наполнен глубочайшим содержанием.

Нос у нее прямой, а на конце курносый.

О лени Обломова Гончаров написал целый роман.

Обезьяна вцепилась в дерево задними руками.

Обломов любил лежать на диване совершенно один. Этим он непонятен нам, молодым современным читателям.

Один овец поднял голову и хотел что-то сказать.

Один раз за весь ход истории прихотливая природа создает такое удивительное сочетание атомов, имя которому - Горький.

Одинокий заяц скромно сидел за кустами.

Однажды мудрый Диоген вернулся к своей бочке, а её нет! После этого он стал ещё мудрее.

Ольга гуляла с Ленским, но у них ничего не вышло.

Ольга Ильинская не смогла поднять Обломова с дивана: ей, не знавшей, что такое физический труд, это оказалось не под силу.

"...он вошёл в роман, как красавец на коне."

Он залаял, а потом замяукал.

Он лег в постель и уснул изо всех сил.

Он описывал помещиков во всей вещественности.

Он сидел около палатки и деревянной ложкой ел миску.

Он стоял в сапогах с шапкой на голове.

Он так огорчился, что не мог спать даже во сне.

Он увидел следы копыт и навоз. Это значит, что здесь прошли красные.

Она его просто убьет умом.

Она не слышала от него ни одного ласкового слова, кроме слова дура.

Онегин был богатый человек: по утрам он сидел в уборной, а потом ехал в цирк.

Онегин был очень нелюдим, поэтому, когда к нему приезжали гости, ему всегда подавали коня к заднему проходу.

Онегин вышел через задний проход и уехал.

Онегин ехал к своему умирающему дяде, приезжает и говорит: "Скажи-ка дядя, ведь недаром, Москва, спаленная пожаром..."

Онегин и Ленский разгорячились на балу под действием спиртных напитков и поссорились.

Онегин, как и все помещики, родился не в роддоме, а на берегах Невы.

Онегин не идеал, лопается, как мыльный пузырь.

Онегину нравился Байрон, поэтому он и повесил его над кроватью.

Онегину пришло извещение, что заболел его дядя.

Они начали раскулачивать зажиточных бедняков: отбирали у них имущество и изъятые вещи отдавали крестьянам, у которых это имущество было забрано.

Они пошли за первым встречным Рюриковичем, который хотел отомстить за свою смерть...

Они услышали про ревизора и сделали немую сцену.

Описания разных природ занимают большое место в романе.

Оплодотворилась рябина - значит скоро осень.

От Чичикова понесла даже птица-тройка.

Отелло был душевным человеком.

Отелло расвирипело и задушило Дездемону.

Отец ваш жаловал вам шубу и лошадь со своего плеча.

Отец Чацкого умер в детстве.

Отец умер, когда ему было семь лет.

Охотник незаметно заметил зайца.

Охотник выстрелил мимо, но попал.

Очевидно даже ребенку, что письмо Татьяны к Онегину на самом деле писал Пушкин.

Очень хорошо, что мы родились в России, а не в каком-нибудь Китае. А то там живешь, все вокруг болтают, а ты ничего не понимаешь.

Папа Карло вырубил Буратино.

Пастернак прославился тем, что не хотел быть знаменитым.

Пейзаж - это такое описание природы, которое отвлекает от повествования.

Первые успехи Пьера Безухова в любви были плохие - он сразу женился.

Передо мной картина Пластова. Она падает пушистыми хлопьями.

Передо мной сидело невиданное зрелище. Это невиданное зрелище была Маруся.

Пете подарили портфель - в нём было удобно ходить в школу.

Петр Заломов нес красное знамя, по поводу чего все время вспоминал мать.

Петр Первый соскочил с пьедестала и побежал за Евгением, громко цокая копытами.

Петух может нести яйца и без курицы.

Петя относился к учебе с холодком.

Петя сидит за столом и рисует какие-то каракули.

Петя Ростов упал с лошади и задрыгал ногами.

Печорин отвернул голову набок и пошел домой.

Печорин похитил Бэлу в порыве чувств и хотел через ее любовь приблизиться к народу. Но ему это не удалось. Не удалось ему это и с Максимом Максимычем.

Писатель в своих произведениях показывает нам простой язык.

Пушкин наверно, любил Пущанина, потому что побежал встречать его голым.

Плотность населения Австралии составляет 4 квадратных человека на один метр.

Плюшкин наложил посреди комнаты кучу и долго ею любовался.

По всей площади был разбросан различный мусор: камни, обрывки плакатов, куски дерева. Был и Ленин.

По берегу реки шел Челкаш и через его рваные штаны было видно его пролетарское происхождение.

По краю опушки леса толпились большие, маленькие и средние зверьки...

По краю опушки леса толпились в полёте молодые воробышки...

По площади чеканя шаг, прошли танки.

По радио сказали о кораблекрушении поезда.

По тогдашней моде Коробочка чесала мужу пятки, а себе пудрила мозги.

... погиб в водах Иртыша от благодарного потомства.

Повесть Набокова "Лолита" описывает жизнь нашей американской сверстницы. Проблемы у ней примерно те же, что и у российских девчонок и мальчишек.

Под кожей дуба таились разные насекомые.

Под низом пиджака виднелся край воротника белой рубашки.

Под окном находилась батарея отопления.

Поза его осанки показывает, что ему 14 лет

Пока мушкетеры не привезли королеве подвески, она вешала на уши лапшу.

Полковник танцевал с дочерью мензурку.

Полководцы - смелые люди, они готовы рисковать жизнью других людей.

Полярники дрейфовали на льдине.

Поросенок вилял хвостом и весело гавкал.

Портрет - это лицо человека, который висит на стене.

Потомкам Мульду. ("По тонкому льду")

Пошел тоскливый долгожданный дождь.

Поэт - агитатор, горлопан, главарь.

Поэты XIX века были легкоранимыми людьми: их часто убивали на дуэлях.

Председатель так взял доярок за живое, что надой молока сразу увеличился.

При рытье каналов у людей возникла геометрия.

Пролетариат взял власть для того, чтобы дать возможность всем почувствовать, как ему плохо жилось до революции.

Прометей принес огонь людям, которым не терпелось закурить.

Прыгун взял высоту 2,85 м над уровнем моря.

Пугачёв пожаловал шубу и лошадь со своего плеча.

Пугачев помогал Гриневу не только в работе, но и в любви к Маше.

Пушкин был чувствителен во многих местах.

Пушкин вращался в высшем свете и вращал там свою жену.

Пушкин не курил, но часто пил с няней.

Пьеса Горького "На дне" кончается оптимистически; в конце ее Актер повесился.



Из школьных сочинений ч.3

Рабочие оберегали жизнь Ильича и, чтобы его обезопасить, они решили послать его подальше.

Разведчики шли по вражеским следам, которые очень быстро кончились и превратились в звериные.

Раньше барышни не носили короткие юбки и поэтому путались в складках.

Раскольников получает не "вышку", а только десять лет каторги, хотя я лично считаю, что он свое отмотал еще на воле.

Раскольников проснулся и сладко потянулся за топором.

Рахметов был сильной личностью: он мог обходиться месяц без пищи, неделю без воды и день без женщин.

Рахметов хотя и дворянин, но вполне интеллигентный человек.

Результатом политики ускорения явился взрыв на Чернобыльской АЭС.

Репин шёл по берегу Невы и увидел бурлаков на Волге.

Речь Давыдова вызвала горячее удобрение.

Родители Ильи Муромца были простыми колхозниками.

Роман "Евгений Онегин" написан в стихах. И за это мы с одноклассниками очень сильно уважаем Пушкина.

Романтика - это хорошо, но когда эта романтика - революция, этого нужно избегать.

Ромео и Джульетта были очень молодыми и еще не успели обрасти пережитками прошлого.

Русская природа всегда манила писателей и завлекала в свои сети.

Рыбий жир - очень ценное лекарство, которое готовят из свежего молока кобылиц.

Рядом с библиотекарем стояло кресло и пальто.

С Михаилом Юрьевичем Лермонтовым я познакомилась в детском саду.

Самая моя любимая книга "Три Дрантаньяна".

Савельич просил прощения за Гринёва на коленях у Пугачёва.

Сашка был уверен, что его не отдадут под трибунал, а если и отдадут, то дальше передка не пошлют.

Сбылась мечта Горького и Чехова. Сегодня в человеке все звучит гордо: и лицо, и душа, и одежда, и мысли.

Северяне привыкли к тому, что на льдинах дрейфят белые медведи.

Семья Власовых - единый механизм, из которого выпадает только отец в конце второй главы.

Серая Шейка грустно опустила зад в ледяную воду.

Серые волки собираются в стаи по 10-12 человек.

Сзади у поросят находится кудрявый хвостик, по которому их отличают от других домашних животных.

Скачущий всадник вдруг заметил, что потерял коня.

Слева лес редкий, но зато дремучий.

Смерть Базарова показала, что у каждого человека есть струна, которая может оборваться.

Сначала Татьяна хотела выйти замуж за Онегина, а в последней главе - он за нее.

Снегири - это такие же воробьи, только с красным рылом.

Собака бежала вприпрыжку, обгоняя зайца с севера и с юга.

Собака, как бы гавкая, сказала Мите-двоечнику: "Тебе не стыдно! Тебе не стыдно!"

Собакам одевают намордники, чтобы не жаловались.

Собака прибежала с улицы и оставила на полу свои ноги.

Собакевич хотел продать мертвые души подороже, как первый сорт.

Советский народ не только вершит дела на земле, но забрался и в космос.

Соня протягивала две худые руки, как лысые стебли нежных цветов.

Сороки сидели на дереве и разговаривали на иностранном языке.

Спрыгнув с поезда, у Вронского появилось в глазах удивление.

Сталин был нормальным сумасшедшим, который очень страдал от мании величия.

Старуха Изергиль была гордая и неприступная как танкист.

Старцев страдает одышкой, ездит в карете, отращивает живот и думает иногда: "Хорошо, что я тогда не женился!"

Старый князь Болконский не хотел свадьбы сына с Наташей Ростовой и дал ему год условно.

Стихи его такие огромные, бьющие прямо в самое больное место, в сердце.

Стихотворение написано в быстром ритме сплошным текстом.

Стихотворение написано в рифму, что нередко наблюдается у поэта.

Сыновья приехали к Тарасу и стали с ним знакомиться.

Так как Печорин - человек лишний, то и писать о нём много - лишняя трата времени.

Такие девушки, как Ольга, уже давно надоели Онегину, да и Пушкину тоже.

Таким образом, Печорин овладел Бэлой, а Казбич - Каракезом.

Тарас Бульба, вместо того чтобы приласкать сыновей, взял и выпорол их широким ремнем.

Тарас Бульба прочёл своим товарищам лекцию перед боем.

Тарас сел на коня. Конь согнулся, а потом засмеялся.

Татьяна была весьма недурственной барышней.

Татьяна вышла замуж за очень большого полковника. Им оказался старый-престарый генерал.

Татьяне казалось, что Онегин поймет ее, а он посмеялся над ней, как учитель над двоечницей.

Татьяна копила, копила и вылила все на Онегина.

Татьяна написала Онегину длинное письмо, но оно не помогло, а оказалось настоящим вредителем.

Татьяна обособилась и стала "дика, печальна, молчалива"...

Татьяна очень любила русскую природу и часто гадала на ней.

Татьяне приснился медведь - вылитый Онегин.

Татьяна так полюбила Онегина, что даже побледнела.

Татьяна тряслась в дороге и телом, и душой. Тело болело, а душа ныла.

Творчество Мандельштама и Пастернака было для Сталина темным лесом, и вождь мучился, не зная, кого из двоих арестовать.

Те помещики, от которых крестьяне слышали добрые слова, были, как правило, писателями.

Тело млекопитающего состоит из головы, туловища и четырёх пар ног.

Тельняшка у моряка была распахнута настежь.

Толстой и Марью Волконскую сделал матерью, и в этом его заслуга.

Толстой несколько раз переделывал "Войну и мир", чтобы нам было легче ее изучать.

Толстой описывает Софью неслабой женщиной.

Топор выскочил из полена и нечаянно дал ему по зубам.

Трактор мчался по полю, слегка попахивая...

Трагедии Шекспира бессмертны: в наше время, как и 400 лет назад Ромео любит Джульетту, а Отелло душил Дездемону.

Тройка-птица все летит, не хочет остановиться и проверить своих седоков.

Троекуров был, хотя не глуп, но немного с приветом.

Троекуров обладал большим богатством, противным характером и дочерью Машей.

Тургенев любил всех своих девушек.

Тургенев показал женщину в более расширенном виде.

Тургенев убивает (!) своего героя в конце романа, занеся (!) ему инфекцию в рану на пальце.

Тургенев, как настоящий барин, любил поохотиться на своих собак.

Тяжелее всего во время войны было женщинам и детям. Они не ели, не спали, но оружие выпускали.

У Василия Ивановича Чапаева был верный конь, на котором он провёл всю жизнь.

У деда была борода с морщинками.

У Ивана Николаевича была своя цель в жизни, но он в нее не попал.

У кавалеристов на ногах были шпроты.

У костра сидели два человека и одна женщина.

У крестьян постепенно происходит переход жалости от собственных быков к колхозным.

У Кутузова мимика, одежда, лицо, действия - все говорит о близости с простым солдатом.

У Макара Нагульнова был орлиный взгляд, брови - взлет и длинный хищный нос, прошедший

всю гражданскую войну и воспылавший жгучей классовой ненавистью к своим угнетателям.

У мамы около рта появилась веселая улыбка.

У Метчика был старый мерин по кличке "Кобыла Машка".

У моего друга курносый нос, плавно переходящий в шею.

У нее были карие глаза с веснушками на носу.

У моего приятеля нос с горбушкой.

У нас в лесу зимой не осталось ни одной певчей птицы, кроме вороны.

У Наташи Ростовской с Андреем Болконским был роман - "Война и мир".

У Онегина было тяжело внутри, и он пришёл к Татьяне облегчиться.

У Павки часто ночевал Жухрай. Это содействовало их сближению. Жухрай учил Павла, кого надо бить.

У Плюшкина было хобби: он коллекционировал все, что попадалось ему под руку.

У преступника была очень запоминающаяся примета - борода в веснушках.

У Родиона были высокие цели, но они блекнут перед самопожертвованием Сони Мармеладовой, телом своим кормившей бедную семью своего отца.

У Ростовых было три дочери: Наташа, Соня и Николай.

У собаки были голубые глаза и розовые щеки.

У человека в футляре была аллергия к жизни.

У Чичикова много положительных черт: он всегда выбрит и пахнет.

У Чука был брат Хек.

У этого жука огни на концах, которыми он сигналил самке.

Увидев Бориса, в Катерине все порвалось.

Увидев на мясе червяков, матросы с броненосца "Потемкин" подняли восстание и отомстили царизму.

Увидев свою маму, головастик радостно заквакал.

Уж топтался на одном месте: он не мог взлететь.

Ум Раскольникова размышлял над этой теорией.

Умер М. Ю. Лермонтов на Кавказе, но любил он его не поэтому!

Устами Ниловны потерзанная и окровавленная Россия звала народ к новым схваткам.

Уши растопырены во все стороны.

Фамусов разбирает людей не по внутренностям, а по наружностям.

Фамусов осуждает свою дочь за то, что Софья с самого утра и уже с мужчиной.

Финалом этой истории стал пожар, унесший стог колхозного сена.

Французы бросились наутек, не выдержав духа русской армии.

Хлестаков остановился в гостинице под названием "Трактир".

Хлестаков сел в бричку и крикнул: "Гони, голубчик, в аэропорт!"

Хлестаков сел в коляску, и кучер завел мотор.

Хозяйка избила мальчика рыбьим хвостом за то, что он очистил не его, а голову.

Хороший человек всегда окажет помощь человеку, если он тонет.

Хороших людей на Земле больше, чем злых. Злой человек может что-то украсть, а добрый - наоборот: он украдет у злого и все вернет на место.

Хотя Кабаниха и не переваривала Катерину, этот хрупкий цветок, возросший в темном царстве зла, но ела ее поедом днем и ночью.

"Хоть одним глазком взгляну на Париж..." - мечтал Кутузов.

Хочется сесть на вороного коня, белого, как снег.

Царское правительство жестоко расправилось с Пушкиным, направив его домой в Михайловское.

Царь Салтан ждал наследника, и тогда князь Гвидон вылез из бочки.

Чапаев скакал в бою впереди своей лошади.

Чацкий бьётся в стену, шагая напролом язвительными выпадами и резкими монологами.

Чацкий и Софья росли вместе, но выросли в разные стороны.

Чацкий считал, что лучше "горе от ума", чем от его отсутствия.

Челкаш хотя и был пьяницей, но пользовался огромной популярностью среди мужской части населения городка...

Черт дернул Фауста увлечься Маргаритой - и ему на старости лет забота, и ей тюрьма.

Чехов хочет сказать этим рассказом: не имеет значения, толстый ты или тонкий, главное - чтобы человек был хороший.

Чичиков ехал в карете с поднятым задом.

Чичиков отличается приятной внешностью, но неприятной внутренностью.

Чичиков предложил Плюшкину продать поэму "Мёртвые души".

"Что делать?" - недоумевает Николай Чернышевский. А другой Николай, Островский, как бы отвечает ему: "Восстанавливать тяжелую промышленность и закалять сталь!"

Что стоишь, как вопросительный столб?

Чтобы не обидеть друга, Ленский был вынужден жениться на Ольге. Но не забывает он и о Татьяне.

Чтобы утешать людей, Луке пришлось полюбить даже блох.

Чувства копились, копились и наконец-то прорвались, как вода из ржавой трубы.

Швабрин поднял свечу и на стенах комнаты увидел страшные морды клопов.

Швабрин ранил Гринева, как настоящий подлец, в бок и слева.

Швабрин хотел выйти замуж за капитанскую дочку, но был этого недостоин.

Шел полк французов и кутузов.

Шелковистые, белокурые локоны выбивались из-под ее кружевного фартука.

Школа имени №8.

Школьники очень часто обкладываются книжками и сидят за ними, как в засаде.

Это стадо коров состояло из 13 овец.

Эта картина просто лезет мне в душу.

Эта книга устроила целую бурю в моих чувствах.

Это произведение учит нас тому, что злодей не всегда является зверем, он еще и человек.

Этот тополь потому и называется пирамидальным, потому что растет горизонтально.

Я бы хотел сделать так, чтобы у нас всегда было тридцать градусов тепла, а в Африке все бы покрылось льдом. Может быть, они бы в хоккей научились бы играть.

Я доволен, что Наташа Ростова своей любовью не разрушила дружбу Пьера и Болконского. И Лев Толстой тоже не любил, чтобы его герои ссорились.

Я долго шел, но не пришел...

Я дружу с Верой, потому что у нас с ней одинаковый босоножки.

Я зашел в гербарий

Я каждое утро проветриваю форточку.

Я люблю свою школу за то, что она шумная, радостная и вечнозеленая.

Я мечтаю стать детским врачом, лечить щенков и котят.

Я простой крестьянин, сижу - ящики грузу.

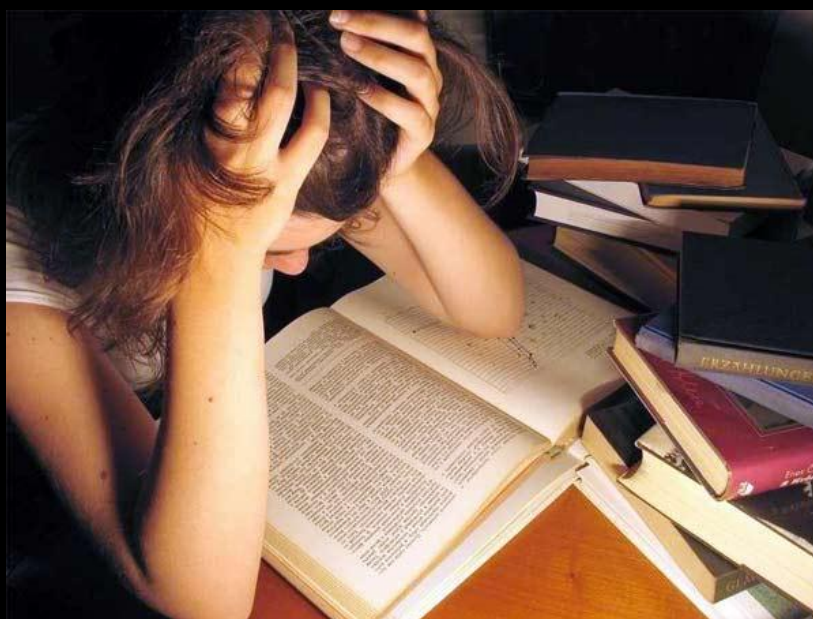
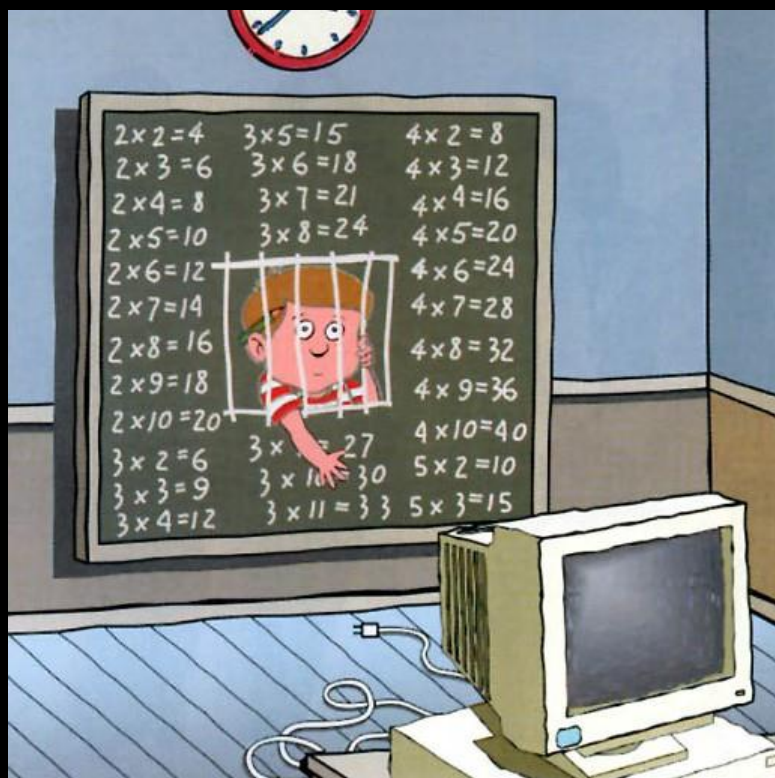
Я прощаюсь со школой, и сегодня мне хочется замахнуться на что-нибудь героическое.

Я, как и поэт, тоже люблю грозу в начале мая, потому что после нее сыро и сухо, свежо и светло, и вообще хочется жить.

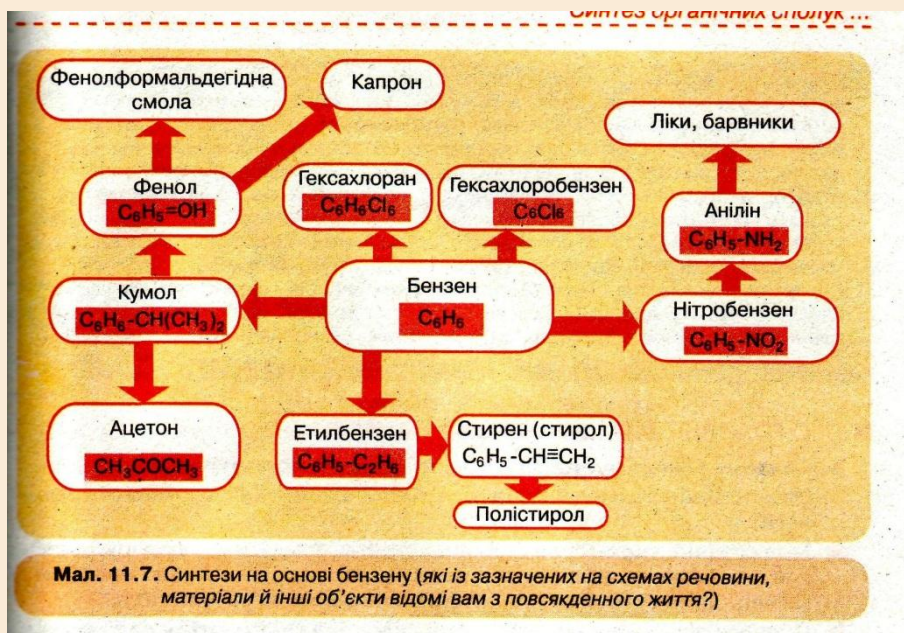
Я с детства мечтал стать врачом и отрезать людям руки, ноги и другие важные органы.

Язык у Базарова был тупой, но потом заострился в спорах.

Я не люблю современную прозу, потому что в ней много сексуальной революции.

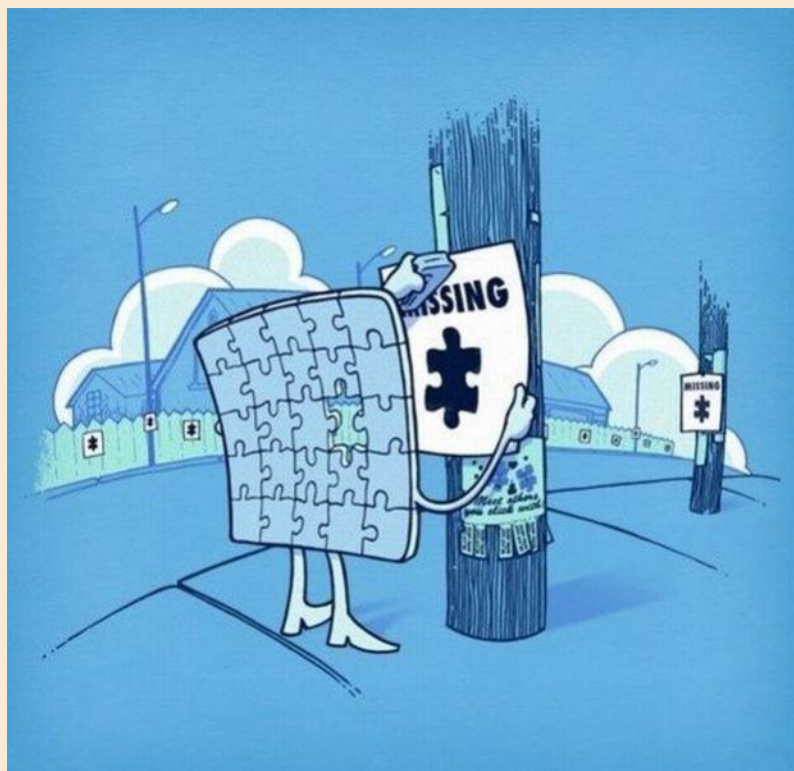


Веселые картинки



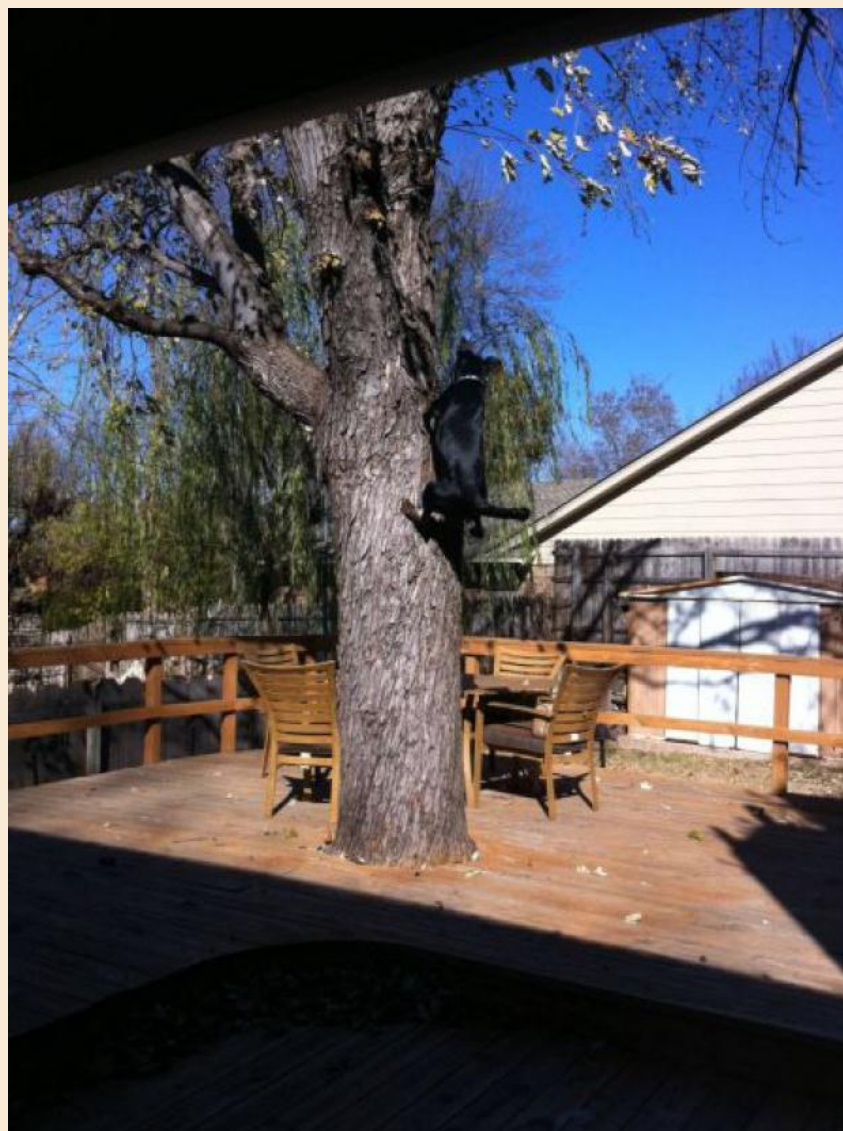
Найдите ошибки в фрагменте учебника химии Лашевской



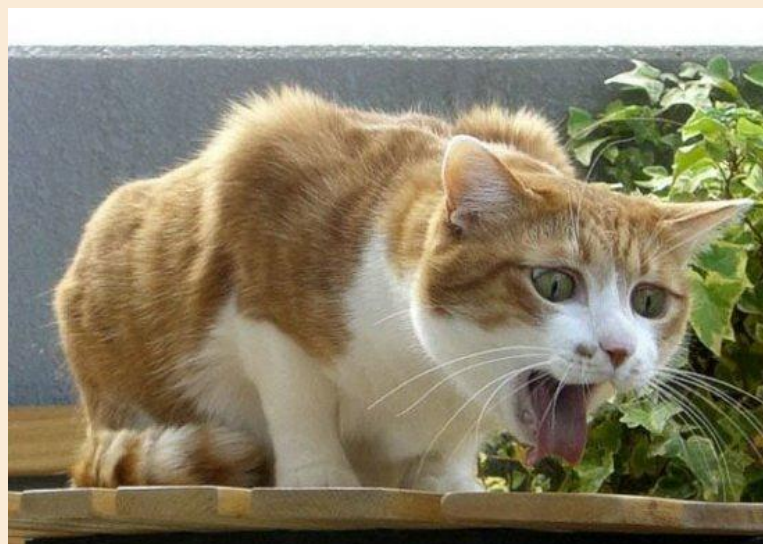


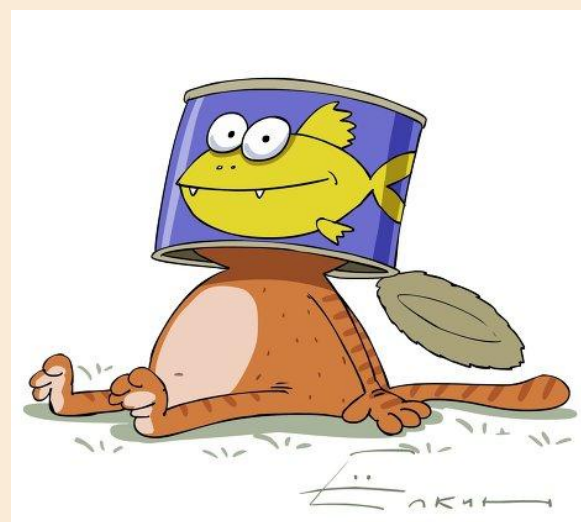


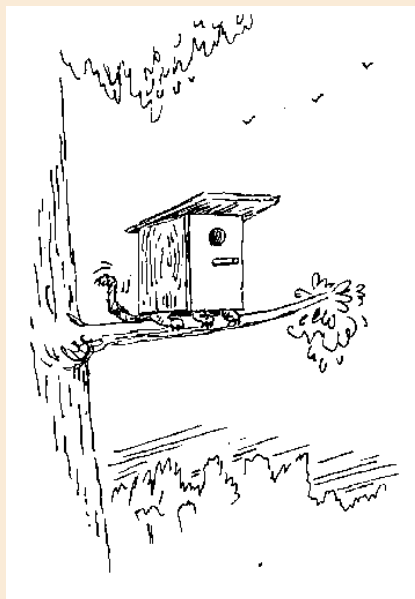


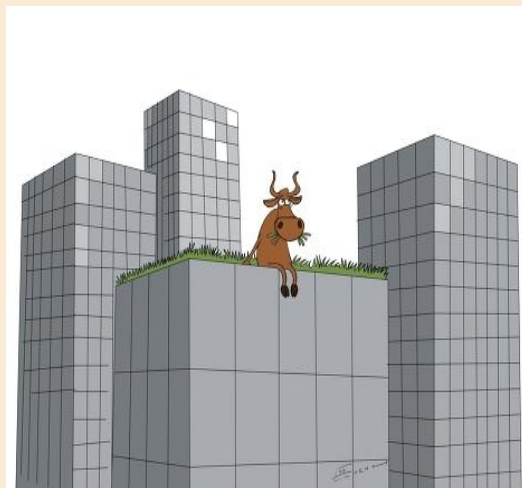


www.all-dogs-avenue.ucoz.ru

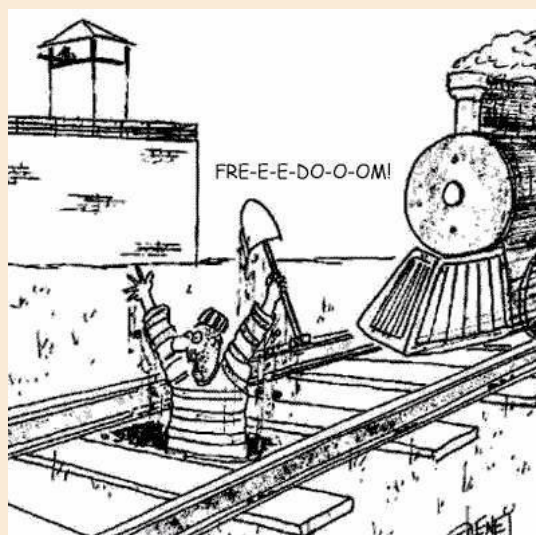




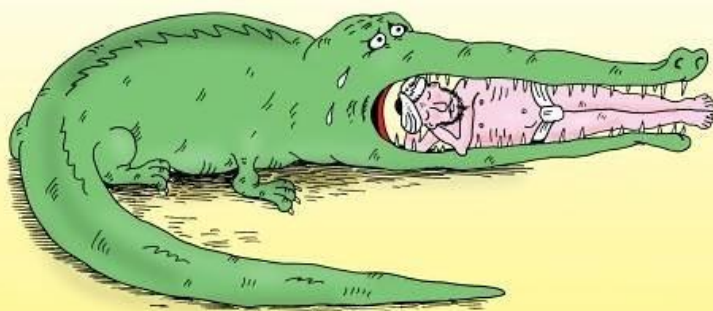








**НАУЧНО -
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР
ПРАКТИЧЕСКОЙ
ЭКСТРАСЕНСОРИКИ
СССР**



Крокодилы слезы





Бумер
ТЕПЕРЬ И ПРАВОСЛАВНЫЙ



ЛЕДОВОЕ ПОПОИЩЕ



Литпортал



Что в имени?

Айзек Азимов

Следующий рассказ, строго говоря, не является научно-фантастической загадкой, но я включаю его в сборник. Причина в том, что наука вообще тесно связана с различными загадками, и мне не хотелось ее наказывать только потому, что речь идет о сегодняшней науке, а не о науке будущего.

Если вы думаете, что трудно раздобыть цианид калия, подумайте снова. Я держал в руке бутылку с целым фунтом. Коричневое стекло, четкая этикетка с надписью "Цианид калия ХЧ" (мне объяснили, что это означает "химически чистый"), с маленьким черепом и скрещенными косточками под ним.

Человек, которому принадлежала бутылочка, протер очки и посмотрел на меня. Профессор Гельмут Родни из университета Кармоди. Среднего роста, коренастый, с мягким подбородком, пухлыми губами, заметным животиком, копной каштановых волос и с видом полного равнодушия к тому, что я держу в руках столько яда, что им можно отравить целый полк.

Я спросил:

- Вы хотите сказать, что это просто стоит у вас на полке, профессор?

Он ответил неторопливо, как привык, очевидно, читать лекции студентам:

- Да, всегда, инспектор. Вместе с другими реактивами, в алфавитном порядке.

Я осмотрел тесно заставленную комнату. Вдоль верхней части всех стен полки, и все заполнены бутылками, большими и маленькими.

- Это яд, - сказал я, указывая на бутылку.

- Большинство остальных тоже, - спокойно ответил он.

- Вы следите за тем, что у вас есть?

- В общем. - Он потер подбородок. - Я знаю, что у меня есть эта бутылка.

- Но, предположим, кто-нибудь войдет и наберет себе полную ложку. Сможете определить?

Профессор Родни покачал головой.

- Вероятно, нет.

- Ну, ладно, в таком случае у кого есть доступ в лабораторию? Она закрывается?

Он сказал:

- Закрывается, когда я ухожу по вечерам, если я не забуду закрыть. А днем она

открыта, и я то в кабинете, то выхожу.

- Другими словами, профессор, всякий, даже человек с улицы, может выйти отсюда с цианидом, и никто не заметит.

- Боюсь, что так.

- Скажите, профессор, зачем вам столько цианида? Травить крыс?

- Доброе небо, нет! - Эта мысль, казалось, вызвала у него отвращение.- Цианид используется в органических реакциях при получении промежуточных соединений, для создания соответствующей основной среды, как катализатор...

- Понятно, понятно. А в каких еще лабораториях используется цианид?

- В большинстве, - сразу ответил он. - Даже в студенческих лабораториях. В конце концов это распространенный реактив, его обычно используют в реакциях.

- Я бы не назвал сегодняшнее использование обычным.

Он вздохнул и ответил:

- Да, вы правы. - И задумчиво добавил: - Их называли Библиотечные Двойняшки.

Я кивнул. Причина прозвища была мне понятна. Девушки-библиотекарши были очень похожи.

Не неразличимы, конечно. У одной небольшой заостренный подбородок на круглом лице, а у другой квадратная челюсть и длинный нос. Но поставь их за библиотечным столом: у обеих медово-светлые волосы с пробором посередине. Посмотри им быстро в глаза: у обеих они голубые одинакового оттенка. Если посмотреть на них с некоторого расстояния, увидишь, что у них одинаковый рост, одинаковый размер бюстгалтера. И обе одеты в синее.

Впрочем, сейчас их смешать невозможно. Девушка с маленьким подбородком и круглым лицом умерла, наглотавшись цианида.

Первое, на что я обратил внимание, явившись со своим партнером Эдом Хэтееем, было именно сходство. Одна девушка мертвая лежала в кресле, глаза ее открыты, одна рука свисает, под ней на полу разбитая чайная чашка, как точка под восклицательным знаком. Как оказалось, ее звали Луэлла-Мэри Буш. Вторая девушка казалась первой, возвращенной к жизни; бледная и дрожащая, она смотрела прямо перед собой и, казалось, не замечает ни полицию, ни сослуживцев. Ее звали Сьюзен Мори.

Первый мой вопрос был:

- Родственники?

Оказалось, нет. Даже не двоюродные сестры.

Я осмотрел библиотеку. Множество полок с книгами в одинаковых переплетах, потом

другие полки с книгами в других одинаковых переплетах. Это тома журналов исследований. Во второй комнате полки с учебниками, монографиями и другими книгами. В глубине альков, в нем непереpletенные номера периодики в мягких серых обложках. От стены до стены длинные столы, за которыми может усесться сто человек, если занять все места. К счастью, сейчас такого не было.

Сьюзен Мори невыразительно, безжизненно рассказала нам о происшествии.

Миссис Неттлер, старший библиотекарь, пожилая женщина, ушла во второй половине дня, оставив двух девушек. Очевидно, это не было чем-то необычным.

В два часа, плюс минус пять минут, Луэлла-Мэри пошла во вторую комнату за библиотечным столом. Тут, помимо новых книг, еще не занесенных в каталог, новых журналов, ждущих переплета, и отложенных книг, ждущих своих читателей, была также небольшая плитка, чайник и все необходимое для приготовления чая.

Очевидно, чай в два часа здесь тоже обычное явление.

Я спросил:

- Луэлла-Мэри готовила чай ежедневно?

Сьюзен взглянула на меня своими голубыми глазами.

- Иногда миссис Неттлер, но обычно Лу... Луэлла-Мэри.

Когда чай был готов, Луэлла-Мэри вышла, и они вдвоем ушли во вторую комнату.

- Вдвоем? - резко спросил я. - А кто присматривал за библиотекой?

Сьюзен пожала плечами, будто удивилась, чему тут беспокоиться, и ответила:

- Нам видна дверь. Если кто-нибудь подойдет к столу, мы можем выйти.

- Кто-нибудь подходил?

- Нет. Сейчас перерыв.

Под перерывом она понимала промежуток между весенним семестром и летней сессией. В тот день я много узнал о жизни колледжей.

Мало что оставалось добавить. Чай уже дымился в чашках, сахар добавлен.

Я прервал:

- Вы обе пьете с сахаром?

Сьюзен медленно ответила:

- Да. Но сегодня в моей чашке сахара не было.

- Не было?

- Раньше она никогда не забывала. Она знала, что я пью с сахаром. Я только отхлебнула и собиралась взять сахар и сказать ей, когда...

Когда Луэлла-Мэри испустила странный приглушенный крик, уронила чашку и через минуту была мертва.

После этого Сьюзен закричала, а потом появились и мы.

Мы довольно быстро разделались с обычными делами. Сняли фотографии и отпечатки пальцев. Записали имена и адреса всех людей в здании и отпустили их по домам. Причиной смерти, очевидно, был цианид, и его источник - сахарница. Были взяты образцы для официальной проверки.

В библиотеке во время убийства было шесть читателей. Пятеро студенты, выглядевшие испуганно, смущенно или болезненно, по-видимому, в зависимости от характеров. Шестой - человек средних лет, посторонний, говорит с немецким акцентом, и у него никаких связей с колледжем. Он выглядел испуганно, смущенно и болезненно - все одновременно.

Мой кореш Хэтевей увел их из библиотеки. Мы хотели, чтобы они подождали в зале общего обучения, пока мы подробнее не займемся ими.

Один из студентов отделился от остальных и, не сказав ни слова, прошел мимо меня. Сьюзен подбежала к нему и схватила за руки.

- Пит, Пит.

Пит сложен, как футбольный игрок, только профиль его свидетельствовал, что он и на полмили не подходит к игровому полю. На мой вкус, он слишком красив, впрочем, я легко начинаю ревновать.

Пит смотрел мимо девушки, лицо его расплзлось по швам, пока вся показная сдержанность не исчезла и на нем отразился ужас. Он спросил хрипло, задыхаясь:

- Как Лолли могла...

Сьюзен выдохнула:

- Не знаю. Не знаю.

Она по-прежнему старалась посмотреть ему в глаза.

Пит высвободился. Он так ни разу не посмотрел на Сьюзен, все оглядывался через плечо. Потом позволил Хэтевею взять себя за руку и вывести.

Я спросил:

- Приятель?

Сьюзен оторвала взгляд от уходящего студента.

- Что?

- Он ваш приятель?

Она взглянула на свои дрожащие руки.

- Мы встречаемся.

- Насколько серьезно?

Она прошептала:

- Очень серьезно.

- Другую девушку он тоже знал? Он назвал ее Лолли.

Сьюзен пожала плечами.

- Ну...

- Сформулируем так: он с ней тоже встречался?

- Иногда.

- Серьезно?

Она огрызнулась:

- Откуда мне знать?

- Ну, ну. Она к вам ревновала?

- К чему вы все это?

- Кто-то подложил цианид в сахар и добавил эту смесь в одну чашку. Предположим, Луэлла-Мэри ревновала настолько серьезно, что решила отравить вас и расчистить себе поле действий с Питом. И предположим, она по ошибке взяла не ту чашку.

Сьюзен ответила:

- Это нелепо. Луэлла-Мэри так не поступила бы.

Но губы ее сжались, глаза засверкали, а когда я слышу в голосе ненависть, я ее всегда узнаю.

В библиотеку вошел профессор Родни. Я первым встретил его в здании, и с тех пор мое отношение к нему не улучшилось.

Начал он с сообщения, что как представитель факультета он здесь старший.

Я ответил:

- Старший здесь теперь я, профессор Родни.

- На период расследования, инспектор, но я отвечаю перед деканом и собираюсь выполнять свои обязанности.

И хоть у него была не фигура аристократа, а скорее лавочника, если вы понимаете, что я хочу сказать, он умудрился посмотреть на меня так, будто мы по разные стороны микроскопа, причем он с большей стороны.

Он сказал:

- Миссис Неттлер в моем кабинете. Она, очевидно, услышала новость и сразу пришла. Она очень взволнована. Вы с ней увидите? - У него это прозвучало как приказ.

- Приведите ее, профессор. - Я постарался произнести это как разрешение.

Миссис Неттлер была в обычном для такой пожилой леди недоумении. Она не знала, то ли интересоваться, то ли приходить в ужас от такого близкого соседства смерти. Ужас победил, когда она заглянула во внутреннюю комнату и увидела, что осталось от чая.

Тело к этому времени, конечно, уже убрали.

Она упала в кресло и заплакала.

- Я сама тут пила чай... - стонала она. - И я могла бы...

Я негромко и как мог спокойно спросил:

- Когда вы пили здесь чай, миссис Неттлер?

Она повернулась ко мне.

- Ну... сразу после часа, кажется. Помню, я предложила чашку профессору Родни.

Сразу после часа, правда, профессор Родни?

Легкое раздражение появилось на полном лице Родни. Он сказал мне:

- Я пришел сразу после ленча, чтобы сверить сноски. Миссис Неттлер предложила мне чашку. Но я был слишком занят, чтобы принять ее или заметить время.

Я улыбнулся и снова повернулся к пожилой леди.

- Вы ведь пьете с сахаром, миссис Неттлер?

- Да, сэр.

- Вы положили сахар в чай?

Она кивнула и снова начала плакать.

Я немного подождал. Потом:

- Вы заметили, в каком состоянии сахарница?

- Она... она... была... - неожиданно она удивленно приподнялась. - Она была пуста, и я сама наполнила ее. У меня двухфунтовый пакет гранулированного сахара, и я помню, что сказала себе: когда мне нужен чай, сахара никогда нет, и нужно сказать девушкам...

Может, подействовало упоминание девушек во множественном числе. Она снова расплакалась.

Я кивнул Хэтевею, чтобы он ее увел.

Очевидно, между часом и двумя кто-то опустошил сахарницу и потом заполнил ее сахаром с приправой - очень аккуратно рассчитанной приправой.

Может быть, появление миссис Неттлер напомнило Сьюзен ее обязанности библиотекаря, потому что когда Хэтевей вернулся и вытащил сигару - спичку он уже зажег, - девушка сказала:

- В библиотеке не курят, сэр.

Хэтевей так удивился, что задул спичку и вернул сигару в карман.

Затем девушка подошла к одному из столов и потянулась к большому раскрытому тому.

Хэтевей опередил ее.

- Что вы собираетесь делать, мисс?

Сьюзен очень удивилась.

- Поставить ее на полку.

- Зачем? Что это? - Он посмотрел на раскрытую страницу. К этому времени я тоже подошел. Посмотрел через его плечо.

Язык немецкий. Я не читаю по-немецки, но узнаю, когда вижу. Шрифт мелкий, и на странице в основном геометрические фигуры с приписанными в различных местах буквами. Я достаточно знаю, чтобы понять, что это химические формулы.

Я заложил пальцем страницу, закрыл книгу и посмотрел на корешок. Там было написано: "Beilstein - Organische Chemie - Band V1 - System Nummer 499-608" [Бейльштейн. Органическая химия, том 6, системные номера 499-608, (нем.)]. Я снова открыл страницу. Страница 233; первое же слово даст вам представление о ее содержании: 4-хлор-4-бром-2-нитродифениламин -C₁₂-H₇-O₃-N-Cl-Br.

Хэтевей старательно все это записывал.

Профессор Родни тоже подошел к столу, таким образом, собрались все четверо.

Профессор сказал холодным голосом, как будто стоял на лекторской платформе с мелом в одной руке и указкой в другой:

- Это том Бейльштейна (Он произнес Байлштайн). Энциклопедия органических соединений. В ней их свыше ста тысяч.

- В этой книге? - спросил Хэтевей.

- Это только один из более чем шестидесяти основных и дополнительных томов.

Грандиозный немецкий труд, который сейчас основательно устарел, во-первых, потому что органическая химия развивается все более быстрыми темпами, во-вторых, из-за вмешательства политики и войн. Но даже и так ничего хотя бы близкого по полезности на английском нет. Любому исследователю в области органической химии эти тома абсолютно необходимы.

Говоря это, профессор любовно похлопал книгу по переплету.

- Прежде чем иметь дело с незнакомым соединением, - сказал он, - полезно заглянуть в Бейльштейна. Он даст метод получения, свойства, ссылки и так далее. Это начальный пункт всякого исследования. Различные соединения перечислены в соответствии с логической системой, ясной, но не очевидной. Я сам в своем курсе органической химии несколько лекций посвящаю тому, как найти нужное соединение в этих шестидесяти томах.

Не знаю, как долго он еще бы продолжал, но я здесь не для того, чтобы слушать курс органической химии. Пора переходить к делу. Я резко сказал:

- Профессор, я хочу поговорить с вами в вашей лаборатории.

Я полагал, что цианид хранят в сейфе, что каждый грамм его на учете, что тем, кто хочет его получить, нужно расписаться. И считал, что существует какой-то способ получить его незаконно. Его нам и нужно отыскать.

И вот я стою с фунтом цианида в руках и знанием, что любой может попросить его или даже взять без спроса.

Профессор задумчиво сказал:

- Их называли "Библиотечные Двойняшки".

Я кивнул.

- Да?

- Но это лишь доказывает, насколько поверхностно судит большинство людей. В них ничего общего не было, кроме случайного совпадения цвета волос и глаз. Что произошло в библиотеке, инспектор?

Я кратко передал ему рассказ Сьюзен, при этом наблюдая за ним.

Он покачал головой.

- Полагаю, вы считаете, что погибшая девушка замышляла убийство.

Мои предположения не для огласки в данный момент. Я сказал:

- А вы?

- Нет. Она на это не способна. Она прекрасно относилась к своим обязанностям. И зачем ей это?

- Тут есть студент, - сказал я. - Его зовут Пит.

- Питер ван Норден, - сразу сказал он. - Относительно неплохой студент, но не очень перспективный.

- Девушки смотрят на это по-другому, профессор. Обе библиотекарши очевидно интересовались им. Сьюзен могла преуспеть больше, и Луэлла-Мэри решила перейти к прямым действиям.

- А потом взяла не ту чашку?

- Люди под стрессом поступают странно.

- Не настолько странно, - сказал он. - Одна чашка была без сахара, так что убийца не стал рисковать. Даже если она перепутала чашки, то сразу бы ощутила сладость во рту. И не получила бы смертельную дозу.

Я сухо ответил:

- Обычно обе девушки пили чай с сахаром. Погибшая привыкла к сладкому чаю. В возбуждении она не обратила внимания на привычную сладость.

- Я в это не верю.

- А какова альтернатива, профессор? Яд подмешали в сахар после того, как в час миссис Неттлер пила чай. Могла это сделать миссис Неттлер?

Он пристально посмотрел на меня.

- А мотив?

Я пожал плечами.

- Боялась, что девушки вытеснят ее с ее места.

- Вздор. До начала семестра она уходит на пенсию.

- Вы тоже были здесь, профессор, - негромко сказал я.

К моему удивлению, он принял это спокойно.

- Мотив? - спросил он.

- Вы не настолько стары, чтобы не заинтересоваться Луэллой-Мэри, профессор.

Допустим, она угрожала сообщить декану о каких-нибудь ваших словах или действиях.

Профессор горько улыбнулся.

- Как я смог бы организовать, чтобы цианид взяла нужная девушка? Почему одна чашка осталась без сахара? Я мог подмешать яд в сахар, но не я готовил чай.

Мое мнение о профессоре Родни начало меняться. Он не побеспокоился проявить негодование или изобразить шок. Просто указал на логические слабости моих слов. И мне это понравилось.

Я спросил:

- Что же, по-вашему, произошло?

Он ответил:

- Зеркальное отражение. Наоборот. Я считаю, что выжившая изложила все наоборот.

Предположим, Луэлла-Мэри победила с парнем, а Сьюзен это не понравилось, а не наоборот. Предположим, Сьюзен на этот раз готовила чай, а Луэлла-Мэри находилась за библиотечным столом, а не наоборот. В таком случае девушка, которая готовила чай, взяла нужную чашку и осталась живой. Все становится логичным, а не нелепо невероятным.

Это на меня подействовало. Этот парень пришел к тем же заключениям, что и я, так что в конце концов он мне понравился. У меня привычка: мне нравятся парни, которые со мной согласны. Вероятно, таковы все homo sapiens.

Я сказал:

- Это нужно доказать так, чтобы не оставалось никаких сомнений. Каким образом? Я пришел, надеясь, что у кого-то есть доступ к цианиду, а у остальных нет. Это отпадает. Все имеют доступ. Что же теперь?

Профессор ответил:

- Проверьте, какая девушка действительно находилась за столом в два часа, когда готовился чай.

Мне стало ясно, что профессор читает детективные романы и верит в свидетельские

показания. Я не верю, тем не менее, я встал.

- Хорошо, профессор. Я этим займусь.

Профессор тоже встал. Он настойчиво спросил:

- Я могу присутствовать?

Я задумался.

- Зачем? Ваша ответственность перед деканом?

- Некоторым образом. Мне бы хотелось, чтобы все кончилось быстро и ясно.

- Ну, пошли, если вы считаете, что можете помочь.

Эд Хэтевей ждал меня. Он сидел в пустой библиотеке.

- Я понял, - сказал он.

- Что понял?

- Что случилось. Вывел дедуктивным способом.

- Да?

Он не обращал внимания на профессора Родни.

- Цианид подложен. Кем? Парнем за этим столом, чужаком, тем, что с акцентом - как-там-его-зовут?

Он начал перебирать стопку карточек, на которых записал информацию о всех свидетелях.

Я понял, кого он имеет в виду, и сказал:

- Ладно, неважно, как его зовут. Что в имени? Продолжай, - и это показывает, что я могу быть таким же тупым, как и все остальные.

- Ну, ладно, Иностранец принес цианид в маленьком конверте. И приклеил его к странице книги "Органише..." как там дальше?

Мы с профессором кивнули.

Хэтевей продолжал:

- Он немец, и книга на немецком. Он, вероятно, знаком с ней. Он оставил конверт на странице с заранее выбранной формулой. Профессор сказал, что есть способ отыскать любую формулу, нужно только знать как. Правда, профессор?

- Правда, - холодно ответил профессор.

- Хорошо. Библиотекарша тоже знает формулу, поэтому легко нашла страницу. Взяла цианид и использовала его для чая. В возбуждении она забыла закрыть книгу...

Я сказал:

- Послушай, Хэтевей. Зачем этому маленькому типу все это делать? По какой причине он здесь оказался?

- Говорит, что он меховщик и читает о репеллентах и инсектицидах. С молью бороться. Ну разве не выдумка? Когда-нибудь слышал подобный вздор?

- Конечно, - ответил я, - твоя теория. Послушай, никому не нужно прятать цианид в книгу. Не нужно искать формулу или страницу, если заложен конверт с порошком. Всякий, кто возьмет этот том, сразу его на этой странице раскроет. Ничего себе укрытие!

Хэтевей начал выглядеть по-дурацки.

Я безжалостно продолжал:

- К тому же цианид не нужно проносить снаружи. Он здесь тоннами. Можно готовить снежную горку. Всякий может свободно взять целый фунт.

- Что?

- Спроси профессора.

Глаза Хэтевея расширились, он порылся в кармане и вытащил конверт.

- А что мне делать с этим?

- Что это?

Он достал из него печатную страницу с немецким текстом и сказал:

- Это страница из немецкого тома, на которой...

Профессор Родни вдруг покраснел.

- Вы вырвали страницу из Бейльштейна?

Он закричал, страшно удивив меня. Не подумал бы, что он способен закричать.

Хэтевей сказал:

- Я думал, мы проверим слюну на скотче; и, может, на странице сохранилось немного цианида.

- Отдайте! - закричал профессор. - Вы невежественный дурак!

Он разгладил страницу и посмотрел с обеих сторон, чтобы убедиться, что печать не стерлась.

- Вандал! - сказал он, и я уверен, что в этот момент он способен был с легкой душой убить Хэтевея.

Профессор Родни может быть совершенно уверен в вине Сьюзен. Я, кстати, тоже. Тем не менее только уверенность нельзя выносить на суд. Нужны доказательства.

Не веря в свидетелей, я решил попытаться воспользоваться слабостью предполагаемого преступника.

Я подвергну ее перекрестному допросу перед свидетелями, и если не смогу ничего добиться словами, нервы могут ее выдать.

По внешности я не мог судить, насколько это вероятно. Сьюзен Мори сидела за своим

столом, сжав руки, глаза у нее были холодные, кожа вокруг ноздрей натянута.

Первым вошел маленький немец меховщик, выглядел он очень встревоженно.

- Я ничего не сделал, - начал он. - Пожалуйста, у меня дела. Долго ли мне здесь еще оставаться?

Хэтевей уже записал его имя и основные данные, я не стал повторяться и сразу перешел к делу.

- Вы пришли сюда незадолго до двух, верно?

- Да. Хотел узнать о средстве от моли...

- Хорошо. Придя, вы подошли к столу. Верно?

- Да. Я сказал свою фамилию, откуда я и что мне нужно...

- Кому сказали? - Это ключевой вопрос.

Маленький человек смотрел на меня. У него курчавые волосы и западающие губы, как будто он беззубый, но это только видимость, потому что во время разговора ясно видны мелкие желтые зубы. Он сказал:

- Ей. Я сказал ей. Девушке, которая сидит тут.

- Верно, - без всякого выражения подтвердила Сьюзен. - Он говорил со мной.

Профессор Родни смотрел на нее с выражением крайнего отвращения. Мне пришло в голову, что его желание побыстрее решить дело не настолько идеалистично: за ним может скрываться личный интерес. Но это не мое дело.

Я спросил меховщика:

- Вы уверены, что это т_а девушка?

Он ответил:

- Да. Я сказал ей свою фамилию и свое дело, и она улыбнулась. Объяснила, где найти книги об инсектицидах. Когда я отходил, оттуда вышла вторая девушка.

- Хорошо! - сказал я немедленно. - Вот фотография второй девушки. Скажите, вы разговаривали с девушкой за столом и вышла та, что на фотографии. Или вы разговаривали с девушкой на фотографии, а другая вышла из той комнаты?

Он долго смотрел на девушку, потом на фотографию, потом на меня.

- Они одинаковые.

Я выругался про себя. Легкая улыбка пробежала по губам Сьюзен, задержалась на мгновение перед тем, как исчезнуть. Должно быть, она на это рассчитывала. Перерыв между семестрами. Вряд ли кто будет в библиотеке. Никто не обратит внимания на библиотекаря, привычных, как книжные полки. А если кто и посмотрит, то даже под присягой не скажет, кто из Библиотечных Двойняшек это был.

Теперь я з_н_а_л, что она виновна, но это мне ничего не давало.

Я спросил:

- Ну, так которая?

Он ответил, стараясь побыстрее закончить допрос:

- Я говорил с ней, с девушкой, которая сидит здесь за столом.

- Верно, - спокойно подтвердила Сьюзен.

Мои надежды, что ее подведут нервы, не оправдывались.

Я спросил меховщика:

- Вы подтвердите это под присягой?

Он немедленно ответил:

- Нет.

- Хорошо. Хэтевей, уведи его. Отпусти домой.

Профессор Родни коснулся моего локтя. Он прошептал:

- Она не из тех, кто улыбается беспокоящему незнакомцу. За столом была Луэлла-Мэри.

Я пожал плечами. Представил себе, как докладываю это доказательство комиссару.

Четверо студентов оказались пустым номером и отняли немного времени. Все они занимались исследованиями, знали, какие книги им нужны, на каких полках они стоят. Прошли прямо к ним, не задерживаясь у стола. Никто не мог сказать, Сьюзен или Луэлла-Мэри была за столом в определенное время. Никто даже не поднимал головы от книг, прежде чем их всех не поднял крик.

Пятым был Питер ван Норден. Он не отрывал взгляда от большого пальца на правой руке - пальца с искусанным ногтем. И не смотрел на Сьюзен, когда вошел.

Я дал ему возможность немного посидеть и успокоиться.

Наконец я сказал:

- Что вы здесь делаете в это время года? Я понял, что сейчас перерыв между семестрами.

Он ответил:

- В следующем месяце я сдаю квалификацию. Готовился. Квалификационный экзамен. Если сдам, смогу заняться подготовкой к докторской диссертации.

Я сказал:

- Я полагаю, вы подходили к столу, когда пришли.

Он то-то пробормотал.

- Что?

Он ответил так тихо, что вряд ли это можно считать улучшением:

- Нет. Не думаю, чтобы я подходил к столу.

- Не думаете?

- Я не подходил.

Я сказал:

- Разве это не странно? Я понял, что вы были в хороших отношениях и с Луэллой-Мэри, и с Сьюзен. Вы не поздоровались с ними?

- Я беспокоился. Думал о предстоящем экзамене. Хотел заниматься. Я...

- Значит вы даже не поздоровались? - Я взглянул на Сьюзен, чтобы увидеть, как она это воспринимает. Она побледнела, но, может, мне просто показалось.

Я спросил:

- Правда ли, что вы практически были помолвлены с одной из них?

Он с деланным негодованием посмотрел на меня.

- Нет! Я не могу заключать помолвку до получения степени. Кто вам сказал, что я был помолвлен?

- Я сказал: практически помолвлены.

- Нет! Ну, было несколько свиданий. Ну и что? Что такое одно-два свидания?

Я успокаивающе спросил:

- Послушайте, Пит, которая из них была ваша девушка?

- Говорю вам: ничего подобного не было.

Он так решительно умывал руки от всего этого дела, будто старался заковаться в невидимую броню.

- Ну как? - неожиданно спросил я у Сьюзен. - Он подходил к вашему столу?

- Помахал рукой, проходя, - ответила она.

- Правда, Пит?

- Не помню, - мрачно ответил он. - Может быть. Ну и что?

- Ничего, - ответил я. Внутренне я пожелал Сьюзен насладиться своим достижением.

Если она убила ради этого молодца, то сделала это зря. Мне стало ясно, что отныне он будет стараться избегать ее, даже если она выпадет со второго этажа прямо ему на голову.

Сьюзен, должно быть, тоже поняла это. По взгляду, который она бросила на Питера ван Нордена, я зачислил его во второго кандидата на цианид - если она останется на свободе; а похоже, что останется.

Я кивнул Хэтевею, чтобы он его увел. Вставая, Хэтевей спросил:

- Эй, вы пользовались этими книгами? - И он показал на полки, где от пола до потолка стояли свыше шестидесяти томов энциклопедии органической химии.

Парень оглянулся через плечо и с искренним удивлением ответил:

- Конечно. Обязательно. Боже, неужели нельзя заглянуть в том Бейл...

- Все в порядке, - заверил я его. - Иди, Эд.

Эд Хэтевей нахмурился и вывел парня. Он не терпит, когда его теории не оправдываются.

Было уже около шести, и я не видел, что еще можно сделать. Получается, показания Сьюзен и больше ничего. Если бы она была рецидивистом с прошлым, мы могли бы извлечь из нее правду одним из нескольких способов, эффективных, но довольно скучных. В данном случае эта процедура казалась неразумной.

Я повернулся к профессору, собираясь сказать ему об этом, но он смотрел на карточки Хэтевея. Вернее, на одну из них, которую держал в руке. Знаете, часто говорят, что руки у людей дрожат от возбуждения, но видеть это приходится не часто. Но руки Родни тряслись, тряслись, как язычок старомодного будильника.

Он откашлялся.

- Позвольте мне задать ей вопрос. Позвольте мне...

Я посмотрел на него, потом снова сел.

- Давайте, - сказал я. Терять мне было нечего.

Он посмотрел на девушку и положил карточку на стол, пустой стороной вверх.

Потрясенно сказал:

- Мисс Мори?

Он как будто сознательно не назвал ее по имени.

Она смотрела на него. Мне показалось на мгновение, что она нервничает, но это тут же прошло, она по-прежнему была спокойна.

- Да, профессор?

Профессор сказал:

- Мисс Мори, вы улыбнулись, когда меховщик объяснил вам свое дело. Почему?

- Я уже говорила, профессор Родни. Хотела быть любезной.

- Но, может, было что-то странное в его словах. Что-то забавное?

- Я просто старалась проявить любезность, - настаивала она.

- Может, вам показалась забавной его фамилия, мисс Мори?

- Вовсе нет, - равнодушно ответила она.

- Ну, что ж, до сих пор никто не упоминал его фамилию. Я сам ее не знал, пока не посмотрел карточку. - И вдруг с сильным чувством он воскликнул: - Как его фамилия, мисс Мори?

Она помолчала, прежде чем ответить.

- Не помню.

- Не _п_о_м_н_и_т_е_? Он ведь вам ее назвал?

Теперь в голосе ее звучало напряжение.

- Ну и что? Просто фамилия. После всего случившегося вы хотите, чтобы я запомнила какую-то иностранную фамилию, которую слышу впервые.

- Значит, это была иностранная фамилия?

Она увильнула от ловушки.

- Не помню. Кажется, это была типично немецкая фамилия, но не помню. Все равно что Джон Смит.

Должен признаться, я не понимал, к чему ведет профессор. Я спросил:

- Что вы хотите доказать, профессор Родни?

- Я стараюсь доказать, - напряженно ответил он, - в сущности, я уже доказал, что Луэлла-Мэри, погибшая девушка, сидела за столом, когда пришел меховщик. Он назвал свою фамилию Луэлле-Мэри, и она соответственно улыбнулась. А выходила из внутренней комнаты мисс Мори. Именно мисс Мори только что кончила готовить чай и добавлять отраву.

- Вы основываетесь на том, что я не могу вспомнить фамилию этого человека! - взвизгнула Сьюзен Мори. - Это нелепо.

- Нет, - ответил профессор. - Если бы вы были за столом, вы бы запомнили его фамилию. Вам н_е_в_о_з_м_о_ж_н_о было бы забыть ее. Е_с_л_и вы были за столом. - Теперь он держал в руке карточку Хэтевея. И сказал: - Имя меховщика Эрнст, а фамилия Бейльштейн. Его фамилия Б_е_й_л_ь_ш_т_е_й_н!

Сьюзен как будто ударили в живот. Она побледнела, как порошок талька.

Профессор напряженно продолжал:

- Ни один работник химической библиотеки не может забыть фамилию человека, который заявляет, что его зовут Бейльштейн. Ежедневно тут десятки раз упоминается шестидесятитомная энциклопедия, и обычно ее называют просто "Бейльштейн". Это все равно что Матушка Гусыня, что Джордж Вашингтон, что Христофор Колумб. Для нее эта фамилия должна быть привычней всех других.

- Если эта девушка утверждает, что забыла фамилию, это доказывает, что она ее никогда не слышала. А не слышала потому, что ее не было за столом.

Я встал и мрачно спросил:

- Ну, мисс Мори, - я тоже сознательно не назвал ее по имени, - что вы на это скажете? Она истерически закричала. Через полчаса она созналась.



Цианид калия (смертельная доза)

Potassium Cyanide
cyanide of potassium; potassium salt of hydrocyanic acid

DANGER! POISON! CORROSIVE!

Emergency Overview:
White, crystalline powder with a bitter almond odor. Corrosive, causes severe burns to eyes/skin/respiratory tract. Poison! Inhalation can cause anoxia, quickly leading to severe central nervous system effects. Use only with adequate ventilation.

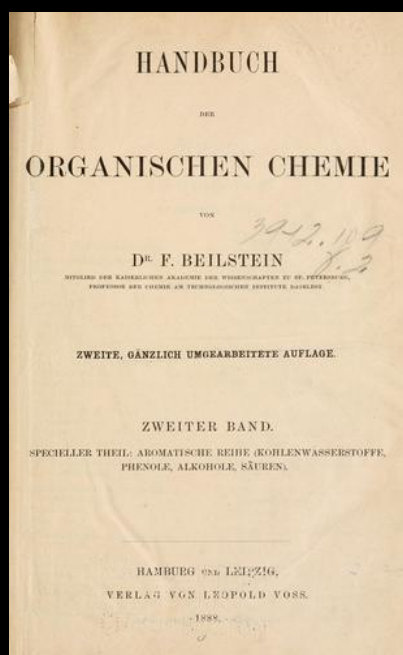
Precautionary Measures: Avoid exposure to skin. Wear protective clothing: Goggles, Face Shield, Gloves, Full Suit, Boots.

First Aid Procedures: Inhalation: Remove to fresh air and support breathing as needed. Eyes/Skin: Flush with flooding amounts of water for at least 15 minutes. Ingestion: Do not induce vomiting. Prepare cyanide antidote kit. Consult a physician immediately!

Fire Procedures: Noncombustible. Use extinguishing agents suitable for surrounding fire. However, do not use CO₂, because of liberation of toxic hydrogen cyanide gas.

Spill Procedures: Notify safety personnel, isolate and ventilate area, deny entry, and stay upwind. Carefully scoop up or vacuum (with appropriate filter). Mop any traces with strong sodium hypochlorite solution. Cleanup crew should protect against exposure.

CAS No. 0151-50-8



Справочник Бейльштейна (Handbuch der organischen Chemie)



О журнале Химия и Химики



Журнал Химиков-Энтузиастов

Основные направления:

- статьи по химии, физике, астрономии, биологии, медицине и другим естественным наукам
- занимательные эксперименты по химии и физике с подробным описанием и фотографиями
- материалы для профессиональных химиков
- обсуждение проблем науки и образования
- научный юмор
- литературные произведения близкие по духу науке

девиз журнала:
Химия - Жизнь

- Материалы, публикуемые в журнале, берутся из любых доступных и легальных источников.
- Журнал полностью некоммерческий. Любая реклама на страницах журнала отсутствует.
- Все материалы журнала предназначены исключительно для свободного распространения.
- При использовании материалов журнала не забывайте делать ссылки.
- Редакция не обязательно разделяет точку зрения автора и не несет ответственности за содержание опубликованных материалов.
- Все присылаемые статьи проходят рецензию. Главное требование - актуальность темы и наличие полезной информации. Любые рецензии, рекомендации и т.п., написанные по инициативе авторов и прилагаемые к статьям, редакцией не рассматриваются.
- Любые материалы псевдонаучного содержания отклоняются без рассмотрения.
- По мере обнаружения опечаток и неточностей в номера журнала будут вноситься коррективы. Исправленные варианты доступны на сайте журнала.
 - Номера журнала выходят по мере накопления материала без строгого соблюдения периодичности.

Адрес для переписки: chemistryandchemists@gmail.com

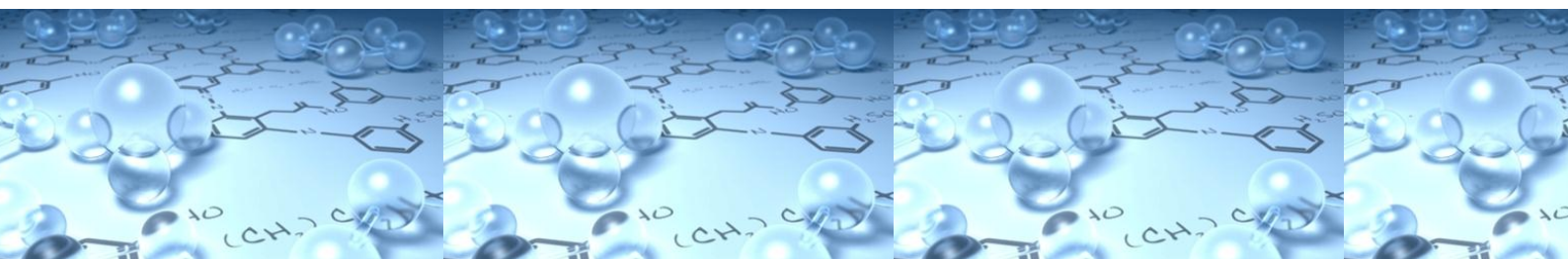
Форум журнала: <http://chemistry-chemists.com/forum/index.php>

Список замеченных опечаток: <http://chemistry-chemists.com/Issues/corrections.html>

Редакторы:

В.Н. Витер
А.В. Зубко

Журнал Химия и Химики основан 3.08.2008 г.



Зимний лес (фотографии)











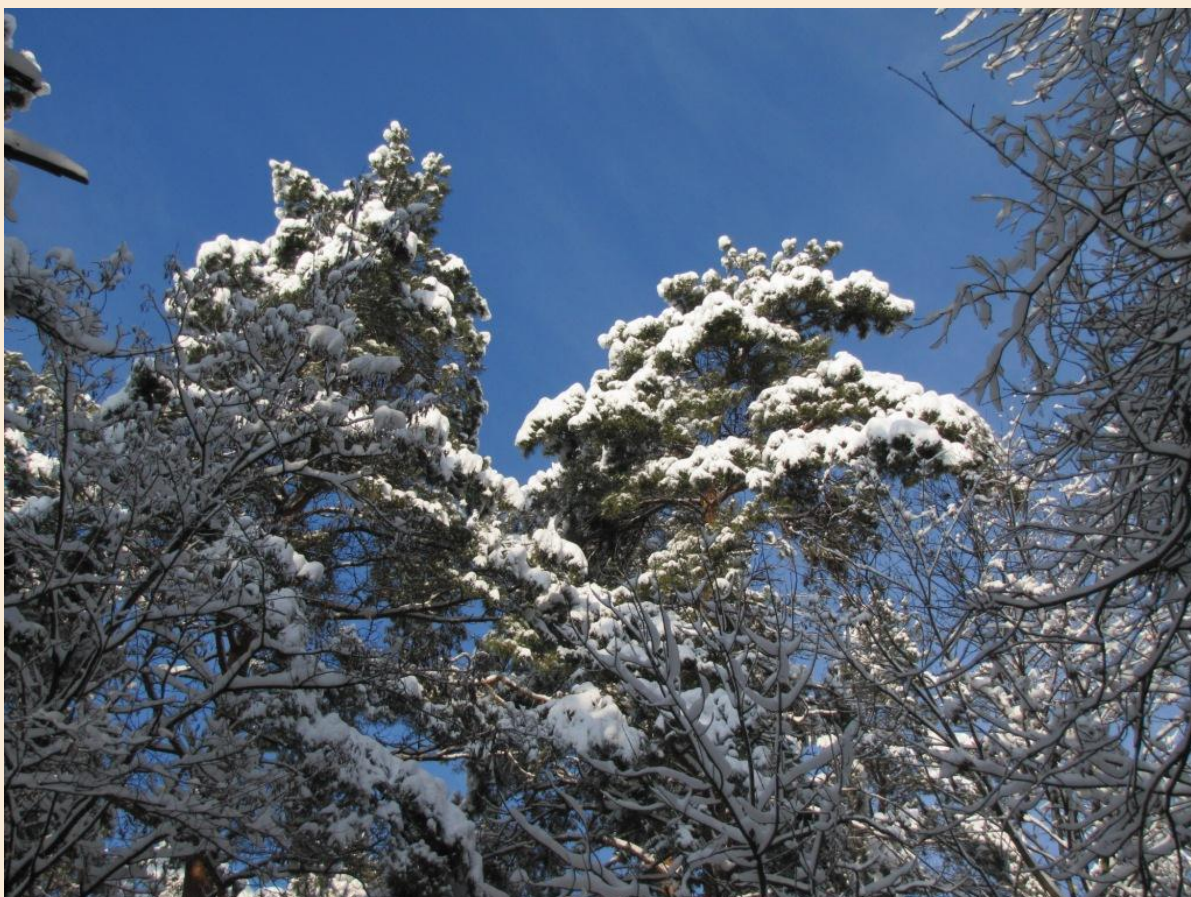


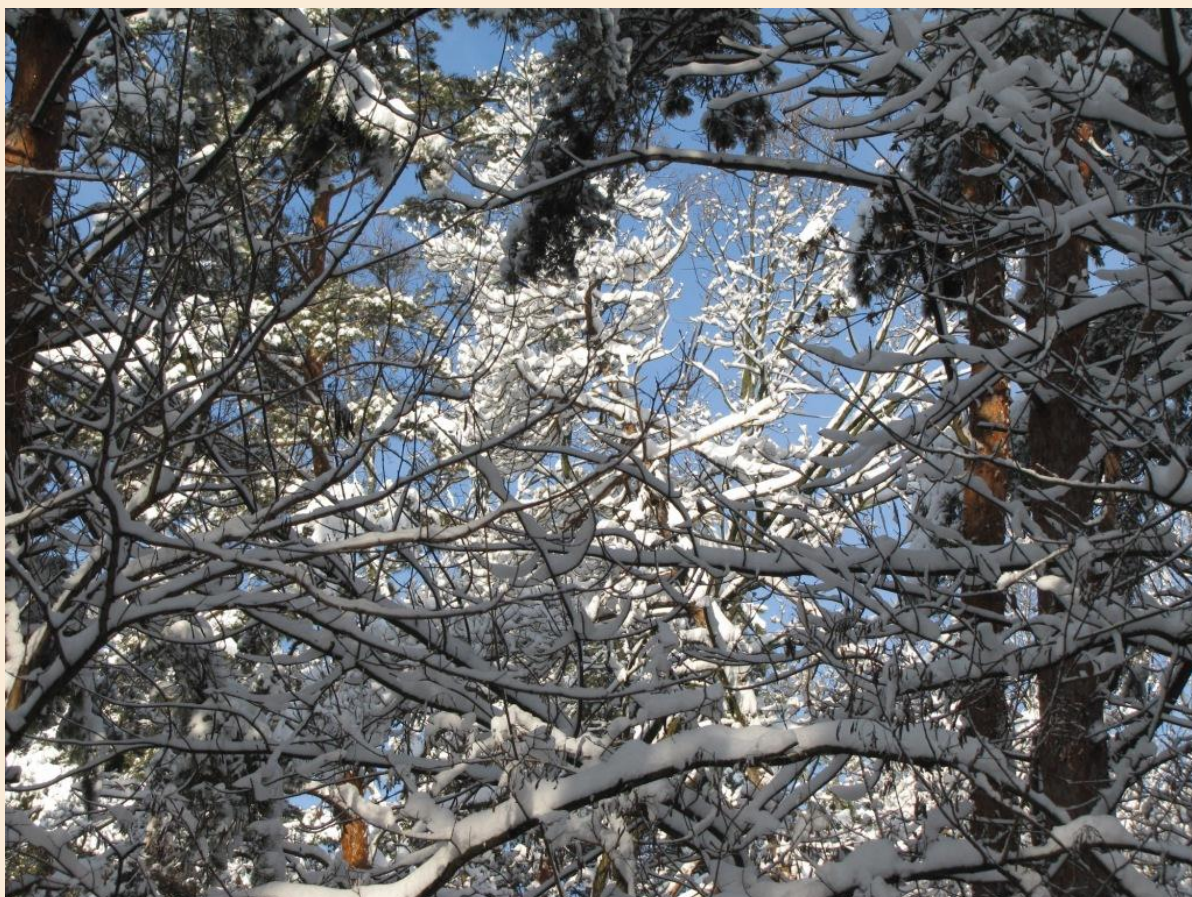


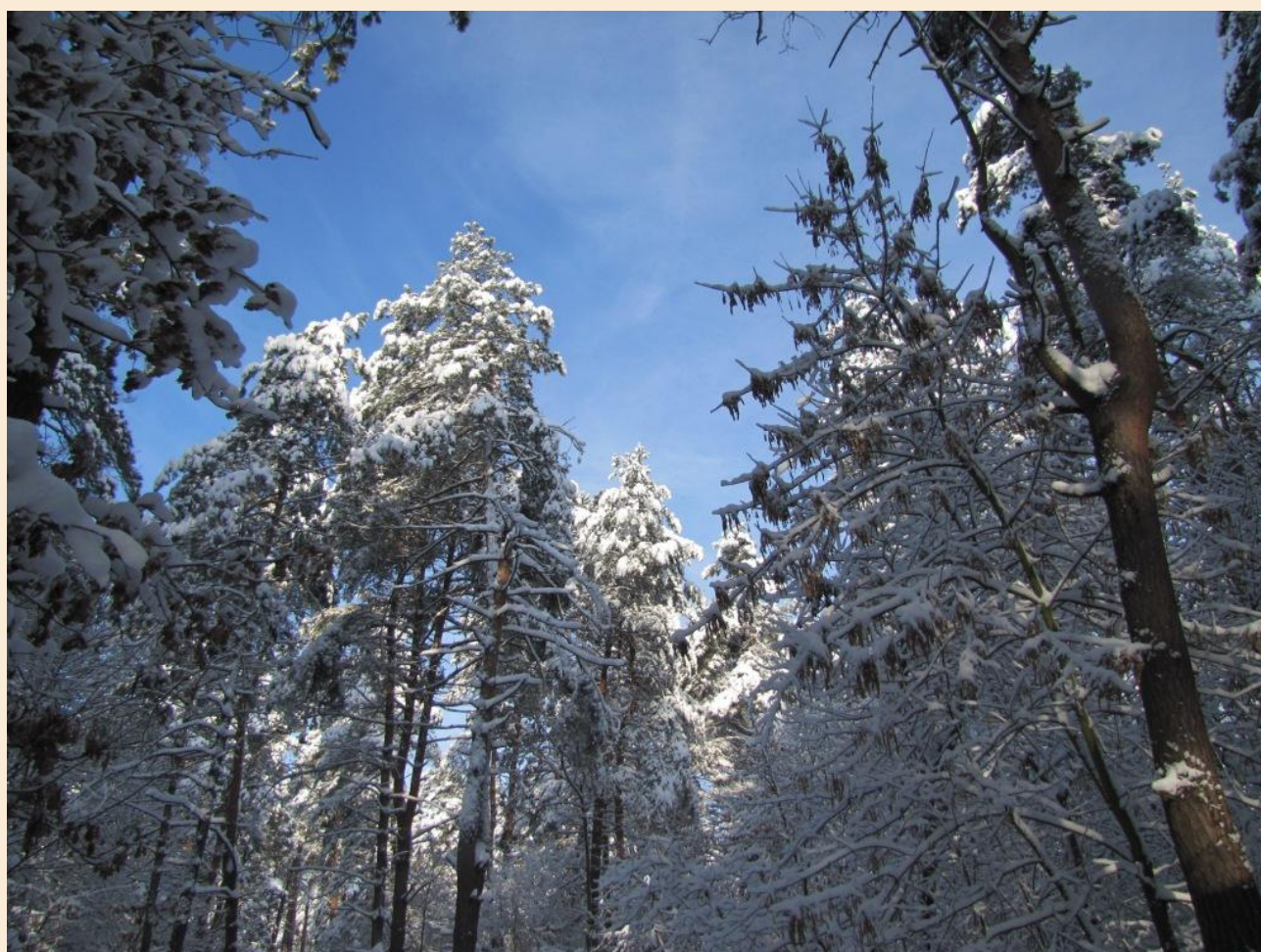






















Зимний лес (фотографии) ч.2



