

NATUURKUNDIGE INSTRUMENTEN
IN TEYLERS MUSEUM

TEYLERS MUSEUM

BEKNOPTE INLEIDING
TOT EEN AANTAL BELANGRIJKE OBJECTEN UIT HET
NATUURKUNDIG KABINET



MARTINUS VAN MARUM
(1750-1837)

TWEEDE DRUK

1978
HAARLEM

INHOUD:	blz.
Teylers Museum	7
Het Natuurkundig Kabinet	8
De Voorzaal	
Electriciteit	10
Telegraaf en telefoon	14
Geluid	15
Mechanica	18
Optiek	18
De Ovale Zaal.	
Optiek	23
Mechanica	25
Pompen	28
Scheikundige apparaten	31
Astronomische instrumenten en planetaria	34
Microscopen	37
Nawoord	40
Bibliografie	41
Addendum	43



Binnenplaats van het woonhuis van Pieter Teyler van der Hulst, waarachter de Ovale Zaal gelegen is. Op het dak ziet men de Sterrenwacht. (Naar een schilderij van Wijbrand Hendriks, omstreeks 1810.)

Op 8 april 1778 overleed
PIETER TEYLER VAN DER HULST.
Zijn grote liefde voor de
wetenschappen en de kunst
jaren van zijn leven te
ningen aan te leggen en de
ontwikkeling in de natuur-
wetenschappen.

Bij zijn overlijden werd
aan de Damstraat te Leiden
gehele vermogen na zijn
vijf directeuren zou worden
Teyler's vermogen te Leiden
moediging van kunst
Eén van de facetten van zijn
lingen en van diens bevoor-
huis aan de Damstraat te
reeds in 1780 plaats had
bekende architect Leendert

Nijpend tekort aan geld
feest in 1878 besluit de
vergrootte en de entree

TEYLERS MUSEUM

Op 8 april 1778 overleed te Haarlem de gefortuneerde textielabrikant PIETER TEYLER VAN DER HULST, in de ouderdom van 76 jaren.

Zijn grote liefde voor kunsten en wetenschappen had hem er in de laatste 25 jaren van zijn leven toe gebracht, een verzameling boeken, prenten en penningen aan te leggen. Daarnaast was zijn belangstelling uitgegaan naar de ontwikkeling in de natuurkunde.

Bij zijn overlijden liet hij – weduwnaar zonder kinderen – zijn woonhuis aan de Damstraat te Haarlem (daterende van 1715), alsook vrijwel zijn gehele vermogen na aan een stichting, die zijn naam zou dragen, en die door vijf directeuren zou worden beheerd. Deze directeuren kregen de baten uit Teyler's vermogen te besteden *'ter bevordering van de godsdienst, tot aanmoediging van kunsten en wetenschappen, en tot nut van het algemeen'*. Eén van de facetten van deze taak was het uitbreiden van Teyler's verzamelingen en van diens bibliotheek. Te dien einde werd er achter het stichtingshuis aan de Damstraat een museum gebouwd, waarvan de eerstesteeen-legging reeds in 1780 plaats vond. Zo ontstond de Ovale Zaal, onder leiding van de bekende architect Leendert Viervant.

Nijpend tekort aan ruimte deed directeuren van de Stichting bij het eeuwfeest in 1878 besluiten tot een flinke uitbreiding, welke de expositieruimte vergrootte en de entree aan het Spaarne mogelijk maakte.

HET NATUURKUNDIG KABINET

De grondlegger van het Natuurkundig Kabinet is Martinus van Marum, die in 1773 aan de Universiteit te Groningen promoveerde in de natuurlijke historie. In 1776 vestigde hij zich als arts te Haarlem.

Een jaar later werd hij aangesteld tot directeur van het 'Naturaliën Cabinet' van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem, en in hetzelfde jaar ook – van stadswege – tot lector in de wijsbegeerte en de wiskunde.

Tussen 1777 en 1803 gaf Van Marum in Haarlem publieke lessen in de natuurkunde, later ook in de geologie en aanverwante vakken. Vanaf 1785 werden deze lessen in Teylers Museum gegeven, een traditie die tot op heden bewaard is gebleven.

Einde 1779 werd Van Marum benoemd tot lid van Teylers Tweede Genootschap. Medio 1784 vertrouwde men hem bovendien de positie van directeur toe, zowel van Teylers Museum als van de Bibliotheek. Tot aan zijn overlijden, in 1837, beheerde Van Marum het Natuurkundig Kabinet en het Mineralogisch-paleontologisch Kabinet, evenals de Bibliotheek.

Uit de archiefpapieren over de periode van 1778 tot 1784 blijkt niet, dat Van Marum enige invloed zou hebben gehad op de bouw van de Ovale Zaal, ook wel Boekzaal genoemd. In december 1784 wordt de grote elektriseermachine in de nieuwe zaal geplaatst, en nemen zijn bekende proeven een aanvang.

Zijn gehele leven is Van Marum nauw met de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen verbonden gebleven. Van 1790 tot aan zijn overlijden was hij secretaris van deze instelling, in welke functie hij talloze internationale wetenschappelijke contacten heeft onderhouden.

Ook zijn opvolger, professor J. G. S. van Breda, was een man van universele kennis, die de genoemde collecties beheerde en uitbreidde.

Toen deze zware taak in 1864 overgedragen werd aan dr. V. S. M. van der Willigen, viel het besluit een splitsing te effectueren, waardoor de collectie mineralen en fossielen onder beheer van de heer T. C. Winkler kwam te berusten.

Onder Van Breda en Van der Willigen was de collectie op het gebied van mechanica (gyroscopen), geluid en dynamische electriciteit (tangenten boussoles, telegraaf) aanzienlijk in omvang toegenomen. Dit was dan ook de oorzaak, dat er een hevig ruimtegebrek in het Museum heerste, toen de

nieuwe conservator, dr.

Ter gelegenheid van werd daarom in het Nieuwe Museum (het complex), waarvan één seum voor instrument oefende zijn conservat

Op 27 juni 1909 de beheerder-curator van bibliotheek in het Mu waar zovele experime theoreticus (Nobelpri overlijden in 1928.

Na hem kwam pro ter daarnaast experim niet schuwde. Beroem volgens de theorieën stappen verdeeld wo Museum, en wordt no

Intussen was het l ciël zeer veeleisende

Was nog onder V laboratorium gebouw Tweede Wereldoorlog gelijk consequent gel techniek. In 1955 m gesloten. Vele beker Fokker gewerkt. In 1 wordt de functie van geheel Museum – bel

Voor het nageslac kundig Kabinet (acht

nieuwe conservator, dr. E. van der Ven, de leiding in 1878 overnam.

Ter gelegenheid van de herdenking van het 100ste sterfjaar van Teyler werd daarom in hetzelfde jaar een aanvang gemaakt met de bouw van het Nieuwe Museum (hetgeen een uitbreiding inhield van het reeds bestaande complex), waarvan één grote zaal door Van der Ven tot Natuurkundig Museum voor instrumenten van 'recente datum' werd ingericht. Van der Ven oefende zijn conservatorschap uit tot 1909.

Op 27 juni 1909 deed professor H. A. Lorentz zijn intrede bij Teyler, als beheerder-curator van de Natuurkundige Collectie. Nog is zijn particuliere bibliotheek in het Museum aanwezig. In de rust van Teylers 'laboratorium', waar zovele experimentatoren hem waren voorgegaan, vond deze bekende theoreticus (Nobelprijs 1903) gelegenheid zijn onderzoek te doen tot zijn overlijden in 1928.

Na hem kwam professor A. D. Fokker, eveneens een theoreticus, die echter daarnaast experimenteel onderzoek aan hoepels, tollen en klankvorming niet schuwde. Beroemd is Fokker's 31-toonsorgel. Het is in 1950 ontworpen volgens de theorieën van Christiaan Huygens, waarbij de octaaf in 31 gelijke stappen verdeeld wordt. Het orgel bevindt zich in de bovenhal van het Museum, en wordt nog regelmatig bespeeld.

Intussen was het bedrijven van natuurkundig onderzoek wel een financieel zeer veeleisende affaire geworden.

Was nog onder Van der Ven, in 1884, een apart fysisch en chemisch laboratorium gebouwd (tussen de Ovale Zaal en het Stichtingshuis), na de Tweede Wereldoorlog was het voor een particuliere instelling niet meer mogelijk consequent gelijke tred te houden met de snelle ontwikkelingen in de techniek. In 1955 moest het Natuurkundig Laboratorium dan ook worden gesloten. Vele bekende mannen hadden er onder leiding van Lorentz en Fokker gewerkt. In 1955 trad professor Fokker als conservator af. Sindsdien wordt de functie van conservator van het Natuurkundig Kabinet – thans geheel Museum – bekleed door professor J. Kistemaker.

Voor het nageslacht moge het overzicht van beheerders van het Natuurkundig Kabinet (achterin deze inleiding) zijn dienst bewijzen.

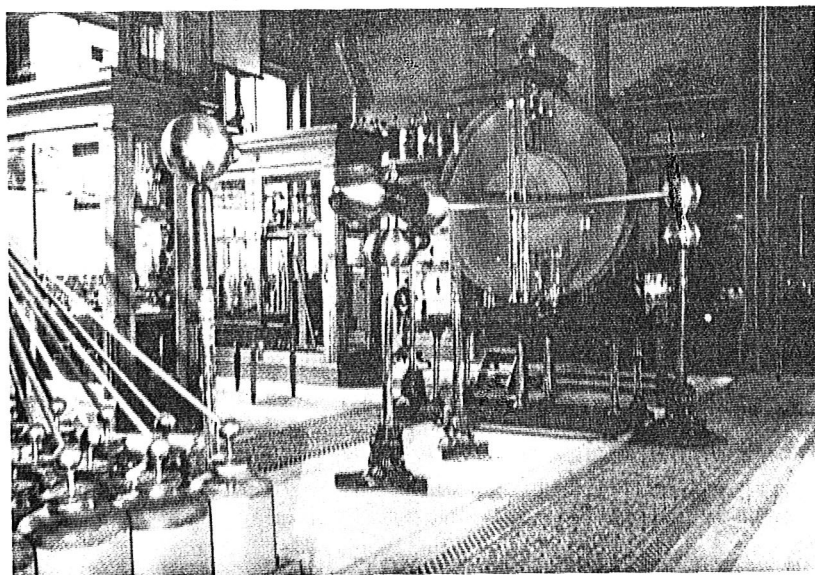
DE VOORZAAL

ELECTRICITEIT

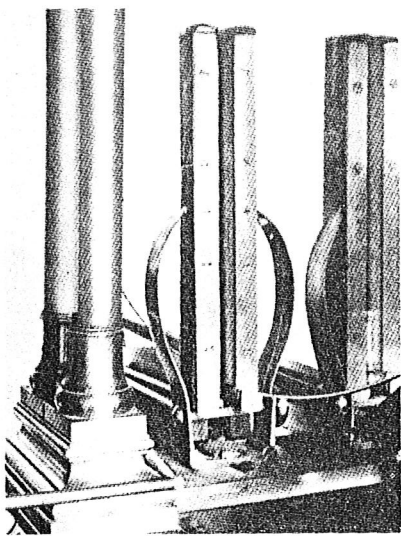
Wanneer men in de Voorzaal, die in 1885 in gebruik werd genomen, de afdeling der fysische instrumenten binnenkomt, ziet men recht voor zich de grote *wrijvings-eletriseermachine van Van Marum* (nr. 508).

Martinus van Marum (1750-1837) werd in 1784 benoemd tot directeur van de verzameling van Teylers Museum. Voordien had hij in de universiteitsstad Groningen reeds allerlei proeven verricht op het gebied van elektriciteit. Nu werd hij met middelen uit Teylers Stichting in staat gesteld zijn beroemd geworden elektriseermachine te laten vervaardigen. Over proeven daarmede publiceerde hij in 1785 voor het eerst.

De elektriseermachine is een product van samenwerking tussen Van Marum en de architect Viervant, met de Amsterdamse instrumentmaker Cuthbertson. Het bestek tot de bouw werd op 9 april 1783 in de vergadering



AFBEELDING 1 – De grote wrijvings-eletriseermachine van Van Marum (1784).



AFBEELDING 2 – De leren wrijfkussens van de grote electriseermachine.

van directeuren goedgekeurd, op voorstel van het Tweede Genootschap. In december 1784 werd de machine geïnstalleerd. Vermeldenswaardig is het feit, dat de in de machine gebruikte glazen schijven de grootste waren, die in die tijd (te Parijs) vervaardigd konden worden; hun middellijn is 165 cm.

Dat Van Marum een zo grote machine liet vervaardigen vond zijn reden hierin, dat hij hoopte, daarmee orde te kunnen brengen in de vaak tegenstrijdige uitkomsten van soortgelijke proeven gedaan door andere onderzoekers. Hij meende dat resultaten, verkregen door middel van een dergelijke enorme machine, onbetwistbaar juist zouden zijn. Tevens hoopte hij nieuwe aspecten te ontdekken, waardoor hij licht zou kunnen brengen in de destijds zo duistere kennis omtrent electriciteit. Zijn machine bleek sterk gevoelig voor de vochtigheidsgraad van de lucht.

Gedurende de ongeveer tien jaren waarin Van Marum zijn aandacht speciaal aan electriciteit besteedde, heeft hij voortdurend verbeteringen aan de machine aangebracht. Zij is tenslotte bewaard gebleven in de staat, waarin Van Marum haar voor het laatst gebruikte.

Tal van geleerden kwamen naar Haarlem, om in Teylers Museum deze proeven te zien. Zo bezocht Oersted, de latere ontdekker van de magnetische werking van de elektrische stroom, op zijn reis door Duitsland en

Nederland, Haarlem. Van Marum toonde hem proeven, waarmee hij had kunnen vaststellen, dat de electriciteit van een electriseermachine dezelfde is als die van een zuil van Volta. Ook nu nog worden in fysische handboeken Van Marum's proeven genoemd, vanwege hun historische belang en hun invloed op de ontwikkeling van de kennis omtrent electriciteit.

Op de grote tentoonstelling voor electrotechniek, te Parijs in 1881 gehouden, was o.a. deze machine ingezonden. De gehele inzending verkreeg een erediploma.

De batterij Leidse flessen, die naast de electriseermachine is opgesteld, is één der vier batterijen, die Van Marum gebruikte. Op de middenkop staat een electrometer, werkend via electrostatische afstoting. Als de batterij was opgeladen, kon haar ontlading een koe doden.*

De eerste electriseermachine van Van Marum, gebruikt in zijn Groningse tijd, heeft hij medegenomen naar Haarlem. Deze staat nu in kast III (nr. 512). Bij werking van dit exemplaar sleepte een schijf uit gomlak door kwik. Deze machine ondervond niet zoveel hinder van de luchtgesteldheid, doch was anderzijds niet krachtig genoeg voor het doel dat Van Marum zich voor ogen had gesteld.

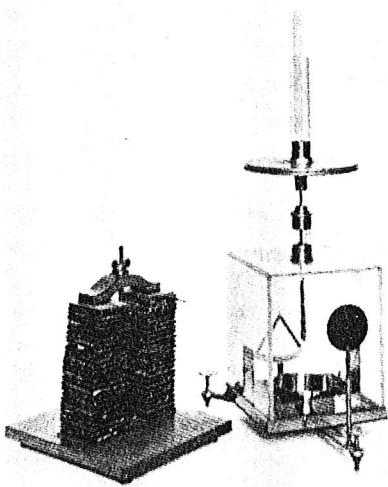
Na 1865 werden de wrijvings-electriseermachines langzamerhand vervangen door inductie- of influentie-electriseermachines, hoewel ook die nog aan het euvel leden in vochtige lucht niet te kunnen werken.

Holtz was de eerste die *influentie-machines* construeerde, waarvan een exemplaar in kast III (nr. 513) staat. Wimshurst heeft haar tenslotte de tegenwoordige vorm gegeven. Op de tafel voor de doorgang naar de Ovale Zaal staat een dergelijke machine.

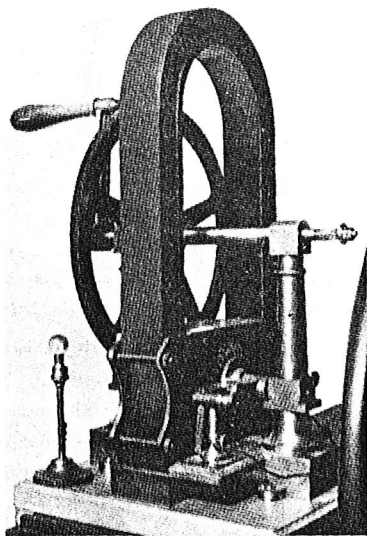
Dank zij de Italiaanse geleerden Galvani (1737-1798) en Volta (1745-1827), was aan het einde van de 18e eeuw een geheel nieuw gebied van electriciteit ontdekt.

Volta plaatste twee platen van verschillend metaal tegen elkaar, en bemerkte bij verwijdering der platen, dat de ene zwak positief en de andere in dezelfde mate negatief geladen was. Een dergelijk stel platen voor de grond-

* In 1968 kwam in de Afdeling Electrotechniek van de Technische Hogeschool te Eindhoven een getrouwe copie van Van Marum's grote electriseermachine gereed, gemaakt onder leiding van de heer H. J. de Weyer. Deze machine kan gemakkelijk spanningsverschillen van meer dan ½ miljoen Volt opwekken. Ter gelegenheid van de viering van het 200-jarig bestaan van de Verenigde Staten van Noord-Amerika in 1976/77, reisde deze machine mee door de USA met een speciale tentoonstelling over de Republiek der Verenigde Nederlanden in de dagen van John Adams van 1775 tot 1795.



AFBEELDING 3 – Rechts ziet men de z.g. grondproef van Volta. Tilt men de bovenste koperen plaat aan het glazen handvat op, dan slaan de slap neerhangende goudblaadjes uit door statisch elektrische oplading. Links staat een z.g. dubbele zuil van Volta.



AFBEELDING 4 – Dynamomachine volgens Gramme (nr. 702). Door draaiing van het anker tussen de polen van de permanente magneet wordt een elektrisch potentiaalverschil opgewekt. Het op de klemmen aangesloten lampje begint dan te gloeien.

proef van Volta ziet men in kast III (nr. 571). Op deze wijze werkende, kwam Volta tot zijn 'zuil': een reeks platen van twee verschillende metalen, om en om gelegd. Volta gebruikte daartoe koper en zink. Tussen de paren koper/zink voegde hij stukjes doek, gedrenkt in een zure vloeistof, zodat hij bijvoorbeeld verkreeg: koper, zink, zwavelzuur, koper, etc. Door verbinding met de uiterste platen der zuil kan men een condensator laden. De stroom ontstaat door het oplossen van enig zink in het zwavelzuur. De zinkplaat wordt aldus negatief, het zwavelzuur en de koperplaat worden positief geladen. In kast II in de Ovale Zaal staat een *zuil van Volta* (nr. 575) (zie afbeelding 3).

Volta is in 1781/2 in Haarlem geweest om Van Marum te bezoeken, waarna een levendige correspondentie bleef bestaan tot 1802 (Uitgegeven door Bosscha in 1905). Alle tot nu toe genoemde machines konden geen

constant sterke stroom opwekken, hetgeen voor praktisch gebruik noodzakelijk is.

Tussen 1870 en 1872 echter gaf Gramme de stoot tot algemene toepassing van electriciteit voor allerlei doeleinden, door de constructie van zijn *dynamomachine*, waarvan een eenvoudig voorbeeld is opgesteld tussen de kasten III en IV. Dit exemplaar werd in 1881 voor het Museum gekocht van Bréguet te Parijs (zie afbeelding 4).

Bij deze machine wordt in een op een ijzeren anker gewonden koperdraad, tussen de polen van een sterke magneet geplaatst, door het ronddraaien van een zwengel een stroom opgewekt, die als gelijkstroom naar buiten wordt afgevoerd. Omgekeerd kan een stroom, via de polen geleid, een dergelijke machine in beweging brengen. Zij werkt dus omkeerbaar. Met behulp van twee soortgelijke machines kan men arbeidsvermogen door middel van elektrische stroom overbrengen.

In deze machine van Gramme wordt voor het veld een hoefmagneet gebruikt, zoals ook in het *magnetisch-electrische werktuig van Wilde* (nr. 699), dat zodanig aan een *electro-magnetische motor van Froment* (nr. 680) geschakeld is, dat de ene de andere in beweging kan brengen. Deze combinatie treft men aan op de tafel bij Van Marum's machine. De motor van Froment heeft een vernuftig bedacht systeem van stroomverbrekers, waardoor telkens een volgend stuk ijzer op het drijf wiel door de magneet wordt aangetrokken.

TELEGRAAF EN TELEFOON

Over telegrafie vindt men iets in kast V.

Er staat een compleet *seintoestel voor de Morse-telegraaf* (nr. 678). De werking van de telegraaf berust op de aantrekking van een ijzeren anker door een elektro-magneet. Het anker voert een schrijfstift mede, welke bij sluiting van de stroom over een zich afrollende papierstrook strijkt. Om de stroom, welke door de electro-magneet gaat, te sluiten en te onderbreken, construeerde Morse de naar hem genoemde sleutel.

De eerste telegraaflijn werd gelegd tussen Baltimore en Washington, waarlangs in 1843 het eerste telegram werd verzonden.

Het kastje (nr. 1056) bevat *monsters van onderzeese telegraafkabels*. De meeste van deze kabels zijn tussen de jaren 1851 en 1870 gelegd. In 1851 werd de eerste functionerende zeekabel gelegd tussen Dover en Calais (waarvan hier ook monsters aanwezig zijn), nadat in 1850 tussen deze plaatsen een kabel was gelegd welke na één dag brak.

Voor de telefonie moet men zich naar kast IX begeven, waar de allereerste *telefoon, geconstrueerd naar Reis* (1861) is te zien. (Dit is nr. 289). Reis ging uit van het telegraafprincipe, n.l. van het overbrengen van signalen, door onderbreking van een elektrische stroom. De onderbreker in de telefoon van Reis was een geleidend, gespannen vlies, een membraan, dat door het geluid in trilling werd gebracht. De intermitterende stroom bekrachtigde bij de ontvanger een elektromagneet met dezelfde frequentie als van het geluid bij het membraan.

Een grote verbetering was de *telefoon volgens Bell* (1875/77) (nr. 293), waarbij een ijzeren membraantje permanent wordt aangetrokken door een staafmagneet, om welke een wikkeling van koperdraad is gelegd. De geïnduceerde wisselstroom brengt bij de ontvanger een dergelijk gespannen ijzermembraan in trilling.

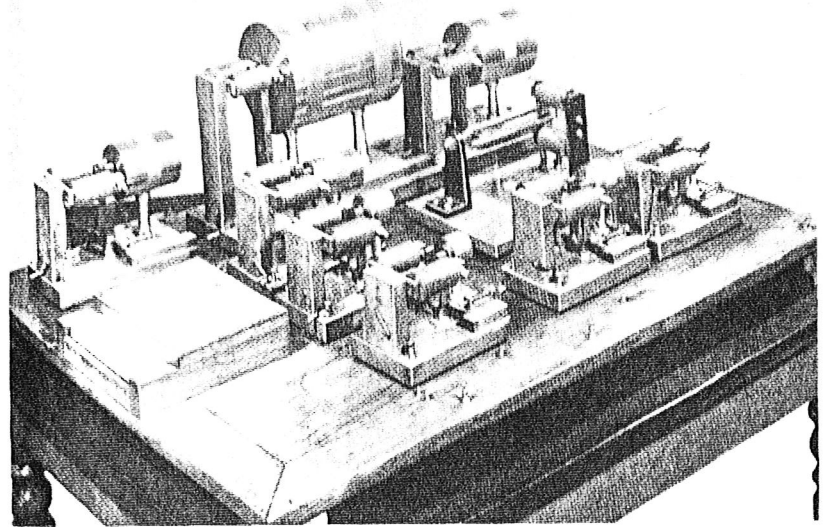
De eerste *microfoon met koolversterker naar Hughes* (1878) bevindt zich ook hier (nr. 296). Het apparaatje is dermate gevoelig, dat Hughes er een vlieg mee kon horen lopen.

GELUID

Op het gebied van het geluid staan in de Voorzaal verscheidene instrumenten. Zo treft men tussen de kasten VI en VII een *blaasbalg van Cavallé-Coll* (nr. 252-255) aan. (Cavallé-Coll stamde uit een bekende familie van orgelbouwers.)

Bovenop de blaasbalg is een windkast met een 12-toetsenbord geplaatst, plus een octaaf houten, open orgelpijpen. Er vóór staat de eerste versie van Fokker's 31-toons orgel (1950) met metalen pijpen. Beide instrumenten werden voor klankcomposities gebruikt.

Hetzelfde werd nagestreefd met een hoogst zeldzaam instrument, dat bij de doorgang naar het oude Museum staat: *de klankmenger volgens Helmholtz* (nr. 248) (afbeelding 5). Dit is de eerste poging tot vervaardiging van een elektrisch orgel. De vocalen, bestaande uit grondtoon en boventoon, kan men door combinatie van verschillende resonatoren, met behulp van het toetsenbord imiteren. Voor elke boventoon wordt een stemvork door de intermitterende stroom van zijn eigen elektromagneet in trilling gebracht. De toon wordt versterkt door een messing trilholte-resonator. De genoemde, intermitterende stroom wordt opgewekt door middel van een speciale stemvork-interruptor.



AFBEELDING 5 – Klankmenger volgens Helmholtz.

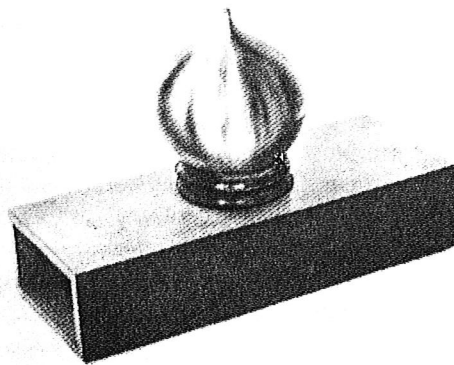
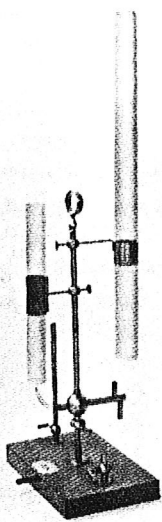
Aan de andere kant van deze doorgang naar het oude Museum, staat een *fonautograaf van Koenig* (nr. 275), de voorloper van de grammofoon. De fonautograaf registreert met behulp van een naald op een zwarte, beroete rol de geluidstrillingen welke in de grote, parabolische hoorn worden opgevangen. Onderaan de hoorn is een membraan, loodrecht op de as van de paraboloid, in het brandpunt, aangebracht. Deze vorm van registratie dateert uit 1830 (W. Weber).

Veel toestellen voor onderzoek van het fenomeen, dat wij heden ten dage 'geluid' plegen te noemen, staan in kast VIII. De orgelpijp was van oudsher belangrijk. Daniel Bernoulli (1700–1782) ontwierp in 1762 een theorie hierover. Het duurde echter nog geruime tijd, voordat men de beweging van de lucht in een dergelijke pijp in verband bracht met de opgewekte toon. De onderzoekingen van Koenig, met zijn flikkerende vlammen (1862), hebben veel ophelderingen gebracht. Hij maakte de plaats van knopen en buiken in orgelpijpen aanschouwelijk, door het aanbrengen van doosjes op verschillende plaatsen langs de orgelpijp. In de orgelpijp bevinden zich gaatjes, waarover een vlies is gespannen. Deze vliezen vormen de bodems van de

doosjes, waar brandbaar gas doorheen stroomt. Wordt dit gas aangestoken, dan flakkerd de vlam bij een knoop, maar zij is rustig ter plaatse van een buik in de luchtkolom in de orgelpijp. Om de trillingen in de vlam te zien, dient men de vlam met behulp van een draaiende spiegel te bekijken.

Bij een andere proef, n.l. die van de zingende vlam, wekt men in een verticale buis een toon op, door er onderin, op de plaats van een knoop, een gasvlammetje te laten branden. Drukfluctuaties bij de knoop veroorzaken fluctuaties in de uitstroomsnelheid van het gas, en dus in de warmte-ontwikkeling. Daardoor wordt een zwakke trilling versterkt. *Buizen voor de zingende vlam* (nr. 237 en 238) werden reeds in 1777 door Higgins ontdekt (afbeelding 6).

A. D. Fokker's 31-toons-orgel, in 1950 ontworpen volgens de theorieën van Christiaan Huygens is in de bovenhal opgesteld. In tegenstelling tot een normaal orgel, dat 12 tonen per octaaf heeft, bezit dit orgel er 31, waardoor niet alleen de gebruikelijke harmonieën zuiverder ten gehore kunnen worden gebracht, maar ook nieuwe, ongewone harmonieën in de muziek verklankt kunnen worden. De Nederlandse componisten Badings, Van Dijk, Kox en De Beer schreven muziek met gebruikmaking van dit systeem. Maar niet alleen zij: óók de Engelse componist Ridout en de Amerikaan Mandelbaum.



AFBEELDING 7 — Messing trilholt-resonator, met de grote opening op een houten trilkast. Met het oor luistert men aan de kleine opening naar de sterkte van de toon.

AFBEELDING 6 — Toestel voor de zingende vlam naar Higgins.

MECHANICA

De 18e eeuw is de eeuw van ontwikkeling en mathematisering der mechanica. In Teylers Museum staan ettelijke demonstratietoestellen voor onderzoek van de eenparig versnelde beweging, van het fenomeen der centrifugale krachten, van gyroscopische effecten, van katrollen, enzovoort.

Tussen kast I en kast II in de Voorzaal, staat een *valmachine naar Atwood* (nr. 67), omstreeks 1800 door Adams te Londen gemaakt. In 1784 construeerde Atwood een machine om de wetten der eenparig versnelde bewegingen, welke Galilei omstreeks 1600 had ontdekt, te toetsen. Twee even zware massa's worden aan een koord over een katrol opgehangen. Om de massa's in beweging te brengen, wordt er op één van beide een overwichtje gezet, dat er tijdens de beweging afgelicht kan worden. Een slinger tikt de seconden af, en men kan aflezen, welke weg het lichaam na een zeker aantal seconden heeft afgelegd. (Zie afbeelding 8 en 8a.)

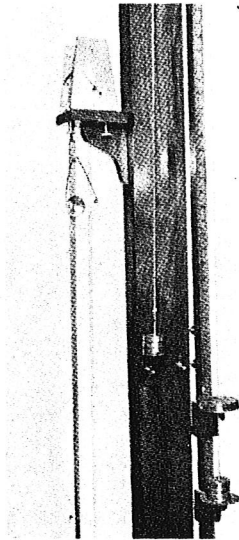
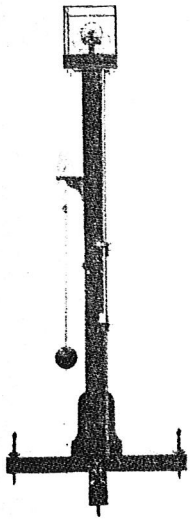
Een ander mechanisch toestel, dat voor de lucht- en de zeevaart van grote betekenis is geworden, staat in kast II. Het is nr. 58: een *gyroscop naar Foucault*. In 1852 is een dergelijk instrument door Foucault geconstrueerd om een nieuw bewijs te leveren voor de draaiing van de aarde. Een torus is zodanig bevestigd in een stel ringen, dat zijn as in alle richtingen vrij kan bewegen. De buitenste ring kan aan een draad worden opgehangen. Indien nu de torus snel om zijn as wentelt, zal deze dezelfde richting behouden. Schijnbaar echter verandert de asrichting, hetgeen het bewijs vormt, dat de aarde onder de torus draait.

Met dit instrument kon Foucault óók de richting van de mediaan van de plaats aangeven. Door de binnenste ring in horizontale stand vast te zetten, zodat de torus-as nog slechts in een horizontaal vlak van richting kan veranderen, zal deze tenslotte in de richting van de meridiaan gaan staan. Dat is het beginsel van het gyroscopische kompas.

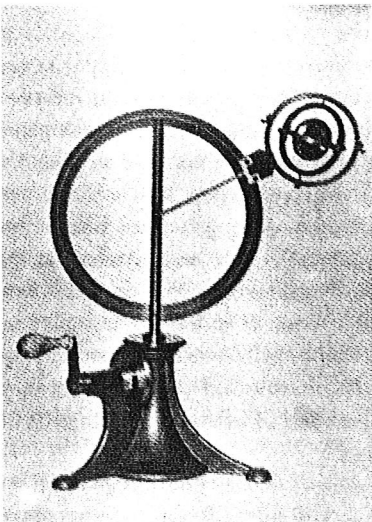
Afbeelding 9 toont een gyroscopoptol, bevestigd op een draaibare ring. Deze ring stelt een meridiaancirkel van de aarde voor. Met dit apparaat kan de werking van het gyroscopische kompas worden gedemonstreerd.

OPTIEK

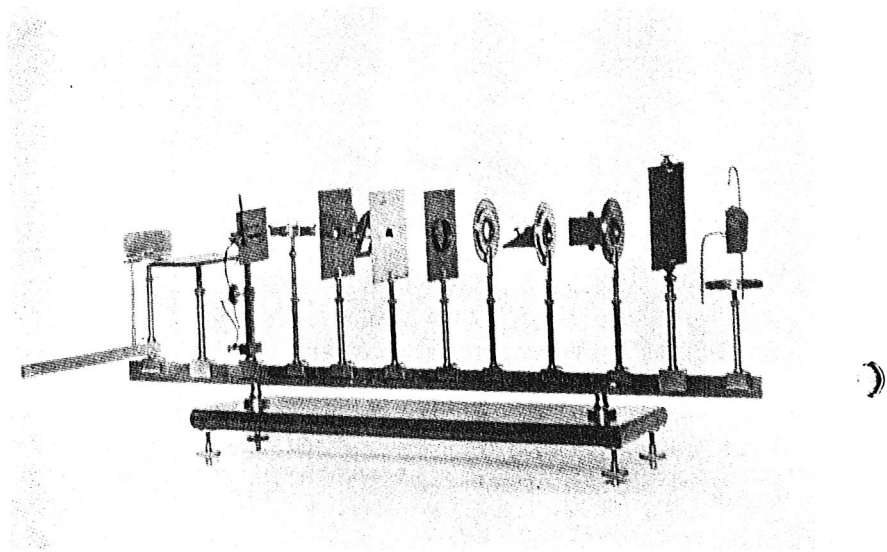
Voor onderzoekingen aan stralende warmte staan op de plank in kast X enkele instrumenten, waarvan een *bank naar Melloni* (nr. 183) het belangrijkste is (afbeelding 10).



AFBEELDINGEN 8 en 8a – Valmachine naar Atwood (1800) en opname van het essentiële gedeelte daarvan.



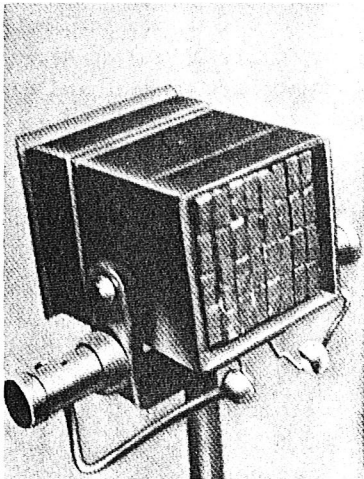
AFBEELDING 9 – Demonstratietoestel voor de werking van het gyroscopische kompas op aarde (nr. 59).



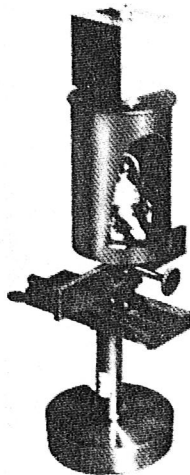
AFBEELDING 10 – Optische bank naar Melloni (ca. 1830), voor het onderzoek aan warmtestraling. De stralingsbron ziet men rechts: een door een oliebron verwarmde platinadraad met een stralingskapje er omheen (Locatelli-bron). De stralingsdetector (zie ook afbeelding 11) wordt helemaal links opgesteld.

In 1821 ontdekte Seebeck de thermo-electriciteit. Hij bevond, dat er een elektrische stroom wordt opgewekt, indien men een gesloten keten van twee verschillende metalen bij de ene contactplaats verwarmt. Kort daarna plaatste Melloni een aantal van deze elementjes in serie, en vouwde ze zodanig, dat tegelijkertijd om en om een aantal contactplaatsen kon worden verwarmd. Dit geheel noemde hij een *thermozuil*. Melloni gebruikte hiertoe een groot aantal paren antimoon- en bismuth-staafjes, elk staafje met het ene uiteinde aan dat van het vorige gesoldeerd (afbeelding 11). In 1831 deed Melloni, tezamen met Nobili, een publikatie het licht zien over onderzoeken met de z.g. *thermomultiplier*, welke in feite een instrument was voor het aantonen van warmtestraling. Het bestond uit een thermo-*zuil* en een galvanometer met a-statisch naaldensysteem. Melloni toonde hiermede o.m. de warmtestraling in het maanlicht aan.

Na 1831 zette Melloni zijn proefnemingen alleen voort. Hij verrichtte proeven over het doorlatingsvermogen van verschillende stoffen voor warm-



AFBEELDING 11 – Thermoziil naar Melloni (1831). Men ziet 32 paren anti-moonbismuth-staafjes, twee aan twee gesoldeerd, en in serie verbonden. Het is het principe van de bolometer.



AFBEELDING 12 – Kubus van Leslie, met water gevuld, ter bepaling van de emissiecoëfficiënt van oppervlakken.

testralen, over de breking en de polarisatie van warmtestralen. Daartoe gebruikte klipzout-prisma's ziet men op de bank (afbeelding 10) opgesteld. Tenslotte kwam hij tot de conclusie, dat warmtestralen dezelfde eigenschappen vertonen als lichtstralen. Ampère (1775–1836) meende hieruit de – later juist gebleken – theorie te kunnen opstellen, dat licht- en warmtestralen slechts in golflengte verschillen.

Men gebruikte de z.g. *kubus van Leslie* (nr. 182) (afbeelding 12) om de uitzending van warmtestraling van verschillende oppervlakken te kunnen vergelijken. Daartoe werd de kubus met warm water gevuld. De zijden van de kubus bestaan uit verschillende materialen, die dus alle dezelfde temperatuur van het warme water hadden.

Een belangwekkend astronomisch instrument is de grote heliograaf, nr. 380, tussen de kasten IX en X. De astronomische kijker heeft een door midden gesneden, grote lens, die voor op de kijker kan worden gezet. Iedere helft van de lens geeft een volledig beeld van de zon. Een lenshelft wordt zo ver

geschoven, dat de beide beelden in het brandvlak elkaar juist uitwendig raken. Uit de verplaatsing van de lenshelft kan de hoekdiameter van de zon worden berekend. Men kan dit instrument ook gebruiken om de afstand van dicht bij elkander staande sterren (bijvoorbeeld een dubbelster) te meten.

Dit instrument is vervaardigd voor de Commissie, die in 1874 werd uitgezonden naar het eiland Réunion, tot het nemen van fotografieën van de overgang van Venus over de zon. Van 1922 tot 1932 is deze heliograaf in bruikleen geweest bij de sterrenwacht te Lembang, op Java.

Door tegelijkertijd op verschillende plaatsen ter wereld de overgang van een planeet over de zon waar te nemen, is de afstand van de zon tot de aarde te berekenen. Halley kwam in 1677 op het idee van deze berekening, toen hij op het eiland Sint Helena de overgang van Mercurius waarnam. Hij sprak dit idee in 1691 openlijk uit, en ontwikkelde het in 1716, om de astronomen aan te sporen de overgang van Venus op 6 juni 1761 (die hij dus zelf niet meer zou beleven) voor de berekening van die afstand te gebruiken, hetgeen inderdaad is gebeurd. Ook Gregory had in zijn 'Optica promota' van 1663 het idee reeds uitgesproken.

DE OVALE ZAAL

OPTIEK

Gaat men het trapje op, dan komt men in de Ovale Zaal, die na Teyler's dood, in 1780, is gebouwd en die in 1784 gereedkwam. In deze zaal verrichtte Van Marum zijn belangrijke onderzoekingen met zijn grote elektrische machine. Ook in dit deel van het Museum zijn enkele instrumenten vrij opgesteld.

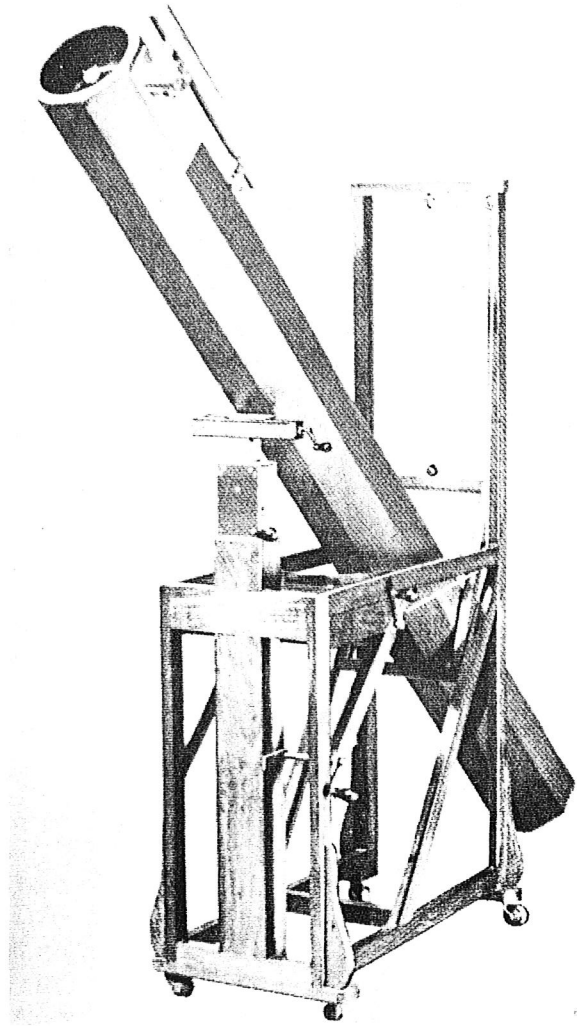
In aansluiting op de beschrijving van de heliograaf, op de voorgaande bladzijde, zullen wij nu allereerst een paar interessante, optische instrumenten bespreken, die in deze zaal staan.

Men ziet een stel geel koperen *parabolische brandspiegels* (nr. 180). Golven, die uit het brandpunt van de ene spiegel worden uitgezonden, worden teruggekaatst als een evenwijdige bundel van platte golven. Vallen deze langs de as in de andere spiegel, dan worden zij geconcentreerd in het brandpunt van de tweede spiegel. Zo kan men een horloge, opgehangen in het ene brandpunt, horen tikken in het andere (geluidsgolven). Door terugkaatsing van warmtestralen kan een licht ontvlambare stof, in het ene brandpunt aangebracht, ontbranden, indien men een houtskoolvuurtje in het focus van de andere spiegel aansteekt. Omstreeks 1770 werd met dergelijke spiegels het licht in de vuurtoren van Liverpool ontstoken.

Bij het begin van de zaal staat een *spiegel-telescoop naar James Gregory* (nr. 324).

In 1663 heeft Gregory, de uitvinder van de spiegel-telescoop in zijn boek 'Optica promota' een beschrijving gegeven van het instrument, zoals hij het zou willen vervaardigen. Het omgekeerde beeld van het te bekijken voorwerp zou door een grote, holle, parabolische spiegel worden gevormd in het brandpunt van een kleinere, holle, elliptische spiegel, die dicht bij de opening van de telescoop was aangebracht. Deze kleine spiegel zou de stralen wederom terugkaatsen naar een opening in de grote spiegel, en voor het daarachter geplaatste oculair een nogmaals omgekeerd, dus rechtopstaand beeld vormen. Er zijn verscheidene telescopen van deze constructie gemaakt, waarvan het exemplaar in Teylers Museum – vervaardigd door de kundige Engelse opticus Dollond – een bekend exemplaar is.

Er staat ook een *zeven-voets-spiegel-telescoop naar Newton*, vervaardigd



AFBEELDING 13 – Spiegeltelescoop naar Newton, gemaakt door de beroemde astronoom Herschel (nr. 323). In 1790 aangekocht ten behoeve van de sterrenwacht welke zich boven op het museumgebouw van Teyler bevond. Deze sterrenwacht is in 1966 gerestaureerd.

door Herschel, en in 1790 door Van Marum voor Teylers Museum aangekocht (afbeelding 13).

Newton heeft de Gregoriaanse telescoop verbeterd. Hij liet het beeld door een holle, sferische spiegel terugkaatsen naar een vlakke, die onder een hoek van 45° was geplaatst, een eindweegs vóór het brandpunt van de holle spiegel, zodanig, dat de teruggekaatste stralen het beeld vormden even vóór het oculair, waardoor het vergroot werd waargenomen. Dit oculair bevond zich in een zijbuis, welke loodrecht op de telescoopbuis was geplaatst.

Aan het einde van de zaal vindt men een *refractor kijker* (nr. 352), gemaakt door de beroemde kijkerbouwer Jan van Deyl, in 1781.

MECHANICA

De mechanica viert hoogtij in deze kunstzinnige zaal, welke versierd is met houtsnijwerk en met een gaanderij, waar vele oude tijdschriften een plaats hebben gevonden. De ijzeren balustrade was destijds een bouwkunstige nieuwigheid.

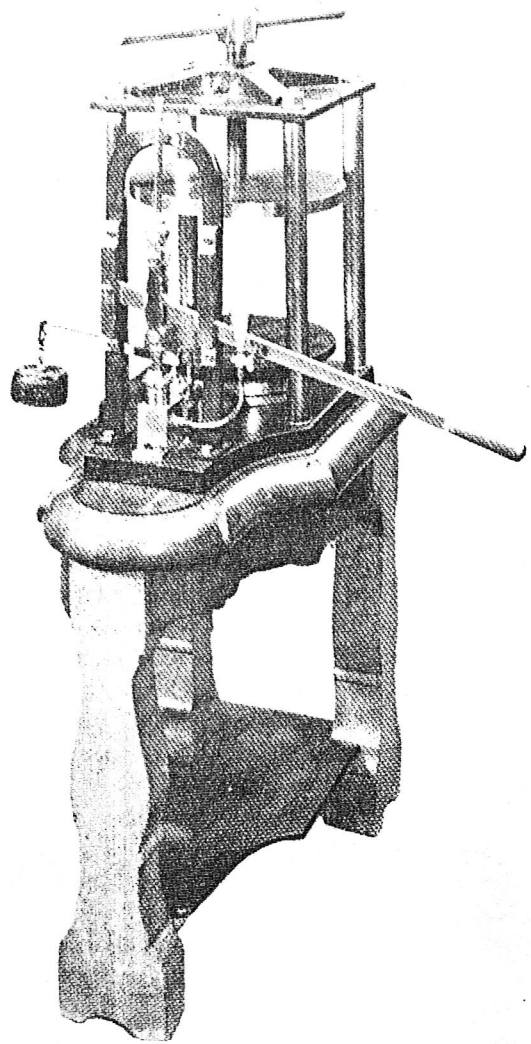
Vrij opgesteld staat een *hydraulische pers naar Bramah*, (nr. 99), door Logeman en Funckler gemaakt. In 1795 deed Bramah zijn eerste publicatie over een dergelijke pers het licht zien. De werking ervan berust op de wetten der hydrostatica, welke door Simon Stevin (1586) en later opnieuw door Pascal (1653) werden geformuleerd, luidende, dat de krachten, door een vloeistof op twee oppervlakken uitgeoefend, evenredig zijn aan de grootte van die oppervlakken.

Bij deze pers is de kracht, door de grote zuiger uitgeoefend, bijna 800 maal zo groot als die, waarmede de hefboom wordt neergedrukt (afbeelding 14).

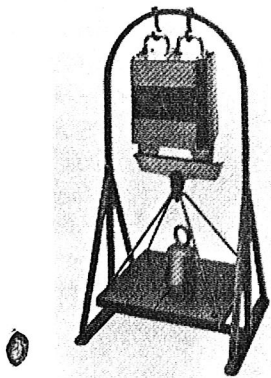
Uniek is de *natuurlijke magneet met armatuur* (nr. 496) (afbeelding 15).

Dit stuk magneetijzersteen, voorzien van ijzeren poolschoenen en sluitstuk, is buitengewoon groot. Het is door toedoen van Parrot, hoogleraar te Dorpat in Estland, in 1811 in het bezit van Teylers Stichting gekomen. De steen is afkomstig uit Siberië. Het draagvermogen ervan is 74 kg. Een dergelijke draagkracht vindt men elders in Europa slechts bij de natuurlijke magneet van de Universiteit van Edinburgh.

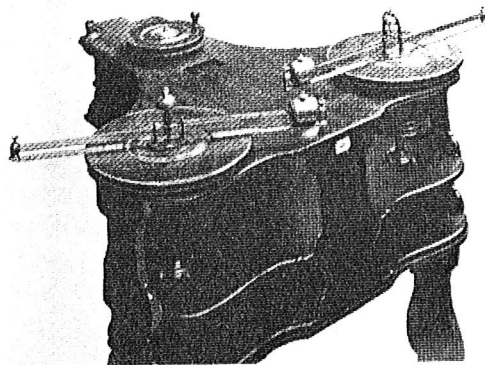
De *centrifugaal machine naar 's-Gravesande* (nr. 53) is vervaardigd door Steits. De op een koperen massa werkende centrifugaalkracht wordt via een hefboom in evenwicht gehouden door een tegenwicht, dat zijn ophangpunt



AFBEELDING 14 – Hydraulische pers, door Logeman en Funckler gemaakt (nr. 99).



AFBEELDING 15 – Eén der grootste stukken magneetsteen, thans bekend.



AFBEELDING 16 – Centrifugaal-machine naar 's-Gravensande.

vindt in de omwentelingsas (afbeelding 16). Doordat twee schijven tegelijk in beweging kunnen zijn, is dit instrument zeer geschikt om de verschillende wetten van de centrifugaalkracht te demonstreren. Zo kan men bijvoorbeeld aanschouwelijk maken, dat de middelpuntvliedende kracht recht evenredig is aan de massa van het lichaam dat wordt rondgedraaid. Het is zó ingericht dat er, zodra de middelpuntvliedende kracht het tegenwicht overwint, een palletje wordt weggetrokken, waardoor een belletje klinkt.

Ook is hiermede te demonstreren, dat men – indien men bij gelijke massa's de stralen der omloopcirkels verschillend neemt – de kwadraten van de hoeksnelheden in omgekeerde verhouding moet variëren, opdat men een gelijke middelpuntvliedende kracht verkrijge ($m\nu^2/r = m\omega^2 r^2/r = m\omega^2 r = \text{constant}$).

De Italiaan Benedetti (1530–1590) had – reeds vóór Galilei's werk – een principieel juist inzicht in het wezen van de centrifugaalkracht. Doch eerst Christiaan Huygens (1629–1695) kwam tot de juiste formulering der wetten van middelpuntvliedende kracht bij een cirkelbeweging. Een opsomming daarvan vindt men in zijn boek 'Horologium oscillatorium' daterend uit 1673. Newton (1643–1727) bracht de centrifugaalkracht in verband met de elliptische beweging der hemellichamen, en met de theorie over de afplatting van de aarde, en hij kwam hierdoor tot zijn theorie over de zwaartekracht.

Men moet vooral de inhoud van de kasten III en IV niet overslaan. De werking van windassen en katrollen werd in de 18e eeuw wiskundig geformuleerd, ofschoon ze reeds in de oudheid werden gebruikt. Hefbomen, hellende vlakken en kogelbanen waren in de 18e eeuw onderwerpen van wetenschappelijk onderzoek. De modellen van diverse molens (nrs. 44 tot en met 47) demonstren primair de wetten der mechanica, waarop de omzetting van de windkracht in een mechanisch toepasbare kracht berust. Men ziet, hoe deze molens reeds fabrieken waren, waarin men nog slechts de wind door stoom behoefde te vervangen (ca. 1840) om de industriële revolutie een aanvang te doen nemen. Deze collectie molens is in 1790 door Catz vervaardigd en in 1792 in het Museum opgenomen.

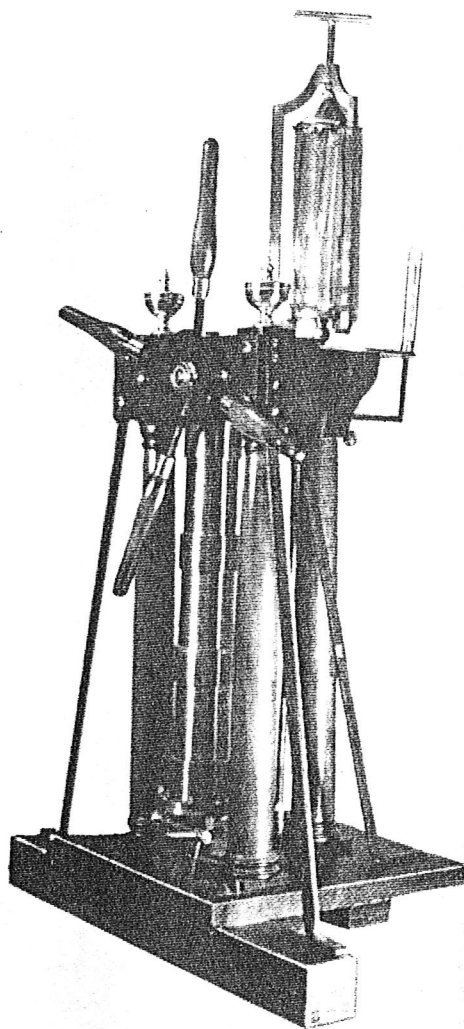
POMPEN

In de Ovale Zaal staan enkele waardevolle luchtpompen.

Waarschijnlijk is Otto von Guericke (1602–1686) omstreeks het jaar 1635 één der eerste gebruikers van een luchtpomp met een stang en een soort zuiger geweest.

Later zijn er o.a. mechanische kleppen ingebracht om het pompen te automatiseren. De beroemde proef met de halve bollen vond in 1652 te Maagdenburg plaats. R. Boyle (1626–1691) was één van de verbeteraars, en hij ontdekte met zijn zuigperspomp, dat het produkt van volume en druk constant was bij een bepaalde hoeveelheid gas. De *kleppenluchtpomp* (nr. 124) is een dergelijk exemplaar uit de 18e eeuw, waarmee men een eindvacuum heeft behaald van 2 à 3 mm Hg. Men kan dit type ook voor compressiedoeleinden gebruiken.

Van Marum had voor zijn proeven een luchtpomp nodig, die een voor die tijd hoge graad van verdunning leverde. De luchtpomp van Cuthbertson, die hij aanvankelijk gebruikte, en die over het algemeen als goed bekend stond, bleef beneden Van Marum's eisen. Hij zocht nu zelf een beter instrument te bedenken, en ging daarbij uit van de eenvoudige luchtpomp, die Senguerd reeds in 1697 had gemaakt. Hij was daarbij gedachtig aan zijn ervaring, dat werktuigen dikwijls verbeterd kunnen worden door ze te vereenvoudigen. Van Marum slaagde in zijn poging en construeerde een pomp welke ook als *perspomp* kon worden gebruikt (afbeelding 17; nrs. 835 en 205). Bij de beschrijving van de luchtpomp vermeldde Van Marum als terloops een proef,



AFBEELDING 17 — Zuigperspomp van Van Marum (nr. 835), in 1793 door Watt vervaardigd.
Op de compressiekant is het z.g. glazen toestel van Van Marum aangebracht (nr. 205),
waarbinnen voor het eerst een gas werd gecondenseerd, n.l. ammoniakgas.

die hij ermede had verricht als perspomp, ter controle van de Wet van Boyle. Van Marum plaatste n.l. in de ontvanger van zijn perspomp twee van boven gesloten glazen buisjes tegen een schaalverdeling en in een kwikbakje. Het ene buisje was gevuld met lucht, het andere met ammoniakgas. Nu werd de perspomp in werking gesteld. Het bleek, dat het ammoniakgas zich bij een druk van 3 atm. zeer vreemd gedroeg. Bij verdere verkleining van het volume steeg de druk niet meer, in afwijking van de Wet van Boyle, en er trad aanslag in het buisje op. Werd de druk verminderd door volume-vergroting, dan verdween de aanslag. Van Marum vermoedde, dat de aanslag met de vorming van vloeistofdruppels in verband stond, maar hij trok niet de conclusie, dat alle gassen misschien condenseerbaar waren. Dit is de eerste proef geweest van die lange reeks van onderzoekingen in de 19e eeuw, gedaan door Andrews (1869) en anderen, die leidde tot het inzicht, dat alle gassen beneden een bepaalde kritische temperatuur en druk gecondenseerd kunnen worden. Als laatste der z.g. permanente gassen werd het helium in 1908 door Kamerlingh Onnes vloeibaar gemaakt.

Een pomp, waarmede in principe lagere drukken konden worden bereikt, is de *kwikluchtpomp naar Geissler* (nr. 126), die uit het midden der 19e eeuw dateert.

In plaats van een mechanische zuiger gebruikte men hier een kolom kwik, welke als zuiger op en neer werd bewogen om het gas uit een recipiënt weg te zuigen en daarna met behulp van een driewegkraan door compressie te verwijderen. Hiermede slaagde de glasblazer Geissler erin zijn beroemde gasontladingsverschijnselen bij lage drukken (beneden 1 mm Hg) te demonstren. (Zie de gasontladingsbuizen in de kasten II en VI.)

De werking van de kwikluchtpomp berust op de regel van Torricelli (uit 1643), die reeds in de tweede helft van de 17e eeuw in Florence werd toegepast voor het maken van pompen. Torricelli (1608–1647) was een leerling van Galilei. Hoe groot in de 17e eeuw de belangstelling voor het fenomeen vacuum was getuigt mede het feit, dat het aantonen van de druk van onze atmosfeer uit die tijd stamt. Het woord 'barometer' is afkomstig van Boyle (1663); en in 1674 werkten Huygens en Papin in Parijs waar zij het gebruik beschrijven van de kwikmanometer voor het aflezen van lage drukken.

In kast VII staan allerlei toestellen voor het doen van proeven bij lage druk, o.a. de brandspuit, een fontein van Heron, een apparaat voor het verrichten van een valproef in het luchtledige, en een stel Maagdenburger halve bollen.

SCHEIKUNDIGE APPARATEN

Uniek zijn de verbrandingstoestellen van Van Marum.

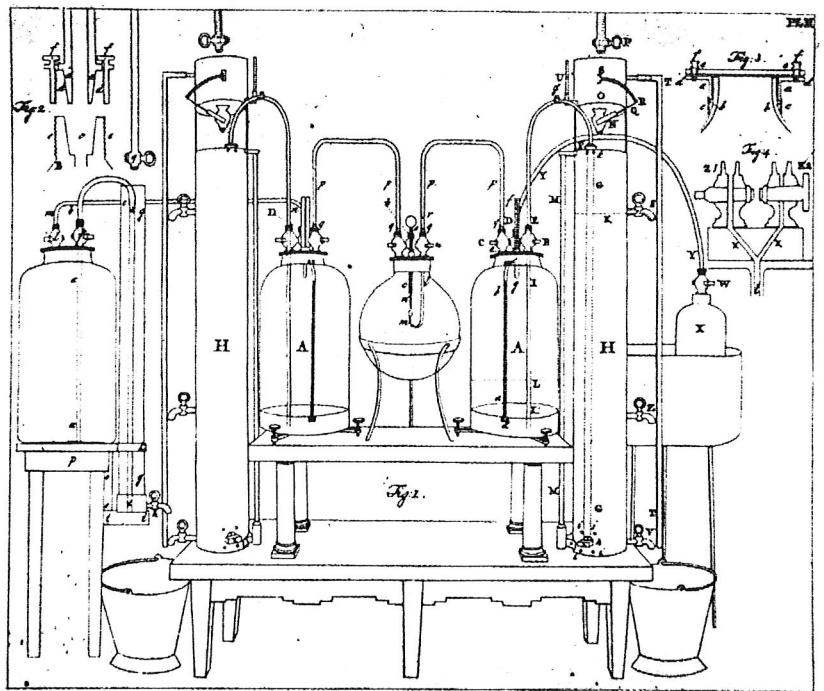
Kast I is daar grotendeels mee gevuld. Door middel van deze flessen en buizen heeft Van Marum de verbrandingstheorie van Lavoisier in Holland ingang doen vinden. Dit deel van zijn werkzaamheden verdient zeker niet minder aandacht dan zijn proeven op het gebied van de electriciteit.

In 1785 was Van Marum naar Parijs gegaan, en hij had er kennis gemaakt met Lavoisier (1743–1794), de vernieuwer van de scheikunde. Lavoisier ontbrak de tijd Van Marum eigenhandig zijn proeven te tonen, welke de onbetwistbare bewijzen vormden van zijn nieuwe theorie, waarmede hij sinds 1770 bezig was. Daarom werden de proeven ten aanschouwe van Van Marum verricht door Lavoisier's vurigste discipelen: Berthollet en Monge.

Tot die tijd was algemeen aangenomen, dat bij verbranding van stoffen het z.g. phlogiston vrijkwam, waardoor de verbrande stof lichter zou worden. Lavoisier echter bewees door wegingen, dat de verbrande stof juist zwaarder was geworden, dus iets had opgenomen, n.l. 'le principe oxigène'. Van Marum zag dadelijk de juistheid van Lavoisier's theorie in; maar tevens zag hij de kostbaarheid der buitengewoon ingewikkelde toestellen.

In Haarlem teruggekomen, stelde hij zich ten doel Lavoisier's ideeën in wijde kring ingang te doen vinden, en hij legde zich daartoe speciaal toe op het samenstellen van eenvoudiger en minder kostbare toestellen om de proeven te demonstreren en zo voor anderen toegankelijk te maken. Deze vereenvoudiging heeft hij op scherpzinnige wijze tot stand gebracht. Hij heeft het genoeg gesmaakt vele scheikundigen voor de nieuwe theorie te winnen.

Men ziet in deze kast Van Marum's eerste verbrandingstoestel voor waterstof met zuurstof (nr. 219). Links naast de kast zijn tentoongesteld: een afbeelding van Van Marum's verbrandingstoestel, benevens een overdruk van een brief van Van Marum aan Berthollet, uit 1791, met een beschrijving van zijn verbrandingstoestel. Het was de bedoeling met het toestel aan te tonen, dat bij ononderbroken omzetting van waterstofgas in water, exact twee maal zoveel 'kubieke duimen' waterstof nodig waren als zuurstof. Daarvoor moest Van Marum allereerst zijn ronde verbrandingsbol, in het midden van de opstelling in de afbeelding 18, evacueren met behulp van een handpomp. Dit geschiedde via een rubberslang. Van Marum noemt deze rubberslangen 'buigbare buizen van elastische gom, gemaakt om voor katheters in ongemakken



AFBEELDING 18 – Schematisch overzicht van het verbrandingstoestel (nr. 219) in kast I.

A zijn de gazometers.

H zijn de koperen cylinders, welke van boven open zijn en die met water worden gevuld via de kranen N en P.

M het peilglas, geeft de vloeistofhoogte aan.

De verbrandingsbol staat in het midden.

De gassen worden gesuppleerd uit de klok, X, en de uiterst links opgestelde fles.

De waterniveaus van A en H zijn met de waterhevels I E F G gekoppeld, en nauwkeurig gelijk gehouden.

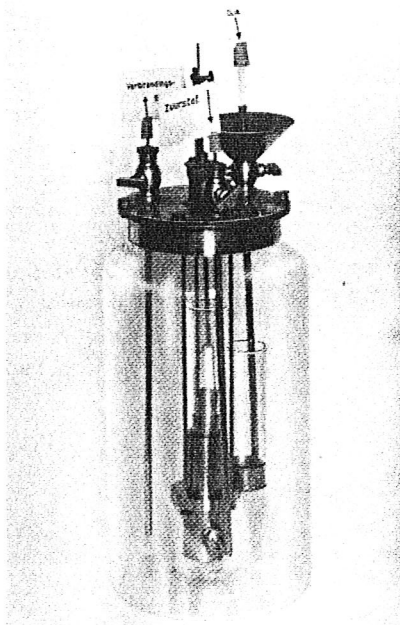
De thermometers f en g steken in de deksels van A.

Door middel van dit toestel werden de hoeveelheden waterstof en zuurstof bepaald die nodig waren voor volledige verbranding (2 : 1).

van de blaas te dienen'. Sinds 1751 was rubber in Europa bekend door La Condamine.

De regelmatige verbranding werd verzorgd door een elektrische vonk tussen twee platina-electroden, bij m en n. Platina werd door Van Marum als electrode-materiaal geïntroduceerd, in plaats van koper, omdat de Parijse chemici zulke grote moeilijkheden ondervonden met de oxydatie van het koper, dat de vonk niet meer over wilde springen. De ontsteking van brandbare gassen, door middel van een elektrische vonk werd voor het eerst toegepast in 1774, door Ludolf, in Berlijn.

Opmerkelijk is de grote zorg, die Van Marum besteedde aan het nauwkeurig kennen van druk en temperatuur van de beide gassen in de gazometerflessen, met A aangegeven in afbeelding 18. De thermometers in het deksel zijn aangegeven met de letters f en g. De druk wordt nauwkeurig op 1 atmosfeer gehouden door het waterniveau in A en dat in de van boven open cylinder H even hoog te houden. Een vernuftig stel hevels zorgt hiervoor. De gazometerflessen zijn dezelfde als die, welke zijn gebruikt voor de condensatorbat-



AFBEELDING 19 — Verbrandings-toestel naar Argand.
Het is een gewone olielamp binnen een glazen pot, tot onderzoek van de materiebalans.

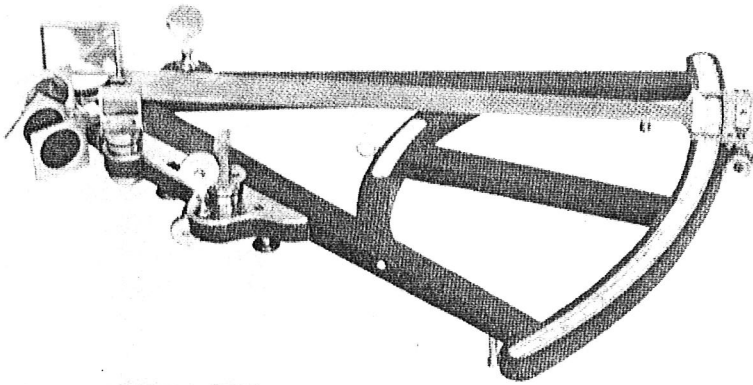
terij van de Leidse Flessen in de Voorzaal. Zij kwamen uit Bohemen. De techniek, waarmede Van Marum vacuumdichte afsluitingen met koperen flenzen op glazen bollen (figuur 3 in afbeelding 18) verzorgde, was knap. Dik, gesmolten rundvet was het tovermiddel, waarmede alle kieren gedicht werden. Ook de konische overgangsstukken tussen twee buizen waren al zeer modern (afbeelding 18, figuur 2). Tot goed begrip realiseerde men zich, dat in 1791 de Wet van Boyle bekend was, doch niet van Boyle-Gay Lussac. Men had nog geen idee van het absolute nulpunt. Wél nam men aan, dat zich in de vaste stof 'warmte-deeltjes' bevonden, die met de gasmoleculen in warmte-evenwicht waren. Ook de regel van Avogadro, die stelt, dat er bij gelijke temperatuur en druk in gelijke volumina voor alle gassen evenveel moleculen zijn, werd pas in 1811 uitgesproken. Het hier genoemde gazometer-werk van Van Marum, is tezamen met het nauwkeurige weegwerk der Parijse chemici Lavoisier en Berthollet de basis geweest voor het inzicht in het behoud van materie bij chemische processen, en het heeft belangrijk bijgedragen tot de formulering van de regel van Avogadro. Van Marum publiceerde zijn chemische experimenten in een uitvoerige verhandeling in 1798 (zie bibliografie achterin deze inleiding).

Van Marum achtte zijn toestel nr. 219 nog te gecompliceerd, ofschoon hij er niet weinig trots op was, dat hij het in circa één jaar had kunnen bouwen voor slechts 26 hollandsse dukaten. In de aparte vitrine, dicht bij kast I, ziet men het *vereenvoudigde verbrandingstoestel* nr. 220. Ook dit dateert van 1791. De omgekeerde verbrandingsbol met nauwe hals kan men in een bakje met kwik plaatsen, waardoor het kwik – na verbranding – automatisch in de bol omhoog stijgt. Hierdoor omzeilt men een deel van het bovengenoemde gazometer-werk.

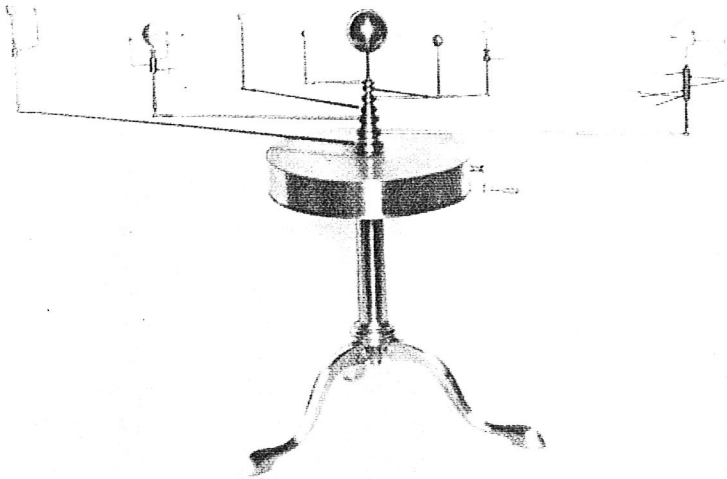
In dezelfde vitrine ziet men ook een *lamp naar Argand*, nr. 225 (afbeelding 19), die door Lavoisier omstreeks 1780 werd gebruikt om de verbranding van olie met zuurstof te onderzoeken. Men ziet een olielamp in een fles. Er zijn toevoerleidingen voor olie en zuurstofgas. De afvoerleiding van de verbrandingsgassen ging o.a. naar een weeg-inrichting.

ASTRONOMISCHE INSTRUMENTEN EN PLANETARIA

De instrumenten in kast VIII zijn voor het grootste deel voor astronomische doeleinden bestemd. Het zijn kijkers, sextanten en planetaria, waarvan de meeste in de 18e eeuw zijn vervaardigd.



AFBEELDING 20 – Octant naar Hadley, einde 18e eeuw; vervaardigd door Hulst van Keulen, instrumentmaker te Amsterdam.



AFBEELDING 21 – Planetarium met handaandrijving; Adams, Londen, 1791.

Er staat een octant naar Hadley (afbeelding 20), gemaakt door G. Hulst van Keulen, instrumentmaker te Amsterdam aan het einde van de 18e eeuw (nr. 326). Het denkbeeld van een octant had Newton reeds in 1699 uitgewerkt, en ook in een brief aan de astronoom Halley beschreven. Deze brief is echter pas in 1742 – na het overlijden van Halley – bekend geworden. Newton wilde zijn octant gebruiken om de boogafstand van de maan tot de vaste sterren te bepalen, en eveneens om de hoogte van een ster te meten, waardoor op een schip tijd en plaats berekend konden worden. Gewoonlijk wordt voor deze bepalingen de hoogte van de zon gemeten.

Hadley is waarschijnlijk een medewerker van Newton geweest. In 1731 maakte hij de octant bekend. Deze dient om een hoek te meten, die de verbindingslijnen van de waarnemer naar twee punten met elkaar maken. Hij bestaat uit een vizier, en twee spiegelglazen, waarvan de eerste voor de helft doorzichtig is.

Toen de octant pas uitgevonden was, kon men nog niet zeer nauwkeurig de cirkel verdelen. Daartoe heeft Ramsden een *cirkelverdelmachine* geconstrueerd (in 1763), waardoor de instrumenten sindsdien nauwkeuriger konden worden.

Men ziet ook een octant (nr. 327) op een scheepskompas, door Benjamin Ayres gemaakt. Dit exemplaar is veel eenvoudiger en lijkt meer op die van Newton. Hij werd voor het waarnemen der zonshoogte gebruikt. Benjamin Ayres was omstreeks 1750 instrumentmaker aan de zeevaartschool te Amsterdam. Een sextant (nr. 328) is hetzelfde instrument als een octant, alleen de gradenboog verschilt. De namen duiden op bogen, respectievelijk één zesde deel van een cirkel en één achtste deel van een cirkel omvattend.

Merkwaardig is de achttiende-eeuwse voorliefde voor modellen van het zonnestelsel. Afbeelding 21 toont een *planetarium*, dat door handaandrijving de relatieve omloopsnelheden der planeten om de zon demonstreert. De schijngestalten der planeten kan men hier eveneens aan zien. De planeet Uranus was in 1781 door de astronoom Herschel ontdekt. Van dezelfde Herschel is de prachtige *spiegeltelescoop* in de Ovale Zaal afkomstig (afbeelding 13). Neptunus werd pas in 1846 door de Franse wiskundige Leverrier uit de storingen in de baan van Uranus langs rekenkundige weg gevonden. Merkw aardig is het, dat Herschel spoedig ook twee manen van Uranus vond. In dit planetarium heeft Uranus er nog slechts één, terwijl bovendien de helling van de maanbaan 90° foutief is aangegeven. Het model was blijkbaar wetenschappelijk heet van de naald, toen het werd vervaardigd. Het dateert uit 1791.

Voorts staan er in deze kast nog een aantal andere modellen, n.l. een tellurium (nr. 720), een lunarium (nr. 723), een jovarium (nr. 724) en een sphaera armillaris (nr. 729).

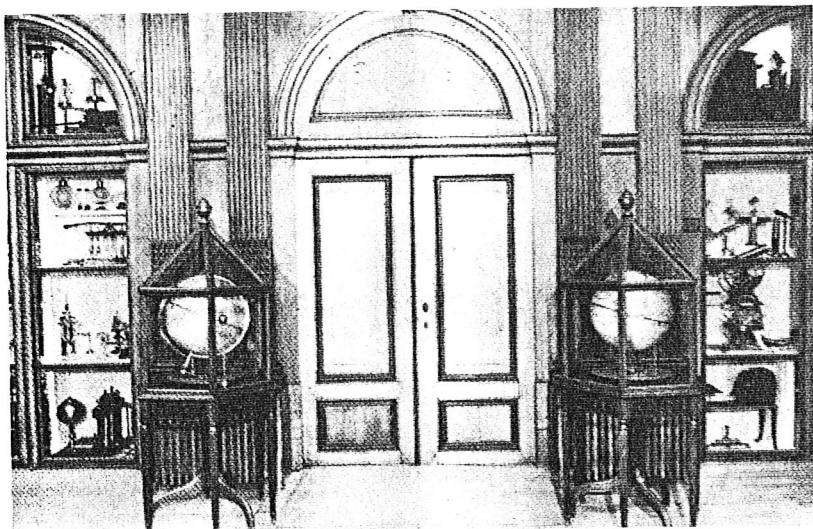
Een *tellurium* vertoont zonsopgang en zonsondergang in de vier seizoenen.

Een *lunarium* verklaart de schijngestalten van de maan, evenals zons- en maansverduisteringen.

Een *jovarium* vertoont het stelsel van 4 manen van de planeet Jupiter, zoals dat in 1609 door Galileï werd ontdekt. Het systeem van grote cirkels (meridiaan, horizon, equator, ecliptica, etc.) dat *sphaera armillaris* heet, dient tot demonstratie van de ingewikkelde 'loop van de zon aan de sterrenhemel'. Al deze modellen zijn afkomstig van Adams uit Londen.

MICROSCOPEN

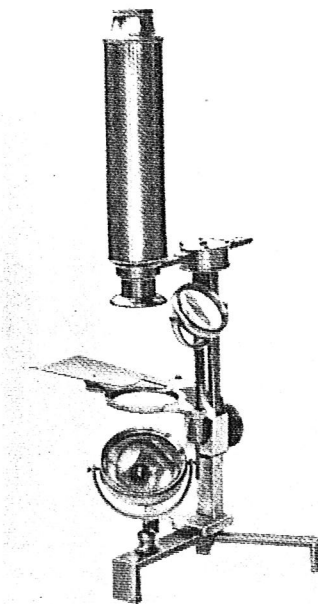
Tot de verzameling microscopen in kast IX behoren enkele exemplaren van historische waarde. De uitvinding van de samengestelde microscoop wordt toegeschreven aan Zacharias Janssen, aan het einde van de 16e eeuw. De



AFBEELDING 22 — Aardglobe (nr. 726) en hemelglobe (nr. 727) door Adams vervaardigd, en door Van Marum persoonlijk aangekocht (1791).

microscop dient, zoals bekend, tot het sterk vergroot waarnemen van kleine voorwerpen. De eerste microscopen waren enkelvoudige microscopen, in wezen niets anders dan gewone loupes, al of niet voorzien van een inrichting om het te vergroten object te bevestigen en ten opzichte van de lens te verplaatsen. Later werden de samengestelde microscopen vervaardigd, waarbij een sterke lens, het objectief, een vergroot beeld vormde, dat door een tweede lens, het oculair, bekeken werd. Tussen beide lenzen werd bij de meeste microscopen nog een derde ingevoegd, de veldlens van het *oculair van Huygens* (1662), welke diende om alle invallende lichtstralen via het oculair het oog te doen bereiken. Ook Hooke beschrijft het gebruik van zulk een lens in zijn boek 'Micrographia' (1667). Daardoor werd het gezichtsveld aanmerkelijk vergroot, scherp begrensd en gelijkmatig verlicht.

Vóór Dollond's vinding van de achromatische lens, in 1757, leed de microscop – evenals de verrekijker – aan het euvel der kleurschifting. Jan van Deyl en diens zoon Harman hebben in 1766 *de eerste microscop met achromatisch objectief* vervaardigd. Zij hadden het echter zo druk met het maken van de bij hen bestelde verrekijkers, dat zij de publicatie van hun



AFBEELDING 23 – Microscop (nr. 368) van Harman van Deyl, zoon van de beroemde kijkerbouwer Jan van Deyl, gemaakt in 1806. Het is één der vroegste microscopen, die van een achromatisch objectief waren voorzien. Vergroting: tot 95 maal.

microscopie steeds uitstelden. Tenslotte verscheen – in 1807 – in de Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen een artikel van Harman van Deyl, waarin hij schreef de bekendmaking van hun vinding nu niet langer te willen uitstellen, aangezien zijn vader reeds enige jaren geleden was overleden en hij zelf reeds de leeftijd van 69 jaar had bereikt. Sindsdien zijn de achromatische microscopen overal bekend geworden.

Wij zien drie handmicroscopen naar Joblot (nr. 369). Joblot was in het begin van de 18e eeuw instrumentmaker te Parijs. Hij werd speciaal door zijn microscopen bekend. Ook is er een houten microscopie (nr. 366), een navolging van Culpeper. In het begin van de 18e eeuw was Culpeper instrumentmaker te Londen. Hij voegde aan zijn microscopen een verlichtingspiegel toe, zoals die door Hertel, in Duitsland, het eerst was aangebracht.

Een microscopie van Harman van Deyl, uit 1806, met achromatisch objectief (nr. 368), komt ook in deze collectie voor (zie afbeelding 23).

Zeer merkwaardig is een spiegelmicroscopie, door Rienks (nr. 330), uit Friesland, gemaakt in 1825.

Evenals bij de telescopen, heeft men bij de microscopen een tijd lang spiegels gebruikt in plaats van lenzen, om kleurschifting te ontgaan.*

Tenslotte ziet men een beeldmicroscopie (nr. 363) van Adams, uit ongeveer 1790. Deze heeft tot doel een beeld van een voorwerp vergroot op een scherm te projecteren. Het is een verbetering van de toverlantaarn, zoals die reeds in het midden van de 17e eeuw bekend was. Fahrenheit noemde het instrument een donkere-kamer-microscopie.

* Ruim een eeuw later zijn deze spiegelmicroscopen industrieel vervaardigd door de N.V. Optische Industrie 'De Oude Delft' (vinding A. Bouwers en B. S. Blaisse).

NAWOORD

Deze introductie tot het Natuurkundig Kabinet van Teylers Museum is een poging om aan de bezoeker een gemakkelijk leesbare handleiding te geven, waaruit in één à twee uren tijds een indruk kan ontstaan omtrent de meest waardevolle der tentoongestelde voorwerpen. Volledigheid is opzettelijk niet nagestreefd. Het aanwezige materiaal is typisch representatief voor de 18e en de 19e eeuw. In de beschrijving is gezocht naar de samenhang met de 17e en de 20e eeuw.

Bij het controleren van de inhoud van de eerste uitgave (1969) van deze beknopte Inleiding tot een aantal belangrijke objecten uit het Natuurkundig Kabinet, heb ik slechts enkele correcties t.b.v. de tweede druk aangebracht. Het is verheugend dat dit boekje blijkbaar aan een behoefte voldoet.

J. Kistemaker,
Conservator Natuurkundig Kabinet.

herfst 1977.

BIBLIOGRAFIE

De voornaamste publikaties van Van Marum, met betrekking tot zijn experimenten in Teylers Museum, zijn verschenen in de *Verhandelingen van Teylers Tweede Genootschap*.

Deel 1 (1781), Natuurkundige Verhandeling ter beantwoording van 't voorstel by Teylers Tweede Genootschap uitgeschreven, over de gephlogisteerde en gedephlogisteerde luchten.

Deel 3 (1785), Beschryving eener ongemeen groote electrizeermachine, geplaatst in Teylers Museum te Haarlem, en van de proefneemingen met dezelve in 't werk gesteld.

Deel 4 (1787), Eerste Vervolg der proefneemingen met de electrizeermachine, met Aanhangzel, Schets der Leere van Lavoisier.

Deel 9 (1795), Tweede Vervolg der proefneemingen met de electrizeermachine.

Deel 10 (1798), Beschryving van eenige nieuwe of verbeterde chemische werktuigen, behoorende aan Teylers Stichting, en van proefneemingen met dezelve in 't werk gesteld.

Nà 1800 publiceerde Van Marum niet meer in deze Teyler-verhandelingen. Zijn werk, meestal over natuurhistorische zaken, vindt men dan o.a. in de series van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, en in de Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen, (bestaande van 1752 tot 1922). Van Marum's opvolger, Van Breda, heeft weinig gepubliceerd.

De Verhandelingen van Teylers Tweede Genootschap bestaan tot op de huidige dag, en bevatten meestal de bekroonde prijsvraag-antwoorden van dit Genootschap.

Van 1868 tot 1953 bestond het tijdschrift *Archives du Musée Teyler*. De conservatoren Van der Willigen en Van der Ven, alsmede de curatoren Lorentz en Fokker, hebben hierin vele bijdragen over hun onderzoekingen in Teylers Natuurkundige Afdeling gepubliceerd.

Een omvangrijke bibliografie van en over Van Marum's werken is opgenomen in het eerste deel van de serie *Martinus van Marum*, uitgekomen in 1969, en uitgegeven door de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen; Uitgever van dit werk is: Noordhoff International Publishing, Leyden. Het zesde en laatste deel verscheen in 1976. Deze delen tezamen geven een uniek

tijdsbeeld van wetenschap en samenleving tussen 1770 en 1800. Van speciaal belang voor de Verzameling is de Beschrijvende Catalogus van de wetenschappelijke instrumenten van Van Marum, verzorgd door G.L'E. Turner, in deel vier (1973).

Tenslotte dient hier vermeld te worden, dat een belangrijk deel van de gegevens in deze gids is geput uit de *Gids door de verzameling van Natuurkundige Instrumenten in Teylers Museum te Haarlem*, anno 1933 samengesteld door A. D. Fokker en A. M. Muntendam.

ADDENDUM

BEHEERDERS VAN HET NATUURKUNDIG KABINET.

Conservatoren:	geboren	overleden	in functie:
Dr. M. van Marum (Directeur)	1750	1837	25- 6-1784 tot 26-12-1837.
Professor dr. J. G. S. van Breda (Directeur)	1788	1867	11- 1-1839 tot 8- 7-1864.
Dr. V. S. M. van der Willigen	1822	1878	11-11-1864 tot 19- 2-1878.
Dr. E. van der Ven	1833	1909	27- 9-1878 tot 27- 6-1909.

Curatoren:	geboren	overleden	in functie:
Professor dr. H. A. Lorentz	1853	1928	27- 6-1909 tot 4- 2-1928.

met de onderstaande conservatoren tot medewerkers:			
dr. G. J. Elias			1910 tot 1916;
dr. W. J. de Haas			1916 tot 1917;
dr. J. M. Burgers			1917 tot 1919;
dr. B. van der Pol			1919 tot 1922;
dr. D. Coster			1923 tot 1924;
dr. A. D. Fokker			1925 tot 1928.

Professor dr. A. D. Fokker	1887	1972	4- 2-1928 tot 1955,
--------------------------------------	------	------	---------------------

met de onderstaande conservatoren tot medewerkers:			
dr. C. J. Gorter			1931 tot 1936
dr. G. W. Rathenau			1936 tot 1938;
dr. B. H. Schultz			1938 tot 1942.

In 1955 trad professor Fokker af, en werd het Natuurkundig Laboratorium van Teylers Stichting gesloten.

Conservator Natuurkundig Kabinet:			
Professor dr. J. Kistemaker	1917		1955 tot heden.

De amanuenses waren:			
J. A. Schoonbeek			1878 tot 1899;
J. van Waveren			1900 tot 1936;
J. M. Verbeek			1936 tot 1955;
C. W. Wilshaus			1960 tot heden.

De dagelijkse leiding in het Museum en het toezicht op de collecties berusten sinds 1955 bij de casteleyn-adjunct conservator, de heer J. H. van Borssum Buisman (sinds 1952 verbonden aan Teylers Stichting).