

wird die Variable t gegen die Variable r (Korngröße) unter Benutzung der STOKESschen Gleichung in der Form $d = k \sqrt{1/t}$ ausgetauscht, was zu

$$\frac{dD(t)}{dd} = 2 \frac{1}{k} t^{5/2} \frac{d^2P(t)}{dt^2}$$

führt. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Vorzeichen [$dD(t)/dd \leq 0$; $F(r) \geq 0$] besteht Übereinstimmung mit ODÉNS Massenverteilungsfunktion

$$F(r) = -2 \sqrt{\frac{c}{h}} t^{5/2} \frac{d^2P(t)}{dt^2}.$$

Zwei verschiedene Anwendungsbereiche der Methode können unterschieden werden:

1. Bestimmung der Teilchengröße (bzw. -Dichte) von homogen α -radioaktiven Stoffen, wie z. B. schwerlöslichen Uranverbindungen oder durch Mischfällung mit α -strahlenden Nukliden erhaltenen Niederschlägen oder homogen beladenen Ionenaustauschern.

2. Bestimmung an durch Oberflächenadsorption aktivierten Teilchen, wie z. B. gewissen Oxyden, Silikaten, Gläsern.

Für beide Möglichkeiten werden im folgenden charakteristische Beispiele gegeben:

1. *Urandioxyd*. 50 mg UO_2 der AB Atomenergi, Stockholm, mit einer Korngröße von 2–4 μ (gemäß Abtrennung mittels ANDREASEN-Pipette⁴) wurden in einem Sedimentationszylinder von 4 cm Höhe in 0,02 M $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ -Lösung (Dispergierungsmittel zur Vermeidung von Agglomeratbildung) aufgeschlämmt. Aus der in Abb. 2 wiedergegebenen Sedimentationskurve ließ sich, wie

oben beschrieben, die Häufigkeitsverteilungskurve ermitteln, die ebenfalls in Abb. 2 wiedergegeben ist.

2. *Pyrexglaspulver*. Nach Mörsern, Sieben und Fraktionierung mit der ANDREASEN-Pipette wurde eine Fraktion im Korngrößenbereich 2–25 μ erhalten. An diesem Pulver wurde Pb-212 (ThB) im Gleichgewicht mit Bi-212 (ThC) aus schwach alkalischer trägerfreier Lösung adsorbiert. Nach gründlichem Waschen mit destilliertem Wasser gelangten 25 mg des Pulvers zur Sedimentation. Die Auswertung geschah wie oben, die Voraussetzung konstanter Flächenbelegung (Indizierung) wurde durch Messung der spezifischen Aktivität an verschiedenen Fraktionen bestätigt; die mittlere Korngröße wurde zu 14 μ gefunden.

Ein Vorteil der beschriebenen Methode ist es, daß sehr kleine (unwägbare) Mengen für eine Bestimmung ausreichen, und daß die Durchführung in jedem radiochemischen Laboratorium sehr einfach ist, da die Apparaturteile in jedem Fall zur Verfügung stehen.

Ein Vergleich mit anderen in der Literatur beschriebenen radioaktiven Methoden zeigt folgendes: Verglichen mit der Methode der Teilchengrößenbestimmung mittels γ -Messung nach Neutronenbestrahlung⁵ werden im vorliegenden Fall bedeutend geringere Radioaktivitätsmengen benötigt; verglichen mit der Methode der Bestimmung mittels der Rückstreuung von β -Strahlung⁶ ist die vorliegende Methode auch bei den Verbindungen leichter Elemente verwendbar und bedarf keiner langwierigen Kalibrierung.

Wir danken dem Schwedischen Atomforschungsrat für Unterstützung.

⁴ A. H. M. ANDREASEN u. V. LUNDBERG, Ber. dtsh. Keram. Ges. 11, 249 [1930].

⁵ B. M. ABRAHAM, H. E. FLOW u. R. D. CARLSON, Analyt. Chem. 29, 1058 [1957].

⁶ P. CONNOR, W. H. HARDWICK u. B. J. LANNY, J. Appl. Chem. 9, 525 [1959].

Isotopic Composition of Xenon from Enstatite Chondrites *

By J. H. REYNOLDS

Miller Institute for Basic Research in Science,
and Department of Physics, University of California,
Berkeley

(Z. Naturforsch. 15 a, 1112–1114 [1960]; eingeg. am 28. Oktober 1960)

In previous letters^{1–3} we have reported two types of isotopic anomaly in xenon from stone meteorites. First, there is often a marked increase of Xe^{129} , as in the ordinary chondrite Richardton¹ where the $\text{Xe}^{129}/\text{Xe}^{132}$ ratio is 1.5 instead of 0.98 as in the atmosphere. Second, there are less obvious anomalies—which we have called

secondary anomalies—in most of the other isotopic ratios. The secondary anomalies occur in various stone meteorites and have been shown² to be primordial and unrelated to cosmic ray exposure of the stones. The carbonaceous chondrites exhibit the secondary anomalies with great uniformity³. Since these particular stones are very rich in xenon (exceeding ordinary chondrites in xenon content by a factor of about 40 and exceeding the earth in xenon content by a factor which may be as high as 800) it is very reasonable to infer with KURODA⁴ and CAMERON⁵ that xenon from the carbonaceous chondrites is the best available sample of primordial xenon and that differences between this xenon and the xenon in the atmosphere must be largely attributed to processes which have changed the latter. It

* Work supported in part by the U.S. Atomic Energy Commission.

¹ J. H. REYNOLDS, Phys. Rev., Letters 4, 8 [1960].

² J. H. REYNOLDS, Phys. Rev., Letters 4, 351 [1960].

³ J. H. REYNOLDS, J. Geophys. Res. 65, 3843 [1960].

⁴ P. K. KURODA, Nature, Lond. 187, 36 [1960].

⁵ A. G. W. CAMERON, Differences between atmospheric and meteorite xenon, Section II in the formation of the sun and planets, to be published.



is the purpose of this note to report that enstatite chondrites—a rare type of hard, tough stone characterized by the absence of oxidized iron, the presence of carbon, and higher abundances of the heavy elements such as iodine—also exhibit a uniform xenon spectrum with a very prominent excess of Xe^{129} and with secondary anomalies similar to those found in Richardton and the carbonaceous chondrites.

Three enstatite chondrites have been examined: Abee, Indarch and St. Mark's. The $\text{Xe}^{129}/\text{Xe}^{132}$ ratios are presented in Table 1 and are seen to exceed the terrestrial ratio by factors ranging from 2.4 to 3.5.

Sample	Wt. of sample, [g]	$\text{Xe}^{129}/\text{Xe}^{132}$	Technique
Abee	1.16	$2.39 \pm .09$	new
Indarch - 1	1.72	$3.39 \pm .07$	old
Indarch - 2	1.55	$3.57 \pm .64$	old
Indarch - 3	1.66	$3.15 \pm .19$	old
Indarch - 4	1.83	$3.43 \pm .02$	new
St. Mark's	1.34	$3.27 \pm .07$	new
Atmosphere	—	0.98	—

Table 1. $\text{Xe}^{129}/\text{Xe}^{132}$ ratios for enstatite chondrites. The designation "new technique" means that the molybdenum crucible (and lid) used to melt the stone were outgassed at full operating temperature before the sample was inserted (in vacuum). The designation "old technique" means that the crucible was not outgassed above 150°C prior to melting the sample.

As in isotope geology, a convenient manner in which to express the secondary anomalies is to define for the isotope of mass M the quantity

$$\delta_M \equiv [(\text{Xe}^M/\text{Xe}^{132})/(\text{Xe}^M/\text{Xe}^{132})_{\text{atmos.}}] - 1$$

which utilizes atmospheric xenon as an isotopic standard. Values of δ_M for the various isotopes of the enstatite chondrites are collected in Table 2 and are plotted in Fig. 1, along with the δ_M values for Murray which are representative of the carbonaceous chondrites. From the figure it is evident that, within experimental error, the δ_M values for the isotopes other than Xe^{129} in Indarch and St. Mark's may be synthesized by a mixture of about 2 parts Murray xenon and 1 part atmospheric xenon (the latter possibly from laboratory contamination). There is slight evidence that the fission isotopes Xe^{134} and Xe^{136} are in excess, relative to Mur-

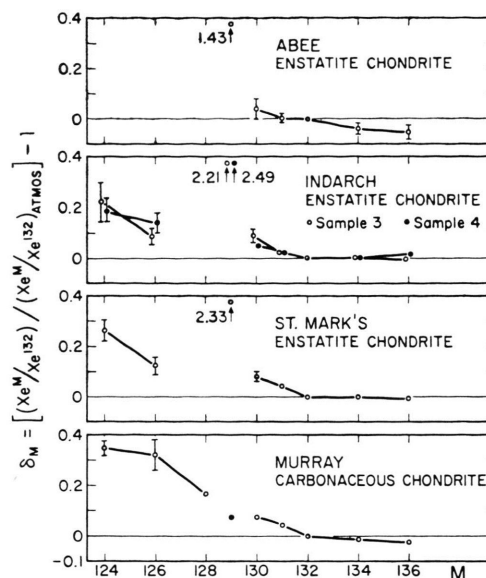


Fig. 1. Values of $\delta_M \equiv [(\text{Xe}^M/\text{Xe}^{132})/(\text{Xe}^M/\text{Xe}^{132})_{\text{atmos.}}] - 1$ for the meteorites.

ray xenon, in these two enstatite chondrites. This is not unreasonable since REED, KIGOSHI, and TURKEVICH⁶ have found that the uranium (and hence Pu^{244}) contents of enstatite and carbonaceous chondrites are roughly comparable, whereas there is much less xenon in the former.

Results for the single run on Abee are inconclusive as regards the secondary anomalies. In this work, the experimental problem is not low values of δ_M as in isotope geology, but is small sample size and the possibility of "memory" errors. While δ_M values are as large as 200 or 300 per mil, samples are typically only 5×10^{-9} ccSTP. We have recently received another sample of the Abee chondrite and plan to make additional measurements.

Excess Xe^{129} in stone meteorites is attributed to the radioactive decay of extinct I^{129} (half-life 17×10^6 years). From the excess- $\text{Xe}^{129}/\text{I}^{127}$ ratio for the meteorite it is possible to calculate the formation interval for the meteorite, defined as the time interval between the end of nucleosynthesis and the time of crystallization of the iodine-bearing minerals in the meteorite. The formation

Sample	124	126	128	M		131	132	134	136
				129	130				
Abee	—	—	—	$1.43 \pm .089$	$.0395 \pm .040$	$.004 \pm .016$	$\equiv 0$	$-.039 \pm .021$	$-.055 \pm .028$
Indarch-3	$.224 \pm .078$	$.0866 \pm .033$	—	$2.207 \pm .19$	$.090 \pm .026$	$.022 \pm .008$	$\equiv 0$	$.0026 \pm .006$	$-.0067 \pm .008$
Indarch-4	$.193 \pm .046$	$.140 \pm .038$	—	$2.493 \pm .020$	$.050 \pm .008$	$.026 \pm .006$	$\equiv 0$	$.0054 \pm .006$	$.0127 \pm .007$
St. Mark's	$.261 \pm .041$	$.122 \pm .033$	—	$2.328 \pm .067$	$.080 \pm .015$	$.042 \pm .007$	$\equiv 0$	$.002 \pm .008$	$-.0064 \pm .009$
Murray	$.347 \pm .028$	$.322 \pm .060$	$.165 \pm .007$	$.074 \pm .005$	$.076 \pm 0.10$	$.042 \pm .005$	$\equiv 0$	$-.015 \pm .005$	$-.024 \pm .005$

Table 2. Values of $\delta_M \equiv [(\text{Xe}^M/\text{Xe}^{132})/(\text{Xe}^M/\text{Xe}^{132})_{\text{atmos.}}] - 1$ for the meteorites.

⁶ G. W. REED, K. KIGOSHI and A. TURKEVICH, *Geochim. Cosmochim. Acta* **20**, 122 [1960].

interval found³ for Richardton is 120×10^6 years; a tentative value^{3, 7} for Indarch is 86×10^6 years. EBERHARDT and GEISS⁸ have criticized such calculations on the grounds that Xe^{129} may not have been formed in the meteorites; they suggest that primordial xenon may have had different Xe^{129} contents in different regions of the primitive solar system. If this is the case, we must now recognize at least four such distinct regions, as exemplified by $\text{Xe}^{129}/\text{Xe}^{132}$ ratios in carbonaceous chondrites, enstatite chondrites, ordinary chondrites, and the earth! It seems very certain that these effects were governed by chemical fractionation of I and Xe prior to the complete decay of I^{129} . Why, then, is there need to attribute this fractionation to an unknown process preceding and distinct from the formation of the meteorites?

ZÄHRINGER and GENTNER⁹ have examined the isotopic content of xenon from Abee without noting any anomalies,

other than a large but transient excess of Xe^{129} at the beginning of their mass spectrometer run. It seems apparent that these workers have mistaken the action of mass spectrometer "memory", which gradually replaces a xenon sample with xenon from previous analysis, for chemical clean-up of the sample. The pronounced "memory" effect in Xe has long been well known to mass spectroscopists. Indeed, in the present work it was not possible to determine $\text{Xe}^{128}/\text{Xe}^{132}$ ratios for the enstatite chondrites because of severe "memory" of a sample, heavily enriched in Xe^{128} , which had been analyzed in the mass spectrometer just prior to the sequence of measurements reported in this paper.

I wish to thank Miss D. DESMET, Mr. S. PUTNAM and Mr. R. PEPIN for expert help. For samples I am indebted to Prof. M. CALVIN, to Prof. E. ANDERS and to Dr. S. K. ROY of the Chicago Natural History Museum.

⁷ G. G. GOLES and E. ANDERS, Iodine content of meteorites and their I^{129} — Xe^{129} ages, *J. Geophys. Res.*, in press.

⁸ P. EBERHARDT and J. GEISS, *Z. Naturforsch.* **15 a**, 547 [1960].

⁹ J. ZÄHRINGER and W. GENTNER, *Z. Naturforsch.* **15 a**, 600 [1960].

BESPRECHUNG

Optik für Konstrukteure. Von H. NAUMANN, Wilhelm Knapp Verlag, Düsseldorf, 2. Aufl. 1960. VIII, 328 S. mit 443 Abb., Preis geb. DM 32,80.

In dem vorliegenden Buch werden in zwangloser Folge Grundlagen und Hilfsmittel, optische Bauelemente und Konstruktionsprinzipien optischer Instrumente behandelt. Es enthält jedoch nicht Ableitungen, Beweise oder Anleitungen für die Berechnung und Korrektur von Objektiven und dergleichen. Beim Leser werden optische Grundkenntnisse vorausgesetzt. Man bekommt durch das Buch einen hervorragenden Einblick in die

Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten bekannter und von der Industrie hergestellter optischer Teile. In vielen Fällen sind Fehler bzw. Toleranzen angegeben. Das ausführliche Register (ca. 1500 Stichworte) ermöglicht es, sich rasch in der Vielfalt der behandelten Fragen zurechtzufinden.

Nicht nur der Konstrukteur, sondern auch der experimentierende Physiker erhält aus dem Buch eine Fülle von Anregungen, die ihm manchen Umweg ersparen können. Es ist eine vorzügliche Hilfe bei der Planung optischer Geräte, Prüfeinrichtungen und Hilfsmittel.

G. LITTMANN, Aalen.