

Über die Zerfallskonstante von Radium D

Von

Egon Schweidler

Wirtl. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Aus dem I. Physikalischen Institut der Universität Wien)

(Vorgelegt in der Sitzung am 28. November 1929)

Unter den Zerfallsprodukten der Radiumreihe ist das Bleiisotop RaD durch geringe Intensität der Strahlung und relativ große Lebensdauer ausgezeichnet. Beides wirkt zusammen, eine exakte Bestimmung der Zerfallskonstante zu erschweren. Der erste Umstand nötigt dazu, die Strahlung der Folgeprodukte, des β -strahlenden RaE und des α -strahlenden RaF zu untersuchen und aus den Gesetzen des radioaktiven Gleichgewichtes auf die vorhandene Menge der Muttersubstanz RaD zu schließen. Der zweite Umstand bewirkt, daß entweder indirekte Methoden (Vergleich der Strahlung von RaE oder RaF mit der Strahlung der RaC -Menge, aus der das RaD gebildet wurde) angewandt werden müssen oder daß bei der direkten Messung des zeitlichen Abfalles innerhalb kürzerer Beobachtungsdauer die Ansprüche an die Genauigkeit der Messung sehr gesteigert werden.

Dementsprechend zeigen auch die bisherigen zahlenmäßigen Angaben über die Zerfallskonstante λ , beziehungsweise die Halbwertszeit T ziemlich große Abweichungen voneinander. Während die ältesten Resultate für T zwischen den weiten Grenzen $13\frac{1}{2}$ Jahre und 40 Jahre liegen, haben einige spätere Beobachtungen in leidlicher Übereinstimmung rund 16 Jahre geliefert. In letzter Zeit hat aber E. A. W. Schmidt¹ — ebenfalls nach einer indirekten Methode — eine Halbwertszeit zwischen 23 und 29 Jahren, im Mittel 25 Jahre, gefunden, also einen beträchtlich höheren Wert, als den bisher allgemein akzeptierten von rund 16 Jahren.

Im folgenden soll über Messungen berichtet werden, die nach einer direkten Methode den zeitlichen Abfall alter RaD -Präparate, bei denen das laufende Gleichgewicht zwischen den Folgeprodukten RaE und RaF und dem RaD praktisch bereits erreicht war, durch längere Zeit, nämlich $15\frac{1}{3}$ Jahre, verfolgten.

Die radioaktiven Präparate.

Es kamen vier Präparate, die mit I bis IV bezeichnet werden, zur Verwendung, ferner ein sogenannter »Uranstandard«.

Präparat I ist eine kreisförmige Platte aus Eisenblech, im Jahre 1905 durch lange Exposition in einer über ein Radiumpräparat

E. A. W. Schmidt, Diese Sitz.-Ber., 137, 647, 1928.

gestülpten Glocke, also in stark emanationshältiger Luft, aktiviert. Das Präparat wird unbedeckt untersucht, so daß also hauptsächlich die α -Strahlung des Folgeproduktes RaF wirksam ist. Die Anfangsaktivität (bei Beginn der Messungen im Jahre 1911) entsprach einem Sättigungsstrom von $7 \cdot 10^{-3}$ stat. Einh.

Präparat II ist ein Stück Bleiblech, das im Jahre 1905 durch 48stündiges Eintauchen in eine erwärmte Lösung von Radiobleichchlorid (mit der Signatur »purissimum«) aktiviert worden war. Es wurde hier ebenfalls die Gesamtstrahlung des unbedeckten Präparates gemessen, die Anfangsaktivität betrug $16 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ stat. Einh.

Präparat III und IV Ein Platinblech wurde — ähnlich wie Präparat I — durch $\frac{3}{4}$ Jahre (Juni 1906 bis März 1907) in emanationsreicher Luft über einem starken Ra-Präparat aktiviert und dann in mehrere Stücke geschnitten. Zwei von diesen wurden in eine mehrfache Lage von Stanniol gehüllt und so auf ihre ($\beta + \gamma$)-Strahlung geprüft. Die Anfangsaktivitäten waren $30 \cdot 7$ und $16 \cdot 1 \cdot 10^{-3}$ stat. Einheiten.

Schließlich diente zu Vergleichszwecken ein nach dem Verfahren von H. N. Mc Coy hergestellter »Uranstandard«, bestehend aus einem Kupferblech mit festhaftendem Überzug von Uranoxyduloxid (U_3O_8). Die Aktivität betrug $4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ stat. Einh.

Wie aus den oben gegebenen Daten ersichtlich ist, war bei Beginn der Messungsreihe (Juli 1911) das Alter der Präparate I bis IV so groß, daß die Einstellung des laufenden radioaktiven Gleichgewichtes zwischen RaD, RaE und RaF praktisch vollkommen erreicht war.

Die Versuchsanordnung.

Die Messung der Präparate erfolgte mittels einer »Topfanordnung«.¹ Das verwendete Elektrometer war ein Wulf'sches Zweifadeninstrument, die Kapazität betrug $7 \cdot 4$ cm. Den oben genannten Anfangsaktivitäten der Präparate I bis IV und des Uranstandards entsprachen Entladungsgeschwindigkeiten von rund 17, 40, 75, 39 und 11 Volt/min.; die Isolationskorrektur von etwa 0·1 Volt/min. war demgegenüber klein.

Es wurden stets alle Präparate an demselben Tag geprüft, wobei für jedes der Mittelwert aus fünf aufeinanderfolgenden Ablesungen eingesetzt wurde; nach 1 oder 2 Tagen wurde diese Messungsreihe wiederholt. Das Mittel (also aus je zehn Einzelbeobachtungen abgeleitet) gilt als beobachteter Wert für den betreffenden Zeitpunkt. Bei Präparat III und IV, bei denen nur die durchdringende Strahlung wirksam war, wurde der unmittelbar beobachtete Wert auf 710 mm Hg und 20° C. reduziert, unter der Annahme, daß die ionisierende Wirkung der Luftdichte proportional sei.

Bei der langen Dauer der ganzen Messungsreihe war natürlich die Konstanz der Empfindlichkeit des Elektrometers nicht gewähr-

¹ Vgl. St. Meyer und E. Schweidler, Radioaktivität, 2. Aufl., 1927, p. 288.

leistet. Auch wurden zeitweise kleine Änderungen der Anordnung notwendig, welche die Kapazität veränderten. Zuverlässiger als eine jedesmalige Bestimmung des Absolutwertes des Sättigungsstromes erschien daher eine relative Messung, nämlich des Verhältnisses der beobachteten Aktivitäten zu der am gleichen Tag für den Uranstandard gemessenen.

Die Messungsergebnisse.

Die Messungen wurden im Juli 1911 im Physikalischen Institut der Universität Innsbruck begonnen und dort bis zum Oktober 1926 weitergeführt. Sie wurden dann im I. Physikalischen Institut der Universität Wien fortgesetzt, und zwar mit demselben Apparat. Doch wurde bei dem Transport von Innsbruck nach Wien durch ein Versehen die Umhüllung von Präparat IV gewechselt, so daß die neuen Werte mit den früheren nicht vergleichbar sind; auch scheint der Uranstandard dabei eine leichte Beschädigung erlitten zu haben, die seine Aktivität um 1 bis 2% herabsetzte und daher die Relativwerte der Ra D-Präparate im selben Verhältnis erhöhte. Es werden daher vorläufig nur die Innsbrucker Messungen bearbeitet und eine Diskussion der Wiener Resultate einem späteren Zeitpunkt vorbehalten.

Entsprechend den Formeln:

$$I_t = I_0 e^{-\lambda t};$$

$$\log I_t = \log I_0 - \lambda t \cdot \log e = a - b t,$$

sollte $\log I_t$ eine lineare Funktion der Zeit sein. Zur Ausgleichung der Beobachtungsfehler, welche Abweichungen vom linearen Verlauf bewirken, wurde folgendes Verfahren benützt. Rechnerisch wurden zunächst fiktive Präparate eingeführt, deren Aktivität streng linear mit dem Zahlenwerte $b = 133 \cdot 10^{-4} a^{-1}$ abfällt, während a jeweils so gewählt wird, daß die Differenzen $\Delta = \log I_{\text{beob.}} - \log I_{\text{fikt.}}$ klein bleibt. Man erhält so die nachstehende Tabelle.

Faßt man in dieser Tabelle alle Werte der ersten Hälfte und der zweiten Hälfte zu je einem Mittelwerte zusammen (vgl. letzte Zeile der Tabelle), so folgt daraus:

$$10^4 \cdot \frac{d \Delta_I}{dt} = + 0 \cdot 5 \quad \text{und} \quad \frac{d}{dt} (10^4 \cdot \log I_I) = - 132 \cdot 5 a^{-1}$$

$$10^4 \cdot \frac{d \Delta_{II}}{dt} = - 10 \cdot 8 \quad \frac{d}{dt} (10^4 \log I_{II}) = - 143 \cdot 8 a^{-1}$$

$$10^4 \cdot \frac{d \Delta_{III}}{dt} = 2 \cdot 8 \quad \frac{d}{dt} (10^4 \cdot \log I_{III}) = - 135 \cdot 8 a^{-1}$$

$$10^4 \cdot \frac{d \Delta_{IV}}{dt} = - 0 \cdot 3 \quad \frac{d}{dt} (10^4 \log I_{IV}) = - 133 \cdot 3 a^{-1}$$

$t(a)$	$10^4 \cdot \Delta_I$	$10^4 \cdot \Delta_{II}$	$10^4 \cdot \Delta_{III}$	$10^4 \cdot \Delta_{IV}$
1911·50.. ..	56	+ 56	— 28	— 40
11·86.. ..	— 03	+ 83	—	—
11·95.. ..	— 104	+ 60	— 25	— 39
12·05.. ..	+ 57	+ 91	+ 07	— 07
12·16.. ..	+ 21	+ 24	—	+ 07
12·31.. ..	+ 33	+ 126	+ 23	+ 61
12·50.. ..	15	+ 33	+ 38	+ 22
12·86.. ..	+ 17	— 25	+ 05	+ 09
13·05.. ..	— 63	43	+ 26	— 05
13·31.....	— 04	+ 41	+ 31	+ 25
13·50.. ..	+ 08	+ 14	— 15	+ 30
13·82.....	— 21	— 14	+ 31	— 01
1912·57 ..	— 10·8	+ 37·2	+ 9·3	+ 5·6
t	$10^4 \cdot \Delta_I$	$10^4 \cdot \Delta_{II}$	$10^4 \cdot \Delta_{III}$	$10^4 \cdot \Delta_{IV}$
1914·05.. ..	— 20	— 04	— 46	— 82
14·33.. ..	— 16	+ 33	— 10	+ 18
15·51.. ..	+ 04	— 06	+ 40	+ 69
16·50.. ..	— 12	— 04	— 04	+ 61
17·01.. ..	— 111	— 21	— 63	— 68
18·03.. ..	— 76	— 76	— 50	+ 30
19·02.. ..	+ 31	— 21	09	+ 77
20·50.. ..	+ 59	— 05	+ 103	+ 86
21·45.. ..	— 10	— 38	+ 47	+ 40
22·03.. ..	— 03	— 91	69	— 59
23·20.. ..	+ 32	— 52	+ 19	13
26·83.....	+ 29	104	— 51	— 116
1919·04.. ..	— 7·8	32·4	— 7·8	+ 3·6

Als Gesamtmittel aus diesen vier Werten ergibt sich:

$$-\frac{d}{dt}(\log I) = \lambda \cdot \log e = 136 \cdot 3 \cdot 10^4 a^{-1}.$$

Der mittlere Fehler der vier Einzelwerte beträgt

$$\pm 5 \cdot 16 \cdot 10^{-4} a^{-1} = 3 \cdot 8\%_0;$$

der mittlere Fehler des Mittelwertes

$$\pm 2 \cdot 58 \cdot 10^{-4} = 1 \cdot 9\%_0.$$

Hieraus berechnet sich weiter:

$$\text{Zerfallskonstante } \lambda = 0 \cdot 0315 (1 \pm 0 \cdot 02) a^{-1}.$$

$$\text{Mittlere Lebensdauer } \tau = 31 \cdot 9 (1 \pm 0 \cdot 02) a.$$

$$\text{Halbwertszeit } T = 22 \cdot 1 (1 \pm 0 \cdot 02) a.$$

Der Wert von T liegt also etwas tiefer als der von Schmidt¹ bestimmte, aber diesem näher als dem bisher angenommenen von rund 16 Jahren.

Bei Betrachtung der vier Einzelwerte I bis IV fällt auf, daß der von II stärker herausfällt, die drei andern aber gut übereinstimmen. In der Tat ist gerade Präparat II (Bleiblech) vermöge seiner Oberflächenbeschaffenheit am meisten dem Verdacht ausgesetzt, daß durch mechanisches Abbröseln des radioaktiven Belages ein zu rascher Abfall vorgetäuscht werden könne. Bei Ausschluß von Präparat II erhalte man: $T = 22 \cdot 5 \pm 0 \cdot 2 a$.

Zusammenfassung.

Es wird der radioaktive Zerfall von RaD zum ersten Male² direkt aus dem Abfall innerhalb einer längeren, mit der Halbwertszeit vergleichbaren Beobachtungsdauer ($15\frac{1}{3}$ Jahre) ermittelt, und zwar an vier Präparaten, von denen zwei auf ihre Gesamtstrahlung, zwei auf $(\beta + \gamma)$ -Strahlung untersucht werden. Als Mittelwert ergibt sich mit einer Genauigkeit von ungefähr $2\frac{0}{10}$ für die Halbwertszeit der Wert $T = 22 \frac{1}{2}$ Jahre.

¹ Loc. cit.

Anmerkung bei der Korrektur: In *J. de phys. et le Rad.* 10, 1929, Novemberheft berichten Mme. P. Curie und Mme. J. Curie, daß aus Beobachtungen des Abfalles der Aktivität innerhalb 16 Jahren $T = 19 \cdot 5 a$ gefunden wurde, während Messungen der Bildung von RaF aus RaD den Wert $T = 23 a$ lieferten.

$t(a)$	$10^4 \cdot \Delta_I$	$10^4 \cdot \Delta_{II}$	$10^4 \cdot \Delta_{III}$	$10^4 \cdot \Delta_{IV}$
1911·50..	56	+ 56	- 28	- 40
11·86..	- 03	+ 83	—	—
11·95..	104	+ 60	- 25	- 39
12·05.	+ 57	+ 91	+ 07	07
12·16.	+ 21	+ 24	—	+ 07
12·31..	+ 33	+ 126	+ 23	+ 61
12·50..	15	+ 33	+ 38	+ 22
12·86..	+ 17	- 25	+ 05	+ 09
13·05..	- 63	43	+ 26	- 05
13·31....	- 04	+ 41	+ 31	+ 25
13·50..	+ 08	+ 14	- 15	+ 30
13·82.....	21	- 14	+ 31	- 01
1912·57....	- 10·8	+ 37·2	+ 9·3	+ 5·6
t	$10^4 \cdot \Delta_I$	$10^4 \cdot \Delta_{II}$	$10^4 \cdot \Delta_{III}$	$10^4 \cdot \Delta_{IV}$
1914·05..	- 20	- 04	- 46	- 82
14·33..	- 16	+ 33	- 10	+ 18
15·51..	+ 04	- 06	+ 40	+ 69
16·50.	- 12	- 04	- 04	+ 61
17·01.	- 111	- 21	- 63	- 68
18·03..	- 76	- 76	- 50	+ 30
19·02..	+ 31	- 21	09	+ 77
20·50..	+ 59	- 05	+ 103	+ 86
21·45..	- 10	- 38	+ 47	+ 40
22·03..	- 03	- 91	69	- 59
23·20.	+ 32	- 52	+ 19	13
26·83.....	+ 29	104	- 51	116
1919·04..	- 7·8	32·4	- 7·8	+ 3·6

Als Gesamtmittel aus diesen vier Werten ergibt sich:

$$-\frac{d}{dt}(\log I) = \lambda \cdot \log e = 136 \cdot 3 \cdot 10^4 a^{-1}.$$

Der mittlere Fehler der vier Einzelwerte beträgt

$$\pm 5 \cdot 16 \cdot 10^{-4} a^{-1} = 3 \cdot 8\%_0;$$

der mittlere Fehler des Mittelwertes

$$\pm 2 \cdot 58 \cdot 10^{-4} = 1 \cdot 9\%_0.$$

Hieraus berechnet sich weiter:

$$\text{Zerfallskonstante } \lambda = 0 \cdot 0315 (1 \pm 0 \cdot 02) a^{-1}.$$

$$\text{Mittlere Lebensdauer } \tau = 31 \cdot 9 (1 \pm 0 \cdot 02) a.$$

$$\text{Halbwertszeit } T = 22 \cdot 1 (1 \pm 0 \cdot 02) a.$$

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [138_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Schweidler Egon Ritter von

Artikel/Article: [Über die Zerfallskonstante von RadiumD. 743-747](#)