Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung Nr. 161

Über die Zerfallskonstante von RaA

Von

Marietta Blau

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Februar 1924)

Für die Halbierungskonstante von RaA hat P. Curie[1] in den Jahren 1902 und 1904 den Wert 2·9 Minuten gefunden, 1905 und 1906 wurde sie von Bronson[2] und H. W. Schmidt[3] zu 3·0 Minuten bestimmt. Bronson arbeitete mit einem Ionisationsgefäß von den Dimensionen: Höhe 10 *cm*, Radius 2·5 *cm*, so daß darin weder die α-Strahlen von Ra C noch die von Ra A vollständig absorbiert wurden, dadurch konnte aber das Verhältnis der Ionisierungswirkung der α-Strahlen von Ra A und Ra C nicht genau bestimmt werden und diese Ungenauigkeit beeinflußt den für die Halbierungskonstante ermittelten Wert. H. W. Schmidt bestätigt den von Bronson gefundenen Wert, gibt jedoch einschränkend an, daß sich der wahre Wert von diesem um höchstens $\pm$ 0·1^m unterscheiden kann.

1912 erfolgte durch Rutherford und Robinson[4] eine Neubestimmung dieser Konstanten auf Grund der Wärmewirkung von Ra A und zwar erhalten sie den Wert 3·05 Minuten. Trotzdem wird zumeist, so noch in den »Tables internationales des Isotopes et des éléments radioactifs«, Paris 1923, herausgegeben von der »Commission internationale des éléments chimiques« als Halbierungskonstante von Ra A 3·0 Minuten angegeben.

Der Zweck vorliegender Untersuchung ist eine Entscheidung zwischen den beiden Angaben zu treffen, da eine Abweichung der Zerfallskonstante um 1·7% auch die Zerfallskurven von Ra B und Ra C beeinflußt.

Der Vorgang bei der Untersuchung war folgender: Das zu aktivierende Kupferblech (zirka 2 *cm*^{2}) wurde in ein Aktivierungsgefäß gebracht, das zunächst evakuiert wurde; darauf wurde das Blech negativ aufgeladen und die Emanation eingelassen. Die Aktivierungszeit betrug sechs bis acht Sekunden. Danach wurde die Emanation abgepumpt und frische Luft eingelassen. Um noch anhaftende Reste von Emanation zu entfernen, wurde das aktivierte

---

[1] P. Curie, C. R. 135, 857, 1902; P. Curie und J. Danne 138, 683, 748, 1904.

[2] H. L. Bronson, Sill. I. 20, 60, 1905; Phil. Mag. 12, 73, 1906.

[3] H. W. Schmidt, Phys. Z. 6, 897, 1905, Ann. 21, 609, 1906.

[4] E. Rutherford und H. Robinson, Wiener Ber. 121, 1500, 1912.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Blech in Alkohol gewaschen und in einer Bunsenflamme schnell getrocknet. Zirka zwei Minuten nach beendeter Aktivierung konnte mit der Messung begonnen werden. Das verwendete Ionisationsgefäß war zylindrisch von 20 *cm* Höhe und 15 *cm* Durchmesser; der Zerstreuungskörper bestand aus einem Messingstift, an dessen unterem Ende eine kreisförmige Scheibe von 7 *cm* Durchmesser angebracht war; diese Platte befand sich im Abstand 7 *cm* vom Boden des Ionisationsgefäßes. Die Messung selbst wurde mit einem Binantenelektrometer nach der Methode der konstanten Ablenkung durchgeführt. Das Abklingen des Präparates wurde mit der Stoppuhr durch zirka zehn Minuten hindurch verfolgt. Als Ausgangspunkt der Zeitbestimmung wurde der Moment nach Entfernung der Emanation aus dem Aktivierungsgefäß gewählt. Wegen der kurzen Expositionszeit kann angenommen werden, daß zu diesem Zeitpunkt $t = 0$ nur Ra A vorhanden ist, da Ra B $< 0 \cdot 029$, Ra C $< 0 \cdot 0001$ ist.

In den Tabellen I bis VI sind für sechs Messungsreihen die Logarithmen der Intensitäten nach Abzug der natürlichen Zerstreuung, die vor und nach jeder Messungsreihe bestimmt wurde, für einzelne Zeitpunkte eingetragen. Die in Spalte 1 für t angegebenen Werte beziehen sich auf den mittleren Zeitpunkt jeder Einzelmessung.

Bei Auswertung der Versuchsergebnisse muß berücksichtigt werden, daß zur Zeit $t = 0$ nur Ra A vorhanden ist, im Verlaufe der

Tabelle I.

Minuten	log I beobachtet	log I berechnet mit T = 3·05	log I berechnet mit T = 3·00
2·58	0·5366	0·5352	0·5314
3·2	0·4821	0·4801	0·4762
3·75	0·4249	0·4259	0·4217
4·83	0·3202	0·3222	0·3154
5·83	0·2305	0·2330	0·2242
6·92	0·1443	0·1448	0·1351
7·83	0·0645	0·0652	0·0551
8·75	0·0000	0·9998–1	0·9884
9·67	0·9345–1	0·9339–1	0·9216–1

Tabelle II.

Minuten	log I beobachtet	log berechnet mit T = 3·05	log I berechnet mit T = 3·00
1·98	0·9525–1	0·9575–1	0·9538–1
2·6	0·9024–1	0·9025–1	0·8986–1
3·15	0·8558–1	0·8549–1	0·8509–1
3·37	0·8205–1	0·8226–1	0·8184–1
4·28	0·7509–1	0·7485–1	0·7421–1
4·83	0·6852–1	0·6887–1	0·6819–1
5·75	0·6153–1	0·6105–1	0·6015–1
6·2	0·5569–1	0·5665–1	0–5571–1
7·3	0·4860–1	0·4785–1	0·4686–1
7·99	0·4169–1	0·4149–1	0–4047–1
8·83	0·3538–1	0·3535–1	0·3420–1
9·57	0·3031–1	0·3028–1	0·2908–1

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle III.

Minuten	log I beobachtet	log I berechnet mit T = 3·05	log I berechnet mit T = 3·00
2	0·09987	0·0999	0·0963
3·35	0·0607	0·0602	0·0565
2·7	0·0256	0·0257	0·0218
3·07	0·9904–1	0·9895–1	0·9856–1
3·38	0·9628–1	0·9605–1	0·9565–1
4·12	0·8914–1	0·8910–1	0·8857·1
4·83	0·8303–1	0·8279–1	0·8211–1
5·43	0·7759–1	0·7731–1	0·7654–1
6·03	0·7157–1	0·7168–1	0·7074–1
6·72	0·6618–1	0·6609–1	0·6513–1
7·38	0·6054–1	0·6091–1	0·5992–1
8·017	0·5536–1	0·5424–1	0·5301–1
8·63	0·5129–1	0·5115–1	0·5010–1
9·27	0·4679–1	0·4668–1	0·4559–1
9·9	0·4254–1	0·4175–1	0·4049–1

Tabelle IV.

Minuten	log I beobachtet	log I berechnet mit T = 3·05	log I berechnet mit T = 3·00
2·17	0·9634–1	0·9750–1	0·9713–1
2·3	0·9411–1	0·9398–1	0·9361–1
2·87	0·8946–1	0·9005–1	0·8966–1
3·2	0·8702–1	0·8711–1	0.8671–1
3·58	0·8284–1	0·8297–1	0·8255–1
4·32	0·7681–1	0·7680–1	0·7625–1
5·07	0·6942–1	0·6976–1	0·6907–1
5·8	0·6330–1	0·6328–1	0·6238–1
6·57	0·5617–1	0·5637–1	0·5541–1
7·35	0·5075–1	0·5054–1	0·4954–1
8·07	0·4406–1	0·4425–1	0·4322–1
8·76	0.3903–1	0·3898–1	0·3784–1
9·44	0·3399–1	0·3407–1	0·3287–1

Tabelle V.

Minuten	log beobachtet	log I berechnet mit T = 3·05	log I berechnet mit T = 3·00
2·05	0·9745–1	0·9735–1	0·9698–1
2·52	0·9336–1	0·9311–1	0·9273–1
2·79	0·9026–1	0·9026–1	0·8987–1
3·23	0·8603–1	0·8581–1	0·8540–1
3·52	0·8308–1	0·8323–1	0·8281–1
4·28	0·7564–1	0·7545–1	0·7481–1
4·91	0·6987–1	0·7001–1	0·6933–1
5·62	0·6208–1	0·6358–1	0·6269–1
6·18	0·5749–1	0·5855–1	0·5761–1
6·9	0·5298–1	0·5265–1	0·5168–1
7·6	0·4619–1	0·4618–1	0·4517–1
8·43	0·3993–1	0·3992–1	0·3889–1
9·2	0·3398–1	0·3404–1	0·3285–1
9·98	0·2892–1	0·2879–1	0·2753–1

Tabelle VI.

Minuten	log I beobachtet	log I berechnet mit T = 3 05	log I berechnet mit T = 3·00
1·88	0·3323	0·3315	0·3280
2·31	0·2985	0·2955	0·2917
2·61	0·2610	0·2612	0·2673
3·14	0·2152	0·2148	0·2108
3·4	0·1856	0·1850	0·1807
4·24	0·1063	0·1046	0·0934
4·92	0·0423	0·0479	0·0410
5·7	0·9748–1	0·9738–1	0·9649–1
6·42	0·9131–1	0·9136–1	0·9040–1
6·98	0·8712–1	0·8690–1	0·8592–1
7·62	0·8132–1	0·8145–1	0·8044–1
8·31	0·7604–1	0·7635–1	0·7524–1
8·98	0·7163–1	0·7152–1	0·7035–1
9·6	0·6704–1	0·6681–1	0·6559–1

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Beobachtung Ra B und Ra C entsprechend ihren Zerfallskonstanten $\lambda_B = 0 \cdot 0259$ min^{-1}, respektive $\lambda_C = 0 \cdot 0355$ min^{-1} nacherzeugt wird. Für die gemessene Stromwirkung kommen in erster Linie die α-Strahlen von Ra A und die von Ra C in Betracht; ein kleiner Bruchteil der Ionisationswirkung ist jedoch auch der β-Strahlung von Ra B zuzuschreiben, während die β-Strahlung von Ra C in dem hier berücksichtigten Zeitintervall zu vernachlässigen ist, da sie z. B. den Stromwert zur Zeit $t = 8^m$ höchstens um $1^0/_{00}$, zur Zeit $t = 10^m$ um $4 \cdot 5^0/_{00}$ erhöht. Die γ-Strahlung von Ra C braucht bei den Dimensionen des verwendeten Ionisationsgefäßes überhaupt nicht berücksichtigt werden.

Die experimentell gefundene Abklingungskurve muß sich daher durch eine Gleichung von der Form:

$$I = A + \varkappa_1 \frac{\lambda_B}{\lambda_A} B + \varkappa \frac{\lambda_C}{\lambda_A} C. \tag{1}$$

darstellen lassen, wobei

$$A = e^{-\lambda_A t}, B = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}(e^{-\lambda_B t} - e^{-\lambda_A t}), C = \frac{\lambda_A \lambda_B}{(\lambda_B - \lambda_A)(\lambda_C - \lambda_A)} e^{-\lambda_A} +$$

$$+ \frac{\lambda_A \lambda_B}{(\lambda_C - \lambda_B)(\lambda_A - \lambda_B)} e^{-\lambda_B t} + \frac{\lambda_A \lambda_B}{(\lambda_A - \lambda_C)(\lambda_B - \lambda_C)} e^{-\lambda_C t}$$

In dieser Gleichung sind λ_B und λ_C bekannt, ebenso $\varkappa = 1 \cdot 294$ das Verhältnis der Ionisierungseffekte der α-Strahlen von Ra C und Ra A; kennt man noch den Wert für $\varkappa_1$, so kann man aus den experimentell gefundenen Abklingungskurven λ_A durch Vergleich mit entsprechenden berechneten Kurven finden.

Die Angaben verschiedener Autoren über die Ionisierungsstärke der β-Strahlen von Ra B variieren ziemlich stark und damit auch die sich daraus ergebenden Werte von $\varkappa_1$, am zuverlässigsten erschienen mir die Angaben von Moseley und Robinson[1], die finden, daß die mit 1 *g* Ra im Gleichgewicht stehende Menge von Ra B in der Sekunde $3 \cdot 25 . 10^{14}$ Ionenpaare liefert.

In dem bei den Versuchen benutzten Ionisationsgefäß wird nun nicht die ganze von Ra B emittierte β-Strahlung absorbiert, da der mittlere Ionisationsweg eines β-Teilchens nur $10 \cdot 7$ *cm* beträgt. Nimmt man für die β-Strahlung von Ra B denselben mittleren Absorptionskoeffizienten $\mu_{Al} = 100$ *cm*$^{-1}$ an, den Moseley und Robinson ihren Berechnungen zugrunde gelegt haben, so würde im Mittel $38 \cdot 55^0/_0$ der gesamten β-Strahlenintensität im Ionisationsgefäß absorbiert. Im Gleichgewichtsfalle würde also die β-Strahlung von Ra B $1 \cdot 253 . 10^{14}$ Ionenpaare erzeugen, d. h. es würde die

[1] Moseley und Robinson, Phil. Mag. 28, 327, 1914.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ionisationswirkung der β-Strahlen von Ra B $18 \cdot 4\%$ der der α-Strahlen von Ra A betragen, falls angenommen wird, daß die mit 1 *g* Ra im Gleichgewicht stehende Menge von Ra A pro Sekunde $3 \cdot 72 . 10^{10}$ α-Partikel emittiert. Der Wert $18 \cdot 4\%$ stimmt ganz gut mit dem von H. W. Schmidt[1] experimentell für ein etwas kleineres Ionisationsgefäß (Höhe 7·5 *cm*, Durchmesser 7 *cm*) gefundenen Wert von $16 \cdot 5\%$ überein. Aus dem für den Gleichgewichtsfall berechneten Prozentsatz ergibt sich $\varkappa_l$ zu 0·021.

Setzt man diesen Wert für $\varkappa_l$ in die Gleichung (1) ein, so lassen sich die experimentell gefundenen Messungsreihen gut durch diese Gleichung darstellen, wenn der von Rutherford und Robinson für die Zerfallskonstante von Ra A angegebene Wert $\lambda_A = 0 \cdot 2273$ also die Halbierungskonstante $T = 3 \cdot 05^m$ gewählt wird.

In der dritten Spalte der Tabellen I bis VI sind die aus Gleichung (1) mit $\lambda_A = 0 \cdot 2273$ berechneten Stromwerte eingetragen, so daß man daraus durch Vergleich mit den in der zweiten Spalte eingetragenen experimentellen Werte den Grad der Übereinstimmung beurteilen kann.

In Fig. 1 ist die ausgezogene Kurve mit $\lambda_A = 0 \cdot 2273$ also $T = 3 \cdot 05$, die gestrichelte Kurve mit $\lambda_A = 0 \cdot 231$ ($T = 3 \cdot 00$) berechnet, während die eingetragenen Punkte den experimentell gefundenen Werten der Tabelle V entsprechen.

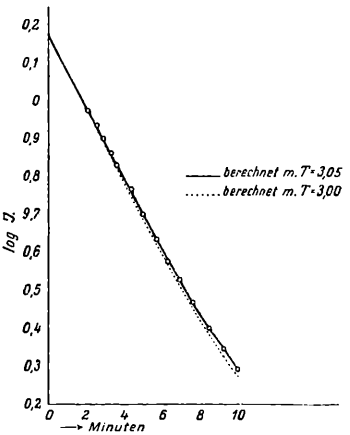

Fig. 1.

Ebenso wie die Tabelle V entsprechende Kurve verlaufen auch die allen anderen hier gewonnenen Messungsreihen entsprechenden Kurven flacher als die mit $T = 3 \cdot 00$ berechnete und die Abweichungen sind größer als durch Meßfehler erklärt werden könnte. (Zum Vergleiche sind in der vierten Spalte der Tabellen die mit $T = 3 \cdot 00$ berechneten Werte eingetragen.)

Hingegen weichen Zerfallskurven, die mit $\lambda_A = 0 \cdot 228$, respektive $\lambda_A = 0 \cdot 2266$ berechnet sind, von der mit $\lambda_A = 0 \cdot 2273$ berechneten Kurve in der hier gewählten Darstellungsweise bei $t = 8^m$ um zirka 0·25 *mm*, bei $t = 10^m$ um 0·4 *mm* ab, so daß diese Kurven gerade noch mit den aus den Messungen gewonnenen Kurven zur Deckung gebracht werden können.

Es ist daher berechtigt, für die Zerfallskonstante von Ra A $\lambda_A = 0 \cdot 2273 \pm 0 \cdot 0007$ und entsprechend als Halbierungszeit $T = 3 \cdot 05 \pm 0 \cdot 009$ anzunehmen.

---

[1] H. W. Schmidt, Ann. d. Physik. 21, 609, 1906.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Eine gewisse Unsicherheit liegt allerdings noch in der Bestimmung von $\varkappa_l$, doch wird dadurch λ_A nicht wesentlich beeinflußt. So würde z. B. eine Änderung von $\varkappa_l$ um $\pm$ 50% eine Änderung von λ_A um nur zirka $\mp$ 0·25% bedingen.

Zusammenfassung.

Eine experimentelle Neubestimmung der Zerfallskonstanten von Ra A ergab $\lambda_A = 0 \cdot 2273 \pm 0 \cdot 0007$ min^{-1}, $T_A = 3 \cdot 05 \pm 0 \cdot 009$ Minuten.

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: 1924

Band/Volume: 133_2a

Autor(en)/Author(s): Blau Marietta

Artikel/Article: Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung Nr. 161. Über die Zerfallskonstante von RaA. 17-22