

Mitteilungen aus dem Institut für Radium- forschung.

LXV.

Über die Lebensdauer des Thoriums

von

Dr. Bertha Heimann.

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1914.)

Bei der Bestimmung der Lebensdauer von Thorium haben sich Diskrepanzen zwischen den Resultaten der Untersuchungen verschiedener Forscher ergeben. So fand Rutherford¹ die Halbierungszeit T des Thoriums zu $1.28 \cdot 10^{10}$ Jahre; er bestimmte sie durch direkte Zählung der vom Thorium ausgesandten α -Teilchen. Mc. Coy² maß die α -Strahlung von Thorium mit seinen Zerfallsprodukten in dünnen Schichten und erhielt für T den Wert $1.8 \cdot 10^{10}$ Jahre. Diese beiden Werte stimmen wenigstens der Größenordnung nach überein; aus der Geiger-Nuttall'schen³ Beziehung aber ergibt sich ein Wert für $T = 4 \cdot 10^7$ Jahre, der sich von den beiden anderen um mehrere Zehnerpotenzen unterscheidet.

Nun liegt bei der Bestimmung der α -Strahlung von Thorium eine Schwierigkeit in dem Umstand, daß man es oft mit Präparaten zu tun hat, die sich in bezug auf Mesothorium noch nicht im Gleichgewicht befinden; in diesem Fall erhält man natürlich zu niedrige Werte. Bei den vorliegenden

¹ H. Geiger und E. Rutherford, Phil. Mag., XX, 619 (1910).

² H. N. Mc. Coy, Phys. rev., I, 403 (1913).

³ H. Geiger und Nuttall, Phil. Mag., XXI (1911), 453.

Untersuchungen wurde mit Rücksicht hierauf ein Präparat gewählt, von dem man sicher annehmen konnte, daß es in bezug auf Mesothor gesättigt sei. Auch hier wurde, wie bei Mc. Coy, die α -Strahlung dünner Schichten gemessen, und zwar war die Arbeitsmethode genau dieselbe welche St. Meyer und F. Paneth¹ für die Bestimmung der α -Strahlung von Uran angewendet hatten. Es wurden auf Aluminiumschälchen von zirka 7 cm Durchmesser, die einen flachen Rand hatten, mittels Alkohol-Aufschlemmung dünne Schichten von dem feingepulverten Präparat hergestellt; ihre α -Strahlung wurde in einer »Topfanordnung« mit einem Elster-Geitel'schen Elektroskop gemessen. Hierbei muß für den durch den Rand bedingten Strahlungsverlust eine experimentell zu bestimmende Korrektur eingeführt werden.

Von den für verschieden dicke Schichten erhaltenen Stromwerten seien im folgenden einige aufgeführt:

Gewicht	Stromstärke
$g = 14.8 \text{ mg}$	$i = 1.05 \cdot 10^{-2} \text{ e. st. E.}$
$g = 15.8$	$i = 1.23 \cdot 10^{-2}$
$g = 21.7$	$i = 1.54 \cdot 10^{-2}$
$g = 24.2$	$i = 1.80 \cdot 10^{-2}$
$g = 37.5$	$i = 2.58 \cdot 10^{-2}$
$g = 76.4$	$i = 4.55 \cdot 10^{-2}$
$g = 118.8$	$i = 6.45 \cdot 10^{-2}$
$g = 169.4$	$i = 7.88 \cdot 10^{-2}$
$g = 297.7$	$i = 10.72 \cdot 10^{-2}$
$g = 378.5$	$i = 12.14 \cdot 10^{-2}$
$g = 621.5$	$i = 13.24 \cdot 10^{-2}$
$g = 925.2$	$i = 13.98 \cdot 10^{-2}$

Die erhaltenen Werte entsprechen Punkten einer Kurve, deren Gleichung lautet:

$$i = 14.09 \cdot 10^{-3} (1 - e^{-0.0055 g}).$$

Die Tangente an diese Kurve im Punkte 0 hat die Gleichung

¹ St. Meyer und F. Paneth, Sitzungsber. der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1912, Bd. CXXI, Abt. II a, 1403.

$$\left(\frac{di}{dg}\right)_{g=0} = 0.77495 \cdot 10^{-3}.$$

$0.77495 \cdot 10^{-3}$ e. st. E. ist also der Strom, den die α -Teilchen von 1 mg des angewendeten Thoriumpräparates unterhalten; da dieses Präparat aus reinem Thoroxyd bestand, so beträgt der Strom für 1 mg Thorium $0.881 \cdot 10^{-3}$ e. st. E. einseitig, $= 1.762 \cdot 10^{-3}$ e. st. E. allseitig. 1 g Thorium unterhält also durch seine α -Strahlung einen Strom von

$$1.762 \text{ e. st. E.}$$

Das Thorium enthält nun sieben α -strahlende Produkte, von denen aber zwei, ThC und ThC' (Reichweiten bei 15° 4.8, beziehungsweise 8.6 cm) einer Umwandlungsstufe entsprechen. Die Ionenzahlen für die verschiedenen Produkte seien eingesetzt für:

Thorium	1.32 · 10 ⁵
Radiothor.....	1.66 · 10 ⁵
Thorium X.....	1.78 · 10 ⁵
Emanation.....	1.96 · 10 ⁵
Thorium A	2.12 · 10 ⁵
Thorium C }	2.55 · 10 ⁵
Thorium C' }	

Daraus berechnet sich die Anzahl der von einem Gramm Thor erzeugten α -Teilchen nach der Gleichung:

$$i = 1.762 = n(1.32 + 1.66 + 1.78 + 1.96 + 2.12 + 2.55)10^5 e.$$

Gibt man dem Elementarquantum nach Rutherford den Wert

$$e = 4.65 \cdot 10^{10},$$

so ergibt sich

$$n = 3.32 \cdot 10^3$$

für jedes Thorprodukt, für Thorium als ganzes also

$$n = 1.99 \cdot 10^4.$$

Die Lebensdauer des Thoriums erhält man dann folgendermaßen:

pro Sekunde emittierte α -Teilchen.....	$3.32 \cdot 10^3$
pro Jahr emittierte α -Teilchen	$10.45 \cdot 10^{10}$
1 g H enthält Atome	$6.22 \cdot 10^{23}$
1 g Th enthält Atome	$2.67 \cdot 10^{21}$

$$\lambda = \frac{10.45 \cdot 10^{10}}{2.67 \cdot 10^{21}} = 3.91 \cdot 10^{-11} \text{J}^{-1}$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = 2.56 \cdot 10^{10} \text{ Jahre}$$

$$T = \tau \cdot \ln 2 = 1.77 \cdot 10^{10} \text{ Jahre}$$

Dieser Wert für T bedarf aber insofern noch einer Korrektur, als der für i angegebene Wert wegen mangelnder Sättigung zu niedrig ist.¹ Und zwar beträgt die einzuführende Korrektur unter der Annahme, daß alle α -Strahlen senkrecht zum Feld austreten, 8%, was einem Wert von

$$T = 1.60 \cdot 10^{10} \text{ Jahre}$$

entsprechen würde; nimmt man an, daß die α -Strahlen alle parallel zum Feld verlaufen, so muß man eine Korrektur von 22% anwenden und erhält den Wert

$$T = 1.38 \cdot 10^{10} \text{ Jahre}$$

Der tatsächliche Wert dürfte zwischen diesen Grenzen, ungefähr bei $1.5 \cdot 10^{10}$ J liegen.

Es hat sich also bei diesen Untersuchungen für die Lebensdauer von Thorium ein Wert ergeben, der zwischen den von Rutherford und Mc. Coy gefundenen liegt und von dem aus der Geiger-Nuttall'schen Beziehung berechneten ebenfalls stark abweicht.

¹ Vgl. Bragg, Studies in radioactivity, p. 70.