

Werk

Titel: Über die Masse der α -Partikel radioaktiver Substanzen

Untertitel: Schluß

Autor: Greinacher , H.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1907

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0022 | LOG_0386

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXII. Jahrg.

26. September 1907.

Nr. 39.

Über die Masse der α -Partikel radioaktiver Substanzen.

Von Dr. H. Greinacher (Zürich).

(Schluß.)

Was die Kenntnis der Ladung e betrifft, so haben wir eine direkte Bestimmung derselben J. J. Thomson und Wilson zu verdanken. Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, hier in Kürze die endgültig von Wilson verwendete Methode kennen zu lernen. Es wird dabei die Tatsache benutzt, daß Wasserdampf sich besonders leicht bei Anwesenheit von Ionen zu Nebel kondensiert.

Durch rasche Expansion eines Gemisches von Luft und Wasserdampf wird Übersättigung herbeigeführt, und der Dampf schlägt sich um die Ionen nieder. Dabei tritt der bemerkenswerte Umstand ein, daß bei genügend kleiner Expansion nur die negativen Ionen als Ansatzkerne dienen. Da somit der Nebel elektrisch geladen ist, läßt sich die Geschwindigkeit, mit der er zu Boden sinkt, durch ein elektrisches Feld beeinflussen. Man erzeugt zu diesem Zwecke den Nebel zwischen zwei Kondensatorplatten, an die man verschiedene Potentialdifferenzen anlegt. Aus der Beobachtung der betreffenden Fallgeschwindigkeiten läßt sich dann die Ladung e eines einzelnen Nebeltröpfchens bestimmen.

Als Grundlage der Bestimmung gilt das Gesetz von Stokes über die Fallgeschwindigkeit kleiner Nebeltröpfchen. Danach ist diese Geschwindigkeit

$$\omega = \frac{2}{3} \frac{a^2 g}{\mu},$$

wo a den Radius des Tröpfchens, g die Beschleunigung der Schwere und μ den Reibungskoeffizienten der Luft bedeuten. Besteht ein elektrisches Feld, so hat man an Stelle von g eine andere Beschleunigung einzusetzen.

Es ist die Kraft, die auf ein Nebelteilchen mit der Ionenladung e wirkt, gleich seinem Gewicht $4/3 \pi a^3 g$ vermindert um $F e$, wenn das elektrische Feld nach oben gerichtet ist. Da die Beschleunigung

gleich $\frac{\text{Kraft}}{\text{Masse}}$, so ist $g' = g - \frac{F e}{4/3 \pi a^3}$.

Somit haben wir nach dem Stokesschen Gesetz

$$\omega = \frac{2}{3} \frac{a^2}{\mu} \left(g - \frac{F e}{4/3 \pi a^3} \right).$$

Zwei Beobachtungen der Fallgeschwindigkeit ω des Nebels bei zwei verschiedenen Feldstärken genügen nun, um die beiden Unbekannten e und a zu berechnen.

Wilson erhielt nach dieser Methode den Wert $e = 3,1 \cdot 10^{-10} \text{ e.s.}$ Es ergab sich e unabhängig davon, ob die Ionen durch Röntgen-, Kathoden-, Radiumstrahlen oder ultraviolettes Licht erzeugt waren, ein weiterer Beweis dafür, daß e eine allgemeine Bedeutung besitzt.

Neuere Bestimmungen von e/m . Inhomogenität der α -Strahlen. Das Resultat nun, daß die α -Partikel von der Größenordnung der Wasserstoffatome sind, ist auf Grund dieser Anschauung vom Elementarquantum der Elektrizität gewonnen. Immerhin konnte man bei der Unsicherheit des Wertes von e/m eine genauere Angabe über die Größe der α -Teilchen noch nicht machen. War doch bei den älteren Versuchen nicht berücksichtigt, daß die α -Strahlen des Radiums inhomogen sind. Die Zerfallsprodukte, mit denen das Radium vermischt ist, senden α -Partikel verschiedener Geschwindigkeit aus. Dieses Resultat ist 1904 von Bragg und Kleeman gefunden. Auch hat Rutherford gezeigt, daß die α -Partikel beim Durchgang durch Materie an Geschwindigkeit einbüßen. Man wird also, selbst wenn man einen einheitlichen radioaktiven Körper, z. B. Radium-C allein hat, im allgemeinen inhomogene Strahlen bekommen. Ist die Substanz nicht sehr dünn ausgebreitet, dann treten die aus der Tiefe kommenden Strahlen mit kleinerer Geschwindigkeit aus der Oberfläche aus. Man wird also auf diese Weise immer nur einen mittleren Wert für e/m und v bekommen.

e/m für ein homogenes Strahlenbündel. Rutherford hat zum ersten Male diesen Umstand berücksichtigt und hat als Strahlenquelle eine unendlich dünne Schicht Radium C, die sich auf einem Draht befand, verwendet. Diese dünne Schicht wurde dadurch erhalten, daß man einen Draht, der auf negativer Spannung gehalten wurde, der Radiumemanation aussetzte. Nachdem sich genügend induzierte Aktivität niedergeschlagen hatte, wurde der Draht während $1/4$ Stunde sich selbst überlassen. Da das Radium A schnell zerfällt und Radium B keine α -Strahlen aussendet, so bestand der Überzug nach dieser Zeit praktisch nur noch aus dem wirksamen Radium C. Das sich bildende Radium D kam ebenfalls nicht in Betracht, da dieses strahlenlos ist und nur äußerst langsam zerfällt. Der so aktivierte Draht wurde in einen keilförmigen Einschnitt eines Metallklotzes gelegt. In einiger Entfernung darüber

befand sich sodann ein Metallschirm, der durch eine spaltförmige Öffnung ein schmales α -Strahlenbündel ausblendete. Dieses wurde auf einer photographischen Platte aufgefangen.

Rutherford bestimmte mit dieser Anordnung die magnetische Ablenkung. Anstatt der schwierigeren elektrostatischen Ablenkung suchte er dann aus der Wärmeentwicklung des Radiums eine zweite Beziehung zur Bestimmung von e/m zu gewinnen. Dies war unter der experimentell begründeten Annahme möglich, daß die vom Radium erzeugte Wärme äquivalent sei der kinetischen Energie der vom Radium ausgesandten α -Partikel. Es sei hier der Kürze wegen auf diese Überlegungen nicht weiter eingegangen. Der Wert, den Rutherford für e/m fand, ist $6,5 \cdot 10^3$. Derselbe ist in guter Übereinstimmung mit den früher gefundenen, namentlich im Hinblick darauf, daß zu dieser Zeit (1905) die Angaben über die Wärme-Produktion des Radiums noch wenig genau waren.

Neueste Messungen von e/m . Immerhin zeigte sich nun aber eine sichtliche Abweichung gegen die allerneuesten genaueren Messungen für e/m , die Rutherford und Hahn vergangenes Jahr ausgeführt haben. Hierbei wurde wieder von der magnetischen Ablenkung Gebrauch gemacht. Das elektrische Feld wurde dadurch möglichst intensiv gemacht, daß man den Abstand der Kondensatorplatten sehr klein wählte. Im übrigen sei hier auf die Methode im einzelnen nicht eingegangen, und will ich mich darauf beschränken, die Resultate in einer kleinen Tabelle zusammenzustellen.

Die erste Vertikalreihe enthält alle α -Strahlenprodukte, in der zweiten sind die Werte e/m , soweit sie bekannt sind, verzeichnet.

Uran		
Uran X		
Radioactinium		
Actinium X		
" emanation		
" B		$4,7 \cdot 10^3$
Radium		
" emanation		
" A		$5,6 \cdot 10^3$
" C		$5,07 \cdot 10^3$
" F		$5,3 \cdot 10^3$
Radiothorium		
Thor X		
" emanation		
" B		
" C		$5,6 \cdot 10^3$

Es ist unverkennbar, daß alle Werte von derselben Größenordnung sind. Rutherford schließt auch, daß die α -Teilchen aller untersuchten Produkte wahrscheinlich gleiche Masse besitzen. Nur über die absolute Größe bzw. die Natur dieser Partikel ließ sich noch diskutieren. Da ergaben sich, wie es schien, drei Möglichkeiten.

Nimmt man im Mittel den Wert $e/m = 5 \cdot 10^3$ und vergleicht denselben mit dem für das elektrolitische H-Ion gefundenen $E/M = 10^4$, so kann man zunächst folgende Möglichkeiten in Erwägung ziehen:

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. $e = \frac{1}{2} E$ | $m = M$ (H-Atom) |
| 2. $e = E$ | $m = 2M$ (H-Molekül) |
| 3. $e = 2 E$ | $m = 4M$ (He-Atom). |

Die erste Möglichkeit schien wenig plausibel, da man bis jetzt noch keinen Grund zur Annahme hatte, daß es halbe Elementarquanten gibt. Auch die zweite, daß das α -Partikel ein Molekül, im speziellen ein H-Molekül sei, wurde verworfen, blieb nur noch die dritte, daß das α -Partikel ein Heliumatom ist. Dabei hatte man allerdings die Schwierigkeit, daß man den α -Partikeln eine doppelte Ladung zuschreiben mußte. Allein, dies ließ sich etwa mit der Vorstellung begründen, daß jedes α -Partikel beim Abprallen von der Substanz Veranlassung zum Aussenden eines (negativen) Elektrons gebe, wobei dann ein jedes Teilchen eine positive Ladung mehr bekommen mußte. Eine Aussendung solcher Elektronen ist in der Tat durch die Auffindung der sog. δ -Strahlen (J. J. Thomson) erwiesen.

Die gasförmigen Zerfallsprodukte der radioaktiven Körper. Immerhin würde auch diese Erklärungsweise etwas erzwungen scheinen, hätten nicht Versuche ganz anderer Art die Anschauung von den α -Heliumatomen nahegelegt. Es war im Jahre 1904, als Ramsay die Welt mit der Nachricht überraschte, daß das Radium dauernd Helium bildet. Es stellte sich im speziellen heraus, daß die Radiumemanation in dieses Gas zerfällt. Ferner fand 1905 Debierne, daß auch die Actiniumemanation Helium liefert.

Rutherford glaubt daher auf Grund seiner Messungen schließen zu dürfen, daß wahrscheinlich die α -Partikel aller radioaktiven Substanzen aus Heliumatomen bestehen. Dies ist in der Tat ein sehr merkwürdiges Resultat, das zwar aus verschiedenen Gründen noch nicht als feststehend betrachtet werden darf. Abgesehen von der etwas schwierigen Erklärung der doppelten Ladung ist auch zu bemerken, daß die Rutherford'schen Werte immerhin Differenzen bis gegen 20% aufweisen. Auch ist, wie die Tabelle zeigt, für eine ganze Anzahl von Substanzen das e/m noch nicht bestimmt, so namentlich für die Radium- und Actiniumemanation, für die bis jetzt allein eine Heliumbildung nachgewiesen ist.

Geht man von den letzteren direkt gefundenen Ergebnissen aus, so liegt die Verallgemeinerung nahe, daß es vornehmlich die Emanationen sind, die Heliumatome aussenden.

In diesem Zusammenhange sei hier auch erwähnt, daß Herr Kernbaum und ich für das Radium F keine Heliumentwicklung haben nachweisen können. Falls nur die Emanationen dieses spezielle Umwandlung erfahren, so ist von Radium F in der Tat auch keine Heliumbildung zu erwarten. Mehr Aussicht würde dann die Untersuchung der Thoremanation bieten.

Zusammenfassung: Unsere gegenwärtige Kenntnis von der Masse der α -Partikel kann man etwa in folgende Sätze kurz zusammenfassen: