

Werk

Titel: Über die Masse der α -Partikel radioaktiver Substanzen

Untertitel: Schluß folgt

Autor: Greinacher , H.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1907

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0022 | LOG_0376

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.

19. September 1907.

Nr. 38.

Über die Masse der α -Partikel radioaktiver Substanzen¹⁾.

Von Dr. H. Greinacher (Zürich).

Einleitung. Es war eines der ersten Ergebnisse der radioaktiven Forschung, daß die Becquerelstrahlen komplexer Natur sind. Es zeigte sich, daß Strahlen von ganz verschiedener Absorbierbarkeit vorhanden waren, und man unterschied danach zwischen α -, β - und γ -Strahlen.

Die α -Strahlen kennzeichnen sich durch ihre große Absorbierbarkeit. Bereits durch ein Aluminiumblatt von nur $\frac{5}{1000}$ mm Dicke wird ihre Wirkung auf die Hälfte reduziert, während zur selben Abschwächung der β -Strahlen eine Aluminiumschicht von 0,5 mm, für die γ -Strahlen sogar 8 cm erforderlich sind.

Ferner zeigte sich die merkwürdige Eigenschaft, daß die α - und β -Strahlen durch einen Magneten abgelenkt werden, während die γ -Strahlen unbeeinflusst bleiben.

Dies legte die Auffassung nahe, daß man es in den α - und β -Strahlen mit Korpuskeln zu tun hatte, mit kleinen Teilchen, die von der radioaktiven Substanz mit großer Geschwindigkeit ausgesandt werden. Waren diese Teilchen elektrisch geladen, dann ließ sich die magnetische Ablenkbarkeit derselben verstehen.

Eine der interessantesten Fragen mußte nun offenbar die nach der Natur dieser kleinen Partikel sein. Für die β -Strahlen ließ sich die Frage verhältnismäßig leicht lösen. Es sei hier nur kurz erwähnt, daß die heutige Anschauung dahingeht, daß die β -Strahlen aus Elektronen bestehen, deren Geschwindigkeit die der Kathodenstrahlen noch bei weitem übertrifft.

Über die Größe der α -Partikel war es zunächst schwierig, eine sichere Vorstellung zu gewinnen. Zunächst gelang es nicht einmal, die magnetische Ablenkung derselben nachzuweisen. Die schwere Ablenkbarkeit deutete aber immerhin darauf hin, daß die Teilchen bedeutend größere Masse als die β -Teilchen besitzen müssen.

Zu weiteren Vorstellungen über die Größe der α -Partikel führte die Theorie des Atomzerfalls, die damals festen Fuß zu fassen begann. Danach ist die Aussendung von Becquerelstrahlen an den Zerfall

der radioaktiven Atome geknüpft. Die abgeschleuderten Partikel sind Bruchstücke von Atomen. Im speziellen mußte man vermuten, daß die α -Strahlen aus diesen Atombruchstücken bestehen; denn die Masse der β -Teilchen ergab sich bei weitem nicht von der Größenordnung der Atome. Sicheren Aufschluß über die Größe der α -Teilchen konnte man jedoch erst durch die experimentelle Bestimmung ihrer Masse erfahren.

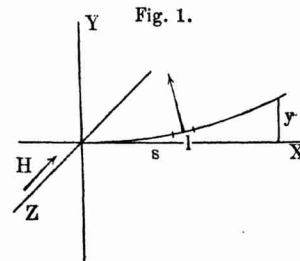
Methode der magnetischen und elektrischen Ablenkung. Die Natur der α -Partikel hat man von zwei verschiedenen Seiten zu erforschen versucht: 1. durch die Bestimmung der Masse mittels der klassischen Methode der elektrischen und magnetischen Ablenkung der Strahlen; 2. durch Feststellung der gasförmigen Zerfallsprodukte der radioaktiven Substanzen.

Ich werde zunächst die Resultate besprechen, welche aus der elektromagnetischen Ablenkung gewonnen worden sind, und im Anschluß daran in Kürze auf das zweite Thema eingehen.

Gleich zum vornherein ist zu bemerken, daß man durch die Methode der Ablenkung nicht direkt die Masse eines α -Partikels erhält, sondern immer nur das Verhältnis der Ladung zur Masse (e/m), und daß man erst aus anderweitigen Überlegungen über die Größe der Ladung zur Masse selbst gelangt. Ich will hier in Kürze auseinandersetzen, wie die Größe e/m und zugleich auch die Geschwindigkeit v der Strahlen aus den Ablenkungsbeobachtungen gefunden werden kann. Zunächst die

Magnetische Ablenkung. Nehmen wir ein rechtwinkliges Koordinatensystem XYZ , und denken wir uns die Richtung der magnetischen Kraftlinien etwa in der negativen Z -Richtung.

Das magnetische Feld H sei etwa erzeugt durch Gegenüberstellen eines Nord- und eines Südpoles. Es sei ferner die anfängliche Bewegungsrichtung des positiv geladenen α -Teilchens in der X -Richtung, dann wirkt die magnetische Kraft in der XY -Ebene, und zwar stets senkrecht zur Bewegungsrichtung des Teilchens. Da die magnetische Kraft mit stets gleicher Intensität in Richtung des Krümmungs-



¹⁾ Nach einem Vortrage.

radius der Bahn wirkt, so wird das Teilchen einen Kreisbogen beschreiben. Es halten sich somit Zentrifugal- und Zentripetalkraft das Gleichgewicht. Erstere ist gegeben durch mv^2/ρ , wo ρ der Kreisradius. Letztere, die magnetische Kraft, ist nach dem Biot-Savart'schen Gesetz Hil , wo i die Stromstärke, l die Länge eines Leiterstückchens bedeuten.

In vorliegendem Falle ist $l = v\tau$ und $i = e/\tau$, da in der Zeit τ die Ladung e durch das Bahnelement l gegangen ist. Somit $il = ev$ und

$$\frac{mv^2}{\rho} = Hev$$

Daraus folgt die Krümmung

$$\frac{1}{\rho} = \frac{e}{m} \frac{H}{v}$$

Im allgemeinen wird man nun nicht den Krümmungsradius ρ messen, sondern die Ablenkung y , die das Teilchen nach Durchlaufen einer gewissen Wegstrecke s erfahren hat.

Es ist nach einem Satze der Geometrie

$$s^2 = y(2\rho - y)$$

oder da y zu vernachlässigen ist gegenüber 2ρ

$$s^2 = 2\rho y.$$

Daraus

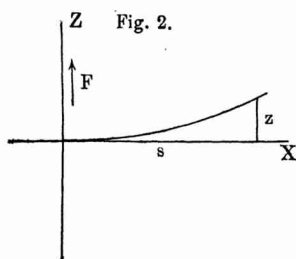
$$\frac{1}{\rho} = \frac{2y}{s^2}.$$

Dies in obige Gleichung eingesetzt, ergibt

$$2y = \frac{e}{m} \frac{H}{v} s^2 \dots \dots \dots (1)$$

$2y$ ist die Ablenkung, die man erhält, wenn man das magnetische Feld von $+H$ zu $-H$ übergehen läßt. Die Formel gilt natürlich nur für den Fall, daß das magnetische Feld längs der ganzen Bahn des Teilchens gleichförmig ist. Da sowohl e/m als v unbekannt sind, so genügt diese eine Messung nicht, um e/m zu berechnen. Man erhält aber eine zweite Beziehung aus der

Elektrostatischen Ablenkung. Sei wiederum die anfängliche Bewegungsrichtung des Teilchens in der X-Achse, und habe das elektrische Feld die



Richtung der Z-Achse. Letzteres sei etwa dadurch realisiert, daß man horizontal übereinander zwei Kondensatorplatten anbringt, wovon die untere $+$ die obere $-$ geladen ist. Dann erfährt das Teilchen in der Z-Richtung eine konstante Kraft, die gleich

Fe ist. Die Beschleunigung, die es in der Z-Richtung erfährt, ist somit Kraft durch Masse oder Fe/m .

Der Weg z , den das Teilchen unter der gleichförmigen Beschleunigung Fe/m zurücklegt, ist daher

$$z = \frac{1}{2} \frac{Fe}{m} t^2.$$

Beobachtet man wiederum die Ablenkung z im Abstand s , so ist

$$s = vt \text{ und } z = \frac{1}{2} \frac{e}{m} \frac{F}{v^2} s^2.$$

Die doppelte Ablenkung, die man durch Umkehren des elektrischen Feldes erhält, ist somit

$$2z = \frac{e}{m} \frac{F}{v^2} s^2 \dots \dots \dots (2)$$

Aus Gleichung (1) und (2) ergeben sich nun e/m und v einzeln.

Die ersten Bestimmungen von e/m nach dieser Methode sind im Jahre 1903 ausgeführt worden; denn erst in diesem Jahre gelang es, die α -Strahlen überhaupt abzulenken. Während Becquerel zunächst nur über die magnetische Ablenkung der α -Strahlen berichtet, gelang es Des Coudres und Rutherford, auch die elektrostatische Ablenkung darzutun.

Die letztere macht insbesondere dadurch Schwierigkeiten, als selbst bei Verwendung starker elektrischer Felder die Ablenkung nur sehr klein ist. Dabei kann man die Potentialdifferenz, die man an die Kondensatorplatten anlegt, nicht beliebig steigern, da sonst eine elektrische Entladung durch das Gas hindurch stattfindet (Funken). Um dies möglichst zu vermeiden, muß man daher im äußersten Vakuum arbeiten. Dies auch, um den störenden Einfluß von Gasionen zu vermindern. Je weniger Gasmoleküle vorhanden sind, um so weniger Ionen werden durch die α -Partikel gebildet, um so weniger wird das elektrische Feld gestört.

Auch die magnetische Ablenkung ist nicht so leicht nachzuweisen wie etwa für die β -Strahlen. Man erhält aber immerhin bei einem Magnetfeld von 10000 CGS-Einheiten und einer Wegstrecke von $s = 4$ cm etwa 5 mm Doppelablenkung.

Die Ergebnisse, die Des Coudres und Rutherford nun auf diese Weise fanden, waren in bemerkenswerter Übereinstimmung, was um so beachtenswerter war, als Des Coudres den Nachweis mit der photographischen Platte, Rutherford mit der sog. elektrischen Methode ausführte.

Ersterer fand für e/m den Wert $6,4 \cdot 10^3$ und letzterer $6 \cdot 10^3 e.m.E^1$). Ein im Jahre 1905 von Mackenzie ebenfalls mit Radium ausgeführter Versuch ergab den etwas kleineren Wert $4,6 \cdot 10^3$.

e/m für elektrolytische Ionen. Alle die für e/m gefundenen Werte drängen nun zu einem Vergleich mit der entsprechenden Größe E/M , die man für die elektrolytischen Wasserstoffionen gefunden hat. Sind doch beide Werte von derselben Größenordnung.

Man kann das Verhältnis von Ladung und Masse eines H-Ions etwa folgendermaßen berechnen: Es fließt durch einen Elektrolyten der Strom 1 Amp. Dabei gehen durch irgend einen Querschnitt pro Sekunde N H-Ionen hindurch. Wenn jedes Ion die Ladung E trägt, so ist, da 1 Amp. $= 0,1 e.m.$,

$$0,1 = NE.$$

Andererseits weiß man, daß 1 Amp. pro Sekunde

¹⁾ Elektromagnetische Einheiten.