

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Atomtheorie in ihrer neuesten Entwicklung

Graetz, Leo

Stuttgart, 1918

Dritter Vortrag

urn:nbn:de:bsz:31-91571

Dritter Vortrag.

Der Zerfall der Atome bei den radioaktiven Stoffen. Die Kerntheorie der Atome.

Das Uran, Radium, Thorium und Aktinium als radioaktive Substanzen. Die α - β - γ -Strahlen. Die α -Teilchen sind doppelt positiv geladene Heliumionen. Emanation. Atomzerfall. Die Heliumionen sind Bestandteile der Atome der radioaktiven Stoffe. Wilsonsche Photographieen der α -Strahlen. Zerstreuung der α -Teilchen. Rutherford'sche Atomtheorie. Die positive Ladung des Kerns ist gleich der Ordnungszahl des Atoms. Die Masse ist scheinbar. Größe des Kerns. Isotope Elemente.

Seitdem am Beginn des Jahrhunderts erst durch Becquerel, dann durch P. Curie und Frau Curie entdeckt wurde, daß einige chemische Elemente radioaktive Eigenschaften besitzen, d. h. daß sie dauernd Strahlen besonderer Art aussenden, hat die Forschung eine große Reihe von wichtigen Eigenschaften dieser Strahlen und der Elemente, von denen diese ausgehen, gefunden, Eigenschaften, welche für die Atomtheorie von besonderer Wichtigkeit geworden sind.

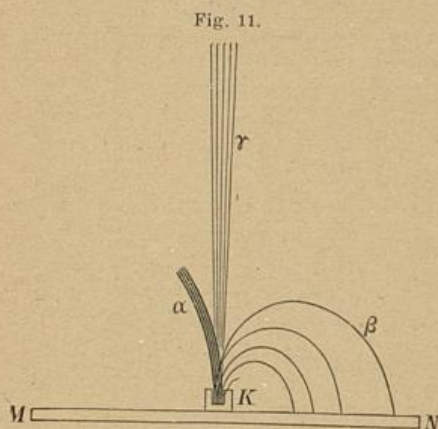
Als erste radioaktive Substanz hat Becquerel das Uran erkannt, welches im metallischen Zustand, aber auch in allen seinen Verbindungen die Eigenschaft besitzt, photographische Platten, auch wenn sie durch schwarzes Papier umhüllt sind, zu schwärzen, ferner manche Körper zur Fluoreszenz zu erregen und endlich die Luft und andere Gase leitend zu machen, zu ionisieren, so daß elektrisch geladene Körper, wenn Uran in ihre Nähe gebracht wird, ihre Ladung nicht behalten, sondern sie durch die leitend gewordene Luft zur Erde abfließen lassen. Diese Wirkungen werden durch Strahlen hervorgebracht, die von dem Uran ausgehen, das Uran ist, wie man es nennt, ein radioaktiver Stoff. Da, wie gesagt, alle chemischen Verbindungen, die Uran enthalten, ebenso wie das metallische Uran selbst diese Eigenschaften zeigen, so muß die Radioaktivität eine Eigenschaft der Atome des Urans, eine atomistische Eigenschaft sein.

Viel stärkere Wirkungen, aber von genau derselben Art, zeigt das Radium, ein Stoff, der bekanntlich von Frau Curie aus der Joachimsthaler Pechblende — die Uran enthält — durch mühsame Arbeit in kleinen Quantitäten abgeschieden wurde. Auch das Radium zeigt die Radioaktivität sowohl im metallischen Zustand, wie auch in allen seinen chemischen Verbindungen, als welche im wesentlichen Chlorradium, Bromradium und salpetersaures Radium praktisch hergestellt und gebraucht werden. Auch hier sind es also die Atome, welche radioaktiv sind. Das

Atomgewicht des Radiums wurde von Frau Curie zu 226 ermittelt. Es ist also eines der schwersten Atome. Aber das Atom des Urans ist noch schwerer, sein Atomgewicht ist 238,2.

Auch ein dritter Körper mit sehr großem Atomgewicht, das Thorium, Atomgewicht 232,15, erwies sich als radioaktiv, und endlich wurde aus der Pechblende noch ein weiterer Stoff, das Aktinium, in kleinen Quantitäten abgeschieden, das ebenfalls radioaktiv ist, dessen Atomgewicht aber noch nicht bestimmt werden konnte. Es ist jedenfalls auch sehr hoch, man schätzt es auf 227.

Die Elemente also mit den höchsten Atomgewichten zeigen die radioaktive Strahlungsausgabe. Eine genauere Untersuchung der Strahlung aller dieser Substanzen hat nun aber gezeigt, daß sie eine gemischte ist, daß in ihnen drei Strahlensorten verschiedener Art enthalten sind. Man kann diese Strahlensorten trennen durch Anwendung



eines Magneten. Wenn man nämlich, wie in Fig. 11, in K ein Quantum Radiumsalz hat, von dem die Strahlung ausgeht, und wenn man einen kräftigen Magneten mit seinem Nordpol vor diesen Behälter bringt, so werden gewisse dieser Strahlen von ihrer geraden Richtung abgelenkt, andere nicht. Unter den ablenkbaren Strahlen aber wird ein Teil stark nach rechts abgelenkt. Diese Strahlen bezeichnet man als Beta-Strahlen (β -Strahlen), ein anderer Teil der Strahlen wird schwach nach links abgelenkt, man bezeichnet sie als Alpha-Strah-

len (α -Strahlen), und der dritte Teil der Strahlen bleibt unabgelenkt, man bezeichnet diese als Gamma-Strahlen (γ -Strahlen). Von den unabgelenkten Strahlen, die sich ebenso wie die Röntgenstrahlen verhalten, wollen wir erst im folgenden Kapitel ausführlicher sprechen, es sei hier nur erwähnt, daß dies diejenigen Strahlen sind, die für gewöhnlich die wirksamsten sind. Denn sie allein gehen durch dickere Schichten von festen, flüssigen und gasförmigen Substanzen hindurch und, wenn die radioaktive Substanz, wie es normal der Fall ist, in ein Gefäß eingeschlossen ist, so sind sie es allein, die durch die Wände des Gefäßes hindurchdringen und außen ihre Wirksamkeit zeigen. Die medizinische Anwendung des Radiums beruht fast ausschließlich auf den γ -Strahlen.

Die α - und die β -Strahlen werden also von einem Magneten abgelenkt und sie müssen daher, nach unseren früheren Ausführungen, aus elektrisch geladenen Teilchen bestehen. Aus der Richtung der Ablenkung erkennt man, daß die α -Strahlen positiv geladene Teilchen, die β -Strahlen negativ geladene Teilchen enthalten. Die wichtigste Frage ist auch hier, ganz ebenso wie bei den Kathodenstrahlen und den Kanalstrahlen, welcher Art sind diese Teilchen? Diese Frage aber und zugleich die Frage, welches die Geschwindigkeit dieser Teilchen ist, ließ sich hier,

genau ebenso wie bei den Kathodenstrahlen und den Kanalstrahlen, beantworten, indem man einerseits die magnetische Ablenkung und andererseits die elektrostatische Ablenkung der Strahlen quantitativ messend verfolgte. Denn aus diesen beiden Messungen konnte man sowohl die Geschwindigkeit, wie die spezifische Ladung der Teilchen bestimmen (s. o. S. 25).

Für die β -Strahlen ergaben diese Messungen, daß ihre spezifische Ladung ungefähr $1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{Coulomb}}{\text{Gramm}}$ ist, also ebenso groß ist wie bei den Kathodenstrahlen. Genau wie bei diesen müssen wir also schließen, daß es die negativen Elektronen selbst sind, welche die β -Strahlen bilden. Die Geschwindigkeit aber der radioaktiven β -Strahlen erwies sich für die verschiedenen radioaktiven Substanzen verschieden groß und zum Teil außerordentlich viel größer als die der Kathodenstrahlen. In manchen Fällen nähert sich die Geschwindigkeit bis auf wenige Prozent der Lichtgeschwindigkeit. Daß in diesem Falle die spezifische Ladung kleiner wird und daß dies ein Beweis dafür ist, daß die Masse der negativen Elektronen bloß scheinbare Masse ist, haben wir auf S. 29 schon besprochen.

Von besonderer Wichtigkeit aber war hier die Frage nach der Natur der α -Strahlen mit ihren positiven Ladungen. Von der gesamten Strahlungsenergie eines radioaktiven Stoffes führen die α -Strahlen fast 90% mit sich. Die größte Energieabgabe geschieht also durch sie. Andererseits aber werden die α -Strahlen schon durch ganz dünne Schichten fremder Substanz absorbiert. Schon durch dünnes Papier, schon durch eine Aluminiumschicht von 0,02 mm Dicke gehen sie nicht mehr hindurch. In Luft erreichen sie Wege von einigen Zentimetern, 3—7 cm, je nach ihrer Geschwindigkeit, und hören dann plötzlich auf. Diese Strecke bezeichnet man als die Reichweite der α -Strahlen. Es ist eine höchst auffallende und zunächst gar nicht zu erklärende Tatsache, daß diese α -Strahlen nach Durchlaufung eines Weges von einigen Zentimetern plötzlich aufhören. Bis zu dieser Stelle ihrer Bahn zeigen sie die Fähigkeit, Gase zu ionisieren und auf photographische Platten zu wirken, noch vollkommen ungeschwächt und dann hören sie plötzlich auf. Es ist keine allmähliche Schwächung durch Absorption der Grund ihres Aufhörens, sondern es findet eben ein plötzliches Verschwinden statt.

Um die Natur der α -Teilchen zu ergründen, mußte also auch ihre spezifische Ladung ermittelt werden. Durch dieselben Messungen, die diese zu bestimmen erlaubten, erhielt man auch wieder ihre Geschwindigkeit, die sich 50- bis 100mal so groß ergab wie die der Kanalstrahlen. Die direkte Messung nun für die spezifische Ladung ergab den Wert $50\,000 \frac{\text{Coulomb}}{\text{Gramm}}$, also von derselben Größenordnung, wie sie die Ionen bei der Elektrolyse haben. Sicher also sind die positiven Ladungen hier mit gewöhnlicher Materie verbunden, ebenso wie bei der Elektrolyse. Da die spezifische Ladung eines Atoms bei der Elektrolyse gleich 96 494, dividiert durch das Äquivalentgewicht, ist, so würde folgen, daß die unbekannte Materie das Äquivalentgewicht 2 (rund) hätte. Wir kennen aber kein Atom mit dem Äquivalentgewicht 2.

Aber es wird auch bei diesem Schluß vorausgesetzt, daß das Atom dabei bloß ein einziges Elementarquantum (s. S. 20) trägt, eine Voraussetzung, die erst geprüft werden muß und die sich tatsächlich als unrichtig erwiesen hat. Der ausgezeichnete englische Physiker Rutherford, der zur Kenntnis und Erklärung der radioaktiven Erscheinungen das meiste beigetragen hat, hat durch eine elegante Methode bewiesen, daß jedes α -Teilchen 2 positive Elementarquanten trägt. Danach muß das Äquivalentgewicht des betreffenden Teilchens gleich 4 sein. Und nun kennen wir einen Stoff, das Helium, dessen Äquivalentgewicht (gleich seinem Atomgewicht) gleich 4 ist. Daraus ergab sich der wichtige Schluß, daß die α -Teilchen nichts anderes sind als Heliumatome mit zwei positiven Elementarladungen. Dieser Schluß, daß die radioaktiven Substanzen außer negativen Elektronen noch doppelt positiv geladene Heliumatome aussenden, wird durch eine Reihe von Experimenten bestätigt. In abgeschlossenen Räumen, in denen vorher keine Spur von Helium, sondern nur Radium vorhanden war, zeigt sich nach einiger Zeit die Anwesenheit des Heliums deutlich durch sein ganz charakteristisches Spektrum an. Das Helium hat sich aus dem Radium entwickelt.

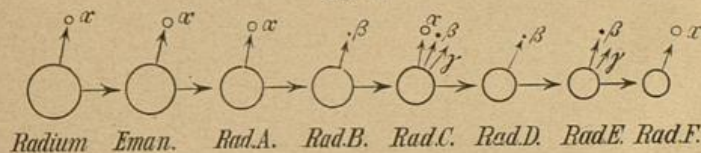
Schon bald nach der Entdeckung des Radiums wurde von Frau Curie gefunden, daß alle Körper, die in der Nähe des Radiums sich befinden, selbst radioaktiv werden, wenn auch nur vorübergehend. Ein Stück Papier, ein Stück Glas, ein Stück Holz oder Metall, das sich in der Nähe von Radium befindet, sendet selbst Strahlen aus, die die Luft leitend machen. Aber diese Eigenschaft behalten die Körper nur eine verhältnismäßig kurze Zeit, dann werden sie wieder inaktiv. Man bezeichnet ihre Aktivität als mitgeteilte Aktivität. Das Geheimnis derselben wurde durch eine Entdeckung aufgeheilt, die Rutherford zuerst bei dem Thorium machte, die sich aber dann auch beim Radium ergab. Es geht nämlich, wie er fand, von diesen Körpern eine gasförmige Substanz aus, die er Emanation nannte, und die selbst radioaktiv ist, die selbst Körper zum Fluoreszieren bringt und die Luft ionisiert. Diese Emanation aber behält auch ihre Aktivität nicht unverändert bei, sondern sie verliert sie allmählich, und zwar fällt die Radiumemanation in je 3,85 Tagen auf die Hälfte ihrer vorherigen Wirksamkeit ab, wie man durch Messung ihres Ionisierungsvermögens feststellte. Die Thoriumemanation sinkt dagegen schon in 54 Sekunden, die Emanation des Aktiniums schon in 3,9 Sekunden auf den halben Betrag. Diese Zeiten, die man die Abklingungskonstanten nennt, sind ganz charakteristisch und ergeben sich bei der Emanation radioaktiver Körper immer und unter allen Umständen als die gleichen. Sie sind unabhängig davon, ob man die Messung gleich nach Entwicklung der Emanation vornimmt oder später, ob man viel Substanz oder wenig anwendet. Die Emanation ist also danach auch ein radioaktiver Stoff, aber nicht einer wie die zuerst genannten, Radium, Thorium usw., die ihre Aktivität scheinbar dauernd beibehalten, sondern einer, der seine Aktivität allmählich verliert, ein Stoff mit vorübergehender Aktivität. Ebenso zeigt auch die mitgeteilte Aktivität eine Abklingung. Aber anders wie bei den Emanationen ergibt sich

bei dieser der Wert der Abklingungskonstante ganz verschieden, je nachdem die mitgeteilte Aktivität schon kürzere oder längere Zeit bestanden hat.

Diese auffallende Tatsache, daß es vorübergehend radioaktive Körper gibt, führte zu der Theorie, die zuerst von Rutherford aufgestellt wurde, daß die Atome der radioaktiven Körper nicht unveränderlich sind, sondern zerfallen, zu der Theorie des Atomzerfalls. In den radioaktiven Stoffen treten danach wirklich, und zwar ohne unser Zutun, die Kräfte auf, welche den inneren Zusammenhang eines Atoms lockern und das Atom in Teile zersprengen. Die Unveränderlichkeit und Unteilbarkeit der Atome ist bei ihnen durch die Tatsachen widerlegt.

Aus einem Atom des Radiums entwickelt sich durch Abgabe eines α -Teilchens ein Atom eines neuen Stoffes, eben der Emanation. Dieses Atom aber zerfällt auch wieder durch Abgabe eines α -Teilchens und bildet nun ein Atom desjenigen Stoffes, den man im großen und ganzen mitgeteilte Aktivität nennt. Die Unbestimmtheit von deren Abklingungskonstante kommt daher, daß diese nicht ein ein-

Fig. 12.



facher Stoff ist, sondern daß aus ihr der Reihe nach sich verschiedene Stoffe bilden, die also zum Teil nebeneinander bestehen, und zwar in verschiedenen relativen Mengen, je nach der Zeit, die seit ihrer ersten Entstehung verstrichen ist. Diese aus der Emanation der Reihe nach sich bildenden Stoffe bezeichnet man als Radium A, Radium B usw. bis Radium F. Ein Atom eines dieser Körper bildet sich aus dem vorhergehenden durch Ausstoßung von α - oder von β -Teilchen oder von beiden, wobei zum Teil auch γ -Strahlen (Röntgenstrahlen) entstehen.

Die allmähliche Bildung dieser einzelnen Stoffe ist für das Radium durch Fig. 12 dargestellt, wobei auch die Art der Strahlen angegeben ist, durch die aus einem vorhergehenden Atom sich das folgende bildet. Die Stoffe: Radium A, B, C haben sehr kleine Halbwertszeiten, solche von 3; 26,7; 19,5 Minuten, sie sind also rasch verschwindende Substanzen, von denen schon nach einigen Stunden nichts mehr zu erkennen ist. Das Radium C aber geht dabei in einen Körper Radium D über, der umgekehrt eine sehr große Halbwertszeit, eine solche von 16,5 Jahren, besitzt, also ein sehr beständiger Körper ist und sich nur allmählich unter Ausgabe sehr schwer beobachtbarer β -Strahlen zu Radium E und F umbildet. Diese sind auch ziemlich langlebig, da sie Halbwertszeiten von 5 bzw. 136 Tagen besitzen. Das Radium F ist durchaus identisch mit dem Polonium, welches Frau Curie gleichzeitig mit dem Radium aus der Pechblende abgeschieden hat, das aber, wie man jetzt sieht, nur ein Abkömmling des Radiums ist.

In ähnlicher Weise hat sich die Entwicklung der Atome aus dem Thorium feststellen lassen, die durch folgende Reihe mit den Abklingungszeiten und den ausgesendeten Strahlen dargestellt ist.

Substanz	Abklingungszeit
Thorium	—
↓ α	
Mesothorium I	6,7 Jahre
↓ β	
Mesothorium II	6,2 Stunden
↓ β, γ	
Radiothorium	1,905 Jahre
↓ α	
Thorium X	3,7 Tage
↓ α, β	
Thoriumemanation	53 Sekunden
↓ α	
Thorium A	0,14 Sekunden
↓ α	
Thorium B	10,6 Stunden
↓ β	
Thorium C	55 Monate
↓ α, β	
Thorium D	3,1 Minuten
↓	
↓ β, γ	

Die Aktiniumreihe ist von minderer Bedeutung. Dagegen ist es von hohem Interesse, daß das Radium direkt ein Abkömmling des Urans ist. Man hat nämlich gefunden, daß das Uran durch einen Zwischenkörper Ionium, der eine außerordentlich große Halbwertszeit (von etwa 1 Million Jahre) besitzt, in das Radium übergeht, das selbst eine Halbwertszeit hat, die ungefähr 2000 Jahre beträgt.

Alle diese Substanzen, das Uran, das Radium, das Thorium, das Aktinium mit ihren Produkten, senden α - und β -Strahlen aus. Und bei allen sind sowohl die β -Strahlen dieselben, wie die α -Strahlen. Alle β -Strahlen bei den verschiedensten Substanzen sind negative Elektronen, die sich nur dadurch voneinander unterscheiden, daß ihre Geschwindigkeiten verschieden sind. Und alle α -Strahlen, bei allen Substanzen, sind doppelt positiv geladene Heliumatome, die sich nur dadurch unterscheiden, daß sie verschiedene Geschwindigkeit besitzen und verschieden lange Strecken in der Luft zurücklegen, bis sie aufhören zu ionisieren, die sich also nur durch ihre Reichweite unterscheiden.

Daraus aber folgt mit Notwendigkeit, daß die Atome dieser Stoffe, also des Urans, Radiums, Thoriums und Aktiniums und ihrer Folgesubstanzen, Heliumatome und negative Elektronen als Bestandteile besitzen müssen. Bei diesen schwersten Atomen sind also die engeren Bestandteile des Atoms durch diese Untersuchungen bekannt.

Es geht aus dem Gesagten nicht notwendig hervor, daß z. B. ein Radiumatom nur aus Heliumatomen und negativen Elektronen bestehen muß. Es könnte auch noch andere Stoffe als Bestandteile haben, z. B. Wasserstoffatome. Aber weder im positiven noch im negativen Sinn liegt hierfür irgend ein Beweis bisher vor.

Die Abschleuderung der α -Teilchen aus einem Stück Radium oder aus einem Stück der anderen radioaktiven Stoffe läßt sich durch eine höchst interessante Versuchsanordnung sichtbar machen. Die verschiedenen Strahlenarten nämlich, sowohl die α -, wie die β - (und auch die γ -) Strahlen machen die Luft, durch die sie hindurchgehen, elektrisch leitend, sie ionisieren, wie man sagt, die Luft. Werden nämlich Luftteilchen oder Teilchen eines anderen Gases von solchen Strahlen getroffen, so findet eine Zertrümmerung der Gasteilchen statt, es bilden sich aus einem Gasmolekül positive und negative Ionen, Gas-Ionen. Von welcher Art diese Ionen sind, interessiert uns hier nicht näher. Dieses Leitendwerden der Gase, das man messend verfolgen kann, gibt schon seit langer Zeit die Hauptmethode zur Untersuchung der radioaktiven Erscheinungen.

Diese Gas-Ionen nun haben eine besondere Eigenschaft: sie können nämlich als sogenannte Nebelkerne wirken. Wenn man nämlich in ein geschlossenes Gefäß, das Luft enthält, auf den Boden etwas Wasser bringt, so entwickeln sich Wasserdämpfe, die sich der Luft beimengen und die ebenso unsichtbar sind wie die Luft. Je nach der Temperatur, die das Gefäß besitzt, ist mehr oder weniger Wasser in Form von Wasserdampf vorhanden. Der Wasserdampf ist, wie man es nennt, gesättigt, es ist gerade so viel Wasserdampf vorhanden, als der Temperatur und dem Volumen des Gefäßes entspricht. Wenn nun aber die Temperatur des Gefäßes plötzlich verringert wird, so tritt die Sättigung schon eher ein, es gehört zu dieser niedrigeren Temperatur eine geringere Menge von Wasserdampf und folglich muß sich der überschüssige Teil des Wasserdampfes in Form von Nebel als Wassertröpfchen niederschlagen. Das sollte nun schon bei einer sehr kleinen Temperaturerniedrigung stattfinden. Aber in Wirklichkeit ist das (wegen der Oberflächenspannung) nicht der Fall, es gehört vielmehr eine ziemlich bedeutende Temperaturerniedrigung dazu, um in reiner Luft aus dem Wasserdampf Nebel entstehen zu lassen. Bedeutend erleichtert wird aber die Nebelbildung, wie man schon lange gefunden hat, wenn in der Luft Staub vorhanden ist (was gewöhnlich der Fall ist, wenn man die Luft nicht absichtlich filtriert hat). Die Staubteilchen wirken als Nebelkerne und an ihnen bilden sich leicht, auch schon bei geringer Temperaturerniedrigung, die Wassertröpfchen. Ebenso wie Staub wirken aber, wie man zufällig gefunden hat, auch die Gas-Ionen. Auch an einem Gas-Ion schlägt sich, schon bei geringer Temperaturerniedrigung, der Wasserdampf als flüssiges Wasser nieder. Um in Luft rasch eine geringe Temperaturerniedrigung hervorzubringen, setzt man bei derartigen Experimenten das Gefäß, in dem die Luft enthalten ist, plötzlich durch Öffnen eines Hahns mit einem anderen Gefäß von geringerem Druck der Luft in Verbindung. Dann findet beim plötzlichen Ausströmen, bei der plötzlichen Volumenvergrößerung eine Abkühlung der Luft statt und es bildet sich bei Anwesenheit von Staubkernen oder Gas-Ionen sofort Nebel.

Diese Eigenschaft der Gas-Ionen benutzte der englische Physiker Wilson in einer sehr schönen Versuchsanordnung, um die Bahnen, welche die α -Teilchen oder die β -Teilchen durchlaufen, direkt sichtbar und sogar photographierbar zu machen. Hier interessieren uns nur die

Bahnen der α -Teilchen. Er ließ in den Raum, der den Wasserdampf enthielt und den er die *Wolkenkammer* nannte, durch ein Stück eingebrachtes Radium die α -Teilchen eintreten. Diese ionisierten die Luft der Wolkenkammer und bildeten auf ihrem Wege eine große Anzahl von Gas-Ionen. Durch plötzliche Abkühlung des Gases in der beschriebenen Weise schlägt sich an diesen Ionen der Wasserdampf nieder und man sieht also einen Nebelstreifen in der Wolkenkammer, der direkt die Bahn der α -Teilchen bezeichnet. Durch plötzliche, im richtigen Moment eintretende Beleuchtung des Nebelstreifens kann man diesen sogar photographieren. Fig. 13 und 14 geben einige solche von *Wilson* aufgenom-

Fig. 13.

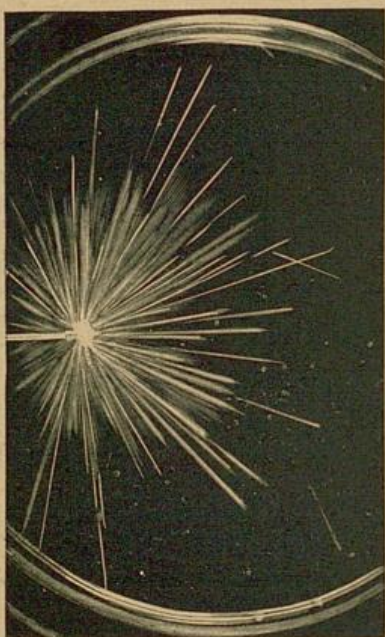


Fig. 14.



mene Photographieen der α -Strahlen, die von einem Stück Radium ausgehen. Sie entsprechen durchaus dem Bilde, das man sich schon vorher aus den Experimenten über die α -Strahlen gemacht hatte. Insbesondere zeigen sie, daß jeder Strahl nur eine bestimmte Reichweite besitzt, und daß er dann plötzlich aufhört. Bei näherer Betrachtung aber zeigen einige dieser α -Strahlen eine besondere Eigentümlichkeit, die für unsere weiteren Ausführungen von hervorragender Wichtigkeit ist. Man sieht nämlich in Fig. 14, daß einige dieser Strahlen kurz vor ihrem Ende eine scharfe, plötzliche *Umbiegung* zeigen, daß der geradlinige Strahl an einer Stelle einen kleinen Ansatz unter einem stumpfen Winkel enthält. Nicht alle Strahlen zeigen das, sondern nur einige. In Fig. 15 sind zwei Strahlen aus Fig. 14 vergrößert dargestellt, von denen der eine die

Umbiegung zeigt, der andere nicht. Die α -Teilchen stoßen bei ihrem Flug die Luftteilchen und ionisieren sie, aber dabei bleiben sie im allgemeinen auf ihrer geradlinigen Bahn. Ihre Energie ist so groß, daß sie beim Stoß an die Luftteilchen nicht von ihrer Bahn abgelenkt werden. Aber hier und da, plötzlich, erfahren einige eine starke Abbiegung und hören dann kurz darauf auf, zu existieren. Was mag die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung sein?

Eine andere Beobachtung, die an den α -Teilchen gemacht wurde, hängt mit der eben angeführten zusammen. Wenn ein α -Teilchen, also ein Heliumatom mit doppelter positiver Ladung, durch eine dünne Metallfolie hindurchgeht, so erleidet es durch diese im allgemeinen eine kleine Ablenkung von seiner Bahn, und ein dünnes Bündel von α -Strahlen zeigt deswegen beim Durchgang durch eine dünne Metallfolie eine kleine Erweiterung, eine Zerstreuung. Der Grund dafür ist leicht einzusehen. Da ja die Atome der Metallfolie selbst positive und negative Ladungen enthalten, so wird das positiv geladene Heliumatom von diesen bald in dem einen Sinne, bald in dem anderen Sinne etwas abgelenkt, aber im ganzen immer nur wenig. Man hat aus den Beobachtungen der Zerstreuung berechnen können, daß die α -Teilchen durch ein Goldatom im Durchschnitt nur eine Ablenkung von $\frac{1}{200}$ Grad erfahren. Natürlich ist diese Ablenkung

je nach den Umständen, wie ein α -Teilchen ein Atom trifft, bald etwas größer, bald etwas kleiner, nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit, aber im Durchschnitt hat eben die Ablenkung nur die angegebene kleine Größe. Dagegen zeigte es sich nun bei diesen Beobachtungen, daß manchmal, hier und da, außerordentlich große Ablenkungen stattfanden, solche von 90° und darüber, Ablenkungen, die nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit nie hätten beobachtet werden können, da sie nur in Millionen oder Billionen Fällen einmal hätten sich ergeben können, während sie in Wirklichkeit schon in etwa 8000 Fällen je einmal vorkamen. Diese großen Ablenkungen machen den Eindruck, als ob das α -Teilchen hier und da einmal direkt von einem Atom der Metallfolie reflektiert worden wäre. Nicht bloß in Metallfolien, sondern auch in Gasen zeigte sich eine solche Zerstreuung der α -Teilchen und in gewissen Fällen eben eine solche von ganz unwahrscheinlicher Größe. Man sieht, daß das genau dieselbe Erscheinung ist, wie diejenige, die bei den Wilsonschen Photographieen, Fig. 14 und 15, sich zeigt. Auch hier scheint ein α -Teilchen hier und da einmal von einem Atom direkt reflektiert zu werden und zeigt dadurch die geknickte Bahn.

Beim Nachdenken über die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung kam Rutherford zu dem Schluß, daß diese nur in der Konstitution der Atome der zerstreuen Schicht gefunden werden könne. Die Größe dieser starken Ablenkungen hängt nämlich direkt

Fig. 15.



erdampf
ein Stück
erten die
e Anzahl
beschrie-
eder und
direkt die
Moment
er photo-
ufgenom-



ium aus-
on vorher
besondere
e besitzt,
ung aber
t, die für
ist. Man
em Ende
ge Strahl
inkel ent-
g. 15 sind
eine die

mit dem Atomgewicht der zerstreuen Substanz zusammen. Je größer das Atomgewicht der zerstreuen Substanz (im Quadrat) ist, um so stärker sind diese außergewöhnlichen Ablenkungen. Danach können die Ablenkungen, sowohl die gewöhnlichen kleinen, wie die seltenen großen, nur dadurch zustande kommen, daß ein α -Teilchen durch ein Atom hindurchfliegt. Dann aber müssen in jedem Atom freie Lücken vorhanden sein, und die erste Folgerung daraus ist, daß der Raum, den ein Atom einnimmt, nicht vollständig mit Masse ausgefüllt sein kann.

Die merkwürdigen Erscheinungen bei den α -Teilchen, nämlich ihr plötzliches Aufhören nach Durchfliegung der Reichweite, ihre gewöhnliche schwache Zerstreuung und ihre außergewöhnlich starke Ablenkung erklären sich nun, wie Rutherford zeigte, wenn man annimmt, daß jedes Atom aus einem positiv geladenen Kern von äußerst kleinem Volumen besteht und daß um diesen Kern herum in einem Abstand, der ungefähr der Größe des Atomradius entspricht, negative Elektronen vorhanden sind, so daß das ganze Atom neutral ist. Diese negativen Elektronen liegen um den Kern herum oder kreisen um ihn wie die Planeten um die Sonne. Im allgemeinen nämlich wird dann ein α -Teilchen, dessen Dimensionen auch als sehr klein anzunehmen sind, irgendwo in dem Zwischenraum zwischen dem positiven Kern und den Elektronen durch das Atom durchfliegen und wird nur eine kleine Ablenkung erfahren, die aus der abstoßenden Wirkung des Kerns und der anziehenden Wirkung der Elektronen sich zusammensetzt, die aber deswegen klein bleibt, weil das α -Teilchen bei seinem Flug im allgemeinen verhältnismäßig weit von dem Kern und von den Elektronen sich durch das Atom bewegt. Dagegen kann es vorkommen, daß das α -Teilchen direkt auf ein negatives Elektron oder in seltenen Fällen auf den positiven Kern zufliegt. Im ersteren Fall wird es sich mit diesem vereinigen und aus einem doppelt positiv geladenen Heliumatom zu einem einfach geladenen werden, und wenn es dann noch einmal ein Elektron trifft, so wird es ein neutrales Heliumatom werden. Das wird, je nach der Geschwindigkeit des α -Teilchens, bald früher, bald später eintreten. Wenn aber diese Neutralisierung seiner Ladung einmal erreicht ist, dann verliert das Heliumatom, da es nun unelektrisch geworden ist, plötzlich seine Eigenschaft, zu icnisieren, und auf diese Weise erklärt sich das plötzliche Aufhören der α -Strahlen nach Durchfliegung der Reichweite.

In sehr viel selteneren Fällen — wegen der angenommenen Kleinheit des Kerns — wird es vorkommen, daß ein α -Teilchen in unmittelbare Nähe des Kerns des Atoms fliegt. In diesem Fall aber wird wegen der positiven Ladungen des α -Teilchens und des Kerns eine stark abstoßende Kraft auftreten und das α -Teilchen wird unter einem scharfen Winkel aus seiner Bahn abgelenkt werden müssen. Auf diese Weise erklären sich also die beiden so auffallenden und zuerst so unverständlichen Erscheinungen, das plötzliche Aufhören der α -Strahlen und die zuweilen auftretenden plötzlichen Umbiegungen derselben, Erscheinungen, die zunächst aller Erklärung zu spotten schienen.

Eine genaue mathematische Verfolgung dieses Vorganges, bei dem das α -Teilchen durch die Ladung des Kerns abgelenkt wird, zeigt, daß

diese Ablenkung abhängen muß von der Größe der positiven Ladung des Kerns, und zwar von dem Quadrat derselben. Und indem man die Versuchsergebnisse nach dieser Theorie prüfte — wobei vollständige Übereinstimmung sich ergab — konnte man aus der beobachteten Größe der Ablenkung berechnen, wie groß die Ladung des positiven Kerns der verschiedenen Atome ist, wenn man die des Wasserstoffs gleich 1 setzt. Dabei zeigte es sich, daß bei den verschiedenen Atomen die Ladung des zentralen Kerns ungefähr die Größe des halben Atomgewichts hat, wenn man die des Wasserstoffs als Einheit nimmt. Also Helium mit dem Atomgewicht 4 zeigt eine positive Ladung des Kerns gleich 2, Kohlenstoff mit dem Atomgewicht 12 eine solche gleich 6, Sauerstoff mit dem Atomgewicht 16 eine solche gleich 8, Schwefel mit dem Atomgewicht 32 eine solche gleich 16.

Das ist zunächst ein sehr überraschendes Resultat, welches aber eine noch überraschendere Erklärung findet. Wenn man sich nämlich sämtliche Elemente nach dem periodischen System, also nach den Atomgewichten, ordnet, so ist die Stelle, welche die obengenannten Elemente einnehmen, gerade gleich der Hälfte des Atomgewichts. Es ordnen sich nämlich die ersten Elemente so:

1. Wasserstoff, 2. Helium, 3. Lithium, 4. Beryllium, 5. Bor, 6. Kohlenstoff, 7. Stickstoff, 8. Sauerstoff, 9. Fluor, 10. Neon, 11. Natrium, 12. Magnesium, 13. Aluminium, 14. Silicium, 15. Phosphor, 16. Schwefel usw.

Also die Ordnungszahl im periodischen System der Elemente ergibt sich gleich der positiven Ladung des Kerns des Atoms oder, mit anderen Worten, die Zahl der positiven Elementarladungen, welche der Kern besitzt, bestimmt seine Ordnungszahl im periodischen System, bestimmt also auch sein Atomgewicht. Denn die Reihenfolge der Elemente im periodischen System ist im allgemeinen (bis auf einige Ausnahmen) die Reihenfolge der Atomgewichte.

Daraus aber ergibt sich eine ganz neue und überraschende Betrachtungsweise. Die positive Ladung des Kernes bestimmt zugleich die Masse des Atoms. Das heißt aber nichts anderes als: die Masse des Atomes ist eine Eigenschaft, die bloß von seiner Ladung abhängt, die Masse des Atomes ist scheinbare Masse, ganz so, wie die Masse des negativen Elektrons scheinbare Masse ist.

Das ist eine Folgerung und ein Schluß von außerordentlicher Kühnheit! Sagt er doch nichts anderes aus, als daß die Masse der Körper, die wir von Jugend auf gewohnt sind als das Reellste, Tatsächlichste anzusehen, daß diese bloß ein täuschender Schein ist. Die ersten Erfahrungen, die ein Kind macht, indem es sich an einer Tischkante stößt, geben ihm den bestimmten und unauslöschlichen Eindruck der Tatsächlichkeit der Masse. Die Masse erscheint dem Kind und erscheint uns als das Deutlichste und Erste, was wir von den Körpern der Natur wissen. Und dieses Deutlichste und Erste erklären wir nun als einen Schein. Nicht daß wir die Wirkungen der Masse leugnen, wie sie das Kind an der Tischkante erfährt, oder wie sie der Soldat, der von einem Schrapnell getroffen wird, erfährt. Aber wir erklären, daß diese Wirkung nicht herrührt von einem besonderen Etwas, das wir als

Masse bezeichnen, sondern daß sie nur herrührt von den Ladungen, die der Kern des Atoms trägt, daß diese Masse also nichts ist, als eine Folge aus der Ladung, daß sie also nicht das Erste, an sich Einleuchtende, für sich Bestehende ist, sondern daß sie ein Zweites, ein aus der Ladung Folgendes, ein ohne diese Ladung nicht Bestehendes ist. Wir leugnen mit einem Wort, daß die Masse etwas Primäres, den Körpern Innewohnendes ist, wir erklären vielmehr die elektrischen Ladungen als das Primäre und die Masse nur als eine Folge aus diesen Ladungen. Wer jemals wissenschaftlich oder technisch Mechanik studiert hat, dem wird gleich zu Anfang seines Studiums die Masse der Körper als etwas aus der Erfahrung Gewonnenes hingestellt, das man nicht näher definieren kann noch will, sondern das etwas Gegebenes ist. Dieses schlechthin Gegebene leugnen wir jetzt, wir führen es zurück auf ein anderes, auf die elektrische Ladung, von der zur Zeit, als die Mechanik schon in der höchsten Blüte stand und bis zur Vollkommenheit entwickelt war, noch niemand ahnen konnte, daß sie schließlich die Ursache der Masse ist.

Wenn nun aber die Masse der Atome bloß scheinbare Masse ist, so können wir uns auch sofort einen Einblick verschaffen in die Dimension dieser positiv geladenen Kerne. Denn nach der S. 28 angeführten Formel ist

$$\text{Masse} = \frac{2}{3} \frac{\text{Quadrat der Ladung (elektrostatisch)}}{\text{Radius des Elektrons} \times \text{Quadrat der Lichtgeschwindigkeit.}}$$

Die Masse eines Wasserstoffatoms ist nach S. 11 gleich $1,6 \cdot 10^{-24}$ g. Die Elementarladung ist nach S. 20 $4,71 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten. Folglich ist der

$$\text{Radius des Wasserstoffkerns} = \frac{2}{3} \cdot \frac{21 \cdot 10^{-20}}{1,6 \cdot 10^{-24} \cdot 9 \cdot 10^{20}} = 1 \cdot 10^{-16} \text{ cm.}$$

Da wir oben S. 28 gefunden hatten, daß der Radius eines Elektrons gleich $2 \cdot 10^{-13}$ cm ist, so sehen wir, daß der positive Kern, der die ganze Masse des Wasserstoffatoms enthält, rund einen 2000mal kleineren Radius als selbst ein Elektron hat.

Denken wir uns wieder das Atom (von der Größe 10^{-8} cm) so vergrößert, daß es den Raum der Erdkugel vom Radius 6350 km einnimmt, so hat der Kern des Wasserstoffatoms bloß einen Radius von 6 cm, entspricht also etwa der Größe eines Kinderballs, während ein negatives Elektron in derselben Vergrößerung dem Raum einer großen Kirche entspricht, da sein Radius 127 m beträgt.

Von derselben Größe wie der Radius eines Wasserstoffkerns ist wohl der Radius eines α -Teilchens. Denn da dieses ein Heliumatom mit der doppelten Ladung ist und da die Masse des Heliumatoms 4mal so groß ist wie die des Wasserstoffatoms, so ist der Radius des Heliumkernes, also des α -Teilchens, derselbe wie der des Wasserstoffkernes. Indes kann man sich davon auch eine andere Vorstellung machen, die wir später besprechen werden.

Wenn wir annehmen wollten, daß alle Atome, bis zu den schwersten, nur aus einem einzigen Kern beständen, so könnten wir ebenso die Radien aller dieser Kerne berechnen. Denn die Zahl der Ladungen der

Atome ist durch ihre Ordnungszahl im periodischen System bestimmt und ihre Masse ist durch ihr Atomgewicht gegeben. Aber da wir wenigstens von den schwersten Atomen, denen des Radiums, Thoriums, Aktiniums, Urans, bereits wissen, daß in ihnen Heliumkerne vorhanden sind, so werden wir diese und vermutungsweise die meisten anderen Atome als Konglomerate einer mehr oder minder großen Anzahl solcher Kerne ansehen müssen, von denen wir bisher allerdings nur die Heliumkerne nachweisen können, bei denen es aber möglich ist, daß sie auch andere Kerne, z. B. Wasserstoffkerne mit einfacher Ladung, enthalten könnten.

Wenn wir aber den zentralen Kern der schwereren Atome als ein Konglomerat, eine Aneinanderreihung von einfacheren Kernen ansehen müssen, so folgt noch ein weiteres daraus. Eine Anzahl positiv geladener Kerne, seien das nun Heliumkerne oder Wasserstoffkerne oder Kerne anderer Art, kann nicht ohne weiteres ein Konglomerat, eine Aneinanderreihung bilden, weil ja die verschiedenen positiven Kerne sich gegenseitig abstoßen müssen. Damit sie aneinandergereiht bleiben, ist notwendig, daß in dem Gesamtkern auch noch negative Elektronen vorhanden sind, die die Anziehung, das Aneinanderschließen der verschiedenen Einzelkerne bewirken. Wir müssen also bei den schwereren Atomen, sicher bei denen der radioaktiven Substanzen, aber vermutlich auch bei vielen anderen, den zentralen Kern aus einfacheren positiven Kernen in Verbindung mit einer mehr oder minder großen Anzahl von negativen Elektronen gebildet ansehen. Da aber durch jedes negative Elektron im Kern die gesamte positive Ladung um eine Einheit verringert wird, so müssen um so mehr positive Einzelkerne zusammentreten, um die Ordnungszahl des Elementes zu ergeben. Zum Beispiel ein Element von der Ordnungszahl 92 (Uran) würde, wenn es bloß aus Heliumkernen zusammengesetzt ist, 46 solche Kerne verlangen. Damit diese zusammenhalten, müssen noch eine Anzahl, und zwar eine gerade Anzahl negativer Elektronen dazutreten. Bei 2 negativen Elektronen brauchte man 47 Heliumkerne, bei 4 negativen Elektronen 48 Heliumkerne, usf. Aus dem Atomgewicht des Urans 238,2 und dem des Heliums 4 würde folgen, daß höchstens 59 Heliumkerne und 26 negative Elektronen im Kern des Uranatoms enthalten sein können. Man sieht, daß, um über die Konstitution der Atome Bestimmtes aussagen zu können, ebensoviele Möglichkeiten geprüft und mit den Tatsachen verglichen werden müssen, wie es in der Chemie bei den komplizierten Molekülen mit sehr vielen Atomen der Fall ist. Ein ganz neues Gebiet, die Strukturchemie der Atome, analog der Strukturchemie der Moleküle, sehen wir als eine Aufgabe der kommenden Zeit vor uns.

Was nach dieser neuen Auffassung ein Atom kennzeichnet, ein Atom von allen anderen unterscheidet, ist also der Kern, d. h. die positive Ladung, die der Kern besitzt. Ein Wasserstoffatom ist gekennzeichnet durch einen Kern mit einer Elementarladung, ein Heliumatom durch einen solchen mit zwei Elementarladungen. Um diese Kerne bewegen sich nun in Kreisen oder Ellipsen negative Elektronen herum, die aber eben nicht den Kern bilden. Ist kein solches Elektron in der Anziehung des Wasserstoffkerns, so sprechen wir nach der heutigen Ausdrucksweise von einem positiven Wasserstoffion H^+ . Das ist dann eben nichts anderes als der Kern. Ist ein Elektron in seiner Anziehungssphäre, so sprechen

wir heute von einem (neutralen) Wasserstoffatom H. Ist noch ein zweites Elektron in der Anziehungssphäre, so sprechen wir von einem negativen Wasserstoffion H^- . Ebenso kann man beim Helium unterscheiden doppelt positiv geladene Heliumatome He^{++} , die nichts anderes sind als der Kern oder das α -Teilchen; bei Anlegung eines oder mehrerer Elektronen werden daraus einfach positiv geladene Heliumatome He^+ , dann neutrale Heliumatome He, endlich könnten negativ geladene Heliumatome He^- und He^{--} entstehen. Alle diese verschiedenen Stoffe von verschiedenem optischen und elektrischen Verhalten sind aber Helium, weil sie alle charakterisiert sind durch denselben Kern.

Man muß also bei den schwereren, zusammengesetzten Atomen unterscheiden zwischen den negativen Elektronen, die im Kern selbst sitzen, die wir als Kernelektronen bezeichnen wollen, und die den Zusammenhalt des Kernes sichern, und den negativen Elektronen, die außerhalb des Kernes um ihn herum sich bewegen, in mehr oder minder großen Abstand.

Eine Zu- oder Abnahme der letzteren ändert das Atom, den Stoff nicht. Der Stoff ist durch die positive Ladung des Kernes bestimmt. Dagegen eine Zu- oder Abnahme der Kernelektronen ändert das Atom, den Stoff, verändert ihn in einen neuen Stoff, ebenso wie eine Zu- oder Abnahme von α -Teilchen in dem Kern den Stoff verändert. Verfolgen wir von diesem Gesichtspunkt aus jetzt wieder die radioaktiven Umwandlungen, so werden wir erkennen, daß wir bei den schweren Atomen, welche in dem positiven Kern noch Kernelektronen enthalten, zu einer Erweiterung unserer Begriffe genötigt sind; wir werden nämlich erkennen, daß zwei Atome, die wir nach unseren Betrachtungen als gleichartig betrachten müssen und die auch chemisch und physikalisch sich ganz gleich verhalten, daß diese doch verschiedene Atomgewichte haben können. Das widerspricht der bisherigen Auffassung des Atoms ganz direkt. Denn das Hauptmerkmal des Atoms, durch welches eine Art von Atomen von einer anderen Art unterschieden wurde, bildete eben bisher gerade das Atomgewicht.

Wenn nämlich ein Stoff mit einer bestimmten Kernladung ein α -Teilchen aussendet, so vermindert sich dadurch seine Kernladung um 2 Einheiten. Wenn er aber dann ein β -Teilchen, d. h. ein Kernelektron, aussendet, so vermindert sich seine positive Kernladung um eine negative Einheit, d. h. seine positive Kernladung nimmt um eine Einheit zu. Und wenn er dann noch ein β -Teilchen aussendet, so ist seine Kernladung wieder genau dieselbe wie im Anfang, es ist also wieder dasselbe Atom, d. h. das chemisch und physikalisch gleichwertige Atom, gebildet. Und doch sind die Atomgewichte dieser beiden Stoffe, des ursprünglichen und des nach Verlust von einem α -Teilchen und zwei β -Teilchen entstehenden, verschieden. Denn die Masse der Atome sitzt im wesentlichen in den positiven Kernladungen, also hier in den α -Teilchen. Die β -Teilchen haben nur den 1900. Teil der Masse eines Wasserstoffatoms, tragen also nur unwesentlich zur ganzen Masse des Atoms bei. Und man sieht, der nach Ausstoßung von einem α -Teilchen und zwei β -Teilchen gebildete Körper hat ein um 4 Einheiten kleineres Atomgewicht als der ursprüngliche. Aber

da die Kernladungen ja dieselben sind, so unterscheiden sich die beiden Körper chemisch und physikalisch nicht, sie gehören insbesondere an dieselbe Stelle des periodischen Systems. Die beiden Atome sind nicht identisch, ihre Unterschiede sind uns ja bekannt, da sie verschiedene Mengen von α - und β -Teilchen im Kern enthalten, aber chemisch können wir sie nicht trennen.

Man nennt solche Elemente, welche die gleiche Kernladung besitzen, aber sich dabei durch die Zahl der positiven und negativen Ladungen im Kern unterscheiden, *isotope Elemente*. Sie stehen an derselben Stelle des periodischen Systems und lassen sich chemisch nicht voneinander unterscheiden, obwohl sie verschiedene Atomgewichte haben.

Solche Fälle sind bei der Untersuchung der radioaktiven Stoffe vielfach beobachtet worden und erst durch die Kertheorie der Atome sind sie verständlich geworden.

Um das an einem Beispiel durchzuführen, gehen wir von dem gewöhnlichen Uran (Uran I) aus, das ein Atomgewicht 238,5 besitzt und dessen Kernladung, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden, zu 92 bestimmt ist.

Die schon oben angeführte Umwandlungsreihe des Urans durch das Ionium in das Radium gibt nun folgendes, wenn wir beachten, daß das Atomgewicht eines Stoffes durch Aussendung eines α -Teilchens sich um 4 Einheiten vermindert, während die Kernladung sich dabei um 2 vermindert.

Umwandlungsreihe . . .	Uran I $\xrightarrow{\alpha}$	Uran X $\xrightarrow{\beta}$	Brevium $\xrightarrow{\beta}$	Uran II $\xrightarrow{\alpha}$	Ionium $\xrightarrow{\alpha}$
Kernladung	92	90	91	92	90
Atomgewicht	238,5	234,5	234,5	234,5	230,5
Umwandlungsreihe . . .	Radium $\xrightarrow{\alpha}$	Radiumemanation $\xrightarrow{\alpha}$		Radium A $\xrightarrow{\alpha}$	Radium B $\xrightarrow{\beta}$
Kernladung	88	86		84	82
Atomgewicht	226,5	222,5		218,5	214,5
Umwandlungsreihe . . .	Radium C $\xrightarrow{\alpha\beta}$	Radium D $\xrightarrow{\beta}$	Radium E $\xrightarrow{\beta}$	Radium F $\xrightarrow{\alpha}$	(Rad. G ?)
Kernladung	83	82	83	84	82
Atomgewicht	214,5	210,5	210,5	210,5	206,5

Aus dieser Reihe erkennt man, daß die Kernzahl 84 den Elementen Radium A und Radium F (Polonium) zukommt. Dies sind also isotope Elemente. (Das Radium C ist wahrscheinlich kein einheitlicher Stoff, sondern zusammengesetzt aus C_1 und C' , und Radium C' ist dann auch Isotop mit Radium A.)

Ferner kommt die Kernzahl 83 den Elementen Radium E und Radium C (vermutlich Radium C_1) zu, es sind das also auch isotope Elemente.

Endlich besitzen die Kernzahl 82 die Elemente Radium B, Radium D und das unbekannte Endprodukt der Reihe Radium G.

Welches dieses Endprodukt ist, darüber hat man schon lange die Vermutung gehegt, daß es das Blei ist, dessen Kernladung 82 und dessen Atomgewicht 207,2 ist. Da nun das Radium B und Radium D Isotop mit dem Radium G sind, so müssen diese auch Blei sein, resp. von Blei chemisch und physikalisch mit Ausnahme des Atomgewichts nicht

zu unterscheiden sein. Und es folgt daraus, daß es Blei von verschiedenem Atomgewicht geben muß, je nach seiner Bildung, nämlich solches, welches z. B. aus Radium D besteht, und solches, welches aus Radium G besteht, deren Atomgewichte 206,5 und 210,5 sind. Diese Folgerung scheint durch neueste Versuche (von Hönigschmidt) experimentell bestätigt zu sein, bei denen man tatsächlich durch sehr genaue Messungen bei Blei verschiedener Herkunft verschiedene Atomgewichte gefunden hat. Die großen Differenzen, die theoretisch beim Atomgewicht des Bleis vorkommen könnten — zwischen 214,5 (Radium B) und 206,5 (Radium G) — können praktisch natürlich nicht vorkommen, weil das Radium B, D und G immer nur in minimalen Quantitäten vorhanden sein könnte. Wenn man noch die anderen radioaktiven Reihen hinzunimmt, so findet man, daß mit dem Blei nicht bloß Radium B, D und Radium G, sondern auch Thorium B und Aktinium B isotop sind, so daß das Atomgewicht dieser isotopen Elemente zwischen 206,5 und 214,5 liegt.

Eine vollständige Durchführung dieser Betrachtungen ist aber zurzeit noch nicht möglich, da über die aufeinanderfolgenden radioaktiven Umwandlungen in manchen Fällen die Beobachtungen noch nicht genügende Sicherheit bieten.