

ziationsprodukte (z. B.  $H_2SeO_3$ , S. 810) ebenso, wie aus den Intensitäten quantitative Angaben über die Lage des Dissociationsgleichgewichtes abgeleitet werden können (S. 790). Auch die thermische Dissoziation war z. B. bei der Essigsäure qualitativ und quantitativ zu studieren. Umgekehrt offenbarte uns das *Raman*-Spektrum aber auch die Assoziation (z. B. beim  $H_2O$ ,  $S_2O_6$ , S. 811, 812) oder die Aggregation und ihre stufenweise Erkennung bei den Polysäuren (S. 814). Sehr wichtig ist die Tatsache, daß der *Raman*-Effekt Aussagen über die Polarität der Bindung erlaubt (S. 786 u. 811). Wenn das Auftreten der OH-Schwingung in der wasserfreien  $HClO_4$  (S. 792) z. B. die homöopolare Bindung des H beweist, so verspricht das Schwingungsspektrum mit der Entwicklung der Aufnahmetechnik für den festen Zustand auch für die intermetallische Bindung manche Aufklärung. Bei den Komplexen ist die Unterscheidung von Durchdringungs- und normalen Komplexen möglich (S. 813) und bei den halogenierten H-Verbindungen der Elemente der 4. Gruppe (S. 809) zeigt der *Raman*-Effekt, daß im  $CHCl_3$  und  $SiHCl_3$  der H homöopolar und im  $SnHCl_3$  und  $GeHCl_3$  imogen gebunden ist. Wesentlich ist, daß der *Raman*-Effekt auch auf amorphe, feste Systeme anspricht, und das Kapitel II 5 zeigt uns, wie erfolgreich er zur Aufklärung des glasigen Zustandes eingesetzt werden kann. Aber auch die bisher weitgehend unbekannte Wechselwirkung zwischen Lösungsmittel und Gelöstem wird mit dem *Raman*-Effekt, und zwar quantitativ, zugänglich (S. 812), so daß er durch Vermittlung der näheren Kenntnis dieser deformierten Moleküle, die bekanntlich sehr reaktionsfähig sind, auch nähere Aussagen für die homogene Katalyse verspricht (S. 812). Wesentlich ist auch, daß der *Raman*-Effekt die Veränderungen mit dem Aggregatzustand (S. 809, 811) ebenso aufzeigt, wie die Umwandlungen in ein und demselben Aggregatzustand als Funktion der Temperatur (S. 810). Er vermittelt auch die Kenntnis von cis- und trans-Isomerie (S. 814) und die Be-

stimmung der Isomerisationskonstante, die Stabilität solcher Isomere und indiziert auch den Strukturwechsel ein und desselben Körpers bei Einbau in verschiedenen Komplexen (S. 814). Beim B zeigt der *Raman*-Effekt auf, daß es ein Mischelement ist, in dessen Verbindungen man die Isotopen  $B^{10}$  und  $B^{11}$  im *Raman*-Spektrum erkennt (S. 809). Die Struktur der anregenden Linie gestattet bei Zatomigen Gasen u. U. die Berechnung des Trägheitsmomentes, so wie häufig die Kenntnis des Schwingungsspektrums die sonst kaum zugänglichen Bindungsenergien (auch mehratomiger Moleküle) vermittelt (S. 792). Wenn wir nun noch seiner qualitativen und quantitativen analytischen Verwertung gedenken (S. 814), dann wird man einsehen, daß seine Anwendung auf anorganische Probleme eine vielseitige und vielversprechende ist. Sein Hauptgebiet wird aber vorläufig die organische Chemie bleiben, die er bezüglich der Molekülstruktur und Konstitutionsaufklärung ungemein bereichert hat, so daß man wohl sagen kann, daß der gesamten Chemie im *Raman*-Effekt ein sehr wichtiges, vielseitiges und vielversprechendes methodisches Hilfsmittel erstand.

Auf eins sei aber noch hingewiesen. Die Erlangung einwandfreier Spektren setzt, besonders in der anorganischen Chemie, ein pedantisch sauberes, meist sehr mühseliges präparatives Arbeiten voraus. Hier liegen die größten Schwierigkeiten, da die geringsten Spuren Verunreinigung (Fett, Staub, Korksubstanz), oder das Aufsteigen von Gasbläschen (z. B. beim alkalischen  $H_2O_2$ ) einen starken, kontinuierlichen Untergrund liefern, in dem die Streulinien verlorengehen. Beim  $KHO_3$  war nur mit Kunstgriffen zum Ziel zu kommen. Nach dieser Richtung darf man Leistung und Anwendbarkeit der Methode nicht überschätzen, so erfreulich vielseitig sie sonst bezüglich der Aussagen auch ist<sup>234)</sup>.

<sup>234)</sup> J. Malcolm Dyson, Perfum. essent. Oil Rec. 28, 13 [1937], hat sogar eine Theorie entwickelt, nach der den einzelnen Gerüchen bestimmte Frequenzen, auch bei sonst verschiedenen konstituierten Verbindungen, zugeordnet werden.

[A. 76.]

Kernkräfte erklären kann. Als alleinige Kraft reicht sie aber nicht aus, da sie viel zu schwach ist.

Versucht man, das Neutrino, das heute noch keine experimentelle Grundlage besitzt, wegzulassen, so kann das Elektron kein normales sein. Das verbieten die Spinerhaltungsgesetze. Es muß ein Teilchen mit gradzahligem Spin sein, während das normale Elektron einen halbzahligen Spin besitzt. Ein derartiges Elektron, das der Bosestatistik gehorcht, hat Yukawa schon vor einiger Zeit eingeführt. Dieses Teilchen soll instabil sein, und man kann die Emissionswahrscheinlichkeit so wählen, daß die Kernkräfte richtig herauskommen. Die Masse für dieses „schwere Elektron“ errechnet sich dann zu rund 100 Elektronenmassen.

Teilchen ähnlicher Masse sind in letzter Zeit von verschiedener Seite in der Ultrastrahlung beobachtet worden. Daß sie bis jetzt nur dort beobachtet sind, erklärt sich aus dem großen Energieinhalt, da  $mc^2 \approx 100$  eMV ist. Der Zwischenzustand Neutron-Proton, bei dem dieses Teilchen auftritt, ist nur virtuell zu denken. Die hohe Masse spielt also dafür keine Rolle. Wenn das Neutron dieses Boseelektron emittiert, geht das Teilchen anschließend in ein Elektron und Neutrino über. Es existiert also noch ein virtueller Zwischenzustand.

Aus den experimentellen Daten des  $\beta$ -Zerfalls kann man ersehen, daß dieses Boseelektron eine Lebensdauer von rund  $10^{-6}$  s haben müßte. Es könnte also, wenn es langsam ist, vielleicht 100 m durch Luft laufen.

Aus quantenmechanischen Forderungen muß auch ein entsprechendes positives Partikel dieser Masse existieren. Ebenso ist ein neutrales Teilchen dieser Masse nicht unwahrscheinlich.

Außer der elektrischen Kraft muß im Kern zwischen gleichen Partikeln noch eine Kraft existieren. Diese Proton-Proton- bzw. Neutron-Neutron-Kraft ist durch Streuversuche mit schnellen Protonen von Tuve und seinen Mitarbeitern gemessen worden. Sie stellte sich als gleich groß für alle Teilchen heraus. Daraus folgt, daß es auf die Ladung der Teilchen im Kern nicht so sehr ankommt.

## VERSAMMLUNGSBERICHTE

### Kaiser Wilhelm-Institut für medizinische Forschung, Heidelberg. Colloquium am 13. Juni 1938.

Vorsitz: W. Bothe.

G. Wentzel, Zürich: „Probleme der Kraftwirkungen in Atomkernen.“

Die Forschungen auf dem Gebiet der Kernphysik haben ergeben, daß die Gesetze der Quantenmechanik im Atomkern gültig sind. Den Atomkern stellen wir uns heute nach Heisenberg aus Protonen und Neutronen aufgebaut vor. Die Erkenntnis bleibt damit aber zunächst nur qualitativer Natur. Nur die ganz leichten Kerne kann man mit einiger rechnerischer Genauigkeit behandeln. Es stellt sich die Frage, ob man nicht alles auf einige Kräfte beschränken kann, so daß rechnerische Lösungen möglich sind. Welches sind aber die maßgebenden Kräfte, die den Atomkern zusammenhalten? Es muß sich um ein Kraftfeld handeln, das in ähnlicher Weise wie die Coulombschen Kräfte zwischen geladenen Körpern eine genügende Kraft zwischen den Kernteilchen, also dem Neutron und Proton liefert. Nun kann man in der Quantentheorie an Stelle von Feldern ebensogut von den ihnen zugeordneten Korpuskeln sprechen. Bei den elektromagnetischen Wirkungen sind diese Korpuskeln die Photonen. Welche Korpuskeln sind aber für die Wechselwirkung zwischen Proton und Neutron im Kern verantwortlich? Tamin und Ivanenko haben auf Grund der Fermischen Theorie des  $\beta$ -Zerfalls das Kärfeld mit dem  $\beta$ -Feld identisch angenommen. Es soll also anschaulich beim Zusammenstoß eines Protons mit einem Neutron eine Impuls- und Ladungsübertragung stattfinden. Dies wird von einem Elektron mit einem Neutrino besorgt. Eine Kraft, die den Charakter einer Impuls- und Ladungsübertragung hat, nennt man eine Austauschkraft. Heisenberg hat schon gezeigt, daß man mit diesen Austauschkräften die

Es ist interessant zu erwähnen, daß der  $\beta$ -Zerfall auch mit dem schweren Elektron nach Yukawa theoretisch ein symmetrisches  $\beta$ -Spektrum liefern sollte. Das Ergebnis ist also in dieser Beziehung dasselbe wie in der Fermischen Theorie. Experimentell ergibt sich aber einwandfrei immer ein unsymmetrisches  $\beta$ -Spektrum. Die theoretische Lösung dieser Tatsache bleibt damit also ungeklärt.

## Physikalisches Institut der Universität Berlin.

Colloquium am 17. und 24. Juni 1938.

### Hauptthema: Stand der Kernphysik.

H. Reddemann: „Moderne Hochspannungsanlagen.“

Vortr. schilderte die Haupttypen, die augenblicklich zur Verwendung kommen: Man kann durch geeignete Schaltungen von Ventilröhren einen Kondensator über mehrere Spannungsstufen hinweg nach und nach auf beliebig hohe Spannungen aufrümpfen. Auch einfachere Schaltungen, die im Prinzip nichts weiter als einen Transformator großen Übersetzungsverhältnisses darstellen, gelangen zur Verwendung. Die bisher mit dem größten Erfolg benutzten Systeme sind das Cyclotron und die Methode von Van de Graaff<sup>1)</sup>. Das Cyclotron ist im eigentlichen Sinne keine Apparatur zur Herstellung hoher Spannungen, sondern lediglich zur Erzeugung sehr schneller Kanalstrahlteilchen. Die wenig vorbeschleunigten Teilchen gelangen in ein Magnetfeld, in dem sie Kreisbahnen beschreiben. Durch gleichzeitiges Anlegen eines elektrischen Wechselfeldes gelingt es, den Teilchen jeweils nach Durchlaufen eines Halbkreises zusätzlich einen Stoß zu erteilen. Hierzu ist erforderlich, daß das elektrische Feld jeweils in diesem Augenblick umgepolt wird, was nur deshalb möglich ist, weil die zum Durchlaufen einer Kreisbahn benötigte Zeit immer die gleiche bleibt. Die Methode führt im Prinzip zu unbegrenzt hohen Geschwindigkeiten, nur wächst von Halbkreis zu Halbkreis der Radius der beschriebenen Bahn, so daß man schließlich an den Rand des homogenen Magnetfeldes gelangt. Allerdings haben Bethe u. Rose gezeigt, daß dies Verfahren nur so lange durchführbar ist, wie die Geschwindigkeit erheblich unterhalb der Lichtgeschwindigkeit bleibt, da relativistische Effekte dann die strenge Phasenbeziehung aufheben.

Bei der Methode von Van de Graaff wird die Hochspannung nach dem Prinzip der Influenzmaschine erzeugt. Ein viele Meter langer Treibriemen (meist aus geeignet präpariertem Papier, oft in einer Atmosphäre von  $CCl_4$  zur Verhinderung des Funkenüberschlags) befördert elektrische Ladung in das Innere eines großen Kondensators. Bei der größten derzeit verwendeten Anlage dieser Art, die in der Luftschiffhalle von Akron (U. S. A.) aufgebaut ist, hat dieser Kondensator die Gestalt einer Kugel von mehreren Metern Durchmesser, in deren Innerem sich ein Laboratorium befindet. Die Spannungsmessung geschieht, indem Ladung durch Influenz auf einen kleinen Kondensator übertragen wird.

Der Sinn der Erzeugung sehr hoher Spannungen, d. h. sehr schneller Kanalstrahlen von Protonen, Deuteronen oder  $\alpha$ -Teilchen ist darin begründet, daß bei Annäherung an einen zu zerstreuenden schweren Atomkern das Geschoß durch das Coulomb-Feld dieses Kerns abgestoßen wird, also eine sehr hohe Energie haben muß, um diese Abstoßungskraft zu überwinden. Außer der Erzeugung hoher Spannungen (Protonen bis zu 3 MV, Deuteronen bis zu 6 MV,  $\alpha$ -Teilchen bis zu 12 MV, also schneller als die schnellsten von radioaktiven Substanzen ausgehenden natürlichen  $\alpha$ -Strahlen) ist es auch gelungen, so große Stromstärken zu erzielen, daß selbst die Umwandlung sehr seltener Isotope noch nachweisbar ist.

Das folgende Referat zeigt die Anwendungsmöglichkeiten solcher Hochspannungsanlagen.

G. v. Droste: „Kernumwandlungen von Li mit Deuteronen oder Protonen.“

Aus der Fülle des behandelten Materials seien einige besonders interessante Fälle herausgegriffen: Das bei der Umwandlung  $^7Li + ^3D \rightarrow ^7Li + ^1H$  entstehende radioaktive Li-Isotop geht durch  $\beta$ -Zerfall über in 2  $\alpha$ -Teilchen, wie die neueren Untersuchungen von Lewis u. Mitarb. gezeigt haben. Die Form des  $\beta$ -Spektrums weicht von den sonst üblichen

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu auch Fleischmann, diese Ztschr. 51, 21 [1938], u. Cockcroft, ebenda, S. 137.

und theoretisch mehr oder weniger verständlichen ab. Man muß sie vielmehr als Superposition vieler  $\beta$ -Übergänge zu verschiedenen Zuständen auffassen. — Die Frage nach der Stabilität von Be scheint mit immer größerer Sicherheit eine negative Antwort zu finden. Man kennt auch ziemlich sicher mindestens zwei angeregte Zustände dieses Kerns, deren höherer relativ scharf und langlebig ist und wahrscheinlich von der Anregung der inneren Freiheitsgrade eines der beiden  $\alpha$ -Teilchen herrührt, während der tiefer angeregte bei 3 MV sehr unscharf ist und wahrscheinlich nur eine Lebensdauer von  $10^{-21}$  s besitzt.

A. Flammersfeld: „Das Problem der K-capture.“

Ein instabiler Atomkern kann statt der Emission eines Positrons auch ein Elektron aus seiner Elektronenhülle einfangen. Theoretische Rechnungen darüber (Möller) lehren, daß die Wahrscheinlichkeit für einen solchen Einfangprozeß sogar größer ist als diejenige für die Emission eines Positrons. Dabei wird in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle das Elektron aus der K-Schale der Hülle entnommen, was unmittelbar anschaulich klar ist, da diese dem Atomkern am nächsten benachbart ist (daher der englische Ausdruck „K-capture“). Es ist auch durch v. Weizsäcker schon darauf hingewiesen worden, daß die große Häufigkeit von  $^{40}A$ , das um einen Faktor 1000 häufiger ist als alle anderen Edelgase und auch alle anderen A-Isotope, wohl durch einen dualen Zerfall des  $^{40}K$  hervorgerufen ist, von dem man experimentell nur weiß, daß es unter Elektronenemission in  $^{40}Ca$  zerfällt. Es sollte nach dieser Überlegung also auch durch Einfang eines Hüllelektrons in  $^{40}A$  übergehen können.

Die experimentelle Untersuchung des K-Einfangs erfolgt auf Grund der mit dem Einfangprozeß verbundenen Röntgenstrahlung. Durch den Einfang entsteht in der Elektronenhülle des Folgeatoms zunächst eine Lücke, die durch ein Elektron aus der nächst höheren Schale (L) aufgefüllt werden muß. Dieser Übergang eines Elektrons aus der L-Schale in die K-Schale führt zur Emission der  $K\alpha$ -Linie, deren Wellenlänge wohlbekannt ist.

Jacobsen hat bei Sc zunächst vergeblich nach dieser Strahlung gesucht. An  $^{67}Ga$  von Alvarez durchgeführte Versuche haben neuerdings zu einem eindeutig positiven Ergebnis geführt. Die Wellenlänge der  $Zn-K\alpha$ -Linie fällt in den Bereich zwischen den K-Absorptionskanten von Ni und Cu. Da man bei  $^{67}Ga$  die dem Folgeprodukt (Zn) zugehörige  $K\alpha$ -Strahlung erwarten muß, sollte sich in Ni- und Cu-Filtern also eine sehr verschiedene Absorbierbarkeit ergeben, die Alvarez auch tatsächlich experimentell bestätigen konnte.

Eine interessante Untersuchung hat Pool bei  $^{108}Ag$  durchgeführt.  $^{108}Ag$  existiert in zwei isomeren Formen, deren eine 8,2 d Halbwertszeit hat und sowohl Elektronen als Positronen emittiert. Außerdem wird eine  $\gamma$ -Strahlung beobachtet, und zwar kommen auf 40 Elektronen und 1 Positron nicht weniger als 640 nicht sehr weiche  $\gamma$ -Quanten. Das erweckt den Eindruck, als ob diese  $\gamma$ -Strahlung nicht im Anschluß an einen Positronen- oder Elektronenzerfall, sondern unabhängig davon als dritte Zerfallsmöglichkeit, verbunden mit einem K-Einfang, auftrate. Koinzidenzmessungen, die hierüber sichere Auskunft geben könnten, sind bisher nicht ausgeführt.

C. F. v. Weizsäcker: „Kernisomerie.“

Vortr. erläutert ganz kurz, welche theoretischen Vorstellungen zum Verständnis der Erscheinung der Kernisomerie ausgearbeitet worden sind. Wir kennen heute eine Reihe von radioaktiven Atomkernen, die offenbar in zwei verschiedenen Zuständen existieren können, da sie  $\beta$ -Zerfälle mit zwei verschiedenen Halbwertszeiten erleiden. Das ist im Sinne der Quantenmechanik nur so zu verstehen, daß über dem Grundzustand des Kerns noch ein angeregter Zustand liegt, der metastabil ist, d. h. nicht unter Emission eines  $\gamma$ -Quants in den Grundzustand übergehen kann, sondern vorher einen  $\beta$ -Zerfall ausführt, dem dann eben eine andere Halbwertszeit zukommt als dem  $\beta$ -Zerfall aus dem Grundzustand. Da normalerweise die Lebensdauer eines angeregten Zustandes bis zur Emission eines  $\gamma$ -Quants nur rund  $10^{-16}$  s beträgt und die isomeren Formen Lebensdauern von Minuten oder Tagen haben können, müssen die zugehörigen Übergänge durch sehr scharfe Auswahlregeln verboten sein. Solche Auswahlregeln setzen nach Aussage der Quantenmechanik entweder hohe Symmetrien voraus, die bei einem so komplizierten Gebilde mit großer Nullpunktsenergie, wie es ein