

35. ÜBER EINEN EXPERIMENTELLEN NACHWEIS DER THERMISCHEN IONISIERUNG DER ELEMENTE

117

Von M. N. Saha, N. K. Sur und K. Mazumdar.

(*Zeit. f. Physik.*, **40**, 648, 1927)

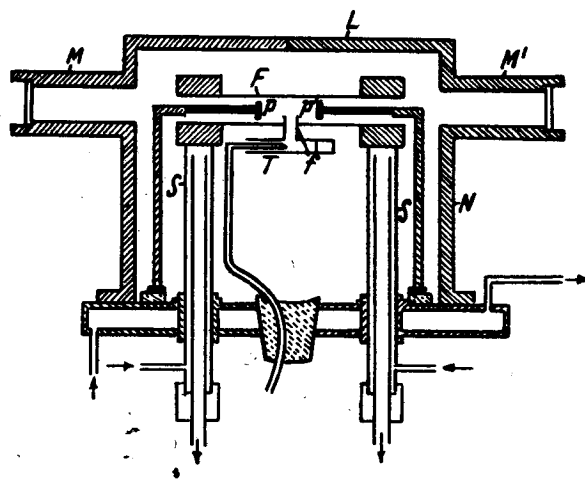
Mit 1 Abbildung. (Eingegangen am 22, November 1926)

Obgleich die Theorie der thermischen Ionisierung der Elemente¹ und ihre Anwendung auf die Astrophysik bereits im Jahre 1920 entwickelt wurde, steht ihre einwandfreie experimentelle Bestätigung noch aus. Im Jahre 1921 wurde von Saha und Günther² im Physikalisch-chemischen Institut der Universität Berlin folgende Untersuchung ausgeführt:

Kleine Stücke von Na, K und Rb wurden in einen von Wasserstoff durchströmten und auf 1250° erhitzten Platinrohrföfen geworfen. Das untere Ende des Ofens war mit Magnesiastücken verschlossen. Die Ionisierung des Alkali-dampf-raums wurde durch die zwischen der Platinwand und einem innen zentrisch angeordneten Platin-Platinrhodium-Thermoelement (das gleichzeitig zur Temperaturmessung diente) fließenden elektrischen Ströme gemessen. Die angelegte Spannung betrug nur 1 oder 2 Volt, damit die aus der Spaltung des Alkaliatoms in M^+ und e gewonnenen freien Elektronen keine ionisierende Wirkung ausüben konnten. Aber der Spannungsabfall in der Platinröhre selbst, die von durch einen Niederspannungstransformator gelieferten Wechselströmen durchflossen war, betrug mehrere Volt. Man könnte daher leicht den Einwand erheben, dass in einigen Teilen des Dampf-raums der wahre Spannungsabfall grösser als die Ionisierungsspannung der Elemente sei, und dass die beobachtete Ionisation nur nach der von Franck und Hertz ausgearbeiteten Methode des Elektronenstosses geschehe. Die Grösse der erhaltenen elektrischen Ströme, die einige Milliampere betrug, sprach indessen entschieden dagegen.

Die nächste Untersuchung³ wurde von Saha und Sur im hiesigen Laboratorium vorgenommen. Der Apparat war ein nach dem Kingschen -Modell gebauter Vakuumofen. Aber die zu untersuchenden Elemente selbst waren in einem zweiten, unter dem ersten angeordneten kleinen Ofen enthalten. Der zweite Ofen war ein mit Chromnickeldraht bewickeltes Quarzrohr und konnte leicht auf 1000°C erhitzt werden. Die Temperatur des Vaku-

umofens, der mit Gleichstrom von einer grossen Akkumulatoren-batterie gespeist wurde, konnte wegen deren schneller Erschöpfung nur einige Minuten auf 1300° gehalten werden. Der zweite Ofen diente zur Feinregulierung der Dampfmenge. In seiner Mitte war der Dampf gesättigt, und wenn die Temperatur bekannt war, konnte der Druck leicht aus einer Dampfdruck-tabelle⁴ entnommen werden. Der Dampf im Innern des ersten Ofens war ungesättigt, aber der Druck musste derselbe sein wie im Innern des zweiten Ofens wenn das Ende des ersten Ofens verschlossen war. Die Anordnung gestattete daher eine gleichzeitige Regulierung der Temperatur sowie auch der Konzentration in dem zu untersuchenden Dampf-raum. Mit dieser Anordnung konnte die thermische Ionisierung von Alkalien, Ca, Sr und Ba, Zn, Mg bei 1500°C gemessen werden, aber derselbe Einwand, der gegen die frühere Untersuchung erhoben wurde, traf auch hier zu. Wir haben daher einen neuen Apparat gebaut, für welchen nach unserer Meinung die oben-erwähnten Einwände durchaus entkräftet sind. Die Anordnung der Öfen ist dieselbe wie vorher, aber die elektrischen Ströme werden zwischen zwei auf Molybdänstäben montierten, gegeneinander und gegen die Öfen isolierten, parallel angeordneten Graphitplatten gemessen. Die Anordnung wird durch die Fig. 1 erläutert.



¹ J. Eggert, *Phys. ZS.* **20**, 570, 1919; M. N. Saha, *ZS. f. Phys.* **6**, 40, 1921; ausführlicher Bericht bei Freundlich, *Handbuch der Physik* XI.

² M. N. Saha und P. Günther, *Journ. of Sc.*, Calcutta University 1922 S. 1—10.

³ M. N. Saha und N. K. Sur, *Journ. Indian. Chem. Society* **1**, 9, 1925.

⁴ Zum Beispiel Landolt-Börnstein, *Physik.-chemische Tabellen*, 5. Aufl., S. 1332 ff., 1923.

Das Graphitrohr F (Länge 10 cm, lichte Weite 14 mm, Wandstärke etwa 2 mm) dient als Vakuumofen. Die Energie wurde von einem Niederspannungstransformator (A. E. G., Berlin) von 10 kW Leistung durch ein von Wasser durchflossenes dickwandiges Eisenrohr (S, S) geliefert. Die Temperatur konnte leicht auf 2000°C gehalten werden. Die Öfen wurden durch einen Eisenmantel geschützt. f ist der kleine, mit Chromnickeldraht bewickelte Quarzofen, der das zu untersuchende Element enthält; T ist das Thermoelement, das zur Temperaturmessung diente. pp' sind die auf Molybdänstäben montierten Graphitplatten; sie sind von F völlig isoliert und befinden sich in kleinem Abstand voneinander, damit der Zwischenraum gleich temperiert war. Die Platten verhindern auch den Dampfausfluss und machen die Konzentration gleichförmig. Die angelegte Spannung war nur 1 Volt, und der elektrische Strom wurde durch ein mit einem Milliampereometer geeichtes Galvanometer gemessen.

L ist der Eisenmantel und MM' Ansatzrohr, die mit Quarzfenstern verschlossen waren.

Zur Messung der Temperatur des Vakuumofens während der Versuche diente ein Wannersches Pyrometer, das auf die Quarzfenster gerichtet wurde. Da aber erfahrungsgemäss die von der Seite beobachtete Temperatur um 100 bis 200°C niedriger ist als die wahre Temperatur, wurde nach Kings Vorgang in einem Vorversuch eine der Graphitplatten pp' beseitigt und das Pyrometer auf die andere Platte gerichtet. Dies gibt dann die wahre

Hohlraumtemperatur. Die Unterschiede der zwischen seitlich beobachteten und der wahren Hohlraumtemperatur wurde dann in Abhängigkeit von der Leistung tabelliert und bei den eigentlichen Messungen in Rechnung gezogen.

Der Betrag der Oberflächenemission der Elektronen von pp' wurde folgendermassen ermittelt: Der untere Ofen wurde kalt belassen, damit kein Dampf in den Raum zwischen p und p' eintrat. Der grosse Ofen wurde dann auf etwa 2000°C erhitzt und die beiden Platten abwechselnd positiv und negativ geladen. Der Galvanometerausschlag auf beiden Seiten der Nullage war immer derselbe. Wurde dann eine der Platten aus dem gleich temperierten inneren Raume in den kälteren äusseren Raum gezogen so schlug, wenn diese kältere Elektrode negativ geladen wurde, das Galvanometer nicht aus.

In der weiteren Untersuchung wurde der untere Ofen mit verschiedenen Elementen beschickt und auf eine passende Temperatur erhitzt. Mit Hg, Zn, Cd wurde kein Galvanometerausschlag erhalten. Mit Mg trat nur ein kleiner Ausschlag auf. Dagegen wurden mit Na und K die Ausschläge sehr gross, und die elektrischen Ströme konnten nur noch mit einem Milliampereometer gemessen werden. Die Temperatur des oberen Ofens wurde abwechselnd auf 1300 bis 2000°C gehalten.

Die Ergebnisse sind völlig im Einklang mit der Grösse der Ionisierungsspannungen der untersuchten Elemente und werden demnächst ausführlicher mitgeteilt werden.

36. ÜBER DAS MAINSMITH-STONERSCHE SCHEMA DES AUFBAUS DER ATOME

Von M. N. Saha und B. B. Ray

(Physik Zeitschr., 28, 221, 1927)

Bekanntlich haben Main Smith und Stoner das Bohrsche Schema des Aufbaus der Atome dadurch modifiziert, dass sie jedes $L_2, M_2, M_3 \dots$ Niveau in zwei durch verschiedene innere Quantenzahlen j und $j+1$ bezeichnete Unterniveaus spalten. Z. B. für den Aufbau der Atome von Pb kann man nach Bohr schreiben:

$$Pb(82): K_1 L_1 L_2 M_1 M_2 M_3 N_1 N_2 N_3 N_4 O^1 O_2 O_3 O_4 O_5 P_1 P_2$$

$$2 \quad 2 \quad 6 \quad 2 \quad 6 \quad 10 \quad 2 \quad 6 \quad 10 \quad 14 \quad 2 \quad 6 \quad 10 \quad - \quad - \quad 2 \quad 2$$

Nach Main Smith und Stoner dagegen:

$$Pb(82) \left\{ \begin{array}{cccccccccccc} - & K_1 & L_1 & L_{21} & L_{22} & M_1 & M_{21} & M_{22} & M_{32} & M_{33} & N_1 & N_{21} & N_{22} \\ & 2 & 2 & 2 & 2 & 4 & 2 & 2 & 4 & 4 & 6 & 2 & 2 & 4 \end{array} \right.$$

$$\overbrace{N_{32} N_{33}} \quad \overbrace{N_{43} N_{44}} \quad O_{11} \quad O_{21} \quad O_{22} \quad O_{32} \quad O_{33} \quad O_4 \quad O_5 \quad P_2 \quad P_{21}$$

$$4 \quad 6 \quad 6 \quad 8 \quad 2 \quad 2 \quad 4 \quad 6 \quad - \quad - \quad 2 \quad 2$$

Jedes der oberen L_2, M_2, M_3 usw. Niveaus wird in zwei Unterniveaus $L_{21} L_{22}, M_{21} M_{22}, M_{32} M_{33}$ gespalten.

Nach Stoner¹ erklärt sein Schema die Entstehung der $K-, L-, M-$ Röntgenspektren viel besser als das Bohrsche Schema. Es erklärt die Existenz zweier verschiedener L -Absorptionskanten $L_{21} L_{22}$, zweier M_2 -Absorptionskanten $M_{21} M_{22}$, zweier M_3 -Absorptionskanten $M_{32} M_{33}$ usw. Nach Stoners und seiner Nachfolger Ansicht war der Ursprung der Emissions-Röntgenstrahlenspektren auch nach der alten Bohrschen Theorie schwer verständlich.

Aber nähere Betrachtungen zeigen, dass das Bohrsche Schema den Ursprung der Emission und Absorptions-

¹ Stoner, Phil. Mag. 48, 769, 1924; Sommerfeld, Physik, Zeitschr. 26, 70, 1925.