Atoms and Isotopes

Autor(en): **Aston, F.W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **105 (1924)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-90340

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Atoms and Isotopes

Summary of the address delivered
by
Prof. F. W. Aston, Sc. D., F. R. S.
(Trinity College, Cambridge)

Dalton in his atomic theory postulated that "Atoms of the same element are similar to one another and equal in weight", a simple and definite conception which has been of inestimable value in the development of chemistry. A little later Prout suggested that the atoms of all elements were made of atoms of a primordial substance which he endeavoured to identify with hydrogen. If Dalton and Prout were both right the chemical atomic weights should all be whole numbers, hydrogen being unity. Chemical evidence was against this and Prout's theory was abandoned for the time. We cannot test the truth of Dalton's postulate for the elements generally by chemical methods since these require countless myriads of atoms and therefore only give a mean result. Definite doubt as to its validity was first raised when it was discovered that among the products of radioactive disintegration were elements of identical chemical properties but of different atomic weights. Thus the final product of the Uranium series of disintegrations is lead of atomic weight 206. That of the Thorium series is also lead but of atomic weight 208. To such elements Soddy gave the name of Isotopes since they occupy the same position in the Periodic Table.

Deutsche Übersetzung des obigen Resumés, die an der Versammlung in Luzern zur Verteilung gelangte.

Die Dalton'sche Atomtheorie fusst auf der Annahme, dass alle Atome desselben Elementes gleichartig und von gleichem Gewicht seien. Diese einfache und klare Auffassung war für die Entwicklung der Chemie von unschätzbarem Wert. Etwas später stellte Prout die Hypothese auf, dass die Atome aller Elemente aus Atomen einer Ursubstanz, wahrscheinlich Wasserstoff, aufgebaut seien. Nach diesen beiden Hypothesen von Dalton und Prout müssten die Atomgewichte sämtlicher Elemente (bezogen auf Wasserstoff als Einheit) ganzzahlig sein. Dagegen sprachen aber die experimentellen Befunde, und so wurde die Prout'sche Hypothese eine Zeit lang aufgegeben.

Die Richtigkeit der Dalton'schen Hypothese für die Elemente kann nicht generell durch chemische Methoden geprüft werden, da diese ja stets mit einer Grosszahl von Atomen arbeiten und daher nur Mittelwerte geben können. Begründete Zweifel an der Gültigkeit der Dalton'schen Hypothese stiegen erst auf, als unter den Produkten des radioaktiven Zerfalls Elemente gefunden wurden von identischen chemischen Eigenschaften, aber verschiedenen Atomgewichten. So ist das Endprodukt des Zerfalles in der Uranreihe Blei vom Atomgewicht 206, in der Thoriumreihe Blei vom Atomgewicht 208. Solche

A more direct method of investigation which is not confined to the products of radioactivity is the comparison of the weights of individual atoms. This can be done by the analysis of positive rays and the early experiments of Sir J. J. THOMSON by his "parabola method" supplied the first direct experimental evidence that the atoms of an element were, even approximately, of the same weight. The results of analysis at first seemed to support DALTON's view but those obtained with Neon suggested that this element might be composed of two kinds of atoms differing in weight by ten per cent. Experimental attempts to separate these further supported the idea that Neon was really a mixture of isotopes but satisfactory proof was only obtained by increasing the accuracy of positive ray analysis.

This has been done by means of the Mass-spectrograph. In this instrument the charged atoms in a beam of positive rays are sorted out according to their weight by means of magnetic and electric fields so that they focus on a photographic plate at different points. In this way a mixture of atoms of different weights will give a series of focussed lines called a mass-spectrum and the relative weights of the atoms can be calculated from the position of their lines to an accuracy of 1 in 1000.

The mass-spectra obtained from Neon showed at once that it is a mixture of atoms of weights 20 and 22. These are present in proportions of about 9 to 1, giving the accepted mean atomic weight $20{,}_{20}$. Chlorine (At. Wt. $35{,}_{46}$) is a mixture of isotopic atoms

---

Elemente nannte SODDY Isotope, da sie dieselbe Stelle im periodischen System einnehmen.

Eine direktere Untersuchungsmethode, die nicht beschränkt ist auf die Produkte des radioaktiven Zerfalls, ist der Vergleich der Gewichte der einzelnen Atome. Dieser kann erfolgen durch die Kanalstrahlenuntersuchung (positive Strahlen), und die Experimente mittels der Parabelzerlegungsmethode von Sir J. J. THOMSON lieferten den ersten experimentellen Beweis dafür, dass die Atome eines Elementes zum mindesten annähernd von gleichem Gewicht seien. Die Resultate der Untersuchungen schienen zuerst die DALTON'sche Theorie zu bestätigen, aber die Untersuchungen beim Neon liessen vermuten, dass dieses Element aus zweierlei Atomen bestehen könnte, deren Gewichte um 10 % voneinander differieren. Versuche zu ihrer Trennung stützten diese Auffassung. Aber einen befriedigenden Beweis lieferte erst die bedeutend verfeinerte Methode der Kanalstrahlenanalyse.

Diese Verfeinerung wurde erreicht durch den Massenspektrographen. Mit diesem Instrument gelingt es, die geladenen Atome in einem Kanalstrahlenbündel mittels magnetischer und elektrischer Felder nach ihren Gewichten zu sortieren, so dass sie auf einer photographischen Platte auf verschiedene Punkte fokussieren. Auf diese Weise gibt eine Mischung von Atomen verschiedener

of weights 35 and 37. About half the elements so far analysed turn out to be mixtures and some are very complex. Thus Krypton has six, Tin at least seven and Xenon possibly nine constituent isotopes. Recently by means of the method of accelerated anode rays the work has been extended to many metals and already more than fifty out of the eightyfour known non-radioactive elements have been analysed.

The most important result of these measurements is that all true weights of atoms can be expressed as whole numbers to a very high degree of accuracy. This generalisation known as the "whole number rule" has removed the last obstacle in the way of a simple unitary theory of matter. We now know that Nature uses the same bricks in the construction of the atoms of all elements, and that these standard bricks are the primordial atoms of positive and negative electricity, protons and electrons. The protons are enormously heavier than the electrons so that the weight of an atom on the ordinary scale is roughly equal to the number of protons it contains, this number is called its mass-number.

According to modern views all the protons and some of the electrons are packed in a central massive nucleus or sun round which circulate the remaining electrons like planets in orbits. All the chemical and spectroscopic properties of an atom depend on the movements of its planetary electrons, and these in their turn depend on the positive electric charge on the nucleus which we now know is Moseley's atomic number. In the case of isotopic atoms

---

Gewichte eine Reihe von fokussierten Linien, die man Massenspektren nennt, und die relativen Atomgewichte können bis zu einer Genauigkeit von 1 : 1000 nach der Lage dieser Linien berechnet werden.

Die Massenspektren des Neons zeigten sofort, dass dieses Element eine Mischung ist von Atomen von den Gewichten 20 und 22. Diese sind vorhanden im Verhältnis 9 : 1, so dass sie das mittlere und anerkannte Atomgewicht von $20{,}_{20}$ ergeben. Chlor ($35{,}_{46}$) ist eine Mischung von isotopen Atomen der Gewichte 35 und 37. Ungefähr die Hälfte der bis jetzt untersuchten Elemente erweisen sich als Mischungen, und zwar zum Teil sehr komplizierter Natur. So besteht Krypton aus 6, Zinn aus mindestens 7 und Xenon vielleicht aus 9 Isotopen. In neuester Zeit sind diese Untersuchungen mittels der Methode der beschleunigten Anodenstrahlen auf viele Metalle ausgedehnt worden. Bereits sind über 50 von den 84 bekannten, nicht-radioaktiven Elementen untersucht.

Als wichtigstes Resultat dieser Messungen ergibt sich, dass alle wahren Atomgewichte mit grosser Genauigkeit als ganze Zahlen ausgedrückt werden können. Diese Verallgemeinerung, bekannt als das Gesetz der ganzen Zahlen, hat das letzte Hindernis für eine unitarische Theorie der Materie beseitigt. Wir wissen jetzt, dass die Natur zum Aufbau der Atome aller Elemente dieselben Bausteine verwendet, und dass diese Normalbausteine auch die Uratome

the net positive charge on their nuclei is the same, giving identical chemical properties, but the total number of protons is different giving different atomic weights.

On this view there can clearly be any number of possible isotopes of the same element but actually the number is limited for reasons which are not yet understood. It is a curious fact that elements of odd atomic number are limited to two isotopes, and in all but the lightest elements these have odd atomic weights. The anomalous positions of such pairs as Argon and Potassium, Nickel and Cobalt in the periodic table receive a simple explanation from the relative proportions of their constituent isotopes.

The whole number rule is not mathematically exact. Owing to the very close association of charges of opposite sign in the nucleus their electromagnetic mass is not truly additive. The change of mass from this cause is called the packing effect and will not be the same for all elements. It is comparatively large in the case of Hydrogen which contains no electrons in its nucleus and therefore has the maximum mass associated with a proton $1{,}_{008}$. The most accurate measurements of mass spectra show that the isotopes of many of the heavier elements have weights less than whole numbers. Study of these divergencies and also of the relative abundance of atomic species in nature leads to the conclusion that the similarity between isotopic atoms is not confined to identity of nuclear charge alone.

For further information see F. W. Aston, *Isotopes*. Arnold, London. 2nd ed. 1924.

---

der positiven und negativen Elektrizität sind, der Protonen (+) und Elektronen (—). Die Protonen sind enorm viel schwerer als die Elektronen, so dass das Atomgewicht annähernd gleich ist der Zahl der Protonen, welche das Atom enthält. Diese Zahl nennt man Massenzahl.

Nach moderner Auffassung sind alle Protonen und auch einzelne Elektronen eines Atoms zusammengeballt zu einem zentralen Massenkern, zu einer „Sonne", um welche die übrigen Elektronen wie Planeten in ihren Bahnen kreisen. Alle chemischen und spektrographischen Eigenschaften eines Atoms hängen von den Bewegungen dieser planetischen Elektronen ab, und diese Bewegungen ihrerseits sind bedingt durch die positive elektrische Ladung des Kerns, welche, wie wir jetzt wissen, durch die Moseley'sche Atomzahl ausgedrückt wird. Bei isotopen Atomen ist die freie Kernladung die gleiche, wodurch gleiche chemische Eigenschaften bedingt werden, aber die Totalzahl der Protonen ist verschieden, wodurch verschiedene Atomgewichte zustande kommen.

Demnach könnten offenbar beliebig viele Isotope eines Elementes existieren. In Wirklichkeit aber ist ihre Zahl aus bisher noch unbekannten Ursachen eine beschränkte. Es ist eine merkwürdige Tatsache, dass bei Elementen mit ungerader Atomzahl höchstens 2 Isotope existieren, und dass bei allen ausser den leichtesten Elementen diese Isotopen ungeradzahlige Atomgewichte besitzen.

Table of Elements and Isotopes
up to Oct. 1st 1924

Element	Atomic Number	Atomic Weight	Minimum number of Isotopes	Mass-numbers of Isotopes in order of intensity	Element	Atomic Number	Atomic Weight	Minimum number of Isotopes	Mass-numbers of Isotopes in order of intensity
H	1	1,008	1	1	Ga	31	69,72	2	69, 71
He	2	4,00	1	4	Ge	32	72,38	3	74, 72, 70
Li	3	6,94	2	7, 6	As	33	74,96	1	75
Be	4	9,02	1	9	Se	34	79,20	6	80, 78, 76, 82, 77, 74
B	5	10,82	2	11, 10					
C	6	12,00	1	12	Br	35	79,92	2	79, 81
N	7	14,01	1	14	Kr	36	82,92	6	84, 86, 82, 83, 80, 78
O	8	16,00	1	16					
F	9	19,00	1	19	Rb	37	85,44	2	85, 87
Ne	10	20,20	2	20, 22	Sr	38	87,63	2	88, 86
Na	11	23,00	1	23	Y	39	88,90	1	89
Mg	12	24,32	3	24, 25, 26	Zn	40	(91)	(4)	90, 94, 92, (96)
Al	13	26,96	1	27	Ag	47	107,88	2	107, 109
Si	14	28,06	3	28, 29, 30	In	49	114,80	1	115
P	15	31,02	1	31	Sn	50	118,70	7 (8)	120, 118, 166, 124, 119, 117, 122, (121)
S	16	32,06	1	32					
Cl	17	35,46	2	35, 37					
A	18	39,88	2	40, 36	Sb	51	121,77	2	121, 123
K	19	39,10	2	39, 41	I	53	126,92	1	127
Ca	20	40,07	2	40, 44	X	54	130,20	7 (9)	129, 132, 131, 134, 136, 128, 130, (126), (124)
Sc	21	45,10	1	45					
Ti	22	48,10	1	48					
V	23	51,00	1	51	Cs	55	132,81	1	133
Cr	24	52,00	1	52	Ba	56	137,37	(2)	138, (136)
Mn	25	54,93	1	55	La	57	138,91	1	139
Fe	26	55,84	2	56, 54	Ce	58	140,25	2	140, 142
Co	27	58,97	1	59	Pr	59	140,92	1	141
Ni	28	58,68	2	58, 60	Nd	60	144,27	(4)	142, 144, 146, (145)
Cu	29	63,57	2	63, 65	Hg	80	200,60	(6)	(197), 202, 204, 198, 199, 200
Zn	30	65,38	4	64, 66, 68, 70					

(Numbers in brackets are provisional only)
(Die eingeklammerten Zahlen sind provisorisch)

Die Ausnahmestellungen von Elementenpaaren wie Argon und Kalium, Nickel und Kobalt im periodischen System lassen sich leicht erklären durch das Mengenverhältnis der sie zusammensetzenden Isotopen.

Das Gesetz der ganzen Zahlen ist nicht mathematisch genau. Infolge der sehr engen Anhäufung von Ladungen mit verschiedenem Vorzeichen im Kern ist ihre elektromagnetische Masse nicht genau additiv. Die Änderung der Masse aus dieser Ursache wird Packungseffekt genannt; er ist nicht bei allen Elementen gleich gross. Er ist verhältnismässig gross beim Wasserstoffatom, welches keine Elektronen im Kern enthält und dem daher die maximale Masse für das Proton, 1,008, zukommt. Die genauesten Messungen von Massenspektren zeigen, dass die Isotopen vieler schwererer Elemente Atomgewichte aufweisen, die kleiner als ganze Zahlen sind. Das Studium dieser Abweichungen und ebenso der relativen Mannigfaltigkeit der in der Natur vorkommenden Atomarten führt zum Schluss, dass die Ähnlichkeit zwischen isotopen Atomen nicht auf die Gleichheit der Kernladung allein beschränkt ist.

(Übersetzt von Dr. F. Schwyzer, Kastanienbaum.)