

**HISTORIA
ODKRYĆ
PIERWIASTKÓW
CHEMICZNYCH**

Podręczniki i Skrypty



Uniwersytetu Śląskiego
w Katowicach
nr 193

50 lat
**Uniwersytetu
Śląskiego**
w Katowicach

JAN GRZEGORZ MAŁECKI

**HISTORIA
ODKRYĆ
PIERWIASTKÓW
CHEMICZNYCH**

WYDAWNICTWO UNIwersYTETU ŚLĄSKIEGO • KATOWICE 2018

Redaktor serii: Chemia

PIOTR KUŚ

Recenzenci

RAFAŁ KRUSZYŃSKI

TOMASZ MANIECKI

Spis treści

Wstęp 7

Pierwiastki znane w starożytności 11

Węgiel 12 / Siarka 14 / Złoto 15 / Srebro 16 /
Miedź 17 / Żelazo 17 / Ołów 20 / Cyna 20 / Rtęć 21

Pierwiastki odkryte w wiekach średnich 23

Fosfor 23 / Arsen 25 / Antymon 27 / Bizmut 27 / Cynk 28

Pierwiastki powietrza i wody 31

Wodór 34 / Azot 37 / Tlen 41

Pierwiastki odkryte na drodze analizy chemicznej 49

Kobalt 49 / Nikiel 51 / Mangan 52 / Bar 53 /
Molibden 54 / Wolfram 55 / Tellur 56 / Stront 57 /
Cyrkon 58 / Uran 59 / Tytan 60 / Chrom 62 /
Beryl 63 / Niobitantal 65 / Platynowce 67 /
Platyna 68 / Pallad 69 / Rod 71 / Osmiuryd 71 /
Ruten 73 / Fluorowce 74 / Fluor 75 / Chlor 79 / Jod 81 /
Brom 83 / Znaczenie odkryć fluorowców dla rozwoju chemii 84 /
Bor 85 / Kadm 86 / Lit 88 / Selen 89 / Krzem 91 /
Glin 92 / Tor 95 / Wanad 96

Pierwiastki odkryte metodami elektrochemicznymi 99

Sód i potas 100 / Magnez 101 / Wapń 102

Pierwiastki odkryte przy użyciu metod spektroskopowych 105

Cez 107 / Rubid 108 / Tal 109 / Ind 111 /
Układ okresowy pierwiastków 112 / German 118

Pierwiastki ziem rzadkich 121

Pierwszy etap historii metali ziem rzadkich 122 /
Lantan, terb i erb 123 / Skand, holm, tul 125 /
Samar, neodym, prazeodym 126 / Gadolin i dysproz 128 /
Iterb i lutet 131

Helowce 133

Hel 133 / Argon 137 / Krypton, neon i ksenon 140

Dwa ostatnie pierwiastki posiadające trwałe izotopy – hafn i ren 143

Hafn 144 / Ren 145

Pierwiastki promieniotwórcze 149

Polon 150 / Rad 152 / Aktyn 153 / Radon 155 /
Szeregi pierwiastków promieniotwórczych 156 / Protaktyn 164

Pierwiastki otrzymane sztucznie 167

Technet 168 / Promet 173 / Astat i frans 178
Pierwiastki transuranowe 182 / Neptun 186 / Pluton 188 /
Ameryk i kiur 189 / Berkel 190 / Kaliforn 192 /
Einstein i ferm 192 / Mendelew 194 / Nobel 195 /
Lorens 197 / Rutherford 197 / Dubn 199 / Seaborg 200 /
Bohr 200 / Has 201 / Meitner 202 / Darmsztadt 203 /
Roentgen 203 / Kopernik 204 / Nihon 205 / Flerow 205 /
Moskow 207 / Liwermor 207 / Tennes 208 / Oganesson 209

Zakończenie 211

Krótkie kompendium historii odkryć pierwiastków chemicznych 215

Bibliografia 223

Zusammenfassung 237

Summary 239

Wstęp

Pojęcie pierwiastka ewoluowało wraz z historią myśli naukowej. Poczynając od definicji przypisywanej Arystotelesowi, zgodnie z którą pojęcie to oznaczało substancję nie dającą się rozłożyć na elementy prostsze, aż do współczesnych określeń zgodnie z którymi pierwiastkami nazywamy zbiory atomów posiadających jednakową liczbę protonów w jądrze. Inaczej mówiąc, pierwiastkiem jest substancja składająca się wyłącznie z atomów posiadających jednakową liczbę protonów w jądrze. Proton jest cząstką elementarną obdarzoną ładunkiem dodatnim, a ponieważ atomy są elektrycznie obojętne, to ładunek protonów musi być kompensowany przez taki sam, ale przeciwny co do znaku ładunek elektronów wchodzących w skład atomu. W związku z tym liczba protonów w jądrze atomowym określa liczbę elektronów znajdujących się w atomie danego pierwiastka. Ogólnie symbol danego pierwiastka podaje się jako ${}^A_Z\text{X}$, gdzie wartość oznaczona literą Z, czyli liczba atomowa, określa liczbę protonów w jądrze i jest równa liczbie elektronów w niezjonizowanym atomie. Dodatkowo wartość liczby Z determinuje położenie pierwiastka w układzie okresowym.

Ponieważ jądro atomowe poza protonami zawiera neutrony, to atomy danego pierwiastka mogą różnić się między sobą wartością masy atomowej – A. Neutrony nie są obdarzone ładunkiem, ale posiadają masę, w związku z tym atomy danego pierwiastka, ze względu na różną liczbę neutronów w jądrze, mogą różnić się masą. Najprostszym przykładem jest wodór, najbliższy z pierwiastków, którego jądro atomowe zbudowane jest

z pojedynczego protonu. Istnieją jeszcze dwie odmiany wodoru zawierające w jądrze jeden lub dwa neutrony, noszące odpowiednio nazwy deuter i tryt. Odmiany atomów danego pierwiastka, różniące się masą atomową, czyli o odmiennej liczbie neutronów w jądrze, noszą nazwę izotopów. Nazwa izotop wywodzi się z języka greckiego i pochodzi od dwóch słów *isos* oznaczającego „ten sam” i *topos* czyli „miejsce”. Większość pierwiastków chemicznych w przyrodzie występuje w postaci różnych izotopów, a w związku z tym pojęcie „pierwiastka chemicznego” pomimo ścisłej definicji, w rzeczywistości, stosowane do określenia makroskopowej ilości danej substancji, oznacza zbiór atomów różniących się między sobą wartością mas atomowych.

Historię powstania pojęcia pierwiastka wiąże się z Arystotelesem, który dowodził w ramach swojego filozoficznego opisu rzeczywistości istnienie jednej substancji pierwotnej z czterema fundamentalnymi cechami takimi jak ciepło, zimno, suchość i wilgotność. Kombinacje tych cech tworzyły cztery żywioły: ogień, ziemię, powietrze i wodę, z których zbudowana jest cała materia. Grecy filozofowie nie pojmowali podstawowych substancji jako elementy dające się wyizolować. W ówczesnej myśli filozoficznej były one zasadami (konceptami), które zmieszane ze sobą tworzyły rzeczy materialne. Wraz z rozwojem alchemii koncepcję czterech żywiołów Arystotelesa zmodyfikowano poprzez wprowadzenie dodatkowych elementów, których relacje do żywiołów Arystotelesa były trudne do określenia. Słynny arabski alchemik Dżabir ibn Hajjan, znany w średniowiecznej Europie jako Geber, za podstawowe elementy materii uznał ziemię, powietrze, ogień i wodę, ale zasadami tworzącymi metale były według niego siarka i rtęć. W XVI wieku Paracelsus dodał do tych zasad sól. Manifestacje tych trzech zasad, czy też żywiołów, przejawiały się jako lotność, spoistość i zapalność. W wieku XVII teoria Paracelsusa została zmodyfikowana przez niemieckiego alchemika Johanna Joachima Bechera, który twierdził, że wszystkie substancje składają się z powietrza, wody i trzech rodzajów ziemi odpowiedzialnych za topnienie (*terra fluida*), twardość (*terra lapida*) oraz miękkość i jednocześnie zdolność do palenia (*terra pinguis*). Ostatecznie angielski chemik Robert Boyle skrytykował obowiązujące poglądy, zastępując spekulatywną filozofię badaniami eksperymentalnymi. Pomimo tego koncepcja Arystotelesa jeszcze przez długie lata funkcjonowała w środowisku naukowym.

Ostateczne zerwanie z takim pojmowaniem budowy materii nastąpiło dopiero w momencie odkrycia tlenu przez Antoine'a Lavoisiera. Jego badania nad procesami spalania, prowadzone na podstawie metod ilościowych doprowadziły do odrzucenia teorii flogistonu. Na podkreślenie zasługuje również fakt, że to właśnie A. Lavoisier, we współpracy z Claude-Louisem Bertholletem, opracował podstawy dzisiejszej nomenklatury chemicznej. Definicja pierwiastka wprowadzona przez A. Lavoisiera była, jak na tamte czasy, rewolucyjna. Pierwiastek definiował on jako substancję, której nie da się rozłożyć na związki prostsze żadnymi metodami analizy chemicznej. Znane sobie substancje podzielił na cztery grupy. Pierwsza to pierwiastki takie jak wodór, azot, tlen, do drugiej zaliczył siarkę, fosfor, węgiel oraz chlor i fluor (w jego czasach jeszcze nie były znane jako pierwiastki, a Lavoisier nazwał tak kwas chlorowodorowy i fluorowodorowy) i były to pierwiastki niemetaliczne, które można utlenić i uzyskać z nich kwasy. Grupa trzecia obejmowała znane metale, czyli antymon, srebro, arsen, bizmut, molibden, kobalt, miedź, cynę, żelazo, mangan, rtęć, nikiel, złoto, platynę, ołów, wolfram i cynk (te pierwiastki również mogą się utleniać i tworzyć kwasy). Czwarta grupa obejmowała pierwiastki tworzące sole – „ziemie” – zaliczały się do niej tlenki wapnia, magnezu, baru, glinu i krzemu. W roku 1780 nie zdawano sobie sprawy, że związki te nie są substancjami prostymi, a tlenkami jeszcze nieznanymi pierwiastków. Na liście substancji elementarnych A. Lavoisiera, poza rzeczywistymi pierwiastkami takimi jak wodór, azot, tlen, siarka, cynk, znalazły się światło i ciepło, które uważał także za substancje proste. A. Lavoisier nie stosował ścisłego rozróżnienia pomiędzy substancją prostą a pierwiastkiem. Takie podejście do materii stało się możliwe dopiero w XIX wieku, gdy opracowano pierwsze teorie budowy atomu i Dymitr Mendelejew uszeregował pierwiastki w układ okresowy.

Jan G. Małecki

Die Geschichte der Entdeckung von chemischen Elementen

Zusammenfassung

Die Chemiesprache verwendet eigenes Alphabet, dessen Buchstaben die Symbole von chemischen Elementen sind. Die Anzahl der Kombinationen von den „Buchstaben“ des chemischen Alphabets ist unbegrenzt und die Anzahl der so entstandenen „Wörter“, d.i. der chemischen Verbindungen, schon über 64 Millionen hinausgeht. Die Kombinationen von knapp 80 von unter 94 auf der Erde in der Natur vorkommenden Elementen bilden alle chemischen Verbindungen, die sich sowohl in belebter als auch unbelebter Natur befinden. Das letzte neuerdings entdeckte oder besser gesagt in Folge der Kernumwandlungen in dem im Jahre 2009 eingeleiteten Experiment künstlich erzeugte Element ist Tenness. Die Liste der Elemente ist also noch nicht abgeschlossen. Die Arbeiten an der Synthese von immer schwereren chemischen Elementen werden ohne Zweifel neue „Buchstaben“ im chemischen Alphabet mit sich bringen.

Die Geschichte der chemischen Elemente fängt mit deren Entdeckung an und jedes Element besitzt seine eigene „Bibliografie“, die den Verlauf der zu seiner Identifizierung führenden Forschungen schildert. Manche Elemente kommen in der Natur frei, andere nur in chemischen Verbindungen vor. Da Chemie als eine Wissenschaft seit etwa 300 Jahren fungiert, wird für die Entdeckung mancher Elemente die Entdeckung deren Verbindungen, oder die Aussonderung des Elements aus der Verbindung oder auch die Entdeckung eines freien Elements erklärt. Einige chemische Elemente wie z.B. superschwere Transurane, die in Kernreaktoren entstehen, sind nur in

ZUSAMMENFASSUNG

den Forschungsergebnissen aus dem Zerfall deren Atome nachweisbar und sie werden höchstwahrscheinlich nie in ausreichenden Mengen erzeugt, um gründlich untersucht zu werden.

Die Entdeckungen von den aufeinander folgenden chemischen Elementen wurden in dem Buch chronologisch angeordnet, was dem Verfasser möglich machte, die einzelnen Entdeckungsgeschichten besser zu präsentieren und auf die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung von wissenschaftlichen Methoden und Konzepten und den gemachten Entdeckungen hinzuweisen.

Jan G. Małecki

History of discoveries of chemical elements

Summary

The language of chemistry uses its own alphabet wherein letters are the symbols of chemical elements. The number of combinations of the 'letters' of the chemistry alphabet is unlimited, and the number of 'words', i.e. chemical compounds that can be created with them have already exceeded 64 million. Combinations of merely eighty of the 94 natural elements occurring on Earth form all the chemical compounds occurring

in both animate and inanimate matter. The others out of the 118 ones that are known currently are unstable and do not occur in nature. The last of the discovered elements, or rather, in fact, obtained by means of nuclear transformations, is tenness, which was the effect of the experiment started in 2009. Therefore, the list of elements is not finished. The continued work on the synthesis of progressively heavier elements will undoubtedly result in the emergence of additional 'letters' in the alphabet of chemistry.

The history of chemical elements begins with their discovery, and each of the elements has its own 'bibliography' describing the history of the research leading to its identification. Some elements occur naturally in the free state, the other ones - only in chemical compounds. Chemistry as a science has existed for about 300 years, therefore, in the case of some elements the date of their discovery is regarded as the moment of describing their compounds, whereas in the case of the others it is the separation of the element from its compound, or the direct discovery of the very free element. Some elements, such as the super-heavy transuranium/transuranic

SUMMARY

elements, are known only on the basis of the results of the research into their nucleus decay, and probably they will never be obtained in quantities that allow thorough examination of their chemistry.

The record of successive discoveries of the elements has been arranged chronologically in the book, which seems to be the best way not only to present individual discoveries, but also to indicate the relationship between the development of scientific methods and concepts and the discoveries.

Redaktor: ADA GRZELEWSKA
Projekt okładki: TOMASZ GUT
Korekta: MALWINA KACZOR
Projekt typograficzny i łamanie: TOMASZ GUT

Copyrigh © 2018 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 1644-0552
ISBN 978-83-226-3241-3
(wersja drukowana)
ISBN 978-83-226-3242-0
(wersja elektroniczna)

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Liczba arkuszy drukarskich: 15,25. Liczba arkuszy wydawniczych: 14,00.
Cena: 22 zł (+VAT). Publikację wydrukowano na papierze offset III 90 g.
Druk i oprawa: „TOTEM.COM.PL Sp. z o.o.” Sp.K. ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław