

Najważniejsze fakty z historii chemii

- 50–100 tys. lat temu Opanowanie krzesania ognia
- 7–5 tys. lat p.n.e. Garncarstwo (wypalanie gliny)
- 5–3 tys. lat p.n.e. Metalurgia miedzi
- ok. 1 tys. lat p.n.e. Metalurgia żelaza
- VII–V w p.n.e. Nauka o czterech substancjach prostych
- VI–IV w p.n.e. Pierwotna atomistyka
- 360–350 p.n.e. Pisma Arystotelesa, który uznał substancje proste za nośniki podstawowych właściwości ciał
- IV w. n.e. Pojawienie się nazwy „chemia” w pismach Zosimosa
- VII–VIII w n.e. Przystwojenie przez Arabów nauki greckiej
- IX–XI w. Alchemiczne traktaty arabskie
- XII w. Przekłady arabskich traktatów alchemicznych na łacinę
- XIII–XIV w. Traktaty alchemików europejskich
- 1604 Opublikowanie dzieła *Currus triumphalis antimonii* [triumfalny wóz antymonu] przypisywanego Basiliusowi Valentinusowi
- 1604 *Novum lumen chymicum*, najbardziej rozpowszechnione dzieło M. Sędziwoja, najwybitniejszego alchemika polskiego
- 1648 Odkrycie przez J. Glaubera siarczanu sodu (zw. solą glauberską)
- 1661 Opublikowanie przez R. Boyle’a dzieła *The Sceptical Chymist*, w którym określił on substancję prostą (pierwiastek) jako kres analizy chemicznej
- 1697–1703 Sformułowanie teorii flogistonu — G. Stahl
- 1718 Zestawienie (w postaci tabeli) powinowactw chemicznych różnych substancji względem siebie — E.-F. Geoffroy
- 1756–74 Odkrycie gazów wydzielających się podczas niektórych reakcji chemicznych
- 1777 Udowodnienie, że spalanie polega na łączeniu się substancji z jednym ze składników powietrza — A.L. Lavoisier; składnik ten Lavoisier błędnie uznał za nośnik właściwości kwasowych i nazwał *oxygene* (kwasoród, obecnie tlen)
- 1787 Sprezycowanie przez chemików francuskich, zgrupowanych wokół A.L. Lavoisiera, które substancje należy uznać za pierwiastki (w tym metale) i podanie przez nich stosowanych do dziś zasad nazewnictwa związków nieorganicznych
- 1789 Sformułowanie przez A.L. Lavoisiera prawa zachowania masy poszczególnych pierwiastków w trakcie przemian chemicznych i fizycznych (w dziele *Traité élémentaire de chimie*)
- 1792–1811 Sformułowanie podstawowych praw chemicznych: prawa połączeń stechiometrycznych (1792, J.B. Richter), prawa stosunków stałych (1799, J. Proust), prawa stosunków wielokrotnych (1803, J. Dalton; opublikowane przez Th. Thomsona 1808), prawa stosunków objętościowych (1811, J.L. Gay-Lussac)
- 1803–10 Sformułowanie teorii atomistycznej, według której każdy rodzaj atomów i cząsteczek jest charakteryzowany określoną względną masą (atomową, cząsteczkową) — J. Dalton
- 1811 Wysłunięcie hipotezy istnienia samodzielnych cząsteczek złożonych z dwu identycznych atomów — A. Avogadro
- 1812–19 Sformułowanie dualistycznej hipotezy dotyczącej elektrochemicznej budowy związków chemicznych — J.J. Berzelius
- 1814 Zaproponowanie oznaczania pierwiastków za pomocą literowych symboli (stosowane do dziś) — J.J. Berzelius
- 1828 Podważenie teorii siły życiowej w wyniku otrzymania mocznika (uważanego wówczas za związek organiczny) ze związku nieorganicznego — F. Wöhler

Najważniejsze fakty z historii chemii, cd.

- 1833–34 Sformułowanie praw elektrolizy — M. Faraday
- 1840 Sformułowanie praw termochemii — G. Hess
- 1853–56 Sformułowanie unitarnej teorii struktury związków organicznych — Ch. Gerhardt
- 1858 Udowodnienie słuszności hipotezy Avogadra z 1811 — S. Cannizzaro
- 1861 Wykazanie, że właściwości chemiczne zależą od struktury cząsteczek — A. Butlerow
- 1865 Podanie struktury cząsteczki benzenu, wyjaśniającej aromatyczne właściwości benzenu i jego pochodnych — F.A. Kekulé
- 1867 Sformułowanie prawa działania mas — C.M. Guldberg i P. Waage
- 1869 Okresowy układ pierwiastków — D. Mendelejew
- 1884 Odkrycie reguły przekory — H.L.L. Le Chatelier
- 1886 Sformułowanie prawa ciśnienia osmotycznego — S.A. Arrhenius
- 1887 Odkrycie praw rządzących roztworami ciekłymi — F.M. Raoult
- 1889 Wyjaśnienie powstawania potencjału elektrody — W.H. Nernst
- 1898 Odkrycie pierwiastków promieniotwórczych — M. Skłodowska-Curie i P. Curie
- 1913 Podanie planetarnego modelu atomu wodoru — N. Bohr
- 1919 Pierwsza sztucznie wywołana przemiana jądrowa — E. Rutherford
- 1916–19 Powstanie teorii wiązań chemicznych — W. Kossel, G.N. Lewis, I. Langmuir
- 1923 Podanie teorii elektrolitów mocnych — P. Debye, E. Hückel
- 1927 Wprowadzenie metod mechaniki kwantowej do chemii — E.U. Condon, W. Heitler, F. London
- 1932 Opracowanie protonowo-neutronowego modelu jądra atomowego — J. Chadwick, W. Heisenberg, D. Iwanienko
- 1935 Sformułowanie teorii stanu przejściowego — H. Eyring, M. Polanyi
- 1939 Rozszczepienie jądra atomowego — F. Strassmann, O. Hahn, L. Meitner
- 1949 Opracowanie techniki fotolizy błyskowej — R. Norrish, G. Porter
- 1965 Podanie reguł dotyczących przebiegu tzw. reakcji uzgodnionych — R.B. Woodward, R. Hofmann
- 1967–87 Rozwój metod syntezy stereoselektywnej — D.J. Cram, J.-M. Lehn, Ch.J. Pedersen; zastosowanie metody wiązek naddźwiękowych do badania kinetyki reakcji — D. Herschbach, Y. Lee, J. Polanyi
- lata 90. XX w. Opracowanie metod laserowych pozwalających na badanie przebiegu i mechanizmu reakcji chemicznych w czasie rzeczywistym (femtosekund) — A. Zewail

Pierwiastki chemiczne

Stosowane skróty:

gęst. — gęstość

t.t. — temperatura topnienia

t.wrz. — temperatura wrzenia

s.z. — skorupa ziemska

Aktyn, Ac (łac. *actinium*), liczba atomowa 89, względna masa atomowa 227,028

Odkrycie: 1899 — A.L. Debierne

Właściwości: metal promieniotwórczy, aktywny chemicznie; t.t. 1050°C, t.wrz. 3200°C, gęst. 10,1 g/cm³; w ciemności świeci niebieskawo

Występowanie, zastosowanie: śladowe ilości w rudach uranowych

Funkcja biologiczna: nieznana; może być toksyczny

— **Ameryk, Am** (łac. *americium*), liczba atomowa 95, liczba masowa najtrwalszego izotopu 243

Odkrycie: otrzymany w 1944 przez G.Th. Seaborga, R.A. Jamesa, L.O. Morgana i A. Ghiorso

Właściwości: metal, pierwiastek promieniotwórczy, aktywny chemicznie; t.t. 1000°C, t.wrz. 3150°C, gęst. 13,67 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: nie występuje w przyrodzie

— **Antymon, Sb** (łac. *stibium*), liczba atomowa 51, względna masa atomowa 121,760

Odkrycie: znany w starożytności

Właściwości: spośród odmian alotropowych trwały jest tzw. antymon metaliczny — srebrzystobiały, kruchy; t.t. 630,63°C, t. wrz. 1587°C, gęst. 6,691 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: najważniejsze minerały: antymonit Sb₂S₃ i walentynit Sb₂O₃; stosowany jako składnik stopów (np. łożyskowych) oraz szkieł metalicznych

Funkcja biologiczna: nieznana; toksyczny (także jego związki)

— **Argon, Ar** (łac. *argon*), liczba atomowa 18, względna masa atomowa 39,948

Odkrycie: 1894 — W. Ramsay, lord Rayleigh

Właściwości: niemetal; bierny chemicznie — gaz szlachetny; t.t. -189,2°C, t.wrz. -185,7°C, gęst. 1,79 · 10⁻³ g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w powietrzu; stosowany do wypełniania żarówek

Funkcja biologiczna: nieznana; nietoksyczny; może działać dusząco

— **Arsen, As** (łac. *arsenicum*), liczba atomowa 33, względna masa atomowa 74,922

Odkrycie: znany od XIII w.

Właściwości: niemetal; tworzy odmiany alotropowe; trwały jest arsen szary — kruche, szare ciało stałe; t.t. 817°C (pod ciśn. 3,6 MPa), w temp. 615°C sublimuje, gęst. 5,739 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: gł. minerały rudne: arsenopiryt FeAsS, lelingit FeAs₂, realgar As₂S₃, aurypigment As₂S₃; stosowany jako dodatek stopowy

Funkcja biologiczna: podstawowa dla niektórych organizmów; toksyczny (także jego związki), rakotwórczy

— **Astat, At** (łac. *astatinum*), liczba atomowa 85, liczba masowa najtrwalszego izotopu 210

Odkrycie: izotop 211 otrzymali w 1940 D.R. Corson, K.R. McKenzie i E. Segré

Właściwości: niemetal; promieniotwórcze lotne ciało stałe; t.t. 302°C, t.wrz. 337°C

Występowanie, zastosowanie: w skorupie ziemskiej obecny w śladowych ilościach; uzyskiwany syntetycznie

Funkcja biologiczna: nieznana; może być toksyczny

✓ **Azot, N** (łac. *nitrogenium*), liczba atomowa 7, względna masa atomowa 14,007

Odkrycie: 1772 — D. Rutherford

Właściwości: niemetal; bezbarwny, bezwonny gaz; mało aktywny chemicznie; t.t. -209,86°C, t.wrz. -195,8°C, gęst. 1,25 · 10⁻³ g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w powietrzu — stanowi 78,09% jego objętości i 75,5% masy; w stosunkowo niewielkiej ilości w skorupie ziemskiej; w przemyśle stosowany do azotowania, produkcji m.in. amoniaku, kwasu azotowego

Funkcja biologiczna: makroelement — organizm ludzki (70 kg) zawiera ok. 2 kg azotu (występującego w postaci aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych)

— **Bar, Ba** (łac. *barium*), liczba atomowa 56, względna masa atomowa 137,327

Odkrycie: 1774 — K.W. Scheele; w stanie metalicznym otrzymany 1808 przez H. Davy'ego

Właściwości: miękki metal; aktywny chemicznie; t.t. 725°C, t.wrz. 1640°C, gęst. 3,50 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: najważniejsze minerały: baryt BaSO₄ i witeryt BaCO₃; stosowany jako dodatek stopowy

Funkcja biologiczna: nie wykryto żadnej; toksyczny

— **Berkel, Bk** (łac. *berkelium*), liczba atomowa 97, liczba masowa najtrwalszego izotopu 247

Odkrycie: otrzymany (izotop 243) w 1949 w Berkeley przez G.Th. Seaborga, S.G. Thompsona i A. Ghiorso

Właściwości: metal; promieniotwórczy; t.t. ok. 1000°C

Występowanie, zastosowanie: nie występuje w przyrodzie

Pierwiastki chemiczne, cd.

Beryl, Be (łac. *beryllium*), liczba atomowa 4, względna masa atomowa 9,012

Odkrycie: 1797 — L.N. Vauquelin; w postaci metalicznej otrzymany w 1828 przez F. Wöhlera

Właściwości: metal; dość twardy; pochłania neutrony; t.t. 1278°C, t.wrz. 2970°C, gęst. 1,84 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: gł. minerały: beryl $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, fenakit $\text{Be}_2[\text{SiO}_4]$; stosowany w reaktorach jądrowych; w postaci folii używany na okienka lamp rentgenowskich

Funkcja biologiczna: nie wykryto żadnej; toksyczny (także jego związki)

Bizmut, Bi (łac. *bismutum*), liczba atomowa 83, względna masa atomowa 208,980

Odkrycie: znany już w XV w.

Właściwości: metal; kruchy; niezbyt aktywny chemicznie, t.t. 271°C, t.wrz. 1560°C, gęst. 9,747 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach (np. bizmutynit Bi_2S_3); stosowany jako składnik stopów, domieszka materiałów elektronicznych

Funkcja biologiczna: nieznana; występuje w organizmie w śladowych ilościach

Bohr, Bh (łac. *bohrium*), liczba atomowa 107

Odkrycie: sztucznie wytworzony w 1976, w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej — Rosja

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

Bor, B (łac. *borium*), liczba atomowa 5, względna masa atomowa 10,81

Odkrycie: związki znane w średniowieczu (być może już w starożytności); wyodrębniony 1808 przez J.L. Gay-Lussaca i L.J. Thenarda

Właściwości: niemetal; tworzy odmiany alotropowe; w postaci krystalicznej (gęst. 2,34 g/cm³) jest bardzo twardy; mało aktywny chemicznie; t.t. 2300°C, sublimuje w temp. 2550°C

Występowanie, zastosowanie: występuje gł. jako boraks rodzimy ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), boracyt; stosowany np. do utwardzania stali i jako pochłaniacz neutronów

Funkcja biologiczna: bardzo ważny dla roślin; w organizmie ludzkim występuje w małych ilościach; w nadmiarze toksyczny

Brom, Br (łac. *bromum*), liczba atomowa 35, względna masa atomowa 79,904

Odkrycie: odkryty w 1826 przez A.J. Balarda

Właściwości: niemetal; czerwono-brunatna, lotna ciecz; aktywny chemicznie, utleniacz; t.t. -7,2°C, t.wrz. 58,78°C, gęst. 3,12 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w skorupie ziemskiej, wodzie morskiej, organizmach żywych; stosowany w syntezie organicznej

Funkcja biologiczna: nieustalona; w organizmie człowieka występuje w małych ilościach; w postaci cząsteczkowej silnie toksyczny

Cer, Ce (łac. *cerium*), liczba atomowa 58, względna masa atomowa 140,12

Odkrycie: 1803 — M.H. Klaproth i, niezależnie, J.J. Berzelius i W. Hisinger

Właściwości: metal; miękki; aktywny chemicznie; t.t. 799°C, t.wrz. 3426°C, gęst. 6,78 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach innych pierwiastków, z własnych minerałów największe znaczenie ma monacyt CePO_4 ; stosowany jako dodatek stopowy, składnik materiałów ceramicznych

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie występuje w śladowych ilościach

Cez, Cs (łac. *caesium*), liczba atomowa 55, względna masa atomowa 132,90545

Odkrycie: 1860 — R.W. Bunsen i G.R. Kirchhoff

Właściwości: metal; miękki, bardzo aktywny chemicznie; t.t. 28,5°C, t.wrz. 670°C, gęst. 1,87 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: towarzyszy innym litowcom (m.in. w łuszczykach, skaleniach potasowych), tworzy też własny minerał — pollucyt $(\text{Cs}, \text{Na})[\text{AlSi}_2\text{O}_6]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, stosowany m.in. w komórkach fotoelektrycznych, izotop ^{133}Cs — w zegarach atomowych

Funkcja biologiczna: nie wykryto żadnej funkcji; w organizmie człowieka znaleziony w śladowych ilościach

Chlor, Cl (łac. *chlorum*), liczba atomowa 17, względna masa atomowa 35,453

Odkrycie: 1774 — K.W. Scheele

Właściwości: niemetal; żółtozielony gaz; bardzo aktywny chemicznie; utleniacz; t.t. -100,98°C, t.wrz. -34,6°C, gęst. $3,214 \cdot 10^{-3}$ g/cm³

Pierwiastki chemiczne, cd.

Występowanie, zastosowanie: występuje w s.z. (głównym minerałem jest halit NaCl, którego pokłady zw. są solą kamienną), wodzie morskiej, organizmach żywych; stosowany do bielenia, dezynfekcji, produkcji kwasu solnego
Funkcja biologiczna: podstawowa dla różnych gatunków; w organizmie człowieka jest ok. 95 g chloru — makroelement; w postaci cząsteczkowej toksyczny

Chrom, Cr (łac. *chromium*), liczba atomowa 24, względna masa atomowa 51,996

Odkrycie: 1797 — N.L. Vauquelin

Właściwości: metal; twardy; na powietrzu ulega pasywacji; amfoteryczny; t.t. 1857°C, t.wrz. 2672°C, gęst. 7,20 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach (podstawowa ruda — chromit FeCr₂O₄); stosowany na powłoki ochronne i dekoracyjne, jako składnik i dodatek stopów

Funkcja biologiczna: podstawowa dla niektórych gatunków; w organizmie człowieka (70 kg) niezbędny przy syntezie białek i metabolizmie glukozy — mikroelement

Cyna, Sn (łac. *stannum*), liczba atomowa 50, względna masa atomowa 118,71

Odkrycie: w postaci stopów z miedzią (brązy) stosowana od zarania cywilizacji; czysty metal poznany później (w Chinach i Japonii w XVIII w. p.n.e., w Egipcie przed VI w. p.n.e.)

Właściwości: metal; tworzy odmiany alotropowe, m.in.: cyna szara — szary proszek (właściwości półprzewodnika), i cyna biała — srebrzystobiały, kowalny metal o gęst. 7,28 g/cm³; t.t. 231,97°C, t.wrz. 2270°C

Występowanie, zastosowanie: główna ruda — kasyteryt SnO₂; stosowana na powłoki ochronne (cynowanie blachy stalowej) oraz jako składnik stopów

Funkcja biologiczna: podstawowa dla niektórych organizmów, także organizmu człowieka, w którym występuje w ilości ok. 15 g

Cynk, Zn (łac. *zincum*), liczba atomowa 30, względna masa atomowa 65,39

Odkrycie: znany już w starożytności

Właściwości: metal; w powietrzu ulega pasywacji; amfoteryczny; t.t. 419,58°C, t.wrz. 907°C, gęst. 7,13 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w postaci minerałów (np. sfaleryt ZnS); stosowany na powłoki ochronne (cynkowanie), jako składnik stopów, na elektrody

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wszystkich organizmów; w organizmie człowieka (70 kg) jest go ok. 2,3 g — mikroelement (bierze udział w procesach enzymatycznych)

Cyrkon, Zr (łac. *zirconium*), liczba atomowa 40, względna masa atomowa 91,224

Odkrycie: 1789 — M.H. Klaproth

Właściwości: metal; twardy; pochłania wodór; t.t. 1852°C, t.wrz. 4377°C, gęst. 6,49 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: najważniejszy minerał — cyrkon Zr(SiO₄); stosowany w technice jądrowej, jako dodatek stopowy

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie ludzkim występuje w ilości ok. 1 mg

Darmsztadt, Ds, liczba atomowa 110

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1994 w Instytucie Badań Ciężkich Jonów w Darmstadt

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

Dubn, Db (łac. *dubnium*), liczba atomowa 105

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1974 w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej — Rosja, i niezależnie w Lawrence Berkeley National Laboratory — USA

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

Dysproz, Dy (łac. *dysprosium*), liczba atomowa 66, względna masa atomowa 162,50

Odkrycie: 1886 — P. Lecoq de Boisbaudran

Właściwości: metal; miękki; pierwiastek aktywny chemicznie; t.t. 1412°C, t.wrz. 2562°C, gęst. 8,55 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach itru; stosowany m.in. w technice jądrowej (absorbuje neutrony), jako dodatek stopowy

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie człowieka nie wykryty

Einstein, Es (łac. *einsteinium*), liczba atomowa 99, liczba masowa najtrwalszego izotopu 254

Odkrycie: odkryty w 1952 (A. Ghiorso i współpracownicy) w radioaktywnych pyłach po wybuchu bomby wodorowej na atolu Eniwetok

Pierwiastki chemiczne, cd.

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy

Występowanie, zastosowanie: nie występuje w przyrodzie

Erb, Er (łac. *erbium*), liczba atomowa 68, względna masa atomowa 167,26

Odkrycie: 1843 — C.G. Mosander

Właściwości: metal; aktywny chemicznie; t.t. 1529°C, t.wrz. 2863°C, gęst. 9,006 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach innych lantanowców, gł. w gadolinicie; stosowany jako domieszka półprzewodników, stopów, katalizator

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie ludzkim występuje w bardzo małej ilości

Europ, Eu (łac. *europium*), liczba atomowa 63, względna masa atomowa 151,96

Odkrycie: 1896 — E.A. Demarçay

Właściwości: metal; aktywny chemicznie; t.t. 822°C, t.wrz. 1597°C, gęst. 5,2434 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje gł. w monacycie; stosowany w inżynierii jądrowej (absorber neutronów), jako domieszka cienkich warstw elektroluminescencyjnych, katalizator

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie ludzkim występuje w śladowej ilości

Ferm, Fm (łac. *fermium*), liczba atomowa 100, liczba masowa najtrwalszego izotopu 257

Odkrycie: odkryty w 1952 (A. Ghiorso i współpracownicy) w radioaktywnych pyłach po wybuchu bomby wodorowej na atolu Eniwetok

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy

Występowanie, zastosowanie: nie występuje w przyrodzie

Fluor, F (łac. *fluorum*), liczba atomowa 9, względna masa atomowa 18,998

Odkrycie: otrzymany w 1886 przez H.F.F. Moissana

Właściwości: niemetal; zielonożółty gaz; bardzo aktywny chemicznie; utleniacz; t.t. -219,62°C, t.wrz. -188,14°C, gęst. $1,696 \cdot 10^{-3}$ g/cm³

Występowanie, zastosowanie: gł. minerały: fluoryt CaF₂, kriolit Na₃AlF₆, apatyt fluorowy Ca₅[F(PO₄)₃]; w postaci plazmy stosowany w przemyśle materiałów mikroelektronicznych; duże znaczenie mają fluorki

Funkcja biologiczna: mikroelement, w organizmie człowieka jest go ok. 2,6 g; w postaci cząsteczkowej trujący

Fosfor, P (łac. *phosphorus*), liczba atomowa 15, względna masa atomowa 30,974

Odkrycie: wyodrębniony w 1669 przez H. Branda

Właściwości: niemetal; ciało stałe; tworzy odmiany alotropowe; fosfor biały (gęst. 1,82 g/cm³) jest aktywny chemicznie, t.t. 44,1°C, t.wrz. 280°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w apatytach; stosowany do wyrobu zapalek, w przemyśle farmaceutycznym, jako dodatek stopów

Funkcja biologiczna: makroelement — w organizmie człowieka (70 kg) jest go ok. 780 g (składnik kwasów nukleinowych oraz ATP, kości i zębów); w postaci pierwiastkowej, zwł. P₄, silnie toksyczny

Frans, Fr (łac. *francium*), liczba atomowa 87, liczba masowa najtrwalszego izotopu 223

Odkrycie: odkryty w 1939 przez M. Perey

Właściwości: metal; bardzo aktywny chemicznie; t.t. 27°C, t.wrz. 677°C

Występowanie, zastosowanie: w śladowych ilościach występuje w rudach uranu

Funkcja biologiczna: w organizmach żywych niewykryty

Gadolin, Gd (łac. *gadolinium*), liczba atomowa 64, względna masa atomowa 157,25

Odkrycie: 1880 — J.Ch. de Marignac

Właściwości: metal; dość miękki; odznacza się bardzo dużym przekrojem czynnym na wychwyt neutronów termicznych; t.t. 1313°C, t.wrz. 3266°C, gęst. 7,9 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: wchodzi w skład materiałów na pręty kontrolne reaktorów jądrowych, stosowany jako dodatek stopowy

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie człowieka znaleziony w śladowych ilościach

Gal, Ga (łac. *gallium*), liczba atomowa 31, względna masa atomowa 69,72

Odkrycie: odkryty i wyizolowany w 1875 przez P.E. Lecoq de Boisbaudran

Właściwości: metal; miękki (w niskich temp. twardy i kruchy); dość aktywny chemicznie; t.t. 29,78°C, t.wrz. 2403°C, gęst. 5,9 g/cm³

Pierwiastki chemiczne, cd.

Występowanie, zastosowanie: występuje w niewielkich ilościach w skaleniach, skalenoidach, łyszczykach, także w germanicie Cu_3GeS_4 , sfalerycie ZnS i wurcyte ZnS ; stosowany m.in. jako domieszka półprzewodników (jego związki: arsenek i fosforek są podstawowymi półprzewodnikami)
Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie człowieka znaleziony w bardzo małych ilościach

German, Ge (łac. *germanium*), liczba atomowa 32, względna masa atomowa 72,59

Odkrycie: 1886 — C.A. Winkler

Właściwości: metal; dość twardy i kruchy; ma właściwości półprzewodnika; t.t. $937,4^\circ\text{C}$, t.wrz. 2830°C , gęst. $5,35 \text{ g/cm}^3$

Występowanie, zastosowanie: występuje jako domieszka w wielu siarczach metali, zwł. cynku i miedzi; minerały germanu to np.: argyrodyt $4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{GeS}_2$, germanit $\text{Cu}_3(\text{Ge,Fe})\text{S}_4$; stosowany m.in. w detektorach podczerwieni, jako składnik stopów, luminoforów

Funkcja biologiczna: nieznana

Glin, Al (łac. *aluminium*), liczba atomowa 13, względna masa atomowa 26,98154

Odkrycie: 1825 — H.Ch. Ørsted

Właściwości: metal; lekki, kowalny; bardzo dobry przewodnik ciepła i elektryczności; w powietrzu ulega pasywacji; amfoteryczny; t.t. $660,37^\circ\text{C}$, t.wrz. 2467°C , gęst. $2,70 \text{ g/cm}^3$

Występowanie, zastosowanie: bardzo rozpowszechniony (3. miejsce w skorupie ziemskiej); najważniejsze minerały to glinokrzemiany i krzemiany; w technice znany pod nazwą aluminium; stosowany m.in. jako materiał konstrukcyjny, do wyrobu przewodów elektrycznych, folii, materiałów wybuchowych

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie człowieka występuje w ilości ok. 60 mg; przy większych stężeniach toksyczny; kumuluje się w organizmie (duże stężenie glinu wykryto w mózgu cierpiących na chorobę Alzheimera)

Hafn, Hf (łac. *hafnium*), liczba atomowa 72, względna masa atomowa 178,49

Odkrycie: 1923 — D. Coster, G. de Hevesy

Właściwości: metal; w powietrzu ulega pasywacji; ma duży przekrój czynny na wychwyt neutronów termicznych; t.t. 2227°C , t.wrz. 4602°C , gęst. $13,31 \text{ g/cm}^3$

Występowanie, zastosowanie: towarzyszy minerałom cyrkonu; stosowany jako pochłaniacz neutronów w reaktorach jądrowych

Funkcja biologiczna: nieznana

Has, Hs (łac. *hassium*), liczba atomowa 108

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1984 w Instytucie Badań Ciężkich Jonów w Darmstadt

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

Hel, He (łac. *helium*), liczba atomowa 2, względna masa atomowa 4,0026

Odkrycie: 1868 — P.J. Janssen, J.N. Lockyer

Właściwości: niemetal; bezbarwny, bezwonny gaz; bierny chemicznie — gaz szlachetny; t.t. $-272,2^\circ\text{C}$, t.wrz. $-268,93^\circ\text{C}$, gęst. $1,78 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3$

Występowanie, zastosowanie: występuje w powietrzu, gazie ziemnym, składnik gwiazd i materii międzygwiazdowej; stosowany m.in. do napełniania lamp jarzeniowych, balonów, wytwarzania atmosfery obojętnej

Funkcja biologiczna: nieznana; może być duszący

Holm, Ho (łac. *holmium*), liczba atomowa 67, względna masa atomowa 164,93

Odkrycie: 1879 — J.L. Soret

Właściwości: metal; aktywny chemicznie; t.t. 1474°C , t.wrz. 2695°C , gęst. $8,7947 \text{ g/cm}^3$

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach itru (gl. w gadolinicie); stosowany jako składnik materiałów ferromagnetycznych i nadprzewodzących

Funkcja biologiczna: nieznana

Ind, In (łac. *indium*), liczba atomowa 49, względna masa atomowa 114,82

Odkrycie: 1863 — F. Reich, T. Richter

Właściwości: metal; bardzo miękki; t.t. $156,61^\circ\text{C}$, t.wrz. 2080°C , gęst. $7,31 \text{ g/cm}^3$

Występowanie, zastosowanie: w skorupie ziemskiej towarzyszy minerałom cynku, ołowiu, miedzi i cyny; stosowany jako składnik stopów specjalnych, na powłoki ochronne, do wytwarzania lusterek odpornych na działanie czynników atmosferycznych

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie człowieka obecny w śladowych ilościach; rakotwórczy

Pierwiastki chemiczne, cd.

Iryd, Ir (łac. *iridium*), liczba atomowa 77, względna masa atomowa 192,22

Odkrycie: 1803 — S. Tennant (1804 ogłosił wyniki prac)

Właściwości: metal; twardy, ciężki; bierny chemicznie — metal szlachetny; t.t. 2410°C, t.wrz. 4130°C, gęst. 22,42 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: bardzo rzadko występuje w stanie wolnym, zwykle w postaci naturalnych stopów zawierających osm, platynę; stosowany jako składnik stopów, głównie składnik utwardzający stopy platyny

Funkcja biologiczna: nieznana; w organizmie człowieka obecny w śladowych ilościach

Iterb, Yb (łac. *ytterbium*), liczba atomowa 70, względna masa atomowa 173,04

Odkrycie: 1878 — J.Ch. Marignac

Właściwości: metal; bardzo miękki; aktywny chemicznie; t.t. 819°C, t.wrz. 1194°C, gęst. 6,9654 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w gadolinicie (minerale itru) i w piaskach monacytowych; stosowany jako domieszka stali nierdzewnej oraz jako składnik pewnych katalizatorów

Funkcja biologiczna: nieznana

Itr, Y (łac. *yttrium*), liczba atomowa 39, względna masa atomowa 88,91

Odkrycie: 1794 — J. Gadolin

Właściwości: metal; aktywny chemicznie; sproszkowany zapala się w powietrzu samorzutnie; t.t. 1522°C, t.wrz. 3338°C, gęst. 4,469 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje w piaskach monacytowych; najważniejszy minerał — gadolinit $Y_2FeBe_2[O(SiO_4)_2]$; stosowany jako dodatek stopowy, składnik ferrytów, luminoforów, półprzewodników, nadprzewodników oraz w technice jądrowej

Funkcja biologiczna: nieznana; prawdopodobnie rakotwórczy

Jod, I (łac. *iodum*), liczba atomowa 53, względna masa atomowa 126,9045

Odkrycie: 1811 — B. Courtois

Właściwości: niemetal; szaroczarne kryształy o metalicznym połysku; sublimuje; t.t. 113,5°C, t.wrz. 184,35°C, gęst. 4,94 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: występuje gł. w wodzie morskiej; radioaktywny izotop ¹³¹I jest stosowany w diagnostyce i leczeniu tarczycy

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wielu organizmów; w organizmie człowieka (70 kg) jest go do 20 mg — mikroelement (występuje gł. w tarczycy, także w mięśniach, krwi); w postaci cząsteczkowej toksyczny

Kadm, Cd (łac. *cadmium*), liczba atomowa 48, względna masa atomowa 112,41

Odkrycie: 1817 — F. Stromeyer

Właściwości: metal; miękki, kowalny i ciągliwy; t.t. 320,9°C, t.wrz. 765°C, gęst. 8,65 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: w s.z. towarzyszy rudom cynku (surowcem kadmu są siarczkowe rudy cynkowo-olowiowe); stosowany na powłoki ochronne, jako składnik niskotopliwych stopów, w akumulatorach elektrycznych

Funkcja biologiczna: pary i związki kadmu są trujące, kadm działa rakotwórczo i teratogenicznie; kumuluje się w nerkach, także w kościach (co prowadzi do ich kruchości), zajmuje miejsce cynku w enzymach

Kaliforn, Cf (łac. *californium*), liczba atomowa 98, liczba masowa najtrwalszego izotopu 251

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1950 — S.G. Thompson i współpracownicy

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy; izotop ²⁵²Cf jest emitерem neutronów; gęst. 15,1 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: w przyrodzie nie występuje

Kiur, Cm (łac. *curium*), liczba atomowa 96, liczba masowa najtrwalszego izotopu 247

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1944 — G.Th. Seaborg, R.A. James i A. Ghiorso

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy; aktywny chemicznie; t.t. 1340°C, t.wrz. 3540°C, gęst. 13,51 g/cm³

Występowanie, zastosowanie: w przyrodzie nie występuje

Funkcja biologiczna: niebezpieczny dla zdrowia ze względu na promieniowanie (odkłada się w kościach)

Kobalt, Co (łac. *cobaltum*), liczba atomowa 27, względna masa atomowa 58,9332

Odkrycie: związki kobaltu znano już w starożytności

Właściwości: metal; twardy, ciągliwy; jest ferromagnetykiem; t.t. 1495°C, t.wrz. 2870°C, gęst. 8,9 g/cm³

Pierwiastki chemiczne, cd.

Występowanie, zastosowanie: liczne minerały, gł. siarczkowe i arsenkowe, jak kobaltyn CoAsS , smaltyn CoAs_{2-3} ; stosowany jako składnik bardzo twardych stopów, węglików spiekanych, radioaktywny izotop ^{60}Co — w lecznictwie, defektoskopii

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wielu organizmów; w organizmie dorosłego człowieka jest go ok. 1 mg — mikroelement, stymuluje działanie wielu enzymów, poprawia przyswajanie żelaza, wchodzi w skład cząsteczek wit. B_{12}

Krypton, Kr (łac. *krypton*), liczba atomowa 36, względna masa atomowa 83,80

Odkrycie: 1898 — W. Ramsay, M.W. Travers

Właściwości: gaz; bierny chemicznie; t.t. $-156,6^\circ\text{C}$, t.wrz. $-152,25^\circ\text{C}$, gęst. $3,7 \cdot 10^{-3} \text{g/cm}^3$

Występowanie, zastosowanie: występuje w powietrzu (stanowi $1,14 \cdot 10^{-4}\%$ jego objętości)

Funkcja biologiczna: nie stwierdzono; może działać dusząco

Krzem, Si (łac. *silicium*), liczba atomowa 14, względna masa atomowa 28,0855

Odkrycie: otrzymany w 1823 przez J.J. Berzeliusa

Właściwości: niemetal, szare, twarde kryształy; gęst. $2,33 \text{g/cm}^3$, t.t. 1410°C , t.wrz. 2355°C

Występowanie, zastosowanie: podstawowy składnik s.z., występuje gł. w postaci glinokrzemianów, krzemianów i ditlenku krzemu; stosowany w produkcji przyrządów półprzewodnikowych i jako dodatek stopowy

Funkcja biologiczna: pełni ważne funkcje w systemie nerwowym zwierząt wyższych i człowieka, zapobiega wapnieniu tętnic

Ksenon, Xe (łac. *xenon*), liczba atomowa 54, względna masa atomowa 131,29

Odkrycie: 1898 — W. Ramsay, M.W. Travers

Właściwości: gaz; należy do gazów szlachetnych, ale nie jest bierny chemicznie; gęst. $5,89 \cdot 10^{-3} \text{g/cm}^3$, t.t. $-111,9^\circ\text{C}$, t.wrz. $-107,1^\circ\text{C}$

Występowanie, zastosowanie: występuje w powietrzu (stanowi $0,09 \cdot 10^{-4}\%$ jego objętości); stosowany w technice laserowej, jako wypełniacz żarówek dużej mocy, lamp jarzeniowych, elektronowych

Funkcja biologiczna: nie stwierdzono

Lantan, La (łac. *lanthanum*), liczba atomowa 57, względna masa atomowa 138,9055

Odkrycie: 1839 — K.G. Mosander

Właściwości: metal; miękki i ciągliwy; aktywny chemicznie; gęst. $6,1453 \text{g/cm}^3$, t.t. 921°C , t.wrz. 3457°C

Występowanie, zastosowanie: występuje łącznie z innymi pierwiastkami ziem rzadkich w monacycie, cerycie, bastnazycie; stosowany do produkcji niektórych stopów glinu i specjalnego żeliwa

Funkcja biologiczna: nie stwierdzono

2 Lit, Li (łac. *lithium*), liczba atomowa 3, względna masa atomowa 6,941

Odkrycie: 1817 — A. Arfvedson

Właściwości: metal; bardzo lekki, miękki; bardzo reaktywny, silny reduktor; gęst. $0,534 \text{g/cm}^3$, t.t. $180,54^\circ\text{C}$, t.wrz. 1342°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach glinokrzemianowych (amblygonit, spodumen, lepidot, cynwaldyt); stosowany jako dodatek stopowy, składnik ogniw litowych

Funkcja biologiczna: nie stwierdzono; działa antydepresyjnie, teratogennie

— Lorens, Lr (łac. *lawrencium*), liczba atomowa 103, liczba masowa najtrwalszego izotopu 260

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1961 — A. Ghiorso, T. Sikkeland, A.E. Larsch i R.M. Latimer

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy

Występowanie, zastosowanie: w przyrodzie nie występuje

— Lutet, Lu (łac. *lutetium*), liczba atomowa 71, względna masa atomowa 174,967

Odkrycie: 1907 — C. Auer von Welsbach i, niezależnie, G. Urbain

Właściwości: metal; aktywny chemicznie; gęst. $9,84 \text{g/cm}^3$, t.t. 1663°C , t.wrz. 3395°C

Występowanie, zastosowanie: występuje łącznie z innymi lantanowcami (gł. w monacycie); stosowany do produkcji ferrytów, nadprzewodników

Funkcja biologiczna: nie stwierdzono; słabo toksyczny

Pierwiastki chemiczne, cd.

Magnez, Mg (łac. *magnesium*), liczba atomowa 12, względna masa atomowa 24,305

Odkrycie: wyodrębniony w 1808 przez H.B. Davy'ego

Właściwości: metal; lekki, dość miękki; aktywny chemicznie; gęst. $1,74 \text{ g/cm}^3$, t.t. $648,8^\circ\text{C}$, t.wrz. 1107°C

Występowanie, zastosowanie: rozpowszechniony, występuje w minerałach (m.in. magnezyt MgCO_3 , dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, kizeryt $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), wodzie morskiej i organizmach żywych; stosowany gł. jako składnik lekkich stopów

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wszystkich organizmów; jest składnikiem chlorofilu; w organizmie człowieka (70 kg) jest go ok. 20 g (makroelement), bierze udział w regulacji wielu procesów biochemicznych, termoregulacji, jest niezbędny do prawidłowej pracy mózgu

Mangan, Mn (łac. *manganum*), liczba atomowa 25, względna masa atomowa 54,938

Odkrycie: 1774 — K.W. Scheele (wyodrębniony w 1774 przez G. Gahna)

Właściwości: metal; twardy, kruchy; gęst. $7,20 \text{ g/cm}^3$, t.t. 1244°C , t.wrz. 1962°C

Występowanie, zastosowanie: rozpowszechniony; liczne minerały, praktyczne znaczenie mają tlenki (hausmanit, braunit, manganit, piroluzyt) i węglany (rodochrozyt); stosowany gł. jako składnik stopów, także składnik szkieł metalicznych

Funkcja biologiczna: podstawowa; w organizmie człowieka (70 kg) jest go ok. 15 mg (mikroelement), m.in. bierze udział w procesach enzymatycznych, tworzeniu składników krwi, jest też niezbędny do prawidłowej pracy mózgu

Meitner, Mt (łac. *meitnerium*), liczba atomowa 109

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1982 w Instytucie Ciężkich Jonów w Darmstadt

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

Mendelew, Md (łac. *mendelevium*), liczba atomowa 101, liczba masowa najtrwalszego izotopu 258

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1955 — A. Ghiorso, B.G. Harvey, G.R. Choppin, S.G. Thompson, G.Th. Seaborg

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy

Występowanie, zastosowanie: w przyrodzie nie występuje

Miedź, Cu (łac. *cuprum*), liczba atomowa 29, względna masa atomowa 63,546

Odkrycie: znana już w starożytności

Właściwości: metal, dość miękki, kowalny; bardzo dobry przewodnik ciepła i elektryczności; na powietrzu pokrywa się patyną; gęst. $8,92 \text{ g/cm}^3$, t.t. $1063,45^\circ\text{C}$, t.wrz. 2567°C

Występowanie, zastosowanie: w przyrodzie występuje w postaci samorodków (miedź rodzima) i wielu minerałów (najważniejsze: chalkopiryt, bornit, kowelin, chalkozyn, kupryt, malachit, azuryt); stosowana do wyrobu przewodów elektrycznych, części maszyn i aparatów oraz w postaci stopów (brązy, mosiądze, miedzionikle)

Funkcja biologiczna: podstawowa; w organizmie człowieka (70 kg) jest jej 70–150 mg (mikroelement), bierze udział w procesach enzymatycznych (gł. w reakcjach utleniania i redukcji) oraz w tworzeniu składników krwi; w organizmach niektórych zwierząt niższych wchodzi w skład białka przenoszącego tlen (hemocyjanina)

Molibden, Mo (łac. *molybdaenum*), liczba atomowa 42, względna masa atomowa 95,94

Odkrycie: 1778 — K.W. Scheele (wyodrębniony 1781 przez P.J. Hjelma)

Właściwości: metal; twardy, kruchy; gęst. $10,22 \text{ g/cm}^3$, t.t. 2610°C , t.wrz. 5560°C

Występowanie, zastosowanie: najważniejsze minerały: molibdenit MoS_2 , powellit CaMoO_4 i wulfenit PbMoO_4 ; stosowany gł. jako składnik stopów, katalizatorów, na elementy oporowe pieców elektrycznych

Funkcja biologiczna: podstawowa; u roślin niezbędny m.in. do wiązania azotu; w organizmach zwierzęcych — składnik enzymów katalizujących reakcje utleniania i redukcji; należy do mikroelementów

Neodym, Nd (łac. *neodymium*), liczba atomowa 60, względna masa atomowa 144,24

Odkrycie: wyodrębniony i zidentyfikowany w 1885 — C. Auer von Welsbach

Właściwości: metal; aktywny chemicznie; gęst. $7,01 \text{ g/cm}^3$, t.t. 1010°C , t.wrz. 3127°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w monocyte i bastnazycie; stosowany jako dodatek stopowy i składnik stopów magnetycznych, w technice laserowej (laser neodymowy)

Funkcja biologiczna: nieznaną

Pierwiastki chemiczne, cd.

Neon, Ne (łac. *neon*), liczba atomowa 10, względna masa atomowa 20,179

Odkrycie: 1898 — W. Ramsay i M.W. Travers

Właściwości: gaz; bierny chemicznie — gaz szlachetny; gęst. $9 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3$, t.t. $-248,67^\circ\text{C}$, t.wrz. $-246,048^\circ\text{C}$

Występowanie, zastosowanie: występuje w powietrzu ($1,82 \cdot 10^{-3}\%$ objętości); stosowany do wypełniania lamp jarzeniowych, uzyskiwania niskich temperatur, w mieszaninie z helem — w laserach

Funkcja biologiczna: nieznana; nietoksyczny, może działać dusząco

Neptun, Np (łac. *neptunium*), liczba atomowa 93, względna masa atomowa 237,048

Odkrycie: sztucznie otrzymany (izotop ^{239}Np) — przed odkryciem w s.z. — w 1940 E.M. McMillan i Ph.H. Abelson

Właściwości: metal; aktywny chemicznie; gęst. $20,45 \text{ g/cm}^3$, t.t. 640°C , t.wrz. 3902°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w bardzo małych ilościach w złożach rud uranu i toru; ^{237}Np jest stosowany w detektorach promieniowania neutronowego

Funkcja biologiczna: nieznana

Nikiel, Ni (łac. *niccolum*), liczba atomowa 28, względna masa atomowa 58,69

Odkrycie: 1751 — A.F. Cronstedt

Właściwości: metal; dość twardy, kowalny; ferromagnetyk; gęst. $8,9 \text{ g/cm}^3$, t.t. 1459°C , t.wrz. 2732°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach (m.in. nikielin NiAs), w stanie rodzimym — w meteorytach, składnik jądra Ziemi; stosowany do niklowania, produkcji stali specjalnych, jako katalizator, często w postaci stopów

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wielu organizmów; w organizmie człowieka jest go ok. 1 mg — mikroelement (aktywator niektórych enzymów); w tkankach roślinnych obecny w większych ilościach niż w tkankach zwierzęcych

Niob, Nb (łac. *niobium*), liczba atomowa 41, względna masa atomowa 92,9064

Odkrycie: 1801 — Ch. Hatchett

Właściwości: metal; gęst. $8,57 \text{ g/cm}^3$, t.t. 2468°C , t.wrz. 4742°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w stanie rozproszonym, zwykle z tantalum w pegmatytach i granitach; stosowany jako dodatek stopowy, w inżynierii jądrowej (materiał konstrukcyjny reaktorów), w jubilerstwie; jest też składnikiem układów nadprzewodzących, szkielec metalicznych

Funkcja biologiczna: nieznana

Nobel, No (łac. *nobelium*), liczba atomowa 102, liczba masowa najtrwalszego izotopu 259

Odkrycie: otrzymany (izotop ^{254}No) w 1958 — A. Ghiorso, T. Sikkeland, J.R. Walton i G.Th. Seaborg

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy; mało zbadany

Występowanie, zastosowanie: nie występuje w przyrodzie

Funkcja biologiczna: nie wykryto

Ołów, Pb (łac. *plumbum*), liczba atomowa 82, względna masa atomowa 207,2

Odkrycie: znany już w starożytności

Właściwości: metal; miękki, kowalny; na powietrzu ulega pasywacji; aktywny chemicznie; gęst. $11,35 \text{ g/cm}^3$, t.t. $327,502^\circ\text{C}$, t.wrz. 1740°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach (jak galena PbS — najważniejsza ruda, cerusyt PbCO_3 i anglezyt PbSO_4); używany do wyrobu aparatury chemicznej, płyt akumulatorowych, osłon przed promieniowaniem jonizującym oraz w stopach, stosowany też na powłoki

Funkcja biologiczna: ołów i jego związki są silnymi truciznami kumulującymi się w organizmie; powodują schorzenia układu nerwowego, krwi i naczyń krwionośnych (ołowica); nie stwierdzono korzystnego działania ołowiu na organizmy żywe

Osm, Os (łac. *osmium*), liczba atomowa 76, względna masa atomowa 190,2

Odkrycie: 1804 — S. Tennant

Właściwości: metal; bardzo twardy; odporny chemicznie; gęst. $22,57 \text{ g/cm}^3$, t.t. 3045°C , t.wrz. ok. 5027°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w postaci naturalnych stopów z irydem i platyną oraz w minerałach (towarzyszy rudom niklu); stosowany jako katalizator, w stopach — do wyrobu części przyrządów pomiarowych

Funkcja biologiczna: nieznana; pary bardzo łatwo lotnego tlenku OsO_4 są silnie trujące

Pierwiastki chemiczne, cd.

Pallad, Pd (łac. *palladium*), liczba atomowa 46, względna masa atomowa 106,42

Odkrycie: 1803 — W.H. Wollaston

Właściwości: metal; plastyczny; pochłania wodór; bierny chemicznie; gęst. 12,02 g/cm³, t.t. 1554°C, t.wrz. 2970°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w naturalnych stopach z platyną lub złotem, stanowi domieszkę np. rud niklu; stosowany gł. jako katalizator, często w postaci stopów — w jubilerstwie, dentystyce

Funkcja biologiczna: nieznaną

Platyna, Pt (łac. *platinum*), liczba atomowa 78, względna masa atomowa 195,08

Odkrycie: znana już w starożytności; jako odrębny pierwiastek odkryta w 1735 — A. de Ulloa

Właściwości: metal, dość miękki, plastyczny; odporna na czynniki chemiczne — metal szlachetny; chłonie gazy; gęst. 21,45 g/cm³, t.t. 1772°C, t.wrz. ok. 3827°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w stanie rodzimym, także w postaci stopów z innymi platynowcami; stosowana jako katalizator, do wyrobu elektrod, naczyń laboratoryjnych, termoelementów, do wytwarzania powłok

Funkcja biologiczna: nieznaną

Pluton, Pu (łac. *plutonium*), liczba atomowa 94, liczba masowa najtrwalszego izotopu 244

Odkrycie: 1940 (izotop ²³⁸Pu) — G.Th. Seaborg i współpracownicy

Właściwości: metal; gęst. 19,84 g/cm³, t.t. 641°C, t. wrz. 3232°C

Występowanie, zastosowanie: w skorupie ziemskiej towarzyszy w minimalnych ilościach rudom uranu; izotop ²³⁹Pu jest stosowany jako paliwo jądrowe i materiał rozszczepialny bomb jądrowych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; bardzo silnie trujący

Polon, Po (łac. *polonium*), liczba atomowa 84, względna masa atomowa 209

Odkrycie: 1898 — M. Skłodowska-Curie i P. Curie

Właściwości: metal; gęst. 9,4 g/cm³, t.t. 254°C, t.wrz. 962°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w bardzo małych ilościach (otrzymywany sztucznie); stosowany jako źródło cząstek alfa i neutronów

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Potas, K (łac. *kalium*), liczba atomowa 19, względna masa atomowa 39,0983

Odkrycie: otrzymany w 1807 przez H.B. Davy'ego

Właściwości: metal; miękki; bardzo aktywny chemicznie; silny reduktor; gęst. 0,86 g/cm³, t.t. 63,25°C, t.wrz. 760°C

Występowanie, zastosowanie: rozpowszechniony w przyrodzie; głównym minerałem jest skała potasowy KAl(Si₃O₈), występujący jako sanidyn, ortoklaz, adular, mikroklin, znaczne ilości potasu znajdują się w wodzie morskiej; stosowany np. w stopie z sodem jako chłodziwo w reaktorach jądrowych; szeroko wykorzystywane są jego związki

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wszystkich organizmów; makroelement (jon K⁺ m.in. bierze udział w przewodnictwie impulsów elektrochemicznych w komórce, funkcjonowaniu nerwów i mięśni, utrzymywaniu ciśnienia osmotycznego na prawidłowym poziomie)

Prazeodym, Pr (łac. *praseodymium*), liczba atomowa 59, względna masa atomowa 140,9077

Odkrycie: wyodrębnił go i zidentyfikował w 1885 C. Auer von Welsbach

Właściwości: metal; dość miękki; aktywny chemicznie; gęst. 6,77 g/cm³, t.t. 931°C, t.wrz. 3212°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w niewielkich ilościach w cerycie, monacycie, bastnazycie; stosowany jako dodatek do stopów na rdzenie magnetyczne, składnik nadprzewodników

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Promet, Pm (łac. *promethium*), liczba atomowa 61, liczba masowa najtrwalszego izotopu 145

Odkrycie: 1945 — C.E. Coryell, J.A. Marinsky, L.E. Glendenin (pierwszy izotop pierwiastka o liczbie atomowej 61 wytworzono, ale nie wyizolowano w 1941)

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy; aktywny chemicznie; gęst. 7,22 g/cm³, t.t. 1168°C, t.wrz. 2460°C (wartość szacunkowa)

Występowanie, zastosowanie: w przyrodzie występuje w ilościach śladowych; stosowany w grubościomierzach izotopowych i specjalnych miniaturowych ogniwach

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Pierwiastki chemiczne, cd.

— **Protaktyn**, Pa (łac. *protactinium*), liczba atomowa 91, względna masa atomowa 231,036

Odkrycie: przyjmuje się, że został odkryty w 1917 (izotop ^{231}Pa ; O. Hahn., L. Meitner oraz F. Soddy, J.A. Cranston i A. Fleck), choć bardzo krótkotrwały izotop ^{234}Pa został zidentyfikowany już w 1913 (K. Fajans, O.H. Göhring)

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy; gęst. $15,37 \text{ g/cm}^3$, t.t. 1552°C , t.wrz. 4227°C

Występowanie, zastosowanie: w skorupie ziemskiej występuje w śladowych ilościach

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

— **Rad**, Ra (łac. *radium*), liczba atomowa 88, względna masa atomowa 226,025

Odkrycie: 1898 — M. Skłodowska-Curie i P. Curie

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy; aktywny chemicznie; gęst. ok. 5 g/cm^3 , t.t. 700°C , t.wrz. 1140°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w rudach uranu; stosowany jako źródło promieniowania γ w leczeniu nowotworów

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

— **Radon**, Rn (łac. *radon*), liczba atomowa 86, liczba masowa najtrwalszego izotopu 222

Odkrycie: 1900 — F.E. Dorn

Właściwości: gaz; bierny chemicznie — gaz szlachetny; pierwiastek promieniotwórczy; gęst. $9,73 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$, t.t. -71°C , t.wrz. $-62,31^\circ\text{C}$

Występowanie, zastosowanie: w minimalnych ilościach występuje w atmosferze ziemskiej i wodach mineralnych; stosowany w radioterapii nowotworów

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

— **Ren**, Re (łac. *rhenium*), liczba atomowa 75, względna masa atomowa 186,207

Odkrycie: 1925 — W. Noddack, I. Noddack-Tacke

Właściwości: metal; odporny chemicznie; gęst. $20,53 \text{ g/cm}^3$, t.t. 3180°C , t.wrz. 5627°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w molibdenicie, kolumbicie, platynie rodzimej oraz w tępach miedzionośnych; stosowany m.in. jako dodatek stopów, katalizator, do produkcji termoelementów

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

— **Rod**, Rh (łac. *rhodium*), liczba atomowa 45, względna masa atomowa 102,9055

Odkrycie: 1803 — W.H. Wollaston

Właściwości: metal; twardy; bardzo odporny chemicznie — metal szlachetny; gęst. $12,41 \text{ g/cm}^3$, t.t. 1968°C , t.wrz. ok. 3727°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w postaci naturalnych stopów z platyną; stosowany m.in. na powłoki ochronne i zwierciadeł reflektorów, także jako katalizator

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; prawdopodobnie rakotwórczy

— **Roentgen**, Rg (łac. *roentgenium*), liczba atomowa 111

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1994 w Instytucie Badań Ciężkich Jonów w Darmstadt

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

— **Rtęć**, Hg (łac. *hydrargyrum*), liczba atomowa 80, względna masa atomowa 200,59

Odkrycie: znana już w starożytności

Właściwości: metal, ciecz; dawniej zw. żywym srebrem; łatwo tworzy stopy (zw. amalgamatami); gęst. $13,546 \text{ g/cm}^3$, t.t. $-38,87^\circ\text{C}$, t.wrz. $356,58^\circ\text{C}$

Występowanie, zastosowanie: najważniejszą rudą jest cynober HgS ; podrzędne znaczenie mają inne minerały i rtęć rodzima; stosowana do napełniania termometrów, barometrów, wyrobu lamp kwarcowych, elektrod

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; jej pary i rozpuszczalne związki są trujące; działa teratogennie

— **Rubid**, Rb (łac. *rubidium*), liczba atomowa 37, względna masa atomowa 85,4678

Odkrycie: 1861 — R.W. Bunsen i G.R. Kirchhoff

Właściwości: metal; bardzo miękki; najbardziej elektrododatni z pierwiastków; bardzo aktywny chemicznie; gęst. $1,532 \text{ g/cm}^3$, t.t. $38,89^\circ\text{C}$, t.wrz. 685°C

Występowanie, zastosowanie: towarzyszy minerałom potasu (gł. karnalitowi i lepidolitowi), występuje też w niektórych glinokrzemianach (np. pollucycie); stosowany do pokrywania wnętrza fotokomórek

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Pierwiastki chemiczne, cd.

Ruten, Ru (łac. *ruthenium*), liczba atomowa 44, względna masa atomowa 101,07

Odkrycie: 1844 — C.E. Claus

Właściwości: metal; bardzo twardy i odporny chemicznie — metal szlachetny; gęst. 12,41 g/cm³, t.t. 2310°C, t.wrz. 3900°C

Występowanie, zastosowanie: występuje jako domieszka w rodzimej platynie oraz towarzyszy palladowi i niklowi w rzadkich minerałach; stosowany do utwardzania stopów platyny, jako składnik stopów nadprzewodzących oraz katalizatorów

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; silnie trujący jest jego tlenek RuO₄

Rutherford, Rf (łac. *rutherfordium*), liczba atomowa 104, liczba masowa najtrwalszego izotopu 261

Odkrycie: otrzymany sztucznie w 1964 w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej — Rosja

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

Samar, Sm (łac. *samarium*), liczba atomowa 62, względna masa atomowa 150,36

Odkrycie: 1879 — P. Lecoq de Boisbaudran

Właściwości: metal; pierwiastek aktywny chemicznie; gęst. 7,52 g/cm³, t.t. 1077°C, t.wrz. 1791°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w piaskach monacytowych; stosowany w technice laserowej i maserowej, składnik wielu materiałów magnetycznych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Seaborg, Sg (łac. *seaborgium*), liczba atomowa 106, liczba masowa najtrwalszego izotopu 263

Odkrycie: sztucznie otrzymany w 1974 w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej — Rosja

Właściwości: pierwiastek promieniotwórczy

Selen, Se (łac. *selenium*), liczba atomowa 34, względna masa atomowa 78,96

Odkrycie: 1817 — J.J. Berzelius

Właściwości: niemetal; ciało stałe; najtrwalszą odmianą alotropową jest selen szary, zw. metalicznym, o gęst. 4,79 g/cm³ i właściwościach półprzewodnika; t.t. 217°C, t.wrz. 685°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w niewielkiej ilości gł. w złożach siarki i jej związków, rzadko tworzy własne minerały (selenki); stosowany głównie do produkcji fotoogniw, cienkich warstw optycznych, prostowników, do barwienia szkła, wulkanizacji kauczuku

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wielu organizmów, w tym człowieka (średnio 14 mg Se); rakotwórczy, teratogeny

Siarka, S (łac. *sulfur, sulphurium*), liczba atomowa 16, względna masa atomowa 32,066

Odkrycie: znana już w starożytności

Właściwości: niemetal, ciało stałe; gęst. 2,07 g/cm³ (siarka rombowa — jasnożółte kryształy), t.t. 112,8°C, t.wrz. 444,67°C

Występowanie, zastosowanie: rozpowszechniona, występuje w stanie rodzimym oraz w wielu minerałach; stosowana m.in. do produkcji kwasu siarkowego, produkcji zapalek, wulkanizacji kauczuku

Funkcja biologiczna: podstawowa dla wszystkich organizmów; w organizmie człowieka (70 kg) jest jej ok. 150 g (makroelement), wchodzi w skład białek, wit. B₁, koenzymu A

Skand, Sc (łac. *scandium*), liczba atomowa 21, względna masa atomowa 44,956

Odkrycie: 1879 — L.F. Nilson

Właściwości: metal; miękki; dość aktywny chemicznie; gęst. 2,989 g/cm³, t.t. 1541°C, t.wrz. 2831°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w rzadkim mineralu twardym Sc₂(Si₂O₇), gł. towarzyszy innym skandowcom; stosowany w produkcji materiałów elektronicznych; radioaktywny izotop ⁴⁶Sc wykorzystywany jako znacznik izotopowy

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; prawdopodobnie rakotwórczy

Sód, Na (łac. *natrium*), liczba atomowa 11, względna masa atomowa 22,9898

Odkrycie: otrzymany w 1807 przez H.B. Davy'ego

Właściwości: metal; bardzo miękki; bardzo aktywny chemicznie; reduktor; gęst. 0,97 g/cm³, t.t. 97,81°C, t.wrz. 882,95°C

Pierwiastki chemiczne, cd.

Występowanie, zastosowanie: w s.z. występuje gł. jako minerał halit NaCl, obecny też w wodzie morskiej; stosowany w metalurgii, w lampach sodowych, w stopie z potasem — jako chłodziwo w reaktorach jądrowych

Funkcja biologiczna: podstawowa dla większości organizmów; w organizmie człowieka (70 kg) obecny w ilości ok. 100 g — makroelement, kation Na^+ , wraz z jonami chloru i potasu, utrzymuje prawidłowe ciśnienie osmotyczne płynów ustrojowych, jest niezbędny do prawidłowego funkcjonowania mięśni i nerwów, reguluje gospodarkę wodną i kwasowo-zasadową

Srebro, Ag (łac. *argentum*), liczba atomowa 47, względna masa atomowa 107,8682

Odkrycie: jeden z najdawniej znanych metali

Właściwości: metal; srebro jest miękkie, ciągliwe i kowalne; odporne chemicznie — metal szlachetny; najlepszy przewodnik ciepła i elektryczności; gęst. $10,5 \text{ g/cm}^3$, t.t. $961,93^\circ\text{C}$, t.wrz. 2212°C

Występowanie, zastosowanie: występuje rzadko jako srebro rodzime, częściej w postaci minerałów (gł. argentytu, chlorargirytu, pirargirytu) lub jako domieszka rud innych metali (ołowiu, cynku, miedzi); stosowane do srebrzenia, jako katalizator, w postaci stopów do wyrobu m.in. monet, biżuterii, aparatury chemicznej, instrumentów medycznych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; prawdopodobnie rakotwórcze; toksyczne dla organizmów niższych

Stront, Sr (łac. *strontium*), liczba atomowa 38, względna masa atomowa 87,62

Odkrycie: 1790 — A. Crawford, po raz pierwszy otrzymany (w postaci amalgamatu) w 1808 — H.B. Davy

Właściwości: metal; bardzo aktywny chemicznie; gęst. $2,6 \text{ g/cm}^3$, t.t. 769°C , t.wrz. 1384°C

Występowanie, zastosowanie: najważniejszymi minerałami są: celestyn SrSO_4 i stroncjanit SrCO_3 ; stosowany do produkcji rakiet sygnalizacyjnych (czerwone zabarwienie płomienia), nadprzewodników, luminoforów

Funkcja biologiczna: nieznaną; wchodzi w skład organizmów zwierząt i roślin, zwł. morskich

Tal, Tl (łac. *thallium*), liczba atomowa 81, względna masa atomowa 204,3833

Odkrycie: 1861 — W. Crookes

Właściwości: metal; miękki, kowalny; aktywny chemicznie; gęst. $11,85 \text{ g/cm}^3$, t.t. $303,55^\circ\text{C}$, t.wrz. 1457°C

Występowanie, zastosowanie: występuje rzadko, zwykle jako domieszka rud siarczkowych innych pierwiastków (zwł. sfalerytu, pirytu, galenitu i chalkopirytu); stosowany jako dodatek stopowy, w postaci amalgamatu — do napędzania termometrów

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; tal i jego rozpuszczalne związki są trujące

Tantal, Ta (łac. *tantalum*), liczba atomowa 73, względna masa atomowa 180,9479

Odkrycie: 1802 — A.G. Ekeberg

Właściwości: metal; twardy, ciągliwy; bierny chemicznie; gęst. $16,654 \text{ g/cm}^3$, t.t. 2996°C , t.wrz. ok. 5425°C

Występowanie, zastosowanie: występuje, razem z niobem, gł. w tantalicie; stosowany m.in.: jako dodatek stopowy, pochłaniacz neutronów, na elementy aparatury chemicznej, wszczepy (uzupełnienia ubytków kostnych)

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Technet, Tc (łac. *technetium*), liczba atomowa 43, liczba masowa najtrwalszego izotopu 98

Odkrycie: 1937 — E.G. Segrè i C. Perrier (pierwszy pierwiastek chemiczny otrzymany w wyniku sztucznych przemian jądrowych)

Właściwości: metal, pierwiastek promieniotwórczy; odporny chemicznie; gęst. $11,50 \text{ g/cm}^3$, t.t. 2172°C , t.wrz. 4877°C

Występowanie, zastosowanie: w skorupie ziemskiej nie występuje; stosowany (w bardzo małych ilościach ze względu na radioaktywność) jako składnik niektórych stali węglowych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Tellur, Te (łac. *tellurium*), liczba atomowa 52, względna masa atomowa 127,60

Odkrycie: 1782 — F.J. Müller von Reichenstein

Właściwości: metal; kruchy; aktywny chemicznie; t.t. $449,5^\circ\text{C}$, t.wrz. 990°C , gęst. $6,24 \text{ g/cm}^3$ (odmiana alotropowa zw. tellurem metalicznym)

Występowanie, zastosowanie: rzadko tworzy własne minerały (np. alitait PbTe , kalaweryt AuTe_2 , sylwanit AuAgTe_4); niekiedy występuje w postaci rodzimej; stosowany do wulkanizacji kauczuku, jako dodatek stopowy, katalizator

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; działa teratogennie; związki są trujące

Pierwiastki chemiczne, cd.

Terb, Tb (łac. *terbium*), liczba atomowa 65, względna masa atomowa 158,9254

Odkrycie: 1843 — C.G. Mosander

Właściwości: metal; miękki, kowalny; gęst. 8,2294 g/cm³, t.t. 1360°C, t.wrz. 3123°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w rzadko spotykanych minerałach, m.in. w monacycie; stosowany jako składnik materiałów magnetycznych i mikroelektronicznych (lasery, przyrządy półprzewodnikowe)

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Tlen, O (łac. *oxygenium*), liczba atomowa 8, względna masa atomowa 15,9994

Odkrycie: otrzymany w 1772 — K.W. Scheele; niezależnie w 1774 — J. Priestley

Właściwości: gaz; bezbarwny i bezwonny; odmiany alotropowe: O₂ — tlen, i O₃ — ozon; w temp. pokojowej mało aktywny, po ogrzaniu reaktywny; gęst. 1,429·10⁻³ g/cm³, temp. skraplania -182,962°C, temp. krzepnięcia -218,4°C

Występowanie, zastosowanie: pierwiastek najbardziej rozpowszechniony w przyrodzie, występuje jako składnik powietrza (stanowi ok. 21% jego objętości) i w minerałach; stosowany do świeżenia metali, w procesach technologicznych w przemyśle chemicznym, w palnikach (cięcie i spawanie)

Funkcja biologiczna: makroelement, w organizmie człowieka (70 kg) jest ok. 43 kg tlenu w postaci podstawowych dla życia związków: wody, węglowodanów, tłuszczów, białek, kwasów nukleinowych i innych; wykorzystywany w procesach oddychania

Tor, Th (łac. *thorium*), liczba atomowa 90, względna masa atomowa 232,0381

Odkrycie: 1828 — J.J. Berzelius

Właściwości: metal; miękki, kowalny; pierwiastek promieniotwórczy; gęst. 11,7 g/cm³, t.t. 1750°C, t.wrz. 4790°C

Występowanie, zastosowanie: do najważniejszych minerałów należą: toryt ThSiO₄ i torianit (Th,U)O₂; stosowany m.in. na anody lamp rentgenowskich, osłony prętów uranowych, izotop ²³²Th do produkcji materiału rozszczepialnego do reaktorów jądrowych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Tu, Tm (łac. *thulium*), liczba atomowa 69, względna masa atomowa 168,9342

Odkrycie: 1879 — P.T. Cleve

Właściwości: metal; miękki, kowalny; gęst. 9,32 g/cm³, t.t. 1545°C, t.wrz. 1947°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w rzadkich minerałach, gł. w monacycie; stosowany jako składnik ceramicznych materiałów ferromagnetycznych oraz materiałów elektronicznych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Tytan, Ti (łac. *titanium*), liczba atomowa 22, względna masa atomowa 47,88

Odkrycie: 1791 — W. Gregor

Właściwości: metal; twardy; wytrzymały mechanicznie, odporny na korozję; gęst. 4,54 g/cm³, t.t. 1660°C, t.wrz. 3287°C

Występowanie, zastosowanie: rozpowszechniony; ma wiele minerałów, m.in. rutil TiO₂, ilmenit i tytanomagnetyt — minerały zawierające także żelazo; stosowany gł. jako dodatek stopowy do stali; w stopach — jako materiał konstrukcyjny, też w technologii materiałów mikro- i optoelektronicznych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Uran, U (łac. *uranium*), liczba atomowa 92, względna masa atomowa 238,0289

Odkrycie: 1789 — M.H. Klaproth

Właściwości: metal; pierwiastek promieniotwórczy; aktywny chemicznie, zwł. po ogrzaniu; gęst. 19,05 g/cm³, t.t. 1132,35°C, t.wrz. 3818°C

Występowanie, zastosowanie: najważniejszy minerał — uraninit UO₂; stosowany jako paliwo reaktorów jądrowych i materiał rozszczepialny bomb jądrowych

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej; rozpuszczalne sole uranu są trujące

Wanad, V (łac. *vanadium*), liczba atomowa 23, względna masa atomowa 50,9415

Odkrycie: 1801 — A.M. del Rio, i ponownie w 1830 — N.G. Sefström

Właściwości: metal; twardy, kowalny, ciągliwy; odporny chemicznie; gęst. 5,96 g/cm³, t.t. 1890°C, t.wrz. 3380°C

Występowanie, zastosowanie: w skorupie ziemskiej występuje w stanie rozproszonym; najważniejsze minerały: wanadinit, karnotyt; występuje też w ropy naftowej i węgla kamiennym; stosowany gł. jako dodatek stopowy

Funkcja biologiczna: podstawowy dla niektórych organizmów; w organizmie człowieka ma wpływ m.in. na metabolizm cholesterolu i lipidów, jest mikroelementem; związki wanadu są trujące

Pierwiastki chemiczne, cd.

Wapń, Ca (łac. *calcium*), liczba atomowa 20, względna masa atomowa 40,078

Odkrycie: 1808 — H.B. Davy

Właściwości: metal; miękki; bardzo aktywny chemicznie gęst. $1,55 \text{ g/cm}^3$, t.t. 838°C , t.wrz. 1484°C

Występowanie, zastosowanie: rozpowszechniony — minerały: kalcyt, anhydryt, apatyt, dolomit, fluoryt, gips, obecny też w wodzie morskiej; stosowany m.in. jako dodatek stopowy, w metalurgii jako reduktor

Funkcja biologiczna: podstawowa; w organizmie człowieka (70 kg) jest go ok. 1 kg — makroelement, występuje gł. w kościach, w płynach ustrojowych bierze udział (w postaci jonów Ca^{2+}) w wielu procesach (m.in. regulacyjnych, krzepnięcia krwi)

Węgiel, C (łac. *carbo, carboneum*), liczba atomowa 6, względna masa atomowa 12,011

Odkrycie: znany od najdawniejszych czasów

Właściwości: niemetal, ciało stałe; w temp. 3652°C sublimuje; odmiany alotropowe: diament (gęst. $3,51 \text{ g/cm}^3$), grafit (gęst. $2,1\text{--}2,3 \text{ g/cm}^3$), fulereny; w temp. pokojowej bierny chemicznie

Występowanie, zastosowanie: występuje w stanie wolnym, w minerałach (węglany), w postaci związków w węglach kopalnych, gazie ziemnym, ropie naftowej, w postaci dwutlenku węgla w powietrzu; węgiel i jego związki są surowcami energetycznymi i chemicznymi; 1/12 masy atomu izotopu ^{12}C stanowi jednostkę masy atomowej; promieniotwórczy izotop ^{14}C służy do określania wieku obiektów, np. geologicznych

Funkcja biologiczna: podstawowa; makroelement — w organizmie człowieka (70 kg) jest go ok. 13 kg, wchodzi w skład podstawowych dla życia związków: kwasów nukleinowych, węglowodanów, tłuszczów, białek, witamin i in.

Wodór, H (łac. *hydrogenium*), liczba atomowa 1, względna masa atomowa 1,00794

Odkrycie: 1766 — H. Cavendish

Właściwości: gaz; palny; reduktor; najlżejszy pierwiastek; gęst. $8,99 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^3$ (0°C , 1 atm), t.t. $-259,14^\circ\text{C}$, t.wrz. $-252,87^\circ\text{C}$

Występowanie, zastosowanie: we Wszechświecie występuje w stanie wolnym, na Ziemi — w postaci związków, gł. wody i związków organicznych (składniki ropy naftowej, gazu ziemnego, węgla kopalnych); stosowany do syntez chemicznych, w palnikach tlenowo-wodorowych, jako paliwo

Funkcja biologiczna: makroelement — w organizmie człowieka (70 kg) jest go ok. 7 kg (składnik podstawowych dla życia związków: wody, kwasów nukleinowych, białek, węglowodanów, tłuszczów, witamin i in.)

Wolfram, W (łac. *wolframium*), liczba atomowa 74, względna masa atomowa 183,85

Odkrycie: 1781 — K.W. Scheele; w postaci metalicznej wydzielony 1783 przez braci J.J. i F. d'Elhuyar

Właściwości: metal; odporny chemicznie; gęst. $19,35 \text{ g/cm}^3$, t.t. 3410°C , t.wrz. 5660°C

Występowanie, zastosowanie: występuje w minerałach (szelit, wolframit); stosowany jako dodatek stopowy, włókna — do wyrobu żarników żarówek; ważne są jego węgliki

Funkcja biologiczna: nieznana

Złoto, Au (łac. *aurum*), liczba atomowa 79, względna masa atomowa 196,96654

Odkrycie: jeden z najwcześniej poznanych metali (w Egipcie znane od czasów predynastycznych)

Właściwości: metal; miękki, kowalny, odporny chemicznie (metal szlachetny); bardzo dobry przewodnik elektryczności; gęst. $18,88 \text{ g/cm}^3$, t.t. $1064,43^\circ\text{C}$, t.wrz. 3080°C

Występowanie, zastosowanie: występuje najczęściej w stanie rodzimym (zwykle zawiera domieszkę platyny, palladu, miedzi); stosowane gł. w stopach m.in. w jubilerstwie, przemyśle (gł. elektronicznym); silnie rozdrobnione służy do barwienia szkła i porcelany

Funkcja biologiczna: nie pełni żadnej

Żelazo, Fe (łac. *ferrum*), liczba atomowa 26, względna masa atomowa 55,847

Odkrycie: znane w starożytności

Właściwości: metal; niezbyt twardy, ciągliwy; w wilgotnym powietrzu rdzewieje, w suchym ulega pasywacji, rozdrobnione jest piroforyczne; ferromagnetyk; gęst. $7,874 \text{ g/cm}^3$, t.t. 1535°C , t.wrz. 2750°C

Występowanie, zastosowanie: jest gł. składnikiem jądra Ziemi; w skorupie ziemskiej występuje w minerałach (hematyt, magnetyt, piryt, syderyt), rzadko jako żelazo rodzime; stosowane w postaci stopów (stale, żeliwo) jako materiał konstrukcyjny

Funkcja biologiczna: podstawowa; w organizmie człowieka (70 kg) jest go 4–6 g — makroelement, jest składnikiem metaloprotein, gł. hemoglobiny i mioglobiny

Konfiguracje elektronowe atomów wybranych pierwiastków chemicznych

Pierwiastek	Zapis skrócony	Zapis pełny
wodór ($Z=1$), H		$1s^1$
hel ($Z=2$), He		$1s^2$
lit ($Z=3$), Li	$[\text{He}]2s^1$	$1s^2 2s^1$
węgiel ($Z=6$), C	$[\text{He}]2s^2 2p^2$	$1s^2 2s^2 2p^2$
neon ($Z=10$), Ne	$[\text{He}]2s^2 2p^6$	$1s^2 2s^2 2p^6$
sód ($Z=11$), Na	$[\text{Ne}]3s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
potas ($Z=19$), K	$[\text{Ar}]4s^1$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
krypton ($Z=36$), Kr	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^6$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$
uran ($Z=92$), U	$[\text{Rn}]5f^3 6d^1 7s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 5f^3 6s^2 6p^6 6d^1 7s^2$

Zawartość pierwiastków chemicznych w Układzie Słonecznym

Pierwiastek	Zawartość w % masowych
Wodór	74,5
Hel	23,6
Tlen	0,87
Węgiel	0,39
Neon	0,206
Żelazo	0,136
Azot	0,087
Krzem	0,0761
Magnez	0,0705
Siarka	0,0448

Zawartość pierwiastków chemicznych w skorupie ziemskiej

Pierwiastek	Zawartość w % masowych
Tlen	46,6
Krzem	27,7
Glin	7,5
Żelazo	7,0
Wapń	3,7
Magnez	2,5
Sód	2,3
Potas	2,0
Tytan	0,63
Wodór	0,57

Układ okresowy pierwiastków chemicznych

Układ okresowy pierwiastków chemicznych ma postać tabeli powstałej w wyniku ułożenia pierwiastków w postać szeregu wg wzrastającej liczby atomowej, a następnie — zgodnie z periodycznie powtarzającymi się fizycznymi i chemicznymi właściwościami pierwiastków — podziale szeregu na mniejsze zbiory i takim przemieszczeniu tych zbiorów na płaszczyźnie, by pierwiastki o podobnych właściwościach chemicznych (analogicznej konfiguracji elektronów walencyjnych) znalazły się w tej samej kolumnie jeden pod drugim. Utworzona w ten sposób tabela zawiera 7 poziomych szeregów, zw. **okresami**, w których znajduje się kolejno: 2 (pierwszy okres), 8 (okres drugi i trzeci), 18 (okres czwarty i piąty) i 32 pierwiastki (okres szósty), okres siódmy jest niedokończony. Zapoczątkowanie nowego okresu odpowiada zapoczątkowaniu zapełniania elektronami kolejnej powłoki elektronowej. Pierwiastki o podobnej konfiguracji elektronowej, a tym samym o podobnych właściwościach chemicznych, znajdują się w tak utworzonej tabeli w pionowych kolumnach, zw. **grupami**.

Chemia

Diagram illustrating the layout of a chemical element card for Hydrogen (Wodór). The card contains the following information:

- Top Left:** 1 (Atomic Number), 1.0079 (Atomic Mass)
- Top Right:** 1 (Degree of Oxidation), H (Symbol)
- Middle Left:** 14.01 (Boiling Point), 20.28 (Melting Point), 0.0899 (Density)
- Bottom Left:** 1s¹ (Electron Configuration)
- Bottom Center:** Wodór (Name)
- Bottom Right:** G (State at 298.15 K)

Labels pointing to the card:

- liczba atomowa (Atomic Number)
- temperatura topnienia (K) (Melting Point)
- temperatura wrzenia (K) (Boiling Point)
- gęstość (g/cm³)** (Density)
- nazwa (Name)
- masa atomowa* (Atomic Mass)
- stopnie utlenienia (najtrwalsze - drukiem pogrubionym) (Degrees of Oxidation)
- symbol (Symbol)
- G (gaz), C (ciecz), S (ciało stałe) w 298,15 K (State at 298.15 K)
- konfiguracja elektronowa (Electron Configuration)

* masa atomowa wyrażona w skali węglowej w odniesieniu do izotopu ^{12}C , w nawiasach podano liczby masowe izotopów najtrwalszych lub najbardziej rozpowszechnionych

(p) = 3.5 MPa

(b) – fosfor biały, (sub.) – sublimuje, (d.g) – diament 3,51; grafit 2,1–2,3

12 tylko izotopy promieniotwórcze

	3	4	5	6	7	8	9
	SKANDOWCE	TYTANOWCE	WANADOWCE	CHROMOWCE	MANGANOWCE	ŻELAZOWCE	KOBALTOWCE
	21 44,9559 III 1814 3104 2,989 [Ar]3d ¹ 4s ² Skand	22 47,88 II, III, IV 1903 3696 4,54 [Ar]3d ² 4s ² Tytan	23 50,9415 II, III, IV, V 2163 3653 5,96 [Ar]3d ³ 4s ² Wanad	24 51,996 II, III, VI 2130 2946 7,20 [Ar]3d ⁴ 4s ¹ Chrom	25 54,9380 II, III, IV, V, VII 1517 2235 7,20 [Ar]3d ⁵ 4s ¹ Mangan	26 55,847 II, III 1808 3023 7,86 [Ar]3d ⁶ 4s ² Żelazo	27 58,9332 II, III 1768 3143 8,9 [Ar]3d ⁷ 4s ² Kobalt
	39 88,9059 II 1795 3611 4,469 [Kr]4d ¹ 5s ² Itr	40 91,224 IV 3125 4650 6,49 [Kr]4d ² 5s ² Cyrkon	41 92,9064 II, V 2741 5015 8,57 [Kr]4d ³ 5s ¹ Niob	42 95,94 II, III, IV, V, VI 2683 5033 10,22 [Kr]4d ⁴ 5s ¹ Molibden	43 (98) VII 2445 5150 11,50 [Kr]4d ⁵ 5s ¹ Technet	44 101,07 II, III, IV, V, VI, VII 2583 4713 12,30 [Kr]4d ⁶ 5s ¹ Ruten	45 102,9055 II, III, IV 2269 4000 12,41 [Kr]4d ⁷ 5s ¹ Rod
Lantanowce	71 174,967 III 1936 3668 9,84 [Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ² Lutet	72 178,49 IV 2500 4875 13,31 [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s ² Hafn	73 180,9479 V 3269 5656 16,654 [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s ² Tantal	74 183,85 II, III, IV, V, VI 3663 5933 19,35 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² Wolfram	75 186,207 I, II, IV, V, VI, VII 3453 5900 20,53 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² Ren	76 190,2 II, III, IV, V, VI, VII 3316 5300 22,48 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² Osm	77 192,22 II, III, IV, V, VI 2663 4403 22,42 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² Iryd
Aktynowce	103 (260) II [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² Lorens	104 (261) II [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ² Rutherford	105 (262) II [Rn]5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² Dubn	106 (263) II [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ² Seaborg	107 (262) II [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ² Bohr	108 (265) II [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ² Has	109 (266) II [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² Meitner

	57	138,9055 III	58	140,115 III, IV	59	140,9077 III, IV	60	144,24 III	61	145 III
Lantanowce	La	1184 3730 6,1453	Ce	1072 3699 6,657	Pr	1204 3785 6,773	Nd	1297 3300 7,004	Pm	1441 2733 7,22
	[Xe]5d ¹ 6s ²		[Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ²		[Xe]4f ³ 6s ²		[Xe]4f ⁴ 5d ¹ 6s ²		[Xe]4f ⁵ 6s ²	
	Lantan		Cer		Prazeodym		Neodym		Promet	
	89	227,0278 III	90	232,0381 IV	91	231,0359 III, V	92	238,0289 III, IV, V, VI	93	237,048 III, IV, V, VI
Aktynowce	Ac	1323 3473 10,07	Th	2023 5083 11,7	Pa	1825 4800 15,37	U	1405,5 4091 19,05	Np	913 4175 20,45
	[Rn]5d ³ 7s ²		[Rn]5d ² 7s ²		[Rn]5f ² 6d ¹ 7s ²		[Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ²		[Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	
	Aktyń		Tor		Protaktyń		Uran		Neptun	

T. Lot Elsevier's
Periodic Table of
the Elements 1987

Nomenclature of Inorganic
Chemistry.
Recommendations 1990

☐	metale
☐	niemetale

Niektóre wskaźniki chemiczne

Wskaźniki alkacymetryczne

Zakres pH	Barwa ^a w rozworze:		Nazwa wskaźnika
	kwaśnym	zasadowym	
0,1–0,5	ż	z	fiolet metylowy
1,2–2,8	cz	ż	biekit tymolowy
1,0–1,5	z	n	fiolet metylowy
1,8–3,2	n	f	fiolet metylowy
3,0–4,6	ż	zn	biekit bromofenolowy
3,0–5,2	n	cz	czerwień Konga
3,1–4,4	cz	p	orańż metylowy
4,3–6,3	bz	ż	3,4-dinitrofenol
6,0–7,6	ż	zn	biekit bromotymolowy
6,8–8,4	ż	cz	czerwień fenolowa
8,3–10,0	bz	pu	fenolofaleina
10,1–12,1	f	pu	alizaryna

Wskaźniki redoks

Potencjał (w V) przy	Barwa formy:		Nazwa wskaźnika
	pH = 0	utlenionej	
+0,24	-0,16	n	indygomonosulfonian potasu
+0,53	+0,1	n	biekit metylenowy
+0,67		cz	2,6-dichlorofenolindofenol
+0,22	n	bz	2,6-dichlorofenolindofenol
+1,12		czf	kwas p-fenyloantranilowy
+1,14		n	ferroina

^a bz — bezbarwny, cz — czerwony, f — fioletowy, n — niebieski, p — pomarańczowy, pu — purpurowy, z — zielony, ż — żółty, czf — czerwono-fioletowy, zn — zielono-niebieski, nf — niebiesko-fioletowy, żp — żółtopomarańczowy

Sposoby wyrażania zawartości składnika B (w układzie SI)

Stężenie, koncentracja to zawartość składnika (jego masy, objętości, liczby moli) w jednostce objętości lub masy roztworu (mieszaniny), niekiedy rozpuszczalnika. Najczęściej używa się stężenia molowego, jeśli składnik (B) i substancja są wyrażone w tych samych jednostkach, należy posługiwać się pojęciem ułamka: masowego, molowego, objętościowego, lub stężeniem procentowym z zaznaczeniem jednostek masowych, objętościowych lub molowych. W przypadku bardzo małych zawartości przyjęło się stosować (na podstawie literatury amerykańskiej) jednostki ppm (parts per million), ppb (parts per billion), ppt (parts per trillion) itd., choć ze względu na niejednoznaczność terminu „bilion” oraz brak sprecyzowania, czy odnosi się do masy, czy objętości układu, lepiej je zastępować odpowiednio przez $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$, $\text{pg} \cdot \text{g}^{-1}$.

Nazwa	Definicja	Jednostki układu SI
Stężenie masowe	$\rho_B = \frac{m_B}{V}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{kg} \cdot \text{l}^{-1}$
Stężenie molowe	$c_B = \frac{n_B}{V}$	$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$, $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$
Stężenie molalne	$m_B = \frac{n_B}{m_A}$	$\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
Ułamek masowy	$w_B = \frac{m_B}{\sum m_i}$	wielkość bezwymiarowa
Ułamek molowy	$x_B = \frac{n_B}{\sum n_i}$	wielkość bezwymiarowa
Ułamek objętościowy	$\phi_B = \frac{V_B}{\sum V_i}$	wielkość bezwymiarowa

m_A — masa rozpuszczalnika, V — objętość roztworu, m_i , n_i , V_i — odpowiednio: masa, liczba moli i objętość i-tego składnika

Standardowe potencjały elektrodowe E^0 (w 25°C, względem standardowej elektrody wodorowej)

Elektroda	Reakcja elektrodowa	E^0 w V
Li Li ⁺	Li ⁺ + e ⇌ Li	-3,036
K K ⁺	K ⁺ + e ⇌ K	-2,928
Ba Ba ²⁺	Ba ²⁺ + 2e ⇌ Ba	-2,91
Ca Ca ²⁺	Ca ²⁺ + 2e ⇌ Ca	-2,86
Na Na ⁺	Na ⁺ + e ⇌ Na	-2,715
Mg Mg ²⁺	Mg ²⁺ + 2e ⇌ Mg	-2,36
Al Al ³⁺	Al ³⁺ + 3e ⇌ Al	-1,698
Zn Zn ²⁺	Zn ²⁺ + 2e ⇌ Zn	-0,7626
Fe Fe ²⁺	Fe ²⁺ + 2e ⇌ Fe	-0,44
Cd Cd ²⁺	Cd ²⁺ + 2e ⇌ Cd	-0,4025
Ni Ni ²⁺	Ni ²⁺ + 2e ⇌ Ni	-0,257
Pb Pb ²⁺	Pb ²⁺ + 2e ⇌ Pb	-0,13
Pt H ₂ H ⁺	2H ⁺ + 2e ⇌ H ₂	0,000
Cu Cu ²⁺	Cu ²⁺ + 2e ⇌ Cu	0,337
Pt I ₂ I ⁻	I ₂ + 2e ⇌ 2I ⁻	0,535
Hg Hg ₂ ²⁺	Hg ₂ ²⁺ + 2e ⇌ 2Hg	0,796
Ag Ag ⁺	Ag ⁺ + e ⇌ Ag	0,7992
Pt Br ₂ Br ⁻	Br _{2(laq)} + 2e ⇌ 2Br ⁻	1,0874
Pt Cl ₂ Cl ⁻	Cl ₂ + 2e ⇌ 2Cl ⁻	1,36
Au Au ³⁺	Au ³⁺ + 3e ⇌ Au	1,52
Pt F ₂ F ⁻	F ₂ + 2e ⇌ 2F ⁻	2,918

Najważniejsze grupy funkcyjne w związkach organicznych

Klasa związków organicznych	Grupa funkcyjna	
	budowa	nazwa
Alkohole	-OH	hydroksylowa
Fenole	-OH ²	
Kwasy karboksylowe	$-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH$	karboksylowa
Ketony (ketonowa)	$>C=O$	karbonylowa
Aldehydy (aldehidowa)	$-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	formylowa
Związki nitrowe	-NO ₂	nitrowa
Aminy	-NH ₂	aminowa
Iminy	=NH	iminhowa
Związki azowe	-N=N-	azowa
Sulfonozwiązki	-SO ₃ H	sulfonowa
Tiole	-SH	tiolowa
Fluorowcopolochodne	-X (F, Cl, Br, I)	fluorowic
Nitryle	-C≡N	cyjanowa (nitrylowa)

* Powiązana bezpośrednio z pierścieniem aromatycznym

Typy reakcji chemicznych

Nazwa	Równanie reakcji	Przykłady
Reakcja syntezy (reakcja tworzenia, synteza)	$A + B = C$	$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$
Reakcja analizy (reakcja rozkładu, analiza)	$ABC = A + B + C$	$2HgO = Hg + O_2$ $CaCO_3 = CaO + CO_2$
Reakcja wymiany: pojedynczej podwójnej	$AB + C = AC + B$ $AB + CD = AD + CB$	$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$ $BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HCl$

Źródła i rodzaje substancji powodujących chemiczne zanieczyszczenie gleb i gruntów

Źródło zanieczyszczeń	Rodzaj zanieczyszczeń
Przemysł	odpady, osady, pyły i ścieki zawierające m.in.: sole (np. $NaCl$, Na_2SO_4 , Na_2CO_3), metale ciężkie (np. Cd , Cr , Cu , Hg , Ni , Pb i Zn), związki arsenu, fluoru, produkty ropopochodne
Energetyka	żuźle, popioły i pyły energetyczne, czyli odpady paleniskowe zawierające m.in. związki metali ciężkich, pierwiastki promieniotwórcze (^{137}K , ^{226}Ra oraz ^{232}Th), siarczany i chlorki, a także emitowane w gazach odlotowych związki siarki i azotu powodujące zakwaszenie gleb
Górnictwo	odpady mineralne, zasolone wody kopalniane, metale ciężkie
Rolnictwo	chemiczne środki ochrony roślin zawierające m.in. As , Hg , nawozy mineralne i ich zanieczyszczenia (np. As , Cd , Zn lub F w nawozach fosforowych), nawozy organiczne w nadmiarze, ścieki i osady ściekowe
Transport	węglowodory, w tym wielopierścieniowe aromatyczne — WWA, tlenki azotu, związki ołowiu, kauczuk, azbest, sole (pochothane z zimowego utrzymania dróg) — najbardziej zanieczyszczone są gleby w pobliżu dróg
Gospodarka komunalna	substancje chemiczne w odpadach, odcieki (związki organiczne, których miarą jest $ChZT$, siarczany, chlorki, Cd , Cr^{6+} , Cu , Hg , Pb , Zn , WWA), ścieki (szczególnie szkodliwe mikroorganizmy chorobotwórcze, związki toksyczne lub trudno rozkładalne, detergenty) i osady ściekowe (Cd , Cu , Hg , Ni , Pb , Zn)

Wydawca: AGORA SA, ul. Czerska 8/10, 00-732 Warszawa
Bezpłatny dodatek do „Gazety Wyborczej”
ISBN 83-60725-49-4



Publikacja opracowana przez Zespół Encyklopedii Wydawnictwa Naukowego PWN na podstawie zasobów Bazy Encyklopedycznej PWN

Reprint: Archiwum Ilustracji WNP PWN
Skład i format: Pro Forma sp. z o.o.

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2006

Wszelkie prawa zastrzeżone. Reprodukowanie, kodowanie w urządzeniach przetwarzania danych, odzwierciedlanie w jakiegokolwiek formie oraz wykorzystywanie w wystąpieniach publicznych, w całości lub w części — tylko za wyjątkowym pisemnym zezwoleniem właściciela praw autorskich.

Reakujące z innymi: WADENACIUM UCZNIWA I STUDENTA można zamówić pod numerem infolinii 0 801 130 000 (koszt połączenia 0,29 PLN netto w sieci TPSA).

Już w sprzedaży FERDYDURKE
omówienie lektury szkolnej z filmem Jerzego Skolimowskiego
w cenie 19,99 + cena „Gazety”
Wyjątkowo przewidziane dla uczniów i studentów

Więcej informacji o książce na www.gazeta.pl/kolejke
lub pod numerem infolinii 0 801 130 000