

Anorganická chemie I

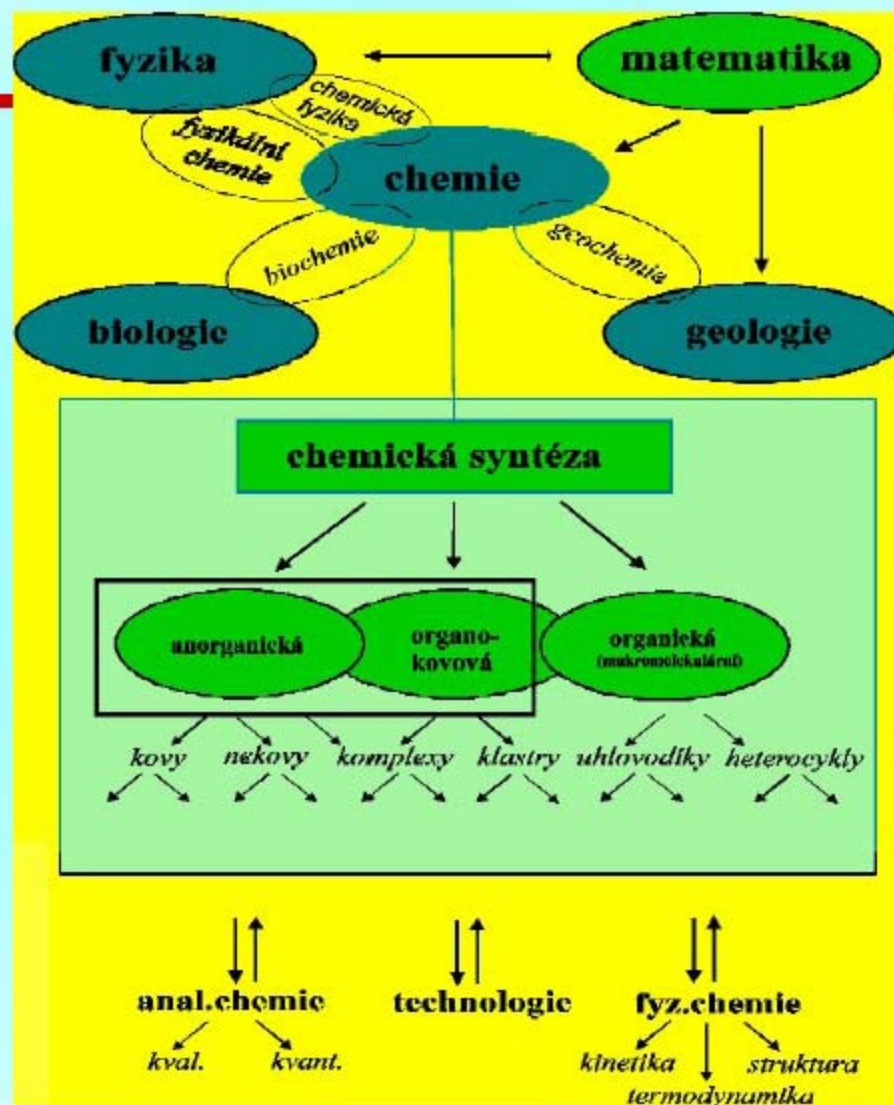
- určeno pro: 1. ročník odborné studium chemie a biochemie, učitelských kombinací s chemií, ostatní chemické kombinace
- rozsah: podzimní semestr 2016 (13 týdnů), 2 hodiny týdně

Úterý 15.00. – 16.50

Prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.

Ústav chemie PŘF MU, UKB, budova č. 12, 3. patro, místnost 325
prihoda@chemi.muni.cz

Přírodní vědy



Vznik prvků ve vesmíru

- Velký třesk cca před 13 -14 miliardami let
- Hmoty byl soustředěna do tzv. prajádra o hustotě 10^{98} g.cm³ a teplotě 10^{32} K

| Čas po třesku | |
|--------------------|--|
| 1 s (10^{10} K) | vznik protonů, neutronů a elektronů |
| 10-500 s | 25 % hmoty se přeměnilo na ⁴ He a 10 ⁻³ % ² H |
| 2 hodiny | 89 at. % H 11 at. % He |
| yní | 88,6 at. % He, 11,3 at. % H |

Ostatní prvky ve vesmíru vznikly nukleogenezí

Vodíkové hoření



Heliové hoření

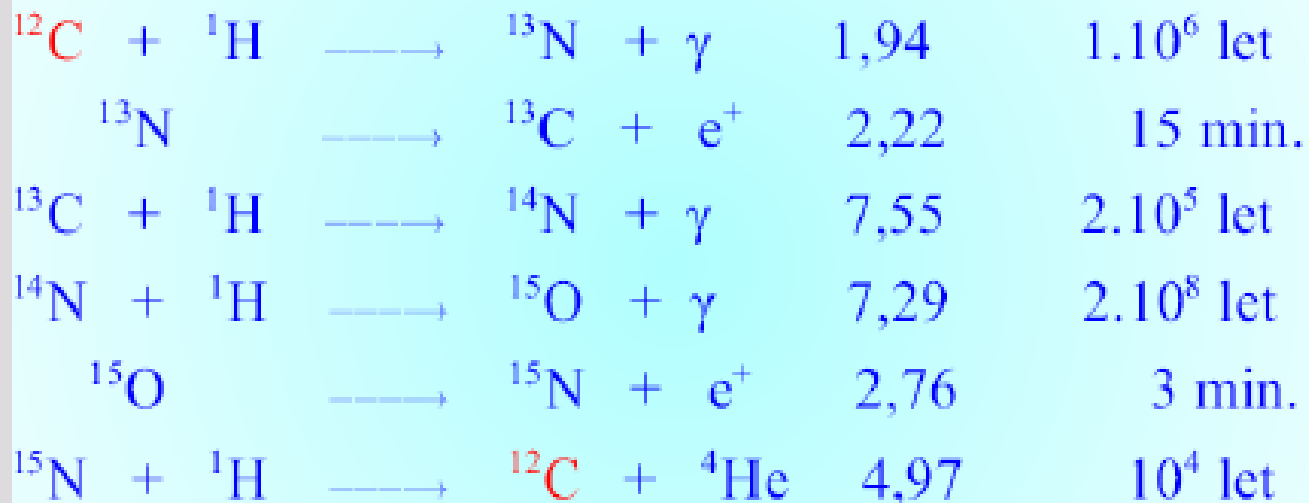


Uhlíkové hoření



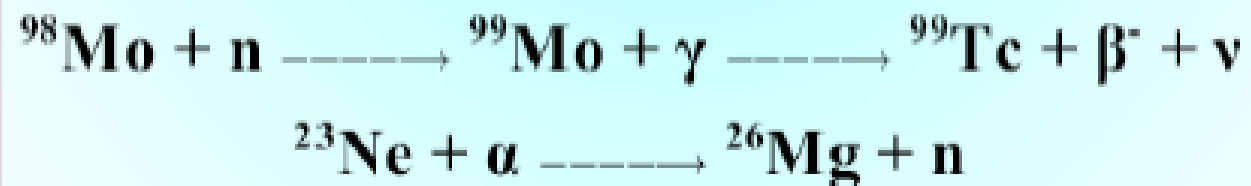
Katalytický CNO cyklus

Jde s cyklus jaderných reakcí, vedoucích k izotopům lehčích prvků



Vznik těžších prvků je záležitostí následných
jaderných reakcí,
nejčastěji jde o záchyt neutronu

Např.

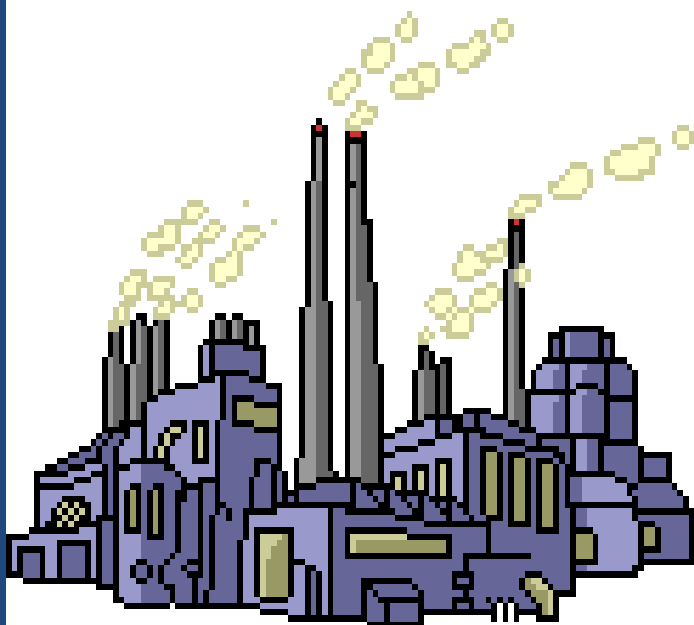




Anorganická chemie



- Věda o vzniku, složení a struktuře látek bez většiny látek z uhlíku (látky neživé přírody).



Názvy prvků

- **podle význačné vlastnosti prvku**

brom (Br)– podle zápachu (*bromos* – zápach)

chlor (Cl)– podle barvy (*chloros* – žlutozelený)

fosfor (F)– podle světélkování par (*phosphoros* – světloňoš)

- **podle výskytu prvku**

vápník- (latinsky *calc* – vápno)

- **na počest vědců**

einsteinium, mendelevium, curium

- **podle nápadného vzhledu**

zlato (*aurum* – lesk,třpyt)

- **podle zemí, kde byly objeveny**

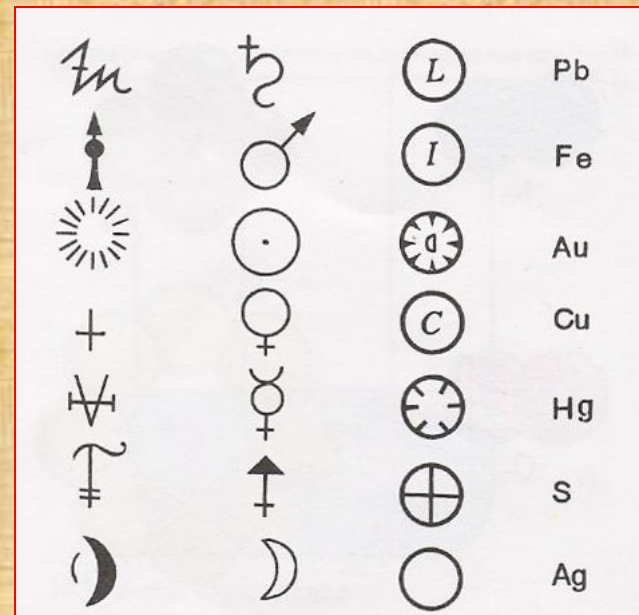
polonium, francium, germanium

- **podle světadílů**

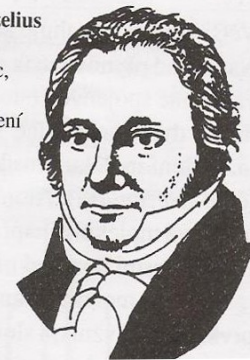
europium,americium

- **podle nebeských těles**

uran, neptunium, plutonium, helium (Slunce), selen (Měsíc)



101 J. J. Berzelius
(1779–1848)
Švédský vědec,
navrhl mezi-
národní označení
chemických
prvků



Přibližné relativní zastoupení nejrozšířenějších prvků ve vesmíru (počet atomů připadající na jeden atom křemíku)

| | | | | | |
|----|---------------|-------|-----|---------------|------|
| 1. | VODÍK | 40000 | 8. | HOŘČÍK | 0,9 |
| 2. | HELIUM | 3100 | 9. | ŽELEZO | 0,6 |
| 3. | KYSLÍK | 22 | 10. | SÍRA | 0,4 |
| 4. | NEON | 9 | 11. | ARGON | 0,15 |
| 5. | DUSÍK | 7 | 12. | HLINÍK | 0,1 |
| 6. | UHLÍK | 3,5 | 13. | VÁPNIK | 0.05 |
| 7. | KŘEMÍK | 1 | 14. | SODÍK | 0,04 |

**Přibližné zastoupení nejrozšířenějších prvků
v přírodě a v zemské kůře**

| | Prvek | % v přírodě | % v zemské kůře |
|----------|--------------|--------------------|------------------------|
| 1 | O | 49,5 | 46,6 |
| 2 | Si | 25,8 | 27,7 |
| 3 | Al | 7,6 | 8,1 |
| 4 | Fe | 4,7 | 5,0 |
| 5 | Ca | 3,4 | 3,6 |
| 6 | Na | 2,6 | 2,8 |
| 7 | K | 2,4 | 2,6 |
| 8 | Mg | 2,0 | 2,1 |

DLouhá forma periodické tabulky

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 1 | 1 H 1,01 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He 4,003 |
| 2 | 3 Li 6,94 | 4 Be 9,01 | | | | | | | | | | | 5 B 10,81 | 6 C 12,01 | 7 N 14,01 | 8 O 15,999 | 9 F 18,998 | 10 Ne 20,18 |
| 3 | 11 Na 22,99 | 12 Mg 24,31 | | | | | | | | | | | 13 Al 26,98 | 14 Si 28,09 | 15 P 30,97 | 16 S 32,06 | 17 Cl 35,46 | 18 Ar 39,95 |
| 4 | 19 K 39,10 | 20 Ca 40,08 | 21 Sc 44,96 | 22 Ti 47,88 | 23 V 50,94 | 24 Cr 51,996 | 25 Mn 54,94 | 26 Fe 55,85 | 27 Co 58,93 | 28 Ni 58,71 | 29 Cu 63,55 | 30 Zn 65,38 | 31 Ga 69,72 | 32 Ge 72,64 | 33 As 74,92 | 34 Se 78,96 | 35 Br 79,90 | 36 Kr 83,80 |
| 5 | 37 Rb 85,47 | 38 Sr 87,62 | 39 Y 88,91 | 40 Zr 91,22 | 41 Nb 92,91 | 42 Mo 95,94 | 43 Tc (98) | 44 Ru 101,07 | 45 Rh 102,91 | 46 Pd 106,90 | 47 Ag 107,87 | 48 Cd 112,41 | 49 In 114,82 | 50 Sn 118,71 | 51 Sb 121,76 | 52 Te 127,60 | 53 I 126,90 | 54 Xe 131,29 |
| 6 | 55 Cs 132,91 | 56 Ba 137,33 | 57 La 138,91 | 72 Hf 178,49 | 73 Ta 180,95 | 74 W 183,85 | 76 Re 186,21 | 78 Os 190,23 | 79 Ir 192,22 | 80 Pt 195,08 | 81 Au 196,97 | 82 Hg 200,59 | 83 Tl 204,38 | 84 Pb 207,19 | 85 Bi 208,98 | 86 Po (209) | 87 At (210) | 88 Rn (222) |
| 7 | 87 Fr 223 | 88 Ra 226,025 | 89 Ac 227,03 | 104 Rf (261) | 105 Db (262) | 106 Sg (266) | 107 Bh (264) | 108 Hs (277) | 109 Mt (268) | (110) | (111) | (112) | (113) | (114) | (115) | (116) | (117) | (118) |
| | s-blok | | d-blok | | | | | | | | | | p-blok | | | | | |

atomové číslo
↓
9
F
18,998

symbol prvku
černý: pevná látka
modrý: kapalina
červený: plyn
bílý: umělé příslušence

- alkalické kovy
- kovy alkalických zemin
- přechodné kovy
- ozonní kovy
- metaloidy
- nikovy
- valentné plyny

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Lanthanoidy (14) | 58 Ce 140,12 | 59 Pr 140,91 | 60 Nd 144,24 | 61 Pm (145) | 62 Sm 150,35 | 63 Eu 151,96 | 64 Gd 157,25 | 65 Tb 158,93 | 66 Dy 162,50 | 67 Ho 164,93 | 68 Er 167,26 | 69 Tm 168,93 | 70 Yb 173,04 | 71 Lu 174,97 | f-blok |
| Aktinoidy (5) | 88 Th 232,04 | 89 Pa (231) | 90 U 238,03 | 93 Np (237) | 94 Pu (242) | 95 Am (243) | 96 Cm (247) | 97 Bk (247) | 98 Cf (251) | 99 Es (252) | 100 Fm (253) | 101 Md (258) | 102 No (259) | 103 Lr (260) | |

104 rutherfordium 106 seaborgium 108 hassium
105 dubnium 107 bohelium 109 meitnerium

Krátká forma periodické tabulky

| GRUPINA | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | | | | | |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|---|---|---|---|
| Periódá | | | | | | | | (H) | | | | | | | |
| 1 | ¹ H 1,00794 1, -238,2 -238,8 | | | | | | | | ² He 4,00260 -271,40 -298,49 | | | | | | |
| 2 | ³ Li 6,941 1,2 1317 | ⁴ Be 9,01224 1,5 1087 | ⁵ B 10,811 1,8 2087 | ⁶ C 12,011 2,3 1080 | ⁷ N 14,0064 2,0 -175,1 | ⁸ O 15,9994 2,3 -218,9 | ⁹ F 18,9984 4,3 -328 | ¹⁰ Ne 20,1797 4,3 -248,4 -264,88 | | | | | | | |
| 3 | ¹¹ Na 22,98977 2,1 98 | ¹² Mg 24,304 2,2 1483 | ¹³ Al 26,98154 2,8 34,7 | ¹⁴ Si 28,0855 2,1 1483 | ¹⁵ P 30,97376 2,1 1483 | ¹⁶ S 32,065 2,3 2000 | ¹⁷ Cl 35,453 3,3 109 | ¹⁸ Ar 39,948 3,3 -122,4 -185,88 | | | | | | | |
| 4 | ¹⁹ K 39,0983 2,2 181 | ²⁰ Ca 40,078 2,2 1483 | ²¹ Sc 44,95591 2,3 1819 | ²² Ti 47,88 2,1 1483 | ²³ V 50,9415 2,6 1819 | ²⁴ Cr 51,9961 2,3 1819 | ²⁵ Mn 54,938045 2,3 1484 | ²⁶ Fe 55,845 2,3 1483 | ²⁷ Co 58,933195 2,3 1483 | ²⁸ Ni 58,6934 2,3 1483 | ²⁹ Cu 63,546 2,3 1483 | | | | |
| | ³⁷ Rb 85,4678 2,2 99 | ³⁸ Sr 87,62 2,2 1389 | ³⁹ Y 88,905848 2,2 1389 | ⁴⁰ Zr 91,224 2,1 1483 | ⁴¹ Nb 92,90638 2,1 1483 | ⁴² Mo 95,94 2,3 1483 | ⁴³ Tc 98,90625 2,3 1483 | ⁴⁴ Ru 101,07 2,3 1483 | ⁴⁵ Rh 102,90550 2,3 1483 | ⁴⁶ Pd 106,42 2,3 1483 | ⁴⁷ Ag 107,8682 2,3 1483 | | | | |
| 5 | ⁵⁵ Rb 85,4678 2,2 99 | ⁵⁶ Sr 87,62 2,2 1389 | ⁵⁷ Y 88,905848 2,2 1389 | ⁵⁸ Zr 91,224 2,1 1483 | ⁵⁹ Nb 92,90638 2,1 1483 | ⁶⁰ Mo 95,94 2,3 1483 | ⁶¹ Tc 98,90625 2,3 1483 | ⁶² Ru 101,07 2,3 1483 | ⁶³ Rh 102,90550 2,3 1483 | ⁶⁴ Pd 106,42 2,3 1483 | ⁶⁵ Cd 112,411 2,3 1483 | | | | |
| | ⁸⁷ Rb 85,4678 2,2 99 | ⁸⁸ Sr 87,62 2,2 1389 | ⁸⁹ Y 88,905848 2,2 1389 | ⁹⁰ Zr 91,224 2,1 1483 | ⁹¹ Nb 92,90638 2,1 1483 | ⁹² Mo 95,94 2,3 1483 | ⁹³ Tc 98,90625 2,3 1483 | ⁹⁴ Ru 101,07 2,3 1483 | ⁹⁵ Rh 102,90550 2,3 1483 | ⁹⁶ Pd 106,42 2,3 1483 | ⁹⁷ Ag 107,8682 2,3 1483 | | | | |
| 6 | ¹³⁸ La 138,90487 2,1 1042 | ¹⁴⁰ Ba 137,327 2,3 1483 | ¹⁴¹ La 140,90765 2,1 1042 | ¹⁴² Ce 140,90765 2,1 1042 | ¹⁴³ Pr 140,90765 2,1 1042 | ¹⁴⁴ Nd 140,90765 2,1 1042 | ¹⁴⁵ Pm 144,91288 2,1 1042 | ¹⁴⁶ Sm 144,91288 2,1 1042 | ¹⁴⁷ Eu 151,96446 2,1 1042 | ¹⁴⁸ Gd 157,92474 2,1 1042 | ¹⁴⁹ Tb 158,92535 2,1 1042 | | | | |
| | ¹⁹⁷ Au 196,966569 2,1 2868 | ²⁰⁰ Hg 199,966569 2,1 2868 | ²⁰¹ Tl 200,966569 2,1 2868 | ²⁰² Pb 200,966569 2,1 2868 | ²⁰³ Bi 208,980399 2,1 2868 | ²⁰⁴ Po 209,989669 2,1 2868 | ²⁰⁵ At 208,989669 2,1 2868 | ²⁰⁶ Rn 222,017578 2,1 2868 | ²⁰⁷ Fr 223,018519 2,1 2868 | ²⁰⁸ Ra 226,025410 2,1 2868 | ²⁰⁹ Ac 227,027721 2,1 2868 | | | | |
| 7 | ²³⁸ U 238,02891 2,1 1483 | ²³⁹ Pa 239,02643 2,1 1483 | ²⁴⁰ Ac 240,02395 2,1 1483 | ²⁴¹ Th 241,02395 2,1 1483 | ²⁴² Pa 242,02147 2,1 1483 | ²⁴³ U 243,02147 2,1 1483 | ²⁴⁴ Np 244,02147 2,1 1483 | ²⁴⁵ Pu 245,02147 2,1 1483 | ²⁴⁶ Am 246,02147 2,1 1483 | ²⁴⁷ Cm 247,02147 2,1 1483 | ²⁴⁸ Bk 248,02147 2,1 1483 | | | | |
| Lantanoidy | ⁵⁷ La 138,90487 2,1 1042 | ⁵⁸ Ce 140,90765 2,1 1042 | ⁵⁹ Pr 140,90765 2,1 1042 | ⁶⁰ Nd 140,90765 2,1 1042 | ⁶¹ Pm 144,91288 2,1 1042 | ⁶² Sm 144,91288 2,1 1042 | ⁶³ Eu 151,96446 2,1 1042 | ⁶⁴ Gd 157,92474 2,1 1042 | ⁶⁵ Tb 158,92535 2,1 1042 | ⁶⁶ Dy 162,50010 2,1 1042 | ⁶⁷ Ho 164,93032 2,1 1042 | ⁶⁸ Er 167,25931 2,1 1042 | ⁶⁹ Tm 168,93032 2,1 1042 | ⁷⁰ Yb 173,05468 2,1 1042 | ⁷¹ Lu 174,96703 2,1 1042 |
| | ¹⁰⁵ Np 237,04817 2,1 1483 | ¹⁰⁶ Pu 242,04817 2,1 1483 | ¹⁰⁷ Am 243,04817 2,1 1483 | ¹⁰⁸ Cm 247,04817 2,1 1483 | ¹⁰⁹ Bk 247,04817 2,1 1483 | ¹¹⁰ Cf 251,04817 2,1 1483 | ¹¹¹ Es 252,04817 2,1 1483 | ¹¹² Fm 257,04817 2,1 1483 | ¹¹³ Md 258,04817 2,1 1483 | ¹¹⁴ No 259,04817 2,1 1483 | ¹¹⁵ Lr 260,04817 2,1 1483 | ¹¹⁶ Rf 261,04817 2,1 1483 | ¹¹⁷ Db 262,04817 2,1 1483 | ¹¹⁸ Sg 263,04817 2,1 1483 | ¹¹⁹ Bh 264,04817 2,1 1483 |

Prvky nepřechodné a přechodné

- **Prvky nepřechodné** (prvky "hlavních" podskupin PS)

s- a p-prvky

Patří sem nekovy a kovy

- **Prvky přechodné** (prvky "vedlejších" podskupin PS)

d- a f- prvky

Jde jen o kovy

Mají ve volném nebo sloučeném stavu částečně zaplněné d-, resp. f- orbitaly

Triviální názvy některých skupin prvků

| | | |
|--|--|--|
| Prvky skupiny 1a Li, Na, K, Rb, Cs, Fr <i>alkalické kovy</i> | Prvky skupiny 2a Ca, Sr, Ba <i>kovy alkalických zemin?</i> | Prvky skupiny 6a O, S, Se, Te, Po <i>chalkogeny</i> |
| Prvky skupiny 7a F, Cl, Br, I, At <i>halogeny</i> | Prvky skupiny 0 He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn <i>vzácné plyny</i> | |
| Prvky skupiny 8 | | |
| <i>triáda železa</i> (Fe, Co, Ni) | <i>lehké kovy platinové</i> (Ru, Rh, Pd) | <i>těžké kovy platinové</i> (Os, Ir, Pt) |
| Vnitřně přechodné prvky | | |
| Prvky 57 až 71 <i>lanthanoidy</i> | Prvky 90 až 103 <i>aktinoidy</i> | ($Z > 92$) <i>transurany</i> ($Z = 92 - 95$) <i>uranoidy</i> ($Z = 96 - 103$) <i>curoidy</i> |

Pro prvky 3a, 4a, 5a skupiny se nevžil název *triely*, *tetrelly*, *pentely*.

Uměle připravené prvky

- Pm
- At
- Transurany (Np ?)

Struktura Země a výskyt prvků

1500 K liquace

| | | |
|---|--|--------|
| zemské jádro: sulfidy Fe a Ni (12.5 %) | $\text{Fe}_{25}\text{Ni}_2\text{Co}_{0.1}\text{S}_3$ | 31.5 % |
| plášť jádra: oxidy těžších kovů, silikáty | | 68.1 % |
| zemská kůra: | | 0.4 % |

krystalizace

1. fáze: oxidy kovů, křemičitany, diamanty
2. fáze: oxid křemičitý, křemičitany, sírany a fluoridy (většina magmatu)
3. fáze: (pegmatitová) žilné nerosty (dnešní rudy)

Pneumatolytické procesy: voda a těkavé látky v plynné fázi

Hydrotermálními procesy: krystalizace z vodných roztoků $t < 374\text{ }^\circ\text{C}$

Sekundární přeměny - zvětrávání, katastrofické procesy

Struktura Země a složení jednotlivých vrstev

- **Atmosféra:** N_2 (cca 78 obj.%) a O_2 (21 obj.%). Zbytek tvoří Ar (0,9 %), CO_2 , vzácné plyny, CH_4 , H_2O a aerosolové částice.
- **Hydrosféra:** sladká a mořská voda (asi 6 % hmotnosti zemské kůry). Kromě **vodíku** a **kyslíku** ve formě vody (téměř 97 %) obsahuje rozpuštěné soli, zejména **NaCl** (skoro 3 %), **Mg** (0,1 %) a menší množství **S**, **Ca** a **K** ve formě rozpustných solí. Hydrosféra je cenným zdrojem řady surovin.
- **Zemská kůra:** povrchová vrstva naší planety do dosahu hlubinných vrtů (max. cca 20 km). Má rozhodující význam pro těžbu většiny surovin chemického průmyslu (kovové rudy, uhlí, ropa, zemní plyn). Je tvořena převážně křemičitanovými horninami, takže nejvíce zastoupenými prvky jsou **kyslík** a **křemík**.

Biogenní prvky

(vyskytují se v živých organismech)

- Uhlík (18 %) – koloběh uhlíku
- Kyslík (70 %) – koloběh vody
- Vodík (10 %) - dtto
- Dusík (0,3 %)

Další prvky vyskytující se v živých organismech:

Ca (0,5 %) K (0,3 %)

Mg, P, S, Cl, Na, Fe (setiny %)

Cu, V, aj. ve stopových množstvích pro správnou funkci enzymů

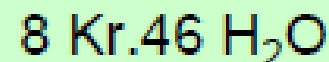
Složení sloučenin

- Sloučeniny se stálým složením (vyhovují zákonu o stálých a násobných poměrech slučovacích – daltonidy

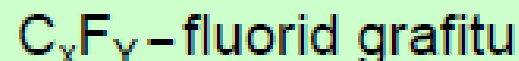
- Sloučeniny s proměnlivým složením – bertholidy



- Intersticiální sloučeniny – klathráty



- Interkalátové sloučeniny



Výklad chemie prvků

- Zařazení prvku do PS, skupinové trendy
- Historie objevu, jiné historické zajímavosti, výskyt prvku v přírodě
- Důležité fyzikální a základní chemické vlastnosti
- Vazebné schopnosti a reaktivita prvku
- Příprava, výroba a použití
- Chemie sloučenin probíraného prvku

Studijní literatura:

- J. Gažo a kol. všeobecná a anorganická chemie, SNTL 1974 a další vydání
- J. Klikorka, B. Hájek, J. Votinský: Obecná a anorganická chemie, SNTL 1985
- F.A. Cotton, G. Wilkinson: Anorganická chemie, Academia Praha a další vydání
- Greenwood, NN, Earnshaw, A.: Chemistry of the elements, Butterworth Heinemann, 1997
- české vydání, Chemie prvků I, II, Praha 1993
- Toužín, Jiří - Stručný přehled chemie prvků, Skripta MU Brno 2006

**C.E. Housecroft et al: Anorganická chemie, 2014 – zcela nové vydání,
k dostání v knihovním středisku VŠCHT Praha**