

Periodicita vlastností prvkov

doc. Ing. Ján Pavlik, PhD.

CHEMAT, 18.11.2024

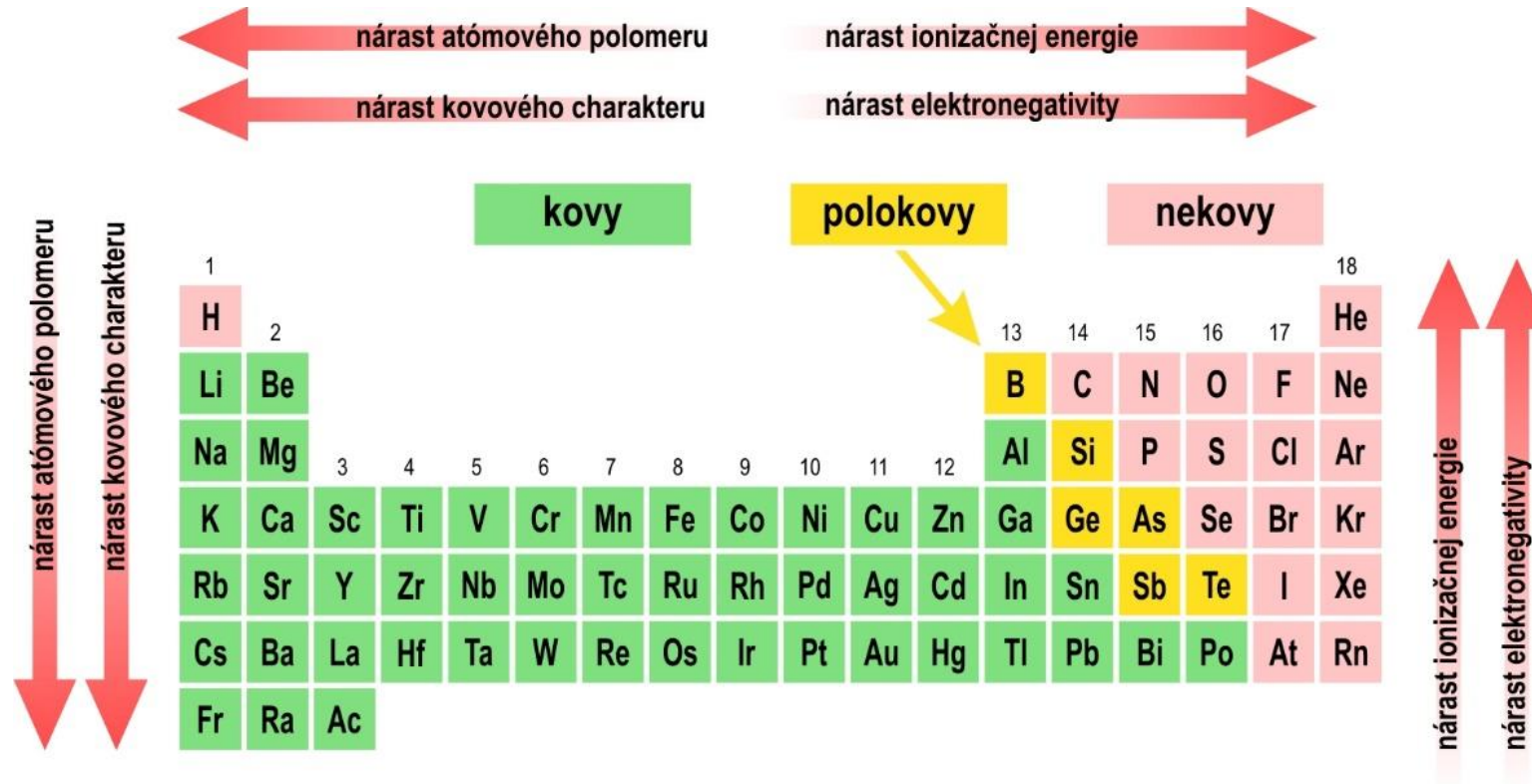


**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKEJ
A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLÓGIE**

1. část: Úvod

Periodický zákon

- **Periodický zákon: Vlastnosti chemických prvkov a ich zlúčenín sa periodicky menia v závislosti od ich vzrastajúceho protónového čísla.**



Delenie prvkov

| | | kovy | | | | | | | | | | polokovy | | nekovy | | | | | |
|---|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|--------|----|----|----|----|--|
| 1 | H | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | He | |
| | Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne | |
| | Na | Mg | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Al | Si | P | S | Cl | Ar | |
| | K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | |
| | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | |
| | Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | |
| | Fr | Ra | Ac | | | | | | | | | | | | | | | | |

- Fyzikálne vlastnosti prvkov sa menia plynule a ich delenie na kovy, polokovy a nekovy je sčasti umelé.
- **Polokovové prvky** sú prvky, ktoré sú v bežnom stave tuhými látkami, sú polovodičmi a majú hodnoty Paulingovej elektronegativity v rozmedzí 1,8 až 2,2.
- **Kovové prvky** sú prvky, ktoré sú v PSP naľavo od polokovových prvkov s výnimkou vodíka.
- **Nekovové prvky** zahŕňajú vodík a prvky, ktoré sú v PSP napravo od polokovových prvkov.

Delenie prvkov

The periodic table is color-coded as follows:

- kovy (metals):** Elements in green boxes, including groups 1, 2, and 3-10, 11-12.
- polokovy (metalloids):** Elements in yellow boxes, including B, Si, Ge, As, Sb, Te.
- nekovy (non-metals):** Elements in pink boxes, including H, He, C, N, O, F, Ne, P, S, Cl, Ar, Ga, In, Sn, Pb, Bi, Po, At, Rn, and the halogens.

kovové prvky

polokovové prvky

nekovové prvky

| | kovové prvky | polokovové prvky | nekovové prvky |
|------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| výzor | kovový lesk | kovový lesk | rôznorodý |
| mechanické vlastnosti | väčšinou ťažné a kujné* | krehké | krehké* |
| elektrická vodivosť | väčšinou veľká | stredná až veľká | žiadna až stredná |
| elektronegativita | do 1,8 | 1,8 až 2,2 | nad 2,2 |
| acidobázicita oxidov | rôznorodá | amfotérne | kyslé |

*okrem kvapalných a plynných prvkov

Delenie prvkov

| | | kovy | | | | | | | | | | polokovy | | nekovy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|------|----|---|----|---|----|---|----|---|----|----------|----|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | H | | | | | | | | | | | 13 | B | 14 | C | 15 | N | 16 | O | 17 | F | 18 | He | | | | | | | | | | | | |
| | Li | 2 | Be | | | | | | | | | | | | Al | | Si | | P | | S | | Cl | | Ar | | | | | | | | | | |
| | Na | | Mg | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | Ga | | Ge | | As | | Se | | Br | | Kr | |
| | K | | Ca | | Sc | | Ti | | V | | Cr | | Mn | | Fe | | Co | | Ni | | Cu | | Zn | | In | | Sn | | Sb | | Te | | I | | Xe |
| | Rb | | Sr | | Y | | Zr | | Nb | | Mo | | Tc | | Ru | | Rh | | Pd | | Ag | | Cd | | Tl | | Pb | | Bi | | Po | | At | | Rn |
| | Cs | | Ba | | La | | Hf | | Ta | | W | | Re | | Os | | Ir | | Pt | | Au | | Hg | | Tl | | Pb | | Bi | | Po | | At | | Rn |
| | Fr | | Ra | | Ac | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | kovové prvky | slabé kovy | polokovové prvky |
|----------------------|--------------|------------|------------------|
| elektronegativita | do 1,8 | 1,5 až 2,0 | 1,8 až 2,2 |
| acidobázicita oxidov | rôznorodá | amfotérne | amfotérne |

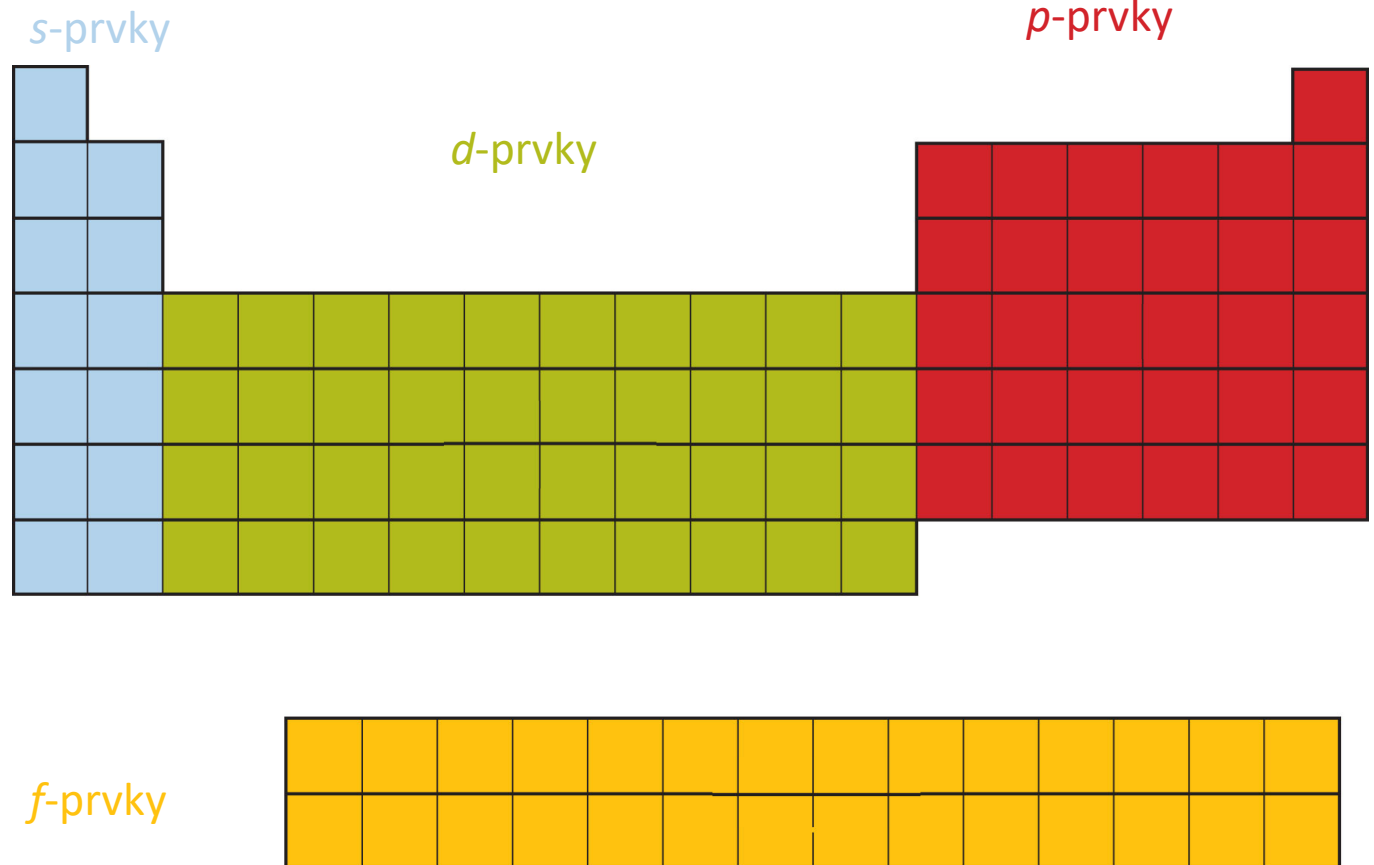
Delenie prvkov

- Delenie prvkov podľa valenčných orbitálov je umelé a dané iba definične.

- *s*- a *p*-prvky sa zvyknú nazývať aj **neprechodné prvky**

- *d*- a *f*-prvky sa zvyknú nazývať aj **prechodné prvky**

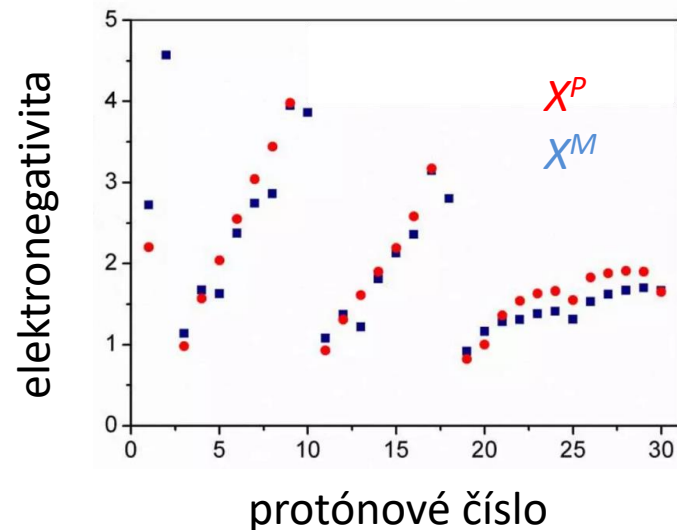
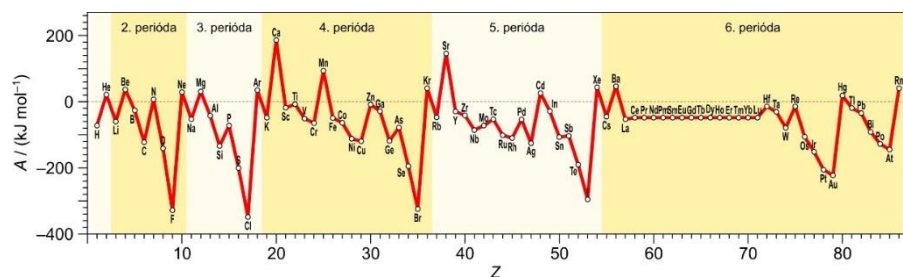
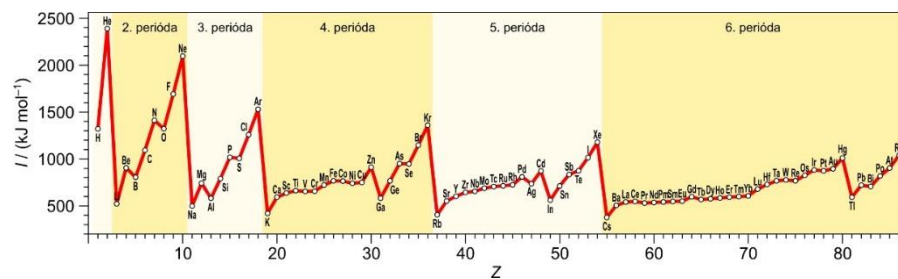
- *f*-prvky sa niekedy označujú aj ako **vnútorne prechodné prvky**



Mullikénova elektronegativita*

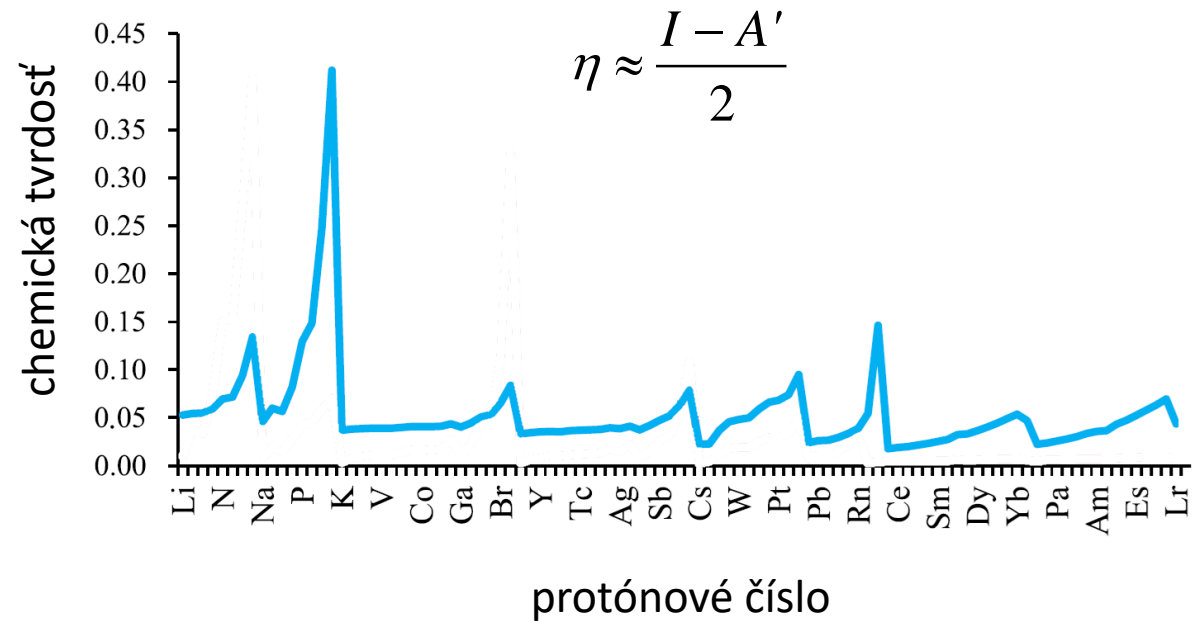
- **Mullikénova elektronegativita χ^M** je priemer energie, ktorú treba atómu (častici) dodať, aby prišiel o jeden elektrón (I), a energie, ktorú treba dodať jeho aniónu, aby prišiel o jeden elektrón
- Na rozdiel od χ^P sa χ^M dá získať aj pre atómy, ktoré netvoria zlúčeniny (teda vzácne plyny) a z jej konceptu je zrejmé, že jej hodnoty narastajú s oxidačným číslom

$$\chi^M = \frac{I + (-A)}{2} = \frac{I + A'}{2}$$



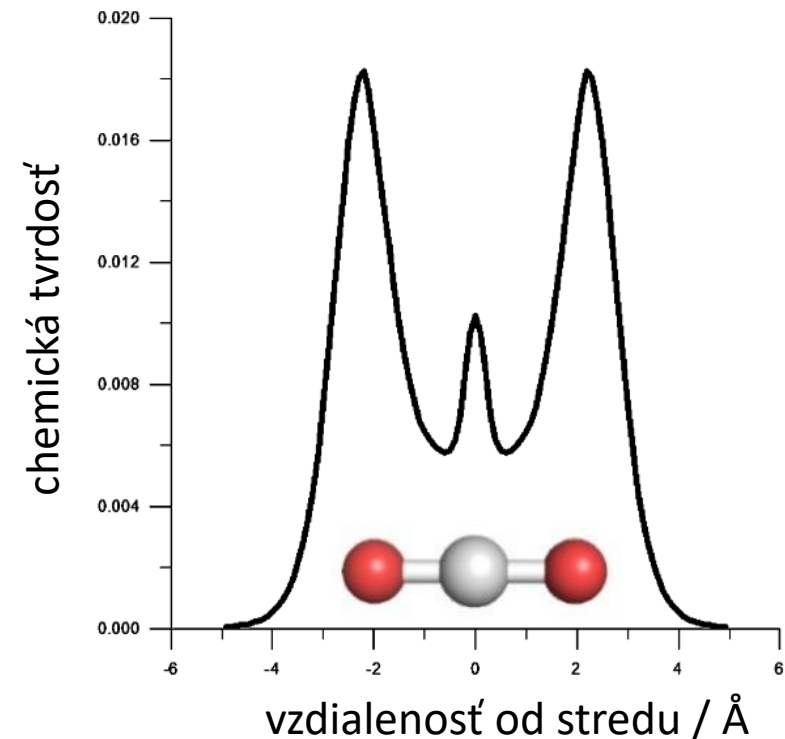
Chemická tvrdosť*

- **Chemická tvrdosť η** je úmerná rozdielu energie, ktorú treba dodať atómu (častici), aby stratil elektrón (I), a energie, ktorú treba dodať jeho aniónu, aby stratil elektrón
- Vysokú chemickú tvrdosť majú atómy (častice), ktoré sa „bránia“ zmene počtu elektrónov (ako ich strate, tak aj ich prijatiu).



Chemická tvrdosť*

- **Chemická tvrdosť η** je úmerná rozdielu energie, ktorú treba dodať atómu (častici), aby stratil elektrón (I), a energie, ktorú treba dodať jeho aniónu, aby stratil elektrón
- Vysokú chemickú tvrdosť majú atómy (častice), ktoré sa „bránia“ zmene počtu elektrónov (ako ich strate, tak aj ich prijatiu).
- Chemická tvrdosť je lokálnou vlastnosťou molekuly.



Chemická tvrdosť*

- **Teória tvrdých a mäkkých kyselín a zásad (Hard and Soft Acids and Bases, HSAB):**
tvrdé Lewisove kyseliny uprednostňujú viazanie s tvrdými Lewisovými bázami a mäkké Lewisove kyseliny uprednostňujú viazanie s mäkkými Lewisovými zásadami.

- Prečo sa v zemskej kôre nachádzajú veľké ložiská ZnS a Al_2O_3 , ale iba veľmi málo ZnO a žiaden Al_2S_3 ?

| Lewisove kyseliny | | | | | | | | | | | | | | Lewisove zásady | | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|----|----|----|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Li | Be | | | | | | | | | | | Al | Si | C | N | O | F |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Ga | Ge | As | P | S | Cl |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | In | Sn | Sb | As | Se | Br |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | Tl | Pb | Bi | Sb | Te | I |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Sb | Te | I |

tvrdé

stredné

mäkké

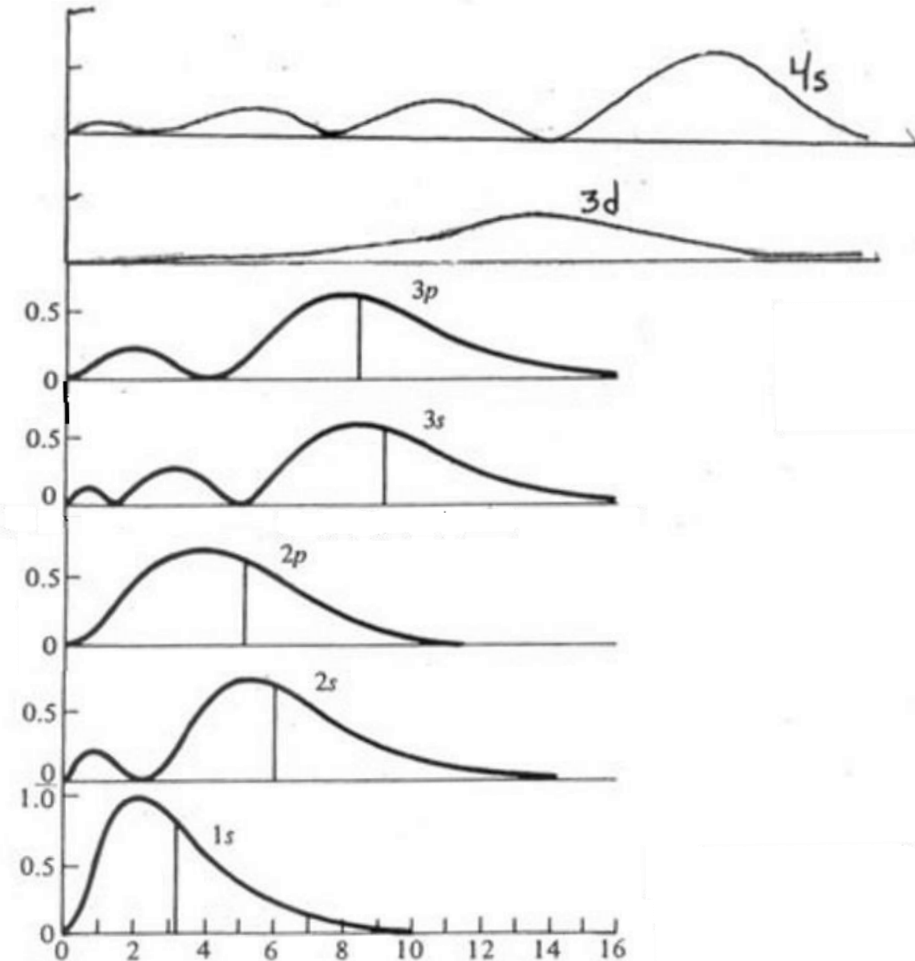
tvrdé

stredné

mäkké

Tienenie jadra elektrónmi*

- Elektróny v orbitáloch s podobnou polohou maxima výskytu si navzájom „neodtieňujú“ príťažlivý efekt jadra.
- Dôsledkom je znižovanie polomeru atómu pri narastaní atómového čísla (napríklad aj $r(\text{H}) > r(\text{He})$).



2. část: Neprechodné prvky

Výnimočnosť prvkov druhej periódy

- Li ako jediný alkalický kov reaguje priamo so vzdušným dusíkom.
- Be netvorí žiadnu zlúčeninu s typicky iónovým charakterom na rozdiel od ostatných prvkov jeho skupiny.
- BeO je amfotérny, zatiaľ čo ostatné oxidy prvkov 2. skupiny sú zásadité.
- Iba *p*-prvky druhej periódy majú tendenciu vytvárať násobné chemické väzby.
- Elektronegativita *p*-prvkov druhej periódy je skokovo vyššia než je očakávané na základe trendu v ich skupinách.

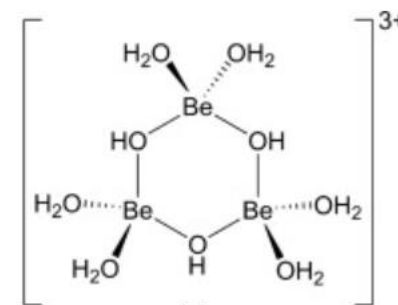
| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | | 18 |
| H | | | | | | | He |
| Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
| Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| K | Ca | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| Rb | Sr | In | Sn | Sb | Te | I | Xe |
| Cs | Ba | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| Fr | Ra | | | | | | |

Výnimočnosť prvkov druhej periódy

- Li ako jediný alkalický kov reaguje priamo so vzdušným dusíkom.
- Be netvorí žiadnu zlúčeninu s typicky iónovým charakterom na rozdiel od ostatných prvkov jeho skupiny.
- BeO je amfotérny, zatiaľ čo ostatné oxidy prvkov 2. skupiny sú zásadité.
- Iba *p*-prvky druhej periódy majú tendenciu vytvárať násobné chemické väzby.
- Elektronegativita *p*-prvkov druhej periódy je skokovo vyššia než je očakávané na základe trendu v ich skupinách.

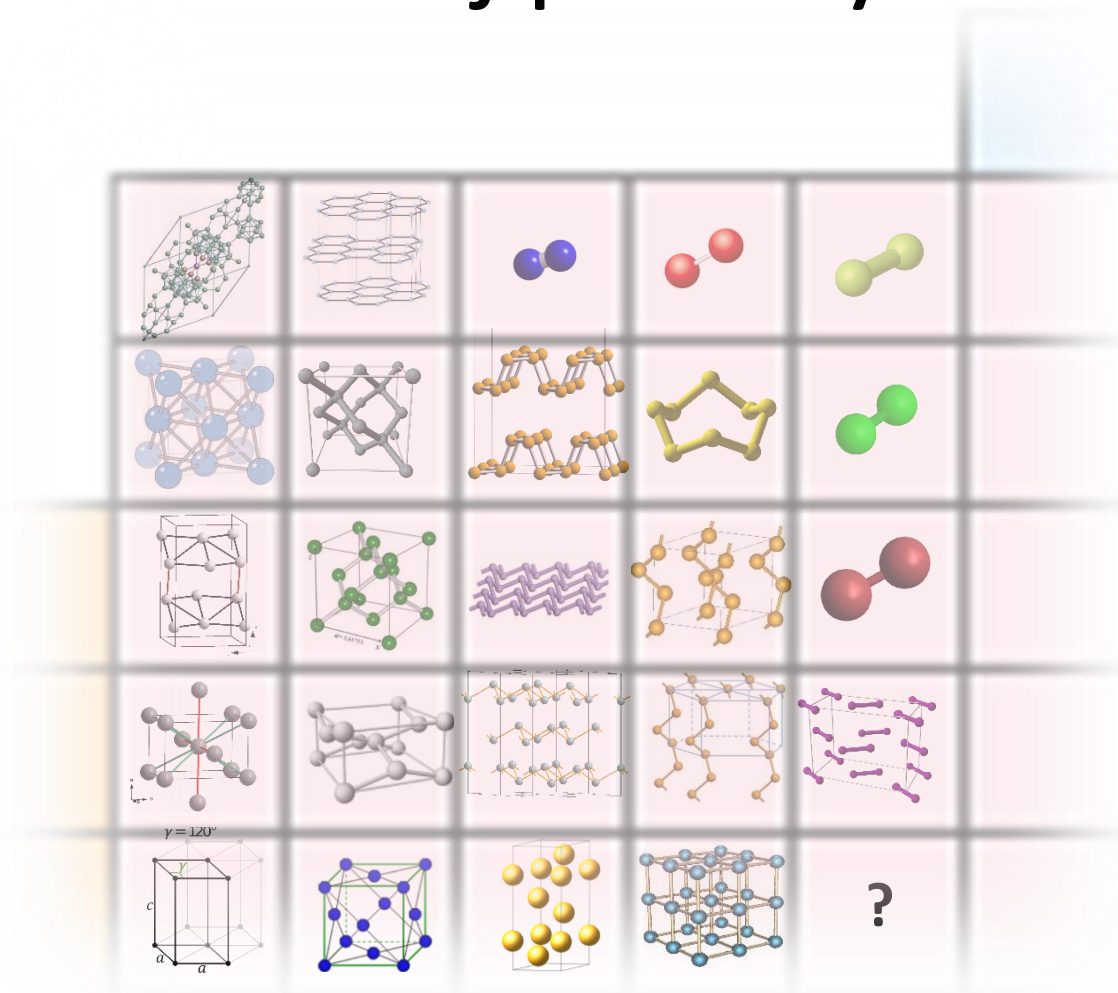
Li⁺ má najväčšiu chemickú tvrdosť zo všetkých jednomocných kationov (35 eV) a Be²⁺ najväčšiu zo všetkých dvojmocných kationov (68 eV)

Be²⁺ má špeciálnu afinitu ku kyslíku, čo prispieva k jeho amfotérnym prejavom



Výnimočnosť prvkov druhej periódy

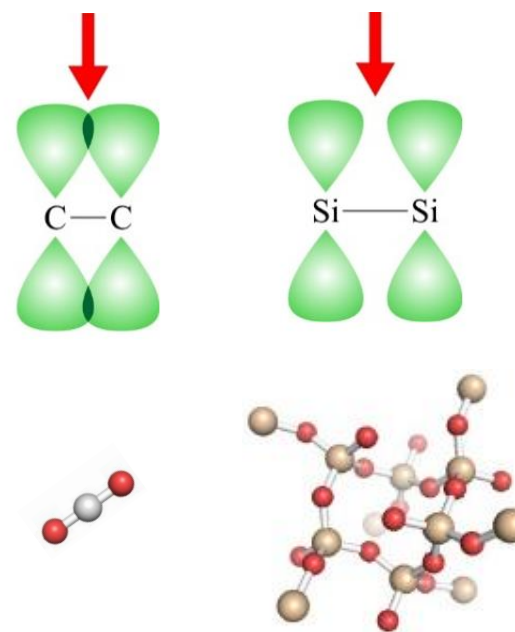
- Li ako jediný alkalický kov reaguje priamo so vzdušným dusíkom.
- Be netvorí žiadnu zlúčeninu s typicky iónovým charakterom na rozdiel od ostatných prvkov jeho skupiny.
- BeO je amfotérny, zatiaľ čo ostatné oxidy prvkov 2. skupiny sú zásadité.
- Iba *p*-prvky druhej periódy majú tendenciu vytvárať násobné chemické väzby.
- Elektronegativita *p*-prvkov druhej periódy je skokovo vyššia než je očakávané na základe trendu v ich skupinách.



Výnimočnosť prvkov druhej periódy

- Li ako jediný alkalický kov reaguje priamo so vzdušným dusíkom.
- Be netvorí žiadnu zlúčeninu s typicky iónovým charakterom na rozdiel od ostatných prvkov jeho skupiny.
- BeO je amfotérny, zatiaľ čo ostatné oxidy prvkov 2. skupiny sú zásadité.
- Iba *p*-prvky druhej periódy majú tendenciu vytvárať násobné chemické väzby.
- Elektronegativita *p*-prvkov druhej periódy je skokovo vyššia než je očakávané na základe trendu v ich skupinách.

Pravidlo dvojitej väzby: prvky tretej a vyšších periód väčšinou nevytvárajú zlúčeniny s násobnými väzbami. Ak takáto zlúčenina existuje, má tendenciu polymerizovať.

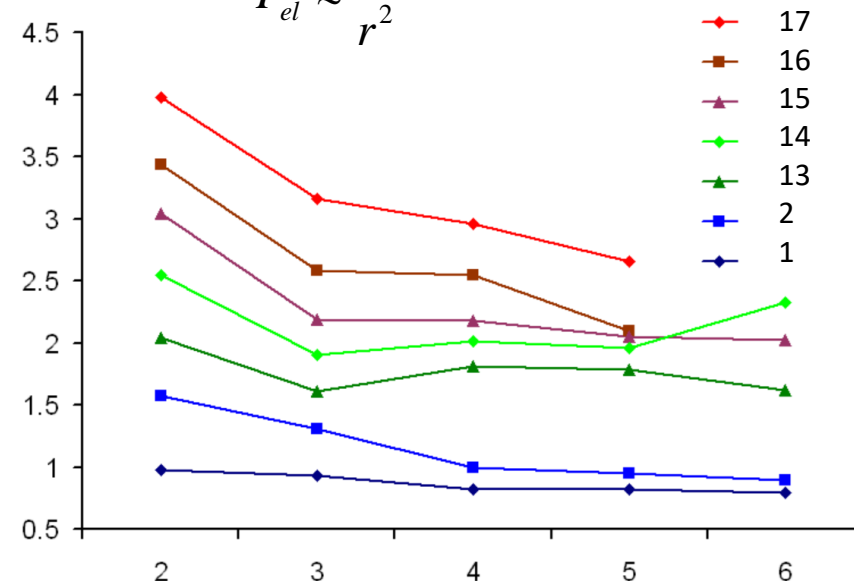


Výnimočnosť prvkov druhej periódy

- Li ako jediný alkalický kov reaguje priamo so vzdušným dusíkom.
- Be netvorí žiadnu zlúčeninu s typicky iónovým charakterom na rozdiel od ostatných prvkov jeho skupiny.
- BeO je amfotérny, zatiaľ čo ostatné oxidy prvkov 2. skupiny sú zásadité.
- Iba *p*-prvky druhej periódy majú tendenciu vytvárať násobné chemické väzby.
- Elektronegativita *p*-prvkov druhej periódy je skokovo vyššia než je očakávané na základe trendu v ich skupinách.

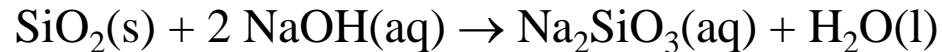
Elektronegativita súvisí s elektrostatickou silou, ktorou si jadro priťahuje valenčné elektróny a táto sila je nepriamo úmerná druhej mocnine vzdialenosti

$$F_{el} \approx \frac{Z}{r^2}$$

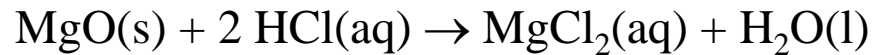


Acidobázické vlastnosti oxidov

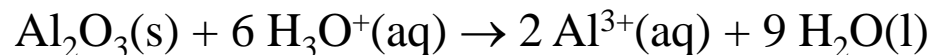
- Kyslé oxidy: „rozpúšťajú“ sa v zásaditých vodných roztokoch



- Zásadité oxidy: „rozpúšťajú“ sa v kyslých vodných roztokoch



- Amfotérne oxidy: „rozpúšťajú“ sa aj v kyslých, aj v zásaditých vodných roztokoch



Acidobázické vlastnosti oxidov

- Kyslé oxidy: „rozpúšťajú“ sa v zásaditých vodných roztokoch
- Zásadité oxidy: „rozpúšťajú“ sa v kyslých vodných roztokoch
- Amfotérne oxidy: „rozpúšťajú“ sa aj v kyslých, aj v zásaditých vodných roztokoch

rastie kyslý charakter

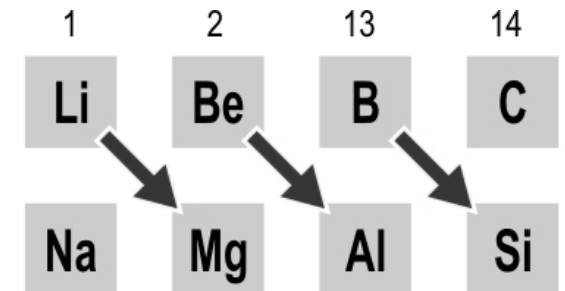
→

| | | rastie kyslý charakter | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | |
| rastie zásaditý charakter | 1 | 2 | | | | | | |
| | | Li ₂ O | BeO | B ₂ O ₃ | CO ₂ | N ₂ O ₅ | | OF ₂ |
| | | Na ₂ O | MgO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | P ₄ O ₁₀ | SO ₃ | Cl ₂ O ₇ |
| | | K ₂ O | CaO | Ga ₂ O ₃ | GeO ₂ | As ₂ O ₅ | SeO ₃ | (Br ₂ O ₇) |
| | | Rb ₂ O | SrO | In ₂ O ₃ | SnO ₂ | Sb ₂ O ₅ | TeO ₃ | (I ₂ O ₇) |
| | Cs ₂ O | BaO | Tl ₂ O ₃ | PbO ₂ | (Bi ₂ O ₅) | (PoO ₃) | (At ₂ O ₇) | |

Diagonálna podobnosť prvkov

- Niektoré chemické vlastnosti prvkov na začiatku druhej periódy PSP sa viac podobajú vlastnostiam prvkov umiestnených diagonálne pod nimi než vlastnostiam prvkov z ich skupiny.

| | 1. skupina | | | | | 2. skupina | | | | |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|-----|------------------|------------------|------------------|
| | Li | Na | K | Rb | Cs | Be | Mg | Ca | Sr | Ba |
| oxidy | Li ₂ O | Na ₂ O | K ₂ O | Rb ₂ O | Cs ₂ O | BeO | MgO | CaO | SrO | BaO |
| peroxydy | Li ₂ O ₂ | Na ₂ O ₂ | K ₂ O ₂ | Rb ₂ O ₂ | Cs ₂ O ₂ | | | CaO ₂ | SrO ₂ | BaO ₂ |
| superoxydy | | NaO ₂ | KO ₂ | RbO ₂ | CsO ₂ | | | | | |



Diagonálna podobnosť prvkov

- Niektoré chemické vlastnosti prvkov na začiatku druhej periódy PSP sa viac podobajú vlastnostiam prvkom umiestnených diagonálne pod nimi než vlastnostiam prvkov z ich skupiny.

| Li | Mg |
|--|--|
| podobnosti | |
| priama tvorba Li_3N s O_2 priamo tvorí iba Li_2O nerozpustné Li_2CO_3 , Li_3PO_4 , LiF | priama tvorba Mg_2N_3 s O_2 priamo tvorí iba MgO nerozpustné MgCO_3 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, MgF_2 |
| rozdiely | |
| reaguje s vodou aj pri izbovej teplote rozpustný LiOH | reaguje s vodou iba pri vysokej teplote nerozpustný $\text{Mg}(\text{OH})_2$ |

Diagonálna podobnosť prvkov

- Niektoré chemické vlastnosti prvkov na začiatku druhej periódy PSP sa viac podobajú vlastnostiam prvkom umiestnených diagonálne pod nimi než prvkom z ich skupiny.

- Dôvod platnosti nie je celkom známy ale hlavným faktorom je zrejme podobná nábojová hustota relevantných kationov (resp. podobná chemická tvrdosť kationov).

| kation 1. skupiny | hustota náboja (C mm ⁻³) | kation 2. skupiny | hustota náboja (C mm ⁻³) |
|-------------------|---|-------------------|---|
| Li ⁺ | 98 | Be ²⁺ | 1108 |
| Na ⁺ | 24 | Mg ²⁺ | 120 |
| K ⁺ | 11 | Ca ²⁺ | 52 |
| Rb ⁺ | 8 | Sr ²⁺ | 33 |
| Cs ⁺ | 6 | Ba ²⁺ | 23 |

Efekt inertného elektrónového páru

- **Efekt inertného elektrónového páru** vyjadruje tendenciu najťažších *p*-prvkov tvoriť zlúčeniny v oxidačnom stave o dve jednotky menšom ako je bežný oxidačný stav ich skupiny.

- Zlúčenín Tl^{III} je málo a všetky sú silné oxidovadlá
- Zlúčenín Pb^{IV} je málo a všetky sú silné oxidovadlá
- Jediná potvrdená zlúčenina Bi^V je BiF₅
- Jediná potvrdená zlúčenina Po^{VI} je PoF₆
- Jediná potvrdená častica At^{VII} je AtO₄⁻

| | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|----------|
| | | | | | 18 He |
| 13 B | 14 C | 15 N | 16 O | 17 F | Ne |
| Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| In ⁺ In ³⁺ | Sn ²⁺ Sn ⁴⁺ | Sb ³⁺ Sb ⁵⁺ | Te | I | Xe |
| Tl ⁺ Tl ³⁺ | Pb ²⁺ Pb ⁴⁺ | Bi ³⁺ Bi ⁵⁺ | Po | At | Rn |

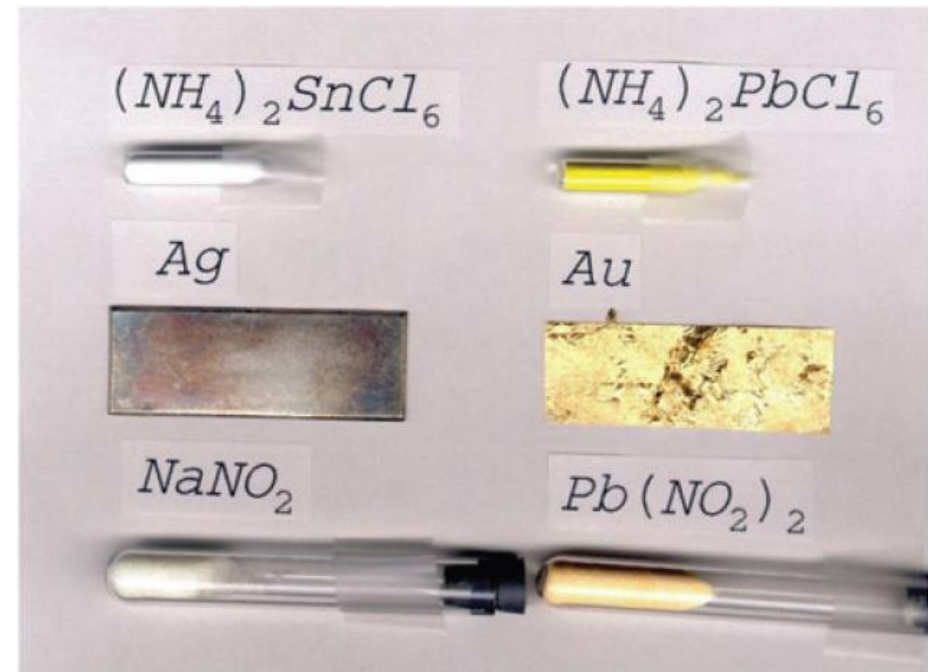
Relativistické efekty*

- Efekt inertného elektrónového páru je relativistickým efektom, inými slovami, je možné ho vysvetliť iba zapracovaním teórie relativity do kvantovej mechaniky.

| | klasická fyzika | kvantová fyzika |
|-----------------------------------|---|--|
| Newtonov vzťah pre kin. energiu | $E_{kin} = \frac{1}{2} m_0 v^2$ | $\hat{E}_{kin} = -\frac{\hbar^2}{2m_e} \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$ <p>=> Schrödingerova rovnica</p> |
| Einsteinov vzťah pre kin. energiu | $E_{kin,relat} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$ | <p>#% !....</p> <p>=> Diracova rovnica</p> |

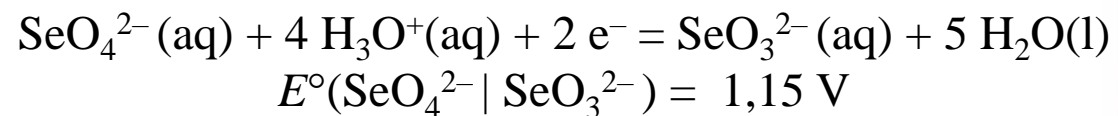
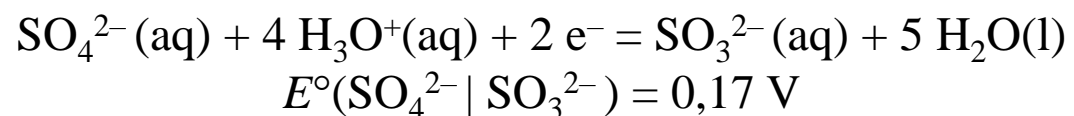
Relativistické efekty*

- Z riešenia Diracovej rovnice vyplynulo, že v rozpore s predpoveďou Schrödingerovej rovnice v mnohoelektrónových atómoch sú všetky s-orbitály bližšie k jadrú a sú energeticky stabilizovanejšie.
- Tento efekt je tým silnejší, čím je atóm ťažší, v praxi sa prejavuje hlavne pri prvkoch 6. a 7. periódy.



Sekundárna periodicita

- V 15. a 16. skupine prvkov sa strieda preferencia tvoriť zlúčeniny s najvyšším možným oxidačným stavom a oxidačným stavom o dve jednotky nižším



| | | | | | |
|--|--|---------------------|---------------------|--|--|
| | | N III, V | O -I, -II | | |
| | | P III, V | S IV, VI | | |
| | | As III, V | Se IV, VI | | |
| | | Sb III, V | Te IV, VI | | |
| | | Bi III, V | Po II, IV | | |

Sekundárna periodicita

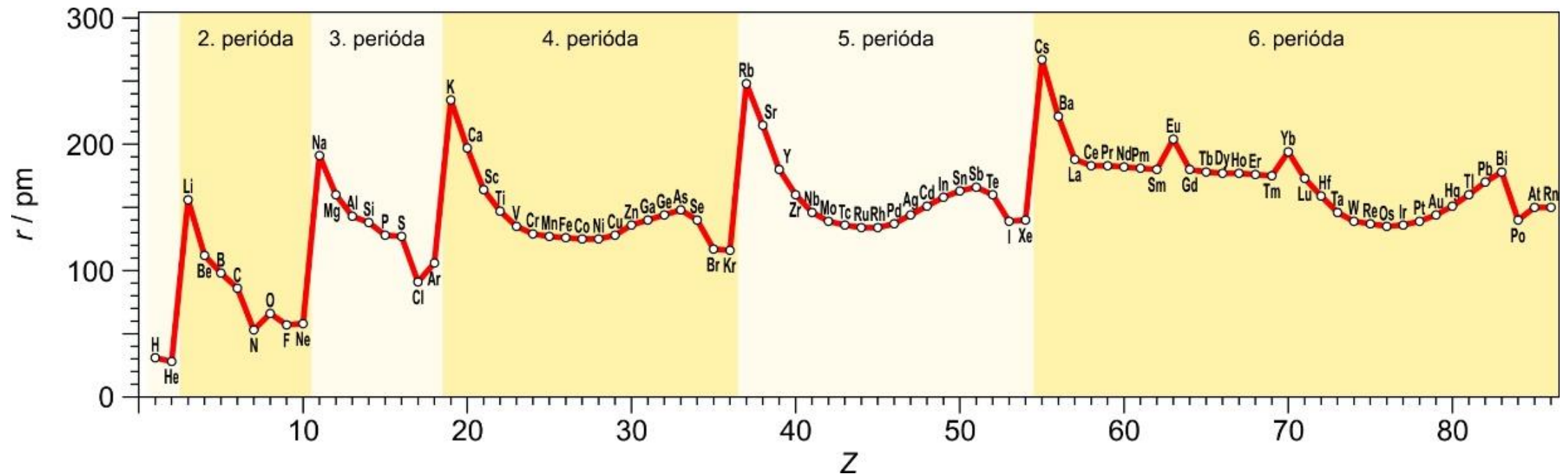
- Pri prvkoch 4. periódy je v dôsledku skompletizovania *d*-prvkov tienenie valenčných elektrónov menšie než pri prvkoch 3. periódy, a preto sa „neradi“ vzdávajú elektrónov
- Pri prvkoch 6. periódy ide zrejme o dôsledok efektu inertného elektrónového páru

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| B 85 | C 77 | N 75 | O 73 | F 72 | Ne 70 |
| Al 143 | Si 118 | P 110 | S 104 | Cl 99 | Ar 97 |
| Ga 135 | Ge 123 | As 121 | Se 117 | Br 114 | Kr 112 |
| In 166 | Sn 140 | Sb 141 | Te 143 | I 133 | Xe 131 |
| Tl 171 | Pb 175 | Bi 155 | Po 164 | At 142 | Rn 14 |

3. část: Prechodné prvky

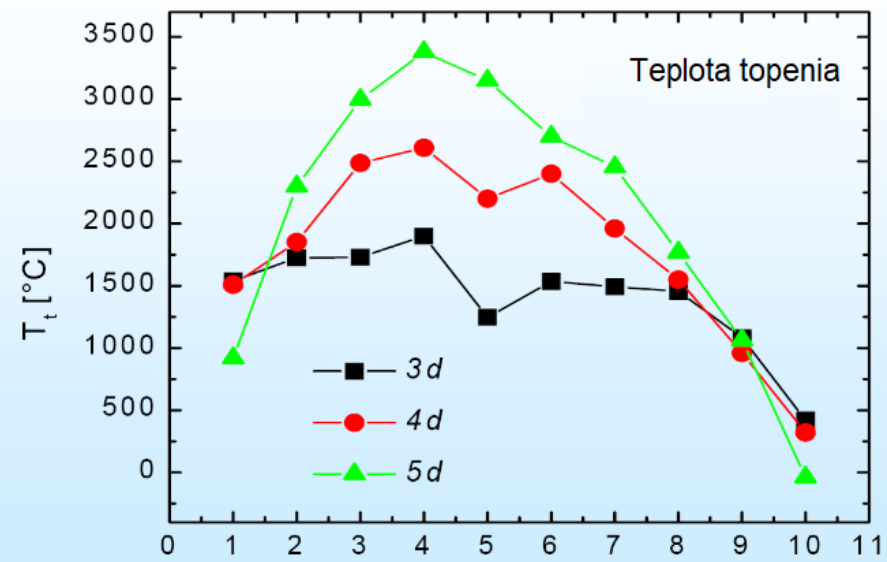
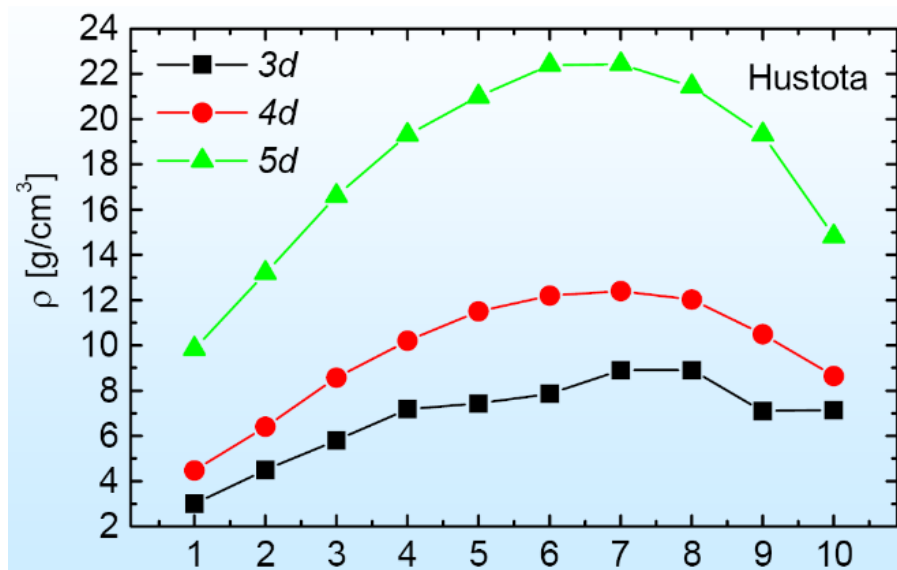
Veľkosti atómov prechodných prvkov

- Veľkosť atómov *d*-prvkov sa v rámci periódy zľava doprava najskôr znižuje a neskôr opäť narastá.



Veľkosti atómov prechodných prvkov

- Veľkosti atómov d -prvkov korelujú s hustotou a teplotou topenia prechodných prvkov.



Podobnosť $n+10$

- Existuje veľa podobností v chemických vlastnostiach medzi prvkami n -tej a $(n+10)$ -tej skupiny.

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|-------------|
| H | Be | B | C | N | O | F | |
| Li | Na | Al | Si | P | S | Cl | |
| K | Ca | Ti | V | As | Cr | Mn | Fe Ni Co Cu |
| Rb | Sr | Zr | Nb | Sb | Mo | Br | Ru Pd Rh Ag |
| Cs | Ba | In | Ce | | Te | I | |
| | | Er | La | Ta | W | | Os Pt Ir Au |
| Au? | Hg | Tl | Pb | Bi | U | | |
| | | | Th | | | | |

Podobnosť $n+10$

- Existuje veľa podobností v chemických vlastnostiach medzi prvkami n -tej a $(n+10)$ -tej skupiny.

| 5 | 15 |
|------------------|----------------------------|
| V_2O_5 | P_4O_{10} , As_2O_5 |
| VO_4^{3-} | PO_4^{3-} , AsO_4^{3-} |
| $V_4O_{12}^{4-}$ | $P_4O_{12}^{4-}$ |
| $VOCl_3$ | $POCl_3$, $AsOCl_3$ |
| VF_5 | PF_5 , AsF_5 |
| VF_6^- | PF_6^- , AsF_6^- |
| VOF_4^- | POF_4^- |

| 6 | 16 |
|----------------|--------------------------------|
| CrO_3 | SO_3 , SeO_3 |
| CrO_4^{2-} | SO_4^{2-} , SeO_4^{2-} |
| $Cr_2O_7^{2-}$ | $S_2O_7^{2-}$, $Se_2O_7^{2-}$ |
| CrO_2Cl_2 | SO_2Cl_2 |
| CrF_6 | SF_6 , SeF_6 |
| $CrOF_4$ | SOF_4 , $SeOF_4$ |
| CrO_2F_2 | SO_2F_2 , SeO_2F_2 |

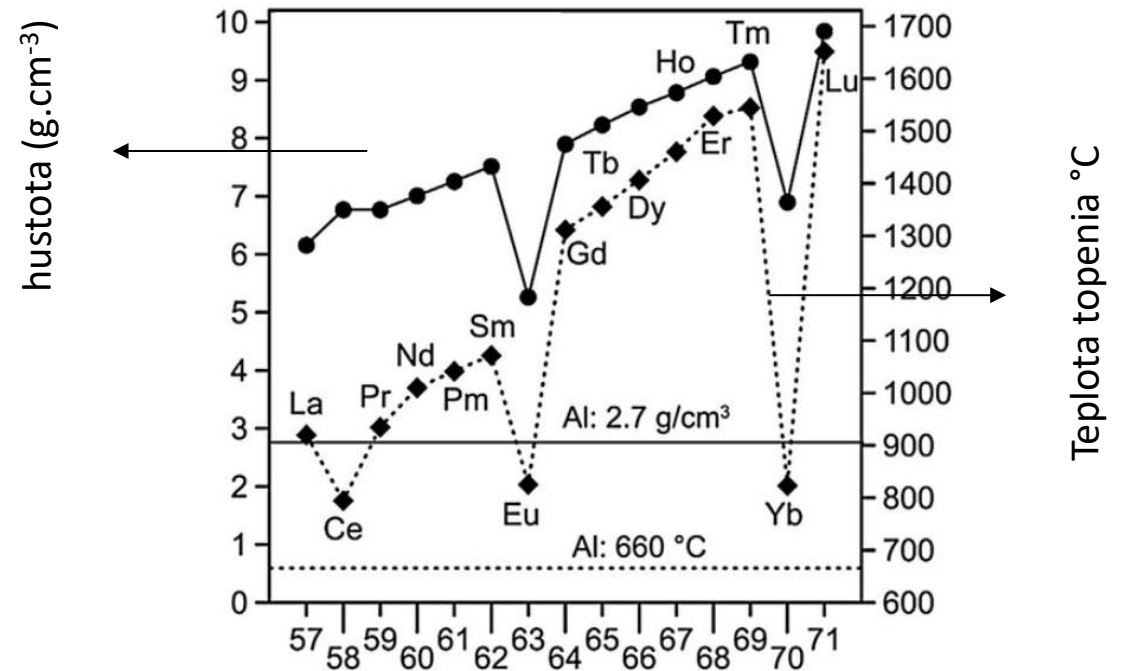
Lantanoidová kontrakcia

- **Lantanoidová kontrakcia** je jav pozvoľného poklesu atómových a iónových polomerov lantanoidov s narastajúcim protónovým číslom.



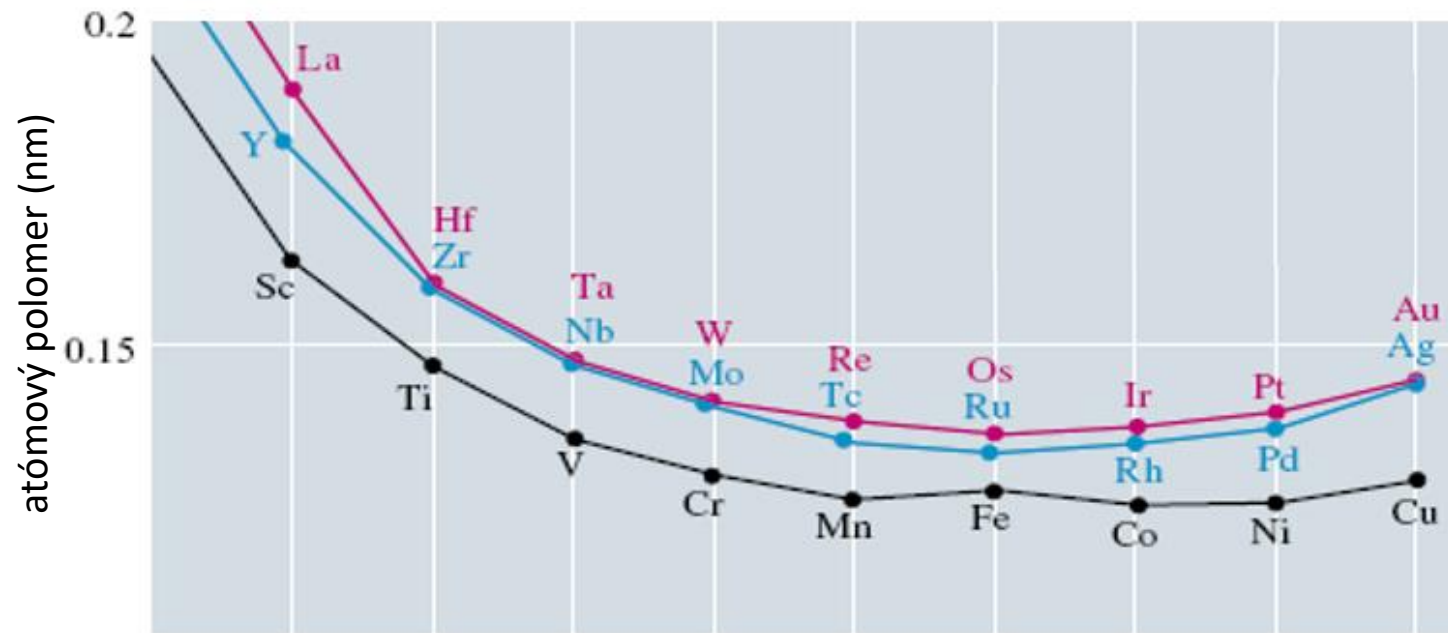
Lantanoidová kontrakcia

- Fyzikálnym dôsledkom lantanoidovej kontrakcie je zvyšovanie teploty topenia a hustoty lantanoidov s narastajúcim protónovým číslom.
- Chemickým dôsledkom je napríklad klesajúca zásaditosť hydroxidov lantanoidov.



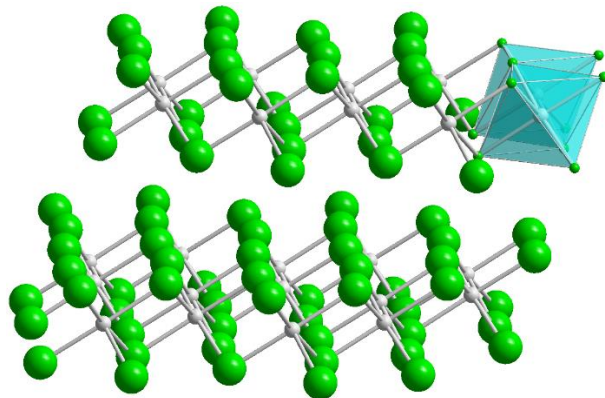
Postlantanooidový efekt

- **Postlantanooidovým efektom** nazývame menší než očakávaný nárast atómových, kovových a iónových polomerov 5*d*-prvkov voči polomerom 4*d*-prvkov v rámci danej skupiny periodickej sústavy.

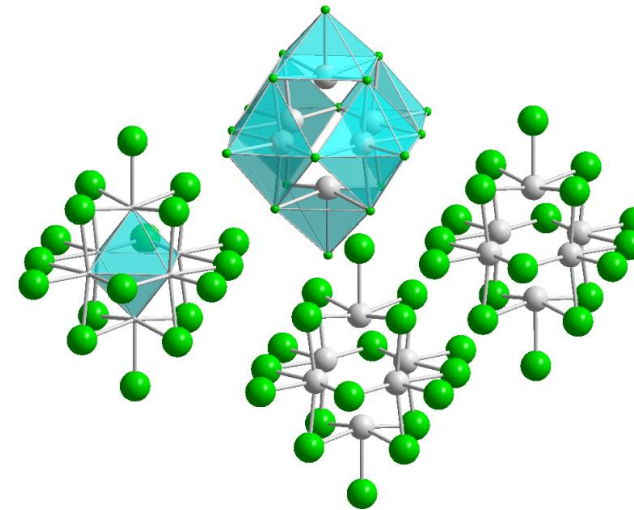


Postlantanoidový efekt

- Pri prechodných prvkoch 6. periódy je v dôsledku skompletizovania *f*-prvkov tienenie valenčných elektrónov v *d*- a *s*-orbitáloch menšie než pri prvkoch 5. periódy
- Dôsledkom je vzájomná podobnosť chémie 2. a 3. prechodovej rady a ich rozdielnosť voči chémii prvej prechodovej rady



štruktúra CrCl₃



štruktúra MoCl₃ a WCl₃

Ďakujem za pozornosť