

## Periodická soustava prvků

- Prvky známé od nepaměti:

Au, Ag, Fe, S, C, Zn, Cu, Sn, Pb, Hg, Bi

- P – první objevený prvek, Hennig Brand (1669)
- Lavoisier 1789 – 33 (21) prvků

*Traité Élémentaire de Chimie* (1789)

první moderní učebnice chemie

- Dalton 1808 – 36 prvků
- Berzelius 1813-14 – 47 prvků – atomové hmotnosti
- Mendělejev 1869 – 63 prvků
- Poslední prvek objevený v přírodě 1939 –  $^{223}\text{Fr}$
- Jaderná syntéza nových prvků od 1940 – E. McMillian, P. Ableson, G. Seaborg
- 2016 – 118 pojmenovaných prvků



# Periodická soustava prvků

1829, Johann Wolfgang Döbereiner (1780 - 1849)

Triády:

Li, Na, K

Ca, Sr, Ba

S, Se, Te

Cl, Br, I



Jena

## Periodická soustava prvků

1859, Jean-Baptiste Dumas (1800 - 1884)

Čtveřice: F, Cl, Br, I; Mg, Ca, Sr, Ba

1863, Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois (1820 - 1886)

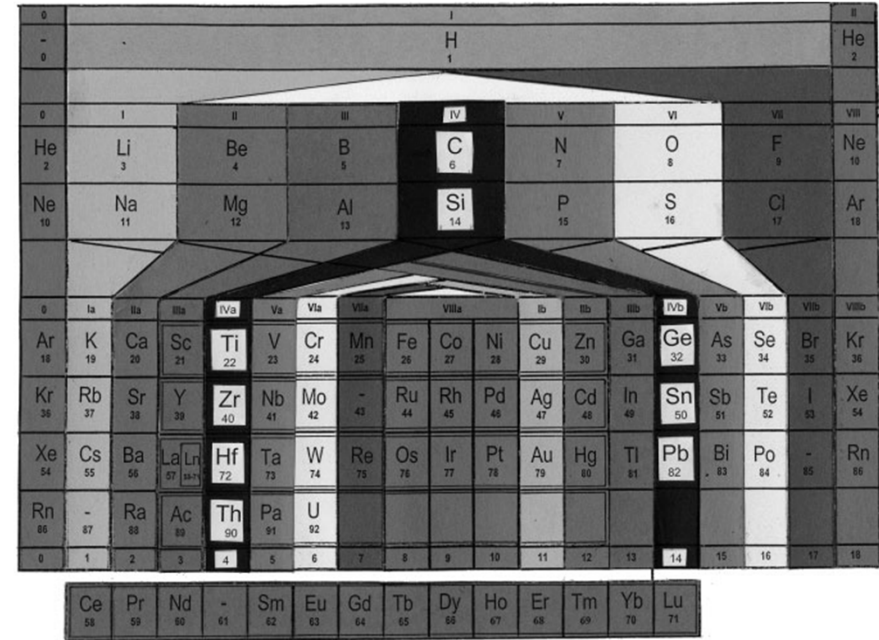
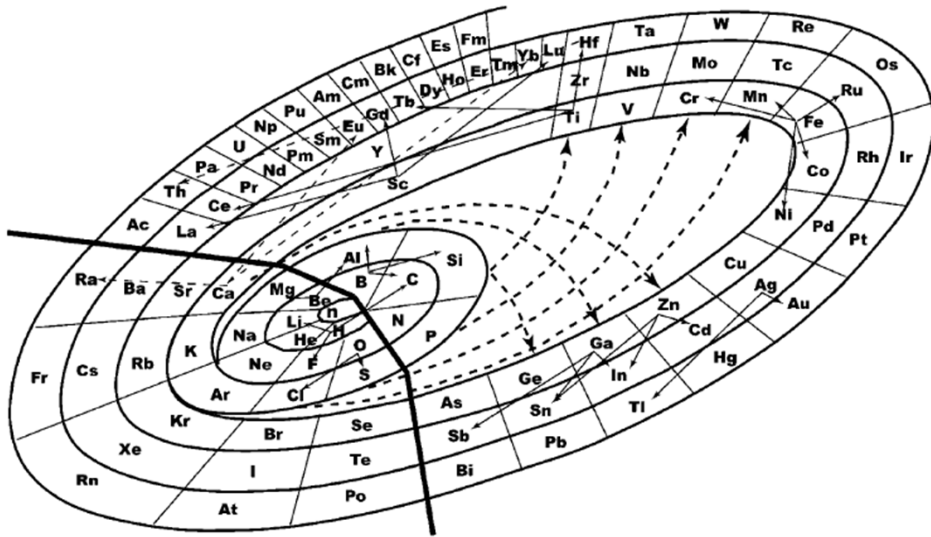
Šroubovice

1864, William Odling (1829 - 1921)

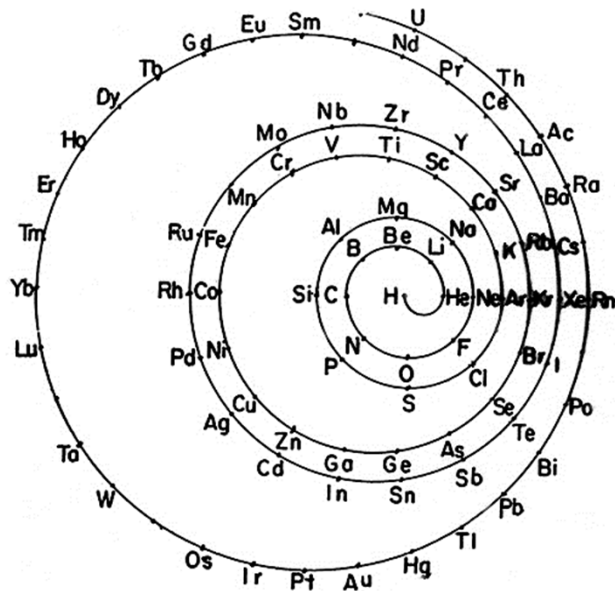
Skupiny sedmi prvků

1864, John Alexander Reina Newlands (1837 - 1898)

Prvky seřadil podle atomové hmotnosti, zákon oktáv



Design by Andreas von Antropoff, 1926, restored by P J Stewart, 2006.  
Note element zero, for which he coined the name 'neutronium'.



Ingo Waldemar Dagobert Hackh, 1914

Reihen	Gruppe I. — R <sup>0</sup>	Gruppe II. — R <sup>0</sup>	Gruppe III. — R <sup>0</sup> <sup>3</sup>	Gruppe IV. RH <sup>4</sup> R <sup>0</sup> <sup>4</sup>	Gruppe V. RH <sup>5</sup> R <sup>0</sup> <sup>5</sup>	Gruppe VI. RH <sup>6</sup> R <sup>0</sup> <sup>6</sup>	Gruppe VII. RH R <sup>0</sup> <sup>7</sup>	Gruppe VIII. — R <sup>0</sup> <sup>8</sup>
1	II=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Po=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	So=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Co=140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	—
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	—



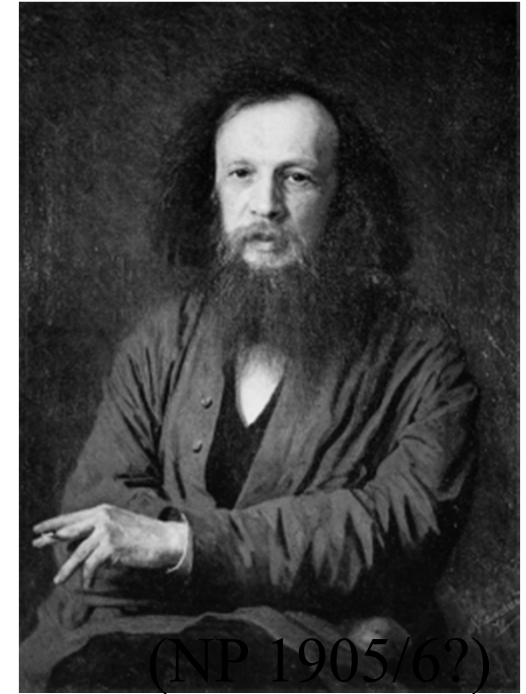
## Periodická soustava prvků

1870, Lothar Meyer (1830 - 1895)  
periodicita atomových objemů

1869, 1871 Mendelejev  
**předpověď vlastností chybějících prvků**  
(Sc, Ga, Ge, Tc, Rh, Po, Hf). Vzácné plyny He, Ar

Vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí atomové hmotnosti  
(výjimky: Ar/K; Co/Ni; Te/I; Pa/Th)

1913 Moseley  
Opravit znění periodického zákona:  
Vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí **atomového čísla**



# Periodická tabulka prvků

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 <b>H</b> hydrogen 1.008 (1.00784, 1.00811)																	2 <b>He</b> helium 4.0026
3 <b>Li</b> lithium 6.94 (6.938, 6.991)	4 <b>Be</b> beryllium 9.0122											5 <b>B</b> boron 10.81 (10.806, 11.821)	6 <b>C</b> carbon 12.011 (12.009, 12.012)	7 <b>N</b> nitrogen 14.007 (14.006, 14.009)	8 <b>O</b> oxygen 15.999 (15.998, 16.003)	9 <b>F</b> fluorine 18.998	10 <b>Ne</b> neon 20.180
11 <b>Na</b> sodium 22.990	12 <b>Mg</b> magnesium 24.305 (24.304, 24.307)											13 <b>Al</b> aluminium 26.982	14 <b>Si</b> silicon 28.086 (28.084, 28.089)	15 <b>P</b> phosphorus 30.974	16 <b>S</b> sulfur 32.06 (32.058, 32.075)	17 <b>Cl</b> chlorine 35.45 (35.446, 35.457)	18 <b>Ar</b> argon 39.948
19 <b>K</b> potassium 39.098	20 <b>Ca</b> calcium 40.078(4)	21 <b>Sc</b> scandium 44.956	22 <b>Ti</b> titanium 47.867	23 <b>V</b> vanadium 50.942	24 <b>Cr</b> chromium 51.996	25 <b>Mn</b> manganese 54.938	26 <b>Fe</b> iron 55.845(2)	27 <b>Co</b> cobalt 58.933	28 <b>Ni</b> nickel 58.693	29 <b>Cu</b> copper 63.546(3)	30 <b>Zn</b> zinc 65.38(2)	31 <b>Ga</b> gallium 69.723	32 <b>Ge</b> germanium 72.630(8)	33 <b>As</b> arsenic 74.922	34 <b>Se</b> selenium 78.971(8)	35 <b>Br</b> bromine 79.904 (79.901, 79.907)	36 <b>Kr</b> krypton 83.798(2)
37 <b>Rb</b> rubidium 85.468	38 <b>Sr</b> strontium 87.62	39 <b>Y</b> yttrium 88.906	40 <b>Zr</b> zirconium 91.224(2)	41 <b>Nb</b> niobium 92.906	42 <b>Mo</b> molybdenum 95.94	43 <b>Tc</b> technetium	44 <b>Ru</b> ruthenium 101.07(2)	45 <b>Rh</b> rhodium 102.91	46 <b>Pd</b> palladium 106.42	47 <b>Ag</b> silver 107.87	48 <b>Cd</b> cadmium 112.41	49 <b>In</b> indium 114.82	50 <b>Sn</b> tin 118.71	51 <b>Sb</b> antimony 121.76	52 <b>Te</b> tellurium 127.60(3)	53 <b>I</b> iodine 126.90	54 <b>Xe</b> xenon 131.29
55 <b>Cs</b> caesium 132.91	56 <b>Ba</b> barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 <b>Hf</b> hafnium 178.49(2)	73 <b>Ta</b> tantalum 180.89	74 <b>W</b> tungsten 183.84	75 <b>Re</b> rhenium 186.21	76 <b>Os</b> osmium 190.23(3)	77 <b>Ir</b> iridium 192.22	78 <b>Pt</b> platinum 195.08	79 <b>Au</b> gold 196.97	80 <b>Hg</b> mercury 200.59	81 <b>Tl</b> thallium 204.38 (204.38, 204.39)	82 <b>Pb</b> lead 207.2	83 <b>Bi</b> bismuth 208.98	84 <b>Po</b> polonium	85 <b>At</b> astatine	86 <b>Rn</b> radon
87 <b>Fr</b> francium	88 <b>Ra</b> radium	89-103 actinoids	104 <b>Rf</b> rutherfordium	105 <b>Db</b> dubnium	106 <b>Sg</b> seaborgium	107 <b>Bh</b> bohrium	108 <b>Hs</b> hassium	109 <b>Mt</b> meitnerium	110 <b>Ds</b> darmstadtium	111 <b>Rg</b> roentgenium	112 <b>Cn</b> copernicium	113 <b>Nh</b> nihonium	114 <b>Fl</b> flerovium	115 <b>Mc</b> moscovium	116 <b>Lv</b> livermorium	117 <b>Ts</b> tennessine	118 <b>Og</b> oganeson

Key:  
atomic number  
**Symbol**  
name  
conventional atomic weight  
standard atomic weight



57 <b>La</b> lanthanum 138.91	58 <b>Ce</b> cerium 140.12	59 <b>Pr</b> praseodymium 140.91	60 <b>Nd</b> neodymium 144.24	61 <b>Pm</b> promethium	62 <b>Sm</b> samarium 150.36(2)	63 <b>Eu</b> europium 151.96	64 <b>Gd</b> gadolinium 157.25(3)	65 <b>Tb</b> terbium 158.93	66 <b>Dy</b> dysprosium 162.50	67 <b>Ho</b> holmium 164.93	68 <b>Er</b> erbium 167.26	69 <b>Tm</b> thulium 168.93	70 <b>Yb</b> ytterbium 173.05	71 <b>Lu</b> lutetium 174.967
89 <b>Ac</b> actinium 227.03	90 <b>Th</b> thorium 232.04	91 <b>Pa</b> protactinium 231.04	92 <b>U</b> uranium 238.03	93 <b>Np</b> neptunium	94 <b>Pu</b> plutonium	95 <b>Am</b> americium	96 <b>Cm</b> curium	97 <b>Bk</b> berkelium	98 <b>Cf</b> californium	99 <b>Es</b> einsteinium	100 <b>Fm</b> fermium	101 <b>Md</b> mendelevium	102 <b>No</b> nobelium	103 <b>Lr</b> lawrencium

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 28 November 2016.  
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

# PERIODIC TABLE OF ALCOHOL

CIDER										GIN																																	
1											2																																
DIESEL											GIN AND TONIC																																
Lager											Lime																																
MIXED BEER										WHISKY																																	
3	4	5											6	7																													
GREEN APPLE CIDER	RED EYE	SHANDY											JACK AND COKE	WHISKEY SOUR																													
Apple	Tomato	Lime											Cola	Lemon 1862																													
WINE										BRANDY/COGNAC										VODKA										RUM													
9	10	11	12	13											14	15	16	17											18	19	20	21	22										
BAKED APPLE	LUNCH BOX	DR. PEPPER	MIMOSA	FUZZY NAVEL											ANGEL'S WING	CAPE COD	SEX ON THE BEACH	SCREAMING ORGASM											IRISH COFFEE	MINT JULEP	PIÑA COLADA	MAI TAI	SINGAPORE SLING										
Cinnamon	Orange	Cola	Orange	Orange											Brandy 1930	Cranberry 1945	Cranberry 1987	Coffee											Coffee 1940	Mint	Pineapple 1954	Orange 1944	Fruit										
TEQUILA										RUM										VODKA										WHISKY													
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32											33	34	35	36	37																			
RED HORN	IRISH CAR BOMB	DOG'S NOSE	BELLINI	AMERICANO	TEQUILA SUNRISE	SIDECAR	BLOODY MARY	LEMON DROP	VODKA GIMLET											HARVEY WALLBANGER	GODFATHER	RUM AND COKE	ZOMBIE	BLUE LADY																			
Rum	Beer	Beer	Peach 1934	Sweet 1961	Orange 1920s	Orange	Spicy 1912	Lemon	Lime 1928											Orange 1950s	Almond	Cola 1900	Fruit	Orange 1929	Orange 1929																		
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52																													
SCHNIDER	BLACK AND TAN	BOILERMAKER	GLÜHWEIN	BRONX	TEQUILA SUNSET	FRENCH CONNECTION	LAUGHING BUDDHA	COSMOPOLITAN	APPLE MARTINI	WASHINGTON APPLE	RUSTY NAIL	HURRICANE	CAIPIRINHA	DIRTY MARTINI																													
Peach	Beer 1989	Beer	Cinnamon	Orange 1900	Orange	Almond	Spicy 2007	Cranberry 1970	Apple	Apple	Whiskey	Fruit 1940s	Lime	Olive																													
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67																													
DEVON GIN	SNAKE BITE	BOMBER	BLACK VELVET	ROB ROY	MARGARITA	B & B	SCREWDRIWER	WHITE RUSSIAN	BLACK MAGIC	7 AND 7	MANHATTAN	MOJITO	DIABLO	GIBSON																													
Cider	Lager	Beer	Beer 1961	Sweet 1984	Lemon 1941	Brandy	Orange 1949	Coffee 1965	Coffee	Lime	Whiskey 1800s	Lime	Rum	Gin																													
FERMENTED BEVERAGES															DISTILLED BEVERAGES																												

## Key



## Type key



## MIXED-BASED (EQUAL PARTS SPIRITS)

68	69	70	71	72	73	74											
IRISH TRASH CAN	ADIOS MOTHERFUCKER	BLACK OPAL	LONG ISLAND ICED TEA	BALTIMORE ZOO	TOKYO TEA	GRATEFUL DEAD											
Fruit	Tea	Blackberry	Tea 1970	Fruit	Melon	Fruit											
75	76	77	78	79	80	81	82										
MIDORI SOUR	JÄGERBOMB	GRASSHOPPER	MUDSLIDE	PINK SQUIRREL	ANGEL'S TIT	AMARETTO SOUR	SHIT ON GRASS										
Melon	Citrus	Mint 1950	Coffee	Chocolate	Cherry	Almond	Melon										
LIQUEUR																	



SOURCES: Good Cocktails | Drinks Mixer | Barmano | Barmeister | Cocktail Times  
 INFORMATION PROVIDED BY: <http://www.bestcollegesonline.com>

# Periodicky se měnící vlastnosti

Atomové číslo - efektivní náboj jádra

Oxidační čísla

Atomový poloměr

Ionizační energie

Elektronová afinita

Elektronegativita





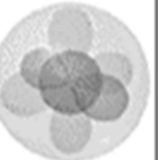
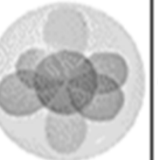
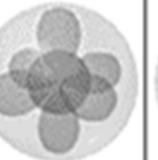
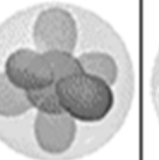
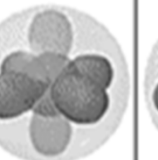

Polarizovatelnost, polarizační schopnost

Kovové – polokovové – nekovové vlastnosti

# Skupina, Perioda

Skupina: opakující se elektronová konfigurace určuje podobnost chemických vlastností

Perioda: postupné zaplňování elektronové slupky a vzrůst náboje jádra určuje postupnou změnu vlastností

	1A(1)		2A(2)	3A(13)	4A(14)	5A(15)	6A(16)	7A(17)	8A(18)
Period 1	1 H $1s^1$ 								2 He $1s^2$ 
Period 2	3 Li $1s^2 2s^1$ 	4 Be $1s^2 2s^2$ 	5 B $1s^2 2s^2 2p^1$ 	6 C $1s^2 2s^2 2p^2$ 	7 N $1s^2 2s^2 2p^3$ 	8 O $1s^2 2s^2 2p^4$ 	9 F $1s^2 2s^2 2p^5$ 	10 Ne $1s^2 2s^2 2p^6$ 	

# Pravidla pro obsazování orbitalů elektrony

Nejprve se obsazují orbitály s nejnižší energií – **Aufbau**  
(výstavbový) princip

Pouze dva elektrony do jednoho orbitalu s opačným spinem –  
**Pauliho** princip

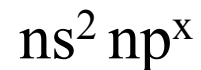
Maximální počet nespárovaných elektronů v energeticky  
degenerovaných atomových orbitalech – **Hundovo**  
pravidlo

Obsazení orbitalů elektrony může změnit pořadí energií

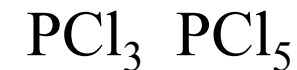
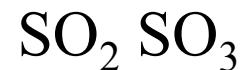
# Elektronové konfigurace nepřechodných prvků

Prvky hlavních skupin = nepřechodné prvky = s- a p-prvky

Zaplňují s a p orbitaly



Oxidační stav se mění o 2



Alkalické kovy:  $ns^1$

Kovy alkalických zemin:  $ns^2$

Triely:  $ns^2 np^1$

Tetrelly:  $ns^2 np^2$

Pniktogeny:  $ns^2 np^3$

Chalkogeny:  $ns^2 np^4$

Halogeny:  $ns^2 np^5$

Vzácné plyny:  $ns^2 np^6$  velmi stabilní konfigurace

# Vlastnosti nepřechodných prvků

Oxidační stav se mění o 2      důsledek  $ns^2 np^x$

Diamagnetické = nemají nepárové elektrony  
(výjimka  $O_2$ )

Bezbarvé



## Elektronové konfigurace přechodných prvků

Prvky vedlejších skupin = přechodné prvky = d-prvky

Zaplňují  $(n-1)d$  a  $ns$  orbitaly                      Oxidační stav se mění o 1

3d, 4d, 5d, 6d prvky – 4. až 7. perioda                       $(n-1)d^x$

Alespoň v jedné sloučenině mají **neúplně** obsazené d orbitaly

Neplatí pro skupinu Zn ( $M^{2+} = d^{10}$ ), donedávna neplatilo pro Sc ( $M^{3+} = d^0$ ), připraveny sloučeniny  $Sc^{1+}$

### Dřívější přechodné prvky

oxofilní, 3. – 7. skupina, málo d-elektronů

### Pozdější přechodné prvky

chalkofilní, 7. – 12. skupina, hodně d-elektronů

# Vlastnosti přechodných prvků

Oxidační stav se mění o 1      důsledek  $(n-1)d^x$

Více oxidačních stavů

Paramagnetické

Barevné

## Charakteristická oxidační čísla 3d prvků

1	2	3	4	5	6	7
Sc <sup>+</sup>		Sc <sup>3+</sup>				
		Ti <sup>3+</sup>	Ti <sup>4+</sup>			
	V <sup>2+</sup>	V <sup>3+</sup>	VO <sup>2+</sup>	VO <sub>2</sub> <sup>+</sup>		
	Cr <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>			CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	Mn <sup>2+</sup>	Mn <sup>3+</sup>	Mn <sup>4+</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>			FeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
	Co <sup>2+</sup>	Co <sup>3+</sup>				
	Ni <sup>2+</sup>					
Cu <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>					
	Zn <sup>2+</sup>					

# Elektronová slupka

**Valenční sféra** – atomové orbitaly, nejvzdálenější od jádra, zcela nebo zčásti zaplněné, které leží nad elektronovou konfigurací nejbližšího nižšího vzácného plynu

Valenční sféra rozhoduje o fyzikálních a chemických vlastnostech

**Vnitřní elektrony** – elektronové “jádro” – všechny nižší zcela zaplněné elektronové hladiny vzácných plynů, neúčastní se chemických reakcí

## Změna pořadí energetických hladin 4s/3d

Ar [Ne] 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup> (4s<sup>0</sup>)

K [Ar] 4s<sup>1</sup> (3d<sup>0</sup> 4p<sup>0</sup>)

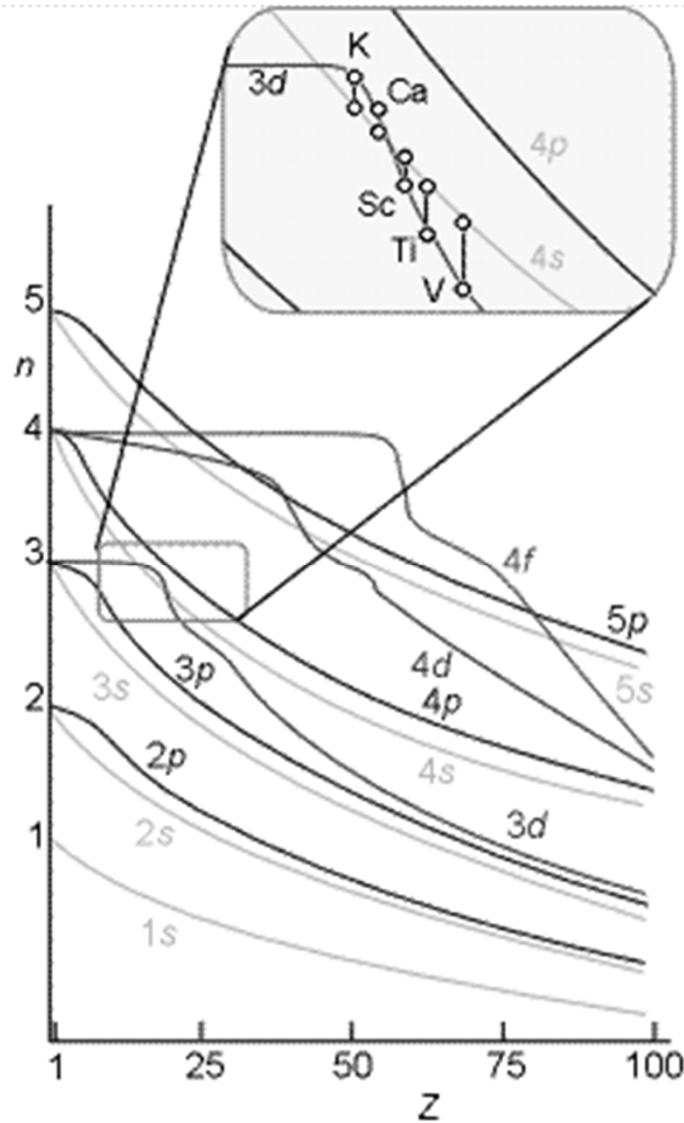
Ca [Ar] 4s<sup>2</sup> (3d<sup>0</sup> 4p<sup>0</sup>)

---

Sc [Ar] 3d<sup>1</sup> 4s<sup>2</sup> (4p<sup>0</sup>)

Ti [Ar] 3d<sup>2</sup> 4s<sup>2</sup> (4p<sup>0</sup>)

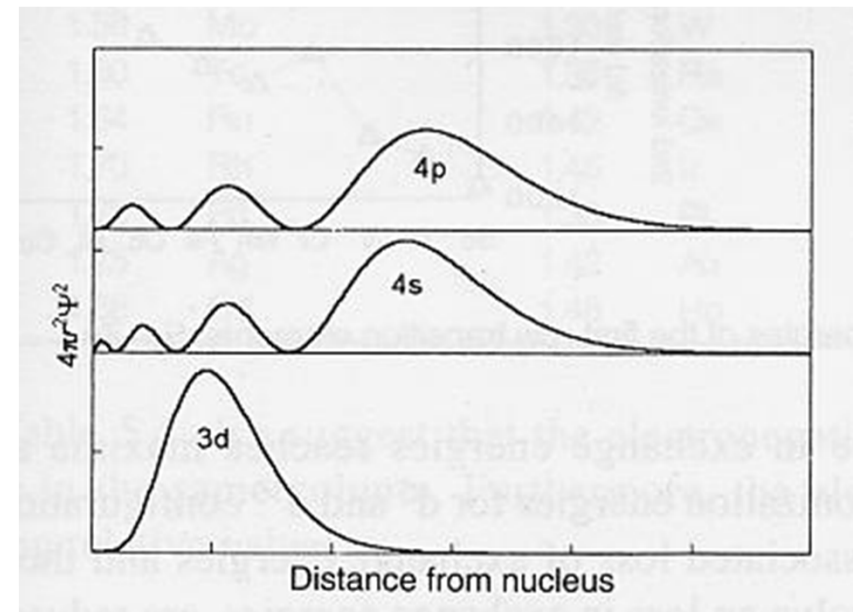
# Změna pořadí energetických hladin 4s/3d



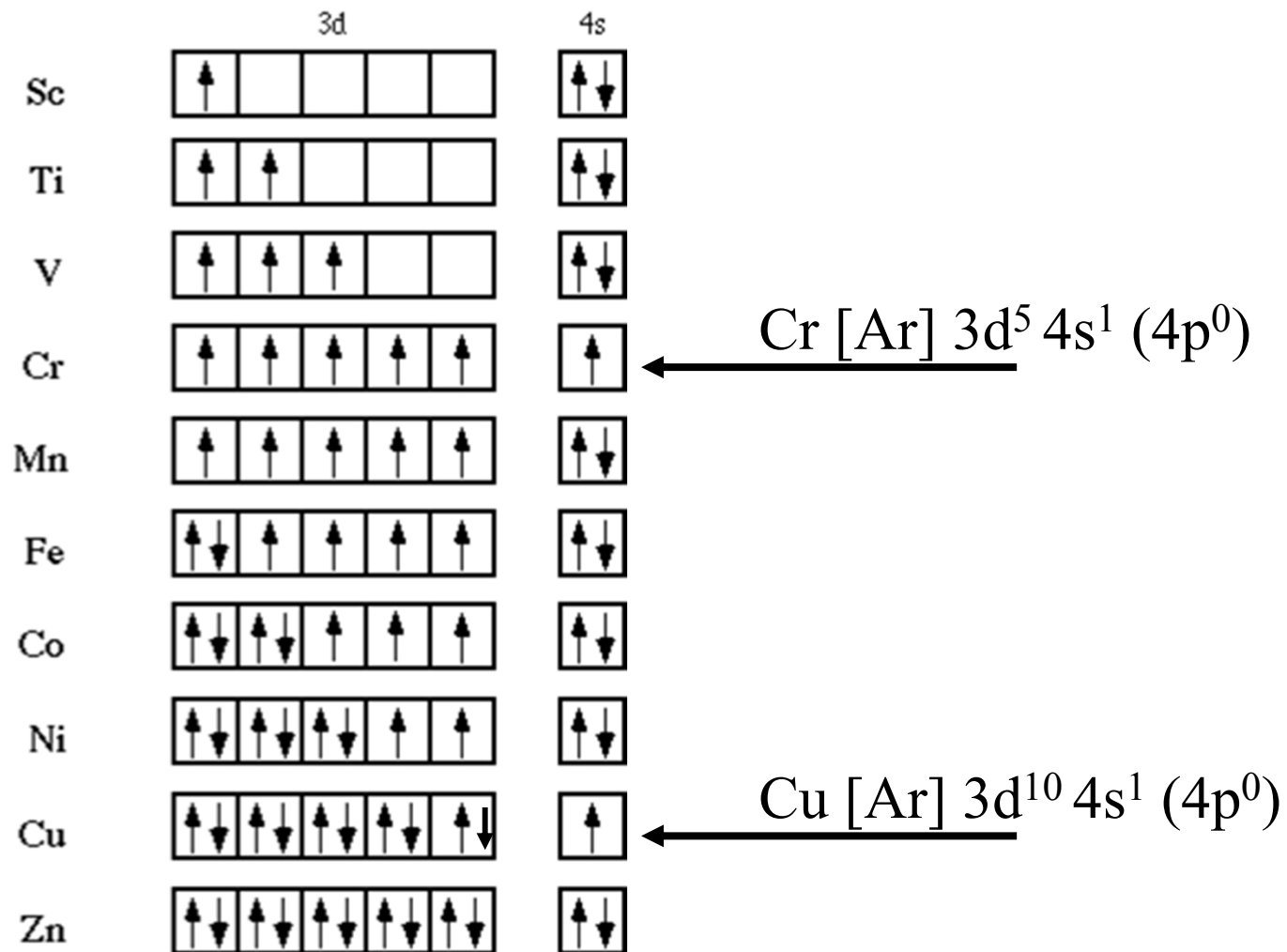
Pořadí energií hladin je výsledkem experimentálního měření

Roste efektivní náboj jádra

Stínění elektronů



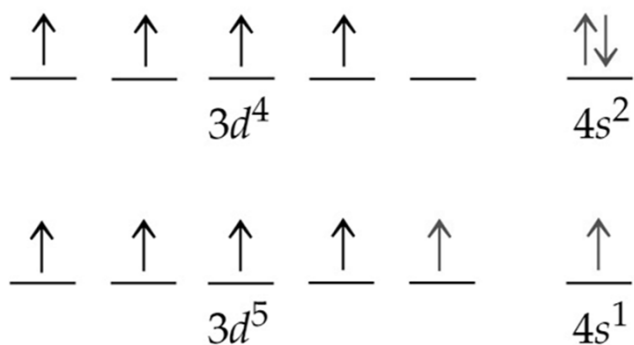
## Vyšší stabilita zcela zaplněných orbitalů



## Vyšší stabilita zpoła zaplněných orbitalů

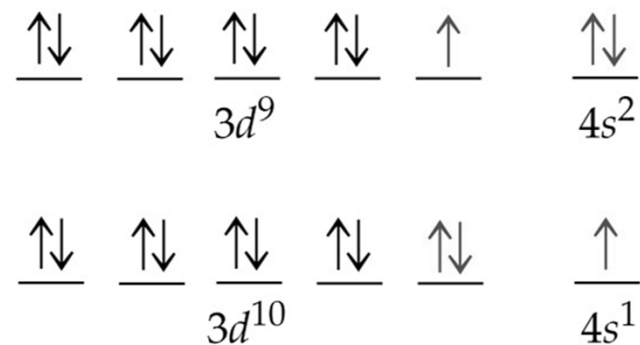
Cr [Ar] 3d<sup>5</sup> 4s<sup>1</sup> (4p<sup>0</sup>)

Cr (Z = 24)



Cu [Ar] 3d<sup>10</sup> 4s<sup>1</sup> (4p<sup>0</sup>)

Cu (Z = 29)





## Elektronové konfigurace volných a vázaných atomů

- Ni [Ar] 3d<sup>9</sup> 4s<sup>1</sup> (4p<sup>0</sup>) volný atom ve vakuu
- [Ar] 3d<sup>8</sup> 4s<sup>2</sup> (4p<sup>0</sup>) obě konfigurace velmi blízké energeticky
- Ni [Ar] 3d<sup>10</sup> (4s<sup>0</sup> 4p<sup>0</sup>) ve sloučeninách, např. Ni(CO)<sub>4</sub>

# Vnitřně přechodné prvky

**IUPAC Periodic Table of the Elements**

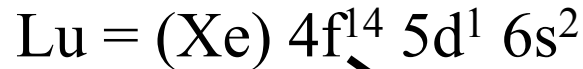
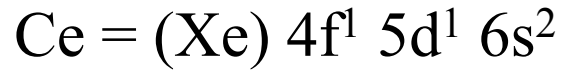
1 <b>H</b> hydrogen 1.008 (1.00784, 1.00811)																	2 <b>He</b> helium 4.0026
3 <b>Li</b> lithium 6.94 (6.938, 6.991)	4 <b>Be</b> beryllium 9.0122	<b>Key:</b> atomic number <b>Symbol</b> name conventional atomic weight standard atomic weight										5 <b>B</b> boron 10.81 (10.806, 11.821)	6 <b>C</b> carbon 12.011 (12.009, 12.012)	7 <b>N</b> nitrogen 14.007 (14.005, 14.009)	8 <b>O</b> oxygen 15.999 (15.998, 16.003)	9 <b>F</b> fluorine 18.998	10 <b>Ne</b> neon 20.180
11 <b>Na</b> sodium 22.990	12 <b>Mg</b> magnesium 24.305 (24.304, 24.307)											13 <b>Al</b> aluminium 26.982	14 <b>Si</b> silicon 28.086 (28.084, 28.090)	15 <b>P</b> phosphorus 30.974	16 <b>S</b> sulfur 32.06 (32.058, 32.070)	17 <b>Cl</b> chlorine 35.45 (35.446, 35.457)	18 <b>Ar</b> argon 39.948
19 <b>K</b> potassium 39.098	20 <b>Ca</b> calcium 40.078(4)	21 <b>Sc</b> scandium 44.956	22 <b>Ti</b> titanium 47.867	23 <b>V</b> vanadium 50.942	24 <b>Cr</b> chromium 51.996	25 <b>Mn</b> manganese 54.938	26 <b>Fe</b> iron 55.845(2)	27 <b>Co</b> cobalt 58.933	28 <b>Ni</b> nickel 58.693	29 <b>Cu</b> copper 63.546(3)	30 <b>Zn</b> zinc 65.38(2)	31 <b>Ga</b> gallium 69.723	32 <b>Ge</b> germanium 72.630(8)	33 <b>As</b> arsenic 74.922	34 <b>Se</b> selenium 78.971(8)	35 <b>Br</b> bromine 79.904 (79.901, 79.907)	36 <b>Kr</b> krypton 83.798(2)
37 <b>Rb</b> rubidium 85.468	38 <b>Sr</b> strontium 87.62	39 <b>Y</b> yttrium 88.906	40 <b>Zr</b> zirconium 91.224(2)	41 <b>Nb</b> niobium 92.906	42 <b>Mo</b> molybdenum 95.94	43 <b>Tc</b> technetium	44 <b>Ru</b> ruthenium 101.07(2)	45 <b>Rh</b> rhodium 102.91	46 <b>Pd</b> palladium 106.42	47 <b>Ag</b> silver 107.87	48 <b>Cd</b> cadmium 112.41	49 <b>In</b> indium 114.82	50 <b>Sn</b> tin 118.71	51 <b>Sb</b> antimony 121.76	52 <b>Te</b> tellurium 127.60(3)	53 <b>I</b> iodine 126.90	54 <b>Xe</b> xenon 131.29
55 <b>Cs</b> caesium 132.91	56 <b>Ba</b> barium 137.33	57-71 <b>Lanthanoids</b>	72 <b>Hf</b> hafnium 178.49(2)	73 <b>Ta</b> tantalum 180.95	74 <b>W</b> tungsten 183.84	75 <b>Re</b> rhenium 186.21	76 <b>Os</b> osmium 190.23(3)	77 <b>Ir</b> iridium 192.22	78 <b>Pt</b> platinum 195.08	79 <b>Au</b> gold 196.97	80 <b>Hg</b> mercury 200.59	81 <b>Tl</b> thallium 204.38 (204.38, 204.39)	82 <b>Pb</b> lead 207.2	83 <b>Bi</b> bismuth 208.98	84 <b>Po</b> polonium	85 <b>At</b> astatine	86 <b>Rn</b> radon
87 <b>Fr</b> francium	88 <b>Ra</b> radium	89-103 <b>actinoids</b>	104 <b>Rf</b> rutherfordium	105 <b>Db</b> dubnium	106 <b>Sg</b> seaborgium	107 <b>Bh</b> bohrium	108 <b>Hs</b> hassium	109 <b>Mt</b> meitnerium	110 <b>Ds</b> darmstadtium	111 <b>Rg</b> roentgenium	112 <b>Cn</b> copernicium	113 <b>Nh</b> nihonium	114 <b>Fl</b> flerovium	115 <b>Mc</b> moscovium	116 <b>Lv</b> livermorium	117 <b>Ts</b> tennessine	118 <b>Og</b> oganesson



57 <b>La</b> lanthanum 138.91	58 <b>Ce</b> cerium 140.12	59 <b>Pr</b> praseodymium 140.91	60 <b>Nd</b> neodymium 144.24	61 <b>Pm</b> promethium	62 <b>Sm</b> samarium 150.36(2)	63 <b>Eu</b> europium 151.96	64 <b>Gd</b> gadolinium 157.25(3)	65 <b>Tb</b> terbium 158.93	66 <b>Dy</b> dysprosium 162.50	67 <b>Ho</b> holmium 164.93	68 <b>Er</b> erbium 167.26	69 <b>Tm</b> thulium 168.93	70 <b>Yb</b> ytterbium 173.05	71 <b>Lu</b> lutetium 174.97
89 <b>Ac</b> actinium	90 <b>Th</b> thorium 232.04	91 <b>Pa</b> protactinium 231.04	92 <b>U</b> uranium 238.03	93 <b>Np</b> neptunium	94 <b>Pu</b> plutonium	95 <b>Am</b> americium	96 <b>Cm</b> curium	97 <b>Bk</b> berkelium	98 <b>Cf</b> californium	99 <b>Es</b> einsteinium	100 <b>Fm</b> fermium	101 <b>Md</b> mendelevium	102 <b>No</b> nobelium	103 <b>Lr</b> lawrencium

# Vnitřně přechodné prvky

1	1 H																	2 He														
2	3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne								
3	11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar								
4	19 K	20 Ca															21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr															39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo



**f-prvky**

Alkali metals	Alkaline earth metals	Lanthanides	Actinides	Transition metals
Poor metals	Metalloids	Nonmetals	Halogens	Noble gases

State at standard temperature and pressure

Atomic number in red: gas

Atomic number in blue: liquid

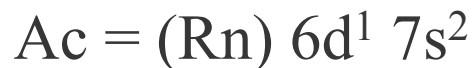
Atomic number in black: solid

solid border: at least one isotope is older than the Earth (Primordial elements)

dashed border: at least one isotope naturally arise from decay of other chemical elements and no isotopes are older than the earth

dotted border: only artificially made isotopes (synthetic elements)

no border: undiscovered

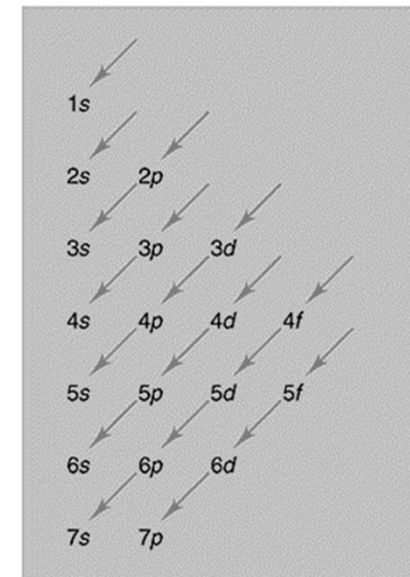


## Elektronové konfigurace lanthanoidů

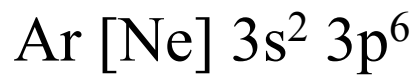
Xe	[Kr] 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>	E(4f) > E(6s)
Cs	[Xe] 6s <sup>1</sup> 4f <sup>0</sup> 5d <sup>0</sup>	
Ba	[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>0</sup> 5d <sup>0</sup>	
La	[Xe] 4f <sup>0</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	přechodný
Ce	[Xe] 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	E(4f) < E(6s), E(5d)
Pr	[Xe] 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	
Eu	[Xe] 4f <sup>7</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup>	
<del>Gd</del>	<del>[Xe] 4f<sup>8</sup> 5s<sup>2</sup> 5p<sup>6</sup> 5d<sup>10</sup> 6s<sup>2</sup></del>	
Gd	[Xe] 4f <sup>7</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	4f zcela zaplněný
Lu	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	4f zcela zaplněný

# Elektronové konfigurace aktinoidů

Rn	[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>	E(5f) > E(7s)
Fr	[Rn] 7s <sup>1</sup>	
Ra	[Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>0</sup> 6d <sup>0</sup>	
Ac	[Rn] 5f <sup>0</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	přechodný kov
Th	[Rn] 5f <sup>0</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	E(5f) < E(7s), E(6d)
Pa	[Rn] 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	
U	[Rn] 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	
Np	[Rn] 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	
Pu	[Rn] 5f <sup>6</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	
Am	[Rn] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	
Cm	[Rn] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	
Bk	[Rn] 5f <sup>8</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	
Cf	[Rn] 5f <sup>10</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	
Es	[Rn] 5f <sup>11</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	
Fm	[Rn] 5f <sup>12</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	
Md	[Rn] 5f <sup>13</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	
No	[Rn] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup>	
Lr	[Rn] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	



# Tvorba oktetu



		7A (17)	8A (18)	1A (1)	2A (2)	3A (13)
5A (15)	6A (16)	H <sup>-</sup>	He	Li <sup>+</sup>		
N <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	Ne	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
	S <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ar	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	
		Br <sup>-</sup>	Kr	Rb <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	
		I <sup>-</sup>	Xe	Cs <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	

Izoelektronové ionty

# Velikost atomů

Atomové poloměry – co to je?

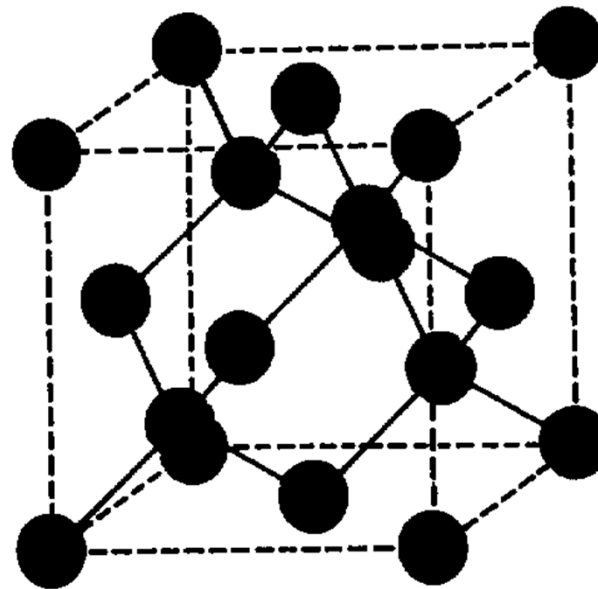
Aproximace atomu jako nepružné koule,  $r = 10^{-10}$  m

Kovalentní poloměr = polovina vzdálenosti mezi dvěma stejnými atomy

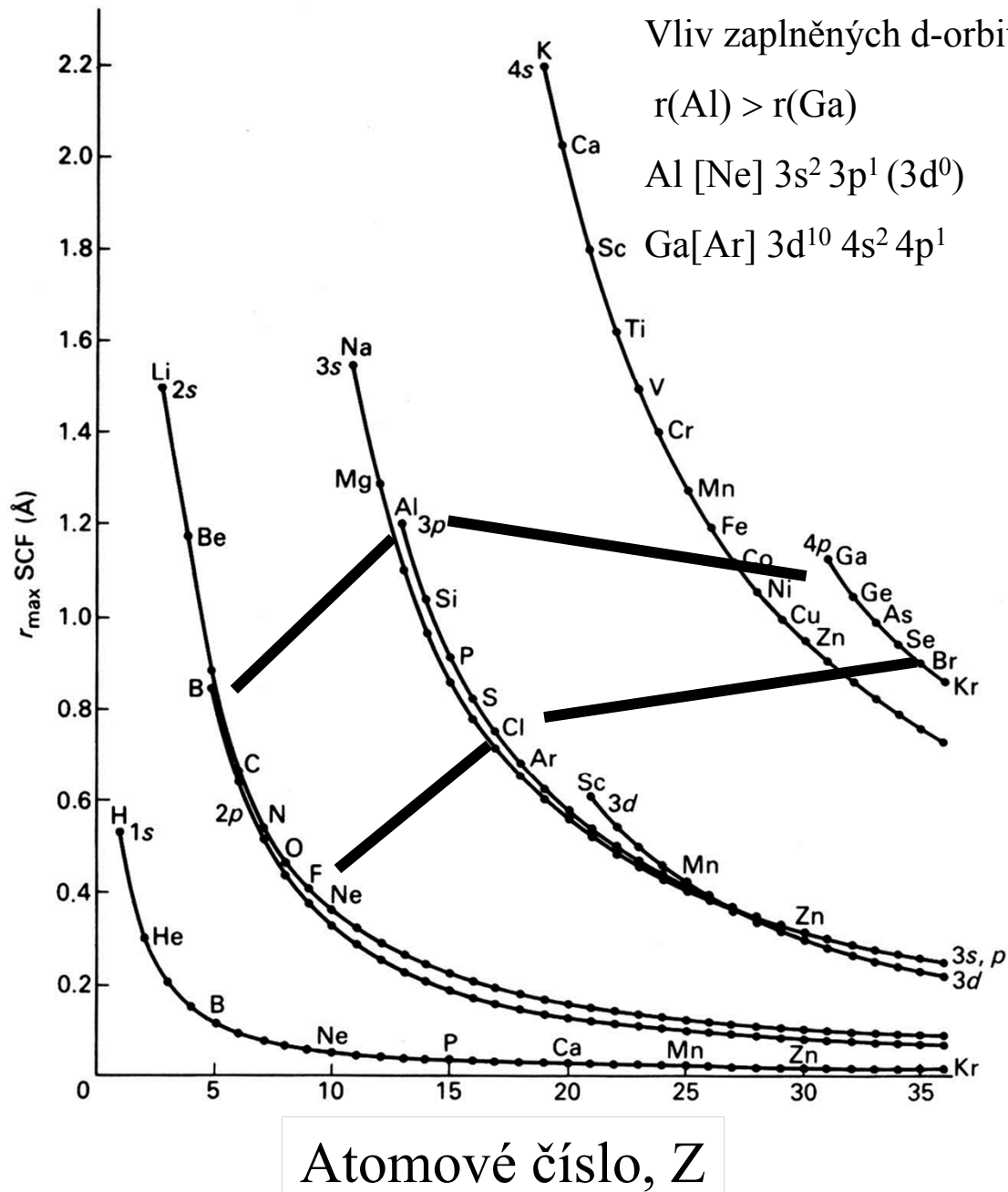
Diamant

Vzdálenost atomů C = 1.54 Å

Kovalentní poloměr = 0.77 Å



# Poloměr maximální elektronové hustoty





Poloměr roste

H  
●  
37

He  
●  
32

# Atomové poloměry (pm)

Poloměr  
roste

Li 152	Be 113	B 88	C 77	N 70	O 66	F 64	Ne 69
Na 186	Mg 160	Al 143	Si 117	P 110	S 104	Cl 99	Ar 97
K 227	Ca 197	Ga 122	Ge 122	As 121	Se 117	Br 114	Kr 110
Rb 247	Sr 215	In 163	Sn 140	Sb 141	Te 143	I 133	Xe 130
Cs 265	Ba 217	Tl 170	Pb 175	Bi 155	Po 167	At 140	Rn 145

## Velikost atomů

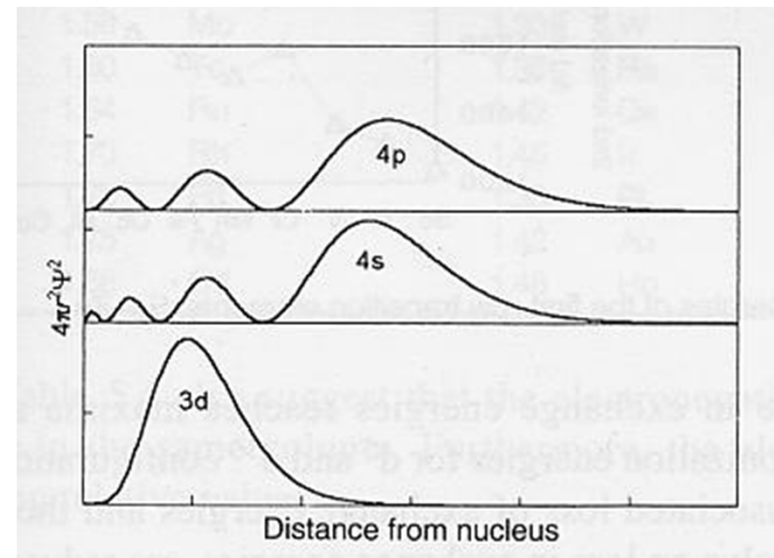
Ve skupině atomové poloměry rostou – zaplňování vyšších ( $n$ ) orbitalů elektrony, elektrony dále od jádra

Vliv zaplněných d-orbitalů:  $r(\text{Al}) > r(\text{Ga})$

Al [Ne]  $3s^2 3p^1 (3d^0)$

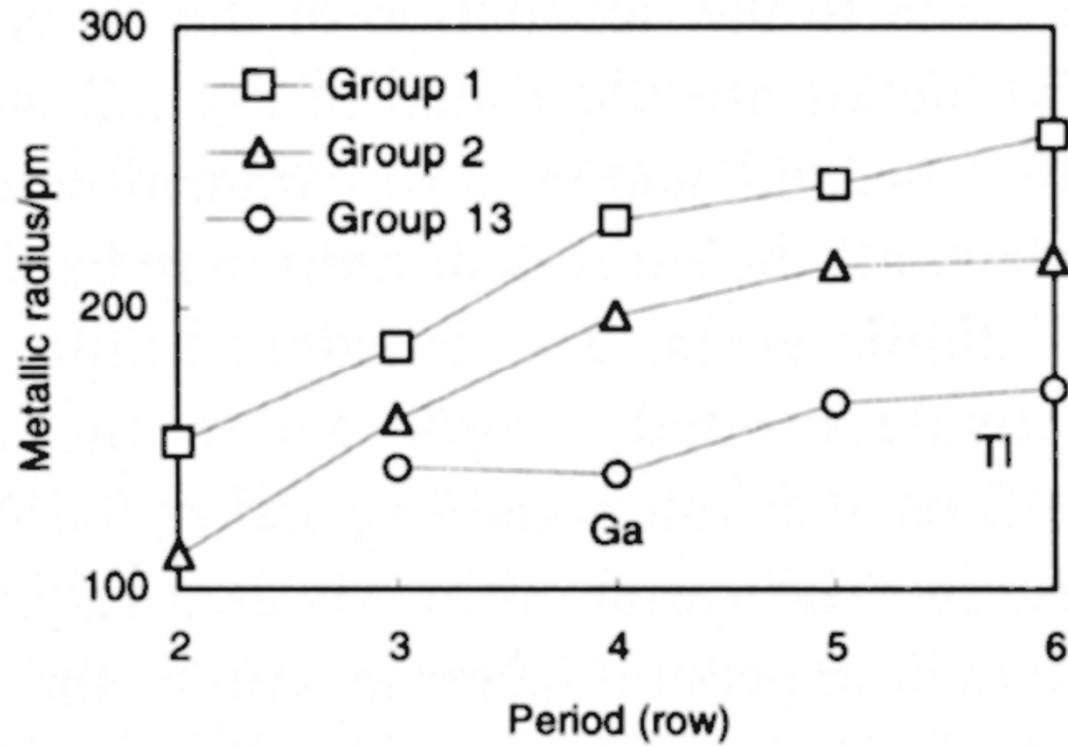
Ga [Ar]  **$3d^{10}$**   $4s^2 4p^1$

↑  
Špatné odstínění  
náboje jádra



# Velikost atomů

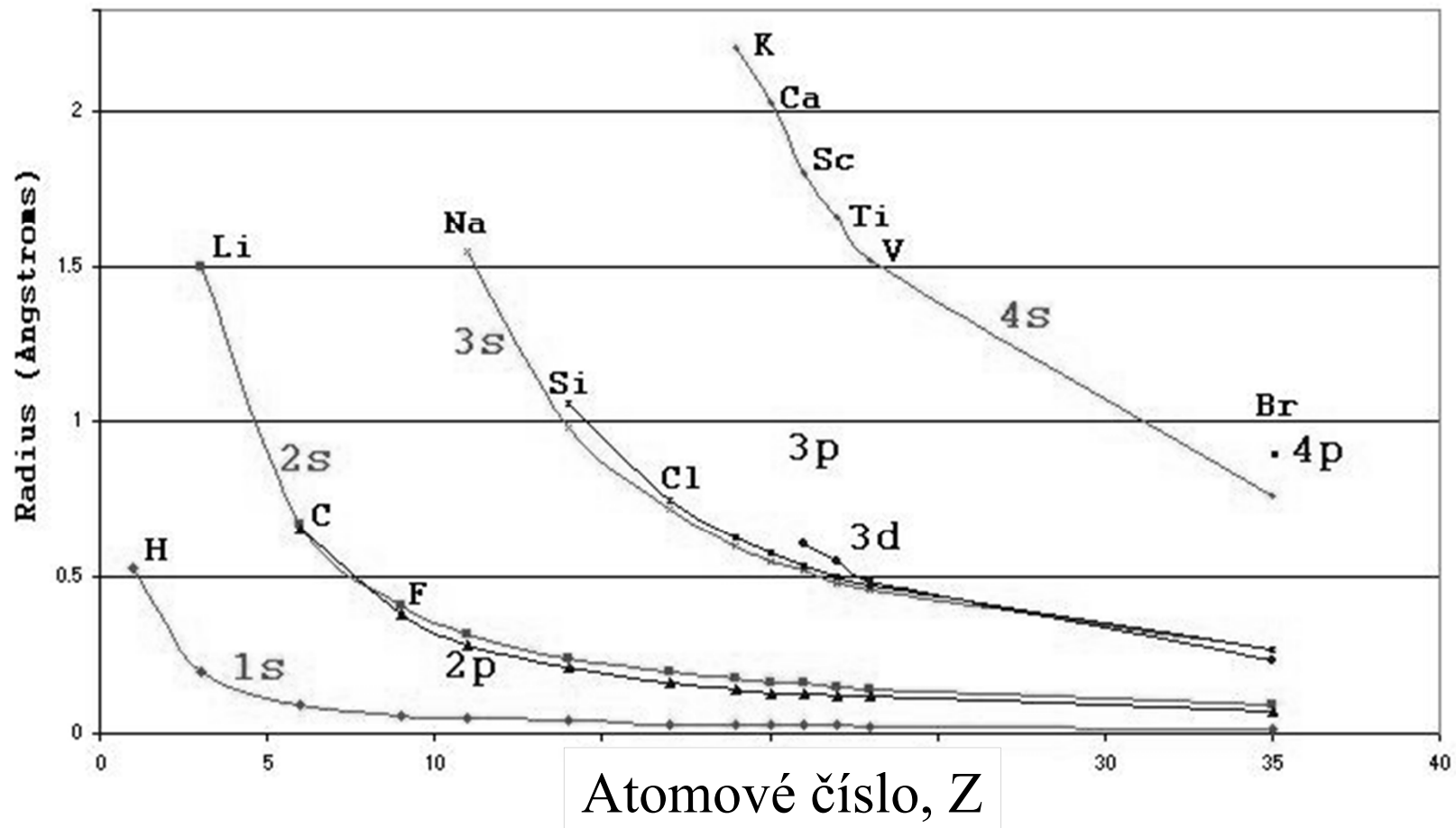
poloměr



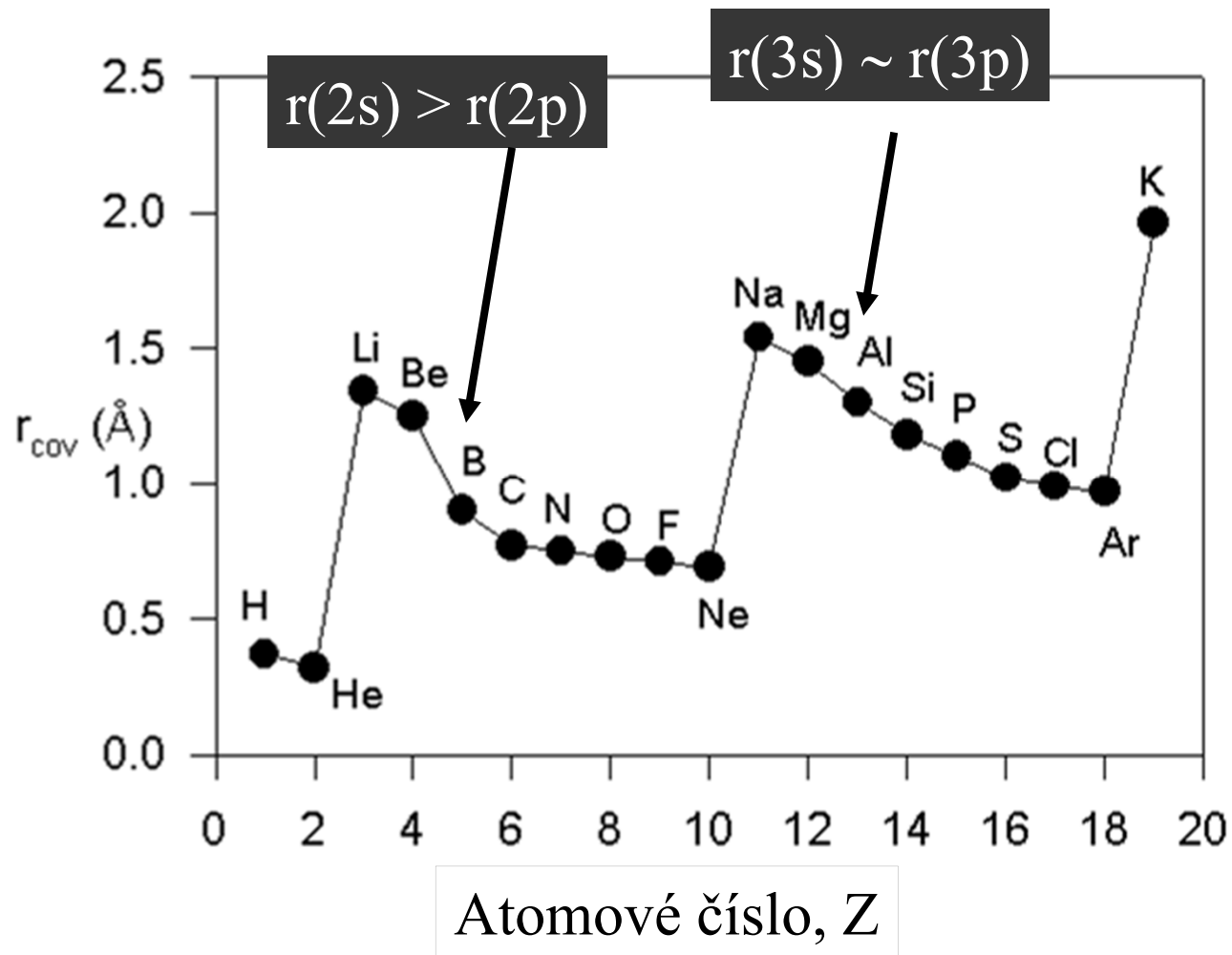
Vliv zaplněných d-orbitalů:  $r(\text{Al}) > r(\text{Ga})$

# Poloměry maximální elektronové hustoty orbitalů

Radius of maximum electron density vs Z



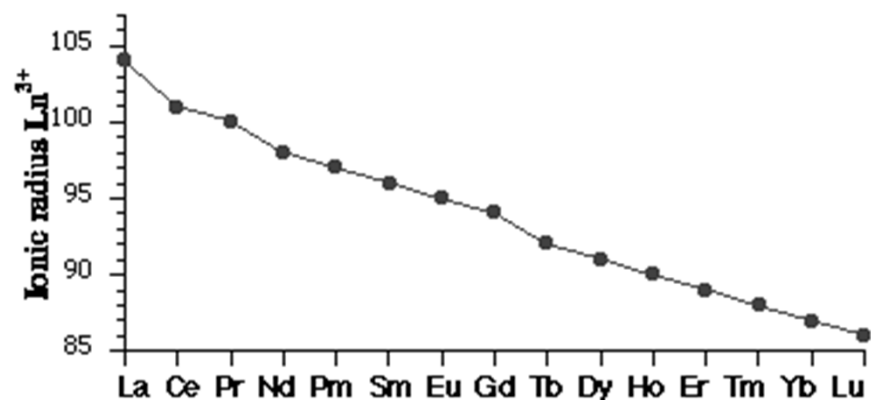
# Kovalentní poloměry, $r_{\text{cov}}$ (Å)



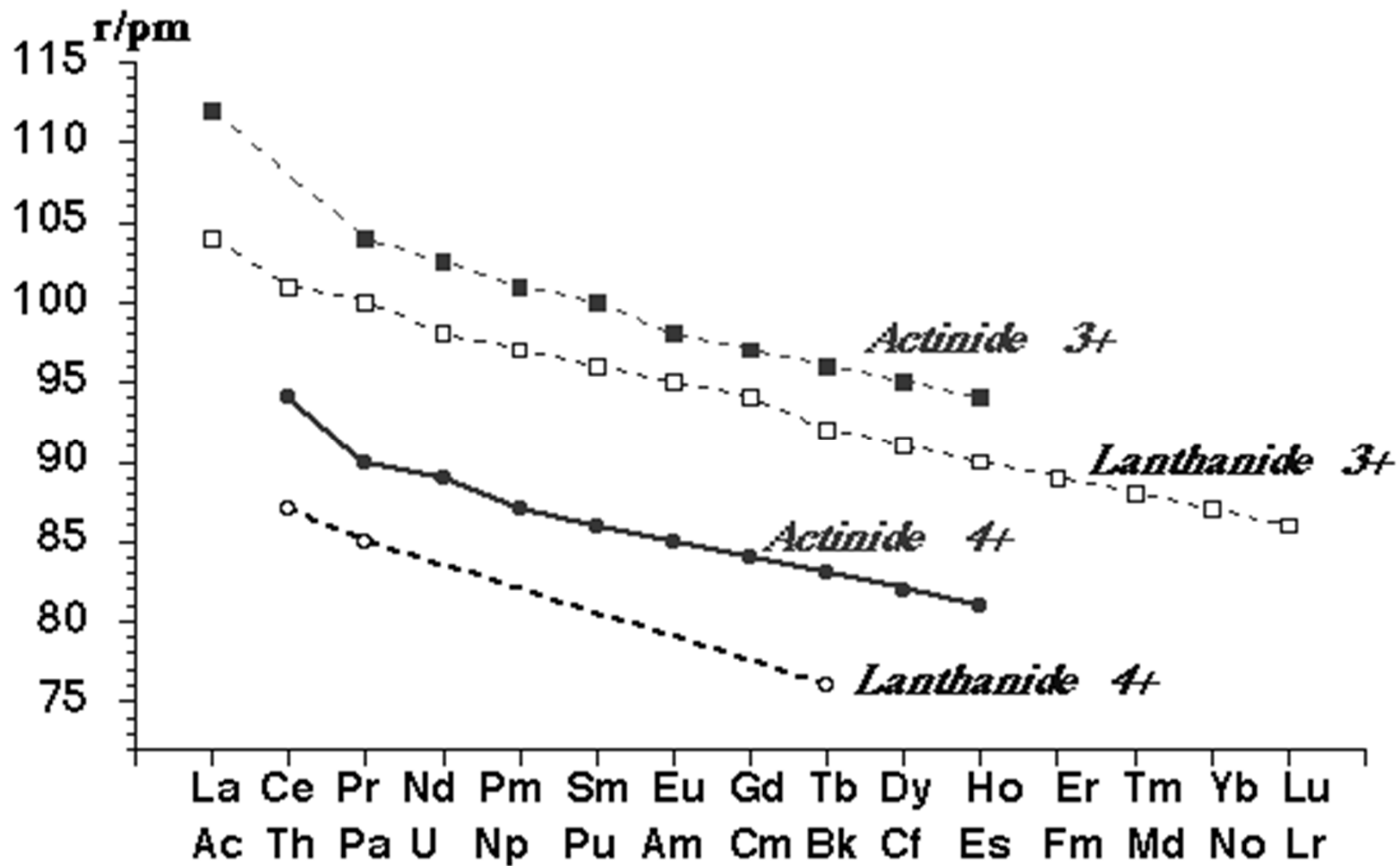
## Velikost atomů

Atomové poloměry v periodě klesají: elektrony se přidávají do orbitalů se stejným  $n$ , rostoucí  $Z$  – kladný náboj jádra – způsobuje relativní smrštění

Lanthanoidová kontrakce: vnější orbital je stále 6s, elektrony se doplňují do 4f, roste  $Z$ , poloměry klesají od La 169 pm po Lu 153 pm

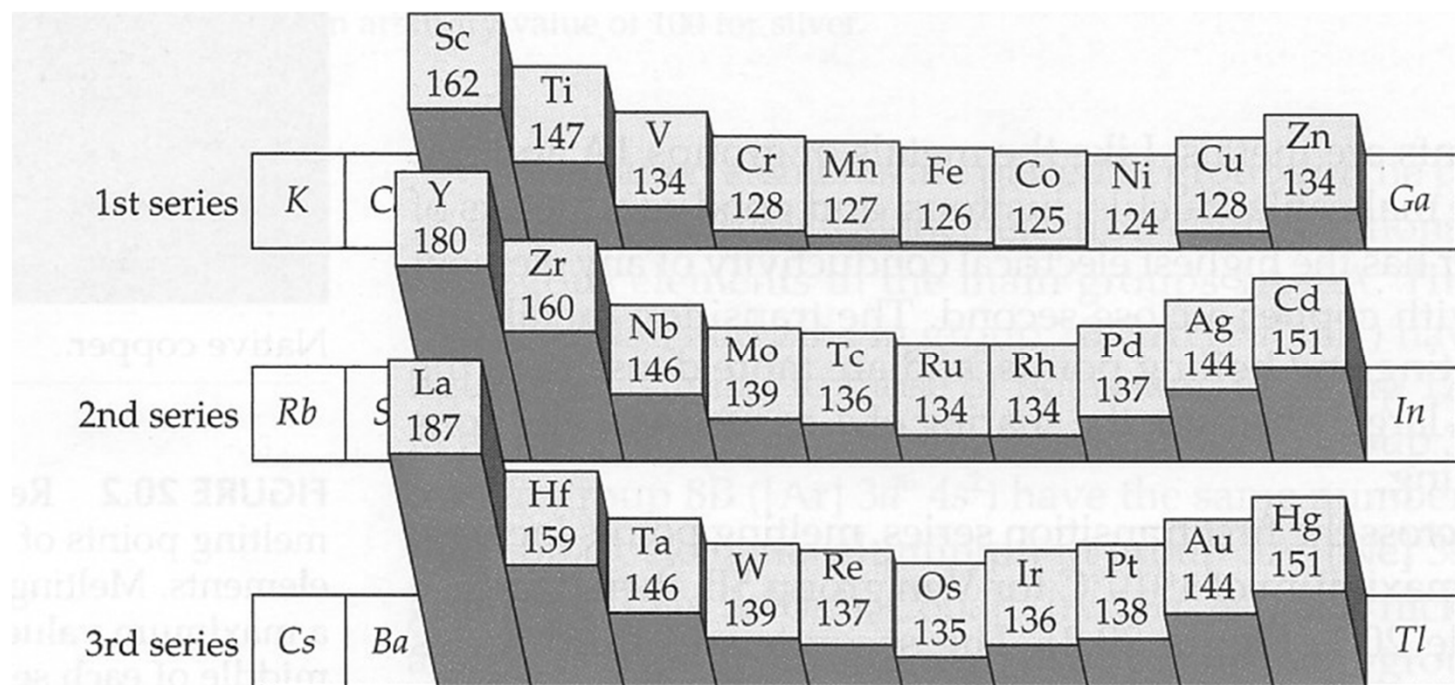


## Lanthanoidová / Aktinoidová kontrakce



## Atomové poloměry přechodných kovů

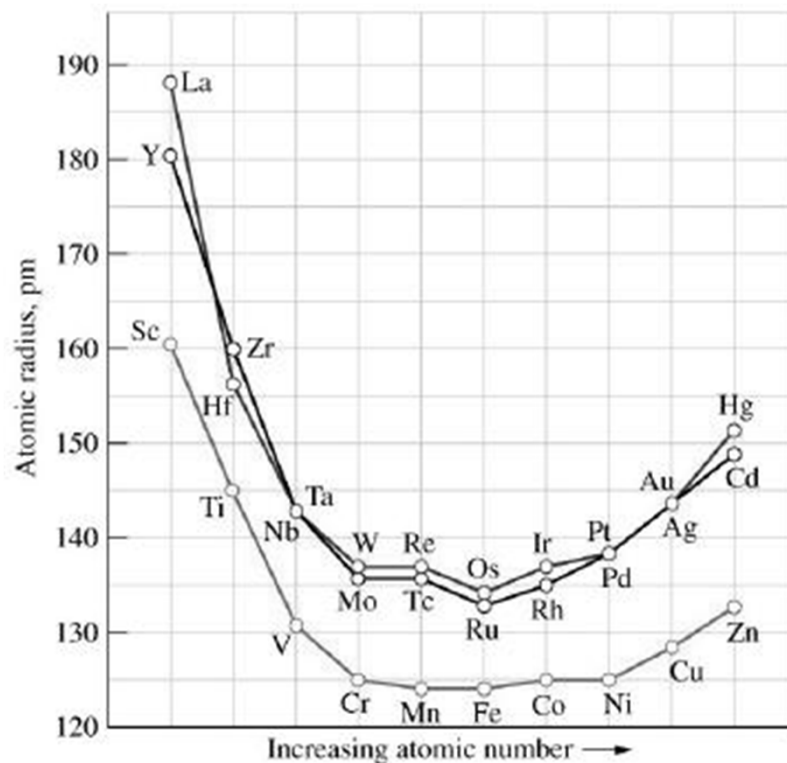
- Atomové poloměry kovů 1. přechodné periody jsou nejmenší s minimem u Co, Ni.
- Atomové poloměry kovů 2. a 3. přechodné periody jsou podobné = lanthanidová kontrakce – zaplněné  $4f^{14}$  špatně stíní vnější slupku





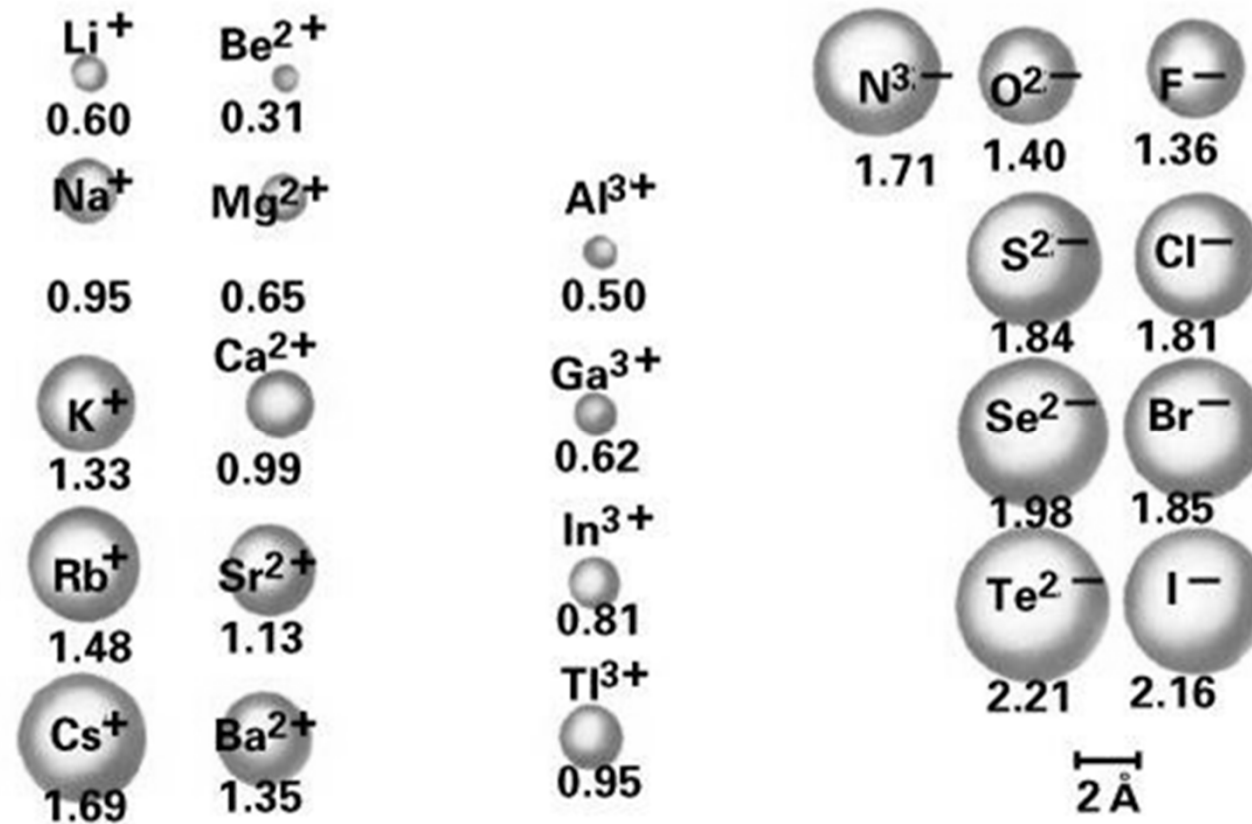
## Atomové poloměry přechodných kovů

- Atomové poloměry kovů 1. přechodné periody jsou nejmenší s minimem u Co, Ni.
- Atomové poloměry kovů 2. a 3. přechodné periody jsou podobné = lanthanidová kontrakce – zaplněné  $4f^{14}$  špatně stíní vnější slupku



# Iontové poloměry

Iontové poloměry, Å



Iontové poloměry  
vzrůstají ve skupině

## Iontové poloměry

Izoelektronové ionty:  $\mathbf{N^{3-} > O^{2-} > F^{-} > Na^{+} > Mg^{2+} > Al^{3+}}$

S rostoucím  $Z$  a rostoucím kladným nábojem klesá poloměr

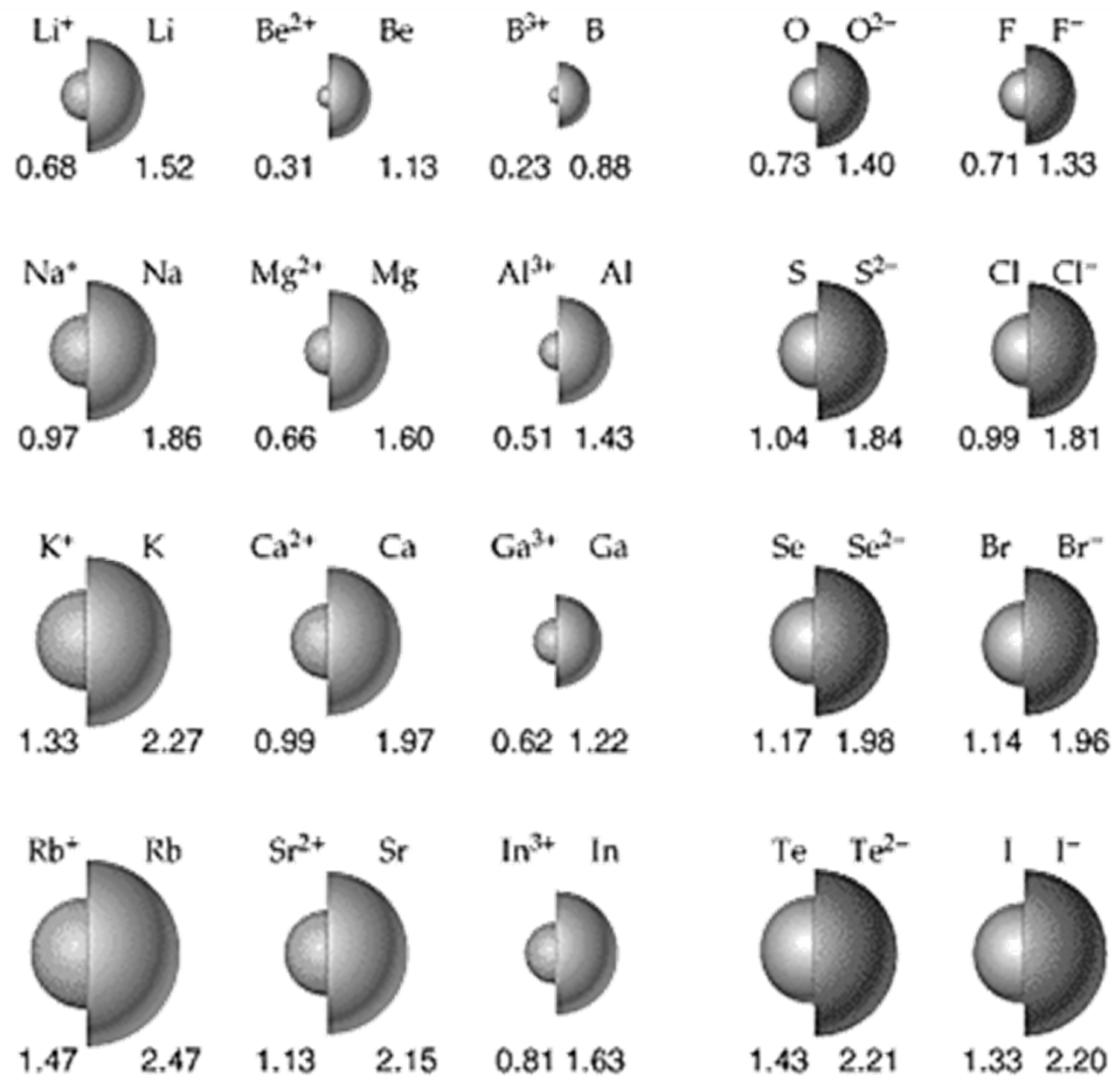
Kation je menší než neutrální atom

Anion je větší než neutrální atom

$\mathbf{Fe^{2+} > Fe^{3+} \quad Pb^{2+} > Pb^{4+}}$

S rostoucím kladným nábojem klesá poloměr

# Srovnání iontových a atomových poloměrů, Å



## Ionizace

**Ionizace** = odtržení elektronu z atomu (nebo iontu)

Vynaložení energie = vždy endotermický děj

Elektron nejdále od jádra je odtržen nejsnadněji, nejslaběji vázán.

Odtržení druhého a dalších elektronů z kationtu je ještě více energeticky náročné:

Odtržením elektronu se sníží e-e repulze, poruší se rovnováha mezi e-e repulzí a přitažlivými silami mezi jádrem a elektrony  
Velikost atomu (iontu) se **zmenší**.

**Kationty** jsou vždy menší než neutrální atomy, **aniony** jsou vždy větší než neutrální atomy

## Ionizační energie, IE

IE = energie potřebná k odtržení nejslaběji vázaného elektronu atomu v plynné fázi (při 0 K) [kJ mol<sup>-1</sup>].

Míra síly vazby elektronu v daném orbitalu

Experimentální údaje získáme interakcí atomů v plynné fázi s energetickými částicemi, např. e<sup>-</sup>.



1. IE < 2. IE < 3. IE < 4. IE < .....

Každá další ionizace je energeticky náročnější: stejné Z, menší počet e je držen pevněji, separace náboje nevýhodná

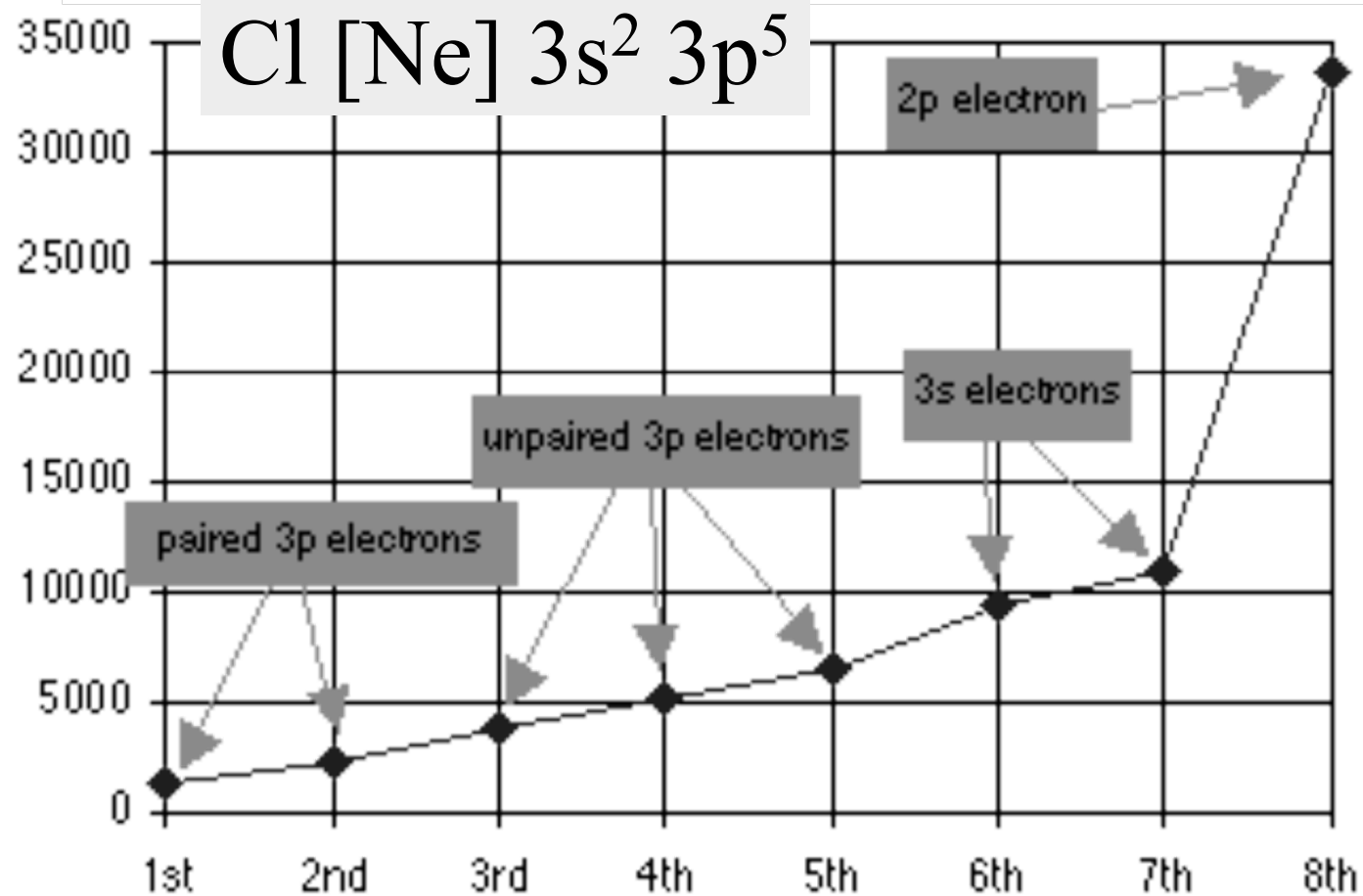
# Ionizační energie, IE

Ionizační energie [ $\text{kJ mol}^{-1}$ ] prvků 3. periody

Element	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	$I_7$
Na	495	4560					
Mg	735	1445	7730				
Al	580	1815	2740	11,600			
Si	780	1575	3220	4350	16,100		
P	1060	1890	2905	4950	6270	21,200	
S	1005	2260	3375	4565	6950	8490	27,000
Cl	1255	2295	3850	5160	6560	9360	11,000
Ar	1527	2665	3945	5770	7230	8780	12,000

\*Note the large jump in ionization energy in going from removal of valence electrons to removal of core electrons.

Prvních osm ionizačních energií Cl, kJ mol<sup>-1</sup>





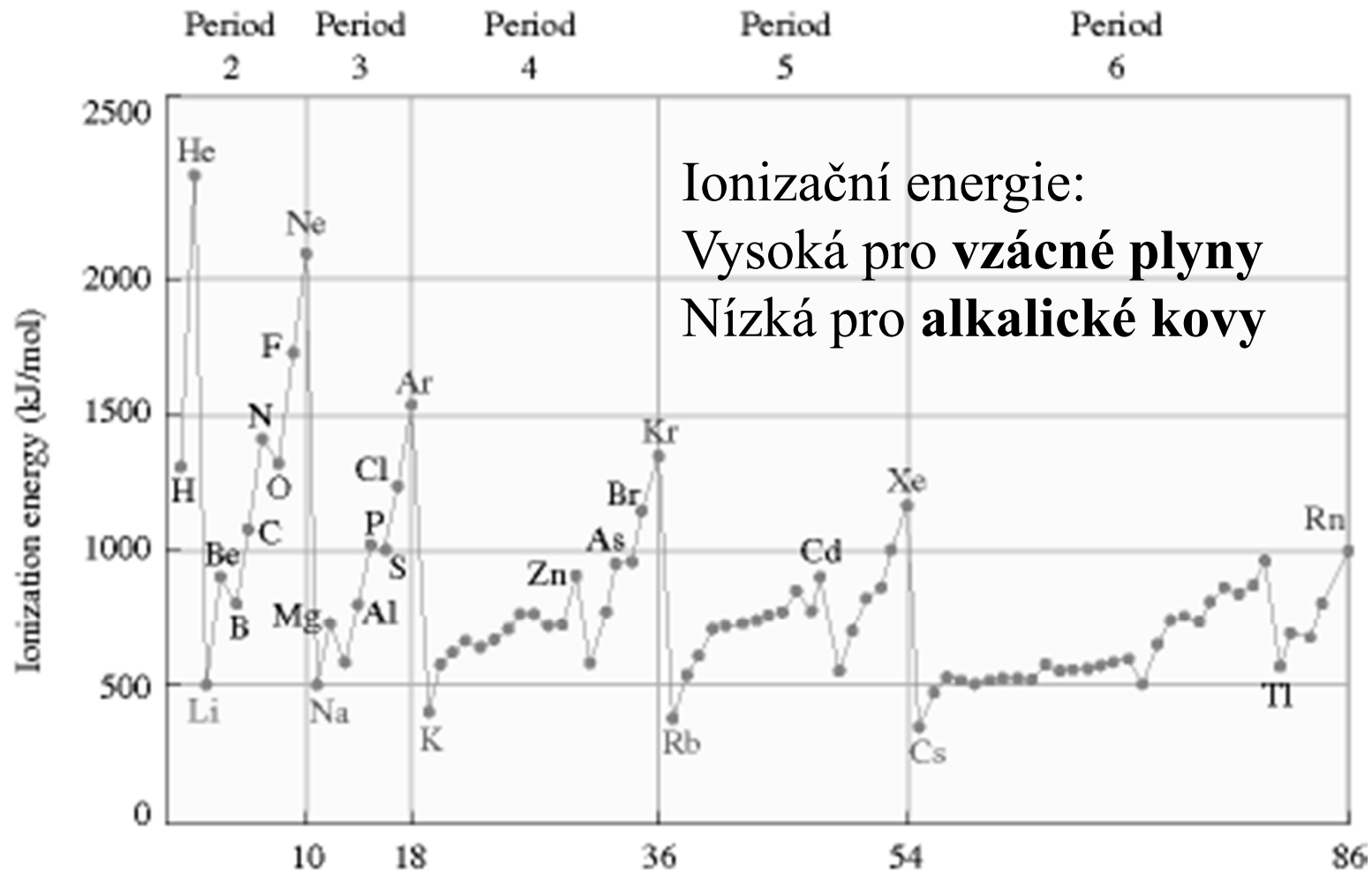
# Ionizační energie

Odtržení **valenčních** elektronů – IE postupně vzrůstá s růstem pozitivního náboje

Odtržení **vnitřních** elektronů – velice energeticky náročné, rozrušení uzavřených slupek s konfigurací vzácných plynů (neexistují sloučeniny s ionty  $\text{Na}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{4+}$ , ...)

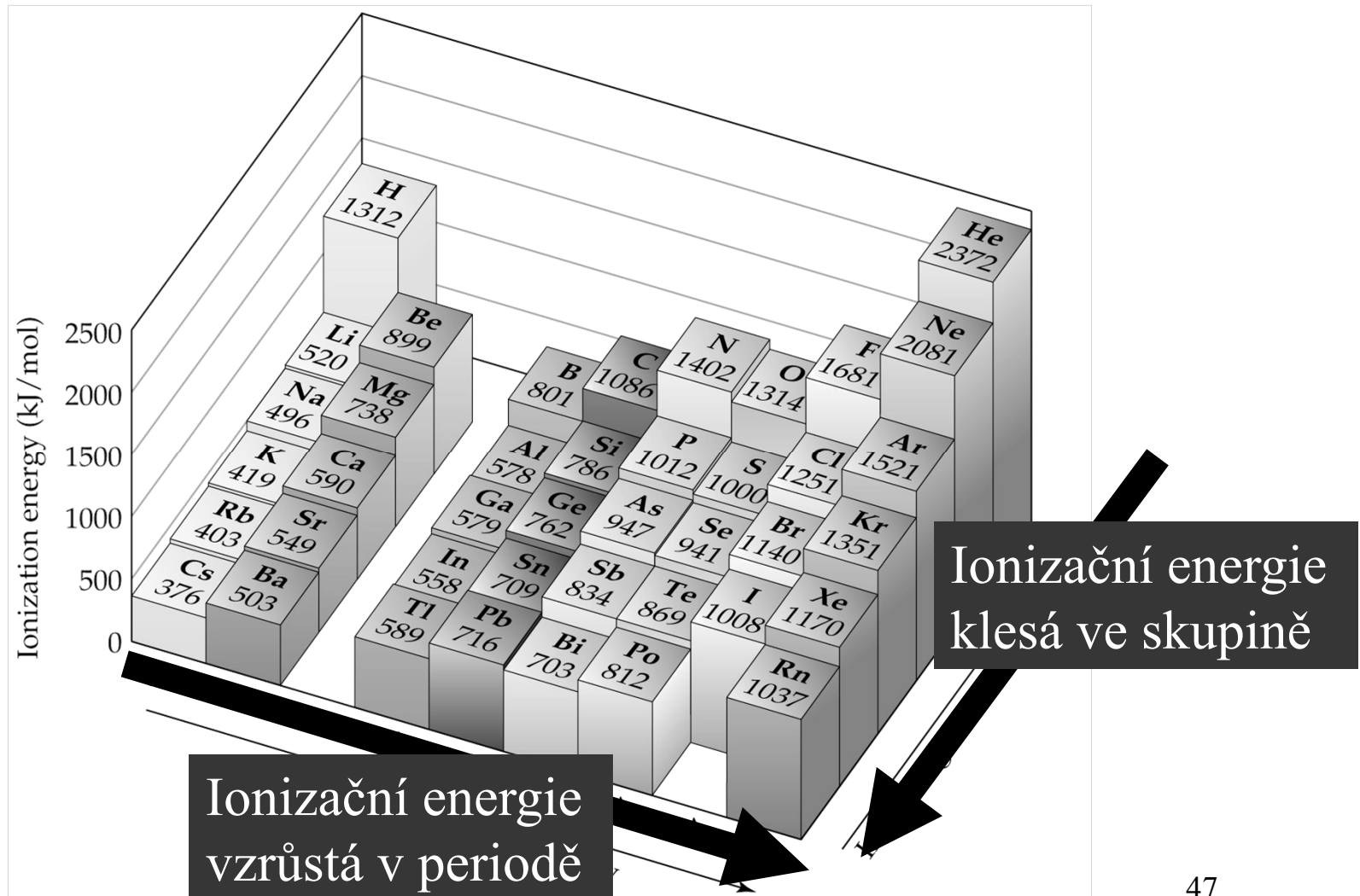
Číslo skupiny = počet valenčních elektronů = maximální pozitivní oxidační číslo

# Ionizační energie, IE ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )



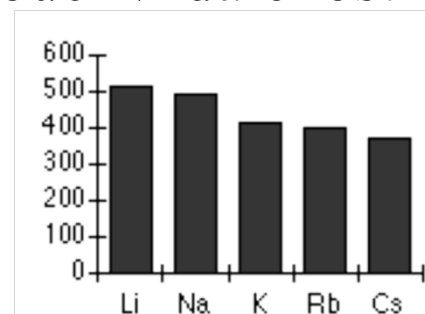
Atomové číslo, Z

# Ionizační energie, IE ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )



## Trendy ionizační energie

IE klesá ve skupině, valenční elektrony jsou vázány nábojem jádra slaběji se zvyšujícím se  $n$  a s rostoucí vzdáleností elektronů od jádra (Al, Ga)



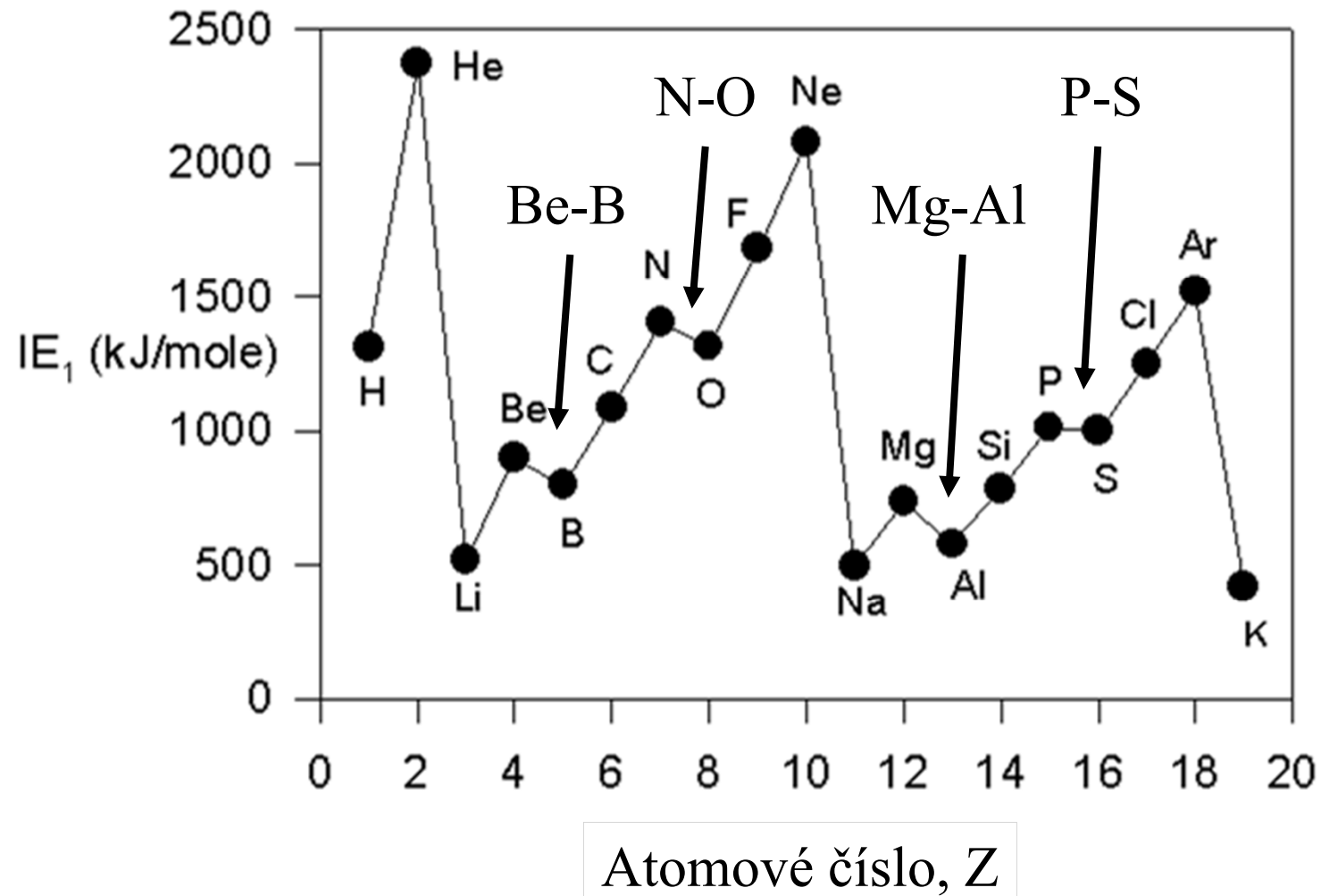
IE roste v periodách, s rostoucím  $Z$  jsou elektrony stále silněji poutány k jádru.

Důsledky vysoké stability zcela a zcela zaplněných slupek:  
Vysoká IE vzácných plynů – sloučeniny vzácných plynů

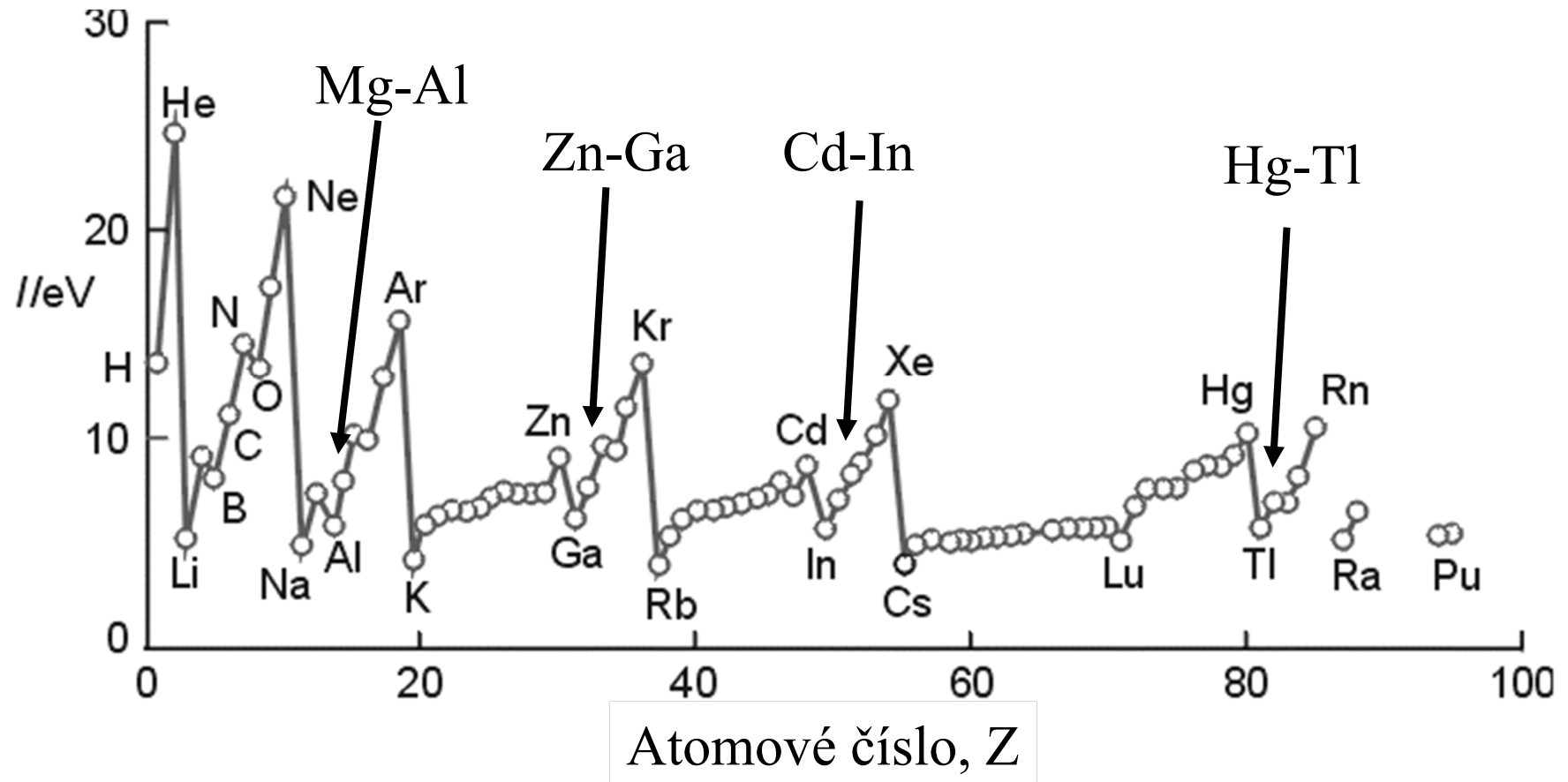
$$IE(B) < IE(Be)$$

$$IE(O) < IE(N)$$

## První ionizační energie jako funkce Z



# Ionizační energie



## Elektronová afinita, EA

EA = energie uvolněná ( $EA < 0$ ) nebo pohlcená ( $EA > 0$ ) při připojení elektronu k atomu nebo iontu v plynné fázi (při 0 K).

První EA většinou  $< 0$ , výjimka Be, N, ..... Proč?

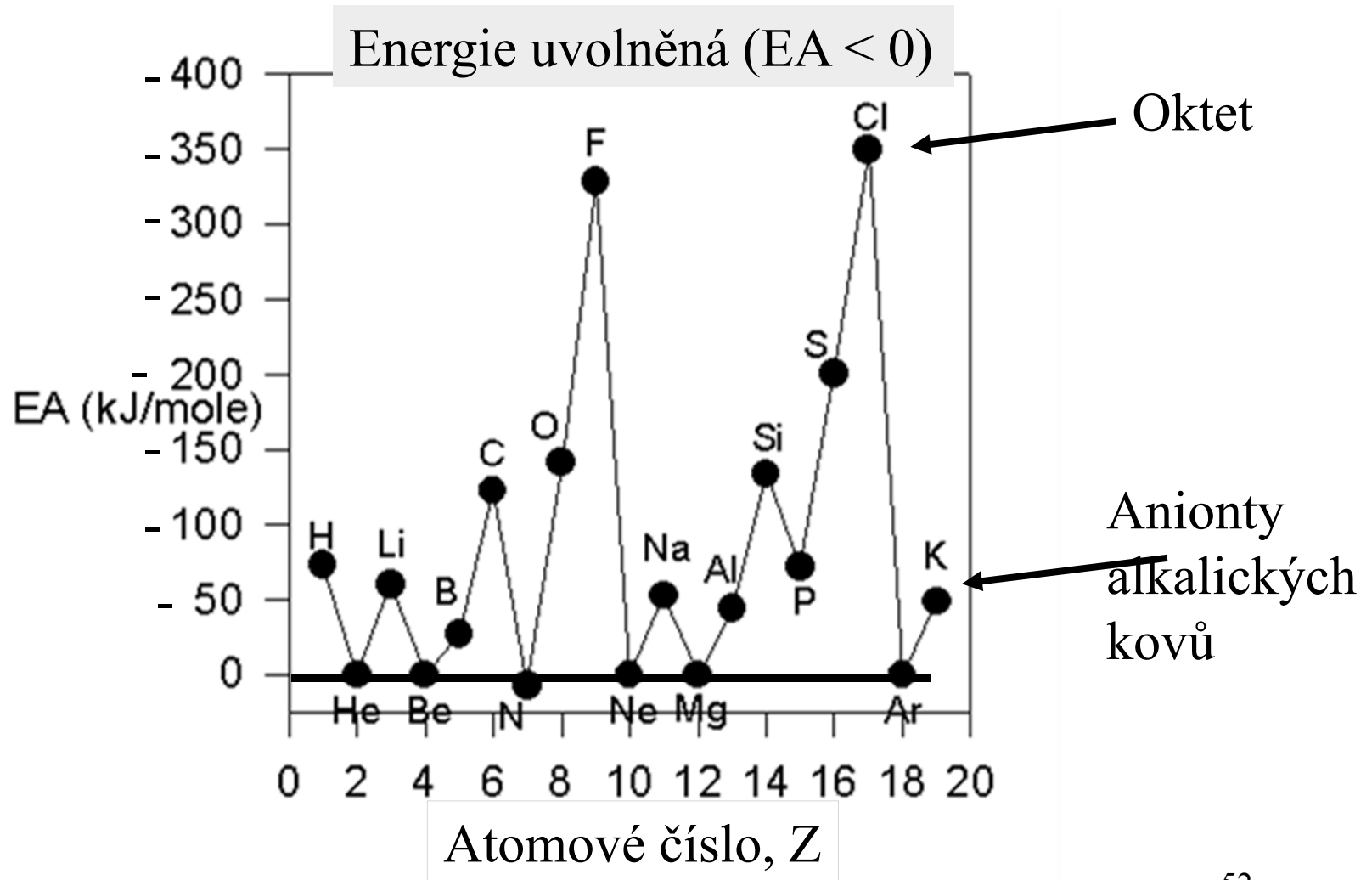
**Druhá EA vždy  $> 0$** , připojení  $e^-$  k aniontu je energeticky nevýhodné, kompenzováno uvolněním mřížkové energie

Oxidy,  $O^{2-}$

$$EA_1(O) < 0$$

$$EA_2(O) > 0$$

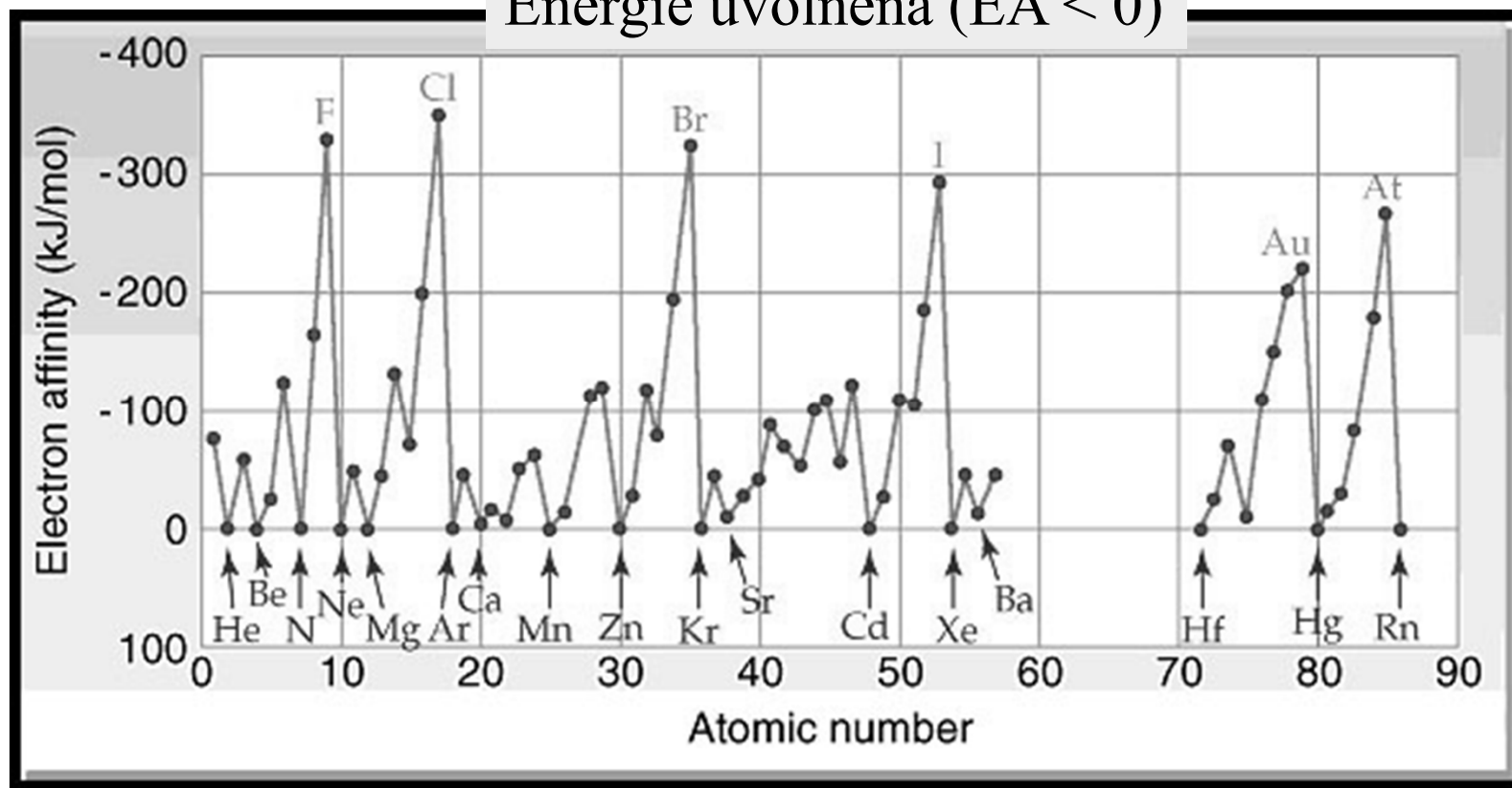
# První elektronová afinita ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )





# První elektronová afinita ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )

Energie uvolněná ( $\text{EA} < 0$ )



## První elektronová afinita ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )

Energie uvolněná ( $\text{EA} < 0$ )

<b>H</b> -73							<b>He</b> >0
<b>Li</b> -60	<b>Be</b> >0	<b>B</b> -27	<b>C</b> -122	<b>N</b> >0	<b>O</b> -141	<b>F</b> -328	<b>Ne</b> >0
<b>Na</b> -53	<b>Mg</b> >0	<b>Al</b> -43	<b>Si</b> -134	<b>P</b> -72	<b>S</b> -200	<b>Cl</b> -349	<b>Ar</b> >0
<b>K</b> -48	<b>Ca</b> -2	<b>Ga</b> -30	<b>Ge</b> -119	<b>As</b> -78	<b>Se</b> -195	<b>Br</b> -325	<b>Kr</b> >0
<b>Rb</b> -47	<b>Sr</b> -5	<b>In</b> -30	<b>Sn</b> -107	<b>Sb</b> -103	<b>Te</b> -190	<b>I</b> -295	<b>Xe</b> >0

EA klesá ve skupině

EA vzrůstá v periodě

# Elektronegativita podle Paulinga

Schopnost atomu přitahovat vazebné elektrony v kovalentní vazbě

Disociační energie polární vazby A–B je větší než geometrický průměr disociačních energií nepolárních vazeb A–A a B–B.

$$E_D(AB) = \{E_D(AA) \times E_D(BB)\}^{1/2} + \Delta$$

$$\Delta = 96.48 (\chi_A - \chi_B)^2$$

$$\chi_F = 4.0 \text{ Pauling}$$

$$\chi_F = 3.98 \text{ dnešní hodnota}$$



Linus Pauling (1901 - 1994)

NP za chemii 1954, za mír 1963 <sup>55</sup>

## Elektronegativita podle Paulinga

Disociační energie získané z experimentů:

$$E_D(\text{F}_2) = 154.8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E_D(\text{Br}_2) = 192.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E_D(\text{BrF}) = 238.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E_D(\text{BrF}) = \{E_D(\text{F}_2) \times E_D(\text{Br}_2)\}^{1/2} + \Delta$$

$$\Delta = 96.48 (\chi_A - \chi_B)^2$$

$$\chi_{\text{F}} = 3.98$$

$$\chi_{\text{Br}} = ?$$

$$\chi_B = \sqrt{\frac{\Delta}{96.48}} - \chi_A$$

Odmocnina z energie??

## Paulingova elektronegativita

A-B	$E_D(\text{A-B})$ kJ mol <sup>-1</sup>	$\frac{1}{2} E_D(\text{AA})$ kJ mol <sup>-1</sup>	$\frac{1}{2} E_D(\text{BB})$ kJ mol <sup>-1</sup>	$\Delta$	$\chi_B - \chi_A$	% iontovosti
HF	565	218	77	270	1.9	43
HCl	432	218	122	92	0.9	17
HBr	367	218	96	53	0.7	13
HI	297	218	75	4	0.4	7

# Elektronegativita podle Mullikena

Orbitálové elektronegativity – s, p, d, hybridní

$$\chi_M = 3.15 \chi_P$$

$$\chi_M = \frac{IE + EA}{2}$$

SOME MULLIKEN ELECTRONEGATIVITIES (eV)

H									
s 7.2									
Li	Be	B	C	N	O	F			
s 3.1	di <sup>2</sup> 4.8	tr <sup>3</sup> 6.4	di <sup>2</sup> π <sup>2</sup> 10.4, 5.7	di <sup>3</sup> π <sup>2</sup> 15.7, 7.9	tr <sup>4</sup> π <sup>2</sup> 16.8	s 31.3			
p 1.8	te <sup>2</sup> 3.9	te <sup>3</sup> 6.0	tr <sup>3</sup> π 8.8, 5.6	tr <sup>4</sup> π 12.9, 8.0	te <sup>6</sup> 15.3	p 12.2			
			te <sup>4</sup> 8.0	te <sup>5</sup> 11.6					
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl			
s 2.9	di <sup>2</sup> 4.1	tr <sup>3</sup> 5.5	di <sup>2</sup> π <sup>2</sup> 9.0, 5.7	di <sup>3</sup> π <sup>2</sup> 11.3, 6.7	tr <sup>4</sup> π <sup>2</sup> 10.9	s 19.3			
p 1.6	te <sup>2</sup> 3.3	te <sup>3</sup> 5.4	tr <sup>3</sup> π 7.9, 5.6	tr <sup>4</sup> π 9.7, 6.7	te <sup>6</sup> 10.2	p 9.4			
			te <sup>4</sup> 7.3	te <sup>5</sup> 8.9					
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br			
s 2.9	di <sup>2</sup> 3.4	tr <sup>3</sup> 6.0	di <sup>2</sup> π <sup>2</sup> 9.8, 6.5	di <sup>3</sup> π <sup>2</sup> 9.0, 6.5	tr <sup>4</sup> π <sup>2</sup> 10.6	s 18.3			
p 1.8	te <sup>2</sup> 2.5	te <sup>3</sup> 6.6	tr <sup>3</sup> π 8.7, 6.4	tr <sup>4</sup> π 8.6, 7.0	te <sup>6</sup> 9.8	p 8.4			
			te <sup>4</sup> 8.0	te <sup>5</sup> 8.3					
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I			
s 2.1	di <sup>2</sup> 3.2	tr <sup>3</sup> 5.3	di <sup>2</sup> π <sup>2</sup> 9.4, 6.5	di <sup>3</sup> π <sup>2</sup> 9.8, 6.3	tr <sup>4</sup> π <sup>2</sup> 10.5	s 15.7			
p 2.2	te <sup>2</sup> 2.2	te <sup>3</sup> 5.1	tr <sup>3</sup> π 8.4, 6.5	tr <sup>4</sup> π 9.0, 6.7	te <sup>6</sup> 9.7	p 8.1			
				te <sup>5</sup> 8.5					

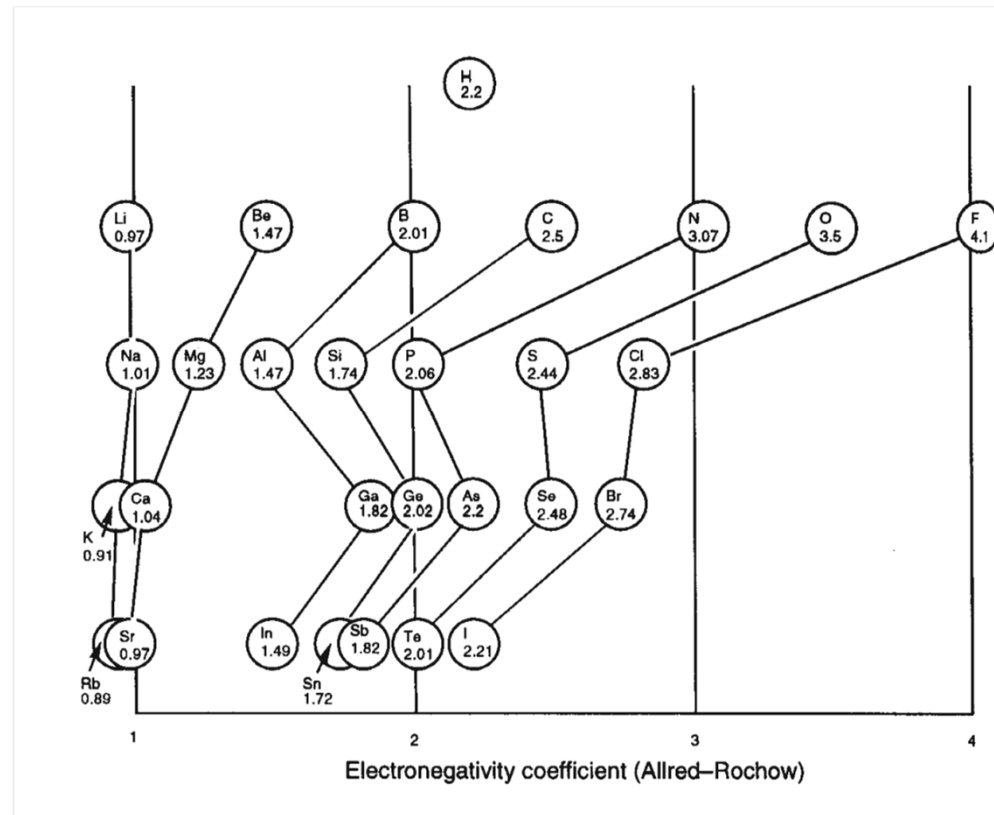
Values can be computed only for orbitals holding 1 electron. For the carbon and nitrogen families it is possible to have both hybrid and π atomic orbitals half-filled. *digonal* ≡ *sp* hybrid, *trigonal* ≡ *sp<sup>2</sup>* hybrid, *tetrahedral* ≡ *sp<sup>3</sup>* hybrid.

# Elektronegativita podle Allreda a Rochowa

Coulombova síla s jakou jádro přitahuje vazebné elektrony

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z^{eff} e}{r^2}$$

$$\chi_{AR} = A \frac{Z^{eff}}{r^2} + B$$

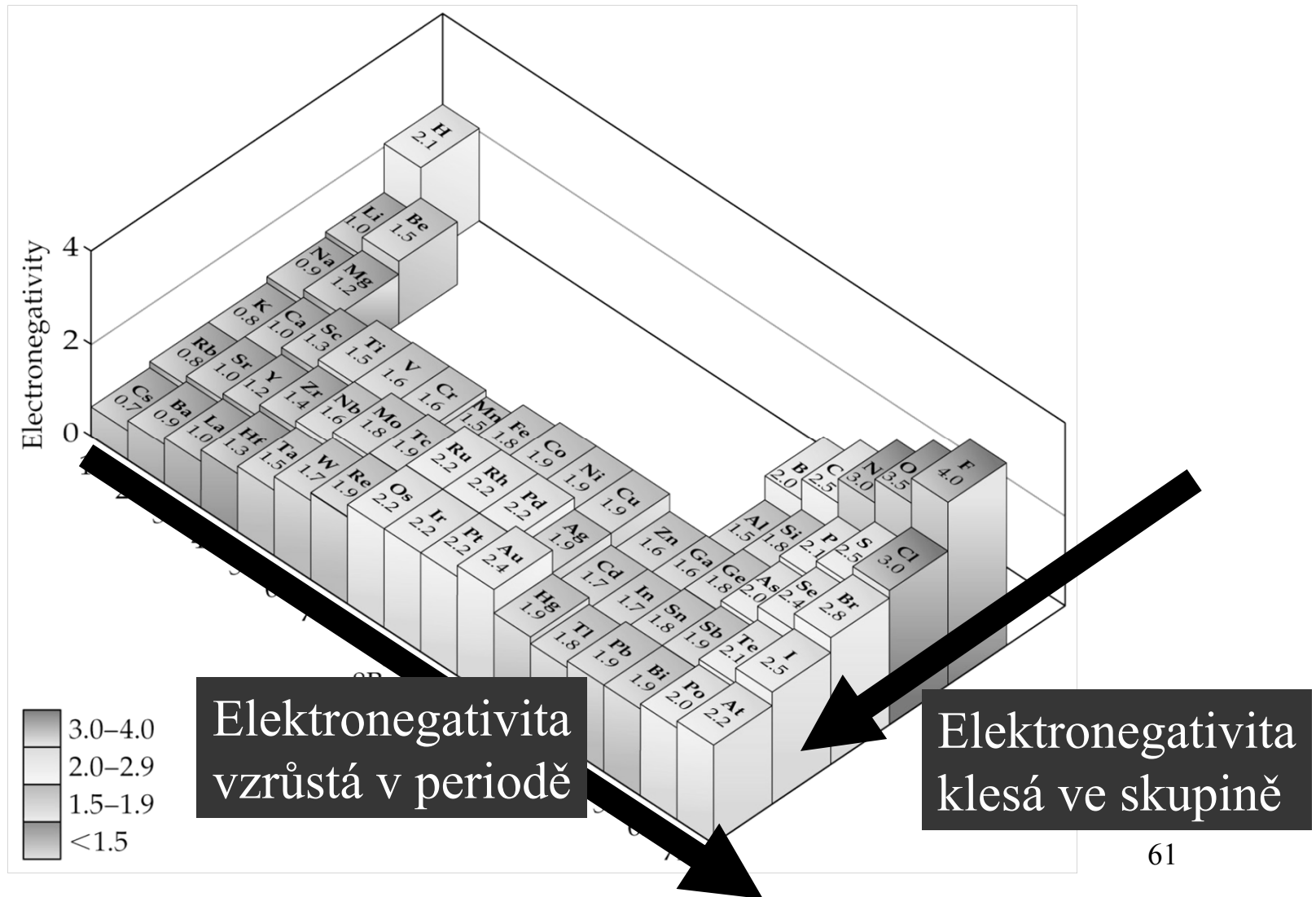


# Elektronegativita a periodicita

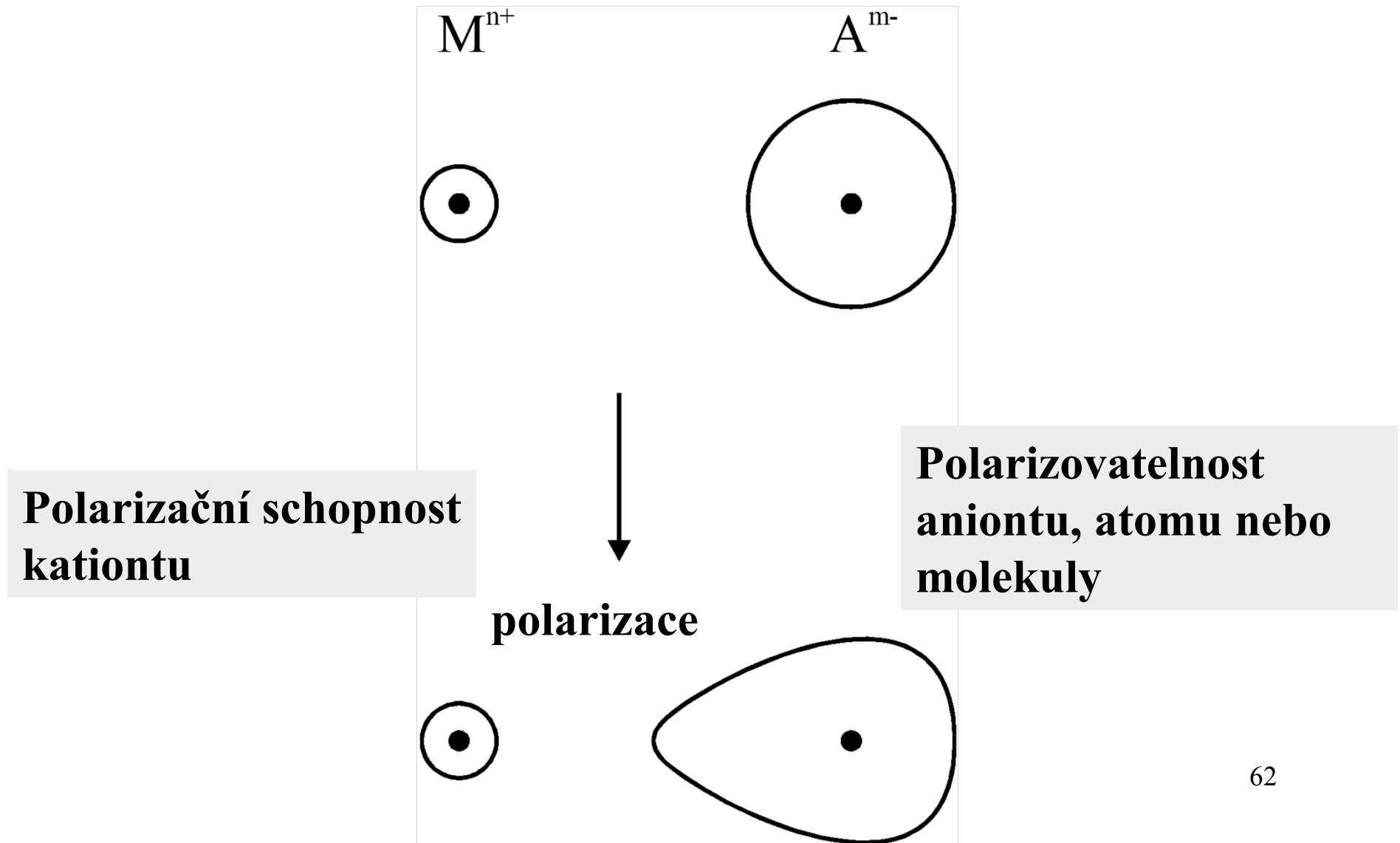
1	2											13	14	15	16	17	18	
Li 0.98	Be 1.57											B 2.04	C 2.55	N 3.04	O 3.44	F 3.98		
Na 0.93	Mg 1.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al 1.61	Si 1.9	P 2.19	S 2.58	Cl 3.16		
K 0.82	Ca 1.0	Sc 1.36	Ti 1.54	V 1.63	Cr 1.66	Mn 1.55	Fe 1.83	Co 1.88	Ni 1.91	Cu 1.9	Zn 1.65	Ga 1.81	Ge 2.19	As 2.18	Se 2.55	Br 2.96		
Rb 0.82	Sr 0.95	Y 1.22	Zr 1.33	Nb 1.6	Mo 2.16	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.28	Pd 2.2	Ag 1.93	Cd 1.69	In 1.78	Sn 1.96	Sb 2.05	Te 2.1	I 2.66	Xe 2.6	
Cs 0.79	Ba 0.89	Lu 1.3	Hf 1.5	Ta 2.36	W 1.9	Re 2.2	Os 2.2	Ir 2.28	Pt 2.54	Au 2	Hg 1.8	Tl 2.33	Pb 2.02	Bi 2.0	Po 2.2			
Fr 0.89	Ra 1.1																	



# Elektronegativita



## Vzájemná polarizace iontů



## **Polarizovatelnost, $\alpha$ [m<sup>3</sup>]**

**Míra deformace** rozložení elektronů v atomu nebo iontu vlivem vnějšího elektrického pole (jiné nabité částice)

Změna objemu elektronového oblaku vlivem jednotkového náboje,  $\alpha$  [m<sup>3</sup>]

Velikost  $\alpha$  závisí na pevnosti s jakou váže jádro vnější elektrony, velikosti atomu, iontu, počtu elektronů.

Měkký atom (ion, molekula) = snadno podléhá deformaci

Tvrký atom (ion, molekula) = odolává deformaci

## Polarizovatelnost atomů, $10^6 \text{ pm}^3$

Atom	$\alpha$	Atom	$\alpha$	Atom	$\alpha$	Atom	$\alpha$
		H	0.408	C(4)	1.027	He	0.20
Li	24.0	F	0.321	C(3)	1.329	Ne	0.39
Na	24.4	Cl	2.317	C(2)	1.419	Ar	1.62
K	41.6	Br	3.465	C(ar)	1.322	Kr	2.46
Rb	43.7	I	5.530			Xe	3.99
Cs	52.9						

# Polarizační schopnost

Roste se zvyšujícím se nábojem

Roste s klesajícím poloměrem

**q/r nábojová hustota**

$\text{Al}^{3+}$  tvrdý kation

$\text{Cs}^+$  měkký kation

---

$\text{Li}^+$ 0.60	$\text{Be}^{2+}$ 0.31	
$\text{Na}^+$ 0.95	$\text{Mg}^{2+}$ 0.65	$\text{Al}^{3+}$ 0.50
$\text{K}^+$ 1.33	$\text{Ca}^{2+}$ 0.99	$\text{Ga}^{3+}$ 0.62
$\text{Rb}^+$ 1.48	$\text{Sr}^{2+}$ 1.13	$\text{In}^{3+}$ 0.81
$\text{Cs}^+$ 1.69	$\text{Ba}^{2+}$ 1.35	$\text{Tl}^{3+}$ 0.95

# Kovové – nekovové vlastnosti

## Metals, Nonmetals, and Metalloids

---

H																	nonmetals					He
Li	Be	metals										B	C	N	O	F	Ne					
Na	Mg											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	Rf	Ha	Sg	Ns	hs	Mt										metalloids				

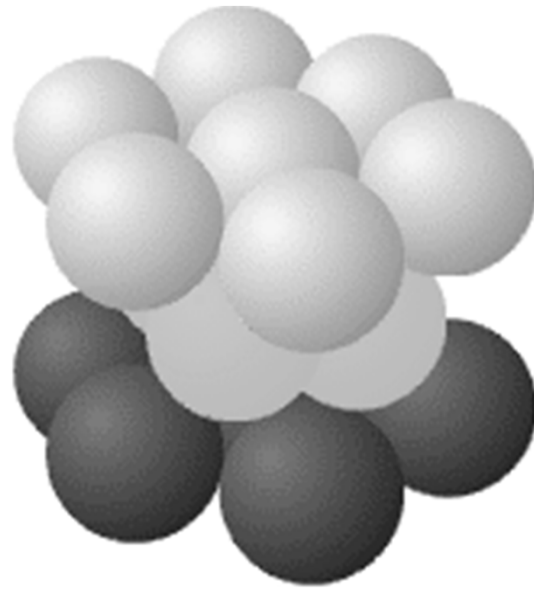
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

H																	He						
Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg																	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	Ra						
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	hs	Mt										metalloids					

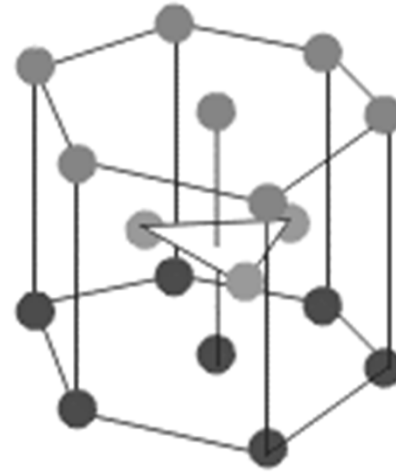
  

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

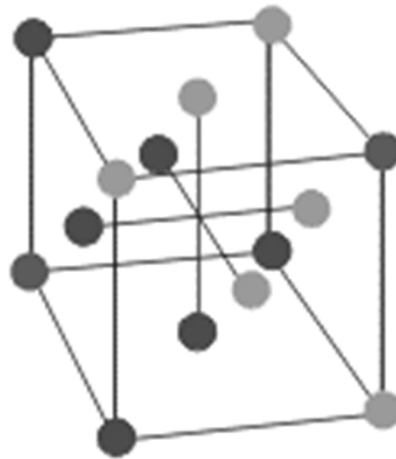
Struktura nejtěsnější uspořádání, vysoké koordinační číslo (12), velké atomy, nízké ionizační energie, vysoká polarizovatelnost, kovová vazba všesměrová.



(a)

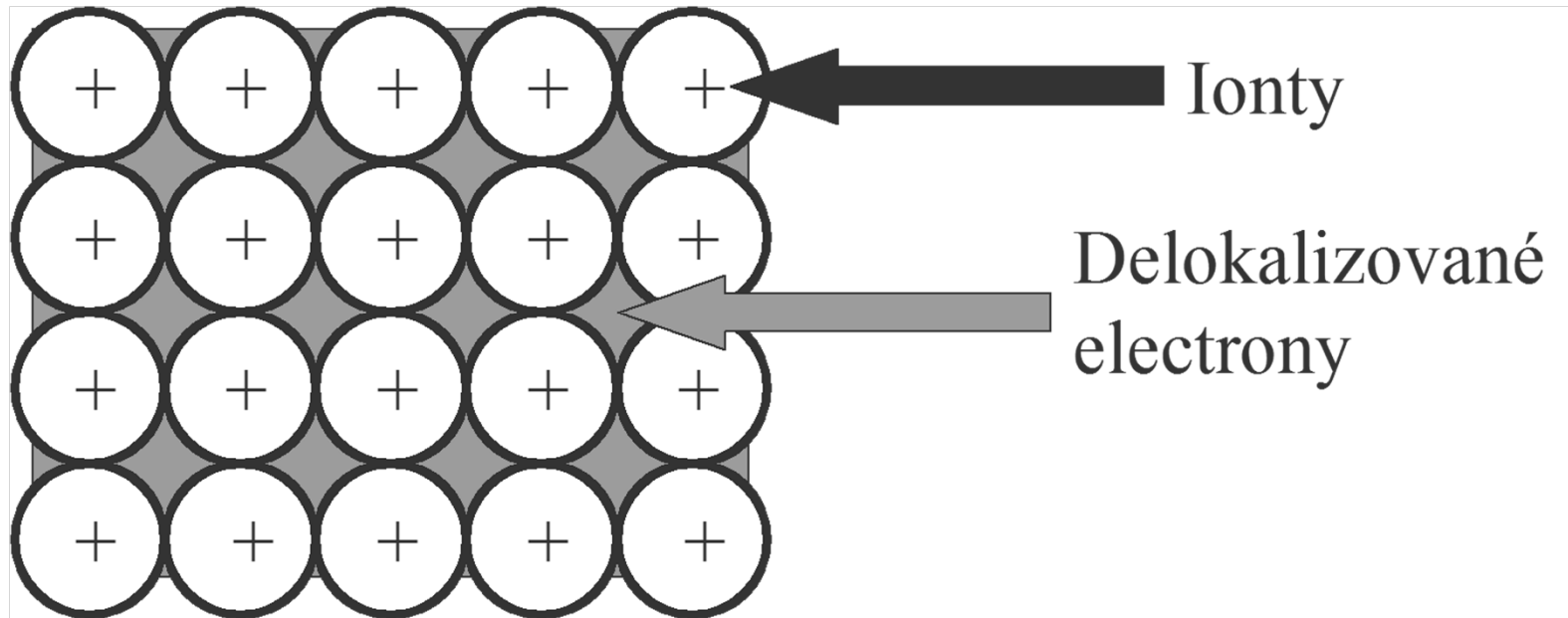


(b)

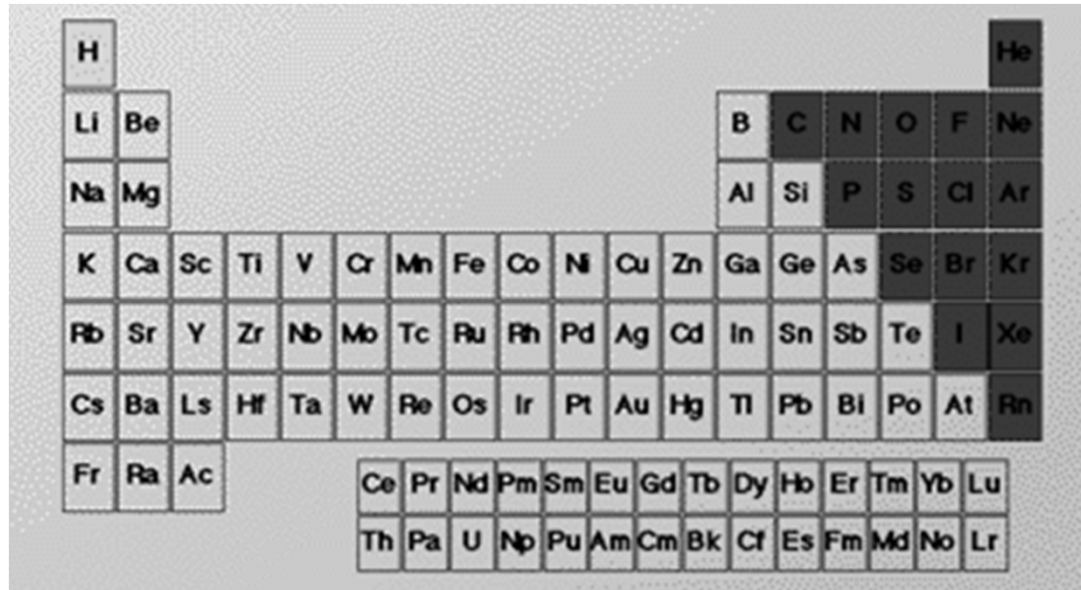




## Kovová vazba



# Nekovy



The image shows a periodic table with nonmetals highlighted in black. The highlighted elements are: H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, 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, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr.

H																			He	
Li	Be										B	C	N	O	F			Ne		
Na	Mg										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																		
							Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
							Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Kovalentní vazby silné, silně směrové, dobrý překryv orbitalů, malé atomy, vysoká ionizační energie, malá polarizovatelnost, slabé vdW interakce

# Metaloidy - polokovy

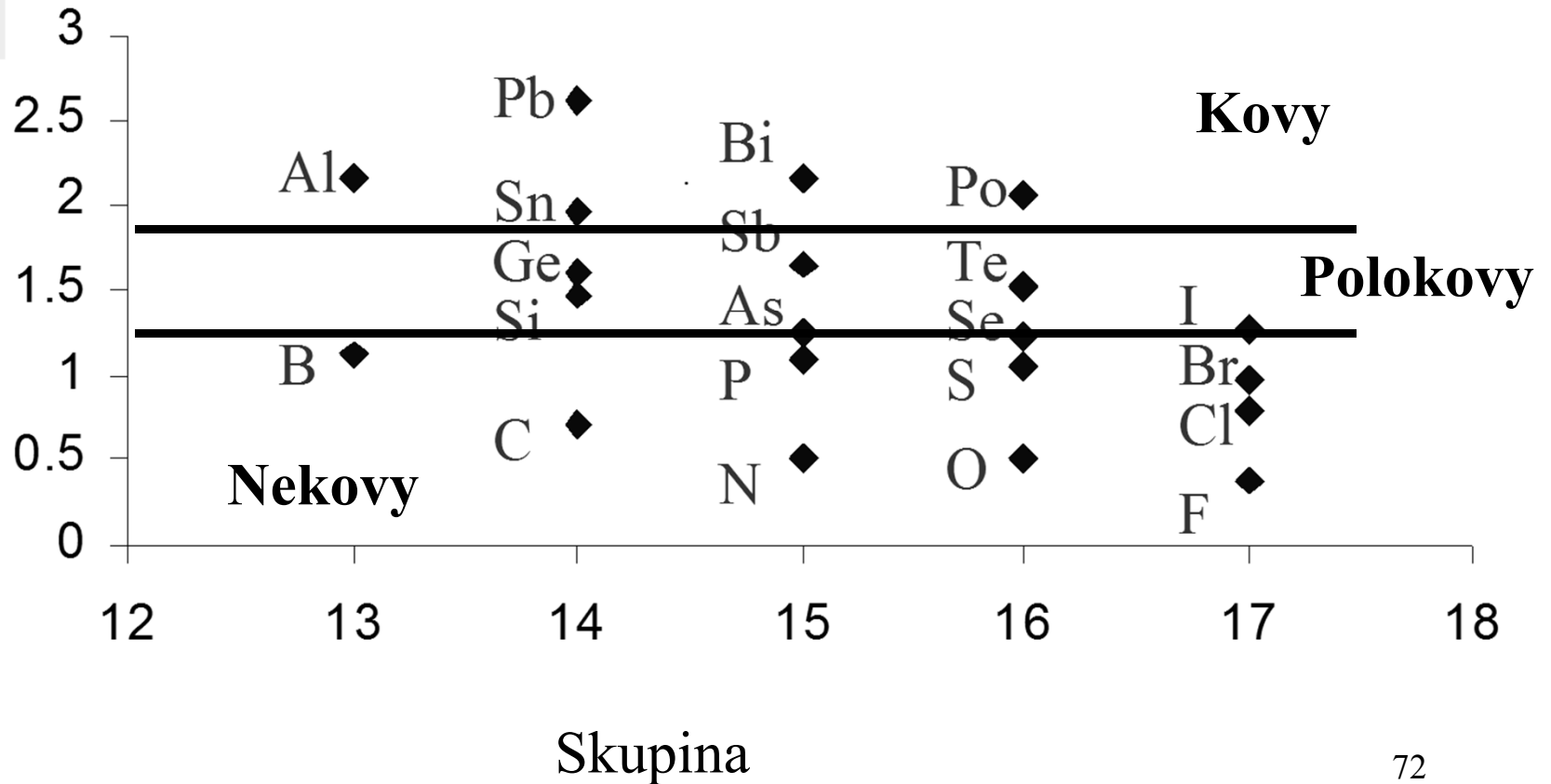
The image shows a periodic table of elements with metalloids highlighted in grey. The highlighted elements are Boron (B), Silicon (Si), Germanium (Ge), Arsenic (As), Antimony (Sb), Tellurium (Te), and Astatine (At). The rest of the elements are in white boxes.

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											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	Ls	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac																
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hb	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

Slabší kovalentní vazby, velikost atomů a polarizovatelnost umožňuje vdW interakce, sekundární vazby

# Metaloidy - polokovy

$$\frac{r}{IE}$$



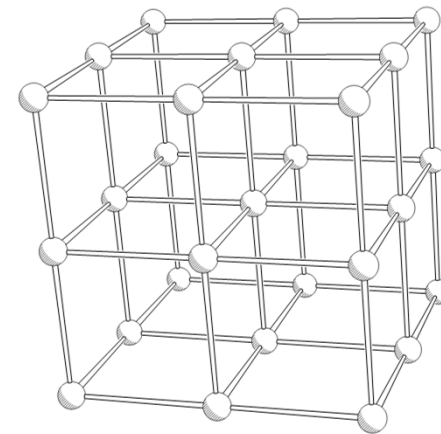
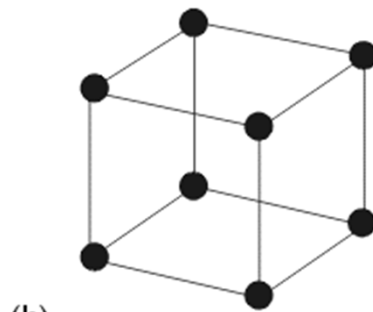
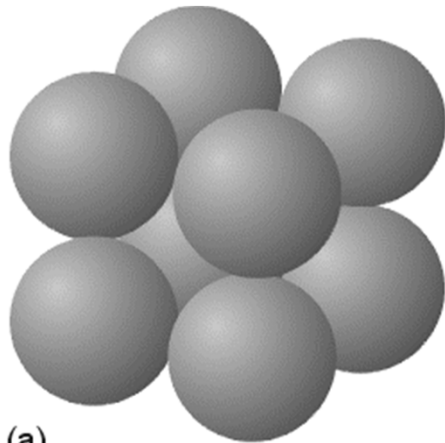
## 16. skupina

O a S - nekovy

Se – nekovové (červený) a polokovové (šedý) modifikace (allotropy)

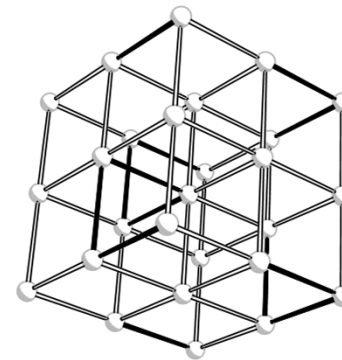
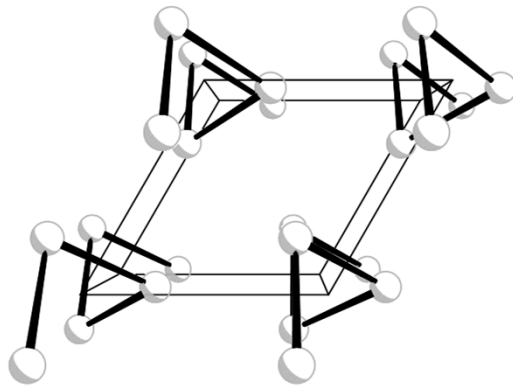
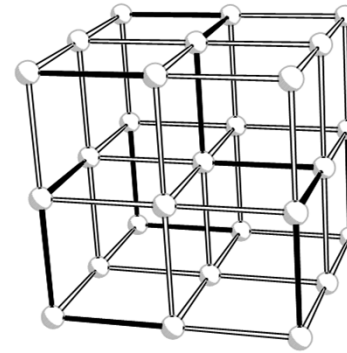
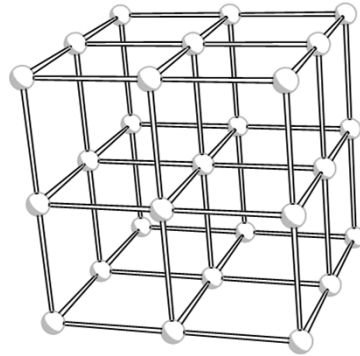
Te - polokov

Po - kov s velmi vzácnou strukturou

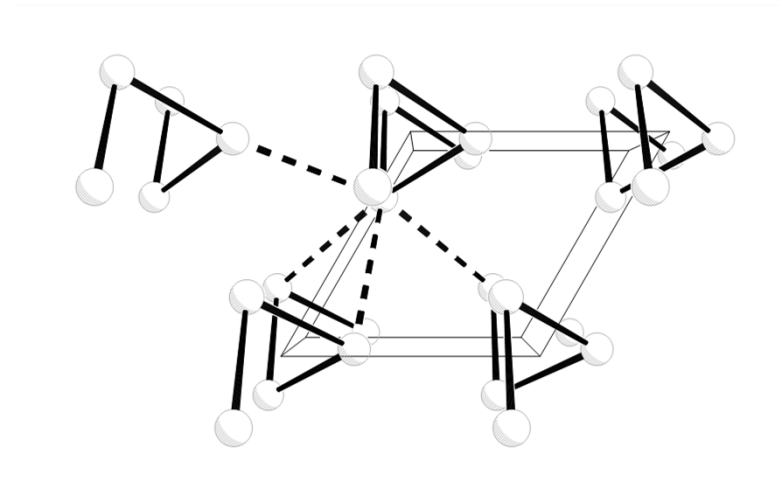


# 16. skupina

Po - kov



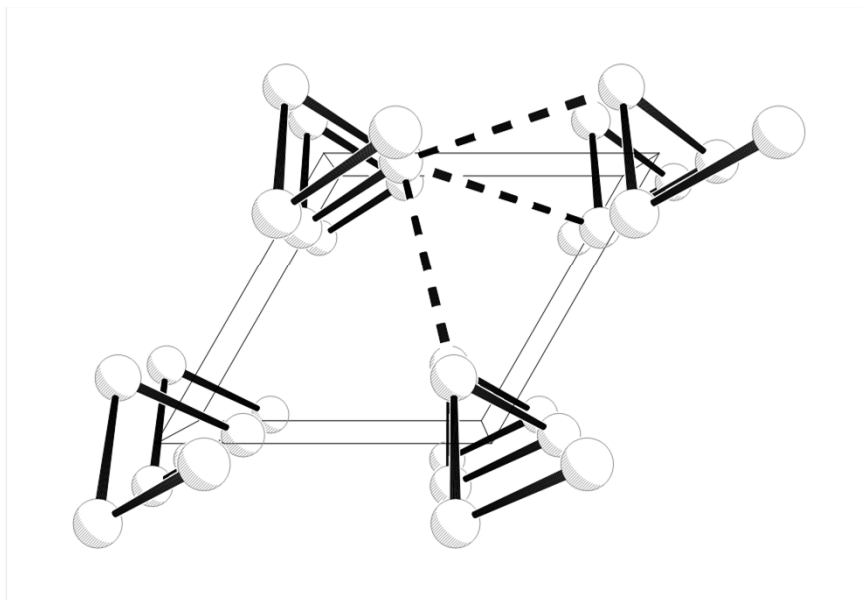
# Te



Te - polokov

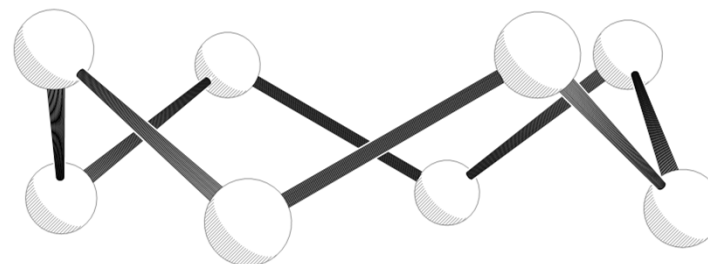
# Se

Šedý selen



polokov

Červený selen



Se<sub>8</sub> nekov