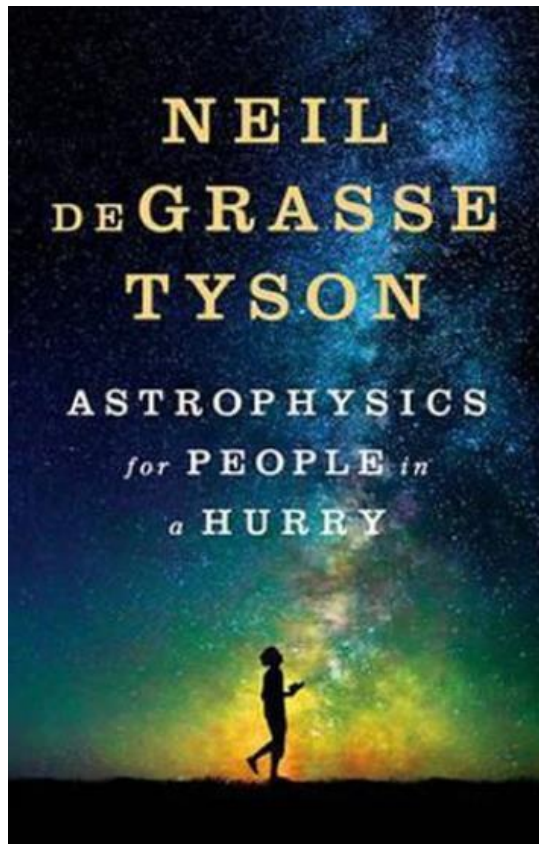


# CHEMIE PRO FAKULTU STROJNÍ

Ing. Mgr. Barbora Nikendey  
Holubová, Ph.D.

# DOMÁCÍ ZAMYŠLENÍ



Neil deGrasse Tyson Explains the Universe While Eating ...

YouTube - First We Feast

<https://www.youtube.com/watch?v=Da8-QfGemgo>

**„...while we live in the universe, the universe lives within us...“**

Co nám tím chce Neil deGrasse Tyson říci? Jak vznikají prvky periodické tabulky?

# DOMÁCÍ ZAMYŠLENÍ



Tony Stark Creating New Element Scene - Iron-Man 2 (2010) Movie CLIP HD

## Tony Stark Creating New Element Scene - Iron-Man 2 (2010)

<https://www.youtube.com/watch?v=y0brSA1cyzw>

Jak se doopravdy připravují nové prvky?



Researchers pose inside the post-stripper tank of the Heavy Ion Linear Accelerator (HILAC) at Lawrence Berkeley National Laboratory.

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/w/hatischemistry/landmarks/transuranium-elements-at-berkeley-lab.html>

# 1 VZNIK ATOMOVÝCH JADER A PRVKŮ

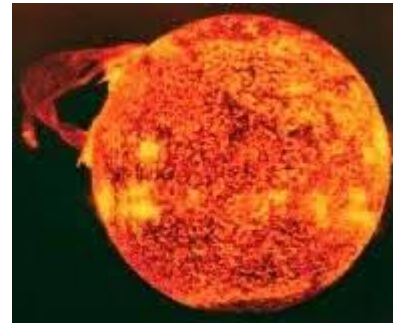
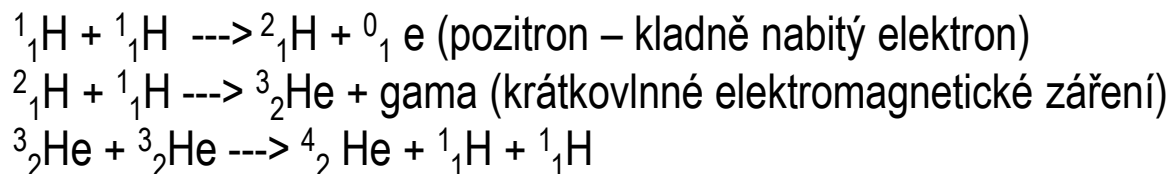
- **Množství uvolněné energie při vzniku atomových jader je obrovské:**

Při vzniku 4g He z elementárních částic ( $p^+$ ,  $n^0$ ,  $e^-$ ) se uvolní  $2,71 \cdot 10^{12}$  J = množství tepla, které stačí k ohřátí 6500 t vody z bodu tání na bod varu.

Vytvořená atomová jádra jsou tedy vysoce stabilní (k jejich rozrušení by bylo naopak nutné tuto energii do jader dodat).

- Energetické změny provázející pouhé slučování prvků a vzájemné reakce sloučenin jsou asi  $10^5$  až  $10^6$  menší.
- Chemické procesy tedy nezasahují do nitra atomových jader a všechny změny postihující strukturu jádra, štěpení jader, transmutace prvků jsou doménou **JADERNÉ FYZIKY**
- **NUKLEÁRNĚ STABILNÍ JÁDRA ATOMŮ** = jádra s největší vazebnou energií na nukleon nejeví tendenci k rozpadu či sloučení s jiným jádrem (tyto procesy nemají už žádný energeticky pozitivní příspěvek).  
Prvky v oblasti nukleonových čísel  $A = 28-120$  ( $Z = 14-50$ , Si - Sn) jsou nukleárně stabilní.
- **ATOMY SE SNÍŽENOU NUKLEÁRNÍ STABILITOU** = po vhodné iniciaci či samovolně přechází na jádra s větší energií.

Prvky o malých atomových číslech (H, Li, Be aj.) mají schopnost k přeměně: Extrémně vysoké teploty umožní přiblížení jader lehkých prvků a jejich sdružení do složitějších ale stabilnějších celků:



Prvky s těžkými jádry  $Z > 83$  (prvky těžší než Bi) jsou již všechny radioaktivní  
...samovolný radioaktivní rozpad.

Využíváno v jaderných reaktorech a při atomových explozích.

**TERMONUKLEÁRNÍ FÚZE** (Slunce, vodíková puma)

# 1 RADIOAKTIVITA

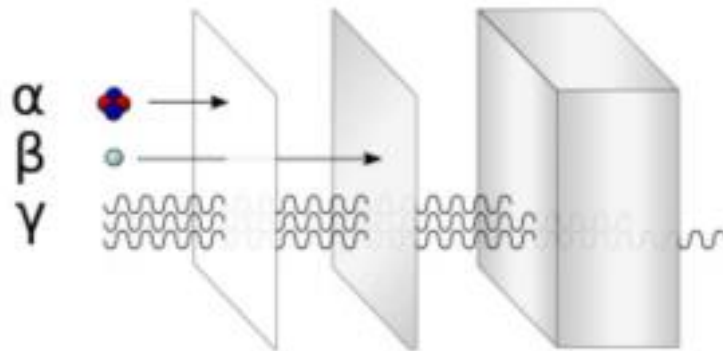
Radioaktivita je jev, při kterém dochází k rozpadu atomových jader za současného uvolnění neviditelného (radioaktivního) záření.

Jelikož dochází k rozpadu atomových jader, přičemž se mění počty obsažených protonů v daných atomech, dochází k přeměně chemického prvku na jiný.

Podle charakteru radioaktivního záření se rozlišují jeho typy  $\alpha$  (alfa),  $\beta^-$  (beta mínus),  $\beta^+$  (beta plus) a  $\gamma$  (gama).

Tab. 2.2 Přehled radioaktivních přeměn

Typ záření	Obecná rovnice	Příklad
Alfa	${}_Z^AX \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{Z-2}^{A-4}Y$	${}_{78}^{192}\text{Pt} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{76}^{188}\text{Os}$
Beta -	${}_Z^AX \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{Z+1}^AY$	${}_{26}^{58}\text{Fe} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_{27}^{58}\text{Co}$
Beta +	${}_Z^AX \rightarrow {}_1^0e + {}_{Z-1}^AY$	${}_{9}^{18}\text{F} \rightarrow {}_1^0e + {}_8^{18}\text{O}$



Obr. 2.8 Pronikavost záření  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  skrz papír, hliníkovou folii a betonovou desku.

Radioaktivní záření je přítomné v bezprostřední blízkosti člověka nepřetržitě. Přibližně 78 % tohoto záření pochází z vesmíru, 21 % má svůj původ ve zdravotnictví a 1 % tvoří přírodní radionuklidy ( ${}^3\text{H}$ ,  ${}^{14}\text{C}$ ,  ${}^{40}\text{K}$ ).

Při vyšších dávkách může být radioaktivní záření mutagenní (způsobovat mutaci), karcinogenní (způsobovat rakovinu) či teratogenní (poškozovat plod).



# 2 PERIODICKÁ TABULKA

**PERIODICKÝ ZÁKON PRVKŮ:** Jsou-li prvky seřazeny podle rostoucích protonových čísel, jejich fyzikální a chemické vlastnosti se mění periodicky.

PERIODY – 7 vodorovných řad (2,8,8,18,18,32,32)

SKUPINY – 18 skupin (arab. č., nebo A-B I-VIII)

R <sub>2</sub> O RH		RO RH <sub>2</sub>				R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> RH <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub> RH <sub>4</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub> RH <sub>3</sub>		RO <sub>3</sub> H <sub>2</sub> R		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub> HR				
1												18						
I. A												VIII. A						
1	1,0079 <b>1H</b> Vodík	<b>Periodická soustava prvků</b>										13	14	15	16	17	4,00 <b>2He</b> Helium	
2	6,94 <b>3Li</b> Lithium	9,01 <b>4Be</b> Beryllium	<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>alkalické kovy</span> <span>kovy alkalických zemin</span> <span>přechodné kovy</span> <span>kovy</span> <span>polokovy</span> <span>nekovy</span> <span>halogeny</span> <span>vzácné plyny</span> </div>										10,81 <b>5B</b> Bor	12,01 <b>6C</b> Uhlík	14,01 <b>7N</b> Dusík	16,00 <b>8O</b> Kyslík	19,00 <b>9F</b> Fluor	20,18 <b>10Ne</b> Neon
3	22,99 <b>11Na</b> Sodík	24,31 <b>12Mg</b> Hořčík	44,96 <b>21Sc</b> Skandium	47,88 <b>22Ti</b> Titan	50,94 <b>23V</b> Vanad	52,00 <b>24Cr</b> Chrom	54,94 <b>25Mn</b> Mangan	55,85 <b>26Fe</b> Železo	58,93 <b>27Co</b> Kobalt	58,69 <b>28Ni</b> Nikl	63,55 <b>29Cu</b> Měď	65,38 <b>30Zn</b> Zinek	69,72 <b>31Ga</b> Gallium	72,61 <b>32Ge</b> Germanium	74,92 <b>33As</b> Arsen	78,96 <b>34Se</b> Selen	79,90 <b>35Br</b> Brom	83,80 <b>36Kr</b> Krypton
4	39,10 <b>19K</b> Draslík	40,08 <b>20Ca</b> Vápník	88,91 <b>39Y</b> Yttrium	91,22 <b>40Zr</b> Zirkonium	92,91 <b>41Nb</b> Niobium	95,94 <b>42Mo</b> Molybden	~98 <b>43Tc</b> Technecium	101,07 <b>44Ru</b> Ruthenium	102,91 <b>45Rh</b> Rhodium	106,42 <b>46Pd</b> Palladium	107,87 <b>47Ag</b> Stříbro	112,41 <b>48Cd</b> Kadmium	114,82 <b>49In</b> Indium	118,71 <b>50Sn</b> Cin	121,75 <b>51Sb</b> Antimon	127,60 <b>52Te</b> Tellur	126,90 <b>53I</b> Jod	131,29 <b>54Xe</b> Xenon
5	85,47 <b>37Rb</b> Rubidium	87,62 <b>38Sr</b> Stroncium	178,49 <b>72Hf</b> Hafnium	180,95 <b>73Ta</b> Tantal	183,85 <b>74W</b> Wolfram	186,21 <b>75Re</b> Rhenium	190,20 <b>76Os</b> Osmium	192,22 <b>77Ir</b> Iridium	195,08 <b>78Pt</b> Platina	196,97 <b>79Au</b> Zlato	200,59 <b>80Hg</b> Rtuť	204,38 <b>81Tl</b> Thallium	207,20 <b>82Pb</b> Olovo	208,98 <b>83Bi</b> Bismut	~209 <b>84Po</b> Polonium	~210 <b>85At</b> Astat	~222 <b>86Rn</b> Radon	
6	132,91 <b>55Cs</b> Cesium	137,33 <b>56Ba</b> Barium	~267 <b>104Rf</b> Rutherfordium	~268 <b>105Db</b> Dubnium	~269 <b>106Sg</b> Seaborgium	~270 <b>107Bh</b> Bohrium	~269 <b>108Hs</b> Hassium	~278 <b>109Mt</b> Meitnerium	~281 <b>110Ds</b> Darmstadtium	~281 <b>111Rg</b> Roentgenium	~285 <b>112Cn</b> Copernicium	~286 <b>113Nh</b> Nihonium	~289 <b>114Fl</b> Flerovium	~288 <b>115Mc</b> Moscovium	~293 <b>116Lv</b> Livermorium	~294 <b>117Ts</b> Tennessine	~294 <b>118Og</b> Oganesson	
7	~223 <b>87Fr</b> Francium	226,03 <b>88Ra</b> Radium	~267 <b>104Rf</b> Rutherfordium	~268 <b>105Db</b> Dubnium	~269 <b>106Sg</b> Seaborgium	~270 <b>107Bh</b> Bohrium	~269 <b>108Hs</b> Hassium	~278 <b>109Mt</b> Meitnerium	~281 <b>110Ds</b> Darmstadtium	~281 <b>111Rg</b> Roentgenium	~285 <b>112Cn</b> Copernicium	~286 <b>113Nh</b> Nihonium	~289 <b>114Fl</b> Flerovium	~288 <b>115Mc</b> Moscovium	~293 <b>116Lv</b> Livermorium	~294 <b>117Ts</b> Tennessine	~294 <b>118Og</b> Oganesson	

Periodické podobnosti si vysvětlujeme na základě elektronové konfigurace atomů :  $l \leq (n-1)$

Z hlediska orbitalového modelu se rozlišují tzv. **s-prvky, p-prvky, d-prvky a f-prvky.**

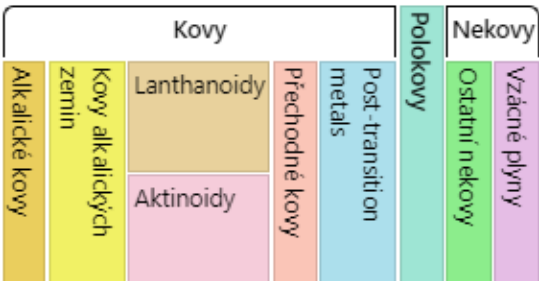
Dělení prvků na přechodné (**s-prvky, p-prvky**) a nepřechodné (**d-prvky**) a vnitřně přechodné (**f-prvky**).

**Zvláštní označení některých skupin:**  
alkalické kovy (1. skupina bez vodíku),  
kovy alkalických zemin (2. skupina), vzácné plyny (18. skupina), halogeny (solitvorné prvky, 17. skupina),  
chalkogeny (rudotvorné prvky, 16. skupina).  
**! Lanthanoidy – aktinoidy! – řada ne skupina**

6	Lanthanoidy	138,91 <b>57La</b> Lanthan	140,12 <b>58Ce</b> Cer	140,91 <b>59Pr</b> Praseodym	144,24 <b>60Nd</b> Neodymium	~145 <b>61Pm</b> Promethium	150,36 <b>62Sm</b> Samarium	151,96 <b>63Eu</b> Europium	157,25 <b>64Gd</b> Gadolium	158,93 <b>65Tb</b> Terbium	162,50 <b>66Dy</b> Dysprosium	164,93 <b>67Ho</b> Holmium	167,26 <b>68Er</b> Erbium	168,93 <b>69Tm</b> Thulium	173,04 <b>70Yb</b> Ytterbium	174,04 <b>71Lu</b> Lutetium
7	Aktinoidy	227,03 <b>89Ac</b> Aktinium	232,04 <b>90Th</b> Thorium	231,04 <b>91Pa</b> Protaktinium	238,03 <b>92U</b> Uran	237,05 <b>93Np</b> Neptunium	(244) <b>94Pu</b> Plutonium	~243 <b>95Am</b> Americium	~247 <b>96Cm</b> Curium	~247 <b>97Bk</b> Berkelium	~251 <b>98Cf</b> Kalifornium	~252 <b>99Es</b> Einsteinium	~257 <b>100Fm</b> Fermium	~258 <b>101Md</b> Mendelevium	~259 <b>102No</b> Nobelium	~260 <b>103Lr</b> Lawrencium

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 Pniktogeny	16 Chalkogeny	17 Halogeny	18															
1 H Vodík 1,008	Atomic Značka Název Hmotnost	3 Li Lithium 6,94	4 Be Beryllium 9,0122														2 He Helium 4,0026															
2 11 Na Sodík 22,990	12 Mg Hořčík 24,305																5 B Bor 10,81	6 C Uhlík 12,011	7 N Dusík 14,007	8 O Kyslík 15,999	9 F Fluor 18,998	10 Ne Neon 20,180										
4 19 K Draslík 39,098	20 Ca Vápník 40,078																13 Al Hliník 26,982	14 Si Křemík 28,085	15 P Fosfor 30,974	16 S Síra 32,06	17 Cl Chlor 35,45	18 Ar Argon 39,948										
5 37 Rb Rubidium 85,468	38 Sr Stroncium 87,62																21 Sc Skandium 44,956	22 Ti Titan 47,867	23 V Vanad 50,942	24 Cr Chrom 51,996	25 Mn Mangan 54,938	26 Fe Železo 55,845	27 Co Kobalt 58,933	28 Ni Nikl 58,693	29 Cu Měď 63,546	30 Zn Zinek 65,38	31 Ga Gallium 69,723	32 Ge Germanium 72,630	33 As Arsen 74,922	34 Se Selen 78,971	35 Br Brom 79,904	36 Kr Krypton 83,798
6 55 Cs Cesium 132,91	56 Ba Baryum 137,33	57 La Lanthan 138,91	58 Ce Cer 140,12	59 Pr Praseodym 140,91	60 Nd Neodym 144,24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,96	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,93	66 Dy Dysprosium 162,50	67 Ho Holmium 164,93	68 Er Erbium 167,26	69 Tm Thulium 168,93	70 Yb Ytterbium 173,05	71 Lu Lutecium 174,97	72 Hf Hafnium 178,49	73 Ta Tantal 180,95	74 W Wolfram 183,84	75 Re Rhenium 186,21	76 Os Osmium 190,23	77 Ir Iridium 192,22	78 Pt Platina 195,08	79 Au Zlato 196,97	80 Hg Rtuť 200,59	81 Tl Thallium 204,38	82 Pb Olovo 207,2	83 Bi Bismut 208,98	84 Po Polonium (209)	85 At Astat (210)	86 Rn Radon (222)	
7 87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 Ac Aktinium (227)	90 Th Thorium 232,04	91 Pa Protaktinium 231,04	92 U Uran 238,03	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Kalifornium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelovium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (266)	104 Rf Rutherfordium (267)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (277)	109 Mt Meitnerium (278)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (290)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessin (294)	118 Og Oganesson (294)	

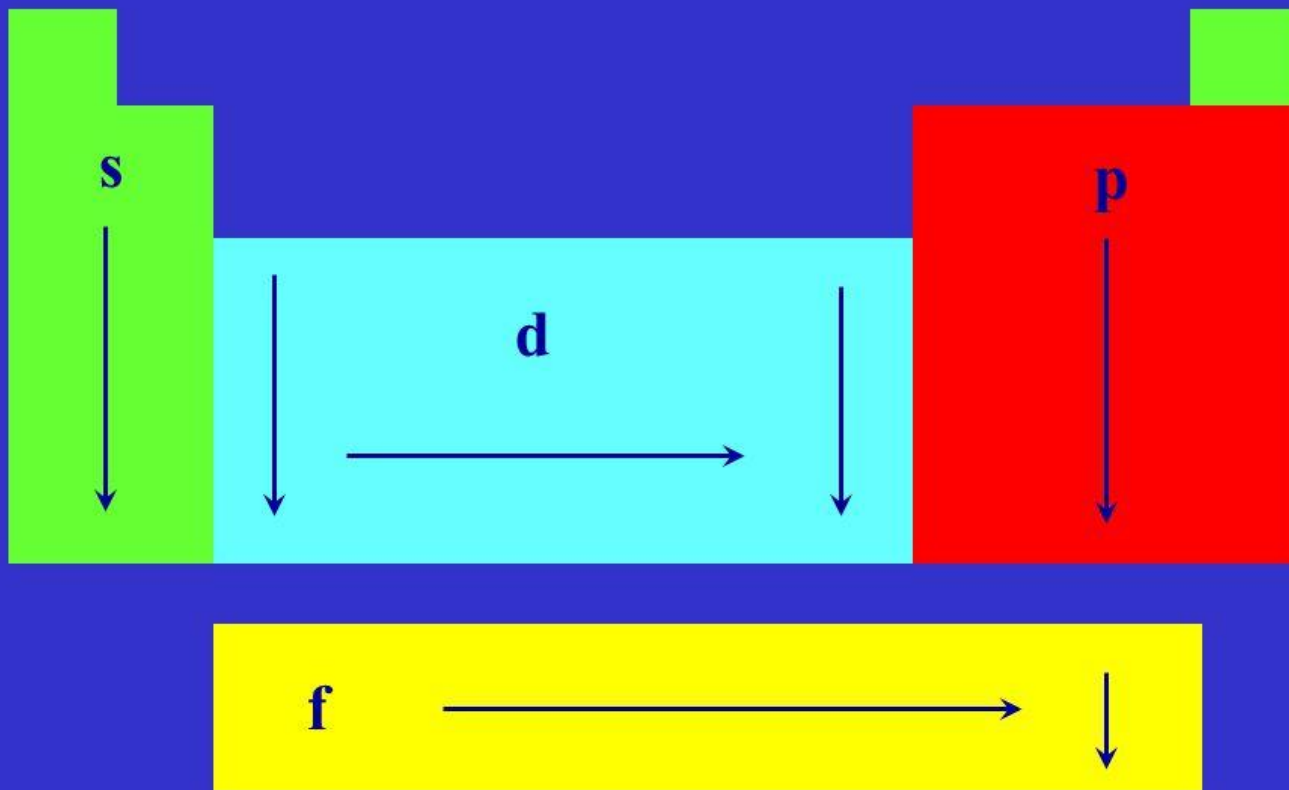
- C** Pevná
- Hg** Kapalina
- H** Plyn
- Rf** Neznám



Pro prvky s nestabilními izotopy, je hmotnostní číslo izotopu s nejdelším polčasem rozpadu v závorce.



# Podobnost vlastností prvků v PSP

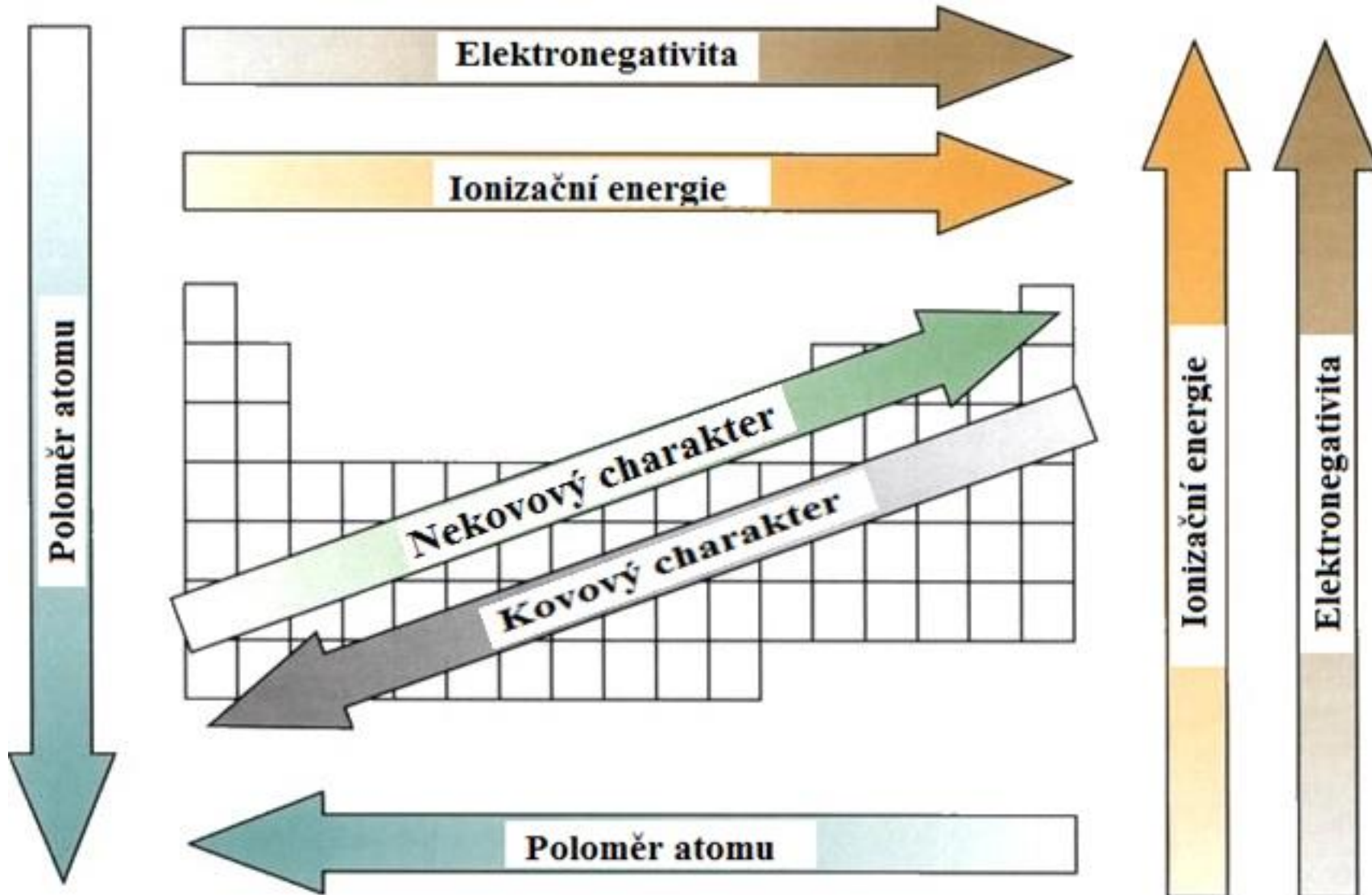


V této tabulce vidíme, že helium má zcela zaplněnou valenční slupku, tedy dva elektrony v své první a jediné slupce  $1n$ . Podobně je tomu u neonu, který má osm elektronů v jeho valenční slupce  $2n$ . Tyto elektronové konfigurace jsou zodpovědné za to, že helium a neon jsou velmi stabilní. Ačkoliv argon nemá zaplněnou valenční slupku, neboť slupka  $3n$  může pojmout až osmnáct elektronů, tak je argon stejně jako neon a helium stabilní, neboť má ve valenční slupce osm elektronů, a tím pádem splňuje oktetové pravidlo.

Naopak chlor má ve své valenční slupce pouze sedm elektronů a sodík jen jeden. To znamená, že chlor ani sodík nemají zcela zaplněnou valenční slupku a ani nesplňují oktetové pravidlo, a tudíž dychtivě touží po tom, aby přijaly nebo ztratily elektrony, a dosáhly tak stabilnější konfigurace.

	1. skupina	14. skupina	17. skupina	18. skupina
1. perioda plní se slupka $1n$				
2. perioda plní se slupka $2n$				
3. perioda plní se slupka $3n$				

# 2 PERIODICKÁ TABULKA



## Vertikální podobnost (dominující):

- Klesá efektivní náboj jádra
- vzrůstá velikost atomů
- klesá ionizační energie a elektronová afinita
- Klesá elektronegativita
- Postupně zesilují kovové vlastnosti
- Vyrůstá reaktivita

# 2 PERIODICKÁ TABULKA

## Elektronegativita (X) - 1932 Linus Pauling

- je měrou schopnosti přitahovat elektrony vazebné dvojice. Nejnižší elektronegativitu má francium, je to nejvíce elektropozitivní prvek v tabulce. Na opačném konci stupnice se nachází fluor s nejvyšší elektronegativitou. Elektronegativita úzce souvisí s efektivním nábojem jádra, který v tabulce roste směrem zleva doprava.
- Elektronegativita prvku je bezrozměrnou veličinou získanou výpočty.

→ Atomový poloměr se zmenšuje → Ionizační energie vzrůstá → Elektronegativita vzrůstá →

Skupina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Perioda																		
1	H 2.20																	He 3.89
2	Li 0.98	Be 1.57											B 2.04	C 2.55	N 3.04	O 3.44	F 3.98	Ne 3.67
3	Na 0.93	Mg 1.31											Al 1.61	Si 1.90	P 2.19	S 2.58	Cl 3.16	Ar 3.3
4	K 0.82	Ca 1.00	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 1.90	Zn 1.65	Ga 1.81	Ge 2.01	As 2.18	Se 2.55	Br 2.96	Kr 3.00
5	Rb 0.82	Sr 0.99	Y 1.22	Zr 1.33	Nb 1.6	Mo 2.16	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.28	Pd 2.20	Ag 1.93	Cd 1.69	In 1.78	Sn 1.96	Sb 2.05	Te 2.1	I 2.66	Xe 2.6
6	Cs 0.79	Ba 0.89	*	Hf 1.3	Ta 1.5	W 2.36	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.20	Pt 2.28	Au 2.54	Hg 2.00	Tl 1.62	Pb 2.33	Bi 2.02	Po 2.0	At 2.2	Rn 2.2
7	Fr 0.7	Ra 0.9	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
.anthanoidy	*	La 1.1	Ce 1.12	Pr 1.13	Nd 1.14	Pm 1.13	Sm 1.17	Eu 1.2	Gd 1.2	Tb 1.1	Dy 1.22	Ho 1.23	Er 1.24	Tm 1.25	Yb 1.1	Lu 1.27		
Aktinoidy	**	Ac 1.1	Th 1.3	Pa 1.5	U 1.38	Np 1.36	Pu 1.28	Am 1.13	Cm 1.28	Bk 1.3	Cf 1.3	Es 1.3	Fm 1.3	Md 1.3	No 1.3	Lr 1.291		

# 2 PERIODICKÁ TABULKA

**Elektronová afinita** je mírou ochoty prvku přijmout elektron a stát se anionem, její hodnota je záporná, protože přijetím elektronu se systém stabilizuje a uvolní energii.

**Ionizační energie**, neboli energie potřebná na vytržení jednoho elektronu a vzniku kationu. Ionizační energie je kladná, jelikož je to energie, kterou musíme dodat, abychom elektron vzdálili na nulový potenciál, neboli do vzdálenosti, kde necítí přitažlivé síly jádra.

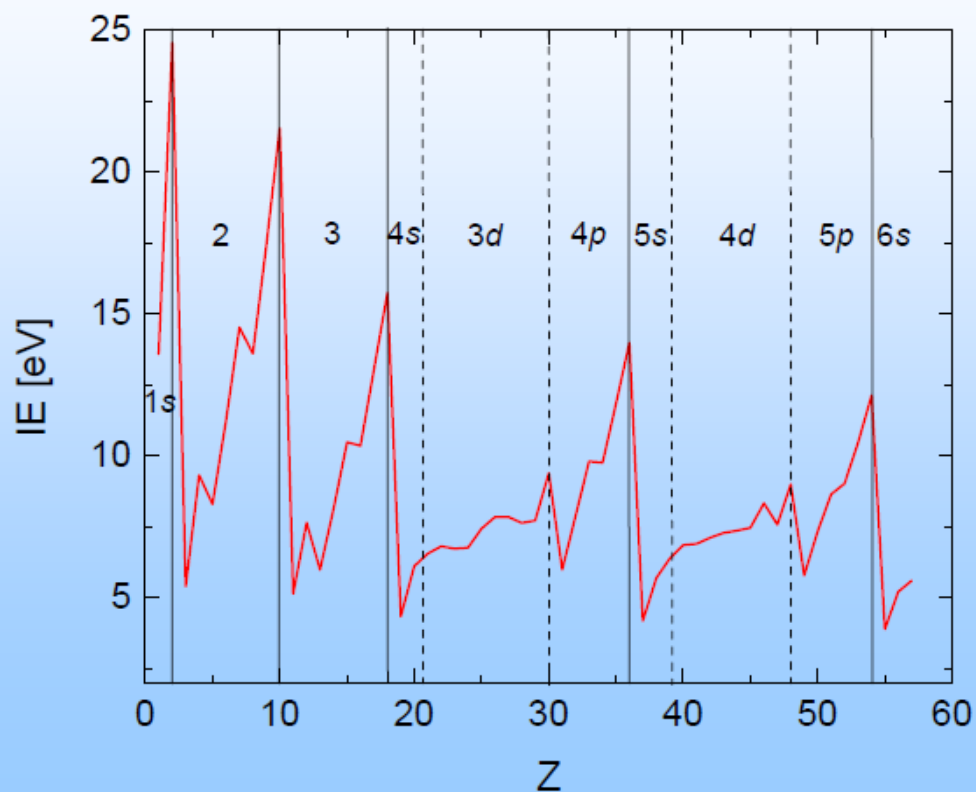
**Velikost atomového poloměru** přímo koreluje s velikostí náboje jádra. Čím slabším nábojem jádro na elektrony působí, tím více se mohou vzdálit od jádra a zvětšit tak atomový poloměr. Navíc směrem dolů ve skupinách přibývá vnitřních elektronů, které lépe odstíní náboj jádra, tudíž valenční elektrony jej méně pociťují a mohou se proto od jádra více vzdálit.

**Z postavení prvku v periodické tabulce můžeme usuzovat na jeho chování v reakcích.**

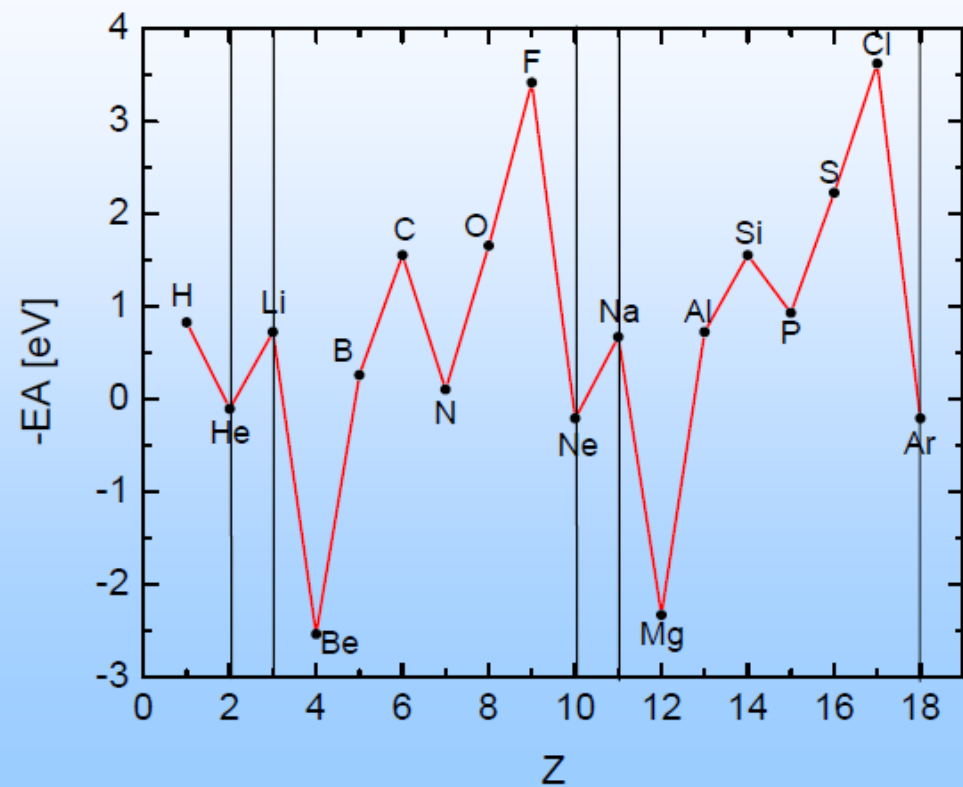
*Například: Prvky z levé části periodické tabulky budou ochotně poskytovat elektrony z s-orbitalů a získají tak stabilní konfiguraci nejbližšího nižšího vzácného plynu. Z těchto důvodů je ve sloučeninách nalezneme výhradně jako kationty v kladném oxidačním stupni. Vzhledem k jejich nízkým elektronegativitám a polarizačnímu účinku na vodu tvoří silné zásady.*

*Naproti tomu prvky z pravé části periodické tabulky, které mají vysokou elektronegativitu, ochotně přijímají elektrony a získávají tak elektronovou konfiguraci nejbližšího vyššího vzácného plynu. Z těchto důvodů se ve sloučeninách vyskytují nejčastěji jako anionty v záporných oxidačních stavech. Většina má kyselinotvorný charakter.*

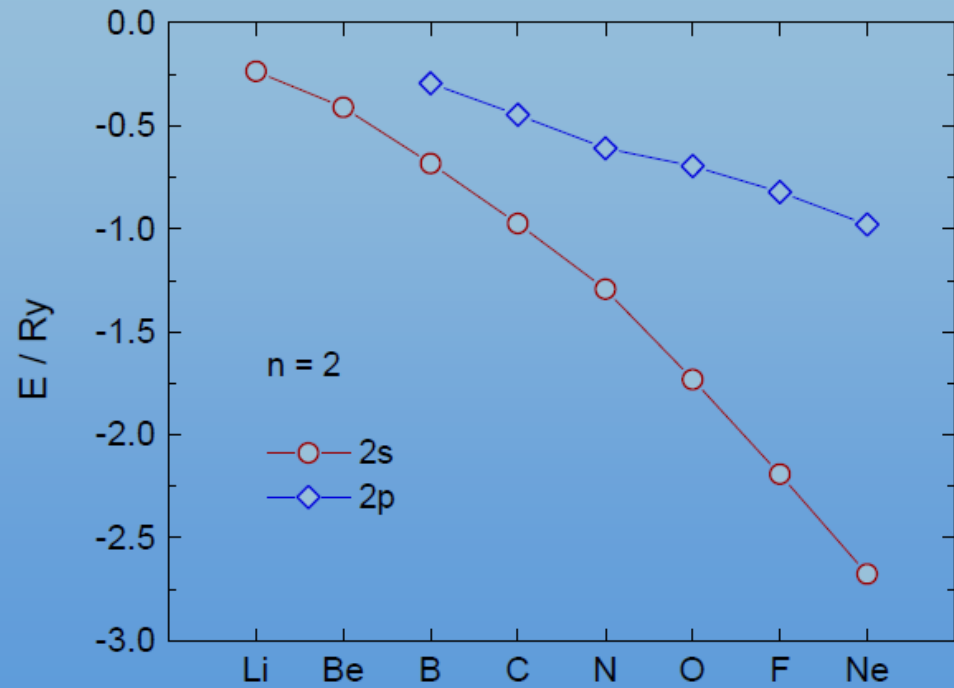
## Ionizační energie



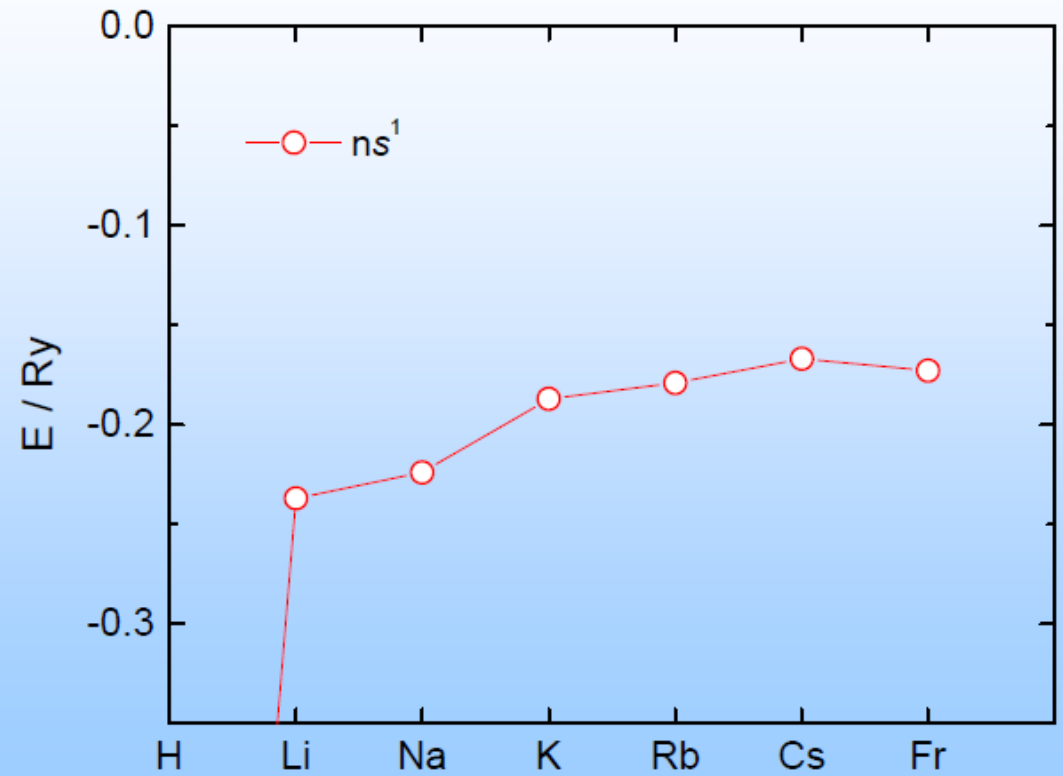
## Elektronová afinita



## Závislost energie na Z



## Závislost energie na Z



# 2 NEKOVY

- látky **plynné** (např. kyslík, dusík, chlor), **kapalné** (brom) i **pevné** (např. uhlík, fosfor).
- **Vazebné možnosti elementárních nekovů jsou mnohem bohatší** – izolované atomy vzácných plynů, dvouatomové molekuly (např. O<sub>2</sub>) až po klastry a dvoj- či trojrozměrné sítě (např. P<sub>4</sub>, červený fosfor nebo diamant).
- Z vysoké vazebné variability nekovů pak vyplývají i jejich **rozmanité fyzikální vlastnosti**.
- Chemické vlastnosti nekovů vyplývají z jejich vysoké elektronegativity.
- Nejvíce elektronegativní prvky snadno tvoří **anionty** (F<sup>-</sup>, O<sup>2-</sup>).
- Nekovy často nacházíme jako **centrální atomy oxoaniontů** (např. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).
- **Oxidy nekovů** bývají většinou **kyselinotvorné**.
- Podskupinou nekovů jsou tzv. vzácné plyny (skupina 18), které jen velmi neochotně tvoří sloučeniny, pokud vůbec.

The periodic table is color-coded to show the distribution of metals, metalloids, and nonmetals. Metals are shown in blue, metalloids in green, and nonmetals in red. Hydrogen (H) is red, and Helium (He) is blue. The lanthanide and actinide series are shown in blue at the bottom.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Ac			

Obrázek 3: Kovy (modře), polokovy (zeleně) a nekovy (červeně) v periodické tabulce





# 2 SÍLA KYSELIN

Z postavení prvku v periodické tabulce můžeme usuzovat na jeho chování v reakcích.

Například: Prvky z levé části periodické tabulky budou ochotně poskytovat elektrony z s-orbitalů a získají tak stabilní konfiguraci nejbližšího nižšího vzácného plynu. Z těchto důvodů je ve sloučeninách nalezneme výhradně jako kationty v kladném oxidačním stupni. Vzhledem k jejich nízkým elektronegativitám a polarizačnímu účinku na vodu tvoří silné zásady.

Naproti tomu prvky z pravé části periodické tabulky, které mají vysokou elektronegativitu, ochotně přijímají elektrony a získávají tak elektronovou konfiguraci nejbližšího vyššího vzácného plynu. Z těchto důvodů se ve sloučeninách vyskytují nejčastěji jako anionty v záporných oxidačních stavech. Většina má kyselinotvorný charakter.

<https://www.youtube.com/watch?v=Oxd-An-BNwl>

## Examples of Acidity Trends

H-X	Bond length (Å)	BDE (kcal/mol)	pK <sub>a</sub>
HF	0.92 short	136 strong	3.1
HCl	1.27	103	-3.9
HBr	1.41	87	-5.8
HI	1.61 long	71 weak	-10.4

weakest acid

strongest acid

Down a group, bond strength decreases and bond length and acidity increase. Larger anions are stabilized by greater charge dispersion.

Across a period to the right, electronegativity and acidity increase. An anion is stabilized by a more highly charged nucleus.

## Examples of Acidity Trends

H-X	Bond length (Å)	BDE (kcal/mol)	pK <sub>a</sub>
HF	0.92	136	3.1
H <sub>2</sub> O	0.96	119	15.7
H <sub>2</sub> S	1.35	87	7.0



# 3 CHEMICKÉ REAKCE - OBECNĚ

Z hlediska atomové teorie a představ o chemické vazbě je chemická reakce přeskupením atomů, při kterém některé vazby zanikají a jiné vznikají.

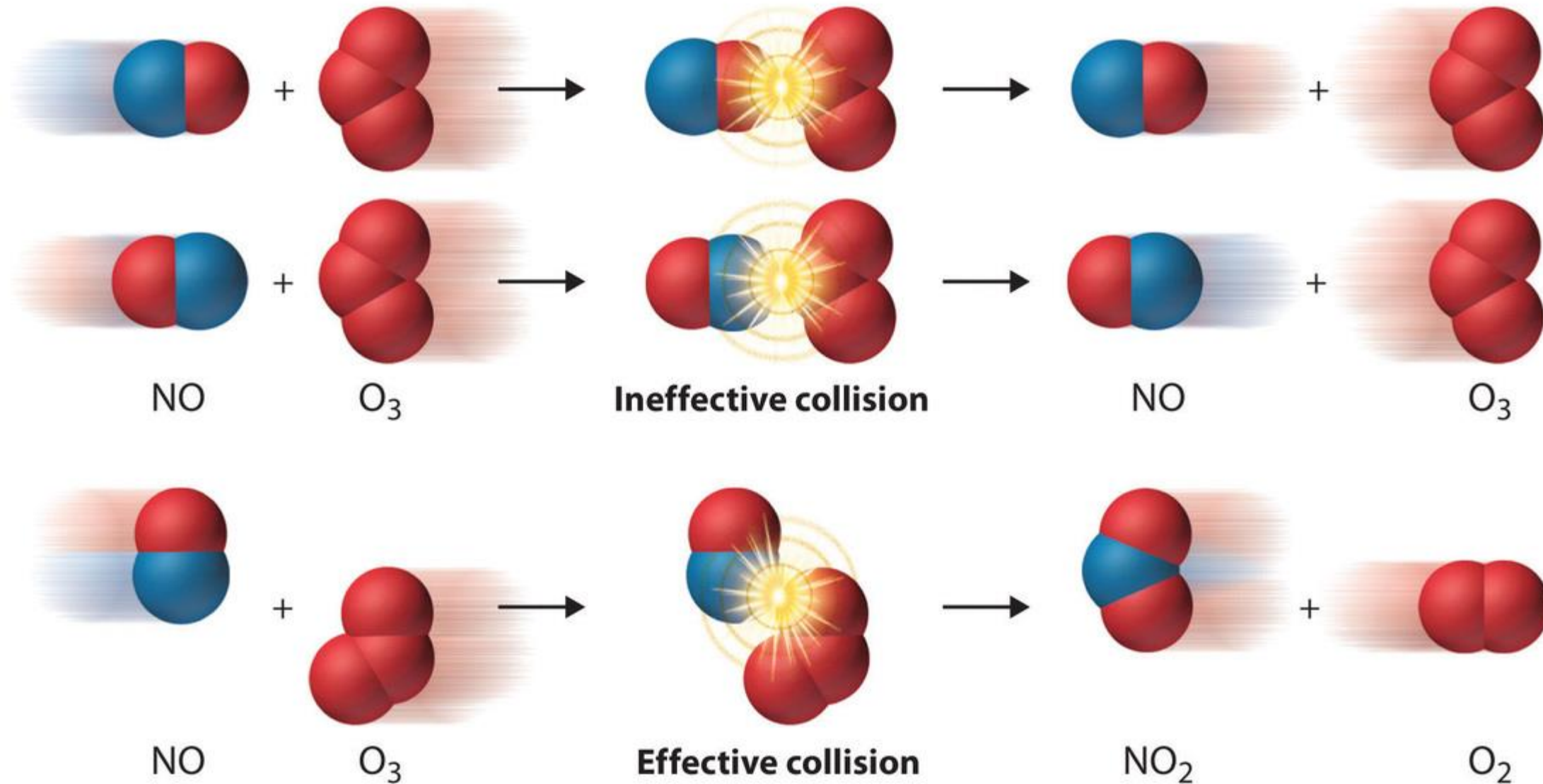
- Přerušení vazeb v látkách vstupujících do reakce vyžaduje energii, která se rovná vazebným energiím.
- Vznik nových vazeb je provázen uvolněním energie, která je rovna energiím nově vznikajících vazeb.
- Energie potřebné pro zahájení chemické reakce se označuje jako **aktivační energie EA**.
- Historicky bylo odvozeno několik teorií popisujících průběh chemické reakce - **TEORIE AKTIVOVANÉHO KOMPLEXU (TAK)**.



Obr.: Schéma průběhu chemické reakce přes aktivovaný komplex

- Tato teorie vysvětluje průběh reakce přes tzv. **aktivovaný komplex**: nestabilní částice, kterou poutají nevazebné interakce a která vzniká vzájemnou interakcí z výchozích látek a je kontinuálně přeměňována na koncové produkty. Její životnost se pohybuje ve zlomcích sekund.

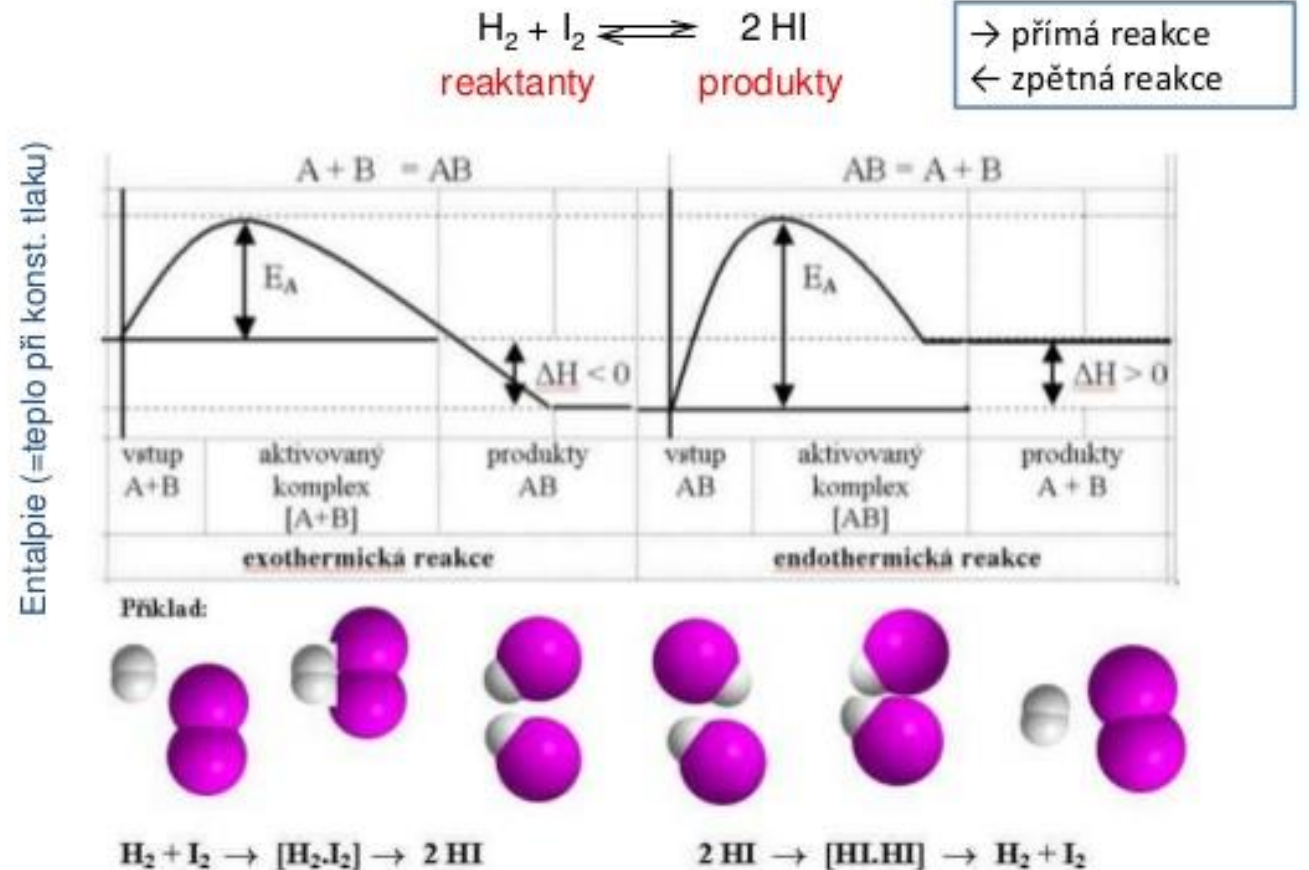
# 3 CHEMICKÉ REAKCE - OBECNĚ



# 3 CHEMICKÉ REAKCE - OBECNĚ

- **Rychlostní konstanta** → rychlost reakce, tj. jak rychle se látky přemění,
- **Rovnovážná konstanta** → průběh reakce, tj. bude více reaktantů nebo více produktů,
- **Spalné a slučovací entalpie** → výpočet tepla uvolněného nebo spotřebovaného při reakci,

## Základní energetický diagram reakcí



# 3 CHEMICKÉ REAKCE - RYCHLOST

...aneb reakční kinetika.

- Každá chemická reakce může probíhat různou rychlostí.
- Vědní obor, který se touto problematikou zabývá, se nazývá reakční kinetika.
- Rychlost chemické reakce je definována jako **úbytek látkového množství výchozích látek (eduktů) či přírůstek látkového množství produktů za jednotku času.**
- Pro obecnou chemickou reakci poté platí:



$$v = -\frac{1}{a} \cdot \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c} \cdot \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d} \cdot \frac{d[D]}{dt}$$

*d ... derivace (matematická operace)*

# 3 CHEMICKÉ REAKCE - RYCHLOST

...aneb reakční kinetika.

-Rychlost chemické reakce je možné ovlivnit několika faktory:

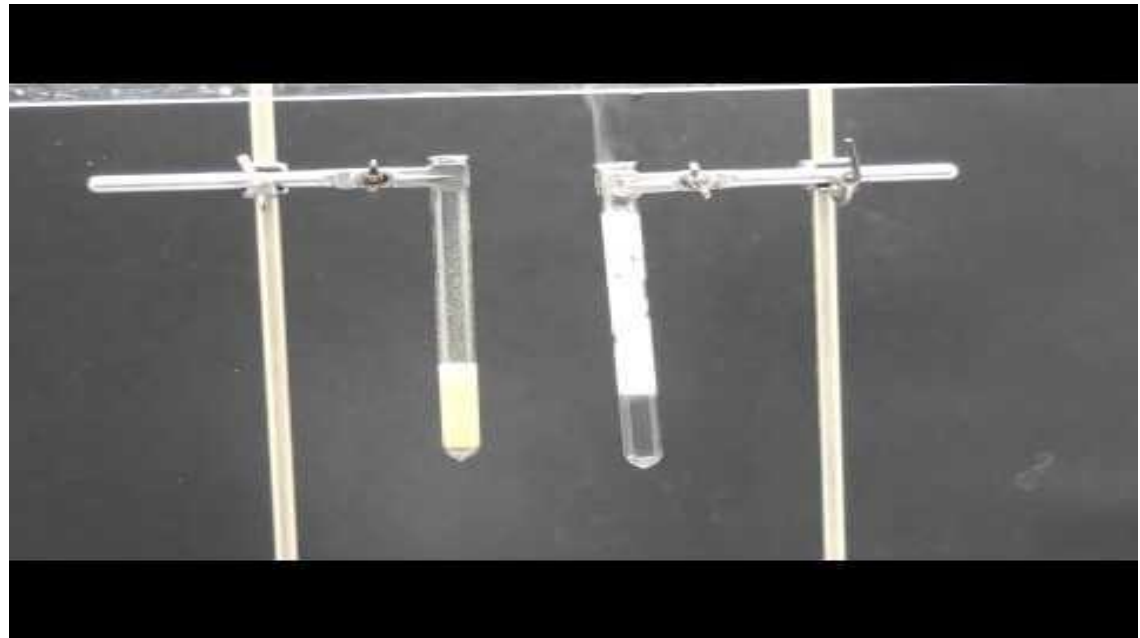
## 1) Vliv druhu výchozích látek na rychlost chemické reakce

Jaké látky spolu reagují?

...některé jsou reaktivnější než jiné.

**Reakce HCl bude rychlejší s:**

- A) Práškovým železem
- B) Hořčíkovými pilinami



*"Do třetiny objemu dvou zkumavek nalijeme 10 % kyselinu chlorovodíkovou. Poté přidáme do první 1 g práškového železa a do druhé 1 g hořčíkových pilin. Pozorně sledujeme rychlost průběhu chemických reakcí v obou zkumavkách."*

# 3 CHEMICKÉ REAKCE - RYCHLOST

...aneb reakční kinetika.

-Rychlost chemické reakce je možné ovlivnit několika faktory:

## 2) Vliv koncentrací výchozích látek na rychlost chemické reakce

Guldberg-Waagův zákon: Rychlost chemických reakcí je přímo úměrná koncentraci výchozích látek (eduktů)

$$v = k \cdot [A]^{\alpha} \cdot [B]^{\beta}$$

*v ... rychlost chemické reakce, k ... rychlostní konstanta (závislá na teplotě), [A], [B] ... koncentrace výchozích látek,  $\alpha$ ,  $\beta$  ...  
dílčí řády chemické reakce*



"Do dvou zkumavek nasypeme po 2 g práškové mědi. Pomocí pipety přilijeme do první zkumavky 20 % kyselinu dusičnou a do druhé zkumavky stejnou kyselinu o koncentraci 65 %. Pozorně sledujeme průběh chemických reakcí v obou zkumavkách."

**Chemická reakce probíhá tím rychleji, čím jsou výchozí látky koncentrovanější.**

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_7qpold2Jqk](https://www.youtube.com/watch?v=_7qpold2Jqk)





# 3 CHEMICKÉ REAKCE - RYCHLOST

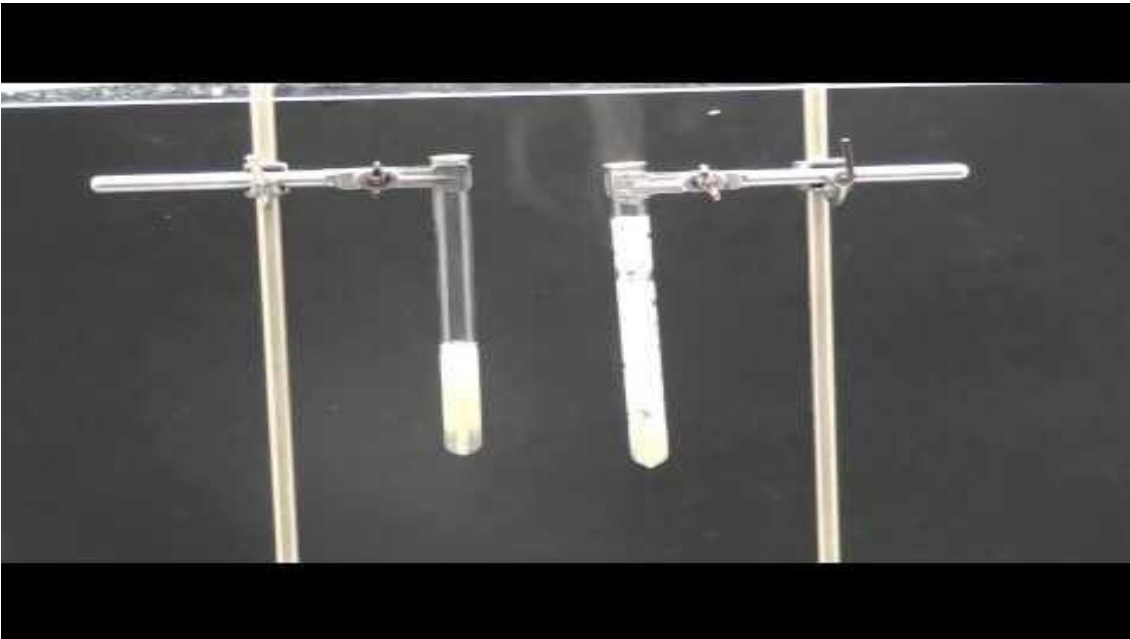
...aneb reakční kinetika.

- Rychlost chemické reakce je možné ovlivnit několika faktory:

## 3) Vliv teploty na rychlost chemické reakce

Zvýšení teploty vždy urychluje chemickou reakci, což vyplývá z Arrheniovy rovnice:

- Každé zvýšení teploty o 10 °C urychlí chemickou reakci 2x - 4x.



$$k = Z e^{-E_A/RT}$$


$Z$  ... frekvenční faktor

$e$  ... eulerovo číslo, přibližně 2,72

$E_A$  ... aktivační energie

$R$  ... molární plynová konstanta, přibližně 8,31 J•K<sup>-1</sup>•mol<sup>-1</sup>

$T$  ... termodynamická teplota (v Kelvinech)

 "Do třetiny objemu dvou zkumavek nalijeme 20 % kyselinu chlorovodíkovou, přičemž v jedné necháme kyselinu při laboratorní teplotě (20 °C) a tu druhou ohřejeme přibližně na teplotu 60 °C. Do obou zkumavek vhodíme železný hřebík a pozorně sledujeme průběhy obou chemických reakcí".

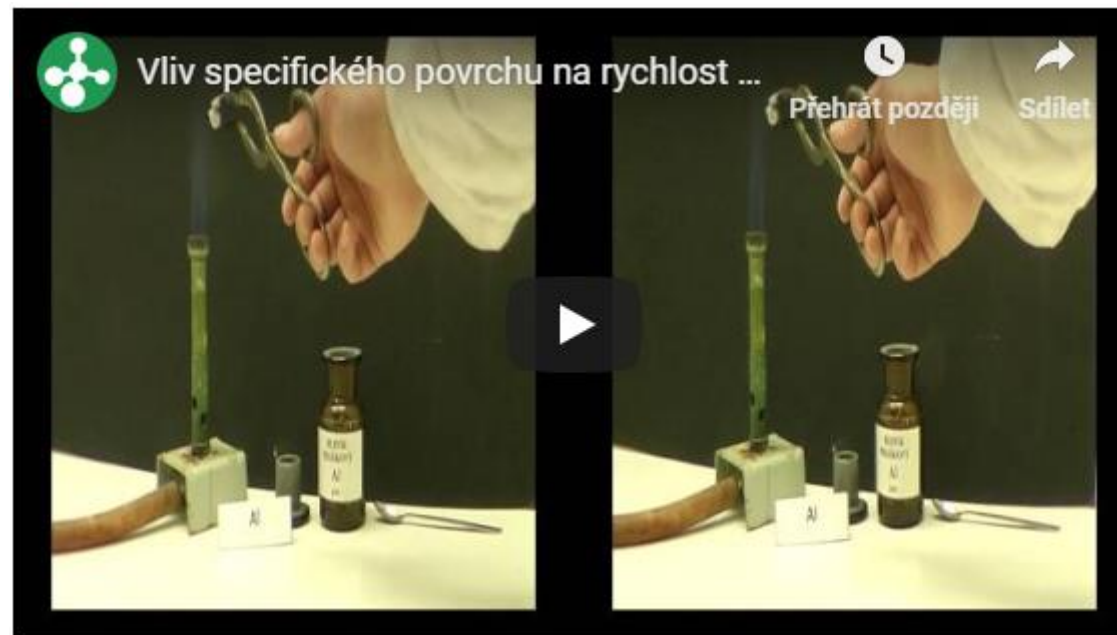
# 3 CHEMICKÉ REAKCE - RYCHLOST

...aneb reakční kinetika.

- Rychlost chemické reakce je možné ovlivnit několika faktory:

## 4) Vliv specifického povrchu na rychlost chemické reakce

Plošný obsah výchozích látek: Čím je výchozí látka rozptýlenější (má větší specifický povrch), tím probíhá reakce rychleji.



"Zapálíme plynový kahan a do laboratorních kleští uchopíme hliníkový plíšek (či pecičku) a vsuneme ho do plamene. Přibližně po 5 sekundách ho z plamene vyjme. Nyní nabere na lžičku 1 g práškového hliníku a opatrně ho začneme vsypávat do plamene kahanu. Porovnáme průběhy obou reakcí."

# 3 CHEMICKÉ REAKCE - RYCHLOST

...aneb reakční kinetika.

- Rychlost chemické reakce je možné ovlivnit několika faktory:

## 5) Vliv tlaku na rychlost chemické reakce

- Změna tlaku ovlivňuje rychlost chemické reakce pouze u plynů.

- Jedná se o vliv koncentrace VL - **zvýšení tlaku vede ke zvýšení koncentrace plynu a tím pádem i urychlení chemické reakce.**

## 6) Vliv katalyzátoru na rychlost chemické reakce

- Mnohé chemické reakce by za normálních podmínek neprobíhaly vůbec, či jen velmi pomalu.

- Používají látky zvané **KATALYZÁTORY**, které průběh těchto reakcí usnadňují (urychlují).

- Jedním typem chemických reakcí jsou autokatalycké reakce, při kterých vzniká produkt, který dále katalyzuje danou reakci.

- Rozlišujeme **katalýzu homogenní a heterogenní** dle toho, zda jsou edukty s katalyzátorem ve stejném či rozdílném skupenství.

- Kromě toho existují také látky, které průběh chemické reakce brzdí. Tyto sloučeniny se nazývají **inhibitory** (negativní katalyzátory).

- V živých organismech jsou přítomny látky katalytického účinku nazývané **enzymy** (biokatalyzátory).

...bude ještě dále rozebráno z termodynamického hlediska

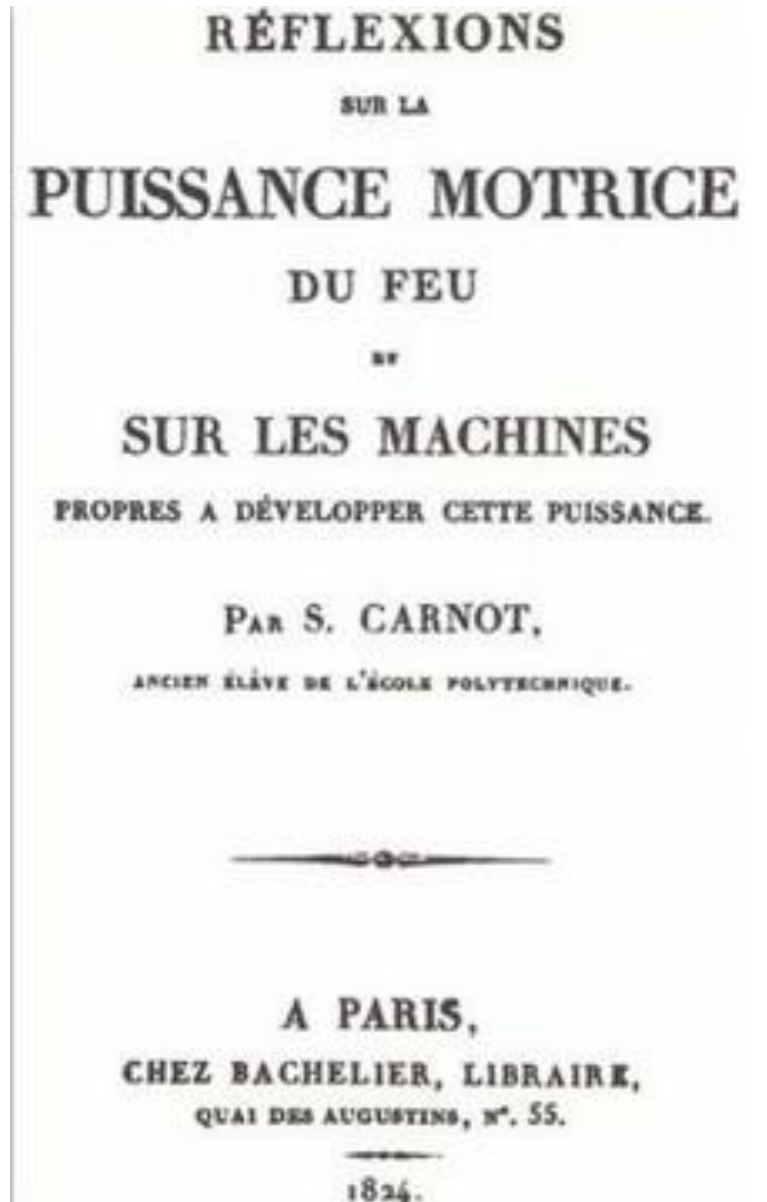
# 3 CHEMICKÉ REAKCE

## Chemická kinetika

Předmětem zájmu chemické kinetiky je průběh chemických reakcí před ustavením chemické rovnováhy. Kinetika studuje zejména rychlost reakcí, katalytické působení některých látek a mechanismy reakcí, tj. jejich skutečné průběhy na molekulární úrovni.

**Termodynamika** je obor fyziky, který se zabývá procesy a vlastnostmi látek a polí spojených s teplem a tepelnými jevy; je součástí termiky. Vychází přitom z obecných principů přeměny energie, které jsou popsány čtyřmi termodynamickými zákony (z historických důvodů číslovány nultý až třetí).

**Termodynamický faktor zohledňuje energetiku reakce, kdežto kinetický faktor zohledňuje reakční mechanismus, neboli cestu, jakou je možno z výchozích látek dospět k produktům.**



# 3 CHEMICKÉ REAKCE - TEPLLO

Chemická reakce je vždy provázena změnou energie, kterou nazýváme **REAKČNÍ TEPLLO**.

- Reakční teplo = reakční enthalpie  $\Delta H_r$  (kJ/mol)

- **enthalpie** (z řec. en - uvnitř, a thalpos – teplo) **H**: byla zavedena, protože tepelné projevy reakcí nevycházejí pouze ze změn energií vazeb. Při reakcích dochází i k objemovým změnám,  $V_r$ .

- Většinou pracujeme za stálého (atmosférického) tlaku - tyto objemové změny jsou spojeny s objemovou prací (energií).

Probíhají reakce, při kterých bude konečný stav energeticky výhodnější (vazby v produktech reakce budou pevnější než ve výchozích látkách).

- Při takových reakcích se změna energie uvolňuje ve formě tepla a reakce označujeme jako **EXOTERMICKÉ**,  $\Delta H_r < 0$ .



Použití termitu ke svařování kolejnic.

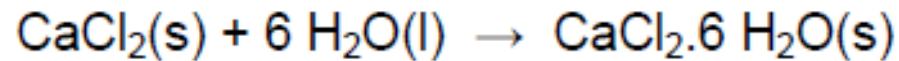
Příkladem je termit:  $2 \text{ Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2 \text{ Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$  -824 kJ/mol (teplota hoření 2 861 °C)

Děšť: Kondenzace vodní páry vytvářející děšť uvolňuje energii ve formě tepla a je příkladem exotermického procesu.

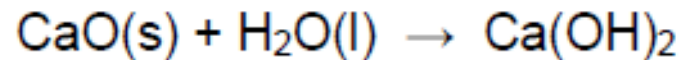
# 3 CHEMICKÉ REAKCE - TEPLLO

Exotermické reakce využívají tzv. **samoohřívací balíčky**, které dokážou ohřát např. konzervované potraviny.

Většinou se jedná o bezvodé soli a jejich směsi, např.:  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  nebo s vodou bouřlivě reagující  $\text{CaO}$ , případně práškové kovy, na které se mechanickou deformací balení přivede uvnitř balíčku voda.



$$\Delta H_r = - 97 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H_r = - 65 \text{ kJ/mol}$$



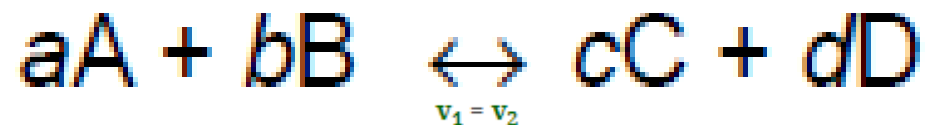
Řada reakcí ale probíhá za pohlcování tepla, které buď dodáme, nebo si ho reakce samovolně odebere od okolí a ochladí ho.

- Tyto reakce označujeme jako **ENDOTERMICKÉ**,  $\Delta H_r > 0$ .

Endotermické reakce se někdy používají v tzv. **studených balíčcích**, plastových sáčcích naplněných vodou, ve kterých je v rozlomitelné trubičce např. bezvodý dusičnan amonný. Při vhodné deformaci sáčku dojde k rozpuštění  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , které odebere z vody v balíčku teplo a teplota klesne téměř k nule. Balíček lze použít jako tišící prostředek v případě zhmožděnin.

# 3 CHEMICKÉ REAKCE - ROVNOVÁHA

Každá chemická reakce se dostane po určité době do stavu dynamické rovnováhy, kdy rychlost přímé a zpětné reakce rovná.



Důležitou roli zde hrají změny koncentrace výchozích látek a produktů, jejichž hodnoty se v rovnováze ustálí.

Rovnovážné složení těchto látek charakterizuje **ROVNOVÁŽNÁ KONSTANTA K**

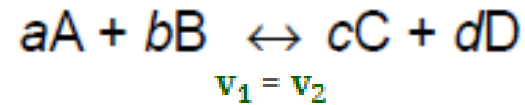
$$k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d \quad K = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Z tohoto vztahu snadno odvodíme, že chceme-li dosáhnout v reakci vyšších koncentrací produktů C a D, musíme zvýšit koncentrace výchozích látek A a B.

Jedná-li se nám jen o jeden produkt, například látku C, můžeme zvýšení její rovnovážné koncentrace dosáhnout také snížením koncentrace dalšího produktu D.

# 3 CHEMICKÉ REAKCE - ROVNOVÁHA

Každá chemická reakce se dostane po určité době do stavu dynamické rovnováhy, kdy rychlost přímé a zpětné reakce rovná.



Chemickou rovnováhu lze narušit vnějšími vlivy. Změnou tlaku, teploty, koncentrace nebo objemu vychýlíme systém z rovnováhy. Systém na vychýlení zareaguje a ustaví si novou rovnováhu.

## LE CHATELIERŮV PRINCIP

AKCE	REAKCE
Přidání eduktu	Zvýšení koncentrace produktů
Přidání produktu	Zvýšení koncentrace eduktů
Odebrání eduktu	Zvýšení koncentrace eduktů
Odebrání produktu	Zvýšení koncentrace produktů
Zvýšení tlaku	Zvýšení koncentrace ve směru menšího počtu molů látek
Snížení tlaku	Zvýšení koncentrace ve směru většího počtu molů látek
Zvýšení teploty	Zvýšení koncentrace látek ve směru endotermické reakce
Snížení teploty	Zvýšení koncentrace látek ve směru exotermické reakce

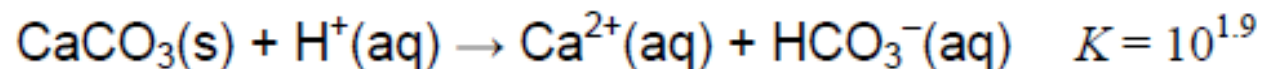
Změna tlaku ovlivňuje chemickou rovnováhu pouze u reakcí, ve kterých jsou všechny reaktanty v plynné fázi a počty molů eduktů a produktů jsou rozdílné. **Katalyzátory (ani inhibitory) neovlivňují chemickou rovnováhu.**



# 3 CHEMICKÉ REAKCE - ROVNOVÁHA

Co se stane při zvýšení koncentrace jen jedné z výchozích látek.

Například při odstraňování vodního kamene (převážně  $\text{CaCO}_3$ ) z topných ploch varné konvice kyselinou:



- kuchyňský ocet (8% roztok slabé kyseliny octové  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) postačí silnější kyselina, např.  $\text{HCl}$  je účinná, ale hrozilo by reálné nebezpečí korozního napadení součástí konvice.



Rovnovážná konstanta závisí na teplotě a tlaku.

Například pro reakci:  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$  je  $K_{\text{H}_2\text{O}} = c_{\text{H}^+(\text{aq})} \cdot c_{\text{OH}^-(\text{aq})} / c_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})}$ .

Protože koncentrace vody ve vodě,  $c_{\text{H}_2\text{O}(\text{l})}$  je vždy konstantní, přibližně 56 mol/l, užívá se pro autoprotolýzu vody **namísto rovnovážné konstanty jen iontový součin vody  $K_w$** :

Jeho hodnota při 25°C je  $K_w = 1 \cdot 10^{-14}$  (koncentrace jsou uvažovány jako relativní, vztažené na jednotkovou koncentraci). S rostoucí teplotou je disociace snazší a při 60°C je  $K_w = 1 \cdot 10^{-13}$ .



# 3 CHEMICKÉ REAKCE - KLASIFIKACE

## 1. Rozdělení chemických reakcí dle vnějších změn

- a) **Reakce skladné (syntézy)** - z většího množství eduktů vzniká pouze jeden produkt, příkladem je přímé slučování zinku se sírou za vzniku sulfidu zinečnatého:



- b) **Reakce rozkladné (analýzy)** - z jednoho eduktu vzniká více produktů, jedná se o opak reakce skladné (syntézy), příkladem je rozklad vody na vodík a kyslík:



- c) **Reakce vytěšňovací (substituce)** - určitá částice nahradí jinou ve struktuře druhé výchozí látky, příkladem je vytěsnění stříbra z dusičnanu stříbrného mědí:



- a) **Podvojně záměny (konverze)** - dojde k záměně funkčních (charakteristických) skupin mezi edukty, příkladem je srážení uhličitanu měďnatého reakcí uhličitanu sodného se síranem měďnatým (vedlejším produktem je síran sodný):



# 3 CHEMICKÉ REAKCE - KLASIFIKACE

## 2. Rozdělení chemických reakcí dle skupenství reaktantů

- **Reakce homogenní** - všechny reaktanty se vyskytují v jednom skupenství
- **Reakce heterogenní** - reaktanty se vyskytují ve více než jednom skupenství

## 3. Rozdělení chemických reakcí dle tepelného zbarvení

- **Reakce exotermní** - teplo se při nich uvolňuje
- **Reakce endotermní** - teplo je nutné dodávat

## 4. Rozdělení chemických reakcí dle typu přenášených částic

- **Reakce acidobazické (protolytické)** - přenášenou částicí je proton
- **Reakce oxidačně-redukční (redoxní)** - přenášenou částicí je elektron
- **Reakce komplexotvorné** - přenáší se celý elektronový pár

+ celá řada dalších, možné jsou i kombinace, speciální jsou reakce organických sloučenin – uvidíme dále.

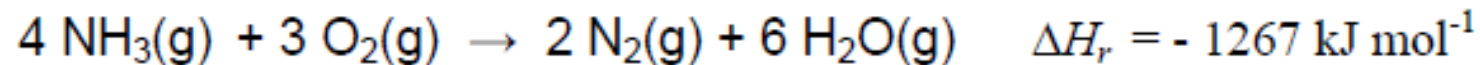
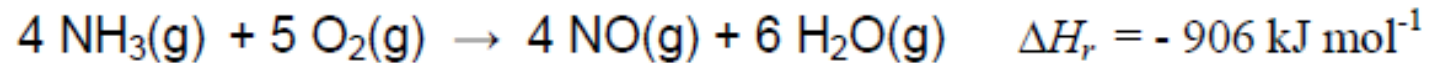


# HOMOGENNÍ A HETEROGENNÍ REAKCE

Hlavním kriteriem je skupenství reagující látek.

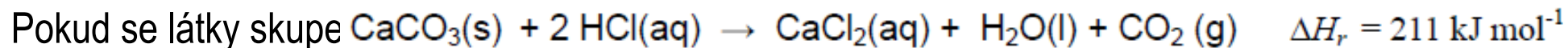
Jsou-li všechny látky v reakční soustavě v jednom skupenské stavu a na počátku i během reakce tvoří homogenní směs, charakterizujeme reakce jako **HOMOGENNÍ REAKCE**.

-Příkladem homogenní reakce je oxidace (spalování) amoniaku na oxid dusnatý:



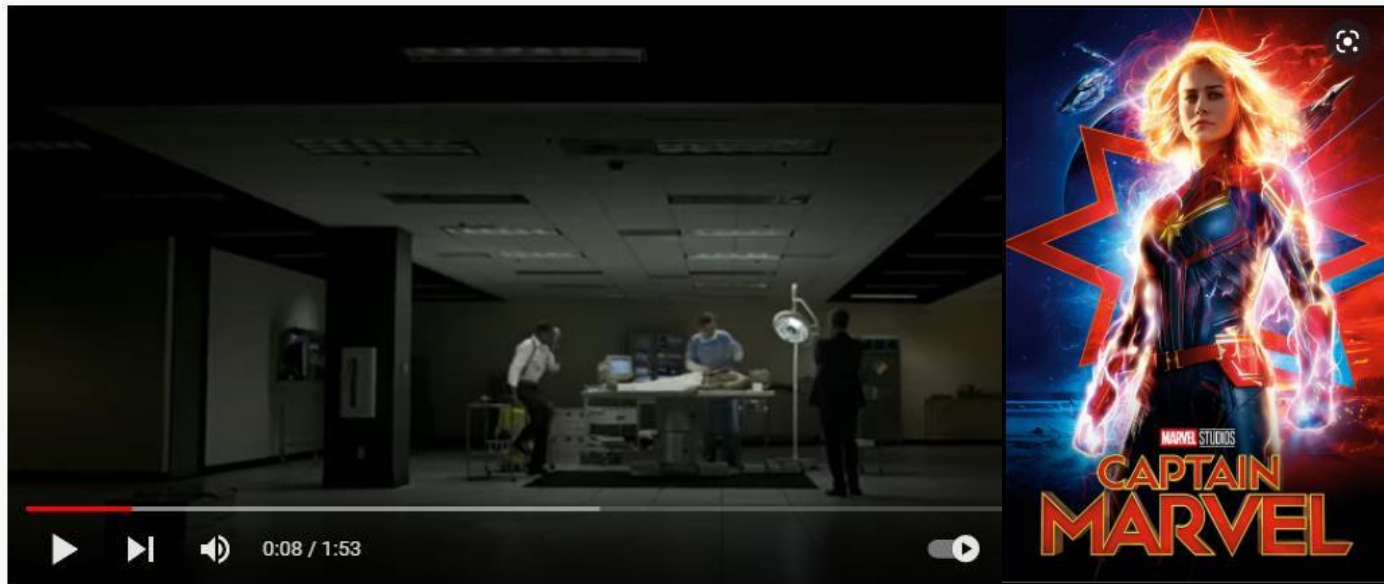
-Tato reakce probíhá za vysokých teplot okolo 900°C a je průmyslově významná (výroba kyseliny dusičné a z ní dusíkatých hnojiv, výbušnin a oxidačních činidel), ale musí probíhat za přítomnosti platino-rhodiového katalyzátoru (až 10% Rh v Pt), jinak by amoniak hořel na dusík.

-Obě tyto reakce patří mezi homogenní reakce, ale první reakce je ukázkou **heterogenní katalýzy** (katalyzátor je v jiném skupenském stavu, než reaktanty).



-Reakce je endotermická a probíhá proto, že se uspořádaný krystalický uhličitan vápenatý na straně výchozích látek se rozkládá za vzniku velmi neuspořádaného oxidu uhličitého.

# DOMÁCÍ ZAMYŠLENÍ



Skrull Autopsy Scene (HD) | Captain Marvel

**„All life on earth is carbon based – not this guy...whatever he runs on, it is not on periodic table“**

Co si o tomto výroku myslíte?

Dodatečná literatura:

<https://www.science.org/content/article/story/oried-russian-lab-trying-push-periodic-table-past-its-limits-and-uncover-exotic-new>

<https://www.smithsonianmag.com/science-nature/when-will-we-reach-end-periodic-table-180957851/>

<https://www.thoughtco.com/how-many-elements-found-naturally-606636>

<https://www.thoughtco.com/how-are-new-elements-discovered-606638>

<https://dvojka.rozhlas.cz/podivny-svet-na-konci-chemicke-tabulky-7529476>

# DOMÁCÍ ZAMYŠLENÍ

V periodách se poloměry atomů s rostoucím protonovým číslem (zleva doprava) zmenšují.

Tabulka 1.5 Kovalentní poloměry atomů ve druhé periodě

Prvek	Li	Be	C	F
Poloměr (pm)	123	89	77	71

Ve skupinách kovalentní poloměry atomů nepřechodných prvků 1. až 6. periody s rostoucím protonovým číslem (shora dolů) zřetelně rostou.

Tabulka 1.6 Kovalentní poloměry atomů ve skupinách (pm)

C	77	N	75	F	71
Si	118	P	110	Cl	99
Ge	122	As	122	Br	114

Tabulka 1.7 Kovové poloměry, molární hmotnost atomů 5. a 6. periody a jejich hustota

Perioda	kov	$A$	$M(\text{g/mol})$	$r(\text{pm})$	$\rho(\text{g/cm}^3)$
5.	Ag	47	108	144,5	10,5
6.	Au	79	197	144,2	19,3

Kationty jsou vždy menší než příslušné atomy a anionty jsou vždy větší než příslušné atomy.

Tabulka 1.8 Příklad atomových a iontových poloměrů

Prvek a perioda	kovový nebo kovalentní poloměr	kationtový nebo aniontový poloměr
Ca (4. perioda)	$r(\text{Ca}) = 197 \text{ pm}$	$r(\text{Ca}) = 100 \text{ pm}$
F (2. perioda)	$r(\text{F}) = 71 \text{ pm}$	$r(\text{F}) = 133 \text{ pm}$

**NA ZÁKLÁDĚ  
PERIODICKÉHO  
ZÁKONA  
ODPOVĚZTE  
PROČ?**

# DOMÁCÍ PROCVIČENÍ

**D. SEDMIDUBSKÝ a kol. Základy chemie pro bakaláře, VŠCHT Praha, 2011**

[https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid\\_isbn-978-80-7080-790-3](https://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-790-3)

- str. 12-14, 19-22

<https://e-learning.vscht.cz/mod/page/view.php?id=13071>

– CVIČENÍ NA PERIODICKOU TABULKU

<https://e-learning.vscht.cz/mod/page/view.php?id=13067>

– CVIČENÍ NA CHEMICKOU ROVNOVÁHU

<https://magazin.aktualne.cz/veda/kviz-periodicka-tabulka-chemie-prvky-mendelejev/r~2b5320843e8611e9b9980cc47ab5f122/>