

Obecná chemie C1020

Jiří Pinkas

Ústav chemie – Univerzitní kampus Bohunice

budova A12, 3. patro, místnost 321

Tel. 549496493

jpinkas@chemi.muni.cz

Přednáška Aula + F1 (TV přenos)

Po 15 - 17.00

St 10 - 12.00

Materiály z přednášky budou vystaveny v ISu

Zkouška písemná (+ ústní)

Obecná chemie C1020

Doporučená literatura

Zumdahl – Zumdahl. *Chemistry*. 6th ed. Boston : Houghton Mifflin Company, 2003. ISBN 0618221565.

Hill, John W. *General chemistry*. 4th ed. Pearson Prentice Hall, 2005. ISBN 0131180037.

Klikorka - Hájek - Votinský. *Obecná a anorganická chemie 1989 a. 2.* nezměn. vyd. Praha : SNTL

Hála. *Pomůcka ke studiu obecné chemie*.
Brno : Masarykova univerzita, 1993.

Růžička - Toužín. *Problémy a příklady z obecné chemie*.
Názvosloví anorganických sloučenin
Brno : Masarykova univerzita, 2000.

Věda a vědecká metoda

Věda – Kvantitativní studium přírody a přírodních zákonů.
Proces, při kterém se získávají nové poznatky.
Empirické postupy řešení problému.

Zabývá se pouze racionálními výroky, které lze potvrdit
nebo vyvrátit pozorováním nebo experimenty.



Francis Bacon
(1561-1626)



Věda a výzkum

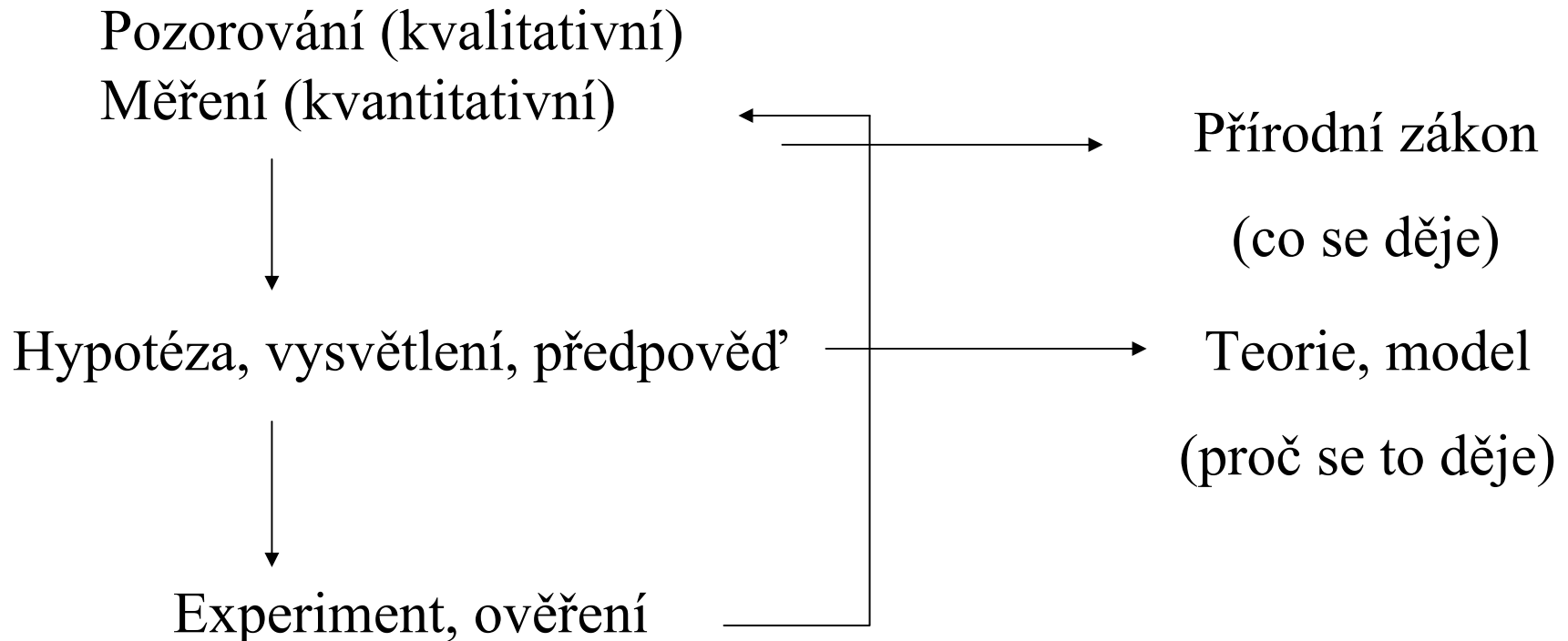
Výzkum základní – dlouhodobý, cílem nejsou aplikace

Aplikovaný výzkum – krátkodobý, používá poznatky základního výzkumu, praktické aplikace

Technologie – aplikace znalostí k přeměně okolí

- **Soubor znalostí, vědomostí a zobecnění, které jsou považovány za pravdivé**
- **Vědecká metoda, jíž jsou tyto znalosti získávány - pozorování, pokus, dedukce**
- **Vědecký jazyk - přesně definované pojmy**

Věda a vědecká metoda



Správně navržený pokus (např. měřit jednu proměnnou, ostatní konstantní) potvrdí nebo vyvrátí pravdivost hypotézy. Hypotéza, která neobstojí musí být odmítnuta. Pokusy potvrzující hypotézu musí být reprodukovatelné.

Pozorování a vysvětlení

První vysvětlení přírodního jevu – hypotéza úspěšně testovaná vyplněnou předpovědí:

Tháles Milétský

Vysvětlil zatmění Slunce – měsíc v novu přejde přes sluneční kotouč

Předpověď dalšího zatmění Slunce 585 př. n. l.

Počátek vědeckého myšlení, racionální přístup bez mystiky a náboženských představ

Základní prvek je **voda**

Pozorování a vysvětlení



Johann Joachim Becher
(1635 - 1682)

Vysvětlení přírodního jevu:

Hoření uhlí = uvolnění **flogistonu**

Hoření kovů = uvolnění **flogistonu** + vznik oxidu

Reakce uhlí s oxidy kovů (rudy) = redukce na kov
přenos **flogistonu** z uhlí na oxid

Kov hoří = oxid + **flogiston**

Při oxidaci kovů je hmotnost produktů vyšší = flogiston má negativní hmotnost

Počátky kvantitativních experimentů



Georg Ernst Stahl
(1660 - 1734)

Pozorování a vysvětlení

Vyvrácením **flogistonové teorie** se vytvářela moderní chemie.

Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)

hoření = slučování s O_2 , vyšší hmotnost produktů

Zákon zachování hmoty

flogiston = $-O_2$

Zahřívání HgO

3 objevitelé kyslíku:

Schelle, Priestley, Lavoisier



Přírodní zákony a teorie

Přírodní zákon

– tvrzení, které sumarizuje opakovaná pozorování přírodních jevů, mění se jen zřídka

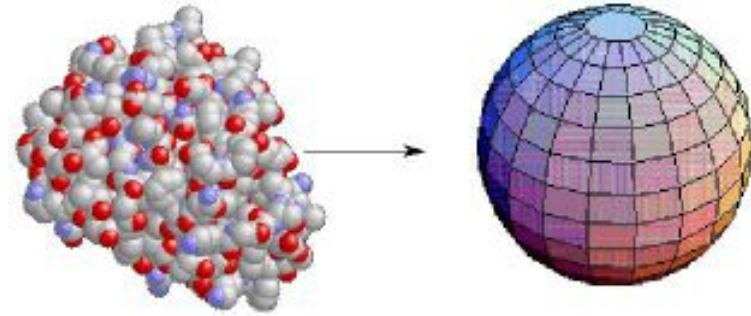
Teorie

– tvrzení, které vysvětluje známá fakta a zákony z nich vyplývající, jsou produktem lidského myšlení a mohou se měnit nebo být úplně odmítnuty pod vlivem vývoje nových experimentálních metod, přesnějších měření

Objektivita – platí vždy při splnění potřebných podmínek

Schopnost předpovědi

Model



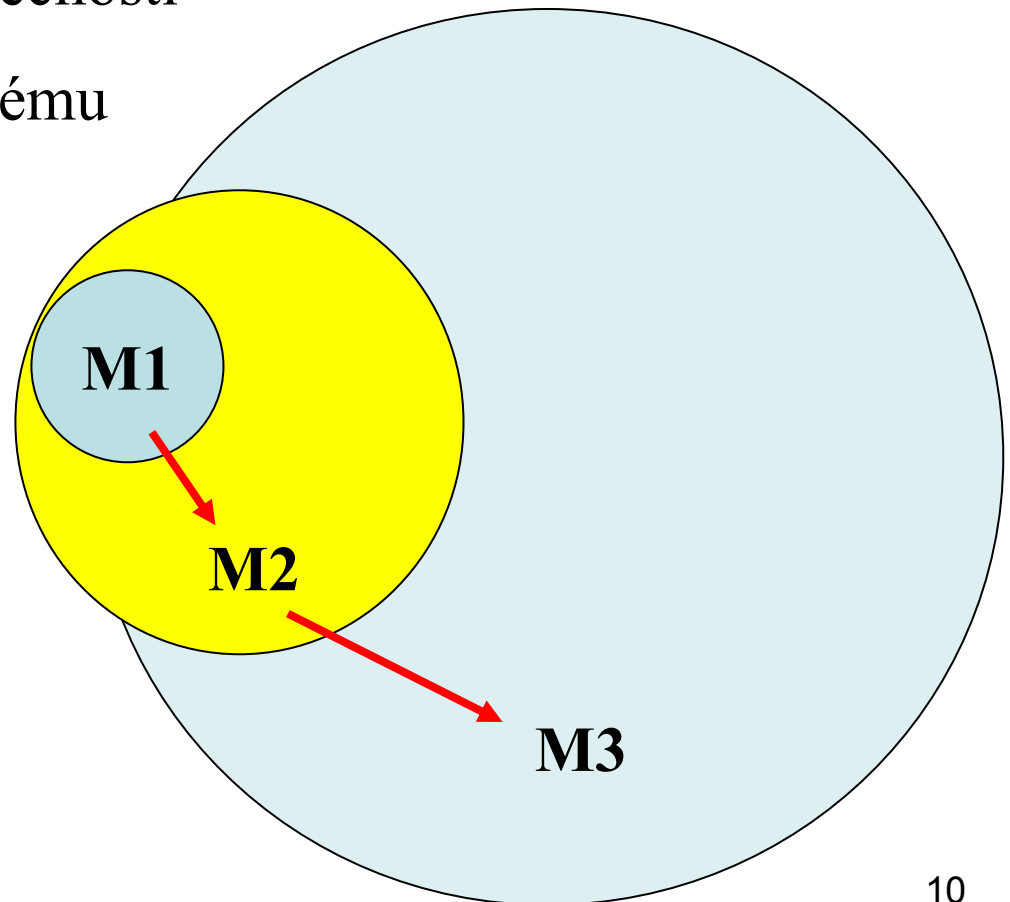
Zjednodušený obraz skutečnosti

Usnadní vysvětlení problému

Idealizace

Aproximace

Nový přesnější model
s příchodem přesnějších
metod měření



Model

Model je pokus vysvětlit přírodní jevy na mikroskopické úrovni pomocí pozorování a zkušeností na makroskopické úrovni.

Model není totožný s realitou, je to lidský výtvar založený na nedokonalém poznání a pochopení přírody.

Modely se stávají komplikovanějšími a podrobnějšími s vývojem našeho poznání.

Jednoduché modely obsahují mnoho **zjednodušujících** a **omezujících** podmínek a předpokladů, mohou tedy poskytnout jen kvalitativní informace.

Model

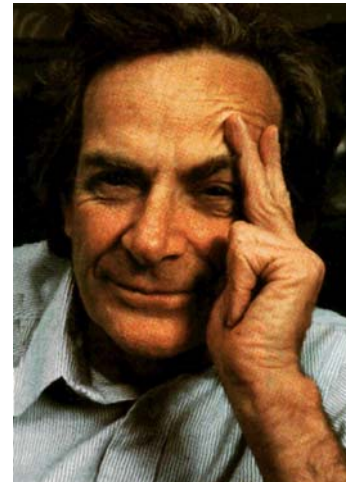
Pro efektivní použití modelu je nutno znát jeho předpoklady a omezení, jeho přednosti a slabiny. Lze klást jen takové otázky, na které může daný model odpovědět.

I když je model užitečný pro vysvětlení velkého počtu jevů, nelze předpokládat, že bude fungovat v každém případě.

Model

"Jediné, co mě zajímá, je najít soubor pravidel, která by souhlasila s chováním přírody, a nezkoušet jít příliš daleko za to. Zjistil jsem, že většina filozofických diskuzí je psychologicky užitečná, ale nakonec, když se podíváte zpátky do historie, zjistíte, že to, co bylo kdysi řečeno s takovou pádností, je téměř vždy - do jisté míry - nesmyslné!"

Richard P. Feynman
(1918 - 1988)
NP za fyziku 1965



Kvantitativní experiment

Johann Baptista van Helmont
(1579 - 1644)

Robert Boyle
(1627 - 1691)

Joseph Black
(1728 - 1799)

Henry Cavendish
(1731 - 1810)

Měření



Objemy plynů

Hmotnost reaktantů a produktů

Kvantitativní experiment

Messen heist Wissen

"When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind. It may be the beginning of knowledge, but you have scarcely, in your thoughts, advanced to the stage of science."



Lord Kelvin
(William Thomson)
(1824 - 1907)

Veličiny, Rozměry, Jednotky

Příklad: <http://www.labo.cz/mftabulky.htm>

Veličina: E, energie

Rozměr: kg m

Jednotka: J, eV, kalorie,.....

Základní rozměry: délka, čas, hmotnost, elektrický náboj, mol,...

Složené rozměry: rychlost = délka \times (čas)⁻¹

Bezrozměrné veličiny:

Poměry dvou stejných veličin (např. molární zlomek)

Argumenty ln, exp, sin, cos, tan

Základní jednotky SI

Veličina	Jednotka	Zkratka
Hmotnost	Kilogram	kg
Délka	Metr	m
Čas	Sekunda	s
Teplota	Kelvin	K
Elektrický proud	Amper	A
Látkové množství	Mol	mol
Svítivost	Kandela	cd

1 m = délka dráhy, kterou proběhne světlo ve vakuu za 1/299 792 458 sekundy

1 kg = hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu uloženého v Mezinárodním úřadě pro váhy a míry v Sévres u Paříže

1 s = doba rovnající se 9 192 631 770 periodám záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133

1 A = stálý elektrický proud, který při průchodu dvěma přímými rovnoběžnými nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu umístěnými ve vakuu ve vzájemné vzdálenosti 1 metr vyvolá mezi nimi stálou sílu $2 \cdot 10^{-7}$ newtonu na 1 metr délky vodiče

1 K = 1/273.16 termodynamické teploty trojného bodu vody

1 mol = látkové množství soustavy, která obsahuje právě tolik elementárních částic (entit), kolik je atomů v 0.012 kilogramu nuklidu uhlíku ^{12}C (přesně)

1 cd = svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření o kmitočtu $540 \cdot 10^{12}$ hertzů a jehož zářivost v tomto směru je 1/683 wattu na steradián

Násobky – předpony

Y	Yotta	10^{24}
Z	Zetta	10^{21}
E	Exa	10^{18}
P	Peta	10^{15}
T	Tera	10^{12}
G	Giga	10^9
M	Mega	10^6
k	kilo	10^3
1		10^0

Násobky – předpony

1		10^0
m	mili	10^{-3}
μ	mikro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	piko	10^{-12}
f	femto	10^{-15}
a	atto	10^{-18}
z	zepto	10^{-21}
y	yokto	10^{-24}

Násobky – předpony

$$\% = 1 \text{ v } 10^2$$

$$\text{‰} = 1 \text{ v } 10^3$$

$$\text{ppm} = 1 \text{ g v } 1 \text{ t nebo } 1 \text{ atom v } 10^6 \text{ atomech}$$

$$\text{ppb} = 1 \text{ mg v } 1 \text{ t nebo } 1 \text{ atom v } 10^9 \text{ atomech}$$

$$\text{ppt} = 1 \text{ } \mu\text{g v } 1 \text{ t nebo } 1 \text{ atom v } 10^{12} \text{ atomech}$$

Hmotnost

Atomová hmotnostní jednotka

1/12 hmotnosti atomu nuklidu ^{12}C

1 amu = 1 u = 1.6606 10^{-27} kg



A. Einstein: hmotnost tělesa v pohybu je větší než hmotnost v klidu

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Rychlost tělesa v

Klidová hmotnost tělesa m_0

Rychlost světla $c = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Látkové množství, mol

Avogadrova konstanta = počet atomů uhlíku
v 0.012 kg (12 g) nuklidu ^{12}C

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Látkové množství, jednotka mol

n = podíl počtu částic N (atomů, molekul, elektronů,...) a N_A

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$n = \frac{m}{M_r}$$

Atomová a molární hmotnost

Atomová A_m a molární hmotnost M_m

Hmotnost 1 molu látky [kg mol^{-1}]

$$\begin{aligned} A_m(^{12}\text{C}) &= 12 \times u \times N_A = \\ &= 12 \times 1.6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \times 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = \\ &= 0.01200 \text{ kg mol}^{-1} = 12.00 \text{ g mol}^{-1} \end{aligned}$$

Délka

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ \AA} = 100 \text{ pm} = 0.1 \text{ nm}$$

Bohrův poloměr

$$a_0 = 5.3 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 0.53 \text{ \AA}$$

Délky vazeb v molekulách 1 až 4 \AA

Průměr atomu Cu 2.55 \AA

Průměr vesmíru: 17 miliard světelných let = $1.6 \cdot 10^{26} \text{ m}$

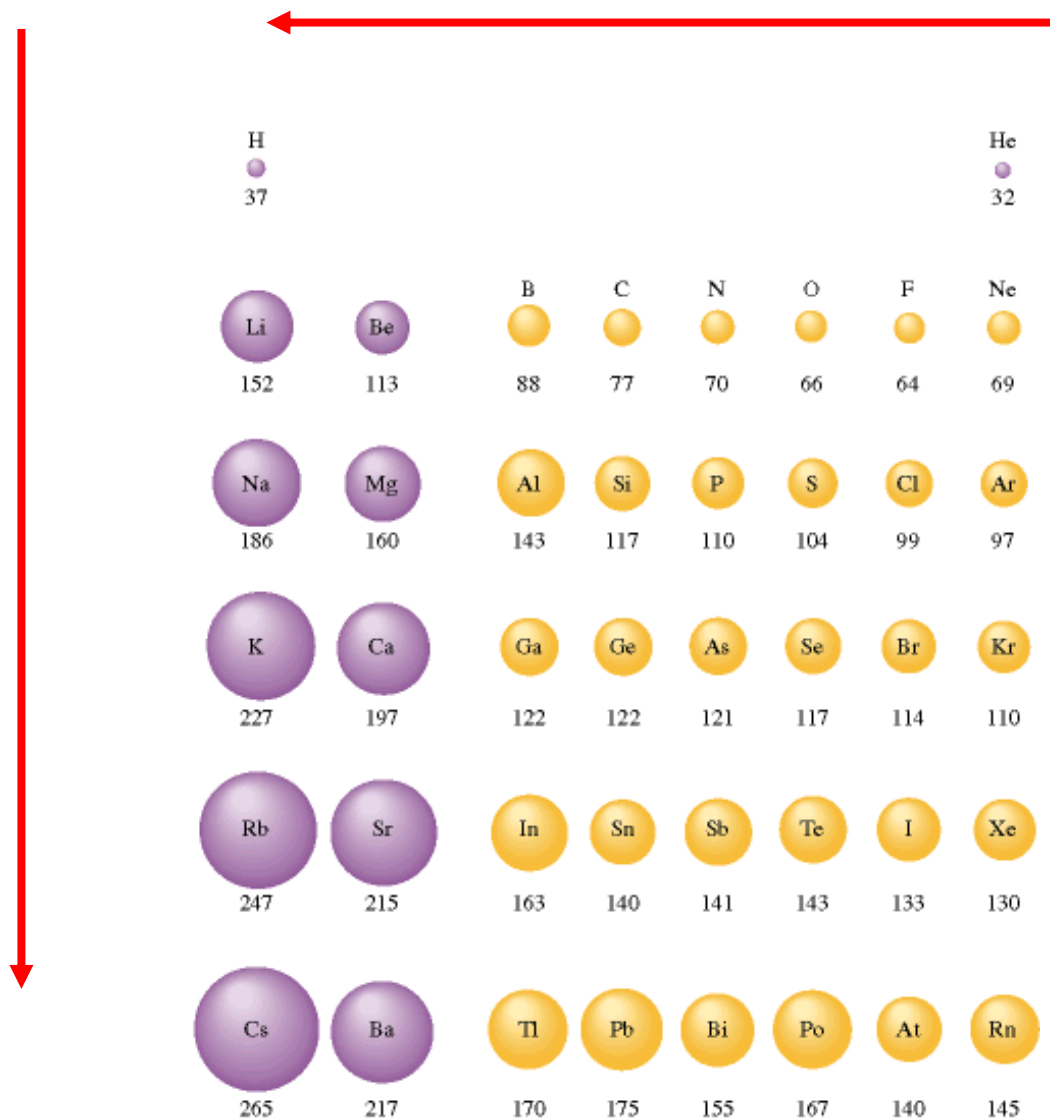
Průměr atomového jádra = 10^{-15} m



Anders Jonas Ångström
(1814 - 1874)

Atomové poloměry (pm)

1 Å = 100 pm



Vazebné vzdálenosti

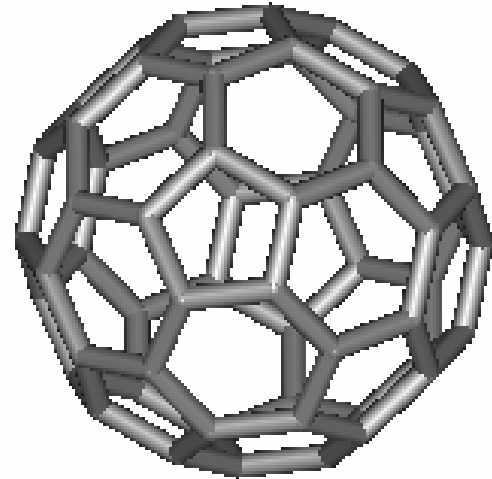
Vazebné vzdálenosti (v Å)

Vazba	CC	CN	CO	CH	NH	OH
Jednoduchá	1.53	1.47	1.42	1.09	1.00	0.96
Dvojná	1.34	1.27	1.21			
Trojná	1.20	1.15				

Objem

$$1 \text{ pm}^3 = 10^{-6} \text{ \AA}^3$$

Objem molekuly C_{60} asi 500 \AA^3



Molární objem ideálního plynu = objem 1 molu plynu při teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku 101325 Pa

$$V_M = 22.414 \text{ l mol}^{-1}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

[g cm⁻³]

Hustota závisí
na teplotě a tlaku

Hustota

Látka	Hustota při 20 °C, g cm ⁻³	Stav
Kyslík	0.00133	g
Benzen	0.880	l
Lithium	0.535	s
Voda	0.9982 (1.00 pro lab. výpočty)	l
Hliník	2.70	s
Železo	7.87	s
Olovo	11.34	s
Rtuť	13.6	l
Zlato	19.32	s
Iridium	22.65	s

Čas

Doba, s	Událost
10^{-15}	Excitace elektronu fotonem, fs
10^{-12}	Radikálové reakce, přenos energie, valenční vibrace
10^{-9}	Fluorescence, rotace, přenos protonu
10^{-6}	Fosforescence
10^{-3}	Rychlé bimolekulární reakce
10^0	Úder srdce, pomalé bimolekulární reakce

Rychlost

Rychlost světla ve vakuu

$$c = 2.99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 300\,000 \text{ km s}^{-1}$$

Frekvence, vlnová délka, vlnočet

Počet periodických dějů za časový interval

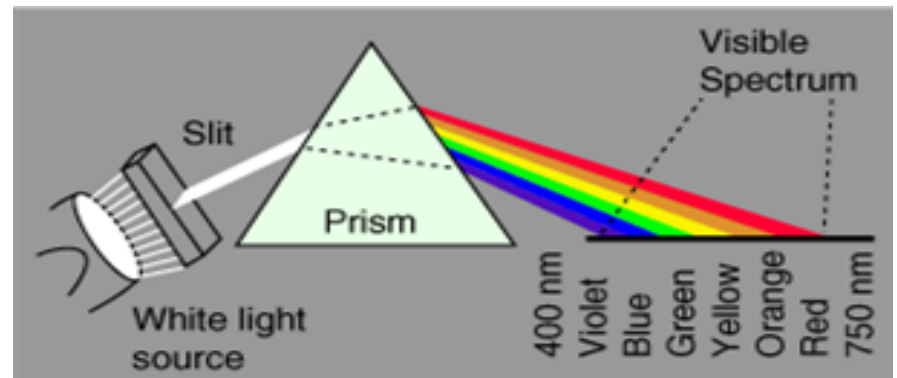
Frekvence $\nu = 1/t$ [Hz = s⁻¹]

Kmity

Vibrace

Rotace

Srážky molekul



Vzdálenost mezi dvěma maximy

Vlnová délka [m]

$$\nu \lambda = c$$

$$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Počet vln na jednotku délky

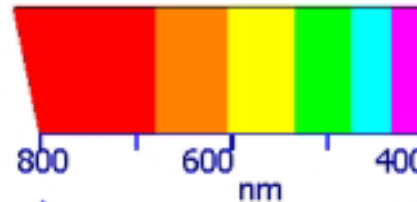
Vlnočet

Frekvence, vlnová délka, vlnočet

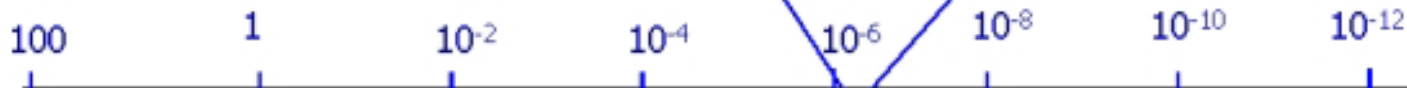
$$\nu \lambda = c$$

$$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Visible spectrum



Vlnová délka, m



Frekvence, Hz



Energie fotonu, J



Síla

1 Newton = gravitační síla působící na jablko



$$F = m g$$

$$g = 9.80665 \text{ m s}^{-2}$$



Isaac Newton
(1642 - 1727)

Čtyři základní síly - interakce

Gravitační

Elektromagnetická (e-e repulze, p-e přitažlivost)

Silné interakce (jaderné, drží protony pohromadě)

Slabé interakce (drží p a e pohromadě v neutronu)

Tlak

1 Pascal = tlak kterým působí jablko na 1 m²

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$$

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg (Torr)} = 1.01325 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

Standardní tlak = 1 bar

Teplota

Kelvin, K

Absolutní nula 0 K je nedosažitelná

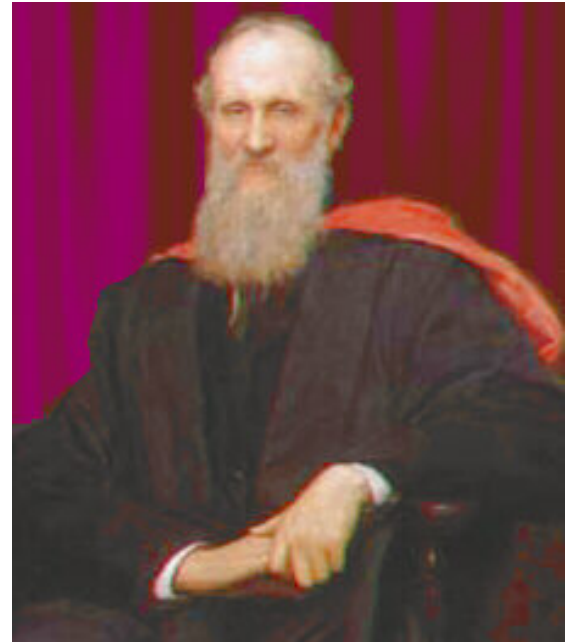
Současný rekord: $\sim 10^{-9}$ K

Celsius, °C

$0\text{ °C} = 273.15\text{ K}$

$T[\text{°C}] = T[\text{K}] - 273.15$

Standardní teplota $25\text{ °C} = 298\text{ K}$



Lord Kelvin
(William Thomson)
(1824 - 1907)

Teploměr

Fyzikální vlastnost závislá na teplotě:

- Objemová roztažnost rtuti
- Délková roztažnost kovů
- Stav kapalných krystalů

Definice Celsiovy stupnice

Teplota tání ledu při 1 atm = 0 °C

Teplota varu vody při 1 atm = 100 °C

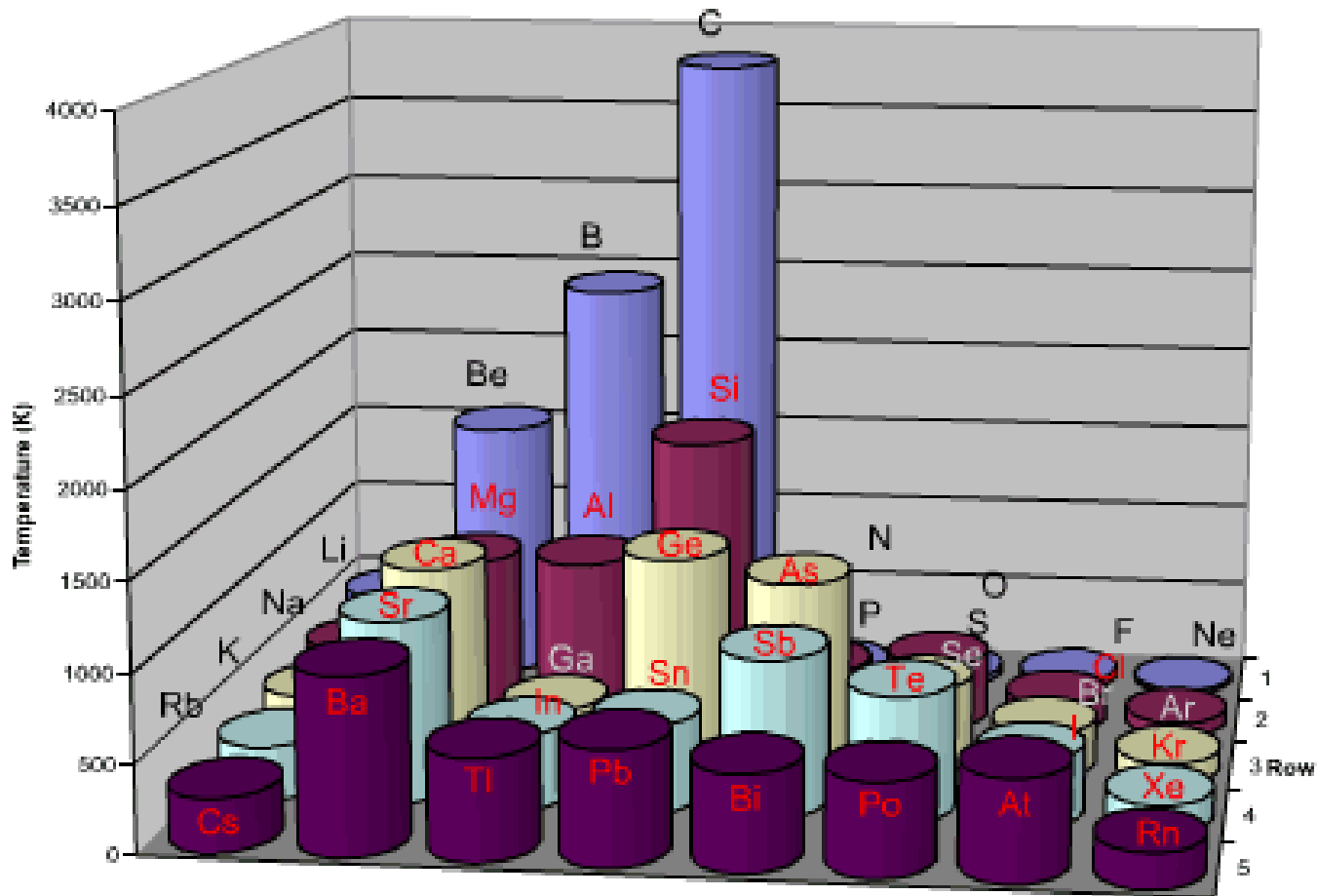
Rozděl na 100 dílků

ITS-90

Trojný bod vody = 273.16 K

Teplota tání

Teploty tání prvků



Energie

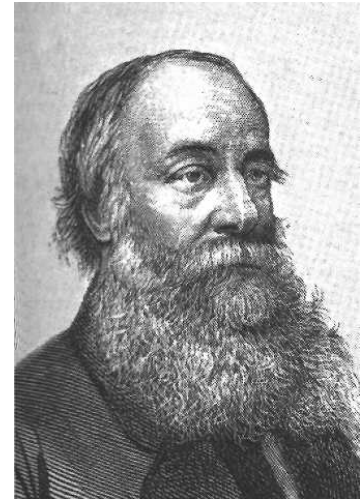
1 Joule = energie úderu lidského srdce

1 cal = 4.184 J

1 eV kinetická energie elektronu,
který je urychlen potenciálem 1 V

$$E = e U = 1.60210 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1.60210 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1 \text{ eV}$$

$$1 \text{ eV (molekula)}^{-1} = 96.485 \text{ kJ mol}^{-1}$$



James Prescott Joule
(1818 - 1889)

Energie

$$\mathbf{E = m c^2 = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \times (3.00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 1.49 \cdot 10^{-10} \text{ J}}$$

$$1 \text{ amu} = 931.4 \text{ MeV}$$

$$\mathbf{E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2}$$

$$E_{kin} = \frac{3}{2} k T$$

$$k = 1.380662 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \quad \text{Boltzmannova konstanta}$$

$$kT = 1 \text{ zJ pro laboratorní teplotu}$$

$$\mathbf{E = h \nu}$$

$$h = 6.626176 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \quad \text{Planckova konstanta}$$

Energie

$$E_{\text{celk}} = E(\text{elektronová}) + E(\text{vibrační}) + E(\text{rotační}) + E_{\text{ost}}$$

$$E(\text{elektronová}) \quad 100 \text{ kJ mol}^{-1}$$

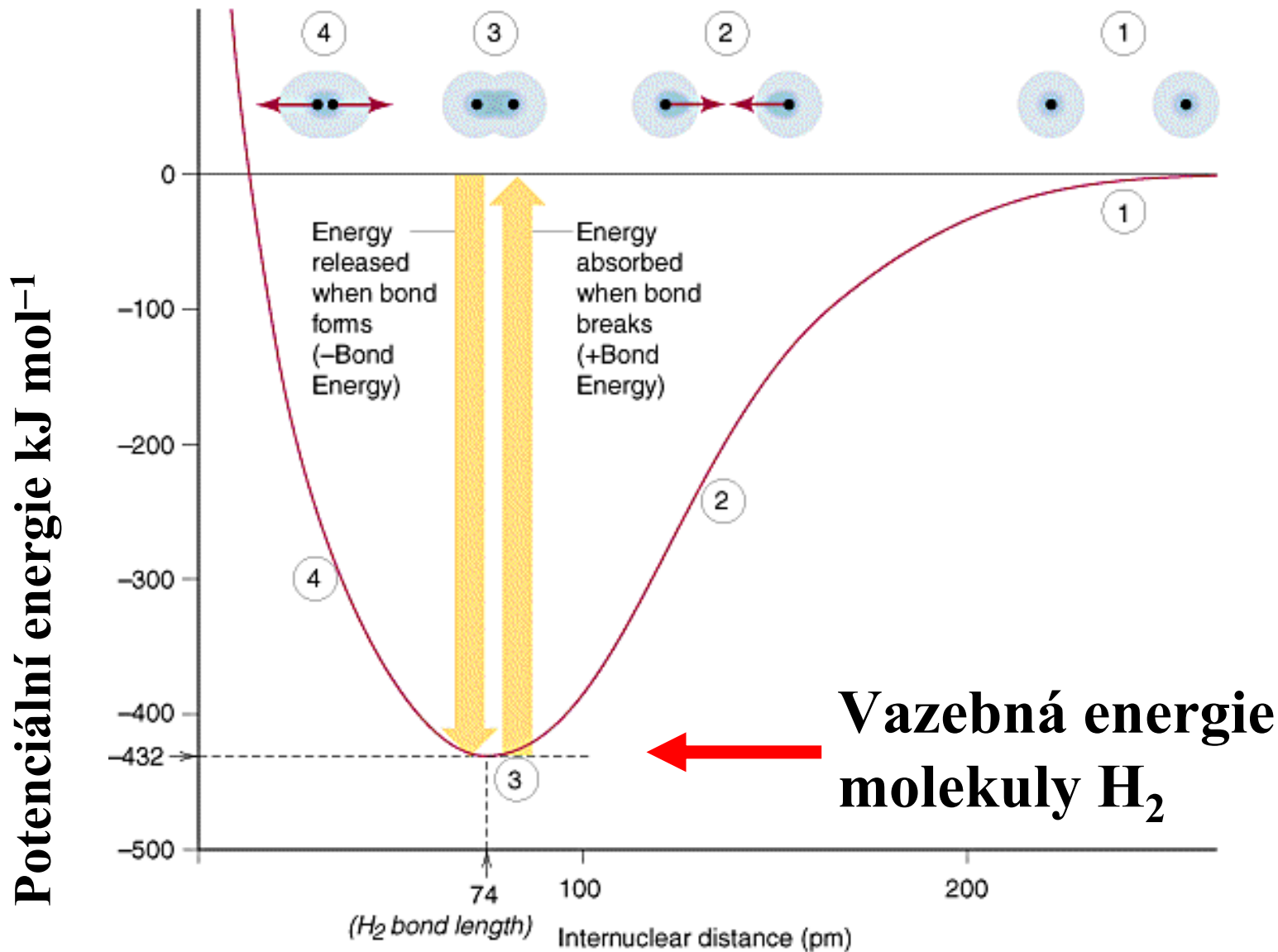
$$E(\text{vibrační}) \quad 1.5 - 50 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$E(\text{rotační}) \quad 0.1 - 1.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Vazebné energie, kJ mol⁻¹ (jednoduché vazby)

	H	C	N	O	S	F	Cl	Br	I
--	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	----------

H	432								
C	411	346							
N	386	305	167						
O	459	358	201	142					
S	363	272	---	---	226				
F	565	485	283	190	284	155			
Cl	428	327	313	218	255	249	240		
Br	362	285	---	201	217	249	216	190	
I	295	213	---	201	---	278	208	175	149



Vazebná vzdálenost v molekule H_2

Vazebná energie N₂

942 kJ mol⁻¹



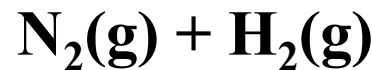
Použití

80% hnojiva

10% plasty

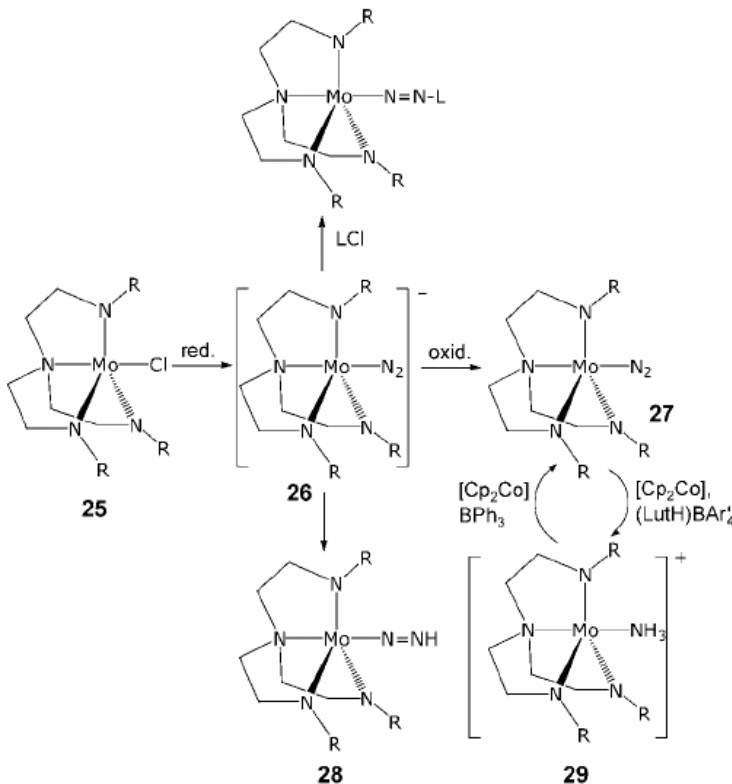
5% výbušniny

1909 Fritz Haber



500 °C, 250 atm, Fe katalyzátor

výtěžek 20%



Elektrický náboj

Elementární náboj

$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad [1 \text{ C} = 1 \text{ A s}]$$

Všechny náboje jsou celistvým násobkem e
 $q = Z e$

Coulombův zákon

Přitažlivá síla F mezi dvěma náboji opačného znaménka je nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti r mezi nimi a přímo úměrná velikosti nábojů q .



Charles Augustin Coulomb
(1736 - 1806)

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Měření, platné číslice

Měření = určení velikosti veličiny v daných jednotkách

Měření = odečtení hodnot na stupnici + odhad posledního místa výsledku na desetinu nejmenšího dílku stupnice

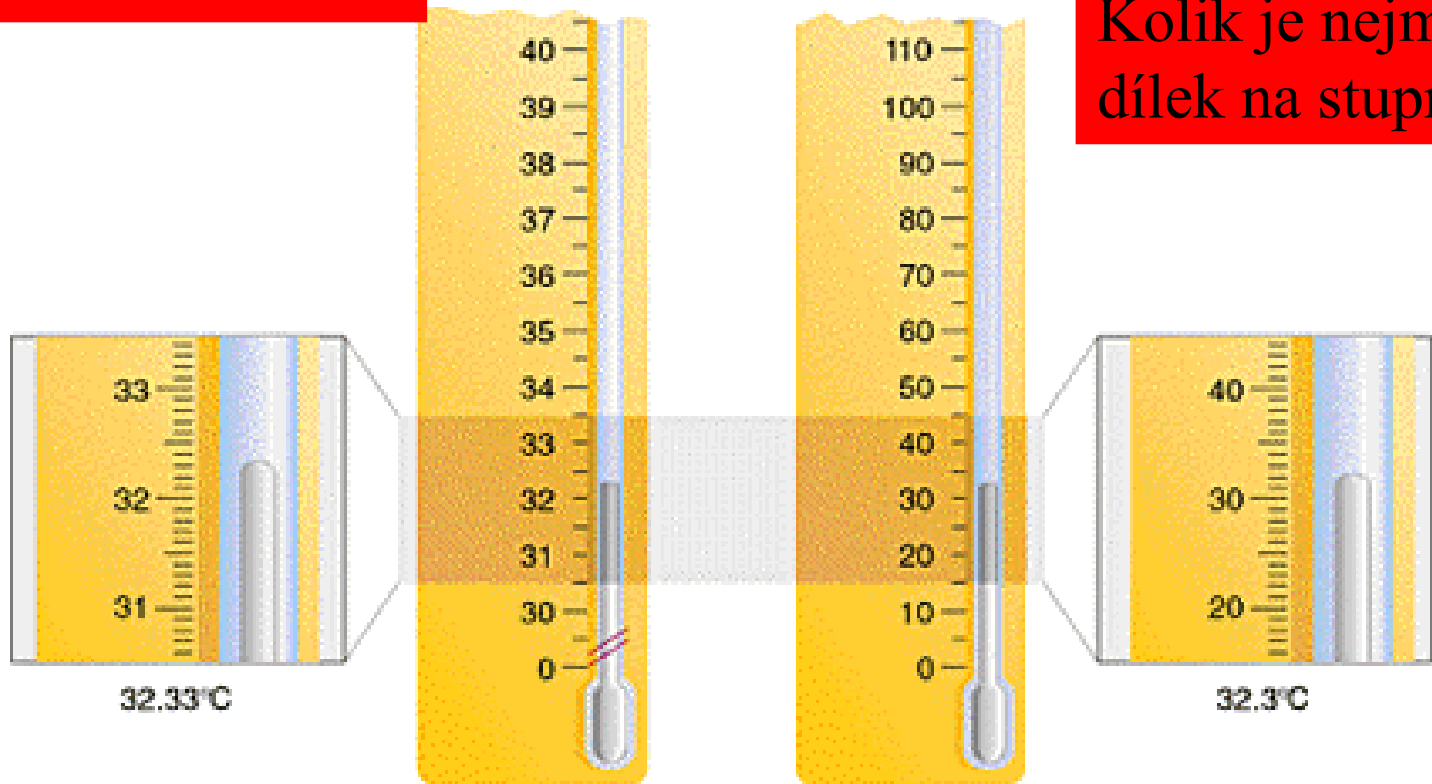
Platné číslice = čísla odečtená ze stupnice + poslední odhadnuté místo

Chybu měření předpokládáme minimálně ± 1 posledního místa

Měření

Před měřením určit

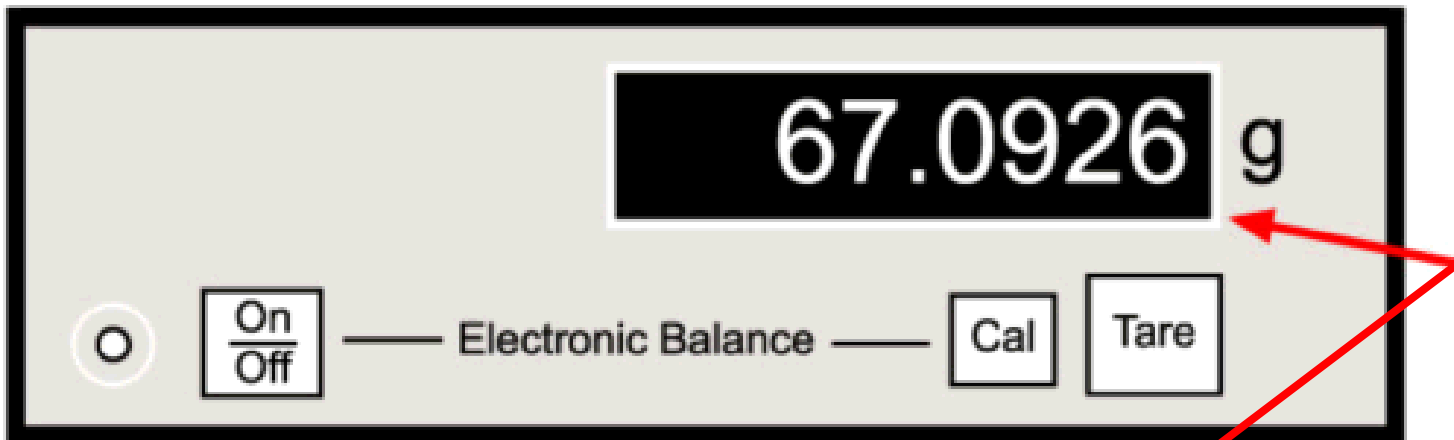
Kolik je nejmenší
dílek na stupnici



32.33 °C

32.3 °C

Odečtení z digitální stupnice



Chybu měření předpokládáme ± 1 posledního místa

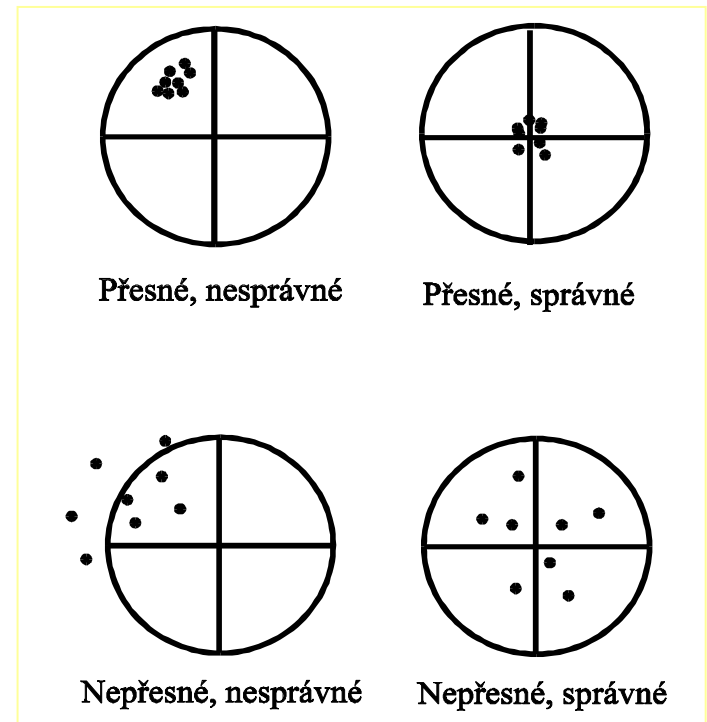
Přesnost a správnost měření

Měření každé fyzikální veličiny je spojeno s určitou nepřesností – chybou.

Opakovaná měření se od sebe liší – drobné odchylky jsou obvykle na posledním místě výsledku.

Přesnost = rozdíl mezi jednotlivými výsledky měření, závisí na schopnostech experimentátora

Správnost = rozdíl mezi výsledky měření a skutečnou hodnotou, závisí na kvalitě měřícího přístroje



Platné číslice

Nuly mezi desetinnou čárkou a první nenulovou číslicí *nejsou* platné číslice 0.00**34**

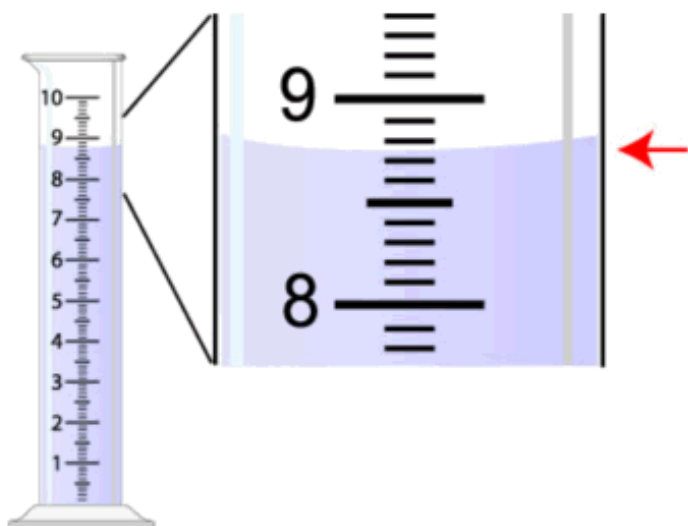
Nuly za nenulovými číslicemi ve výsledku vyjádřeném desetinným číslem *jsou* platnými číslicemi 0.00**3400**

Nuly na konci výsledku, který neobsahuje desetinnou čárku, **MOHOU**, ale **NEMUSÍ** být platnými číslicemi, záleží na přesnosti měření 1**200**

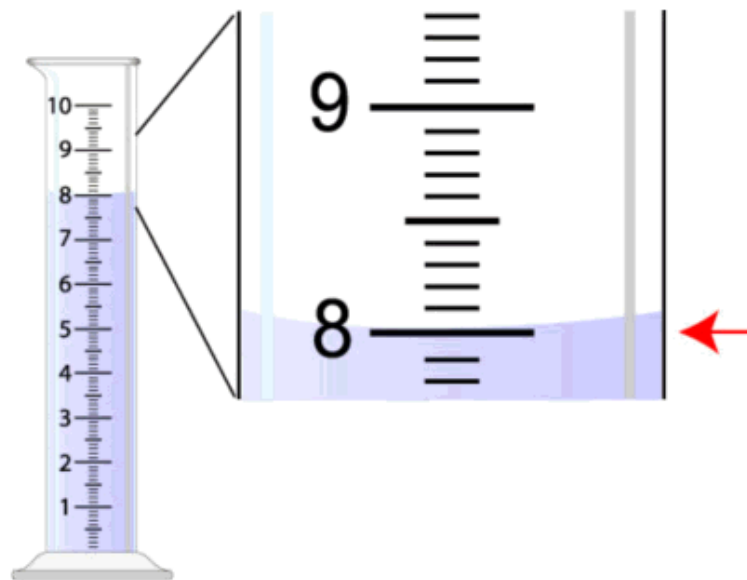
Proto pro jednoznačnost se používá **EXPONENCIÁLNÍ** zápis: jedno místo před desetinnou čárkou, desetinná místa odpovídající přesnosti měření, exponent, jednotka: $1.2 \cdot 10^3$

Platné číslice

Odečtení ze stupnice – počet platných číslic určen kvalitou přístroje



8.75 cm³



8.00 cm³

NE 8 cm³ !!!!

Platné číslice

Exaktní čísla = nekonečný počet platných míst (nuly), nemají chybu měření

- počet lidí, pokusů, ...

- převodní faktory 1 týden = 7 dní 7.000000000
1 inch = 2.54 cm

- definice 0 °C = 273.15 K

Operace s platnými číslicemi

Násobení a dělení: výsledek má tolik PLATNÝCH
číslic jako má číslo s nejmenším počtem platných číslic

$$p V = n R T$$

$$p = 748 \text{ Torr} = 99.7 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$V = 1254 \text{ ml} = 1.254 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$n = pV/RT = 5.0462226 \cdot 10^{-2} \text{ mol} = 5.05 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Zaokrouhlování - zaokrouhlovat až konečný výsledek.

Operace s platnými číslicemi

Sčítání a odčítání: výsledek má tolik DESETINNÝCH míst jako má číslo s nejmenším počtem desetinných míst

Příklad:

Naměříme 2.5 cm pomocí pravítka a 1.2 μm pomocí mikrometru

sečteme	2.5 cm	s chybou ± 0.1 cm
	+0.00012 cm	s chybou ± 0.00001 cm
výsledek není		2.50012 cm
ale		2.5 cm

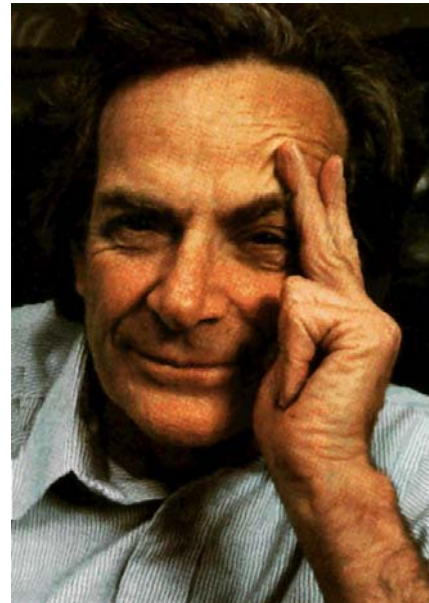
protože chyba prvního měření převyšuje řádově hodnotu druhého měření

Hmota

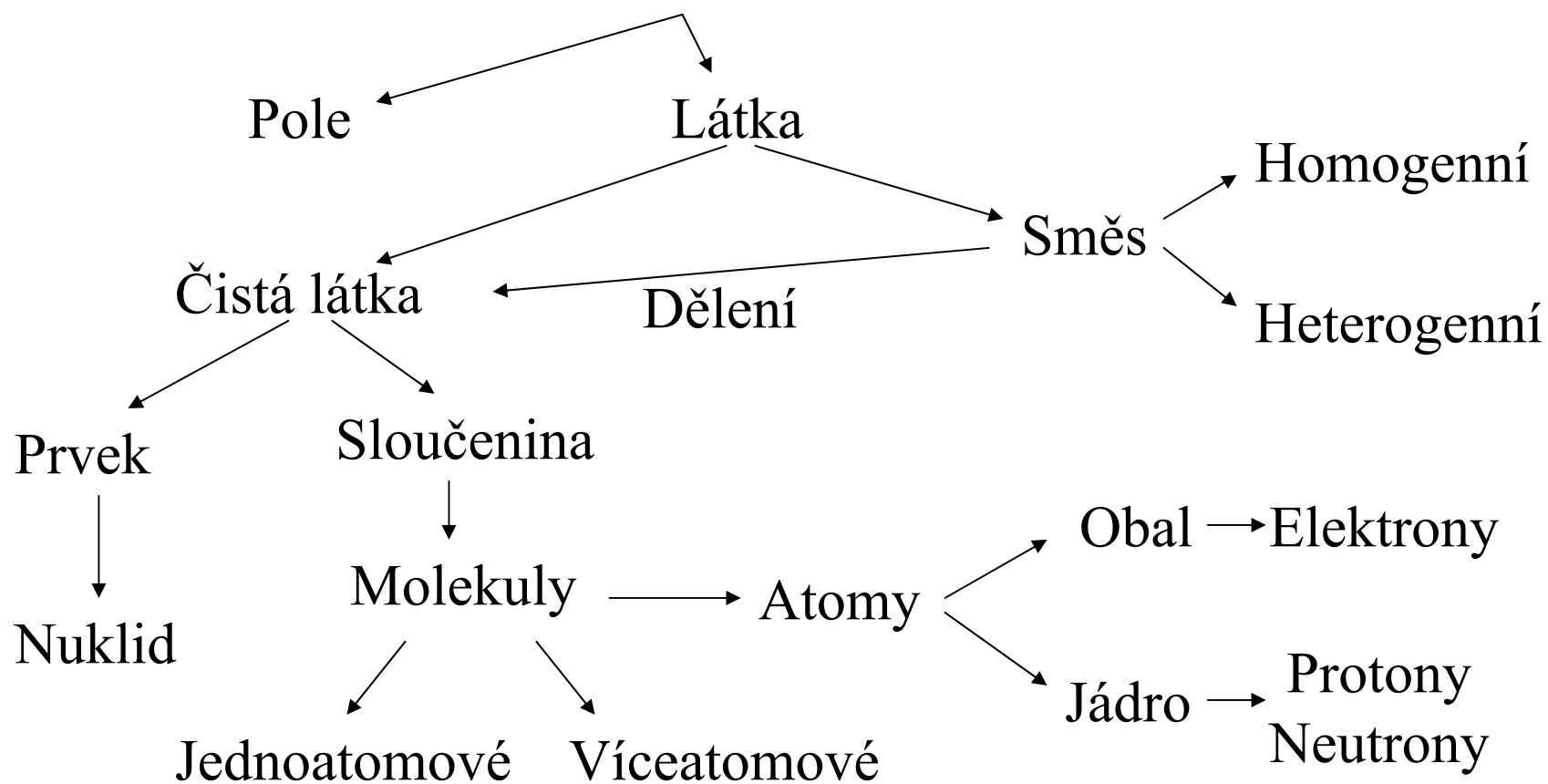
Cokoliv zabírá prostor a má hmotnost je hmota

Veškerá hmota sestává z pozitivně a negativně nabitých částic, které jsou v neustálém pohybu, na krátké vzdálenosti se vzájemně přitahují, odpuzují se pokud jsou stlačeny příliš blízko k sobě.

Richard P. Feynman
(1918 - 1988)
NP za fyziku 1965



Rozdělení hmoty



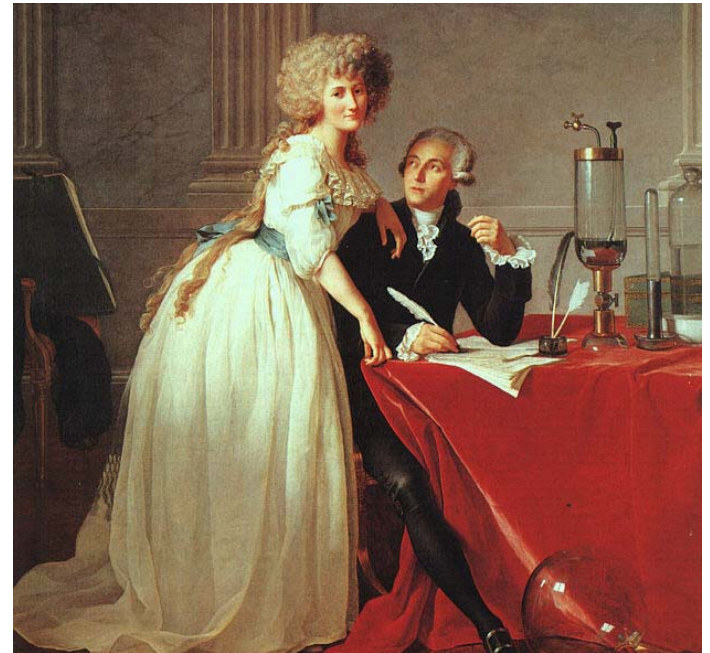
Zákon zachování hmoty

Lavoisierův zákon 1785

Hmota se netvoří ani nemůže být zničena

Při chemických reakcích zůstává hmotnost všech zúčastněných sloučenin konstantní.

Výsledek přesného měření:
vážení reaktantů a produktů



Zákon zachování hmotnosti a energie

Hmotnost je mírou gravitačních vlastností a setrvačnosti

Ekvivalence hmoty a energie $E = m c^2$

$$1 \text{ amu} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931.4 \text{ MeV}$$

Hmotnost a energie v uzavřené soustavě je konstantní

Úbytek hmotnosti při uvolnění energie:

- Chemické reakce ng na mol
- Jaderné reakce mg na mol

Zákon stálých slučovacích poměrů



Proustův zákon konstantního složení 1799

Prokázal konstantní složení vody, CuCO_3

Joseph Proust
(1754 - 1826)

Daná sloučenina vždy obsahuje přesně stejná relativní hmotnostní množství prvků, ze kterých se skládá. Nezáleží na způsobu vzniku nebo postupu přípravy.

1.000 g UHLÍKU se vždy sloučí s 1.333 g KYSLÍKU na CO

Zákon násobných slučovacích poměrů

Daltonův zákon 1803

Tvoří-li dva prvky řadu sloučenin
(N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_5)
hmotnosti druhého prvku, který se
slučuje s 1 g prvního prvku
lze vždy vyjádřit malými celými
číslly

Tabulka relativních atomových
hmotností 14 prvků vzhledem k H
jako standardu.



John Dalton
(1766 - 1844)

Oxidy chromu

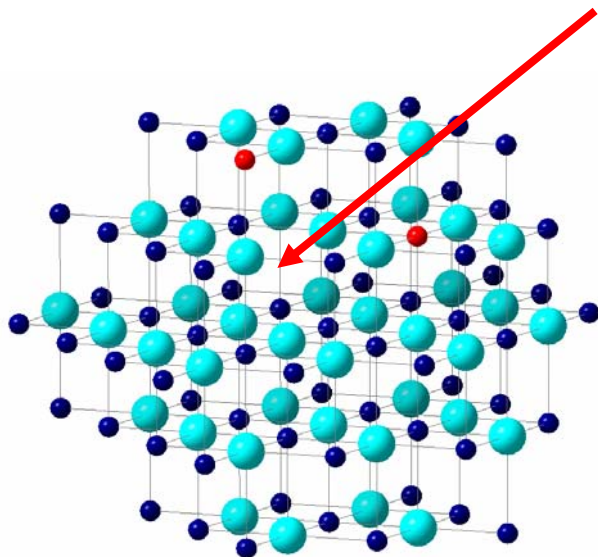
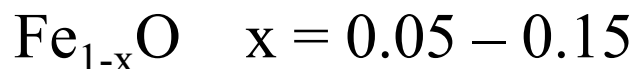
$$r = \frac{m(O)Cr_xO_y}{m(O)CrO}$$

Sloučenina	m(Cr), g	m(O), g	Poměr, r
CrO	1.000	0.3077	1.000
Cr ₂ O ₃	1.000	0.4615	1.499
CrO ₂	1.000	0.6154	2.000
CrO ₃	1.000	0.9231	3.000

Nestechiometrické sloučeniny-bertholidy

Sloučeniny s kovem ve více oxidačních stavech

Oxidy, sulfidy, nitridy,...



Fe^{2+} = modrá

Fe^{3+} = červená



C. L. Berthollet
(1748 - 1822)

Vakance = neobsazená pozice

Daltonova atomová teorie

1805

Každý prvek se skládá z malých nedělitelných a nezničitelných částic – atomů (ne pro jaderné přeměny).

Atomy stejného prvku mají identické vlastnosti a hmotnost (ne pro nuklidy), atomy různých prvků se podstatně liší ve vlastnostech a hmotnosti (ne pro izobary).

Sloučeniny jsou tvořeny spojením atomů různých prvků, pro danou sloučeninu vždy stejné typy atomů ve stejném poměru.

Chemická reakce je reorganizace vzájemného uspořádání atomů.

Zákon stálých objemů

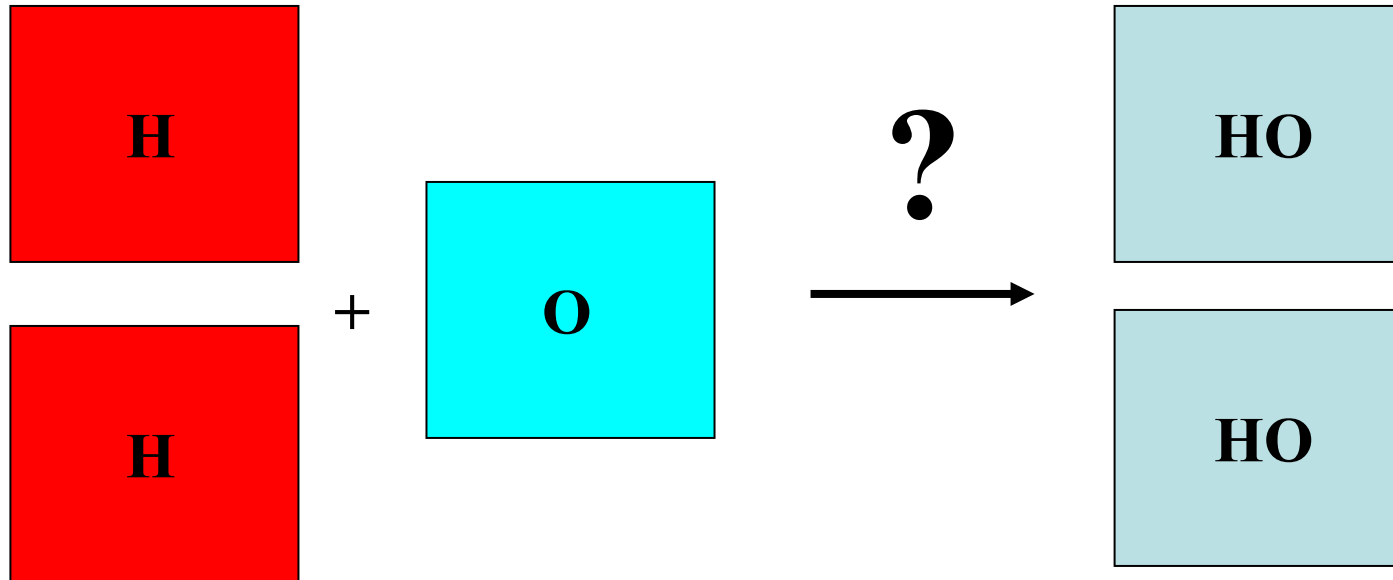
Joseph Louis Gay-Lussac
(1778 - 1850)



1809 Plyny se slučují v jednoduchých poměrech objemových

2 objemy vodíku + 1 objem kyslíku \rightarrow 2 objemy vodní páry

Zákon stálých objemů



Avogadova hypotéza

1811 Z Daltonovy atomové teorie a Gay-Lussakova zákona vyvodil:

Při stejné teplotě a tlaku obsahují stejné objemy různých plynů stejný počet částic.

Plyny jsou dvouatomové molekuly.

H₂, N₂, O₂

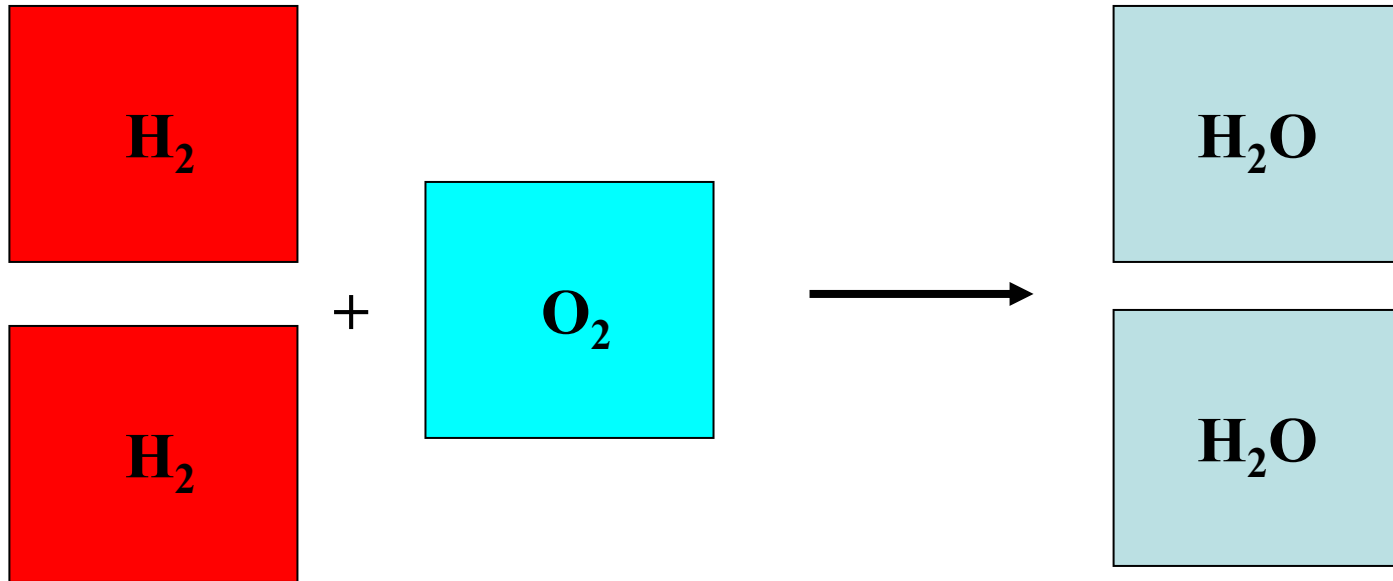
Objem 1 molu plynu je 22.4 litru při 0 °C a 101325 Pa

$$V_M = 22.4 \text{ l mol}^{-1}$$



Amadeo Avogadro
(1776 - 1856)

Zákon stálých objemů



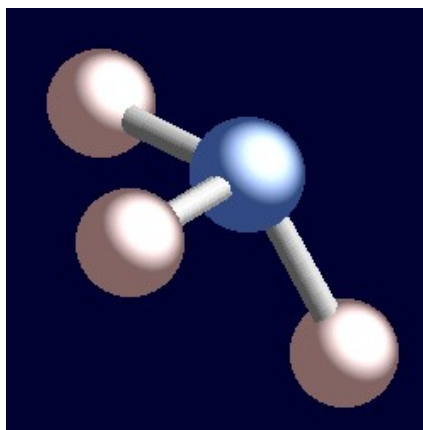
Avogadrova molekula

Molekuly = nejmenší částice látky schopné samostatné existence
Určují chemické vlastnosti látek.

He, Ne, Ar,

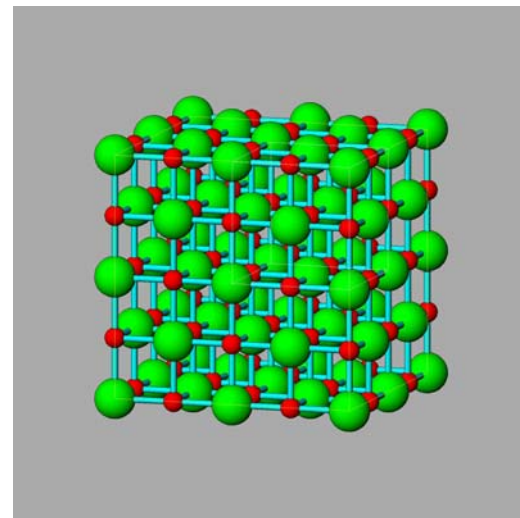
N_2 , P_4 (bílý), S_8 , C_{60} ,

BCl_3 , CH_4 , H_2O , NH_3



Nejsou molekuly:

NaCl, SiO₂, BeF₂, C (grafit, diamant),



Hmotnost – mol – Avogadrova konstanta

Prvky se slučují ve stálých hmotnostních poměrech:

NaCl 23.0 g Na s 35.5 g chloru

Škála relativních atomových hmotností:

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

Definice molu: 12.0 g C = 1 mol

Pak 23.0 g Na = 1 mol

1 mol = 22.4 litru

Změřit kolik částic je v 1 molu (Loschmidt, Perrin,...)

$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Látkové množství

1 mol = takové množství částic (atomů, molekul, elektronů,...)
jako ve 12 g uhlíku ^{12}C

$$N_{\text{A}} = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Chemické vzorce

Stechiometrie chemických rovnic

Výpočet Avogadrovy konstanty

Loschmidtovo číslo = počet molekul v jednotce objemu ideálního plynu

1865 z kinetické teorie plynů vypočetl

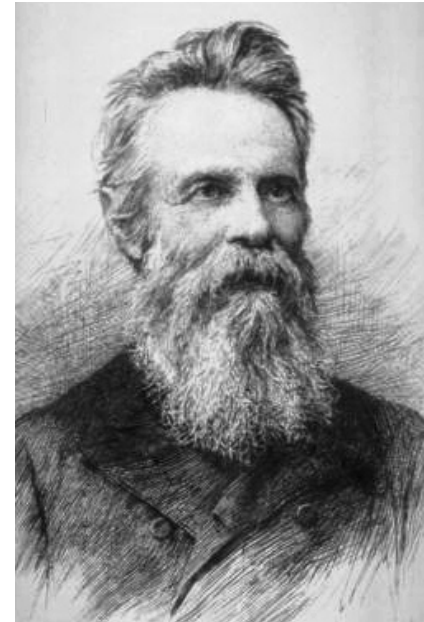
$$n_0 = 2.6 \cdot 10^{19} \text{ molekul cm}^{-3}$$

Dnešní hodnota: $2.686\,7775 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$



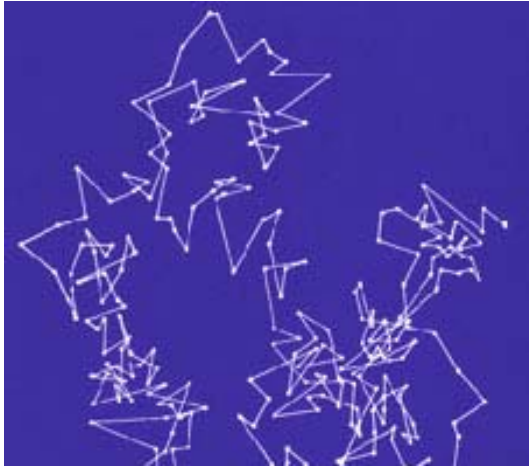
Avogadrova konstanta

$$N_A = 6.022\,141\,99 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$



Johann Josef Loschmidt
(1821 - 1895) Počerny u K₂V

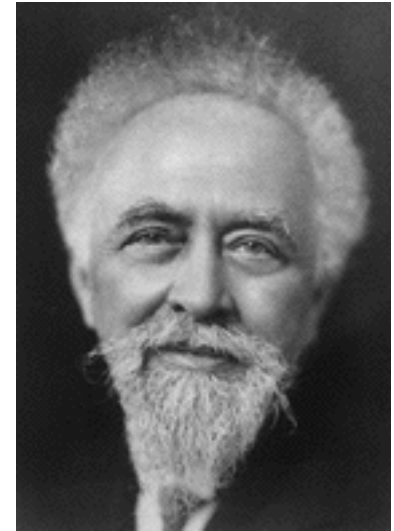
Výpočet Avogadrovy konstanty



Brownův pohyb částic v kapalině
Důkaz existence molekul

Zavedl pojem Avogadrova konstanta
a experimentálně zjistil její hodnotu

$6.82 \cdot 10^{23}$ molekul ve 2 g vodíku



Jean Baptiste Perrin
(1870 - 1942)
NP za fyziku 1926

Výpočet Avogadrovy konstanty

Z rentgenové strukturní analýzy Si monokrystalů

Příklad:

Ti tělesně centrovaná kubická buňka

$Z = 2$, $a = 330.6 \text{ pm}$

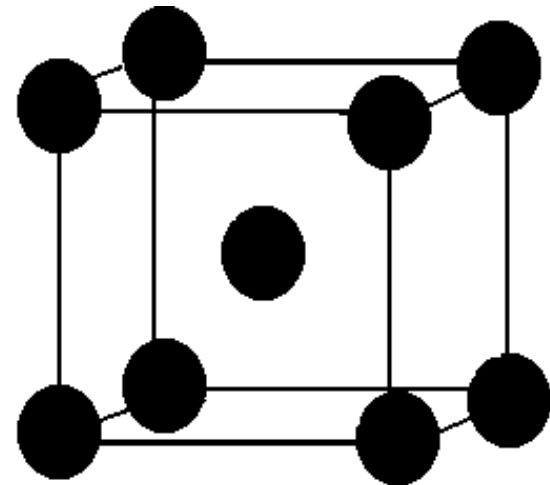
Hustota Ti $\rho = 4.401 \text{ g cm}^{-3}$

$A(\text{Ti}) = 47.88 \text{ g mol}^{-1}$

2 Ti na 1 buňku o objemu $V = a^3$

$$\rho a^3 = Z A(\text{Ti}) / N_A$$

$$N_A = Z A(\text{Ti}) / V \rho$$



Pojem prvku v historii chemie

6. st. př. n. l. Thales, Anaximander, Anaximenes, Herakleitos
Hmota sestává z neměnitelných jednoduchých základních kamenů – prvků

Tháles Miletský (640 - 546 př. n. l.) základní prvek = voda

Anaximenes (~570 př. n. l.) základní prvek = vzduch

Herakleitos (540 - 475 př. n. l.) základní prvek = oheň

Pojem prvku v historii chemie

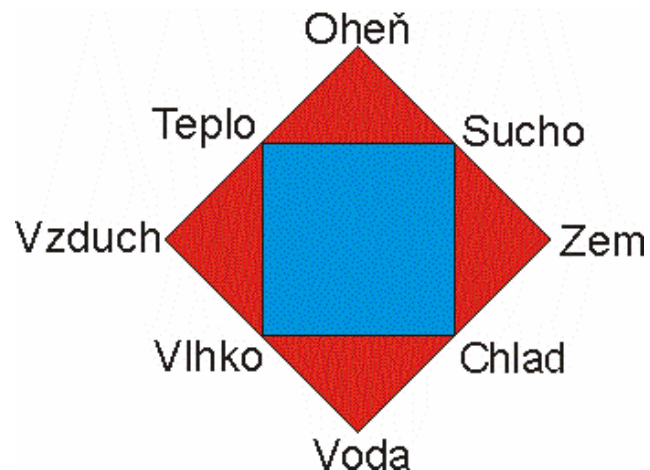
Empedokles (490 - 430 př. n. l.)

4 základní prvky = oheň, voda, vzduch, země

a 2 základní síly: přitažlivá a odpuzivá

(až 1783 H. Cavendish dokázal, že voda je sloučenina H a O)

Aristoteles (384 - 322 př. n. l.) 4 základní prvky + ether



Pojem prvku v historii chemie

Alexandrie: řecká teorie + egyptská praktická “chemie”

Arabská alchymie, přenesena do Evropy

**Alchymistické prvky: země, voda, oheň, vzduch a navíc
Au, Ag, Hg, Fe, Sn, Cu, S, sůl**

Au

Ag

electrum (Sn amalgam)

Fe

Cu

Sn

Pb

Slunce

Měsíc

Jupiter

Mars

Venuše

Merkur

Saturn

Pojem prvku v historii chemie

Philippus Aureolus Paracelsus (1493–1541)

tři elementární substance: rtuť, síra a sůl

Rtuť = tekutost a kovový charakter

Síra = hořlavost

Sůl = inertní element

Pojem prvku v historii chemie

1661 Robert Boyle: přírodovědecká definice prvku:

Prvek je látka, která se nedá rozložit na jiné látky.

1789 Lavoisier 21 prvků

1808 Dalton 36 prvků

1813-14 Berzelius 47 prvků

1869 Medělejev tabulka 63 prvků

2007 Periodický tabulka 118 prvků (chybí 117)



Vývoj definice atomových hmotností

J. Dalton $H = 1$

J. J. Berzelius $O = 100$

J. S. Stas $O = 16$ (pro přírodní směs izotopů) chemická stupnice

fyzikální stupnice $^{16}\text{O} = 16$ ZMATEK

1961

Atomová hmotnostní jednotka = $1/12$ hmotnosti atomu nuklidu ^{12}C

$1 \text{ amu} = 1 \text{ u} = 1.6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Atomová hmotnost

1814 Tabulka relativních atomových hmotností 41 prvků

O = 100

Vzorce sloučenin

1811 Zavedení zkratk jako symbolů prvků

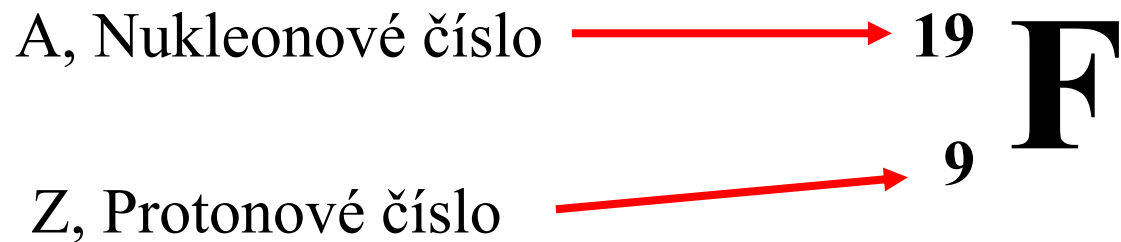
Li	Lithium
Be	Beryllium
Ga	Gallium (ne Galium)
Y	Yttrium
Te	Tellur
Tl	Thallium
Ds	Darmstadtium



Jöns Jacob Berzelius
(1779 - 1848)

Definice prvku

Soubor atomů se stejným protonovým číslem



Nuklid = soubor atomů se stejným A a Z

Prvek = soubor atomů se stejným Z

Chemické látky - složení

Druh atomů	A nebo B	prvky
	A a B nebo A a C	sloučeniny

Relativní počet atomů	AB nebo AB ₂
-----------------------	-------------------------

→ empirický vzorec	(CO nebo CO ₂)
--------------------	----------------------------

Absolutní počet atomů	A ₂ B ₂ nebo A ₆ B ₆
-----------------------	--

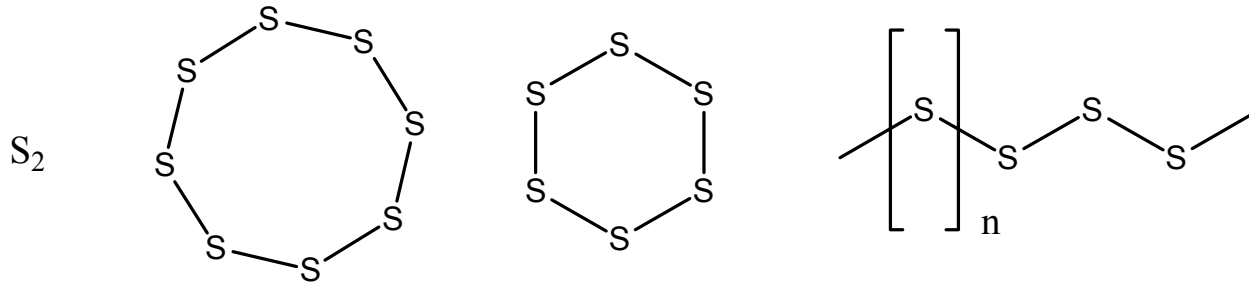
→ molekulový vzorec	(C ₂ H ₂ nebo C ₆ H ₆)
---------------------	---

[CoN₆H₁₅O₂]²⁺

Prvky – struktura – allotropie

Struktura strukturální vzorec

Vazebná topologie allotropie (prvky): O_2 , O_3



Sloučeniny – struktura – konstituce

Vazebná topologie strukturní (konstituční) vzorec

topologická (konstituční, vazebná) izomerie (sloučeniny)

A-B-C nebo A-C-B

$C_5H_{10}O$

HOCN, HNCO, HONC

$[Co(NH_3)_5NO_2]^{2+}$ $[Co(NH_3)_5ONO]^{2+}$

Topologická (konstituční, vazebná) izomerie

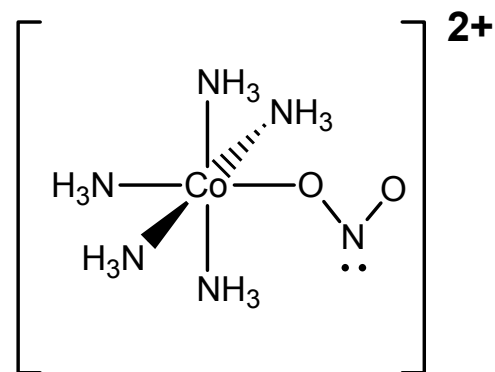
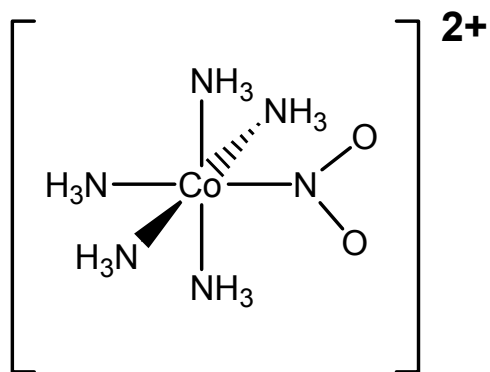


217 izomerů C₆H₆

Σ 217

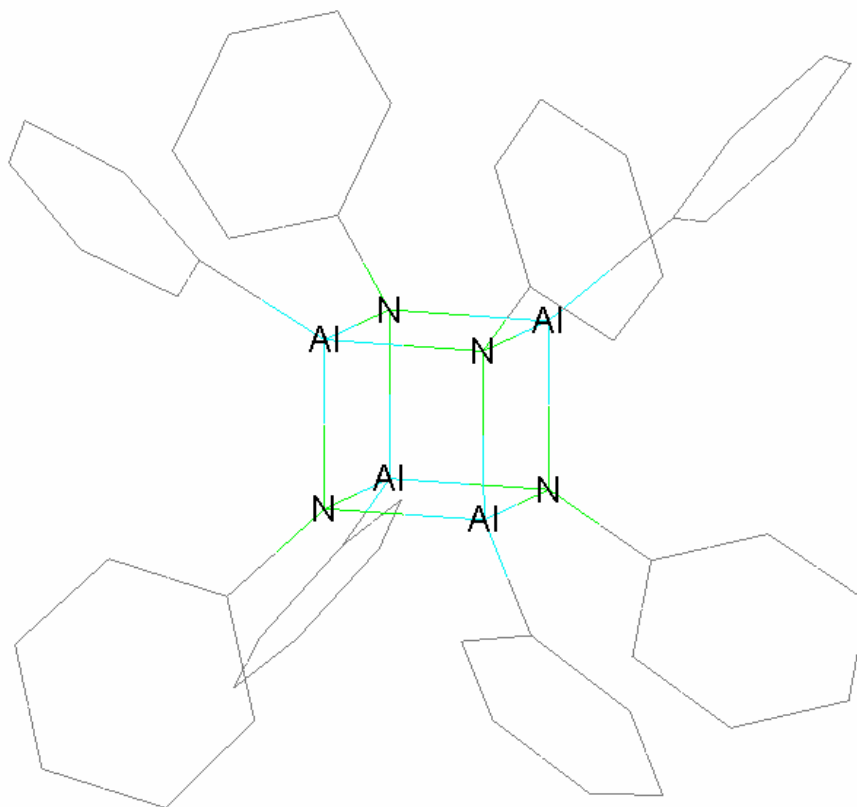
Molekulární tvar

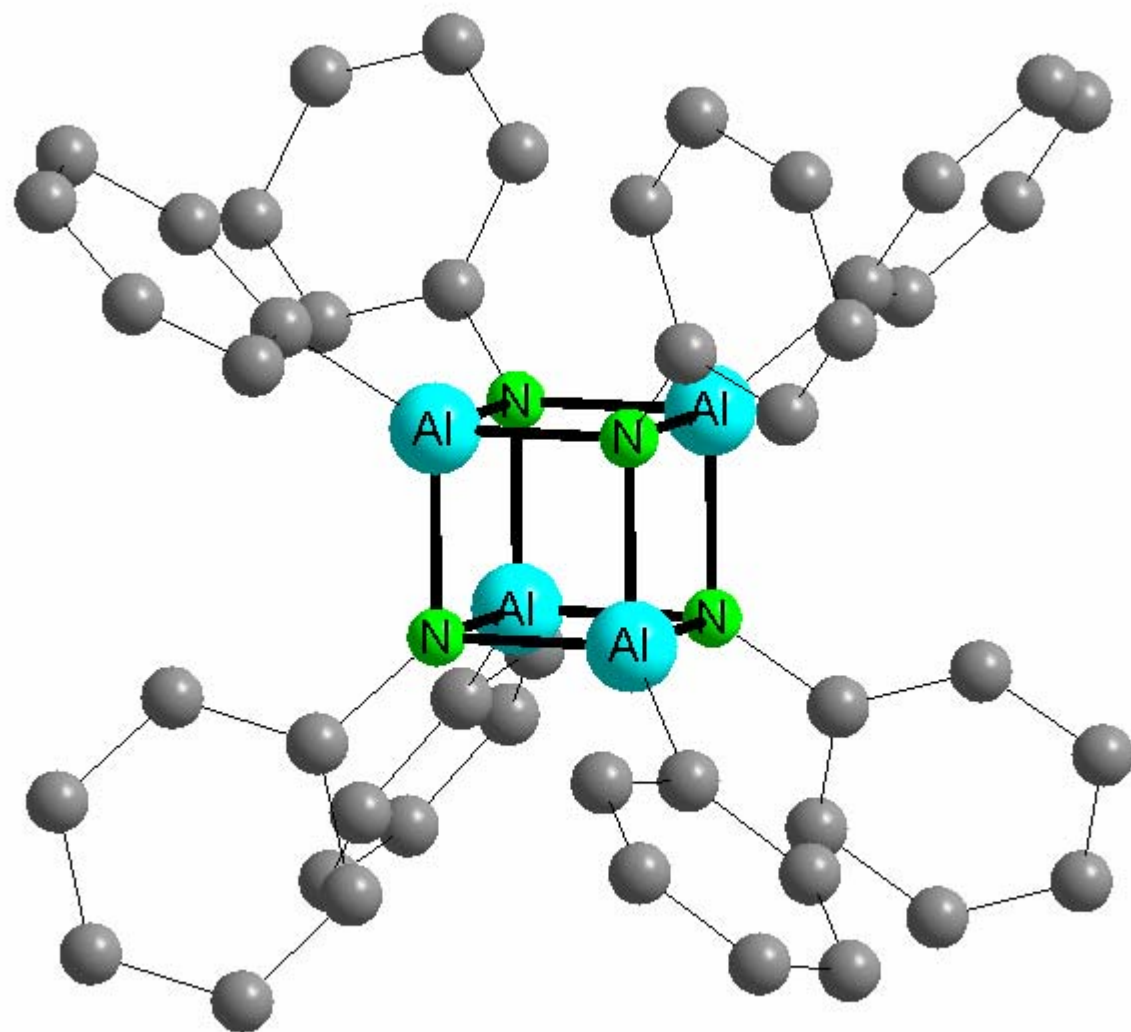
Molekulární tvar (geometrický vzorec)

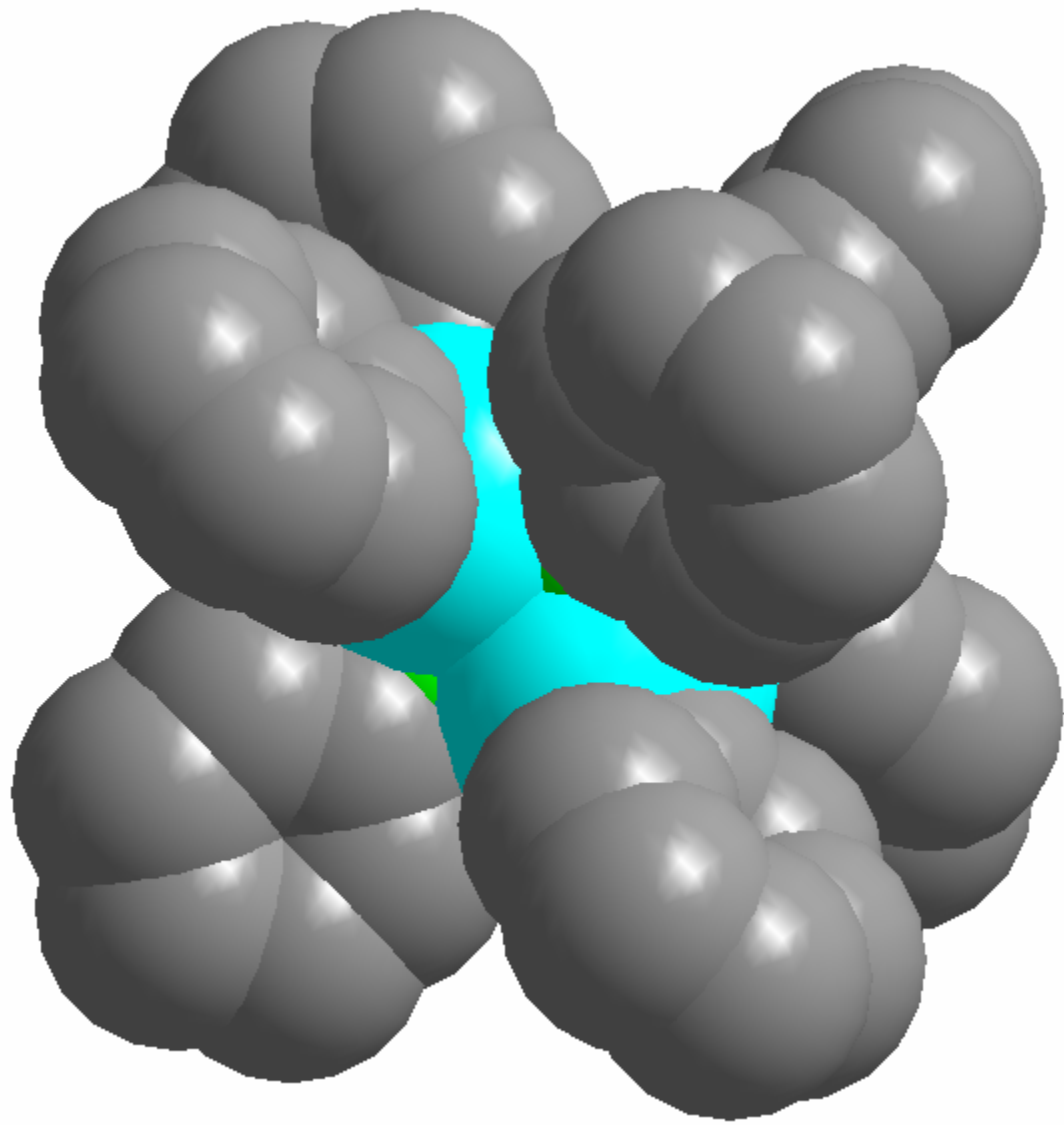


Vazebná izomerie NO₂ skupiny

Sloučeniny – struktura – konstituce



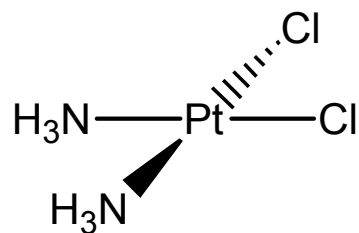




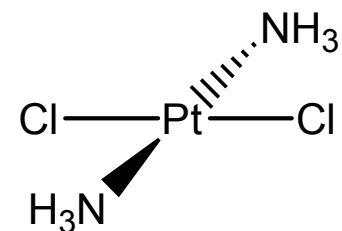
Molekulární tvar

Molekulární tvar (geometrický vzorec)

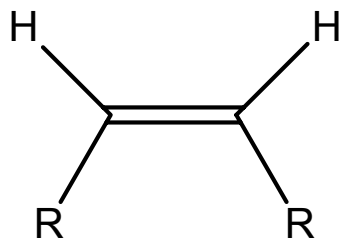
geometrické izomery



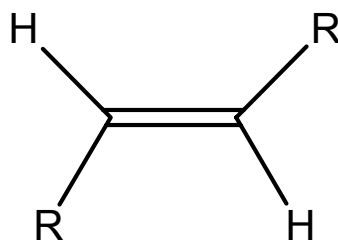
cis



trans



Z

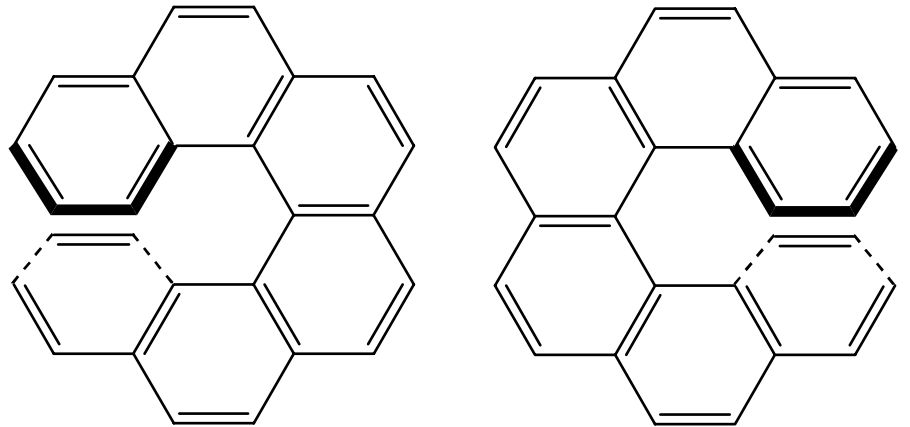
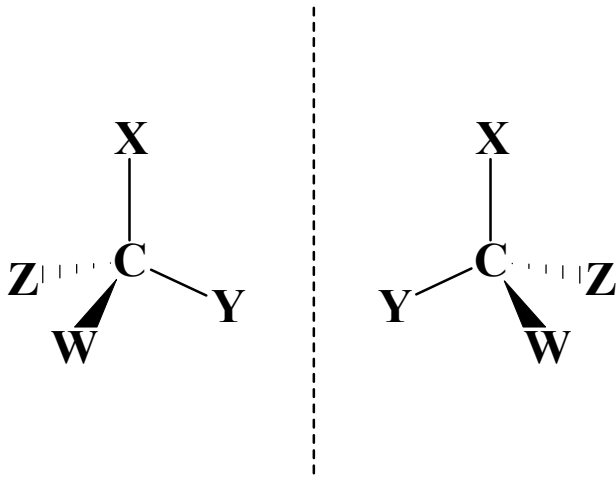


E

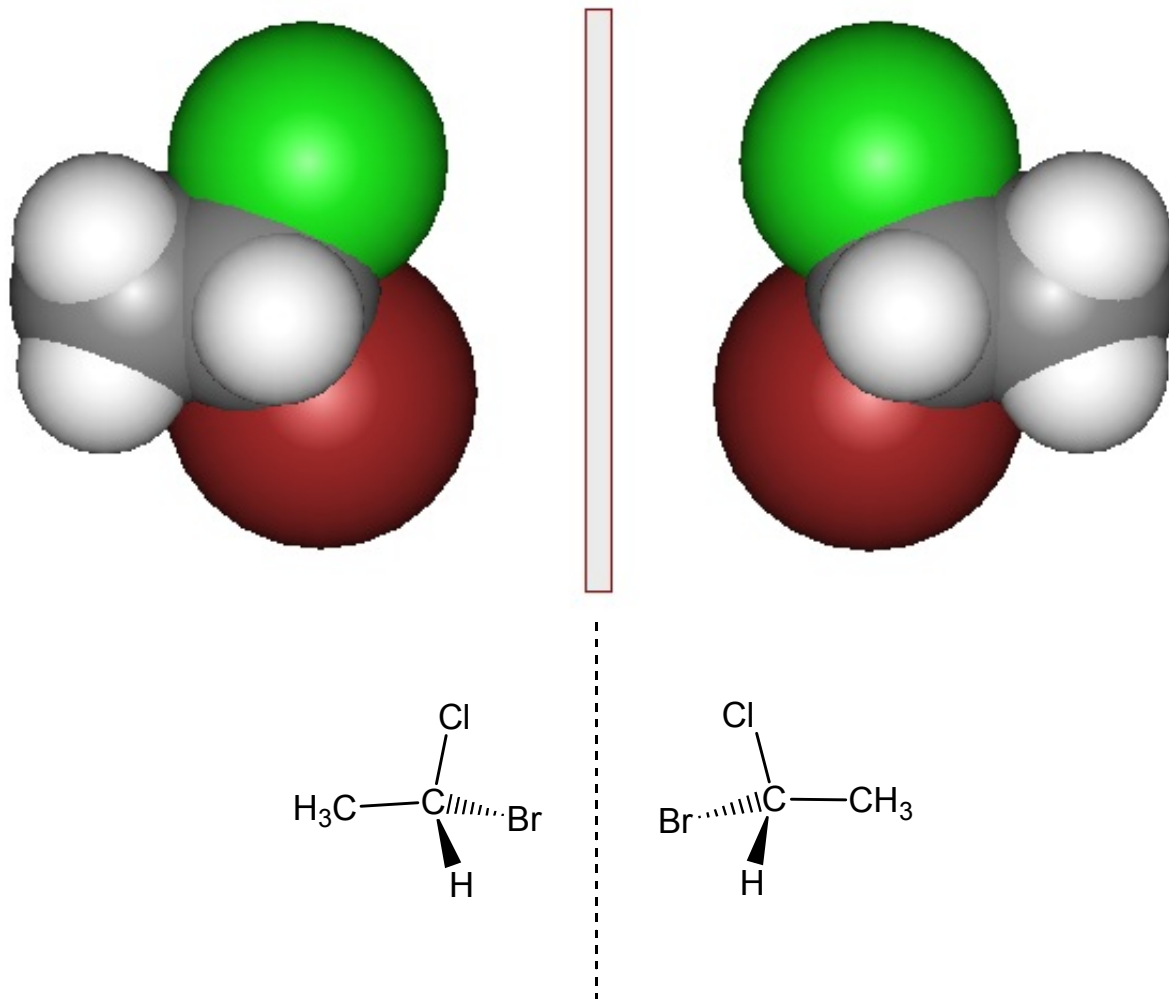
Molekulární tvar

Molekulární tvar (geometrický vzorec)

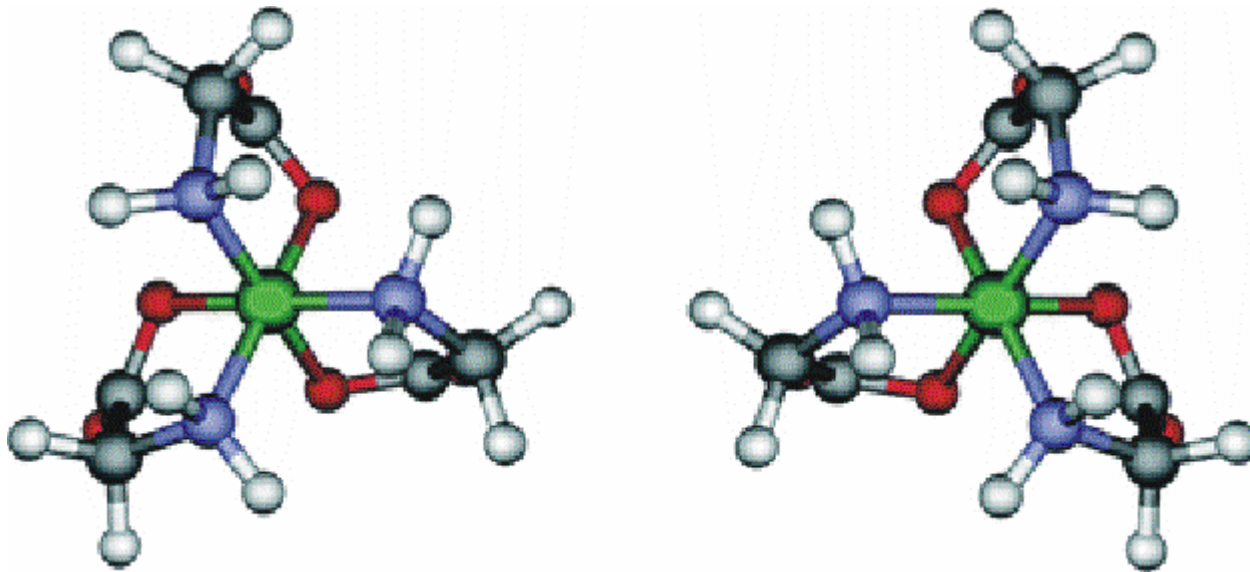
Optické izomery - enantiomery



Optické izomery - enantiomery

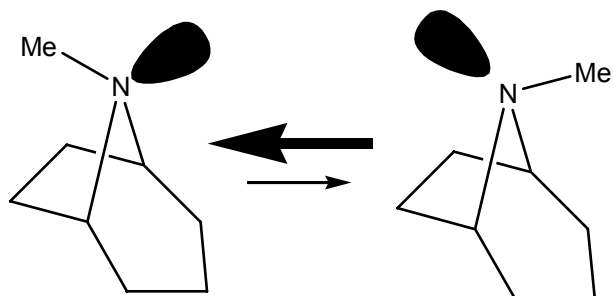


Optické izomery - enantiomery



Molekulární tvar

konformery

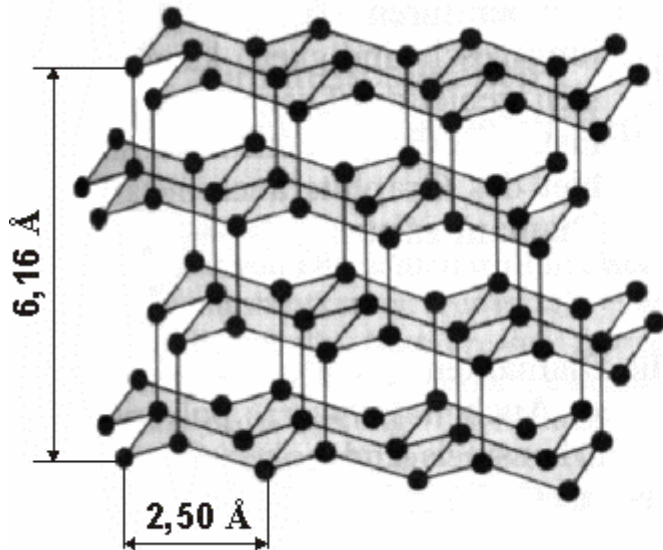


Krystalová struktura

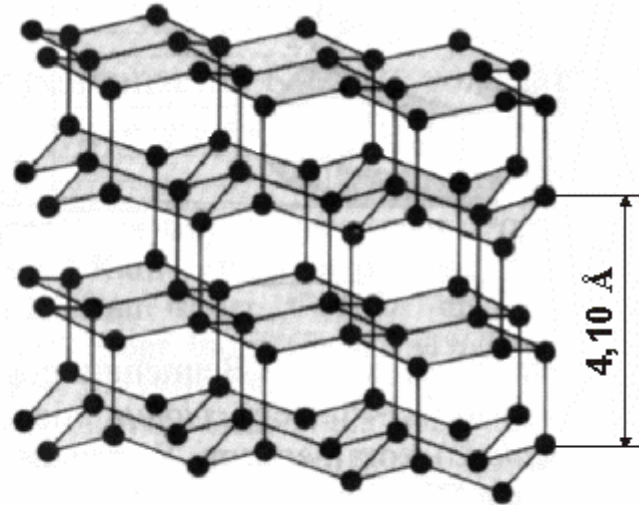
Polymorfie – jen pro pevné látky

Stejné stavební (vzorcové) jednotky, stejné vazby, různé uspořádání v prostoru

Kubický diamant



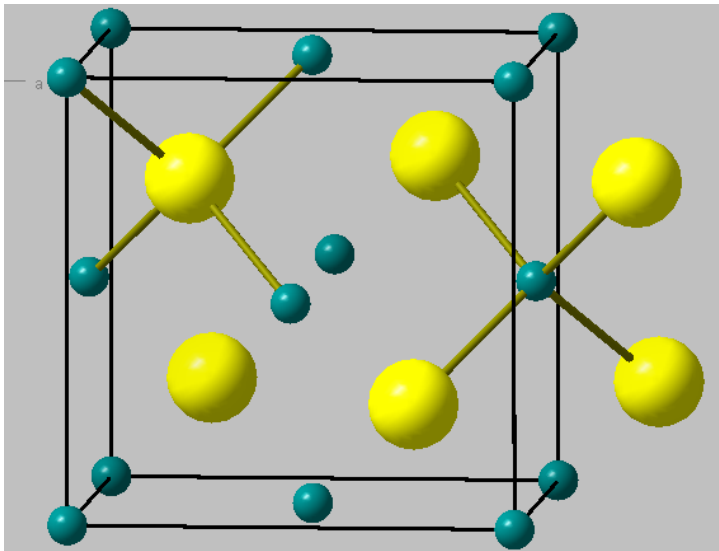
Hexagonální diamant



Krystalová struktura

ZnS sfalerit

kubická struktura



ZnS wurzit

hexagonální struktura

