

Obecná chemie C1020

Jiří Pinkas

Ústav chemie – Univerzitní kampus Bohunice

Budova A12, 2. patro, místnost 224

Tel. 54949 6493

jpinkas@chemi.muni.cz

Obecná chemie C1020

Přednáška - A11/132

- Út 12:00 – 14:00 a Čt 10:00 – 12:00
- Materiály z přednášky budou vystaveny v ISu
- Řešené úlohy v ISu
- **Zkouška** písemná - leden a únor 2020
- Každý týden jeden zkouškový termín - úterý
- Nebudou předtermíny
- Poslední opravný termín – květen 2020
- Seminář C1040 - Test 0 (0 - 100 %)
- Konzultace: Pondělí od 14 – 15:00 v A12/311 (od listopadu)

Obecná chemie C1020

Příhoda - Toužín. *Pomůcka pro seminář z obecné chemie.*

Brno : Masarykova univerzita, 2012.

KUK – 225 ks a v ISu jako pdf

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

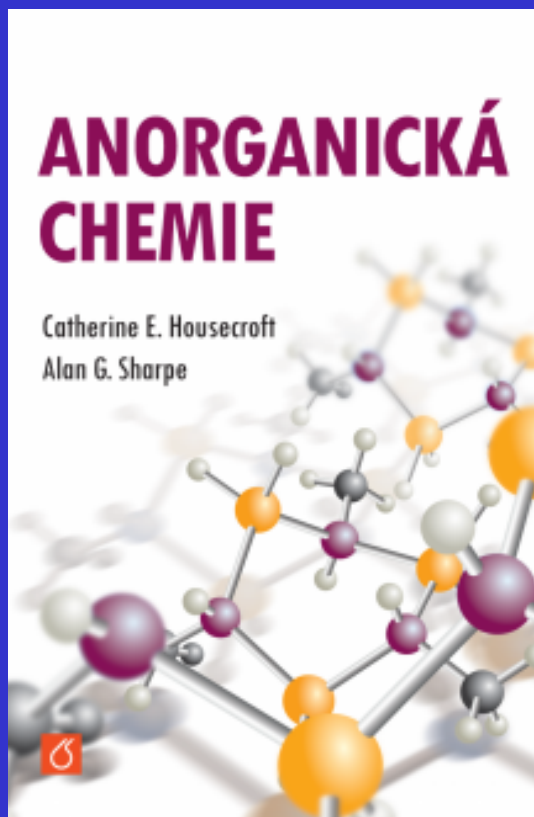
Hála. *Pomůcka ke studiu obecné chemie.*

Brno : Masarykova univerzita, 1993.

Růžička - Toužín. *Problémy a příklady z obecné chemie. Názvosloví anorganických sloučenin*

Brno : Masarykova univerzita, 2000 - 2010.

Obecná chemie C1020



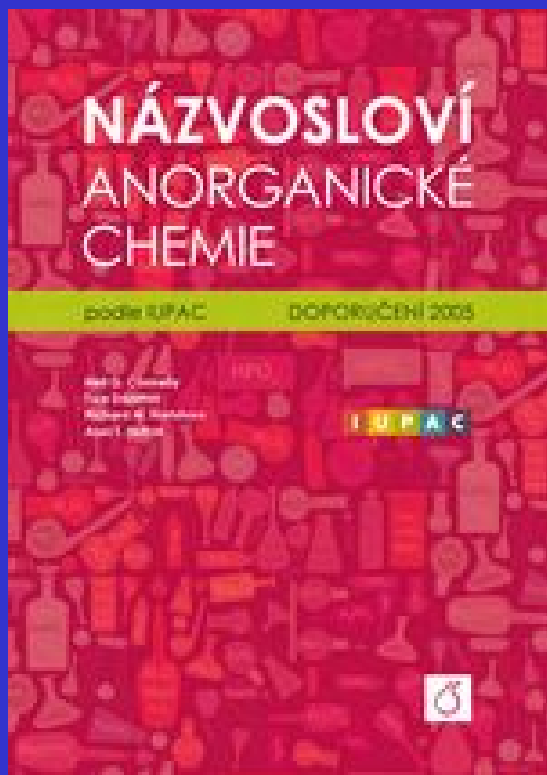
Anorganická chemie

Catherine E. Housecroft
Alan G. Sharpe

Vydavatel VŠCHT Praha
(1. vydání, 2014)
ISBN 978-80-7080-872-6
Počet stran 1152

Cena 1350 Kč
950 Kč (pro studenty VŠCHT)

Obecná chemie C1020



Názvosloví anorganické chemie podle IUPAC: Doporučení 2005

Connelly Neil G., Damhus Ture,
Hartshorn Richard M., Hutton Alan T.

Vydavatel VŠCHT Praha
(1. vydání, 2018)

ISBN 978-80-7080-998-3

Počet stran 380

Cena 450 Kč

240 Kč (pro studenty VŠCHT)

Obecná chemie C1020

KUK

C. E. Housecroft, A. G. Sharpe
Inorganic chemistry

S. S. Zumdahl, S. A. Zumdahl
Chemistry

J. W. Hill
General Chemistry

B. E. Bursten, C. Murphy, H. E. LeMay, H. E. LeMay Jr., P.
Woodward, T. E. Brown, T. L. Brown
Chemistry The Central Science



Počátky chemie

První písemná zmínka o chemii

Mezopotámie 1200 př. n. l.

Tapputi-Belatekallim - výrobkyně parfémů



Věda a výzkum



Technologie – aplikace znalostí k přeměně okolí, výrobky k prodeji a použití

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

Základní výzkum – dlouhodobý, cílem nejsou aplikace ale objevování nových přírodních zákonů a získávání nových poznatků a principů – výzkumné skupiny Ústavu chemie, biochemie, RECETOX, NCBR a CEITEC

Věda a vědecká metoda

Věda – Kvantitativní studium přírody a přírodních zákonů. Proces, při kterém se získávají nové **poznatky** a formulují **zákony** popisující přírodní jevy.

Empirické postupy řešení problému - pokusy a pozorování.

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



Sir Francis Bacon
(1561 - 1626)

*Zakladatel
empirismu*



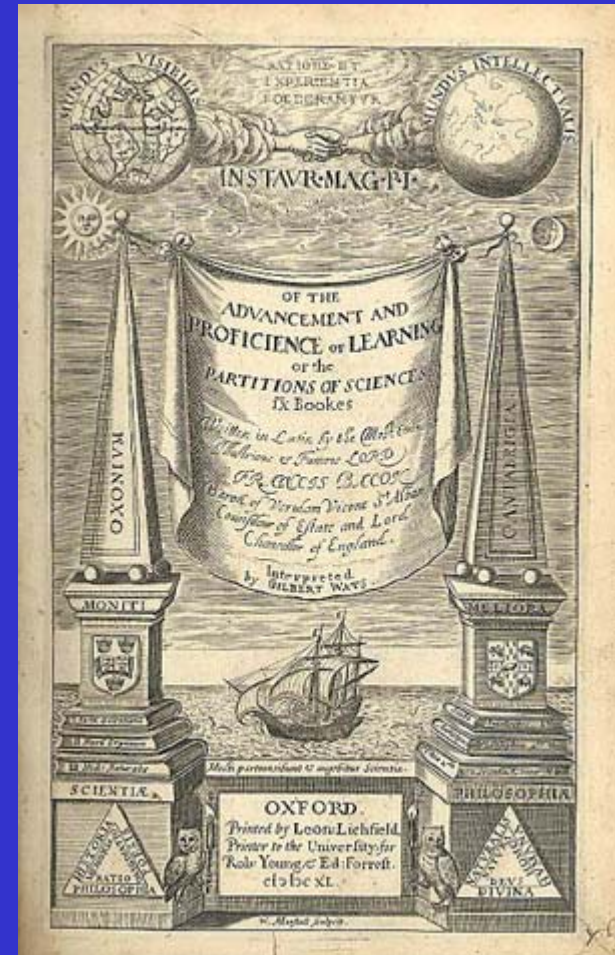
Věda

- Systematizovaný soubor **znalostí, vědomostí a zobecnění**, které jsou považovány za **pravdivé**
- Vědecká metoda, jíž jsou tyto znalosti získávány - **pozorování, pokus, dedukce** – vedoucí k **objektivním zákonům**
- Vědecký jazyk - přesně definované **pojmy**

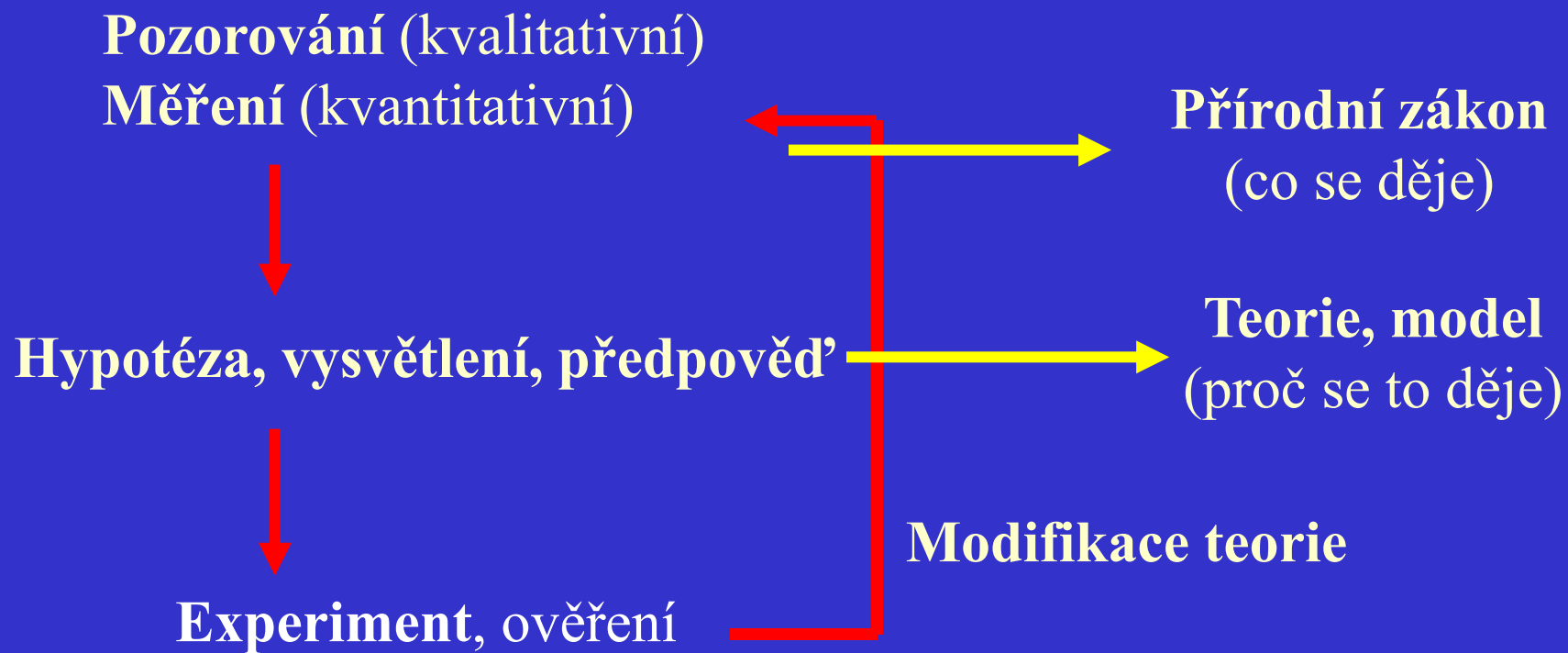
1605 - Francis Bacon

The Proficiency and Advancement of Learning

Formulace vědecké metody



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:**



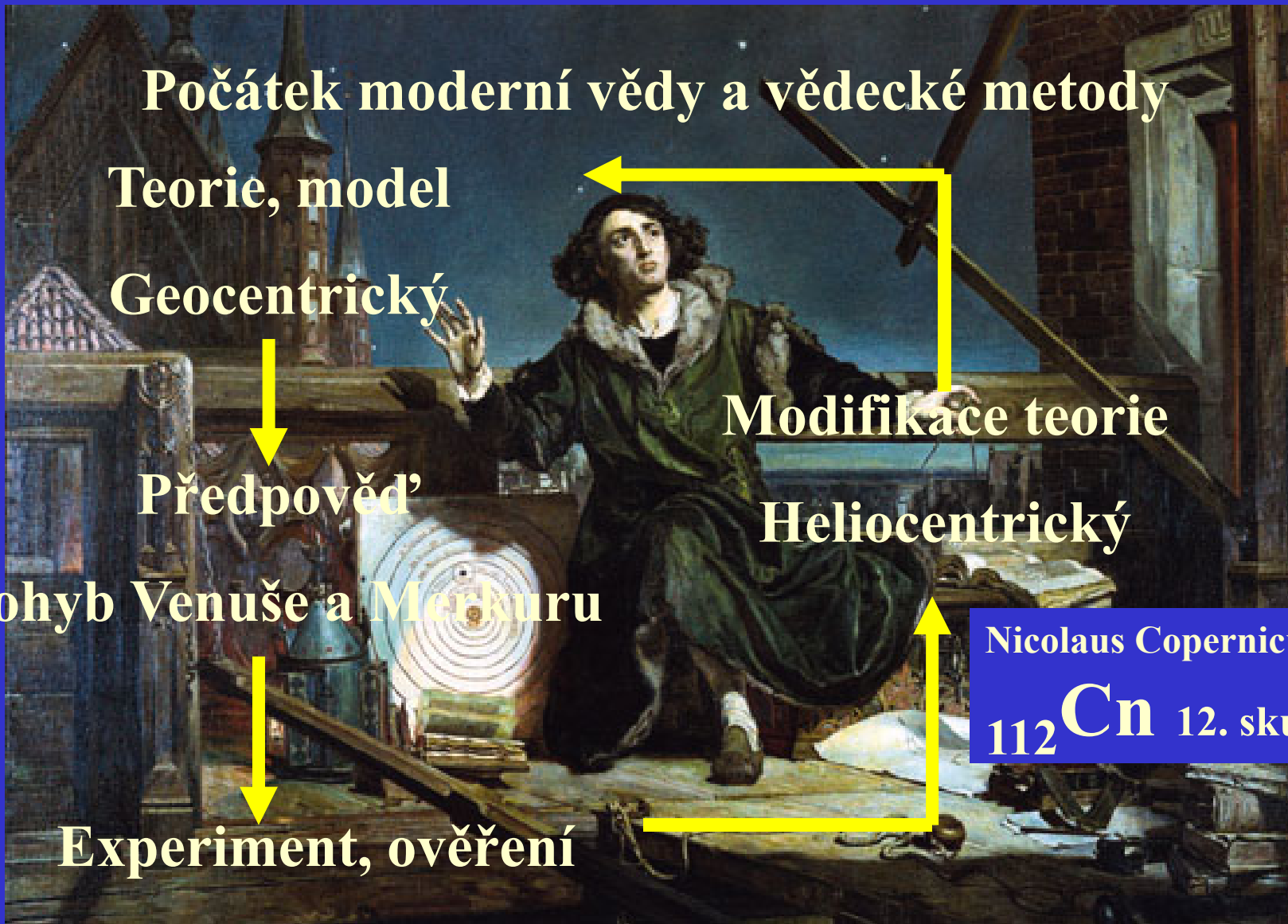
Tháles Milétský (624 - 543 př. n. l.)

Vysvětlil zatmění Slunce – měsíc v novu přejde přes sluneční kotouč

Předpověď dalšího zatmění Slunce 585 př. n. l.
(nebližší zatmění v Česku - 10. června 2021)

Počátek vědeckého myšlení, racionální přístup bez mystiky a náboženských představ

Chemie - Základní prvek je **voda**



Počátek moderní vědy a vědecké metody

Teorie, model

Geocentrický

Předpověď

Pohyb Venuše a Merkuru

Experiment, ověření

Modifikace teorie

Heliocentrický

Nicolaus Copernicus

112Cn 12. skupina

1543 Mikoláš Koperník



Pozorování a vysvětlení

Johann Joachim Becher
(1635 - 1682)

První konzistentní vysvětlení několika souvisejících přírodních jevů:

- 1) Hoření uhlí = uvolnění **flogistonu**
- 2) Hoření kovů = uvolnění **flogistonu** + vznik oxidu
- 3) Reakce uhlí s oxidy kovů (rudy) = redukce na kov
přenos **flogistonu** z uhlí na oxid (kov = oxid + flogiston)

Počátky **kvantitativních** experimentů

PROBLÉM: Kov hoří = oxid + **flogiston**

Při oxidaci kovů je hmotnost produktů **vyšší** = flogiston má₁₄ negativní hmotnost ☹



Georg Ernst Stahl
(1660 - 1734)

Flogiston

Pozorování a vysvětlení

Vyvracením **flogistonové teorie** se vytvářela moderní chemie. Nesprávná teorie je postupně vyvracena na základě experimentů, které odpovídají nové teorii.

hoření = slučování s O_2
vyšší hmotnost produktů - **vážení**

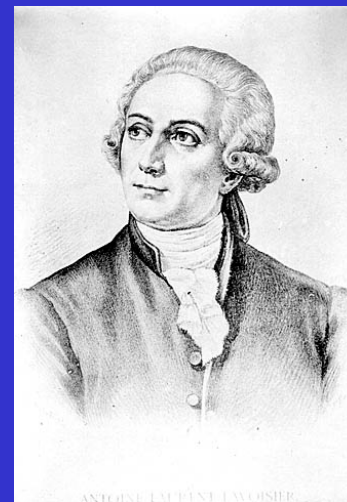
Zákon zachování hmoty

flogiston = $-O_2$

Zahřívání HgO

(redukce na kov bez flogistonu z uhlíku)

Který oxid lze ještě použít?



Antoine Laurent Lavoisier
(1743 – 1794)

Banická akadémia
Mikuláš Jozef von Jacquin¹⁵

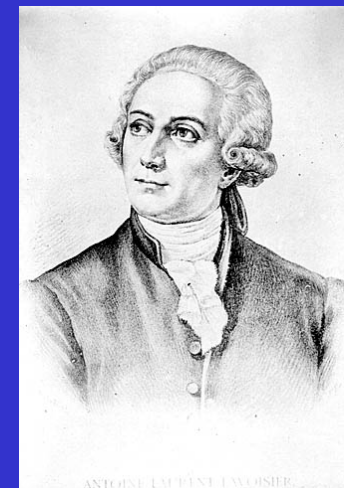
Tři objevitelé kyslíku



Carl Wilhelm Scheele
(1742 – 1786)
1771 připravil O_2
publikoval až 1777
(ochutnával chemikálie)



Joseph Priestley
(1733 – 1804)
přípravu publikoval
1774, plyn nazval
deflogistonovaný
vzduch



Antoine Lavoisier
(1743 – 1794)
1783
Oxygen = **prvek**

Zahřívání HgO , Ag_2CO_3 , $Mg(NO_3)_2$, $NaNO_3$

Přírodní zákony a teorie

Přírodní zákon

– tvrzení, které sumarizuje opakovaná pozorování přírodních jevů, mění se jen zřídka (Coulombův zákon, Periodický zákon, ~~Trestní~~)
Pravdivý, univerzální, absolutní, stabilní, reverzibilní, jednoduchý.

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 – předpoví existenci dosud nepozorovaných jevů

Periodický zákon

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]																	2 He helium 4.0026		
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122	Key: atomic number Symbol name conventional atomic weight standard atomic weight										13 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	14 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	15 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	16 O oxygen 15.999 [15.998, 16.000]	17 F fluorine 18.998	18 Ne neon 20.180		
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)		
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium 101.07(2)	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon		
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson		



57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	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 lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

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

Vědecký jazyk - přesná definice pojmů



Joachim Jungius
(1587 - 1657)

Zakladatel vědeckého jazyka
Potřeba přesné definice pojmů
Základem vědy je experiment
a závěry z něho vyvozené

- Chemické názvosloví (jména prvků, obecné a systematické názvy sloučenin)
- Názvy laboratorního nádobí a přístrojů (Bunsenův kahan, Erlenmeyerova baňka, Soxletův extraktor)
- Jmenné reakce (Grignard, Wittig, Heck, Suzuki)
- Názvy zákonů, rovnic a principů (Boyle, Schroedinger, Boltzman, Avogadro, Arrhenius)

Vědecký jazyk - přesná definice pojmů

Guyton de Morveau 1782

Počátky systematického chemického názvosloví

Lavoisier, Berthollet, de Fourcroy, Berzelius, Werner

Jan Svatopluk Presl - Lučba čili chemie zkusná
(1791–1849)

P = Kostík, Cr = Barvík

English

IUPAC

Red Book – názvosloví anorganické chemie

Blue Book – názvosloví organické chemie

Green Book – názvosloví fyzikální chemie

White Book – názvosloví biochemie

Gold Book – kompendium chemické terminologie

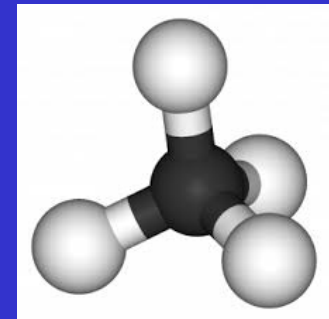
Model

Reálný svět existuje. (Matrix)



Model je pokus popsat reálné objekty pomocí myšlených ideálních objektů. Vysvětlit přírodní jevy na mikroskopické úrovni (např. atomy) pomocí pozorování a zkušeností na makroskopické úrovni.

Model je zjednodušený obraz skutečnosti, který usnadní vysvětlení problému. Používá **idealizace** a **aproximace**.



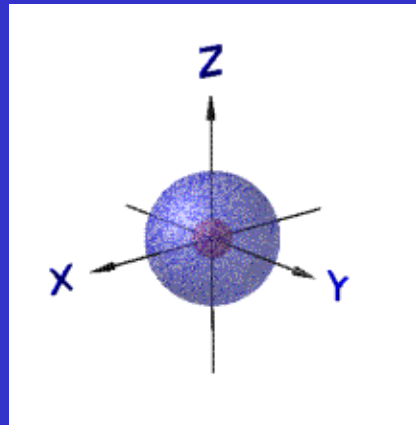
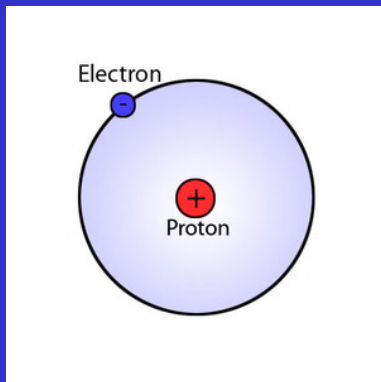
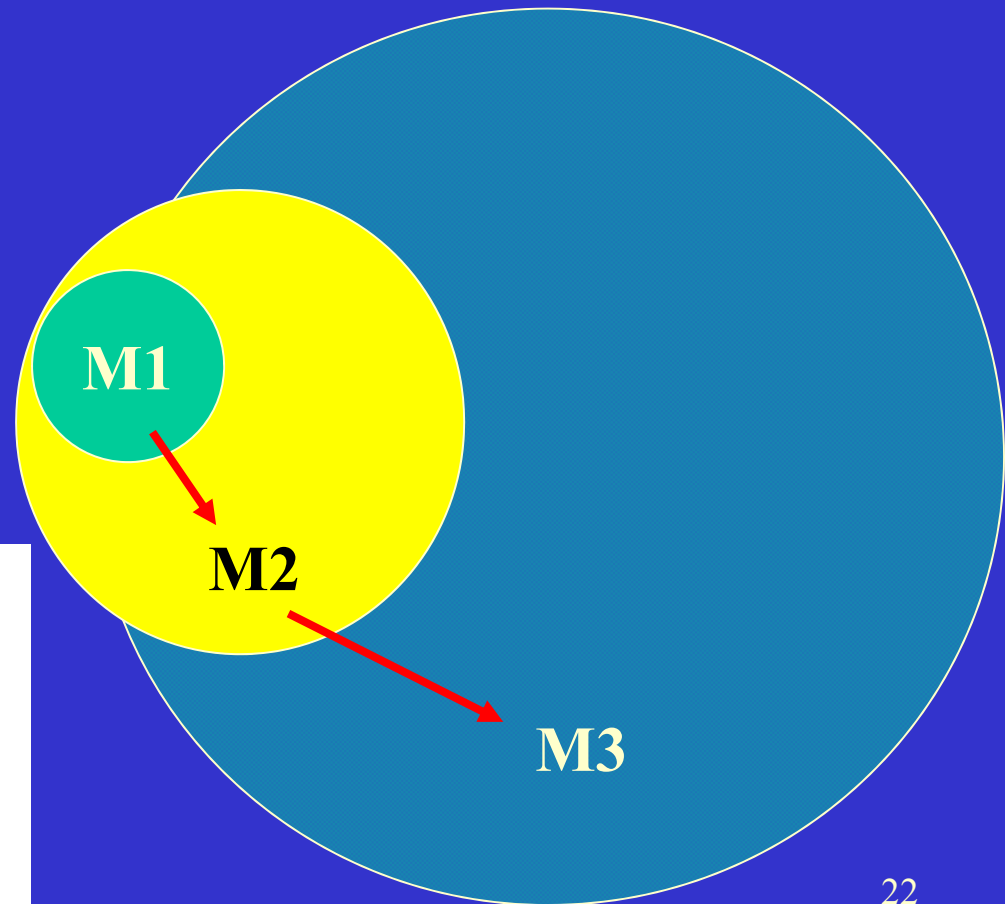
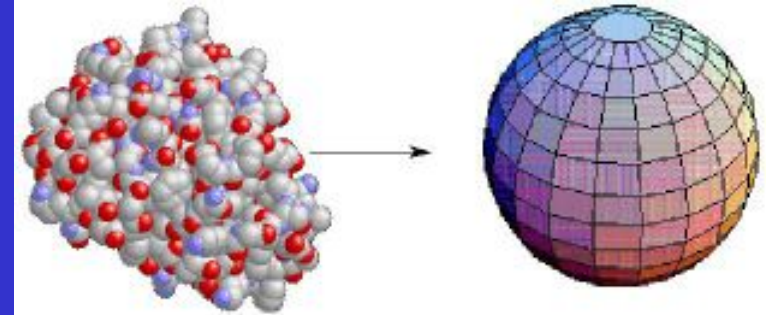
Model není totožný s realitou, je to lidský výtvar založený na nedokonalém poznání a pochopení přírody.

Modely se stávají komplikovanějšími a podrobnějšími s vývojem našeho poznání.

Nový přesnější model s
příchodem přesnějších
metod měření.

Pokročilejší model
obsahuje předešlé (správné)
modely jako zvláštní
případy
(poloměr H atomu).

Model



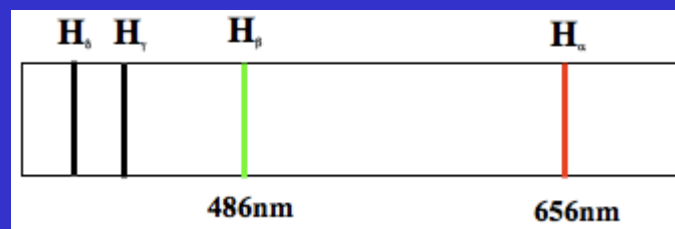
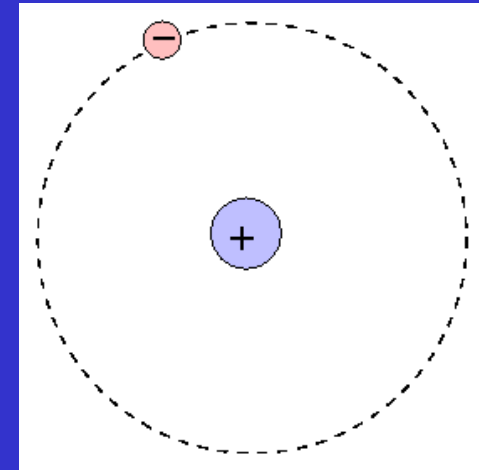
Model

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

Atom H – Bohrov 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.

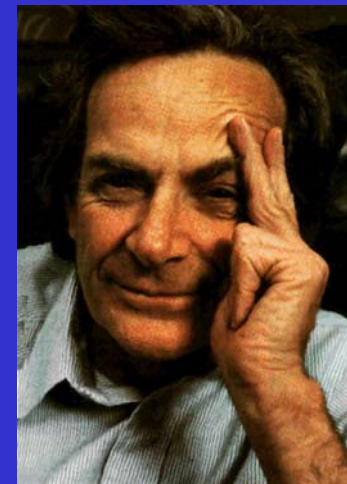
I když je model užitečný pro vysvětlení velkého počtu jevů, nelze předpokládat, že bude fungovat v každém případě.



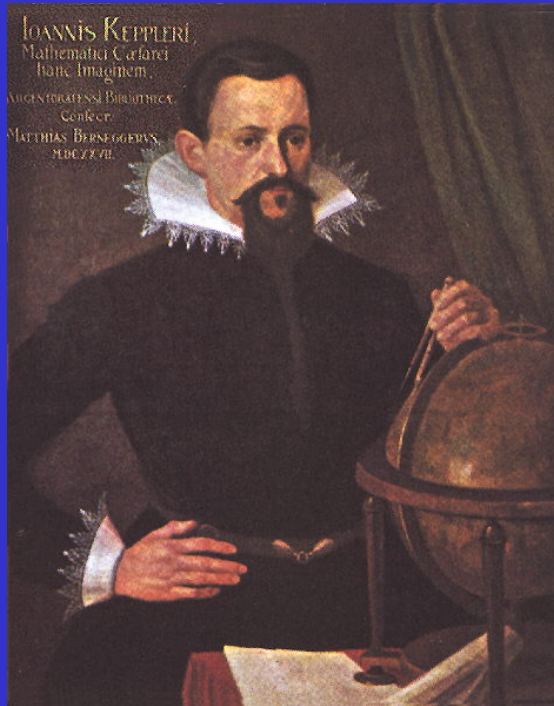
Model

"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
Manhattan Project
Nanotechnologie



Teorie a experiment



Ubi materia, ibi geometria

Kde je hmota, tam je geometrie
měření

Johannes Kepler
(1571 – 1630)

Aby byl experiment přijat za pravdivý,
musí být **nezávisle** verifikovaný, zopakovaný.

Samočisticí vlastnost vědecké metody

Experiment

vějíř

Příběh o šesti slepých bratrech

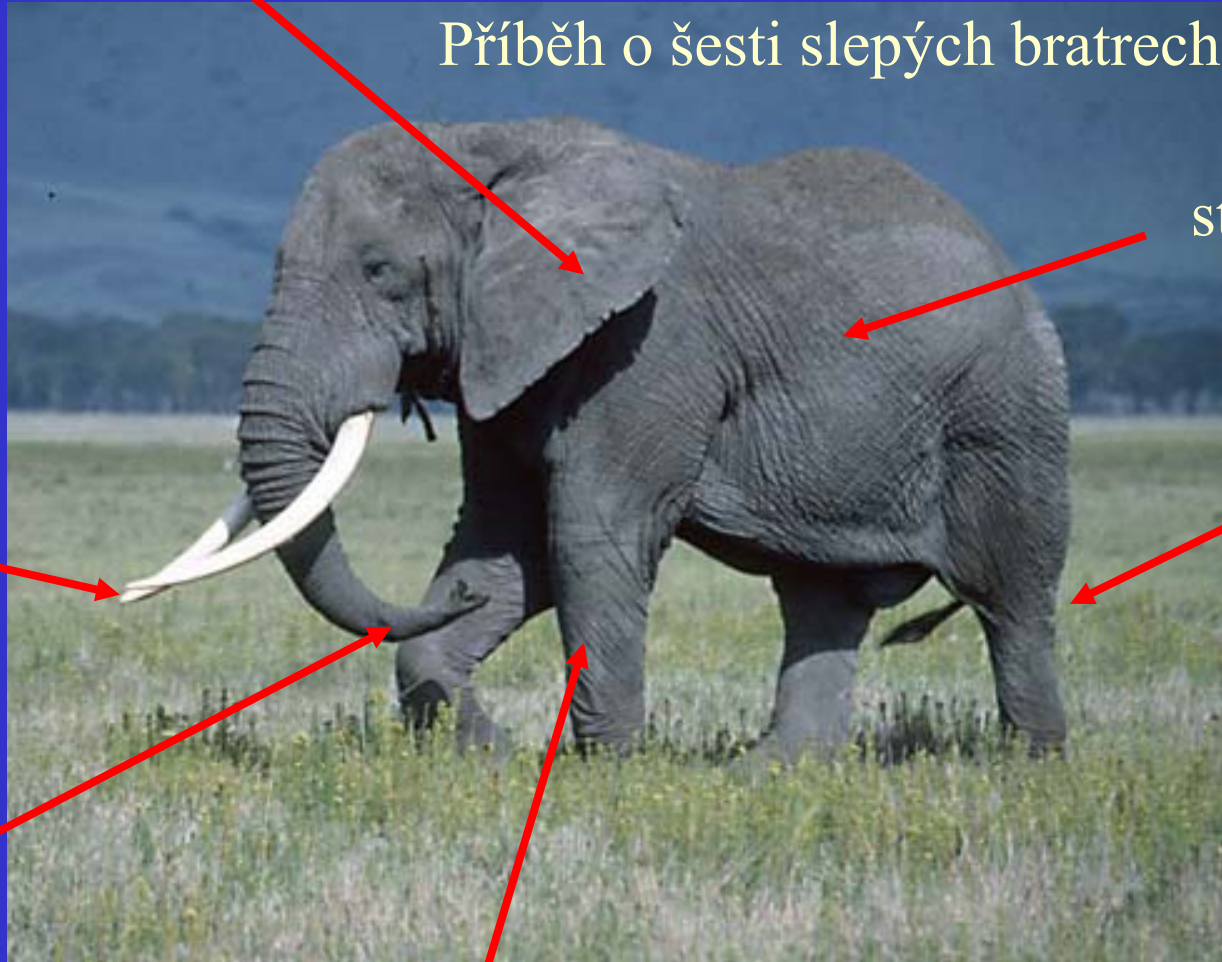
stěna

kopí

provaz

had

strom

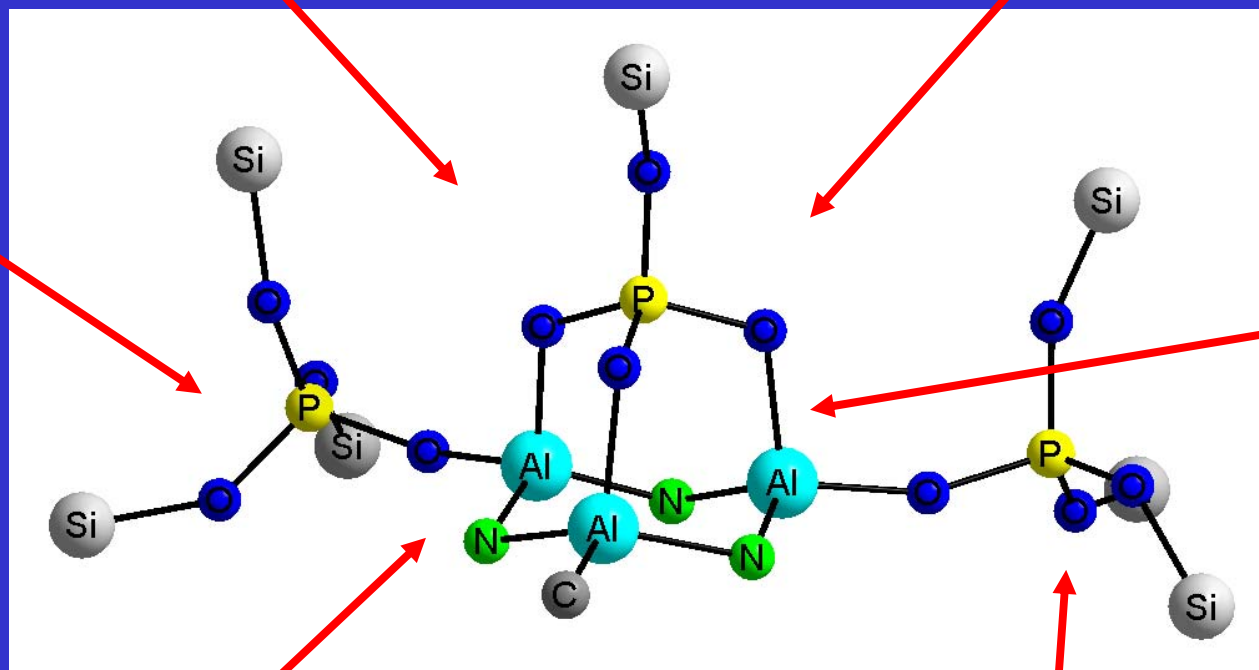


Elementární analýza

Experiment

RTG strukturální analýza

NMR



UV-vis

Hmotnostní spektrometrie, MS

Vibrační spektroskopie, IR, RA₂₇

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

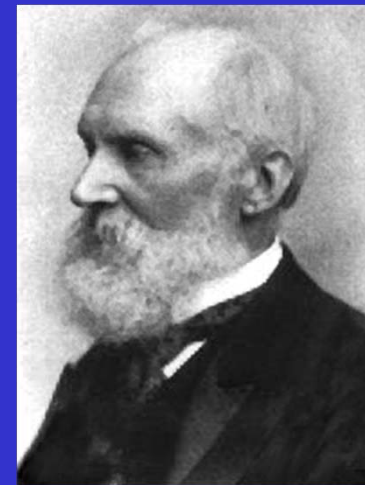
Kvantitativní experiment = měření

Hmotnost, délka, čas - od nepaměti

Teplota - 1592 Galileo, 1724 Daniel Fahrenheit

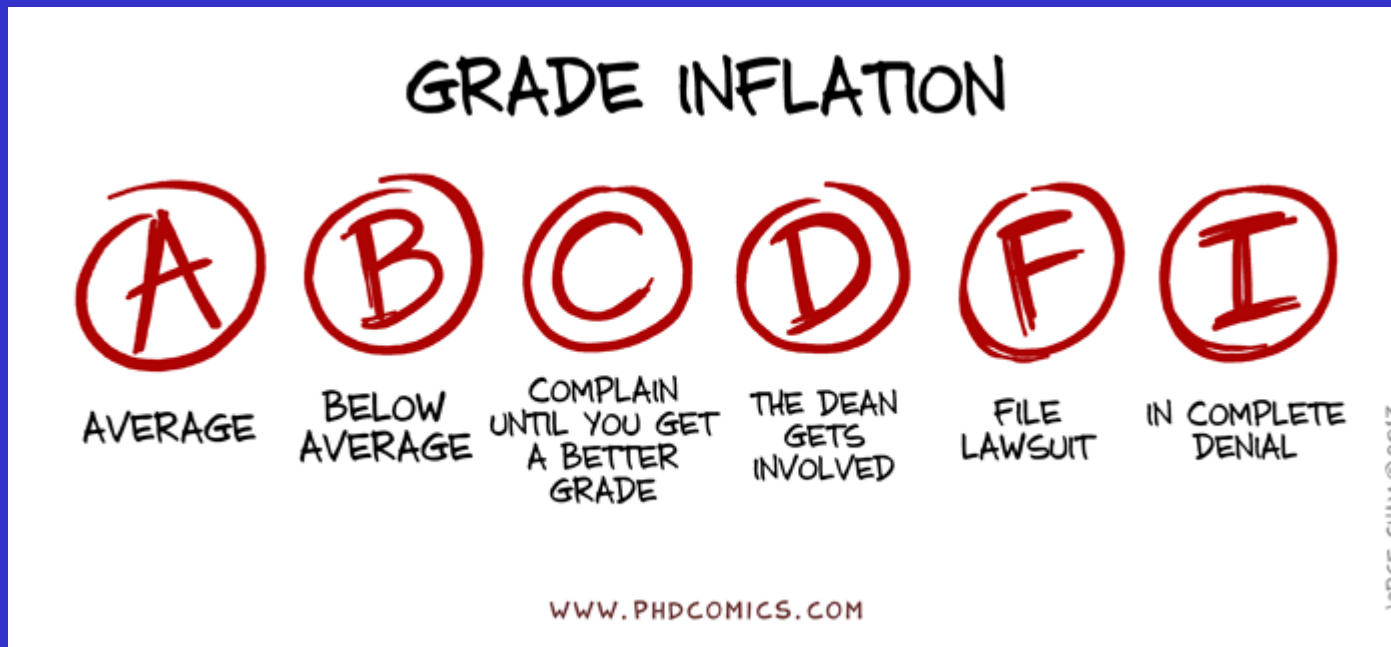
Messen heist Wissen

"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)

Kvantitativní experiment = měření



Fyzikální vlastnosti

Aditivní - závisí na počtu a druhu atomů v molekule
molekulová hmotnost,

Konstitutivní - závisí na uspořádání atomů v molekule
optická rotace, dipolový moment,.....

Koligativní - závisí jen na počtu atomů nebo molekul v soustavě
tlak plynu, osmotický tlak,.....

Veličiny, Rozměry, Jednotky

Příklad:

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

Veličina: E , energie

Rozměr: $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$

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

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

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

Frekvence?

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

Základní jednotky SI

**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 (*jediná jednotka definovaná do roku 2018 na materiálním
objektu*)**

**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**

Základní jednotky SI

**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*

Základní jednotky SI

1 mol = látkové množství soustavy, která obsahuje právě tolik částic (atomů, molekul, elektronů, nebo jiných entit), kolik je atomů v 0,012 kilogramu (přesně) nuklidu uhlíku ^{12}C
tj. $6,022 \times 10^{23}$

Počítání atomů vážením

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

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

$$\% = 0,01 = 1 \text{ v } 10^2$$

$$\text{‰} = 0,001 = 1 \text{ v } 10^3$$

ppm = 1 g v 1 t nebo 1 atom v 10^6 atomech
(part per million)

Obsah Li v rudách na Cínovci

ppb = 1 mg v 1 t nebo 1 atom v 10^9 atomech

Obsah Au v mořské vodě

ppt = 1 μg v 1 t nebo 1 atom v 10^{12} atomech

Hmotnost m / kg

1 kg – jediná jednotka, která byla do roku 2018 definovaná fyzickým objektem

Nová definice:

Planckova konstanta je přesně

$6.62607015 \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$

Wattovy váhy



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 $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Chemická definice 1 kg ?



Koule z velmi čistého ^{28}Si

Objem koule změřen laserovou interferometrií

Objem na jeden atom Si z rtg. difrakce

Počet atomů v kouli

Avogadrova konstanta

Hmotnost m / kg

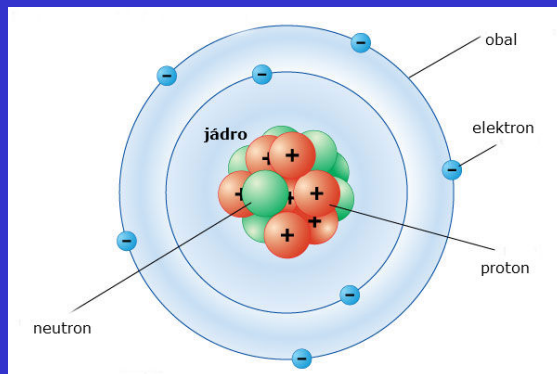
Atomová hmotnostní jednotka - počítání atomů vážením

$$\frac{1}{12}$$

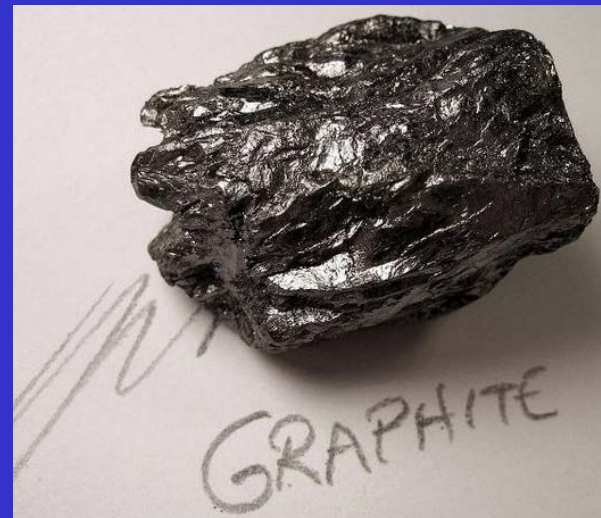
1/12 hmotnosti atomu nuklidu ^{12}C

$$1 u = (1 \text{ amu}) = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

1 atom



1 mol



Látkové množství n / mol

Avogadrova konstanta = počet atomů uhlíku
v 0,012 kg (12 g) nuklidu ^{12}C

$$N_A = 6,022\ 140\ 78\ (18) \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$$

Látkové množství n , 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 l / m

1 Ångström = 10^{-10} m
(**není SI jednotka**)

1 Å = 100 pm = 0,1 nm

Bohrův poloměr

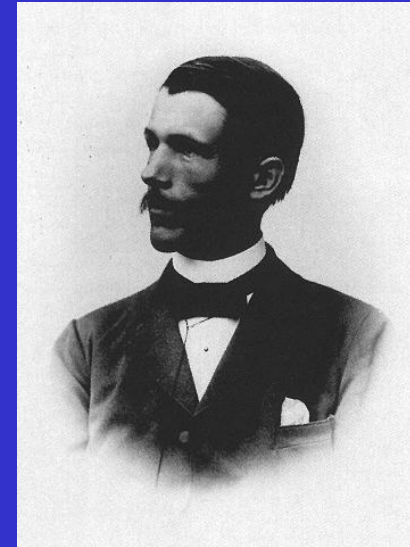
$a_0 = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m = 0,53 Å

Délky vazeb v molekulách 1 až 4 Å

Průměr atomu Cu je 2,55 Å

Průměr vesmíru: 17 miliard světelných let = $1,6 \cdot 10^{26}$ m

Průměr atomového jádra = 10^{-15} m



Anders Jonas Ångström
(1814 - 1874)

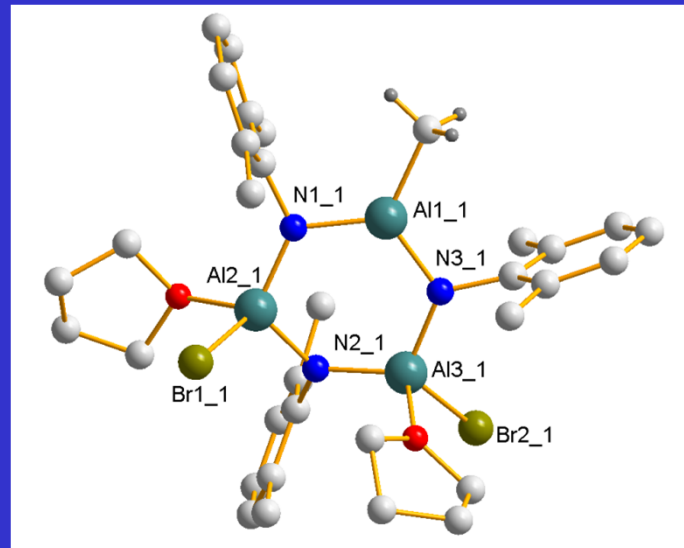
Vazebné vzdálenosti

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				

Kolik pm?

Rentgenová strukturní analýza

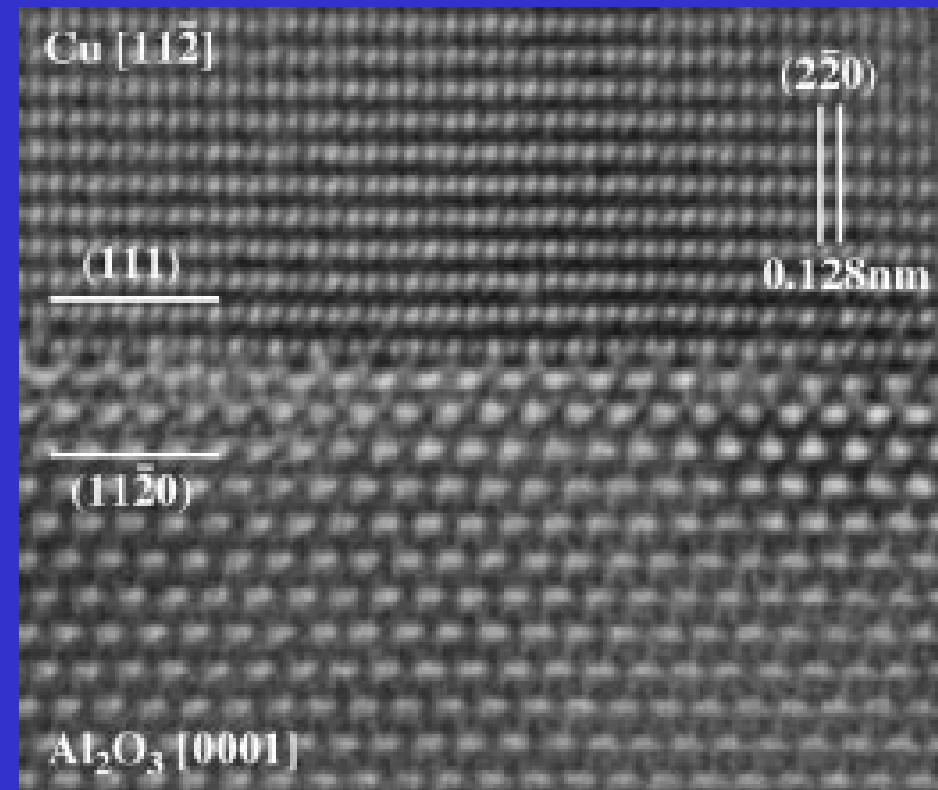


Atomové poloměry (pm)

H 37	He 32																
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										

$$1 \text{ \AA} = 100 \text{ pm} = 0,1 \text{ nm}$$

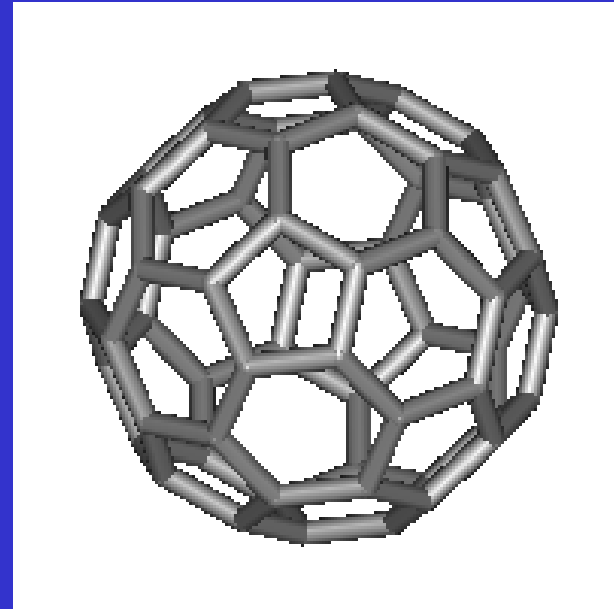
TEM = transmisní elektronová mikroskopie



Objem V

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

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



Molární objem ideálního plynu = objem 1 molu plynu

při teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku $101\,325 \text{ Pa}$ (STP)

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

při teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a tlaku $100\,000 \text{ Pa}$ (1 bar)

$$V_M = \mathbf{22.71} \text{ l mol}^{-1}$$

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

g cm^{-3}

Hustota závisí
na teplotě a tlaku

Hustota ρ

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

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

g cm^{-3}

Měření hustoty



Hustota závisí na teplotě

Pyknometr

Při 20 °C

Nádoba na dolití IN
Nádoba na vylití EX



Čas

Kinetika dějů, chemických reakcí

t / s	Událost
10^{-21}	Jaderné srážky
10^{-15}	Excitace elektronu fotonem, femtosekundová spektroskopie
10^{-12}	Radikálové reakce, přenos energie, valenční vibrace
10^{-9}	Fluorescence, rotace, přenos protonu
10^{-6}	Fosforescence, difuze, konformační
10^{-3}	Rychlé bimolekulární reakce
10^0	Úder srdce, pomalé bimolekulární reakce

Rychlost v

Rychlost světla ve vakuu

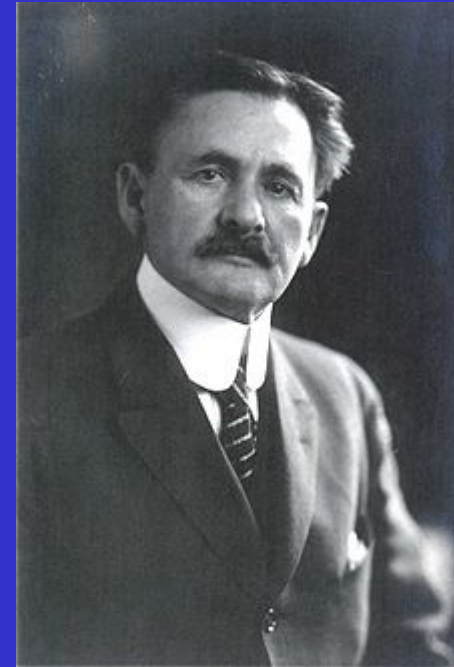
$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(přesně)

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

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

$$E = m c^2 \quad v \lambda = c$$



Albert Abraham Michelson
(1852 - 1931)
NP za fyziku 1907

Frekvence, vlnová délka, vlnočet

Počet periodických dějů za časový interval

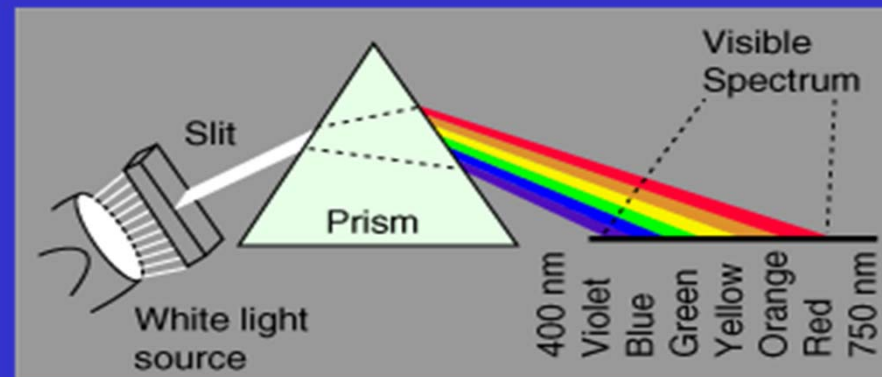
Frekvence $\nu = 1/t$, $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$

Kmity

Vibrace

Rotace

Srážky molekul



Vzdálenost mezi dvěma maximy

Vlnová délka λ , m

$$\nu \lambda = c$$

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

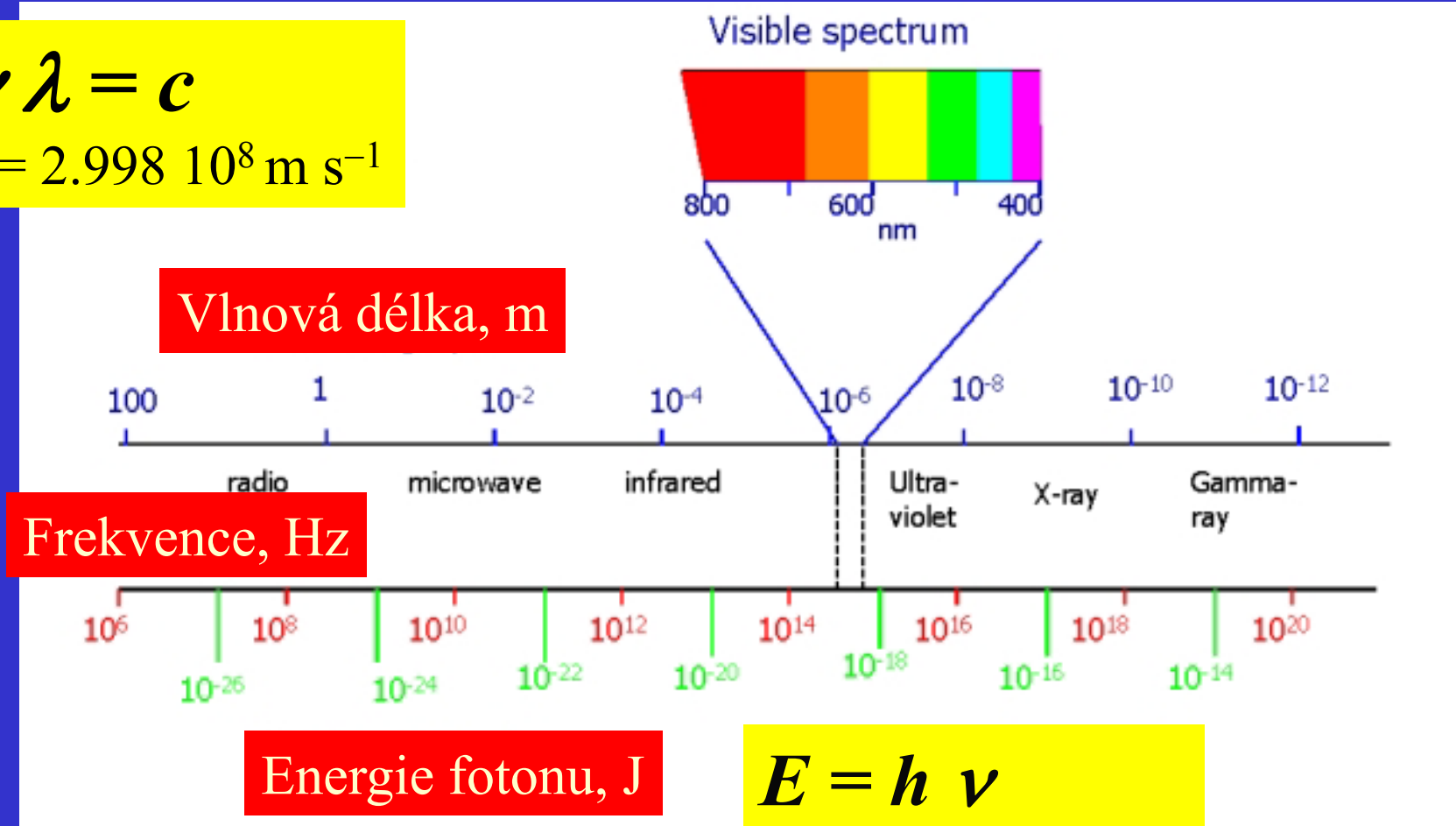
Počet vln na jednotku délky

Vlnočet $\tilde{\nu} = 1/\lambda$, cm^{-1}

Frekvence, vlnová délka, vlnočet

$$\nu \lambda = c$$

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



Vlnová délka, m

Frekvence, Hz

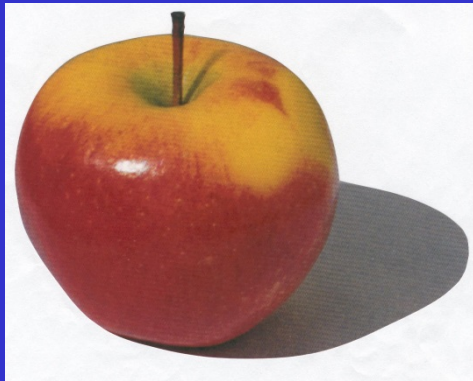
Energie fotonu, J

$$E = h \nu$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

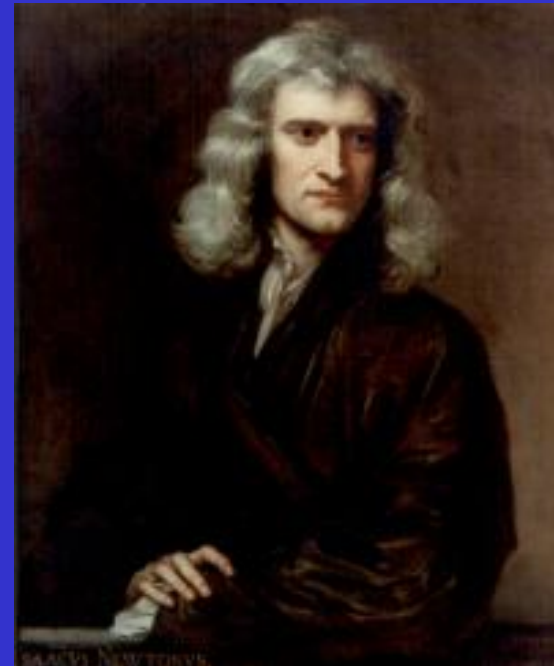
Síla F

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 - CHEMIE

(e-e repulze, p-e přitažlivost)

Silné interakce

(jaderné, drží protony pohromadě)

Slabé interakce

(drží p a e pohromadě v neutronu)



LIGO - Laser Interferometer
Gravitational-Wave
Observatory 2015

Elektrický náboj q

Elementární náboj, e

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad 1 \text{ C} = 1 \text{ A s}$$

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)

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

Tlak p

1 Pascal = tlak kterým působí jablko na 1 m²

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

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg (Torr)} = 1,01325 \text{ bar}$$

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

$$\text{Standardní tlak} = 1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

Teplota T

Kelvin, K

Absolutní nula 0 K je nedosažitelná

Entropie dosahuje minima

$-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Současný rekord: $\sim 100\text{ pK}$

Kvantové efekty

Celsius, $^{\circ}\text{C}$

$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$

$T[^{\circ}\text{C}] = T[\text{K}] - 273,15$

Standardní teplota (termodynamika) = $25\text{ }^{\circ}\text{C} = 298\text{ K}$



Lord Kelvin
(William Thomson)
(1824 - 1907)

1592 Galileo

Teploměr

1629 teploměr plněný brandy

Joseph Solomon Delmedigo, lékař a rabín

1724 Daniel Fahrenheit (1686–1736) Hg

Změna fyzikální vlastnosti závislé na teplotě:

- Objemová roztažnost rtuti
- Délková roztažnost kovů
- Elektrický odpor kovů
- Stav kapalných krystalů
- Radiace IČ záření

ITS-90 Mezinárodní teplotní stupnice

Trojný bod vody = 273,16 K

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

ITS-90 Mezinárodní teplotní stupnice

T = Trojný bod

Interpolace

Kalibrace

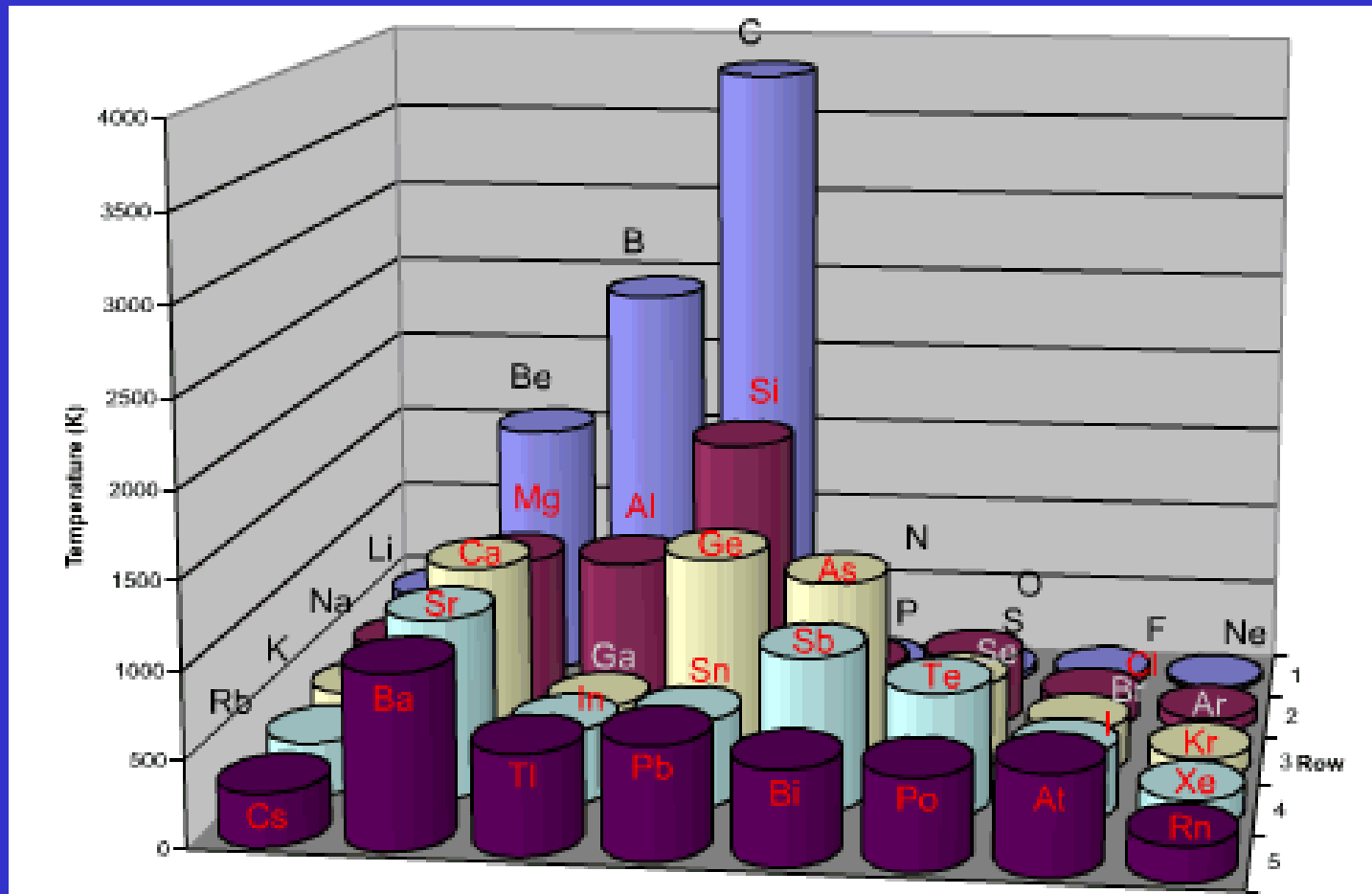
T, K

e-Hydrogen (T)	13,8033
Neon (T)	24,5561
Oxygen (T)	54,3584
Argon (T)	83,8058
Mercury (T)	234,3156
Water (T)	273,16
Gallium	302,9146
Indium	429,7485
Tin	505,078
Zinc	692,677
Aluminium	933,473
Silver	1234,93
Gold	1337,33
Copper	1357,77

Teplota tání

Kapalné prvky

Teploty tání prvků



Energie E

1 Joule = energie úderu lidského srdce

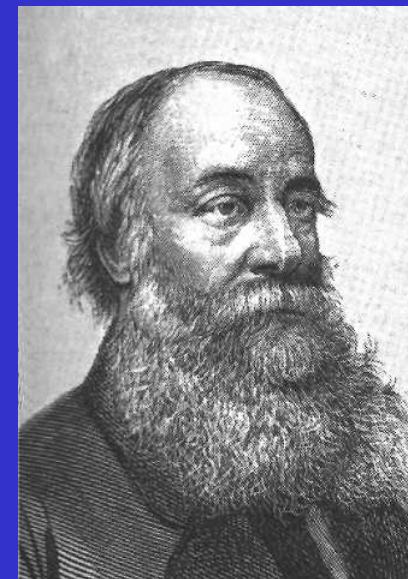
Zákon ekvivalence mechanické práce a tepla

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

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

$$\begin{aligned} E &= e U = 1,60210 \cdot 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = \\ &= 1 \text{ eV} = 1,60210 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$1 \text{ eV (molekula)}^{-1} = 1 \text{ eV} \times N_{\text{A}} = 96\,485 \text{ J mol}^{-1}$$



James Prescott Joule
(1818 - 1889)
žák J. Daltona

Energie E

$$E = m c^2 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \times (3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

1 amu = 931,4 MeV

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

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

$$k = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \quad \text{Boltzmannova konstanta}$$

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

$$E = h \nu$$

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \quad \text{Planckova konstanta}$$

Energie E

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

$E(\text{elektronová})$

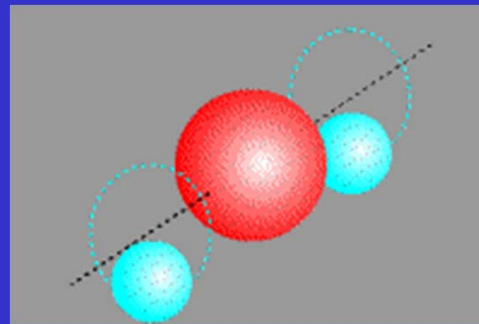
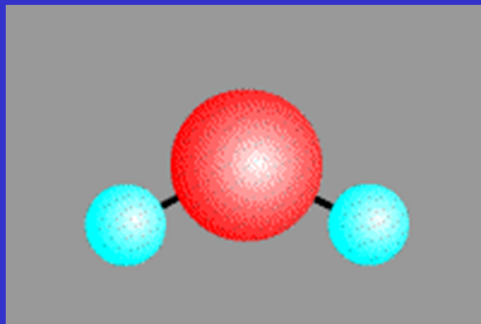
100 kJ mol⁻¹

$E(\text{vibrační})$

1,5 – 50 kJ mol⁻¹

$E(\text{rotační})$

0,1 – 1,5 kJ mol⁻¹

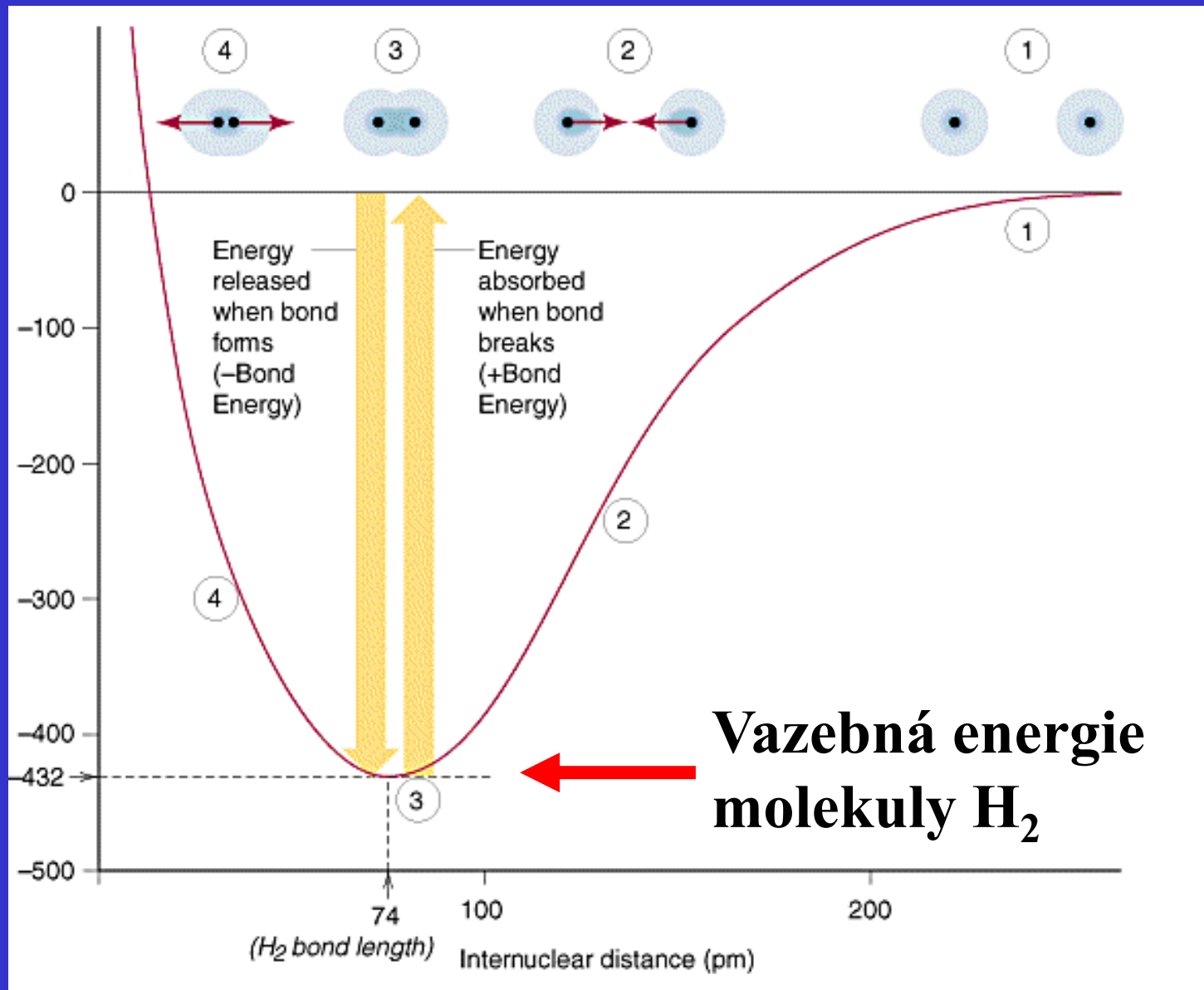


Vazebné energie, kJ mol⁻¹ (jednoduché vazby)

	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

Potenciální energie kJ mol^{-1}



Vazebná vzdálenost v molekule H_2

Vazebná energie N₂

$$E_{\text{vaz}} = 942 \text{ kJ mol}^{-1}$$

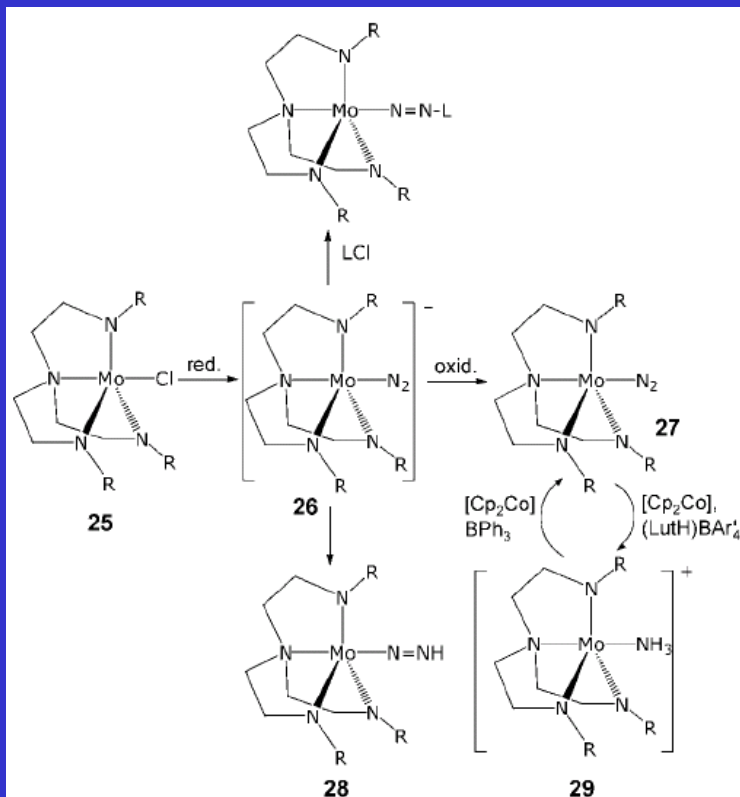


Použití

80% hnojiva

10% plasty

5% výbušniny



1909 Fritz Haber

N₂(g) + H₂(g) exo

500 °C, 250 atm, Fe katalyzátor

výtěžek 20%

NP za chemii 1918