

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 - 14.00
- Čt 10 - 12.00

Odpadne 4.10. a 17.11., poslední Po 19.12.

Materiály z přednášky budou vystaveny v ISu

Řešené úlohy

Zkouška písemná - leden a únor 2017

Každý týden jeden zk. termín

Nebudou předtermíny

Seminář C1040 - Test 0 (0 - 100 %)

Konzultace: Pátek od 13 - 14.00 v A12/311 (od 14.10.) ²

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

KUK

Zumdahl, Steven S. - Zumdahl, Susan A.

Chemistry

Hill, John W.

General Chemistry

Bruce E. Bursten, Catherine Murphy, H. Eugene H. LeMay,
H. Eugene Lemay Jr., Patrick Woodward, Theodore E.

Brown, Theodore 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*



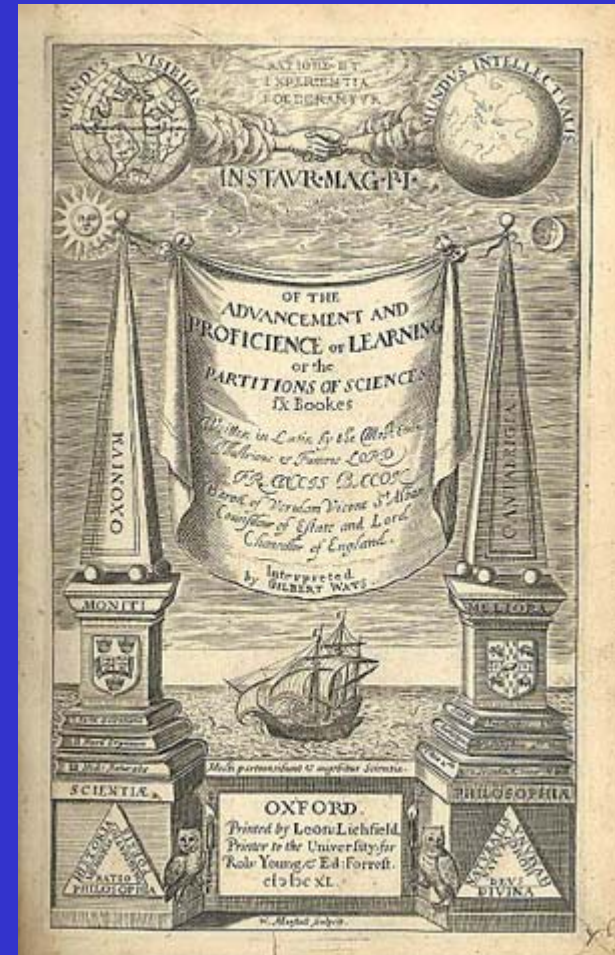
Věda

- 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**

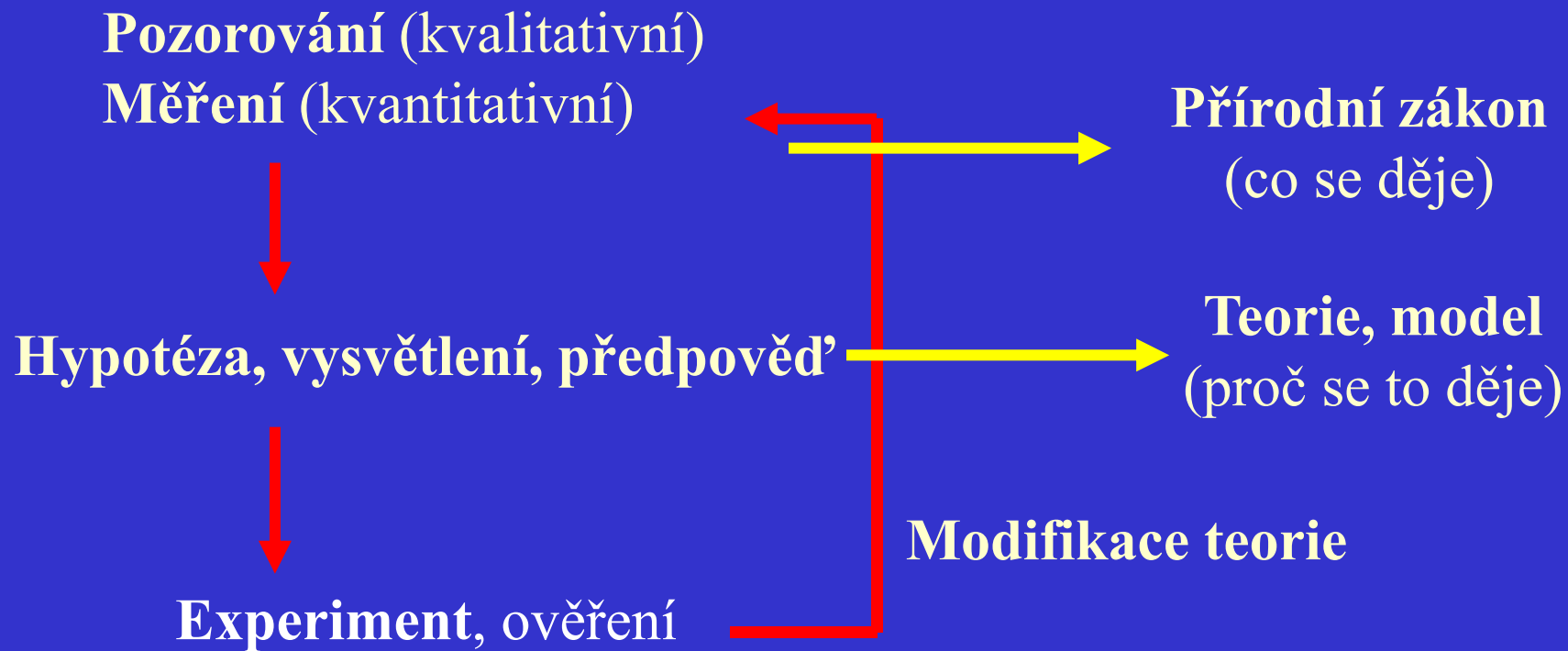
1605 - Francis Bacon

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:**

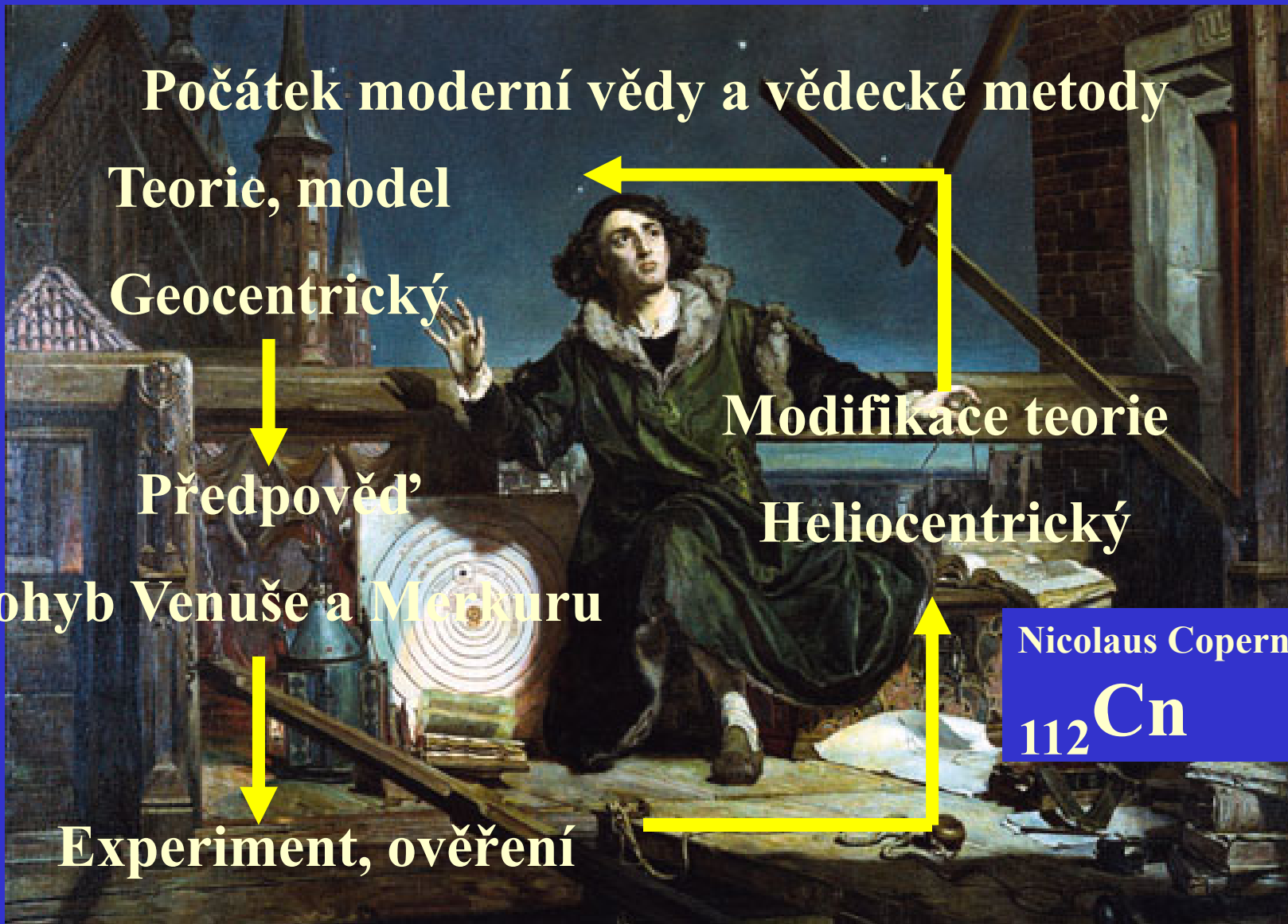
Tháles Milétský (624 - 543 př. n. l.)

Vysvětlil zatmění Slunce – měsíc v novu přejde přes sluneční kotouč

Předpověď dalšího zatmění Slunce 585 př. n. l.
(21.8.2017 USA)

Počátek vědeckého myšlení, racionální přístup bez mystiky a náboženských představ

Chemie - Základní prvek je **voda**



Počátek moderní vědy a vědecké metody

Teorie, model

Geocentrický

Modifikace teorie

Předpověď

Heliocentrický

Pohyb Venuše a Merkuru

Nicolaus Copernicus

112 Cn

Experiment, ověření

1543 Mikoláš Koperník



Pozorování a vysvětlení

Johann Joachim Becher
(1635 - 1682)

První konzistentní vysvětlení několika
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 má₁₂
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.

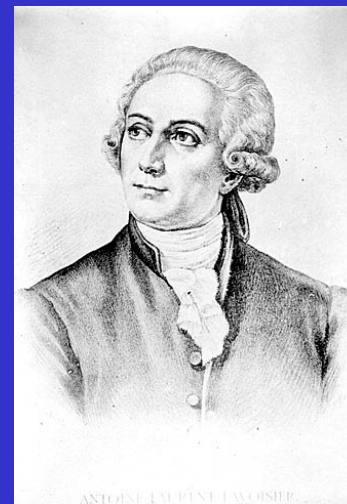
hoření = slučování s O_2 ,
vyšší hmotnost produktů - **vážení**

Zákon zachování hmoty

flogiston = $-O_2$

Zahřívání HgO

(redukce na kov bez flogistonu z uhlíku)



Antoine Laurent Lavoisier
(1743 – 1794)

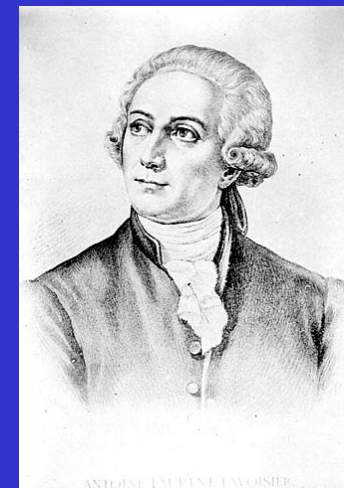
Tři objevitelé kyslíku



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 [1.007, 1.009]																	2 He helium 4.003		
3 Li lithium [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.012											5 B boron [10.80, 10.83]	6 C carbon [12.00, 12.02]	7 N nitrogen [14.00, 14.01]	8 O oxygen [15.99, 16.00]	9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18		
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium [24.30, 24.31]											13 Al aluminium 26.98	14 Si silicon [28.08, 28.09]	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur [32.05, 32.08]	17 Cl chlorine [35.44, 35.46]	18 Ar argon 39.95		
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.87	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine [79.90, 79.91]	36 Kr krypton 83.80		
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.96(2)	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3		
55 Cs caesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.8	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 192.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.6	81 Tl thallium [204.3, 204.4]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 209.0	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			114 Fl flerovium			116 Lv livermorium		
			57 La lanthanum 138.9	58 Ce cerium 140.1	59 Pr praseodymium 140.9	60 Nd neodymium 144.2	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.4	63 Eu europium 152.0	64 Gd gadolinium 157.3	65 Tb terbium 158.9	66 Dy dysprosium 162.5	67 Ho holmium 164.9	68 Er erbium 167.3	69 Tm thulium 168.9	70 Yb ytterbium 173.1	71 Lu lutetium 175.0		
			89 Ac actinium	90 Th thorium 232.0	91 Pa protactinium 231.0	92 U uranium 238.0	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		

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**.

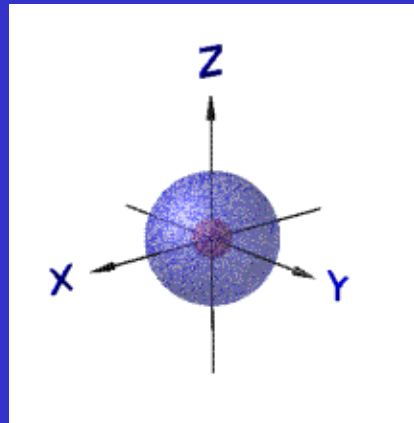
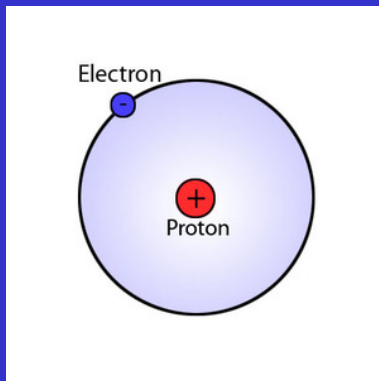
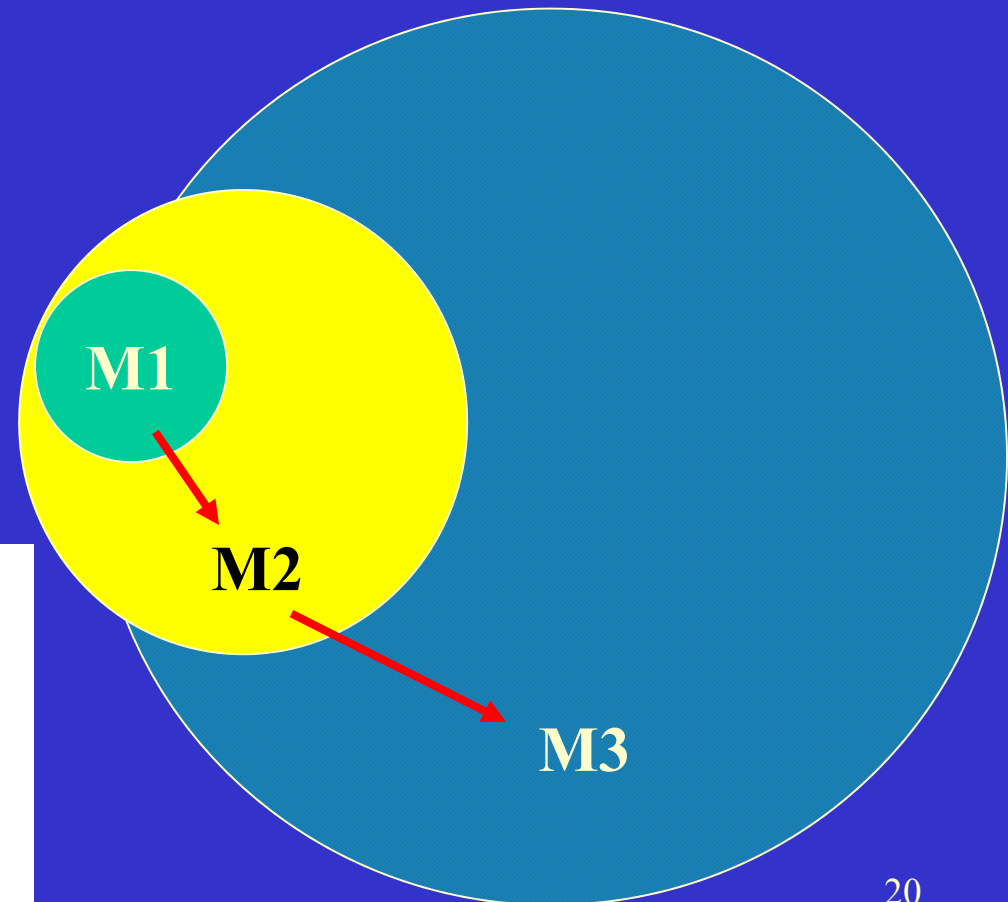
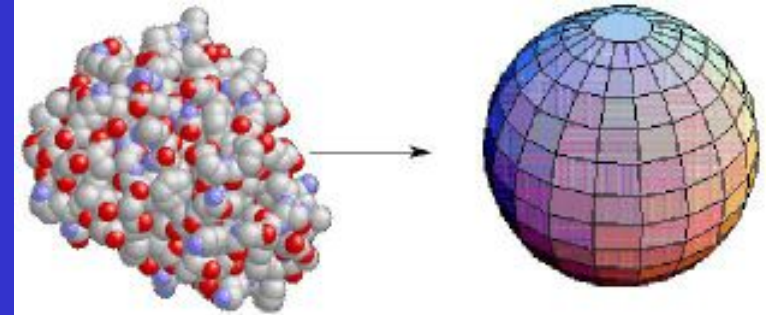
Model není totožný s realitou, je to lidský výtvar založený na nedokonalém poznání a pochopení přírody.

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



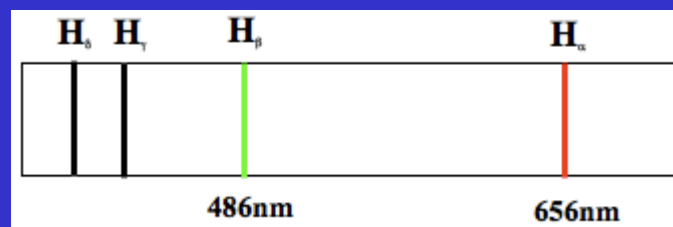
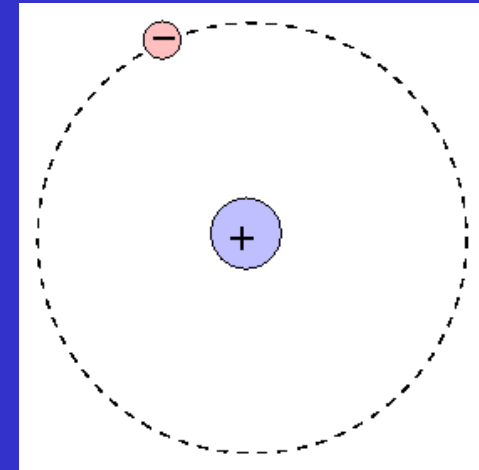
Model

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.

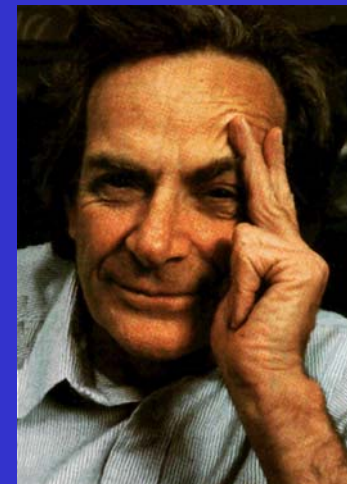
I když je model užitečný pro vysvětlení velkého počtu jevů, nelze předpokládat, že bude fungovat v každém případě.



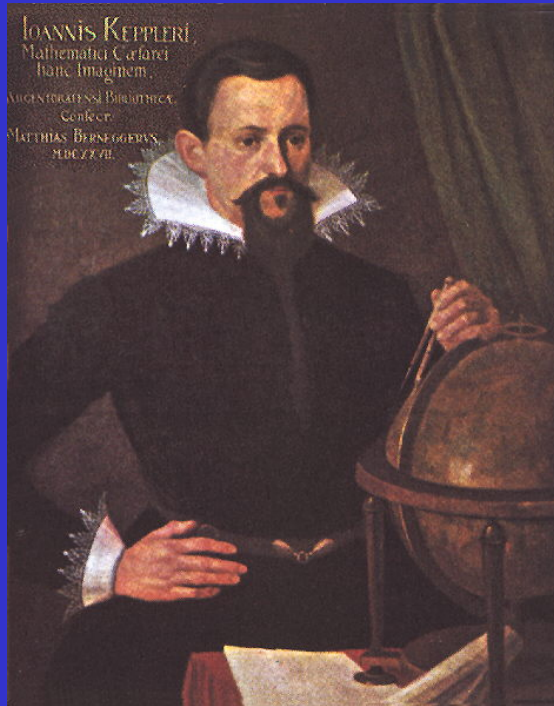
Model

"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

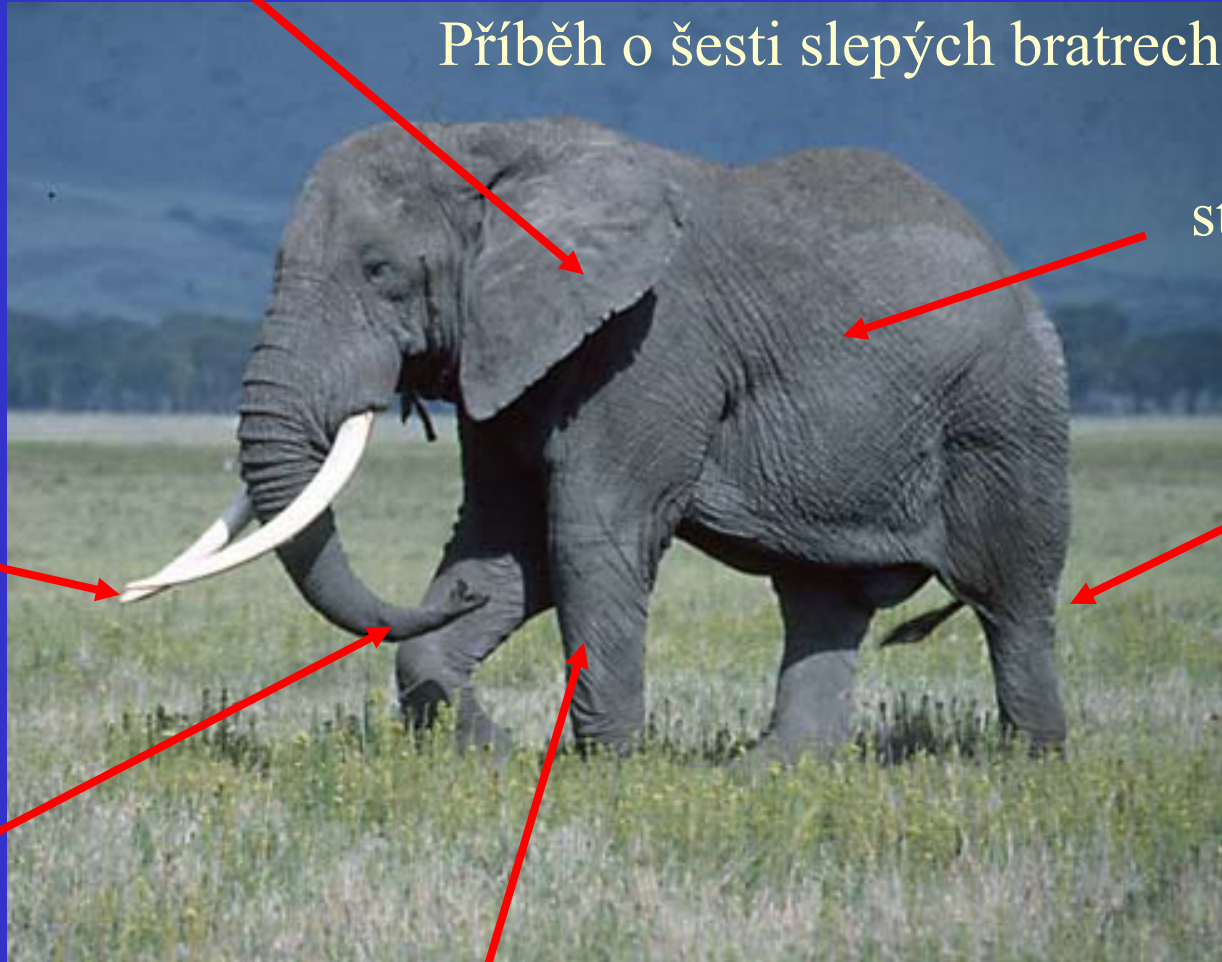
Příběh o šesti slepých bratřech

stěna

kopí

provaz

had



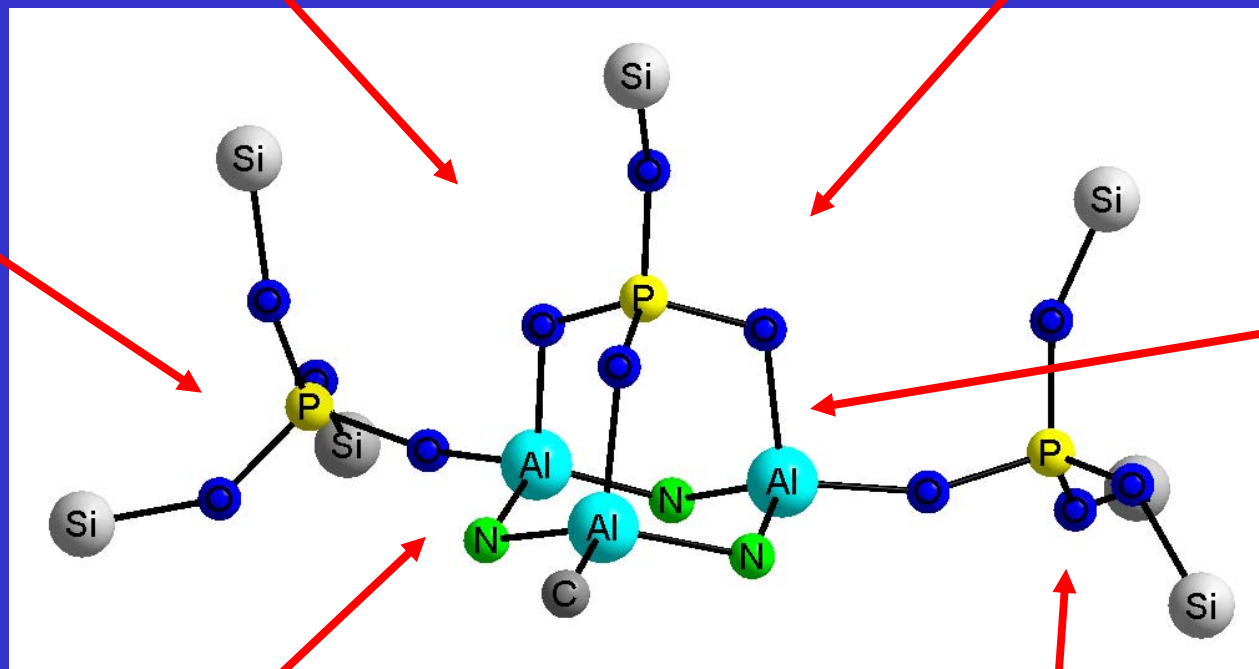
strom

Elementární analýza

Experiment

RTG strukturní analýza

NMR



UV-vis

Hmotnostní spektrometrie, MS

Vibrační spektroskopie, IR, RA₂₅

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

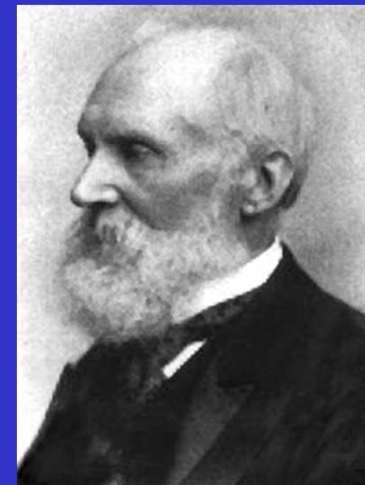
Kvantitativní experiment = měření

Hmotnost, délka, čas - od nepaměti

Teplota - 1724 Daniel Fahrenheit (1686–1736)

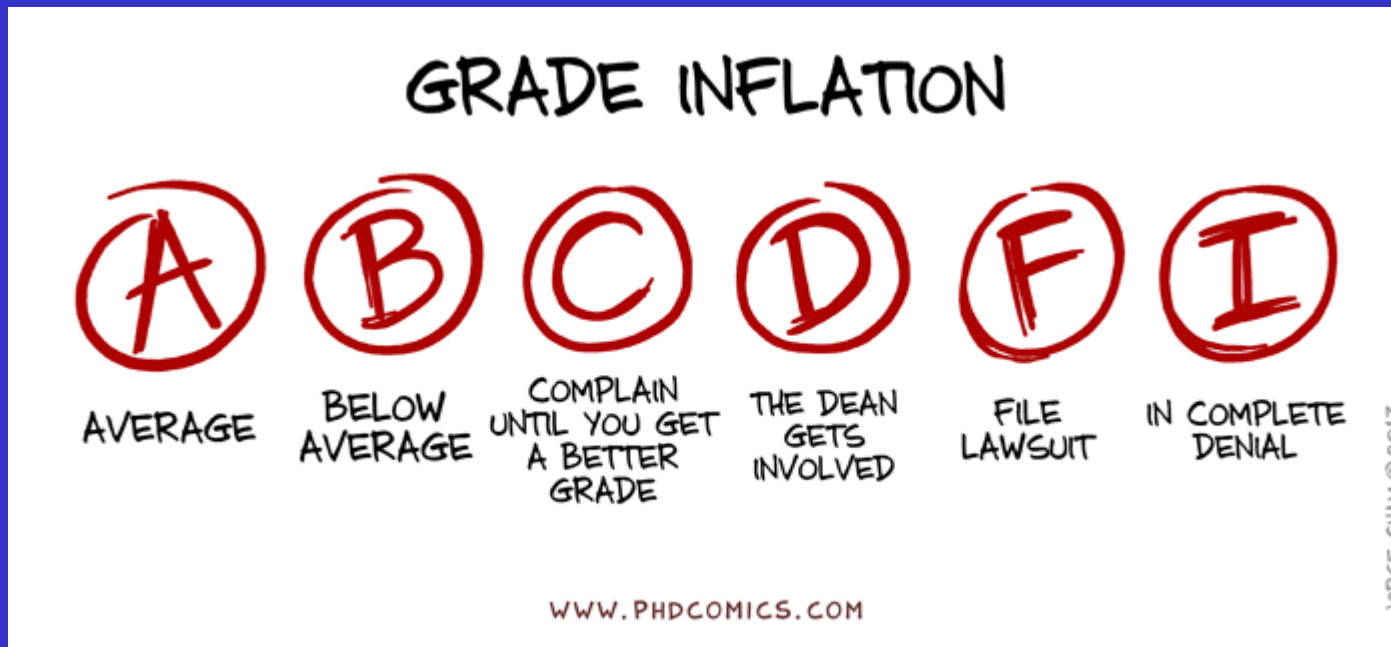
Messen heist Wissen

"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



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 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 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)

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

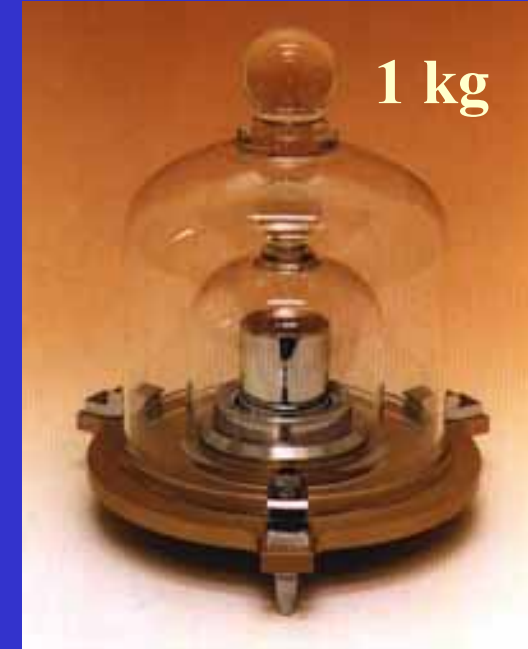
ppt = 1 μg v 1 t nebo 1 atom v 10^{12} atomech

Hmotnost m / kg

Atomová hmotnostní jednotka

1/12 hmotnosti atomu nuklidu ^{12}C

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



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

Budoucí 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

Látkové množství n / mol

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

$$N_A = 6.022\,140\,78\,(18)\,10^{23}\,\text{mol}^{-1}$$

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

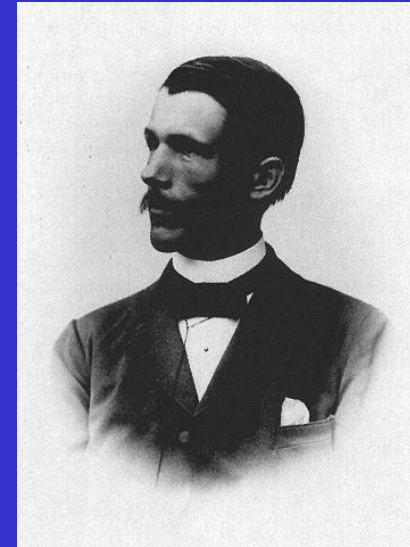
$a_0 = 5.3 \cdot 10^{-11}$ m = 0.53 Å

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)

Atomové poloměry (pm)

H	He						
37	32						
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
152	113	88	77	70	66	64	69
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
186	160	143	117	110	104	99	97
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
227	197	122	122	121	117	114	110
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
247	215	163	140	141	143	133	130
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
265	217	170	175	155	167	140	145

1 Å = 100 pm

Vazebné vzdálenosti

Vazebné vzdálenosti (v Å)

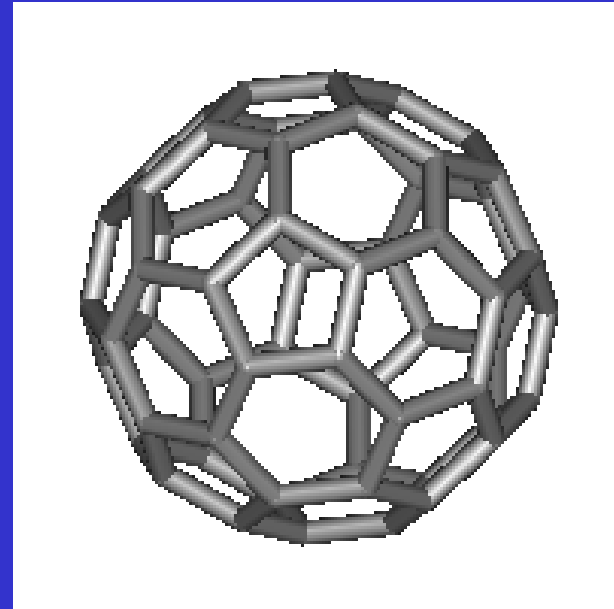
Vazba	CC	CN	CO	CH	NH	OH
Jednoduchá	1.53	1.47	1.42	1.09	1.00	0.96
Dvojná	1.34	1.27	1.21			
Trojná	1.20	1.15				

Kolik pm?

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 dolítí IN
Nádoba na vylítí EX

Čas

Kinetika dějů, chemických reakcí

t / s	Událost
10^{-21}	Jaderné srážky
10^{-15}	Excitace elektronu fotonem, femtosekundová sp.
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

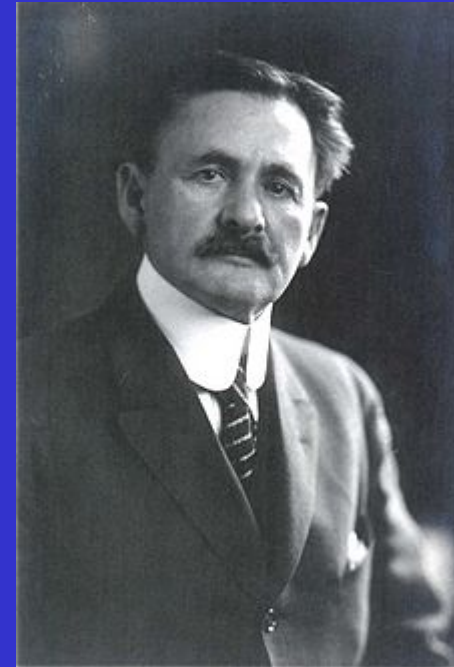
$$c = 2.99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(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

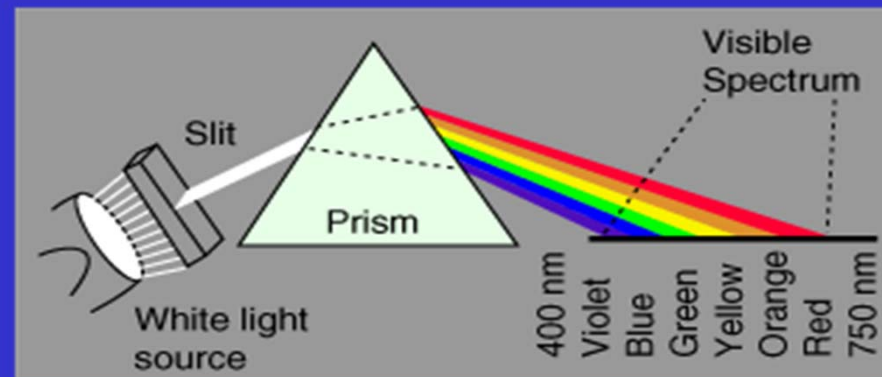
Frekvence $\nu = 1/t$, $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$

Kmity

Vibrace

Rotace

Srážky molekul



Vzdálenost mezi dvěma maximy

Vlnová délka λ , m

$$\nu \lambda = c$$

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

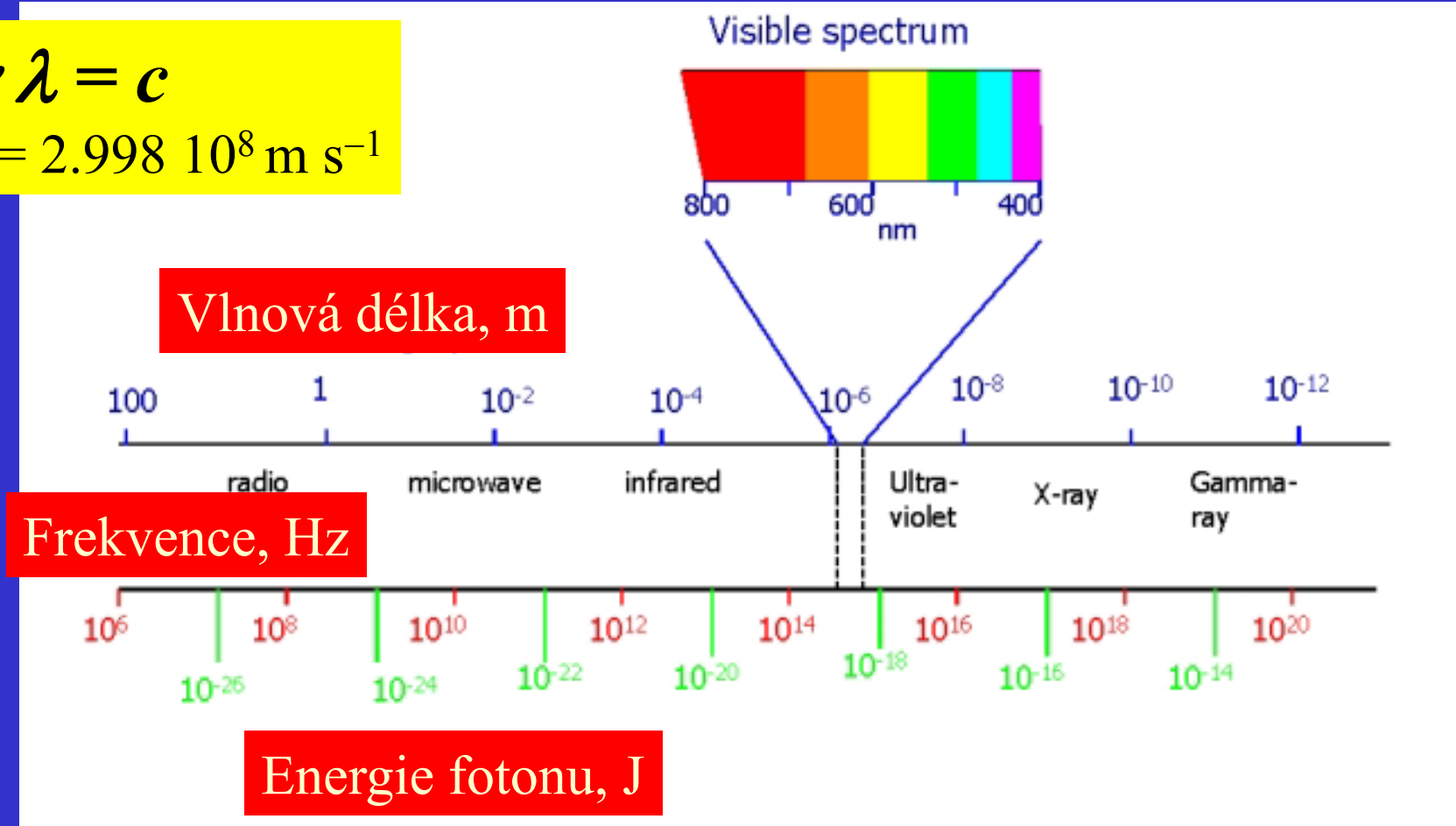
Počet vln na jednotku délky

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

$$\Delta E = h \nu$$

Čtyři základní síly - interakce

Gravitační

Elektromagnetická

(e-e repulze, p-e přitažlivost)

Silné interakce

(jaderné, drží protony pohromadě)

Slabé interakce

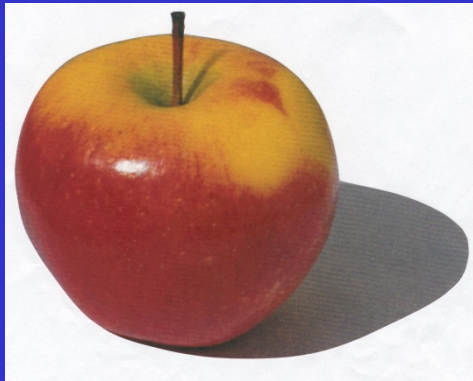
(drží p a e pohromadě v neutronu)



LIGO - Laser Interferometer
Gravitational-Wave
Observatory 2015

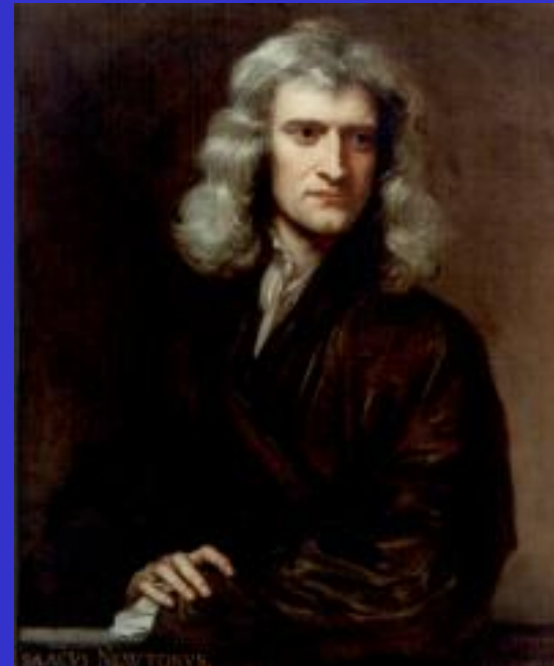
Síla F

1 Newton = gravitační síla působící na jablko



$$F = m g$$

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



Isaac Newton
(1642 - 1727)

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 °C

Současný rekord: ~100 pK

Kvantové efekty

Celsius, °C

0 °C = 273.15 K

$T[°C] = T[K] - 273.15$

Standardní teplota (termodynamika) = 25 °C = 298 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

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

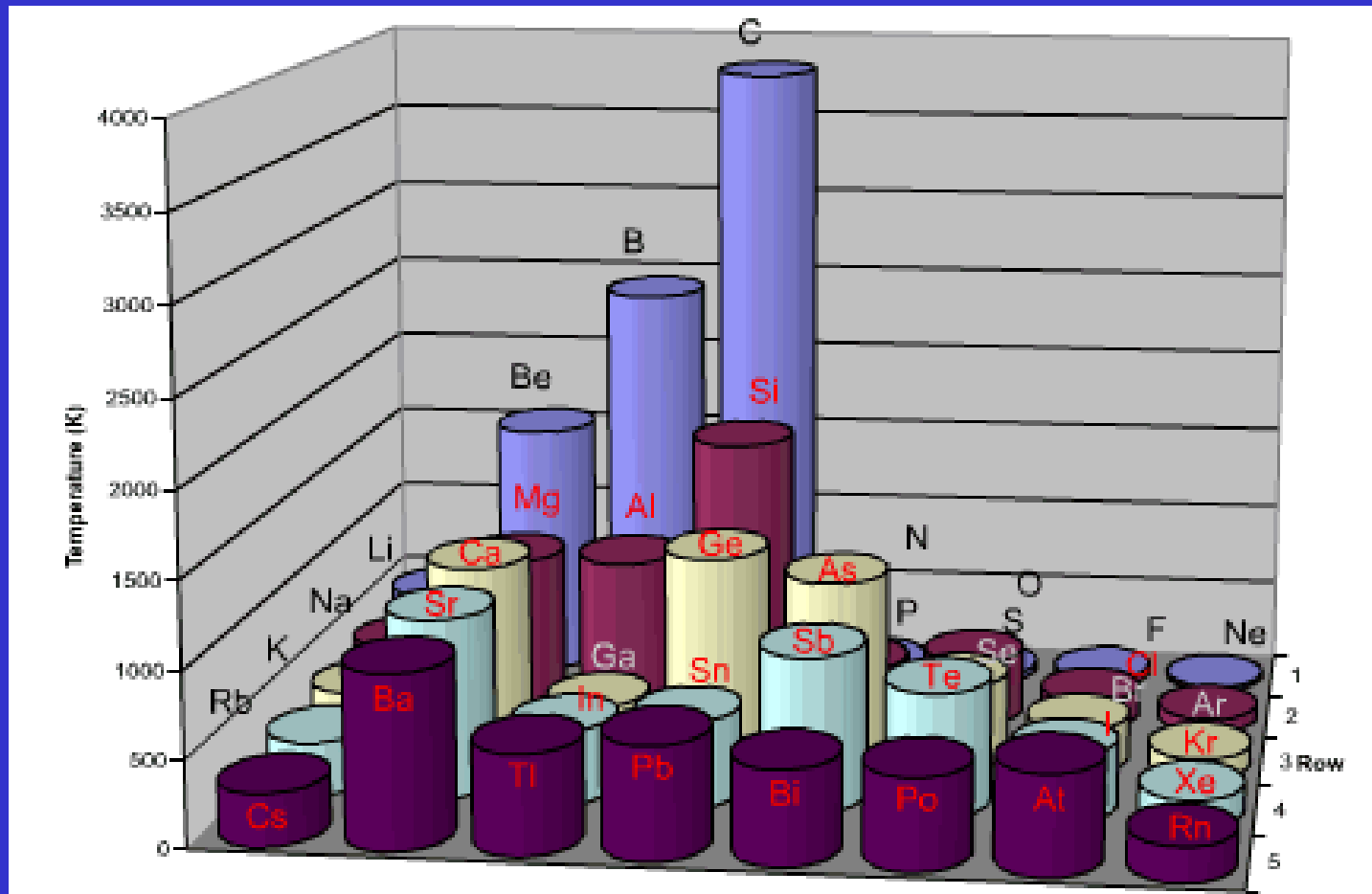
T, K

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

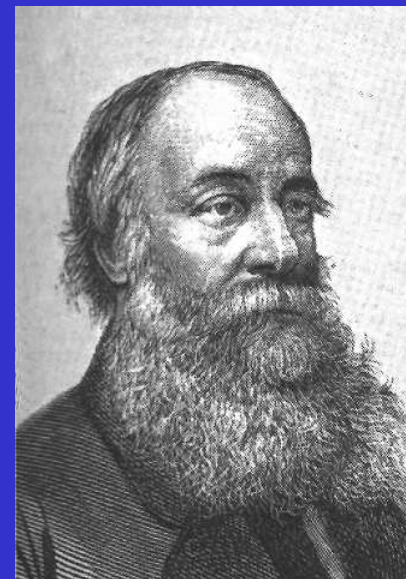
1 Joule = energie úderu lidského srdce
Zákon ekvivalence mechanické práce a tepla

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

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

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

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



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

Energie E

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

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

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

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

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

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

$$E = h \nu$$

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

Energie E

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

$E(\text{elektronová})$

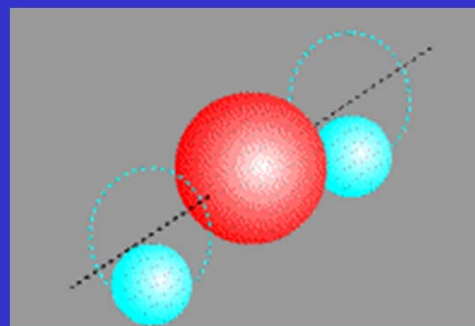
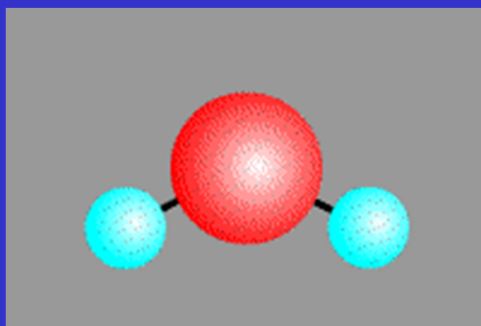
100 kJ mol⁻¹

$E(\text{vibrační})$

1.5 – 50 kJ mol⁻¹

$E(\text{rotační})$

0.1 – 1.5 kJ mol⁻¹

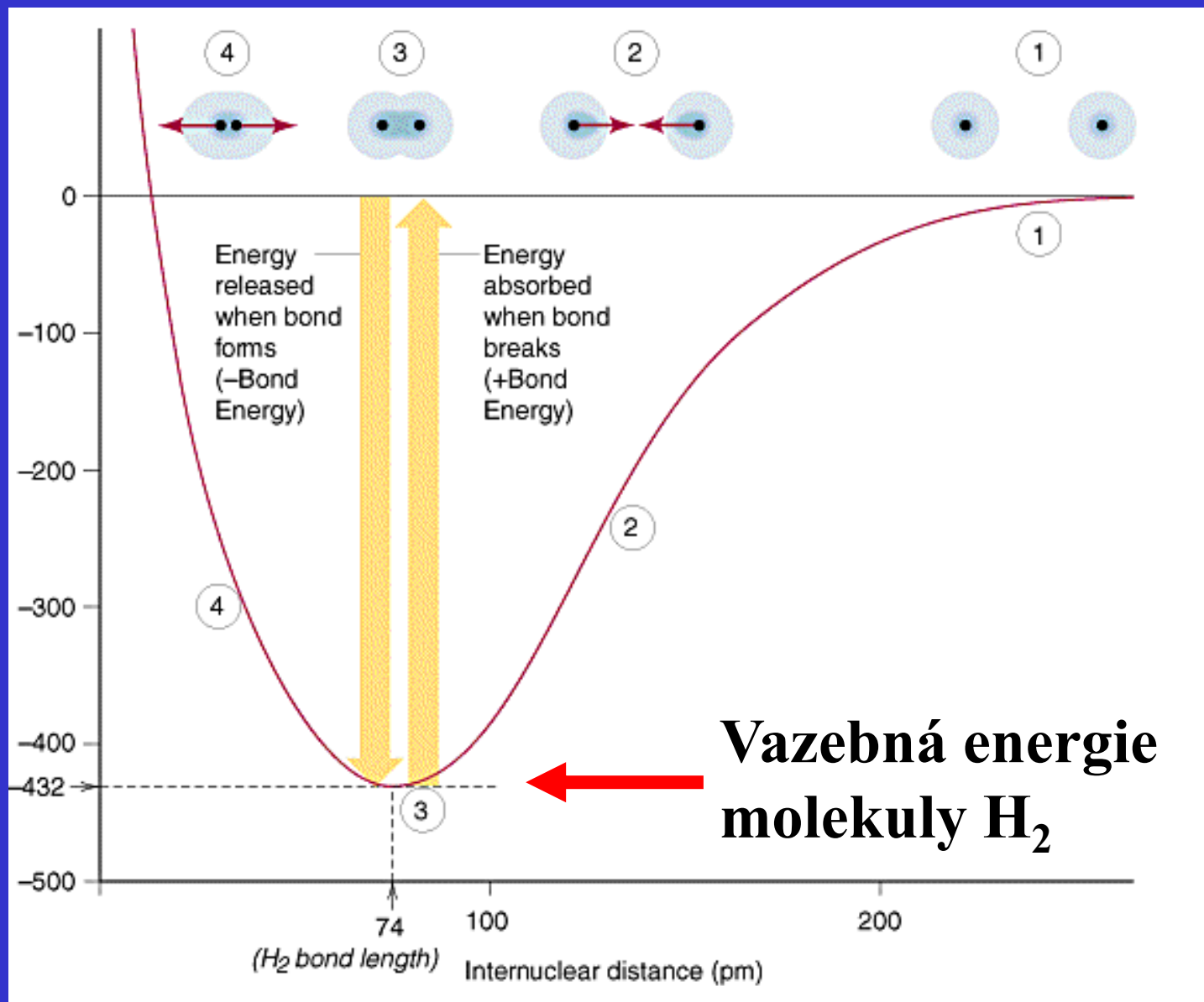


Vazebné energie, kJ mol⁻¹ (jednoduché vazby)

	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

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

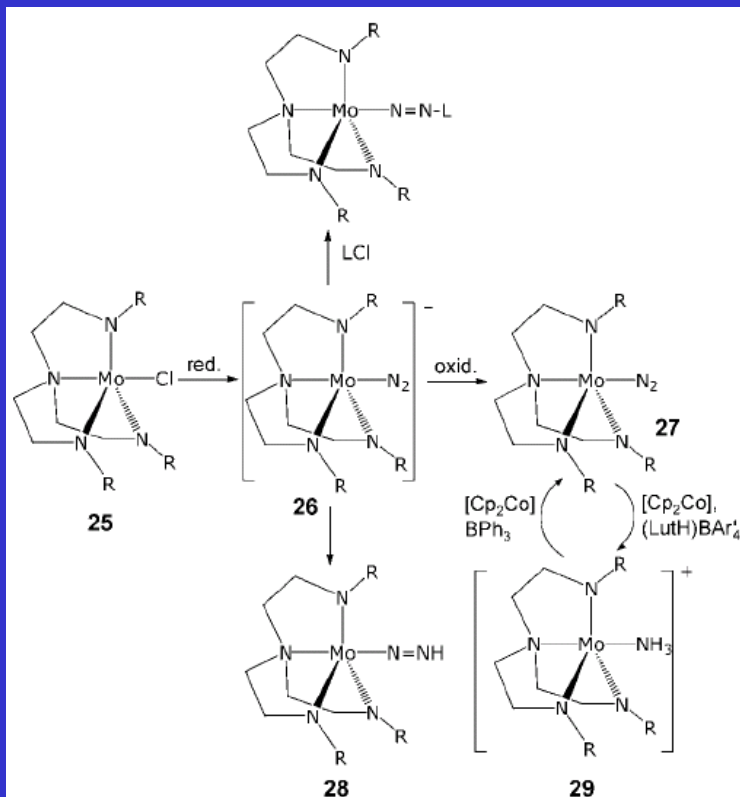


Použití

80% hnojiva

10% plasty

5% výbušniny



1909 Fritz Haber

$\text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ exo

500 °C, 250 atm, Fe katalyzátor

výtěžek 20%

NP za chemii 1918