Obecná chemie C1020

Jiří Pinkas

Ústav chemie – Univerzitní kampus Bohunice

Budova C12, 2. patro, místnost 224

Tel. 54949 6493

jpinkas@chemi.muni.cz

Dotazy - email, MS Teams

Obecná chemie C1020

Přednáška - B11/132

- **Út 12:00 – 14:00 a Čt 10:00 – 12:00**

- **Prezentace s výkladem z přednášky v IS**
- **Řešené úlohy v IS**

- **Zkouška písemná - leden - únor 2023**
- **Každý týden jeden zkouškový termín**
- **Nebudou předtermíny**
- **Poslední opravný termín – květen 2023**

- **Seminář C1040 - Test 0**
- **Konzultace – domluva, osobně, MS Teams**

Obecná chemie C1020

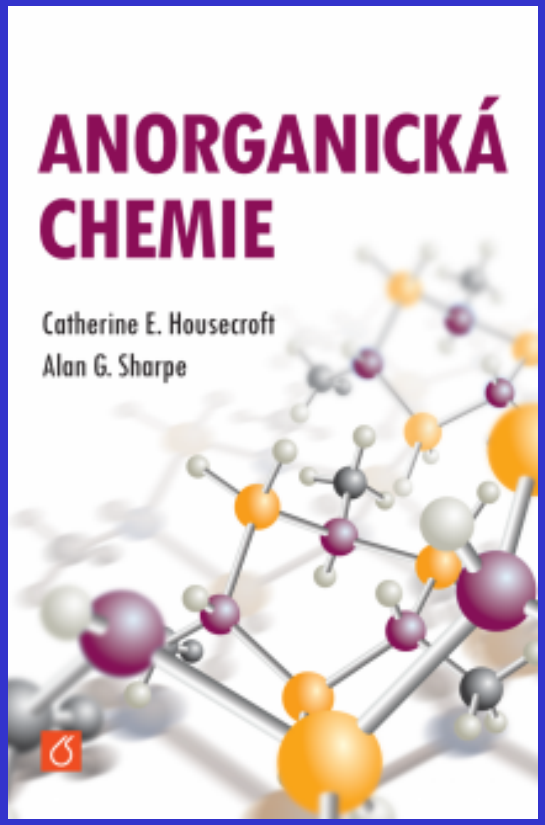
Příhoda – Toužín. ***Pomůcka pro seminář z obecné chemie***
Brno : Masarykova univerzita, 2012
KUK – 225 ks a v IS jako pdf

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



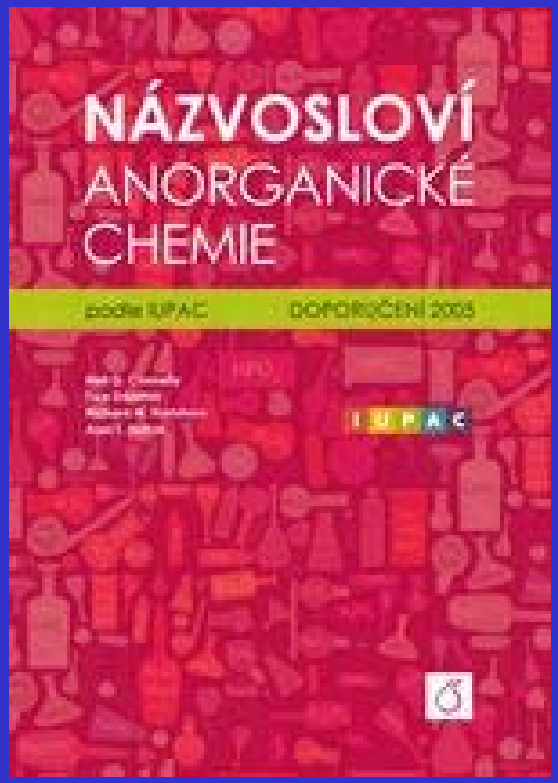
Anorganická chemie

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)

Výpůjčka z KUK

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

Učebnice v angličtině

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

Angličtina = liqua franca chemie

Počátky chemie

První písemná zmínka o chemii - popis destilace
Mezopotámie 1200 př. n. l.

Tapputi-Belatekallim a (---)ninu

- výrobkyně parfémů

Věda - výzkum - aplikace - technologie

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

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

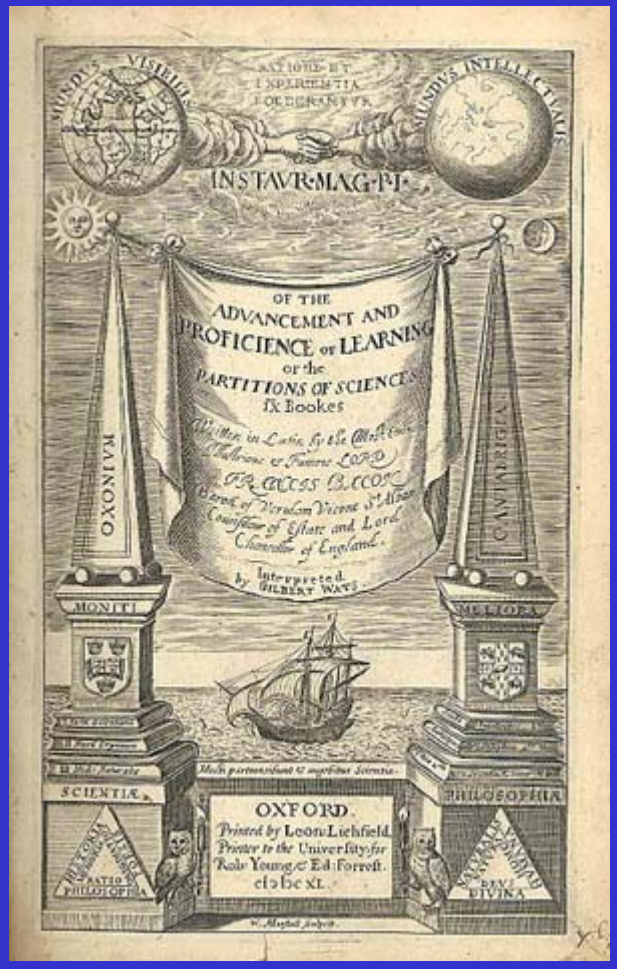
Základní výzkum – dlouhodobý, cílem nejsou aplikace ale objevování nových **přírodních zákonů** a získávání nových **poznatků a principů** – výzkumné skupiny Ústavu chemie, biochemie, RECETOX, NCBR a CEITEC

Věda

• 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 – Sir Francis Bacon
The Proficiency and Advancement of Learning
Formulace vědecké metody

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

Vědecká metoda

Pozorování (kvalitativní)
Měření (kvantitativní)

Hypotéza, vysvětlení, předpověď

Experiment, ověření

Přírodní zákon
(co se děje)

Teorie, model
(proč se to děje)

Modifikace teorie

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 - 25. 10. 2022)

Počátek vědeckého myšlení, racionální přístup bez mystiky a náboženských představ

Chemie - Základní prvek je voda

1543 Mikoláš Koperník

Pozorování a vysvětlení

Johann Joachim Becher
(1635 - 1682)

Georg Ernst Stahl
(1660 - 1734)
Flogiston

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 má negativní hmotnost ☹

Pozorování a vysvětlení

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

Hoření = slučování s O_2
Vyšší hmotnost produktů - **vážení**

Zákon zachování hmoty

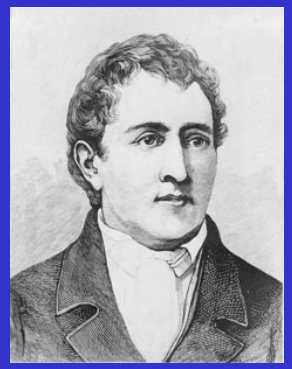
Flogiston = $-O_2$

Zahřívání **2 HgO** $\rightarrow$ 2 Hg + O_2
(redukce na kov bez flogistonu z uhlíku)
Který další oxid lze použít?

Antoine Laurent Lavoisier
(1743 – 1794)

Banícka akadémia 1763
Banská Štiavnica
Mikuláš Jozef von Jacquin

Tři objevitelé kyslíku



Carl Wilhelm Schelle
(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**

Zdroj kyslíku - 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

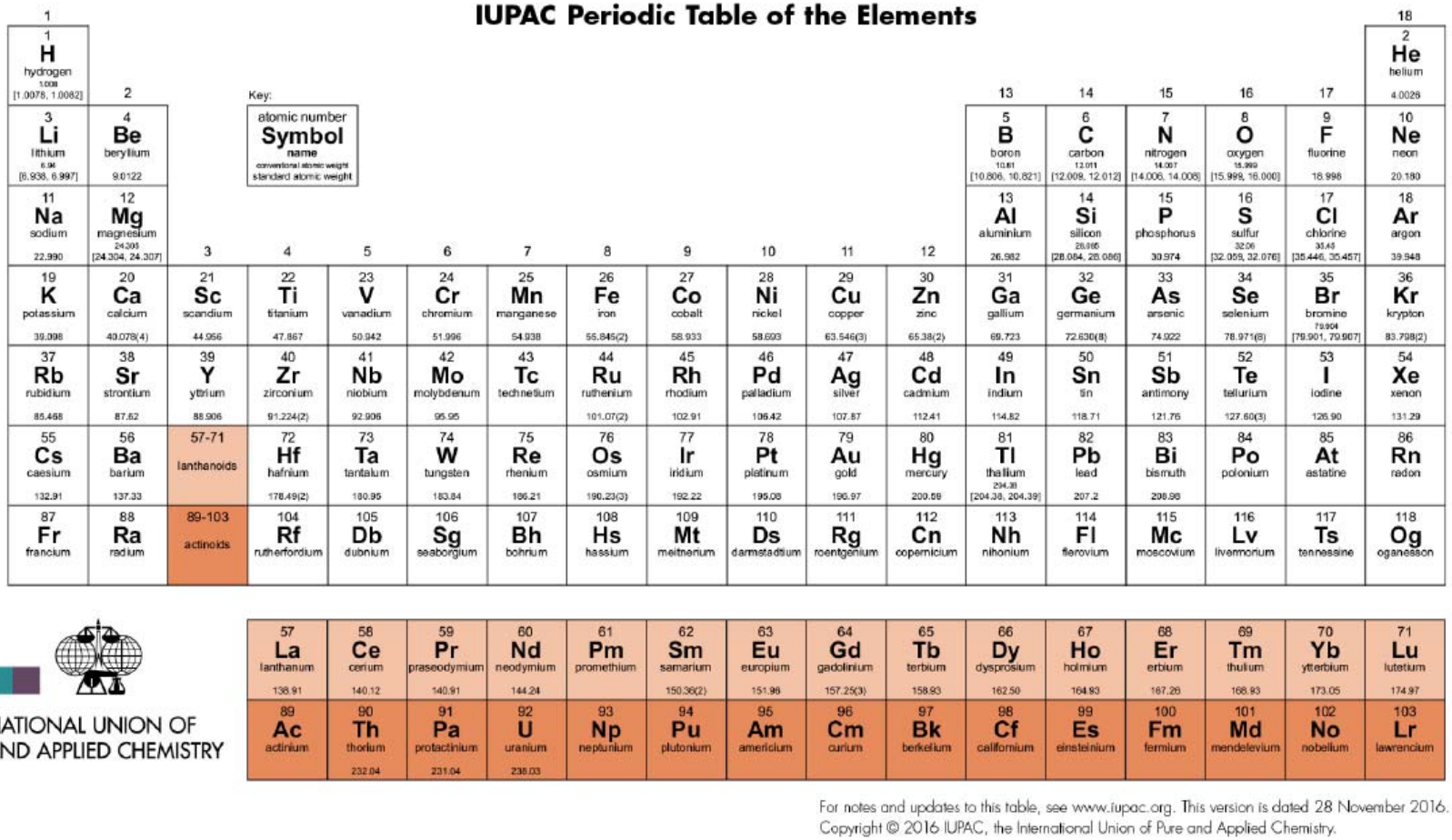
– tvrzení, které vysvětluje známá fakta a zákony z nich vyplývající, jsou produktem **lidského myšlení** a mohou se měnit nebo být úplně odmítnuty pod vlivem vývoje nových experimentálních metod, přesnějších měření

Objektivita – platí vždy při splnění potřebných podmínek

Schopnost předpovědi

– předpoví existenci dosud nepozorovaných jevů

Periodický zákon



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

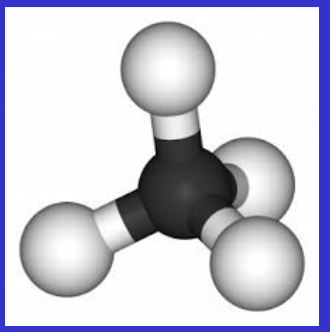
Jan Svatopluk Presl (1791–1849)
Lučba čili chemie zkusná (1835)
P = Kostík, Cr = Barvík

IUPAC (English)
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

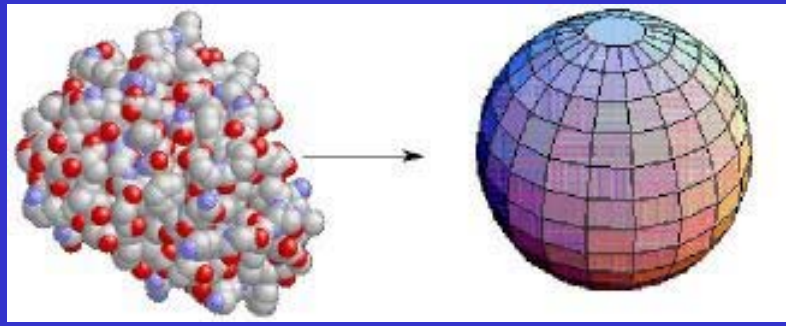


Model je zjednodušený obraz skutečnosti, který usnadní vysvětlení problému, používá **idealizace** a **aproximace**

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

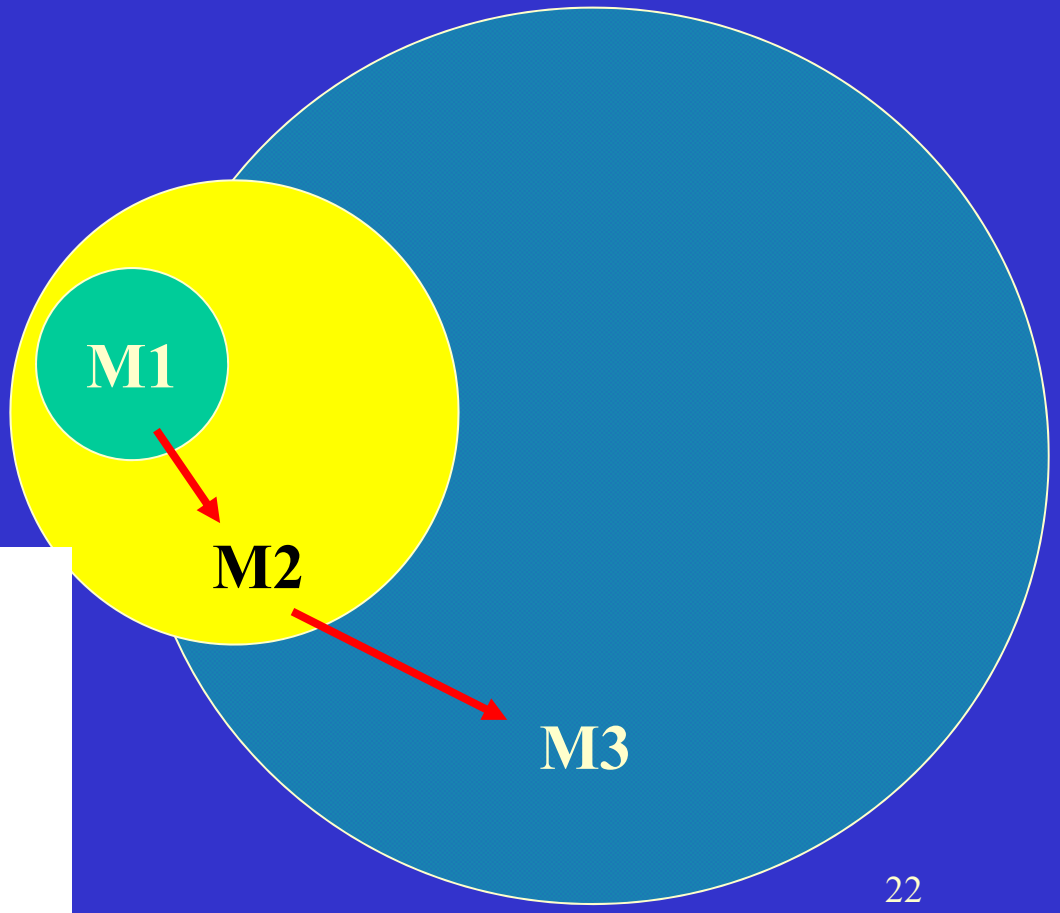
Modely se stávají komplikovanějšími a podrobnějšími s vývojem našeho poznání

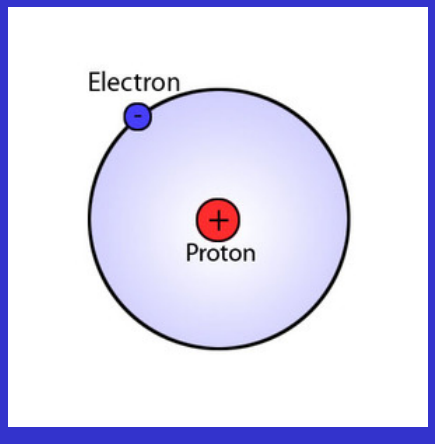
Model

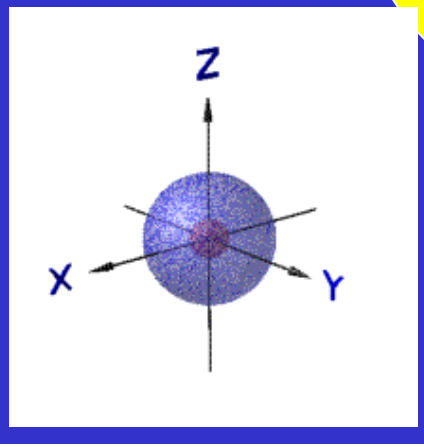


Nový přesnější model s příchodem přesnějších metod měření

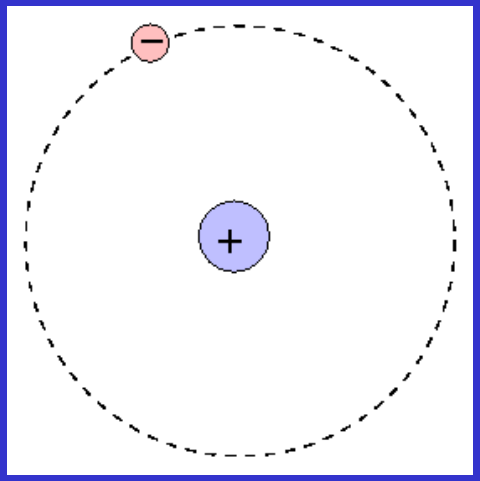
Pokročilejší model obsahuje předešlé (správné) modely jako zvláštní případy (Bohrův poloměr H atomu)







Model



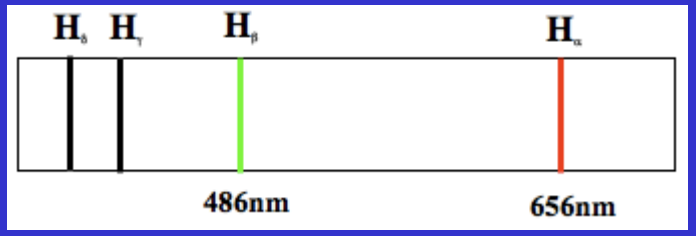
Jednoduché modely obsahují mnoho **zjednodušujících** a **omezujících** podmínek a předpokladů, mohou tedy poskytnout jen kvalitativní informace

Atom H – Bohrův 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

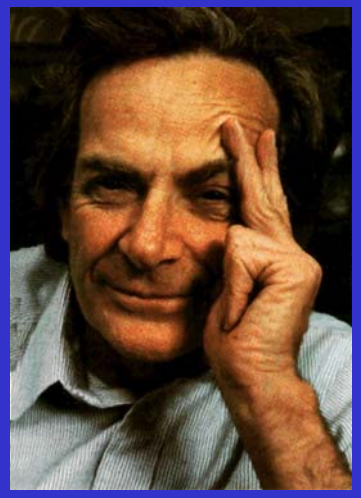
I když je model užitečný pro vysvětlení velkého počtu jevů, nelze předpokládat, že bude fungovat v každém případě



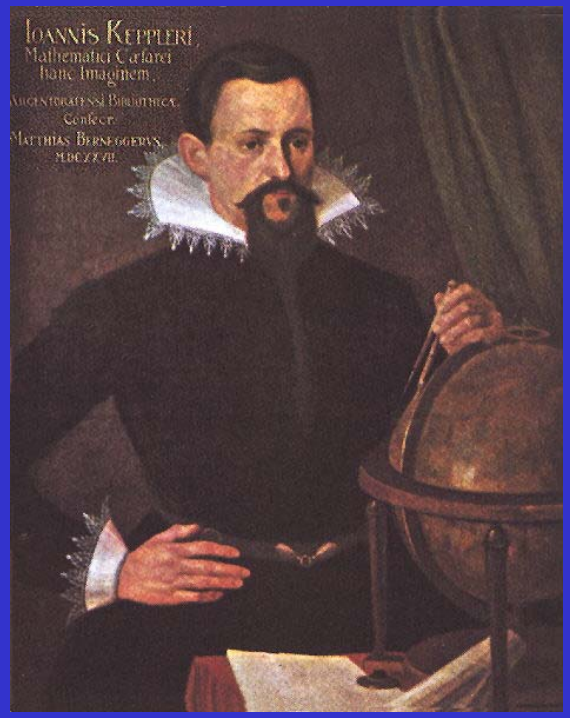
Model

*"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



Johannes Kepler
(1571 – 1630)

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

Samočisticí vlastnost vědecké metody

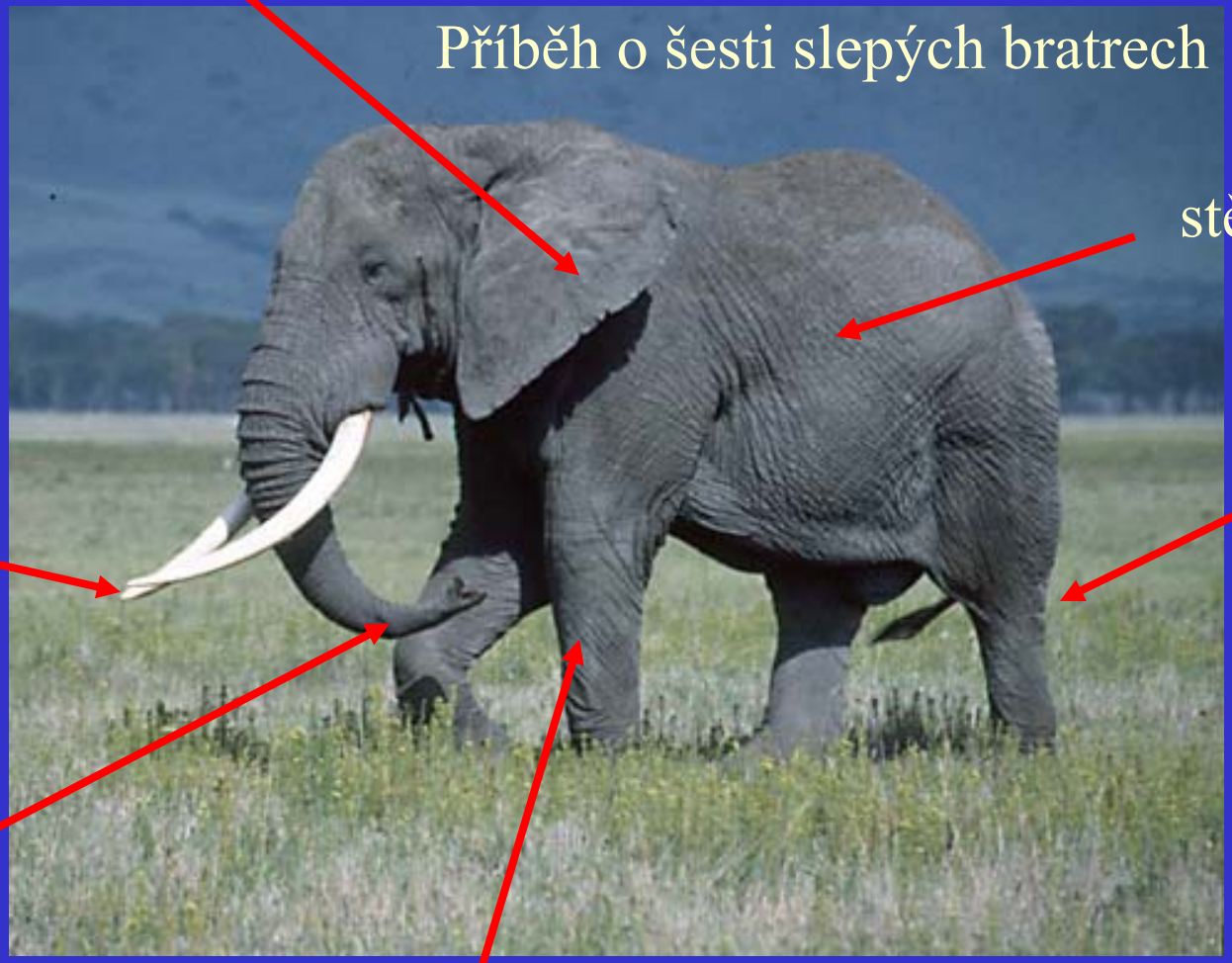
Ubi materia, ibi geometria

Kde je hmota, tam je geometrie

Měření

Experiment

Příběh o šesti slepých bratrech



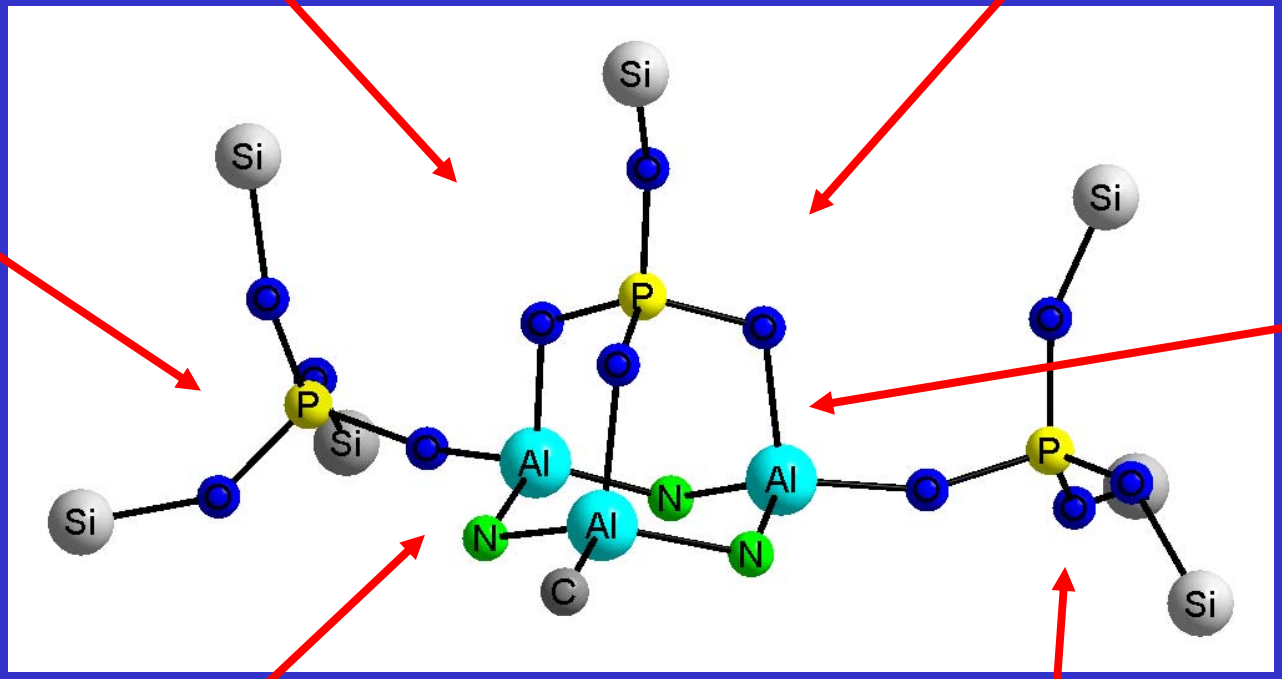
Experiment

Elementární analýza

RTG strukturní analýza

NMR

UV-vis



Hmotnostní spektrometrie, MS

Vibrační spektroskopie, IR, RA

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

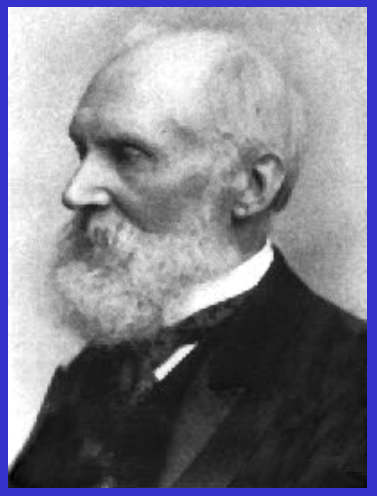
Kvantitativní experiment = měření

Hmotnost, délka, čas - od nepaměti

Teplota - 1592 Galileo, 1724 Daniel Fahrenheit

Messen heist Wissen

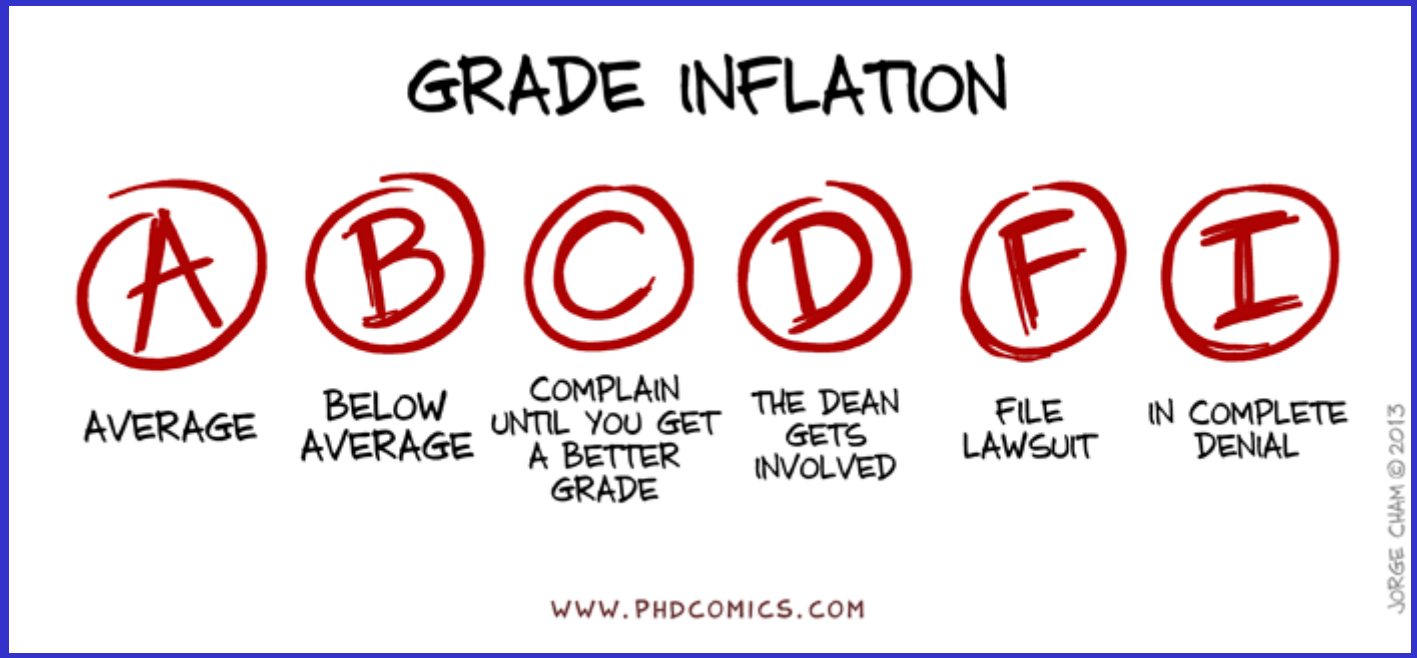
"When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind. It may be the beginning of knowledge, but you have scarcely, in your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



Lord Kelvin
(William Thomson)
(1824–1907)

Kvantitativní experiment = měření

Hodnocení zkoušky



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:

Veličina: *E*, energie

Rozměr: kg m^2 s^{-2}

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

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

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

Složené rozměry: rychlost = délka × $(\text{čas})^{-1}$

Bezrozměrové veličiny:

Poměry dvou stejných veličin (např. molární a hmotnostní zlomek)

Argumenty log (např. pH), ln, exp, sin, cos, tan

Rozměrová kontrola výpočtu: např. molární koncentrace

$c = n / V$ [mol / l]

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

Výsledek výpočtu = číselná hodnota + jednotka

Základní jednotky SI

Mezinárodní výbor pro míry a váhy
Nové definice (2019) - konstanty: $\nu(^{133}\mathrm{Cs})$, c, h, k_B, e, N_A, K_{cd}

Sekunda [s] = doba rovnající se 9 192 631 770 periodám záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu ^{133}Cs

Metr [m] = rychlost světla ve vakuu, c
299 792 458 m s^{-1} ($c = \lambda \times \nu$)

Kilogram [kg] = Planckova konstanta, h
$6{,}626\,070\,15 \times 10^{-34}$ kg m^2 s^{-1}
měření pomocí tzv. wattové váhy, které porovnávají tíži tělesa s magnetickou silou

Základní jednotky SI

Ampér [A] = elementární elektrický náboj, e,
1,602 176 634 × 10^{-19} C (= A × s), náboj = proud × čas

Kelvin [K] = Boltzmannova konstanta, k_B
1,380 649 × 10^{-23} J K^{-1} (= kg m^2 s^{-2} K^{-1})
kinetická energie plynu = 3/2 k_B × teplota

Kandela [cd] = světelná účinnost monochromatického záření o frekvenci 540 × 10^{12} Hz, K_{cd}
683 lm W^{-1} (= cd sr kg^{-1} m^{-2} s^3)

Základní jednotky SI

Látkové množství [1 mol] = soustava, která obsahuje právě tolik částic (atomů, molekul, elektronů, nebo jiných entit),

NOVÁ DEFINICE:

- jako Avogadrova konstanta, $N_A = 6{,}022\,140\,76 \times 10^{23}\ \mathrm{mol}^{-1}$

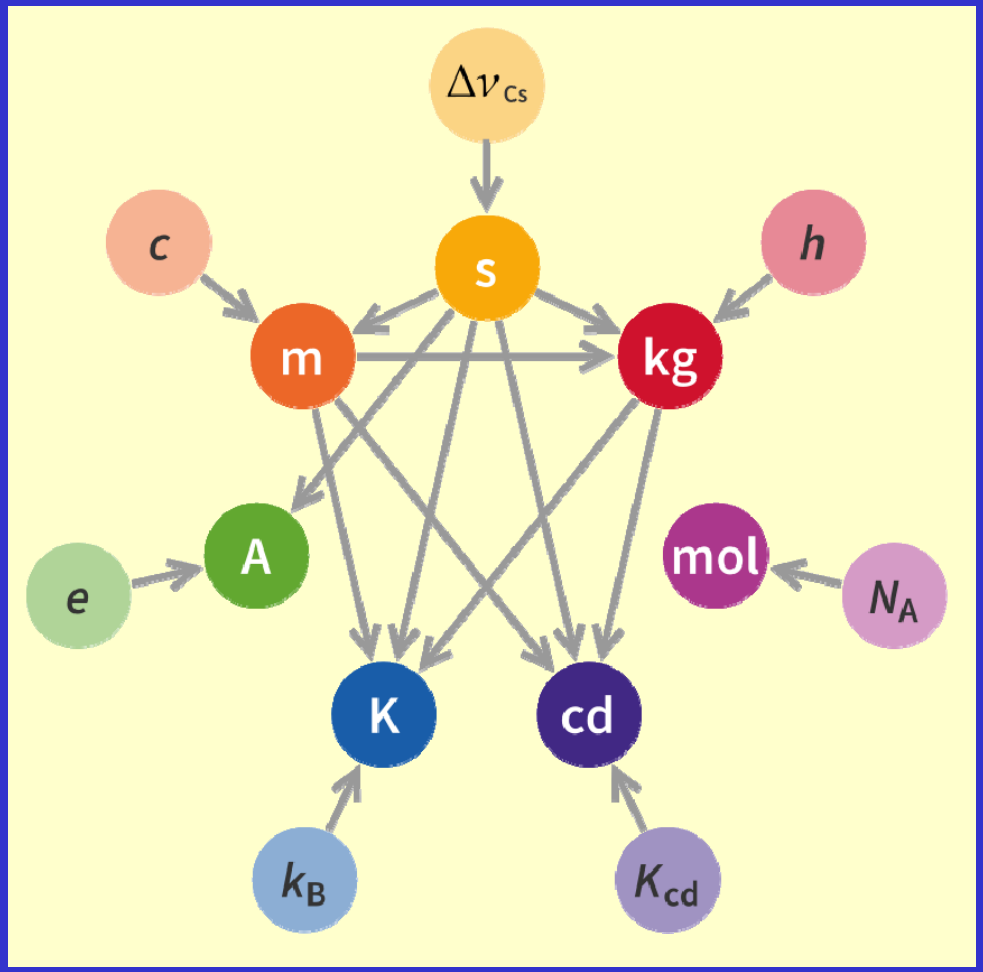
STARÁ DEFINICE:

- kolik je atomů v 12 g (přesně) nuklidu ^{12}C

Počítání atomů vážením

Kolik atomů je v 1 kg Si?

Základní konstanty a základní jednotky SI



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}

Bezrozměrové jednotky

Procento % = 0,01 = 1 atom v 10^2 atomech

Promile ‰ = 0,001 = 1 atom v 10^3 atomech

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 (2019):
Planckova konstanta je přesně
$6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ kg m^2 s^{-1}
Wattovy váhy - hmotnost

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 10^8 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
Kolik atomů je v 1 kg Si?

Hmotnost *m* / kg

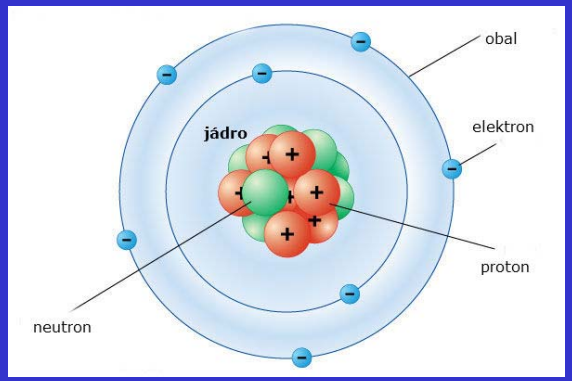
Atomová hmotnostní jednotka - počítání atomů vážením

$\frac{1}{12}$

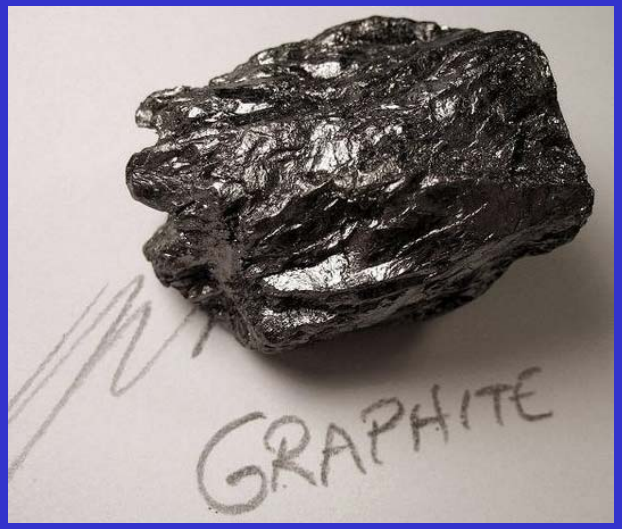
1/12 hmotnosti atomu **nuklidu** ^{12}C

1 *u* = (1 amu) = 1,6606 10^{-27} kg

1 atom



1 mol uhlíku = 12 g



Látkové množství *n* / mol

Počet částic (atomů, molekul, elektronů, nebo jiných entit)
Avogadrova konstanta

$N_A = 6{,}022\ 140\ 76 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

Počet atomů uhlíku v 0,012 kg (12 g) nuklidu ^{12}C

Látkové množství *n*, jednotka mol
n = podíl počtu částic N (atomů, molekul, elektronů,....) a N_A

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

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

Látkové množství *n* / mol

Počítání atomů vážením

A) Jaké látkové množství vlašských ořechů je v 10 kg pytli, když 1 ořech váží 10 g?

B) Jaké látkové množství máku je v 10 kg pytli, když 1 zrnko váží 1 mg?

C) Jaké látkové množství Si je v 10 kg Si?

Atomová a molární hmotnost

Atomová A_m a molární hmotnost M_m

Hmotnost 1 molu látky, kg mol^{-1}

$$A_m(^{12}C) = 12 \times u \times N_A =$$

$$= 12 \times 1{,}6606\ 10^{-27}\ \text{kg} \times 6{,}022\ 10^{23}\ \text{mol}^{-1} =$$

$$= 0{,}01200\ \text{kg mol}^{-1} = 12{,}00\ \text{g mol}^{-1}$$

Délka *l* / m

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

1 Å = 100 pm = 0,1 nm

Bohrův poloměr atomu H
a_0 = 5,3 10^{-11} m = 0,53 Å

Délky vazeb v molekulách 1 až 4 Å
Průměr atomu Cu je 2,55 Å

Anders Jonas Ångström
(1814 - 1874)

Průměr vesmíru: 17 miliard světelných let = 1,6 10^{26} m
Průměr atomového jádra = 10^{-15} m

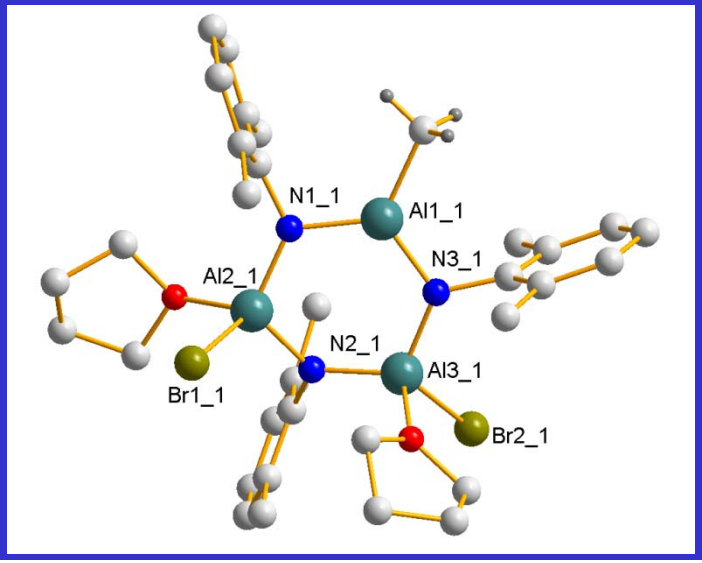
Vazebné vzdálenosti

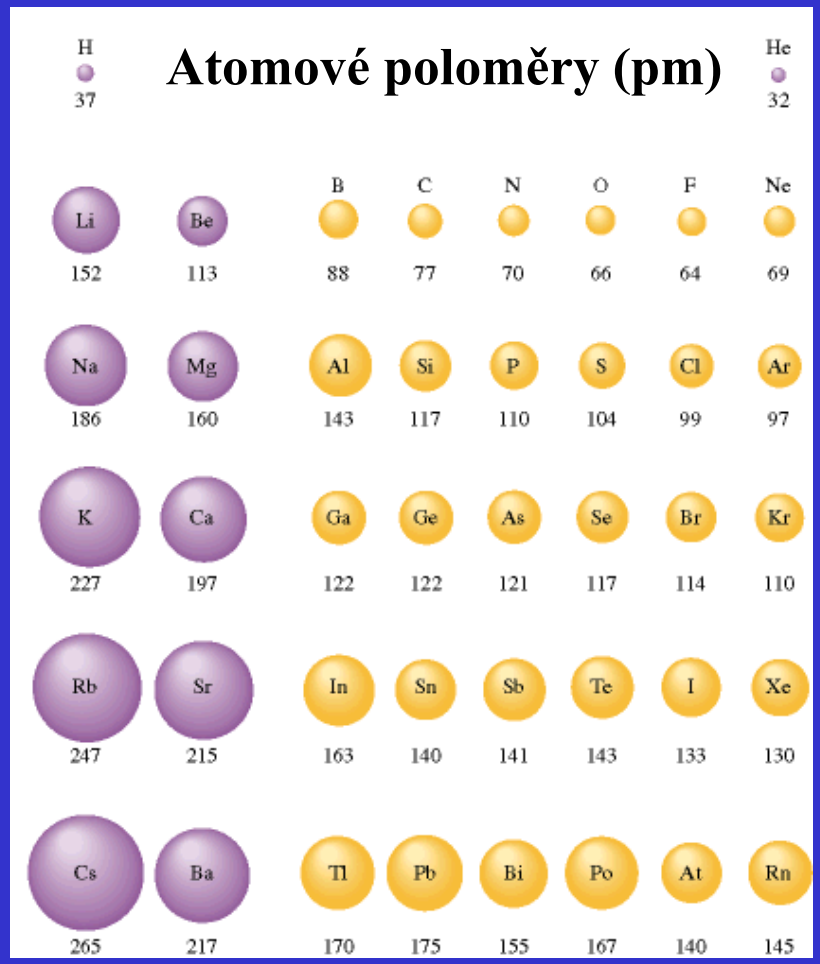
Vazebné vzdálenosti (v Å)

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?

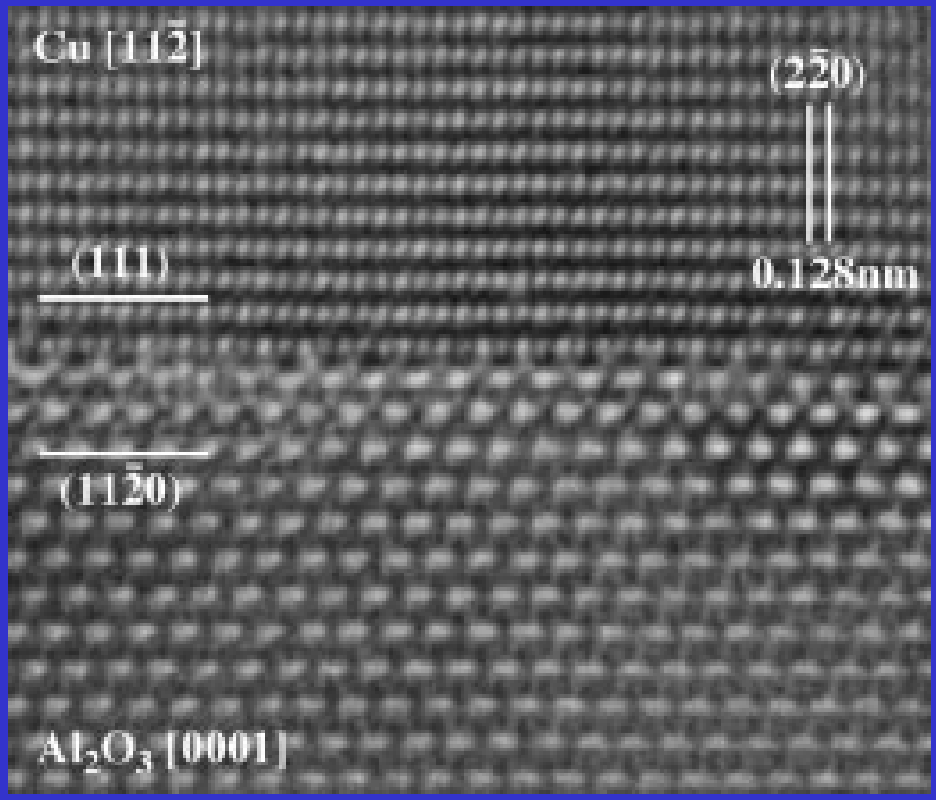
Rentgenová strukturní analýza





1 Å = 100 pm = 0,1 nm

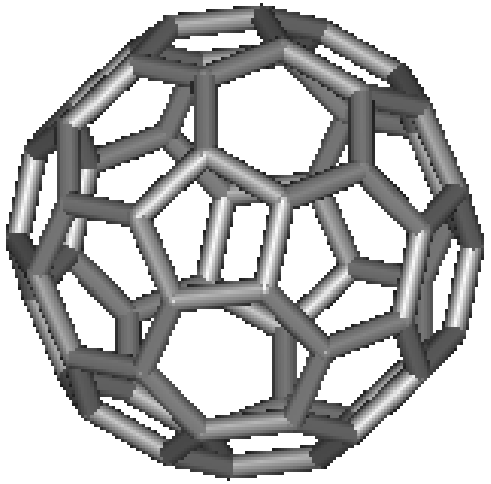
TEM = transmisní elektronová mikroskopie



Objem *V*

1 pm^3 = 10^{-6} Å^3

Objem molekuly fullerenu C_{60} asi 500 Å^3



Molární objem ideálního plynu = objem 1 molu plynu

při teplotě 0 °C a tlaku 101 325 Pa (STP)
V_M = **22,414** l mol^{-1}

při teplotě 0 °C a tlaku 100 000 Pa (1 bar)
V_M = **22,711** l mol^{-1}

Hustota ρ

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

g cm^{-3}

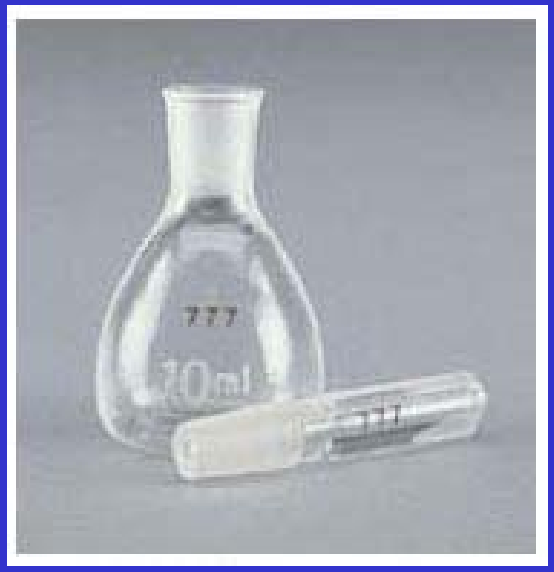
Hustota závisí
na teplotě a tlaku

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

Při 20 °C

Pyknometr

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

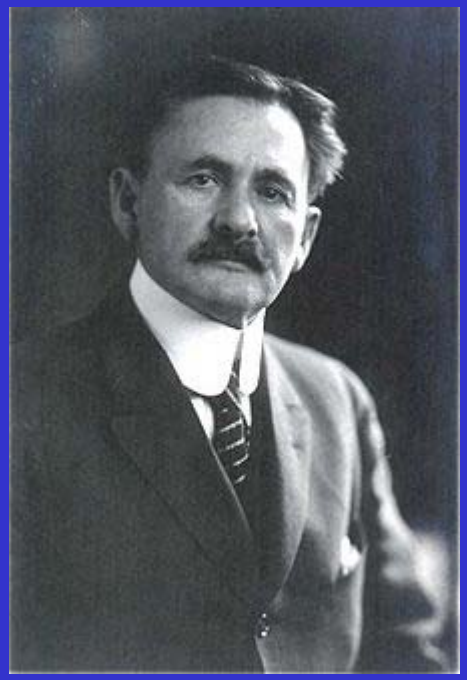
Rychlost *v*

Rychlost světla ve vakuu

c = 2,99 792 458 10^8 m s^{-1}
(přesně)

3×10^8 m s^{-1}
300 000 km s^{-1}

$E = m\,c^2$ $\quad$ $\nu \times \lambda = c$

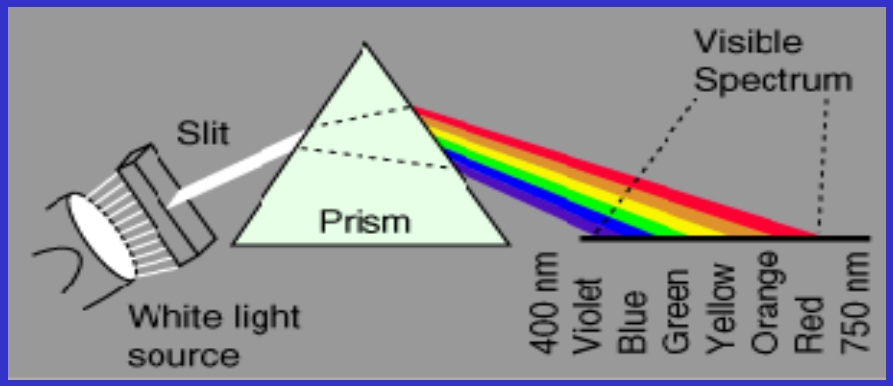


Albert Abraham Michelson
(1852 - 1931)
NP za fyziku 1907

Frekvence, vlnová délka, vlnočet

Počet periodických dějů za časový interval
Frekvence $\nu = 1 / t$, Hz = s^{-1}

Kmity
Vibrace
Rotace
Srážky molekul



Vzdálenost mezi dvěma maximy
Vlnová délka λ , m

Počet vln na jednotku délky
Vlnočet $\tilde{\nu} = 1 / \lambda$, cm^{-1}

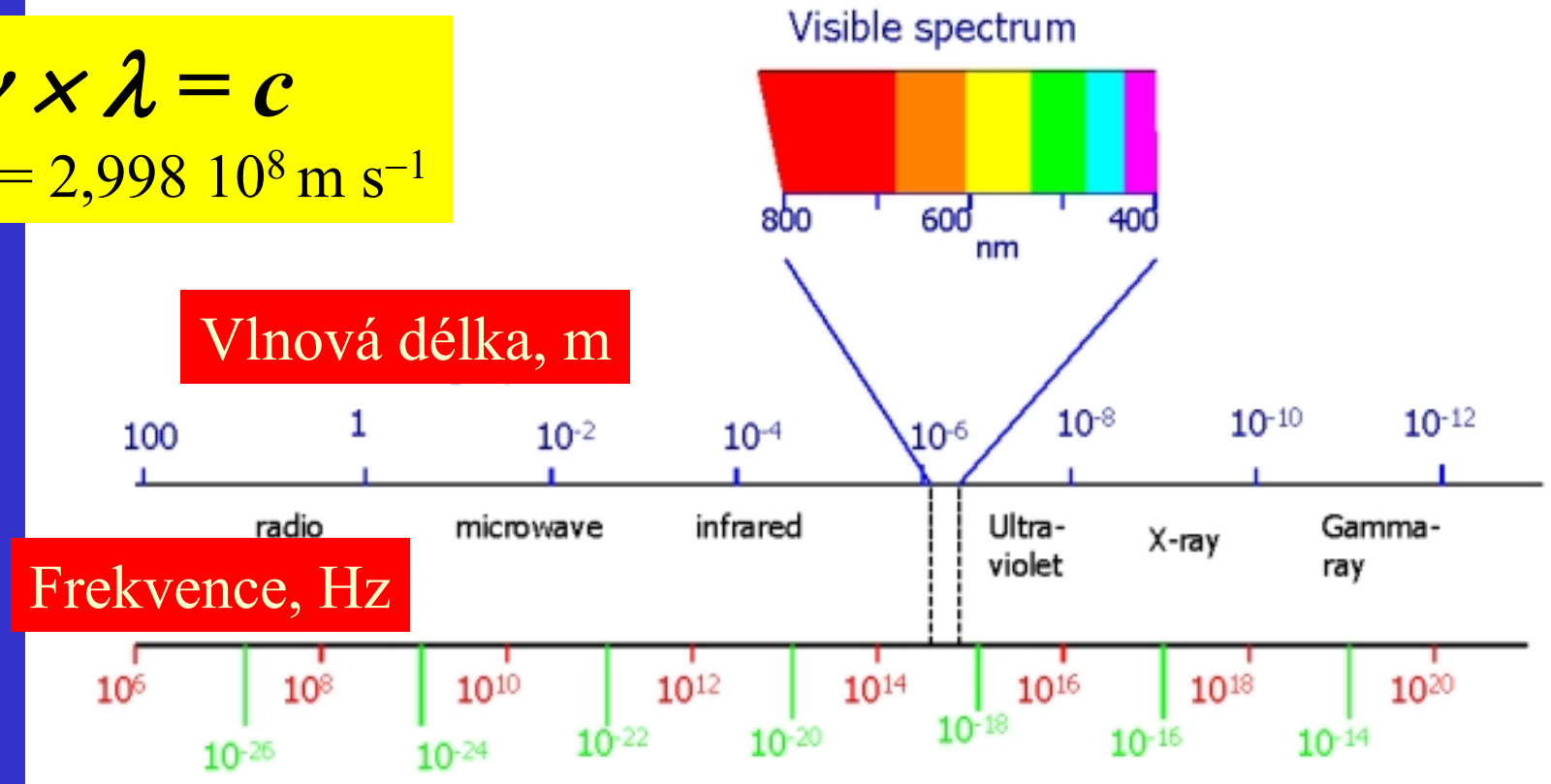
$$\nu \times \lambda = c$$

$c = 2{,}99\,792\,458 \times 10^8\ m\ s^{-1}$

Frekvence, vlnová délka, vlnočet

$$\nu \times \lambda = c$$

$c = 2{,}998\ 10^{8}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$



Energie fotonu, J

$$E = h \times \nu$$

$h = 6{,}626\ 10^{-34}\ \mathrm{J\ s}$

Síla *F*

1 Newton = gravitační síla působící na jablko

$F = m\,g$

$g = 9{,}80665\ \mathrm{m\ s^{-2}}$

Isaac Newton
(1642 - 1727)

Čtyři základní síly - interakce

Gravitační

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

Silné interakce
(jaderné, drží pohromadě protony a neutrony v jádře)

Slabé interakce
(drží pohromadě proton a elektron v neutronu)

LIGO - Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory 2015

Elektrický náboj q

Elementární náboj, e

$e = 1{,}602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C (1 C = 1 A s)

Všechny náboje jsou celistvým násobkem e

$$q = Z\,e$$

Charles A. Coulomb
(1736 - 1806)

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

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Tlak *p*

1 Pa = 1 N m^{-2}
1 Pascal = tlak kterým působí jablko na 1 m^2

Převody jednotek
1 atm = 101 325 Pa = 760 mm Hg (Torr) = 1,01325 bar
1 kg cm^{-2} = 98 066 Pa

1 bar = 10^5 Pa = 100 kPa

Standardní tlak

1 bar = 100 000 Pa

Teplota *T*

Kelvin, K

Boltzmannova konstanta, k_B

$1{,}380\,649 \times 10^{-23}$ J K^{-1} (= kg m^2 s^{-2} K^{-1})

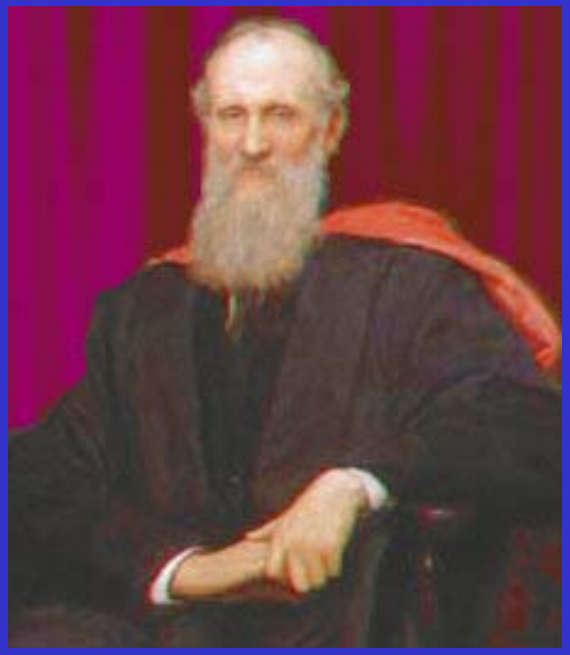
Kinetická energie plynu

$E_{kin} = 3/2\ k_B \times T$

Absolutní nula (0 K, – 273,15 °C)

- **Nedosažitelná**
- **Entropie dosahuje minima**

Současný rekord: ~100 pK



Lord Kelvin
(William Thomson)
(1824 - 1907)

Celsius, °C

0 °C = 273,15 K T[°C] = T[K] – 273,15

Standardní teplota (termodynamika) = 25 °C = 298 K

Teploměr

1592 Galileo

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**

Definice Celsiovy stupnice
Teplota tání ledu při 1 atm = 0 °C
Teplota varu vody při 1 atm = 100 °C
Rozděl na 100 dílků

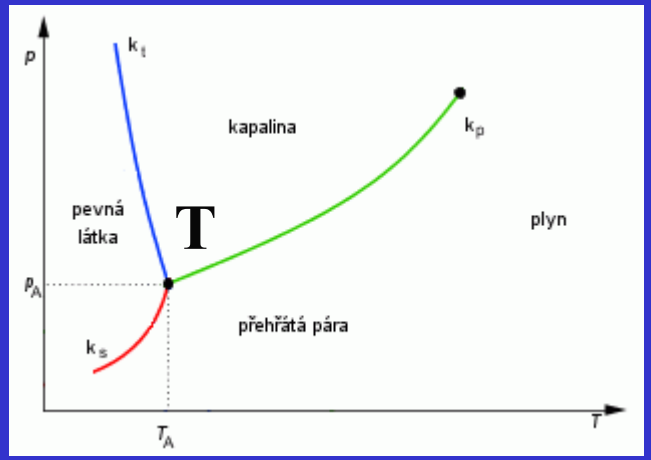
ITS-90

ITS-90 Mezinárodní teplotní stupnice

- Body tání čistých látek
- T = Trojný bod

Interpolace
Kalibrace

Trojný bod vody = 0,01 °C = 273,16 K

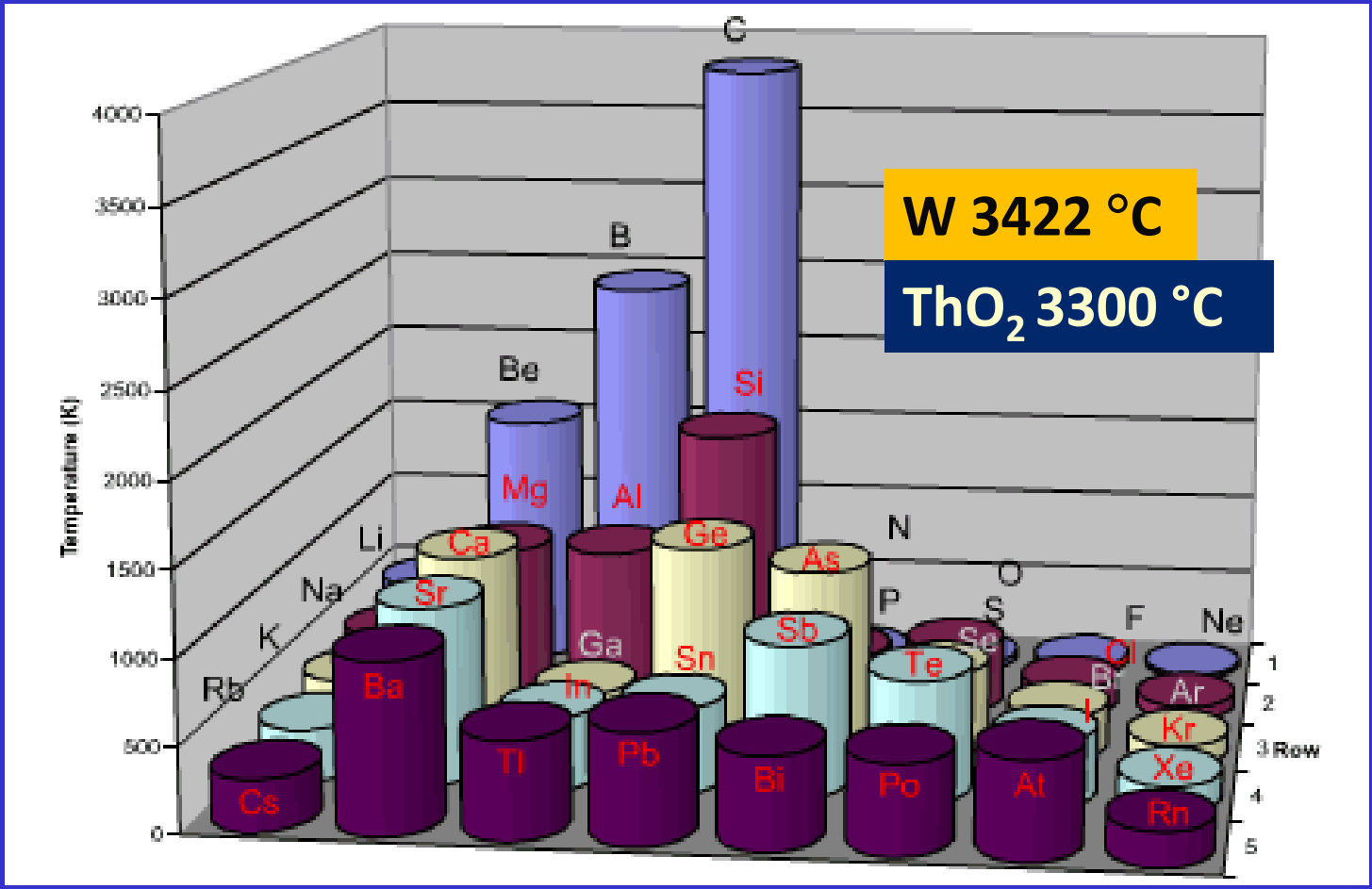


	T, K
e-Hydrogen (T)	13,8033
Neon (T)	24,5561
Oxygen (T)	54,3584
Argon (T)	83,8058
Mercury (T)	234,3156
Water (T)	273,16
Gallium	302,9146
Indium	429,7485
Tin	505,078
Zinc	692,677
Aluminium	933,473
Silver	1234,93
Gold	1337,33
Copper	1357,77

Teplota tání

Teploty tání prvků

Kapalné prvky

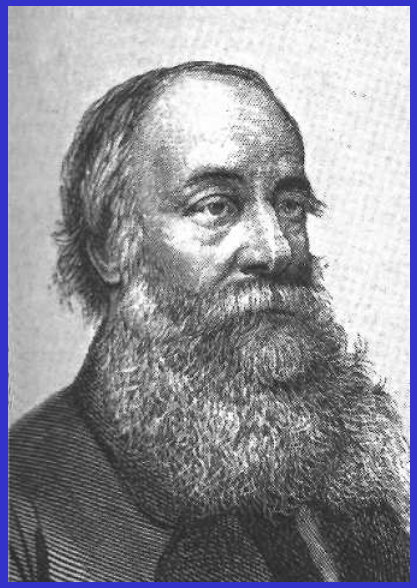


Energie *E*

1 Joule = energie úderu lidského srdce

Zákon ekvivalence mechanické práce a tepla

1 cal = 4,184 J



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

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

$E = e\,U = \mathbf{1{,}602\ 176\ 634 \times 10^{-19}\ C} \times 1\ V =$
$= 1\ eV = 1{,}602\ 10^{-19}\ J$

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

Energie *E*

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

$= 1{,}49\ 10^{-10}\ \text{J}$

1 amu = 931,4 MeV

Rychlost světla ve vakuu, c

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

$E_{kin} = 3/2\ k_B\ T$

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

kT = 1 zJ pro laboratorní teplotu

$E = h\ \nu$

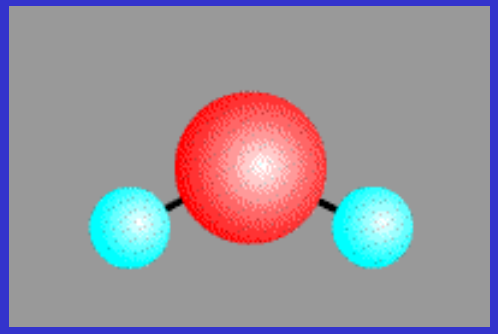
$h = 6{,}626\ 10^{-34}\ \text{J s}$ **Planckova konstanta, *h***

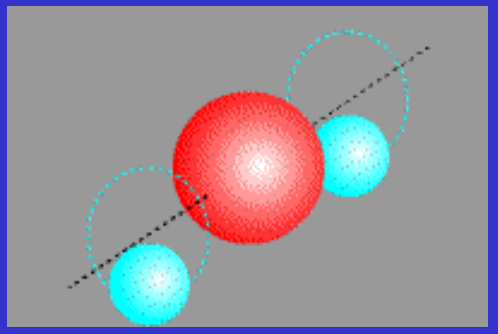
ν = frekvence záření

Energie *E*

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

E(elektronová)	100 kJ mol^{-1}
E(vibrační)	1,5 – 50 kJ mol^{-1}
E(rotační)	0,1 – 1,5 kJ mol^{-1}

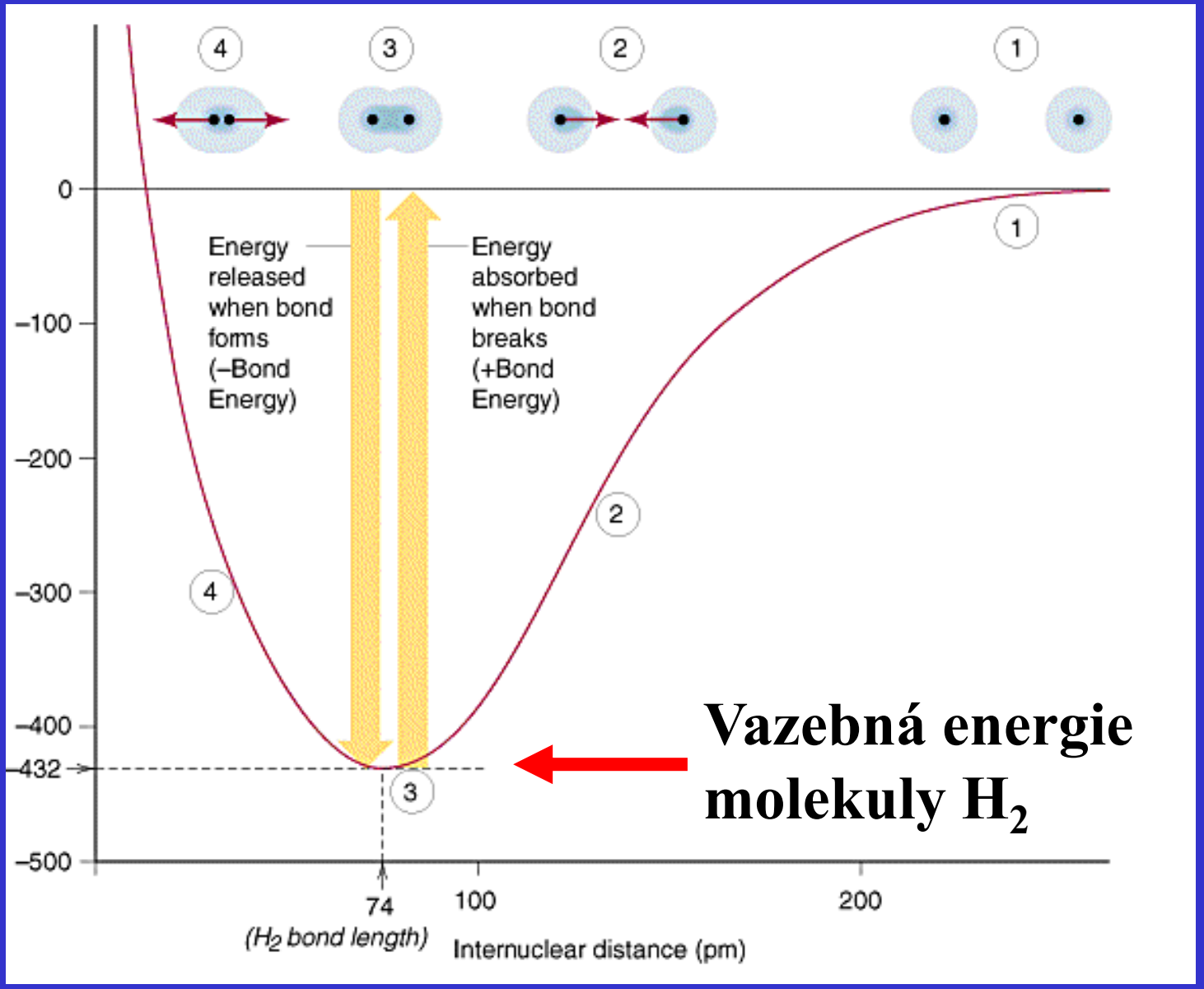




Vazebné energie, kJ mol^{-1} (jednoduché vazby)

	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}



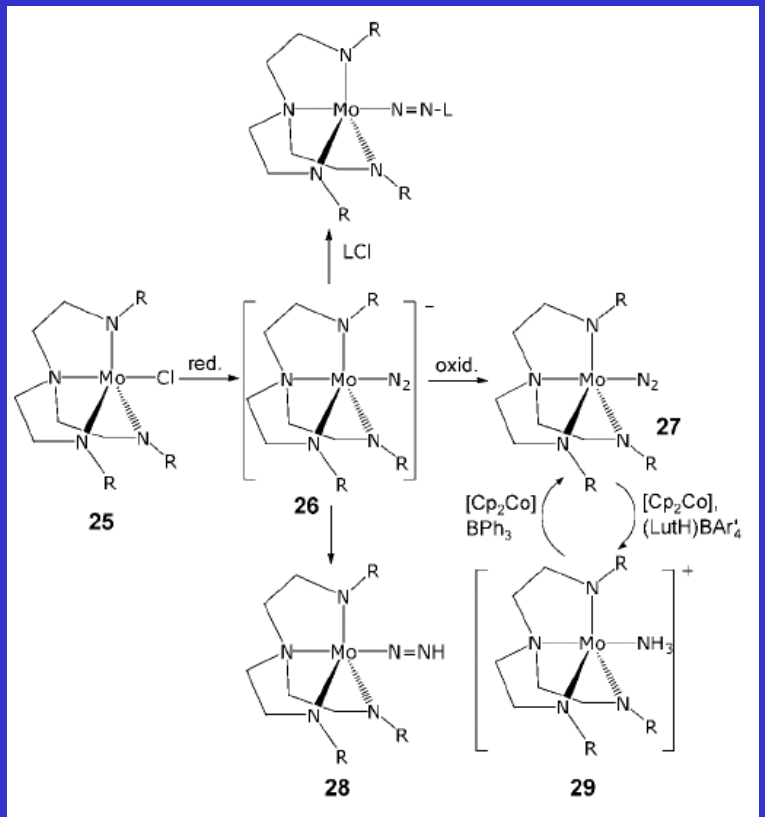
Vazebná vzdálenost v molekule H_2

Vazebná energie N_2

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

$|N \equiv N|$ → NH_3

Použití
80% hnojiva
10% plasty
5% výbušniny



1909 Fritz Haber
$N_2(g) + H_2(g)$ exo
500 °C, 250 atm, Fe katalyzátor
výtěžek 20%

NP za chemii 1918