

Obecná chemie C1020

Jiří Pinkas

Ústav chemie – Univerzitní kampus Bohunice

Budova A12, 3. patro, místnost 321

Tel. 549496493

jpinkas@chemi.muni.cz

Obecná chemie C1020

Přednáška - A11/132 a 205

Út 17 - 19.00

Čt 10 - 12.00

Materiály z přednášky budou vystaveny v ISu

Zkouška písemná - leden a únor 2011

Seminář C1040

Obecná chemie C1020

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.

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

- 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 výzkum

Technologie – aplikace znalostí k přeměně okolí, výrobky k prodeji

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

Počátky chemie

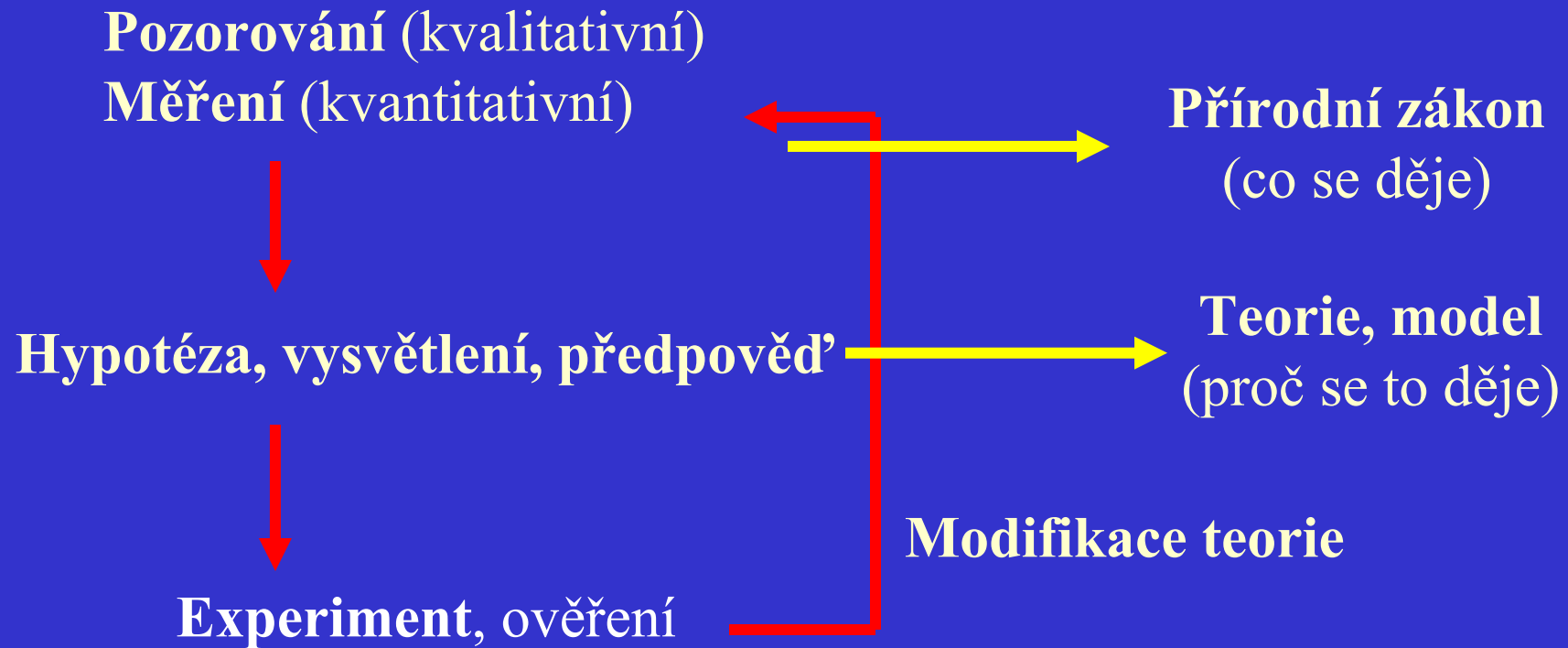
První písemná zmínka o chemii

Mezopotámie 1200 př. n. l.

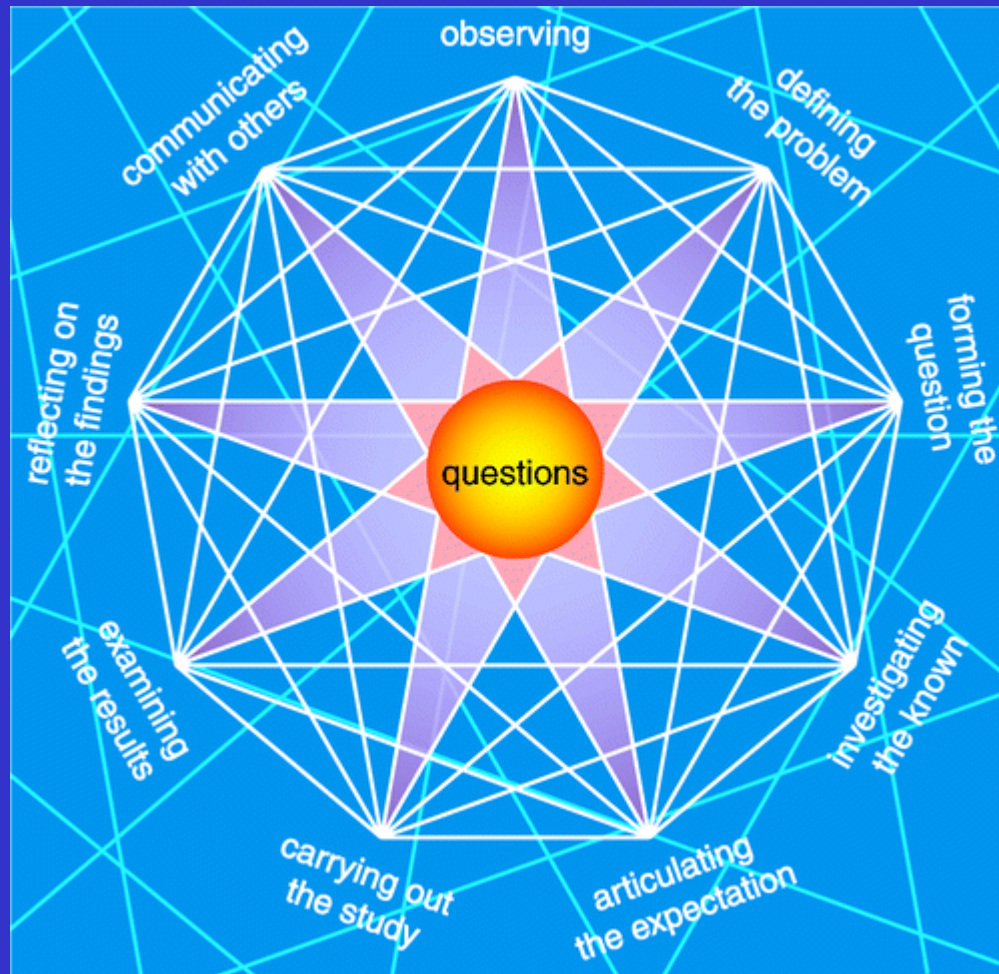
Tapputi-Belatekallim - výrobkyně parfémů



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.



Věda a vědecká metoda

Teorie, model

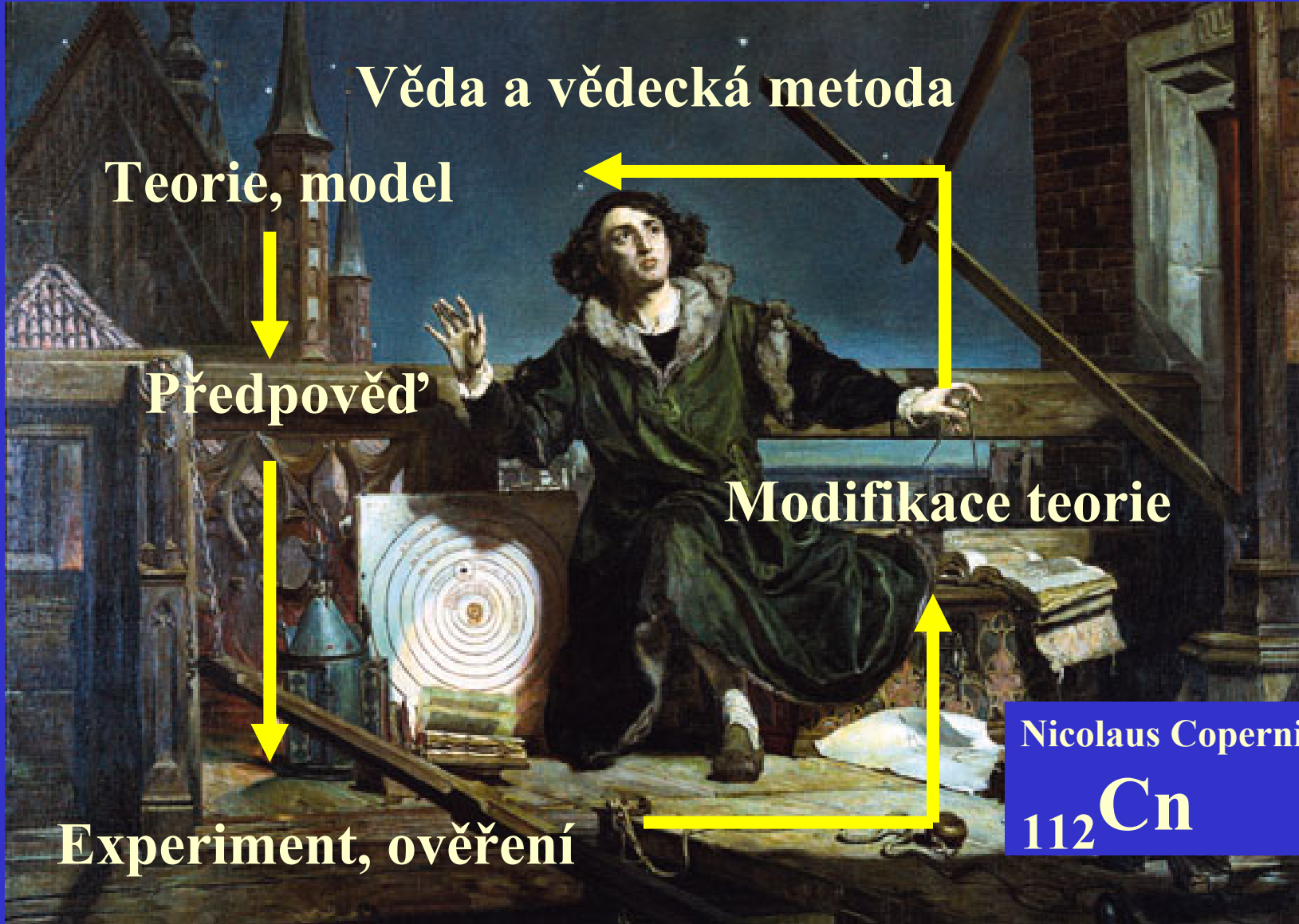
Předpověď

Experiment, ověření

Modifikace teorie

Nicolaus Copernicus

112 Cn



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)

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)

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

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

Počátky **kvantitativních** experimentů



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.

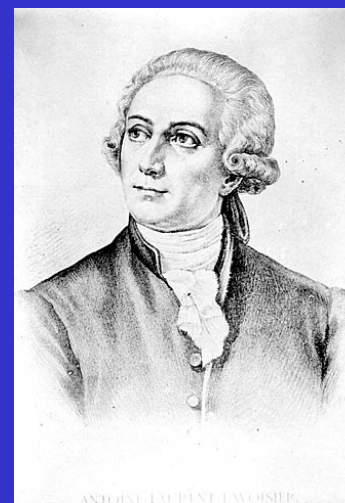
hoření = slučování s O_2 ,
vyšší hmotnost produktů - **vážení**

Zákon zachování hmoty

flogiston = $-O_2$

Zahřívání HgO

(redukce na kov bez flogistonu z C)



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



The periodic table of the elements

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Alkali metals (including H) Alkaline earth metals Rare earths (Sc, Y, and La-Lr) Transition metals (including H) Post-transition metals (including H) Nonmetals Halogens Noble gases

Hydrogen 1 H																	Helium 2 He
Lithium 3 Li	Beryllium 4 Be											Boron 5 B	Carbon 6 C	Nitrogen 7 N	Oxygen 8 O	Fluorine 9 F	Neon 10 Ne
Sodium 11 Na	Magnesium 12 Mg											Aluminum 13 Al	Silicon 14 Si	Phosphorus 15 P	Sulfur 16 S	Chlorine 17 Cl	Argon 18 Ar
Potassium 19 K	Calcium 20 Ca	Scandium 21 Sc	Titanium 22 Ti	Vanadium 23 V	Chromium 24 Cr	Manganese 25 Mn	Iron 26 Fe	Cobalt 27 Co	Nickel 28 Ni	Copper 29 Cu	Zinc 30 Zn	Gallium 31 Ga	Germanium 32 Ge	Arsenic 33 As	Selenium 34 Se	Bromine 35 Br	Krypton 36 Kr
Rubidium 37 Rb	Sr 38 Sr	Yttrium 39 Y	Zirconium 40 Zr	Niobium 41 Nb	Molybdenum 42 Mo	Technetium 43 Tc	Ruthenium 44 Ru	Rhodium 45 Rh	Palladium 46 Pd	Silver 47 Ag	Cadmium 48 Cd	Indium 49 In	Tin 50 Sn	Antimony 51 Sb	Tellurium 52 Te	Iodine 53 I	Xenon 54 Xe
Cesium 55 Cs	Ba 56 Ba	Lanthanum 57 La	Hafnium 58 Hf	Tantalum 59 Ta	Tungsten 60 W	Rhenium 61 Re	Osmium 62 Os	Iridium 63 Ir	Platinum 64 Pt	Gold 65 Au	Mercury 66 Hg	Thallium 67 Tl	Lead 68 Pb	Bismuth 69 Bi	Polonium 70 Po	Astatine 71 At	Radon 72 Rn
Francium 73 Fr	Radium 74 Ra	Lanthanum 57 La	Rutherfordium 76 Rf	Dubnium 77 Db	Seaborgium 78 Sg	Bh 79 Bh	Hs 80 Hs	Mt 81 Mt	Ds 82 Ds	Rg 83 Rg	Cn 84 Cn	Uut 85 Uut	Uuq 86 Uuq	Uup 87 Uup	Uuh 88 Uuh	Uus 89 Uus	Uuo 90 Uuo

Key

- Transition metal
- Post-transition metal
- Non-metal
- Alkali metal
- Alkaline earth metal
- Rare earths (Sc, Y, and La-Lr)
- Halogen
- Noble gas

Lanthanoids (lanthanides)
including La

Lanthanum 57 La	Cerium 58 Ce	Praseodymium 59 Pr	Neodymium 60 Nd	Promethium 61 Pm	Samarium 62 Sm	Europium 63 Eu	Gadolinium 64 Gd	Terbium 65 Tb	Dysprosium 66 Dy	Ho 67 Ho	Erbium 68 Er	Thulium 69 Tm	Ytterbium 70 Yb
------------------------------	---------------------------	---------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------	----------------------------	-------------------------------	-----------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------------

Actinoids (actinides)
including Ac

Actinium 89 Ac	Thorium 90 Th	Protactinium 91 Pa	Uranium 92 U	Neptunium 93 Np	Plutonium 94 Pu	Americium 95 Am	Curium 96 Cm	Berkelium 97 Bk	Californium 98 Cf	Einsteinium 99 Es	Fermium 100 Fm	Mendelevium 101 Md	Nobelium 102 No
-----------------------------	----------------------------	---------------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	------------------------------

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

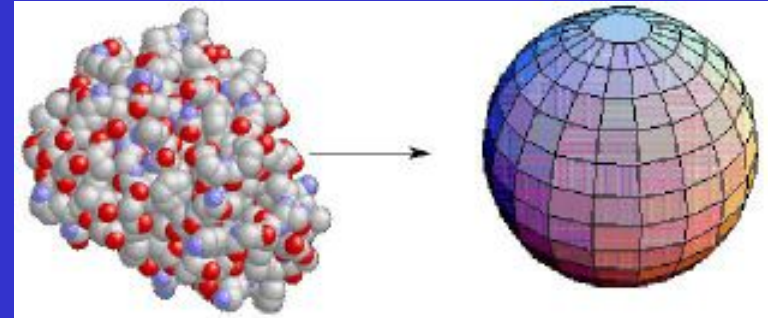
Lavoisier, Berthollet, de Fourcroy, Berzelius, Werner

IUPAC

Red Book – názvosloví anorganické chemie

Blue Book – názvosloví organické chemie

Model



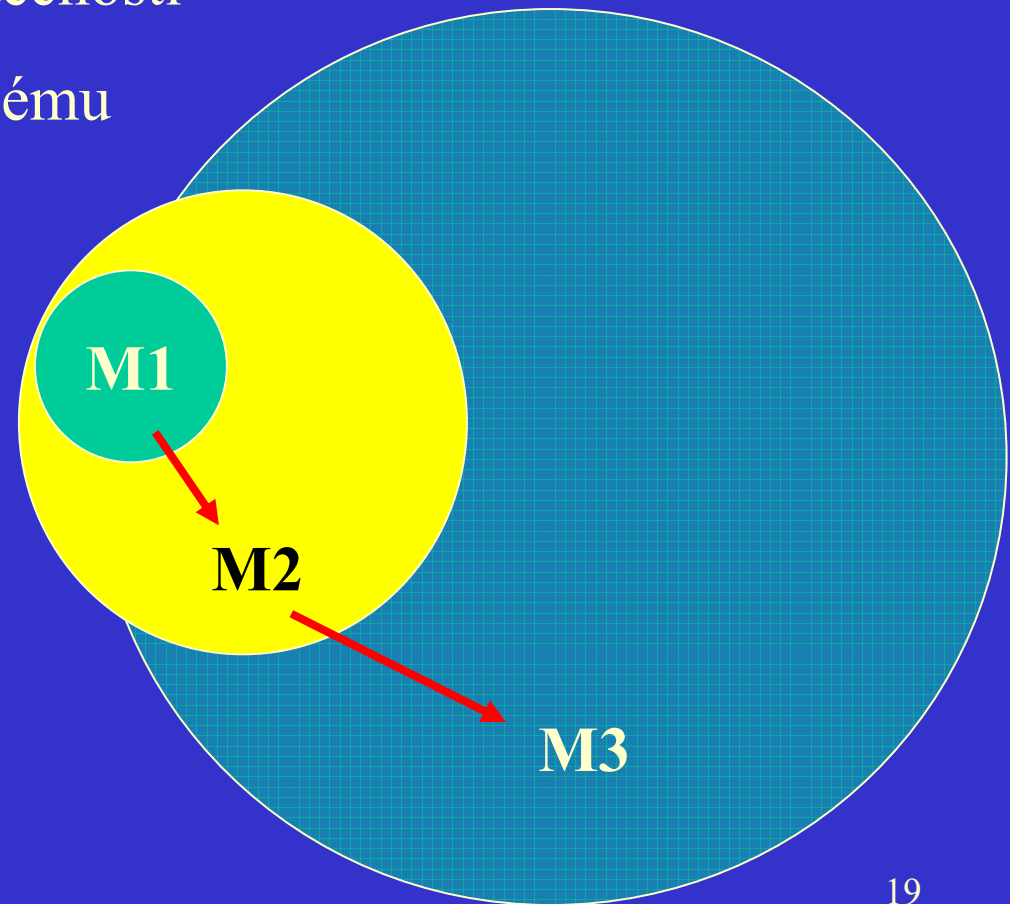
Zjednodušený obraz skutečnosti

Usnadní vysvětlení problému

Idealizace

Aproximace

Nový přesnější model
s příchodem přesnějších
metod měření



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 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.

Model

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

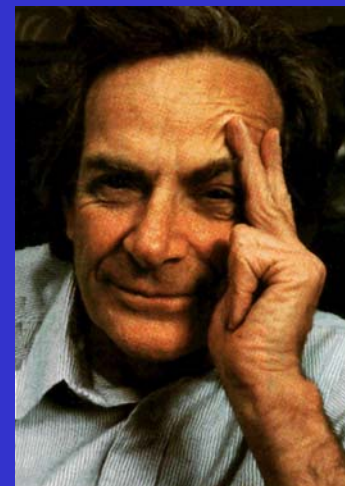
Pro efektivní použití modelu je nutno znát jeho předpoklady a omezení, jeho přednosti a slabiny. Lze klást jen takové otázky, na které může daný model odpovědět.

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

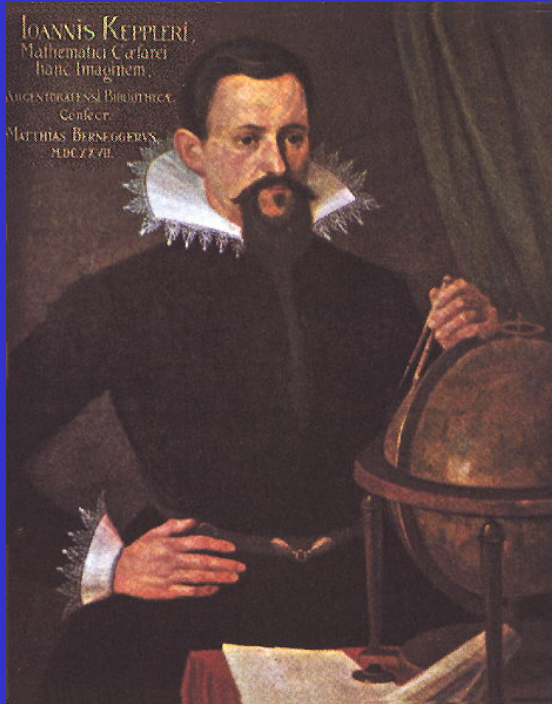
Model

"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



Teorie a experiment



Ubi materia, ibi geometria

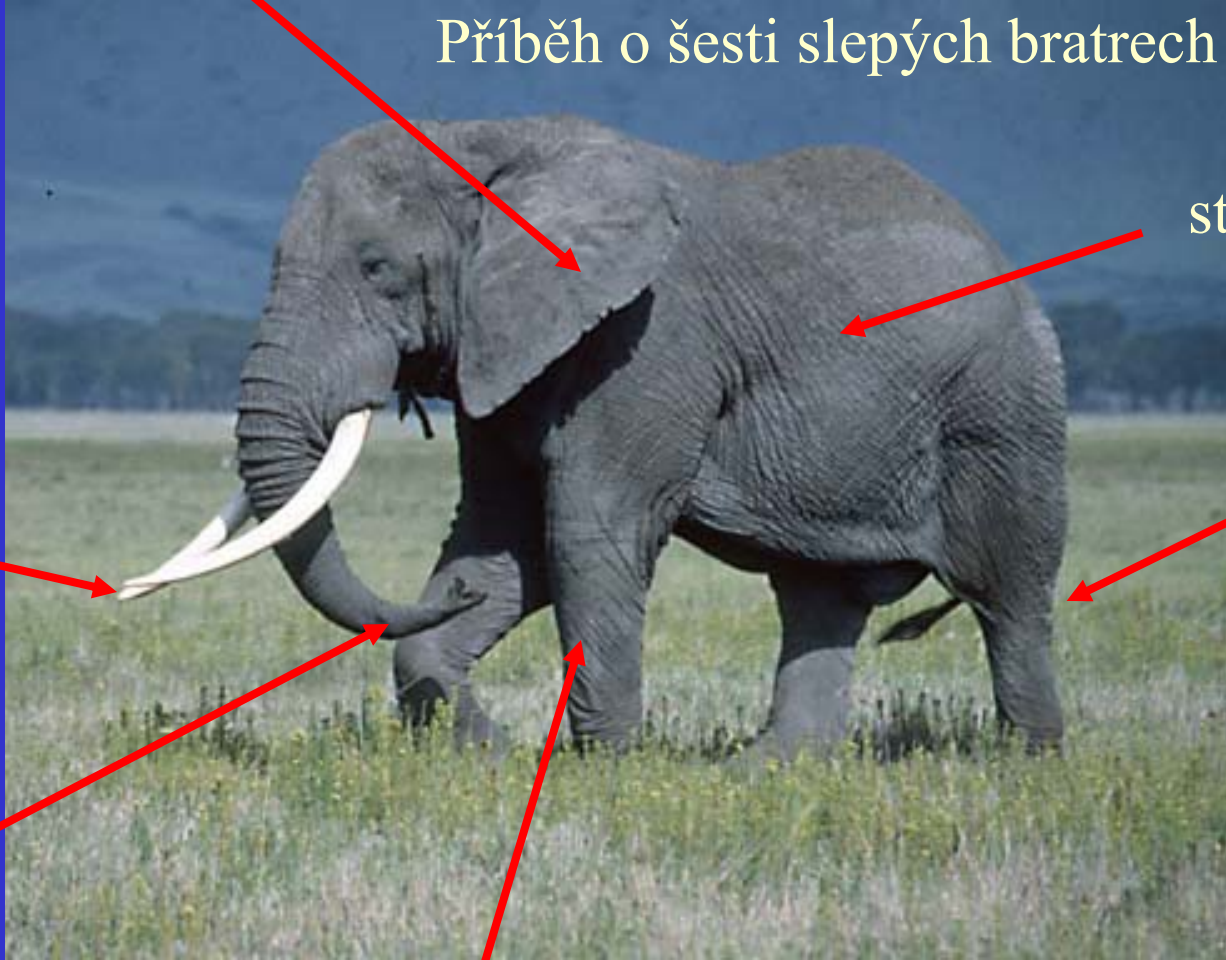
Kde je hmota, tam je geometrie
měření

Johannes Kepler
(1571 - 1630)

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

Experiment

Příběh o šesti slepých bratřech



vějíř

stěna

provaz

kopí

had

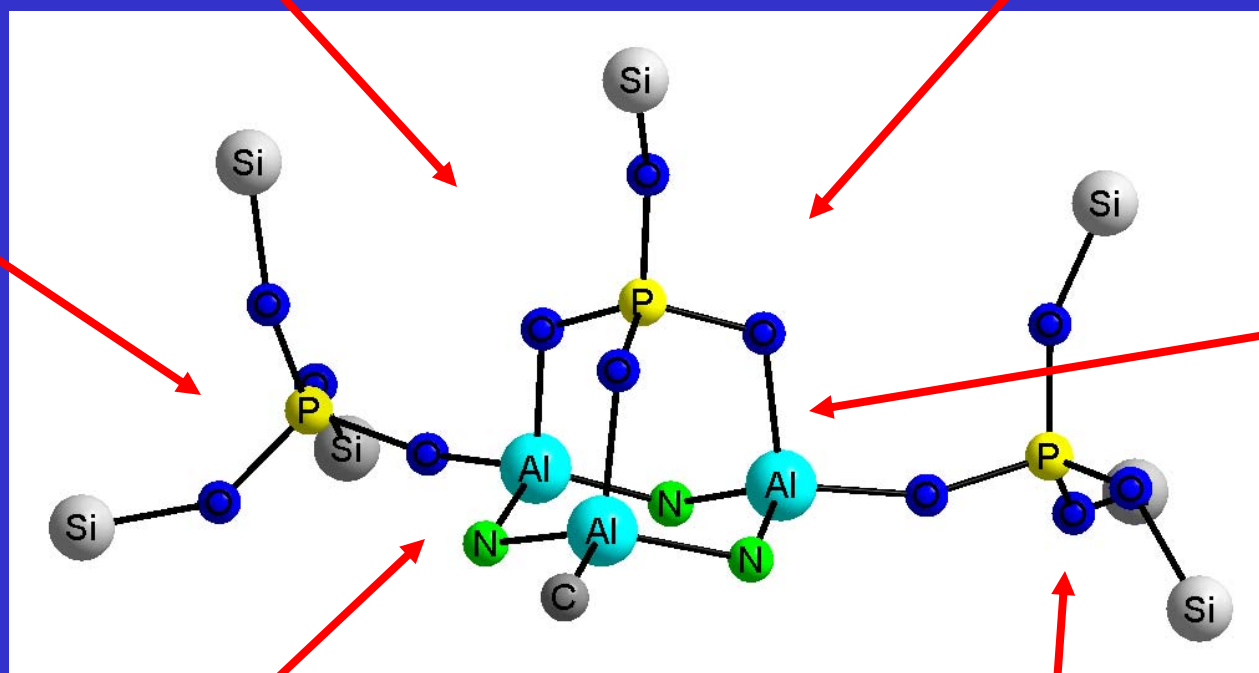
strom

Elementární analýza

Experiment

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



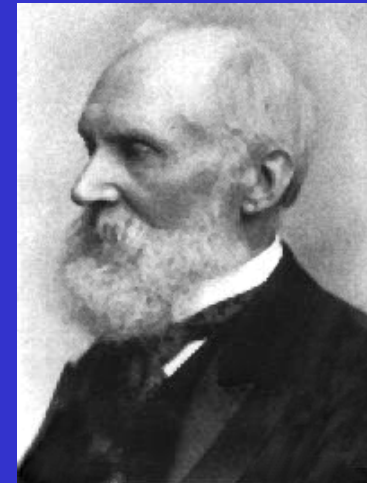
Objemy plynů

Hmotnost reaktantů a produktů

Kvantitativní experiment

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: $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$

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**

**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 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

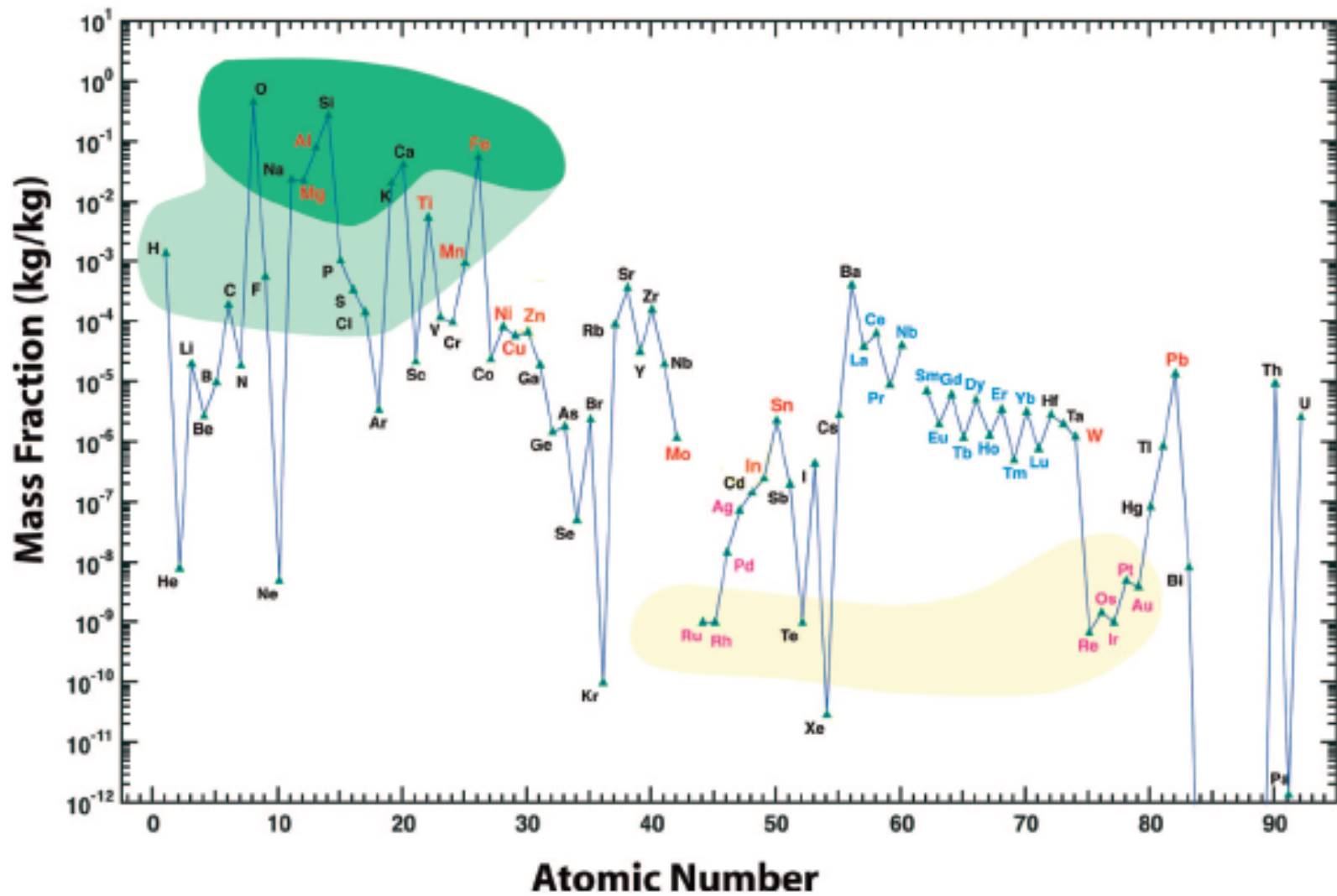
$$\% = 0,01 = 1 \text{ v } 10^2$$

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

**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

$$N_A = 6.02214084(18) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

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
(zakázaná jednotka)

1 Å = 100 pm = 0.1 nm

Bohrův poloměr

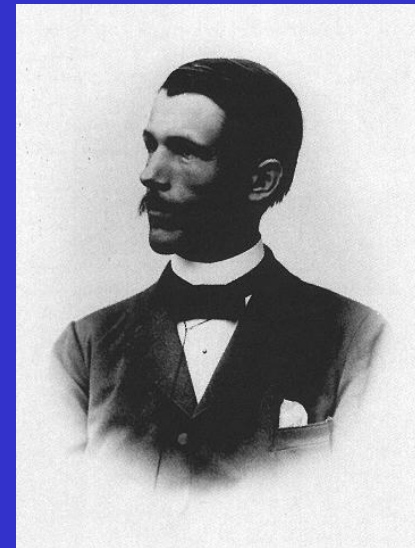
$a_0 = 5.3 \cdot 10^{-11}$ m = 0.53 Å

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)

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



Vazebné vzdálenosti

Vazebné vzdálenosti (v Å)

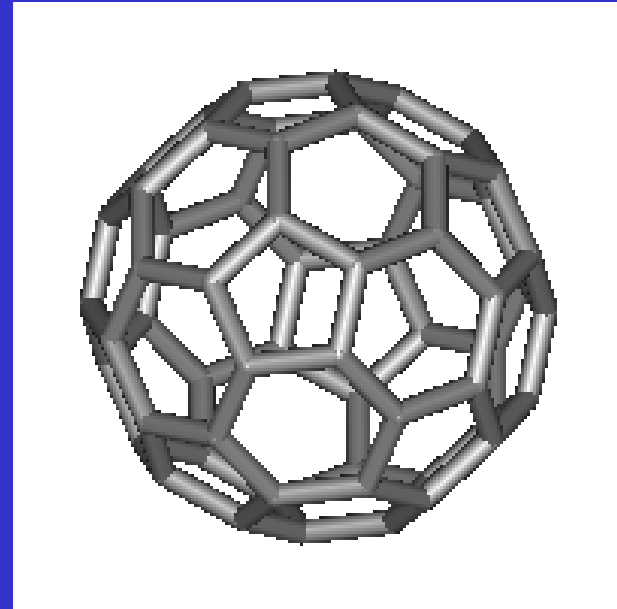
Vazba	CC	CN	CO	CH	NH	OH
Jednoduchá	1.53	1.47	1.42	1.09	1.00	0.96
Dvojná	1.34	1.27	1.21			
Trojná	1.20	1.15				

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 dolití IN
Nádoba na vylití EX



Čas

Kinetika dějů, chemických reakcí

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

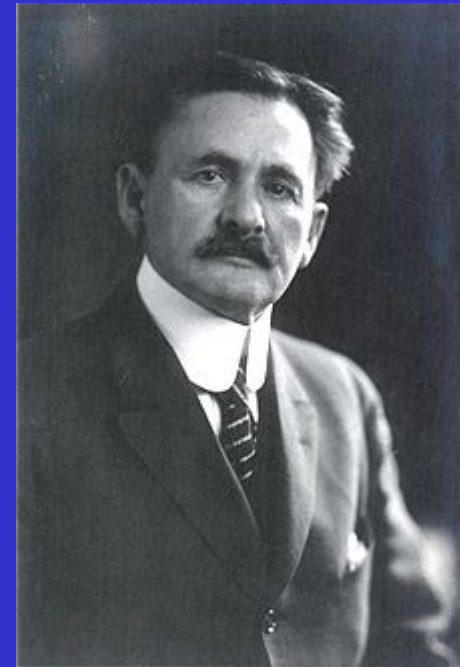
$$c = 2.99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(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

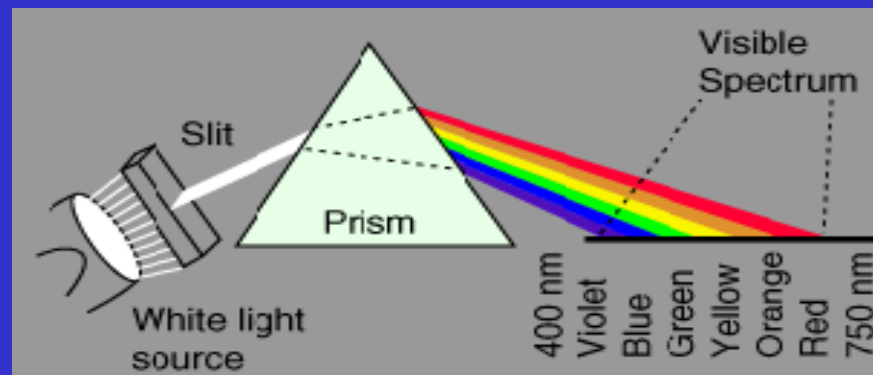
Frekvence $\nu = 1/t$, $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$

Kmity

Vibrace

Rotace

Srážky molekul



Vzdálenost mezi dvěma maximy

Vlnová délka λ , m

$$\nu \lambda = c$$

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

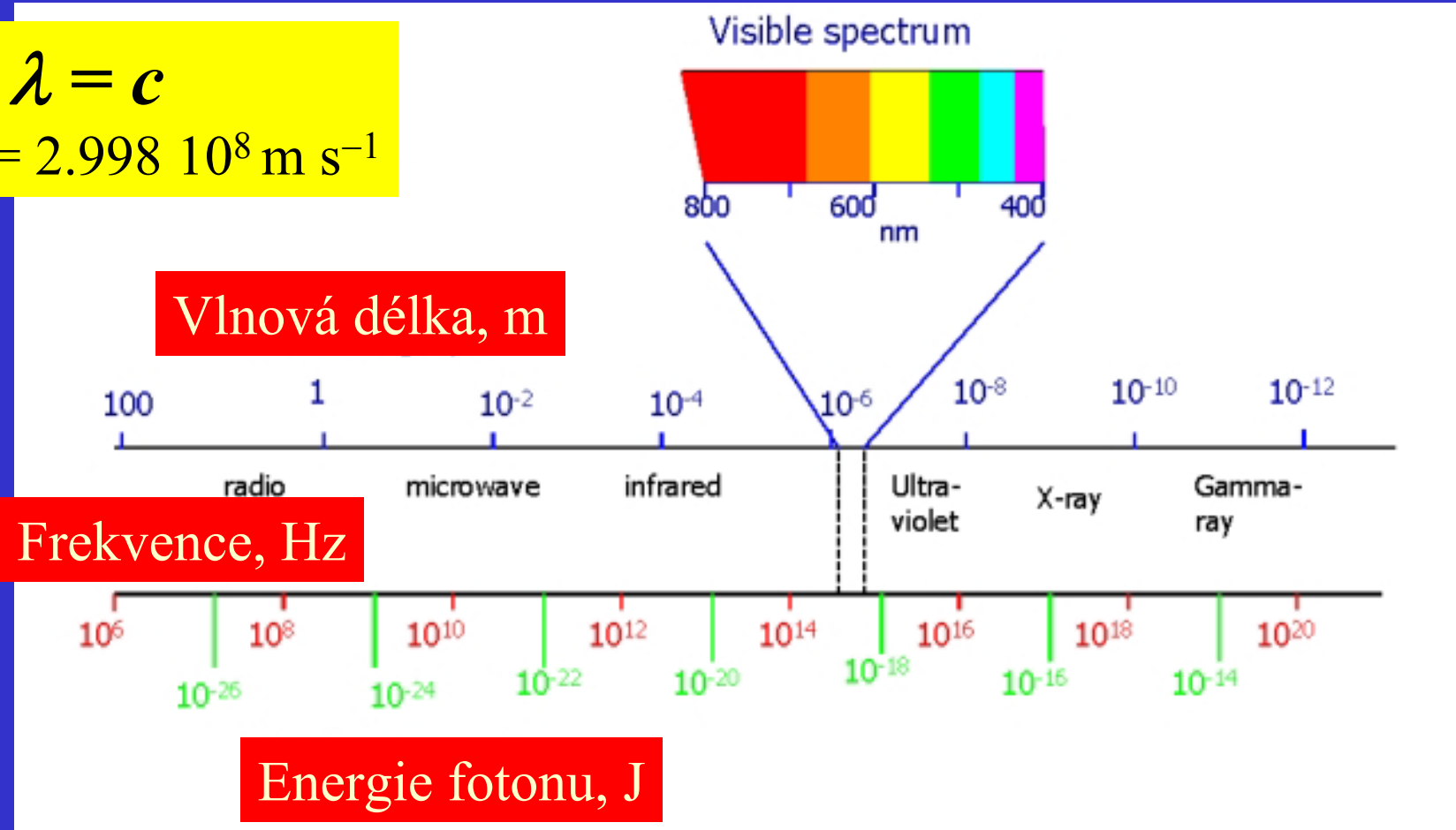
Počet vln na jednotku délky

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

Frekvence, vlnová délka, vlnočet

$$\nu \lambda = c$$

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



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)

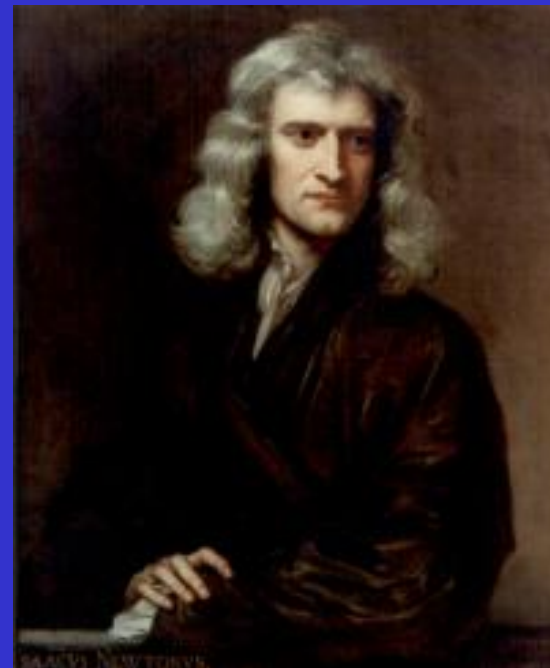
Síla F

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

– 273.15 °C

Současný rekord: ~100 pK

Celsius, °C

0 °C = 273.15 K

$T[°C] = T[K] - 273.15$

Standardní teplota 25 °C = 298 K



Lord Kelvin
(William Thomson)
(1824 - 1907)

1592 Galileo

Teploměr

1629 teploměr plněný brandy

Joseph Solomon Delmedigo, lékař a rabín

Změna fyzikální vlastnosti závislé na teplotě:

- Objemová roztažnost rtuti
- Délková roztažnost kovů
- Elektrický odpor 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 Mezinárodní teplotní stupnice

Trojný bod vody = 273.16 K

ITS-90

ITS-90 Mezinárodní teplotní stupnice

T = Trojný bod

Interpolace

Kalibrace

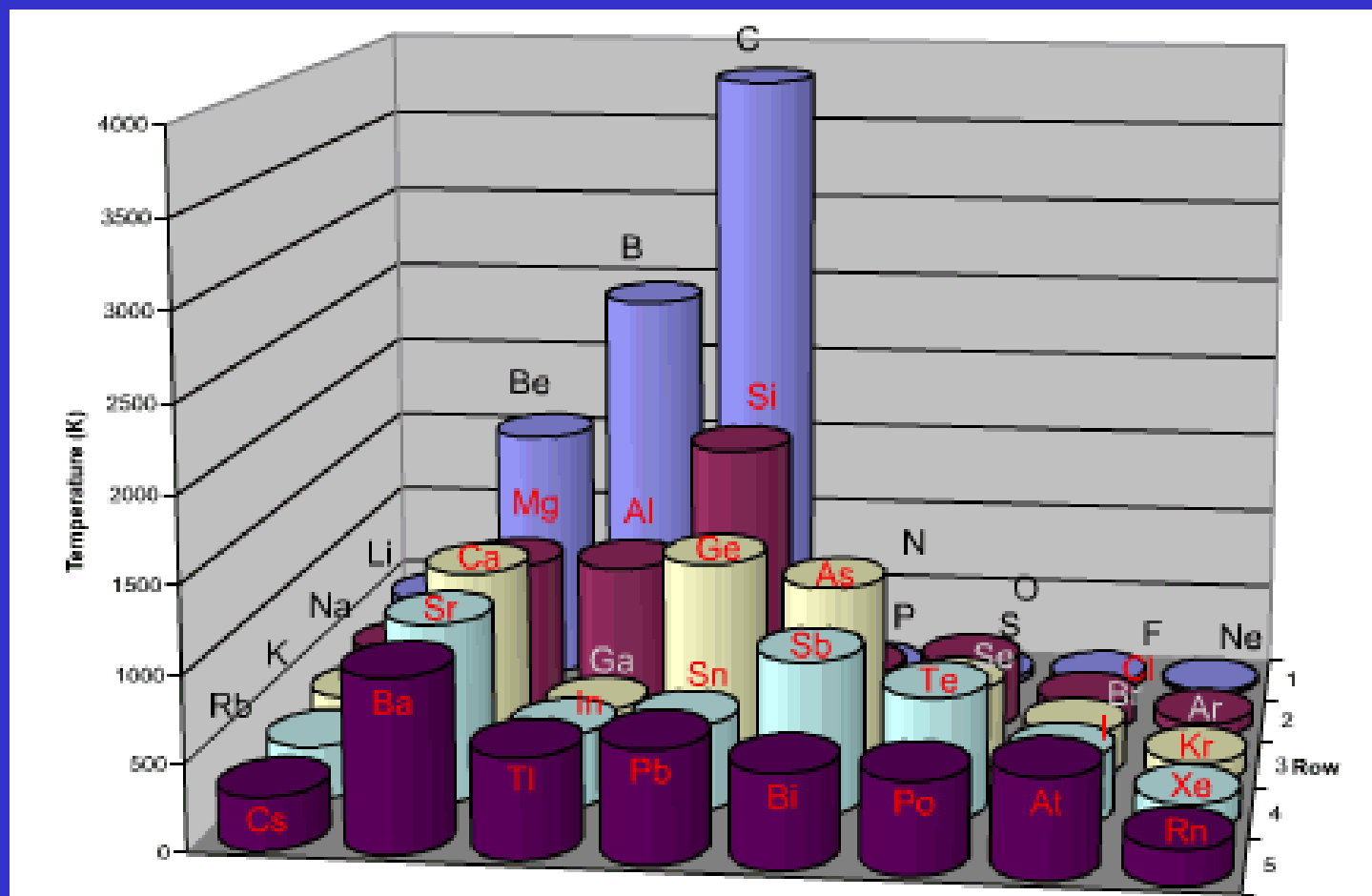
T, K

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

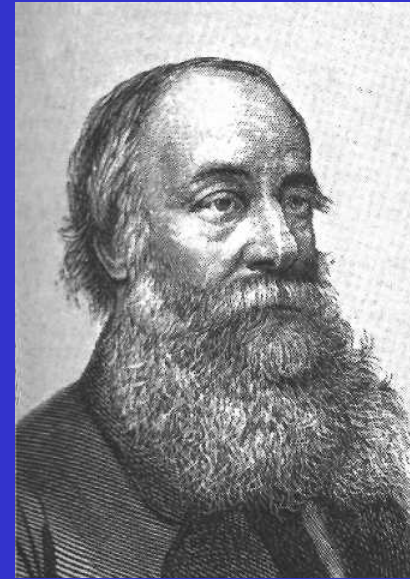
1 Joule = energie úderu lidského srdce

1 cal = 4.184 J

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

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

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



James Prescott Joule
(1818 - 1889)

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

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

$E(\text{elektronová})$

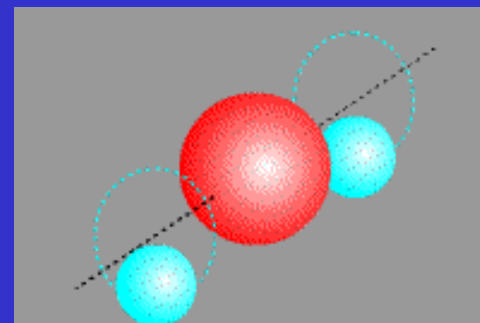
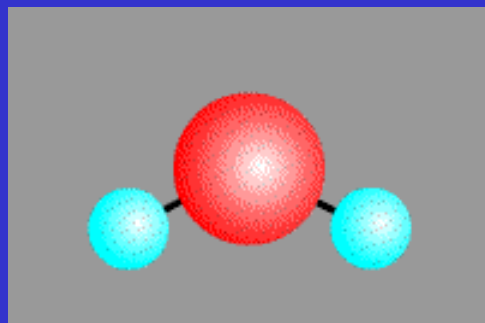
100 kJ mol⁻¹

$E(\text{vibrační})$

1.5 – 50 kJ mol⁻¹

$E(\text{rotační})$

0.1 – 1.5 kJ mol⁻¹

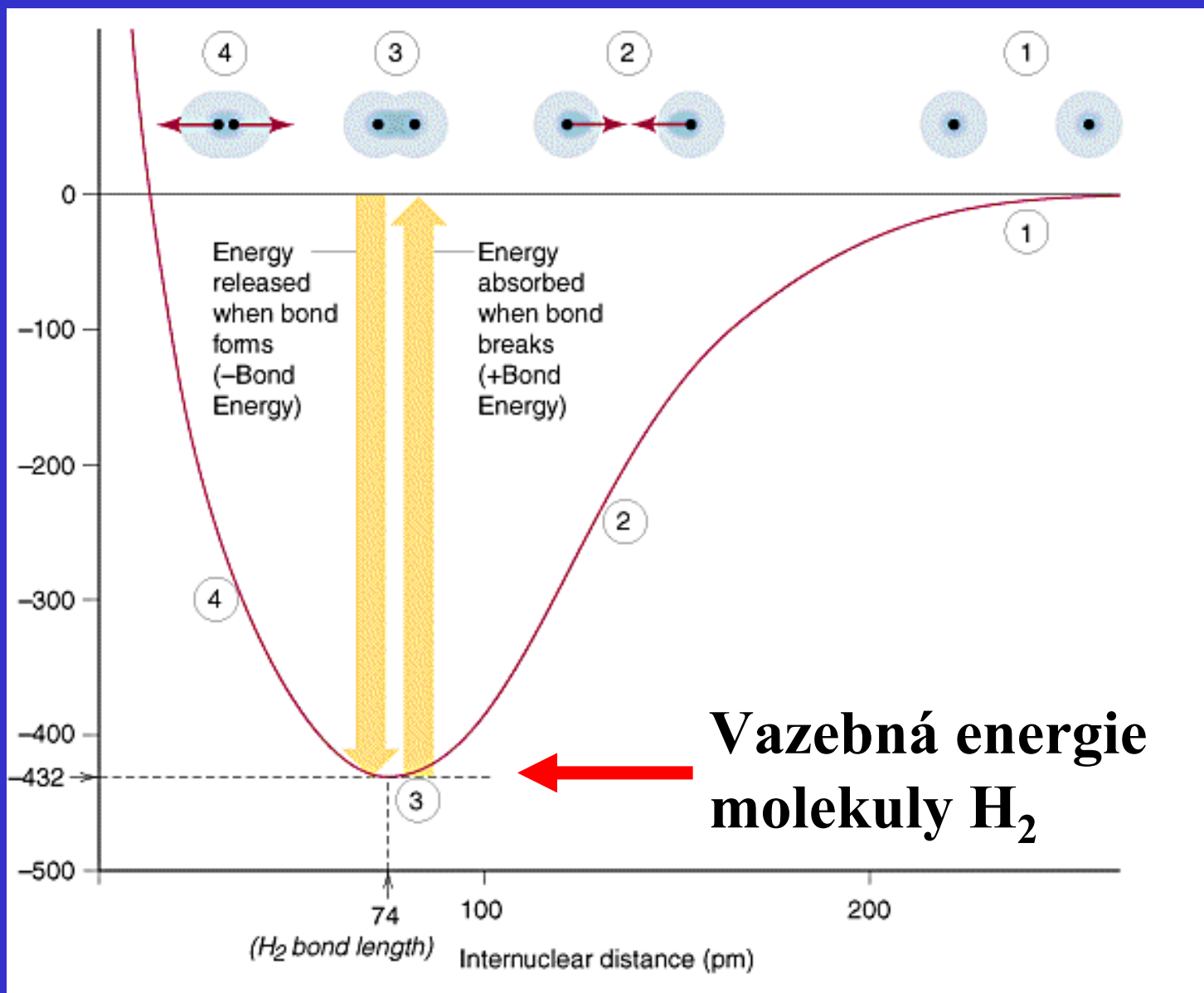


Vazebné energie, kJ mol⁻¹ (jednoduché vazby)

	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

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

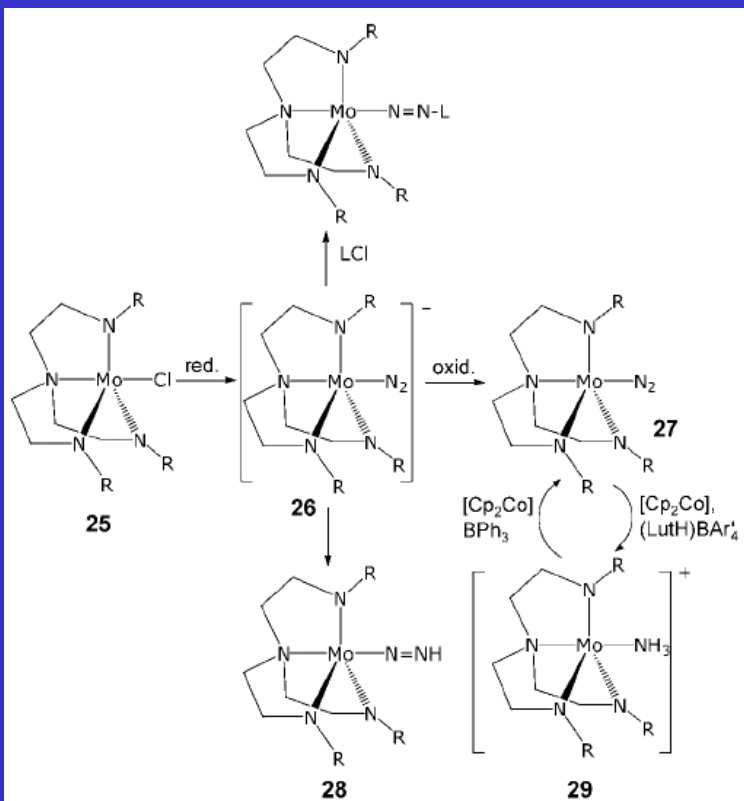


Použití

80% hnojiva

10% plasty

5% výbušniny



1909 Fritz Haber



500 °C, 250 atm, Fe katalyzátor

výtěžek 20%