

Měření, platné číslice

Měření = určení velikosti veličiny v daných jednotkách

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

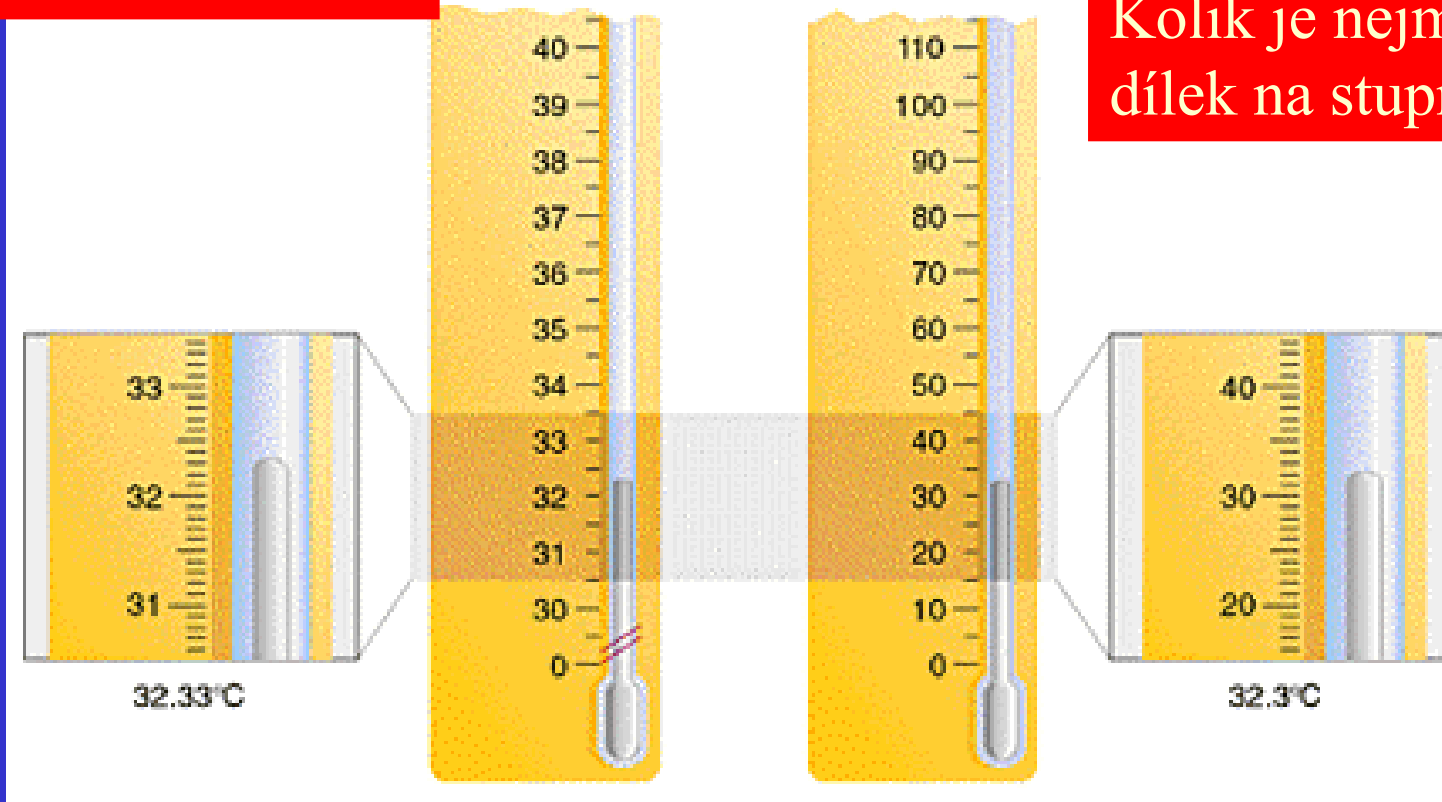
Platné číslice = čísla odečtená ze stupnice + poslední **odhadnuté místo**

**Chybu měření předpokládáme minimálně
 ± 1 posledního místa**

Měření

Před měřením určit

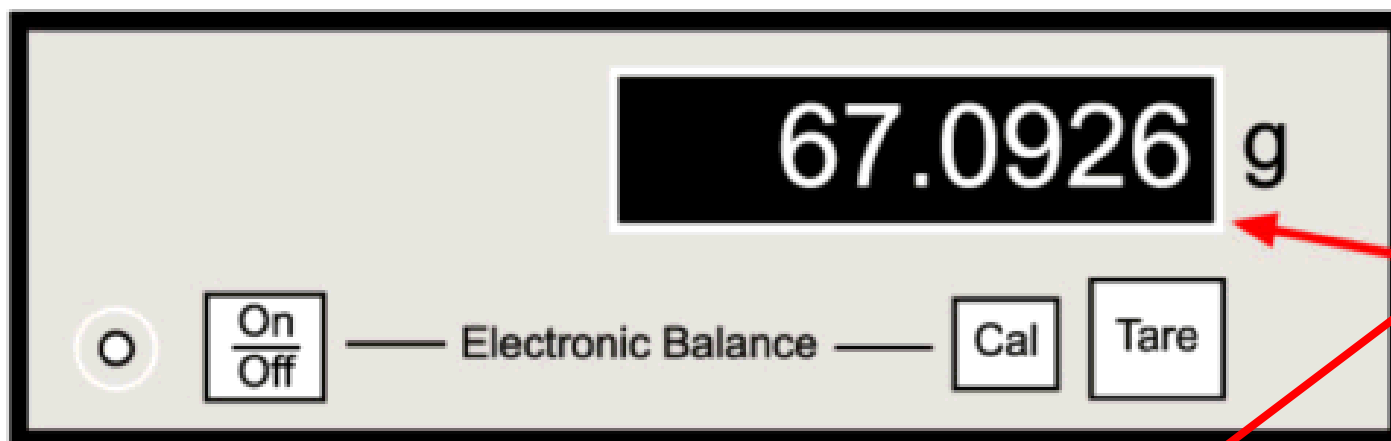
Kolik je nejmenší
dílek na stupnici



32.33 °C

32.3 °C

Odečtení z digitální stupnice



Chybu měření předpokládáme ± 1 posledního místa

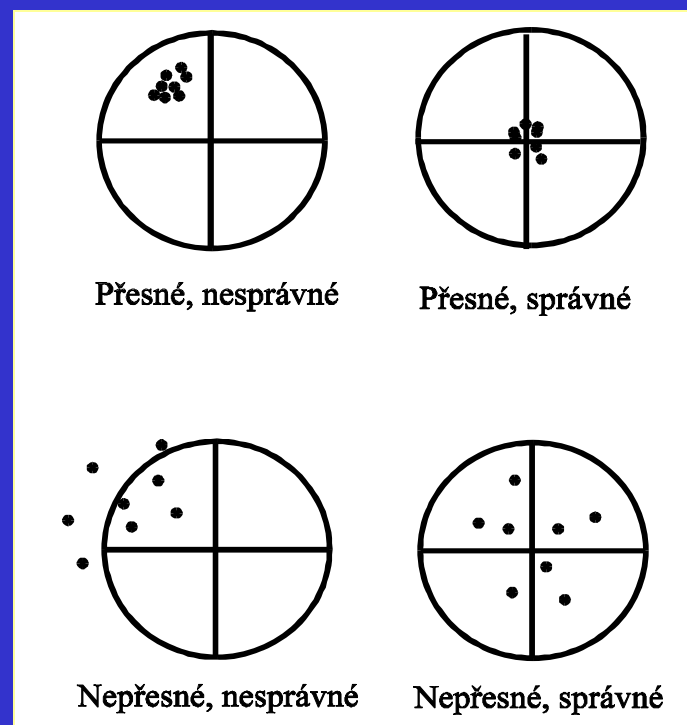
Přesnost a správnost (pravdivost) měření

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

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

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

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



Vážení



Platné číslice

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

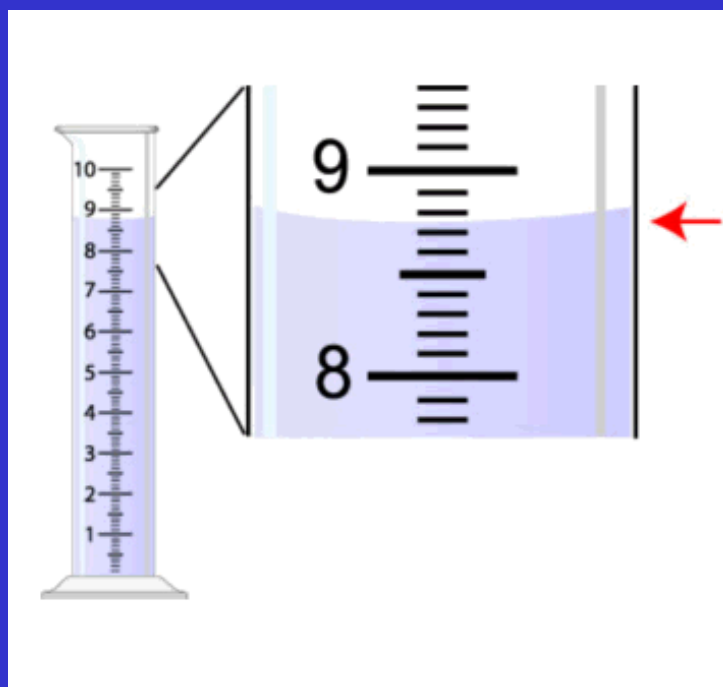
Nuly za nenulovými číslicemi ve výsledku vyjádřeném desetinným číslem *jsou* platnými číslicemi 0.00**3400**

Nuly na konci výsledku, který neobsahuje desetinnou čárku, **MOHOU**, ale **NEMUSÍ** být platnými číslicemi, záleží na přesnosti měření 1200

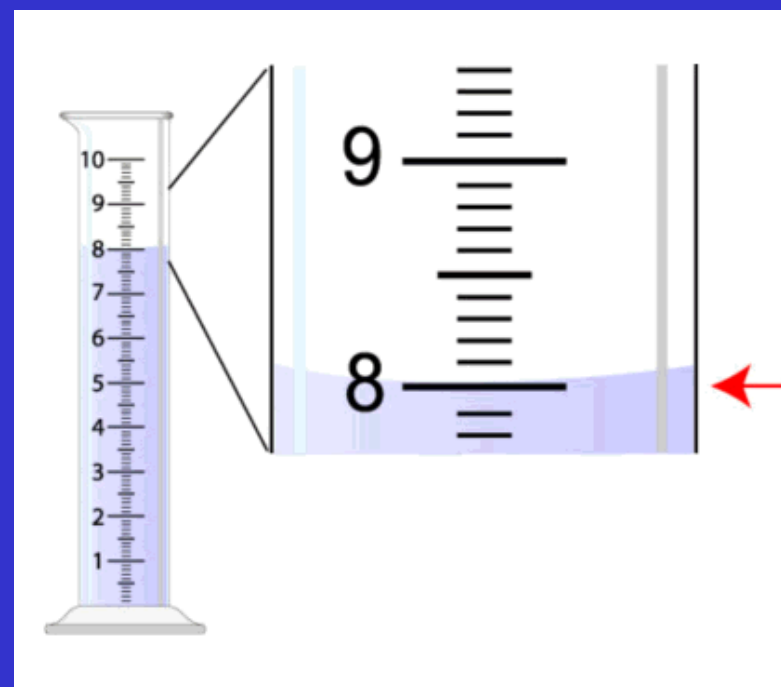
Proto pro jednoznačnost se používá **EXPONENCIÁLNÍ** zápis: jedno místo před desetinnou čárkou, desetinná místa odpovídající přesnosti měření, exponent, jednotka: $1.2 \cdot 10^3$

Platné číslice

Odečtení ze stupnice – počet platných číslic určen kvalitou přístroje



8.75 cm³



8.00 cm³

NE 8 cm³ !!!!

čísla odečtená ze stupnice + poslední **odhadnuté** místo

Platné číslice

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

- počet lidí, pokusů, ...

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

- definice 0 °C = 273.15 K

Operace s platnými číslicemi

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

$$p V = n R T$$

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

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

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

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

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

Zaokrouhlování - zaokrouhlovat až konečný výsledek.

Operace s platnými číslicemi

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

Příklad:

Naměříme 2.5 cm pomocí pravítka a 1.2 μm pomocí mikrometru

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

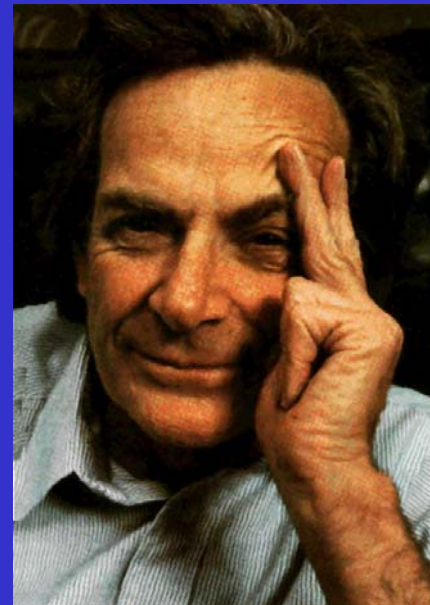
protože chyba prvního měření převyšuje řádově hodnotu druhého měření

Hmota

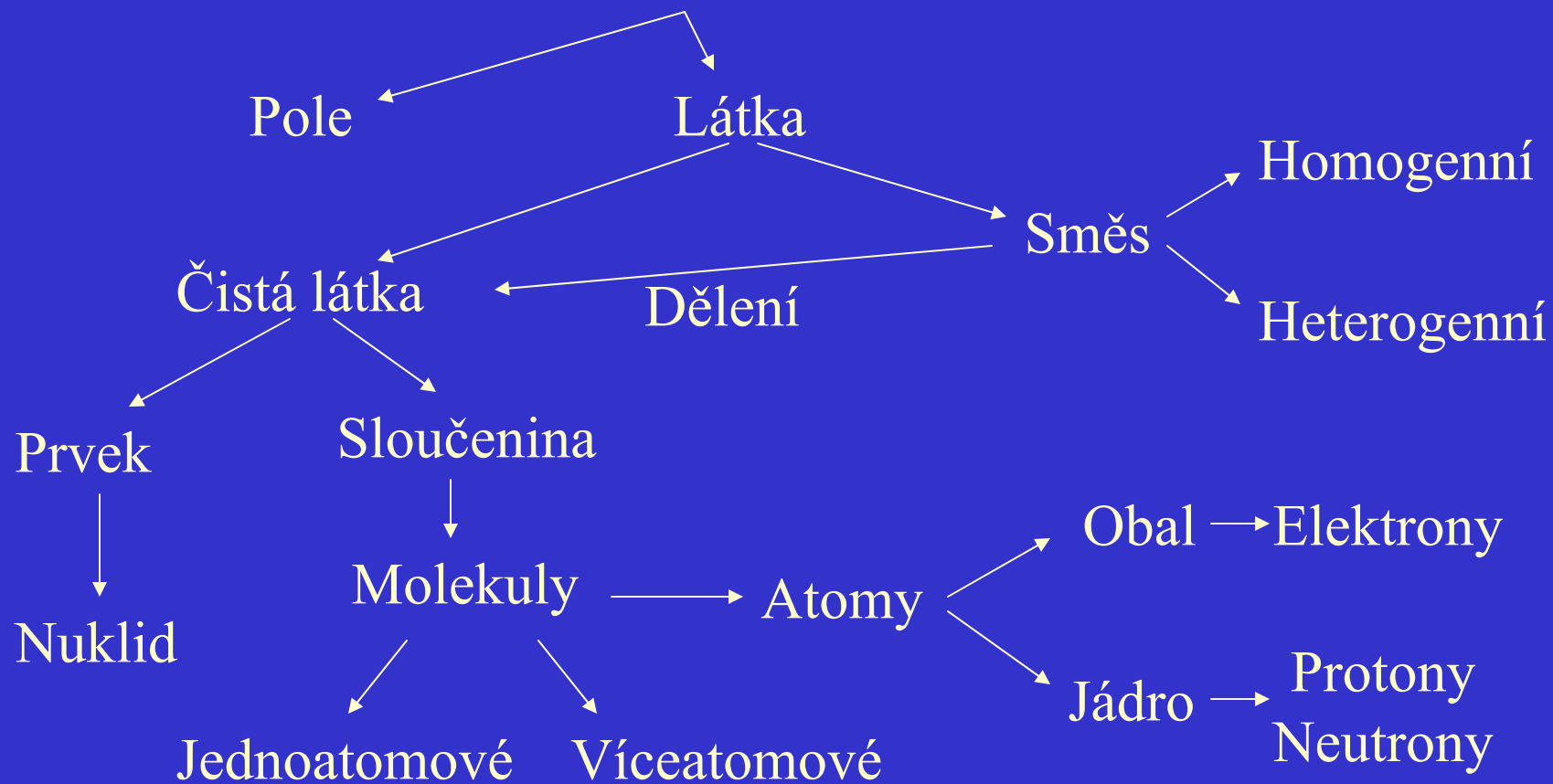
Cokoliv zabírá prostor a má hmotnost je hmota

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

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



Rozdělení hmoty



Fyzikální stav

Plyny

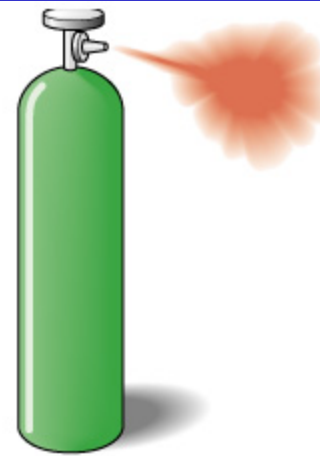
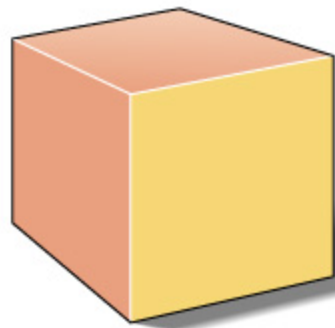
Kapaliny

Pevné látky

H																	He
Li	Be	298 K (25°C)										B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	gas			liquid				solid			Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Iuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No



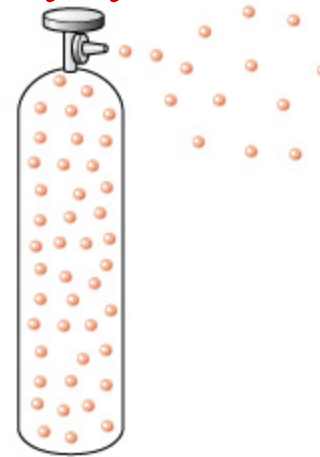
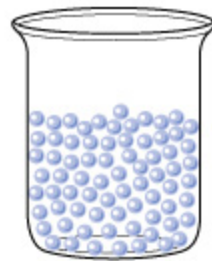
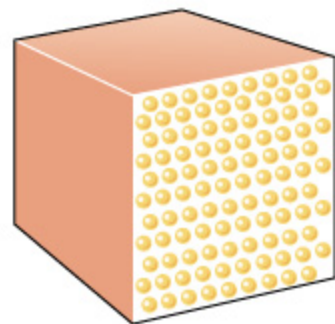


(a)

Pevné látky

Kapaliny

Plyny



Solid

Liquid

Gas

(b)

Zákon zachování hmoty

Lavoisierův zákon 1785

Hmota se netvoří ani nemůže být zničena.

Při chemických reakcích zůstává hmotnost všech zúčastněných sloučenin konstantní.

Zákon je výsledkem přesného měření: **vážení** reaktantů a produktů

(a naopak z vážení získáme informace o chemických reakcích)



1743 - 1794 (gilotina)

Zákon zachování hmotnosti a energie

Hmotnost je mírou gravitačních vlastností a setrvačnosti

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

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

Soustava:

Izolovaná = Hmotnost a energie je konstantní

Uzavřená = Hmotnost je konstantní, energie se vyměňuje s okolím

Úbytek hmotnosti při uvolnění energie:

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

Zákon stálých slučovacích poměrů

Proustův zákon konstantního složení

1788/1799

Prokázal konstantní složení vody.

Existují SnO a SnO₂, ale nic mezi nimi

CuCO₃ - daná sloučenina vždy obsahuje přesně stejná relativní hmotnostní množství prvků, ze kterých se skládá. Nezáleží na způsobu vzniku nebo postupu přípravy, přírodní nebo syntetický vzorek.



Louis Joseph Proust
(1754 - 1826)

1.000 g UHLÍKU se vždy sloučí s 1.333 g KYSLÍKU na CO₁₇

Zákon násobných slučovacích poměrů

Daltonův zákon 1803

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

Tabulka relativních atomových hmotností 14 prvků vzhledem k H (=1) jako standardu.



John Dalton
(1766 - 1844)

Oxidy chromu

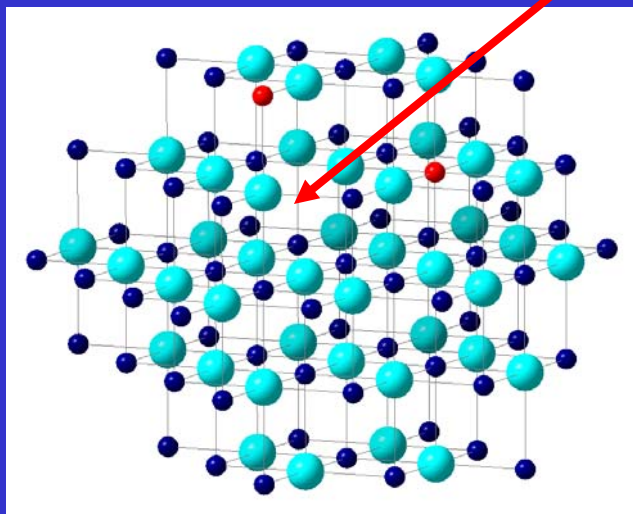
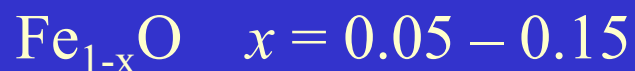
$$r = \frac{m(O)Cr_xO_y}{m(O)CrO}$$

Sloučenina	$m(\text{Cr}) / \text{g}$	$m(\text{O}) / \text{g}$	Poměr, r
CrO	1.000	0.3077	1.000
Cr ₂ O ₃	1.000	0.4615	1.499
CrO ₂	1.000	0.6154	2.000
CrO ₃	1.000	0.9231	3.000

Nestechiometrické sloučeniny-bertholidy

Sloučeniny s kovem ve více oxidačních stavech

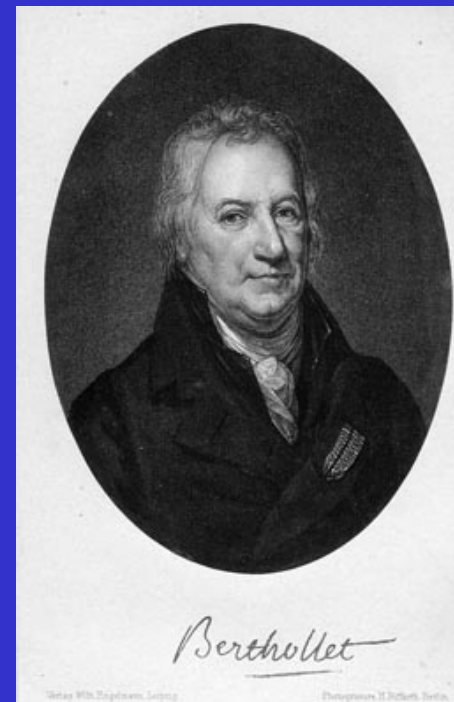
Oxidy, sulfidy, nitridy,...



Fe^{2+} = modrá

Fe^{3+} = červená

Vakance = neobsazená pozice



C. L. Berthollet
(1748 - 1822)

Daltonova atomová teorie

1805

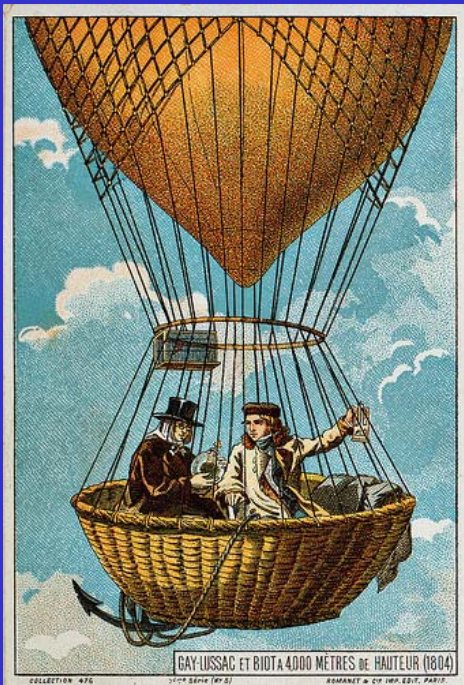
Každý prvek se skládá z malých nedělitelných a nezničitelných částic – **atomů** (ne pro jaderné přeměny).

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

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

Chemická reakce je reorganizace vzájemného uspořádání atomů.

zákon - teorie



Zákon stálých objemů

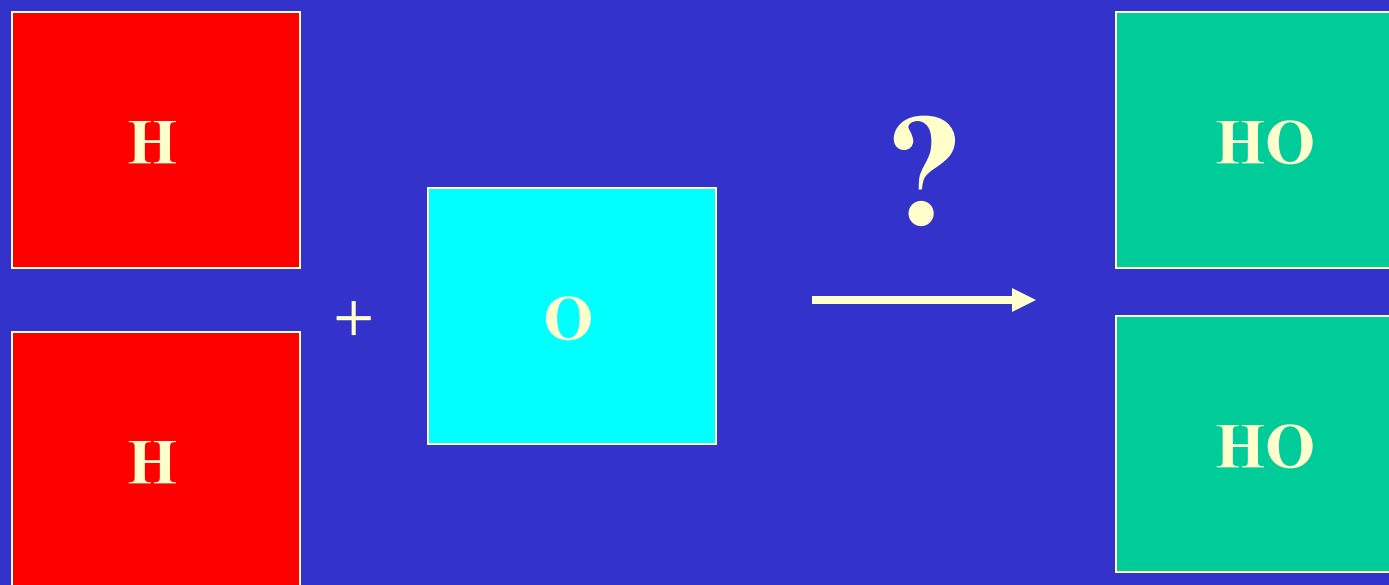
Joseph Louis Gay-Lussac
(1778 - 1850)



1809 Plyny se slučují v jednoduchých poměrech objemových

2 objemy vodíku + 1 objem kyslíku → 2 objemy vodní páry

Zákon stálých objemů



2 objemy vodíku + 1 objem kyslíku → 2 objemy vodní páry

Avogadova hypotéza

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

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

Plyny jsou dvouatomové molekuly.

H₂, N₂, O₂

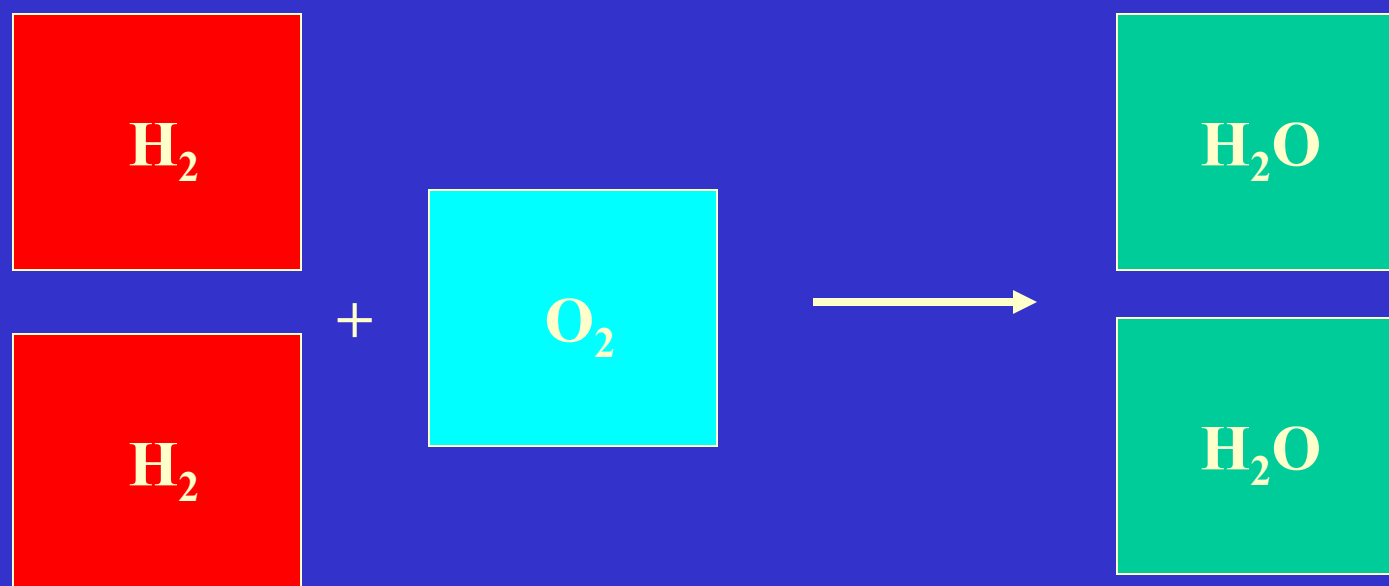
Objem 1 molu plynu je 22.4 litru
při 0 °C a 101325 Pa

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



Amadeo Avogadro
(1776 - 1856)

Zákon stálých objemů



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

Avogadrova molekula

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

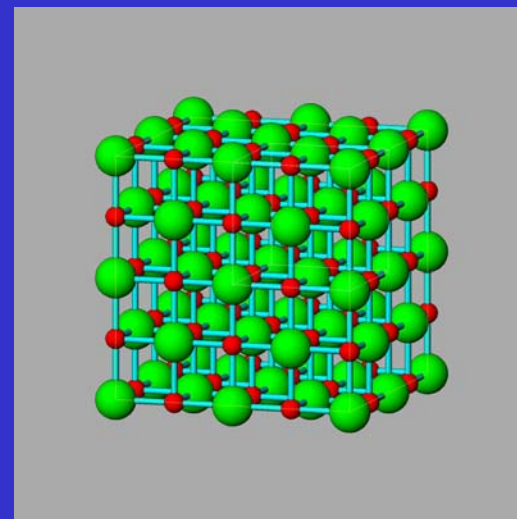
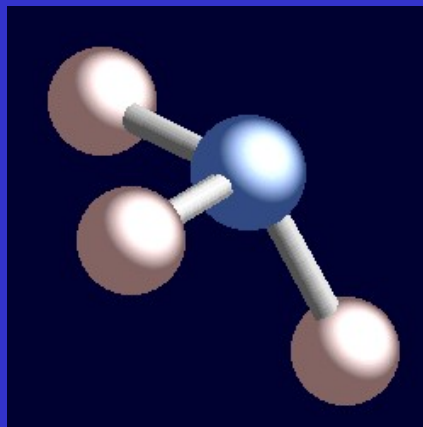
He, Ne, Ar,

N_2 , P_4 (bílý), S_8 , C_{60} ,

BCl_3 , CH_4 , H_2O , NH_3

Nejsou molekuly:

$NaCl$, SiO_2 , BeF_2 , C (grafit, diamant),



Hmotnost – mol – Avogadrova konstanta

Prvky se slučují ve stálých hmotnostních poměrech:

NaCl = 23.0 g Na s 35.5 g chloru

Škála relativních atomových hmotností:

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

Definice molu: 12.0 g C = 1 mol

Pak 23.0 g Na = 1 mol

1 mol plynu = 22.4 litru

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

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

Látkové množství

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

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

Chemické vzorce Na_2SO_4

Stechiometrie chemických rovnic



Výpočet Avogadrovy konstanty

Loschmidtovo číslo = počet molekul v jednotce objemu ideálního plynu

1865 z kinetické teorie plynů vypočetl

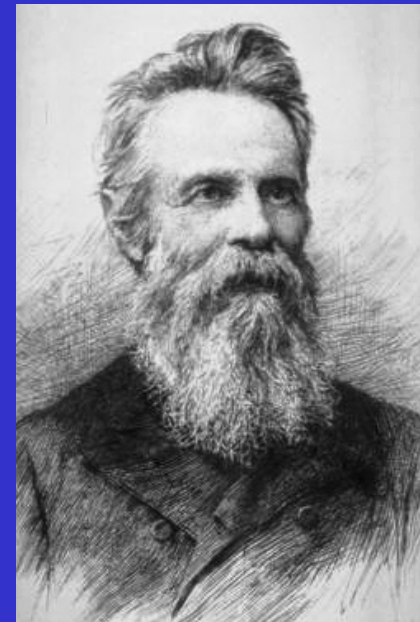
$$n_0 = 2.6 \cdot 10^{19} \text{ molekul cm}^{-3}$$

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



Avogadrova konstanta

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



Johann Josef Loschmidt
(1821 - 1895)

Počerny u KV

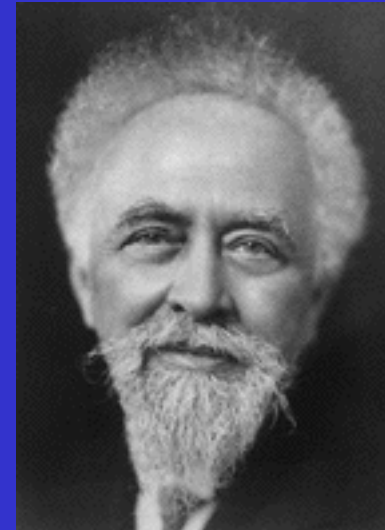
Výpočet Avogadrovy konstanty



Brownův pohyb částic v kapalině
1908 Důkaz existence molekul

Zavedl pojem Avogadrova konstanta
a experimentálně zjistil její hodnotu

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



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

Výpočet Avogadrovy konstanty

Z rentgenové strukturní analýzy monokrystalů Ti

Příklad:

Ti tělesně centrovaná kubická buňka

počet atomů v buňce $Z = 2$

Délka hrany $a = 330.6 \text{ pm}$

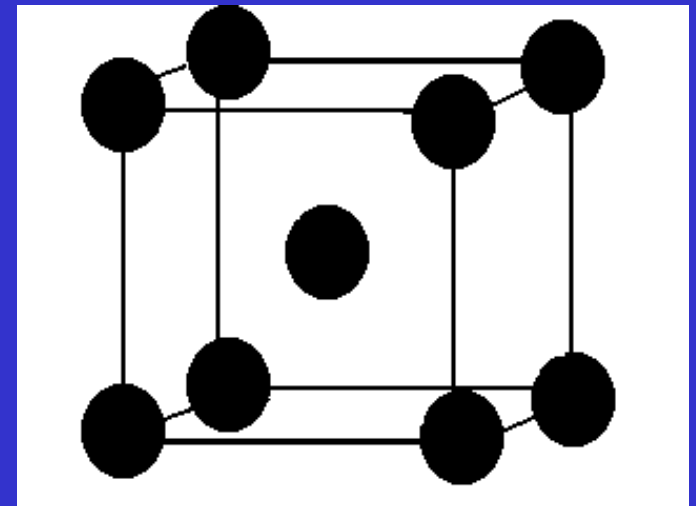
Hustota Ti $\rho = 4.401 \text{ g cm}^{-3}$

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

2 Ti na 1 buňku o objemu $V = a^3$

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

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



Pojem atomu

Leukippos (~450 př. n. l.)

Je hmota spojitá nebo nespojitá?
Svět je tvořen z nedělitelných částic.

Demokritos (470-380 př. n. l.)

Pojem atom

Existuje nekonečné množství nekonečného počtu druhů atomů, které jsou v neustálém pohybu a kombinují se.

Pojem prvku v historii chemie

Empedokles (490 - 430 př. n. l.)

4 základní prvky = oheň, voda, vzduch, země

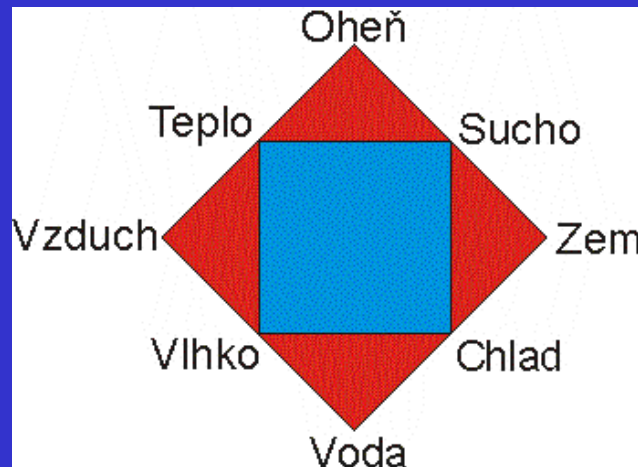
a 2 základní síly: přitažlivá a odpuzivá

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

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

Prvek je nositel vlastností

Kombinace vlastností



Pojem prvku v historii chemie

Alexandrie: řecká teorie + egyptská praktická “chemie”

Arabská alchymie, přenesena do Evropy

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

Au

Ag

electrum (Sn amalgam)

Fe

Cu

Sn

Pb

Slunce

Měsíc

Jupiter

Mars

Venuše

Merkur

Saturn

Pojem prvku v historii chemie

Philippus Aureolus Paracelsus (1493–1541)

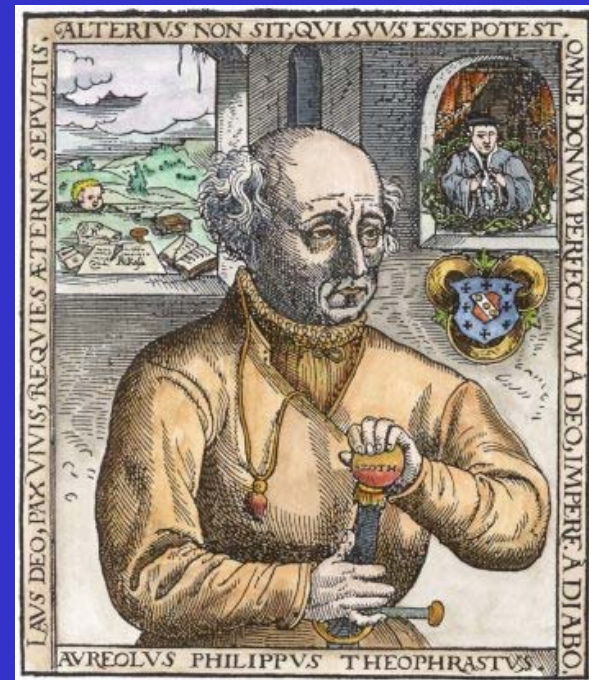
tři elementární substance: rtuť, síra a sůl

Moravský Krumlov - Jan z Lipé

Rtuť = tekutost a kovový charakter

Síra = hořlavost

Sůl = inertní element



Pojem prvku v historii chemie

1661 Robert Boyle - přírodovědecká definice prvku:
Prvek je látka, která se nedá rozložit na jiné látky.

1789 Lavoisier 21 prvků

1808 Dalton 36 prvků – první spojení atom/prvek
stejné atomy mají stejnou hmotnost, násobky H

1813-14 Berzelius 47 prvků

1869 Mendělejev tabulka 63 prvků

2012 Periodická tabulka 118 prvků (chybí 117)
Pojmenovány po 112



Pojem atomu

Leukippos (480-420 př. n. l.)

Je hmota spojitá nebo nespojitá?

Svět sestává z hmoty a prázdnoty, je tvořen z nedělitelných částic.

Demokritos (470-380 př. n. l.)

Pojem atom

atomos = nedělitelný, atomy mají tvar, velikost a hmotnost, které určují vlastnosti látek. Existuje nekonečné množství nekonečného počtu druhů atomů, které jsou v neustálém pohybu a kombinují se.

Dalších 2000 let odmítáno - 1805 **Dalton**

1805

Daltonova atomová teorie

- Každý prvek se skládá z malých nedělitelných a nezničitelných částic – atomů (ne pro jaderné přeměny).
- Atomy stejného prvku mají identické vlastnosti a hmotnost (ne pro nuklidy), atomy různých prvků se podstatně liší ve vlastnostech a hmotnosti (ne pro izobary).
- Sloučeniny jsou tvořeny spojením atomů různých prvků, pro danou sloučeninu vždy stejné typy atomů ve stejném poměru.
- Chemická reakce je reorganizace vzájemného uspořádání atomů.



John Dalton
(1766 - 1844)

Daltonovy symboly atomů/prvků

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36

- | | | | | |
|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. Oxygen. | 9. Silver. | 17. Bismuth. | 25. Cerium. | 33. Silicon. |
| 2. Hydrogen. | 10. Mercury. | 18. Antimony. | 26. Potassium. | 34. Yttrium. |
| 3. Nitrogen. | 11. Copper. | 19. Arsenic. | 27. Sodium. | 35. Beryllium. |
| 4. Carbon. | 12. Iron. | 20. Cobalt. | 28. Calcium. | 36. Zirconium. |
| 5. Sulphur. | 13. Nickel. | 21. Manganese. | 29. Magnesium. | |
| 6. Phosphorus | 14. Tin. | 22. Uranium. | 30. Barium. | |
| 7. Gold. | 15. Lead. | 23. Tungsten. | 31. Strontium. | |
| 8. Platinum. | 16. Zinc. | 24. Titanium. | 32. Aluminium. | |

Vývoj definice atomových hmotností

J. Dalton $H = 1$

J. J. Berzelius $O = 100$

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

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

1961

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

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

Atomová hmotnost

1814 Tabulka relativních atomových hmotností 41 prvků

O = 100

1811 Zavedení zkratk jako symbolů prvků

Li Lithium

Be Beryllium

Ga Gallium (ne Galium)

Y Yttrium

Te Tellur

Tl Thallium

Ds Darmstadtium

(Cp) Copernicium

Vzorce sloučenin

H²O dnes H₂O



Jöns Jacob Berzelius
(1779 - 1848)

Periodická tabulka prvků

The image shows a blank periodic table grid. It consists of 7 rows and 18 columns. The grid is set against a yellow background. The structure is as follows:

- Row 1: 1 cell in column 1, 1 cell in column 18.
- Row 2: 2 cells in columns 1-2, 6 cells in columns 13-18.
- Row 3: 2 cells in columns 1-2, 6 cells in columns 13-18.
- Row 4: 18 cells in columns 1-18.
- Row 5: 18 cells in columns 1-18.
- Row 6: 18 cells in columns 1-18.
- Row 7: 12 cells in columns 1-12, followed by a gap, and then 6 cells in columns 13-18.

Definice prvku

Soubor atomů se stejným protonovým číslem



Nuklid = soubor atomů se stejným A a Z

Prvek = soubor atomů se stejným Z

Chemické látky - složení

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

Relativní počet atomů

AB nebo AB₂

→ empirický vzorec

(CO nebo CO₂)

Absolutní počet atomů

A₂B₂ nebo A₆B₆

→ molekulový vzorec

(C₂H₂ nebo C₆H₆)

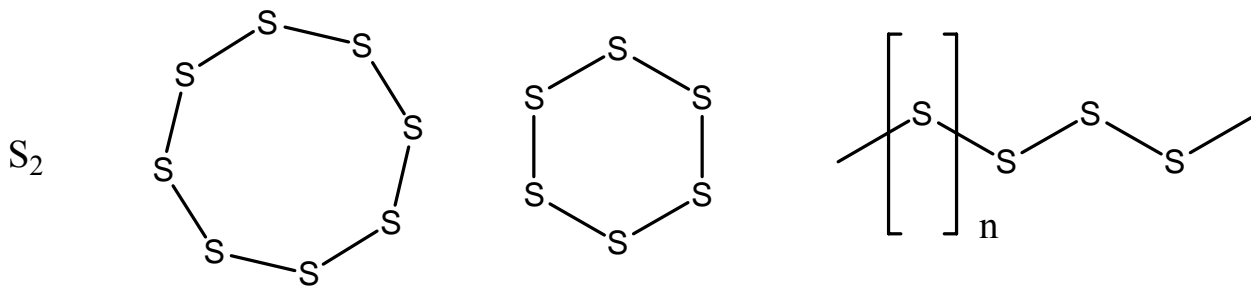
[CoN₆H₁₅O₂]²⁺

Prvky – struktura – allotropie

Struktura (vazby mezi atomy)

→ strukturální vzorec

Vazebná topologie allotropie (prvky): O_2 , O_3



Sloučeniny – struktura – konstituce

Vazebná topologie

→ strukturní (konstituční) vzorec

topologická (konstituční, vazebná) izomerie (sloučeniny)

A-B-C nebo A-C-B

$C_5H_{10}O$

HOCN, HNCO, HONC

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

Topologická (konstituční, vazebná) izomerie

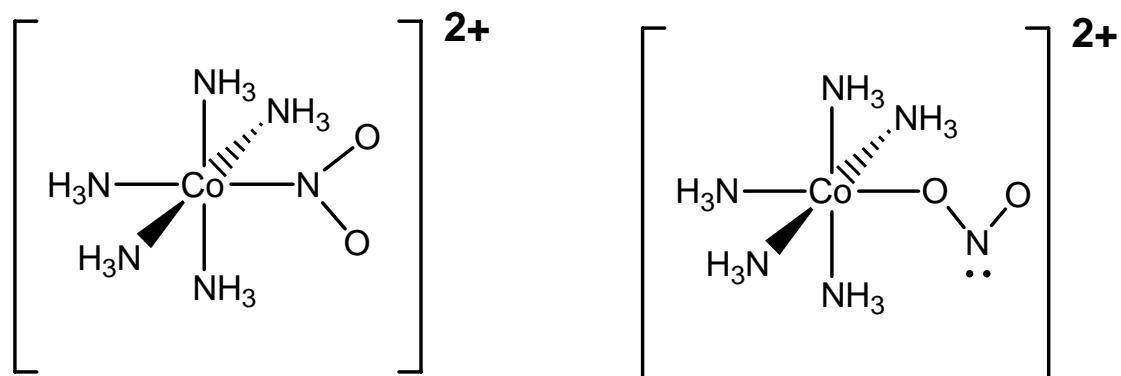


217 izomerů C_6H_6

$\Sigma 217$

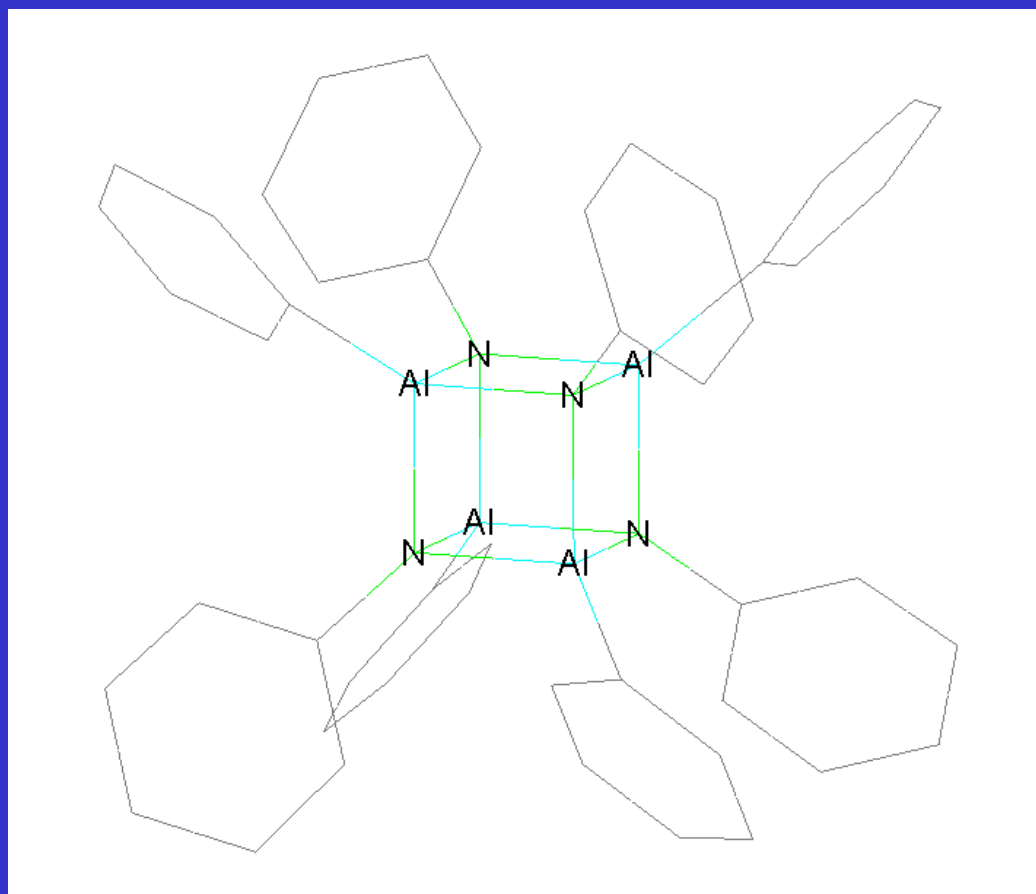
Molekulární tvar

Molekulární tvar → geometrický vzorec

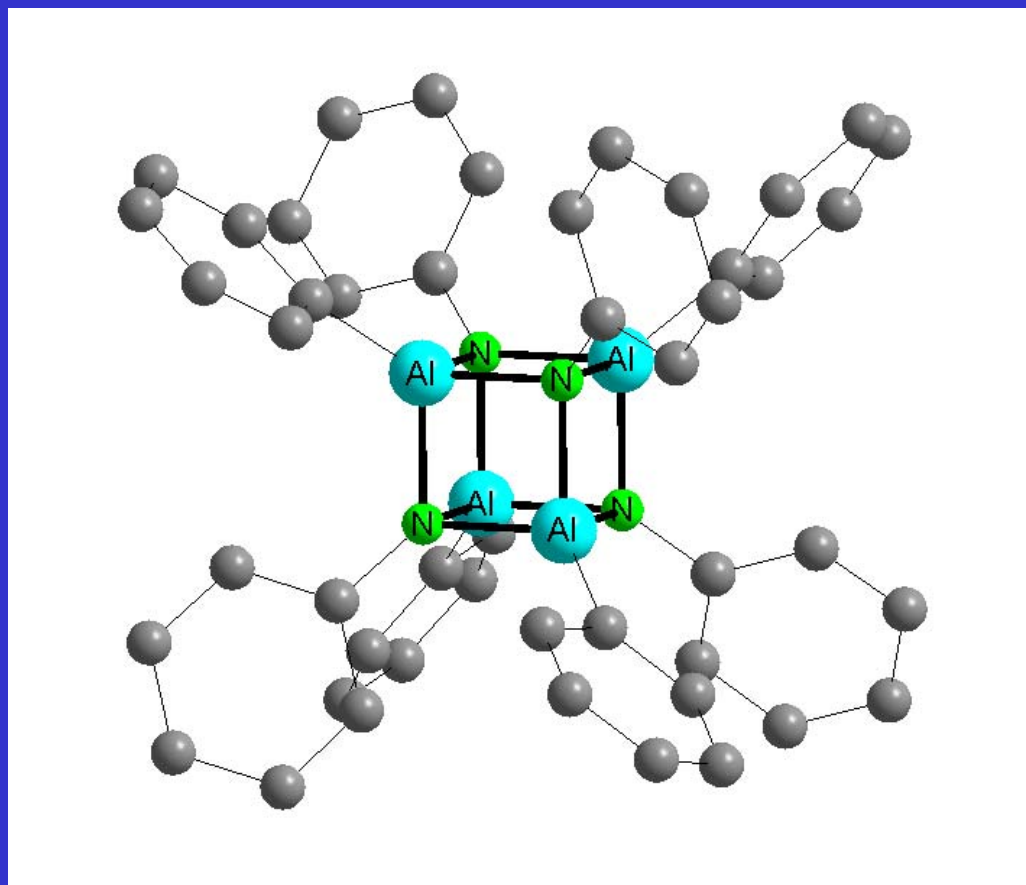


Vazebná izomerie NO₂ skupiny

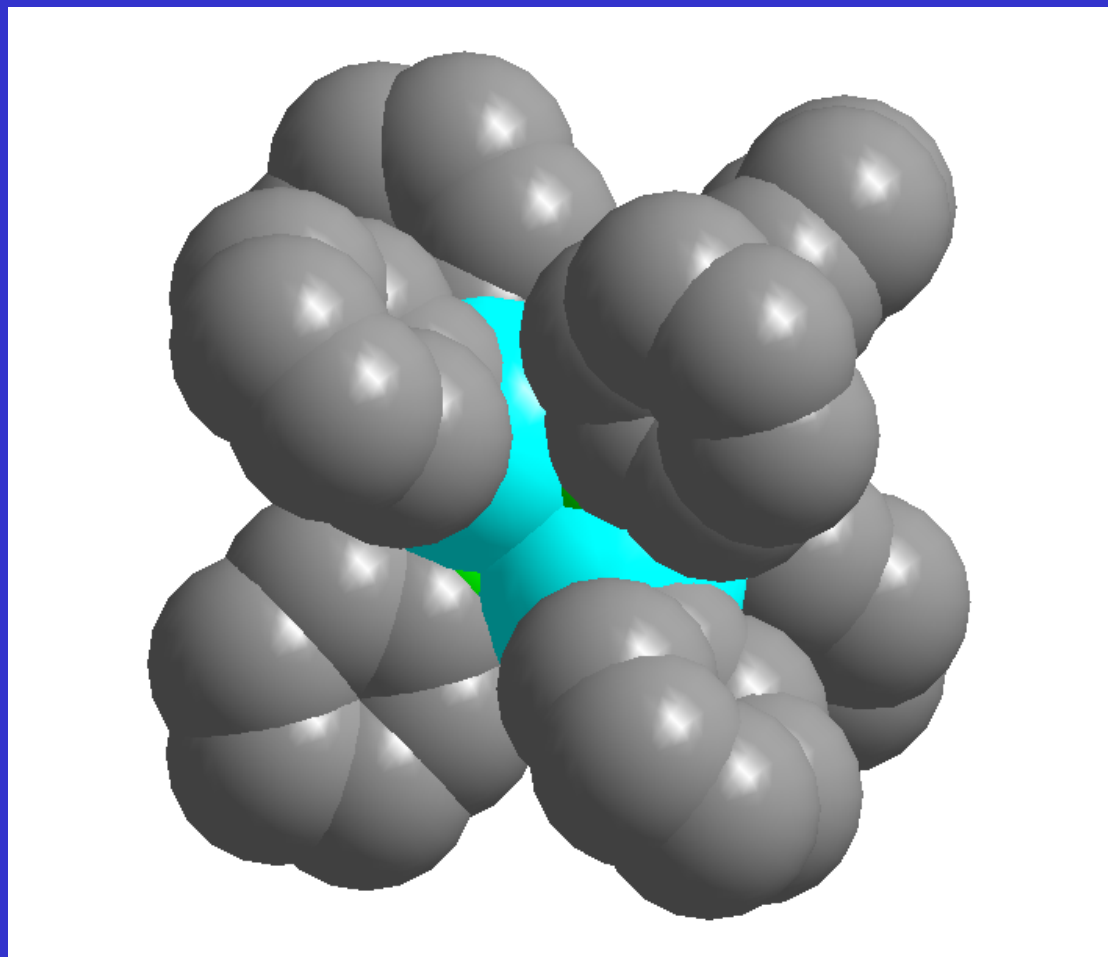
Sloučeniny – struktura – konstituce



Sloučeniny – struktura – konstituce



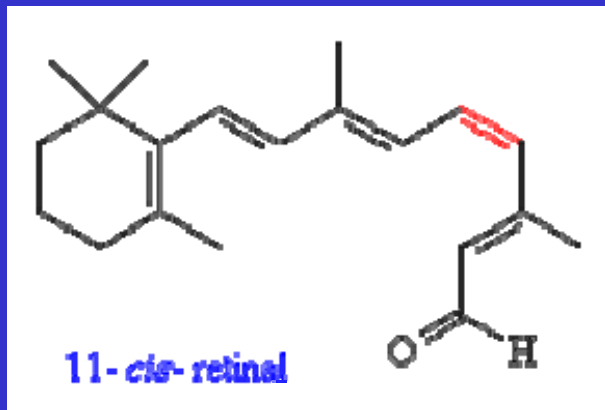
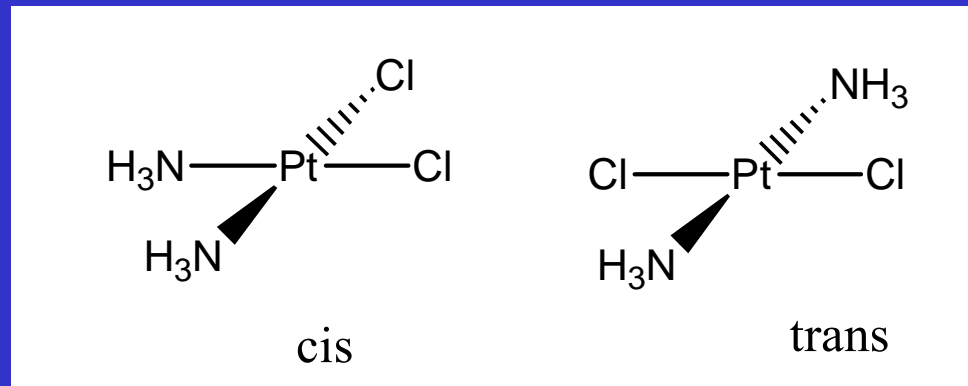
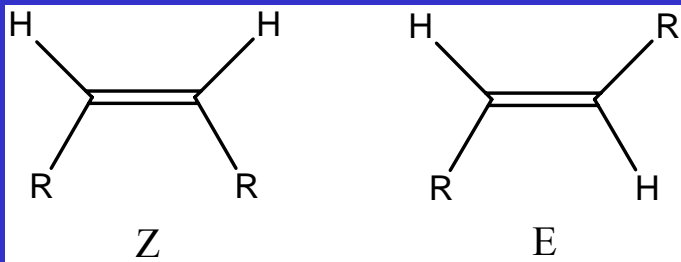
Sloučeniny – struktura – konstituce



Molekulární tvar

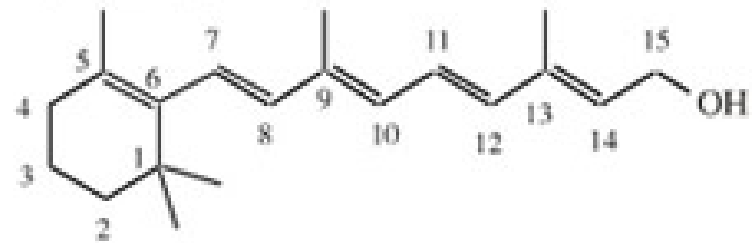
Molekulární tvar → geometrický vzorec

geometrické izomery

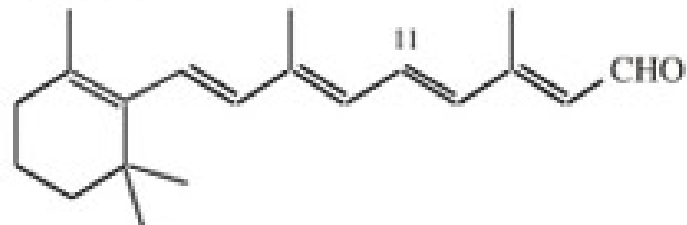


Molekulární tvar
- fyzikální vlastnosti
- chemická reaktivita

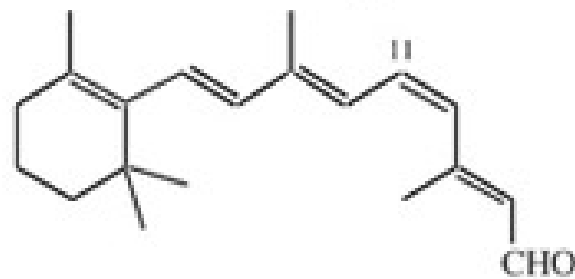
Retinol (vitamin A)



All *trans*-Retinal



11-*cis*-Retinal

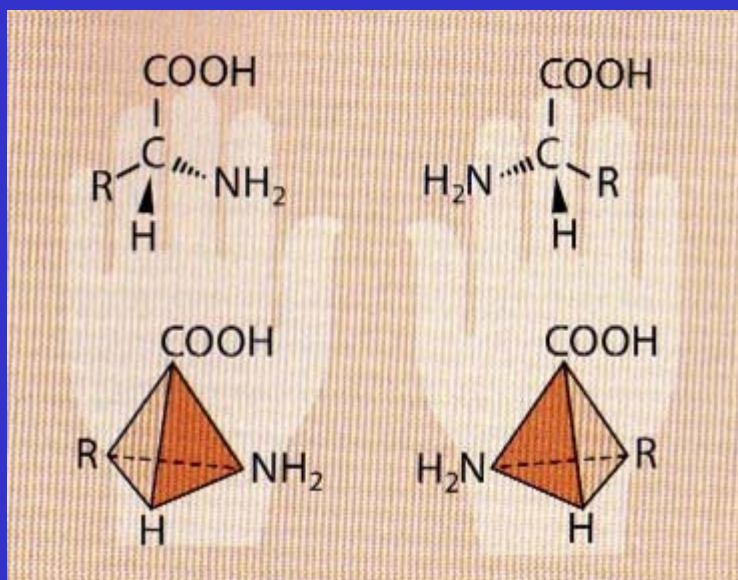


Molekulární tvar

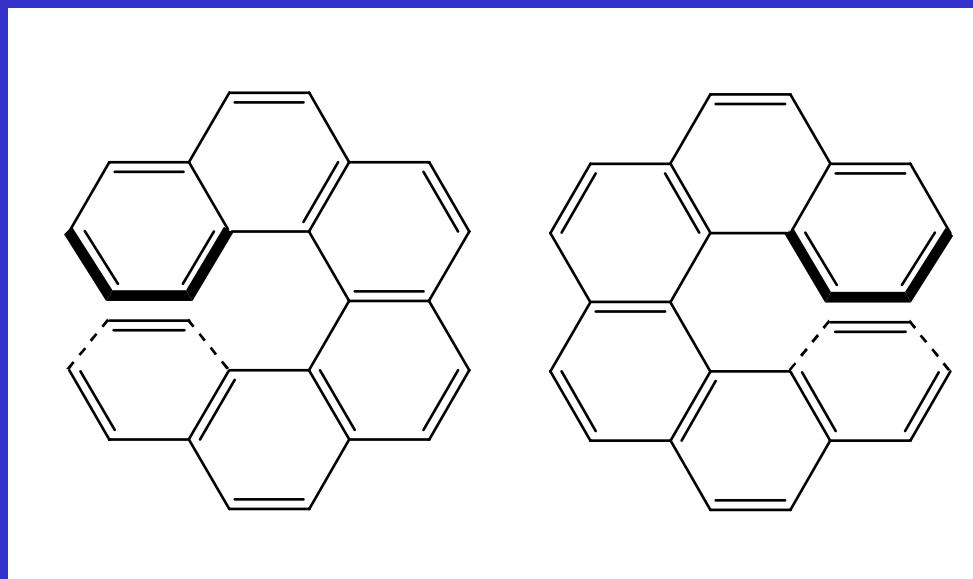
Molekulární tvar → geometrický vzorec

Optické izomery – enantiomery

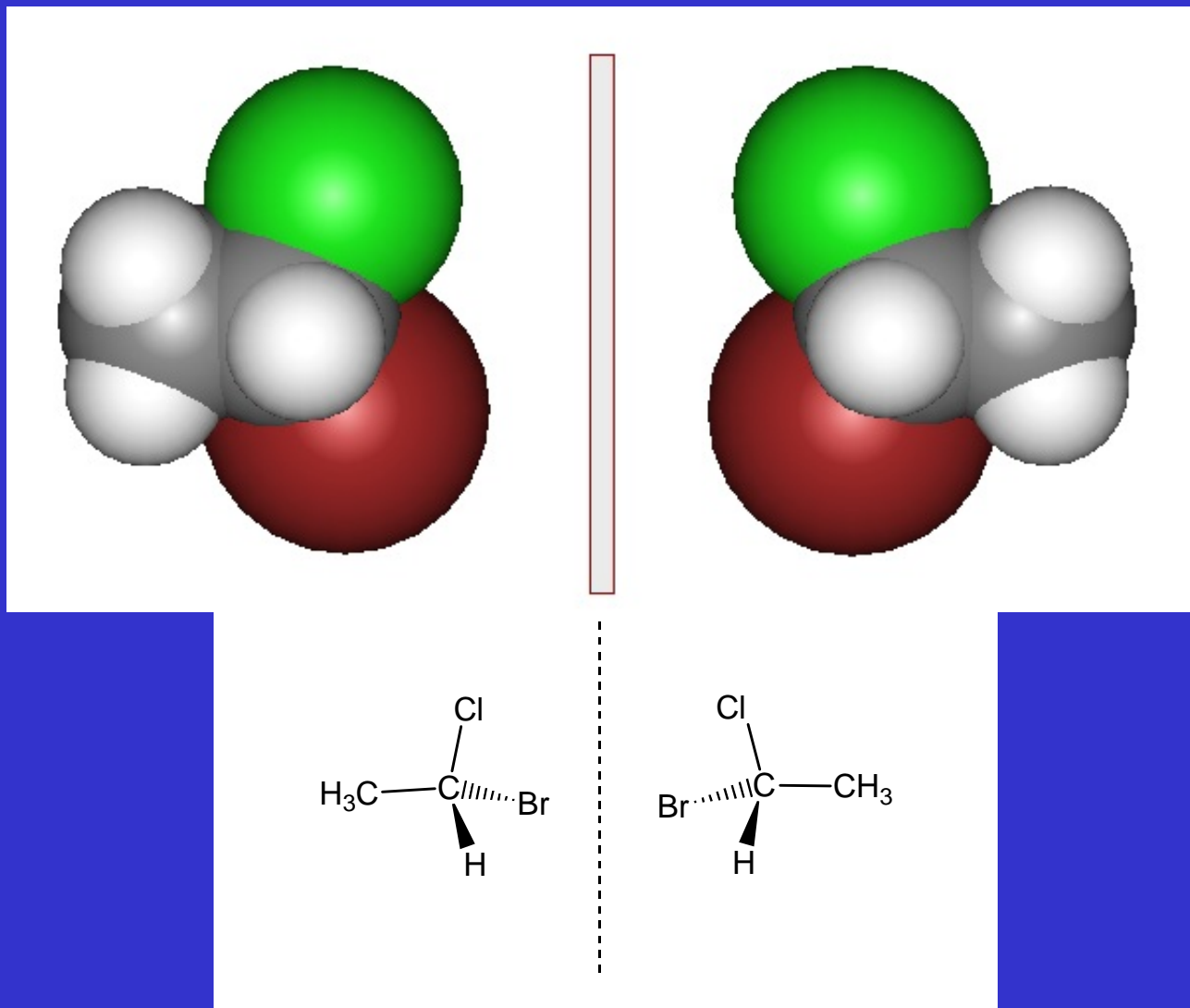
Dissymetrie



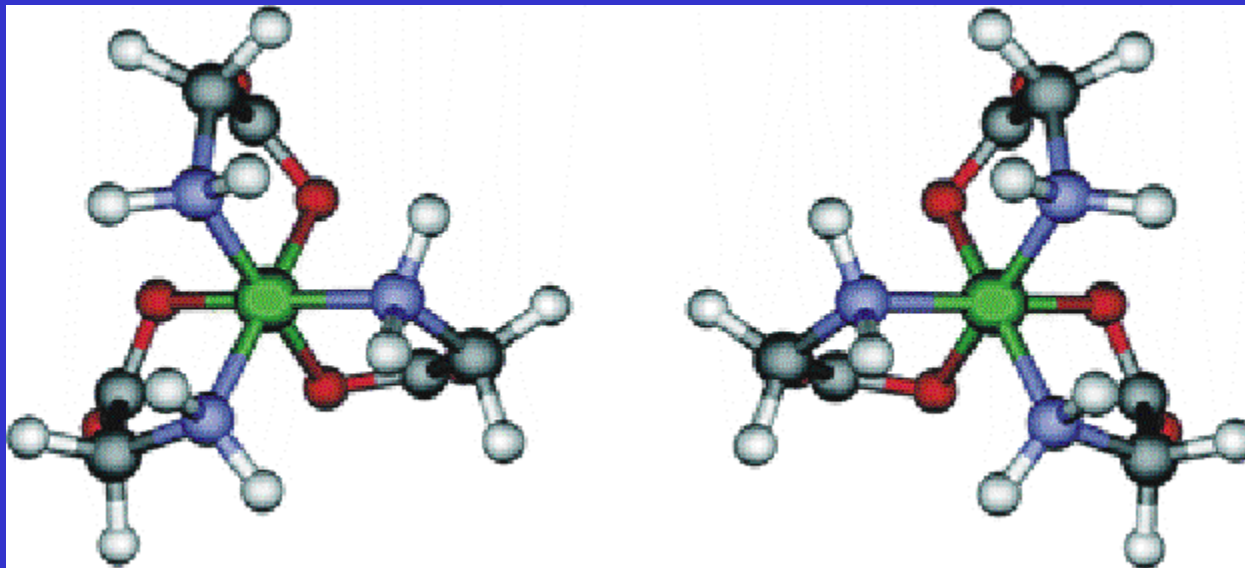
Asymetrický atom



Optické izomery - enantiomery

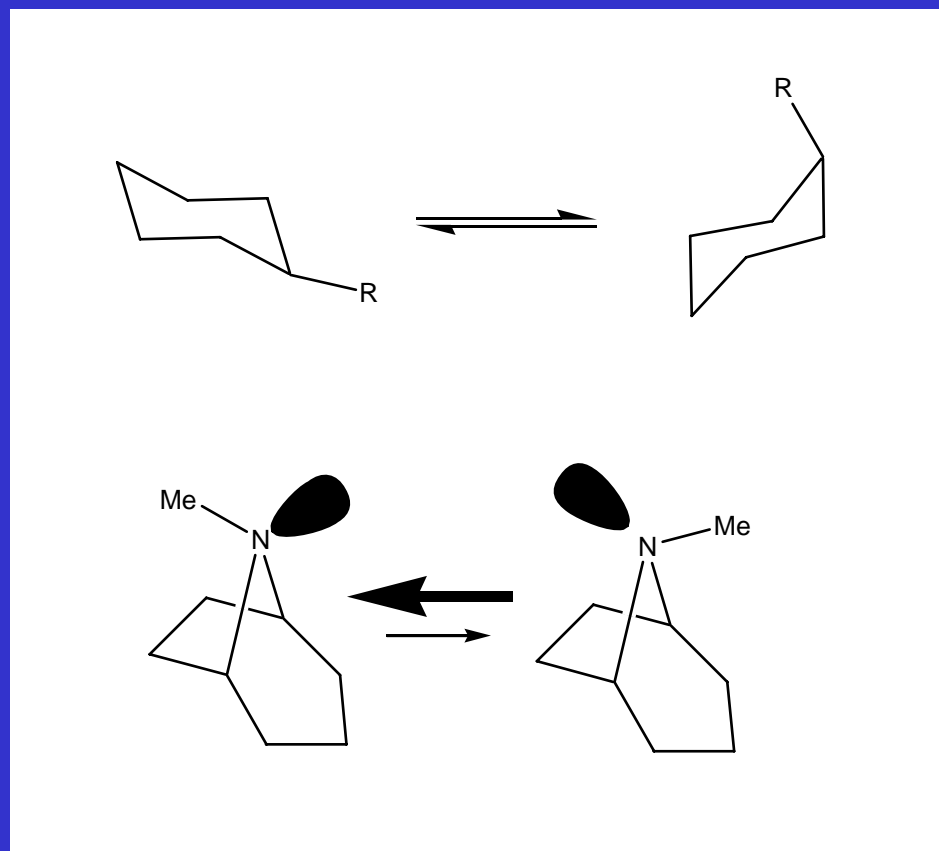


Optické izomery - enantiomery



Molekulární tvar

konformery

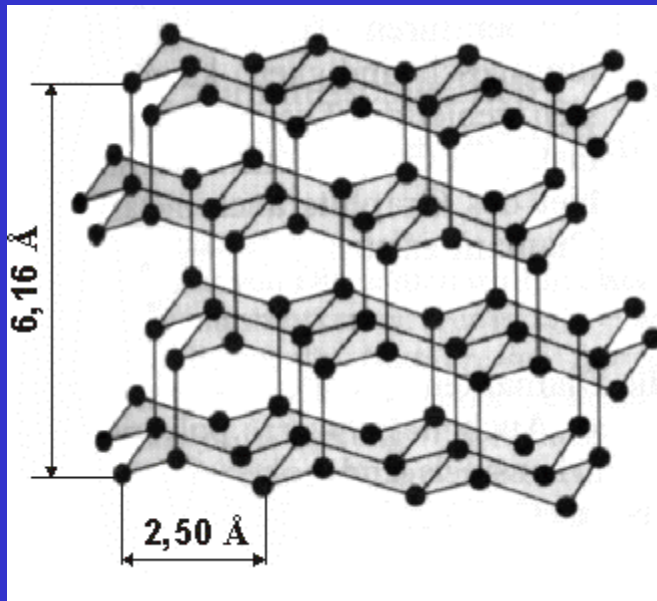


Krystalová struktura

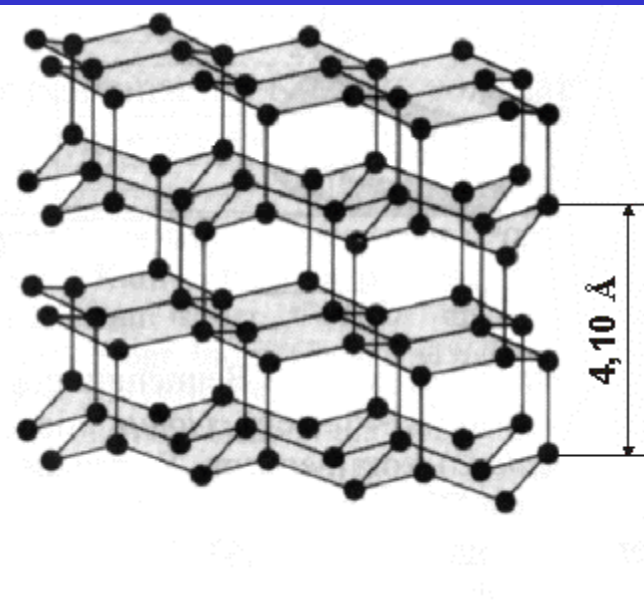
Polymorfie – jen pro pevné látky

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

Kubický diamant



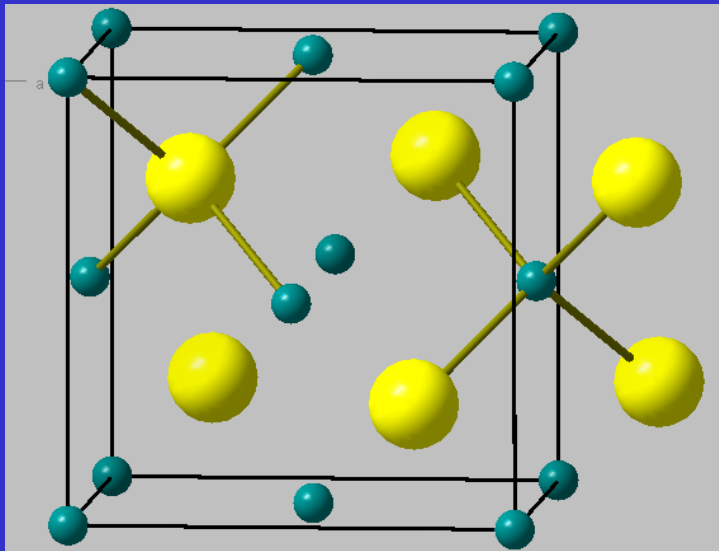
Hexagonální diamant



Krystalová struktura

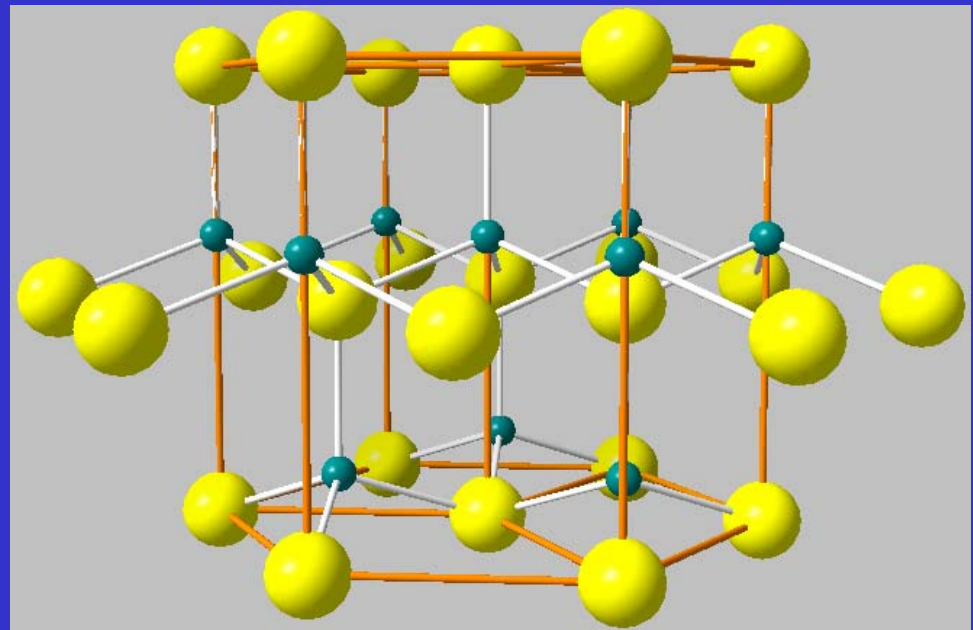
ZnS sfalerit

kubická struktura



ZnS wurzit

hexagonální struktura



Pojem atomu

Leukippos (~450 př. n. l.)

Je hmota spojitá nebo nespojitá?
Svět je tvořen z nedělitelných částic.

Demokritos (470-380 př. n. l.)

Pojem atom

Existuje nekonečné množství nekonečného počtu druhů atomů, které jsou v neustálém pohybu a kombinují se.

Vývoj znalostí o složení atomu

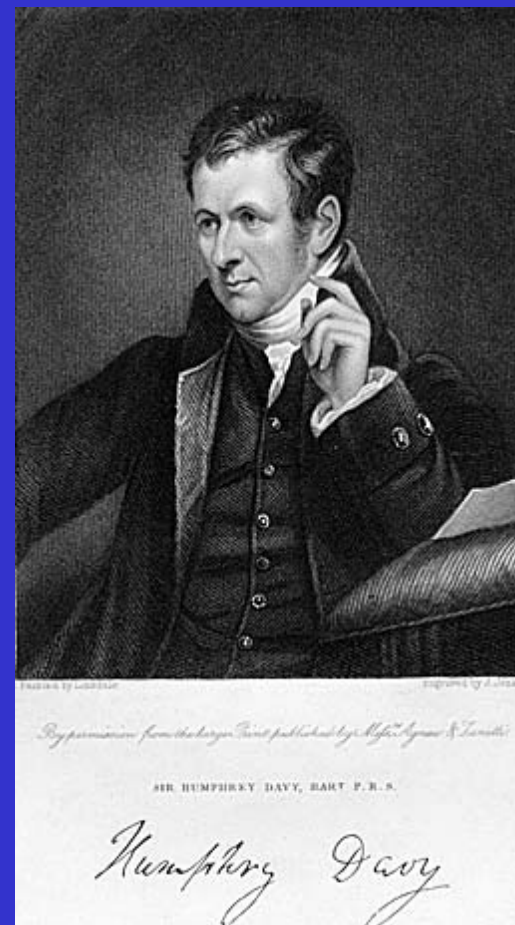
1807 Sloučeniny jsou drženy pohromadě elektrickými silami.

Získal alkalické kovy z **tavenin** jejich solí

Elektrolýza taveniny $\text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}$

Elektrolýza taveniny $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}$

Humphry Davy
(1778 - 1829)



Faradayův zákon

1833 Množství vyloučené látky při elektrolýze je přímo úměrné prošlému náboji

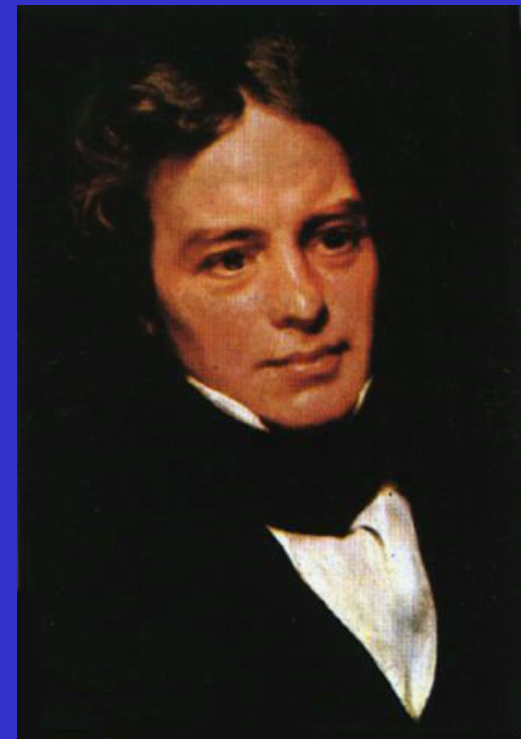
$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Faradayova konstanta = F
náboj 1 molu $e = 96500 \text{ C}$

1 mol M^{z+} $96500 \text{ C} \times z$

n molů M^{z+} $Q = I t$

$$m = \frac{MIt}{zF}$$



Michael Faraday
(1791 - 1867) 62

Složení atomu

1758

Dva druhy elektriny: Robert Symmer – ponožky

1874

Elektrina je tvořena diskrétními negativně nabitými částicemi

1894 **název elektron**

George J. Stoney
(1826 - 1911)



Složení atomu

Katodové paprsky, 1898-1903

- Vycházejí z negativní elektrody, pohybují se po přímce, zahřívají kov, otáčejí vrtulku
- Jsou stejné pro různé druhy katodového materiálu a použitého plynu
- Jsou odpuzovány záporným potenciálem

Experimentální potvrzení existence elektronu

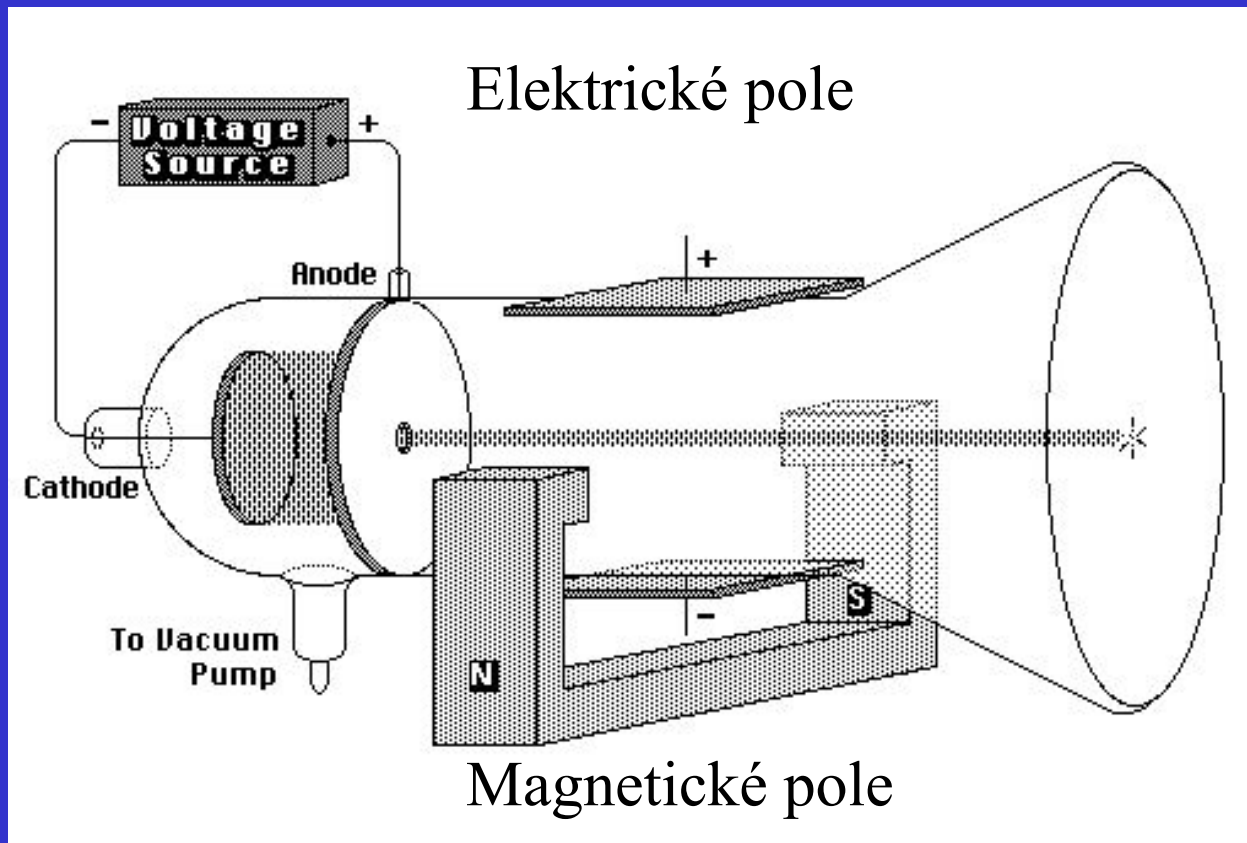
Specifický náboj

$$q/m_e = -1.76 \cdot 10^8 \text{ C g}^{-1}$$



Joseph John Thomson
(1856 - 1940)

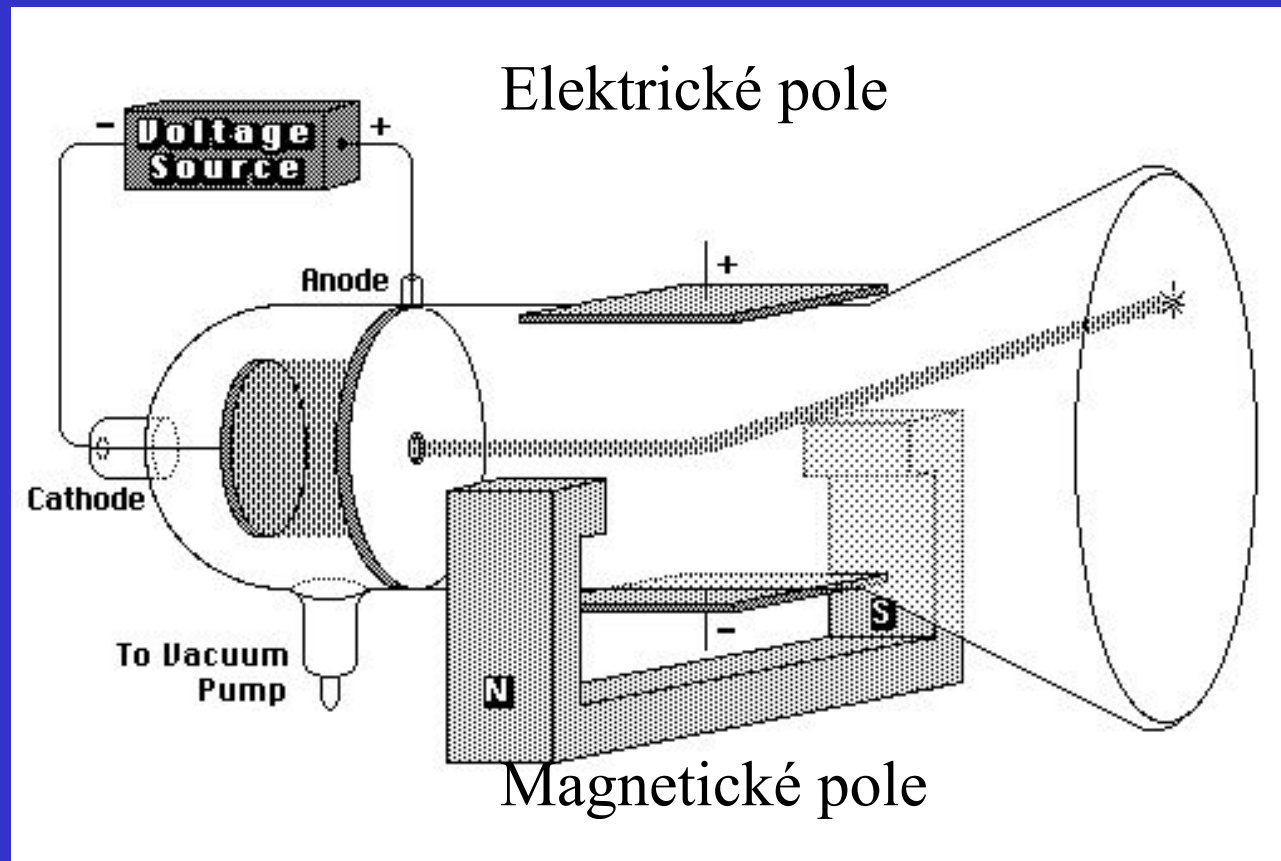
Katodové paprsky



Specifický náboj

$$q/m_e = -1.76 \cdot 10^8 \text{ C g}^{-1}$$

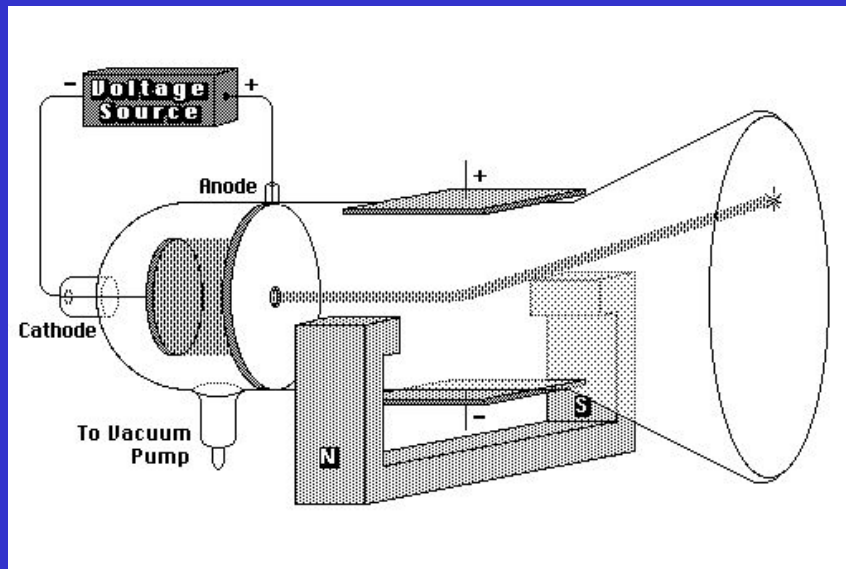
Katodové paprsky



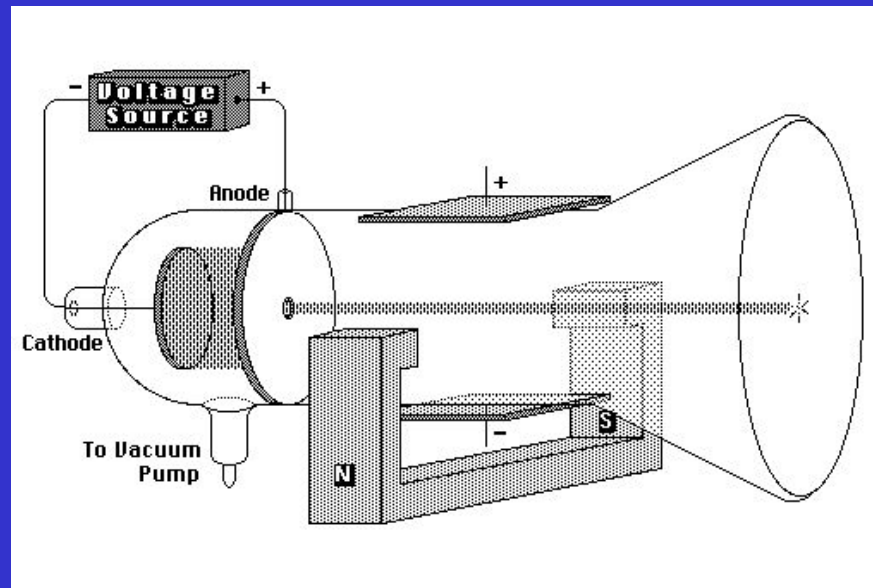
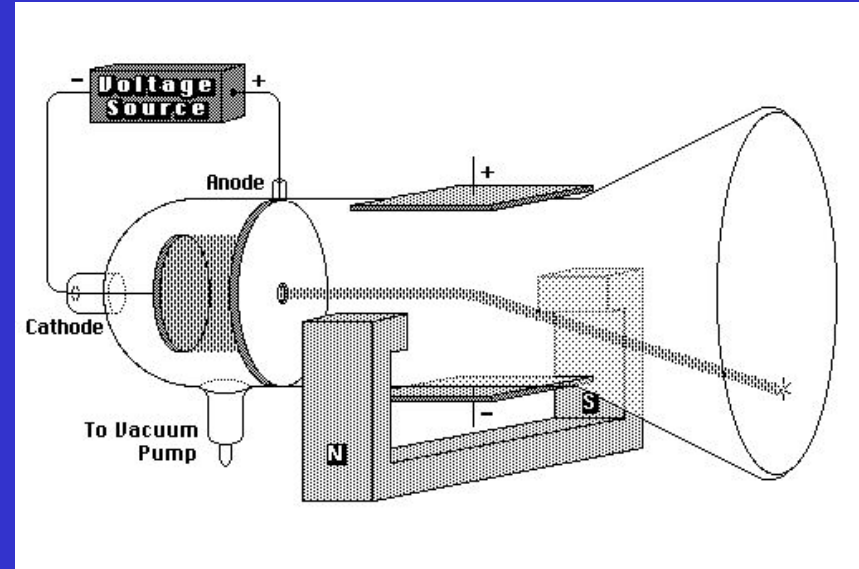
Specifický náboj

$$q/m_e = -1.76 \cdot 10^8 \text{ C g}^{-1}$$

Elektrické pole



Magnetické pole



Thomsonův model atomu

Elektrony

Kladný náboj rozptýlený

