

## Měření, platné číslice

**Měření = určení velikosti veličiny v daných jednotkách**

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

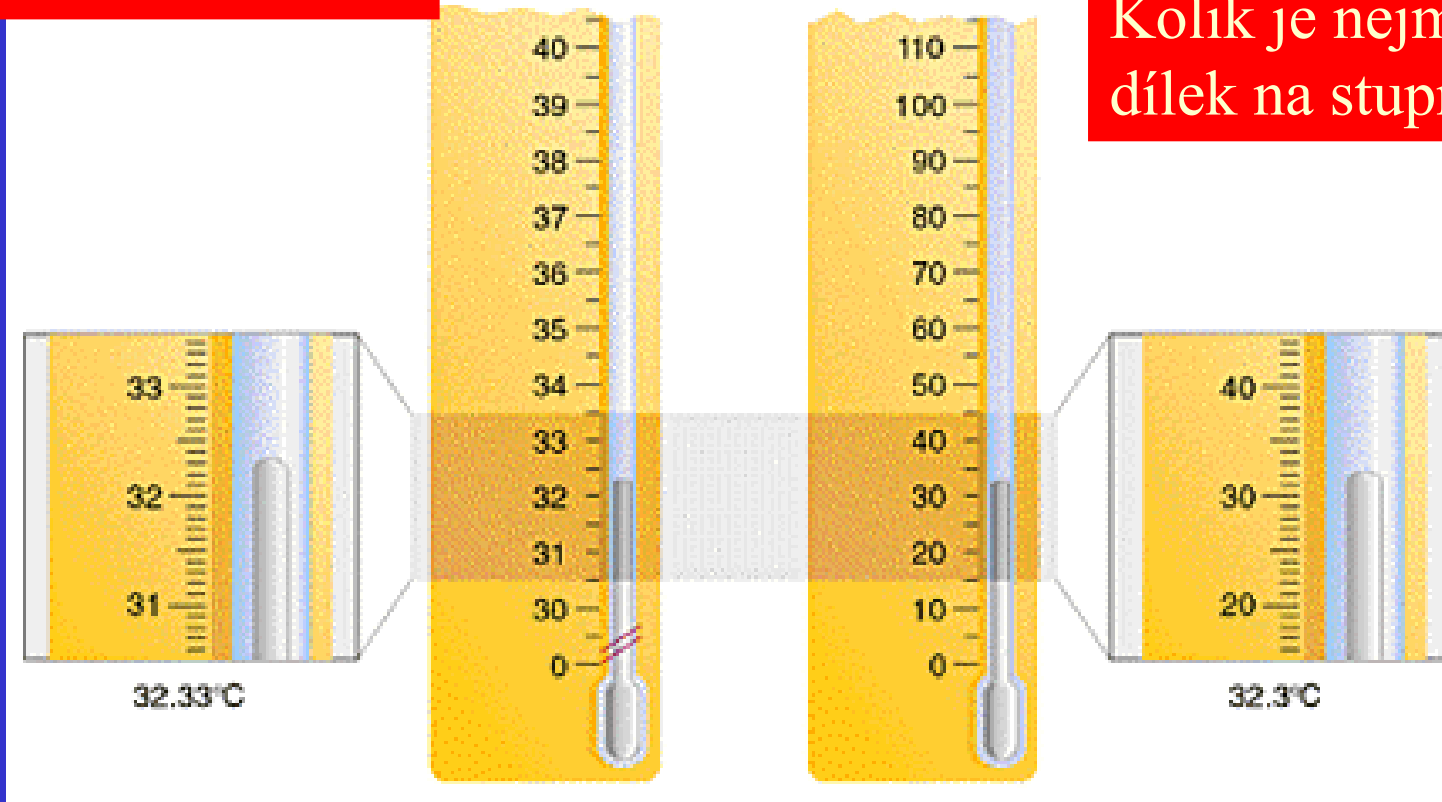
**Platné číslice = čísla odečtená ze stupnice + poslední **odhadnuté** místo**

**Chybu měření předpokládáme minimálně  
 $\pm 1$  posledního místa**

# Měření

Před měřením určit

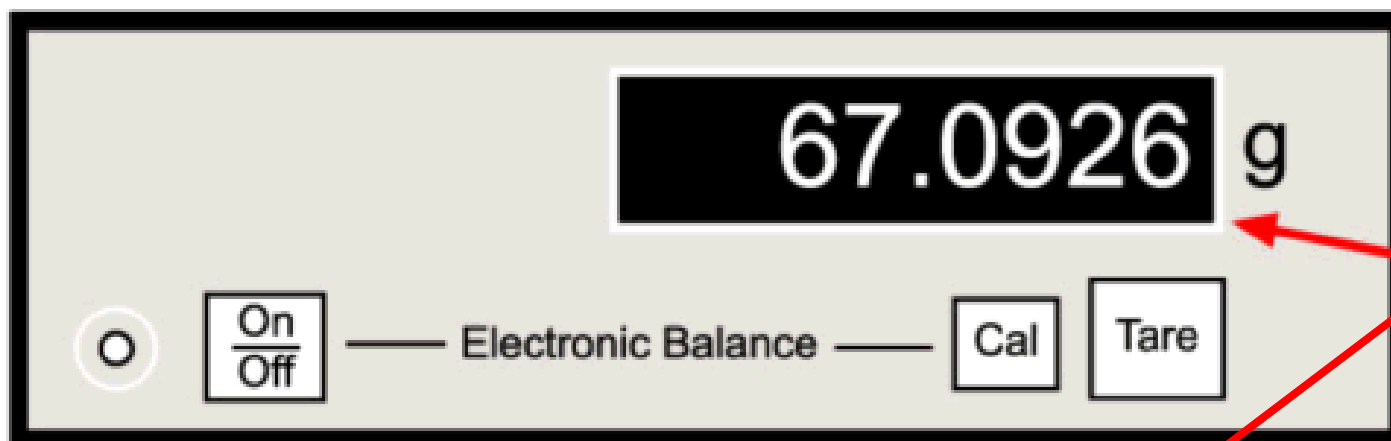
Kolik je nejmenší  
dílek na stupnici



32.33 °C

32.3 °C

## Odečtení z digitální stupnice



Chybu měření předpokládáme  $\pm 1$  posledního místa

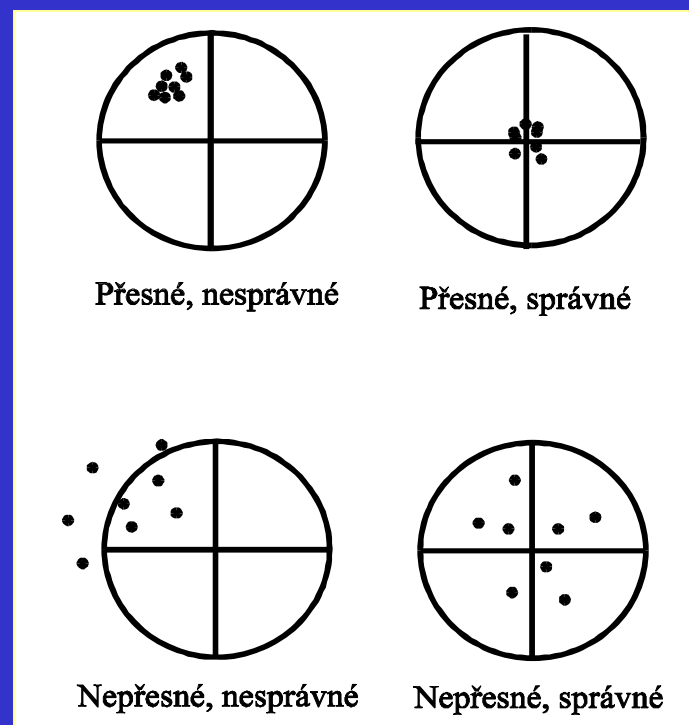
## Přesnost a správnost (pravdivost) měření

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**

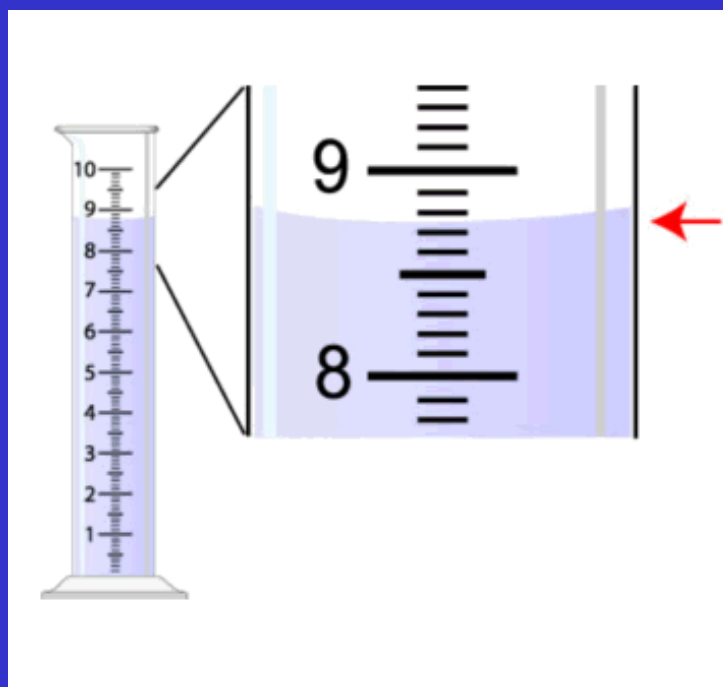
Nuly za nenulovými číslicemi ve výsledku vyjádřeném desetinným číslem *jsou* platnými číslicemi 0.00**3400**

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

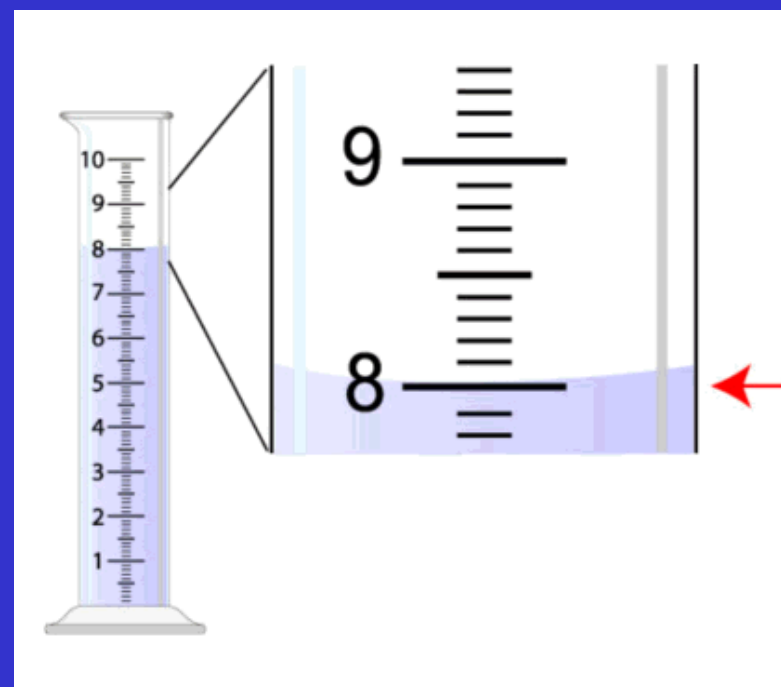
Proto pro jednoznačnost se používá **EXPONENCIÁLNÍ** zápis: jedno místo před desetinnou čárkou, desetinná místa odpovídající přesnosti měření, exponent, jednotka:  $1.2 \cdot 10^3$

## Platné číslice

Odečtení ze stupnice – počet platných číslic určen kvalitou přístroje



8.75 cm<sup>3</sup>



8.00 cm<sup>3</sup>

NE 8 cm<sup>3</sup> !!!!

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

## Platné číslice

Exaktní čísla = nekonečný počet platných míst (nuly), nemají chybu měření, neovlivňují počet platných číslic výsledku výpočtu

- 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  $\mu\text{m}$  pomocí mikrometru

sečteme	2.5 cm	s chybou $\pm 0.1$ cm
	+0.00012 cm	s chybou $\pm 0.00001$ cm
výsledek není		2.50012 cm
ale		2.5 cm

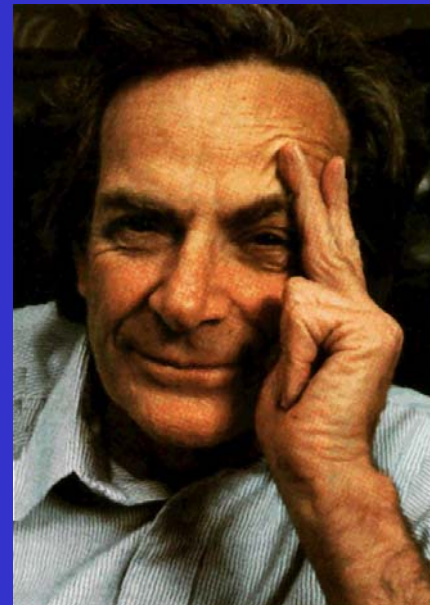
protože chyba prvního měření převyšuje řádově hodnotu druhého měření

# 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

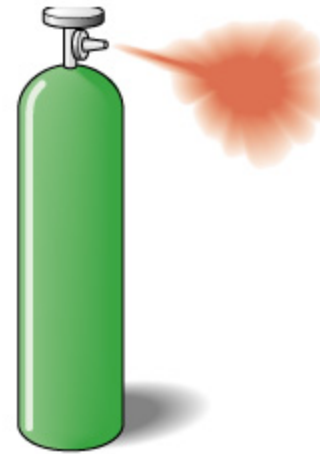
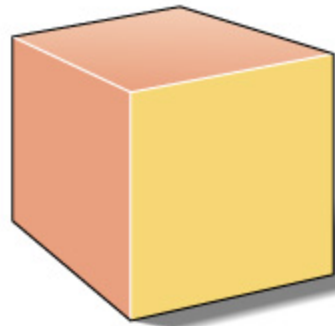
Kapaliny

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



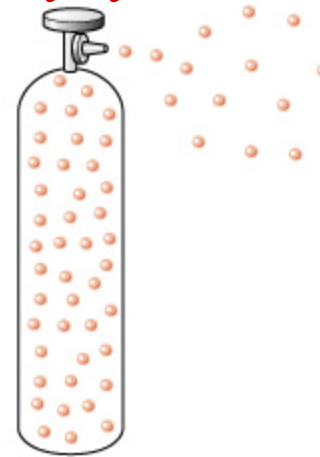
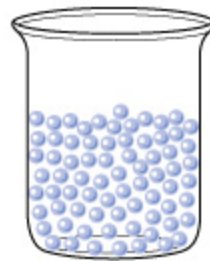
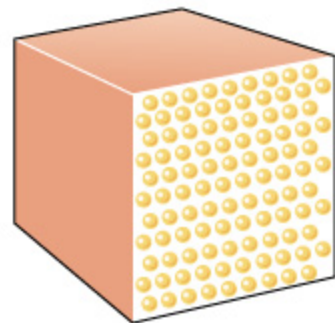


(a)

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 SnO<sub>2</sub>, ale nic mezi nimi

CuCO<sub>3</sub> - 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 CO<sub>17</sub>

# Zákon násobných slučovacích poměrů

## Daltonův zákon 1803

Tvoří-li dva prvky řadu sloučenin ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ) 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

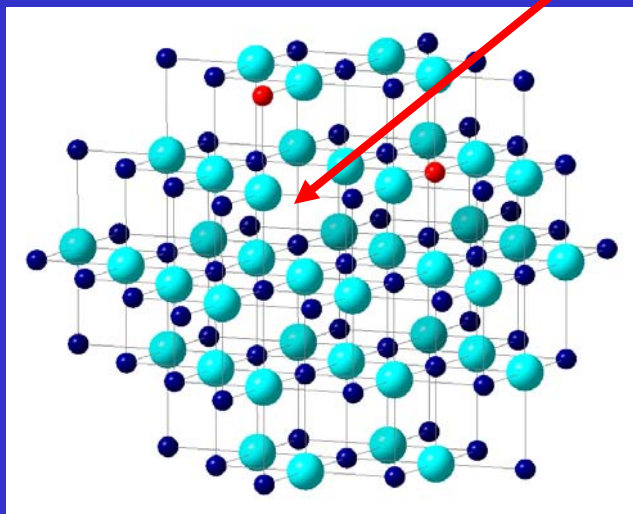
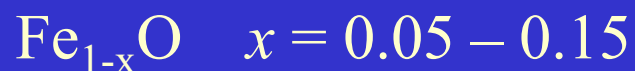
$$r = \frac{m(O)Cr_xO_y}{m(O)CrO}$$

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

## Nestechiometrické sloučeniny-bertholidy

Sloučeniny s kovem ve více oxidačních stavech

Oxidy, sulfidy, nitridy,...



$\text{Fe}^{2+}$  = modrá

$\text{Fe}^{3+}$  = červená

Vakance = neobsazená pozice



C. L. Berthollet  
(1748 - 1822)

## Daltonova atomová teorie

1805

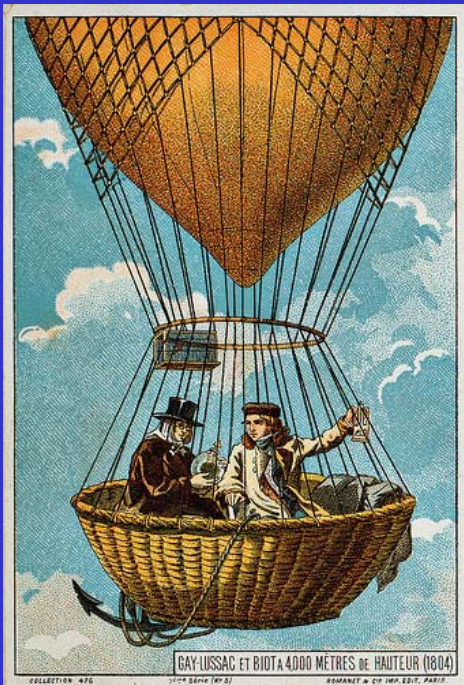
Každý prvek se skládá z malých nedělitelných a nezničitelných částic – **atomů** (ne pro jaderné přeměny).

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

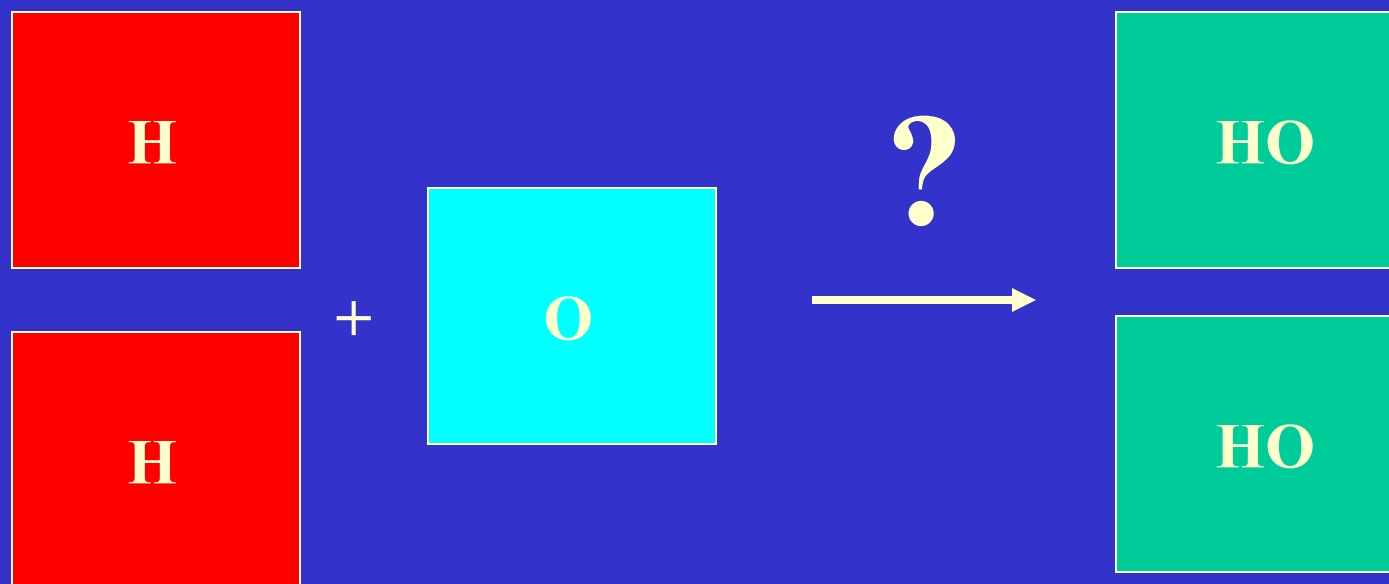
Joseph Louis Gay-Lussac  
(1778 - 1850)



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

## Avogadrova 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.**

**H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>**

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

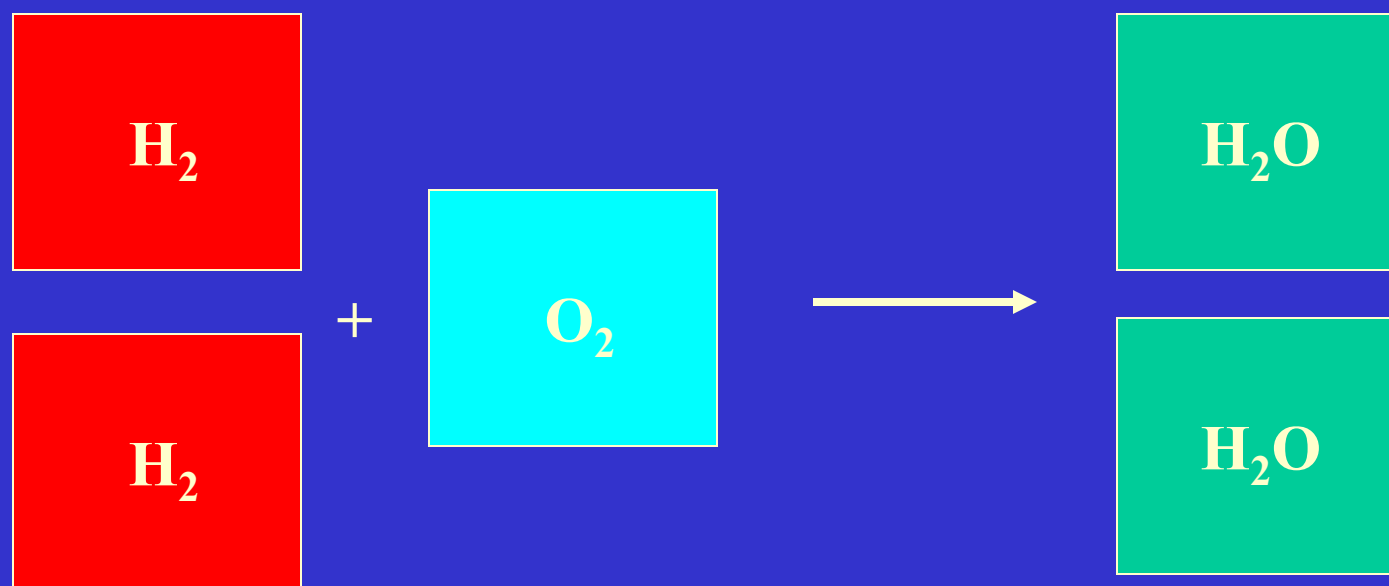
$$V_m = 22.4 \text{ l mol}^{-1}$$



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.

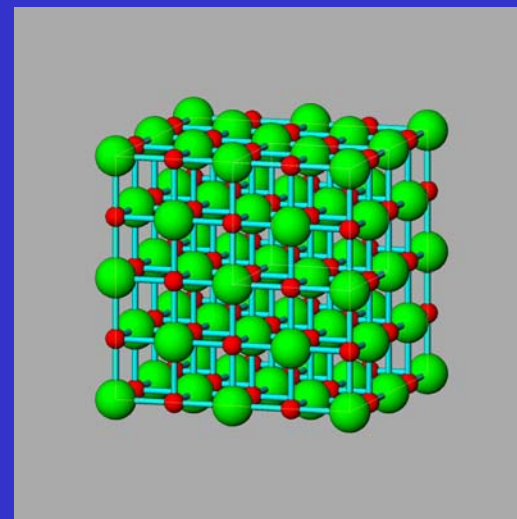
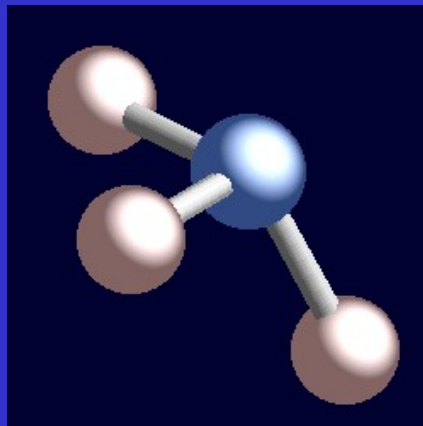
He, Ne, Ar, .....

$N_2$ ,  $P_4$  (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  $^{12}\text{C}$

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

Chemické vzorce       $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Stechiometrie chemických rovnic



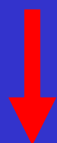
## Výpočet Avogadrovy konstanty

**Loschmidtovo číslo** = počet molekul v jednotce objemu ideálního plynu

1865 z kinetické teorie plynů vypočetl

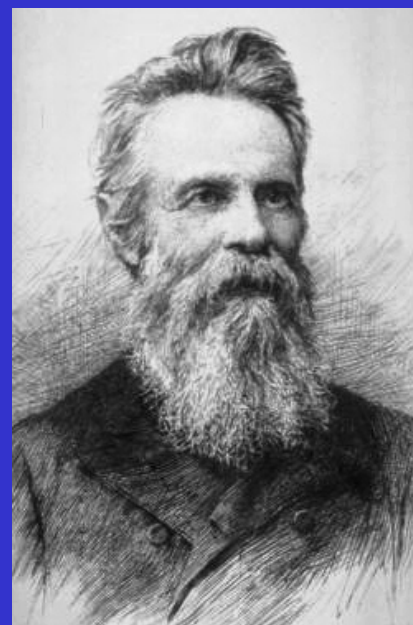
$$n_0 = 2.6 \cdot 10^{19} \text{ molekul cm}^{-3}$$

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

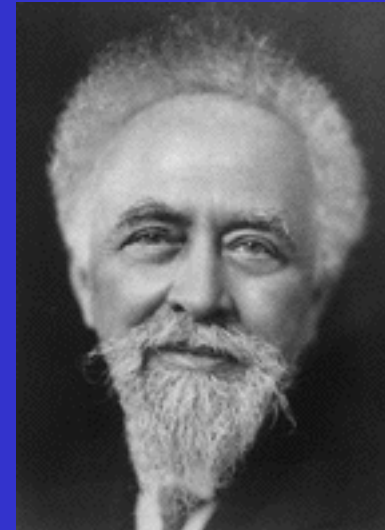
## Výpočet Avogadrovy konstanty



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

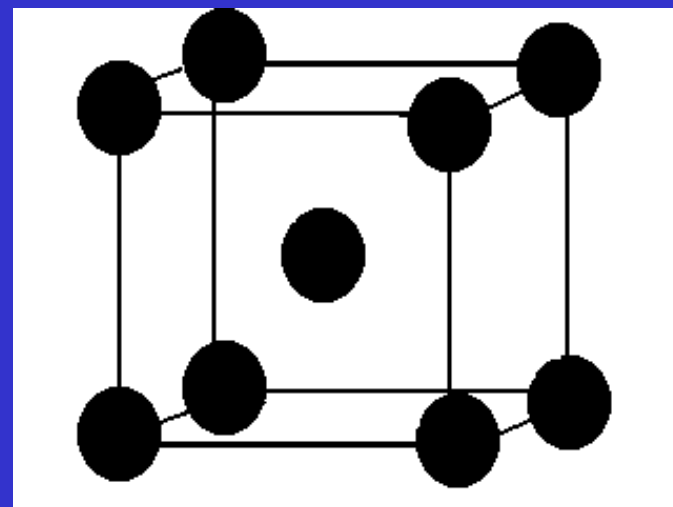
počet atomů v buňce  $Z = 2$

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**

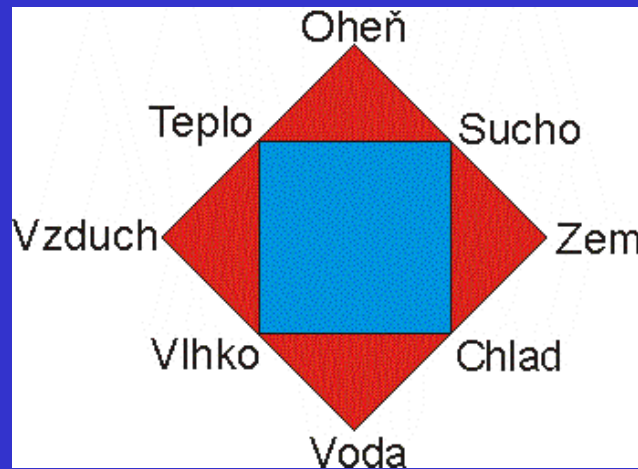
**a 2 základní síly: přitažlivá a odpuzivá**

(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)**

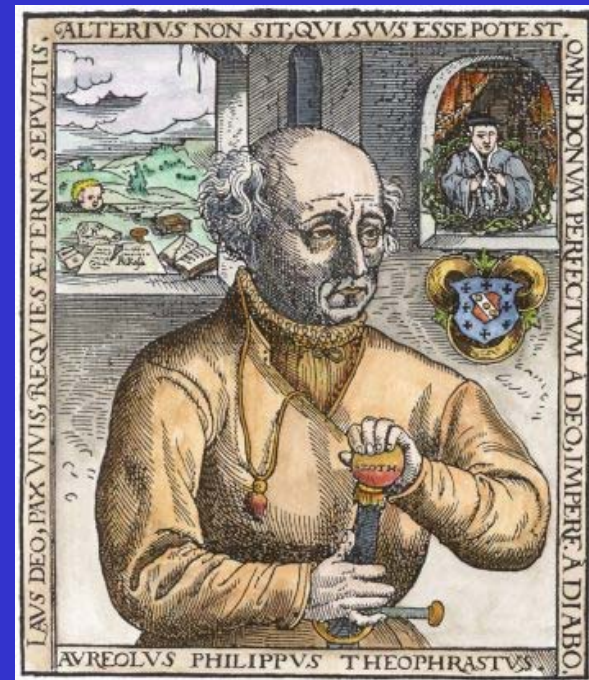
**tři elementární substance: rtuť, síra a sůl**

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  $^{16}O = 16$  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

H<sup>2</sup>O dnes H<sub>2</sub>O



Jöns Jacob Berzelius  
(1779 - 1848)

# Periodická tabulka prvků

A blank periodic table grid with a yellow background and black borders. The grid is composed of 7 rows and 18 columns. The first two columns are separated from the rest of the table by a large gap, representing the noble gases. The first row has one cell in the first column and one cell in the 18th column. The second and third rows have two cells each in the first two columns and six cells each in the last six columns. The fourth, fifth, sixth, and seventh rows each have 18 cells in total, with the first two columns separated from the rest of the table by a large gap.

## 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 AB<sub>2</sub>

→ empirický vzorec

(CO nebo CO<sub>2</sub>)

Absolutní počet atomů

A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> nebo A<sub>6</sub>B<sub>6</sub>

→ molekulový vzorec

(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> nebo C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

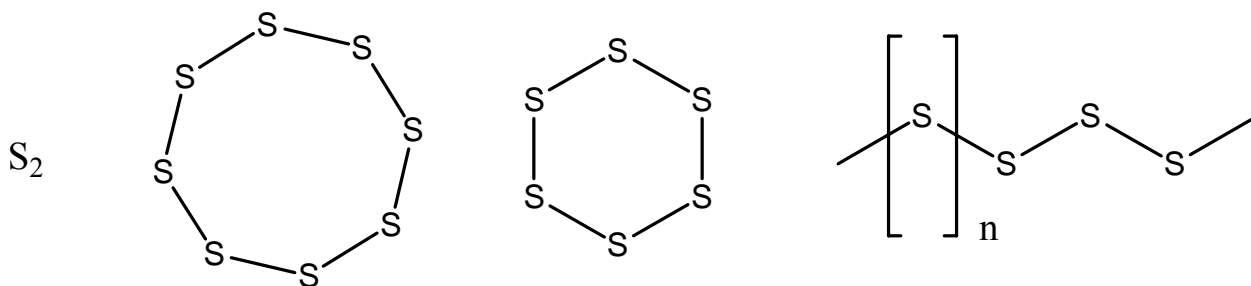
[CoN<sub>6</sub>H<sub>15</sub>O<sub>2</sub>]<sup>2+</sup>

# Prvky – struktura – allotropie

Struktura (vazby mezi atomy)

→ strukturní 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

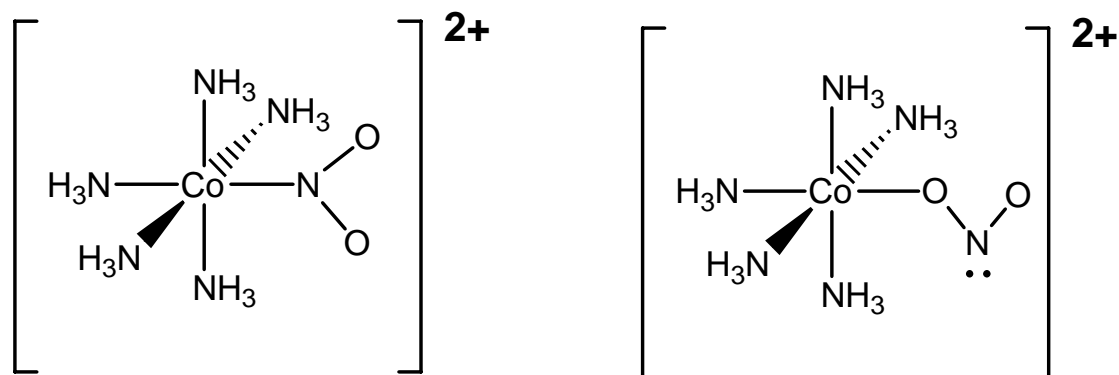


217 izomerů  $C_6H_6$

$\Sigma 217$

# Molekulární tvar

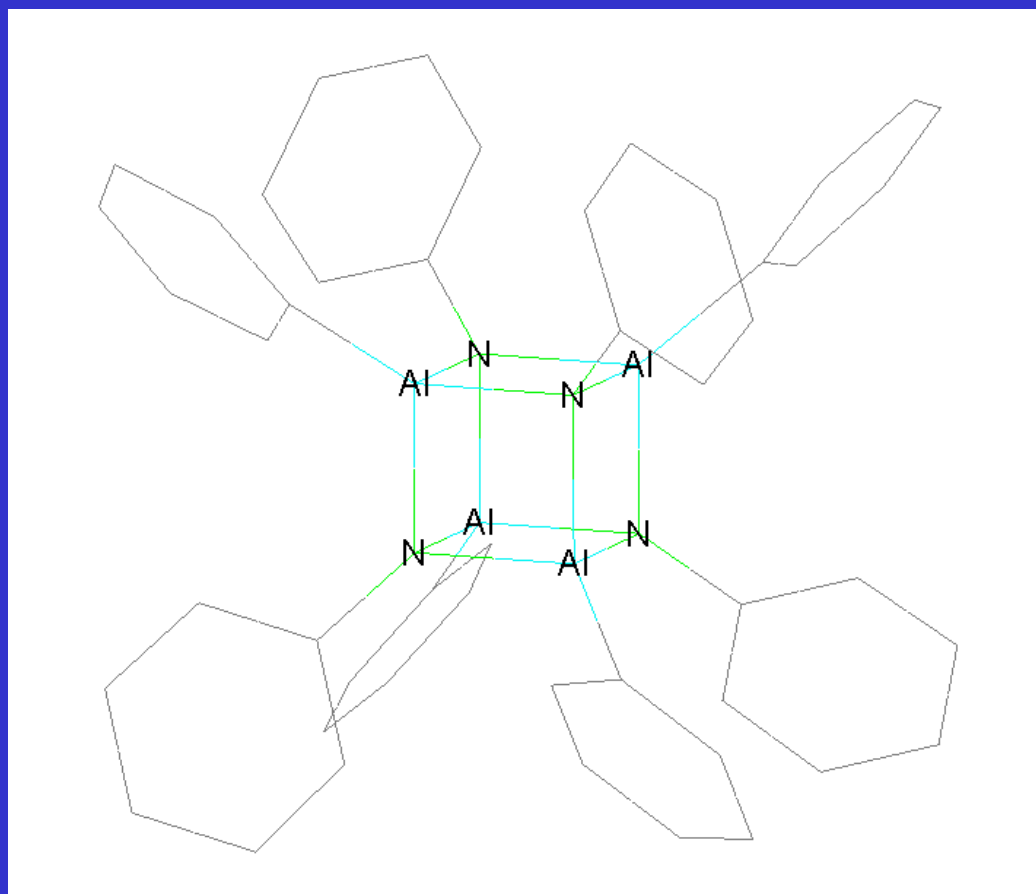
Molekulární tvar → geometrický vzorec



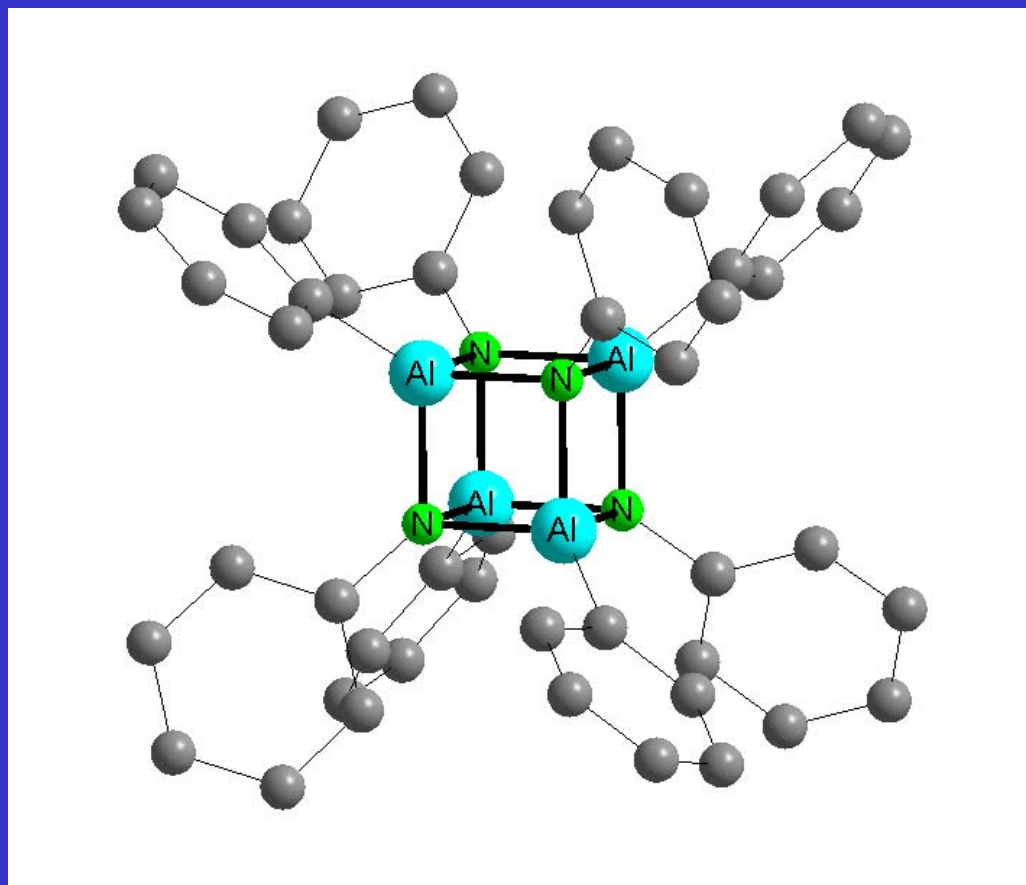
Vazebná izomerie NO<sub>2</sub> skupiny



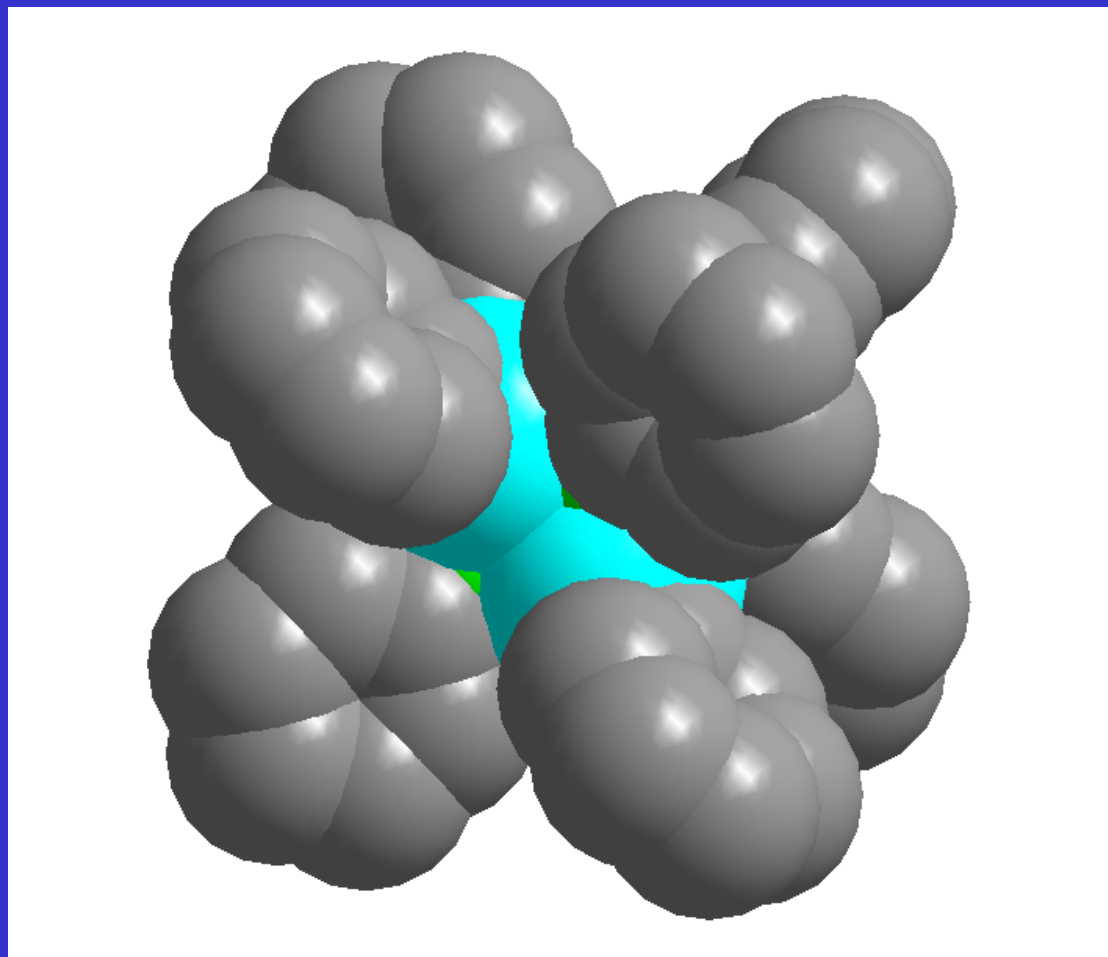
# Sloučeniny – struktura – konstituce



# Sloučeniny – struktura – konstituce



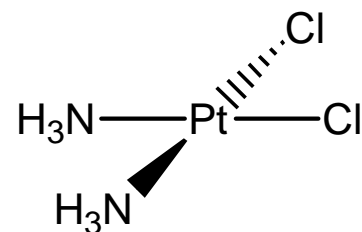
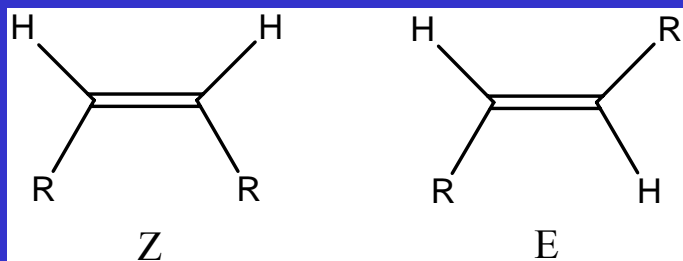
# Sloučeniny – struktura – konstituce



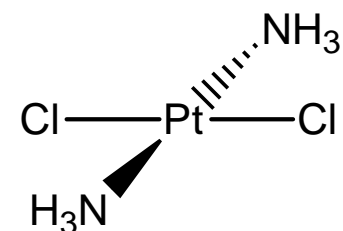
# Molekulární tvar

Molekulární tvar → geometrický vzorec

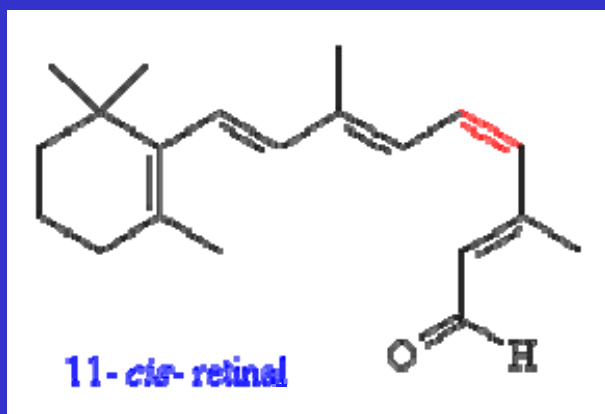
geometrické izomery



cis



trans

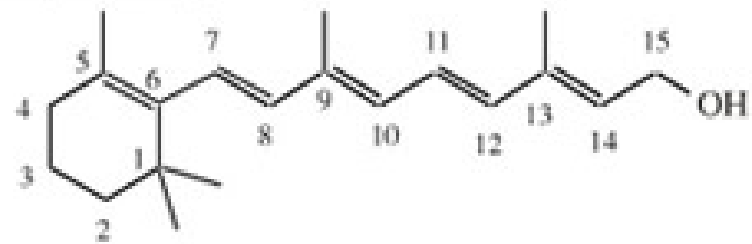


11-cis-retinal

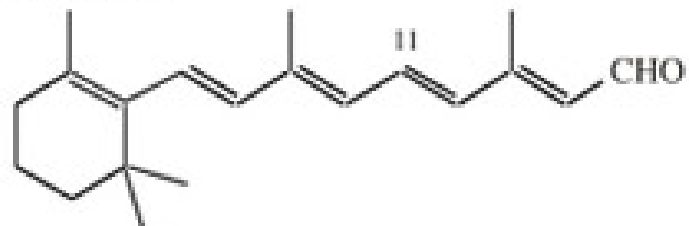
Molekulární tvar

- fyzikální vlastnosti
- chemická reaktivita

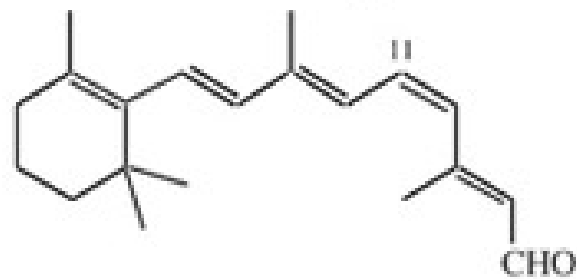
Retinol (vitamin A)



All *trans*-Retinal



11-*cis*-Retinal

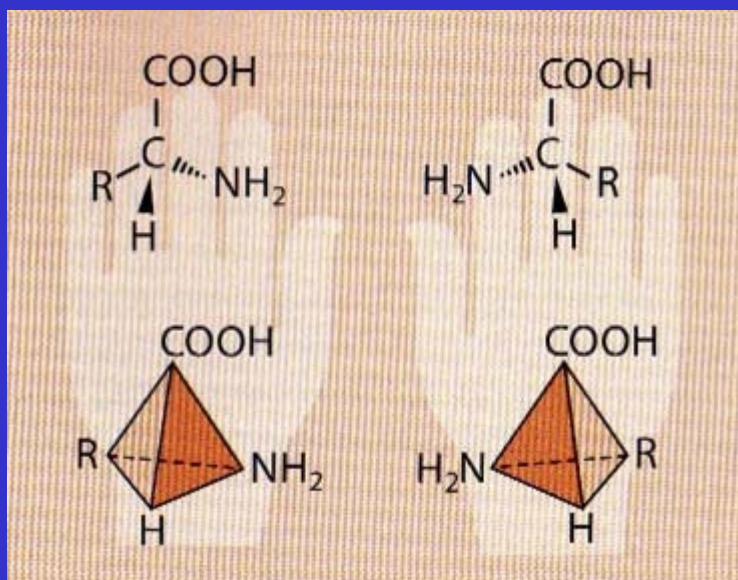


# Molekulární tvar

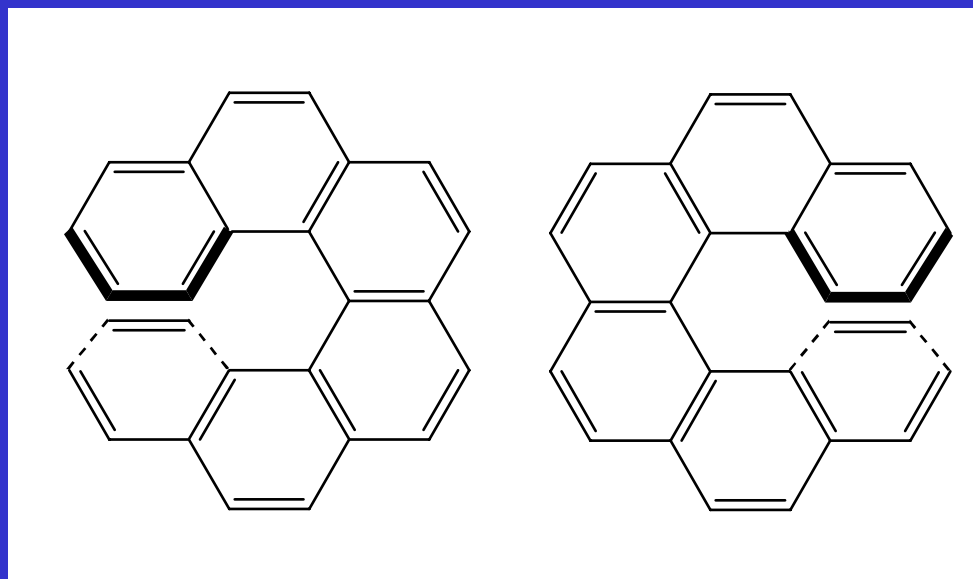
Molekulární tvar → geometrický vzorec

Optické izomery – enantiomery

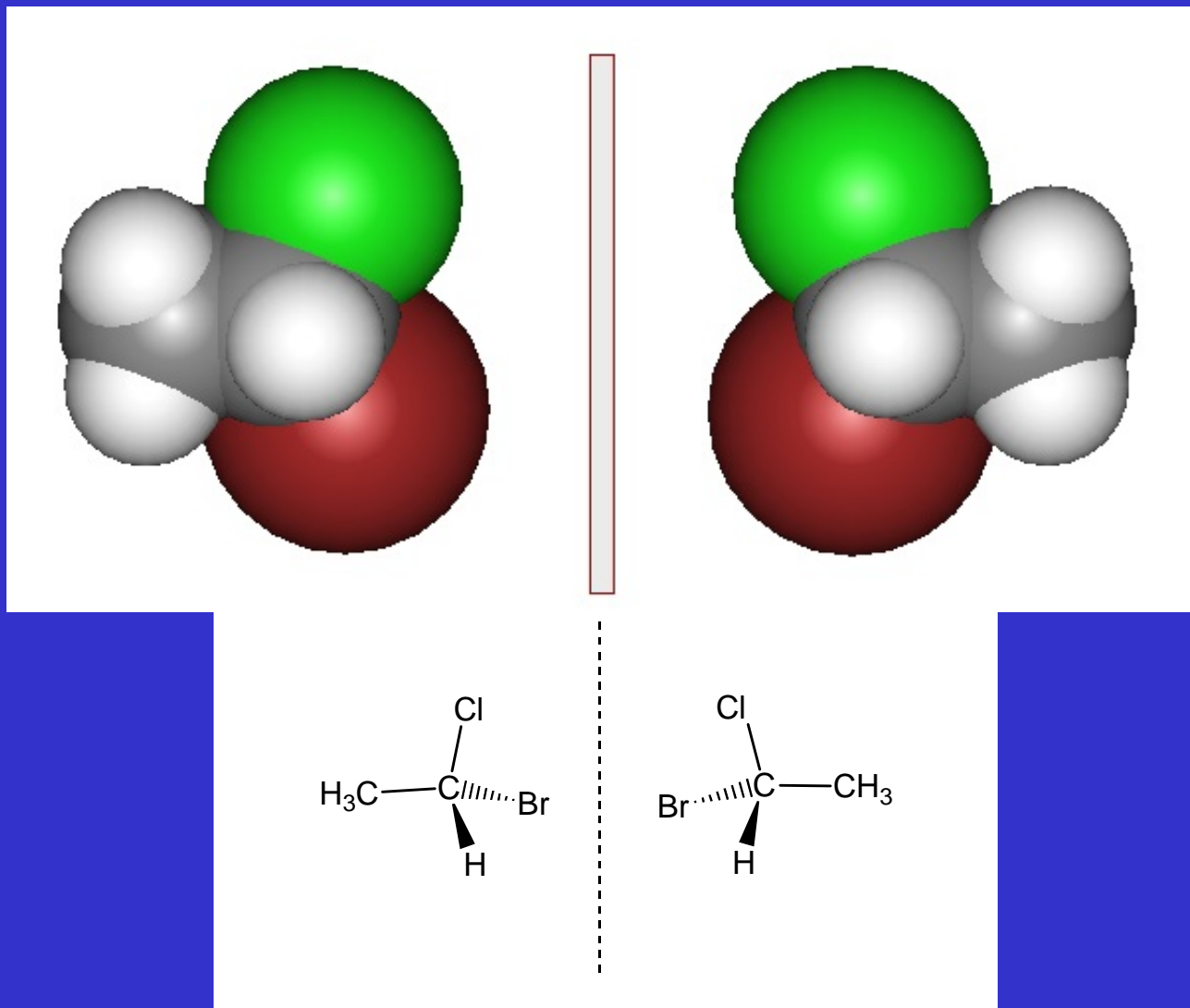
Dissymetrie



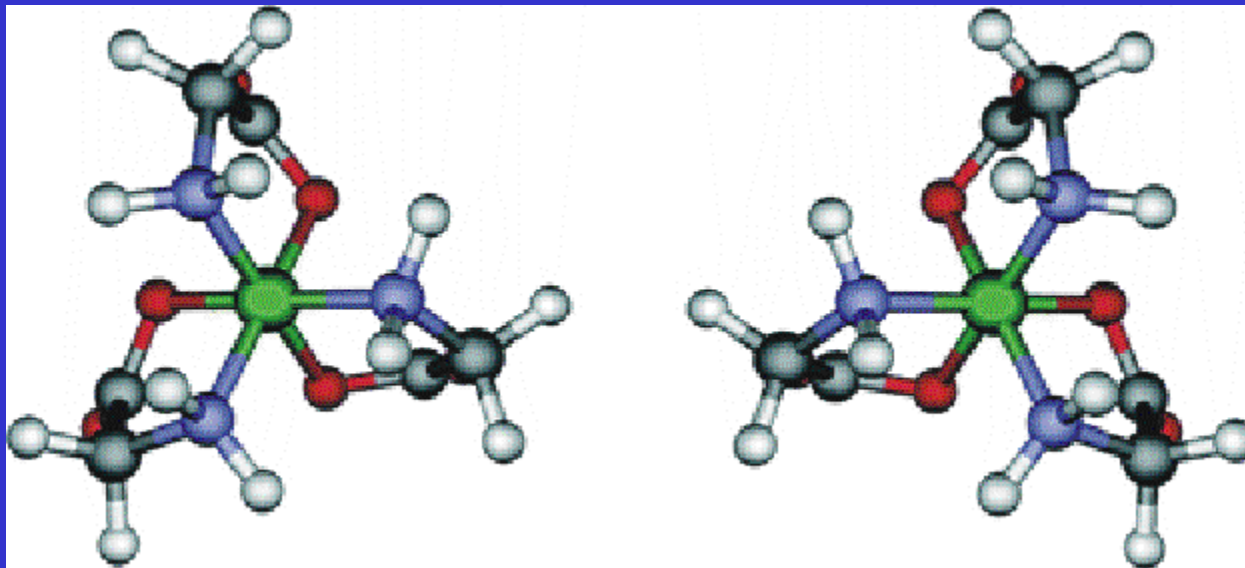
Asymetrický atom



# Optické izomery - enantiomery



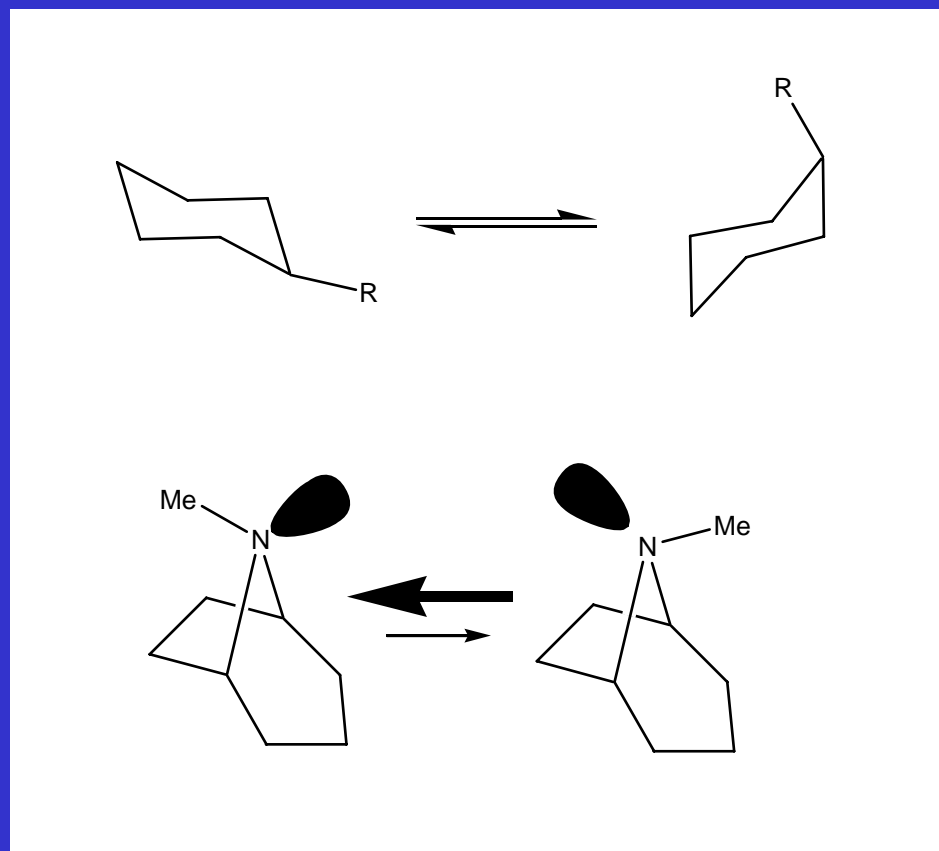
## Optické izomery - enantiomery





# Molekulární tvar

konformery

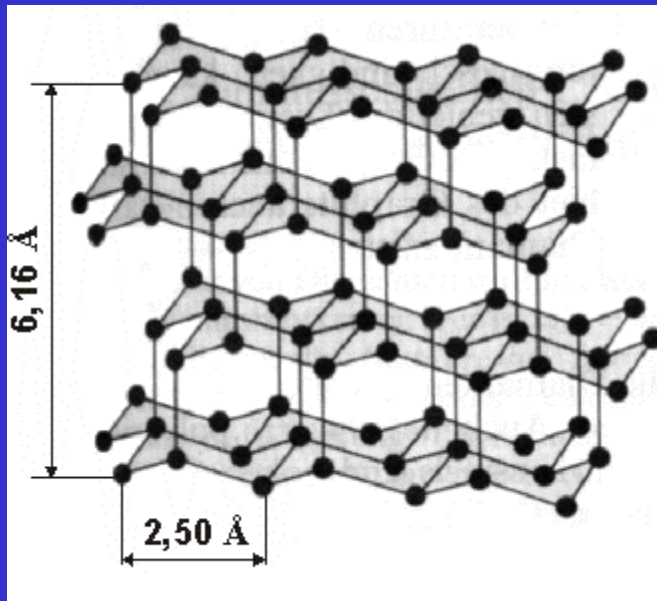


# Krystalová struktura

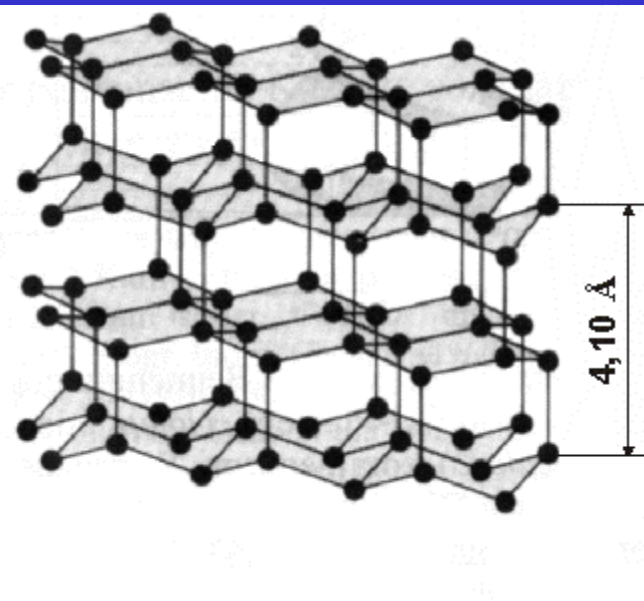
Polymorfie – jen pro pevné látky

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

Kubický diamant



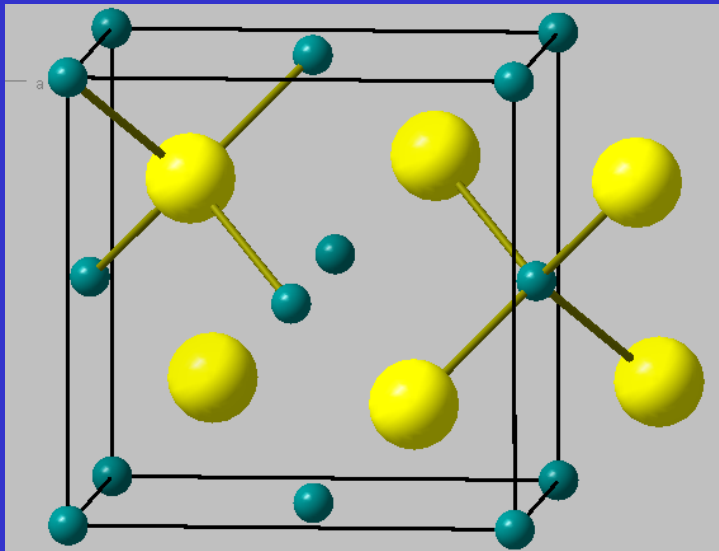
Hexagonální diamant



# Krystalová struktura

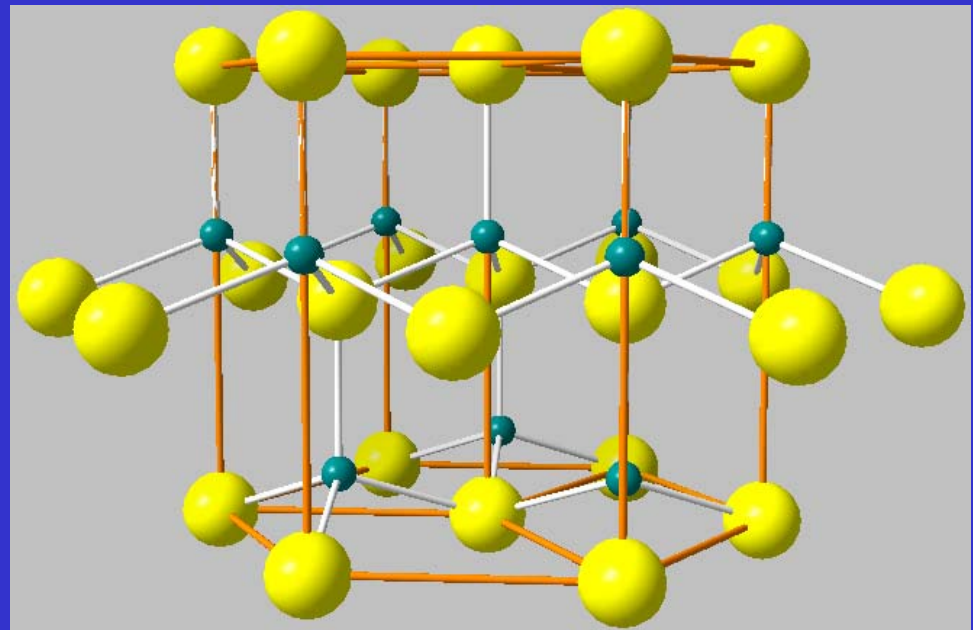
ZnS sfalerit

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

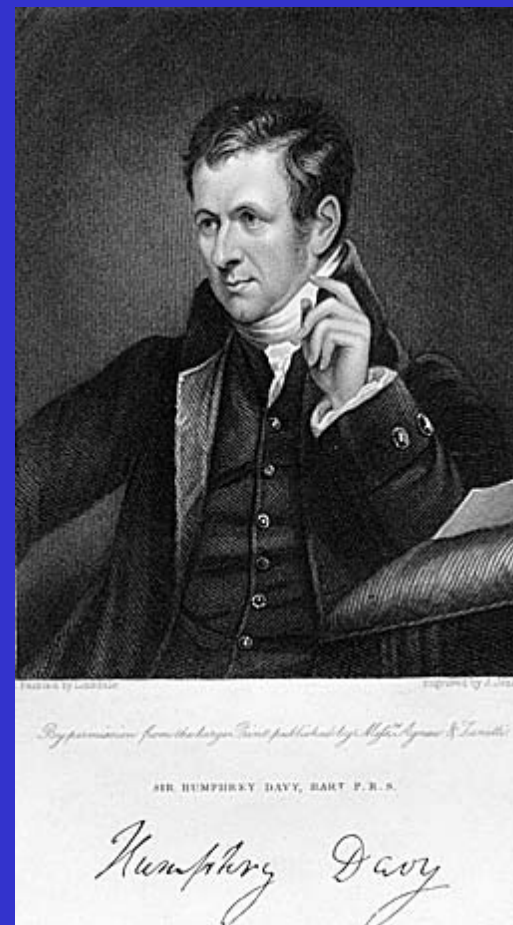
1807 Sloučeniny jsou drženy pohromadě elektrickými silami.

Získal alkalické kovy z tavenin jejich solí

Elektrolýza taveniny  $K_2CO_3 \rightarrow K$

Elektrolýza taveniny  $NaCl \rightarrow Na$

Humphry Davy  
(1778 - 1829)



## Faradayův zákon

1833 Množství vyloučené látky při elektrolýze je přímo úměrné prošlému náboji

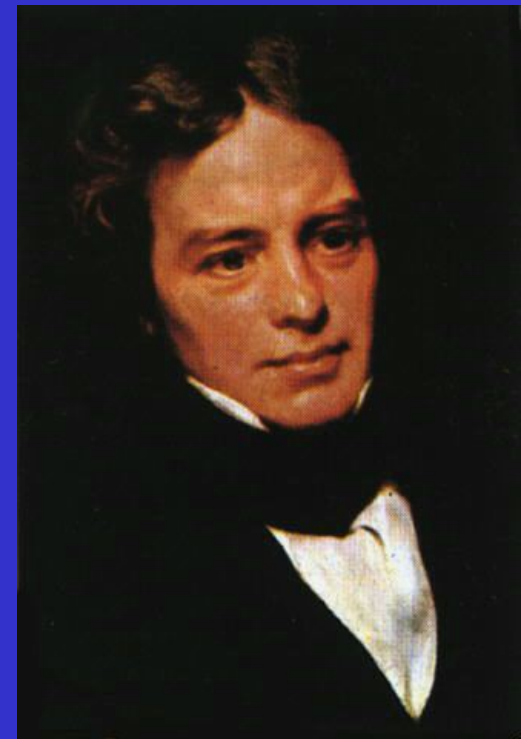
$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

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

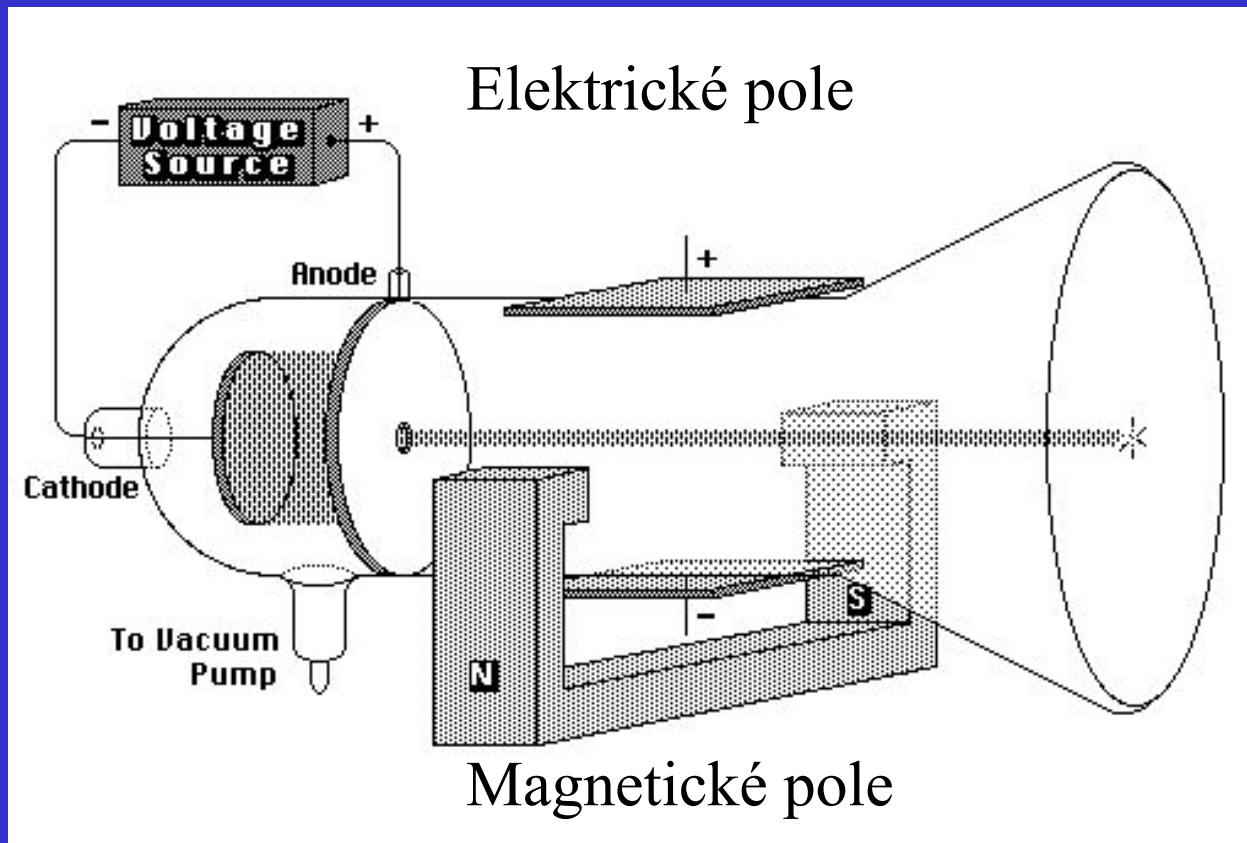
$$q/m_e = -1.76 \cdot 10^8 \text{ C g}^{-1}$$



Joseph John Thomson  
(1856 - 1940)



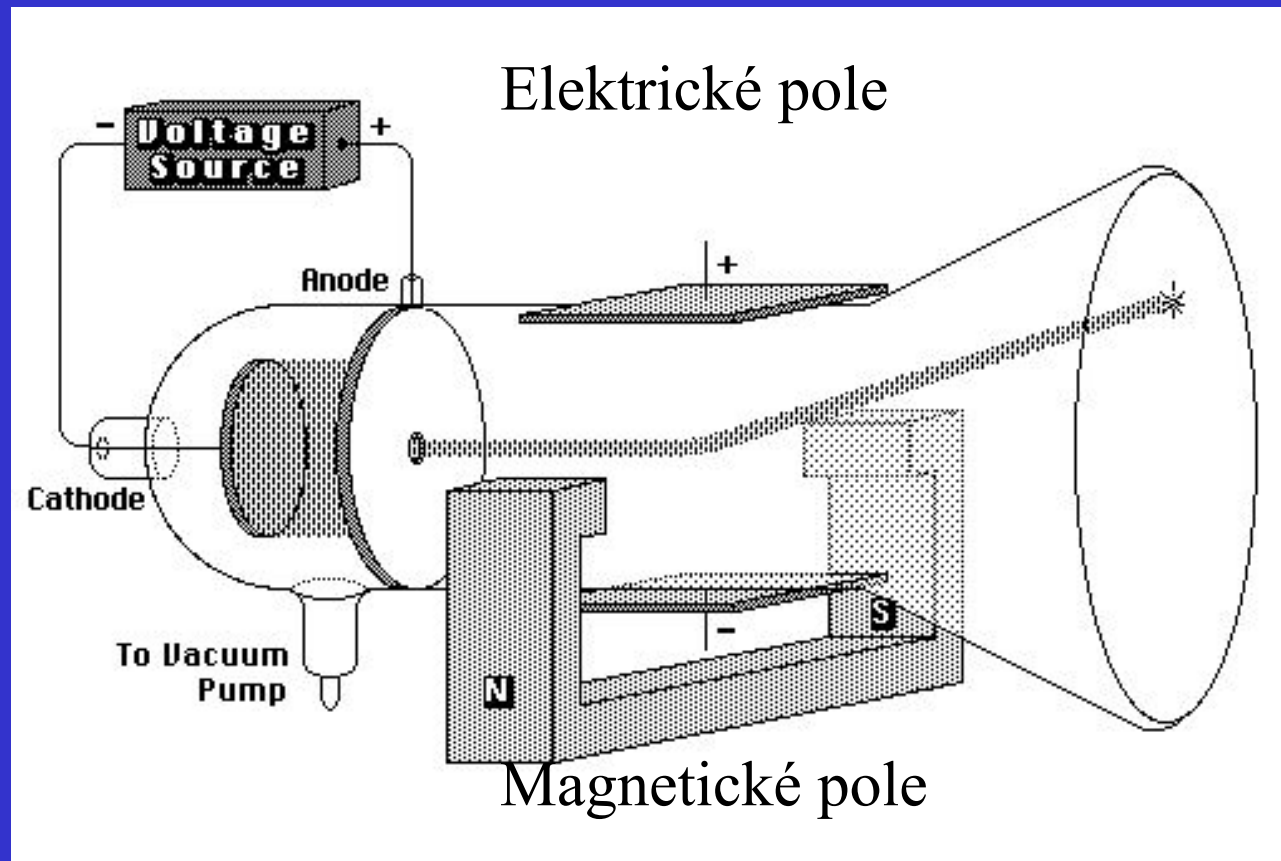
# Katodové paprsky



**Specifický náboj**

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

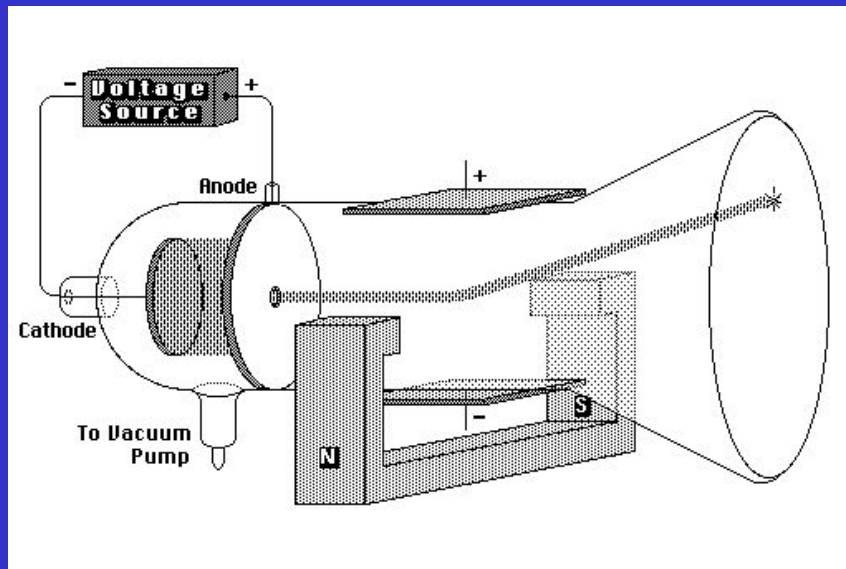
# Katodové paprsky



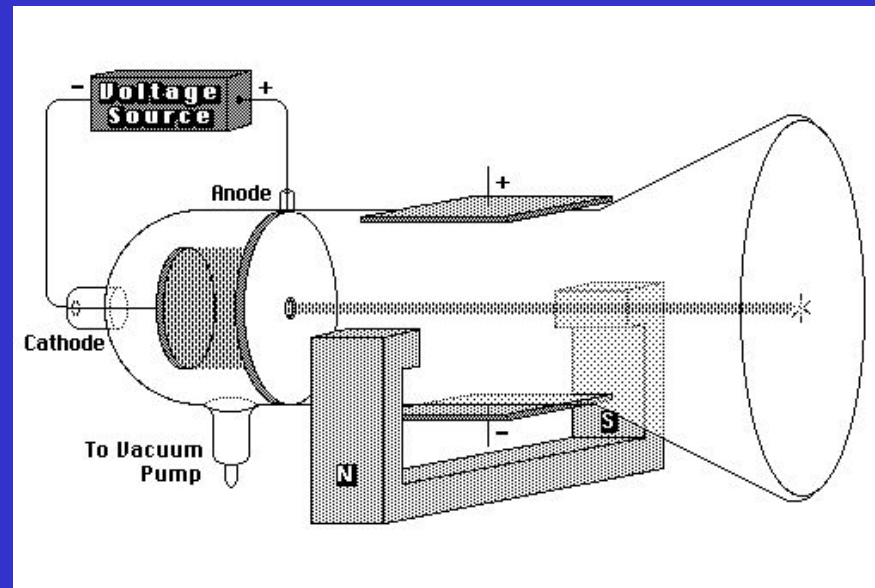
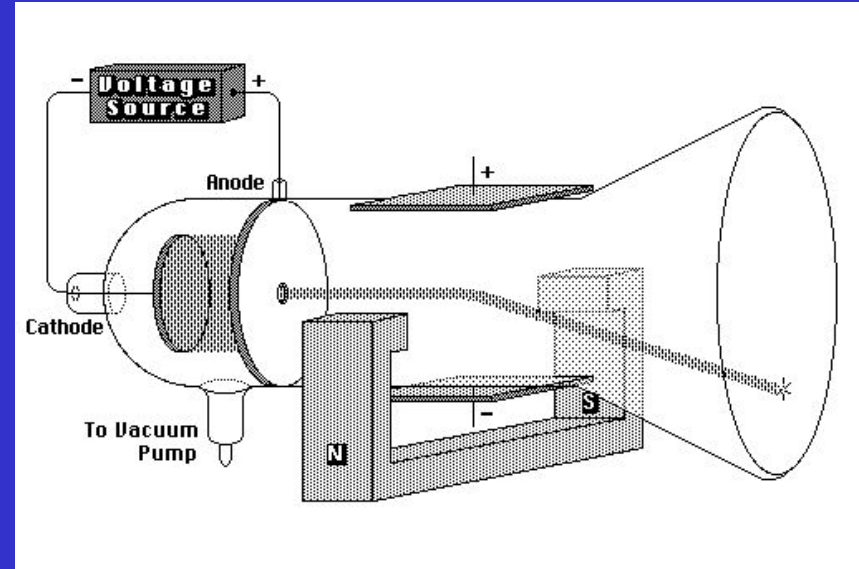
Specifický náboj

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

## Elektrické pole



## Magnetické pole



# Thomsonův model atomu

Elektrony

Kladný náboj rozptýlený

