

Atomová fyzika - literatura

Literatura:

D.Halliday, R. Resnick, J. Walker: Fyzika (Část 5: Moderní fyzika),

I. Úlehla, M. Suk, Z. Trnka: Atomy, jádra, částice, Akademia, Praha, 1990.

A. Beiser: Úvod do moderní fyziky, Academia, Praha, 1975.

L. Machala: Cvičení atomové a jaderné fyziky, Vydavatel.UP, Olomouc, 2006.

M. Chown: Čarodějná pec, Praha, 2005.

T. Hey, P. Walters: Nový kvantový vesmír, ARGO/Dokořán, Praha, 2005.

E.V. Špolskij: Atomová fyzika, TVV 1952

Historické mezníky

- **Leukipos ,Demokritos** (*470 př.n.l.) „**Může být látka dělena do nekonečna?**“
Pojem **ATOM**. Existují pouze atomy a prázdno. Přejít od předpokladu spojitě látky ke strukturované látce.
- **KTL:**
$$\bar{p} = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m v^2$$
- **Bernoulli Daniel** (1700- 82) – aplikoval Newtonovy pohybové zákony na pohyb atomů plynu a dospěl k **měřitelné makroskopické veličině „tlak plynu“**
- **Proust Joseph L.** (1754-1826) **Zákon stálých poměrů slučovacích:** „Poměry hmotností prvků vstupujících do sloučeniny jsou stálé“: **$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$** .
(Hmotn.poměr prvků sloučeniny je nezávislý na přípravě sloučeniny)
- **Dalton John (1802) - Zákon násobných poměrů slučovacích:** „Tvoří-li prvky více sloučenin, pak jejich hmotnosti jsou vzájemně v poměrech, které lze vyjádřit malými celými čísly.
- **Mendělejev Dimitrij Ivanovič** (1834-1907) – periodický systém
- **Brownův pohyb** – objevil Brown Robert (1773-1858) v roce 1827, vysvětlil Einstein Albert (1879-1955) v roce 1905
- **Skenovací tunelový mikroskop** – 1978, 1986
- **Existence diskrétní struktury látky je dnes experimentálně potvrzena.**

Zákony zachování

- hmotnosti – Lomonosov (1748), Lavoisier (1774)

Hmotnost všech látek do reakce vstupujících je rovna hmotnosti všech reakčních produktů.

- energie – Lomonosov (1748), Mayer (1842)

Energie izolované soustavy je konstantní a nezávislá na změnách v ní probíhajících.

- zákon zachování **hmotnosti**★
- zákon zachování energie;
- zákon stálých poměrů slučovacích;
- zákon násobných poměrů slučovacích;
- zákon stálých poměrů objemových;
- zákon Avogadrův.

Zákon stálých slučovacích poměrů

- Proust (1799), Dalton (1803)

Daná sloučenina vždy obsahuje přesně stejná relativní hmotnostní množství prvků, ze kterých se skládá. Nezáleží na způsobu vzniku nebo postupu přípravy.

- 1 g Mg se vždy sloučí s 0,658 g O₂ na MgO (1 : 0,658)
- poměr hmotnosti S : Hg v HgS je vždy 1 : 6,256 (nadbytek S nebo Hg zůstane vždy nezreagovaný)

Zákon násobných slučovacích poměrů

- Dalton (1803)

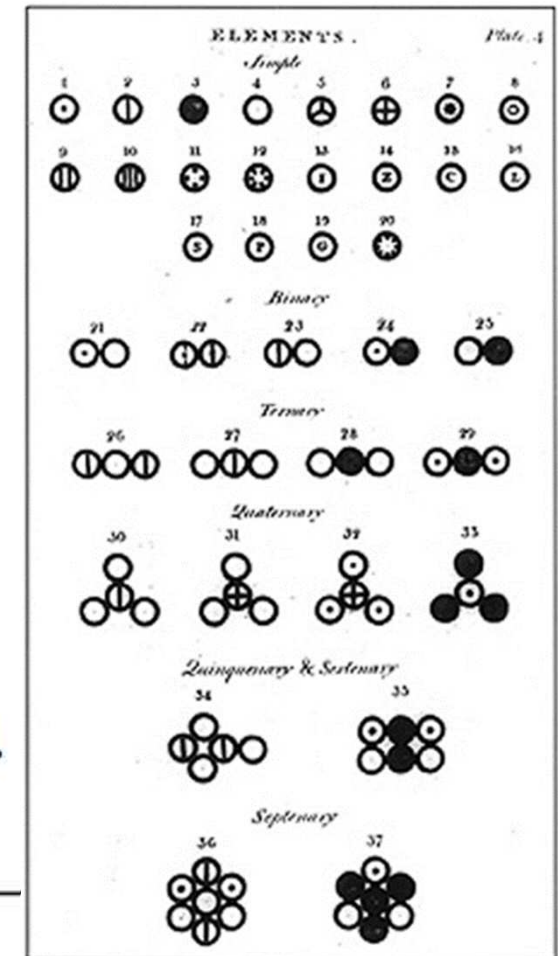
N₂O
NO
N₂O₃
NO₂
N₂O₅

Tvoří-li spolu dva prvky více sloučenin, jsou hmotnosti jednoho prvku, připadající na určitou neměnnou hmotnost druhého prvku, k sobě v poměru malých celých čísel.

- H₂O $m(\text{H}) : m(\text{O}) = 1 : 7,9362$
- H₂O₂ $m(\text{H}) : m(\text{O}) = 1 : 15,8724$ } $7,9362 : 15,8724 = 1 : 2$

Daltonova atomová teorie (1808)

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



* neplatí pro jaderné přeměny

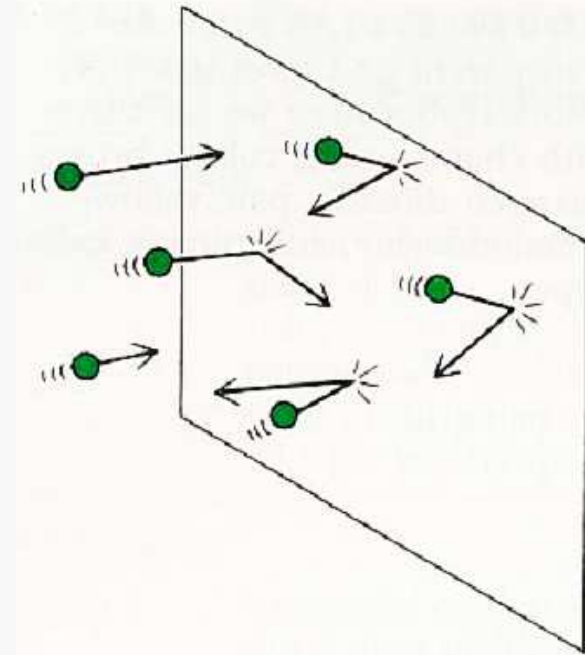
** neplatí pro izotopy

*** neplatí pro izobary

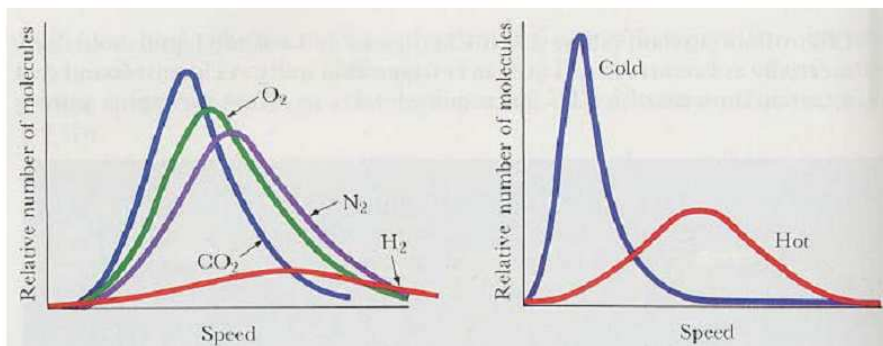
Kinetická teorie plynu

- plyn je souborem molekul v nepřetržitém náhodném pohybu
- molekuly jsou nekonečně malé bodové částice, které se pohybují po přímce, dokud nedojde ke kolizi
- molekuly se vzájemně neovlivňují s výjimkou srážek

$$p = \frac{F}{S} = \frac{2N_A m n \langle v^2 \rangle}{6a^3} = \frac{N_A m n \langle v^2 \rangle}{3V}$$



Maxwellovo-Boltzmannovo rozdělení molekul



$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

střední kvadratická rychlost

$$f(v) = \sqrt{\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^3} 4\pi v^2 e^{\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right)}$$

Avogadrův zákon

Stejné objemy všech plynů obsahují za stejného tlaku a teploty vždy stejný počet molekul.

Poměr hustot dvou plynů je tedy za stejné teploty a tlaku stejný jako poměr hmotností jejich molekul.

Loschmidtova konstanta

$$n_0 = \frac{p_0 N_A}{RT_0}$$

$$n_0 = 2.68 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$V_0 = 22.41 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

Avogadrova konstanta N_A představuje je celkový počet atomů v 12 gramech nuklidu uhlíku

$$N_A = (6.022045 \pm 0.000005) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Shrnutí

Všechny látky se skládají z velmi malých, nedělitelných částic - atomů. Atomy téhož prvku jsou stejné, atomy různých prvků jsou různé a liší se svými vlastnostmi.

Během chemické reakce nastává vzájemné spojování, oddělování a přeskupování atomů. Během chemické reakce atomy nevznikají, nezanikají a nemění se na atomy jiného prvku.

Hmota má atomovou a molekulovou stavbu

Poměrná atomová hmotnost

$$m \in (10^{-27}, 10^{-25}) \text{ kg}$$

- Volba referenčního prvku \rightarrow systém poměrných atomových hmotností

$$1HJ = \frac{1}{16} m_{\left({}^{16}_8\text{O}\right)}$$

amu -chem. aktivita, velké množství sloučenin -přírodní směs nuklidů kyslíku

O

Unifikace od r.1961

Uhlík
 ${}^{12}_6\text{C}$

$$1u = 1.66044 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1u = 1amu = \frac{1}{12} m_{\left({}^{12}_6\text{C}\right)}$$

$1u \cong$ hmotnosti atomu vodíku

Koncepce molu - určité množství entit - 1 mol C(12,6) = 12g

Látkové množství umožňuje vyjadřovat množství látky pomocí počtu částic. Jednotkou je mol.

Jeden mol je látkové množství vzorku, který obsahuje tolik částic (atomů, molekul, iontů - je třeba uvést), kolik atomů je obsaženo ve vzorku nuklidu ^{12}C , jehož hmotnost je přesně 12 g.

Číselná hodnota hmotnosti 1 molu látky (vyjádřená v gramech) je rovna relativní molekul. či atomové hmotnosti této látky.

$$N_A = (6.022045 \pm 0.000005) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$n = 2.68 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$V_0 = 22.41 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

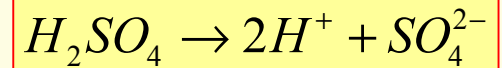
$$1u = (1.660565 \cdot 10^{-27} \pm 0.000005) \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 931.478 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

Hmotnostní číslo atomu – přirozené číslo blízké k relat. atomovému číslu A_{rel}

$A = n + p$ v jadře

Avogadrova konstanta a Elektrolýza

Elektrolýza – chemický rozklad látky el. proudem



El. proud vzniká pohybom iontů.

1. Množství látky vyložené na elektrodě závisí jen na množství prošlého náboje

$$n \approx Q$$

2. Na vylovení 1 molu jednovalentního prvku je potřeba náboj $F=96\,485\text{ C}$ (Faradayova konstanta)

Potřeba znát e – viz Milikan

$$N_A = \frac{F}{e}$$

počet iontů

$$m = \frac{It}{ve} \cdot \frac{M}{N_A}$$

hmotnost iontu

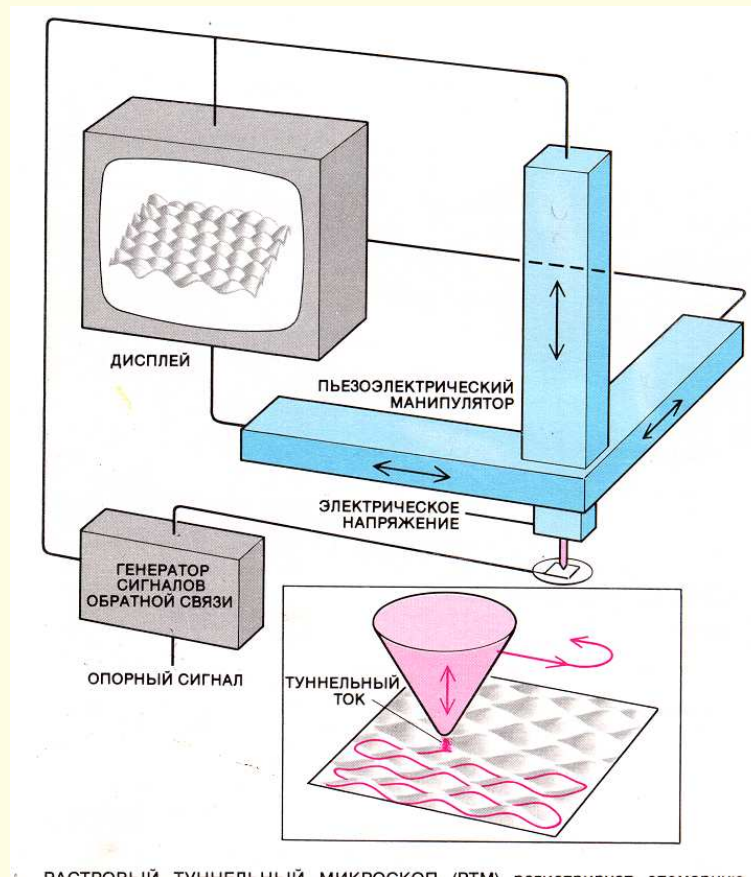
Časový vývoj hodnot Avogadrovy konstanty. Rozsáhlejší tabulku hodnot u měření před rokem 2001 lze naléznout v cit.⁶. V české literatuře lze detailnější poučení o metodách stanovení Avogadrovy konstanty nalézt v cit.⁷

Rok	Autor	N_{av} [mol ⁻¹]	Metoda
1865	Loschmidt	$4,1 \cdot 10^{22}$	kinetická teorie plynů, měření viskozity
1873	Maxwell	$4,2 \cdot 10^{23}$	kinetická teorie plynů
1890	Röntgen	$7 \cdot 10^{23}$	povrchové filmy
1890	Rayleigh	$6,08 \cdot 10^{23}$	povrchové filmy
1901	Max Planck	$6,16 \cdot 10^{23}$	záření černého tělesa, R/k_B
1908	Perrin	$7,15 \cdot 10^{23}$	difúze brownovských částic
1908	Perrin	$7,05 \cdot 10^{23}$	sedimentace brownovských částic
1909	Rutherford, Boltwood	$6,1 \cdot 10^{23}$	alfa rozpad, měření objemu helia
1917	Milliken	$6,064 \cdot 10^{23}$	měření náboje elektronu, F/e
1924	Nouy	$6,004 \cdot 10^{23}$	povrchové filmy
1929	Birge	$6,0644 \cdot 10^{23}$	RTG difrakce
1931	Bearden	$6,019 \cdot 10^{23}$	RTG difrakce
1941	Birge	$6,02283 \cdot 10^{23}$	RTG difrakce
1965	Bearden	$6,022088 \cdot 10^{23}$	XRCD
1974	Deslattes	$6,0220943 \cdot 10^{23}$	XRCD
1987	Deslattes	$6,022134 \cdot 10^{23}$	XRCD
2001	Bièvre	$6,0221339 \cdot 10^{23}$	XRCD
2007	NIST, Steiner	$6,022\,139\,78 \cdot 10^{23}$	měření h
2011	Projekt Avogadro, Andreas	$6,02214078 \cdot 10^{23}$	XRCD
2012	NPL, Robinson	$6,022\,139\,78 \cdot 10^{23}$	měření h
2011	METAS, Eichenberger	$6,02214172 \cdot 10^{23}$	měření h
2012	NRC, Steele	$6,02214033 \cdot 10^{23}$	měření h
2012	NRC, Steele	$6,02214033 \cdot 10^{23}$	korigovaná XRCD

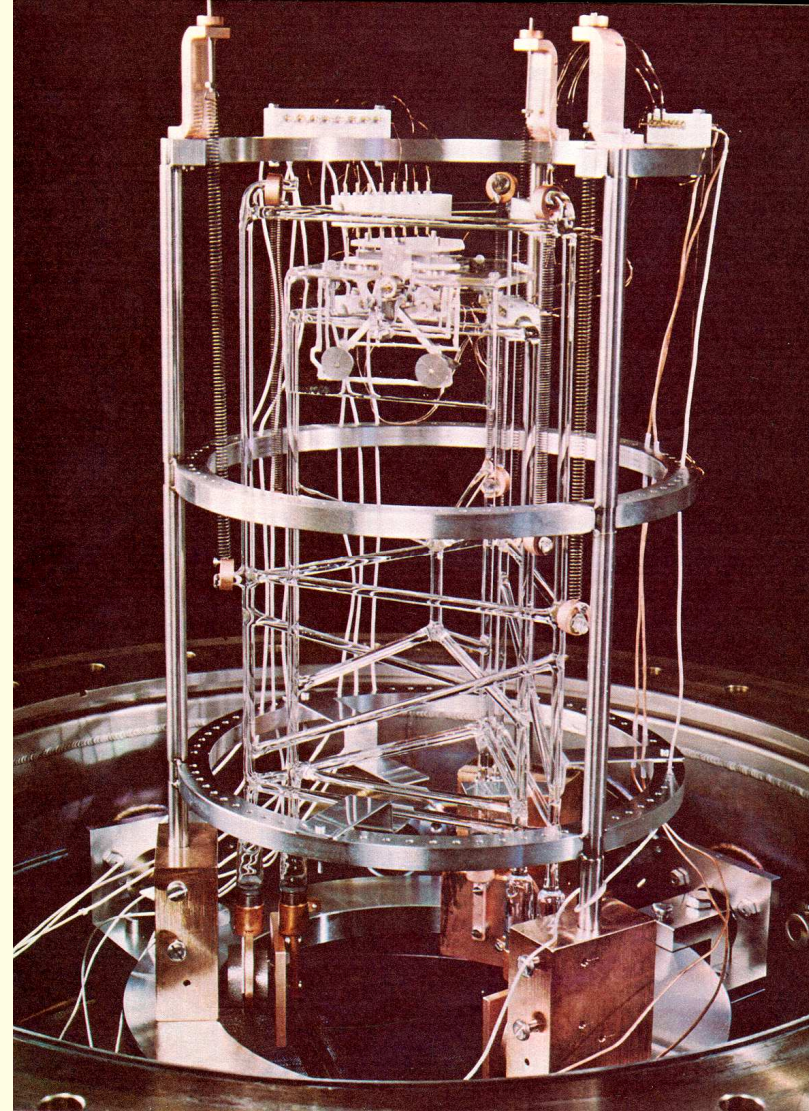
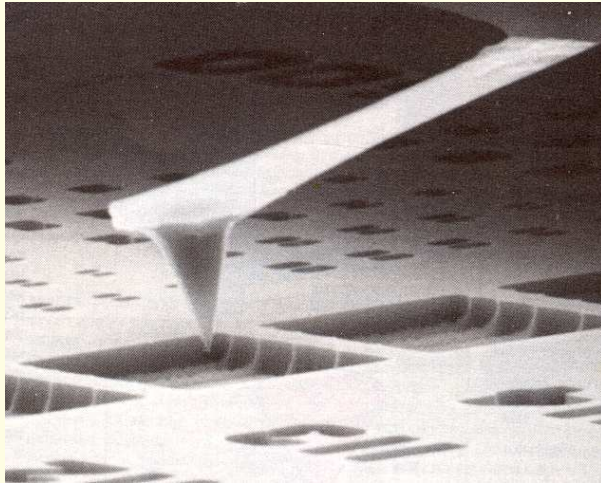
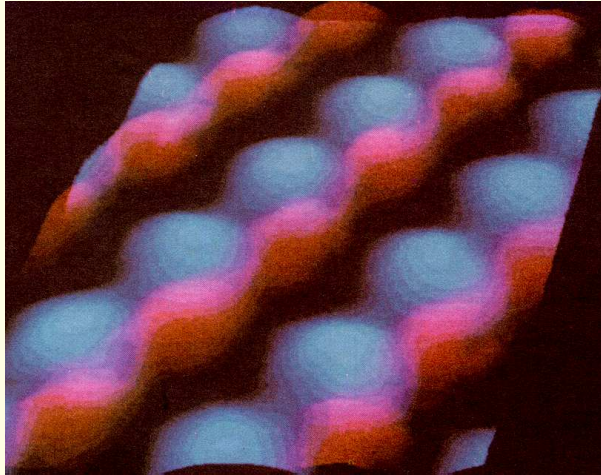
Zobrazení atomů

V roce 1986 obdrželi polovinu Nobelovy ceny za fyziku dva pracovníci curyšských výzkumných laboratoří firmy IBM, pánové

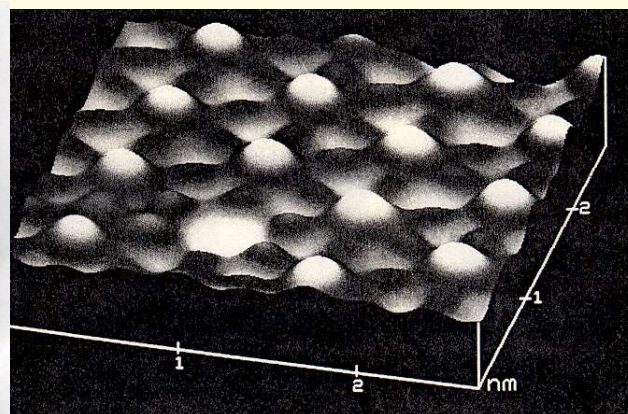
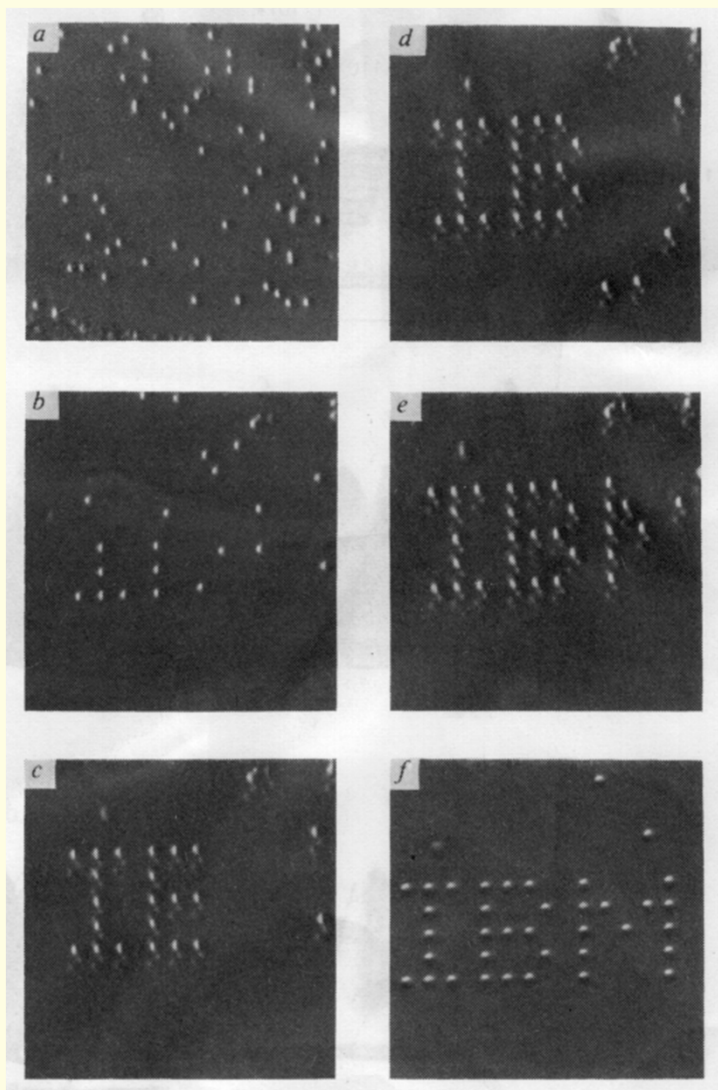
Gerd Binnig a Heinrich Rohrer



První tunelový mikroskop

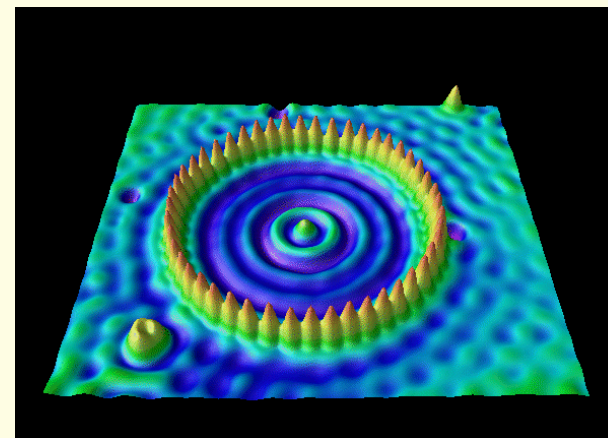


Příklady použití rastrového tunelového mikroskopu



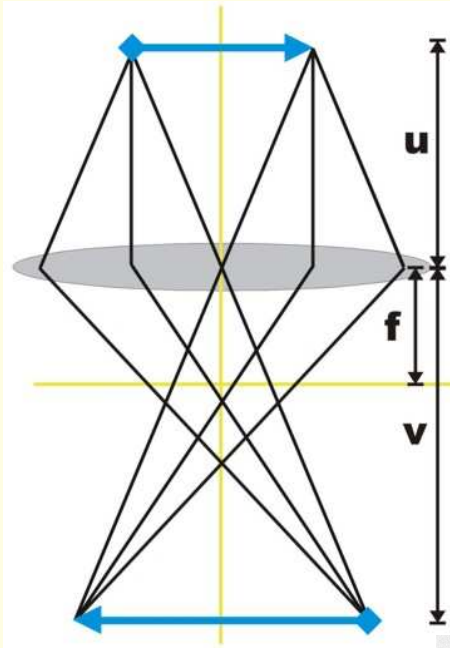
Atomy jódu na povrchu krystalu platiny

Manipulace s atomy



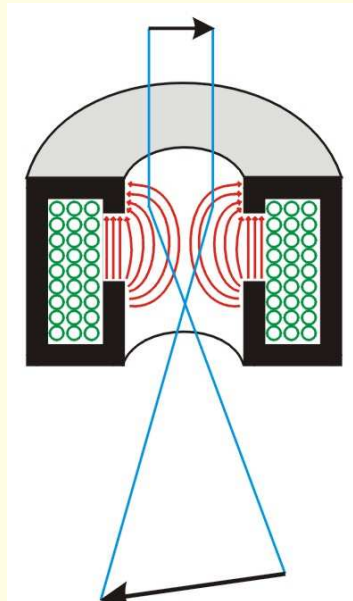
Elektronový mikroskop

Optická soustava

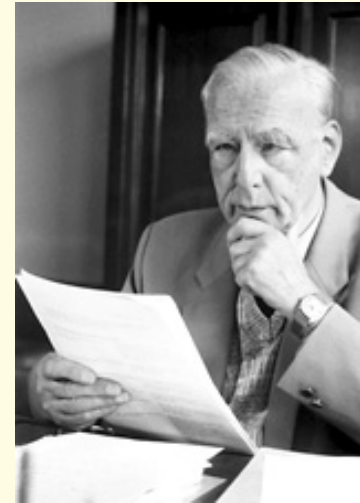
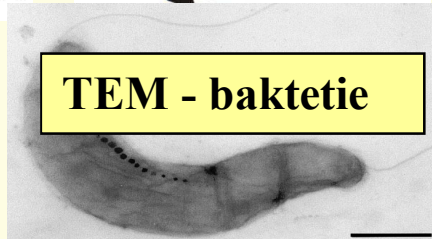


$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

Magnetické čočky

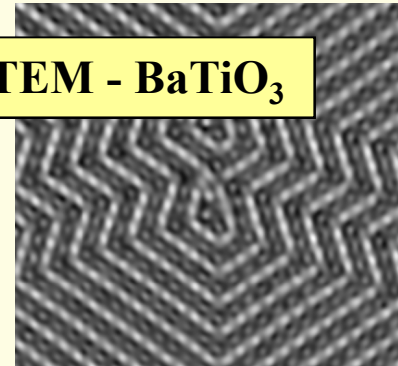


TEM - bakterie



Ernst Ruska

HRTEM - BaTiO₃



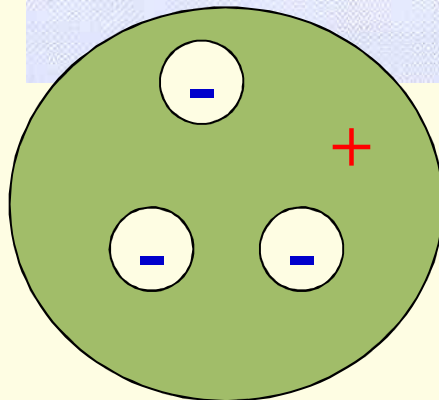
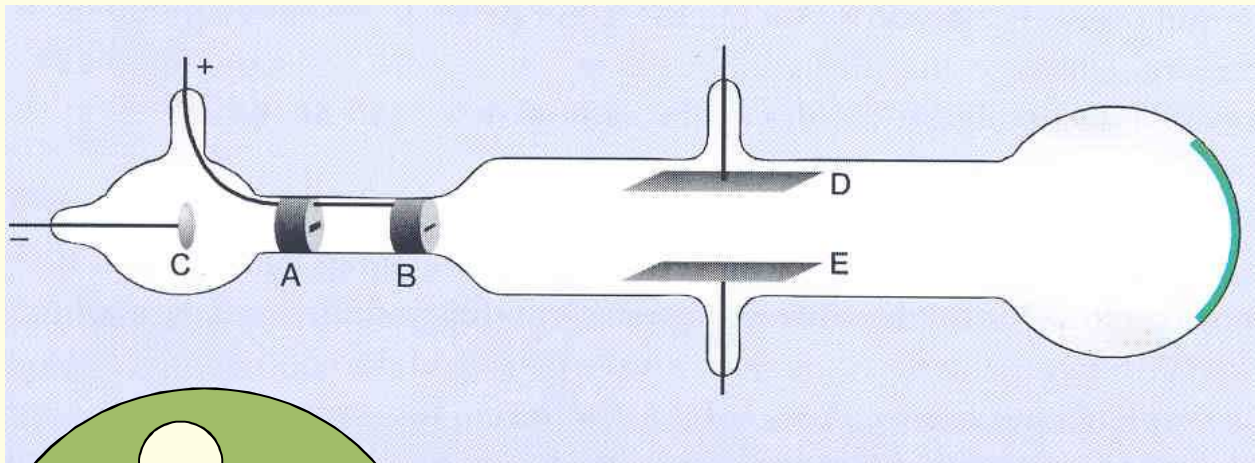
De Broglie vlna: elektron se chová jako vlnění

vlnová délka elektronu (**200 keV – 6 pm**) je kratší jako vlnová délka světla (**550 nm**)

Historické mezníky

- **Atom** – nejmenší část chemického prvku, je stavebním kamenem molekuly, je elektricky neutrální
rozměr $10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm} = 1 \text{ \AA}$
hmotnost $10^{-27} - 10^{-25} \text{ kg}$
- **Narušení představy o nedělitelnosti atomu** - Faradayovy zákony vedení proudu v elektrolytech, náboj se přenáší ionty: kladnými – kationty, zápornými – anionty, elementární náboj $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- **Thomson Joseph John** (1856-1940) – objev katodových paprsků, pudinkový model atomu
- **Millikan Robert Andrews** (1868-1953) – změřil elementární náboj, elektron: $e \sim 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e \sim 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
elektron – první „elementární částice“

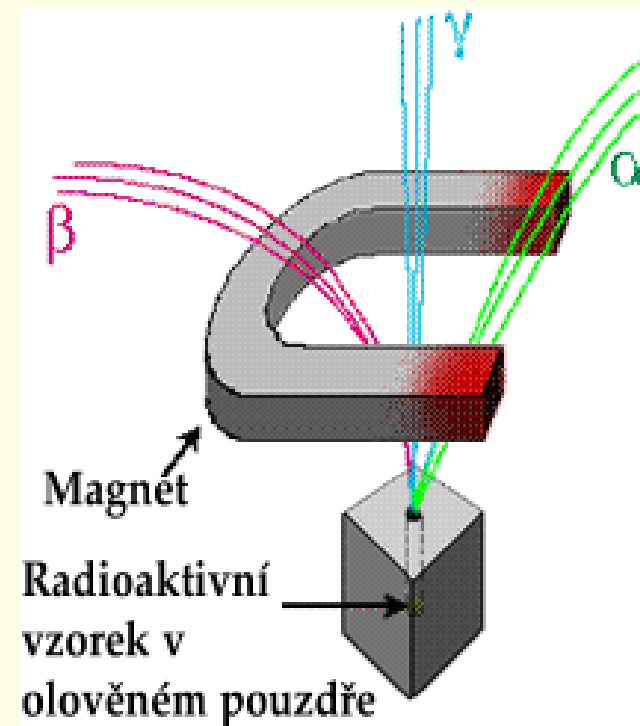
Sir Joseph John Thomson
(18. prosince 1856 – 30. srpna 1940)
Nobelovu cenu získal v roce 1906 za teoretické
a experimentální výzkumy elektrické vodivosti
plynů.



Pudinkový model atomu: atom má kulový
Tvar s rovnoměrným objemovým rozložením
Kladného náboje, v němž „plavou“ elektrony

Historické mezníky

- **Přirozená radioaktivita – Bequerel Antoine Henri (1852-1908) a Rutherford Ernest (1871-1937): záření alfa, beta a gama, Marie a Pierre Curieovi**



Wilhelm Conrad Röntgen

(27. března 1845 – 10. února 1923)

**Nobelovu cenu získal v roce 1901 za objev
paprsků X.**

