

Fyzika pro chemiky

Adam Jaroš

Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy

ZS 2024/2025



PEDAGOGICKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova

- 1 Veličiny a jednotky
- 2 Mechanika
- 3 Termodynamika
- 4 Elektromagnetismus
- 5 Relativita a kvantová mechanika

- 1 Veličiny a jednotky
- 2 Mechanika
- 3 Termodynamika
- 4 Elektromagnetismus
- 5 Relativita a kvantová mechanika

Fyzikální veličiny

- Fyzikálními veličinami charakterizujeme a popisujeme
 - Vlastnosti fyzikálních objektů
 - Parametry stavů (stavové veličiny)
 - Parametry dějů a procesů (dějové veličiny)
- Hodnota fyzikální veličiny
 - $X = \{X\}[X]$
 X – veličina
 $\{X\}$ – hodnota
 $[X]$ – jednotka
- Dělení veličin
 - Skalární
Veličina je zcela určená hodnotou a jednotkou
 - Vektorové
Veličina je určená hodnotou, jednotkou a směrem
 \vec{X}

Jednotky

- Mezinárodní systém jednotek SI

Fyzikální veličina	Značka	Jednotka	Značka
Délka	l	metr	m
Hmotnost	m	kilogram	kg
Čas	t	sekunda	s
Elektrický proud	I	ampér	A
Termodynamická teplota	T	Kelvin	K
Látkové množství	n	mol	mol
Svítilivost	I	kandela	cd

Převody jednotek

- Předpony

10^n	Předpona	Značka	Název
10^{12}	tera	T	bilion
10^9	giga	G	miliarda
10^6	mega	M	milion
10^3	kilo	k	tisíc
10^2	hekto	h	sto
10^1	deka	da	deset
10^{-1}	deci	d	desetina
10^{-2}	centi	c	setina
10^{-3}	mili	m	tisícina
10^{-6}	mikro	μ	miliontina
10^{-9}	nano	n	miliardtina
10^{-12}	piko	p	biliontina

Převody jednotek

- Převody jednotek

$$1 \text{ m} = 1 \times 10^3 \text{ mm}$$

- Převody vícerozměrných jednotek

$$1 \text{ m}^2 = 1 \times 10^3 10^3 = 1 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ m}^3 = 1 \times 10^3 10^3 10^3 = 1 \times 10^9 \text{ mm}^3$$

- 1 Veličiny a jednotky
- 2 **Mechanika**
- 3 Termodynamika
- 4 Elektromagnetismus
- 5 Relativita a kvantová mechanika

Kinematika

- Rychlost
 $\vec{v} = \frac{ds}{dt}[\text{m s}^{-1}]$
- Zrychlení
 $\vec{a} = \frac{dv}{dt}[\text{m s}^{-2}]$
- Hybnost
 $\vec{p} = m\vec{v}[\text{kg m s}^{-1}]$
- V makroskopickém světě popisujeme pohyb těles
- V mikroskopickém světě popisujeme pohyb částic

Kinematika

- Pohyb po kružnici
 - Periodický pohyb (opakuje se)
 - Charakterizován periodou, frekvencí, okamžitou rychlostí a dostředivým zrychlením
 $T, f(\nu), \vec{v}, \vec{a}$

- Frekvence
 $f(\nu) = \frac{1}{T} = [\text{s}^{-1} = \text{Hz}]$

Dynamika

- Síla
$$\vec{F} = m\vec{a} = \frac{dp}{dt} [\text{kg m s}^{-2} = \text{N}]$$
 - Síly působí na dálku pomocí polí
 - V mikroskopickém světě používáme pohybové síly, silné a slabé jaderné síly a elektromagnetickou sílu
 - Síla je vektorová veličina, takže síly lze vektorově skládat
- Newtonovy pohybové zákony
 1. Setrvačnost
 2. Síla
 3. Akce a reakce

Energie a práce

- Mechanická práce

$$W = \vec{F}\vec{s} \text{ [N m = J]}$$

- Práci koná síla působící na těleso přemístováním po trajektorii
- Práce je dějová veličina

- Mechanická energie

$$E[\text{J}]$$

- Energie je skalární a stavová veličina
- Změna energie odpovídá vykonané práci

$$\Delta E = W$$

Energie

- Zákon zachování energie – celková energie izolované soustavy je konstantní
→ mění se pouze forma energie

- Kinetická (pohybová) energie

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$$

- Popisuje pohyb

- Potenciální (polohová) energie – gravitační, pružnosti

$$E_p = mgh$$

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

- Popisuje potenciál k pohybu

Harmonický oscilátor

- Harmonické kmitání je periodický pohyb popsatelný funkcemi \sin a \cos

- Frekvence kmitání

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

- Neustálé přeměny kinetické a potenciální energie

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

Mechanické vlnění

- Kmitání šířící se látkovým prostředím
- Pohyb charakterizuje vlna o vlnové délce a amplitudě
$$\lambda = \frac{v}{f}$$
- Interference vlnění
 - Složením vln o stejné fázi roste amplituda
 - Složením vln o rozdílné fázi klesá amplituda
- Vlnění lze odrazit, lomit nebo ohnout (difrakce)
- Dopplerův jev – změna frekvence při pohybu zdroje vlnění

Kapaliny a plyny

- Kapaliny i plyny mohou téct – tekutiny
- Ideální kapalina – dokonale tekutá, naprosto nestlačitelná, bez vnitřního tření
- Ideální plyn – dokonale tekutý, dokonale stlačitelný, bez vnitřního tření
 - Částice mají nulový objem
 - Částice spolu neinteragují
- Charakterizujeme je tlakem a objemem

- 1 Veličiny a jednotky
- 2 Mechanika
- 3 Termodynamika**
- 4 Elektromagnetismus
- 5 Relativita a kvantová mechanika

Teplota

- Termodynamická teplota
 $T[\text{K}]$
 - Teplota je stavová veličina
- Termodynamická stupnice je referencovaná na trojný bod vody
 $T_t = 273.16 \text{ K} = 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$
 $p_t = 611.657 \text{ Pa}$
- Teplota dvou těles v kontaktu se vyrovnává
- Při teplotě absolutní nuly ustává tepelný pohyb

Teplo

- Teplo

$Q[\text{J}]$

- Teplo je dějová veličina (stejně jako práce)
- Teplo se přenáší zářením nebo prouděním

- Tepelná kapacita

$$c = \frac{Q}{\Delta T} [\text{J K}^{-1}]$$

- Tepelná kapacita popisuje změnu teploty tělesa v závislosti na přijatém teple

- Měrná tepelná kapacita – závisí také na hmotnosti

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} [\text{J K}^{-1} \text{kg}^{-1}]$$

- Molární tepelná kapacita – závisí také na látkovém množství

$$c = \frac{Q}{n\Delta T} [\text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}]$$

Termodynamika

- Termodynamická soustava
 - Skupina objektů oddělených od okolí
 - Otevřená, uzavřená, izolovaná
- Vnitřní energie soustavy
 $U[\text{J}]$
 - Souhrn všech energií v soustavě
 - Vnitřní energie je stavová veličina

- První termodynamický zákon

$$\Delta U = W + Q$$

- Druhý termodynamický zákon

$$\Delta S \geq \frac{\Delta Q}{T}$$

$$\Delta S \geq 0$$

- Třetí termodynamický zákon

$$S = k_B \ln \omega$$

Kinetická teorie látek

- Látka je složená z částic (atomů, molekul, ionů)
- Částice látky se neustále pohybují – tepelný pohyb
- Kinetická energie částic souvisí s teplotou soustavy
$$E_k = \frac{3}{2}k_B T$$
- Částice na sebe působí přitažlivými a odpuzivými silami

Struktura a skupenství látek

- Pevné látky (s)
 - Stálý tvar a objem, částice jsou uspořádané a blízko
- Kapaliny (l)
 - Tvar nádoby, stálý objem, částice jsou částečně uspořádané
- Plyny (g)
 - Tvar nádoby, objem nádoby, částice jsou neuspořádané

Změny skupenství

- Tání a tuhnutí
- Sublimace a desublimace
- Vypařování a kapalnění
- Skupenské přeměny jsou spojeny se změnou stavu soustavy a výměnou tepla
- Fázové diagramy graficky znázorňují závislosti mezi veličinami

- 1 Veličiny a jednotky
- 2 Mechanika
- 3 Termodynamika
- 4 Elektromagnetismus**
- 5 Relativita a kvantová mechanika

Elektrostatika

- Náboj

$$Q[\text{C}]$$

- Náboj je skalární veličina

- Elektrická síla

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{|Q_1||Q_2|}{r^2}$$

- Intenzita elektrického pole

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$$

- Intenzita popisuje sílu působící na náboj v elektrickém poli

- Elektrický potenciál

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} [\text{V}]$$

- Elektrické napětí

$$U = \varphi_A - \varphi_B [\text{V}]$$

Hmota v elektrickém poli

- Vodič má "volné elektrony", nabité částice
- Elektrostatická indukce – Ve vodiči lze indukovat elektrický náboj
- Nevodič nemá "volné elektrony", nabité částice
- Atomy/molekuly nevodiče lze polarizovat
- Elektrický proud
$$I = \frac{dQ}{dt} [\text{C s}^{-1} = \text{A}]$$
- Elektrický odpor
$$R = \frac{U}{I} [\Omega]$$
- Elektrická vodivost
$$\sigma = \frac{I}{U} = \frac{1}{R} [\text{S}]$$

Proud

- Stejnoseměrný proud
- Náboj teče jedním směrem
- Střídavý proud
- Náboj osciluje (kmitavý pohyb, vlny)

Magnetismus

- Magnetická indukce
$$\vec{B} = \frac{F}{l}[\text{T}]$$
- V makroskopickém světě jsou zdrojem magnety
- Pohybující se elektrický náboj generuje magnetické pole
- Částice mohou nést magnetický moment (být zdrojem)
- Elektromagnetická indukce – generace proudu ve vodiči magnetickým polem
- Feromagnetické, paramagnetické, diamagnetické látky
 - Makroskopické vlastnosti lze vysvětlit mikroskopickou strukturou (duh)

Elektromagnetické záření

- Šíření elektromagnetického pole prostorem
- Ve vakuu se šíří rychlostí světla
$$\lambda = \frac{c}{f}$$
- Elektromagnetické spektrum
 - Dělení záření dle frekvencí/vlnových délek
Radiové vlny, mikrovlny, IR, světlo, UV, RTG, gama
- Elektromagnetická vlna se chová jako mechanická vlna
- Elektromagnetickou vlnu lze polarizovat

- 1 Veličiny a jednotky
- 2 Mechanika
- 3 Termodynamika
- 4 Elektromagnetismus
- 5 Relativita a kvantová mechanika**

Speciální teorie relativity

- Rychlost světla ve vakuu má konstantní rychlost
- Ve všech inerciálních soustavách platí stejné fyzikální zákony
- Rychlost světla ve vakuu je maximální dosažitelná rychlost
- Limit maximální rychlosti limituje další veličiny
 - Dilatace času
 - Kontrakce délky
 - Zvýšení hmotnosti

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = mc^2$$

- Změna hmotnosti částice implikuje změnu kinetické energie

Selhání klasické fyziky

- Záření černého tělesa – kvantování energie
- Fotoelektrický jev – kvantování energie
- Planckův vztah
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$
- Vlnově částicová dualita elektromagnetického záření
- Vlnově částicová dualita elektronů
- De Broglieho vztah
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$
- Kvantové tunelování

Kvantová mechanika

- Maticová formulace (1925) – Heisenberg
- Vlnová formulace (1926) – Schrödinger
 $\hat{H}\psi = E\psi$
- Dráhově-integrovaná formulace (1948) – Feynman
- 1. postulát kvantové mechaniky
 - Vlnová funkce obsahuje všechny informace o systému
- Heisenbergův princip neurčitosti
 $\sigma_x\sigma_p \geq \hbar$

Kvantově-relativistická mechanika

- Sternův-Gerlachův experiment – spin (magnetický moment)
- Spojením speciální teorie relativity a kvantové mechaniky získáváme kompletní popis mikrosvěta
- Kvantově-relativistická teorie (1928) – Dirac
- Z teorie vyplývá spin i antičástice