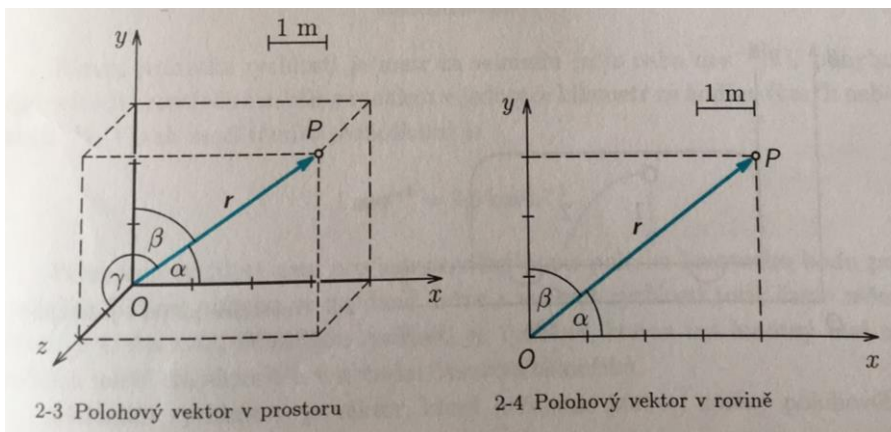
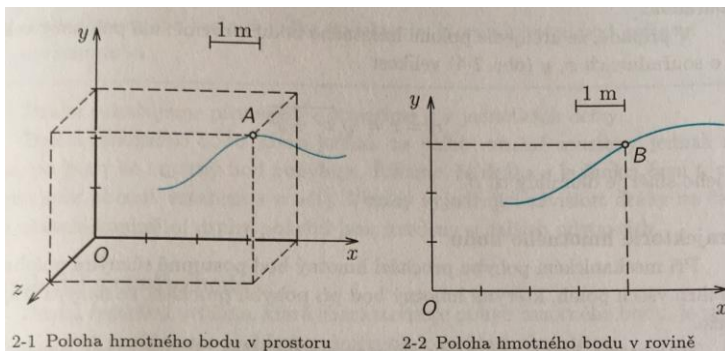


1. Kinematika pohybu hmotného bodu

- Hmotný bod
 - = ve vhodných případech tělesa nahrazujeme body, u kterých se zachovává jejich hmotnost... zanedbáváme tak rozměry tělesa

Poloha hmotného bodu

1. **vztažný bod** - bod, vůči kterému pohyb popisujeme (pokud je jich víc, musejí být vůči sobě v klidu)
2. **vztažná soustava** - vztahujeme k ní pohyb nebo klid sledovaného tělesa, tvoří ji vztažný bod a souřadnicový systém (obvykle se volí povrch Země nebo tělesa s ním pevně spojená... pohyb auta vzhledem k budově, vlak ke krajině x stěny k vlaku)
3. **poloha hmotného bodu** - pomocí souřadnic vyjádřený vztah vůči vztažnému bodu



Polohový vektor \mathbf{r} = orientovaná úsečka; **souřadnice** jsou stejné jako souřadnice HB; **velikost** polohového vektoru je se rovná vzdálenosti HB od počátku 0; **směr** polohového vektoru určují úhly $\alpha\beta\gamma$, které polohový vektor svírá s osami souřadnic

$$|\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

• poloha hmotného bodu v rovině

a) **kartézský souřadnicový systém** = popis polohy hmotného bodu prostřednictvím souřadnic, které na souřadnicových osách (x; y; z) vytnou kolmé průměty HB

b) **polární souřadnicový systém** = popis polohy HB pomocí souřadnic, která představují r vzdálenost HB od vztažného bodu φ

φ = orientovaný úhel, který svírá spojnice HB a vztažného bodu se zvoleným směrem
- např. azimut

• poloha hmotného bodu v prostoru

a) kartézská s.

b) válcová s.

c) kulová s.

- např. zeměpisná šířka a délka

K vyjádření polohy se používá:

- **polohový vektor**- jeho počátek je ve vztažném bodu, konec v HB
pohyb = změna polohového vektoru
- **trajektorie**- křivka, po které se HB pohybuje (množina bodů)
podle trajektorie rozdělujeme pohyby na přímočaré a křivočaré
- **dráha**- délka trajektorie = s, kterou HB opíše za určitou dobu

• Rychlost

- hl. jednotka m/s... **1 m/s = 3,6 km/h**

Okamžitá rychlost →

- = změna polohového vektoru (Δr) za velice krátký časový okamžik Δt ; časová derivace polohového vektoru;
- vektorová veličina- její směr je tečný k trajektorii pohybu tělesa

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{r}(t) - \vec{r}(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

Průměrná rychlost v_p

- = hodnota rychlosti, kterou by HB musel stále udržovat, aby za stejnou celkovou dobu urazil stejnou celkovou dráhu
- získáme vydělením celkové dráhy pohybu celkovou dobou

$$\square \square = \frac{\square}{\square}$$

Podle stálosti velikosti rychlosti rozdělujeme pohyby na:

- a) rovnoměrné- rychlost má stále stejnou velikost, ale může měnit směr
- b) nerovnoměrné- velikost rychlosti se v průběhu pohybu mění

● Zrychlení

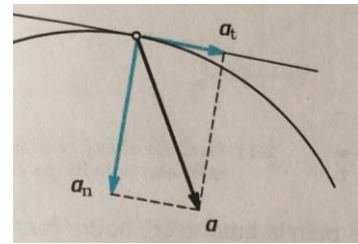
- = vektorová fyzikální veličina, vyjadřující změnu rychlosti za 1 s

→

- **ozn.:** a

jednotka: m/s²

směr: ke středu zakřivení trajektorie, dostředivý



$$\vec{a} = \frac{\vec{v}}{\square \square}$$

$$\square = \square_{\square} + \square_{\square}$$

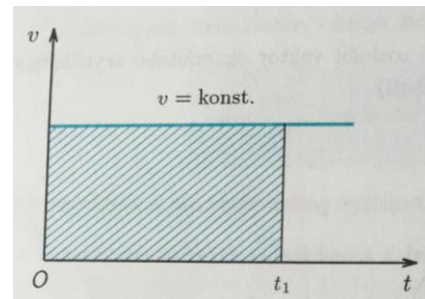
- **zrychlení tečné** a_t = má stejný směr jako v; vyjadřuje změnu velikosti rychlosti

- **zrychlení normálové** a_n = má směr kolmý k v; vyjadřuje změnu směru rychlosti

● Rovnoměrný přímočarý pohyb

- = velikost ani směr rychlosti se nemění (v= konst.)
- průměrná rychlost má stejnou hodnotu jako okamžitá
- zrychlení je nulové

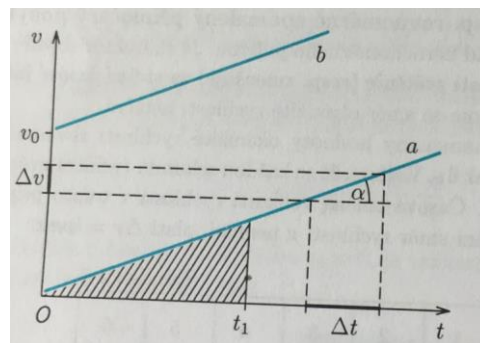
$$s = v \cdot t$$



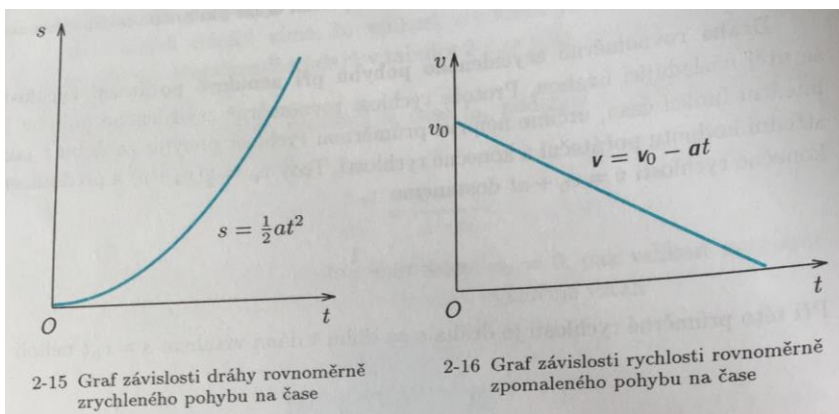
- Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb
- = ve stejných časových úsecích se velikost rychlosti zvětší o stejnou hodnotu, $a = \text{konst}$

$$v = v_0 + a \cdot t$$

- dráha RZPP je číselně rovna obsahu plochy pod grafem závislosti v na t



Pohyb rovnoměrně zrychlený	Pohyb rovnoměrně zpomalený
$v = v_0 + at$	$v = v_0 - at$
$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$	$s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$



- graf závislosti dráhy RZPP na čase - část paraboly

- Volný pád
- = druh RZPP, který vykonávají volně upuštěná tělesa ($v_0 = 0 \text{ m/s}$)
- všechna tělesa padají volně k zemi se stejným zrychlením \rightarrow **tíhovým zrychlením g** $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$v = g \cdot t$$

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

- **vektor tíhového zrychlení má svislý směr** vzhledem k zemskému povrchu

- Rovnoměrný pohyb po kružnici
- = rychlost má v každém okamžiku stále stejnou hodnotu, ale mění se její směr
- **poloha** se obvykle popisuje vůči středu kružnice (vztažný bod), prostřednictvím středového úhlu, který svírá průvodič (polohový vektor) HB s vyznačeným směrem

$$v = \frac{2 \cdot \square \cdot \square}{\square}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \square}{\square} \Rightarrow v = \omega \cdot r$$

$$a = \frac{\square^2}{\square} = \omega^2 \cdot r$$

- perioda T = doba, po kterou trvá 1 oběh kružnice
- frekvence f = počet oběhů kružnice, které se odehrávají za 1 s; Hz

- **rychlost**

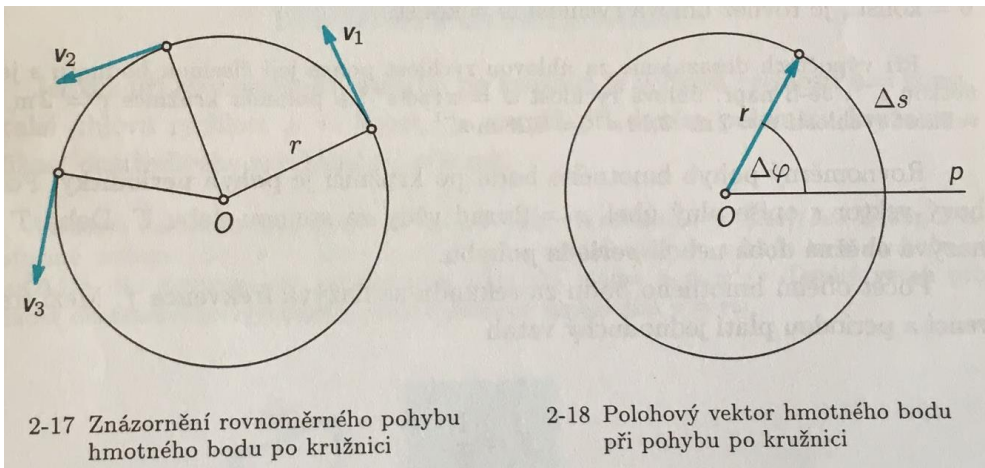
1. obvodová $\frac{2 \cdot \square \cdot \square}{\square}$

2. úhlová $\frac{2 \cdot \square}{\square}$ rad

- **zrychlení** při pohybu po kružnici má jen normálovou složku a_n

$$a = \frac{\square^2}{\square}$$

$$a_d = \frac{\square^2}{\square} = \omega^2 \cdot r$$



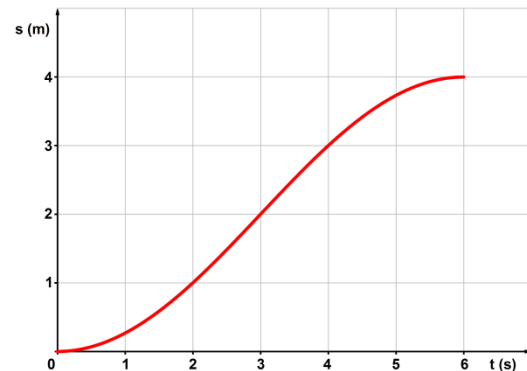
2-17 Znárodnění rovnoměrného pohybu hmotného bodu po kružnici

2-18 Polohový vektor hmotného bodu při pohybu po kružnici

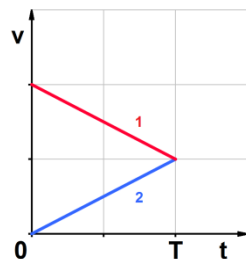
1. Kinematika hmotného bodu

Hmotný bod, vztažná soustava, polohový vektor, trajektorie, dráha, rychlost okamžitá a průměrná, závislost rychlosti a dráhy na čase, zrychlení tečné a normálové, pohyb přímočarý, křivočarý (úhlová rychlost), rovnoměrný, rovnoměrně zrychlený nebo zpomalený, volný pád, rovnoměrný pohyb po

1. Hmotný bod se pohyboval po přímce v jednom směru. Na obrázku je znázorněna závislost dráhy s na čase t . Na základě grafu určete, jaká byla maximální rychlost pohybu.
- A. 0,2 m/s
 - B. 0,5 m/s
 - C. 0,66 m/s
 - D. 1 m/s



2. Na obrázku je graf závislosti rychlosti v na čase t pro dva různé hmotné body (křivka 1 a 2). Jaké jsou dráhy, které body urazí za dobu T ?
- A. Obě dráhy jsou stejné.
 - B. Dráha prvního bodu je dvakrát větší než dráha druhého bodu.
 - C. Dráha prvního bodu je třikrát větší než dráha druhého bodu.
 - D. Dráha prvního bodu je čtyřikrát větší než dráha druhého bodu.
3. Za první sekundu pohybu urazilo těleso dráhu 1 m, za druhou sekundu dráhu 2 m, za třetí sekundu dráhu 3 m. Jakým pohybem se těleso pohybovalo během těchto tří sekund?
- A. rovnoměrným pohybem
 - B. rovnoměrně se zvětšující rychlostí
 - C. rovnoměrně zrychleným pohybem
 - D. nerovnoměrným pohybem



4. Automobil jel tři čtvrtiny celkové doby jízdy rychlostí 90 km/h, zbývající dobu jízdy rychlostí 50 km/h. Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.
5. Motorový člun se pohybuje vzhledem k vodě stálou rychlostí 13 m/s. Rychlost vodního proudu v řece je 5 m/s. A) Pod jakým úhlem vzhledem k vodnímu proudu musí člun plout, aby se stále pohyboval kolmo ke břehům řeky? B) Jak velkou rychlostí se přibližuje člun k protějšímu břehu?
6. Velikost rychlosti vlaku se během 50 s zmenšila ze 72 km/h na 36 km/h. Za předpokladu, že pohyb vlaku je rovnoměrně zpomalený, určete velikost jeho zrychlení a dráhu, kterou při tom ujede.

7. Jaký je poloměr kruhové desky, jestliže při jejím rovnoměrném otáčení kolem svislé osy procházející jejím geometrickým středem kolmo k rovině desky má bod na obvodě 3krát větší rychlost než bod, který je o vzdálenost 10 cm blíže k ose otáčení?
8. Když se dvě tělesa pohybují stálými rychlostmi o velikostech v_1 a v_2 proti sobě, zmenšuje se vzdálenost mezi nimi o vzdálenost 16 m za každých 10 s. Když se tato tělesa budou pohybovat stejně velkými rychlostmi, ale ve stejném směru, bude se zmenšovat vzdálenost mezi nimi o vzdálenost 3 m za každých 5 s. Určete větší z rychlostí těles.
9. Závodník urazil trať v délce 100 m za čas 10,2 s. Prvních 20 m běžel pohybem rovnoměrně zrychleným, zbytek pohybem rovnoměrným přímočarým. Jaké největší rychlosti v_m závodník dosáhl?

2. Dynamika hmotného bodu

- proč a za jakých podmínek se tělesa pohybují

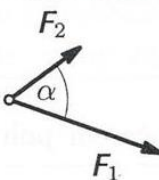
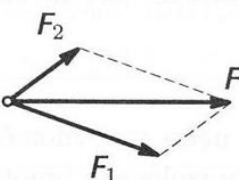
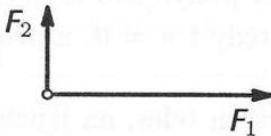
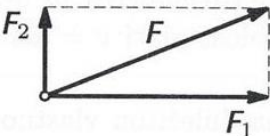
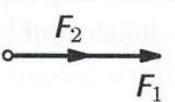
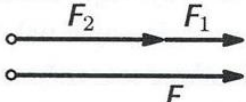

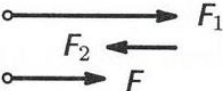
Síla

- fyzikální veličina, je určena velikostí, směrem a polohou svého působišť
- charakterizuje vzájemné působení těles
- **vzájemné působení těles = interakce**, se projevuje **1. při vzájemném dotyku těles** (např. náraz míče o stěnu) a **2. prostřednictvím silových polí**, při čemž nemusí dojít k bezprostřednímu dotyku těles (např. prostřednictvím gravitačního pole se přitahují Země a Měsíc)
- různé druhy interakcí (síla třecí, tlaková, gravitační) jsou vyvolány vzájemným působením hmotných objektů

- hl. jednotka = Newton - N

- rozměr jednotky $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

- • Skládání sil

Složky F_1, F_2	Směr výslednice F	Velikost výslednice F
		$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$
		$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$
		$F = F_1 + F_2$
		$F = F_1 - F_2$

Izolované těleso (volný hmotný bod)

- = těleso, na které nepůsobí silou žádné jiné těleso, a to ani při dotyku ani prostřednictvím pole
- můžeme-li nahradit těleso HB, mluvíme o izolovaném hmotném bodě
- izolované těleso, které je ve vztažné soustavě v klidu, zůstává stále v klidu- nedá se do pohybu samo od sebe, tj. bez působení jiného tělesa

- v pozemských podmínkách, kde se každé těleso nachází v tíhovém poli Země, tato izolovaná tělesa ve skutečnosti neexistují, proto zavádíme **model izolovaného tělesa**
- na **model izolovaného tělesa** sice působí silami jiná tělesa, ale výslednice těchto sil je nulová
- **např. :**
 - nehybná kulička na vodorovné desce stolu- tíhová síla, kterou působí Země na kuličku, se ruší stejně velkou silou opačného směru, kterou působí na kuličku deska stolu
 - výsadkář padající k Zemi stálou rychlostí, u něhož je tíhová síla Země kompenzována odporovou silou vzduchu

První Newtonův pohybový zákon

Každé těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, pokud není nuceno silovým působením jiných těles svůj pohybový stav změnit.

- pro izolované těleso jsou klid nebo RPP dva rovnocenné pohybové stavy, pro jejichž rychlost platí $v = konst.$, tedy i $v = 0$ a pro zrychlení $a = 0$
- zákon ukazuje na důležitou vlastnost všech těles- na jejich **setrvačnost**
- setrvačnost těles v klidu se projevuje, chceme-li je uvést do pohybu; setrvačnost těles v pohybu, chceme-li změnit směr nebo velikost jejich rychlosti
- zákon se také nazývá **zákon setrvačnosti**

Inerciální vztažná soustava

- = vztažná soustava, ve které izolované těleso (HB) setrvává v klidu nebo v RPP
- latinsky inertia= setrvačnost
- platí zde zákon setrvačnosti
- v inerciální vztažné soustavě může být těleso uvedeno z klidu do pohybu nebo naopak, jen silovým působením jiných těles
- vztažná soustava, ve které izolované těleso nezůstává v klidu, nebo v RPP, se nazývá **neinerciální soustava**- dochází zde ke změně pohybového stavu tělesa **bez silového působení** jiných těles
- u pohybů těles, které probíhají v pozemských podmínkách, můžeme za inerciální vztažnou soustavu považovat každou vzt.s pevně spojenou s **povrchem Země**. Odchyly od inc.s. způsobené rotací Země a pohybem Země kolem Slunce zanedbáváme
- volíme-li za inc. vz. s. povrch Země, pak každá další vz. s., která je vzhledem k povrchu Země v klidu nebo v RPP, je rovněž inerciální.
- např. stěny vagonu který se pohybuje po přímé trati stálou rychlostí

Každá soustava, která je vzhledem k dané inerciální soustavě v klidu nebo v RPP, je rovněž inerciální.

Druhý Newtonův pohybový zákon

Velikost zrychlení a tělesa je přímo úměrná velikosti výslednice sil F působících na těleso a nepřímo úměrná hmotnosti m tělesa

- začnou-li na těleso působit silami jiná tělesa tak, že jejich výslednice se nerovná nule, dochází ke změně jeho pohybového stavu, mění se rychlost jeho pohybu, pohybuje se se zrychlením

$$a = \frac{F}{m}$$

- směr zrychlení a je shodný se směrem výslednice F
- druhý pohybový zákon se jinak nazývá **zákon síly**
- na základě vztahu

$$F = m \cdot a$$

definujeme hlavní jednotku síly $m = \text{kg}$; $a = \text{m/s}^2$

- *síla o velikosti 1 N uděluje tělesu o hmotnosti 1 kg zrychlení o velikosti 1 m/s²*
- zákon umožňuje tkz. dynamické měření hmotnosti tělesa- měření hmotnosti tělesa na základě pohybových účinků síly na těleso; vztah:

$$m = \frac{F}{a}$$

Tíhová síla a tíha tělesa

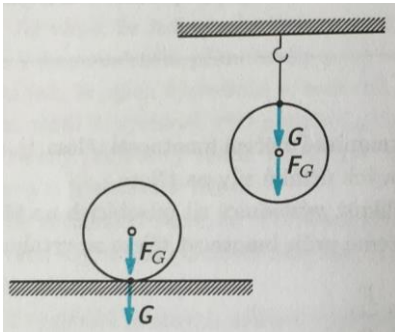
- z 2. NZ vyplývá, že na těleso, které se pohybuje se stálým zrychlením, působí stálá výsledná síla... příklad pohybu se stálým zrychlením je volný pád, zrychlení volného pádu= **tíhové zrychlení**

Tíhové zrychlení g uděluje tělesům v blízkosti povrchu Země tíhová síla F_G , kterou jsou všechna tělesa přitahována k Zemi

$$F_G = m \cdot g$$

- tíhová síla F_G má stejný směr jako tíhové zrychlení g
- od F_G odlišujeme veličinu **tíha G**. Tíha tělesa se projevuje jako **tlaková síla**, kterou působí těleso na nehybnou vodorovnou podložku, nebo jako **tahová síla**, kterou působí těleso na nehybný svislý závěs

- tíha těles vzniká vždy jako důsledek tíhové síly, kterou působí Země na těleso



- tíhová síla a tíha se také liší polohou svých působišť... působišťe tíhové síly F_G je v těžišti tělesa; působišťe tíhy G je ve stykové ploše tělesa s podložkou, nebo v bodě závěsu
- mají stejný směr i velikost

Hybnost tělesa

- hybnost tělesa p je vektor, definovaný jako součin hmotnosti m a okamžité rychlosti v

$$\square = \square \cdot \square$$

- vektor hybnosti má stejný směr jako vektor okamžité rychlosti
- ze vztahu vyplývá rozměr hybnosti - **kg. m.s⁻¹**
- jednotkou je **kilogram metr za sekundu**

Změna hybnosti a impuls síly

- v kinematice je definováno zrychlení HB jako podíl změny rychlosti Δv a doby Δt , za kterou tato změna nastala, teda $a = \Delta v / \Delta t$; po dosazení do druhého pohybového zákona $F = m \cdot a$:

$$\square = \frac{\square \square \square}{\square \square}$$

- působí-li na těleso síla F po dobu Δt , změní se jeho rychlost z hodnoty v na hodnotu v' , a tím i jeho hybnost z hodnoty p na hodnotu p' . Změna hybnosti tělesa je pak

$$\Delta p = p' - p = mv' - mv = m(v' - v) = m\Delta v$$

po dosazení do 2. zákona

$$\square = \frac{\square \square}{\square \square}$$

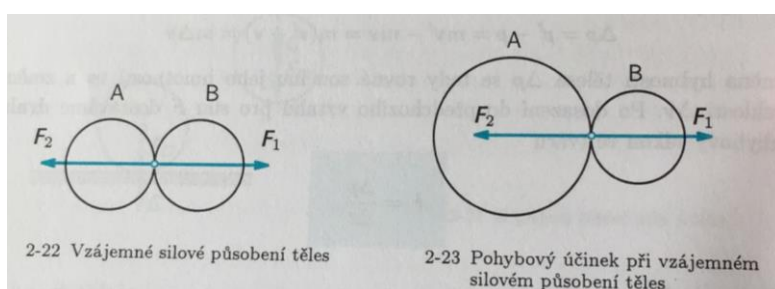
- = výsledná síla působící na těleso se rovná podílu změny hybnosti tělesa a doby, po kterou síla působila
- **impuls síly** je vektor, jehož jednotkou je **newton sekunda (N.s)** = součin síly a doby, po kterou síla na těleso působila
- vyjadřuje časový účinek síly na těleso

$$\square \square \square = \square \square$$

Třetí Newtonův zákon

Síly, kterými na sebe působí dvě tělesa, jsou stejně velké, navzájem opačného směru a současně vznikají a zanikají.

- jinak: každá akce vyvolává stejně velkou reakci opačného směru
- zákon **akce a reakce**
- u obou sil je důležité, že každá působí na jiné těleso
- příklad: srazí-li se dvě koule různých hmotností, uvede síla F_1 kouli B s menší hmotností do pohybu s větším zrychlením než síla F_2 , která působí na kouli A s hmotností větší. Zrychlení těles, které na sebe působí akcí a reakcí, závisí nejen na velikosti síly, ale také na hmotnosti tělesa, což vyplývá z 2. zákona $a = F/m$



Zákon zachování hybnosti

- dvě kulečnickové koule na sebe působí při srážce silami akce a reakce. Pokud na ně nepůsobí silou žádná jiná tělesa nebo pokud vliv těchto sil můžeme zanedbat, tvoří koule **izolovanou soustavu těles** - v ní na tělesa působí jen **vnitřní síly** (síly mezi tělesy)
- působením vnitřních sil v izs. dochází ke změně jejich hybnosti

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_1 - p_1 + p_2 - p_2 \\ &= (p_1 + p_2) - (p_1 + p_2) \end{aligned}$$

- síly F_1 a F_2 jsou stejně velké a opačného směru, platí $F_1 = -F_2$; celková změna hybnosti $\Delta p = 0 \dots$ nulová změna hybnosti znamená, že celková hybnost p se nezměnila, i když se změnila p_1 a p_2

$$\begin{aligned} p &= p_1 + p_2 \\ &= p_1 + p_2 \end{aligned}$$

Celková hybnost izolované soustavy těles se vzájemným silovým působením nemění.

Význam zákona zachování hybnosti

Příklad.

- izolovaná soustava těles tvořená střelnou zbraní a střelou
- před výstřelem je celková hybnost soustavy nulová. Při výstřelu vzniknou shořením střelného prachu plyny, které působí stejně velkými tlakovými silami jak na střelu, tak na závěr pušky. Střela i zbraň jsou uvedeny silami akce a reakce do pohybu opačnými směry a získají hybnost p_1 a p_2
- díky ZZH

$$p_1 + p_2 = p_1 p_1 + p_2 p_2 = 0$$
$$p_1 p_1 = -p_2 p_2$$

= hybnosti, kterých nabudou střela a zbraň jsou stejně velké, ale opačného směru

Dostředivá síla

- při rovnoměrném pohybu HB po kružnici má HB stálou velikost rychlosti, ale vektor rychlosti neustále mění svůj směr. Tato změna vyvolává dostředivé zrychlení a_d , které **směřuje do středu kružnice**
- podle 2. pohybového zákona- příčinou zrychlení je vždycky síla, která má stejný směr jako zrychlení

$$F_d = m \cdot a_d$$

$$a_d = \frac{v^2}{r}$$
$$= \frac{v^2}{r}$$

- dostředivá síla je stále kolmá ke směru okamžité rychlosti v , směřuje do středu

Neinerciální vztažná soustava

- vzhledem k inerciální vztažné soustavě se pohybuje zrychleně, zpomaleně nebo se otáčí
- neinerciální vztažné soustavě s konstantním zrychlením je přímočarý a rovnoměrně zrychlený pohyb
- platí tu všechny tři Newtonovy pohybové zákony
- koule se začne pohybovat vzhledem k podlaze se zrychlením -a k zadní stěně vozu. Zrychlení koule je vyvoláno silou, která vzniká v důsledku zrychleného pohybu vztažné soustavy- **setrvačná síla F_s**

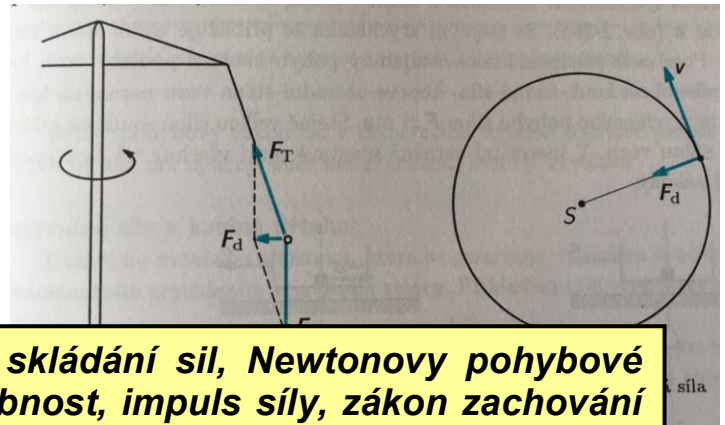
$$F_s = -ma$$

- v neinerciální vztažné soustavě neplatí zákon setrvačnosti a akce a reakce

Setrvačné síly v otáčející se vztažné soustavě

- setrvačná odstředivá síla
- auto v zatáčce

2. Dynamika hmotného bodu



Volný hmotný bod, síla a její účinky, skládání sil, Newtonovy pohybové zákony, inerciální vztažná soustava, hybnost, impuls síly, zákon zachování hybnosti, setrvačné síly, neinerciální vztažná soustava.

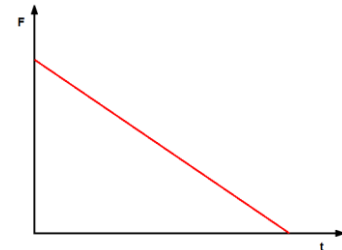
1. Tři kostky o stejných hmotnostech m jsou spojeny nehmotnými nitěmi. Kostka C je tažena silou F , která udělí celé soustavě zrychlení. Jaká je výsledná síla působící na kostku B, zanedbáme-li třecí síly?



- A. nulová B. $F/3$ C. $F/2$ D. F

2. Na přímočaře se pohybující těleso o hmotnosti m působí síla F , jejíž závislost na čase je znázorněna grafem. Jakým pohybem se bude těleso pohybovat?

- A. rovnoměrně zrychleným
B. nerovnoměrně zrychleným
C. rovnoměrně zpomaleným
D. rovnoměrným

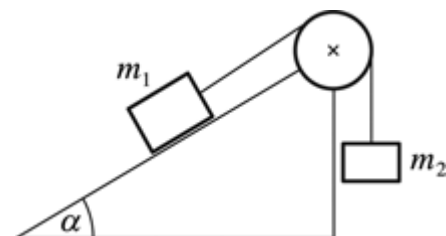


3. Na niti v tíhovém poli se kývá kulička. V okamžiku průchodu rovnovážnou polohou je možné o silách působících na kuličku říci:

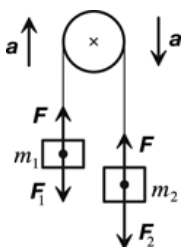
- A. Výslednice sil má směr tečny k trajektorii a uvádí kuličku do pohybu.
B. Tíhová síla je v rovnováze s dostředivou silou.
C. Na kuličku působí dostředivá síla.
D. Tíhová síla je v rovnováze se silou reakce niti.

4. O jaký úhel se musí odklonit cyklista od svislého směru, jestliže projíždí zatáčku o poloměru křivosti 10 m rychlostí 18 km/h?

5. Na nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel $\alpha = 30^\circ$, leží dřevěný kvádr o hmotnosti $m_1 = 3$ kg spojený vláknem s tělesem o hmotnosti $m_2 = 2$ kg. Určete velikost zrychlení obou těles. Síly působící proti pohybu neuvažujte.



6. Na koncích vlákna vedeného přes pevnou kladku jsou zavěšena závaží o hmotnosti 2 kg a 3 kg. Určete velikost zrychlení obou závaží. Tření a hmotnost kladky a vlákna neuvažujte.



7. Těleso o hmotnosti 1 kg je zavěšené na niti o délce 30 cm. Těleso se pohybuje tak, že rychlostí o stálé velikosti opisuje kružnici ve vodorovné rovině, přičemž nit svírá se svislým směrem úhel 60° . Vypočtěte periodu oběhu tělesa T .
8. Tenisový míček o hmotnosti 40 g naletí na raketu rychlostí o velikosti 15 m/s a je od ní odražen v opačném směru rychlostí o velikosti 17 m/s . Určete velikost síly, kterou raketa působí na míček, je-li doba trvání nárazu 0,01 s.
9. Na vodorovné desce s koeficientem smykového tření 0,2 leží kvádr o hmotnosti 10 kg. Přes kladku je na něm zavěšeno závaží o hmotnosti 8 kg. Jak velké bude zrychlení celé soustavy? Rotaci kladky zanedbejte.

4. m.o.- Gravitační pole

Gravitace

Víme, že pokud upustíme předmět, spadne na zem

Příčinou těchto jevů je **gravitační síla Země**, která působí na tělesa v jejím okolí

Tato síla je zprostředkována **gravitačním polem Země**

Zdrojem gravitačního pole je každé hmotné těleso

Vlastnost, která se projevuje působením gravitačních sil se nazývá **gravitace**

Newtonův zákon

Zní:

Každá dvě tělesa na sebe navzájem působí stejně velkými gravitačními silami opačně orientovanými. Velikost těchto sil je přímo úměrná součinu jejich hmotností a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti.

(Vzhledem k velké hmotnosti Země nevidíme, že by se přitahovala k padajícímu kameni)

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad G = 6,472 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

Gravitační zrychlení

Z Newtonova vztahu vidíme, že velikost silového působení závisí na hmotnosti těles a taky na jejich vzdálenosti

Z druhého Newtonova zákona víme, že síla uděluje tělesu zrychlení $F = m \cdot a$

Zrychlení, které uděluje tělesu **gravitační síla** se nazývá **gravitační zrychlení**
ag

Když dosadíme do druhého Newtonova zákona jeho gravitační zákon tak nám vyjde vztah pro gravitační zrychlení – které **nezávisí** vůbec **na hmotnosti**

tělesa.
$$m_1 a_1 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$a_1 = G \frac{m_2}{r^2}$$

Ve všech místech gravitačního pole Země **směřuje gravitační síla a gravitační zrychlení do středu Země**

Takové pole nazýváme – **centrální gravitační pole**(radiální)

Vzhledem k tomu, že sledujeme gravitační síly v poměrně malých oblastech (a popisujeme jevy typu hod kamenem - což je v poměru velikosti země malichernost) gravitačního pole, můžeme toto pole považovat za **homogenní gravitační pole**

Tím pádem můžeme **gravitační zrychlení** považovat za **konstantní**

Tíhové zrychlení g

Je něco jiného než gravitační zrychlení (**gravitační zrychlení platí jen pro inerciální soustavu**)

Země je ale **neinerciální soustava**, protože se **otáčí kolem své osy**

Proto **na všechna tělesa na zemském povrchu** (pokud neleží na pólech) **působí** kromě gravitační také **setrvačná odstředivá síla** (způsobena otáčením Země kolem osy)

A **tíhová síla** je právě výslednicí těchto dvou sil: $FG = Fg + FS$

Působením tíhové síly dostává těleso tíhové zrychlení

Platí: $FG = m * g$

Nesměřuje do středu země- prostor kolem země je pak **tíhové pole**

Tíhová síla nemá ve všech místech zemského povrchu **stejnou velikost**, to je dáno rozdílnou **setrvačnou silou**

V oblasti rovníku je nejmenší a na pólech je maximální=> stanoveno normální tíhové zrychlení $g = 9,8066 \text{ m} * \text{s}^{-2}$

Intenzita gravitačního pole

Vektorová fyzikální veličina, která má stejný směr jako gravitační síla působící v daném místě na hmotný bod

$K = Fg/m$

Gravitační potenciál

skalární fyzikální veličina, která vyčísluje potenciální energii tělesa o jednotkové hmotnosti v gravitačním poli ostatních těles.

Za místo s nulovým potenciálem se obvykle bere nekonečně vzdálený bod.

Hodnota gravitačního potenciálu je záporná.

$$\varphi_g = \frac{E_p}{m}$$

Pohyby těles v homogenním tíhovém poli

Volný pád

Jde o rovnoměrný přímočarý pohyb s nulovou počáteční rychlostí a konstantním tíhovým zrychlením

Vztahy: $v = g \cdot t$

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$v = g t$$

$$v_d = g t_d$$

Rychlost při dopadu

$$v_d = g \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh}$$

Vrhy

Složitější pohyby, které nastanou pokud tělesu udělíme počáteční rychlost

Svislý vrh vzhůru

pohyb **rovnoměrně zpomalený**

Rychlost se postupně zmenšuje až je nulová v nejvyšším bodě a pak se vrací zpět volným pádem

Velikost okamžité rychlosti je pak: $v = v_0 - gt$

Pro velikost rychlosti dopadu lze psát: $v_d = gt_d = gv = g \cdot v_0/g = v_0$

Těleso tedy dopadne zpět do místa, z něhož bylo vrženo, velkou rychlostí, jako bylo vrženo

Doba výstupu do maximální výšky je stejná jako doba pádu zpět.

Vodorovný vrh

Těleso **koná pohyb složený z volného pádu a rovnoměrně přímočarého pohybu** ve směru vodorovném

Trajektorii je **část paraboly**, vrcholem v místě vrhu

Čas dopadu vůbec nezávisí na počáteční rychlosti, tím pádem dvě tělesa jedno vodorovně vržené a druhé volným pádem ze stejné výšky dopadnou stejně rychle

Čas dopadu se počítá stejně jako u volného pádu tedy $t = \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Délku vrhu zjistíme dosazením času dopadu do rovnice pro vzdálenost od počátku

vrhu. Takže $s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$

Šikmý vrh

Tímto pohybem se pohybuje těleso jenž vyhodíme do vzduchu pod elevačním úhlem α

Pohyb vzniká skládáním rovnoměrného přímočarého pohybu s volným pádem

Těleso popisujeme tzv. balistickou křivku – není souměrná a je zapříčiněná

odporovými silami vzduchu $v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ maximální výška vrhu

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Pohyby v radiálním gravitačním poli

Keplerovy zákony

Mluvíme o gravitační síle (protože tyto objekty se pohybují mimo atmosféru, takže na ně nepůsobí odstředivá síla)

Při malých počátečních rychlostech se tělesa pohybují po **trajektoriích tvaru části elipsy** (čím větší rychlost \rightarrow větší část elipsy)

Po neustálém zvyšování rychlosti nastane čas, kdy bude trajektorií tělesa **kružnice**

Keplerovy zákony popisují pohyby planet

1. Keplerův zákon- trajektorie planet, planety se pohybují po elipsách, ohniskem je Slunce

2. Keplerův zákon- popisuje jak se pohybují, obsahy ploch opsané průvodičem planety se za jednotku času nemění

3. Keplerův zákon- Poměr druhých mocnin oběžných drah se rovná poměru třetích mocnin hlavních poloos jejich trajektorií

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

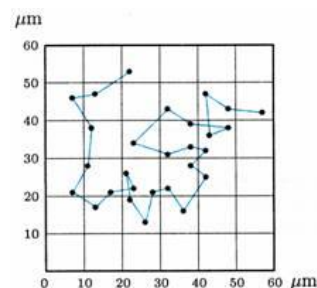
;7. - Základní pojmy molekulové fyziky a termodynamiky

Kinetická teorie látek

- objasňuje strukturu a vlastnosti látek pohybem a vzájemným působením atomů, molekul a iontů, z nichž se látky skládají
- vychází ze tří poznatků:
 1. látka jakéhokoliv skupenství se skládá z částic. Mezi částicemi jsou mezery-nespojité struktura látky
 2. částice se neustále chaoticky pohybují. Tento pohyb se nazývá tepelný pohyb
 3. částice libovolné látky na sebe působí silami, tyto síly jsou při malých vzdálenostech odpuzivé, při větších přitažlivé.

Brownův pohyb

- nepřetržitý a chaotický pohyb drobných částic, které se vznášejí v tekutinách
- Brownovy částice= částice s průměrem několika μm
- rychlost Brownových částic roste s teplotou tekutiny, se zmenšováním její viskozity a se zmenšováním rozměru těchto částic
- pohyb částic vysvětlujeme jako důsledek jejich srážek s molekulami tekutiny, molekuly tekutiny narážejí na částici a působí na ni tlakovou silou
- k vychýlení částice (vzhledem k malé hmotnosti) stačí malá nerovnoměrnost v rozdělení nárazů molekul působících na její povrch
- tlaková síla narážejících molekul způsobuje posuvné a otáčivé pohyby
- např. chaotický pohyb pylových zrněk ve vodě... vysvětlení vychází z kinetické teorie látek jejich srážkami s mnohem menšími molekulami vody. Tyto chaoticky se pohybující molekuly narážejí do konkrétního pylového zrnka ze všech stran, a pokud krátkodobě působení z jedné strany převáží, udělí molekuly vody brownovské částici zrychlení jedním směrem; v nové poloze se vše znovu opakuje. Výsledný pohyb je tedy neuspořádaný a trhaný.



Difúze

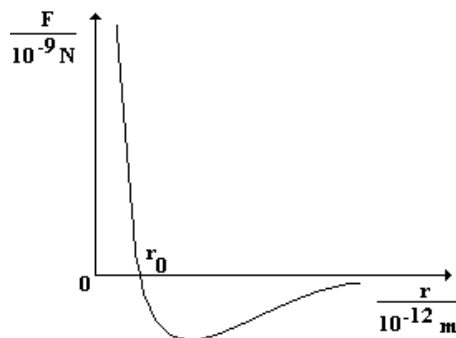
- samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice druhé látky téhož skupenství
- tepelný pohyb částic
- nevratný děj
- průběh:
 - **plyny**- velmi rychle (při otevření lahvičky parfému v uzavřené místnosti se vůně rychle rozšíří do celé místnosti)
 - **kapaliny**- pomaleji (luhování čaje)
 - **pevné látky**- velmi pomalu
- při vyšší teplotě se částice pohybují rychleji

Osmóza

- pronikání částic méně koncentrované látky mezi částice látky, která je více koncentrovaná.
- přes membránu
- pokud hodně prší, proniká do třešně hodně vody a může dojít k jejímu prasknutí

Vzájemné působení částic

- mezi částicemi látky současně působí přitažlivé a odpuzivé síly
- nejjednodušší je interakce mezi dvěma částicemi, jejichž kladně nabitá jádra jsou obklopena záporně nabitými elektrony. Při vzájemném přibližování částic mezi sebou působí el. obaly a kladně nabitá jádra obou částic. Výsledkem je vznik přitažlivé a odpuzivé elektrické síly.
- při malých vzdálenostech je el. síla odpuzivá, při větších přitažlivá
- příklad- při stlačování tělesa pocítíme odporovou sílu, která brání dalšímu stlačování tělesa, zatímco při snaze těleso prodloužit vnímáme sílu bránící dalšímu prodloužování



- síly, jimiž na sebe působí částice atomy v molekule, se nazývají vazebné síly - při slučování atomů vzniká chemická vazba mezi atomy. Vazebné síly určují strukturu molekul (vzájemnou polohu částic)
- z existence vzájemného působení částic vyplývá, že daná soustava částic má **potenciální energii**. Pro rovnovážnou polohu částic se tato energie nazývá **vazebná energie**. Ta je rovna práci, kterou bychom museli vykonat působením vnějších sil, abychom zrušili vazby mezi jednotlivými částicemi

Modely struktur skupenství

- plynná látka
 - střední vzdálenosti \square mezi molekulami plynu jsou mnohem větší než rozměry těchto molekul (vodík H_2 má $r = 3\text{nm}$, $d = 0,07\text{nm}$)
 - přitažlivé síly jsou pro tyto vzdálenosti zanedbatelné
 - molekuly plynu vykonávají tepelný pohyb- pohybují se různými rychlostmi a různým směrem. Změna rychlosti nastává v důsledku srážek s ostatními molekulami nebo se stěnou nádoby

- při srážce se molekuly k sobě přiblíží a odpuzivá síla změní jejich rychlosti
 - mezi jednotlivými srážkami se molekuly pohybují rovnoměrně přímočaře
 - s rostoucí teplotou roste střední rychlost molekul
 - kinetická energie soustavy molekul plynu je rovna kinetické energii molekul konajících posuvný a rotační pohyb a kinetické energii kmitajících atomů v molekulách
 - síly, kterými na sebe částice plynu působí, jsou malé → hodnota celkové potenciální energie vždy mnohem menší než celková kinetická energie téhož plynu stejné hmotnosti
- pevná látka
 - pravidelné uspořádání částic, částice vytvářejí krystalovou strukturu
 - amorfni látky- nemají pravidelně uspořádané částice (asfalt, sklo)
 - střední vzdálenosti mezi částicemi pevné látky jsou asi 0,2nm- 0,3nm
 - vzájemné přitažlivé síly způsobují, že pevná látka vytváří těleso různého tvaru a objemu- když na těleso nepůsobí vnější síly a nemění se jeho teplota, tvar i objem zůstává zachován
 - částice chaoticky kmitají kolem svých rovnovážných poloh, přičemž s rostoucí teplotou roste amplituda těchto výchylek. Těsně pod teplotou tání dosahuje výchylka kmitání částic maximálních hodnot - asi šestiny vzájemné vzdálenosti částic
 - hodnota celkové potenciální energie soustavy částic pevného tělesa je větší než celková kinetická energie těchto částic konajících kmitavý pohyb
- kapalná látka
 - molekuly nejsou tak volně pohyblivé jako u plynu (molekuly jsou k sobě přitahovány molekulami sousedními - střední vzdálenost je asi 0,2 nm)
 - vzájemné působení molekul kapaliny není tak silné jako u pevných látek, aby byly vázány na stejné rovnovážné polohy, molekuly kapaliny tedy kmitají kolem rovnovážných poloh, které se s časem mění.
 - působí-li na kapalinu vnější síla, dějí se přesuny molekul převážně ve směru působící síly. Proto je kapalina tekutá a nezachovává si svůj tvar.
 - celková potenciální energie soustavy částic je srovnatelná s celkovou kinetickou energií
- plazma
 - soustava elektricky nabitých částic (iontů, volných elektronů) a neutrálních částic. Při dostatečně velkých teplotách, nebo vysoké hodnotě el. napětí může být plazma složena jen z volných jader a elektronů.... např. plamen, blesk

Látkové množství (n)

- jednotka **mol** (1 mol= počet atomů ve 12g ¹²C, počet částic rovnající se N_A)

$$\square = \frac{\square}{\square \square}$$

Avogadrova konstanta (N_A)

- počet atomů ve 12g ¹²C, počet částic o látkovém množství 1 mol
- N_A = 6,023x 10²³ mol⁻¹

Molární veličiny

Molární hmotnost (M_m)

- udává hmotnost 1 molu dané látky
- jednotka kg.mol⁻¹

$$\square \square = \frac{\square}{\square}$$

- taky to jde vyjádřit-

$$\square \square = \square \square \cdot 10^{-3} \square \square \cdot \square \square \square \square^{-1}$$

$$\square \square = \square \square \cdot 10^{-3} \square \square \cdot \square \square \square \square^{-1}$$

Molární objem (V_m)

- udává objem jednoho molu látky
- jednotka m³.mol⁻¹
- za normálních podmínek pro 1 mol látky V_m= 22,414 mol⁻¹

$$\square \square \square = \frac{\square}{\square}$$

Atomová hmotnostní konstanta (m_u)

- udává 1/12 hmotnosti uhlíku ¹²C nevázaného a v klidovém stavu
- hodnota konstanty je zhruba 1,660x 10⁻²⁷ kg

Relativní atomová a molekulová hmotnost

- A_R a M_R udávají, kolikrát je hmotnost atomu či molekuly větší než atomová hmotnostní konstanta

- jedná se tedy o bezrozměrné veličiny

$$k_B = \frac{1}{2} \frac{m_a \overline{v^2}}{T}$$

$$k_B = \frac{1}{2} \frac{m_m \overline{v^2}}{T}$$

* $m_{a/m}$ = klidová hmotnost atomu/molekuly

Rovnovážný stav

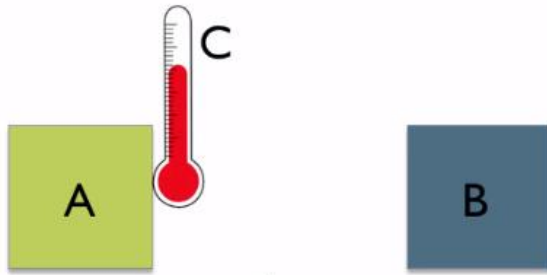
- stav soustavy je dán stavovými veličinami: teplotou, objemem, tlakem, chemickým složením, skupenstvím, různým uspořádáním částic
- zkoumané těleso/ soustava těles = termodynamická soustava... ta se dělí na:
 - izolovaná - neprobíhá výměna energie ani částic s okolím, probíhají jen děje mezi částicemi (tělesy) dané soustavy
 - uzavřená termoska s kávou
 - neizolovaná - dochází k výměně energie nebo částic s okolím
 - uzavřená - může si vyměňovat energii, ale ne částice
 - uzavřený hrníček s čajem
 - otevřená - dochází k výměně jak energie, tak částic s okolím
 - otevřený hrníček s čajem
 - adiabaticky izolovaná - nedochází k tepelné výměně s okolím
 - bombička s náplní do zapalovače při jeho plnění

každá soustava, která je od určitého okamžiku v neměnných vnějších podmínkách, přejde samovolně po určité době do **rovnovážného stavu** a samovolně z něho nevyjde

- v tomto stavu setrvá, pokud zůstanou tyto vnější podmínky zachovány. Stavové veličiny v rovnovážném stavu jsou *konstantní*
- při rovnovážném ději soustava prochází řadou na sebe navazujících rovnovážných stavů, reálný děj můžeme považovat za rovnovážný, jestliže probíhá dostatečně pomalu (pomalé stlačování plynu ve válci pomocí pístu)
- skutečné děje jsou většinou nerovnovážné (rychlé stlačení plynu)
- **vratný děj** = v soustavě proběhne rovnovážný děj v jednom směru a ve směru opačném se soustava dostane do původního stavu, aniž v okolních tělesech nastanou změny
- **nevratný děj** = v jednom směru probíhá samovolně bez vnějšího působení (cukr v čaji), k tomu aby probíhal v opačném směru, je potřeba dodat určitou energii z vnějšího zdroje

Nultý zákon termodynamiky

- definuje měření teploty
- teploty dvou látek můžeme porovnat pomocí látky třetí



8. Vnitřní energie, teplo, teplota

Kromě mechanické energie (kinetické a potenciální), se na celkové energii tělesa podílí ještě také VNITŘNÍ ENERGIE TĚLESA.

Vnitřní energie tělesa

- součet celkové vnitřní kinetické energie neuspořádaně se pohybujících částic tělesa (atomů, molekul, iontů) a celkové vnitřní potenciální energie vyplývající ze vzájemného silového působení těchto částic

-značíme: U

-jednotka: J

První termodynamický zákon

-v praxi dochází ke změně vnitřní energie nejčastěji při konání práce a změně teploty soustavy dohromady

$$\Delta U = W + Q$$

ΔU = změna vnitřní energie (J)

W = práce vykonaná tělesem (J)

Q = teplo odevzdané soustavě okolními tělesy (K)

-změna vnitřní energie soustavy je rovna součtu práce vykonané okolními tělesy působícími na soustavu silami a tepla odevzdaného okolními tělesy soustavě

Druhý termodynamický zákon

-není možné sestavit periodicky pracující stroj, který by jen přijímal teplo od určitého tělesa (ohřívače) a vykonával stejně velkou práci

-teplo samovolně přechází z tělesa teplejšího na těleso studenější a nikdy naopak

Třetí termodynamický zákon

-žádným postupem, ať jakkoli idealizovaným, nelze u žádné soustavy dosáhnout snížení její teploty na hodnotu 0 K konečným počtem operací

Změna vnitřní energie

- lze jí dosáhnout vykonáním práce, tepelnou výměnou nebo obojím současně: $\Delta U = Q + W$

Konáním práce- pokud těleso koná práci, jeho vnitřní energie se zmenšuje, konají-li vnější síly práci na tělese, jeho vnitřní energie se zvětšuje

$Q = 0$ - pak dostáváme $\Delta U = W$, tj. změna vnitřní energie je dána prací vykonanou silovým působením okolních těles.

-děj, při němž neprobíhá tepelná výměna mezi soustavou a okolím (tedy vnitřní energie se mění jen konáním práce), se nazývá adiabatický děj

Tepelná výměna- dochází na styčné ploše dvou těles, ke vzájemným srážkám jejich částic, částice s větší vnitřní kinetickou energií předávají část své energie částicím s menší vnitřní kinetickou energií

$W = 0J$ - dostáváme, $\Delta U = Q$ tj. při ději, při němž se mění vnitřní energie jen tepelnou výměnou, se změna vnitřní energie soustavy rovná teplu, které soustava přijala (resp. odevzdala).

Tepelnou výměnou a konáním práce může daná soustava:

1. přijímat energii - práce vykonaná okolními tělesy působícími na soustavu silami i teplo přijaté soustavou jsou veličiny kladné, tj. $W > 0J$ a $Q > 0J$
2. odevzdávat energii - v tom případě považujeme práci vykonanou soustavou a teplo dodané okolním tělesům za veličiny záporné, tj. $W < 0J$ a $Q < 0J$

-změna vnitřní energie ΔU je kladná, jestliže se vnitřní energie soustavy zvětšila, v opačném případě je vnitřní energie soustavy záporná

-místo práce W , kterou vykonají okolní tělesa působící silou na zvolenou soustavu po určité dráze, bývá často výhodnější uvažovat práci W' , kterou vykoná soustava tím, že působí na okolní tělesa po stejné dráze silou opačného směru

-podle zákona akce a reakce platí: $W = -W'$ a první termodynamický zákon pak dostáváme ve tvaru $\Delta U = -W' + Q$ čili $Q = \Delta U + W'$

- teplo dodané soustavě se rovná součtu přírůstku její vnitřní energie ΔU a práci W' , kterou soustava vykoná.

-jestliže soustava konáním práce odevzdává energii okolním tělesům, je $W < 0 J$ a $W' > 0 J$

Tepelná kapacita

-vyjadřuje, kolik tepla je potřeba dodat tělesu, abychom zvětšili jeho teplotu o 1 stupeň Celsia/Kelvina

-značíme: C

-jednotka: $J.K^{-1}$

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

C= tepelná kapacita

Q= teplo

Δt = přírůstek teploty (změna teploty)

Měrná tepelná kapacita

-měrná tepelná kapacita udává, jaké množství tepla je třeba dodat jednomu kilogramu látky, aby se její teplota zvýšila o jedné stupeň Celsia/Kelvina

-značíme: **c**

-jednotka: **J.kg⁻¹ .K⁻¹**

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

$$Q = cm\Delta t$$

-z běžných látek má největší měrnou tepelnou kapacitu voda :

$$c \doteq 4180 \text{ J.kg}^{-1} \text{ .K}^{-1}$$

-pro tuto vlastnost se používá jako chladící kapalina nebo také pro přenos energie (ústřední topení)

Teplo

-značíme: **Q**

-jednotka: **J**

$$Q = cm\Delta t$$

$$Q = \Delta U + W'$$

-veličina popisující děj tepelné výměny

- určeno energií, kterou odevzdá nebo přijme těleso při tepelné výměně

-termodynamická veličina, která vyjadřuje změnu vnitřní energie, jejíž podstatou není práce

Tepelná rovnováha

-přenos vnitřní energie z míst s vyšší teplotou do míst s nižší teplotou se může uskutečnit třemi způsoby:

1. tepelnou výměnou vedením

-probíhá zejména v pevných látkách

-v pevných elektricky nevodivých látkách lze tepelnou výměnu vysvětlit tím, že částice zahříváné části tělesa se více rozkmitají a předávají část své energie sousedním částicím

-v kovových vodičích je tepelná výměna vedením zprostředkována především volnými elektrony

-největší tepelnou vodivost mají kovy, čehož se využívá v technice (elektrický vaříč, pájka, kovová chladicí tělesa u chladničky, ...)

-naopak velmi malou tepelnou vodivost má voda, nejnižší tepelnou vodivost mají plyny

-proto sypké a pórovité látky, uvnitř kterých je vzduch, jsou špatnými tepelnými vodiči (textilie, peří, suché dřevo, cihly, písek, ...) a používají se jako tepelná izolace (vrstva vzduchu mezi dvojitými okny, ...)

-vedení si lze představit např. na kovové tyči délky d , na jejíchž koncích je udržován stálý teplotní rozdíl $T_2 - T_1$. Předpokládejme, že teplota klesá rovnoměrně od teplejšího konce k chladnějšímu

$$\frac{T_2 - T_1}{d}$$

- výraz $\frac{T_2 - T_1}{d}$ značí teplotní spád (teplotní gradient)

- teplo Q , které projde za těchto podmínek libovolným kolmým průřezem S

tyče za dobu τ , je rovno: $Q = \lambda S \frac{T_2 - T_1}{d} \tau$, kde λ je součinitel tepelné vodivosti

$$([\lambda] = \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$$

2. tepelnou výměnou zářením

-mezi dvěma tělesy se uskutečňuje vyzařováním nebo pohlcováním elektromagnetického záření, jehož vysílání je podmíněno tepelným pohybem atomů a molekul tělesa

-při vyslání tepelného záření se vnitřní energie tělesa zmenší o energii tohoto vyslaného záření

-při dopadu záření na těleso se část tohoto záření odráží, část tělesem prochází a zbytek je tělesem pohlcen

-vnitřní energie tělesa se tedy zvětší o energii pohlceného záření.

-tepelná výměna zářením není vázána na přítomnost látkového prostředí, tj. může probíhat i ve vakuu

-zářením se např. dostává na Zem tepelné záření ze Slunce, řítom převážnou část své dráhy od Slunce na Zem „cestuje“ energie vakuem

3. tepelnou výměnou prouděním

-probíhá díky skutečnosti, že hustota tekutin s rostoucí teplotou zpravidla klesá

-zahříváme-li např. v tíhovém poli kapalinu (nebo plyn),

vzniká proudění : chladnější tekutina má totiž větší hustotu, proto klesá

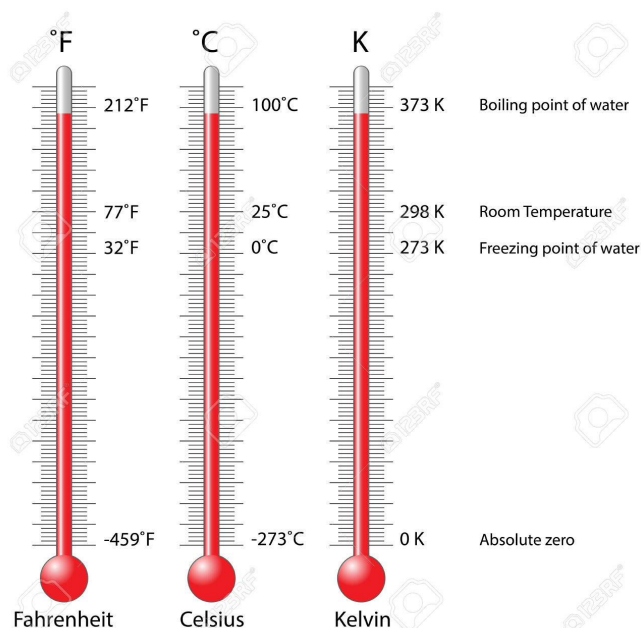
dolů a vytlačuje tak teplejší tekutinu vzhůru, proudící tekutina tak přenáší vnitřní energii z teplejších míst do míst chladnějších

-tento jev se uplatňuje např. i u vytápění bytů: ohřátý vzduch stoupá od zdroje tepla vzhůru, proudí u stropu směrem ke vzdálenější stěně bytu, postupně chladne a klesá dolů, další teplý vzduch „ho žene“ dále (ke zdroji tepla) a celý koloběh se opakuje

Teplota

-veličina popisující stav tělesa

-rolišujeme několik různých stupnic, s jejichž pomocí měříme teplotu



Celsiova teplotní stupnice

-založena na dvou základních teplotách (vše za normálního tlaku)

Teplota tání vody ($t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Teplota varu vody ($t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Termodynamická teplotní stupnice

-používaná ve fyzice a chemii

Teplota $T = 0\text{ K}$ odpovídá fyzikálně nejnižší možné hodnotě teploty (ABSOLUTNÍ NULE)- nelze doáhnout, možné se jen přiblížit

-základní bod termodynamické stupnice: **trojný bod vody**

-teplota, při níž se v rovnováze nachází voda, led i pára

-trojnému bodu vody je přiřazena teplota $T = 273,16\text{ K}$

Kalorimetr

-tepelně izolovaná kovová nádoba s míchačkou a teploměrem sloužící k praktickému určení c (měrná tepelná kapacita těles



kapalina v kalorimetru m_1, c_1, t_1
teplejší těleso m_2, c_2, t_2

$$t_2 > t_1$$

ponoření tělesa do kapaliny



tepelná výměna mezi tělesem a kapalinou



ustanovení rovnovážného stavu - kapalina i těleso budou mít výslednou teplotu t ($t_2 > t > t_1$)

platí **zákon zachování energie**: $\Delta U_1 = \Delta U_2$ (izolovaná soustava)

ΔU_1 **přírůstek** vnitřní energie kapaliny

ΔU_2 **úbytek** vnitřní energie tělesa

potom z hlediska tepelné výměny

teplo přijaté kapalinou: $Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1)$
teplo odevzdané tělesem: $Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$

$$Q_1 = Q_2$$

(izolovaná soustava)

$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$
KALORIMETRICKÁ ROVNICE (nepřesná)

důvod nepřesnosti: samotný kalorimetr, ve kterém je kapalina, se také ohřeje (přijme teplo)

proto musíme rovnici upravit na tvar:

$$\begin{array}{rccccccc} \text{teplo přijaté kapalinou} & + & \text{teplo přijaté} & = & \text{teplo odevzdané} \\ & & \text{kalorimetrem} & & \text{tělesem} \\ Q_1 & + & Q_k & = & Q_2 \end{array}$$

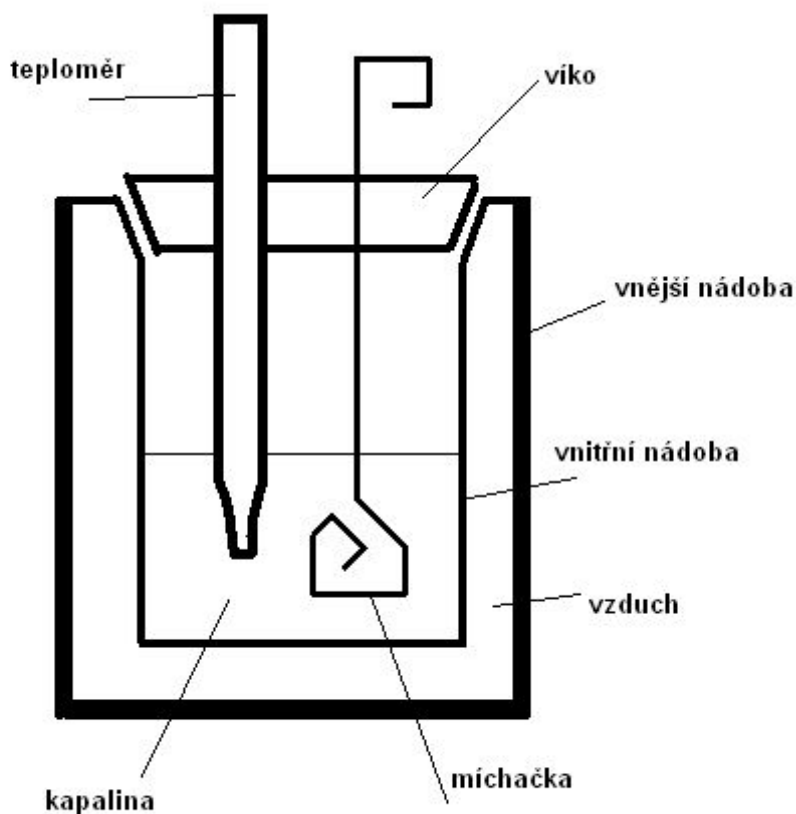
$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) + m_k \cdot c_k \cdot (t - t_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)$$

KALORIMETRICKÁ ROVNICE (úplná, přesnější)

m_1 = hmotnost kapaliny
 c_1 = měrná tepelná kapacita kapaliny
 t_1 = počáteční teplota vody
 t = výsledná teplota

m_k = hmotnost kalorimetru
 c_k = měrná tepelná kapacita kalorimetru

m_2 = hmotnost tělesa
 c_2 = měrná tepelná kapacita tělesa
 t_2 = počáteční teplota tělesa
 t = výsledná teplota



Struktura a vlastnosti plynů

- Kvůli zjednodušení vztahů pro plyny se skutečné plyny nahrazují **ideálním plynem**

Ideální plyn

3 předpoklady:

1. **Velikosti molekul ideálního plynu jsou ve srovnání se středními vzdálenostmi molekul plynu zanedbatelně malé**
2. **Molekuly ideálního plynu na sebe kromě vzájemných srážek nijak silově nepůsobí**
3. **Srážky molekul se sebou nebo se stěnou nádoby jsou dokonale pružné**

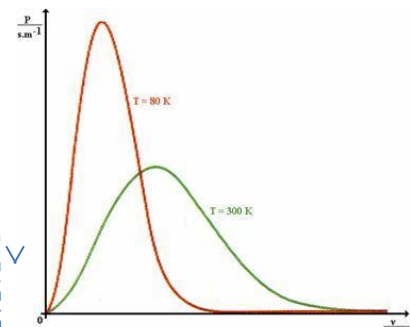
- Doba trvání srážky je ve srovnání se střední dobou volného pohybu velmi krátká
- V každém okamžiku se většina molekul ideálního plynu pohybuje rovnoměrně přímočaře
- Protože na sebe nepůsobí žádnými silami jejich potenciální energie je nulová
- Vnitřní energie jednojaderných molekul je součtem neuspořádaných pohybů všech molekul
- Vnitřní energie mnohojaderných je ještě navíc zvětšena o rotační a kmitavý pohyb molekul samotných
- Při dostatečně velkých teplotách a nízkých tlacích se skutečné plyny svými vlastnostmi přibližují modelu ideálního plynu
- Toto přiblížení je splněno již při podmínkách málo odlišných od tzv. normálních podmínek ($t = 0\text{ }^\circ\text{C}$, $p = 1,01325 \cdot 10^5\text{ Pa}$).

Vlastnosti:

- Je dokonale stlačitelný a bez vnitřního tření

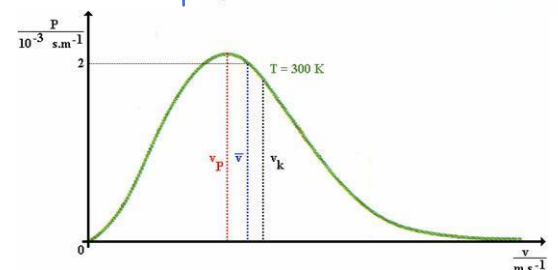
Rozdělení molekul podle rychlosti

- Všechny molekuly plynu v rovnovážném stavu nemají v určitém okamžiku stejnou rychlost, to je způsobeno vzájemnými srážkami a neustálými změnami rychlosti
- Rozdělení molekul podle rychlosti závisí na **teplotě**
- Z grafu vyplývá, že při **vyšší teplotě** četnost molekul s **malými rychlostmi** je **menší** ale četnost molekul s **většími rychlostmi** je **větší**
- V grafu vidíme že, nahodilými srážkami dostávají některé molekuly velmi velkou rychlost. Jejich počet je však relativně malý. **v_p** – nejpravděpodobnější rychlost (má ji většina molekul)



Střední kvadratická rychlost

- **Okamžitá rychlost** molekuly pohybující se neuspořádaným **posuvným pohybem** je náhodná a stále se měnící veličina, která nám nic o chování plynu neřekne, proto se používají statistické veličiny jako je **střední kvadratická rychlost**
- **Střední kvadratická rychlost** (v_k) molekul je taková rychlost, kterou se pohybují všechny molekuly daného ideálního plynu, její hodnota je určena tak, že **celková kinetická energie molekul** plynu vypočtená pomocí této rychlosti je **stejná jako součet kinetických energií všech molekul**, které se pohybují obecně stejnými rychlostmi
- je rovna aritmetickému průměru druhých mocnin rychlostí všech molekul



$$v_k^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i^2)$$

Teplota z hlediska molekulové fyziky

- rychlost molekul plynu se s rostoucí teplotou zvyšuje, tím pádem se zvětšuje i střední kinetická energie (kterou má molekula plynu důsledkem neuspořádaného pohybu)

- závisí na termodynamické teplotě T

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot v_k^2 = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T \quad k - \text{Boltzmannova konst. } 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$$

(Změna energie jedné částice ideálního plynu při změně teploty o 1K)

m_0 - hmotnost jedné molekuly plynu

T - termodynamická teplota, E_0 - kinetická energie molekuly

- závislost střední kvadratické rychlosti je pak
$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

- Při stejné teplotě mají molekuly různých dvou ideálních plynů stejnou střední kinetickou energii, ale různou střední kvadratickou rychlost.

Tlak z hlediska molekulové fyziky

- Současné nárazy molekul plynu na rovinnou stěnu o obsahu S se projevují jako tlaková síla F plynu na stěnu

$$p = \frac{F}{S}$$

- Vztah $p = \frac{F}{S}$ vyjadřuje tlak plynu v daném okamžiku
- Molekuly se ale pohybují neuspořádaně, neustále se mění jejich počet i rychlost nárazů na stěny
- To způsobuje, že ani tlak není konstantní, ale kolísá kolem určité střední hodnoty \bar{p} - jedná se o **fluktuaci tlaku**
- Pokud plyn obsahuje velké množství molekul, jsou odchylky skutečného tlaku p od jeho střední hodnoty \bar{p} malé, tj. $p \approx \bar{p}$.
- Pro střední hodnotu tlaku plynu v nádobě lze odvodit tzv. **základní rovnici** pro tlak plynu:

$$p = \frac{N}{V} \cdot k \cdot T \quad p = \frac{1}{3} N_V m_0 v_k^2$$

N_V - hustota molekul

m_0 - hmotnost molekuly

- Hustota molekul je definována podílem počtu molekul (N) v nádobě o objemu V
$$N_V = \frac{N}{V}$$

 $[N] = \text{m}^{-3}$

Stavová rovnice pro ideální plyn

- **Plyn který je v rovnovážném stavu, lze charakterizovat stavovými veličinami:**

Termodynamickou teplotou T

Tlakem p

Objemem V

Počtem molekul N (resp. látkovým množstvím n nebo hmotností m)

- Rovnice která vyjadřuje vztah mezi těmito veličinami se nazývá **stavová rovnice**
- Dosazením rovnice střední kvadratické rychlosti do základní rovnice tlaku pro plyn dostáváme vztah: $pV = NkT$ platí pro daný **počet částic**

- Když máme zadané **látkové množství**:
$$pV = nN_A kT = nRT$$

$R = N_A k \approx 8,31 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ **molární plynová konstanta**

$$pV = \frac{m}{M_m} RT$$

- Při zadané **hmotnosti**:
- Platí jen pro ideální plyn, pro reálné plyny až při vysokých teplotách za malého tlaku

Stavová rovnice pro ideální plyn stálé hmotnosti

- Když hmotnost (m) konstantní
- Pak je stav plynu charakterizován veličinami p_1, V_1, T_1

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \frac{pV}{T} = konst.$$

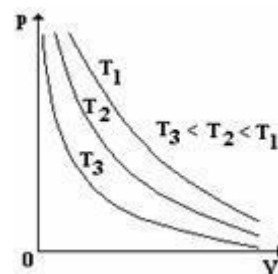
- Při stavové změně je tento výraz konstantní

Izotermický děj s ideálním plynem

- je děj, při němž zůstává teplota plynu stálá - plyn o dané hmotnosti mění pouze svůj tlak a objem.
- Vzhledem k tomu, že platí $T_1 = T_2$, dostáváme stavovou rovnici ve tvaru

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad pV = konst.$$

- Při izotermickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je součin tlaku a objemu plynu stálý (**Boylův – Mariotův zákon**).
- Tlak plynu je nepřímo úměrný jeho objemu
- Vzhledem k tomu, že teplota je stálá, je stálá také střední kinetická energie molekul konajících neuspořádaný tepelný pohyb
- Z toho tedy vyplývá, že vnitřní energie ideálního plynu je konstantní, tj. $\Delta U = 0$.
- **První termodynamický zákon** je tedy možné psát ve tvaru $Q_T = W$
- Teplo přijaté ideálním plynem při izotermickém ději se rovná práci, kterou plyn při tomto ději vykoná.
- Grafem je **izoterma**



Izochorický děj s ideálním plynem

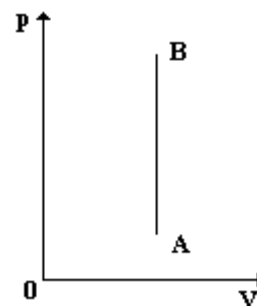
- Děj, při němž zůstává objem plynu stálý $V_1 = V_2$
- To znamená, že při izochorickém zahřívání plynu se zvyšuje jeho tlak
- stavovou rovnici dostáváme ve tvaru

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad \frac{p}{T} = konst.$$

- Při izochorickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je **tlak plynu přímo úměrný** jeho termodynamické teplotě (**Charlesův zákon**).
- Grafem je **izochora**
- Při zvýšení teploty plynu stálé hmotnosti m o ΔT přijme plyn teplo:

$$Q_V = c_V m \Delta T \quad c_V \text{ je měrná tepelná kapacita plynu při stálém objemu}$$

- Vzhledem k tomu, že objem plynu je stálý, plyn nekoná práci (tj. $W = 0$) a **první termodynamický zákon** je možné psát ve tvaru $Q_V = \Delta U$: Teplo přijaté ideálním plynem při izochorickém ději se rovná přírůstku jeho vnitřní energie



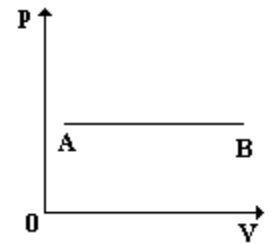
Izobarický děj s ideálním plynem

- děj, při němž je tlak plynu stálý
- Zahříváme-li plyn tak, že udržujeme jeho tlak stálý, zvětšuje se objem plynu

- Vzhledem k tomu, že platí $P_1 = P_2$, dostáváme stavovou rovnici ve tvaru

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \frac{V}{T} = konst.$$

- Při izobarickém ději s ideálním plynem stálé hmotnosti je objem plynu přímo úměrný jeho termodynamické teplotě (**Gay – Lussacův zákon**)
- Grafem **izobara**
- Zvýšíme-li teplotu ideálního plynu stálé hmotnosti při stálém tlaku o ΔT , přijme plyn teplo $Q_p = c_p m \Delta T$ c_p ... je **měrná tepelná kapacita** plynu při stálém tlaku
- Plyn při tomto ději vykoná práci W' a tedy první termodynamický zákon lze psát ve tvaru $Q_p = \Delta U + W'$
- Teplo přijaté ideálním plynem při izobarickém ději se rovná součtu přírůstku jeho vnitřní energie a práce W' , kterou plyn vykoná.



Adiabatický děj s ideálním plynem

- Při adiabatickém ději neprobíhá tepelná výměna mezi plynem a okolím a proto tedy je $Q = 0$
- První termodynamický zákon pak můžeme psát ve tvaru $\Delta U = -W' = W$
- Pro adiabatický děj s ideálním plynem stálé hmotnosti platí **Poissonův zákon**:

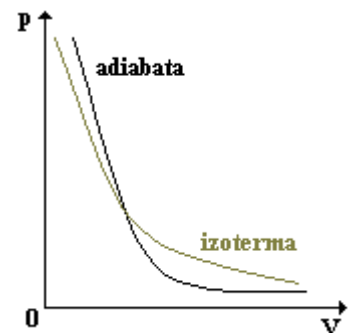
- $pV^\kappa = konst$, kde $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ je Poissonova konstanta

Adiabatické stlačení(komprese)

- působením vnější síly na plyn v nádobě koná síla práci
- teplota plynu a jeho vnitřní energie se **zvětšuje**

Adiabatické rozpínání(expanze)

- **práci** koná plyn, teplota plynu i jeho vnitřní energie se **zmenšuje**.
- Při rozpínání plynu je píst plynem z nádoby vytlačován a molekuly se od něho odrážejí s menší rychlostí. Tím se snižuje teplota plynu i jeho vnitřní energie.
- Graf vyjadřující závislost tlaku ideálního plynu stálé hmotnosti jako funkci jeho objemu se nazývá **adiabata**. Adiabata klesá vždy strměji než izoterma



Práce vykonaná plynem při stálém a proměnném tlaku

- Plyn uzavřený ve válcové nádobě působí na píst o obsahu S tlakovou silou o velikosti F a při zvětšování objemu koná práci W'
- Je-li tlak plynu stálý, je stálá i tlaková síla, která má velikost $F = pS$
- Posune-li se píst pod vlivem této síly o Δs , vykoná plyn práci $W' = F\Delta s = pS\Delta s = p\Delta V$, kde $\Delta V = V_2 - V_1$ je změna objemu plynu
- Práce vykonaná plynem při **stálém** tlaku je tedy rovna součinu tohoto tlaku a přírůstku objemu
- Koná-li plyn práci při **proměnném** tlaku (např. **izochorický** nebo **adiabatický děj**), není tlaková síla působící na píst stálá.

Kruhový děj

- Práce, kterou může vykonávat plyn uzavřený ve válci s pohyblivým pístem při zvětšování objemu, má omezenou velikost
- Plyn totiž nemůže stále zvětšovat svůj objem

- Tepelný stroj může trvale pracovat jen tehdy, pokud se plyn vždy po ukončení expanze vrátí zpět do původního stavu

- Děj, při němž je konečný stav soustavy totožný se stavem počátečním, se nazývá **kruhový děj (cyklický děj)**

- Grafem vyjadřujícím závislost tlaku p plynu jako funkci objemu V při kruhovém ději je tedy vždy uzavřená křivka
- Vzhledem k tomu, že počáteční a koncový stav soustavy jsou totožné, je celková změna vnitřní energie pracovní látky po ukončení jednoho cyklu nulová ($\Delta U = 0$).
- Celkové teplo, které pracovní látka během jednoho cyklu přijme je tedy $Q = Q_1 - Q_2$
- Pomocí prvního termodynamického zákona pak dostáváme $Q = W$: Celková práce vykonaná pracovní látkou během jednoho cyklu kruhového děje je rovna celkovému teplu, které přijme během tohoto cyklu od okolí.
- **Carnotův cyklus** -označuje vratný kruhový děj ideálního tepelného stroje, který se skládá ze dvou **izotermických** a dvou **adiabatických dějů**

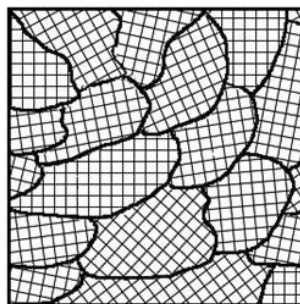
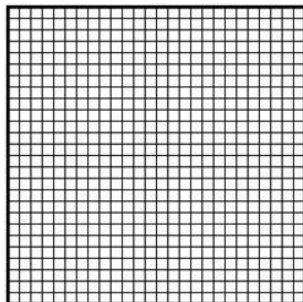
Tepelné motory

- Stroje které přeměňují část vnitřní energie uvolněné hořením na energii mechanickou
- Motory: **parní**(parní stroj,turbína),**spalovací**(zážehový motor, raketový motor..)

10. Struktura a vlastnosti pevných látek

Pevné látky se dělí na:

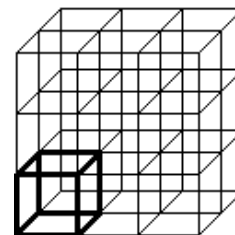
1. **krystalické**- pravidelné uspořádání částic z nichž jsou složeny
 - **monokrystaly**- rozložení částic v prostoru se periodicky opakuje = dalekodosahové uspořádání
 - pravidelné uspořádání částic dává monokrystalům pravidelný geometrický tvar
 - **anizotropie**= některé fyzikální vlastnosti látek jsou závislé na směru vzhledem ke stavbě krystalu (např. štípání slídy nebo křemene v určitých rovinách jde mnohem snáze než ve směrech jiných,..)
 - diamant, vápenec, křemen
- **polykrystaly** - v této podobě se vyskytuje většina pevných látek (všechny kovy,..)
 - skládají se z velkého počtu drobných krystalů - zrn, které mají rozměry od $10\mu\text{m}$ do několika milimetrů.
 - uvnitř zrn jsou částice uspořádány pravidelně; poloha zrn je však náhodná- díky tomu jsou polykrystaly látky **izotropní**= ve všech směrech uvnitř krystalu mají stejné vlastnosti

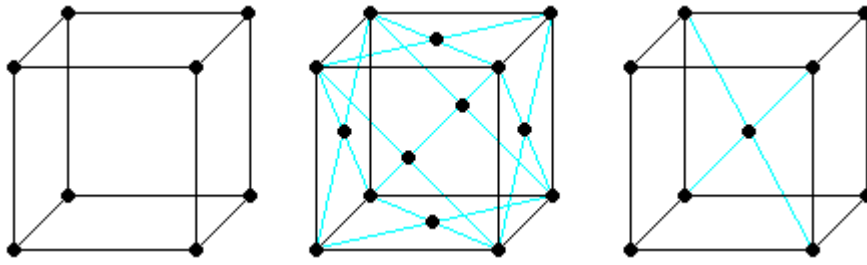


2. **amorfní**- struktura částic má krátkodosahové uspořádání, kolem vybrané částice jsou částice k ní nejbližší rozloženy pravidelně, ale s rostoucí vzdáleností se pravidelnost porušuje
 - pryskyřice, asfalt, vosk, sklo, plasty
 - **polymery**- látky organického původu (kaučuk, bavlna, celulóza, bílkoviny, termoplasty,..) jejich dlouhé makromolekuly jsou často navzájem propleteny, stočeny do klubíček nebo vytvářejí síť

Ideální krystalová mřížka

- = hmotný útvar, který vznikl pravidelným rozložením částic v pravouhlé geometrické mřížce
- základní krychle obsazená určitým způsobem částicemi se nazývá **základní** (elementární) buňka
- kubická základní buňka může být **prostá** (polonium alfa), **plošně centrovaná** (Al, Cu, Ni, Au, ...) nebo **prostorově centrovaná** (Li, Na, K, Cr, Si, diamant, ...)
- délka hrany základní buňky se nazývá **mřížkový parametr** (mřížková konstanta) a





Poruchy krystalové mřížky

- každý reálný krystal má ve své struktuře poruchy (defekty)
- poruchy dělíme na:

1. bodové poruchy

a) vakance

- porucha vzniká neobsazením rovnovážné polohy částice v krystalové mřížce
- příčinou může být tepelný pohyb, který způsobí, že se některým částicím podaří uniknout ze svého místa (překonat chemickou vazbu) a toto místo zůstane neobsazeno
- další možností vzniku je ozáření krystalu elektrony, ionty nebo neutrony, které svým dopadem mohou dodat částici v krystalové mřížce dostatečnou energii na její uvolnění
- např. kovové slitiny jsou náchylné k vakancím

b) intersticiální poloha částice

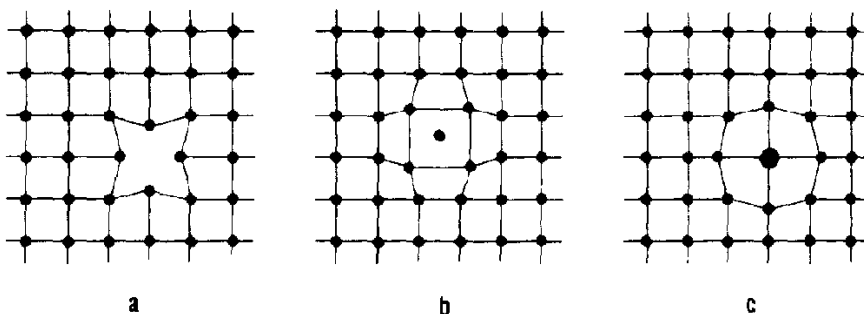
- částice je v místě mimo pravidelný bod krystalové mřížky
- souvisí s vakancí - částice uvolněná ze své rovnovážné polohy se může přesunout buď na povrch krystalu nebo zůstane v intersticiální poloze

c) příměsi (nečistoty)

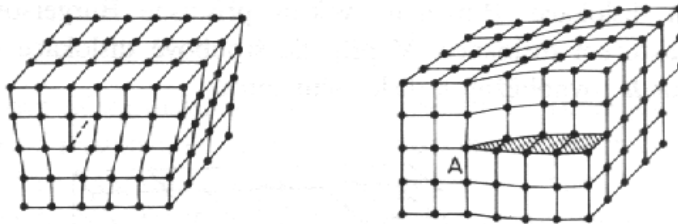
- jsou cizí částice, které se vyskytují v krystalu daného chemického složení
- tato částice se může nacházet v *intersticiální poloze*- absorpce atomů C, O, H, N v kovech (počet a uspořádání atomů C v mřížce železa má vliv na vlastnosti různých druhů oceli)

nebo

- *nahrazuje vlastní částici mřížky*= substituce; atomy boru a fosforu vpravené do čistého krystalu křemíku nebo germania- ovlivnění el. vodivosti látky



2. **čárové poruchy (dislokace)** - porušení pravidelnosti podél jedné čáry (linie). Tyto poruchy mají vliv na mechanické vlastnosti - elastická a plastická deformace



3. **objemové poruchy** - v krystalu je „něco“ jiného - špína, neroztavený kus jiného krystalu

Vazby v pevných látkách

- mezi částicemi pevné látky působí vazebné síly, které k sobě vážou částice, z nichž se látka (krystalová mřížka) skládá

1. iontová vazba

- krystaly alkalických halogenidů (NaCl, KBr, LiF) a oxidů alkalických zemin (CaO)
- z atomu prvku s větší elneg. se stává aniont, z atomu s menší elneg. kationt
- tvrdost, vysoká teplota tání, izolanty, průhledné

2. vodíková vazba (vodíkový můstek)

- spojuje např. krystaly ledu vody, často se vyskytuje v organických látkách
- nízká tepelná vodivost, křehkost, plave na vodě

3. kovová vazba

- její síla souvisí s počtem valenčních elektronů; v uzlových bodech krystalické mřížky jsou umístěny kationty kovu a mezi nimi se volně pohybují valenční elektrony ve formě elektronového plynu
- vodiče, povrchový lesk, neprůhledné, kujnost a tažnost

4. kovalentní vazba

- sdílení 1, 2, nebo 3 vazebných el. párů mezi atomy. Každý prvek poskytuje do vazby jeden elektron
- atomy nekovových prvků se váží samy mezi sebou v molekuly (H₂, O₂,..), také u diamantu, krystalu křemíku
- tvrdé, vysoká teplota tání, nerozpustné, el. nevodivé/ polovodiče

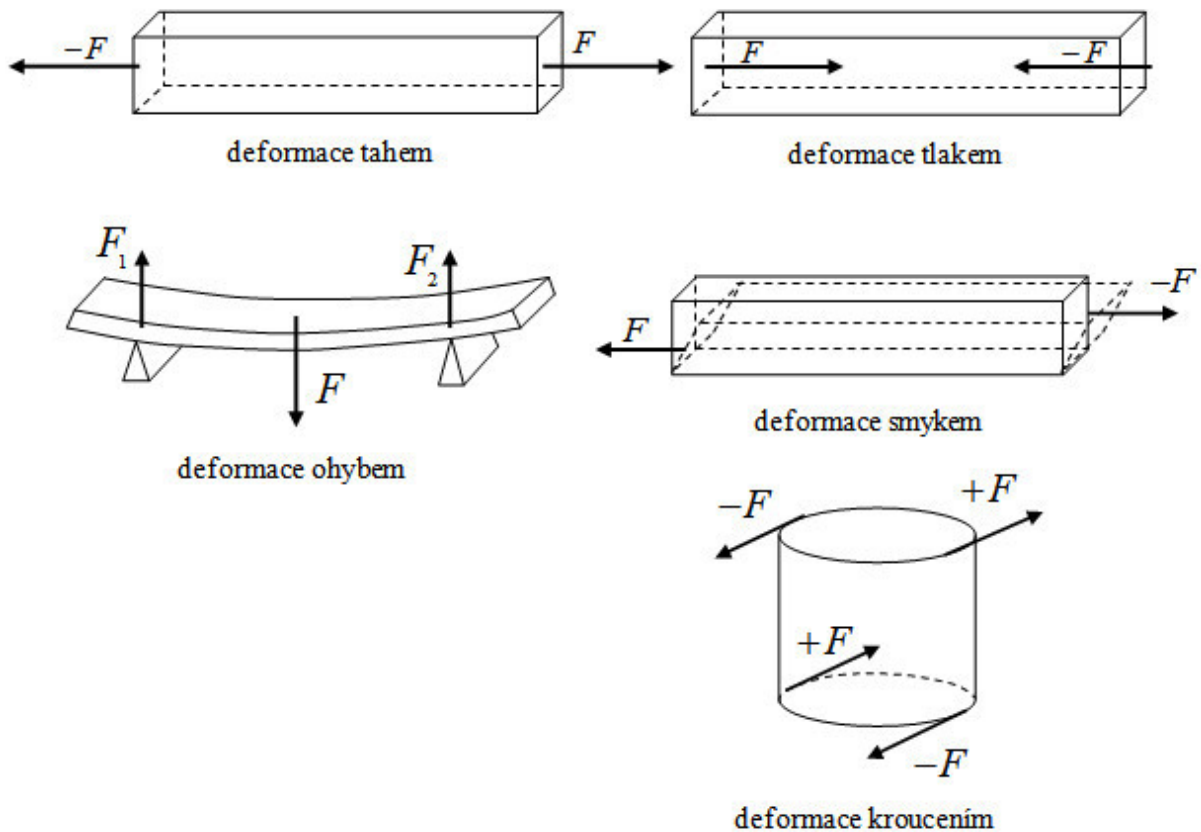
5. Van der Waalsovy síly

- jsou založeny na vzájemném působení mezi dipóly
- elektrostatické síly- způsobené polaritou molekul- molekuly se k sobě natáčí ‘vrcholky’ s opačnými náboji dipólů

- disperzní síly- molekuly neustále chaoticky kmitají a někdy se ‘vykmitnutím’ poruší neutrální stav molekuly a vznikne dipól

Deformace pevného tělesa

- deformace nastává účinkem vnějších sil působících na pevné těleso
- ke změně tvaru tělesa je třeba vykonat práci na změnu vazeb mezi částicemi
- **deformace pružná (elastická)**- jakmile na těleso přestanou působit vnější deformační síly, vrátí se do původního stavu... pružnost
- **trvalá deformace**- trvá i po odstranění vnějších sil
- podle toho, jakým způsobem síly působí se deformace dělí na **tahem**- zavěšené lano výtahu, **tlakem**- pilíře mostů, **ohybem**- nosníky, **smykem**- nýty a **kroucením**- šroub při utahování
- je-li těleso deformováno tahem nebo tlakem, je v rovnovážném stavu velikost síly pružnosti F_p rovna velikosti deformující síly F



Normálové napětí

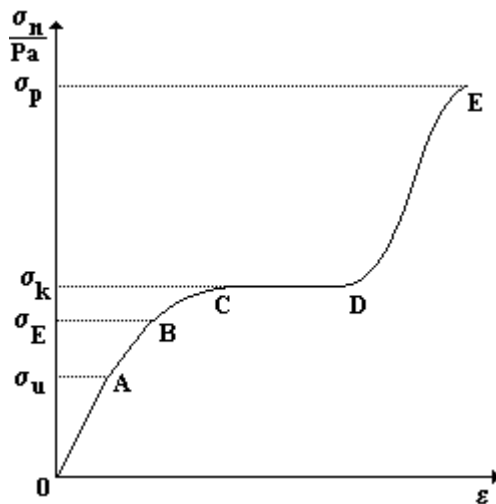
- v libovolném příčném řezu deformovaného tělesa působením sil pružnosti vzniká stav napjatosti, který charakterizuje veličina normálové napětí

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\perp}}{S}$$

F_{\perp} ... velikost síly působící kolmo na plochu příčného řezu o obsahu S

- jednotkou je pascal
- veličina **mez pružnosti** σ_{\perp} = největší hodnota normálového napětí, při kterém je deformace tahem/tlakem pořád pružná... překročí-li normálové napětí mez pružnosti, těleso se stává trvale deformovaným
- veličina **mez pevnosti** σ_{\perp} = při jejím překročení se přeruší soudržnost materiálu
- **dovolené napětí** - maximální v praxi přípustná hodnota normálového napětí při deformaci... podíl meze pevnosti a dovoleného napětí je **součinitel bezpečnosti**

Křivka deformace



Hookeův zákon pro pružnou deformaci tahem

- při deformaci tahem se těleso prodlouží z původní délky l_0 na délku l
- veličina $\Delta l = l - l_0$ se nazývá **prodloužení**
- **relativní (poměrné) prodloužení** $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$... vyjadřuje, o jak velkou část původní délky došlo k prodloužení. Nemá jednotku, protože vyjadřuje poměrovou část.

$\varepsilon = 0,1 = \frac{1}{10}$ = došlo ke zvětšení o jednu desetinu původní délky

$\varepsilon = -3\% = -\frac{3}{100}$ = došlo k zmenšení o tři setiny původní délky

Hookeův zákon:

Při pružné deformaci tahem je normálové napětí přímo úměrné relativnímu prodloužení.

$$\sigma = E \epsilon$$

E... modul pružnosti tahu, jednotka pascal

- dané hodnoty pro jednotlivé látky v tabulkách na str. 139
- např. ocel- $E_{Fe} = 220 \text{ GPa}$ - hodnota napětí při natažení na 100%

Teplotní roztažnost pevných látek

- fyzikální jev, který spočívá ve změně rozměrů tělesa při změně jeho teploty
- teplotní délková roztažnost/ teplotní objemová roztažnost

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta t$$

α ... teplotní součinitel délkové roztažnosti K^{-1}

$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t}$... k jak velké relativní změně délky dojde při zvýšení teploty o 1 K
... hodnoty pro jednotlivé látky v tabulkách str. 139

pro prodloužení Δl lze vyjádřit délku l při teplotě t :

$$l = l_0 [1 + \alpha (t - t_0)]$$

pro objemovou teplotní roztažnost platí:

$$V = V_0 [1 + \beta (t - t_0)]$$

β ... teplotní součinitel objemové roztažnosti K^{-1}

- u pevného tělesa z izotropní látky je $\beta \approx 3\alpha$... proto se u nich uvádějí jen hodnoty α ... potom platí $V \approx V_0 (1 + 3\alpha \Delta t)$

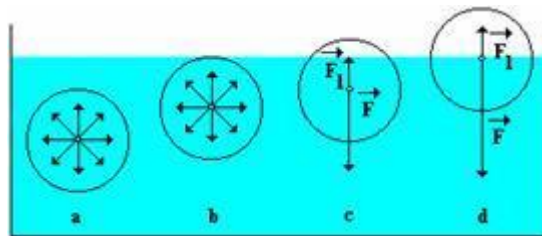
11. Struktura a vlastnosti kapalin

vzorce v tabulkách str. 190, 191; kapitola je v učebnici str. 167→174

- uspořádání molekul kapaliny je krátkodosahové
- částice kmitají kolem určité rovnovážné polohy, změna rovnovážné polohy po době řádově 1 ns v důsledku změn kinetické energie (částice získává srážkami se sousedními částicemi takovou energii, že se dostane z vlivu silového pole sousedních částic a zaujme novou rovnovážnou polohu)
- střední vzdálenosti mezi částicemi kapaliny jsou přibližně stejné jako u pevných látek □ malá stlačitelnost, značné přitažlivé síly mezi částicemi

Povrchová vrstva kapaliny

- přitažlivé působení mezi částicemi (molekulami) uvnitř kapaliny je jiné než v blízkosti jejího volného povrchu



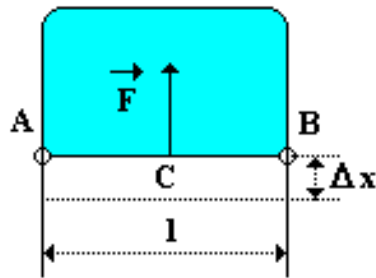
- každá molekula má kolem sebe tzv. sféru vzájemného molekulového působení □ koule o poloměru r_m
- pokud je molekula i její sféra molekulového působení uvnitř kapaliny (obr. a, b), je výslednice sil, jimiž okolní molekuly působí na uvažovanou molekulu, nulová
- pokud je vzdálenost molekuly kapaliny od volného povrchu kapaliny menší než r_m (obr. c, d), okolní molekuly působí na uvažovanou molekulu výslednou silou \vec{F} , která je kolmá k volnému povrchu kapaliny a směřuje dovnitř kapaliny; opačným směrem působí na molekulu síla \vec{F}_1 od částic plynů nad volným povrchem kapaliny, hustota částic těchto plynů je v porovnání s hustotou molekul kapaliny ve většině případů velmi malá, proto $\vec{F} \gg \vec{F}_1$ □ vrstva molekul s předchozími vlastnostmi se označuje jako povrchová vrstva

Na každou molekulu ležící v povrchové vrstvě kapaliny působí sousední molekuly výslednou přitažlivou silou, která má směr dovnitř kapaliny.

- při posunutí molekuly z vnitřku kapaliny do povrchové vrstvy je nutno překonat tuto sílu □ je konána práce □ molekuly v povrchové vrstvě mají větší vnitřní potenciální energii, nazývá se povrchová energie - jedna ze složek vnitřní energie kapaliny
- kapaliny zaujímají tvar s co nejmenším povrchem, aby povrchová energie byla minimální (při daném objemu má nejmenší povrch koule)

Povrchová síla, povrchové napětí

- povrchová síla leží v povrchu kapaliny, lze ji pozorovat např. v rámečku s pohyblivou příčkou, kde povrchová síla posouvá příčku



- velikost povrchové síly je přímo úměrná délce příčky □ definice povrchového napětí

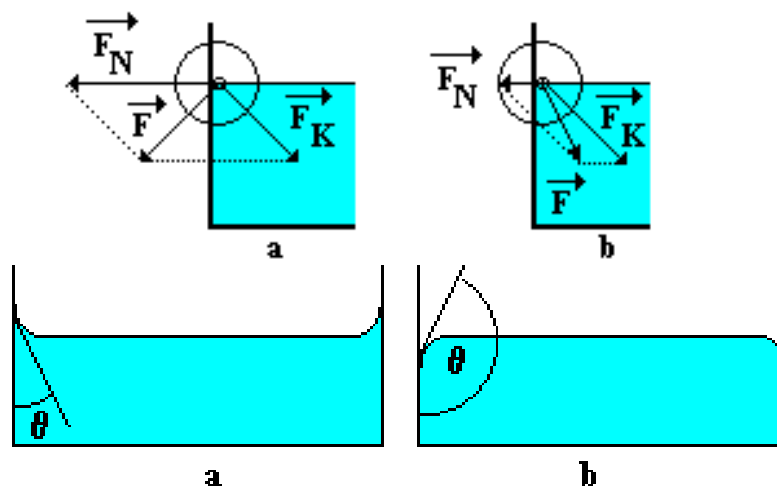
Povrchové napětí σ se rovná podílu velikosti povrchové síly F a délky l okraje povrchové blány, na který povrchová síla působí kolmo v povrchu kapaliny.

$$\sigma = \frac{F}{l}$$

- hodnoty povrchového napětí jsou v tabulkách str. 149

Jevy na rozhraní

- při styku kapaliny se stěnou nádoby se uplatňuje vzájemné silové působení mezi částicemi kapaliny a částicemi stěny nádoby (silové působení mezi částicemi plynů nad volným povrchem kapaliny a tíhovou sílu zanedbáváme vzhledem k velikostem dvou předchozích sil) □ výslednice sil je poté kolmá na povrch kapaliny a směřuje dovnitř kapaliny



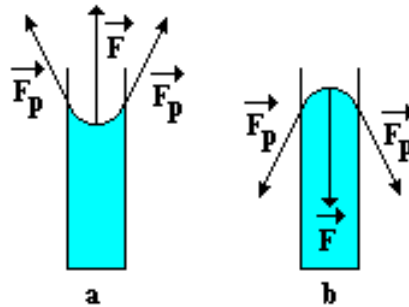
- může nastat:
 - a, síla \vec{F} směřuje z kapaliny, kapalina smáčí stěnu, povrch je dutý, stykový úhel $0^\circ < \theta < 90^\circ$ (voda, líh ve skleněné nádobě, rtuť v měděné nádobě)
 - b, síla \vec{F} směřuje do kapaliny, kapalina nesmáčí stěnu, povrch je vypuklý, stykový úhel $90^\circ < \theta < 180^\circ$ (rtuť ve skleněné nádobě, voda v mastné sklenici)
 - c, síla \vec{F} je rovnoběžná se stěnou nádoby, povrch kapaliny zůstává rovný, $\theta = 90^\circ$

Kapilární tlak

tlak způsobený působením povrchové síly (bublina), případně vzájemným silovým působením mezi částicemi kapaliny a částicemi stěny nádoby (kapilára) $p_k = \frac{2\sigma}{R}$

R □ poloměr kulového povrchu, u tenké kulové bubliny je třeba vzorec násobit 2 ×, protože bublina má 2 povrchy $p_k = \frac{4\sigma}{R}$

- dutý povrch (a) □ vnitřní tlak v kapalině je menší o kapilární tlak, nastává



kapilární elevace – kapalina stoupá vzhůru, dokud snížení tlaku nedorovná tlak hydrostatický

vypuklý povrch (b) □ vnitřní tlak v kapalině je větší o kapilární tlak, nastává kapilární deprese – kapalina klesá dolů, dokud snižovaný hydrostatický tlak nedorovná zvýšení

$$\text{tlaku} \approx = \frac{2\sigma}{gR}$$

Teplotní objemová roztažnost kapalin

- při změně teploty se mění objem (většinou se zvyšuje objem s větší teplotou, rozdíl anomálie vody)

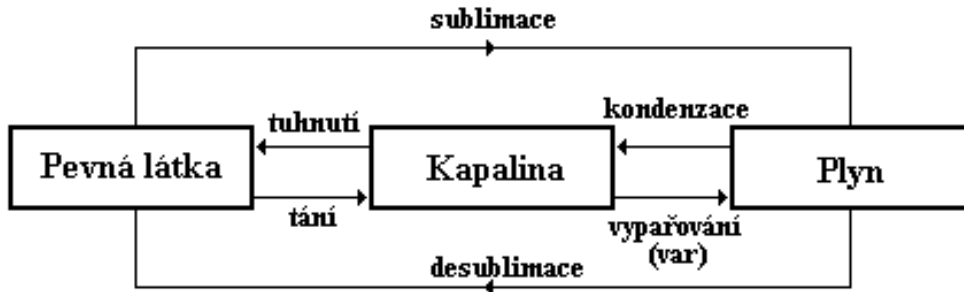
$$V \approx V_1(1 + \alpha \Delta t)$$

$$\rho \approx \rho_1(1 - \alpha \Delta t)$$

12. Skupenské přeměny látek

látku se může vyskytovat jakožto plynná, kapalná, nebo pevná...proto máme skupenství plynné, kapalná a pevné.

Změna skupenství- fyzikální děj, při kterém se mění skupenství látky



Tání- zahříváme těleso do té doby, než dosáhneme teploty tání t_t , pak se pevná látka začne měnit v kapalinu o stejné teplotě

Krystalická látka- po dosažení teploty tání látka taje

Amorfní látka- při zahřívání postupně měknou a přeměňují se v kapalinu, nemají žádnou určitou hodnotu tání, tání probíhá mezi teplotou t_1 a t_2

Většina látek při tání zvětšuje svůj objem

Skupenské teplo tání- L_t je teplo, které pevné těleso ohřáté na teplotu tání přijme, aby se změnilo na kapalinu stejné teploty za předpokladu, že neprobíhají žádné jiné přeměny energie a vnější tlak je stálý. Nezáleží pouze na druhu látky tělesa, ale i na jeho množství

$$L_t = l_t \cdot m$$

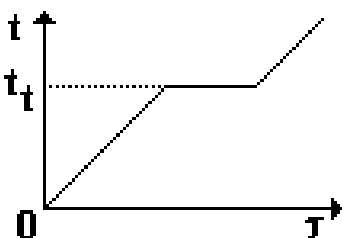
L_t - skupenské teplo tání [J]

l_t - měrné skupenské teplo tání [$J \cdot kg^{-1}$]

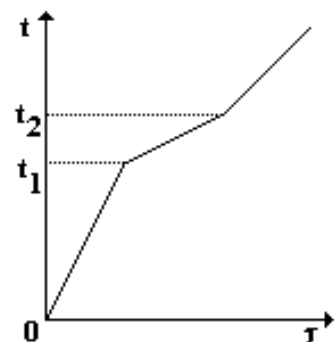
... tabulky str. 152

... vyjadřuje, jak velké teplo musíme dodat 1 kg látky k tomu, aby roztála

m - hmotnost [kg]



při tání krystalické látky



při tání amorfní látky

závislost teploty t na času τ

Když přijímá krystalická látka teplo, částice zvětšují rozkmity, čímž se zvyšuje střední vzdálenost mezi nimi. Tím vzrůstá střední potenciální energie částic. Při dosažení teploty tání nabývají kmity částic takových hodnot, že se poruší vazba mezi částicemi mřížky, mřížka se rozpadá a látka taje.

Vazebné síly mezi částicemi se liší, proto každá látka taje jen za určité teploty a tlaku.

Během tání krystalická látka přijímá teplo, její teplota se však nemění (nemění se střední kinetická energie částic).

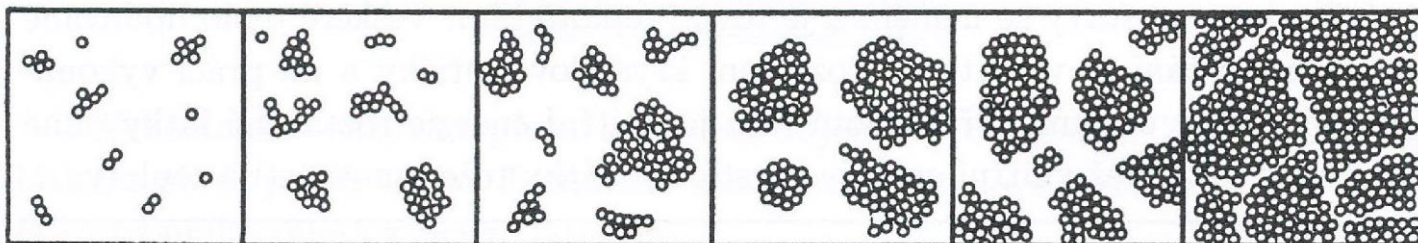
Při tání se zvyšuje střední potenciální energie částic, při teplotě tání je vnitřní energie roztaveného tělesa větší, jak vnitřní energie tělesa v krystalickém stavu při stejné teplotě.

Po roztátí celé látky přijímá těleso další teplo \longrightarrow dochází k růstu střední kinetické energie částic - růst teploty.

Tuhnutí- ochlazujeme kapalinu, která vznikla táním krystalické látky, mění se při teplotě tuhnutí v pevné těleso stejné teploty

Chemicky čisté látky- teplota tuhnutí stejná jako teplota tání za stejného vnějšího tlaku

Dosáhne-li kapalina teploty tuhnutí, začnou se v kapalině vytvářet vlivem vazebných sil zárodky-kondenzační jádra. K jádrům se postupně přidávají a pravidelně uspořádávají další částice látky. V tavenině vzniká soustava volně se pohybujících krystalků nepravidelného tvaru. V okamžiku, kdy všechna látka ztuhne, se krystalky dotýkají a vytvářejí zrna. Tímto způsobem vzniká **polykrystalická látka**.



Pokud se vytvoří v tavenině pouze jeden zárodek, vzniká **monokrystal**. Jako zárodek se používá malý monokrystal téže látky, který se vnoří do taveniny.

Většina látek při tuhnutí zmenšuje svůj objem

Skupenské teplo tuhnutí- stejné jako skupenské teplo tání pevného tělesa z téže látky a stejné hmotnosti

Měrné skupenské teplo tuhnutí- stejné jako měrné skupenské teplo tání u stejné látky

Sublimace- přeměna látky z pevného skupenství na plynné

Za běžného atmosférického tlaku sublimuje například: jód, kafr...

Měrné skupenské teplo sublimace l_s : závisí na teplotě, při níž látka sublimuje

$$l_s = \frac{L_s}{m} \quad [l_s] = J \cdot kg^{-1}$$

L_s - skupenské teplo sublimace přijaté látkou o hmotnosti m

Máme-li sublimující látku dostatečné hmotnosti v uzavřené nádobě, sublimuje do doby, než se vytvoří **rovnovážný stav** mezi pevným skupenstvím a vzniklou párou. Objemy se dále již nemění, tlak páry a teplota soustavy zůstává konstantní.

Desublimace- přeměna látky z plynného skupenství na pevné

Př.: jinovatka z vodní páry při teplotě nižší jak 0°C

Vypařování- objem kapaliny v otevřené nádobě se s časem zmenšuje, protože část kapaliny se mění v páru

Vypařování z volného povrchu kapaliny probíhá za každé teploty, při níž existuje kapalně skupenství

Různé kapaliny se vypařují různě rychle (nejrychleji: éter, líh, voda,...)

Rychlost vypařování se zvýší, zvýší-li se teplota kapaliny, zvětší-li se obsah volného povrchu a odstraníme-li vzniklé páry nad kapalinou (odsáváním, foukáním,...)

skupenské teplo vypařování L_v - musí přijmout, když kapalinu o hmotnosti m chceme přeměnit na páru o stejné teplotě

Měrné skupenské teplo vypařování: s rostoucí teplotou kapaliny klesá

$$l_v = \frac{L_v}{m}$$

l_v - měrné skupenské teplo, L_v - skupenské teplo, m - hmotnost kapaliny

Když zahříváme kapalinu, pozorujeme, že při dosažení určité teploty za daného tlaku se uvnitř kapaliny vytváří bubliny páry. Bubliny zvětšují svůj objem a vystupují k volnému povrchu kapaliny.

Tento případ vypařování se nazývá **Var**.

Při varu přechází kapalina do plynného skupenství z celého objemu, nejen z volného povrchu

(Normální) teplota varu t_v - teplota, při níž za (normálního) tlaku nastává var kapaliny

(normální tlak- 1013,25 hPa)

Teplota varu- je závislá na vnějším tlaku- čím vyšší tlak, tím se teplota varu zvyšuje

Měrné skupenské teplo varu- měrné skupenské teplo vypařování při teplotě varu kapaliny

Kondenzace (kapalnění)- opačný děj k vypařování

Pára, v důsledku zmenšování svého objemu, nebo snížením teploty kapalní

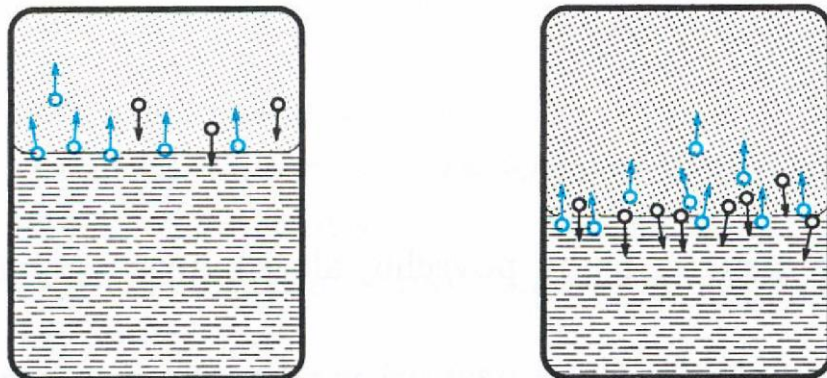
Kondenzační skupenské teplo- uvolňuje se při kapalnění

Kondenzační měrné skupenské teplo- měrné skupenské teplo vypařování stejné látky při stejné teplotě

Kapalnění může nastat: na povrchu kapaliny, na povrchu pevného tělesa, ve volném prostoru

Kapalnění- spojování několika molekul páry v drobné kapičky...kapičky postupně rostou

Sytá pára- kapalina (dostatečného objemu) se vypařuje v uzavřené nádobě, po určité době se přestane zmenšovat a zvětšovat



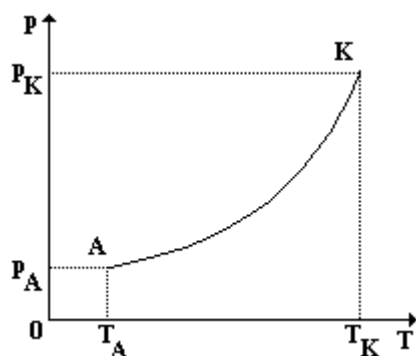
objem kapaliny
objem páry

Vytvoří se rovnovážný stav mezi počtem molekul, které opouštějí povrch kapaliny a počtem molekul, které se za stejnou dobu vrátí do kapaliny.

V rovnovážném stavu se nemění poloha rozhraní mezi kapalinou a párou

Zvýšíme-li teplotu kapaliny a její syté páry, zvětší se vnitřní energie soustavy

Tlak syté páry nad kapalinou s rostoucí teplotou roste, graf této závislosti se nazývá **křivka syté páry**



Počátečnímu bodu křivky syté páry přísluší nejmenší hodnoty teploty T_A a tlaku p_A , při níž existuje kapalina a její sytá pára v rovnovážném stavu

T_A - teplota tuhnutí kapaliny při tlaku p_A

Při zvyšování teploty T rovnovážné soustavy roste hustota páry, hustota kapaliny klesá.

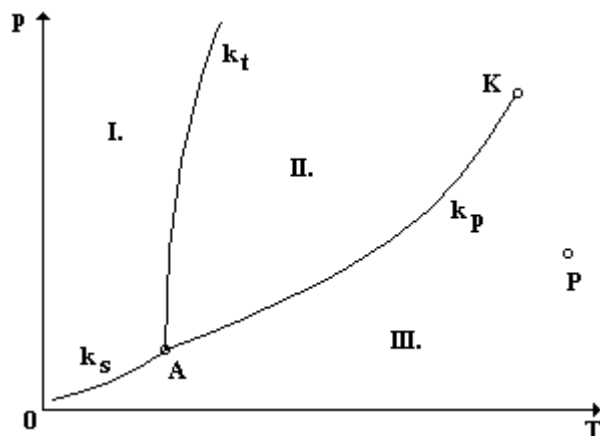
Při kritické teplotě T_K jsou si obě hustoty rovny- soustava se stane stejnorodou- mezi kapalinou a sytou párou zmizí rozhraní

$T > T_K$ - látka neexistuje v kapalném skupenství...křivka syté páry zde končí

Bod **K**- kritický stav látky- má kritickou teplotu T_K , kritický tlak p_K a kritický objem V_K

Fázový diagram- všechny tři skupenství lze znázornit ve fázovém diagramu dané látky

Fázový diagram se skládá ze 3. křivek- k_p (křivka syté páry), k_t (křivka tání) a k_s (křivka sublimace)



Křivka tání k_t - znázorňuje rovnovážný stav, kdy se vyskytuje pevné a kapalné skupenství látky, graf závislosti teploty tání na vnějším tlaku. Z

Začíná v bodě A- pevné a kapalné skupenství látky v rovnováze- křivka nemá konec, není známo, kde končí.

sublimační křivka k_s - znázorňuje stav látky, při němž jsou vedle sebe v rovnovážném stavu pevná látka a její sytá pára, křivka končí v bodě A

Všechny křivky se stýkají v jednom bodě... v bodě A- nazývá se trojný bod- znázorňuje rovnovážný stav pevného, kapalného a plynného skupenství téže látky. Příklad: při teplotě $T_A=273,16\text{K}$, a tlaku $p_A=0,61\text{kPa}$ existují v rovnovážném stavu současně led, voda a sytá vodní pára. Teplota trojného bodu je základní teplotou **termodynamické teplotní stupnice**.

Křivky rozdělují diagram do 3. oblastí:

I.-stav látky v pevném skupenství

II.- stav látky v kapalném skupenství

III.- různé rovnovážné stavy plynného skupenství, které má nižší tlak než sytá pára téže teploty- **přehřátá pára**

Přehřátá pára- může vzniknout ze syté páry dvěma základními způsoby:

- 1) Zvětšením objemu syté páry bez přítomnosti kapaliny (pokles tlaku)
- 2) zahříváním syté páry bez přítomnosti kapaliny

Přehřátá pára je tedy pára, která má nižší tlak a hustotu než sytá pára téže teploty

Přechod z jedné oblasti do druhé ve fázovém diagramu protnutím jedné z křivek k_p , k_t nebo k_s představuje vždy změnu skupenství, během níž se vytvoří rozhraní mezi jednotlivými skupenstvími.

Bod P- rovnovážný stav soustavy při teplotě vyšší než je kritická teplota T_K

Má-li být látka v tomto stavu zkapalněna, musí být nejprve ochlazená (adiabatickou expanzí- plyn koná práci, teplota plynu i jeho vnitřní energie se zmenšuje) na teplotu nižší, než je teplota kritická, a pak může teprve proběhnout komprese (stlačení).

Vlhkost vzduchu- ve spodních vrstvách atmosféry je vodní pára, která vzniká vypařováním rozsáhlých vodních ploch. Její hmotnost se mění. Větší hmotnost mívá spíše odpoledne než ráno, v létě než v zimě, na pobřeží než ve vnitrozemí. Na přítomnosti vodní páry v atmosféře a její hmotnosti závisí četnost dešťových srážek i fyziologický pocit člověka (např. lépe snášíme vyšší teplotu při menší hmotnosti vodní páry, ...).

Absolutní vlhkost vzduchu

$$\Phi = \frac{m}{V} \quad [\Phi] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Φ - absolutní vlhkost vzduchu, V - objem vzduchu, m - hmotnost vodní páry

Vodní pára v atmosféře je **přehřátá pára**. Stane-li se **sytou párou**, pak absolutní vlhkost dosáhne maximální hodnoty Φ_m .

Relativní vlhkost vzduchu- do jaké míry se liší stav vodní páry od stavu syté vodní páry

$$\varphi = \frac{\Phi}{\Phi_m} = \frac{p}{p_s} \quad p\text{- tlak vodní páry, } p_s\text{- tlak syté páry za stejné teploty}$$

1. $\varphi = 0\%$ - suchý vzduch
2. $\varphi = 100\%$ - vzduch nasycený vodní párou
3. $\varphi = \langle 50; 70 \rangle\%$ - nevhodnější rozmezí pro život a pracovní schopnost člověka

Relativní vlhkost měříme vlhkoměrem.

Př.: Vlasový vlhkoměr, Psychrometr

13. Mechanické kmity

Kmitavý pohyb- třetí základní typ pohybu (po pohybu přímočarém a křivočarém)-

trajektorií je úsečka, nebo část křivky

Příklad: pulsování srdce, chvění bubínku ucha při příjmu zvuku

Mechanický oscilátor- zařízení, které volně kmitá (kmitá bez vnějšího působení)

Známe dva typy mechanických oscilátorů:

1. Těleso zavěšené na pružině- kmitání způsobeno silou pružnosti
2. Kyvadlo- kmitání způsobeno tíhovou silou

Rovnovážná poloha oscilátoru- poloha oscilátoru, v níž jsou síly, které působí na oscilátor v rovnováze

Vlastnosti kmitavého pohybu:

Kmitavý pohyb je **nerovnoměrný**- těleso urazí za stejný časový interval různou dráhu

Kmit- periodicky se opakující část kmitavého pohybu

Kmity lze charakterizovat pomocí:

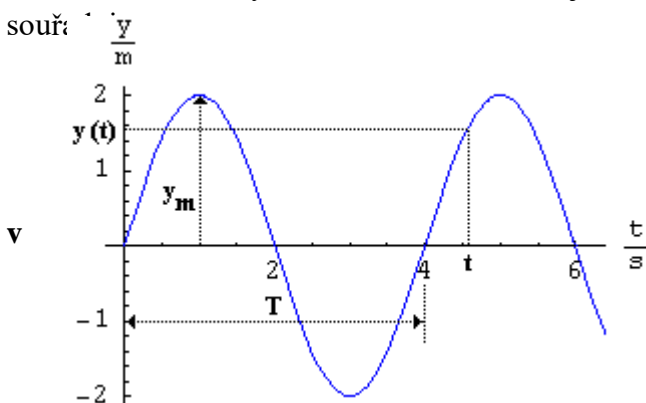
1. **Periody (doby kmitu) T**- doba, za níž proběhne 1 kmit a oscilátor dospěje do stejné polohy jako v počátečním čase; $[T] = s$
2. **Frekvence (kmitočtu) f**- je dána počtem kmitů za jednu sekundu. Platí:

$$f = \frac{1}{T} \quad [f] = s^{-1} = \text{Hz}$$

Kyv- Polovina kmitu, např. přechod z jedné krajní polohy do druhé krajní polohy

Harmonické kmitání- okamžitá poloha mechanického oscilátoru v závislosti na čase.

Tělesa zanedbatelných rozměrů, které kmitají ve směru osy y, rovnovážná poloha v počátku soustavy

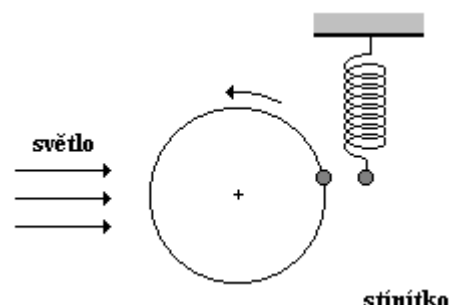


okamžitá výchylka- okamžitá poloha určena souřadnicí y

okamžitá výchylka závisí na funkci sinus

Amplituda výchylky (y_m)- maximální odchylka

Vztah pro výpočet okamžité výchylky:

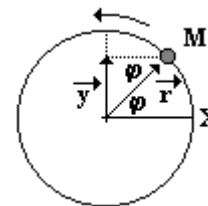


Kmitavému pohybu tedy odpovídá průmět pohybu
 rovnoměrného pohybu po kružnici do svislé roviny

M- hmotný bod

ω - úhlová rychlost

okamžitá poloha bodu M určena polohovým vektorem \vec{r} - svírá úhel φ s osou x



V čase $t=0$; $\varphi=0$

V čase $t>0$; $\varphi = \omega t$

Okamžitá výchylka- velikost vektoru \vec{y} ; $y = r \sin \varphi$

Poloměr r- maximální výchylka (amplituda) $\rightarrow y = y_m \sin \omega t$

Úhel φ - fáze kmitavého pohybu

U kmitavých pohybů se používá pro ω termín úhlová frekvence a platí: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

$$y = y_m \sin \omega t = y_m \sin 2\pi f t = y_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

y_m - amplituda pohybu (maximální výchylka)

f- frekvence pohybu

y- okamžitá výchylka

T- perioda pohybu

ω - úhlová rychlost

t- čas

Periodický pohyb- grafem závislosti okamžité výchylky na čase je sinusoida (harmonický pohyb)

$$y = \sin x$$

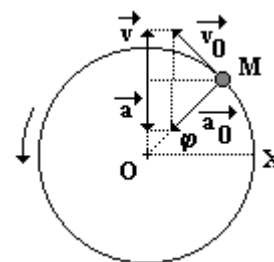
Rychlost a zrychlení kmitavého pohybu

Maximální rychlost v okamžiku, kdy těleso prochází rovnovážnou polohou ($y=0$)

Nulová rychlost v okamžiku maximální výchylky ($y=\pm y_m$)

Rychlost kmitavého pohybu $v=\omega r$

$$v = v_0 \cos \varphi = \omega r \cos \omega t = \omega y_m \cos \omega t = v_m \cos \omega t$$



Vektor zrychlení \vec{a}_0 rovnoměrného pohybu po kružnici směřuje do středu kružnice a má velikost $a_0 = \omega^2 r$.

Vektor zrychlení má opačné znaménko než okamžitá výchylka y .

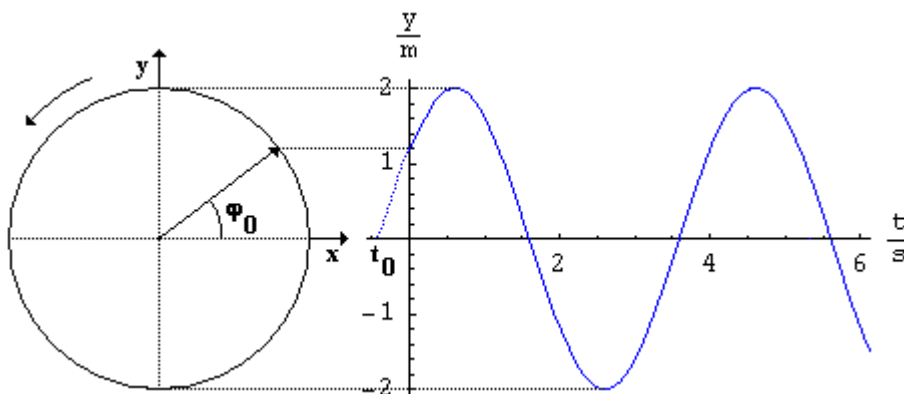
Zrychlení kmitajícího bodu míří vždy do rovnovážné polohy - do polohy, v níž se pohyb nakonec ustálí.

$$a = -a_0 \sin \omega t = -\omega^2 r \sin \omega t = -\omega^2 y_m \sin \omega t = -\omega^2 y$$

Zrychlení je maximální, právě tehdy když $|y| = y_m$, nulové je v rovnovážné poloze.

Fáze kmitavého pohybu

Ne všechna kmitání začínají v počátečním okamžiku svůj kmitavý pohyb z rovnovážné polohy. U takového kmitání je zřejmé, že oscilátor procházel rovnovážnou polohou před začátkem měření času - procházel rovnovážnou polohou o čas t_0 dříve.



$$y = y_m \sin \omega(t + t_0) = y_m \sin(\omega t + \omega t_0) = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

φ_0 - počáteční fáze kmitavého pohybu - určuje hodnotu okamžité výchylky v počátečním okamžiku.

$$\omega t_0 + \varphi_0 = 0 \quad \longrightarrow \quad t_0 = -\frac{\varphi_0}{\omega}$$

$$y = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$v = \omega y_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$a = -\omega^2 y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Mají-li dvě harmonické veličiny stejnou úhlovou frekvenci a počáteční fáze φ_{01} a φ_{02} , můžeme určit jejich fázový rozdíl: $\Delta\varphi$

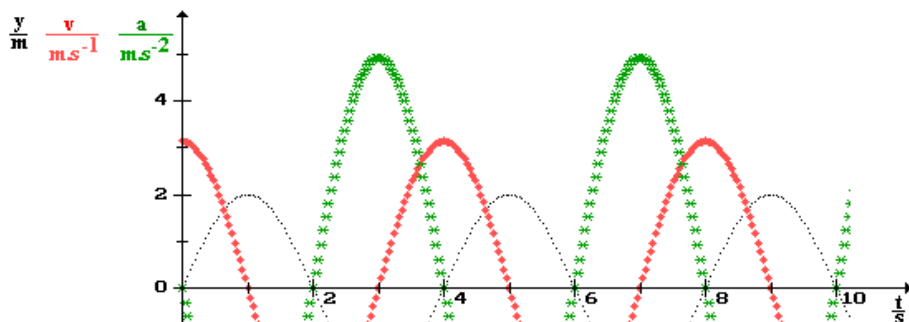
$$\Delta\varphi = (\omega t + \varphi_{02}) - (\omega t + \varphi_{01}) = \varphi_{02} - \varphi_{01}$$

rychlost je fázově posunuta o $\frac{\pi}{2}$ vzhledem k výchylce.

$$\Delta\varphi = 2k\pi, k \in \mathbb{N}_0 \dots \text{stejná fáze}$$

$$\Delta\varphi = (2k+1)\pi, k \in \mathbb{N}_0 \dots \text{opačná fáze}$$

Graf popisující mechanický oscilátor



1. Graf závislosti okamžité výchylky na čase t

$$y = y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

2. Graf závislosti okamžité rychlosti na čase t

$$v = v_m \cos(\omega t + \varphi_0) = \omega y_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

3. Graf závislosti okamžitého zrychlení na čase t

$$a = -a_m \sin(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 y_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

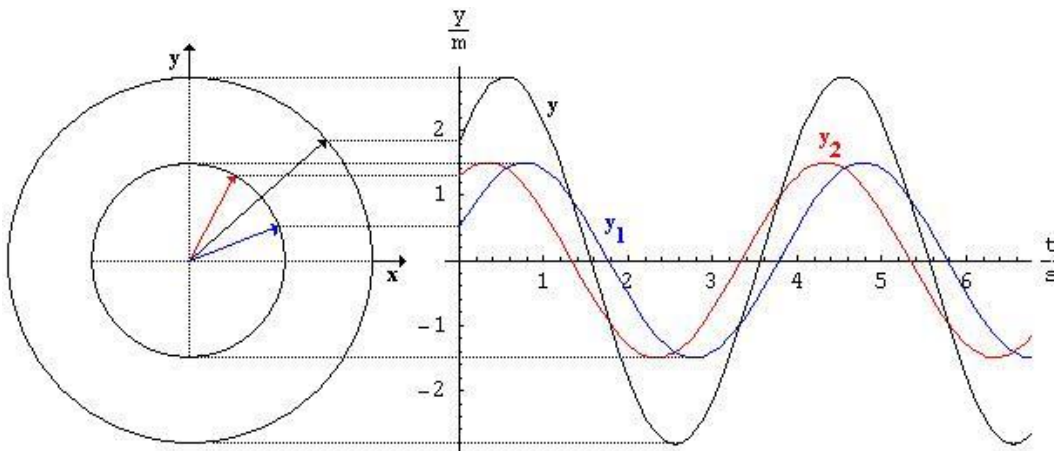
Složené kmitání

Kmitání, které se vzniká skládáním několika kmitavých pohybů v jeden. Mají-li jednotlivé pohyby okamžité výchylky y_1, y_2, \dots, y_n je okamžitá výchylka výsledného kmitání $y_1 + y_2 + \dots + y_n$. Časový průběh výsledného kmitání závisí na amplitudě okamžité výchylky, frekvenci a počáteční fázi jednotlivých jeho složek.

Vlastnosti složeného kmitání:

1. $y_{m1} = y_{m2} = y_m$ $\omega_1 = \omega_2 = \omega$

výsledná amplituda závisí na fázovém rozdílu složek



2. $y_{m1} \neq y_{m2}$, ale $\omega_1 = \omega_2 = \omega$

výsledné kmitání je harmonické a jeho amplituda výchylky závisí na fázovém rozdílu složek

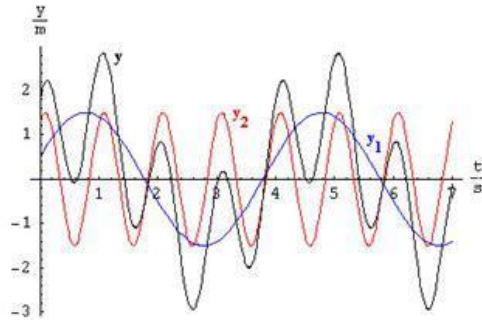
3. $\Delta\varphi = 0$

amplituda výchylky složeného kmitání je maximální a má hodnotu $y_m = y_{m1} + y_{m2}$

4. $\Delta\varphi = \pi$

amplituda výchylky složeného kmitání je nejmenší a má hodnotu $y_m = |y_{m1} - y_{m2}|$, Složené kmitání má stejnou počáteční fázi jako složka s větší amplitudou. $y_{m1} = y_{m2} \dots$ výchylka nulová (kmitání zaniká)

5. $\omega_1 \neq \omega_2 \dots$ výsledné kmitání není harmonické



Skládání dvou kolmých kmitů

různé úhlové frekvence

pohyb po ovinných křivkách, které nazýváme **Lissajousovy obrazce**

Ve směru osy x se jedná o kmitání, které je možné popsat rovnicí:

$$x = y_{m1} \sin \omega_1 t$$

ve směru y pak rovnicí:

$$y = y_{m2} \sin(\omega_2 t + \Delta\varphi)$$

Poměr frekvencí	Fázové posunutí				
	0°	45°	90°	135°	180°
1:1					
1:2					
1:3					
2:3					
3:4					
3:5					

Dynamika kmitavého pohybu

Příčinou kmitavého pohybu je síla pružnosti, nebo síla tíhová

Pohybová rovnice harmonického kmitání (z 2. Newtonova zákona):

$$F = ma = -m\omega^2 y$$

Kmitání způsobené silou pružnosti

závaží zavěšené na pružině

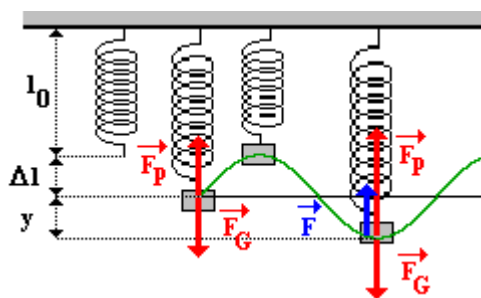
Zavěsíme-li na pružinu délky l_0 závaží o hmotnosti m , začne působit na pružinu síla, která je úměrná prodloužení pružiny Δl

Tuhost pružiny: $k = \frac{F}{\Delta l}$ $[k] = Nm^{-1}$

V rovnovážné poloze na pružinu působí dvě síly opačného směru, ale stejné velikosti

Tíhová síla F_G a síla pružnosti $F_p = k\Delta l \longrightarrow mg = k\Delta l$

Když uvedeme oscilátor do kmitavého pohybu, tíhová síla je stálá, mění se pouze velikost síly pružnosti, protože se mění výchylka



$$\vec{F} = F_G + F_p$$

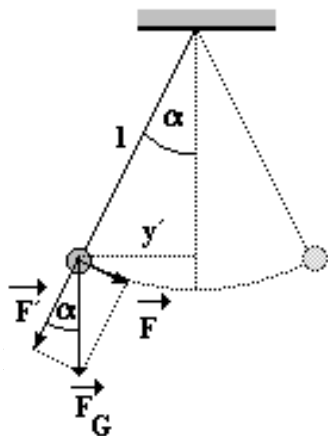
$$F = F_G - F_p = mg - k(\Delta l + y) = -ky$$

Vlastní kmitání oscilátoru- jestli kmitá s úhlovou frekvencí ...

$$\omega_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Kmitání způsobené tíhovou silou- kyvadlo

Kyvadlo- těleso zavěšené nad těžištěm, které se může volně otáčet kolem vodorovné osy procházející bodem závěsu kolmo k rovině kmitání



Druhy kyvadel:

- Matematické- HB na dlouhém závěsu, který kýve s malým rozkyvem
- Fyzické, kónické, torzní...

Matematické kyvadlo

$$\sin \alpha = \frac{F}{F_G} = \frac{y'}{l} \doteq \frac{y}{l}$$

y- délka oblouku opsaného

Proč znaménko (-)? ...síla orientovaná opačně než výchylka.

Vlastní kmitání mat. kyvadla

$$-mg \frac{y}{l} = -m\omega^2 y \longrightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad F \doteq -F_G \frac{y}{l} = -mg \frac{y}{l}$$

Energie mechanického oscilátoru a její přeměny

Při harmonickém kmitání dochází k periodickým přeměnám energie

Při průchodu rovnovážnou polohou má oscilátor maximální velikost rychlosti \longrightarrow maximální kin. energie

Krajní poloha- maximální potenciální energie

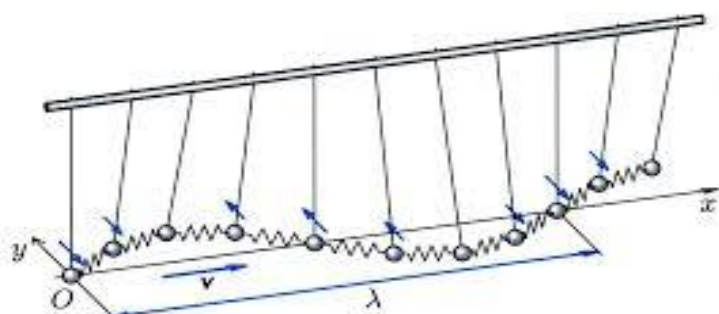
Maximální hodnoty Energie oscilátoru

$$E_p = \frac{1}{2}ky_m^2 \quad E_k = \frac{1}{2}mv_m^2$$

Tlumené kmity- Tlumení závisí na hustotě prostředí, v němž oscilátor kmitá, na velikosti rychlosti jeho pohybu, ... Proto je tlumení např. ve vodě větší než ve vzduchu.

14. Mechanické vlnění

- Je to děj, při němž se kmitání šíří látkovým prostředím. Šíření vln není spojeno s přenosem látky. Vlněním se však přenáší energie.
- Vzniká v látkách všech skupenství. Příčinou jsou vazebné síly mezi částicemi (atomy, molekuly) v prostředí, kde se vlnění šíří.
- Kmitání jedné částice se vzájemnou vazbou pak předává na další částici. Takové prostředí se označí jako **pružné prostředí**
- Přenosem kmitání mezi částicemi pružného prostředí se vytváří vlna

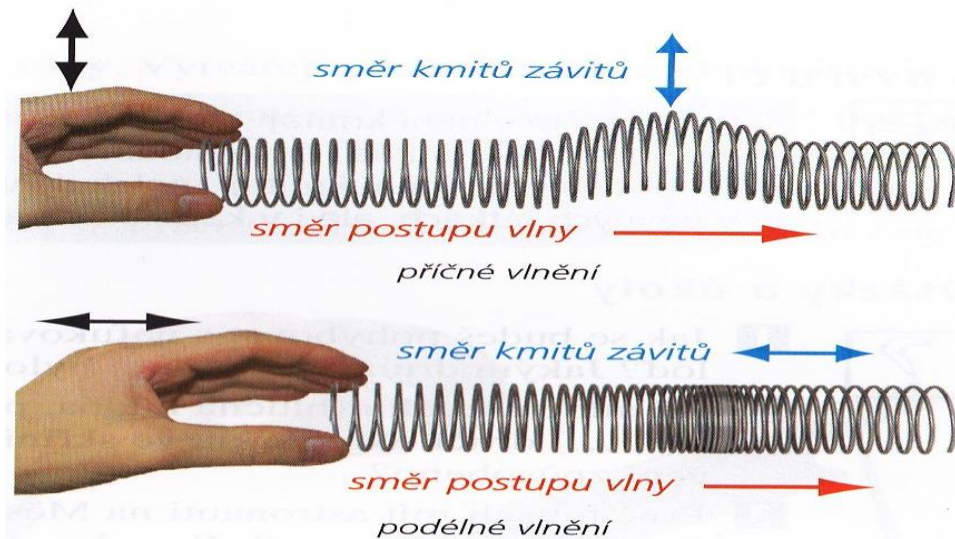


4-22 Vznik postupného vlnění příčného

- Jestliže hmotný bod (HB), který je zdrojem vlnění, kmitá harmonicky, vzniká vlna sinusového průběhu.
- Příklad: Jestliže první kyvadlo vychýlíme ve směru osy y a necháme ho volně kmitat, tak postupně začnou kmitat i ostatní kyvadla.
- Vzniká **postupné vlnění příčné** a rychlost **v** je **rychlost postupného vlnění**.
- Jeden kmit je roven doby **periodě kmitání T**. Za tuto dobu se vlnění rozšíří do vzdálenosti, kterou nazýváme **vlnová délka λ**. Je to vzdálenost dvou nejbližších bodů, které kmitají stejnou fází.

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

- Veličina **f** je **frekvence kmitání** kyvadel ($f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\tau}$)
- Jsou dva základní typy postupného mechanického vlnění
 1. **Postupné vlnění příčné**, kdy HB pružného prostředí kmitají kolmo na směr, kterým vlnění postupuje. (Příklad: vlnění na vodní hladině)
 2. **Postupné vlnění podélné**, kdy HB pružného prostředí kmitají ve směru, kterým vlnění postupuje. (Například: zvuk)



Rovnice postupného vlnění

- Umožňuje nám určit okamžitou výchylku v každém bodě řady, kterou se vlnění šíří
- Výchylka závisí na čase t a na vzdálenost x od zdroje vlnění. Tím se vlnění liší od kmitání, při němž okamžitá výchylka kmitajícího bodu je jen funkcí času podle rovnice:

$y = y_m \sin \omega t$ - rovnice kmitání

y ...okamžitá výchylka

y_m ...amplituda výchylky

ω ...úhlová frekvence ($\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$)

t ...čas

- **Pro vlnění platí:**

$$y = y_m \sin \omega(t - \tau) = y_m \sin \omega\left(t - \frac{x}{v}\right) = y_m \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

y ...okamžitá výchylka

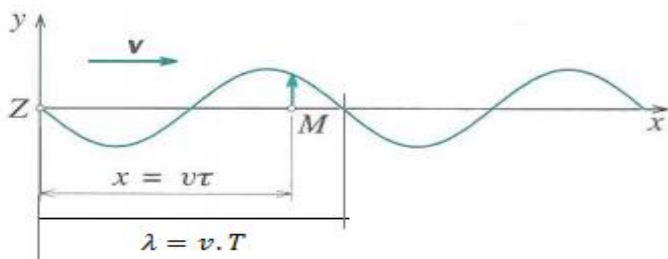
y_m ...amplituda výchylky

ω ...úhlová frekvence ($\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$)

t ...čas

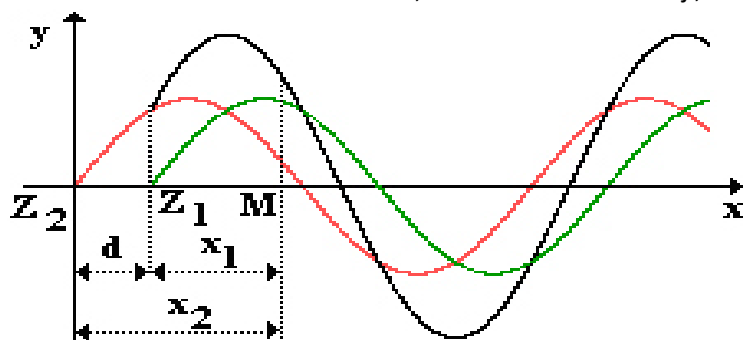
τ ...doba, za kterou se vlnění rozšířilo do vzdálenosti x od zdroje rychlostí v ($\tau = \frac{x}{v}$)

- Veličina $2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ je **fáze vlnění**



Interference vlnění

- Když se pružným prostředím šíří vlnění ze dvou nebo více zdrojů, jednotlivá vlnění postupují prostředím nezávisle. Avšak v místech, kde se vlnění setkávají, dochází k jejich skládání.



- Budeme uvažovat dvě vlnění, která šíří se stejnou rychlostí a se stejnou vlnovou délkou a s amplitudou y_m . Zdroje vlnění Z_1 a Z_2 mají různou polohu, ale kmitají se stejnou počáteční fází.

$$y_1 = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right)$$

$$y_2 = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda} \right)$$

- Výsledné vlnění, které vzniká interferencí dvou vlnění, určíme stejným způsobem, jakým provádíme superpozice při skládání kmitavých pohybů. Jsou-li složky harmonické, má harmonický průběh i výsledná vlna.
- Pro okamžitou výchylku výsledného vlnění platí vztah

$$y = 2y_m \cos \pi \frac{d}{\lambda} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{\bar{x}}{\lambda} \right)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{2}(x_1 + x_2); \quad [d = (x_2 - x_1)]$$

- V této rovnici je výraz $2y_m \cos \left(\pi \frac{d}{\lambda} \right)$ konstantní, nezávisí na čase, a má význam amplitudy Y_m výsledného vlnění.
- Rovnici výsledného postupného vlnění můžeme zapsat v jednoduchém tvaru:

$$y = Y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{\bar{x}}{\lambda} \right)$$

!!! Uvedený vztah pro výslednou amplitudu Y_m platí jen v případě, že $y_{m1}=y_{m2}=y_m$!!!

- Jinak použijeme pro výpočet amplitudy výsledného vlnění obecně platný vztah:

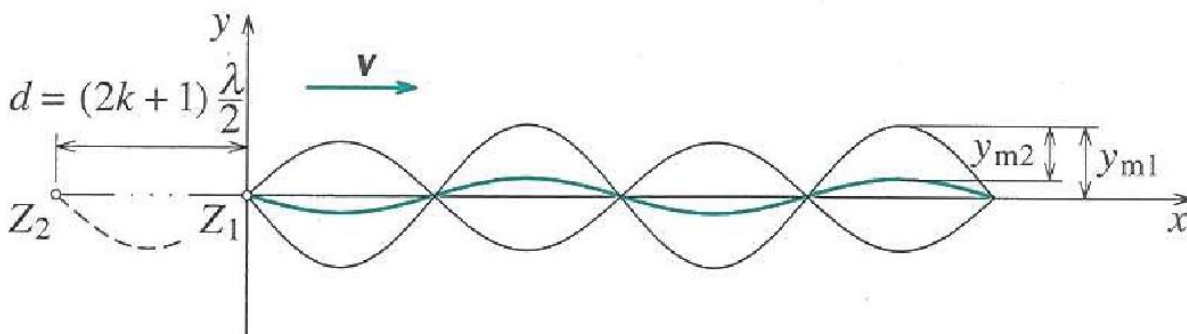
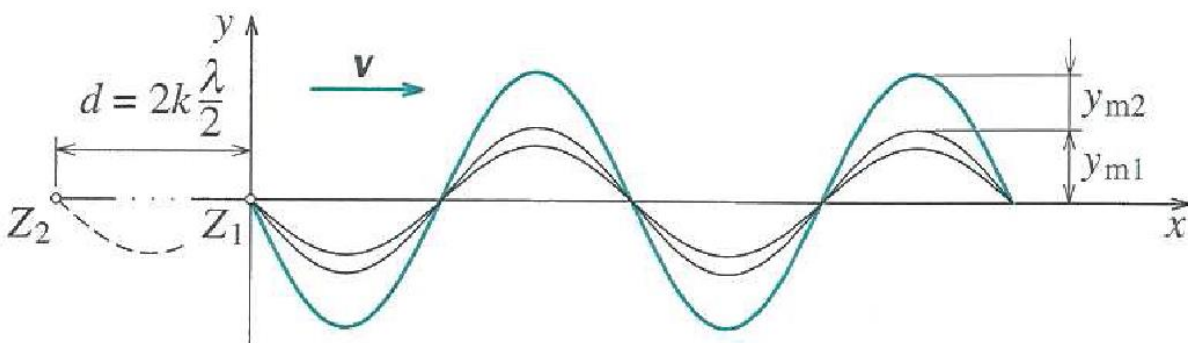
$$Y_m = \sqrt{y_{m1}^2 + y_{m2}^2 + 2y_{m1}y_{m2} \cos \left(\frac{2\pi d}{\lambda} \right)}$$

- Interferencí dvou harmonických postupných vlnění vzniká opět harmonické vlnění stejné vlnové délky a frekvence, ale jeho amplituda závisí na dráhovém rozdílu d . Je to vzdálenost dvou bodů, v nichž mají obě vlnění stejnou fázi.
- Dráhový rozdíl je funkcí fázového rozdílu vlnění $\Delta\varphi$ v uvažovaném bodě pružného prostředí. Určíme ho jako rozdíl fází obou vlnění v určitém okamžiku:

$$\Delta\varphi = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right) - 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda}\right) = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{\lambda}d$$

- **Fázový rozdíl vlnění je přímo úměrný dráhovému rozdílu vlnění**
- Zvláštní případy interference vlnění nastávají, když dráhový rozdíl je roven celistvému počtu půlvln interferujících vlnění:

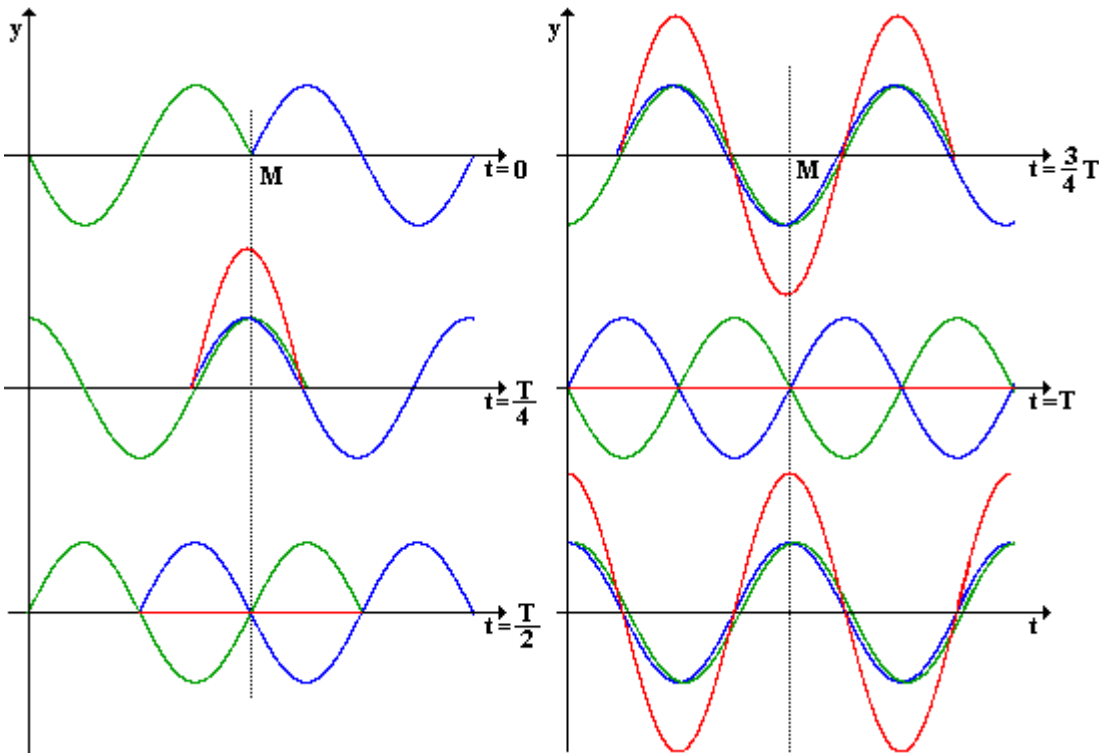
1. Sudý počet půlvln: $d = 2k\frac{\lambda}{2} = k\lambda$, kde $k \in \mathbf{N} \cup \{0\}$ – Interferující vlnění se setkávají v každém bodě se stejnou fází a vzniká vlnění, jehož výsledná amplituda je rovna součtu amplitud složek: $y_m = y_{m1} + y_{m2}$. Vzniká **Interferenční maximum**.
2. Lichý počet půlvln: $d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$, kde $k \in \mathbf{N} \cup \{0\}$ – Interferující vlnění se setkávají s opačnou fází a amplituda výsledného vlnění je rovna absolutní hodnotě rozdílu amplitud složek: $y_m = |y_{m1} - y_{m2}|$. Vzniká **interferenční minimum**. Při stejné amplitudě obou složek se vlnění navzájem ruší.



- Setkáváme s interferencí zejména v optice. Je to často důležitým kritériem při rozhodování, zda má fyzikální jev vlnovou povahu.

Stojaté vlnění

- Jestliže dvě vlnění o stejné amplitudě a stejné frekvenci postupují pružným prostředím v opačném směru, tedy proti sobě. K tomu dochází zejména při šíření vlnění v omezeném prostoru (např. V tyči). Vlnění postupuje až k okraji pružného prostředí, tam se odráží a postupuje v opačném směru.
- Přímé a odražené vlnění se skládají a vzniká **stojaté vlnění**



- V bodech, které jsou od bodu M vzdálené o k-násobky $\frac{\lambda}{2}$, kmitají s největší amplitudou a vzniká **kmitna stojatého vlnění**.
- Naopak body, které jsou od bodu M vzdálené o k-násobky λ , zůstávají ve všech fázích periody stále v klidu. Jsou to **uzly stojatého vlnění**. Uzly jsou ve vzájemné vzdálenosti $\frac{\lambda}{2}$.
- Poloha kmiten a uzlů stojatého vlnění se nemění. Kmitna je ve vzdálenosti $\frac{\lambda}{4}$ od uzlu.
- Stojaté vlnění vzniká skládáním dvou harmonických vln popsaných rovnicemi

$$y_1 = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y_2 = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$$

- X je souřadnice uvažovaného bodu za předpokladu, že počátek soustavy souřadnic M je v místě, v němž se obě vlnění setkávají v čase $t = 0, t = 0$ s fázovým rozdílem $\Delta\varphi = 0, \Delta\varphi = 0$.
- Sečtením okamžitých výchylek dostaneme pro okamžitou výchylku výsledného vlnění vztah:

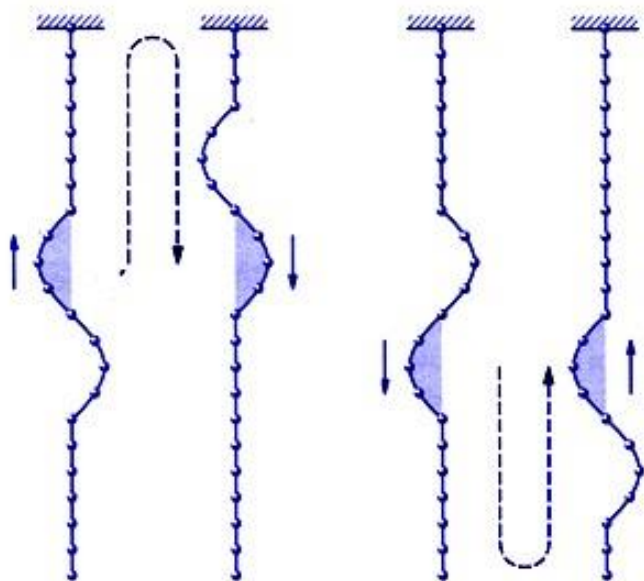
$$y = 2y_m \cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

Nebo $y = Y_m \sin \omega t = Y_m \sin \omega t$

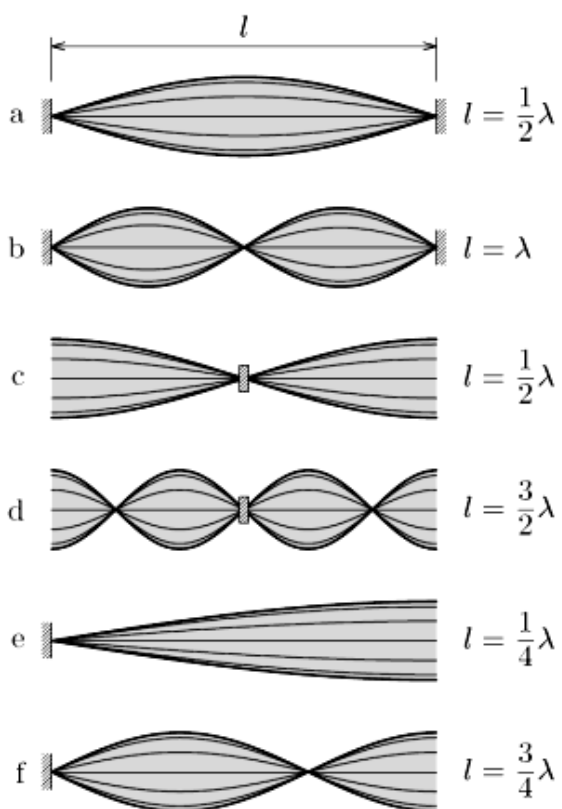
- Kmitná vzniká v bodech splňujících podmínku $\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) = 1, \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) = 1$, tedy pro $x = \pm k \frac{\lambda}{2}$
 $x = \pm k \frac{\lambda}{2} (k \in \mathbf{N} \cup \{0\}) (k \in \mathbf{N} \cup \{0\})$
- Uzel vzniká v bodech splňujících podmínku $\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) = 0, \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) = 0$, tzn. pro $x = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{4}$
 $x = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{4}$
- Mezi postupným a stojatým vlněním jsou zásadní rozdíly:
 1. Při **postupném vlnění** kmitají všechny body se stejnou amplitudou, ale s různou, na čase závislou fází. Každý následující bod dosahuje stejné výchylky později než bod předcházející. Fáze vlnění se šíří fázovou rychlostí **v**. Postupným vlněním se přenáší energie.
 2. Při **stojatém vlnění** kmitají všechny body mezi dvěma uzly se stejnou fází, ale s různou amplitudou, která závisí na poloze bodu. Nepřenáší se energie, ale jen se periodicky mění potenciální energie pružnosti v kinetickou energii HB.
- Stojaté vlnění může být příčné nebo podélné.
- Příklady stojatého vlnění si můžeme ukázat na hudebních nástrojích. Toto stojaté vlnění se označí jako **chvění**.
 - a) U strunných nástrojů (housle, kytara) je vlastně zdrojem zvuku příčné stojaté vlnění struny.
 - b) U dechových nástrojů (trubku, klarinet) vzniká podélné stojaté vlnění vzduchového sloupce v duté části nástroje.

Chvění mechanických soustav

- Se stojatým vlněním se setkáváme zejména u těles, která představují prostorově ohraničené pružné prostředí. Vlnění postupuje v tělese až k rozhraní, na němž nastává **odraz vlnění**.
 1. Na pevném konci nastává **odraz vlnění s opačnou fází**
 2. Na volném konci nastává **odraz vlnění se stejnou fází**



➤ Průběh chvění závisí na tom jak je těleso (např. pružná tyč) upevněné.

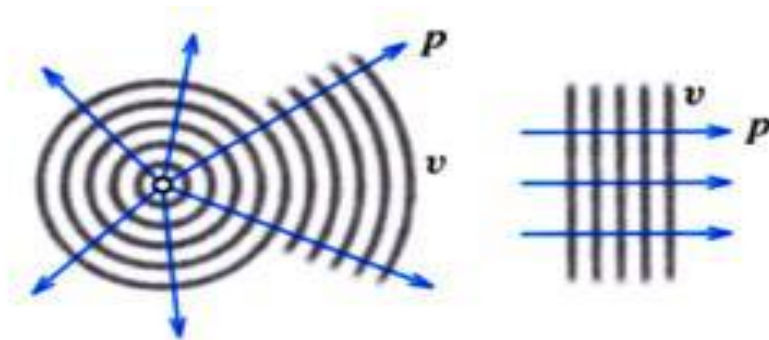


➤ V bodech, v nichž je tyč upevněná, vzniká uzel stojatého vlnění. Ostatní body tyče kmitají s různou amplitudou.

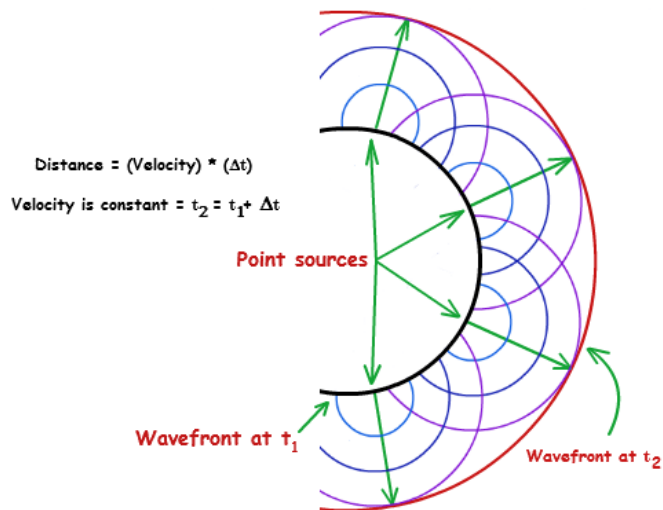
- V případě, že je tyč délky l upevněna na obou koncích, vzniká v nejjednodušším případě polovina délky stojaté vlny ($l = \frac{\lambda}{2}$)
- Mohou vzniknout i další stojaté vlny, které ale musí vždy splňovat podmínku $l = k \frac{\lambda}{2}$, kde $k \in \mathbf{N}, k \in \mathbf{N}$
- Tato stojatá vlnění vznikají při frekvencích $f_k = k f_1$, kde f_1 je **základní frekvence** $f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2l}$
- Frekvence, při nichž $k > 1$, nazýváme **vyšší harmonické frekvence**
- Chvění je charakteristické pro zdroje zvuků (hudební nástroje, lidské hlasivky). Zdroje zvuku plní funkci oscilátoru, z něhož se kmitání přenáší do okolního prostředí, nejčastěji do vzduchu. Ve vzduchu vznikají periodické změny tlaku vzduchu a prostředím se šíří postupné podélné zvukové vlnění.

Vlnění v izotropním prostředí

- Izotropní prostředí je takové látkové prostředí, které má ve všech směrech stejné fyzikální vlastnosti.
- Jestliže je v takovém prostředí zdroj mechanického vlnění, šíří se vlnění ve všech směrech stejnou rychlostí v . Body ležící na povrchu koule o poloměru $r = vt$ kmitají se stejnou fází a tvoří **vlnoplochu**. Směr šíření v daném bodě vlnoplochy určuje kolmice k vlnoploše, nazývající se **paprsek**.

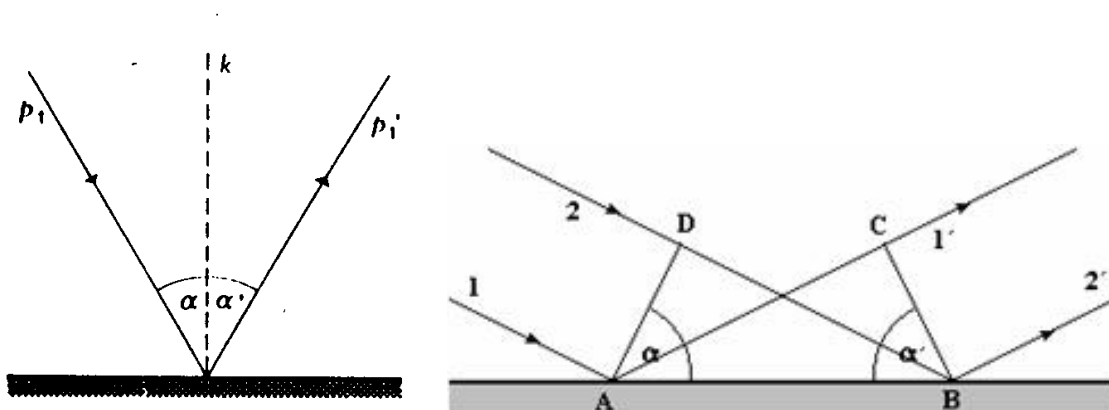


- Je-li zdroj vlnění rovinný, popř. Je-li zdroj vlnění ve velké vzdálenosti, můžeme vlnoplochu považovat za část roviny. Je to **rovinná vlnoplocha**. V tomto případě jsou paprsky navzájem rovnoběžné.
- **Huygensův princip**: Každý bod vlnoplochy, do něhož dospělo vlnění v určitém okamžiku, můžeme pokládat za zdroj elementárního vlnění, které se z něho šíří v elementárních vlnoplochách. Vlnoplocha v dalším časovém okamžiku je vnější obalová plocha všech elementárních vlnoploch ve směru, v němž se vlnění šíří.

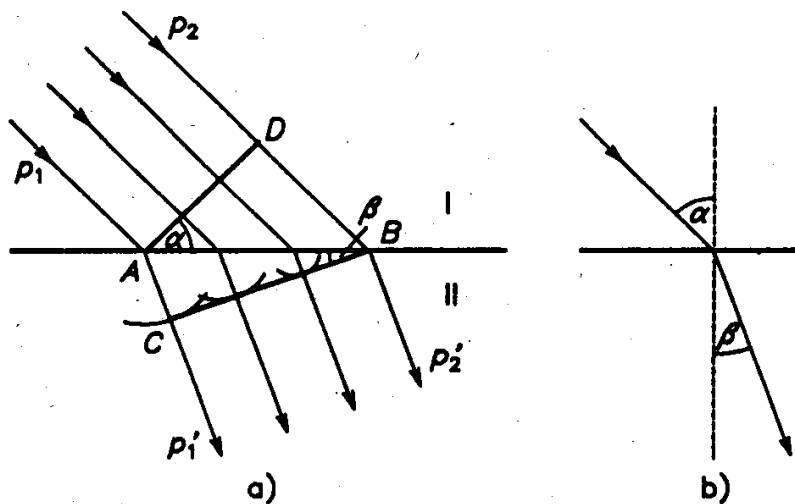


Odraz a lom vlnění

- Jestliže vlnění dospěje k rozměrné překážce, popř. na rozhraní mezi dvěma prostředími, v nichž se vlnění šíří různou rychlostí, pak dochází současně ke dvěma jevům, odráží se od překážky vlnění a prochází do druhého prostředí.



- **Zákon odrazu:** Úhel odrazu vlnění se rovná úhlu dopadu. Odražený paprsek leží v rovině dopadu.
 $(\alpha = \alpha')$ ($\alpha = \alpha'$)
- **Lom vlnění** se projevuje změnou směru, kterým se vlnění po průchodu rozhraním dvou prostředí šíří.

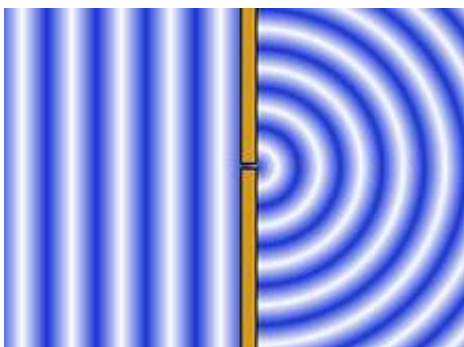


- **Zákon lomu vlnění:** Poměr sinu úhlu dopadu (α) k sinu úhlu lomu (β) je pro daná dvě prostředí stálá veličina a rovna se poměru rychlosti vlnění v obou prostředích. Lomený paprsek ůstává v rovině dopadu.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Ohyb vlnění

- Jev, kdy se vlnění dospělo i za překážku. Nastává se tzv. **ohyb vlnění** neboli **difrakce**.
- Ohyb souvisí jak s rozměrem překážky, tak s vlnovou délkou vlnění, které na překážku dopadá.
- Obecně platí, že ohyb je při určitém rozměru překážky a poloze pozorovatele tím výraznější, čím je větší vlnová délka vlnění.
- Význam ohybu vlnění vyplyne např. ze srovnání zvuku a světla. Zvuk je mechanické vlnění o vlnové délce řádově 10^{-1} m, kdežto světlo má vlnovou délku řádově 10^{-7} m. Tomu odpovídá mnohem výraznější ohyb zvukového vlnění, kterým vysvětlíme známou zkušenost, že zvuk slyšíme i za velmi rozměrnou překážkou, kdežto světlo nepronikne ani za překážku malých rozměrů a vzniká za ní stín.
- **Směr šíření vlnění je ovlivněn ohybem vlnění na překážkách. Tento vliv je však tím menší, čím menší je vlnová délka vlnění.**



15. Elektrostatika (Elektrostatické pole)

Elektrický náboj

- existují dva druhy náboje - **kladný a záporný**
- souhlasné náboje se navzájem odpuzují, opačné se přitahují
- nabitě a nenabitě těleso se přitahují
- těleso lze nabít třením nebo dotykem (přenesením nábojem)
- značíme: **Q**
- jednotka: **C** (coulomb)
- hodnota náboje **Q** je vždy násobkem elementárního náboje $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- elektron má zápornou a proton kladnou hodnotu
- elektricky neutrální těleso má stejný počet protonů jak elektronů, proto se vzájemné silové působení ruší
- v izolované soustavě platí zákon zachování elektrického náboje
- podle pohybu náboje daným materiálem rozlišujeme:
 - **vodiče** - el. náboj se v nich snadno přemísťuje
 - např. elektrony, které jsou schopné přenášet náboj v kovech, jsou k atomovým jádrům slabě vázány a mohou se tedy od nich snadno odpoutat. Vytváří tak tzv. elektronový plyn, který je příčinou dobré vodivosti kovů.
 - **izolanty** - elektrony jsou pevně vázány k atomovým jádrům a jejich pohyb daným materiálem proto není možný

Bodové náboje - zelektrovaná tělesa, jejichž rozměry jsou zanedbatelné ve srovnání s jejich vzájemnou vzdáleností

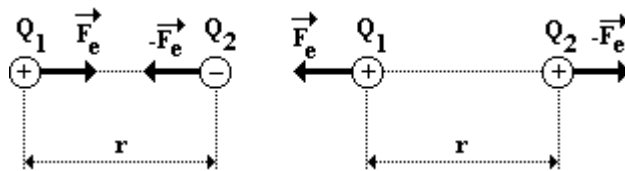
Coulombův zákon - velikost sil, kterými na sebe působí dva bodové náboje, je přímo úměrná absolutní hodnotě součinu jejich velikostí a nepřímo úměrná druhé mocnině jejich vzdáleností

- Q - el. náboj
- r - vzdálenost mezi náboji
- k - konstanta, která závisí na prostředí ve kterém se náboje nachází

$$F_e = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2}$$

- pro vakuum má hodnotu
 $k = 8,9876 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \doteq 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$
- daleko častěji se ale tato konstanta vyjadřuje ve tvaru

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \text{ kde } \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \text{ a nazývá se permitivita vakua.}$$



Elektrické pole - vzájemné silové působení elektrických nábojů se uskutečňuje prostřednictvím elektrických polí, která náboje obklopují

- je popisováno veličinou nazvanou **intenzita elektrostatického pole (elektrická intenzita)**

\vec{F}_e - síla, která by v daném místě působila na testovací náboj q ;

-je-li testovací náboj záporný, má elektrická intenzita opačný směr než elektrická síla, je-li náboj kladný, jsou směry obou veličin

totožné

$$[\vec{E}] = \text{N} \cdot \text{C}^{-1} = \text{V} \cdot \text{m}^{-1} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

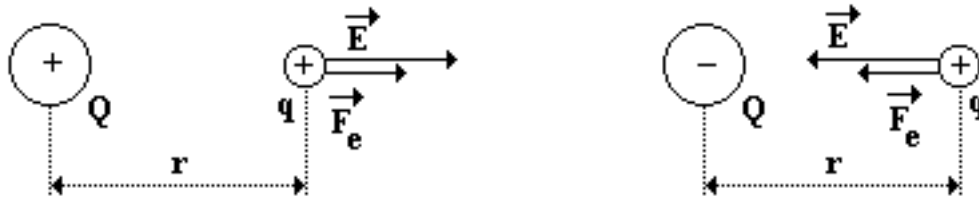
- velikost elektrické intenzity ve vzdálenosti r od osamocené bodového náboje Q je možné určit pomocí Coulombova zákona:

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{|Qq|}{r^2}$$

- dosazením do definičního vztahu elektrické intenzity dostaneme

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{|Q|}{r^2}$$

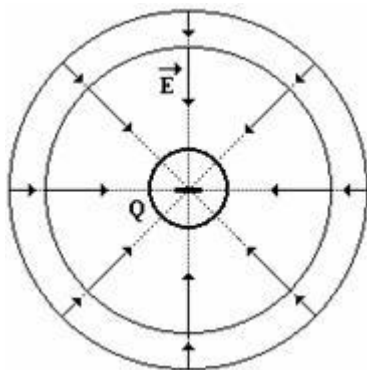
- směr vektoru elektrické intenzity závisí na znaménku náboje Q



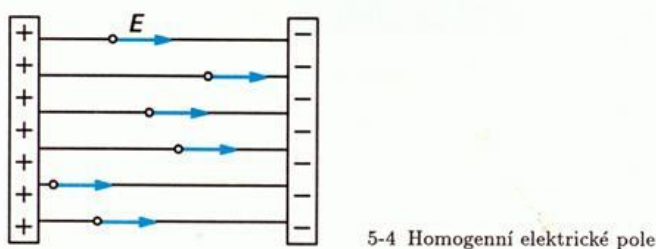
- nyní můžeme již vytvořit vektorový model elektrického pole bodového náboje: **radiální** (centrální) pole. To je pole, v němž vektory elektrické intenzity míří do (pokud $Q < 0$) nebo od ($Q > 0$) bodového náboj

- elektrické pole lze popsat také pomocí siločar

- **siločáry jsou takové křivky, že v libovolném jejich bodě získáme vektor intenzity jako tečnu v daném bodě**

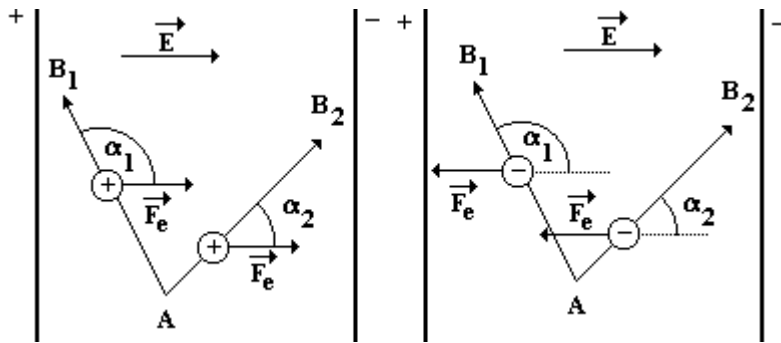


- znázornění radiálního pole záporného náboje
- mezi dvěma rovnoběžnými opačně nabitými deskami vzniká **homogenní elektrostatické** pole, tj. takové pole, jehož elektrická intenzita má v každém bodě stejný směr a velikost. Siločáry jsou tedy navzájem rovnoběžné



5-4 Homogenní elektrické pole

- **práce v elektrickém poli**, může být např. práce kterou vykoná síla \vec{F}_e při přemístění bodového náboje q



$$W = F_e d \cos \alpha = q E d \cos \alpha$$

- d: dráha, po níž síla na kuličku působila
- α : úhel měřený v záporném smyslu od směru posunutí k vektorové přímce, na níž leží síla \vec{F}_e
- nebo-li je úhel, který svírá vektor elektrostatische síly se směrem pohybu kuličky (stejně jako u výpočtu mechanické práce)
 1. $W > 0$ - **elektrostatische síla** práci koná
 2. $W < 0$ - **elektrostatische síla** práci spotřebovává (práci tedy koná vnější síla)
- práce, kterou vykoná elektrostatische síla při přemístění bodového náboje z bodu A do bodu B v elektrostatickém poli, nezávisí na tvaru trajektorie a je přímo úměrná přenášenému náboji q : $W_{AB} \approx q$
- konstantou úměrnosti je elektrické napětí U_{AB} mezi body A, B:

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}; [U] = J \cdot C^{-1} = V \text{ (volt)}$$

- **potenciální energie bodového náboje** závisí na jeho poloze v elektrostatickém poli. Při pohybu ve směru působení elektrostatische síly se jeho potenciální energie zmenšuje, při pohybu proti elektrostatische síle se zvětšuje

-za místo s nulovou potenciální energií volíme zem a tělesa s ní vodivě spojená (uzemněná)

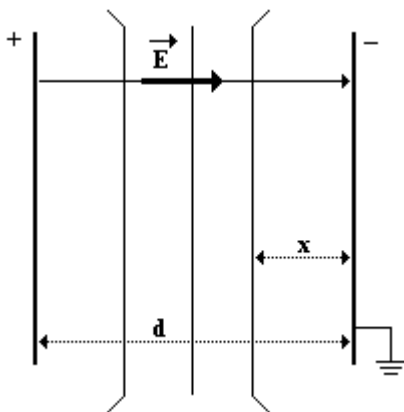
- napětí mezi dvěma body elektrostatického pole je rovno rozdílu jejich potenciálů
- plocha, která je ve všech svých bodech kolmá k siločarám elektrostatického pole má všude stejný potenciál a nazývá se hladina stejného potenciálu (**ekvipotenciální plocha**)

- **1. homogenní pole:** ekvipotenciálními plochami jsou rovnoběžné roviny (jsou rovnoběžné se dvěma deskami, které dané pole vytvářejí). Vzhledem k tomu, že $\vec{E} = \overrightarrow{konst.}$ mění se potenciál rovnoměrně.

- jednu desku (např. zápornou) je možné uzemnit (záporný náboj se na ní bude udržovat díky silovému působení kladného náboje na druhé desce)

- je-li vzdálenost desek d a napětí mezi nimi U , je ve vzdálenosti

$$x \leq d \text{ od uzemněné desky potenciál } \varphi = Ex = U \frac{x}{d} .$$



- **2. radiální pole:** ekvipotenciální plochy jsou kulové plochy se středem v bodovém náboji

- blízko u náboje je intenzita velká a potenciál se zde mění mnohem rychleji než ve větší vzdálenosti od náboje.

- přiblížíme-li k pevnému bodovému náboji Q ve vakuu do vzdálenosti r bodový náboj q téhož znaménka, musíme překonat elektrostatickou odpudivou sílu.

- soustava tak spotřebuje práci a získá potenciální energii

$$E_p = W = F_e r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r} \quad \text{a pro potenciál dostáváme} \quad \varphi = \frac{W}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}$$

- **kapacita vodiče:** připojíme-li osamocený vodič ke svorce zdroje, získá vodič stejný potenciál jaký má svorka

- náboj na vodiči je přímo úměrný jeho potenciálu: $Q \approx \varphi$

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

- konstanta úměrnosti φ se nazývá **kapacita vodiče** a je závislá na velikosti a tvaru vodiče; $[C] = C \cdot V^{-1} = F$ (farad)

- **kapacita kulového vodiče** je: $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon_r R$

- **kondenzátor (deskový)** - skládá se ze dvou rovnoběžných vodivých desek oddělených od sebe tenkou vrstvou vzduchu

- elektrony z jedné desky kondenzátoru jsou přiváděny na druhou. Oba náboje jsou odděleny izolantem a jejich silové účinky se vyrovnají. Na každý elektron působí odpuzivá síla jedné desky, ale zároveň přitažlivá síla druhé desky.

- **kapacita kondenzátoru** je konstanta úměrnosti mezi nábojem na deskách kondenzátoru a napětím mezi jeho deskami $Q = C \cdot U$

- velikost kapacity kondenzátoru závisí na:

- velikosti plochy desek – přímo
- tloušťce izolantu - nepřímo

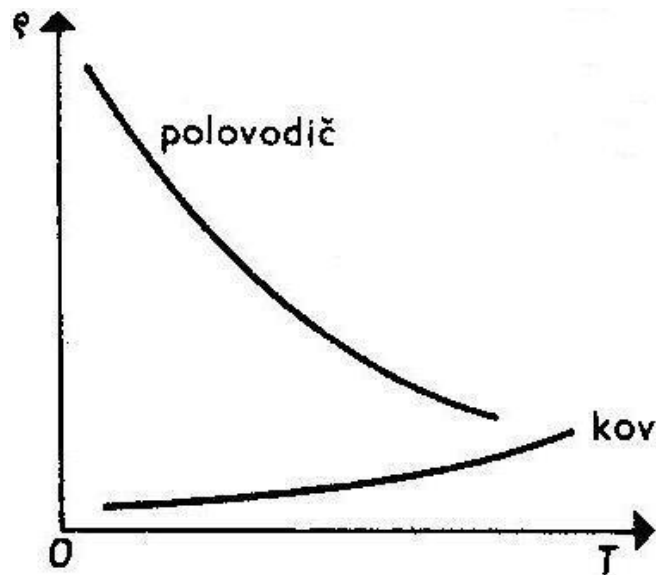
17. Elektrický proud v polovodičích

tabulky str. 165 – Polovodivé prvky a látky, str. 200, 201 – Schematické značky pro polovodičové součástky

učebnice str. 327→341 Fyzikální základy elektroniky, str. 434→435 Fotorezistor, fotodioda

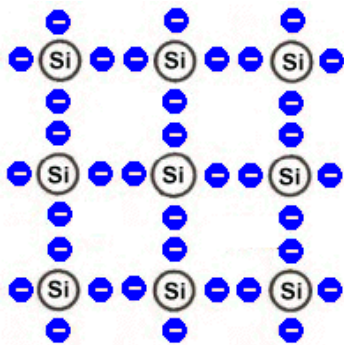
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/276-led> - Dioda LED

- polovodiče větší měrný elektrický odpor než kovy – polovodiče $10^{-4} \square 10^8 \text{ } \Lambda\text{m}$, kovy $10^{-8} \square 10^{-6} \text{ } \Lambda\text{m}$
- u polovodičů se s rostoucí teplotou odpor rychle zmenšuje



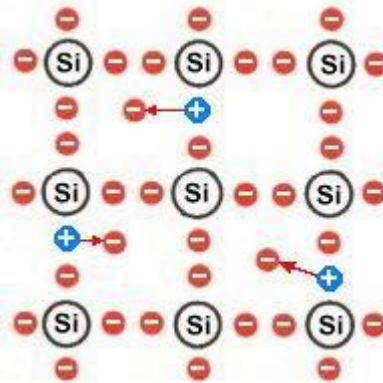
- polovodiče – Si, Ge, Se, Te, PbS (sulfid olovnatý)

Vlastní polovodiče



- při nízkých teplotách tvoří 4 valenční elektrony křemíku kovalentní vazbu se sousedními 4 atomy křemíku v krystalové mřížce – křemík se chová jako izolant, při dodání poměrně malé energie (1,1 eV) se elektron z vazby uvolní – vznikají (současně, v párech) dva druhy volných částic s nábojem elektrony a díry
- díra – jev kdy uvolněný valenční elektron chybí ve vazbě mezi atomy, zbyde zde místo s kladným nábojem; díra není skutečná částice, je to prázdné místo, kam může přijít nový elektron

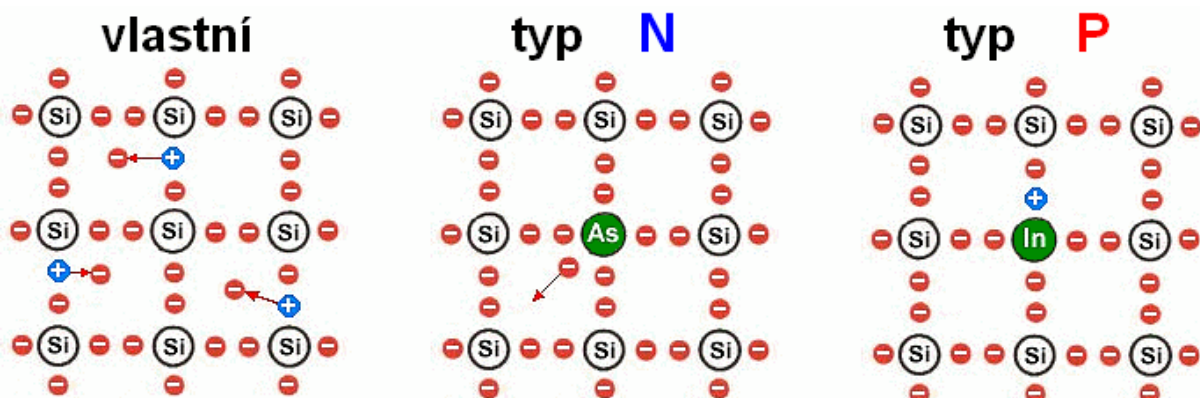
- díra se pohybuje – na její místo přejde jiný elektron (rekombinace páru elektron, díra) a na jeho místě se vytvoří díra



- není-li k polovodiči připojen zdroj napětí, díry a elektrony se pohybují neuspořádaně, po připojení ke zdroji napětí vznikne v polovodiči elektrické pole a díky tomu elektrický proud se dvěma složkami – proud elektronů a děr opačného směru
- elektrický proud je roven součtu elektronového proudu I_e a děrového proudu I_d

$$I = I_e + I_d$$

Příměsová (nevládní) polovodiče



- hustota párů elektron – díra je u vlastních polovodičů pro praktické využití nedostatečná; hustota se zvyšuje přidáním příměsí – atomy s 5 valenčními elektrony (P, As, Sb) nebo atomy s 3 valenčními elektrony (B, In, Ga)
- vzniká vodivost příměsová – elektronová nebo děrová

Elektronová vodivost (polovodič typu N)

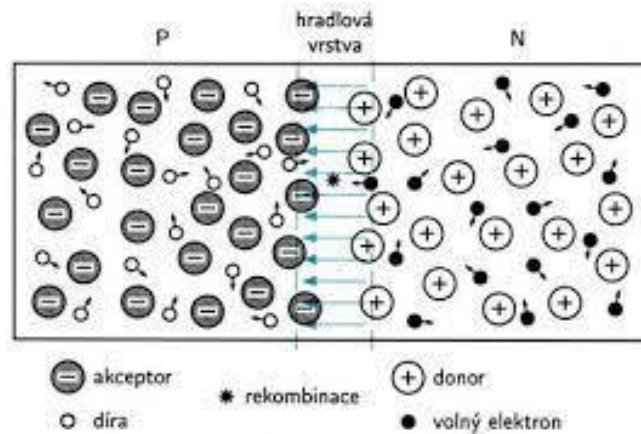
- atomy s 5 valenčními elektrony (P, As, Sb)
- pátý elektron se stává volným již při poměrně nízké teplotě, je zde nadbytek volných elektronů – většinové, majoritní nosiče náboje; díry jsou nosiče menšinové, minorotní
- z příměsového prvku se ve struktuře krystalu polovodiče stávají nepohyblivé kladné ionty - donory

Děrová vodivost (polovodič typu P)

- atomy s 3 valenčními elektrony (B, In, Ga)
- na místě, kde by měl být čtvrtý elektron, se vytvoří díra, je zde nadbytek volných děr – většinové, majoritní nosiče náboje; elektrony jsou nosiče menšinové, minorotní
- z příměsového prvku se ve struktuře krystalu polovodiče stávají nepohyblivé záporné ionty - akceptory

Diodový jev

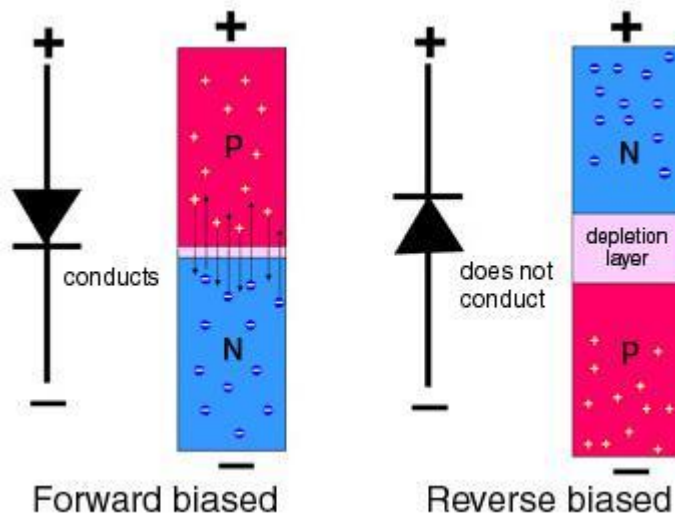
- spojení polovodičů typu P a N



- v místě kontaktu se díky rekombinaci párů elektron-díra vytvoří hradlová vrstva – místo bez volných nabitých částic, přechod PN – hradlová vrstva má značný odpor
- tuto elektrickou součástku – diodu zapojujeme do obvodu v propustném nebo závěrném směru

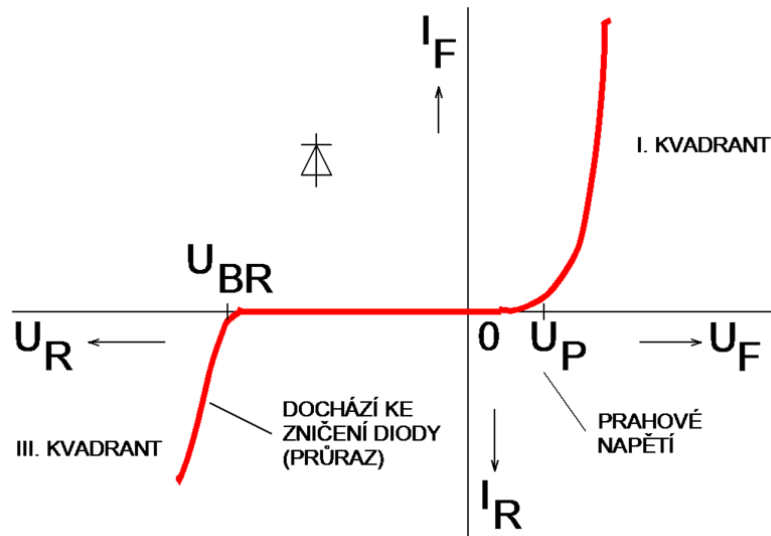
– dioda v propustném směru (vlevo)

dioda v závěrném směru (vpravo)

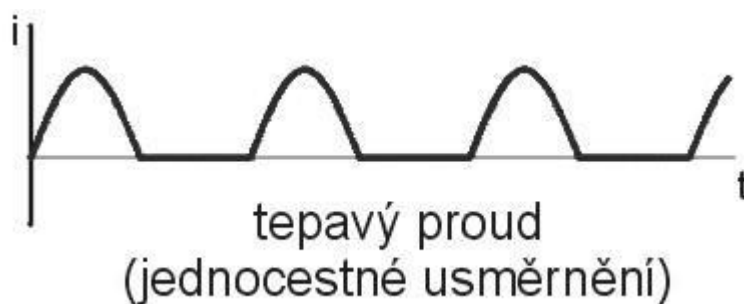
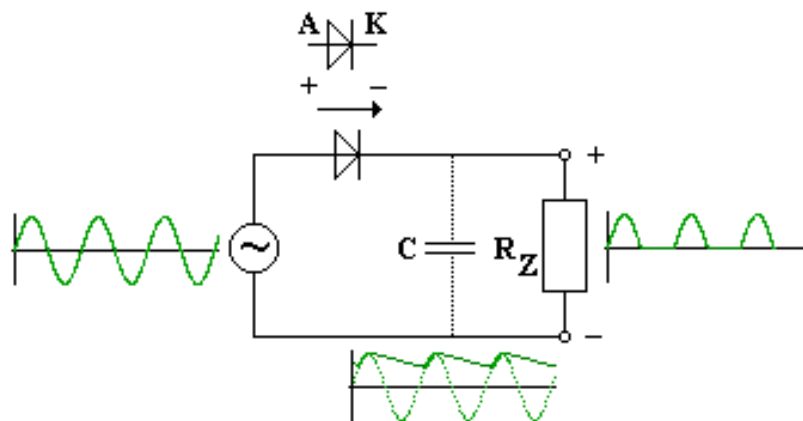


– dioda v propustném směru při překročení prahového napětí vede elektrický proud, při zapojení diody v závěrném směru se hradlová vrstva zvětšuje, zvětšuje se tedy i odpor, elektrický proud neprochází; při překročení průrazného napětí se dioda zničí

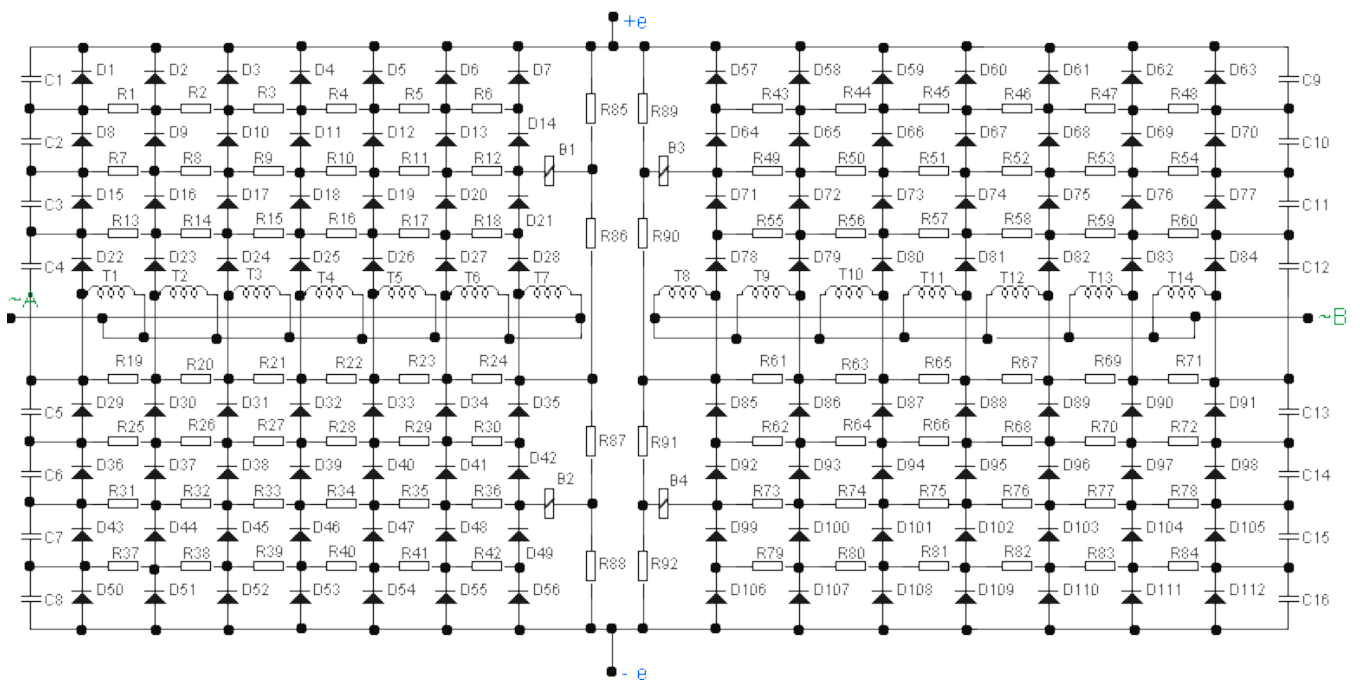
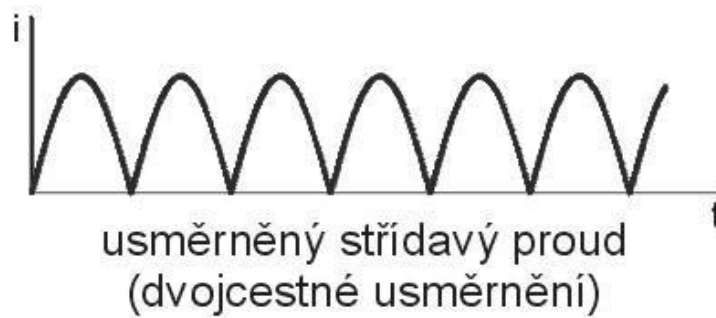
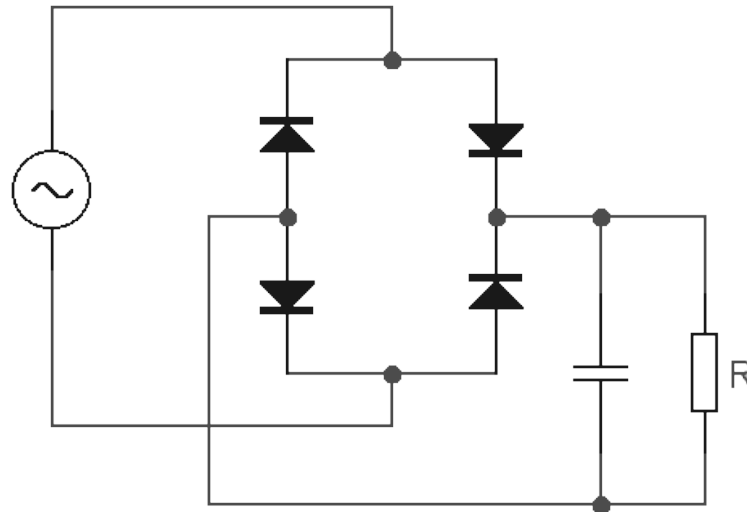
Dioda jako usměrňovač



- dioda v obvodu střídavého proudu propouští proud pouze v propustném směru – půl periody □ jednocestný usměrňovač
- výstupní napětí je stejnosměrné a pulzující (tepavé); pro omezení pulzace se používá kondenzátor (nejlepší vyhlazení pulzace – velká kapacita C kondenzátoru a odpor rezistoru R)

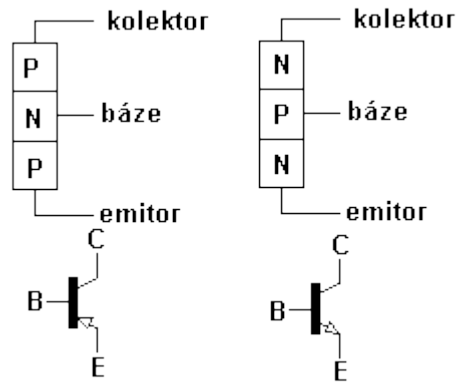


- pro využití celé periody se používá Graetzovo zapojení, výstupní napětí pulzuje s dvojnásobnou frekvencí

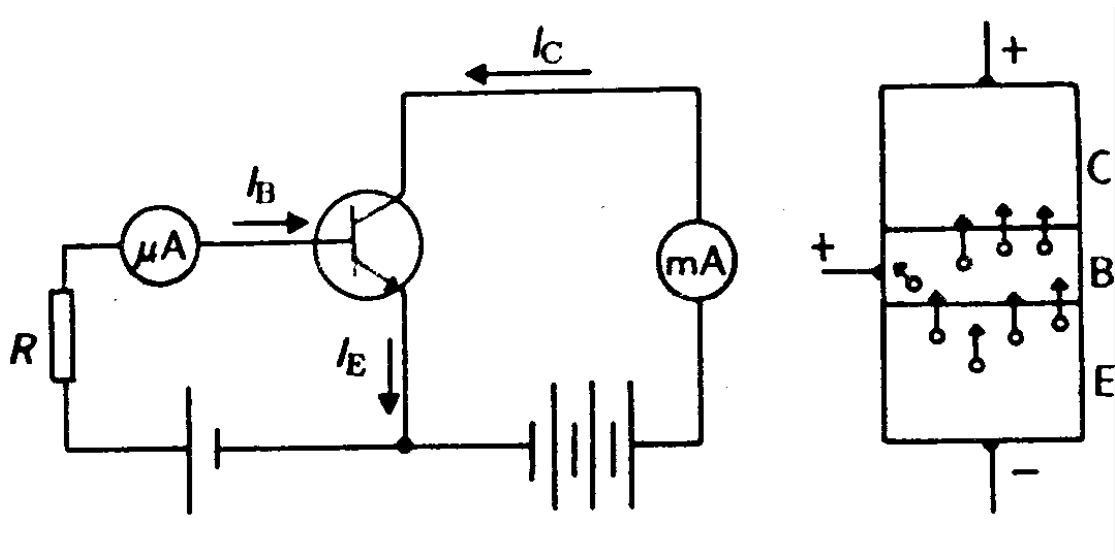


Tranzistorový jev

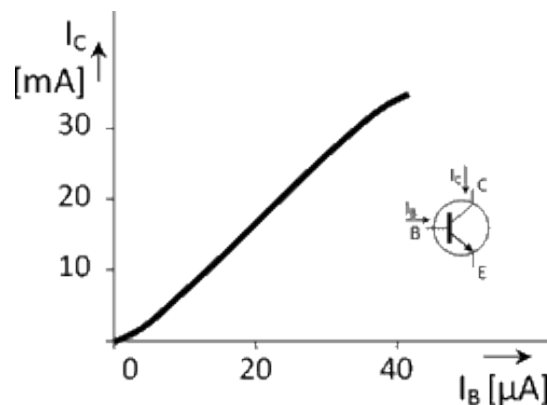
- tranzistor je tvořen 2 přechody PN; jednotlivé části se nazývají kolektor, báze (oproti ostatním částem velmi malá) a emitor
- existují tranzistory NPN a PNP



- v obvodu tranzistor vyvolává tranzistorový jev: malé napětí vzbuzuje v obvodu báze proud, který je příčinou vzniku mnohem většího proudu v obvodu kolektorovém (zjednodušené vysvětlení – učebnice str. 336, 337)



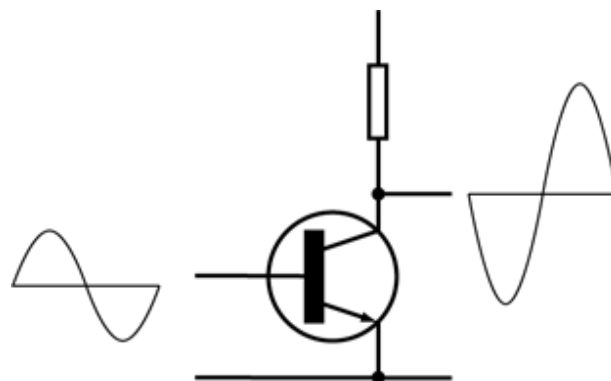
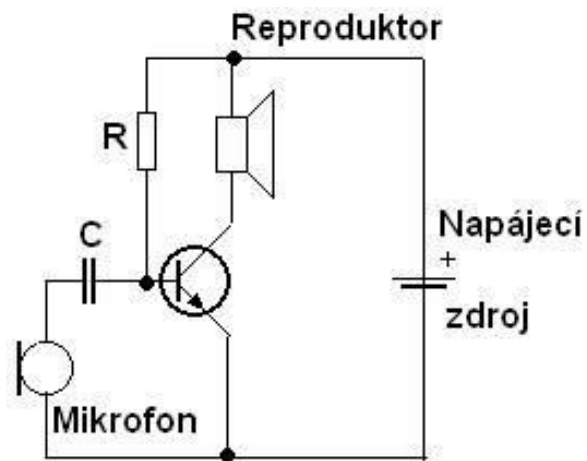
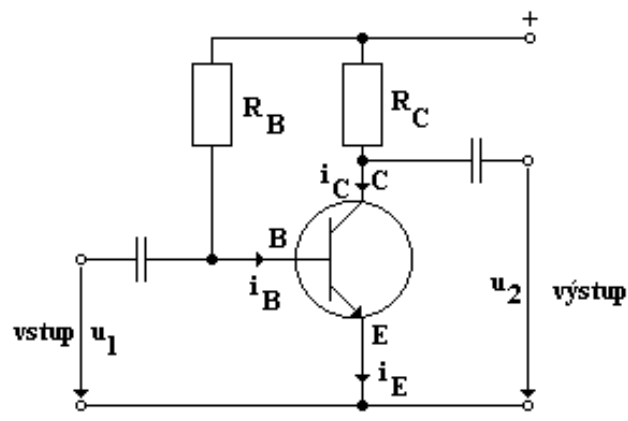
- závislost kolektorového proudu na proudu báze je uváděna v grafu převodní charakteristiky tranzistoru



- základní parametr tranzistoru – proudový zesilovací činitel β (u běžných tranzistorů asi 10^2)

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad \text{při } U_{CE} = \text{konst.}$$

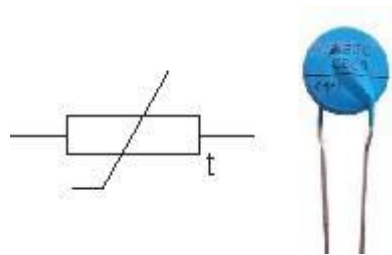
- v praxi se tranzistor používá jako zesilovač proudů a napětí; jestliže se vstupní napětí snižuje, výstupní napětí se zvětšuje; vstupní a výstupní napětí mají opačnou fázi



- tranzistor je možné využít i jako spínač (dle vstupního napětí je výstupní napětí malé nebo velké – vypnuto, zapnuto)
- díky zmíněným vlastnostem se tranzistory využívají v elektronice (integrované obvody, mikroprocesory)

Termistor

- teplotně závislý rezistor
- s měnící se teplotou se mění odpor termistoru (vyšší teplota – nižší odpor)
- využití v měření, senzory



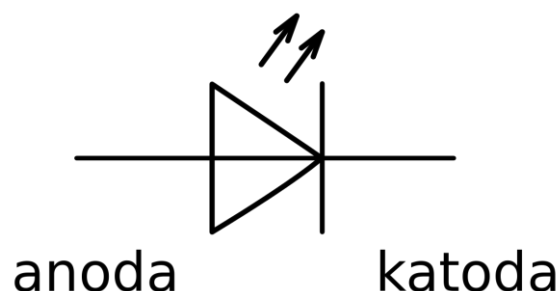
- ve výpočtech se užívá vzorec pro závislost odporu na teplotě:

$$R = R_1(1 + \alpha \Delta T)$$

α - teplotní součinitel elektrického odporu (pro křemík $-70 \cdot 10^{-3} K^{-1}$)

Dioda LED

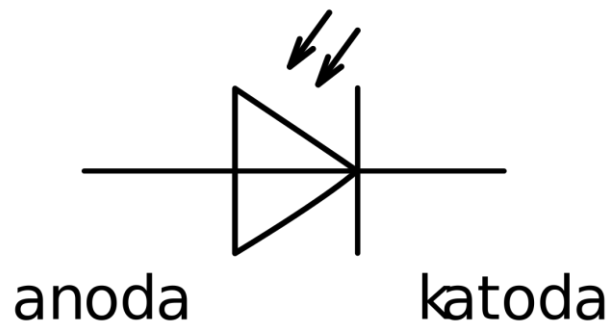
- Led- Light Emitting Diode
- při rekombinaci páru elektron - díra se uvolňuje energie tepelná nebo světelná
- světelná energie - výroba ze speciálních materiálů, barva je dána použitým materiálem
- LED odebírá malý proud, je vhodná jako indikace zapnutí přístroje
- proud LED prochází (a dioda svítí), je-li zapojena v propustném směru, při zapojení v závěrném směru proud neprochází, dioda nesvítí



Fotodioda

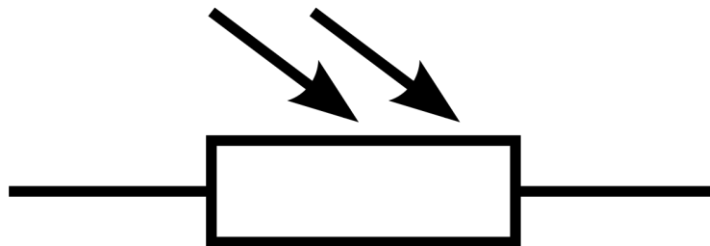
- pokud je v závěrném směru (odporový režim) při osvětlení se v důsledku tvorby volných nabitých částic odpor snižuje

- pokud je v propustném směru (hradlový režim) při osvětlení se v důsledku tvorby volných nabitých částic vytvoří napětí na elektrodách fotodiody – stává se tak zdrojem stejnosměrného napětí



Fotorezistor

- není-li osvětlen, má značný odpor; při osvětlení vodivost rychle roste
- proud je úměrný intenzitě světla



18. Elektrický proud v kapalinách a plynech

Elektrolyt

- Roztok kyseliny, zásady nebo soli, který je schopen vést proud
- Vodivost v elektrolytu způsobují kladně a záporně nabitě částice ionty
- Rozpad látek na ionty se nazývá **elektrolytická disociace**
- Např. $\text{CuSO}_4, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{NaCl}$ ve vodě

Elektrolýza

- Látkové přeměny na elektrodách vyvolané průchodem elektrického proudu elektrolytem

Faradayovy zákony elektrolýzy

- Při elektrolýze se **na katodě vždy vylučuje H_2 nebo kov**
- Na anodě se můžou látky také vylučovat, ale také se můžou rozpouštět
- Vyloučená látka vždy přijme nebo odevzdá **elektrony** – na katodě přijímá na anodě odevzdává (tím se neutralizuje)

Pro počet vyloučených molekul platí vztah:

$$N = \frac{Q}{ze}$$

z – počet elementárních nábojů potřebných k vyloučení jedné molekuly

e – elementární náboj

Q – náboj, který prošel povrchem elektrody $Q = It$

Pro celkovou hmotnost vyloučené látky pak platí:

$$m = N \cdot m_0 = \frac{Q}{ze} \frac{M_m}{N_A} = \frac{M_m}{Fz} Q$$

M_m – molární hmotnost

N_A – Avogadrova konstanta

F – Faradayova konstanta $F = N_A e = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

1. Faradayův zákon

- Hmotnost vyloučené látky je přímo úměrná náboji, který prošel elektrolytem

Platí:

$$m = AQ = AIt$$

A – elektrochemický ekvivalent látky $[A] = \text{kg} \cdot \text{C}^{-1}$

- A je pro každou látku zcela charakteristický

2. Faradayův zákon

- Hmotnosti různých prvků (nebo radikálů) vyloučených při elektrolýze tímž celkovým nábojem jsou chemicky ekvivalentní.

Platí:

$$m = \frac{M_m}{F \cdot z} \cdot Q = \frac{M_m}{F \cdot z} \cdot I \cdot t$$

$$A = \frac{M_m}{F \cdot z}$$

Použití

M_m ... molární hmotnost vyloučené látky

z ... počet element. nábojů potřebných k vyloučení 1 molekuly

F ... FARADAYOVA KONSTANTA

$$F = e \cdot N_A = 9,6487 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

e ... elementární náboj

N_A ... Avogadrova konstanta

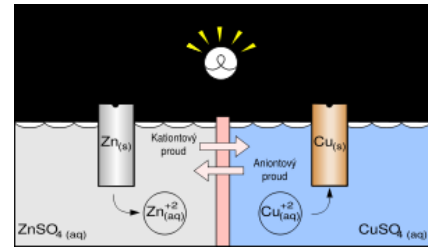
- Galvanické pokovování

- Metalurgie

Galvanický článek – skládá se ze 2 poločlánků (elektrod v elektrolytu)

Voltův článek

- Založen na existenci kontaktního napětí kovů
- Volta ho udělal tím, že na sebe vrstvil zinková a měděné plíšky a mezi ně vkládal kyselinu sírovou
- Kyselina usnadnila difundování elektronů



Akumulátor

- Po vybití ho můžeme nabít, využívá se u něj polarizace elektrod
- Využívá se: olověný – v autobateriích, lithium-iontový – velká kapacita

Použití:

- V praxi nejčastěji 12V baterie

Kapacita akumulátoru

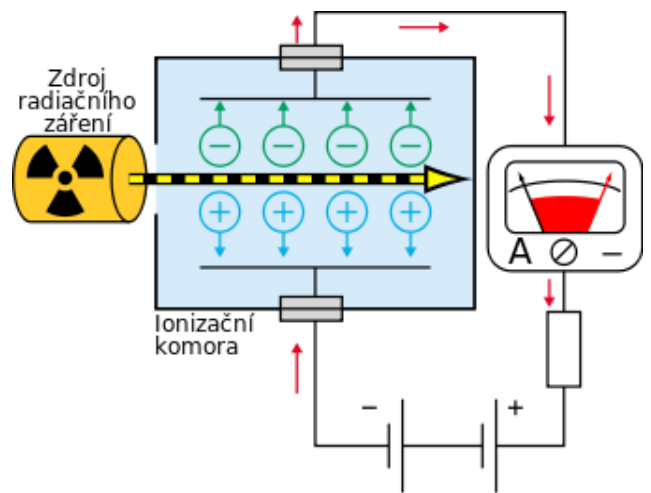
- Určuje se celkovým nábojem který může akumulátor vydat do vybití
- Udává se v **ampérhodinách Ah** (1mAh = dodává 1mA po dobu jedné hodiny)

Ionizátor

- Dodává **energii potřebnou k rozštěpení neutrálních molekul** (atomů)
- Ionizátorem může být: Plamen, RTG, radioaktivní záření, ohřátý vzduch

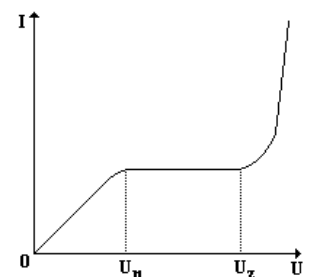
Nesamostatný výboj

- Nachází-li se **ionizovaný plyn v elektrickém poli vzniká elektrický proud** jako uspořádaný pohyb kladných iontů k záporně nabitě katodě a elektronů k anodě
- Elektrický proud se však udržuje v plynu jen po dobu působení ionizátoru
- Jakmile **ionizátor přestane působit, elektrický proud zaniká** a převládne **rekombinace**
- Elektrické vlastnosti ionizovaného plynu lze měřit v **ionizační komoře** (v podstatě deskový kondenzátor v kovovém krytu do kterého proniká ionizující záření)
- Pomocí ionizační komory můžeme měřit **voltampérovou charakteristiku výboje**



Voltampérová charakteristika výboje

- Při malém napětí se ionizované částice zrekombinují dříve než dojdou na elektrody – proud prochází a je přímo úměrný napětí – platí **Ohmův zákon**
- Při dosažení napětí U_n už převážná část elektronů doletí na elektrody a proud je tzv. **nasycený**
- Nasycený proud** zůstává dlouho i za neustálého zvyšování napětí konstantní – přestává platit **Ohmův zákon**
- Ke zvýšení proudu nastává až ve chvíli, kdy je překročeno tzv. **Zápalné napětí U_z**
- Příčinou zvýšení proudu je **nárazová ionizace** – elektrony mají takovou energii, že při nárazu do neutrální molekuly jsou schopni ji ionizovat – tím pádem se zvyšuje počet ionizovaných částic – nastává tzv. **samostatný výboj**
- Samostatný výboj** již není závislý na vnějším ionizátoru
- Vysoce ionizovaný plyn v samostatném výboji se nazývá **plazma**



Samostatný výboj za atmosférického a sníženého tlaku

Za **atmosférického tlaku** mohou nastat tyto výboje:

- **Obloukový výboj**
 - U svařičky, svařeč jednu elektrodu dá na materiál, kde to bude svařovat, druhá elektroda je připevněna na předmět, který bude vařit
 - Jakmile bude **elektrody oddalovat**, tak mezi elektrodou a předmětem **začne hořet výboj** a elektroda bude odtávat a zakapávat místo

- **Jiskrový výboj**
 - Krátkodobý, tečou malé proudy a zatížení elektron není tak velké. Např. Blesk
- **Koróna**
 - Vzniká na hranách, kde se soustředí velké množství náboje, náboj srší

Za sníženého tlaku:

- Je tam méně částic mezi kterými se musí ionty proplétat, probíhá snadněji
- **Doutnavý výboj**
 - Probíhá **dlouhodobě, za menšího napětí**
 - Trubice naplněná **plynem za sníženého tlaku**
 - Má dvě elektrody, čím více snižujeme tlak, tím jsou výboje delší a vyplňují celou trubici
 - Využívá se v neonových nápisech, zářivky

Termoemise elektronů

- Uvolňování aniontů z vodiče při vysoké teplotě

Katodové a kanálové záření

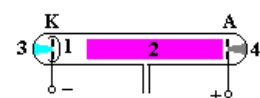
- V trubici s doutnavým výbojem se proti sobě pohybují dva druhy nabitých částic – kationty a anionty
- Když opatříme katodu kanálem (otvorem za katodou) budou katodou pronikat kationty jako tzv. **kanálové záření** – které se projeví jako světélkování plynné náplně
- Stejně tak za anodou prolétávají anionty, tzv. **katodové záření** – to způsobuje světélkování stěny výbojové trubice

Při snížení tlaku na 1Pa projdou elektrony téměř bez srážek celou výbojkou

- V trubici převládne katodové záření

Vlastnosti **katodového záření**:

- Způsobuje světélkování
- Ionizuje plyny
- Magnetické a elektrické pole způsobuje jeho vychylování
- Vyvolává RTG záření - při dopadu na kov s velkou M_r
- Má chemické, fyzikální a tepelné účinky (zahřívá rentgenovou anodu, exponuje fotky)



- 1 - katodové doutnavé světlo
- 2 - anodový sloupec
- 3 - kanálové záření
- 4 - katodové záření

Využití: obrazovky

19. Stacionární magnetické pole

Josh Blake, 4.C

UČEBNICE str. 289 – 302

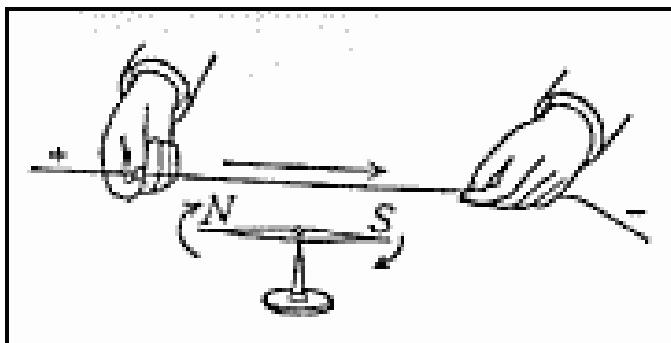
TAB str. 193 (hodnoty μ_r - TAB. str. 168)

Magnetické pole= druh silového pole, které vytváří vodič s proudem, pohybující se částice nebo těleso s elektrickým nábojem, zmagnetované těleso a proměnné elektrické pole

Stacionární magnetické pole

- Veličiny se s časem nemění
- Vytváří ho nepohybující se vodič s konstantním proudem, proud částic s nábojem při pohybu rovnoměrném přímočarém a nepohybující se magnet (ostatní případy – nestacionární magnetické pole)

Magnetické pole elektrického proudu



Oerstedův pokus= Magnetka umístěná nad/pod vodičem, který má severojižní směr, se působením magnet. pole proudu vychýlí. Je důkazem, že magnetické pole proudu působí na magnet.

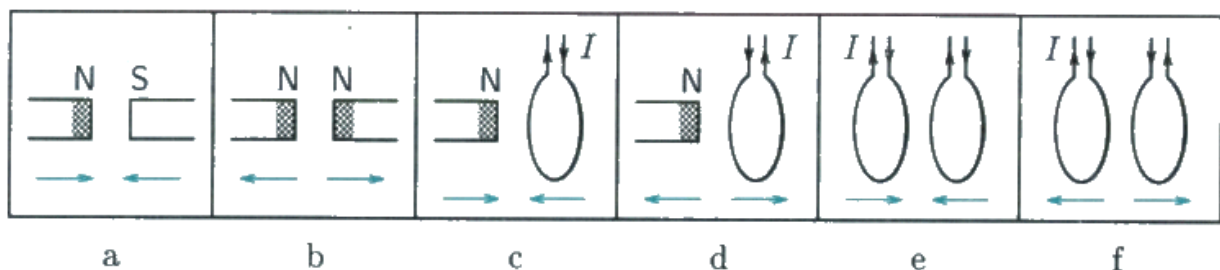
Výchylka je tím větší:

- Čím větší je proud
- Čím blíže je magnetka u vodiče
- Čím slabší je vliv magnetického pole Země

Magnetické pole působí jen na pohybující se částice, popř. tělesa, s elektrickým nábojem.

Na zmagnetovaná tělesa magnetické pole působí nezávisle na tom, zda jsou v klidu nebo se pohybují.

Silové působení je vzájemné a projevuje se přitažlivými/ odpudivými účinky.



Silové působení magnetického pole

Mezi magnetickým polem magnetů a vodičů s proudem není žádný kvalitativní rozdíl. Obě pole se mohou navzájem skládat. To znamená, že například silové účinky magnetu lze zesílit / zeslabit magnetickým polem vodiče s proudem (např. cívkou).

Magnetické indukční čáry= prostorově orientované křivky, jejichž tečny v daném bodě mají směr podélné osy velmi malé magnetky umístěné v tomto bodě. Směr od jižního k severnímu pólu magnetky určuje orientaci magnetické indukční čáry.

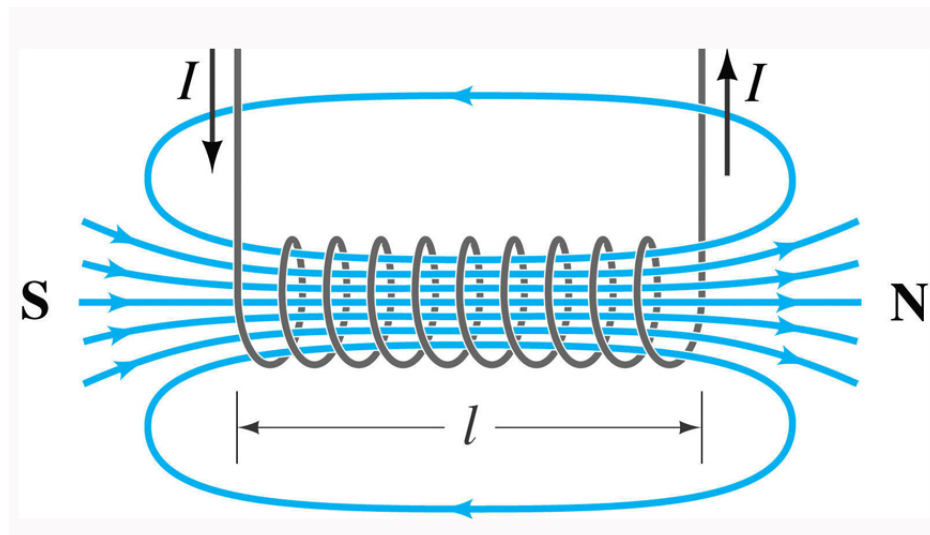
- Jsou ve všech případech uzavřené křivky a nikde se neprotínají.

Ampérovo pravidlo pravé ruky= naznačíme-li uchopení vodiče do pravé ruky tak, aby palec ukazoval dohodnutý směr proudu ve vodiči, pak prsty ukazují orientaci magnetických indukčních čar.



pole přímého vodiče

Solenoid= dlouhá válcová cívka s velkým počtem závitů, jejíž průměr je mnohem menší než délka cívky. Uvnitř solenoidu jsou magnet. induk. čáry rovnoběžné s podélnou osou solenoidu.



Solenoid

Homogenní magnetické pole= magnetické pole, jehož magnetické indukční čáry jsou rovnoběžné, se stejnou hustotou rozloženou podél přímky.

Ampérovo pravidlo pravé ruky pro cívku= Pravou ruku položíme na cívku (závit) tak, aby prsty ukazovaly dohodnutý směr proudu v závitě cívky, palec ukazuje orientaci magnetických indukčních čar v dutině cívky. Severní pól je na straně palce.

Magnetická indukce = při silovém působení magnetického pole (F_m) na vodič (který má délku l) s proudem (I) závisí její velikost jen na magnetickém poli. Je to vektorová veličina.

Označení: B

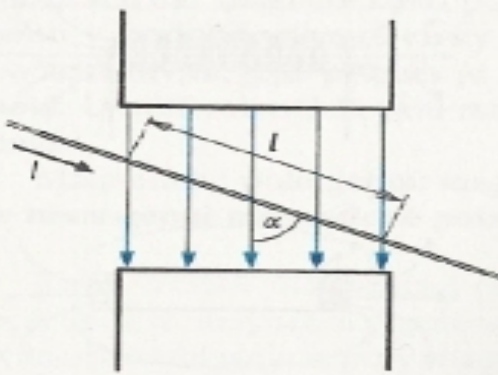
Jednotka: T ...tesla

$$\frac{N}{A \cdot m} = T = \frac{kg \cdot m \cdot s^{-2}}{A \cdot m} = kg \cdot A^{-1} \cdot s^{-2}$$

$$B = \frac{F_m}{I l \sin \alpha}$$

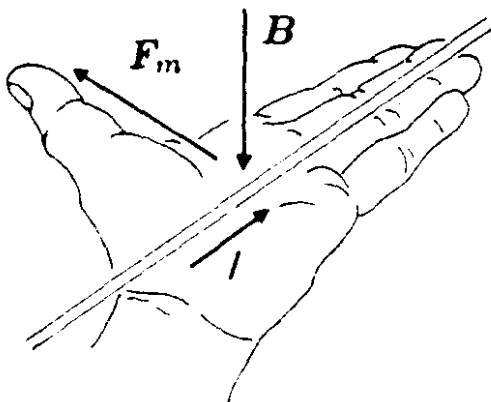
Magnetické indukci 1T má magnetické pole, v němž na jeden metr délky vodiče, kterým prochází stálý proud 1A, umístěného kolmo k magnetickým indukčním čárám tohoto pole, působí síla 1N.

Úhel α , kde $\alpha \in \langle 0, \pi \rangle$ je úhel mezi vodičem a magnetickými indukčními čárami.



Směr vektoru B je shodný se směrem souhlasně orientované tečny k indukční čáře v uvažovaném bodě magnetického pole. V homogenním poli je $B = \text{konst. vektor}$ (ve všech místech tohoto pole má vektor magnetické indukce stejný směr i velikost...).

Flemingovo pravidlo levé ruky = Položíme-li otevřenou levou ruku k přímému vodiči tak, aby prsty ukazovaly dohodnutý směr proudu v tomto vodiči a indukční čáry vnějšího homogenního magnetického pole vstupovaly do dlaně, ukazuje odtažený palec směr síly, kterou působí magnetické pole na vodič s proudem.

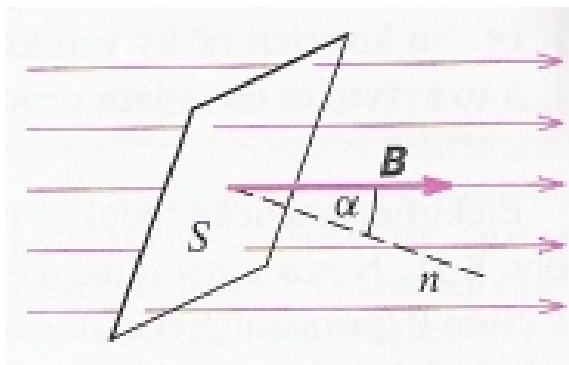


Magnetický indukční tok

- Skalární veličina
- Ozn. Φ $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$
- Jednotka je Wb...weber
 $Wb = T \cdot m^2 =$
- $B_n = B \cdot \cos \alpha$...velikost B ve směru normály

Magnetické pole vodičů

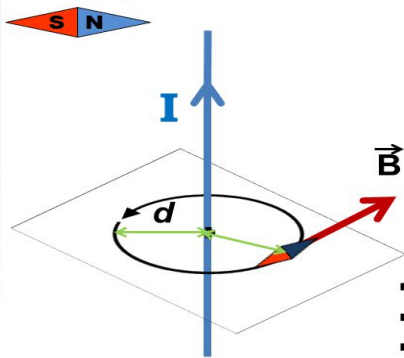
Velikost magnetické indukce přímo úměrná proudu I ve vodiči, také na vzdálenosti od vodiče, na tvaru vodiče a na magnetických vlastnostech prostředí, v němž se vodič nachází.



$kg \cdot m^2 \cdot A^{-1} \cdot s^{-2}$
složky vektoru plochy **s proudem**

tohoto pole je avšak závisí

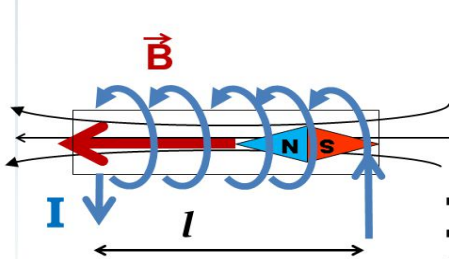
Výpočet magnetické indukce pole přímého vodiče s proudem



$$B = \mu \frac{I}{2\pi d}$$

- μ - permeabilita prostředí
- I - el.proud ve vodiči
- d - vzdálenost bodu od vodiče

Výpočet magnetické indukce pole uvnitř solenoidu (dlouhá hustě vinutá cívka)



$$B = \mu_0 \frac{NI}{l}$$

- μ_0 - permeabilita vakua
- I - el.proud ve vodiči
- l - délka cívky
- N - počet závitů cívky o délce l

$$\frac{N}{l}$$

Tento vztah se označuje jako hustota závitů. Uvnitř dlouhého solenoidu můžeme považovat mag. pole za homogenní

Výpočet magnetické indukce pole ve středu kruhového závitů o poloměru

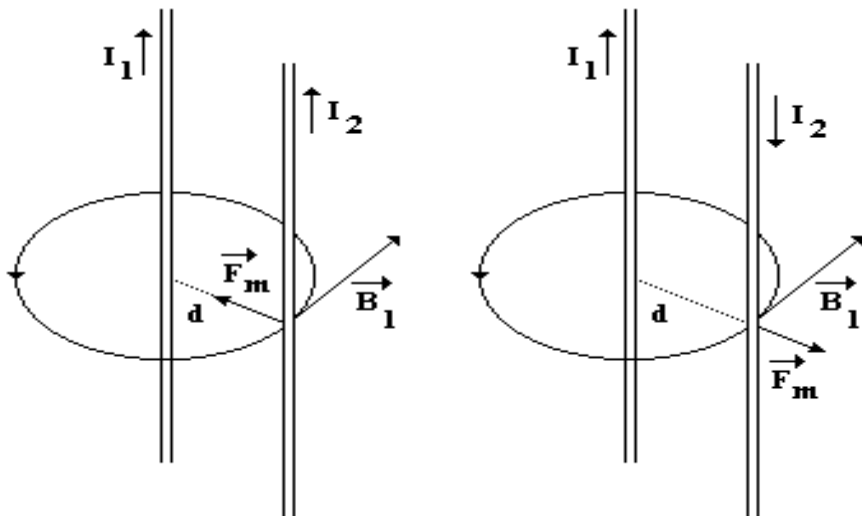
r:

$$B = \mu \frac{I}{2r}$$

Veličina μ je konstanta, která se nazývá **permeabilita prostředí**. Permeabilita vakua má hodnotu $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$, pro ostatní materiály se udává **relativní permeabilita** μ_r - TAB. str. 168

Vzájemné silové působení dvou přímých rovnoběžných vodičů s proudy

Dva přímé rovnoběžné vodiče s proudy na sebe působí magnetickými silami.



$$F_m = B_1 I_2 l = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2\pi d} ,$$

$$B_1 = \mu I_1 / (2\pi d)$$

Kde

Definice ampéru

Ampér je stálý elektrický proud, který při průchodu dvěma rovnoběžnými přímými a nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu, umístěnými ve vakuu ve vzájemné vzdálenosti 1 metru, vyvolá mezi nimi stálou sílu o velikosti $2 \cdot 10^{-7}$ newtonu na 1 metr délky.

Magnetické vlastnosti látek

Velikost magnetické indukce B magnetického pole vodiče s proudem závisí také na permeabilitě prostředí, v němž se vodič nachází.

1. **Diamagnetické látky** mají relativní permeabilitu nepatrně menší než 1. To znamená, že mírně zeslabují magnetické pole. Příklady: inertní plyny, zlato, měď, rtuť aj.
2. **Paramagnetické látky** mají relativní permeabilitu nepatrně větší než 1. Mírně zesilují magnetické pole. Příklady: sodík, draslík, hliník,... Atomy těchto látek mají vlastní magnetické pole.
3. **Feromagnetické látky** mají rovněž paramagnetické atomy, avšak v takovém uspořádání, že značně zesilují magnetické pole. Jejich relativní permeabilita má velkou hodnotu (10^2 až 10^5). Příklady: železo, kobalt, nikl, popř. jejich slitiny. Tyhle látky jsou jen feromagnetické v případě kdy materiál je v krystalickém stavu, jinak (v kapalném nebo plynném formě) se chovají jako látky paramagnetické.

Feromagnetismus je vlastností struktury látky, nikoli jednotlivých atomů.

Pro každou feromagnetickou látku existuje určitá teplota, při jejímž překročení látka ztrácí feromagnetické vlastnosti a stává se látkou paramagnetickou. Nazývá se **Curieova teplota**.

20. Nestacionární magnetické pole

Magnetická indukce se s časem mění

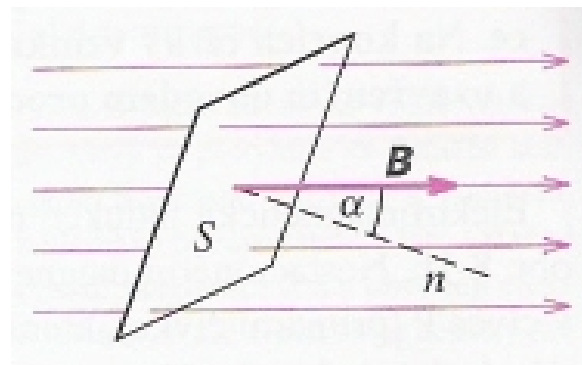
Zdrojem tohoto pole může být:

- Časově proměnný proud v nepohyblivém vodiči (popř. pohybující se částice s nábojem)
- Pohybující se vodič s proudem (konstantním nebo časově proměnným)
- Pohybující se permanentní magnet nebo elektromagnet
- Časově proměnné elektrické pole

Děje v nestacionárním magnetickém poli jsou vždy spojeny se vznikem nestacionárního elektrického pole. Jsou to děje elektromagnetické, při nichž nestacionární elektrické a magnetické pole jsou navzájem neoddělitelná a vytvářejí jediné pole elektromagnetické. -J. C. Maxwell

Magnetický indukční tok

- Skalární veličina
- Ozn. Φ $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$
- Jednotka je Wb....weber $T \cdot m^2 = Wb$
- $B_n = B \cdot \cos \alpha$velikost složky vektoru B ve směru normály plochy



Děje v nestacionárním magnetickém poli charakterizuje změna magnetického indukčního toku Φ .

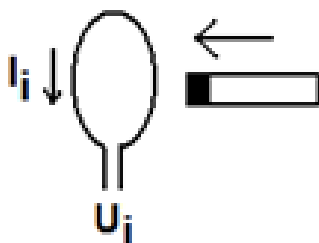
Tato změna může nastat:

- Změnou magnetické indukce
- Změnou obsahu plochy, kterou Φ prochází
- Otočením plochy

Elektromagnetická indukce

= jev, kdy nestacionární magnetické pole je příčinou vzniku indukovaného elektrického pole

Mezi konci vodiče v nestacionárním magnetickém poli je **indukované elektromotorické napětí U_i** a uzavřeným obvodem prochází **indukovaný proud I_i** .



Na obrázku je obvod v klidu a časově proměnné magnetické pole vzniká pohybem magnetu.

Elektromagnetická indukce bude také fungovat v případě, kdy magnet bude v klidu a obvod se bude pohybovat, popř. kdy magnet a obvod budou v klidu, ale magnetická indukce pole magnetu se bude měnit. (změna proudu)

Podmínkou vzniku indukovaného napětí nebo indukovaného proudu je časová změna magnetického indukčního toku.

Faradayův zákon elektromagnetické indukce

= Indukované elektromotorické napětí U_i je rovno záporně vzaté časové změně magnetického indukčního toku.

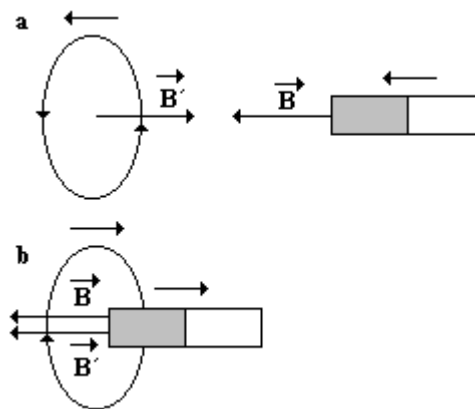
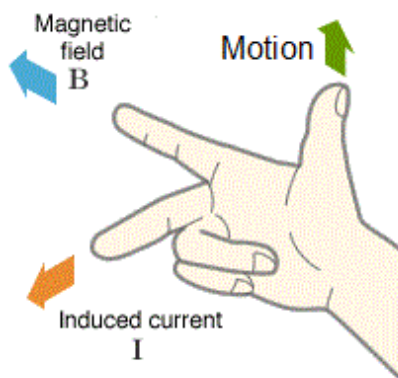
$$U_i = \frac{-\Delta\phi}{\Delta t}$$

Lenzův zákon

= indukovaný elektrický proud v uzavřeném obvodu má takový směr, že svým magnetickým polem působí proti změně magnetického indukčního toku, která je jeho příčinou.

Směr indukovaného proudu je určen **Flemingovým pravidlem pravé ruky**:

- Položíme-li pravou ruku k vodiči tak, aby odtažený palec ukazoval směr pohybu vodiče a vektor magnetické indukce vstupoval do dlaně, pak prsty ukazují směr indukovaného proudu ve vodiči.



Foucaultovy

proudy (vířivé proudy)

= indukované proudy v plošných vodičích, které se dají představit v podobě miniaturních vírů. Představují ztráty energie, protože se jimi přeměňuje elektrická energie na vnitřní energie vodiče a vodič se zahřívá.

Vířivé proudy indukované ve vodičích, které se pohybují v magnetickém poli, působí svými účinky proti pohybu. Využívá se v indukčních brzdách.

Vlastní indukce

= jev, kdy indukované elektrické pole vzniká ve vodiči i při změnách magnetického pole, které vytváří proud procházející vlastním vodičem. Vlastní magnetické pole, např. cívky s proudem, vytváří magnetický indukční tok ϕ , který prochází závitů cívky. Jestliže cívka je v prostředí s konstantní permeabilitou, je tento indukční tok přímo úměrný proudu v cívice:

$$\phi = L * I$$

Indukčnost

Je vlastnost celého elektrického obvodu, všech prvků, které jsou v něm zapojeny. Nejčastěji se setkáme s indukčností cívek- závisí na její konstrukci a na permeabilitě μ jádra.

Ozn.: L

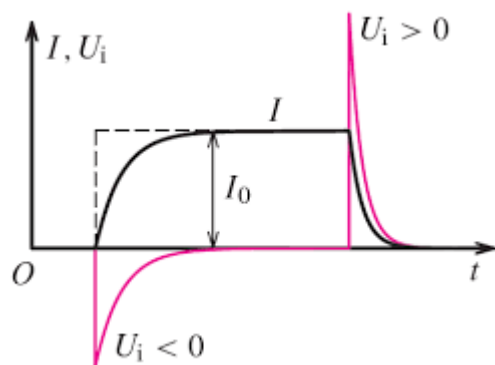
Jednotka: henry (H) $H = \frac{Wb}{A}$

$$U_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Indukčnost cívky závisí na její konstrukci a na permeabilitě jádra.

$$L = \mu \frac{N^2 S}{l}$$

Časový diagram přechodného děje v obvodu s cívkou:



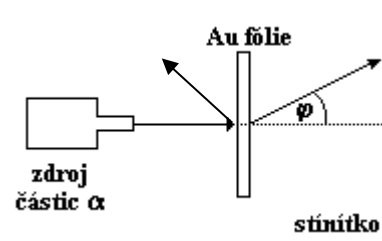
29. Fyzika atomového jádra

Objev atomového jádra

- 1911 provedl Rutherford experiment a zavedl pojem atomové jádro

Experiment

1. Nechal ostřelovat zlatou folii alfa částicemi
2. Předpokládal, že vychýlení částic nebude větší než $1-2^\circ$
3. Avšak zjistil, že 1 z 20 000 částic se vychýlí o víc než 90°
Jak je to možné?
4. Částice narazí na jádro a díky němu se vychýlí
5. Rutherford přišel na to, že tím pádem téměř celá hmota jádra je soustředěna na nesmírně malém prostoru – jinak by se částice odrážely mnohem častěji
6. A tak dokázal a objevil **jádro atomu**



- **Průměr jádra je 10 000x krát menší než průměr celého atomu**

Průměr atomu $\approx 0,1nm$

Průměr jádra $\approx 1fm - 10fm$

Složení atomového jádra

- Atom se skládá z :

1. Jádro se skládá z nukleonů:

a) Protony

- Kladně nabitě $q_p = 1,602 \cdot 10^{-19}C$

- Hmotnost: $1,6726 \cdot 10^{-27}kg = 1,607276m_u$

b) Neutrony

- Bez náboje

- Hmotnost o něco **větší** než protonu $1,6749 \cdot 10^{-27}kg = 1,608665m_u$

2. Elektronový obal

a) Elektrony

- Záporně nabitě $q_e = -1,602 \cdot 10^{-19}C$

- Hmotnost 1840x menší než protonu $9,1095 \cdot 10^{-31}kg = 0,00054m_u$

- Atomy jsou navenek částice neutrální
- Atom daného prvku obsahuje Z protonů a zároveň Z elektronů Z – *protonové číslo*
- N – *neutronové číslo* - udává počet neutronů v jádře, *nemusi být totožné se Z*
- A – *nukleonové číslo* - udává počet nukleonů v jádře, tedy $A = Z + N$

Vztah pro poloměr jádra:

$$R_j = 1,3 \cdot 10^{-15} \sqrt[3]{A}$$
$$[R_j] = m$$

Nuklid

- **Složen z atomů, které mají shodné protonové Z a nukleonové číslo A**

- Např. nuklid uranu ${}^{238}_{92}\text{U}$

Izotop

- **Složen s atomů, které mají pouze shodné protonové číslo Z**

- Např. Izotopy vodíku ${}^1_1\text{H}$ – *vodík*, ${}^2_1\text{H}$ – *deuterium*, ${}^3_1\text{H}$ – *tritium*

Vazebná energie

- **Energie, kterou je třeba dodat k rozštěpení vazebného systému**

- Systém může být tvořen

- **Vazebná energie atomu** mezi **jádrem a elektrony** – v tom případě zde působí **elektrostatické síly**

- **Vazebná energie jádra** mezi **protony a neutrony** – zde působí **jaderné síly**

Jaderné síly

- Jsou **krátkodosahové** $\approx 10^{-15} m$ - tedy řádově v rozměrech nukleonů
- V malých vzdálenostech překonávají síly elektrické
- Částice působí na nejbližších pár elektronů

Hmotnost jádra m_j

- Dá se vypočítat pomocí součtu hmotností protonů a neutronů v jádře

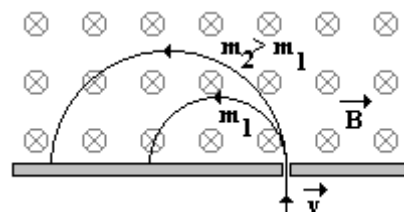
$$m'_j = Zm_p + Nm_n$$

m'_j – hmotnost jádra vypočtená hmotností jednotlivých částic

Hmotnostní úbytek jádra B

- Při experimentálním zjišťování hmotnosti jader pomocí **spektrografu** zjistíme, že hmotnosti jader jsou o něco menší než hmotnost jádra spočtena pomocí hmotností nukleonů
- Hmotnost ve spektrografu se zjišťuje pomocí pohybu částic ve stacionárním magnetickém poli
- Skutečná hmotnost jádra je menší než hmotnost jednotlivých nukleonů v jádře
- Hmotnosti zjištěné experimentálně se značí m_j
- Tento rozdíl hmotností se nazývá **hmotnostní úbytek B**

$$B = m'_j - m_j = Zm_p + Nm_n - m_j$$



Vazebná energie jádra E_j

- Energie vypočtená pomocí hmotnostního úbytku se nazývá vazebná energie nukleonů
- Je řádově milionkrát větší než vazebná energie jádra a elektronů

$$E_j = Bc^2$$

Je to energie, kterou je třeba dodat aby se jádro rozložilo na jednotlivé nukleony

Tzv. Magická čísla

- Zvláště stabilní jádra jsou ty, jejichž počet protonů a neutronů je dán čísly
2,8,20,28,50,82,126

Určení vazebné energie když známe relativní atomovou hmotnost

$$E_j = Bc^2 = [ZAr_{(H)} + NAr_{(n)} - Ar_{(a)}]m_u c^2$$

$Ar_{(H)}$ – relativní atomová hmotnost vodíku = 1,007825
 $Ar_{(n)}$ – relativní hmotnost neutronu = 1,0008665
 $Ar_{(a)}$ – relativní hmotnost atomu, který zkoukáme

Radioaktivita

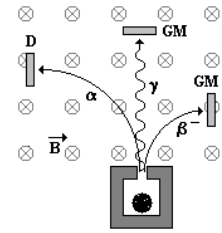
- v přírodě se vyskytují:
 - a) **Stabilní nuklidy** – mají nejmenší možnou energii, stabilní
 - b) **Radionuklidy** – projevují přirozenou **radioaktivitu**

Radioaktivita

- schopnost některých jader se samovolně rozpadat za vzniku záření
 - a) Přirozená – radionuklidy běžně se vyskytující v přírodě
 - b) Umělá – uměle vytvořené nuklidy v laboratoři

Podle typu záření, které vydávají rozlišujeme:

- Záření α** - kladně nabitá jádra tudíž směřuje podle Flemingova pravidla
 - Záření β** - záporně nabitá částice, směřuje proti pravidlu
 - Záření γ** - jde o proud fotonů tudíž na ně nepůsobí magnetické pole
- Jednotlivá záření lze rozlišit v homogenním magnetickém poli a následně detekovat



Záření α

- Tvořeno proudem kladně nabitých jader
 - Jsou nabité, protože neobsahují elektrony
 - **Má silné ionizační účinky**
 - Je pohlcováno listem papíru a ve vzduchu se pohlcuje po 40cm
 - **Pokud částice vyžáří alfa záření pak platí:**
- $$ZAX \rightarrow 2He + Z - 2A - 4Y$$

Záření β^-

- Tvořeno proudem nabitých částic - elektronů $-10e$
 - Pohlceno tenkým hliníkovým plechem
 - Elektron vzniká v jádře **rozpadem neutronu**
- $$01n \rightarrow 11p + -10e + \nu_e$$
- **Rozpadem neutronu tedy vznikne elektron a proton** a tedy platí:
- $$ZAX \rightarrow -10e + Z + 1AY$$

Záření β^+

- Je tvořeno proudem **pozitronů**
- Atom po rozpadu je naopak než u beta minus $Z - 1$

Záření γ

- Jde o **elektromagnetické záření** s vlnovou délkou menší než 100pm
 - Nelze jej zcela pohltit lze pouze oslabit olovenou vrstvou
 - Silně ionizuje a uvolňuje nabitě částice z látky, na kterou působí
- Platí:



Umělá radioaktivita

- Ozařování hliníkových jader alfa-částicemi
 - Vzniká radioaktivní fosfor, který se rozpadá na křemík
- $$24\alpha + 1327Al \rightarrow 1530P + 01n$$
- $$1530P \rightarrow 1430Si + 10e$$

Zákon radioaktivní přeměny

Aktivita zářiče A

- Experimentálně bylo zjištěno, že po uplynutí doby T klesne aktivita radionuklidu na polovinu
- **Aktivita vyjadřuje počet přeměněných jader za sekundu**
- T – poločas rozpadu

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

A_0 – počáteční aktivita v čase $t = 0$
 $[A] = s^{-1} = \text{Bq becquerel}$

Pokud tedy:

- $t = T \rightarrow A = \frac{1}{2} A_0$
- $t = 2T \rightarrow A = \frac{1}{4} A_0$
- $t = 3T \rightarrow A = \frac{1}{8} A_0$

Zákon radioaktivní přeměny

- Týká se počtu nerozpadlých jader

$$N_t = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0 (e^{-\ln 2})^{\frac{t}{T}} = N_0 \left(e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right) = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_0 – počáteční počet nerozpadnutých jader

N_t – výsledný počet nerozpadnutých jader za t

$$\lambda - \text{přeměnová konstanta } \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

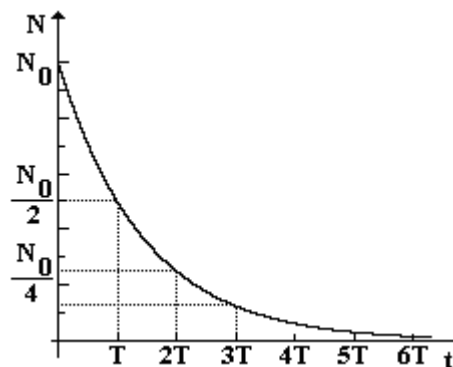
$\ln 2$ – přirozený logaritmus 2

e – základ přirozených logaritmů $e = 2,7128$

$$\frac{1}{2} = e^{-\ln 2}$$

- Za poločas rozpadu se tedy rozpadne vždy polovina jader

- Počet nerozpadlých jader asymptoticky míří k nule
- Nikdy nebude nulový



Graf

Užití radionuklidů

1. **Datování stáří odumřelých organismů** – pomocí radionuklidové metody, měření podílu radioizotopů – poločas rozpadu ^{14}C na ^{12}C je 5 730 let, uranu ^{235}U je 713 milionů let, draslíku ^{40}K je 1,3 mld. let)
2. **Defektoskopie** – odhalování skrytých vad materiálů
3. **Polotloušťka** – tloušťka, která zastaví poloviční intenzitu – užívá se u **bezkontaktního měření tloušťky materiálů**
4. **Jaderná baterie** – využití na vesmírných misích bez pasažérů, využívá se plutonium
5. **Lékařství** – diagnostické metody pomocí radioaktivního jódu – štítná žláza, ozařování zhoubných nádorů, zjišťování místa syntézy nukleových kyselin pomocí radioaktivního ^{614}C

Jaderné reakce

- Přeměny jader způsobené srážkou s jádrem nebo s jinými částicemi

Dělíme na :

1. **Reakce lehkých jader**
 - **Jaderná fúze** – syntéza
 - Platí, pro lehká jádra tedy menší jádra než železo
2. **Reakce těžkých jader**
 - **Jaderné štěpení**
 - Platí pro těžká jádra tedy větší než železo

Jaderná fúze

- K využití energie z jaderné fúze se předpokládá využití reakce mezi tritiem a deuteriem
$$12\text{H} + 13\text{H} \rightarrow 24\text{He} + 01\text{nE} = 17,3\text{MeV}$$
- Nebo mezi dvěma jádry deuteria (může probíhat dvěma způsoby)
 1. $12\text{H} + 12\text{H} \rightarrow 23\text{He} + 01\text{nE} = 4\text{MeV}$
 2. $12\text{H} + 12\text{H} \rightarrow 13\text{H} + 11\text{He} = 3,3\text{MeV}$
- Deuterium se objevuje 1:4700 molekul vody
- Aby to takhle ale mohlo fungovat je třeba velké aktivační energie

Podmínky termojaderné fúze

1. Teplota musí být větší než kritická teplota (10^7K)

2. Velká hustota částic v daném objemu

Možnosti technické

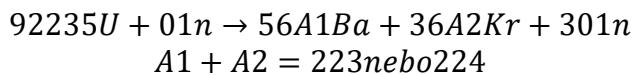
- Plazma se zahřívá
 - a) Vysokofrekvenčním zářením
 - b) Stlačováním v magnetickém poli
 - c) Laserem

Jaderné štěpení

- Ke štěpení se používá neutron $01n$
- Z důvodu, že **nemá náboj a tedy není odpuzován**

Reakce štěpení izotopu uranu $92235U$ může probíhat dvěma způsoby:

- *Bud' vznikne Baryum a Krypton a nebo Xenon a Stroncium*



- Přičemž nemusí vždy vzniknout štěpení

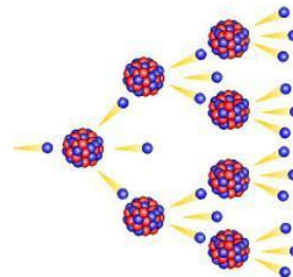
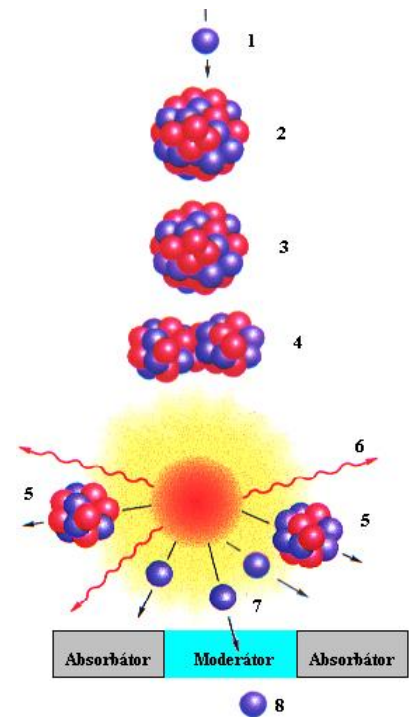
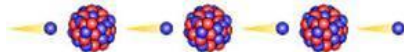
Neutron:

- Může uniknout ven z látky
- Může být pohlcen jinou částicí
- Pohlcen uranem
- A nebo vyvolá štěpení

Multiplikační faktor k

- **Určuje střední počet účinných neutronů**

- $k > 1$ – poté nastává neřízená **lavinovitá reakce**
- $k < 1$ – štěpení postupně **vyhasíná**
- $k = 1$ – **štěpení se udržuje** (v jaderných reaktorech)



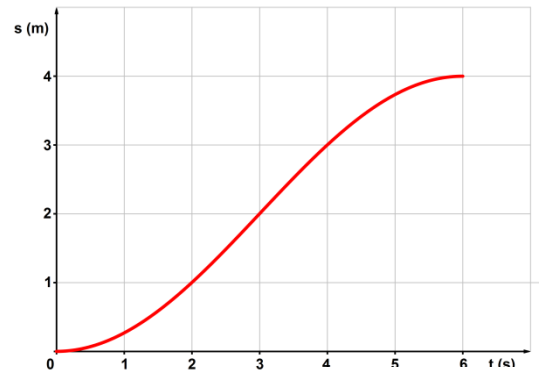
1. Kinematika hmotného bodu

Hmotný bod, vztažná soustava, polohový vektor, trajektorie, dráha, rychlost okamžitá a průměrná, závislost rychlosti a dráhy na čase, zrychlení tečné a normálové, pohyb přímočarý, křivočarý (úhlová rychlost), rovnoměrný, rovnoměrně zrychlený nebo zpomalený, volný pád, rovnoměrný pohyb po kružnici.

1. Hmotný bod se

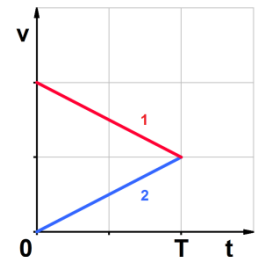
pohyboval po přímce v jednom směru. Na obrázku je znázorněna závislost dráhy s na čase t . Na základě grafu určete, jaká byla maximální rychlost pohybu.

- A. 0,2 m/s
- B. 0,5 m/s
- C. 0,66 m/s
- D. 1 m/s



2. Na obrázku je graf závislosti rychlosti v na čase t pro dva různé hmotné body (křivka 1 a 2). Jaké jsou dráhy, které body urazí za dobu T ?

- A. Obě dráhy jsou stejné.
- B. Dráha prvního bodu je dvakrát větší než dráha druhého bodu.
- C. Dráha prvního bodu je třikrát větší než dráha druhého bodu.
- D. Dráha prvního bodu je čtyřikrát větší než dráha druhého bodu.

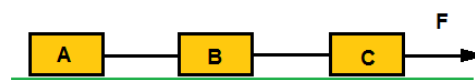


3. Za první sekundu pohybu urazilo těleso dráhu 1 m, za druhou sekundu dráhu 2 m, za třetí sekundu dráhu 3 m. Jakým pohybem se těleso pohybovalo během těchto tří sekund?
- A. rovnoměrným pohybem
 - B. rovnoměrně se zvětšující rychlostí
 - C. rovnoměrně zrychleným pohybem
 - D. nerovnoměrným pohybem
4. Automobil jel tři čtvrtiny celkové doby jízdy rychlostí 90 km/h, zbývající dobu jízdy rychlostí 50 km/h. Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.
5. Motorový člun se pohybuje vzhledem k vodě stálou rychlostí 13 m/s. Rychlost vodního proudu v řece je 5 m/s. A) Pod jakým úhlem vzhledem k vodnímu proudu musí člun plout, aby se stále pohyboval kolmo ke břehům řeky? B) Jak velkou rychlostí se přibližuje člun k protějšímu břehu?
6. Velikost rychlosti vlaku se během 50 s zmenšila ze 72 km/h na 36 km/h. Za předpokladu, že pohyb vlaku je rovnoměrně zpomalený, určete velikost jeho zrychlení a dráhu, kterou při tom ujede.
7. Jaký je poloměr kruhové desky, jestliže při jejím rovnoměrném otáčení kolem svislé osy procházející jejím geometrickým středem kolmo k rovině desky má bod na obvodě 3krát větší rychlost než bod, který je o vzdálenost 10 cm blíže k ose otáčení?
8. Když se dvě tělesa pohybují stálými rychlostmi o velikostech v_1 a v_2 proti sobě, zmenšuje se vzdálenost mezi nimi o vzdálenost 16 m za každých 10 s. Když se tato tělesa budou pohybovat stejně velkými rychlostmi, ale ve stejném směru, bude se zmenšovat vzdálenost mezi nimi o vzdálenost 3 m za každých 5 s. Určete větší z rychlostí těles.
9. Závodník urazil trať v délce 100 m za čas 10,2 s. Prvních 20 m běžel pohybem rovnoměrně zrychleným, zbytek pohybem rovnoměrným přímočarým. Jaké největší rychlosti v_m závodník dosáhl?

2. Dynamika hmotného bodu

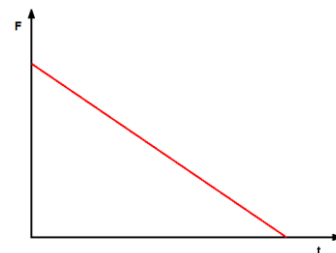
Volný hmotný bod, síla a její účinky, skládání sil, Newtonovy pohybové zákony, inerciální vztažná soustava, hybnost, impuls síly, zákon zachování hybnosti, setrvačné síly, neinerciální vztažná soustava.

1. Tři kostky o stejných hmotnostech m jsou spojeny nehmotnými nitěmi. Kostka C je tažena silou F , která udělí celé soustavě zrychlení. Jaká je výsledná síla působící na kostku B, zanedbáme-li třecí síly?



- A. nulová B. $F/3$ C. $F/2$ D. F

2. Na přímočaře se pohybující těleso o hmotnosti m působí síla F , jejíž závislost na čase je znázorněna grafem. Jakým pohybem se bude těleso pohybovat?



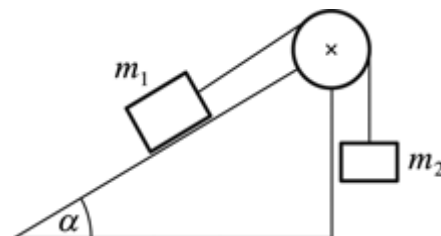
- A. rovnoměrně zrychleným
B. nerovnoměrně zrychleným
C. rovnoměrně zpomaleným
D. rovnoměrným

3. Na niti v tíhovém poli se kývá kulička. V okamžiku průchodu rovnovážnou polohou je možné o silách působících na kuličku říci:

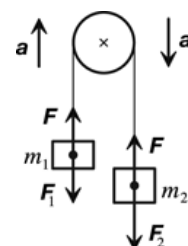
- A. Výslednice sil má směr tečny k trajektorii a uvádí kuličku do pohybu.
B. Tíhová síla je v rovnováze s dostředivou silou.
C. Na kuličku působí dostředivá síla.
D. Tíhová síla je v rovnováze se silou reakce nití.

4. O jaký úhel se musí odklonit cyklista od svislého směru, jestliže projíždí zatáčku o poloměru křivosti 10 m rychlostí 18 km/h?

5. Na nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel $\alpha = 30^\circ$, leží dřevěný kvádr o hmotnosti $m_1 = 3$ kg spojený vláknem s tělesem o hmotnosti $m_2 = 2$ kg. Určete velikost zrychlení obou těles. Síly působící proti pohybu neuvažujte.



6. Na koncích vlákna vedeného přes pevnou kladku jsou zavěšena závaží o hmotnosti 2 kg a 3 kg. Určete velikost zrychlení obou závaží. Tření a hmotnost kladky a vlákna neuvažujte.



7. Těleso o hmotnosti 1 kg je zavěšeno na niti o délce 30 cm. Těleso se pohybuje tak, že rychlostí o stálé velikosti opisuje kružnici ve vodorovné rovině, přičemž nit svírá se svislým směrem úhel 60° . Vypočítejte periodu oběhu tělesa T .

8. Tenisový míček o hmotnosti 40 g naletí na raketu rychlostí o velikosti 15 m/s a je od ní odražen v opačném směru rychlostí o velikosti 17 m/s. Určete velikost síly, kterou raketa působí na míček, je-li doba trvání nárazu 0,01 s.

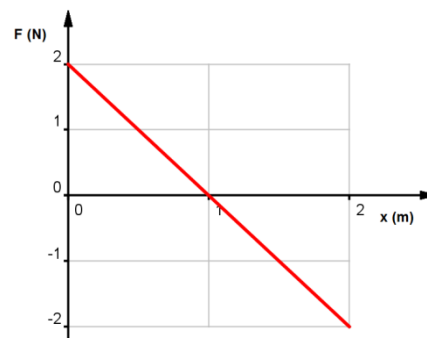
9. Na vodorovné desce s koeficientem smykového tření 0,2 leží kvádr o hmotnosti 10 kg. Přes kladku je na něm zavěšeno závaží o hmotnosti 8 kg. Jak velké bude zrychlení celé soustavy? Rotaci kladky zanedbejte.

3. Energie, práce, výkon

Mechanická práce, výpočet práce konstantní nebo proměnné síly, mechanická energie kinetická a potenciální (tíhová, tlaková, pružnosti), výkon, účinnost, zákon zachování energie, [vnitřní energie, práce plynu].

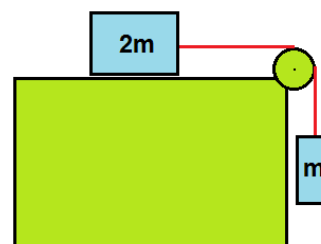
1. Působením síly F se těleso pohybuje po ose x . Obrázek nám ukazuje, jak závisí velikost síly na poloze tělesa. Na základě této závislosti určete, jakou práci síla vykoná na dráze 2 m.

- A. 0 J
B. 2 J
C. 4 J
D. - 2 J



2. Jestliže se v situaci zobrazené na obrázku (hmotnost kladky a tření zanedbejte) potenciální energie závaží o hmotnosti m zmenší o 30 J, o kolik se zvětší kinetická energie kvádru o hmotnosti $2m$?

- A. 30 J
B. 20 J
C. 15 J
D. 60 J



3. Jak se v čase mění potenciální energie volně padajícího kamene ve vakuu?
A. Po celou dobu pohybu se mění rovnoměrně.
B. Rychleji se mění na počátku pohybu.
C. Rychleji se mění na konci pohybu.
D. Po celou dobu zůstává konstantní.
4. Z okna domu ve výšce 8 m nad povrchem země upustí dítě míč o hmotnosti 0,4 kg. Během pádu působí na míč odpor vzduchu, takže míč dopadne na zem rychlostí 5 m/s. Jak velká je průměrná odporová síla vzduchu?
5. Střela o hmotnosti 20 g zasáhla strom a pronikla do hloubky 10 cm, Jak velkou rychlostí se pohybovala před zásahem, je-li průměrná odporová síla dřeva stromu 4 kN?
6. Kvádr o hmotnosti 5 kg posunujeme rovnoměrným pohybem vzhůru po nakloněné rovině do vzdálenosti 2 m. Nakloněná rovina svírá s vodorovnou rovinou úhel 30° . Součinitel smykového tření je 0,2. Určete práci, kterou při tom vykonáme.
7. Výtah naložený materiálem o celkové hmotnosti 1 000 kg se začal pohybovat směrem vzhůru s konstantním zrychlením o velikosti 2 m/s. Vypočítejte práci vykonanou za prvních 5 s zdvihu.
8. Vypočítejte střední užitečný výkon při výstřelu z děla s hladkou hlavní, je-li známo, že střela o hmotnosti 400 g vyletí z hlavní rychlostí o velikosti 144 m/s, délka kanálu v hlavní je 75 cm. Tlak plynu pokládejte po celou dobu, pokud je střela v hlavní, za stálý.
9. K měření rychlosti střel se používá balistické kyvadlo (např. nádoba s pískem zavěšená na laně). Střela, která zasáhne nádobu, v ní uvázne. Hmotný střed nádoby se přitom vychýlí do určité výšky h . Určete velikost rychlosti střely v , je-li známo: hmotnost balistického kyvadla je 6 kg, hmotnost střely je 12 g, výška výstupu hmotného středu kyvadla je 1,6 cm.

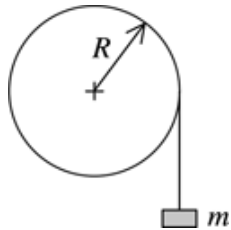
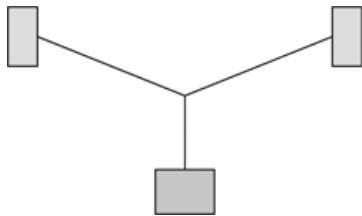
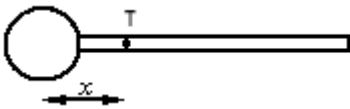
4. Gravitační pole

Gravitační pole, Newtonův gravitační zákon, intenzita a potenciál gravitačního pole, srovnání s polem elektrickým, radiální a homogenní pole, gravitační a tíhové zrychlení, práce v homogenním gravitačním poli, pohyby v homogenním a radiálním gravitačním poli, Keplerovy zákony.

- Potenciální gravitační energie dvou hmotných bodů (neuvažujeme působení jiných těles!):
 - se zmenšuje při vzrůstání jejich vzájemné vzdálenosti, jestliže přijmeme dohodu, že potenciální energie této soustavy bude rovná nule, když tělesa vzdálíme do nekonečné vzdálenosti,
 - vzrůstá nebo se zmenšuje: jestliže se dohodneme, že potenciální energie obou bodů při vzdálenosti R_0 je rovna nule, pak pro $r > R_0$ se energie soustavy zmenšuje a pro $r < R_0$ naopak vzrůstá,
 - vždy vzrůstá při zvětšování vzdálenosti bodů,
 - vždy se zmenšuje při zvětšování vzdálenosti bodů.
- Dvě tělesa o hmotnostech $m_A = m$ a $m_B = 5m$ se k sobě přibližují v důsledku vzájemného gravitačního působení. Vliv jiných těles neuvažujte. Co je možné říci o zrychlení těchto těles?
 - Okamžitá zrychlení těchto těles mají stejnou velikost, ale opačný směr a velikosti zrychlení s časem vzrůstají.
 - V každém okamžiku je velikost zrychlení tělesa A pětkrát větší než tělesa B.
 - Velikost zrychlení tělesa A je pětkrát větší než tělesa B, ale velikosti zrychlení se s časem nemění.
 - Poměr velikostí zrychlení těles A a B závisí na poměru jejich hmotností a poměru čtverců jejich vzdálenosti.
- Z určité výšky h nad zemí byla vržena tři tělesa: první svisle vzhůru rychlostí v_0 , druhé svisle dolů se stejnou rychlostí a třetí vodorovným směrem se stejnou rychlostí. Jaké budou rychlosti dopadu těles?
 - Rychlost prvního tělesa je největší.
 - Rychlost druhého tělesa je největší.
 - Rychlost třetího tělesa je největší.
 - Rychlosti všech těles jsou stejné.
- Z věže vysoké 45 m byl vržen vodorovným směrem míč počáteční rychlostí 10 m/s. Určete souřadnice polohy míče za dobu $t_1 = 1$ s, $t_2 = 2$ s, $t_3 = 3$ s od počátku jeho pohybu. Ve vhodném měřítku pak načrtněte trajektorii míče.
- Chlapec vystřelil prakem svisle vzhůru kámen rychlostí 20 m/s. Určete: A) velikost okamžité rychlosti kamene za dobu 1 s od počátku pohybu. B) okamžitou výšku kamene za dobu 1 s od počátku pohybu. C) do jaké největší výšky od místa vystřelení kámen vystoupí.
- Gravitační zrychlení na povrchu Země, jejíž poloměr je 6 370 km, je přibližně $9,8 \text{ m/s}^2$. Vypočítejte hmotnost Země.
- Hmotnost Slunce M je 332 000krát větší než hmotnost Země m ; průměrná vzdálenost středu Slunce od středu Měsíce R je 400krát větší než průměrná vzdálenost středu Země od středu Měsíce r . Určete poměr gravitačních sil, kterými působí Slunce a Země na Měsíc (v tomto pořadí).
- Letadlo letí vodorovně ve výšce 5 km nad povrchem Země a má rychlost o velikosti 600 km/h. V jaké vodorovné vzdálenosti d od místa A je třeba vypustit volně těleso o hmotnosti 10 kg, aby dopadlo do místa A?
- Z výšky 195 m nad zemským povrchem volně padá první těleso. V okamžiku, kdy toto těleso začne padat, vyhodíme ze zemského povrchu svisle vzhůru druhé těleso rychlostí o velikosti $65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Za jakou dobu t se tato tělesa potkají?

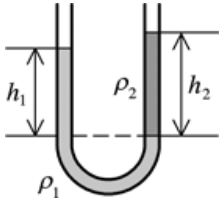
5. Mechanika tuhého tělesa

Tuhé těleso, skládání sil v tuhém tělese, moment síly, podmínka rovnováhy tuhého tělesa, rozklad sil, dvojice sil, těžiště, rovnovážné polohy, otáčivý pohyb tuhého tělesa, moment setrvačnosti, kinetická energie rotujícího tělesa, [moment hybnosti, pohybová rovnice pro rotující těleso].

- Krasobruslař začíná roztáčet piruetu s pažemi nataženými do stran. Jestliže přitáhne ruce na prsa, jeho moment setrvačnosti klesne přibližně na třetinu. Co se stane s momentem hybnosti L a kinetickou energií rotace E_k ?
 A. L i E_k vzroste B. L i E_k klesne C. L i E_k se nezmění D. L se nezmění a E_k vzroste
- Dvě stejnorodé koule A a B jsou vyrobeny z téhož materiálu. Objem koule A je 8x větší než objem koule B. Jaký je moment setrvačnosti koule A vzhledem k její ose procházející těžištěm?
 A. 2x větší než u B B. 32x větší než u B C. 8x větší než u B D. 4x větší než u B
- Co je možné říci o kinetických energiích postupného pohybu E_{kp} a otáčivého pohybu E_{ko} plného válce valícího se po vodorovné rovině (moment setrvačnosti válce kolem osy je $1/2 mr^2$)?
 A. $E_{kp} = E_{ko}$ B. $E_{kp} < E_{ko}$ C. $E_{kp} > E_{ko}$ D. poměr energií závisí na hmotnosti válce
- Tenká tyč o hmotnosti 1 kg a délce 1 m je otáčivá kolem vodorovné osy jdoucí koncovým bodem tyče. Tyč dáme do nejvyšší polohy a necháme padat. Jak velkou rychlostí projde koncový bod tyče nejnižší polohou? Jak velkou silou je při průchodu tyče nejnižší polohou namáhána osa?
- Na obvodu válce, který má poloměr 0,35 m a moment setrvačnosti 0,12 kgm², je navinuto vlákno, na němž je zavěšeno závaží o hmotnosti 0,4 kg. Válec je otáčivý kolem osy jdoucí jeho středem. Vlákno na obvodu kola neprokluzuje. Vypočtete, jak velkou úhlovou rychlostí se otáčí kolo, jestliže závaží urazilo z klidu dráhu 2 m. Tření a hmotnost vlákna neuvažujte. 
- Těleso o hmotnosti 5 kg visí uprostřed lana, jehož koncové body jsou upevněny v téže vodorovné rovině ve vzdálenosti 4 m od sebe. Závěs tělesa je o 0,6 m níže než koncové body lana. Určete, jak velkou silou je napínáno lano. Hmotnost lana zanedbejte. 
- Na konci válcové tyče o délce 80 cm je připojena koule o poloměru 10 cm tak, že její střed leží na podélné ose tyče. Obě tělesa jsou ze stejného materiálu. Koule je dvakrát těžší než tyč. Určete vzdálenost těžiště x od středu koule. 
- Na nákladním automobilu je převážena bedna o výšce 300 cm, jejíž čtvercová podstava o hraně 100 cm je na podlaze automobilu zajištěna proti posunutí nízkou příčkou kolmou ke směru pohybu. Těžiště bedny uvažujeme v jejím středu. Určete velikost největšího povoleného zrychlení a_m , aby se bedna nepřeklopila.
- Homogenní koule o poloměru 60 cm a hmotnosti 2 000 kg se valí působením vlastní tíže po nakloněné rovině s úhlem sklonu 30°. Jakou rychlost bude mít těžiště koule po proběhnutí dráhy 10 m? Tření a odpor vzduchu zanedbejte. Moment setrvačnosti koule kolem středu je $2mr^2/5$.

6. Mechanika kapalin a plynů

Struktura tekutin, silové působení mezi částicemi, ideální kapalina a plyn, tlak v tekutinách, Pascalův zákon, hydrostatický tlak, vztlaková síla, Archimédův zákon, atmosférický tlak, proudění kapaliny, rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice, vnitřní tření, proudění reálné kapaliny, obtékání těles, odpor prostředí.

1. Je možné volit takovou koncentraci roztoku soli, aby se všechna čerstvá vejce v roztoku vznášela. Takový případ nastane, mají-li všechna vajíčka stejné:
A. tvary B. objemy C. hustoty D. hmotnosti
2. Ponoříme-li korek do vody a pak volně pustíme, stoupá ke hladině se stálým zrychlením (zanedbáme-li odporové síly). Jak proběhne pokus v beztížném stavu?
A. Zůstane ponořený.
B. Pohybuje se ke hladině rovnoměrným pohybem.
C. Pohybuje se ke hladině zrychleným pohybem se zrychlením stejným, jako na Zemi.
D. Pohybuje se ke hladině zrychleným pohybem se zrychlením větším, než na Zemi.
3. Na těleso o hmotnosti 3 kg, které je celé ponořené do vody, působí směrem dolů výsledná síla 20 N. Jaká je jeho hustota?
A. 3 000 kg/m³ B. 2 000 kg/m³ C. 1 000 kg/m³ D. 1 500 kg/m³
4. Výsadkář o hmotnosti 75 kg vyskakuje s padákem o průměru 9 m. Na jaké hodnotě se ustálí rychlost jeho pohybu? Součinitel odporu je 1,2 a hustota vzduchu 1,3 kg/m³.
5. Dutá koule o průměru 10 cm má hmotnost 0,5 kg. A) Jakou hustotu má kapalina, v níž se koule volně vznáší? B) Jaké závaží bychom měli vložit do koule, aby se volně vznášela ve vodě?
6. Do spojených nádob nalejeme vodu. Do jednoho ramena přilejeme olej neznámé hustoty. Výška sloupce vody nad společným rozhraním je $h_1 = 27$ cm, výška sloupce oleje $h_2 = 30$ cm. Určete hustotu oleje ρ_2 , známe-li hustotu vody ρ_1 .
7. Na plnou kouli o objemu V působí ve vzduchu tíhová síla o velikosti 390 N. Na tutéž kouli zcela ponořenou ve vodě působí výsledná síla velikosti 340 N. Vypočtěte hustotu ρ látky, z níž je koule zhotovena. Hustotu vzduchu zanedbejte.
8. Dutá hliníková koule s vnějším poloměrem 3 cm plave na vodě z poloviny ponořena. Jaká je tloušťka její stěny, jestliže hustota hliníku je 2 700 kg/m³?
9. Voda v nádobě má hladinu ve výšce 30 cm. V jaké výšce nad dnem je třeba udělat ve stěně nádoby otvor, aby vodní paprsek z něj tekoucí dopadal co možná nejdále na vodorovnou rovinu, na které stojí nádoba?

7. Základní pojmy molekulové fyziky a termodynamiky

Kinetická teorie látek, Brownův pohyb, difúze, interakce mezi částicemi, modely struktur skupenství, látkové množství, Avogadrova konstanta, molární veličiny, stavové veličiny, rovnovážný stav, nulový termodynamický zákon, rovnovážný děj, vratný děj, vnitřní energie.

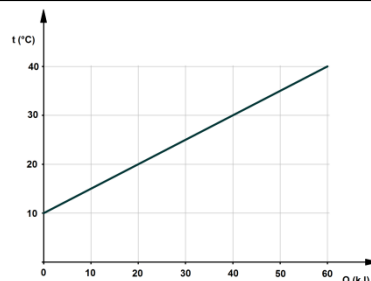
1. Jak je definována atomová hmotnostní konstanta m_u ?
 - A. Klidová hmotnost atomu nuklidu kyslíku 8160.
 - B. 1/16 klidové hmotnosti atomu kyslíku 8160.
 - C. Klidová hmotnost atomu nuklidu uhlíku 612C.
 - D. 1/12 klidové hmotnosti atomu uhlíku 612C.
2. Atomová hmotnostní konstanta je m_u , klidová hmotnost atomu je m_a , Avogadrova konstanta je N_A . Kterým z následujících vztahů je definována relativní atomová hmotnost A_r ?
 - A. $\frac{m_a}{m_u}$
 - B. $\frac{m_u}{m_a}$
 - C. $\frac{m_a}{N_A}$
 - D. $\frac{N_A}{m_a}$
3. Jaké je látkové množství oxidu uhličitého CO_2 o hmotnosti 1 kg?
 - A. 1 000 mol
 - B. 22,7 mol
 - C. 18 mol
 - D. 0,018 mol
4. Určete molární objem V_m oxidu uhličitého CO_2 při teplotě 0°C a tlaku $1,013\,25 \cdot 10^5$ Pa, je-li za těchto podmínek jeho hustota $1,951\text{ kg/m}^3$.
5. V uzavřené nádobě umístěné ve vakuu je plynný oxid uhličitý CO_2 o hmotnosti 1,1 kg. Vadným uzávěrem uniká z nádoby za dobu 1 s průměrně $1,5 \cdot 10^{22}$ molekul CO_2 . Za jakou dobu uniknou z nádoby všechny molekuly? ($N_a = 6,022 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$)
6. Vzorek kyslíku O_2 o hmotnosti 5 kg má objem $3,54\text{ m}^3$. Určete molární objem kyslíku za těchto podmínek.
7. Určete látkové množství vody, která má objem $3,6 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ a hustotu 10^3 kg/m^3 .
8. Odhadněte pomocí Avogadrovy konstanty průměr molekuly vody H_2O . Předpokládejte, že molekuly mají tvar koulí a jsou uspořádány tak, že na celkový objem mezer mezi nimi připadá 26 % z celkového objemu vody. Hustota vody je $1\,000\text{ kg/m}^3$ ($N_a = 6,022 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$).
9. Jak dlouhý řetízek obdržíte, kdybyste srovnali do přímky všechny molekuly, které jsou obsaženy ve vodě o hmotnosti 1,0 g? Vyjádřete jeho délku v metrech. Průměr molekuly předpokládejte $5 \cdot 10^{-10}\text{ m}$.

8. Vnitřní energie, teplo, teplota

Vnitřní energie, změny vnitřní energie (práce, tepelná výměna), první termodynamický zákon, tepelná rovnováha, teplota, teplotní stupnice, třetí termodynamický zákon, měrná tepelná kapacita, kalorimetrická rovnice, přenos vnitřní energie (vedením, prouděním, zářením).

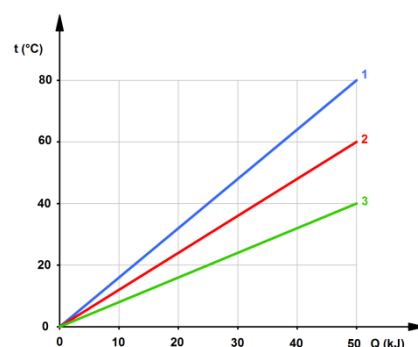
1. Na obrázku je nakreslen graf vyjadřující změnu teploty tělesa o hmotnosti 4 kg jako funkci tepla přijatého tělesem. Jakou měrnou tepelnou kapacitu má těleso?

A. 0,5 kJ/kgK B. 2 kJ/kgK C. 8 kJ/kgK D. 10 kJ/kgK



2. Na obrázku jsou nakresleny grafy vyjadřující změnu teploty tří těles jako funkci tepla přijatého těmito tělesy. Které z daných tří těles má největší tepelnou kapacitu?

A. těleso 1 B. těleso 2 C. těleso 3 D. všechna stejnou



3. Teplotu těles můžeme měřit v Celsiově teplotní stupnici nebo v termodynamické teplotní stupnici. Rozdíl teplot dvou těles je $\Delta t = 300$ $^{\circ}\text{C}$. Jak vyjádříme tento rozdíl teplot v kelvinech?

A. $\Delta T = 573$ K B. $\Delta T = 300$ K C. $\Delta T = 273$ K D. $\Delta T = 27$ K

4. Určete teplo, které projde za jednu hodinu plochou o obsahu 1 m^2 cihlové stěny o tloušťce 0,5 m, jestliže vnitřní povrch stěny má teplotu 18 $^{\circ}\text{C}$, vnější povrch má teplotu -2 $^{\circ}\text{C}$. Součinitel tepelné vodivosti stěny má hodnotu 0,84 W/mK.

5. Termodynamická soustava, na kterou okolí nepůsobí silami, přijme od okolí teplo 25 kJ. Určete: A) jakou práci soustava vykoná, vzroste-li její vnitřní energie o 20 kJ. B) jak se změní vnitřní energie soustavy, vykoná-li práci 35 kJ.

6. Dvě koule se pohybují proti sobě po téže přímce stejně velkými rychlostmi 2 m/s. Hmotnost jedné koule je 4 kg, hmotnost druhé je 1 kg. Po nepružné srážce se obě koule pohybují společně. Určete jejich rychlost po srážce a přírůstek jejich vnitřní energie při srážce.

7. Určete hmotnost závaží, které bychom zvedli do výšky 10 m rovnoměrným pohybem, kdybychom zcela využili energie, kterou dodá voda o hmotnosti 1 kg při ochlazení z teploty 100 $^{\circ}\text{C}$ na teplotu 10 $^{\circ}\text{C}$. (měrná tepelná kapacita vody je 4 200 J/kg.K)

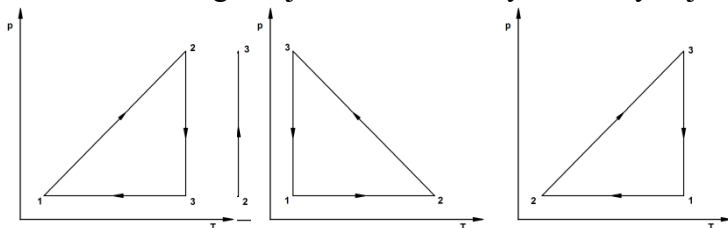
8. Do vody o objemu 2 l a teplotě 15 $^{\circ}\text{C}$ byl vložen železný předmět o hmotnosti 0,50 kg. Výsledná teplota po dosažení rovnovážného stavu je 28 $^{\circ}\text{C}$. Jakou teplotu (ve $^{\circ}\text{C}$) by měl železný předmět před vložením do vody, předpokládáme-li, že tepelná výměna nastala jen mezi železným předmětem a vodou? (měrná tepelná kapacita vody je 4 180 J/kg.K, měrná tepelná kapacita železa je 452 J/kg.K)

9. Byla smíchána voda o objemu 40 l a o počáteční teplotě 12 $^{\circ}\text{C}$ s vodou o objemu 80 l a o počáteční teplotě 80 $^{\circ}\text{C}$. Byla naměřena teplota směsi vody 52 $^{\circ}\text{C}$. Jak velké množství tepla bylo předáno okolí? (měrná tepelná kapacita vody $c = 4\,200$ J/kg.K)

9. Struktura a vlastnosti plynů

Model ideálního plynu, rozdělení molekul podle rychlosti, střední kvadratická rychlost, střední kinetická energie molekuly, teplota a tlak plynu, stavová rovnice pro ideální plyn, Avogadrův zákon, normální molární objem, tepelné děje s ideálním plynem a jejich grafické vyjádření, kruhový děj, Carnotův cyklus, tepelné a chladicí stroje, druhý termodynamický zákon.

1. Na obrázku je graf kruhového děje v ideálním plynu v soustavě souřadnic (p, V). Na kterém z grafů je znázorněn tentýž kruhový děj v soustavě souřadnic (p, T)?

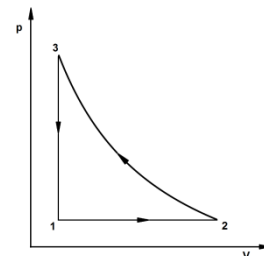


C.

A.

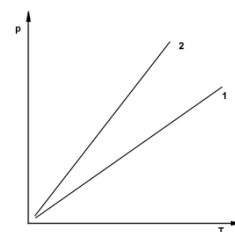
D.

B.



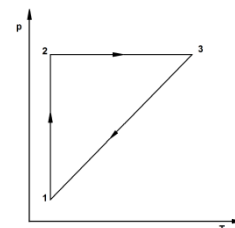
2. Která ze dvou izochor 1 a 2 na obrázku, odpovídá většímu objemu (v obou případech se jedná o tentýž plyn o téže hmotnosti)?

A. objem je stejný B. izochora 1 C. izochora 2 D. závisí to na dodaném teplu



3. Na obrázku je graf děje ideálního plynu v soustavě souřadnic (p, T). O objemech plynu ve stavech 1, 2, 3 je možné říci, že:

A. $V_1 < V_2$ a $V_1 < V_3$ B. $V_1 = V_2$ a $V_2 > V_3$ C. $V_1 > V_2$ a $V_1 = V_3$ D. $V_1 > V_2$ a $V_1 > V_3$



4. Plyn v tepelném stroji přijal během jednoho cyklu od ohříváče teplo 5,6 MJ a odevzdal chladiči teplo 4,7 MJ. Jakou práci při tom vykonal? Jaká je účinnost tohoto stroje?

5. Určete tlak kyslíku O_2 o hmotnosti 4 kg, uzavřeného v nádobě o objemu 2 m^3 při teplotě $27 \text{ }^\circ\text{C}$.

6. Ideální plyn má při teplotě $27 \text{ }^\circ\text{C}$ tlak 1,2 Pa. Kolik molekul je v objemu 1 cm^3 plynu?

7. Určete poměr středních kvadratických rychlostí molekul vodíku a kyslíku při stejných teplotách. ($M_m(\text{H}_2) = 2,02 \text{ g/mol}$, $M_m(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$)

8. Vzduch má při tlaku 0,1 MPa a teplotě $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ objem 5 l. Jaký bude tlak vzduchu, jestliže se jeho objem zmenší na $1/10$ původního objemu a teplota se zvýší na $t_2 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$?

9. Jak velká je kinetická energie *posuvných neuspořádaných pohybů* molekul 1 kilomolu plynu za normálních podmínek? ($R = 8,31 \text{ J/mol.K}$, normální podmínky: $T_n = 273,16 \text{ K}$, $p_n = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$).

10. Struktura a vlastnosti pevných látek

Stavba látek z částic, silové působení mezi částicemi, druhy vazeb, látky amorfni a krystalické, model krystalové mřížky, poruchy v krystalové mřížce, deformace, normálové napětí, relativní prodloužení, Hookův zákon, křivka deformace, teplotní roztažnost.

- Drát délky l a obsahu kolmého průřezu S je napínán silou F a prodlouží se o 4 mm. O jakou délku se prodlouží drát, je-li napínán silou $2F$, má-li délku $2l$ a obsah průřezu $2S$?
A. 1 mm B. 2 mm C. 4 mm D. 8 mm
- Drát délky 4 m a obsahu průřezu $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ napínáme silou 800 N, přičemž se drát prodlouží o 8 mm. Deformace je pružná.
 - Jaké je normálové napětí drátu?
A. $4 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ B. $8 \cdot 10^2 \text{ Pa}$ C. $2 \cdot 10^2 \text{ Pa}$ D. $2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$
 - Jaké je relativní prodloužení drátu?
A. $2 \cdot 10^3$ B. $3 \cdot 10^{-2}$ C. $8 \cdot 10^{-3}$ D. $2 \cdot 10^{-3}$
 - Jaký je modul pružnosti materiálu, z něhož je drát vyroben?
A. $2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ B. $4 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ C. $1,6 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ D. $8 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
- Hliníková tyč má při teplotě $10 \text{ }^\circ\text{C}$ délku 2 m, objem $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ a hustotu 2700 kg/m^3 . Teplotní součinitel délkové roztažnosti hliníku je $24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Tyč zahřejeme na teplotu $60 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - O jakou délku se tyč prodlouží?
A. 7,2 mm B. 2,9 mm C. 2,4 mm D. 1,2 mm
 - O jakou hodnotu se zvětší objem tyče?
A. $6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ B. $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ C. $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ D. $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 - Jakou hustotu má tyč při teplotě $60 \text{ }^\circ\text{C}$?
A. 2710 kg/m^3 B. 2703 kg/m^3 C. 2697 kg/m^3 D. 2690 kg/m^3
- Drát délky 2 m o obsahu průřezu $4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ je napínán silou o velikosti 800 N, přičemž se prodlouží o $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. Deformace je pružná. Určete A) normálové napětí drátu, B) relativní prodloužení drátu, C) modul pružnosti v tahu materiálu, z něhož je drát zhotoven.
- Měděný válec má při teplotě $15 \text{ }^\circ\text{C}$ poloměr podstavy 0,3 m, výšku 0,4 m. Válec zahřejeme na teplotu $65 \text{ }^\circ\text{C}$. Určete, o kolik se zvětší A) plošný obsah jeho podstavy, B) jeho objem. Teplotní součinitel délkové roztažnosti mědi je $17 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
- Jak velkou silou je napínána ocelová struna klavíru o poloměru 0,32 mm a délce 0,65 m, jestliže se při napínání prodloužila o 4,5 mm? Modul pružnosti v tahu struny je 220 GPa.
- Ocelová tyč se dotýká oběma svými konci pevných stěn. Vypočtete, o jakou hodnotu se musí zvýšit její teplota, aby na stykové ploše tyče a stěny vznikl tlak 4,9 MPa. Modul pružnosti oceli v tahu je 200 GPa, součinitel teplotní délkové roztažnosti oceli je $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.
- Jaká je délka olověného drátu, který se přetrhne vlastní tíhou? Hustota olova je $11,4 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ a mez pevnosti olova v tahu je $2 \cdot 10^7 \text{ Pa}$. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)
- Ocelová koule má při teplotě $30 \text{ }^\circ\text{C}$ poloměr 2 cm. Jaký je objem koule při teplotě $-10 \text{ }^\circ\text{C}$? Součinitel teplotní délkové roztažnosti oceli pro daný teplotní interval je $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

11. Struktura a vlastnosti kapalin

Povrchová vrstva kapalin, povrchová energie, povrchové napětí, povrchová síla, jevy na rozhraní, kapilární tlak, kapilární jevy, teplotní roztažnost kapalin.

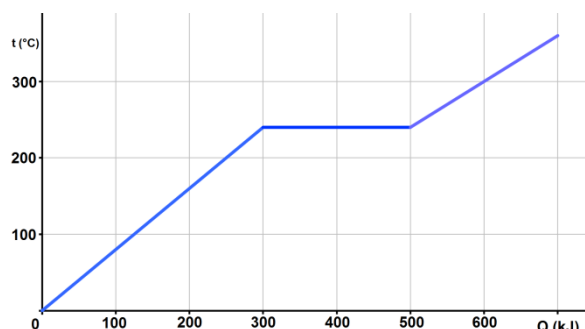
1. Jak velký je přetlak uvnitř mýdlové bubliny o poloměru 1 mm, je-li povrchové napětí mýdlového roztoku 0,04 N/m?
A. 20 Pa B. 40 Pa C. 80 Pa D. 160 Pa
2. Kapilára je zasunuta do nádoby s kapalinou o hustotě 800 kg/m³, jejíž povrchové napětí je 0,06 N/m. V kapiláře se vytvoří dutý kulový povrch kapaliny o poloměru 5.10⁻⁴ m.
 - a) Jaký kapilární tlak vyvolá dutý povrch kapaliny v kapiláře?
A. 60 Pa B. 120 Pa C. 240 Pa D. 480 Pa
 - b) Do jaké výšky nad volný povrch kapaliny v nádobě vystoupí kapalina v kapiláře? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)
A. 30 mm B. 24 mm C. 15 mm D. 7,5 mm
3. V kapiláře o vnitřním poloměru r vystoupila kapalina o hustotě ρ a povrchovém napětí σ do výšky 4 mm nad úroveň volné hladiny.
 - a) Do jaké výšky vystoupí v této kapiláře kapalina o hustotě ρ a povrchovém napětí 2σ ?
A. 2 mm B. 4 mm C. 8 mm D. 16 mm
 - b) Do jaké výšky vystoupí v této kapiláře kapalina o hustotě 2ρ a povrchovém napětí σ ?
A. 2 mm B. 4 mm C. 8 mm D. 16 mm
4. Do vody jsou svisle ponořeny dvě skleněné kapiláry o vnitřních poloměrech 0,4 mm a 1,0 mm. Určete povrchové napětí vody, je-li rozdíl hladin v kapilárách 2,2 cm.
5. V kapiláře o vnitřním poloměru 0,50 mm vystoupil etylalkohol do výšky 11,4 mm. Hustota etylalkoholu je 790 kg/m³. Určete povrchové napětí etylalkoholu za předpokladu, že zcela smáčí stěny kapiláry.
6. Vypočítejte povrchovou energii kulové kapky vody o poloměru 2 mm. Povrchové napětí vody je 0,073 N/m. Kolikrát se zvětší povrchová energie, jestliže se tato kapka vody rozpráší na kapičky o poloměru 2.10⁻⁶ m?
7. Jaký tlak má vzduch v kulové bublině o průměru 1 μm v hloubce 5 m pod volnou hladinou vody, je-li atmosférický tlak 1 000 hPa. Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73 mN/m, $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1\ 000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
8. Vypočítejte relativní změnu objemu etanolu ($v \%$), zvýší-li se teplota o 25 K a je-li součinitel teplotní objemové roztažnosti etanolu $\beta = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.
9. Kapilárou o vnějším průměru 4 mm bylo odměřeno 100 kapek lihu o hmotnosti 1,81 g. Stejný počet kapek vody téže teploty odměřený stejnou kapilárou měl hmotnost 6,26 g. Určete povrchové napětí lihu, je-li povrchové napětí vody $\sigma(\text{H}_2\text{O}) = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$.

12. Skupenské přeměny látek

Fázový diagram, trojný a kritický bod, modely struktury skupenství, vnitřní energie a její změny při změnách skupenství, vypařování, kondenzace, sytá pára, přehřátá pára, var, sublimace, tání, tuhnutí, měrné skupenské teplo přeměny, vlhkost vzduchu.

1. Na obrázku je znázorněna závislost teploty tělesa o hmotnosti 2 kg na teple, které mu je dodáno. Na základě grafu určete měrné skupenské teplo tání tělesa:

A. 400 kJ/kg B. 200 kJ/kg C. 300 kJ/kg D. 100 kJ/kg

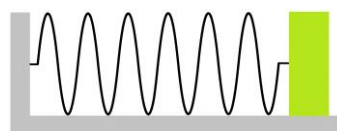


2. Teplo odebírané od okolí při tání krystalických látek:
- je rovno nule, protože se teplota při tání látky nemění
 - se spotřebuje na zvětšení kinetické energie částic
 - se spotřebuje na práci proti silám působícím mezi částicemi
 - je odebíráno nebo odevzdáváno podle druhu látky
3. O tlaku syté páry lze říci, že:
- je přímo úměrný teplotě a nepřímo úměrný jejímu objemu
 - je přímo úměrný teplotě a objemu
 - zmenšuje se při zvyšování teploty
 - zvětšuje se při zvyšování její teploty a nezávisí na jejím objemu
4. Jakou nejmenší rychlost musí mít olověná střela, aby se při nárazu na ocelovou desku roztavila? Teplota střely při dopadu je 27 °C, teplota tání olova je 327 °C, měrné skupenské teplo tání olova je 22,6 kJ/kg, měrná tepelná kapacita olova je 0,129 kJ/kg.K. Předpokládejte, že ocelová deska nepřebírá žádné teplo.
5. Do kalorimetru o tepelné kapacitě 0,12 kJ/K obsahujícího 1,2 kg vody o teplotě 25,0 °C vhodíme 0,20 kg ledu o teplotě 0 °C. Když všechn led roztaje, ustálí se v kalorimetru výsledná teplota 10,4 °C. Vypočtete měrné skupenské teplo tání ledu.
6. Vodu o hmotnosti 5,5 kg a o teplotě 70 °C máme ochladit na teplotu 30 °C vhozením ledu o teplotě 0 °C. Jaká je potřebná hmotnost ledu? Měrné skupenské teplo tání ledu je 332 kJ/kg. Tepelnou kapacitu nádoby neuvažujte.
7. Jaké teplo musí odevzdat voda o hmotnosti 3 kg a teplotě 56 °C, aby se přeměnila v led o teplotě -20 °C. Měrné skupenské teplo tuhnutí vody $l_t = 3,3 \cdot 10^5$ J/kg, měrné tepelné kapacity vody a ledu $c_v = 4 \cdot 200$ J/kg.K a $c_L = 2 \cdot 100$ J/kg.K.
8. V místnosti o objemu 120 m³ je při teplotě 15 °C relativní vlhkost vzduchu 60%. Jakou hmotnost mají vodní páry v místnosti? Hustota sytých vodních par při teplotě 15 °C je $\Phi_m = 12,8$ g/m³.
9. Led o hmotnosti 1 000 g a teplotě 0 °C vhodíme do kalorimetru, jehož tepelná kapacita je 100 J/K. V kalorimetru je voda o hmotnosti 500 g a teplotě 50 °C. Kolik procent ledu roztaje?
 $l_t(\text{H}_2\text{O}) = 334 \cdot 10^3$ J/kg, $c(\text{H}_2\text{O}) = 4,18 \cdot 10^3$ J /kg.K

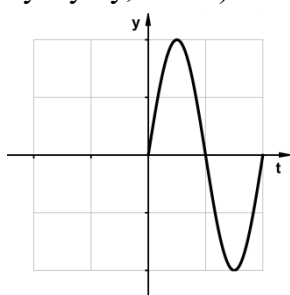
13. Mechanické kmity

Pohyb kmitavý, periodický, harmonický, kinematika harmonického pohybu (výchylka, rychlost, zrychlení, fáze, frekvence, perioda), skládání kmitů v jedné přímce, skládání kmitů navzájem kolmých, Lissajousovy obrazce, dynamika harmonického pohybu, pružina, kyvadlo, přeměny energie v oscilátorech, tlumené kmity, nucené kmity, rezonance.

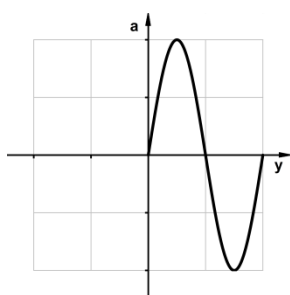
1. Špalík připevněný k pružině, která má zanedbatelnou hmotnost, se pohybuje harmonickým pohybem bez tření. Potenciální energie této soustavy v rovnovážné poloze je rovna nule, její maximální hodnota je 50 J. Jestliže je okamžitá výchylka špalíku rovna polovině amplitudy, je jeho kinetická energie rovna: A. 0 J B. 12,5 J C. 25 J D. 37,5 J



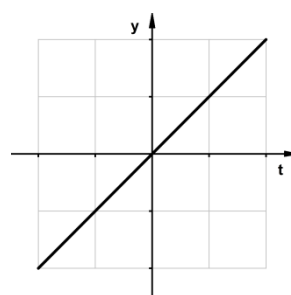
2. Které z grafů se vztahují k harmonickému pohybu? (y - okamžitá výchylka, a - zrychlení, y_m - amplituda výchylky, t - čas)



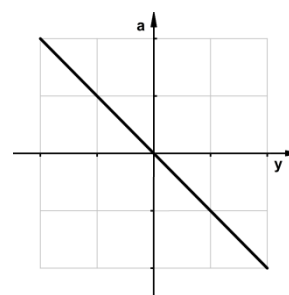
1



3



2



4

A. 1 a 2

B. 2 a 3

C. 3 a 4

D. 1 a 4

3. Která z níže uvedených tvrzení jsou pravdivá při netlumeném pohybu kyvadla:

- a) celková mechanická energie je konstantní
- b) E_k v bodě obratu = E_k v rovnovážné poloze
- c) v každém okamžiku $E_k = E_p$
- d) E_p v bodě obratu = E_k v rovnovážné poloze

A. a) + c) B. c) + d) C. a) + d) D. b) + d)

4. V kabině výtahu visí kyvadlo, které kmitá s periodou 1 s. Když se kabina pohybuje se stálým zrychlením, kyvadlo kmitá s periodou 1,2 s. Určete velikost a směr zrychlení výtahu.
5. Těleso zavěšené na pružině kmitá s periodou 0,5 s. O kolik se pružina zkrátí, jestliže těleso z pružiny sejmeme?
6. Oscilátor kmitá harmonicky, přičemž okamžitá výchylka závisí na čase vztahem $y = y_m \sin\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{2}\right)$, kde $y_m = 0,02$ m. Určete periodu kmitání, amplitudu rychlosti a amplitudu zrychlení.
7. Horizontální deska koná harmonický pohyb ve vodorovném směru s periodou 5 s. Těleso, které leží na desce, se začíná klouzat, jestliže amplituda kmitů dosáhne hodnoty 50 cm. Jaký je koeficient tření mezi tělesem a deskou?
8. Vodorovná deska kmitá ve svislém směru s amplitudou výchylky 7,5 mm. Jaká může být maximální frekvence kmitání desky, aby se předmět, volně na ní položený, od desky neodděloval?

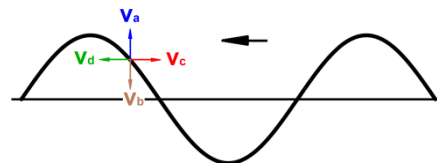
9. Superpozicí harmonických kmitů o rovnicích: $y_1 = 2\sin(\pi t + \pi/4)$ cm a $y_2 = 2\sin(\pi t + 3\pi/4)$ cm vzniká kmitání složené. Nalezněte amplitudu Y výsledného kmitání.

14. Mechanické vlnění

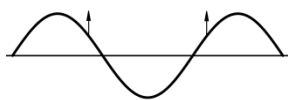
Vznik, šíření a druhy vlnění (postupné, stojaté, příčné, podélné), rychlost šíření vlny (fázová rychlost), vlnová délka, rovnice postupné vlny, interference vlnění, koherentní vlnění, odraz vlnění, Huygensův princip, zákon odrazu s lomu, ohyb vlnění, zvuk, Dopplerův jev, souvislosti s optikou.

1. Příčné mechanické vlnění se šíří proti směru osy x . Který vektor odpovídá směru rychlosti kmitajícího bodu P?

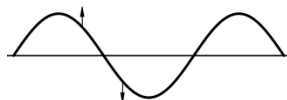
A. v_a B. v_b C. v_c D. v_d



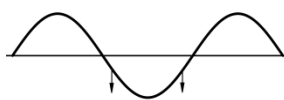
2. Na následujících obrázcích jsou příklady mechanického vlnění s vyznačenými vektory rychlosti dvou bodů. Který obrázek představuje postupné vlnění?



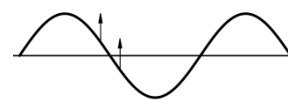
A



C

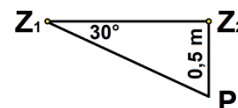


B



D

3. Na obrázku jsou označeny Z_1 a Z_2 dva zdroje kulových vln o vlnových délkách 0,2 m, kmitající ve stejných fázích. P je bod, ve kterém nás zajímá výsledek interference. V bodě P budeme pozorovat:



- A. výsledek mezi max. zesílením a max. zeslabením
 B. výsledek nelze určit, závisí na vzdálenosti zdrojů Z_1 a Z_2
 C. max. zesílení
 D. max. zeslabení

4. Interferencí dvou vlnění o periodách $2,1 \cdot 10^{-3}$ s vzniká stojaté vlnění. Vzájemná vzdálenost sousedních uzlů je 1,5 m. Jak velkou rychlostí se šíří postupné vlnění?

5. Zdroj vlnění koná netlumené kmity, které lze popsat rovnicí $y = 0,05 \cdot \sin(500\pi t)$, jestliže délku vyjadřujeme v metrech a čas v sekundách. Vlnění se šíří ze zdroje ve směru přímky rychlostí o velikosti 300 m/s. Jakou okamžitou výchylku má bod vzdálený 60 cm od zdroje v čase 0,01 s od začátku kmitání zdroje?

6. Dva body ležící na přímce, podél níž se šíří vlnění, jsou ve vzájemné vzdálenosti 25 mm a kmitají s fázovým rozdílem $\pi/6$. Určete vlnovou délku vlnění.

7. Jak daleko je vzdálen pozorovatel od místa výbuchu na hladině jezera, jestliže k němu dorazí zvuk vzduchem o dobu 5 s později než vodou? Velikost rychlosti zvuku ve vzduchu je 330 m/s, velikost rychlosti zvuku ve vodě je 1 450 m/s.

8. Jestliže zkrátíme strunu o délku 10 cm, zvýší se její základní frekvence 1,5krát. Vypočítejte původní délku struny d , jestliže v obou případech je napětí struny stejné.

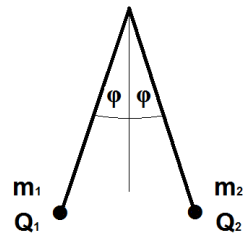
9. Pozorovatel, který stojí na povrchu Země v bodě A, sleduje letadlo letící stálou rychlostí o velikosti u rovnoběžně s povrchem Země přes bod B do bodu C, avšak neslyší zvuk motoru letadla. Letadlo proletělo nad hlavou pozorovatele, ale ten uslyšel zvuk až v okamžiku, kdy letadlo viděl pod úhlem $\alpha = 30^\circ$ nad obzorem. Vypočítejte velikost rychlosti letadla u , jestliže velikost rychlosti zvuku ve vzduchu je $v = 340$ m/s.

15. Elektrostatické pole

Elektrický náboj, zákon zachování náboje, Coulombův zákon, elektrostatické pole, homogenní a radiální pole, intenzita elektrického pole, elektrický potenciál, elektrické napětí, práce v homogenním elektrickém poli, vodič a nevodič v elektrickém poli, elektrostatická indukce, kapacita vodiče, kapacita soustavy vodičů, kondenzátory, řazení kondenzátorů.

1. Dvě kovové kuličky o hmotnostech m_1 a m_2 a stejných poloměrech jsou zavěšeny na hedvábných nitích o stejné délce l . Kuličky jsou nabitý náboji Q_1 a Q_2 stejného znaménka. Jestliže v rovnovážném stavu svírají nitě se svislým směrem stejné úhly, můžeme z toho dojít k závěru, že:

- A. hmotnosti obou kuliček jsou stejné
B. náboje obou kuliček jsou stejné
C. náboje i hmotnosti kuliček jsou stejné
D. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$



2. Elektron přeletí od jedné desky kondenzátoru ke druhé. Rozdíl potenciálů mezi deskami je U , vzdálenost mezi deskami je d , hmotnost elektronu m , náboj elektronu e . Jaké je zrychlení a elektronu a jakou rychlostí v dorazí elektron na druhou desku?

- A. $a = \frac{eUd}{m}$, $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ B. $a = \frac{eU}{md}$, $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ C. $a = \frac{eU}{md}$, $v = \sqrt{\frac{2eU}{md}}$ D. $a = \frac{eUd}{m}$, $v = \sqrt{\frac{2eU}{md}}$

3. Co se stane s kapacitou izolovaného kulového vodiče, jestliže se jeho náboj zmenší na polovinu?
A. zmenší se dvakrát
B. zvětší se dvakrát
C. nezmění se
D. na otázku nelze odpovědět, protože kapacita závisí nejen na náboji, ale i potenciálu
4. Dva bodové náboje $1 \mu\text{C}$ a $5 \mu\text{C}$ jsou ve vakuu ve vzdálenosti 20 cm . Určete velikost a směr intenzity \mathbf{E} elektrického pole ve středu úsečky spojující oba náboje.
5. Přenesením náboje $5 \mu\text{C}$ z uzemněné vodivé desky na kladně nabitou desku byla vykonána práce 1 J . Desky jsou rovnoběžné a jejich vzdálenost je 20 cm . Určete směr a velikost intenzity elektrického pole mezi deskami.
6. Deskový vzduchový kondenzátor o kapacitě 500 pF odpojíme od zdroje napětí 100 V a ponoříme ho do petroleje, jehož relativní permitivita je $\epsilon_r = 2$. Určete, jak se změní A) jeho kapacita, B) napětí mezi deskami.
7. Jak velké náboje Q je třeba umístit na dvě kuličky o hmotnosti 10 g , aby elektrostatické síly, kterými na sebe budou navzájem působit, kompenzovaly gravitační síly, kterými kuličky na sebe působí? ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ m}^{-3} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$, $\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$)
8. V jakém poměru Q_1/Q_2 se rozdělí náboj na dvě kovové koule o poloměrech $r_1 = 4 \text{ cm}$, $r_2 = 1 \text{ cm}$, které jsou spojené tenkým dlouhým vodivým drátem?

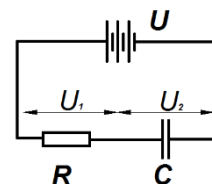
9. V televizní obrazovce se používá k urychlování elektronů napětí 15 kV. Jak velké rychlosti elektrony v obrazovce dosahují? ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C)

16. Elektrický proud v kovech

Elektrický proud, elektromotorické napětí, elektronová vodivost, Ohmův zákon, voltampérová charakteristika, elektrický odpor, závislost odporu na rozměrech vodiče a na teplotě, supravodivost, termočlánek, Ohmův zákon pro uzavřený obvod, vnitřní odpor zdroje, Kirchhoffovy zákony, výkon elektrického proudu.

1. V situaci znázorněné na obrázku (předpokládáme, že vnitřní odpor zdroje $R_i = 0 \Omega$) jsou příslušné údaje napětí U_1 a U_2 :

A. $U_1 = U_2 = U$ B. $U_1 = 0$ V, $U_2 = U$ C. $U_1 = U_2 = U/2$ D. $U_1 = U$, $U_2 = 0$ V



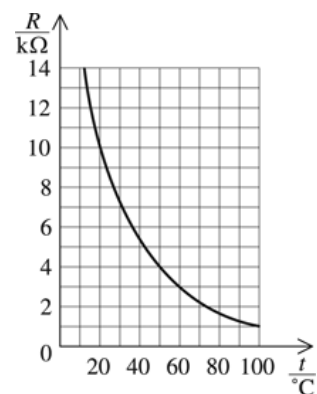
2. Ponorný vaříč má dvě topné spirály. Při zapojení jedné z nich vře voda po 15 minutách, při zapojení druhé po 30 minutách. Za jaký čas bude voda vařit, zapojíme-li obě spirály a) sériově, b) paralelně?
- A. a) 45 min, b) 10 min B. a) 10 min, b) 45 min C. a) 22,5 min, b) 7,5 min D. 45 min, b) 22,5 min
3. Spojíme-li do série dva ponorné vaříče o stejném výkonu a připojíme je do sítě, pak voda začne vřít dříve nebo později jak při použití jednoho vaříče?
- A. čas bude dvakrát kratší
B. čas bude dvakrát delší
C. čas bude stejný
D. čas bude čtyřikrát delší
4. Tři sériově spojené rezistory o odporech 2 Ω , 2,5 Ω , 3 Ω jsou připojeny ke zdroji o napětí 6 V. Určete napětí na rezistorech.
5. Jestliže obvodem prochází proud 1,2 A, je svorkové napětí zdroje 9,0 V. Při zvětšení proudu na 2,0 A poklesne svorkové napětí na 8,6 V. Určete A) odpor vnějšího obvodu, B) elektromotorické napětí zdroje, C) proud, který prochází zdrojem při zkratu.
6. Odpor vlákna nerozsvícené žárovky je 60 Ω . Při svícení odpor vlákna žárovky vzrostl na 636 Ω . Určete zvýšení teploty vlákna žárovky. ($\alpha = 5,0 \cdot 10^{-3}$ K $^{-1}$)
7. Elektrický ohřívač má dvě stejné topné spirály. Při sériovém spojení dvou spirál je příkon ohřívače 1 kW. Jaký bude příkon, spojíme-li spirály paralelně? (Napětí, k němuž je ohřívač připojen, se nemění.)
8. Jaké množství elektrického náboje projde vodičem za čas 10 s, jestliže proud rovnoměrně roste od nuly do 3 A?
9. Když svítí žárovka při 120 V/100 W, teplota žhavého vlákna je 2 000 $^{\circ}$ C. Odpor vlákna svítící žárovky je desetkrát větší než při teplotě 0 $^{\circ}$ C. Jaký je teplotní součinitel odporu, jestliže předpokládáme lineární teplotní závislost odporu?

17. Elektrický proud v polovodičích

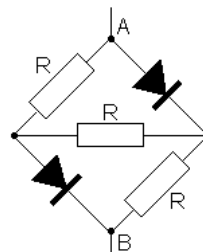
Polovodiče vlastní, příměsové, typ N, typ P, přechod PN, diodový jev, dioda jako usměrňovač, Graetzovo zapojení, tranzistorový jev, tranzistor jako zesilovač, termistory, diody LED, fotodiody.

- Zahříváme-li polovodič typu P, roste:
 - jen počet vodivostních elektronů
 - jen počet děr
 - počet elektronů i děr stejně
 - počet elektronů i děr, ale rychleji počet děr
- Které z informací o vlastním polovodiči jsou pravdivé?
 - Ve vlastním polovodiči elektrický proud zprostředkují volné elektrony a díry.
 - Měrný odpor vlastního polovodiče nezávisí na teplotě.
 - Měrný odpor vlastního pol. je obecně menší než měrný odpor příměsového pol. při téže teplotě.
 - Ve vlastním pol. je počet volných elektronů a děr stejný, zatímco v příměsovém pol. různý.

A. jen 1 a 2 B. jen 1 a 3 C. jen 1 a 4 D. jen 2 a 4
- Je v oblasti PN přechodu rozdíl potenciálů?
 - Ano, přičemž polovodič P má vyšší potenciál než polovodič N
 - Ano, přičemž polovodič N má vyšší potenciál než polovodič P
 - Ne, protože počet volných elektronů je roven počtu děr
 - Ano, ale jen při zahřátí přechodu
- Na obrázku je graf teplotní závislosti odporu termistoru. Určete potřebný měřicí rozsah miliampérmetru, kterým bychom mohli měřit proud procházející termistorem při napětí na termistoru 20 V. Určete teplotu prostředí, do kterého je vložen termistor, jestliže ampérmetr ukazuje proudy hodnot 20 mA, 5 mA, 2 mA.
- Střední hodnota teplotního součinitele odporu termistoru $\alpha = -0,05 \text{ K}^{-1}$. O kolik se musí zvýšit teplota termistoru, aby se jeho odpor zmenšil na polovinu? Pro jednoduchost předpokládejte, že změna odporu je lineární. Jaká je ve skutečnosti tato závislost a jak by se příklad řešil v tomto případě?
- Napětí na termistoru má stálou hodnotu 4,5 V. Při teplotě 20 °C prochází termistorem proud 9 mA, který se po zahřátí termistoru na teplotu 22 °C zvětší na 10 mA. V teplotním intervalu 20 až 22 °C určete střední hodnotu teplotního součinitele odporu polovodiče α , ze kterého je termistor zhotovený.
- Vzorek příměsového křemíku ve tvaru kostky o hraně 1 cm obsahuje 10^{14} atomů fosforu. Dvě protilehlé stěny kostky jsou pokovené. Jestliže prostřednictvím kontaktů připojíme vzorek na napětí 4,5 V, prochází vzorkem proud 108 mA. Jaký je měrný elektrický odpor za daných podmínek?
- V elektronické praxi považujeme germanium za čisté, jestliže na miliardu atomů Ge připadá v průměru nanejvýš jeden atom nečistoty. Určete hmotnost takto čistého germania, v němž je rozptýlen 1 g železa. Relativní atomová hmotnost germania je 72,64 a železa 55,85.



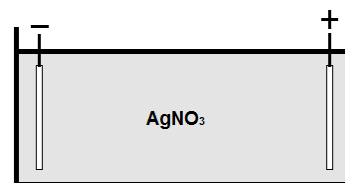
9. Obvod na obrázku je tvořen stejnými rezistory o odporu $R = 1 \text{ k}\Omega$ a polovodičovými diodami. Určete celkový odpor obvodu R_e mezi body A a B, je-li bod A připojen ke kladnému pólu zdroje. Diody považujte za ideální, tzn. jejich odpor v propustném směru je zanedbatelný a v závěrném směru je velmi velký.



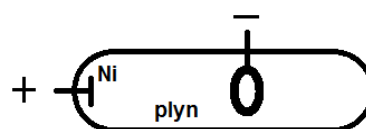
18. Elektrický proud v kapalinách a plynech

Elektrolytická disociace, elektrolýza, závislost proudu v elektrolytu na napětí, Faradayovy zákony elektrolýzy, galvanické články, elektrolytická polarizace, akumulátory, ionizace, nesamostatný a samostatný výboj, voltampérová charakteristika výboje, doutnavý výboj, jiskra, oblouk, katodové záření, elektronový paprsek, emise elektronů.

- Vynoříme-li částečně elektrody článku z roztoku, způsobíme:
 - zvětšení elektromotorického napětí a zmenšení vnitřního odporu
 - zmenšení vnitřního odporu
 - zmenšení elektromotorického napětí
 - zvětšení vnitřního odporu
- Dvě stejné ocelové destičky ponoříme do vodného roztoku AgNO_3 . Potom roztokem necháme procházet elektrický proud. V důsledku elektrolýzy Ag pokryje:
 - rovnoměrnou vrstvou hlavně přivrácené plochy obou desek
 - rovnoměrnou vrstvou katodu z obou stran
 - rovnoměrnou vrstvou anody z obou stran
 - rovnoměrnou vrstvou hlavně vnitřní plochu katody



- Záření, procházející otvorem v katodě na obrázku jsou:
 - ionty niklu z anody
 - kladné ionty plynu
 - záporné ionty plynu
 - elektrony



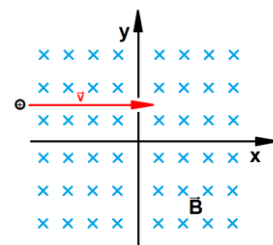
- Pro vznik elektrického výboje v plynu za normálního tlaku je nutné vysoké napětí mezi elektrodami, kdežto v plynu za nízkého tlaku nastává výboj již při nižším napětí. Vysvětlete.
- Při laboratorní práci byl určován elektrochemický ekvivalent mědi elektrolýzou roztoku CuSO_4 . Měděná katoda měla před pokusem hmotnost 70,40 g, po pokusu 70,58 g. Při pokusu procházel elektrolytem proud 0,5 A po dobu 20 min. Vypočítejte elektrochemický ekvivalent mědi.
- Dvě stejné nádoby pro elektrolýzu (1 a 2) obsahují roztok CuSO_4 . Koncentrace roztoku je v nádobě 1 větší než v nádobě 2. V které z nádob se při elektrolýze vyloučí více mědi, jsou-li nádoby spojeny A) sériově, B) paralelně? Odpověď zdůvodněte.
- Určete elektrochemický ekvivalent niklu v roztoku síranu nikelnatého NiSO_4 . Relativní atomová hmotnost niklu je $A_r = 58,69$. (hmotnostní jednotka $m_u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, náboj elektronu $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)
- Při rozkladu vody elektrickým proudem prošel elektrolytickou nádobou proud 10 A za čas 10 h. Kolik atomů vodíku n se vyloučilo na záporné elektrodě? ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)
- Ve vakuové trubici je na anodě napětí 300 V. Jakou rychlostí dopadají elektrony na katodu? ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

19. Stacionární magnetické pole

Magnetické pole elektrického proudu, magnetické indukční čáry, Ampérovo pravidlo, magnetická indukce, magnetické pole vodičů s proudem, silové působení na náboje a vodič s proudem, Flemingovo pravidlo, silové působení mezi dvěma vodiči s proudem, definice ampéru, magnetické vlastnosti látek (diamagnetické, paramagnetické, feromagnetické), magnetická hystereze (látky magneticky měkké a tvrdé).

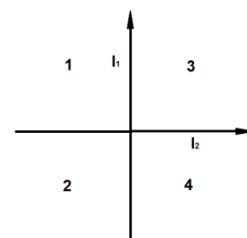
1. Kinetická energie nabitě částice pohybující se ve stálém magnetickém poli:
 A. roste B. klesá C. nemění se D. závisí na směru pohybu částice vzhledem k magnetickému poli

2. Kladně nabitá částice se pohybuje ve směru osy x v homogenním magnetickém poli, jehož vektor magnetické indukce B má směr kolmo na rovinu obrázku. Na částici současně působí elektrické pole tak, že výsledná síla působící na částici je nulová. Jaký musí být směr intenzity elektrického pole?



- A. ve směru osy y B. proti směru osy y C. ve směru osy x D. proti směru osy x

3. Dva na sebe kolmé vodiče s elektrickými proudy I_1 a I_2 od sebe izolované vytváří magnetické pole. V které oblasti jsou body, v nichž je magnetická indukce nulová?

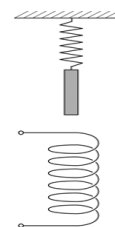


- A. Jen v oblasti 1.
 B. Jen na osách úhlů, které svírají vodiče.
 C. Jen v oblastech 2 a 3.
 D. Nevyskytují se v žádné oblasti.

4. Dvěma rovnoběžnými vodiči vzdálenými od sebe 10 cm procházejí stejné proudy. Určete proud procházející vodiči, jestliže na 1 m délky vodičů působí síla 0,2 N.

5. Vodič, kterým prochází proud 3 A, je umístěn v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 20 mT. Jaká magnetická síla působí na vodič, jestliže do magnetického pole zasahuje přímá část vodiče délky 10 cm, která svírá se směrem magnetických indukčních čar úhel 45° ?

6. Nad cívkou je na pružině zavěšen váleček z měkké oceli. Co se stane, jestliže A) cívkou začne procházet proud, B) proud se zvětší, C) změní se směr proudu? Jak budou tyto pokusy probíhat, když na pružině bude zavěšen magnet?



7. Elektron vletí do homogenního magnetického pole o indukci $6 \cdot 10^{-4}$ T rychlostí $2 \cdot 10^7$ m/s kolmo k vektoru indukce. Vypočítejte poloměr kruhové dráhy elektronu v magnetickém poli. Náboj elektronu je $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C a jeho hmotnost $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

8. Příčný vodič o aktivní délce 200 mm je vložen do homogenního magnetického pole o magnetické indukci velikosti 2 T kolmo k magnetickým indukčním čarám. Vodič má odpor 2 Ω a je připojen ke

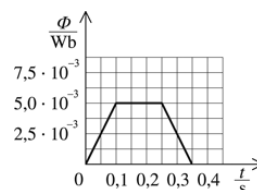
zdroji o elektromotorickém napětí 12 V a vnitřním odporu 0,4 Ω. Jak velká síla působí na aktivní část vodiče v magnetickém poli?

9. Vypočítejte velikost magnetické indukce magnetického pole buzeného dvěma nekonečně dlouhými rovnoběžnými vodiči, vzdálenými od sebe $a = 10$ cm, kterými prochází stejný proud 2 A ve stejném směru, ve vzdálenosti $a_1 = 4$ cm od prvního, na společné kolmé spojnici obou vodičů. (permeabilita vakua: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)

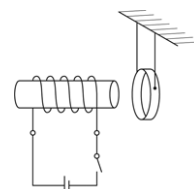
20. Nestacionární magnetické pole

Elektromagnetická indukce, Faradayův zákon elektromagnetické indukce, magnetický indukční tok, Lenzův zákon, Foucaultovy proudy, vlastní indukce, indukčnost, přechodové děje.

1. Uvnitř jednoho závitu o odporu R se mění magnetický indukční tok přímo úměrně s časem. Indukovaný proud v závitu:
- roste přímo úměrně s časem a jeho velikost je nepřímo úměrná odporu R
 - je stálý a jeho velikost nezávisí na odporu R
 - je stálý a jeho velikost je přímo úměrná odporu R
 - je stálý a jeho velikost je nepřímo úměrná odporu R
2. Uvnitř dvou stejných kruhových závitů o stejných odporech R se rovnoměrně změnil magnetický indukční tok. V prvním proběhla změna pomalu, ve druhém rychle. Co můžeme říci o náboji, který prošel každým ze závitů?
- Větší náboj projde prvním závitem.
 - Větší náboj projde druhým závitem.
 - Oběma závity projde stejný náboj, který nezávisí na odporu R .
 - Oběma závity projde stejný náboj, který závisí na odporu R .
3. Jestliže se při změně proudu o 4 A za 0,5 s indukuje v obvodu elektromotorické napětí 16 V, je vlastní indukčnost obvodu:
- 1 H
 - 2 H
 - 16 H
 - 64 H
4. Magnetický indukční tok cívkou se v závislosti na čase měnil podle grafu na obrázku. Nakreslete graf závislosti napětí na koncích cívky na čase.



5. V blízkosti elektromagnetu je pohyblivě zavěšen vodivý kroužek. Kterým směrem se kroužek vychýlí při zapnutí proudu? Odpověď zdůvodněte. Záleží při pokusu na směru proudu v cívce elektromagnetu?



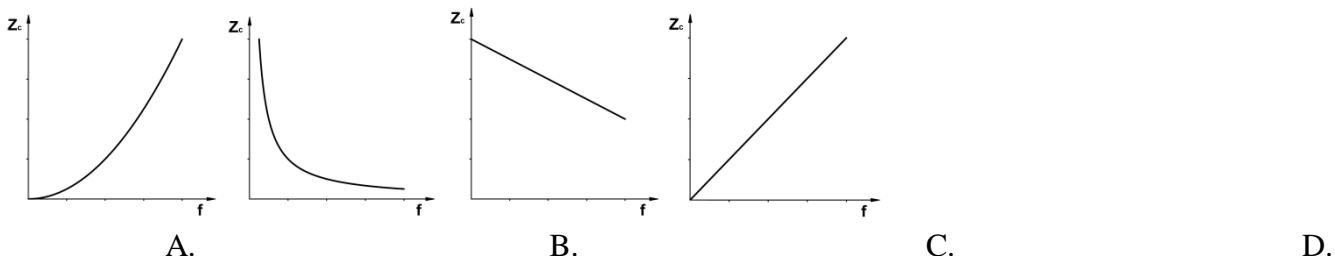
6. Vodič délky l klouže bez tření po dvou rovnoběžných vodivých tyčích, umístěných v homogenním magnetickém poli tak, že vektor magnetické indukce je kolmý k rovině, v níž tyče leží. Konce tyčí jsou navzájem spojeny rezistorem o odporu R . Určete velikost síly, kterou musíme na vodič působit, aby se pohyboval rovnoměrně rychlostí v .
7. Válcová cívka má průměr 30 cm a 50 závitů. Za 20 ms se otočí o 90° v magnetickém poli s magnetickou indukcí o velikosti 1 T z polohy, v níž je její osa rovnoběžná s indukčními čarami, do polohy, v níž je k indukčním čarám kolmá. Vypočítejte průměrné napětí indukované na cívce.

8. Velikost magnetické indukce homogenního magnetického pole je 1,4 T. Určete magnetický indukční tok kruhovou smyčkou o poloměru 0,1 dm, jestliže rovina smyčky svírá se směrem vektoru magnetické indukce úhel 60° .
9. Určete velikost magnetické indukce homogenního magnetického pole, ve kterém se přímý vodič o délce 12 cm pohybuje rychlostí o velikosti $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Galvanometr o odporu $0,4 \Omega$ změří proud 24 mA.

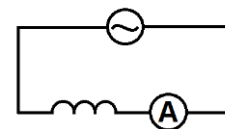
21. Střídavé elektrické proudy

Vznik střídavého proudu, generátory, napětí fázové a sdružené, elektromotory, transformátor, harmonický průběh střídavého proudu, obvody s R, L, C, sériový a paralelní kmitavý obvod (rezonance), výkon střídavého proudu, [řešení obvodů pomocí komplexních čísel].

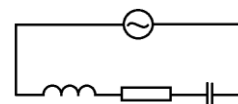
1. Závislost kapacitance Z_c na frekvenci f je znázorněna grafem:



2. Vsuneme-li do solenoidu zapojeného v obvodu podle obrázku jádro z měkké oceli, proud:
 A. se nezmění B. vzroste C. klesne D. závisí to na vnitřním odporu



3. V obvodu, jehož schéma je na obrázku, má připojené napětí takovou frekvenci, že induktance se rovná kapacitanci. Amplituda proudu má v tomto případě hodnotu:



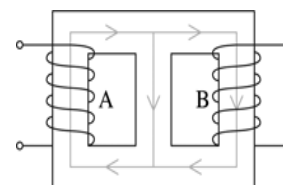
A. $\frac{U_m \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$

B. $\frac{U_m}{R}$

C. $\frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$

D. $\frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \omega C)^2}}$

4. Na jádru transformátoru jsou navinuty dvě cívky A, B. Jestliže cívku A připojíme ke zdroji střídavého napětí, naměříme na cívce B napětí 13,3 V., jestliže k témuž zdroji připojíme cívku B, naměříme na cívce A napětí 120 V. Určete transformační poměr.



5. Kondenzátor o kapacitě $2,0 \mu\text{F}$ je připojen do obvodu střídavého proudu o frekvenci 500 Hz. Ke kondenzátoru připojíme další kondenzátor o stejné kapacitě A) paralelně, B) sériově. Jak musíme změnit frekvenci střídavého proudu, aby se kapacitance obvodu nezměnila?
6. Na části obvodu, kterým prochází střídavý proud, je okamžité napětí $u = U_m \sin(\omega t + \pi/6)$. V čase $T/12$ má okamžité napětí hodnotu 10 V. Určete amplitudu napětí, úhlovou frekvenci a frekvenci střídavého proudu, jestliže jeho perioda je 10 ms. Nakreslete časový diagram střídavého napětí.

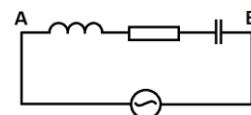
- Obvod střídavého proudu je tvořen sériovým spojením rezistoru o odporu 40Ω , cívky o indukčnosti $0,40 \text{ H}$ a kondenzátoru o kapacitě $16 \mu\text{F}$. Obvod je připojen ke zdroji napětí o amplitudě 12 V a frekvenci 50 Hz . Určete amplitudu proudu v obvodu.
- Vypočtěte indukčnost cívky, je-li její odpor 60Ω a při zapojení střídavého napětí 24 V o frekvenci 50 Hz protéká cívkou proud $0,2 \text{ A}$.
- Cívka má při měření stejnosměrným proudem odpor 120Ω , při měření střídavým proudem impedanci 196Ω . Vypočtěte fázový posuv proudu a napětí (ve $^\circ$).

22. Elektromagnetické pole, kmity, vlnění

Kmitavý obvod jako zdroj elektromagnetického pole, vznik elektromagnetického vlnění, elektromagnetický dipól, vysílač, přijímač, sdělovací technika (mikrofon, reproduktor, modulace, rozhlas, televize), spektrum elektromagnetického vlnění.

- V obvodě, jehož schéma je na obrázku, je napětí na cívce o indukčnosti L rovno napětí na kondenzátoru o kapacitě C . Fázové posunutí mezi proudem a napětím mezi body A a B je:

A. $+\pi/2$ B. π C. 0 D. $-\pi/2$



- Abychom vyladili radiopřijímač na příjem vln o vlnové délce λ , musíme zvolit takovou kapacitu C a indukčnost L v kmitavém obvodu přijímače, aby byla splněna rovnice (c - rychlost světla):

A. $\frac{c}{\lambda} = 2\pi\sqrt{LC}$ B. $\frac{\lambda}{c} = 2\pi\sqrt{LC}$ C. $\lambda c = 2\pi\sqrt{LC}$ D. $\frac{\lambda}{c} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{LC}$

- Připojením elektromagnetického oscilátoru ke zdroji napětí $u = U_m \sin \omega t$ vzniká v oscilátoru nucené kmitání, přičemž oscilátor kmitá s frekvencí (ω_o - vlastní frekvence oscilátoru):

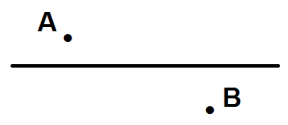
A. $\frac{\omega - \omega_o}{2}$ B. ω C. ω_o D. $\frac{\omega + \omega_o}{2}$

- Anténní dipól pro příjem televizního vysílání má délku $0,9 \text{ m}$. Pro jakou frekvenci televizního vysílání je určen?
- Jakou indukčnost musí mít cívka, která tvoří oscilační obvod s kondenzátorem o kapacitě 50 pF , aby frekvence vlastního kmitání obvodu byla 10 MHz ?
- Oscilační obvod se skládá z kondenzátoru o kapacitě 100 pF a z cívky o indukčnosti $64 \mu\text{H}$. Určete periodu a frekvenci vlastního kmitání oscilátoru.
- Sériový oscilační obvod je složen z cívky o indukčnosti $100 \mu\text{H}$ a kondenzátoru o kapacitě 400 pF . Určete vlnovou délku elektromagnetických vln, které tento oscilátor vysílá. (rychlost světla ve vakuu: $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
- Určete velikost rychlosti šíření velmi dlouhých elektromagnetických vln ve skle ($\epsilon_r = 9$, $\mu_r = 1$), jestliže permitivita vakua $\epsilon_o = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ a permeabilita vakua je $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.
- Jakou kapacitu musí mít kondenzátor v oscilačním obvodě vysílačky, aby při použití cívky s indukčností $0,1 \text{ H}$ byla vlnová délka vysílaného signálu 100 m ? (Rychlost šíření signálu je $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

23. Geometrická optika

Šíření světla, optické prostředí, [Fermatův princip], zákon odrazu a lomu světla, rozklad (disperze) světla, optická soustava, zrcadla, čočky, zobrazovací rovnice, příčné zvětšení, oko, optické přístroje.

1. Na obrázku je znázorněna optická osa čočky a obraz B bodového zdroje světla

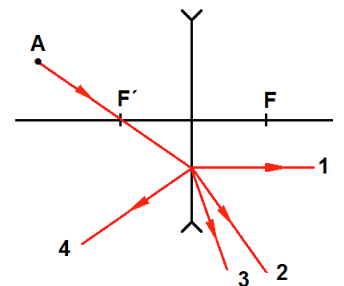


- A. Na základě obrázku můžeme usoudit, že:
 A. čočka je spojka a obraz je skutečný
 B. čočka je spojka a obraz je neskutečný
 C. čočka je rozptylka a obraz je skutečný
 D. čočka je rozptylka a obraz je neskutečný

2. Index lomu vody je menší než index lomu skla. Ohnisková vzdálenost skleněné spojky ponořené do vody v porovnání s ohniskovou vzdáleností této čočky ve vzduchu je:

- A. stejná B. větší C. menší D. záporná (čočka se chová jako rozptylka)

3. Na obrázku je znázorněna rozptylka s ohnisky F, F' a bodový zdroj světla A , z něhož dopadá na čočku paprsek procházející F' . Jak tento paprsek pokračuje za čočkou?



- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

4. Předmět je vzdálen od skutečného obrazu vytvořeného spojkou 5 m. Určete ohniskovou vzdálenost čočky a její vzdálenost od předmětu, jestliže je obraz 4krát větší než předmět.
5. Duté zrcadlo vytváří převrácený a 4krát zvětšený obraz. Určete ohniskovou vzdálenost zrcadla, je-li vřájemná vzdálenost předmětu a obrazu 90 cm.
6. Předmět je na optické ose 30 cm od vrcholu dutého zrcadla. Jeho obraz je 1,5krát větší než předmět. Určete vzdálenost obrazu od zrcadla a poloměr křivosti zrcadla.
7. Optická mohutnost tenké dvojduté čočky je -10 D. Předmět o výšce 2 cm je ve vzdálenosti 40 cm od optického středu čočky. Určete zvětšení čočky.

8. Jaký musí být poloměr křivosti dutého zrcadla reflektoru (v cm), aby světlo z bodového zdroje, který se nachází na optické ose ve vzdálenosti 5 cm od zrcadla a svítí směrem na zrcadlo, bylo zaostřené do bodu ve vzdálenosti 2 m před zrcadlem?
9. Jaká bude optická mohutnost čočky s indexem lomu 1,5 a poloměry křivosti 5 cm a 10 cm, jestliže tvoří v kapalině o indexu lomu 1,25 tenkou vypuklostou čočku?

24. Vlnová optika

Spektrum elektromagnetického vlnění, vznik a podstata světla, šíření světla, Huygensův princip, odraz, lom, interference světla, koherence, Youngův pokus, interference na tenké vrstvě (Newtonova skla), holografie, ohyb světla, polarizace.

1. Jestliže vlnová délka monofrekvenčního světla ve vzduchu je λ , pak po přechodu tohoto světla do prostředí o indexu lomu n je vlnová délka v tomto prostředí:

A. λ B. $n\lambda$ C. $\frac{\lambda}{n}$ D. $(n-1)\lambda$
2. Na difrakční mřížku o konstantě d dopadá kolmo svazek monofrekvenčního laserového světla o vlnové délce λ . Je-li $d < \lambda$, pak na stínítku rovnoběžném s mřížkou dostaneme:


A. jen nulový řád difrakčního obrazce
 B. nulový a první řád difrakčního obrazce
 C. několik řádů difrakčního obrazce (v závislosti na poměru d/λ)
 D. rovnoměrné osvětlení
3. Při Youngově pokusu je d vzdálenost středů štěrbin, y vzdálenost štěrbin od stínítka, x vzdálenost mezi světelnými proužky na stínítku. Vlnovou délku můžeme vyjádřit vztahem:

A. $\frac{x}{yd}$ B. $\frac{yd}{x}$ C. $\frac{dx}{y}$ D. $\frac{yx}{d}$
4. Optická mřížka má 120 vrypů na 1 mm délky mřížky. Určete vlnovou délku monofrekvenčního světla štěrbinového zdroje, jestliže směry k maximum 1. řádu navzájem svírají úhel 8° .
5. Na optickou mřížku s periodou $3 \cdot 10^{-4}$ cm dopadá světlo o vlnové délce 550 nm. Určete úhly odpovídající směrům ohybových maxim 1., 2. a 3. řádu.
6. Dva koherentní světelné paprsky dospívají do určitého bodu s dráhovým rozdílem $2,0 \mu\text{m}$. Uvažte, zda se osvětlení v tomto bodě interferencí zesílí, popř. zeslabí v případech, že světlo je A) červené (660 nm), B) žluté (570 nm), C) fialové (400 nm).
7. Čočka je pokryta tenkou protiodrazovou vrstvou. Jaká je tloušťka tenké vrstvy, jestliže nejlépe funguje pro světlo s vlnovou délkou 550 nm? Pro dané světlo má vrstva index lomu 1,35.
8. Kolik maxim se vytvoří ohybem světla na mřížce, která má 5 000 štěrbin na 1 cm, je-li ozářena světlem s vlnovou délkou 600 nm?

9. Určete index lomu emailu, z něhož je vyrobena destička, na které se světlo odráží jako úplně polarizované při úhlu dopadu 58° . (Při polarizačním úhlu lomený a odražený paprsek jsou na sebe kolmé.)

25. Fotometrie

Zářivý tok (světelný tok), zářivost (svítivost), ozáření (osvětlení), tepelné záření, záření černého tělesa, Stefan-Boltzmannův zákon, Wienův posunovací zákon, Planckův zákon, kvantum energie, spektrum elektromagnetického záření (UV, RTG, γ)

1. Jak se změní intenzita vyzařování M povrchu černého tělesa a vlnová délka λ_m odpovídající záření o maximální intenzitě, jestliže se termodynamická teplota zvětší na dvojnásobek?
- A. M se zvětší 16x λ_m se zmenší 2x
B. M se zvětší 16x λ_m se zmenší 4x
C. M se zvětší 2x λ_m se zmenší 4x
D. M se zvětší 4x λ_m se zvětší 2x
2. Mějme kovové těleso zahřáté na teplotu asi 500 K. Ve které oblasti elektromagnetického záření těleso nejintenzivněji vyzařuje?
- A. v infračervené oblasti
B. v ultrafialové oblasti
C. v oblasti viditelného světla
D. při tak nízké teplotě těleso nezáří
3. V určité vzdálenosti od bodového zdroje světla je umístěno stínítko (spojnice zdroje světla a středu stínítka je kolmá na povrch stínítka). Jak se změní osvětlení ve středu stínítka, jestliže na druhou stranu od zdroje umístíme ve stejné vzdálenosti jako stínítko rovinné zrcadlo?
- A. zvětší se 2x B. zvětší se 4x C. zvětší se 1,1x
D. zvětší se 3x
- 
4. Nad středem stolu s kruhovou stolní deskou o poloměru 60 cm je ve výšce 80 cm zavěšena lampa o svítivosti 100 cd, která vyzařuje světlo rovnoměrně do prostoru. Určete osvětlení středu stolu a jeho okrajů.
5. Měsíc v úplňku může za ideálních podmínek způsobit osvětlení povrchu Země 0,2 lx. V jaké vzdálenosti od osvětlené plochy musí být svíčka o svítivosti 1 cd, aby při kolmém dopadu světla bylo osvětlení plochy stejné?
6. Povrchová teplota Slunce je 5 770 K, poloměr Slunce je $6,96 \cdot 10^8$ m. Vypočítejte zářivý tok vysílaný Sluncem. Povrch Slunce vyzařuje jako povrch černého tělesa. ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)

7. Spočtete, pod jakým úhlem (ve °) dopadají paprsky na rovinu, jestliže v daném místě, vzdáleném 4 m od zdroje je osvětlení 2,83 lx. Svítivost zdroje je 50 cd.
8. O jakou hodnotu vzroste vlnová délka, na kterou připadá maximum vyzařování černého tělesa, když termodynamická teplota klesne z 5 000 K na 3 500 K ? ($b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$)
9. Stěna je osvětlena dvěma svíčkami postavenými těsně vedle sebe ve vzdálenosti 80 cm od stěny. O jakou vzdálenost Δr (v cm) je třeba přiblížit ke stěně jednu svíčku, jestliže druhá zhasne, aby stěna byla osvětlena stejně jako předtím?

26. Základy speciální teorie relativity

Inerciální soustavy, Galileiho princip relativity, Michelson - Morley, Einsteinovy postuláty, Lorentzova transformace, relativnost současnosti, dilatace času, kontrakce délek, skládání rovnoběžných rychlostí, relativistická hmotnost, relativistická hybnost, relativistická energie ($E=mc^2$).

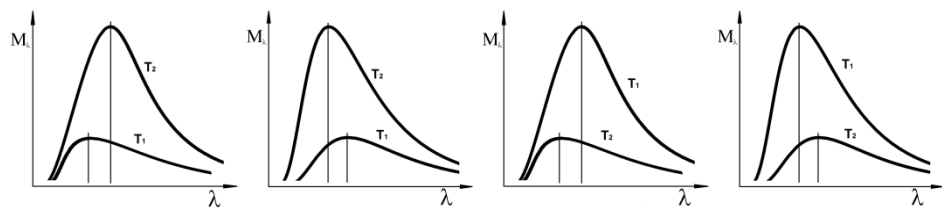
1. Kosmická loď se pohybuje vzhledem k inerciální vztažné soustavě S stálou rychlostí v ve směru osy x . V bodě A vyšle loď světelný záblesk z bodového zdroje. Za určitou dobu je loď v místě B . Bod C leží uprostřed mezi body A a B . Pro pozorovatele v kosmické lodi má světelná vlnoplocha kulový tvar. V kterém bodě je pro něj střed vlnoplochy v okamžiku, kdy je loď v bodě B ?
A. v bodě A B. v bodě B C. v bodě C D. v bodě mezi B a C (záleží na poměru rychlostí v/c)
2. Soustava S' se pohybuje vzhledem k inerciální soustavě S rovnoměrně přímočaře velkou rychlostí v . V obou soustavách jsou umístěna stejná délková měřítka, ležící ve směru rychlosti v , a stejné hodiny. Co zjistí pozorovatel v soustavě S' o hodinách a měřítku v soustavě S ?
A. Hodiny jdou rychleji a měřítko je delší.
B. Hodiny jdou pomaleji a měřítko je delší.
C. Hodiny jdou rychleji a měřítko je kratší.
D. Hodiny jdou pomaleji a měřítko je kratší.
3. Kosmonaut v kosmické lodi, vzdalující se rychlostí $c/4$ od Země, vysílá směrem k Zemi světelný signál. Jak velká je rychlost signálu vzhledem k pozorovateli na Zemi?
A. $0,25c$ B. $0,75c$ C. c D. $1,25c$
4. Jak velkou rychlostí se pohybuje částice, je-li její kinetická energie rovna její klidové energii?
5. Jakou hmotnost má elektron, pohybuje-li se rychlostí o velikosti $0,999\,999\,92c$?
6. Mezon se pohybuje rychlostí $0,8c$ vzhledem k pozorovateli. Jakou dobu života mezonu zjistí pozorovatel, je-li za klidu doba života mezonu $2,4 \cdot 10^{-8} \text{ s}$?
7. Světlo z jisté hvězdy doletí na Zemi za 4 roky. K této hvězdě letí kosmická loď stálou rychlostí o velikosti $0,8c$. Kolik roků bude trvat cesta lodi na hvězdu pro pozorovatele na Zemi?
8. Jaký je poměr mezi energií podle relativistické mechaniky a energií podle klasické mechaniky, kterou musíme dodat protonu, chceme-li, aby z klidu dosáhl rychlosti o velikosti $0,95c$?

9. Vypočítejte velikost rychlosti elektronu urychleného napětím 1 MV podle relativistické teorie. ($e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹, $m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg)

27. Základy kvantové fyziky

Kvantování energie (Planck), fotoelektrický jev (Einsteinova rovnice, foton), Comptonův jev, vlnové vlastnosti částic (de Broglieovy vlny), korpuskulárně vlnový dualismus, Davisson-Germerův pokus, [Schrödingerova rovnice], Heisenbergovy relace neurčitosti, kvantování fyzikálních veličin, princip korespondence.

1. Který graf spektrální hustoty intenzity vyzařování černého tělesa při dvou různých teplotách $T_1 < T_2$ je správný?



A.

B.

C.

D.

2. Povrch kovů emituje elektrony, když na něj dopadá zelené světlo, zatímco neemituje elektrony při dopadu žlutého světla. Elektrony budou emitovány rovněž při dopadu:

- A. infračerveného záření
- B. fialového světla
- C. červeného světla
- D. mikrovlnného záření

3. Maximální rychlost elektronů uvolněných monofrekvenčním zářením o vlnové délce λ z fotokatody o výstupní práci W můžeme zapsat výrazem:

A. $\sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - W \right)}$ B. $\sqrt{\frac{2}{m} \left(W - \frac{hc}{\lambda} \right)}$ C. $\sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} + W \right)}$ D. $\sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{h\lambda}{c} - W \right)}$

4. Jaká je vlnová délka de Broglieho vlny příslušná elektronu o kinetické energii $1,6 \cdot 10^{-13}$ J? ($e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s)

5. Výstupní práce elektronu z platiny je 5,29 eV. Vypočtete mezní frekvenci, při které ještě nastane fotoelektrický jev.

6. Jaké napětí musí být na anodě rentgenky, aby získané rentgenové záření mělo vlnovou délku 10^{-11} m?

7. V obrazovce televizního přijímače jsou urychlovány elektrony o de Broglieho vlnové délce 0,01 nm. Jakým potenciálním rozdílem jsou urychlovány? ($e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s)
8. Na povrch kovu dopadá ve vakuu elektromagnetické záření o vlnové délce 300 nm. Z kovu uvolněné elektrony mají energii 0,5 eV. Jaká je maximální vlnová délka elektromagnetického záření, které ještě může vyvolat u tohoto kovu fotoefekt? ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s)
9. Helium-neonový laser září na vlnové délce 632,8 nm. Určete hmotnost emitovaných fotonů. ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

28. Fyzika elektronového obalu

Modely atomu, spektrum vodíku, Franck-Hertzovy pokusy, kvantově mechanický model atomu vodíku, kvantová čísla, orbitály, spin, Pauliho princip, elektronová konfigurace, periodická soustava prvků, emise světla, laser.

1. Atom vodíku je v základním stavu. Kolikrát větší energie je potřebná k přenesení elektronu mimo atom, než při jeho přenesení na nejbližší energetickou hladinu?

A. 2x B. 4x C. $\frac{4}{3}$ x D. 3x
2. Energetické hladiny elektronů v atomu s označují písmeny K, L, M, Co lze říci o energiích fotonů emitovaného při přechodu elektronu z hladiny L na K (E_{LK}) a z hladiny M na L (E_{ML})?

A. $E_{LK} < E_{ML}$ B. $E_{LK} > E_{ML}$ C. $E_{LK} = E_{ML}$ D. Nelze rozhodnout, závisí to na protonovém čísle
3. Je-li ionizační energie atomu vodíku v základním stavu E , je ionizační energie atomu vodíku ve druhém kvantovém stavu:

A. $\frac{1}{4}E$ B. $\frac{1}{2}E$ C. $4E$ D. $2E$
4. Pokusy, které provedli v roce 1914 J. Franck a G. Hertz, bylo prokázáno, že dodáním energie 4,89 eV přejde atom rtuti do vzbuzeného stavu. Tomu odpovídá ultrafialové záření rtuti, které se využívá v technické praxi. Určete vlnovou délku tohoto záření.
5. Při přechodu elektronu v atomu vodíku z jedné energetické hladiny na druhou bylo vyzářeno světlo o frekvenci $4,57 \cdot 10^{14}$ Hz. O jakou hodnotu se snížila energie atomu?
6. Energie atomu vodíku v základním stavu je $E_1 = -13,6$ eV a ve vzbuzených stavech má atom vodíku energii $E_n = E_1/n^2$, kde n je hlavní kvantové číslo. Nejznámější, tzv. Balmerově spektrální sérii atomu vodíku odpovídá přechod na energetickou hladinu s $n = 2$. Určete tři největší vlnové délky spektrálních čar H_α , H_β , H_γ , které leží ve viditelné části spektra.
7. Vypočítejte Rydbergovu konstantu pro vodík.
(Energie vodíku v základním stavu je $E_1 = -13,6$ eV, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)
8. Jaké napětí musí být v elektrickém poli, máme-li v něm urychlit elektron tak, aby mohl při srážce s atomem vodíku převést ze základního stavu do prvního excitovaného stavu? Energie atomu vodíku v základním stavu je -13,6 eV.

9. Určete maximální počet elektronů v atomu, které mají hlavní kvantové číslo $n < 5$ a vedlejší kvantové číslo $l = 2$.

29. Fyzika atomového jádra

Modely atomového jádra, jaderné síly, závislost vazebné energie připadající na jeden nukleon na nukleonovém čísle, hmotnostní úbytek, radioaktivita, zákon radioaktivní přeměny (rozpadu), poločas rozpadu, rozpadové řady, umělá radioaktivita, jaderné reakce, jaderná energetika, detektory částic, urychlovače částic.

- O hmotnosti atomového jádra lze říci:
 - Je vždy větší než součet hmotností nukleonů.
 - Je vždy menší než součet hmotností nukleonů.
 - Je rovna součtu hmotností nukleonů.
 - Pro lehká jádra je menší, pro těžká jádra je větší než součet hmotností nukleonů.
- Radioaktivní izotop $^{27}_{60}\text{Co}$ se přeměňuje na izotop $^{28}_{60}\text{Ni}$, když emituje:
 - částici α
 - proton
 - elektron
 - pozitron
- V důsledku odstřelování izotopu $^{11}_{23}\text{Na}$ deuterony vzniká radioaktivní izotop $^{11}_{24}\text{Na}$ (rozpad β). Který z níže uvedených zápisů správně vyjadřuje tuto jadernou reakci?
 - $^{11}_{23}\text{Na} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{11}_{24}\text{Na} + 0 - 1e$
 - $^{11}_{23}\text{Na} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{11}_{24}\text{Na} + 0^1n$
 - $^{11}_{23}\text{Na} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{11}_{24}\text{Na} + 0^1e$
 - $^{11}_{23}\text{Na} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{11}_{24}\text{Na} + 1^1\text{H}$
- Aktivita radionuklidu poklesla za 8 dní na $1/4$. Určete poločas přeměny radionuklidu a jeho přeměnovou konstantu.
- Při ozařování nuklidu boru $^{11}_5\text{B}$ zářením α se z jádra uvolňují neutrony. Napište rovnici jaderné reakce.
- Jaderné reakce se rozlišují podle druhu částice, kterou je jádro atomu ostřelováno. Jaké částice jsou "střelami" v následujících jaderných reakcích:

$$^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{p}$$

$$^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow ^{15}_8\text{O}$$

$$^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^4_2\text{He}$$

7. Hmotnost atomu Ne (20,10) je $M = 19,992\,440 \cdot m_u$. Hmotnost neutronu je $m_n = 1,008\,665 \cdot m_u$ a protonu $m_p = 1,007\,276 \cdot m_u$. Vypočítejte vazebnou energii (v eV) připadající na jeden nukleon v tomto jádře. ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $m_u = 1,660\,540 \cdot 10^{-27}$ kg)
8. Při štěpení jádra U (235,92) neutrony se uvolňuje energie 200 MeV. O kolik procent bude součet klidových hmotností produktů reakce menší než klidová hmotnost původního jádra? (hmotnost atomu U je $M = 235,034\,930 \cdot m_u$, hmotnost neutronu je $m_n = 1,008\,665 \cdot m_u$, hmotnost protonu $m_p = 1,007\,276 \cdot m_u$, $m_u = 1,660\,540 \cdot 10^{-27}$ kg, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)
9. Poločas přeměny radionuklidu C(14) je 5 730 let. Ve dřevě z archeologické vykopávky byla zjištěna koncentrace C(14), která je rovna 75% koncentrace C(14) v právě poražených stromů. Zjistěte stáří této vykopávky.

30. Částice

Atom, stavba atomu, fermiony a bosony, antičástice, anihilace, leptony a hadrony (mezony, baryony), kvarky, elektromagnetická síla, slabá síla, silná síla, gravitační síla, detektory částic, urychlovače.

1. Neutron se nemůže rozpadnout na proton a elektron. Který z následujících zákonů zachování by byl takovým rozpadem porušen?

A. energie	B. momentu hybnosti	C. náboje	D. baryonového čísla
------------	---------------------	-----------	----------------------
2. Částice je kombinací d - kvarku a \bar{u} - antikvarku. O kterou částici se jedná?

A. mezon π^0	B. proton	C. mezon π^-	D. mezon π^+
------------------	-----------	------------------	------------------
3. Proton se nemůže rozpadnout na neutron a neutrino ($p^+ \rightarrow n^0 + \nu^0$). Který z následujících zákonů zachování by nebyl takovým rozpadem narušen?

A. energie	B. momentu hybnosti	C. náboje	D. baryonového čísla
------------	---------------------	-----------	----------------------
4. Při anihilaci protonu s antiprotonem se uvolní dostatečné množství energie, takže může vzniknout řada lehčích částic. Například čtyři kladné a čtyři záporné piony: $p^+ + \bar{p}^- \rightarrow 4\pi^+ + 4\pi^-$
Je splněn zákon zachování energie, případně jak velká energie je k dispozici pro těchto osm pionů?
5. Neutrální pion se rozpadá na dva fotony záření γ . Spočítejte vlnovou délku fotonů. $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
6. Jaká musí být vlnová délka záření, které by mohlo vyvolat vznik elektron-pozitronového páru? Dvojice elektron-pozitron vzniká přeměnou jednoho fotonu především v poli jader těžkých prvků. Hmotnost elektronu je $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
7. Jaké množství energie by se uvolnilo při anihilaci Země s anti-Zemí? Hmotnost Země je $6 \cdot 10^{24}$ kg. ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s)
8. Pozitron a elektron vznikly z jednoho fotonu o energii 2,6 MeV. Jaká je kinetická energie elektronu? ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_{e^-} = m_{e^+} = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg)

9. V některých teoriích se předpokládá, že proton je nestabilní s poločasem rozpadu 10^{32} let. Za předpokladu správnosti této představy spočítejte počet protonových rozpadů, které se odehrají během jednoho roku v olympijském bazénu se 300 m^3 vody.

částice	symbol	klidová E (MeV)	náboj Q	spinové číslo	leptonové číslo	baryonové číslo	podivnost S	skupina
kvark u	u	5	+2/3	1/2	0	1/3	0	kvarky
kvark d	d	10	-1/3	1/2	0	1/3	0	kvarky
kvark s	s	200	-1/3	1/2	0	1/3	-1	kvarky
elektron	e^-	0,5	-1	1/2	1	0	0	leptony
neutrino	ν^0	0	0	1/2	1	0	0	leptony
mion	μ^-	105,7	-1	1/2	1	0	0	leptony
tauon	τ^-	1777,0	-1	1/2	1	0	0	leptony
pion	π^-	139,6	-1	0	0	0	0	mezony
pion	π^0	135,0	0	0	0	0	0	mezony
pion	π^+	139,6	+1	0	0	0	0	mezony
kaon	K^-	493,7	-1	0	0	0	-1	mezony
proton	p^+	938,3	+1	1/2	0	1	0	baryony
neutron	n^0	939,6	0	1/2	0	1	0	baryony
lambda	Λ^0	1115,6	0	1/2	0	1	-1	baryony
sigma	Σ^+	1189,4	+1	1/2	0	1	-1	baryony

Antičástice mají hodnoty kvantových čísel Q, L, B, S opačných znamének.

Výsledky

1. Kinematika hmotného bodu

- D
- C
- D
- 80 km/h
- A) 113° B) 12 m/s
- $0,2 \text{ m/s}^2$, 750 m
- 0,15 m
- 1,1 m/s
- 11,8 m/s

2. Dynamika hmotného bodu

- B
- B
- C
- 14°
- 1 m/s^2
- 2 m/s^2
- 0,78 s
- 130 N
- $3,33 \text{ m/s}^2$

3. Energie, práce, výkon

- A
- B
- C
- 3,4 J
- 200 m/s
- 67 J
- 295 000 J
- 398 000 W
- 280 m/s

4. Gravitační pole

- C
- B
- D

4. $x:10;20;30$
 $y:40;25;0$
5. A) 10 m/s B) 15 m C) 20 m
6. $6 \cdot 10^{24}$ kg
7. 2,075
8. 5 300 m
9. 3 s

5. Mechanik tuhého tělesa

1. D
2. B
3. C
4. 7,7 m/s, 40 N
5. 9,6 rad/s
6. 85 N
7. 0,17 m
8. $3,27 \text{ m/s}^2$
9. 8,4 m/s

6. Mechanika kapalin a plynů

1. C
2. A
3. C
4. 3,9 m/s
5. A) 955 kg/m^3 , B) 24 g
6. 900 kg/m^3
7. $7 800 \text{ kg/m}^3$
8. 0,002 m
9. 0,15 m

7. Základní pojmy molekulové fyziky

1. D
2. A
3. B
4. $22,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
5. 100 000 s
6. $0,023 \text{ m}^3$
7. 200 mol
8. $0,35 \cdot 10^{-9} \text{ m}$
9. $1,3 \cdot 10^{13} \text{ m}$

8. Vnitřní energie, teplo, teplota

1. A
2. C
3. B
4. 120 kJ
5. zmenší se o 10 kJ
6. 1,2 m/s, 6,4 J
7. 3 780 kg
8. 509°C
9. $2,7 \cdot 10^6 \text{ J}$

9. Struktura a vlastnosti plynů

1. A
2. B
3. C
4. 0,9 MJ, 16%
5. $1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
6. $2,9 \cdot 10^{14}$
7. 3,98

8. $1,1 \cdot 10^6$ Pa
9. $3,41 \cdot 10^6$ J

10. Struktura a vlastnosti pevných látek

1. D
2. a) A, b) D, c) A
3. a) C, b) B, c) D
4. A) $2 \cdot 10^8$ Pa, B) 0,1 %, C) $2 \cdot 10^{11}$ Pa
5. A) $4,8 \cdot 10^{-4}$ m², B) $2,9 \cdot 10^{-4}$ m³
6. 490 N
7. 2,04 K
8. 179 m
9. 33,4 cm³

11. Struktura a vlastnosti kapalin

1. D
2. a) C, b) A
3. a) C, b) A
4. 0,072 N/m
5. 0,022 N/m
6. $3,7 \cdot 10^{-6}$ J, 1000x
7. 441 000 Pa
8. 2,8%
9. 0,021 N/m

12. Skupenské přeměny látek

1. D
2. C
3. D
4. 350 m/s
5. 331 kJ/kg
6. 2 kg
7. $1,8 \cdot 10^6$ J
8. 0,92 kg
9. 33%

13. Mechanické kmity

1. D
2. D
3. C
4. 3 m/s^2
5. 6 cm
6. 4 s, 0,03 m/s, - 0,05 m/s²
7. 0,081
8. 5,8 Hz
9. 0,028 m

14. Mechanické vlnění

1. B
2. D
3. D
4. 0,3 m
5. 0 m
6. $1,4 \cdot 10^3$ m/s
7. 2 100 m
8. 0,3 m
9. 680 m/s

15. Elektrostatické pole

1. A
2. B

3. C
4. $3,6 \cdot 10^6$ V/m
5. 10^6 V/m
6. A) 1 nF, B) 50 V
7. $0,86 \cdot 10^{-12}$ C
8. 4:1
9. $73 \cdot 10^6$ m/s

16. Elektrický proud v kovech

1. B
2. A
3. B
4. 1,6 V, 2,0 V, 2,4 V
5. A) 7,5 Ω , 4,3 Ω B) 9,6 V C) 19 A
6. 1900 $^{\circ}\text{C}$
7. 4 000 W
8. 15 C
9. 0,0045 K^{-1}

17. Elektrický proud v polovodičích

1. D
2. C
3. B
4. 100 $^{\circ}\text{C}$, 50 $^{\circ}\text{C}$, 20 $^{\circ}\text{C}$
5. 10 $^{\circ}\text{C}$
6. - 0,05 K^{-1}
7. 0,42 $\Omega \cdot \text{m}$
8. $1,298 \cdot 10^6$ kg
9. 333 Ω

18. Elektrický proud v kapalinách a plynech

1. D
2. D
3. B
4. Za nízkého tlaku jsou částice dál od sebe a urychlované ionty získají potřebnou energii
5. $3 \cdot 10^{-7}$ kg/C
6. a) sériové - stejný proud, stejné množství b) paralelní - větší koncentrace = menší odpor = větší proud = více
7. $3,04 \cdot 10^{-7}$ kg/C

mědi v B


8. $2,25 \cdot 10^{24}$
9. $10,3 \cdot 10^6$ m/s

19. Stacionární magnetické pole

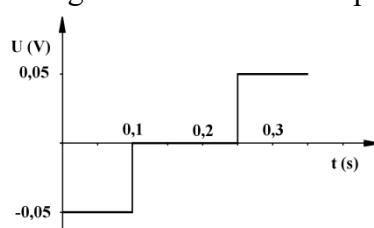
1. C
2. B
3. C
4. 320 A
5. $4,2 \cdot 10^{-3}$ N
6. a) váleček se přitáhne k cívce b) výchylka válečku se zvětší c) váleček se rovněž přitáhne
7. 0,19 m

8. 2 N
9. $3,3 \cdot 10^{-6}$ T

20. Nestacionární pole

1. D
2. D
3. B
4. 

u magnetu závisí na směru proudu



5. Kroužek se vychýlí od cívky, vzniká v něm takový proud a magnetické pole, že se odpuzuje

6. $F_m = \frac{B^2 l^2 v}{R}$

7. 177 V

8. $3,8 \cdot 10^{-4}$ Wb

9. 0,4 T

21. Střídavé elektrické proudy

1. B

2. C

3. B

4. 3

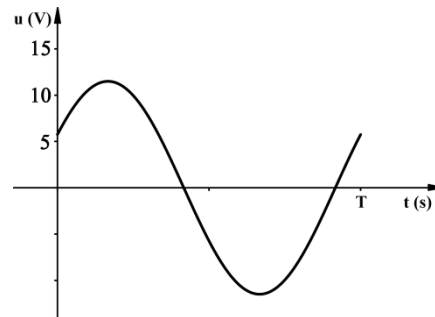
5. a) 250 Hz b) 1000 Hz

6. 11,5 V, $6,3 \cdot 10^2$ rad/s, 100 Hz

7. 0,144 A

8. 0,33 H

9. $52,25^\circ$



22. Elektromagnetické pole, kmity a vlnění

1. C

2. B

3. B

4. 170 MHz

5. $5,1 \cdot 10^{-6}$ H

6. 2 MHz

7. 377 m

8. 10^8 m/s

9. $2,8 \cdot 10^{-14}$ F

23. Geometrická optika

1. A

2. B

3. B

4. 0,8 m, 1 m

5. 24 cm

6. 45 cm, 36 cm

7. 0,2

8. 9,8 cm

9. + 2 D

24. Vlnová optika

1. C

2. A

3. C

4. 580 nm

5. $10,6^\circ$, $21,5^\circ$, $33,4^\circ$

6. a) zesílí, b) zeslabí, c) zesílí

7. 102 nm

8. 7

9. 1,6

25. Fotometrie, elektromagnetické záření

1. A

2. A

3. C

4. 160 lx, 80 lx

5. 2,2 m

6. $3,83 \cdot 10^{26}$ W

7. 25°

8. $2,5 \cdot 10^{-7}$ m

9. 23 cm

26. Základy speciální teorie relativity

1. B
2. D
3. C
4. 0,866c
5. $2,3 \cdot 10^{-27}$ kg
6. $4 \cdot 10^{-8}$ s
7. 5 roků
8. 4,9
9. $2,8 \cdot 10^8$ m/s

27. Základy kvantové fyziky

1. B
2. B
3. A
4. $1,2 \cdot 10^{-12}$ m
5. $1,3 \cdot 10^{15}$ Hz
6. 124 313 V
7. 15 000 V
8. 340 nm
9. $3,49 \cdot 10^{-36}$ kg

28. Fyzika elektronového obalu

1. C
2. B
3. A
4. 254 nm
5. $3,03 \cdot 10^{-19}$ J
6. 657 nm, 488 nm, 434 nm
7. $1,095 \cdot 10^7$ m⁻¹
8. 10,2 V
9. 20

29. Fyzika atomového jádra

1. B
2. C
3. D
4. $3,5 \cdot 10^5$ s, $2 \cdot 10^{-6}$ s⁻¹
5. $511B + 24He \rightarrow 714N + 01n$
6. α , proton, neutron
7. $8,04 \cdot 10^6$ eV
8. 0,0913%
9. 2 378 roků

30. Částice

1. B
2. C
3. D
4. 760 MeV
5. $1,78 \cdot 10^{-14}$ m
6. $1,21 \cdot 10^{-12}$ m
7. $1,08 \cdot 10^{42}$ J
8. 0,8 MeV
9. $\Delta N = 0$