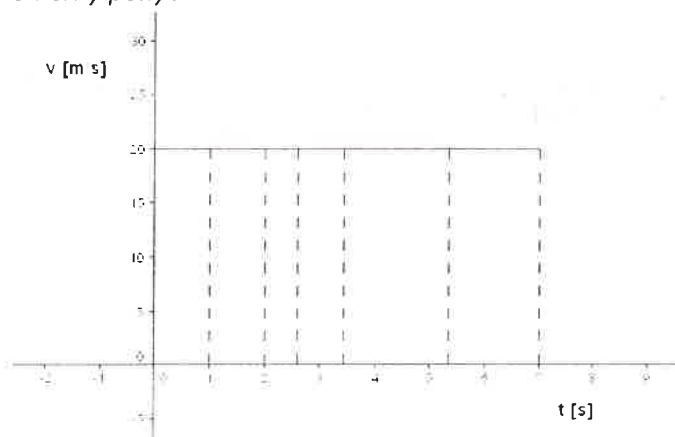
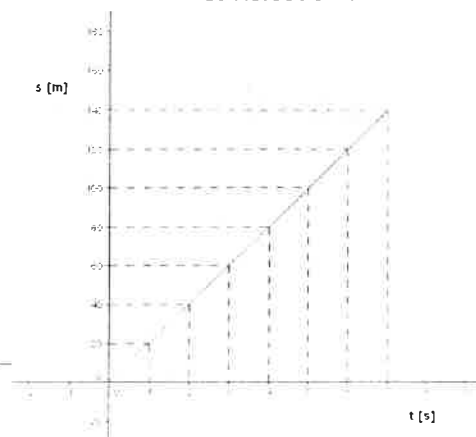


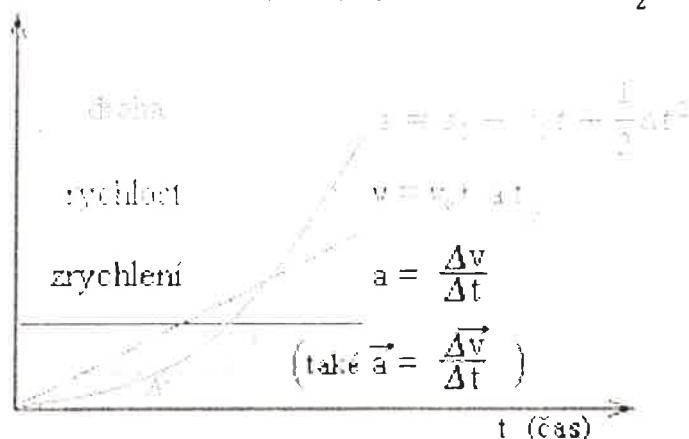
KINEMATIKA HMOTNÉHO BODU

- Kinematika je časť mechaniky zoberajúca sa pohybom telies (nie však dôvodom pohybu)
- **Hmotný bod** je myslenné teleso, ktorým nahrádzame reálne, pre zjednodušenie, hmotnosť telesa zachováame, ale jeho rozmery sa zanedbávajú – nevhodné pre otáčajúce sa telesá !
- **Kľud** je vždy relatívny. Absolutný kľud neexistuje. – kľud nejde určiť jednoznačne, treba určiť **vzťažné teleso**, vzhľadom ktorému sa teleso pohybuje alebo je v kľude. Príklad: keď sedíme v idúcom aute, voči autu sme v kľude, avšak voči zemi sme v pohybe.
- Keď vzťažné teleso umiestnime na začiatok sústavy a určíme čas, vzniká **vzťažná sústava** – (hmotný bod je v nej definovaný 4 veličinami)
- **Rovnomerný pohyb** – nastáva, ak teleso prejde za rovnaké časy rovnaké dráhy (auto na diaľnici, nemeniace rýchlosť)
- **Nerovnomerný pohyb** – nastáva, keď teleso prejde rôzne dráhy za rovnaké časy / za rôzne časy rovnaké dráhy (príklad: auto idúce cez mesto, keď stojí v kolóne, zrýchluje,...)

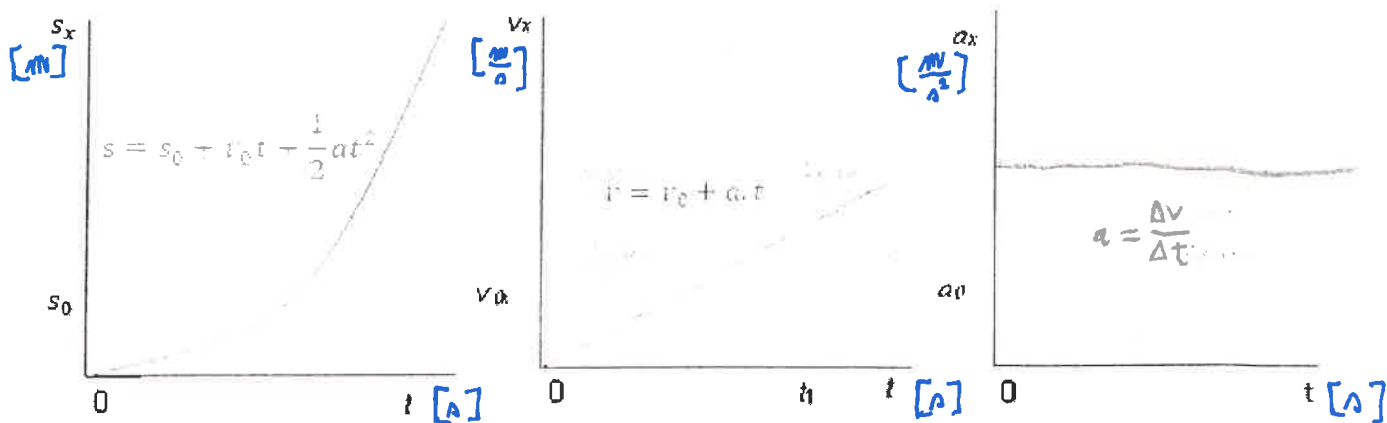
Rovnomerný pohyb:

závislosť v na t závislosť s na t 

- **Rovnomerný pohyb** – (priamočiary) dráha je závislá na čase, keďže rýchlosť je konštantná $s = v \cdot t$ – z toho vieme odvodiť rýchlosť priamč. p. – $v = s/t$
- **Rovnomerne zrýchlený pohyb** – zmena vektora rýchlosti hmotného bodu = pohyb zrýchlený. Veličina, ktorá charakterizuje zmenu vektora rýchlosti, nazýva sa zrýchlenie a označuje sa a . Najjednoduchší nerovnomerný pohyb = rovnomerne zrýchlený priamočiary pohyb, pri ktorom je Rýchlosť = lineárnou funkciou času. Priemerné zrýchlenie = pre zvolené časové intervaly rovnaké. Veľkosť okamžitého zrýchlenia = priemernému zrýchleniu. Okamžitá rýchlosť rovnomerne zrýchleného pohybu je pri nulovej začiatkovej rýchlosti priamo úmerná času – $v = at$. Rýchlosť hmotného bodu, ktorého začiatková rýchlosť sa nerovná nule sa vypočíta: $v = v_0 + at$. Dráha = závislá od času. Ak sa hmotný bod začne pohybovať z pokoja, jeho začiatková rýchlosť $v_0 = 0$. V čase t od začiatku pohybu okamžitá rýchlosť $v = at$, kde a je zrýchlenie pohybu. Priemerná rýchlosť = aritmetický priemer okamžitých rýchlostí na začiatku a na konci pohybu $v_p = (v_0 + v)/2 = v/2 = at/2$. Vyjadríme si čas: $s = v_p t = vt/2 = at^2/2$. Ak má hmotný bod má na začiatku „ v_0 “ a pohybuje sa s „ a “, potom jeho „ v “ v „ t “ je $v = v_0 + at$, a dráha, ktorú hmotný bod prejde za čas $t = s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$



Priemerná rýchlosť = $\frac{s_{\text{celková}}}{t_{\text{celková}}}$



- **Okamžitá rychlost** – vektorová veličina, označující rychlost tělesa v danom okamihu, má vždy nezápornou hodnotu a postráda informáciu o smere (získavame ju z priemernej rýchlosti deriváciou $\frac{ds}{dt}$ vektora posunutia, ktorá definuje rýchlosť v okamihu) – napr: vidíme ju na rýchlomere v aute
- Príklad: Automobilista idúci rýchlosťou $36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ začne brzdiť so zrýchlením $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a brzdí 10 s . Akú má rýchlosť na konci brzdzenia a akú dráhu prejde pri brzdení?

Na konci brzdzenia má rýchlosť $7,5 \text{ m/s}$ a pri brzdení prejde $87,5 \text{ m}$.

Zadanie 2)

Dynamika hmotného bodu

Dynamika je časť mechaniky, skúmajúca príčiny pohybu telies. Výsledkom interakcie (vzájomného silového pôsobenia) môže byť deformácia telies alebo zmena ich pohybového stavu.

Newtonove zákony

1. Zákon zotrvačnosti

Teleso zotrva v pokoji alebo v rovnomernom priamočiariom pohybe, kým nie je nútený vonkajšími silami tento svoj stav zmeniť.

Zotrvačnosť - vlastnosť telies zotrvať vo svojom pohybovom stave, ak na neho nepôsobia vonkajšie sily. Sila nie je príčinou pohybu, ale príčinou zmeny pohybu. Telesá sa môžu pohybovať aj bez pôsobenia síl, no tento pohyb je konštantný (rovnomerný a priamočiary). Ak je teleso v pokoji alebo jeho pohyb je konštantný, nepôsobí naň žiadna sila alebo výslednica pôsobiacych síl je nulová.

Izolované teleso – teleso, na ktoré nepôsobia žiadne sily

Model izolovaného telesa – teleso, na ktoré pôsobia sily tak, že ich výslednica je nulová. Kým je výslednica vonkajších síl nulová, teleso zotrva v pokoji alebo priamočiariom pohybe.

Inerciálna vzťažná sústava – sústava, v ktorej platí 1. Newtonov zákon, zmenu pohybového stavu telies môže spôsobiť len ich vzájomné pôsobenie s inými objektmi.

Izolovaná sústava hmotných bodov – sústava hmotnostných bodov (telies), ktorá si so svojím okolím nevymieňa energiu ani hmotu. Vymieňa si ju len medzi sebou bez strát.

Neineriálna vzťažná sústava – sú v nej prítomné zdanlivé sily, teda sily, ktoré nemajú pôvod v interakciách medzi telesami alebo poľami (napr. zotrvačná sila – keď vlak koná zrýchlený pohyb vzhľadom na vzťažnú sústavu nástupišta, z ktorého pozorujem balík vo vlaku, vidím že balík po odmyslení trenia stojí na mieste. No pre človeka stojaceho vo vlaku vyzerá, že na neho pôsobí sila, preto sa hýbe.)

2. Zákon sily

Časová zmena hybnosti sa rovná výslednej sile pôsobiacej na hmotný bod.

= Zrýchlenie telesa je priamo úmerné pôsobiacej sile a nepriamo úmerné jeho hmotnosti.

= Sila pôsobiaca na hmotný bod je úmerná súčinu jeho hmotnosti a zrýchlenia, ktoré mu udeľuje.

$$a = F/m$$

Zrýchlenie telesa – zmena rýchlosti, teda pohybového stavu telesa.

Sila – vyjadruje vzájomné pôsobenie telies alebo polí

Tiažová sila – sila, ktorou Zem pôsobí na teleso a udeľuje mu zrýchlenie (9,80665 m/s²)

Trecia sila – sila vznikajúca proti smeru pohybu pri trení dvoch telies

Odstredivá sila – zdanlivá sila, ktorá sa prejavuje len v otáčavej vzťažnej sústave a smeruje von od rotačnej osi

Dostredivá sila – sila, rovnako veľká ako odstredivá, ale smerujúca do rotačnej osi

Hybnosť – charakterizuje pohybový účinok hmotnosti

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$\Delta p = m \Delta v$ zároveň platí $a = \Delta v / \Delta t$ kombináciou vznikne $m \cdot a = \Delta p / \Delta t$ teda $\vec{F} = \Delta \vec{p} / \Delta t$

Zákon zachovania hybnosti – Ak na izolovanú sústavu nepôsobia žiadne vonkajšie sily, súčet hybností všetkých jej častí sa v čase nemení. $p = \text{konšt.}$

3. Zákon akcie a reakcie

Dva hmotné body na seba pôsobia rovnako veľkými silami opačného smeru, ktoré súčasne vznikajú a súčasne zanikajú.

Sily sú rovnako veľké, ale navzájom sa nerušia, pretože každá pôsobí na iné teleso. Silové pôsobenie dvoch telies je vždy vzájomné.

$$\vec{F}_g = \vec{F}_G + \vec{F}_{od}$$

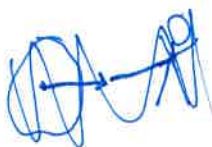
$$F_g = m \cdot g$$

$$F_g = 2l \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



$$F_{od} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$\omega = 2\pi \cdot n$$



$$F_g = 30 \text{ kN}$$

2,1039570318 N



1. ~~1.1~~

$$F_N = \cos \alpha \cdot F_g = 782,8882666 \text{ N}$$

$$F_{\text{normal}} = 1,911733356 \text{ N}$$

$$F_{\text{normal}} = \sin \alpha \cdot F_g = 1. \cancel{1,911733356 \text{ N}} \quad 54,74488059 \text{ N}$$

$$2. \cancel{0,27610333 \text{ m/s}^2} \quad \cancel{0,13 \text{ m/s}^2}$$

$$\cancel{0,13} \quad 0,384311007 \text{ m/s}^2$$

$$3. 35,06978807 \text{ N}$$

$$4. 13,86201658 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{1}{2} \omega \cdot \Delta^2$$

$$0,04 \text{ m} = \cancel{1} \cdot v_0 \cdot \Delta - \frac{1}{2} \omega \cdot \Delta^2$$

$$\frac{0,04 \text{ m}}{\Delta} = \cancel{1} \cdot 200 \text{ m/s} - 100 \text{ m/s}^2$$

$$0,04 \text{ m} = 100 \text{ m/s} \Delta$$

~~1~~ Δ

$$\Delta = \frac{0,04 \text{ m}}{100 \text{ m/s}^2}$$

$$\Delta = 0,0004 \text{ s}$$

Zadanie 3: Mechanika tuhého telesa

Mechanika tuhého telesa sa zaoberá len zmenami pohybového stavu (=pohybom) pevných telies účinkom vonkajších síl.

Tuhé teleso je ideálne teleso, ktorého tvar ani objem sa účinkom žiadnych síl nezmení.

Posuvný pohyb je taký pohyb, pri ktorom všetky body telesa opíšu za rovnakú dobu rovnakú trajektóriu. Pri posuvnom pohybe majú všetky body telesa rovnakú rýchlosť v a rovnaké zrýchlenie a vzhľadom k danej inerciálnej vzťažnej sústave.

Otáčavý pohyb okolo nehybnej osi je taký pohyb, pri ktorom všetky body tuhého telesa ležiace na priamke osi otáčania ostávajú v pokoji, kdežto ostatné body sa pohybujú po kružniciach v rovinách kolmých na os otáčania so stredom na osi otáčania. Pri otáčavom pohybe majú body rôzne vzdialené od osi otáčania rôznu rýchlosť. Avšak, za rovnaký čas opíšu všetky body oblúky s rovnakým stredovým uhlom φ . Podiel $\omega = \Delta\varphi / \Delta t$ je teda pre všetky body rovnaký a nazývame ho priemernou uhlovou rýchlosťou.

Vektorová priamka sily je priamka prechádzajúca silou.

Pôsobisko sily je miesto, kde sila pôsobí. Ovplyvňuje účinok sily na teleso. Je dôležité poznamenať, že otáčavý účinok sily na teleso sa nemení, ak posunieme pôsobisko sily po jej vektorovej priamke.

Rameno sily je *kolmá* úsečka od momentového bodu k vektorovej priamke sily, aneb vzdialenosť vektorovej priamky od osi otáčania.

Moment sily M je vzhľadom na os o vektorová veličina ktorej veľkosť je alebo tiež d kde d je vzdialenosť vektorovej priamky od osi otáčania, teda rameno sily r . Jeho jednotkou je newton meter.

Momentová veta tvrdí, že keď vektorový súčet momentov síl pôsobiacich na teleso bude nulový, otáčavý moment týchto síl sa vzájomne ruší.

Moment zotrvačnosti je veličina, ktorá charakterizuje rozloženie látky v telese vzhľadom na os otáčania. Je tým väčší, čím viac látky je ďalej od osi otáčania. Je mierou telesa zotrúvať v otáčavom pohybe okolo danej osi. Jednotkou momentu zotrvačnosti .

Pre posuvný pohyb sú charakteristické nasledovné veličiny:

v = rýchlosť - m/s , s = dráha - m , a = zrýchlenie -

Pre otáčavý pohyb sú charakteristické nasledovné veličiny:

ω = uhlová rýchlosť - rad/s φ = opísaný uhol - rad , α = uhlové zrýchlenie -

Zohoda je, že ak sila otáča proti smeru je moment sily kladný, ak je náporný.

posuvný pohyb

s

v

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

m = měřeno nebo měří svůj pohybový stav

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$F = m \cdot a$$

otáčavý pohyb

φ

ω

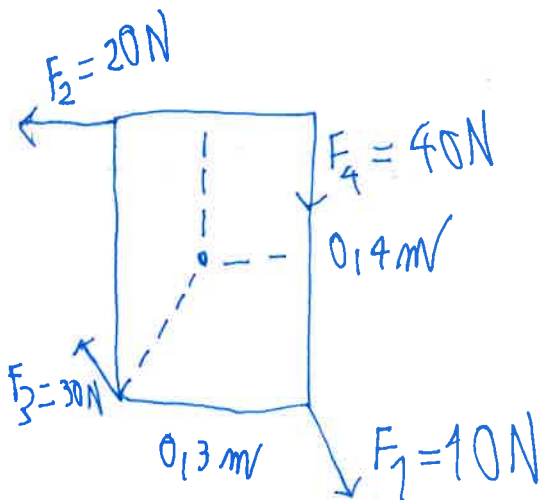
$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$(J) = I \cdot m \cdot v^2 = \text{měřeno nebo měří otáčavý stav}$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

$$M = F \cdot r = I \cdot \epsilon$$



~~M~~ M

$$M_1 = 0 \text{ Nm}$$

$$M_2 = 20 \cdot 0,2 \text{ Nm}$$

$$M_3 = 30 \cdot 0,25 \text{ Nm}$$

$$M_4 = 40 \cdot 0,2 \text{ Nm}$$

Andrej Ligoš

Zadanie 4

MECHANICKÁ PRÁCA, ENERGIA

Práca – je konaná ak na teleso pôsobí sila, ktorá ho posúva po určitej dráhe

$$W = F \cdot s \quad \text{Joule [J]}$$

- sila pôsobí v smere pohybu telesa

$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

- sila nepôsobí v smere pohybu telesa

Výkon – určuje množstvo práce, ktorá je vykonaná za určitý čas

$$P = W/t \quad \text{Watt [W]}$$

$$P = F \cdot v \quad (\text{iba v prípade ak sú sila aj rýchlosť v tom istom smere})$$

Príkion – vyjadruje ako rýchlo do daného zariadenia prichádza energia z okolia

- výkon, ktorý stroju dodávame

$$P' (P_r) = E/t \quad \text{Watt [W]}$$

Účinnosť – podiel výkonu a príkonu stroja

- príkon je vždy väčší ako výkon

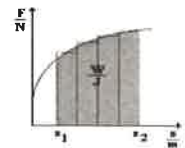
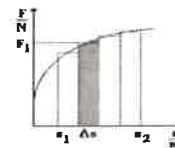
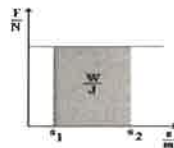
$$\eta = P/P' \quad \text{percentá [\%]}$$

Pracovný diagram

- graf, z ktorého sme schopní určiť vykonanú prácu

- pri konštantnej sile

- pri nekonztantnej sile



Zákon zachovania mechanickej energie

Súčet kinetickej a potenciálnej energie v každom bode izolovanej sústavy sa zachováva.

$$E = E_k + E_p = \text{konšt.}$$

Kinetická energia

- závisí od hmotnosti a rýchlosti telesa

- vzťahuje sa na telesá v pohybe

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \text{Joule [J]}$$

Potenciálna energia

- závisí od hmotnosti a výšky, v ktorej sa teleso nachádza

- vzťahuje sa na telesá zdvihnuté nad povrch

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad \text{Joule [J]}$$

find

$$m = 3000 \text{ kg}$$

$$v = 50 \text{ m/s}$$

$$h = 1000 \text{ m}$$

$$v = 50 \text{ m/s}$$

$$P = ?$$

$$P = \frac{\frac{1}{2} \cdot 3000 \text{ kg} \cdot (50 \text{ m/s})^2 + 3000 \text{ kg} \cdot 1000 \text{ m} \cdot 9.806 \frac{\text{N}}{\text{kg}}}{60 \text{ s}}$$

5. Gravitačné pole

- Gravitačná sila je príťažlivá sila, ktorou na seba pôsobia akékoľvek dve hmotné telesá aj v prípade, že sa priamo nedotýkajú
- Gravitačné pole existuje v okolí všetkých hmotných telies a sprostredkuje pôsobenie gravitačných síl medzi nimi

Newtonov gravitačný zákon

- Každé 2 telesá sa vzájomne priťahujú rovnako veľkými gravitačnými silami.

$$F_g = K \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot g$$

- Gravitačná konštanta je $K = 6,67259 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$

- Gravitačné zrýchlenie je $a_g = \frac{F_g}{m} = K \cdot \frac{m}{r^2} = K$

$$\varphi = \frac{E_N}{m} \quad \text{gravitačný potenciál}$$

intenzita gravitačného poľa

Gravitačné pole Zeme

- Zem vytvára v okolitom priestore gravitačné pole. Siločiar (pomyselné čiary, kt. dotýčnica v každom bode súhlasí so smerom vektora) gravitačného poľa smerujú do stredu Zeme.
- Gravitačné pole pôsobí na hmotné telesá gravitačnou silou, kt. má veľkosť $F_{gZ} = \frac{m \cdot M_Z}{r^2} \cdot K$
- M_Z – hmotnosť zeme
- m – hmotnosť telesa
- r – vzdialenosť telesa od stredu Zeme

Gravitácia (príťažlivosť)



- jav vzájomného pôsobenia hmotných objektov na diaľku prostredníctvom gravitačného poľa
- Radiálne gravitačné pole- je v priestore okolo hmotného bodu. Vektory intenzity smerujú do stredu, jej veľkosť je $(r$ - vzdialenosť od hmotného bodu)
- Homogénne gravitačné pole- intenzita má na všetkých miestach rovnakú veľkosť a smer- idealizované gravitačné pole

Tiažová sila na povrchu Zeme

1. Zotrvačná odstredivá sila
 - Spôsobená otáčaním Zeme okolo osi a kolmá na os otáčania
 - $F_{od} = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \frac{v^2}{r}$
2. Tiažová sila
 - Je výslednicou gravitačnej sily a zotrvačnej sily, teda $F_G = F_g + F_{od}$
3. Tiažové pole
 - V priestore, kde sa prejavujú účinky tiažovej sily
4. Tiažové zrýchlenie
 - smer tiažového zrýchlenia určuje **zvislý smer**, kt. je rovnaký ako tiažová sila

Rovnomerný pohyb po kružnici okolo Zeme

- Na teleso obiehajúce Zem pôsobí dostredivá sila, $F_d = F_g$
- „, je kruhová rýchlosť = =
- 1. Kozmická rýchlosť
 - Kruhová rýchlosť telesa, kt. výška nad povrchom zeme je malá vzhľadom na polomer zeme
 - $(r) = 7,91 \text{ km} \cdot s^{-1}$

$$v_f = \sqrt{K \cdot \frac{m_{Zeme}}{r_{Zeme}}}$$

$$g = K \cdot \frac{m_Z \cdot M_Z}{r^2}$$

$$F_d = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

2. Kozmická rýchlosť (Úniková/Parabolická rýchlosť)

- Je to najmenšia rýchlosť, kt. musí mať kozmická loď, aby sa zotrvačnosťou dostala z gravitačného poľa Zeme

$$v_{11,2 \text{ km/s}} (\text{na povrchu Zeme}) = v_{11,2} = \sqrt{2k \frac{m_{\text{Zeme}}}{r_{\text{Zeme}}}}$$

3. Kozmická rýchlosť (Úniková)

- Najmenšia rýchlosť, akú musí mať kozmická loď, aby sa zotrvačnosťou dostala z gravitačného poľa Slnka

$$v_{617,7 \text{ km/s}} (\text{v oblasti Zeme}) = v_{617,7} = \sqrt{2k \frac{m_{\text{Slnka}}}{r_{\text{Zeme}}}}$$

Keplerové zákony

1. Keplerov zákon: Planéty obieľajú okolo Slnka po elipsách málo odlišných od kružníc, pričom v ich spoločnom ohnisku sa nachádza Slnko.
2. Keplerov zákon: Obsahy plôch opísaných **sprievodičom** (úsečka spájajúca planétu a stred Slnka) planéty za jednotku času sú konštantné.
3. Keplerov zákon: pomer druhých mocnín obežných dôb dvoch planét sa rovná pomeru tretích

$$\text{mocnín hlavných polosí ich trajektórií: } \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

- Pre kruhové rýchlosti planét v gravitačnom poli Slnka platí:

$$v_{11} = \sqrt{k \cdot m_{\text{Slnka}} / r}$$

- Pre obežné doby planét v gravitačnom poli Slnka platí:

$$T = \frac{2\pi r^{3/2}}{\sqrt{k \cdot m_{\text{Slnka}}}}$$

- m_{S} hmotnosť Slnka, r vzdialenosť planéty od stredu Slnka

- Orbitálna (obežná) rýchlosť planét klesá ich rastúcou vzdialenosťou od Slnka.

Príklad:

Zem sa pohybuje okolo Slnka približne po kružnici s polomerom $1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ rýchlosťou 30 km/s . Určte hmotnosť Slnka. Gravitačná konštanta je $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

$$F_{\text{og}} = F_{\text{od}} \quad | : m v_1$$

$$m_{\text{Slnka}} = 2,023988006 \cdot 10^{30}$$

$$k \frac{m_1 m_2}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad | : m$$

$$k \frac{m}{r^2} = \frac{v^2}{r} \quad | \cdot r^2$$

$$k m = v^2 r \quad | : v^2$$

$$m = \frac{v^2 r}{k}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{S} = h \cdot \rho \cdot g$$

Andrej Žigov

hydrostatický paradox

Mechanika tekutín

6.

h₁ = h₂ = h₃
p₁ = p₂ = p₃

- Ideálna kvapalina je **nestlačiteľná**, **neviskózna** a má **nulové** vnútorné trenie
- Reálne kvapaliny sú do istej miery stlačiteľné, viskózne a majú aj vnútorné trenie
- Hydrostatický tlak je tlak spôsobený hmotnosťou kvapalín
- Gravitačná sila prepočítaná na plochu vyjadruje hydrostatický tlak v danej hĺbke ($p = \rho \cdot g \cdot h$)
- Hydrostatická tlaková sila je sila, ktorou kvapalina pôsobí na telesá do nej ponorené a na steny nádoby, v ktorej je uložená
- Ráta sa ako ($F_h = p_h \cdot S$), kde p je hydrostatický tlak a S je obsah plochy, na ktorý kvapalina pôsobí
- Pascalov zákon hovorí, že tlak v kvapaline, ktorý spôsobí vonkajšia sila, je všade rovnaký
- Archimедov zákon hovorí, že teleso ponorené do kvapaliny je nadľahčované hydrostatickou vztlakovou silou, ktorej veľkosť sa rovná tiaži kvapaliny s rovnakým objemom, ako je objem ponorenej časti telesa
- $F = \rho \cdot g \cdot V$
- Funguje to preto, lebo hydrostatický tlak je v rôznych hĺbkach rozdielny, takže v spodnej časti telesa je väčší ako v hornej, takže tlačí teleso hore (proti tiažovej sile)
- Hydrodynamický paradox hovorí, že čím rýchlejšie kvapalina prúdi, tým menší tlak v nej je
- Priamo to vyplýva z Bernoulliho rovnice $p + 0,5 \rho \cdot v^2 = \text{konšt.}$

- rovnica kontinuity $S_1 v_1 = S_2 v_2$



$$G = 1.27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

7

Základné poznatky molekulovej fyziky a termodynamiky

1. Vysvetlite podstatu kinetickej teórie látok, opíšte a vysvetlite difúziu a Brownov pohyb

1.1.1 Látky akéhokoľvek skupenstva sa skladajú z častíc, pričom priestor, ktorý teleso z danej látky zaberá, nie je vyplnený úplne - ide o nespojitú štruktúru.

1.1.2 Častice sa v látkach pohybujú, ich pohyb je ustavičný a neusporiadaný (chaotický) - častice sa v látke pohybujú rýchlosťami rôznych smerov a veľkostí - tepelný pohyb.

1.1.3 Častice na seba navzájom pôsobia príťažlivými a zároveň odpudzivými silami. Veľkosť týchto síl závisí od vzdialenosti medzi časticami.

1.2 Difúzia: samovoľné prenikanie častíc jednej látky medzi častice druhej látky, spôsobené iba vlastným pohybom molekúl.

1.3 Brownov pohyb: neustály neusporiadaný pohyb častíc.

2. Opíšte a porovnajte model štruktúry pevných, kvapalných a plyných látok

2.1 Plyné: bezatómovej mriežky; atómy sú voľné; Čím vyššia je teplota plynu, tým vyššia je stredná rýchlosť molekúl

2.2 Pevné: atómy sú viazané v kryštalickej mriežke; okolo svojich rovnovážnych polôh konajú neustály kmitavý pohyb

2.3 Kvapalné: atómy sa pohybujú voľne; veľké príťažlivé sily medzi časticami, ktoré spôsobujú spojitost (tekutosť)

3. Charakterizujte vnútornú energiu telesa, uveďte jej zložky z hľadiska kinetickej teórie

Vnútornou energiou telesa nazývame súčet celkovej kinetickej energie neusporiadane sa pohybujúcich častíc telesa (molekúl, atómov a iónov) a celkovej potenciálnej energie vzájomnej polohy týchto častíc.

4. Popíšte súvislosť zmeny vnútornej energie s konaním práce a s tepelnou výmenou, vysvetlite prvý termodynamický zákon

- zmena vnútornej energie sústavy ΔU sa rovná súčtu práce W vykonanej okolitými telesami, ktoré pôsobia na sústavu silami a tepla Q odovzdaného okolitými telesami sústave.

- $U = W + Q$

7

- keď prácu W , ktorú vykonajú okolité telesá, nahradíme prácou W' , ktorú vykoná sústava tým, že pôsobí na okolité telesá rovnako veľkou silu opačného smeru, pričom platí $W=W'$, pre prvý termodynamický zákon platí:

- $Q = \Delta U + W'$

- teplo Q dodané sústave sa rovná súčtu zmeny jej vnútornej energie ΔU a práce W' , ktorú vykoná sústava.

5. Charakterizujte veličiny teplo, teplota, tepelná kapacita, hmotnostná tepelná kapacita a ich vzájomné súvislosti. Popíšte kalorimeter.

Teplo: je vnútorná energia, ktorú teleso prijme, alebo ju odovzdá pri tepelnej výmene

Značka je Q a jednotka Joule J

Teplota: je stavová veličina opisujúca strednú kinetickú energiu častíc, v izolovanej sústave má na každom mieste rovnakú hodnotu.

Značka je T a jednotka Kelvin K -273,15C

Tepelná kapacita: je to množstvo tepla, ktoré látka musí prijať, aby doslo k zmene teploty o 1°C

Značka je C a jednotka $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$

Hmotnostná tepelná kapacita: Merná tepelná kapacita je charakteristická konštanta pre danú látku. Jej číselná hodnota sa rovná teplu, ktoré je potrebné pre zvýšenie teploty telesa s hmotnosťou 1 kg o 1°C .

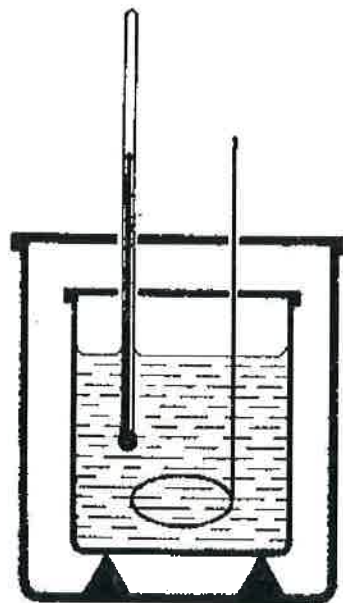
Značka c jednotka $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Kalorimeter: je tepelne izolovaná nádoba s miešačkou a teplomerom

Kalorimetrická rovnica: $c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t) = c_2 \cdot m_2 \cdot (t - t_2)$

Teplo $Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (t_1 - t)$ je teplo, ktoré odovzdá teplejšie teleso,

Teplo $Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (t - t_2)$ je teplo, ktoré prijme chladnejšie teleso.



6. Vysvetlite možnosti prenosu tepla.

1. Prenos tepla vedením

Ide o prenos energie kmitaním atómov. Teplo sa prenáša z teplejšieho telesa na chladnejšie. Teplota telies sa má snahu vyrovnáť. Najčastejšie sa ráta prenos pre nehybné telesá - steny, strecha, vzduchu v uzatvorenej štrbine

$\Phi = \Delta T / R$ Φ - je tepelný tok (W/m^2), ΔT - rozdiel teplôt medzi vonkajším a vnútorným povrchom steny (K), R - tepelný odpor ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$).

7

2. Prenos tepla prúdením

Prúdenie je pohyb látky. S pohybujúcou látkou sa prenáša aj teplo v nej obsiahnuté. V dome sa ráta prenos tepla pri vetraní a vykurovaní v radiátoroch a teplovzdušnom vykurovaní. Prúdenie môže byť samovoľné v dôsledku menšej hmoty ohriatej látky, alebo nútené pomocou ventilátorov a čerpadiel.

$P = c \cdot \rho \cdot \Delta T \cdot v$ P - výkon (W), c - tepelná kapacita (Wh/kg.K), ΔT - rozdiel teplôt (K), v - rýchlosť prúdenia (m³/hod) - *objemový prietok*

3. Prenos tepla žiarením

Všetky telesá s teplotou vyššou ako 0 K vyžarujú teplo vo forme elektromagnetického žiarenia. Žiari horúca pec, studená stena, aj zmrznutý sneh. Telesá si vymieňajú teplo žiarením.

$P = \epsilon \cdot 5,67 \cdot S \cdot (T/100)^4$ P - vyžarovaný výkon (W), ϵ - emisivita materiálu (-), S - vyžarovacia plocha (m²), T - termodynamická teplota [K]
 10^{-8} = Stefan-Boltzmannova konštanta

Riešte príklad: V kalorimetri s tepelnou kapacitou 63 J. K⁻¹ je olej s hmotnosťou 250 g $\frac{1}{4}$ kg a teplotou 12°C. Do oleja ponoríme medené závažie s hmotnosťou 500g $\frac{1}{2}$ kg a teplotou 100°C. Výsledná teplota sústavy po dosiahnutí rovnovážneho stavu je 33°C, hmotnostná tepelná kapacita medi je 383 J.kg⁻¹.K⁻¹. Určte hmotnostnú tepelnú kapacitu použitého oleja.

$$383 \cdot \frac{1}{2} \cdot 67 = c_2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 21 + 63 \cdot 21$$

$$418,383 \cdot 67 = c_2$$

$$\frac{383 \cdot 67}{42} = c_2 \cdot \frac{1}{4} + 63$$

$$\frac{25661}{42}$$

$$\frac{23015}{42} = c_2 \cdot \frac{1}{4}$$

$$\frac{25661}{42} - \frac{23015}{42} = c_2$$

$$\frac{46030}{21} = c_2$$

$$46030 : 21 = 2191,904$$

$$\begin{array}{r} 1 \quad 2 \\ 23015 \\ \hline 46030 \end{array}$$

}

Prvý termodynamický zákon: ak dodáme teplo plynu, môže sa premeniť na smeruúbornú energiu alebo na vykonanie práce. $Q = \Delta U + W'$ ΔV

Ondrej Žigo

8

1. Vlastnosti Plynov

- Ideálny plyn = hypotetický plyn, ktorého molekuly zaberajú zanedbateľné množstvo miesta a nemajú akékoľvek interakcie
- Štandardná kvadratická rýchlosť - štatistická veličina, ktorú musia spíňať častice ideálneho plynu na to, aby ich celková Kinetická Energia bola taká, ako v reále.
 - Značí sa V_k , jednotky sú $m \cdot s^{-1}$

Vzorec pre V_k je
$$V_k = \sqrt{\frac{\sum x(N_x \cdot v_x^2)}{N}}$$

- Slovom je V_k Odmocnina súčtu súčinov počtu molekúl(x) krát ich rýchlosť, delené celkovým počtom molekúl

- S teplotou sa používa tento vzorec:

$$V_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_x}}$$
 ← vynechať

$1,38 \cdot 10^{-23}$
J/K

- m = hmotnosť jednej molekuly plynu

- K = Konštanta (Boltzmannova) sa rovná $(1,380648520 \pm 7,9 \cdot 10^{-27}) \cdot 10^{-23}$ J/K, a je skalárom pre spájanie vlastností plynov k ich tepelnému vyjadrovaniu
- Taktiež platí, že pre 1 mol by to bolo $R = A_v \cdot K$, kde A_v je Avogadrova konštanta $6,022 \cdot 10^{23}$, čo sa nám zide pri rátaní kombinovaného zákona ideálnych plynov

Glavoví rovnica

$\frac{N \cdot V}{T}$: konštanta

- Kombinovaný zákon plynov hovorí, že $PV = NkT$, čo vieme taktiež prepísať na $PV = nRT$, P (kPa), V ($l \cdot dm^3$), n (počet molov), T (K)

$W \approx n \cdot \Delta V$ izobarický dej

- Tento zákon vieme rozpisovať na 3 zákony

- Boyle-Mariotte = izotermický dej

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

izotermický $Q = W'$

- Charles

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

izochorický $Q = \Delta U + W'$
 $n c_v \Delta T = \Delta U + W'$

- GAY-Lussac

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

izochorický $Q = \Delta U$
 $n c_v \Delta T = \Delta U$

izotermický dej
 $n \cdot V \cdot R = \text{konšt.}$
 $K = \frac{c_p}{c_v}$

Predstavte si, že ste sa práve vrátili z lyžovačky do studenej chaty, čo urobíte ako prvé? Najskôr asi zakúrite v krbe – ale prečo? Dalo by sa povedať, že krb zvýši obsah vnútornej („tepelnej“) energie v celej miestnosti natoľko, že sa v nej budete cítiť príjemne. Akokoľvek to vyzerá byť logické, má to veľkú slabinu: vnútorná energia všetkého vzduchu v miestnosti sa totiž zahriatím nezmení. Ako je to možné? A keď je to tak, prečo potom kúrite v krboch?

$$T_1 = 15^\circ\text{C} = 288,15\text{K} \quad T_2 = 120^\circ\text{C} = 393,15\text{K}$$

$$P_1 = 2,66 \cdot 10^2 \text{ Pa}$$

$$P_2 = ?$$

$$\Delta P = 97 \text{ Pa}$$

$$393,15\text{K} \cdot \frac{2,66 \cdot 10^2 \text{ Pa}}{288,15\text{K}} = P_2 =$$

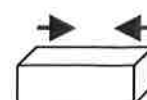
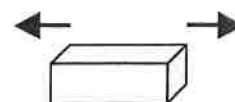
9. Štruktúra a vlastnosti pevných látok

9.1. Štruktúra pevných látok

- **kryštalické látky:**
 - sú charakteristické pravidelným usporiadaním častíc (atómov, molekúl, iónov)
 - usporiadanie častíc sa vyznačuje d'alekodosahovým usporiadaním
 - niektoré sa vyskytujú ako **monokryštály**
 - vnútri monokryštálu sú častice usporiadané tak, že isté rozloženie častíc sa periodicky opakuje v celom kryštáli
 - monokryštály niektorých látok sa vyskytujú v prírode, napr. kamenná soľ NaCl, kremeň SiO₂, diamant, granát; existujú aj umelo vyrobené monokryštály, napr. kovy (meď, olovo, zinok), polovodiče (germánium, kremík), umelé drahokamy (rubín)
 - monokryštály sú **anizotropné** – ich fyzikálne vlastnosti sa menia podľa smeru vzhľadom na stavbu (napr. kúsok sl'udy sa v istých rovinách ľahko štiepi na tenké lístky; no veľmi ťažko ho možno rozdeliť v smere kolmom na tieto roviny)
 - väčšina sa vyskytuje ako **polykryštály**
 - skladajú sa z veľkého počtu drobných kryštálikov – zŕn s rozmermi od 10 μm do niekoľko mm. Vnútri zŕn sú častice usporiadané pravidelne, vzájomná poloha zŕn je však náhodná (patria tu napr. všetky kovy, ktoré sa vyskytujú v technickej praxi)
 - polykryštály sú **izotropné** – vlastnosti týchto látok sú vo všetkých smeroch vnútri polykryštálu rovnaké
- **amorfné látky:**
 - v amorfnej látke okolo vybranej častice sú častice rozložené približne pravidelne, ale so zväčšujúcou sa vzdialenosťou sa táto pravidelnosť usporiadania častíc porušuje
 - štruktúra amorfných látok sa vyznačuje krátkodosahovým usporiadaním
 - patrí tu sklo, jantár, živica, vosk, asfalt, plasty; sú izotropné
 - osobitnú skupinu tvoria **polyméry** (kaučuk, celulóza, drevo, bavlna, srst', koža, bielkoviny, celofán, rozličné plasty)

9.2. Deformácie pevného telesa

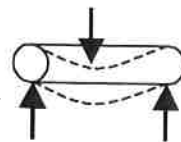
- pevné väzby medzi časticami pevnej látky spôsobujú, že základnou charakteristikou pevných telies je ich tvar. Zmenu tvaru pevného telesa spôsobenú účinkom vonkajších síl nazývame **deformácia**.
- keď pevné teleso nadobudne pôvodný tvar, len čo prestanú pôsobiť vonkajšie sily, hovoríme o **pružnej (elastickej) deformácii**. Takéto telesá sú pružné (elastické) ich deformácia je dočasná.
- trvalá deformácia telesa sa volá **tvárna (plastická)**
- poznáme päť jednoduchých deformácií:
 - **t'ahom:**
 - keď na teleso pôsobia dve rovnako veľké sily so smermi von z telesa (napr. závesné lano výt'ahu)
 - **tlakom:**
 - keď na teleso pôsobia dve rovnako veľké sily a smerujú



dovnútra telesa (napr. piliere, nosníky)

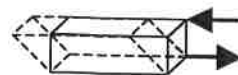
○ **ohybom:**

- nastane napr. na nosníku podoprenom na oboch koncoch, ak pôsobí naň sila kolmo na jeho pozdĺžnu os súmernosti. Dolné vrstvy sú deformované ťahom, horné tlakom a stredná vrstva si zachováva svoju dĺžku



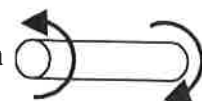
○ **šmykom:**

- na hornú a dolnú podstavu deformovaného telesa pôsobia rovnako veľké sily, ale opačného smeru, a to v rovinách týchto podstav. Sily spôsobujú posunutie jednotlivých vrstiev telesa, pritom sa vzdialenosť vrstiev nemení.



○ **krútením:**

- keď napr. na koncoch tyče pôsobia dve silové dvojice, ich momenty sú rovnako veľké, ale opačného smeru



- pri pružne deformovanom pevnom telese pôsobia na plochu ľubovoľného pričného rezu z oboch strán **sily pružnosti** (pri deformácii ťahom prevládajú príťažlivé sily; pri deformácii tlakom prevládajú odpudivé sily). Keď je pevné teleso deformované ťahom silami s veľkosťou F , je v rovnovážnom stave telesa veľkosť sily pružnosti $F_p = F$ (vzniknuté sily pružnosti zabraňujú ustavičnému predlžovaniu telesa)
- v ľubovoľnom pričnom reze telesa vzniká pri deformácii stav napätosti, ktorý posudzujeme pomocou veličiny **normálové napätie** σ_n definované vzťahom:

- $\sigma_n = \frac{F_p}{S}$, kde F_p je veľkosť sily pružnosti pôsobiacej kolmo na plochu rezu s obsahom S . Jednotkou normálového napätia je *pascal*.

9.2.1. Krivka deformácie

- deformujúce sily spôsobujú aj zmeny rozmerov deformovaného telesa
- napr. pri deformácii tyče ťahom predĺženie závisí priamo úmerne od pôvodnej dĺžky tyče l_0 , pôsobiacej sily F a nepriamo úmerne od plochy prierezu S ; potom platí:

- $\Delta l = \frac{1}{E} \frac{F}{S} l_0$, kde E je **modul pružnosti v ťahu**

- po úprave dostaneme **Hookov zákon**:

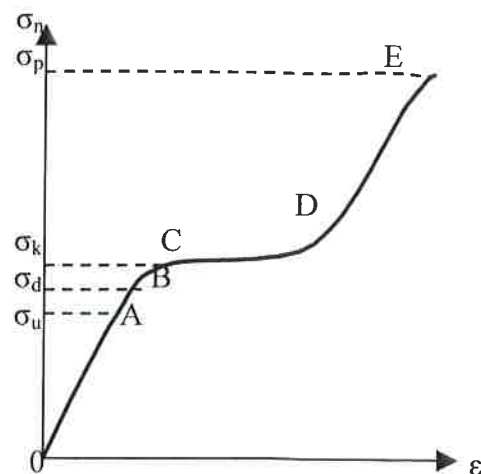
- $\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{F}{S} \frac{1}{E} \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$, kde ε je **relatívne (pomerné) predĺženie**

- pri postupnom zväčšovaní veľkosti síl deformujúcich skúmaný materiál, môžeme sledovať závislosť normálového napätia od relatívneho predĺženia; graf, ktorý zobrazuje túto závislosť sa volá **krivka deformácie**

- úsečka OA zodpovedá pružnej deformácii. Normálové napätie je priamo úmerné relatívnemu predĺženiu. Napätie, ktoré zodpovedá bodu A sa nazýva **medza úmernosti** σ_u . Hookov zákon platí pre normálové napätie $\sigma_n \leq \sigma_u$.
- časť krivky AB zodpovedá **dopružovaniu**. Keď prestanú na tyč pôsobiť vonkajšie sily, deformácia nezanikne hneď, ale až po istom čase. Jav dopružovania možno pozorovať napr. na gumovej hadici, ktorú zaťažíme. Po odstránení záťaže sa hadica skráti na dĺžku o niečo väčšiu, ako bola pôvodná dĺžka. Deformácia zmizne až po istom čase.
- dopružovanie nastane v telesách, v ktorých nebolo vyvolané väčšie normálové napätie ako **medza pružnosti** σ_d . Medza úmernosti sa zväčša príliš neodlišuje od

medze pružnosti; niektoré látky majú dokonca obe medze rovnako veľké a pri takých látkach dopružovanie nenastáva

- **oblasť plastickej deformácie** znázorňuje časť krivky BE. Úseku CD zodpovedá tzv. **tečenie materiálu**, keď malej zmene normálového napätia prislúcha veľká zmena relatívneho predĺženia. Napätie σ_k pri ktorom nastáva náhle predĺženie materiálu, volá sa **medza klzu (medza priet'ažnosti)**
- úsek DE na krivke deformácie zodpovedá **spevneniu materiálu**, ktoré sa končí po dosiahnutí **medze pevnosti** σ_p . Po prekročení medze pevnosti sa poruší súdržnosť látky – tyč sa pretrhne



- krivka deformácie nemá rovnaký priebeh pri všetkých látkach. Z jej priebehu môžeme rozhodnúť, ktorá látka je pružná, ktorá krehká a či je schopná veľkých plastických deformácií. Keď aj pri dosť veľkom relatívnom predĺžení je vyvolané normálové napätie menšie ako medza pružnosti, je príslušná látka **pružná** (ocel'). Ak látka má medzu pružnosti približujúcu sa medzi pevnosti, patrí medzi **krehké** látky (liatina, sklo, porcelán, mramor)

9.3. Teplotná rozť'ažnosť pevných telies

- pri zmene teploty pevného telesa menia sa jeho rozmery
- **dĺžková rozť'ažnosť**:
 - predpokladajme, že dané teleso v tvare tyče má začiatočnú teplotu t_1 a začiatočnú dĺžku l_1 . teplota tyče sa zmení na hodnotu t , takže zmena teploty je $\Delta t = t - t_1$. Zodpovedajúcu zmenu dĺžky tyče označíme $\Delta l = l - l_1$, potom pre zmenu dĺžky tyče platí:
 - $\Delta l = \alpha l_1 \Delta t \Rightarrow l = l_1 (1 + \alpha \Delta t)$, kde α je **súčiniteľ teplotnej dĺžkovej rozť'ažnosti**, jednotkou je K^{-1}
- **obsahová rozť'ažnosť**:
 - platí:
 - $S = S_0 (1 + 2\alpha \Delta t)$
- **objemová rozť'ažnosť**:
 - platí:
 - $V = V_0 (1 + \beta \Delta t)$, kde β je **súčiniteľ teplotnej objemovej rozť'ažnosti**, zároveň platí $\beta = 3\alpha$

Príklad

- Hliníkový drôt s priemerom 3 mm má byť použitý ako ťažné lano. Vypočítajte, aké najťažšie bremeno možno zavesiť na drôt, aby sa neprekročila jeho medza pružnosti 98,5 MPa ?

$$3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

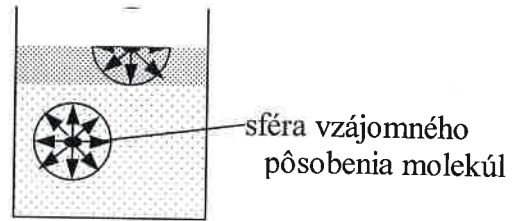
$$S = 9 \cdot 10^{-6} \cdot \pi \text{ m}^2$$

$$\frac{m \cdot g}{S} = 98,5 \text{ MPa}$$

$$70 \text{ kg}$$

10. Povrchová vrstva kvapaliny, povrchová energia a povrchové napätie

- Voľný povrch kvapaliny sa správa podobne ako tenká pružná blana
 - Keď na voľný povrch vody položíme tenkú ihlu, žiletku alebo hliníkovú mincu, pozorujeme, že sa povrch kvapaliny prehne, akoby bol povrch vody pružný. Ihla, žiletka, minca sa nepotopia, hoci hustota látok, z ktorých sú vyrobené, je väčšia ako hustota vody.
- Molekuly kvapaliny na seba navzájom pôsobia príťažlivými silami, ktorých veľkosť sa rýchlo znižuje s ich zväčšujúcou sa vzdialenosťou. Okolo každej molekuly možno myšlienkovito opísať guľu s takým polomerom r_m , že sily, ktorými na túto vybranú molekulu pôsobia molekuly ležiace mimo tejto gule, sú zanedbateľné. Túto myslenú guľu nazývame **sféra molekulového pôsobenia**. Jej polomer je rádovo 1 nm, čo je niekoľko mediatómových vzdialeností.
- Výslednica medzimolekulových síl je u molekúl, ktorých vzdialenosť od voľného povrchu kvapaliny je menšia ako r_m nulová
- V inej situácii sú však molekuly, ktorých vzdialenosť od voľného povrchu kvapaliny je menšia ako r_m . Výslednica príťažlivých síl, ktorými pôsobia molekuly v sfére molekulového pôsobenia vybranej molekuly, je kolmá na voľný povrch kvapaliny a má smer dovnútra kvapaliny. Molekuly plynu v hornej časti sféry pôsobia na uvažované molekuly príťažlivou silou \vec{F}' opačného smeru, ako je sila \vec{F} . Keďže hustota molekúl plynu je v porovnaní s hustotou molekúl kvapaliny vo väčšine prípadov veľmi malá, je veľkosť \vec{F}' zanedbateľná v porovnaní s veľkosťou \vec{F} .
- Vrstva molekúl, ktorých vzdialenosť od voľného povrchu kvapaliny je menšia ako polomer sféry molekulového pôsobenia, sa nazýva **povrchová vrstva kvapaliny**. Na každú molekulu, ktorá leží v povrchovej vrstve kvapaliny, pôsobia susedné molekuly výslednou príťažlivou silou, ktorá má smer dovnútra kvapaliny
- Pri posunutí molekuly zvnútra kvapaliny do jej povrchovej vrstvy treba vykonať prácu, preto molekula v povrchovej vrstve má väčšiu potenciálnu energiu vzhľadom na susedné molekuly, ako by mala, keby bola vnútri kvapaliny. Povrchová vrstva má energiu, ktorá sa nazýva **povrchová energia E** ; je jednou zo zložiek vnútornej energie kvapaliny.
 - Keď sa zmení povrch kvapaliny daného objemu o hodnotu ΔS , zmení sa povrchová energia o hodnotu ΔE
 - $\Delta E = \sigma \cdot \Delta S$, kde σ je **povrchové napätie** (závisí od druhu kvapaliny a prostredia nad voľným povrchom kvapaliny), jednotkou povrchového napätia je N.m⁻¹
- Kvapalina daného objemu má snahu nadobúdať taký tvar, aby jej povrch bol čo najmenší, a tým bola minimálna povrchová energia. Pri konštantnom objeme má zo všetkých geometrických útvarov najmenší obsah povrchu guľa, preto voľné kvapky (napr. hmly, rosy) majú guľovitý tvar.



Povrchová sila

- Kvapalina má snahu nadobúdať taký tvar, aby mala čo najmenší povrch. Sila pôsobiaca v povrchu kvapaliny sa volá povrchová sila.
- Keď na drôtenom rámečku, ktorého jedna strana je pohyblivá, utvoríme kvapalinovú blanu (blana má dva povrchy) z mydlového roztoku alebo kvapalinového saponátu, tak

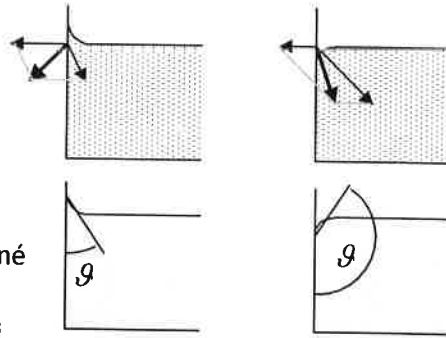
pozorujeme, že blana sa sťahuje a ťahá so sebou aj pohyblivú časť rámčeka. Na rámček pôsobí povrchová sila, ktorej veľkosť môžeme určiť experimentálne tým, že rámček s blanou zaťažíme malým závažím tak, aby sústava bola v pokoji, potom platí:

$$\circ F = \frac{G}{2}$$

- Keď izotermicky zväčšíme pôsobením vonkajšej sily povrch blany, prechádza časť molekúl zvnútra kvapaliny na oba jej povrchy a povrchová energia blany sa zväčšuje. Práca W vykonaná pôsobením vonkajších síl sa rovná prírastku povrchovej energie ΔE blany. Pri zmenšovaní povrchu blany prechádza časť molekúl z oboch povrchových vrstiev dovnútra kvapaliny, povrchová energia sa zmenšuje a blana koná kladnú prácu.
- Posunutím priečky s dĺžkou l o vzdialenosť Δx sa zväčší obsah oboch povrchov blany o $2\Delta S = 2l\Delta x$. Z rovnosti $\Delta E = W$ vyplýva veľkosť povrchovej sily:
 - $\circ \Delta E = W \Rightarrow 2\sigma\Delta S = 2F\Delta x \Rightarrow 2\sigma l\Delta x = 2F\Delta x \Rightarrow F = \sigma l$
 - \circ Veľkosť povrchovej sily pri danom povrchovom napätí je priamo úmerná dĺžke okraja povrchovej blany
- Pre povrchové napätie platí:
 - $\circ \sigma = \frac{F}{l}$
 - \circ Povrchové napätie sa rovná podielu veľkosti povrchovej sily a dĺžky okraja povrchovej blany, na ktorý sila pôsobí kolmo v povrchu kvapaliny
- keď je povrch kvapaliny zakrivený, potom povrchová sila má smer dotyčnice k povrchu kvapaliny v danom bode

Javy na rozhraní pevného telesa a kvapaliny

- kvapalina v nádobe vytvára dva typy povrchov:
 - \circ **dutý** (voda alebo lieh v sklenej nádobe – hovoríme, že v týchto prípadoch kvapaliny **zmáča** steny nádoby)
 - \circ **vypuklý** (ortuť v sklenej nádobe – hovoríme, že kvapalina steny nádoby **nezmáča**)
- zakrivenie voľného povrchu kvapaliny spôsobuje skutočnosť, že molekuly kvapaliny, ktoré sú na jej voľnom povrchu a súčasne v blízkosti steny nádoby, vzájomne pôsobia nielen medzi sebou, ale aj s časticami pevného telesa a plynu nad voľným povrchom kvapaliny
- veľkosť sily, ktorou pôsobia molekuly plynu na vybrané molekuly, je veľmi malá. Výsledná sila je daná vektorovým súčtom príťažlivej sily medzi molekulami a príťažlivej sily medzi molekulami kvapaliny a nádoby
- kvapalina je v rovnovážnom stave, ak výsledná príťažlivá sila má smer kolmý na voľný povrch kvapaliny, inak by nastal šmyk vrstiev kvapaliny, preto sa pri stenách nádoby tvorí zakrivený povrch. Keď výslednica síl smeruje von z kvapaliny, potom je voľný povrch kvapaliny pri stene nádoby dutý; keď výslednica smeruje dovnútra kvapaliny, je voľný povrch vypuklý.
- uhol ϑ , ktorý zvierajú povrch kvapaliny s povrchom steny, nazýva sa **stykový uhol**. (pri dutom povrchu je od 0° do 90° ; pri vypuklom povrchu je od 90° do 180°); ak stykový uhol sa rovná nule, kvapalina dokonale zmáča steny nádoby; ak uhol je 180° , kvapaliny dokonale nezmáča steny nádoby



výška sláma

$$S = \pi \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$N = 0,5 \text{ MN} \quad n = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma = 73 \text{ MN m}^{-1} \quad g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

svislý uhol $\vartheta = 0^\circ$

$$\sigma = 73 \text{ N m}^{-1} \cdot 10^{-3}$$

$$n = 1 \text{ m} \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$l = \frac{2\sigma}{\rho n g}$$

$$l = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{4,905}$$

$$l = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\frac{\text{N m}^{-1}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}}$$

Maturitné zadanie z fyziky č. 11

Kinetická teória stavby látok

Zakladá sa na troch experimentálne overených poznatkoch:

- Látka akéhokoľvek skupenstva sa skladá z **častíc** (molekúl, atómov alebo iónov). Priestor zaberaný telesom z danej látky nie je časticami tejto látky úplne zaplnený – **diskrétna (nespojité) štruktúra látky** (tzn. viem určiť kde častica je a kde nie, lebo je medzi nimi, hoc malý, priestor)
- Častice v látke sa pohybujú **neustále a neusporiadane** (chaoticky). Pri telese, ktoré je v pokoji, neprevláda v danom okamihu žiaden smer pohybu častíc. Táto forma pohybu sa nazýva **tepelný pohyb** (ten súvisí s kinetickou energiou častíc)
- Častice na seba vzájomne pôsobia naraz príťažlivými i odpudivými silami. Veľkosť týchto síl závisí od vzdialenosti medzi časticami (to súvisí s potenciálnou energiou častíc)

Častice majú kinetickú aj potenciálnu energiu. Pre vnútornú energiu chaotického pohybu častíc platí:

$$U = \sum_{i=1}^n E_K + \sum_{i=1}^n E_P$$

Skupenské teplo – L [J]

Označuje množstvo tepla, ktoré musí byť dodané alebo odobrané látke alebo telesu, ktoré prechádza skupenskou zmenou pri konštantnej teplote.

Merné skupenské teplo – l [J.kg⁻¹]

Je skupenské teplo vzťahnuté na jednotku hmotnosti $l = \frac{L}{m}$. Podľa toho, o ktorú skupenskú zmenu popisuje, rozlišujeme merné skupenské teplo topenia, tuhnutia a vyparovania látky

Vyparovanie a var

Vyparovanie je premena **kvapalného skupenstva na plynné** (premena kvapaliny na paru), ktorá prebieha **pri každej teplote**, pri ktorej kvapalné skupenstvo danej látky existuje. **Skupenské teplo vyparovania** - L_v je teplo, ktoré musí kvapalina prijať, aby sa zmenila na paru rovnakej teploty. **Merné skupenské teplo vyparovania** - l_v je L_v na jednotku hmotnosti.

Pri vyparovaní z voľného povrchu kvapaliny vyletujú najrýchlejšie molekuly, zatiaľ čo molekuly s menšou pohybovou energiou zostávajú v kvapaline. Ak teda kvapaline nedodávame energiu, jej teplota v dôsledku vyparovania klesá. Rýchlosť vyparovania sa zvyšuje s rastúcou teplotou, rastúcou plochou a aj vtedy, ak sú pary nad povrchom kvapaliny odŕkované (napr. vetrom).

Merné skupenské teplo vyparovania s rastúcou teplotou klesá, pretože pri vyššej teplote majú molekuly väčšiu energiu a na ich vyparenie je potrebné menšie množstvo tepla.

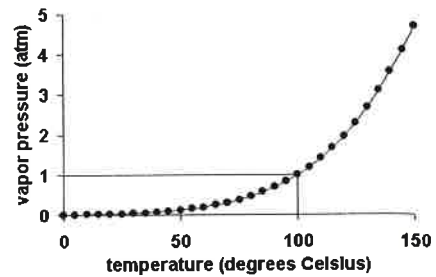
Var je dej, pri ktorom sa kvapalina mení na plyn nielen na jej voľnom povrchu (ako pri vyparovaní), ale aj vo vnútri svojho objemu. Var sa prejavuje vytváraním bublín nasýtenej pary vo vnútri kvapaliny, ktoré sa postupne zväčšujú a vystupujú na voľný povrch. Teplota varu je teplota, pri ktorej nastáva var kvapaliny, ktorej dodávame teplo. Teplota varu sa zvyšuje s vonkajším tlakom. **Merné skupenské teplo varu** je rovné mernému skupenskému teplu vyparovania pri teplote varu danej kvapaliny.

Para

Nasýtená para je para, ktorá je v rovnovážnom stave so svojou kvapalinou. Vzniká v uzavretom priestore nad kvapalinou. Tlak tejto pary závisí iba od teploty, nie od objemu. Ak totiž objem zmenšíme, časť pary skondenzuje, ak naopak objem zväčšíme, časť kvapaliny sa vyparí. S rastúcou teplotou sa tlak nasýtenej pary zvyšuje – túto závislosť vyjadruje **krivka nasýtenej pary**.

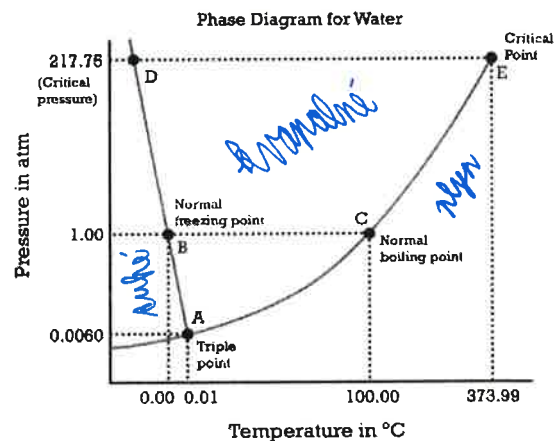
Prehriata para vznikne z nasýtenej pary bez prítomnosti kvapaliny buď zväčšením objemu, alebo zvýšením teploty. Má teda nižší tlak a hustotu ako nasýtená para pri danej teplote a správa sa podobne ako ideálny plyn.

Podchladená para (presýtená para) vzniká z nasýtenej pary buď stláčaním alebo ochladením, v prípade ak táto para neobsahuje kondenzačné jadrá (prachové alebo el. nabité častice). Má vyšší tlak a hustotu ako nasýtená para pri danej teplote. Jej stav je nestabilný a po pridaní kondenzačných jadier rýchlo skondenzuje.



Fázový diagram

Je grafické vyjadrenie závislosti medzi veličinami určujúcimi stav sústavy. **Fázový diagram p-T** (na obrázku pre vodu) obsahuje tri krivky, ktoré vyjadrujú termodynamickú rovnováhu dvoch fáz. **Trojný bod** je spoločný bod krivky nasýtenej pary, krivky topenia a sublimačnej krivky. Charakterizuje stav látky, kedy je pevná, kvapalná aj plynná fáza tejto látky v termodynamickej rovnováhe. V **kritickom bode** sa stráca rozdiel medzi nasýtenou parou a kvapalinou. Častice pary majú tak vysokú kinetickú energiu, že pri vyvinutí ľubovoľného tlaku jednoducho nekondenzujú.



Tepelná kapacita telesa

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

Merná tepelná kapacita

$$c = \frac{C}{m}$$

Teplota potrebné na zmenu teploty o Δt

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Zadanie 12

1. Elektrický náboj a elektrické pole

- Opíšte vlastnosti elektrického náboja – premiestňovanie v telese, deliteľnosť (elementárny náboj), druhy náboja, zákon zachovania elektrického náboja
- Vysvetlite obsah Coulombovho zákona
- Definujte slovne i v ztáhom intenzitu elektrického poľa, elektrický potenciál a elektrické napätie
- Znázornite elektrické pole homogénne a radiálne
- Popíšte prácu v elektrickom poli vykonanú pri prenesení nabitkej častice, popíšte veličiny, ktoré v rovnici vystupujú
- Riešte Príklad: Akú prácu vykoná elektrická sila v homogénnom elektrickom poli s intenzitou veľkosti $1000 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ pri premiestnení častice s nábojom $+1,0 \mu\text{C}$ do vzdialenosti 10 cm v smere intenzity elektrického poľa? Aká veľká elektrická sila na časticu pôsobila?

$$E = 1000 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$q = 10^{-6} \text{ C}$$

$$d = 0,1 \text{ m} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$U = E \cdot d = 10^2 \text{ V}$$

$W = U \cdot q = 10^2 \text{ V} \cdot 10^{-6} \text{ C} = 10^{-4} \text{ J}$ $F_e = E \cdot q = 10^3 \text{ V} \cdot 10^{-6} \text{ C} = 10^{-3} \text{ N}$

- Opíšte vlastnosti elektrického náboja – premiestňovanie v telese, deliteľnosť (elementárny náboj), druhy náboja, zákon zachovania elektrického náboja

- Elektrický náboj** Q je skalárna fyzikálna veličina charakterizujúca elektricky nabitú telesá alebo častice vytvárajúce vo svojom okolí elektrické pole.
- Elementárny elektrický náboj** je najmenší možný náboj, ktorý sa dá v prírode experimentálne zistiť. Elementárny elektrický náboj má:
 - Elektrón** so záporným nábojom $-e$
 - Protón** s kladným nábojom e

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Elektrický náboj každého elektricky nabitého telesa sa rovná celistvému násobku elementárneho náboja

- Voľný elektrický náboj** sa dá prenášať z jedného telesa na druhé a môže sa premiestňovať i v jednom telese na makroskopické vzdialenosti. Voľný náboj tvoria elektróny v kovoch a polovodičoch, ióny v plynch a kvapalinách.
- Vodiče** sú látky obsahujúce voľný elektrický náboj, ktoré vedú elektrický prúd.
- Izolanty (dielektriká)** sú látky, ktoré neobsahujú voľný elektrický náboj a nevedú elektrický prúd.
- Zákon zachovania elektrického náboja:** Elektrický náboj sústavy, ktorá z okolia žiadne častice neprijíma ani ich okoliu neodovzdáva, je stály.
- Elektrické náboje na seba pôsobia Elektrickou silou F_e :
 - Súhlasné náboje, resp. súhlasne nabitú telesá sa odpudzujú;
 - Opačné náboje, resp. nesúhlasne nabitú telesá sa priťahujú.

- Vysvetlite obsah Coulombovho zákona

- Dva bodové elektrické náboje Q_1 a Q_2 , ktoré sa nachádzajú vo vzdialenosti r a sú v pokoji, sa navzájom priťahujú alebo odpudzujú rovnako veľkými elektrickými silami F_e , $-F_e$, ktoré majú veľkosť $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2}$, kde ϵ je **permitivita** prostredia $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$.

$$\text{Permitivita vákua } \epsilon = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$$

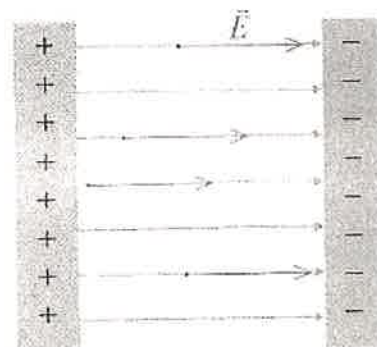
c. Definujte slovné i vzťahom intenzitu elektrického poľa, elektrický potenciál a elektrické napätie

- **Intenzita elektrického poľa E** je definovaná vzťahom $E=F_e/q$, kde F_e je elektrická sila, ktorou pôsobí elektrické pole v danom mieste na bodový náboj q . Intenzita elektrického poľa je vektorová veličina a charakterizuje elektrické pole v danom bode.
- Veľkosť intenzity elektrického poľa je $E=F_e/|q|$.
- Smer intenzity elektrického poľa je určený smerom elektrickej sily, ktorá pôsobí na kladný elektrický náboj vložený do elektrického poľa.
- **Elektrický potenciál φ** v ľubovoľnom bode elektrického poľa je skalárna veličina definovaná ako podiel potenciálnej energie E_p kladného bodového náboja q v danom bode a náboja q , t. j. $\varphi=E_p/q$.
- **Elektrické napätie U_{AB}** medzi dvomi bodmi A a B elektrického poľa je definované ako rozdiel potenciálov, t. j. $U_{AB}=\varphi_A-\varphi_B$, kde φ_A , φ_B sú potenciály v bodoch A a B.
- Elektrické napätie U_{AB} medzi dvomi bodmi A a B elektrického poľa je dané vzťahom $U_{AB}=W_{AB}/q$, kde W_{AB} je práca vykonaná elektrickou silou pri premiestňovaní elektrického náboja q z bodu A do bodu B.

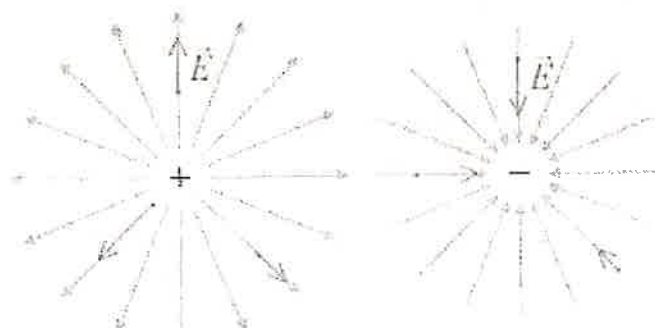
d. Znázorníte elektrické pole homogénne a radiálne

$$U = E \cdot d$$

- **Homogénne elektrické pole** sa nachádza medzi rovnobežnými, dostatočne veľkými a opačne nabitými vodivými doskami. V homogénnom elektrickom poli má intenzitu vo všetkých miestach rovnakú veľkosť i smer: $E=\text{konšt.}$ (medzi nabitými kondenzátormi)



- **Radiálne(centrálne) elektrické pole** sa nachádza v okolí osamoteného bodového náboja Q . Vektory intenzity radiálneho elektrického poľa E majú smer buď od bodového náboja Q (v prípade kladného náboja), alebo k nemu (v prípade záporného náboja). Elektrický náboj Q nazývame **zdrojom** radiálneho elektrického poľa.



e. Popíšte prácu v elektrickom poli vykonanú pri prenesení nabitkej častice, popíšte veličiny, ktoré v rovnici vystupujú

- **Práca**, ktorú vykonávajú sily elektrického poľa pri premiestnení náboja q z bodu A do bodu B, je daná vzťahom $W_{AB}=U_{AB} \cdot q$, kde U_{AB} je elektrické napätie medzi bodmi A a B elektrického poľa.

Elektrické pole a elektrický prúd

13

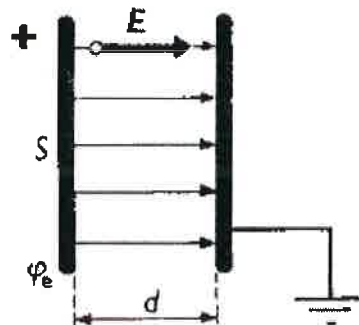
1. Definuj veličinu Kapacita a odvod' jej veličinu.

- Kapacita: fyzikálna veličina, ktorá vyjadruje schopnosť kapacitora udržať na sebe elektrický náboj.
- Kapacita sa značí: C [F], $1F = 1\frac{C}{V} \Rightarrow 1 \text{ Farad}$ je výsledkom, keď je kapacitor nabitý jedným Coulombom a elektrický potenciál je jeden Volt.

$$F = \frac{C}{V} = \frac{A \cdot s}{V} = \frac{J}{V^2} = \frac{W \cdot s}{V^2} = \frac{N \cdot m}{V^2} = \frac{C^2}{J} = \frac{C^2}{N \cdot m} = \frac{s^2 \cdot C^2}{m^2 \cdot kg} = \frac{s^4 \cdot A^2}{m^2 \cdot kg} = \frac{s}{\Omega} = \frac{1}{\Omega \cdot Hz} = \frac{s^2}{H}$$

2. Vysvetli vplyv konštrukcie doskového kondenzátora na jeho kapacitu.

- Doskový kondenzátor: rovnobežné vodivé dosky s plochou S , oddelené vzdialenosťou d (vzdialenosť vyplnená vzduchom/vákuom/dielektrikom). Po zapojení do obvodu vzniká medzi doskami rozdiel v napätí, ale netečie cez obvod žiaden prúd. Prúd tečie až vtedy, keď sa kapacitor vybíja.



- Kapacita závisí nepriamo-úmerne od vzdialenosti dosiek, priamo-úmerne od obsahu účinnej plochy a permitivity dielektrika. To znamená, že čím väčšia je účinná plocha, alebo čím menšia je vzdialenosť medzi týmito plochami, tým je kapacitancia väčšia.

- Permitivita je konštanta (vlastnosť) daná pre každé médium, ktoré oddeľuje platničky od seba.

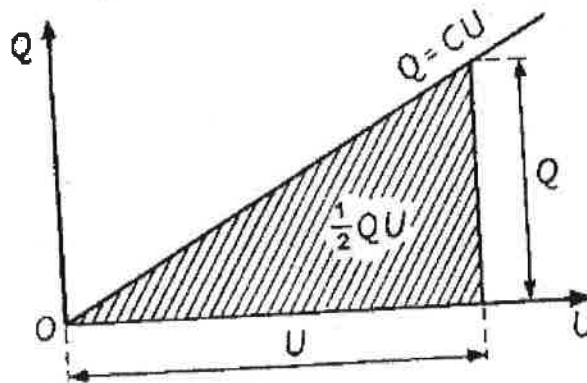
$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{d} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d}$$

3. Energia elektrického poľa nabitého kondenzátora.

- Prenos náboja = práca (W) = Kinetická energia (E_k)
- $Q = C \cdot U$ - Náboj je rovný súčinu kapacitancie a napätia
 - Q je Náboj
 - C je kapacita
 - U je napätie

b. $W = \frac{Q \cdot U}{2} \Rightarrow W = \frac{C \cdot U^2}{2} = \text{Energia Elektrického Pola nabitého Kondenzátora}$

$$W_e = A = \int_0^Q \frac{Q^+}{C} dQ^+ = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$



4.

a. Zapojenie Kondenzátorov:

i. Sériovo

$$C_{\text{total}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

ii. Paralelne

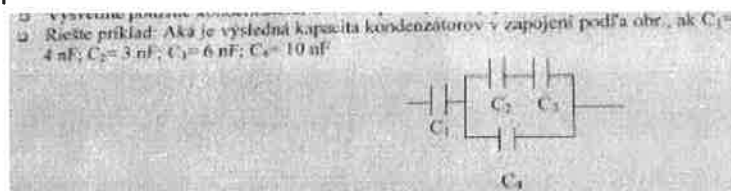
$$C_{\text{total}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

b. Využitie:

- Odstránenie vysokofrekvenčného napätia
- Filtrovanie DC

Čokoľvek, čo potrebuje nadmerné elektrické napätie v nízkej frekvencii (dočasné batérie, defibrilátor, blesk na fotoaparátach...)

5. Riešte príklad:



$$C_{\text{total}} = 3 \text{ nF}$$

14. Elektrický prúd

~ kováčsky vodič

Engelbert Jäger

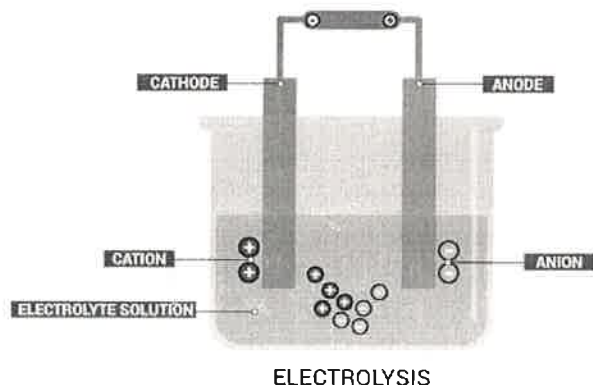
- Uveďte a vysvetlite podmienky vzniku elektrického prúdu v kovovom vodiči.

V prípade, že kovový vodič je pripojený ku svorkám elektrického zdroja, v kovovom vodiči vznikne **elektrické pole**, elektróny sa začnú pohybovať proti smeru intenzity energie E , ich neusporiadaný pohyb sa zmení na usporiadaný a vodičom prechádza prúd.

- Opíšte elektrický zdroj, opíšte deje, ktoré prebiehajú v galvanickom článku, uveďte príklady ďalších zdrojov napätia.

Elektrický zdroj je zariadenie, ktoré vytvára elektrické pole v obvode vďaka udržiavaniu rozdielu potenciálov medzi kladným a záporným pólom zdroja. Vďaka elektrickému poľu sú častice s elektrickým nábojom uvádzané do usporiadaného pohybu, čím vzniká elektrický prúd. Prúd prechádza zdrojom v smere od záporného pólu ku kladnému. Tieto póly elektrického zdroja sa nazývajú aj **svorky**.

Galvanický článok, alebo aj **Elektrochemický článok**, je zdroj elektrického napätia, kde dochádza k premene chemickej energie na elektrickú. Tvoria ho dve **elektrody** ponorené do vhodného **elektrolytu**.



Primárny galvanický článok: elektrody sú z rôznych kovov. Medzi elektrodou a elektrolytom vznikne elektrická dvojvrstva s rozdielom potenciálov. Hodnota potenciálu je rozličná pre rôzne kovy. Výsledné napätie galvanického článku je dané rozdielom potenciálov oboch elektrod. Proces premeny energie je nevratný – vybitý článok nie je možné znova nabiť.

Suchý článok – elektrody tvoria uhlík (+) a zinok (-), elektrolyt je chlorid amónny (NH_4Cl)

Alkalické články – dlhšia životnosť, viac elektrickej energie, elektrody tvoria grafit (+) a zinok (-), elektrolyt je hydroxid draselný (KOH)

Sekundárny galvanický článok: Jedná sa o vratný elektrochemický článok, ktorý možno opäť uviesť do nabitého stavu pripojením k vonkajšiemu zdroju a prechodom elektrického prúdu v opačnom smere ako pri vybíjaní. **Kapacita akumulátora** je celkový elektrický náboj, ktorý akumulátor vydá než sa vybije. Udáva sa v ampérhodinách (Ah)

Olovený akumulátor – olovené dosky ponorené v roztoku kys. Sírovej, svorkové napätie je približne 2V, malý vnútorný odpor

Alkalický akumulátor – elektrolyt tvorí KOH , svorkové napätie je približne 1,3V, dlhšia životnosť a väčší vnútorný odpor.

Lítiový akumulátor – môže byť dlhodobo zaťažovaný malými prúdmi, vhodný do počítačov a mobilov.

- Slovné i vzťahom vyjadrite Ohmov zákon pre časť elektrického obvodu, opíšte veličiny, ktoré v rovnici vystupujú, charakterizujte odpor vodiča, závislosť na jeho parametroch a závislosť od teploty.

Ohmov zákon – Prúd prechádzajúci elektrickým vodičom je priamo úmerný napätiu medzi koncami vodiča: $I = G \cdot U$

G – elektrická vodivosť, jednotkou G je **siemens (S)**

I – Prúd

U – Napätie

Častejšie sa však pre Ohmov zákon používa zápis $I = U / R$

R – (**Rezistencia**), elektrický odpor, pre ktorý platí $R = 1 / G$, jednotkou R je **ohm (Ω)**

Rezistencia R vodiča závisí pri danej teplote od jeho dĺžky l , kolmého prierezu S a od použitého materiálu vodiča.

ρ – merný elektrický odpor, veličina charakterizujúca materiál vodiča. Závislosť elektrického odporu vodiča od jeho dĺžky l , prierezu S a rezistivity materiálu vodiča vyjadruje vzťah: $R = \rho \cdot (l / S)$

Rezistencia R závisí aj od teploty, s rastúcou teplotou rastie. Táto závislosť je približne lineárna a platí pre ňu vzťah: $R = R_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$, kde R je odpor pri teplote t, R_0 je odpor pri teplote t_0 a α je **teplotný súčiniteľ elektrického odporu**, ktorý je charakteristický pre daný materiál.

- Vyjadrite Ohmov zákon pre uzavretý elektrický obvod – slovné i vzťahom, vysvetlite rozdiel medzi svorkovým a elektromotorickým napätím zdroja

V jednoduchom uzavretom elektrickom obvode prechádza prúd všetkými časťami obvodu, to znamená: spotrebičom, spínačom, spojovacími vodičmi a zdrojom napätia. Všetky časti obvodu kladú prúdu elektrický odpor. Odpor, ktorý kladie prúdu zdroj napätia sa nazýva:

vnútorný odpor zdroja – (R_i)

V prípade, že R je odpor elektrického spotrebiča, spojovacích vodičov a spínača, R_i vnútorný odpor zdroja, celkový odpor uzavretého zdroja $R + R_i$.

Pri **elektromotorickom** napätí (U_e) prechádza uzavretým obvodom prúd I.

Ohmov zákon platí v tvare: $U_e = (R_i + R) \cdot I$

Ohmov zákon pre uzavretý obvod môže mať tvar: $U_e = (R_i + R) \cdot I = R_i \cdot I + R \cdot I = U_i + U$

$$R \cdot I = U_i + U$$

$U_i = R_i \cdot I$ – úbytok napätia na vnútornom odpore zdroja R_i

$U = R \cdot I$ – úbytok napätia na vnútornom odpore R a súčasne **svorkové napätie**

napätie

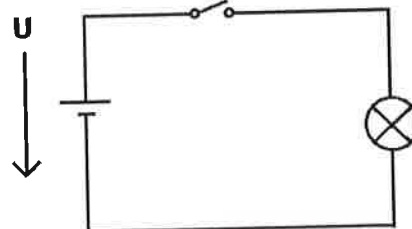
Svorkové napätie (U) zdroja klesá v závislosti od veľkosti prúdu odoberaného od zdroja. Závislosť $U = U(I)$ sa nazýva

zaťažovacia charakteristika elektrického zdroja. $U = U_e - R_i \cdot I$

Svorkové napätie je elektromotorické napätie, znížené o úbytok napätia na vnútornom odpore zdroja.

Keď spojíme svorky zdroja vodičom s nízkym odporom, nastane **skrat**, kedy vonkajší odpor je takmer nulový ($R = 0$), zdroj bude skratovaný, svorkové napätie $U = 0$ a zdrojom začne prechádzať **skratový prúd (I_s)**, pre ktorý platí $I_s = U_e / R_i$

Nebezpečenstvo skratu obmedzujeme **poistkami** a **ističmi** zapojenými do elektrického obvodu, ktoré ho pri skrate prerušia V obvodoch platí ohmov zákon, podľa ktorého veľkosť prúdu určíme ako. Ak teda jediným odporom je odpor vodiča, rádovo stotiny až desatiny ohmov, veľkosť prúdu je veľmi vysoká aj pri napätí 1 volt



- Riešte príklad:

$$U_e = 2 \text{ V}$$

$$R_i = 0,5 \Omega$$

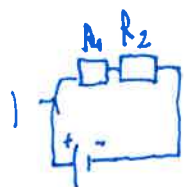
$$R = 2 \Omega$$

$$I = X$$

$$U = Y$$

$$I = \frac{U_e}{R + R_i} = \frac{2 \text{ V}}{2 \Omega + 0,5 \Omega} = 2 \text{ V} \cdot \frac{2}{5} = \frac{4}{5} \text{ A}$$

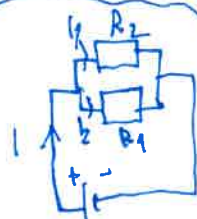
$$U = R \cdot I = 2 \Omega \cdot \frac{4}{5} \text{ A} = \frac{8}{5} \text{ V}$$



$$U = U_1 + U_2$$

$$R \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I$$

$$R = R_1 + R_2$$



$$I = I_1 + I_2$$

$$\frac{U_1}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

1. Polovodiče

- medzi polovodiče patria niektoré chemické prvky (kremík, germánium, uhlík, selén, telúr), niektoré chemické zlúčeniny (sulfid olovnatý, sulfid kademnatý), ale aj niektoré organické látky (hemoglobín)
- typickým znakom polovodičov je, že ~~merný~~ **elektrický odpor polovodičov ρ so zvyšujúcou teplotou sa rýchlo znižuje** (v kovoch sa naopak ρ so zvyšujúcou teplotou mierne zväčšuje)
 - o so zvyšujúcou sa teplotou sa zväčšujú rozmery častíc v mriežke, čo spôsobuje zväčšenie ρ . Znižovanie hodnoty ρ v polovodičoch spôsobuje to, že so zvyšujúcou sa teplotou v polovodičoch nastáva prudké zväčšenie hustoty voľných elektrónov, ktoré vedú elektrický prúd, tým sa polovodiče stávajú vodivými
 - o veľká teplotná závislosť odporu polovodiča sa v praxi využíva pri **termistoroch**. Termistor je jednoduchá polovodičová súčiastka, ktorá sa skladá z kúska polovodiča a dvoch elektrických prívodov. Meraním odporu termistora môžeme nepriamo merať teplotu danej látky s presnosťou až na 10^{-3} K


1.1. Vlastné polovodiče

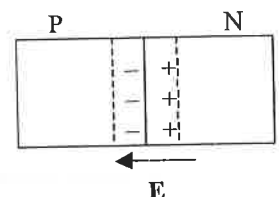
- pri vyšších teplotách kmity atómov mriežky môžu vyvolať porušenie väzieb medzi atómami, a tak zrušením niektorých väzieb vznikajú dva typy voľných častíc s nábojom – **voľné elektróny** a tzv. **diery** (častice s kladným elektrickým nábojom); hovoríme o vzniku, čiže **generácii** párov elektrón – diera
- pojmom **diera** charakterizujeme situáciu, keď uvoľnený valenčný elektrón chýba vo väzbe medzi atómami. Kladný náboj získava diera z prebytku kladných nábojov atómového jadra, ktoré bolo pred uvoľnením valenčného elektrónu v rovnovážnom stave. Diera teda nepredstavuje skutočnú časticu s nábojom, akou je napr. protón
- pri stretnutí voľného elektrónu s dierou obsadí voľný elektrón prázdne miesto v chemickej väzbe, čím nastane zánik páru voľný elektrón – diera. Z voľného elektrónu sa opäť stane valenčný (väzbový) elektrón; zánik týchto párov sa nazýva **rekombinácia**
- bez prítomnosti elektrického poľa v polovodičoch je pohyb voľných elektrónov a dier chaotický (pohyb diery si predstavujeme tak, že niektorý z valenčných elektrónov susedných väzieb (v danom okamihu ešte neporušených) preskočí na miesto väzby porušenej. Tým obnoví pôvodne porušenú väzbu a spôsobí zánik diery. Súčasne sa objaví diera na inom mieste, takže diery „putujú“ po kryštáli vodiča)
- keď je v polovodičoch elektrické pole, potom sa voľné elektróny pohybujú proti smeru a diery v smere vektora intenzity tohto poľa. V polovodiči vznikne elektrický prúd. Keďže oba druhy častíc majú opačné náboje a pohybujú sa v opačných smeroch, tak **výsledný elektrický prúd I v polovodiči** sa rovná súčtu elektrónového prúdu I_e a dierového prúdu I_d :
 - o $I = I_e + I_d$
 - o tento typ elektrickej vodivosti sa nazýva **vlastná vodivosť**, lebo je umožnená vlastnými elektrónmi atómov polovodičov. Látky s touto vodivosťou tvoria **vlastné polovodiče**
- so zvyšujúcou sa teplotou sa zvyšuje hustota voľných elektrónov a dier, tým sa znižuje elektrický odpor (neplatí Ohmov zákon)

1.2. Nevlastné (prímesové) polovodiče

- pridaním niektorých prímesi do polovodičov môžeme dosiahnuť, aby v polovodiči prevažovala elektrónová alebo dierová vodivosť
- keď v kryštáli kremíka nahradíme niektorý atóm štvormocného kremíka päťmocným atómom fosforu, tak štyri elektróny sa zúčastnia na kovalentnej väzbe, no piaty elektrón je k fosforu veľmi slabo viazaný, a tak už pri nízkej teplote sa od neho odpúta a stane sa voľným elektrónom (diera nevznikne). V kremíku je nadbytok voľných elektrónov, a tak takýto polovodič sa nazýva **polovodič s elektrónovou vodivosťou (polovodič typu N)**
 - prímesové atómy, ktoré z polovodičovej látky tvoria polovodič typu N, nazývajú sa **donory** (poskytujú voľné elektróny). Pre kremík a germánium sú donormi napr. fosfor, dusík, arzén, antimón, bizmut
- keď do kryštálu mriežky kremíka zabudujeme atóm trojmocného prvku (napr. indium), chýba mu na plné obsadenie väzby jeden valenčný elektrón. Vznikne diera bez vzniku voľného elektrónu. Vodivosť spôsobená dierami sa volá **dierová vodivosť polovodiča (polovodič typu P)**
 - prímesové atómy, ktoré spôsobujú vodivosť typu P, nazývajú sa **akceptory** (od svojho okolia sú schopné prijať väzbový elektrón, čím vznikajú diery). Pre kremík a germánium sú akceptormi napr. indium, bór, hliník, gálium
- elektrickú vodivosť tohto druhu nazývame **nevlastná vodivosť**, lebo je spôsobená prítomnosťou cudzích, nie vlastných atómov. Polovodiče s touto vodivosťou sa volajú **nevlastné (prímesové) polovodiče**
- v nevlastných polovodičoch elektrický prúd sprostredkuje jeden typ častíc (väčšinové – majoritné častice); v danom polovodiči sú aj voľné častice s opačným nábojom (menšinové – minoritné častice)

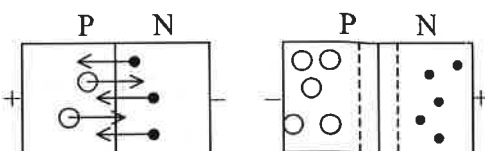
1.3. PN prechod

- rozhranie dvoch polovodičov s rozličným typom vodivosti sa volá PN prechod; pričom tento prechod sa vyznačuje tým, že má schopnosť usmerňovať – prepúšťať elektrický prúd iba jedným smerom
- polovodič s prechodom PN nazývame **polovodičová dióda** - značka 
- hustota voľných elektrónov a dier je v oboch častiach polovodiča rozmanitá, takže vzniká difúzia voľných elektrónov z polovodiča typu N do polovodiča typu P a naopak difúzia dier z P do N. Pri difúzii elektrónov z N do P zostanú v časti N v okolí rozhrania nevykompenzované kladné ióny donorov; v časti P voľné elektróny rýchlo rekombinujú s dierami, takže v blízkosti rozhrania sa v tejto časti utvoria nevykompenzované záporné ióny akceptorov. Analogicky prebieha opísaný dej pri difúzii dier z P do N, takže v okolí rozhrania zostávajú v časti P nevykompenzované záporné ióny akceptorov a v časti N nevykompenzované kladné ióny donorov. V dôsledku týchto dejov sa v priestore okolo rozhrania utvára prechod PN ako elektrická dvojvrstva s iónmi opačnej polarizácie. vzniknuté elektrické pole v prechode PN zabraňuje ďalšej difúzii väčšinových voľných častíc s nábojom. Pri istej veľkosti intenzity elektrického poľa sa vytvorí rovnovážny stav. Prechod PN je takmer bez voľných nabitých častíc, a preto má veľký elektrický odpor, ktorý rozhoduje o celkovom elektrickom odpore polovodiča.
- PN prechod spôsobuje prenos menšinových častíc (diery v N, voľné elektróny v P) do susednej oblasti, no v rovnovážnom stave počet dier a počet voľných elektrónov, ktoré prejdú do susednej časti, je rovnaký, takže výsledný elektrický prúd na prechode PN je nulový.



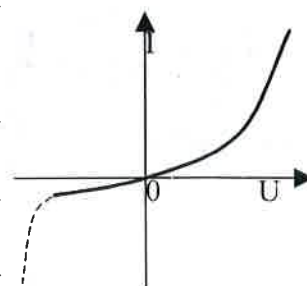
- keď polovodičovú diódu pripojíme k zdroju elektromotorického napätia, tak v polovodiči nastanú zmeny:

- o keď kladnú svorku zdroja pripojíme k P a zápornú k N, potom elektrické pole prechodu PN sa zoslabí elektrickým poľom zdroja napätia. V dôsledku porušenia rovnovážneho stavu difundujú do oblasti prechodu diery zo vzdialenejších miest časti P a voľné elektróny zo vzdialenejších miest časti N; to sa prejaví zmenšením elektrického odporu prechodu PN a elektrickým, obvodom začne pretekať prúd – hovoríme, že prechod PN je zapojený v **priepustnom smere** a že ním prechádza **priepustný prúd**
- o keď zmeníme polaritu vonkajšieho zdroja napätia, zväčší sa intenzita elektrického poľa prechodu PN. To vyvolá pohyb väčšinových voľných častíc smerom od rozhrania, takže sa oblasť prechodu ochudobnená on voľné častice s nábojom ešte viac rozšíri; elektrický odpor PN prechodu sa zväčší, takže diódou bude pretekať len veľmi malý elektrický prúd – hovoríme, že prechod PN je zapojený v **závernom smere** a že ním prechádza **záverný prúd**



- graf závislosti elektrického prúdu prechádzajúceho polovodičovú diódou od napätia v dióde sa nazýva **voltampérová charakteristika polovodičovej diódy**

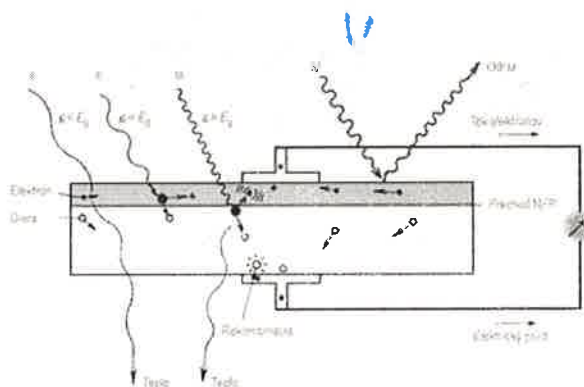
- o elektrický prúd v dióde nelineárne závisí od napätia na dióde
- o zvyšovaním napätia na dióde zapojenej v priepustnom smere sa prúd veľmi rýchlo zväčšuje (I. kvadrant)
- o pri zapojení diódy v závernom smere prechádza diódou malý záverný prúd (III. kvadrant, v grafe je znázornený v menšej mierke)



2. Fotovoltaické články

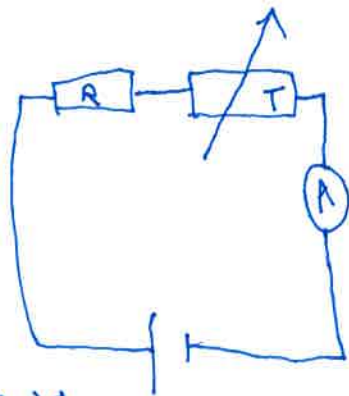
Fotovoltaický článok je polovodičový veľkoplošný prvok s aspoň jedným PN prechodom (v podstate ide o polovodičovú diódu). Jedna vrstva kremíka (Si) sa vďaka prímеси atómov fosforu vyznačuje nadbytkom elektrónov (záporných nábojov) a označuje sa ako N-vrstva. Druhá vrstva kremíka je obohatená atómami bóru, čím v nej vzniká nedostatok elektrónov, označuje sa ako P-vrstva a má kladný náboj. Na rozhraní materiálov P a N vzniká prechodová vrstva P-N, v ktorej existuje elektrické pole vysokej intenzity. V ožiarenom fotovoltaickom článku sú fotónmi generované elektricky nabité častice (pár elektrón - diera).

Niektoré elektróny a diery sú potom separované vnútorným elektrickým poľom PN prechodu. Rozdelenie náboja má za následok napätový rozdiel medzi "predným" (-) a "zadným" (+) kontaktom solárneho článku. Zátážou (elektrospotrebičom) pripojenou medzi oboma kontaktmi potom preteká jednosmerný elektrický prúd, ktorý je priamo úmerný ploche solárnych článkov a intenzite dopadajúceho slnečného žiarenia. Jedná sa v podstate o aplikáciu fotoelektrického javu, pri ktorom dopadom fotónov na polovodičový p-n prechod dochádza k uvoľňovaniu a hromadeniu voľných elektrónov. Fotovoltaiku objavil Alexander Edmond Becquerel v roku 1839.



Transistor - PN P₁ NPN - ^{nový} - ~~nový~~
~~simbolem~~
~~oboznačen~~
~~oboznačen~~
~~oboznačen~~

Příklad:



$$U = R \cdot I$$

$$U = (R + R_{T_1}) \cdot I_1 = (R + R_{T_2}) \cdot I_2$$

$$20 = (1000 + R_{T_1}) \cdot 0,02 = (1000 + R_{T_2}) \cdot 0,01$$

$$\frac{20}{0,01} = 1000 + R_{T_1} = 1000 + R_{T_2} \quad I = 0,01 : 2$$

$$1000 = 1000 + R_{T_1} = 500 + R_{T_2} \quad | - 1000$$

$$R_{T_1} = \frac{R_{T_2} - 500}{2}$$

$$\frac{U}{I_1} = R + R_{T_1}$$

$$\frac{U}{I_1} - R = R_{T_1}$$

$$\frac{U}{I_2} = R + R_{T_2}$$

$$\frac{U}{I_2} - R = R_{T_2}$$

$$\frac{20}{0,02} - 1000 = R_{T_1} = 4000 - 1000 = 3000$$

$$\frac{20}{0,01} - 1000 = R_{T_2} = 2000 - 1000 = 1000$$

Napětí zdroje 20V

Prezistor 1000Ω

Průtok $I_1 = 20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$

Lisící poměr $\frac{R_{T_1}}{R_{T_2}}$

R_{T_2} je po porovnání dolejší

$I_2 = 10 \text{ mA} = 0,01 \text{ A}$

15a – Elektrický prúd v kvapalinách

Disociácia

Rozklad molekúl – môže byť tepelná (od veci, rozpadne sa kryštálová mriežka teplom), alebo **elektrolytická disociácia**, resp. **ionizácia** – v roztoku, napríklad $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ (tu sa tvorí oxóniový anión H_3O^+), $\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$, alebo $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ vo vode. Na^+ je **katión**, Cl^- **anión**.

Elektrolyt

je roztok (alebo tavenina), v ktorom prebehla elektrolytická disociácia a stal sa vodivým vďaka **voľným iónom** (prečo je vodivý kov? tiež sú tam voľné záporne nabité častice – v tomto prípade elektróny)

Elektrolýza

do elektrolytu ponoríme dve elektródy – **anódu (+)** a **katódu (-)**. Tie priťahujú/odpuďujú ióny – elektrický prúd. Katióny sa pohybujú ku katóde, anióny k anóde. Elektróde odovzdajú náboj (ten elektrón navyše/čo chýba), potom sa vylučujú na elektróde alebo ďalej chemicky reagujú. Tieto látkové zmeny sú **elektrolýza**. Na katóde sa vylučuje vodík alebo kov, na anóde buď látka alebo sa táto rozpúšťa.

Ak počet elektrónov (s elementárnym nábojom e) nutných pre vylúčenie jednej molekuly je z a hmotnosť molekuly M_m , potom $m = \frac{Q}{zF} \frac{M_m}{N_A} = Q \frac{M_m}{zF}$, kde F je **Faradayova konštanta** $F = N_A e = 9,65 \cdot 10^4 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$.

Ako určíme z

Pozrieme sa na to, koľko väzbových prvkov máme. Konštanta z pre vylúčenie medi z CuSO_4 bude 2, alebo nakoľko je to síran meďnatý a katióny sú Cu^{2+} .

Prvý Faradayov zákon elektrolýzy

Hmotnosť vylúčenej látky je priamo úmerná náboju prejdelemu elektrolytom (to je počet elektrónov). $m = AQ$, kde A je elektrochemický ekvivalent látky (materiálová konštanta). $[A] = \frac{\text{kg}}{\text{C}}$.

Druhý Faradayov zákon elektrolýzy

$A = \frac{M_m}{zF}$, teda elektrochemický ekvivalent vypočítame deliac molárnu hmotnosť látky Faradayovou konštantou a počtom elektrónov nutných k vylúčeniu jednej molekuly.

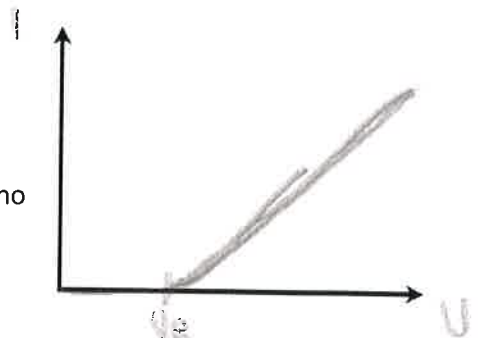
Látkové množstvá rôznych látok vylúčených pri elektrolýze rovnakým nábojom sú chemicky ekvivalentné (môžu sa nahradiť, alebo bezo zvyšku zlúčiť).

Načo je to dobré?

Vieme pokovovať, vyrobiť si batériu, akumulátor...

Voltampérová charakteristika elektrolytu

Prúd začne tiecť až od istej hodnoty napätia, tzv. rozkladného napätia U_T , teda $I = \frac{U - U_T}{R}$.



Príklad

Vypočítajte hmotnosť hliníka ($z = 3$), ktorý sa vylúči pri elektrolýze na elektróde za 24 hodín pri stálom prúde $I = 10 \text{ kA}$.

$$M_m = 26,982 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad Q = 86400 \text{ C}$$

$$m = \frac{Q}{zF} M_m = \frac{10^4 \cdot 10^2 \cdot 864 \cdot 26,982}{3 \cdot 9,65 \cdot 10^4} = \frac{864 \cdot 26,982 \cdot 10^2}{3 \cdot 9,65} = \frac{864 \cdot 0,093 \cdot 86400 \cdot 10^4}{864 \cdot 0,093} = 80,352 \text{ kg}$$

15b – elektrický prúd v plynoch

Ionizácia

Elektrónový oblak vie vzniknúť i v plyne **odštiepením elektrónov** z molekúl plynu – ionizáciou. Spätný proces sa nazýva **rekombinácia** a prebieha samovoľne a prirodzene – kladne nabitý ión vzniknutý odštiepením elektrónu tento elektrón priťahuje naspäť.

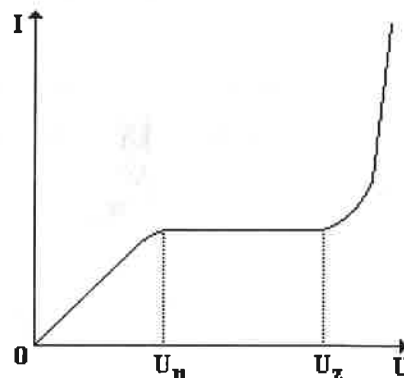
Aby bol plyn ionizovaný, najskôr naň musí pôsobiť **ionizátor** – je to energeticky dosť náročný proces – teda napríklad rôzne druhy žiarenia, plameň, teplo... Vzduch tu je ionizovaný rádioaktivitou Zeme (cca 10 štiepených molekúl za sekundu v cm^3).

Nesamostatný výboj

Ionizovaný plyn v elektrickom poli obsahuje kladné ióny, ktoré sa hýbu smerom ku katóde elektróny a záporné ióny (elektrón sa naviazal na neutrálnu časticu) smerom k anóde. Ión dorazivší k elektróde stráca náboj. Väčšinou sa stane, že ak prestaneme ionizovať plyn, tento už prúd nevedie, čím následne **výboj** (názov pre prúd v plyne alebo plazme) zaniká. Takýto výboj nazývame **nesamostatný výboj**.

Samostatný výboj

Keď v ionizovanom plyne postupne zvyšujeme napätie, zväčšujeme i silu, ktorá pôsobí na častice letiace k elektródam a teda ich rýchlosť. V istom momente však dosahujeme **nasýtený prúd** – všetky elektróny vzniknuté ionizáciou sú na elektródach.



Pri hodnote **zápalného napätia** však sú častice tak rýchle, že nárazmi do iných častíc tieto rozbíjajú – ďalej ionizujú plyn! (tzv. **lavínová ionizácia**) Iónov je čím ďalej viac, prúd rastie a rastie – **samostatný výboj**. Takto vysoko ionizovaný plyn sa nazýva **plazma**.

Oblúkový výboj

Samostatný výboj medzi silne zahriatymi elektródami.

Elektrický oblúk je pomerne nežiadúca záležitosť napr. pri vypínaní vecí (hlavný vypínač na lokomotive) – fakt nechceme iskru – používa sa preto tzv. zhášacia komora – magnetické alebo tlakovzdušné vyfukovanie oblúka.

Iskrový výboj

Princíp podobný oblúkovému, ale nemá trvácny zdroj, preto trvá krátko. Napríklad **blesk**, pri ktorom $U \approx 10^9 \text{ V}$; $I \approx 10^5 \text{ A}$.

Koróna

Vzniká v nehomogénnom elektrickom poli, keď intenzita elektrického poľa je dostatočná pre lavínovú ionizáciu len v určitých miestach.

Ako fungujú svietidlá

Trubice neobsahujú plyn, ktorý by zahrievaním či ionizáciou svietil. V niektorých prípadoch (oblúková lampa, tlejivka) svietia elektródy, inokedy zas plyn vyžaruje ultrafialové žiarenie a zvnútra je v trubici nanosená vrstva luminiforu (biely), ktorý vyžaruje svetlo viditeľného spektra pri ožiarení UV svetlom. Niekedy je potrebná sekunda na funkciu štartéra – zahriatie elektród.

Zadanie 17 - Magnetické pole (stacionárne)

Permanentný magnet je trvalo zmagnetizované teleso, ktoré je zdrojom stáleho magnetického poľa. Má dva póly, severný a južný.

Keď sa magnetka dostane do magnetického poľa permanentného magnetu, jej severný pól je priťahovaný k južnému pólu magnetu a jej južný pól ku severnému pólu magnetu. Kvôli týmto silám sa magnetka otočí nesúhlasným pólom ku najbližšiemu pólu magnetu a pritiahne sa k nemu.

Magnetické pole pôsobí na vodič s prúdom magnetickou silou, ktorej smer zistíme pomocou Flemingovho pravidla ľavej ruky a ktorá je priamo úmerná magnetickej indukčii pola, prúdu prechádzajúcemu cez vodič, efektívnej dĺžke vodiča a sínusu uhla, ktorý zvierajú indukčné čiary s vodičom.

$$F_m = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$$

Pilinový obrazec vzniká okolo permanentného magnetu, priameho vodiča s prúdom a cievky s prúdom kvôli tomu, že sú to zdroje magnetického poľa. Toto pole zmagnetizuje železné piliny, ktoré sa následne rozmiestnia a otočia podľa indukčných čiar. Piliny sa nahromadia pri póloch, lebo tam sú najhustejšie indukčné čiary. V cievke, ak nemá pevné jadro, sa nahromadia vo vnútri, keďže tade prechádzajú všetky indukčné čiary.

Magnetická indukcia (B) je vektorová veličina, ktorá charakterizuje silové účinky magnetického poľa na vodič s prúdom v magnetickom poli alebo na pohybujúci sa náboj. Má jednotku tesla (T). Vzorec je možné odvodiť zo vzorca na výpočet magnetickej sily.

$$B = \frac{F_m}{I \cdot l \cdot \sin \alpha} \quad \text{v cievke } B = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{d}$$

Flemingovo pravidlo ľavej ruky: "Položíme otvorenú dlaň ľavej ruky na vodič, ktorým preteká prúd tak, aby prsty ukazovali smer prúdu a indukčné čiary vstupovali do dlane, natiahnutý palec ukazuje smer sily, ktorou pôsobí magnetické pole na vodič."

Ampérovovo pravidlo pravej ruky: "Naznačíme uchopenie vodiča do pravej ruky tak, aby natiahnutý palec ukazoval smer prúdu, potom pokrčené prsty ukazujú smer indukčných čiar."

Použite Flemingovo pravidlo na určenie smeru magnetickej sily, ktorou pôsobí homogénne magnetické pole na priamy vodič s prúdom.

Pomocou Ampérovho a Flemingovho pravidla zdôvodnite vzájomné silové pôsobenie dvoch rovnobežných vodičov s prúdmi súhlasného i opačného smeru.

Riešte príklad: V homogénnom magnetickom poli s magnetickou indukciou 0,2 T sa nachádza priamy vodič dĺžky 10 cm, ktorým prechádza prúd 2 A, v dôsledku čoho naň pôsobí sila 20 mN. Určte uhol, ktorý zvierá vodič so smerom magnetických indukčných čiar.

Predpokladáme, že hľadaný uhol je ostrý.

Zadanie č. 18

Nestacionárne magnetické pole

- Definujte veličinu magnetický indukčný tok a jeho hodnotu
- Opíšte jav elektromagnetickej indukcie
- Vyslovte Faradayov zákon elektromagnetickej indukcie a Lenzov zákon
- Vysvetlite jav vlastnej indukcie a jeho dôsledky
- Vysvetlite silové pôsobenie magnetického poľa na nabitú časticu pohybujúcu sa kolmo na indukčné čiary poľa

Zdroje nestacionárneho magnetického poľa:

- Pohybujúci sa permanentný magnet al. elektromagnet
- Pohybujúci sa vodič, ktorým prechádza prúd (bez ohľadu na to, či je konštantný alebo sa mení v závislosti od času)
- Nepohybujúci sa vodič, ktorým prechádza časovo premenlivý prúd (príp. pohybujúca sa nabitá častica)
- Časovo premenné elektrické pole

Magnetický indukčný tok

Je veličina, ktorá vyjadruje množstvo (súhrnný tok) magnetickej indukcie B prechádzajúcej plochou S , pričom α je v tomto vzťahu uhol, ktorý zvierá normála plochy S s vektorom magnetickej indukcie B .

Symbol veličiny: Φ [fí]

$\Phi = BS \cos \alpha$ — tento vzťah platí pri homogénnom magnetickom poli a rovinnej ploche

Pokiaľ je vektor mag. indukcie B kolmý k ploche závit, vzťah možno vyjadriť aj ako: $\Phi = BS$.

Jednotka: Wb [Weber]

$$1 \text{ Wb} = \frac{\text{kg} \times \text{m}^2}{\text{s}^2 \times \text{A}}, \text{ resp. } T \times \text{m}^2 \quad (1 \text{ T} = 1 \text{ Wb na ploche 1 metra štvorcového})$$

1 Wb je magnetický indukčný tok indukujúci v závit, ktorý ho obopína, elektromotorické napätie U_i 1 voltu, ak sa tento tok znižuje rovnomerne tak, že za 1 sekundu zanikne.

Elektromagnetická indukcia

Jav, pri ktorom vo vodiči dochádza ku vzniku indukovaného elektromotorického napätia U_i a indukovaného prúdu v dôsledku časovej zmeny magnetického indukčného toku, t. j. dôsledkom umiestnenia vodiča v nestacionárnom magnetickom poli.

Príklad: Permanentný magnet pohybujúci sa v dutine cievky vytvára nestacionárne magnetické pole, ktoré je príčinou indukovaného elektrického poľa, teda medzi koncami cievky (vodiča) vzniká indukované elektromotorické napätie a uzavretým elektrickým obvodom prechádza indukovaný elektrický prúd.

Faradayov zákon elektromagnetickej indukcie:

„Indukované elektromotorické napätie sa rovná zápornej časovej zmene magnetického indukčného toku.“

$$U_i = -\Delta\Phi/\Delta t$$

- U_i je kladné, ak $\Delta\Phi$ je záporné

- U_i je záporné, ak $\Delta\Phi$ je kladné

Lenzov zákon:

„Indukovaný prúd svojimi účinkami pôsobí tak, aby potlačil zmenu, ktorá ho vyvolala.“

Vlastná indukcia/indukčnosť [L]

Indukovanie elektromotorického napätia v cievke pri prechode časovo premenného prúdu cievkou — cievka sa nachádza vo svojom vlastnom nestacionárnom magnetickom poli.

$$\Phi = L \times I \quad U_i = -L \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow L = -U_i \times \frac{\Delta t}{\Delta I}$$
$$U_i = -\Delta\Phi/\Delta t$$

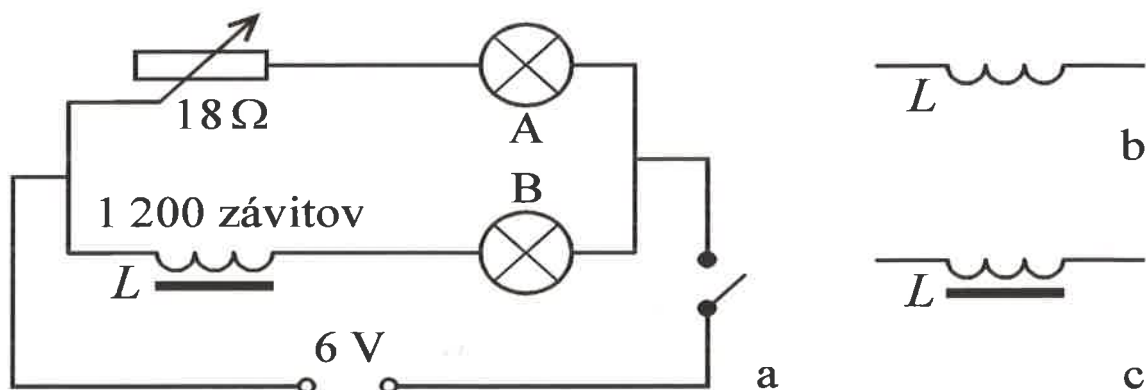
Pre solenoid (cievku)

$$L = V \times \frac{S}{A} = H \text{ [Henry]}$$

$$L = \mu_0 \times \frac{N^2 S}{l}$$

Experiment — dôsledky vlastnej indukcie:

1. Zostavíme obvod podľa obrázku.
2. Vypínač zaradený v nerozvetvenej časti obvodu zapneme a vyregulujeme odpor vetvy s rezistorom (reostatom) tak, aby bol rovnaký, ako vo vetve s cievkou. Vtedy by mali obidve žiarovky svietiť rovnako jasne.
3. Pozorovanie správania prúdu vo vetvách pri striedavom zapínaní a prerušovaní obvodu vypínačom.



Časť obvodu na obrázku je rozvetvená. V jednej vetve je zapojená cievka na uzavretom feromagnetickom jadre, v druhej vetve je reostat s približne rovnakým odporom, aký má aj cievka, b) schematická značka pre cievku bez feromagnetického jadra, c) pre cievku s feromagnetickým jadrom.

Zistenie:

- a) Pri zapnutí vypínača sa vo vetve s cievkou rozsvietila žiarovka neskôr ako žiarovka vo vetve s reostatom.
- b) Pri vypnutí vypínača zhasli obe žiarovky súčasne. (rozkladní účinky, ale je to nevyhnutné.)

Vysvetlenie:

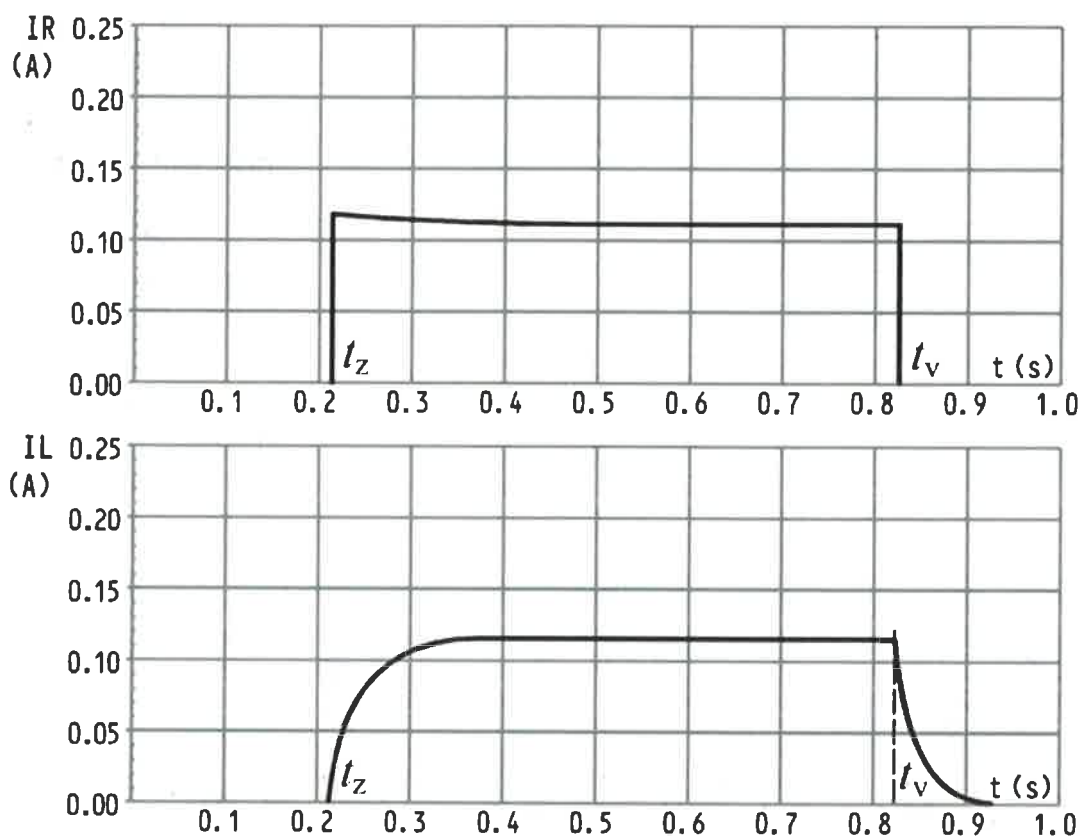
- a) Vo vetve s rezistorom sa prúd okamžite po zapnutí ustáli na určitej hodnote, vyplývajúcej z Ohmovho zákona pre časť obvodu.

Vetva s cievkou:

Ak zapneme vypínač, prúd sa zväčšuje a spolu s ním vzrastá magnetický tok prechádzajúci dutinou cievky. Cievka sa nachádza vo vlastnom, časove premennom magnetickom poli. V cievke sa indukuje prúd, ktorý sa podľa Lenzovho zákona snaží zabrániť zmene, ktorá ho vyvolala. Indukovaný prúd bude

preto namierený proti smeru narastajúceho prúdu z pripojeného zdroja napätia. Prúd vo vetve s cievkou preto narastá pomalšie ako vo vetve s rezistorom.

b) Aj teraz by sa mala prejavíť elektromagnetická indukcia (Ak cievkou prechádzal ustálený prúd a obvod vypínačom prerušíme, prúd klesá k nule a znižuje sa aj magnetický tok v dutine cievky. V cievke sa znova indukuje prúd, ktorý sa snaží zabrániť zmene, ktorá ho vyvolala. Teraz bude indukovaný prúd namierený tak, aby zabránil poklesu prúdu z pripojeného zdroja. Bude mať teda rovnaký smer ako pôvodný prúd.) a žiarovka vo vetve s cievkou by mala zhasnúť neskôr ako žiarovka vo vetve s reostatom. Aby sme to mohli overiť a vysvetliť zmeriame prúdy vo vetvách.



Merania veľkosti prúdu

- Prúd I_R vo vetve s rezistorom vzrastie a ustáli sa ihneď po uzavretí obvodu vypínačom v čase t_z . Prúd I_L vo vetve s cievkou začne prechádzať v rovnakom čase t_z , ale narastá postupne a ustáli sa neskôr ako prúd I_R .

- Prúd I_R vo vetve s rezistorom klesne na nulu ihneď po prerušení obvodu vypínačom v čase t_v . Prúd I_L vo vetve s cievkou začne v rovnakom čase t_v postupne klesať a nulovú hodnotu dosiahne neskôr ako prúd I_R .

Z grafov vyplýva, že žiarovkou zaradenou v obvode s cievkou prechádza prúd ešte o niečo dlhšie, než žiarovkou vo vetve s rezistorom.

Pri prerušení obvodu poklesne prúd I_L behom piatich stotín sekundy na zlomok svojej pôvodnej hodnoty. Pri tak malom prúde sa jas žiarovky nedá rozlíšiť od jasu žiarovky vo vetve s rezistorom, ktorá vďaka tepelnej zotrvačnosti vlákna tiež nezhasne okamžite v čase t_v .

Riešte príklad: Rovnomernou zmenou prúdu v cievke o 1,5 A za 0,2 s sa v cievke indukovalo napätie 30mV; určte indukčnosť cievky.

e) vyveďte silové

a v ledí nabíto částic do magnetického pole

$$F_{od} = F_{m}$$

$$mv \cdot \frac{v}{r} = B \cdot Q \cdot v$$

$$mv \cdot \frac{v}{r} = B \cdot Q$$

hmotnostní spektrometrie

$$I = 1,5 \text{ A} \quad N = 0,2 \text{ m} \quad U = 30 \cdot 10^{-3} \text{ V} \quad L = ?$$

$$r = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$L = \cancel{1,5 \text{ A}} \cdot U \cdot \frac{r}{I} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-1}}{1,5} = \frac{60}{15} \cdot 10^{-4} = 40 \cdot 10^{-4} \text{ H} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

19. Magnetické pole

Charakterizujte látky diamagnetické, paramagnetické a feromagnetické. Vysvetlite ich vplyv na vonkajšie magnetické pole. Na základe hodnôt permeabilit uveďte, či je látka dia-, para-, alebo feromagnetická

Podľa magnetických vlastností delíme látky na :

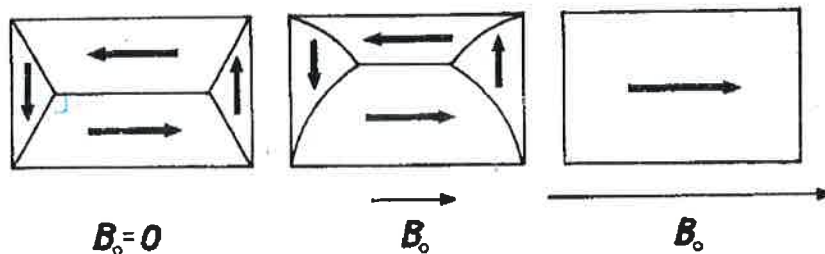
- Diamagnetické – látky zoslabujúce magnetické pole, ich relatívna permeabilita je menšia ako 1
zlato, meď, olovo, voda, inertné plyny
- Paramagnetické – látky s relatívnou permeabilitou väčšou ako jedna, tým pádom látky mierne zosilujúce magnetické pole
hlinitík, platina, vzduch, mangán
- Feromagnetické – tieto látky magnetické pole výrazne zväčšujú, *koľko* ich relatívna permeabilita je značne väčšia ako 1
železo, nikel, kobalt

Pre feromagnetické látky existuje tzv. Curieova teplota, pri ktorej tieto látky strácajú svoje feromagnetické schopnosti a stávajú sa paramagnetickými

Vysvetlite pojmy magnetická doména, spontánna magnetizácia a magnetizovanie

Magnetické domény – mikroskopické zmagnetizované oblasti v látke spôsobujúce magnetizáciu látky; sú orientované náhodne, ale pod vplyvom vonkajšieho magnetického poľa sa orientujú súhlasne a látka následne získava vlastnosti magnetu, tomuto procesu sa hovorí spontánna magnetizácia

Magnetizovanie – dej, pri ktorom sa po vložení feromagnetickje látky do vonkajšieho magnetického poľa magnetické momenty v nej postupne stáčajú do smeru vektora magnetickej indukcie ; pri určitej veľkosti magnetického poľa sa magnetické momenty usporiadajú paralelne, zmizne doménová štruktúra a látka sa stane magneticky nasýtenou



Vyjadrite vzťah intenzity magnetického poľa cievky, odvoďte jej jednotku a dajte do vzťahu súvislosti magnetickú intenzitu s magnetickou indukciou

$$H = \frac{N \cdot I}{l}$$

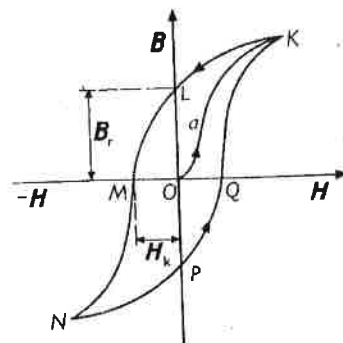
N = počet zvinov
I = prúd
l = dĺžka cievky
H = intenzita

$$B = \mu \cdot H = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l} \text{ [T]}$$

B = indukcia
μ = permeabilita

Opíšte priebeh magnetizácie a odmagnetizácie látky pomocou hysteréznej krivky, vysvetlite pojem magnetická hysterézia a charakterizujte magneticky mäkké a tvrdé látky

- Feromagnetická látka vchádza do vonkajšieho magnetického poľa (napr. cievky)
- Pridávaním prúdu začne v závislosti od intenzity magnetického poľa rásť aj jeho indukcia = krivka prvej magnetizácie
- Z bodu nasýtenia sa znižovaním intenzity začne znižovať aj indukcia, no po inej krivke, ako prejav nenávratnosti magnetizačných procesov
- Intenzita nadobúda na rozdiel od indukcie nulovú hodnotu, indukcia má hodnotu B_r = remanentná magnetická indukcia
- Obrátením smeru prúdu sa zmení smer vektora intenzity, a začne rásť 'opačným' smerom, hodnota indukcie klesá
- Pri hodnote intenzity H_k = koercitívna intenzita mag. pola, sa hodnota indukčnosti dostáva na 0
- Pri zvyšovaní intenzity sa látka opäť nasýti
- Opätovným intenzity sa dostanem na bod, kde opäť nabere nulovú hodnotu, a tým ukončí jeden



magnetický cyklus

Podľa šírky hysteréznej slučky vieme povedať či sú látky magneticky tvrdé alebo mäkké

- Magneticky mäkké látky majú hys. slučku nízku a úzku, takže sa dajú ľahko magnetizovať a odmagnetizovať *relatívne mäkké, nízka, magnetizácia*
- Magneticky tvrdé látky majú hys. slučku širokú, takéto látky sa využívajú na výrobu trvalých magnetov

$$I = 3 \text{ A}$$

$$N = 100$$

$$L = 0,1 \text{ m}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{3 \cdot 10^2}{10^{-1}} = 4\pi \cdot 10^{-4} \cdot 3 = 12\pi \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

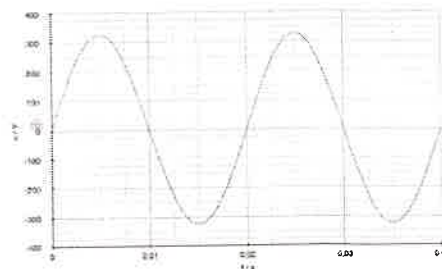
Maturitné zadanie č.20

STRIFDAVÝ PRÚD

-vysvetlite vznik striedavého napätia a prúdu

Alternátor – generátor produkujúci striedavý prúd elektromagnetickou indukciou. Frekvencia otáčania = frekvencia striedavého prúdu

Ručička voltmetra sa hýbe striedavo do plusových a mínusových hodnôt



-vyjadrite okamžitú hodnotu striedavého napätia a prúdu v závislosti od času veličninovou rovnicou a grafom

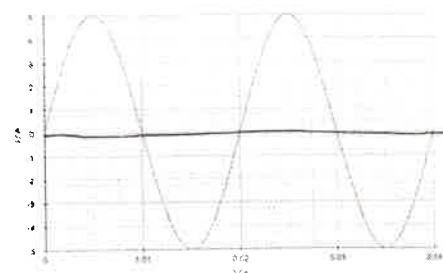
$$i(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$u(t) = U_m \cdot \sin(\omega t + \phi_0)$$

Amplitúda – max a min hodnota pri kmitoch

Frekvencia = 1/perióda

$$\frac{U_m}{I_m} = R$$



-vyjadrite výkon striedavého prúdu v obvode R veličninovou rovnicou

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

Efektívne hodnoty- hodnoty U a I, ktorých výkon pri jednosmernom prúde=výkon pri striedavom

Uhol – fázový posun

-opíšte vplyv prvkov R,L,C v obvodoch na amplitúdu prúdu a fázový posun medzi napätím a prúdom, definujte rezistanciu, indukčnosť, kapacitanciu, charakterizujte výkon striedavého prúdu s RLC

Rezistor (R) (obvod s odporom v) kmitajú naraz – sú vo fáze (splňajú ohmov zákon) a nemení sa amplitúda

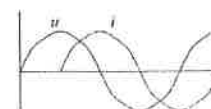
Znižuje napätie a prúd – premena na teplo

Odpor rezistora striedavého prúdu je rovnaký ako v jednosmernom obvode = rezistencia

Cievka (L) – prúd sa oneskoruje o $\pi/2$

Okolo cievky vzniká meniace sa mag. pole – indukuje napätie

$$X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega L, [X_L] = \Omega$$



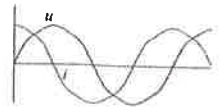
Induktancia = zdanlivý odpor, pri ktorom nevzniká teplo

$$X_L = \omega \cdot L$$

$$U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Kondenzátor (C) (obvod s kapacitou) – prúd predbieha o $\pi/2$

Striedavo sa nabíja a vybíja – jeho nabíjací prúd je najväčší, keď je napätie medzi platňami nulové



Čím väčšia f a čím väčšia C , tým väčšia amplitúda prúdu

Kapacitancia = zdanlivý odpor, pri ktorom nevzniká teplo

$$X_C = \frac{U_m}{I_m} = \frac{1}{\omega C}, [X_C] = \Omega$$

$$P = \frac{1}{2} I_m^2 R = \frac{1}{2} I_m \frac{U_m}{Z} R = \frac{I_m U_m}{\sqrt{2} \sqrt{2}} \frac{R}{Z} = IU \frac{R}{Z} UI \cos \varphi$$

-vyjadrite impedanciu a fázový posun striedavého prúdu v obvode RLC v sérii

Impedancia je celkový odpor RLC obvodu

$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Reaktancia charakterizuje vlastnosti časti obvodu v ktorej sa energia nemení na teplo

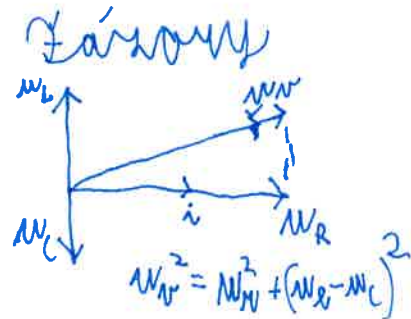
$$X = X_L - X_C$$

$$\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

-vysvetlite fyzikálny význam efektívnej hodnoty napätia a prúdu

Jednoduchosť – je nemožné rátať s kmitajúcimi hodnotami

$$U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad P = \frac{P_{max}}{2}$$



-príklad: vypočítajte hodnotu prúdu v elektrickom obvode, v ktorom sú do série zapojené: rezistor s odporom 10, kondenzátor kapacity $2 \cdot 10^{-6} F$ a cievka s indukčnosťou 0,1 H, ak je obvod pripojený na striedavé napätie 220V s frekvenciou 50Hz.

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

$$\omega = 2\pi \cdot 50 = 100\pi$$

$$Z = \sqrt{10^2 + (100\pi \cdot 0,1 - \frac{1}{100\pi \cdot 2 \cdot 10^{-6}})^2} = \sqrt{100 + (10\pi - \frac{10^4}{2\pi})^2} = \sqrt{100 + 100(\pi - \frac{10^3}{2\pi})^2}$$

1570

$$\begin{array}{r} 500 \cdot 314 = 157000 \\ 1860 \\ 2900 \\ 13740 \\ 3149 \\ \hline 2826 \end{array}$$

$$15923$$

$$\begin{array}{r} 15923 \\ \cdot 15923 \\ \hline 121147769 \\ 31846 \\ 143307 \\ 79615 \\ \hline 253531929 \end{array}$$

$$15923$$

$$253531929$$

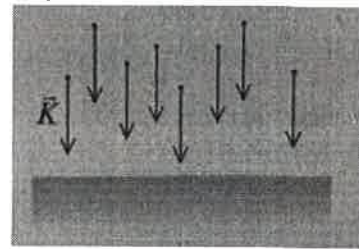
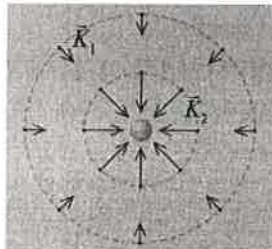
$$\sqrt{100 \cdot 253531929} = 10 \cdot \sqrt{253531929}$$

21. Pohyby telies v gravitačnom poli Zeme, dynamika tekutín

Charakterizujte homogénne a radiálne gravitačné pole

Radiálne (centrálne) gravitačné pole – je v priestore okolo hmotného bodu alebo homogénnej gule. Vektory intenzity gravitačného poľa smerujú do stredu a jej veľkosť kde r je vzdialenosť od hmotného bodu alebo od stredu gule, M je ich hmotnosť.

Homogénne gravitačné pole – je pole, ktorého intenzita má na všetkých miestach rovnakú veľkosť i smer. Ide o idealizované gravitačné pole.



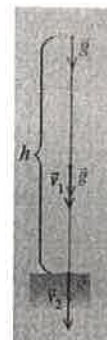
Popíšte voľný pád bez odporu prostredia a s odporom prostredia, charakterizujte veličiny vystupujúce pri pohyboch s odporom prostredia

Voľný pád je pohyb, ktorý koná voľné pustené teleso z výšky h v tiažovom poli v blízkosti povrchu Zeme. Ak môžeme zanedbať odpor vzduchu ide potom o rovnomerne zrýchlený pohyb s nulovou začiatočnou rýchlosťou a tiažovým zrýchlením.

Pre dráhu s a veľkosť rýchlostí v voľného pádu v čase t platí, $v = g \cdot t$

Tiažové zrýchlenie smeruje vždy zvislo nadol (je kolmé na vodorovnú rovinu) a v našej zemepisnej šírke je veľkosť približne $g = 9,81 \text{ m.s}^{-1}$.

Rýchlosť telesa v okamihu dopadu z malej výšky je $v =$.



Charakterizujte vrh zvislý nahor, uveďte rozdiel medzi vrhom nahor a nadol

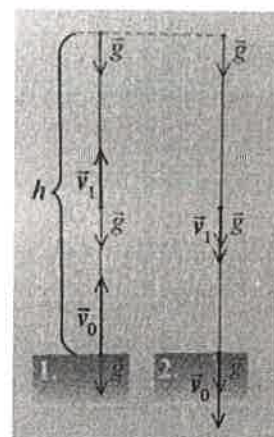
Zvislý vrh nahor je pohyb, ktorý koná teleso vrhnuté so začiatočnou rýchlosťou zvisle nahor. Pretože zrýchlenie má opačný smer ako začiatočná rýchlosť, ide o rovnomerne spomalený pohyb. Okamžitá rýchlosť sa s rastúcou výškou postupne znižuje na 0, kedy teleso dosiahne najväčšiu výšku h a začne padať na zem voľným pádom.

Pre veľkosť okamžitej rýchlosti platí $v = v_0 - g \cdot t$

Pre okamžitú výšku y platí $y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

výška výstupu h	najväčšia výška dosiahnutá telesom	$H = \frac{v_0^2}{2g}$
doba výstupu t_h	čas za ktorý teleso dosiahne výšku h	$T = \frac{v_0}{g}$

platí: teleso z výšky h dopadá na zem rovnako veľkou rýchlosťou, ako bolo vrhnuté.



Charakterizujte vrh vodorovný

Vodorovný vrh je pohyb telesa, ktoré sa na začiatku nachádzalo vo výške h a malo vo vodorovnom smere. Trajektóriu vodorovného vrhu je časť paraboly s vrcholom v mieste vrhu $[0; h]$. Ak h je výška, odkiaľ bolo teleso vrhnuté súradnice telesa v čase t v bode $B[x; y]$ sú:

Zložka okamžitej rýchlosti vo vodorovnom smere (v smere osi x) v_0

Zložka okamžitej rýchlosti v zvislom smere je $v = g \cdot t$

dĺžka vrhu d	vzdialenosť miesta dopadu od miesta vrhu na x osi	$d = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$
doba vrhu t_h	doba za ktorú dosiahne teleso výšku $y = 0$ po osi x	$t_h = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

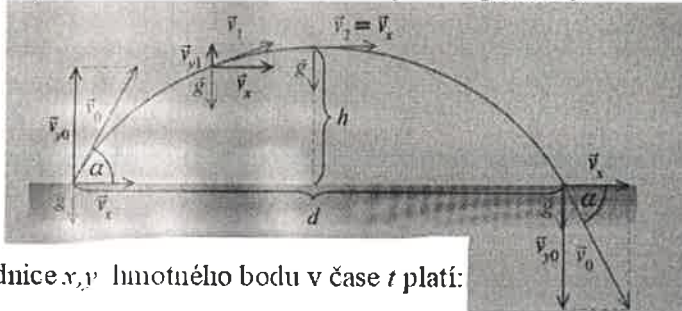
$$x = v_0 \cdot t$$

$$y = h - \frac{1}{2} g t^2$$

Popíšte šikmý vrh nahor, uveďte využitie v praktickom živote.

Šikmý vrh nahor je pohyb, ktorý koná teleso, ak má na začiatku rýchlosť v_0 v smere, ktorý zvierá s vodorovnou rovinou uhol α (elevačný uhol)

Trajektóriou šikmého vrhu nahor je časť paraboly s vrcholom v najvyššom bode vrhu h .



Pre súradnice x, y hmotného bodu v čase t platí:

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$$

$$x = v_{0x} \cdot t$$

$$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

Zložka okamžitej rýchlosti v_x vo vodorovnom smere je konštantná

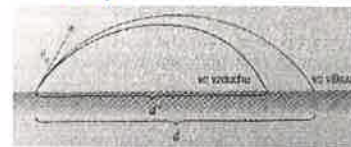
Zložka okamžitej rýchlosti v_y vo zvislom smere je daná

$$v_x = v_{0x}$$

$$v_y = v_{0y} - g \cdot t$$

dĺžka vrhu d	vzdialenosť miesta dopadu od miesta vrhu na x osi vo výške $y = 0$	$d = \frac{v_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$
doba výstupu h	maximálna výška	$h = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$

Vo vzduchu je pohyb telesa ovplyvnený odporom vzduchu. Trajektóriou šikmého vrhu nahor je balistická krivka, kde $d' < d$.



Riešte príklady:

1. Dažďová kvapka padá z výšky približne 1 km. Prečo je v tomto prípade odpor prostredia životne dôležitý – aká by bola rýchlosť kvapky pri dopade bez odporu prostredia a aká s odporom prostredia? (C pre kvapku je 0,03, jej polomer je približne 3 mm – pre výpočet hmotnosti, považuj kvapku za guľu)
2. Ako je to s mačkami? Zisti akou rýchlosťou by dopadla mačka na Zem, keby padala z budovy Národnej Banky Slovenska z 33. poschodia (vo výške 112 m). Mačka má hmotnosť približne 5 kg a môžeme ju považovať v priereze za obdĺžnik s rozmermi 35 x 20 cm. (C pre nebojácnu mačku je 1,4). Vysvetli prečo sa mačky pri pádoch z veľkej výšky nezabijú.

Otázka č. 22

1. Opíšte jednoduchý kmitavý pohyb oscilátora, definujte pojem oscilátor, doba kmitu, frekvencia

Jednoduchý kmitavý pohyb oscilátora – harmonický pohyb

- periodický, priamočiary a nerovnomerný pohyb
- časový diagram - sínusoida

Oscilátor – zariadenie, ktoré môže voľne bez vonkajšieho pôsobenia kmitať

- mechanické – kyvadlové, vibračné
- akustické – píšťaly, strunové sústavy
- rádioelektronika – všetky zariadenia, ktoré vytvárajú periodicky sa meniace priebehy napätí a prúdov

Periód (doba kmitu) – T – čas, za ktorý prebehne jeden kmit a oscilátor sa dostane do určeného počiatočného stavu – [s] – sekundy

Frekvencia – f – počet kmitov, ktoré prebehnú za jednu sekundu – [Hz] – Herz $f = \frac{1}{T}$, $[f] = s^{-1}$

2. Opíšte priebeh harmonického kmitavého pohybu v súradnicovej vzťažnej sústave, vysvetlite pojmy rovnovážna poloha, okamžitá výchylka, amplitúda.

Harmonický kmitavý pohyb v súradnicovej sústave - najjednoduchší kmitavý pohyb, ktorý môžeme znázorniť v časovom diagrame, v ktorom sú znázornené okamžité polohy kmitajúceho telesa ako funkcie času

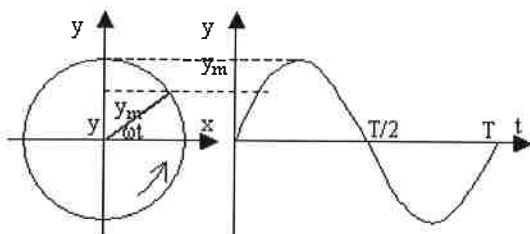
Rovnovážna poloha – poloha, v ktorej sa teleso nachádza v pokoji a rovnovážnom stave (výslednica všetkých síl pôsobiacich na teleso je nulová)

Okamžitá výchylka - výchylka y z rovnovážnej polohy $y = y_m \sin \omega t$

-vzhľadom na rovnovážnu polohu nadobúda kladné aj záporné hodnoty

Amplitúda výchylky - y_m - najväčšia hodnota okamžitej výchylky

3. Vysvetlite súvislosť medzi rovnomerným pohybom hmotného bodu po kružnici a harmonickým kmitavým pohybom, znázornite priebeh kmitavého pohybu fázorovým diagramom



- kmitavý pohyb zodpovedá priemetu rovnomerného pohybu po kružnici do zvislej polohy

4. Vyjadrite vzťah medzi kinematickými veličinami – okamžitá výchylka (okamžitá rýchlosť, okamžité zrýchlenie) a časom veličinovou rovnicou, vysvetlite význam veličiny fáza kmitavého pohybu

Poloha hmotného bodu v čase:

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

Okamžitá rýchlosť:

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

Okamžité zrýchlenie:

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

- y_m - amplitúda výchylky
- y - okamžitá výchylka
- ω - uhlová frekvencia
- ϕ - fázový posun

Fáza kmitavého pohybu - $(\omega t + \phi)$ - určuje hodnotu veličiny harmonického kmitania v začiatočnom okamihu ($t=0$ s)

5. Vysvetlite pojem rezonancia

- vynútené kmitanie vyvolané zdrojom
- vzájomné pôsobenie dvoch oscilátorov - jeden je zdrojom núteného kmitania (oscilátor) a druhý sa pôsobením zdroja nútene rozkmitá (rezonátor)

Riešte príklad: Za aký čas od začiatočného okamihu dosiahne oscilátor, ktorý kmitá s amplitúdou 8 cm a uhlovou frekvenciou 4π rad.s⁻¹ okamžitú výchylku -8 cm?

$$-8 = 8 \sin(4\pi A)$$

$$-1 = \sin(4\pi A)$$

$$\frac{3}{8} \pi$$

$$0,375 \pi$$

$$\frac{3\pi}{2} = 4\pi A$$

23. Kmitavý pohyb

Opíšte priebeh harmonického kmitavého pohybu z dynamického hľadiska:

- Teleso sa vychýľuje v rôznych smeroch z rovnovážnej polohy
- Veličiny, ktorými ho popisujeme sa v čase menia

Vyjadrite veličinovú rovnicu pre silu spôsobujúcu kmitavý pohyb

- Podľa 2. NPZ ($F = m \cdot a$), sa sila, ktorá spôsobuje harmonický pohyb rovná $F = -m \cdot \omega^2 \cdot y$, kde m je hmotnosť telesa, ω uhlová frekvencia a y okamžitá výchylka

Vyjadrite vzťah medzi frekvenciou vlastných kmitov pružinového oscilátora a jeho parametrom veličinovou rovnicou

- $F = -m \cdot \omega^2 \cdot y$, zároveň pri pružine platí, že $F = -k \cdot y$ (k je tuhosť pružiny), takže $-m \cdot \omega^2 \cdot y = -k \cdot y$, z čoho dostaneme uhlovú frekvenciu $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, viem, že pre uhlovú frekvenciu platí $\omega = 2\pi \cdot f$, z čoho dostaneme $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Charakterizujte vlastné kmitanie oscilátora, tlmené a netlmené kmitanie

- Tlmené: amplitúda kmitania sa znižuje (trecia sila, prostredie a pod.)
- Netlmené: amplitúda kmitania sa nemení (žiadne brzdiace sily)

matematické symboly



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

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

Záver, ak viselo na pružine v pokoji, predĺžilo pružinu o 4 cm (0,04 m). Ak sa na tejto polohe necháme, vzniknú silové smerom dole, akú má periódu, ak g je 10.

$$F = k \cdot y = m \cdot g \quad k = \frac{m \cdot g}{y}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{m \cdot g}{y}}} = 2\pi \sqrt{\frac{y}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,04}{10}} = 2\pi \frac{0,2}{\sqrt{10}} \sim 0,4 \text{ s}$$

24.

Mechanické vlnenie

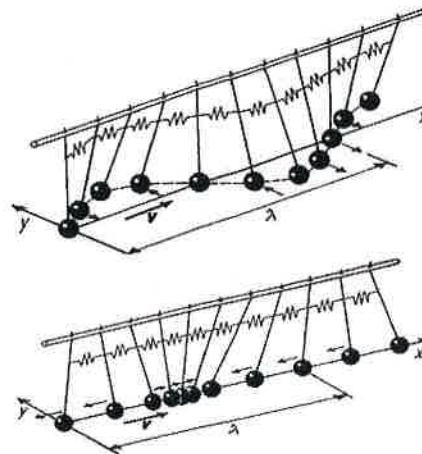
mechanického

Opíšte podmienky vzniku postupného ~~magnetického~~ vlnenia

- Vzniká postupným rozkmitávaním bodov v pružnom prostredí. Pri vlnení sa prenáša kmitavý pohyb a energia.

Opíšte rozdielne vlastnosti postupného priečného a pozdĺžneho mechanického vlnenia

- Pri priečnom vlnení častice kmitajú kolmo na smer šírenia sa vlny
- Pri pozdĺžnom vlnení kmitajú častice v smere a proti smeru, ktorým sa vlna šíri. Je charakteristické tým, že nastáva zhustenie a zriedenie kmitajúcich bodov okolo miest, v ktorých sú body s nulovou okamžitou výchylkou



Vyjadrite vzťah medzi vlnovou dĺžkou, frekvenciou a veľkosťou rýchlostou vlnenia v danom prostredí

$$\lambda = \frac{v}{f} = v \cdot T \quad v = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T}$$

Napíšte a vysvetlite rovnicu postupnej mechanickej vlny

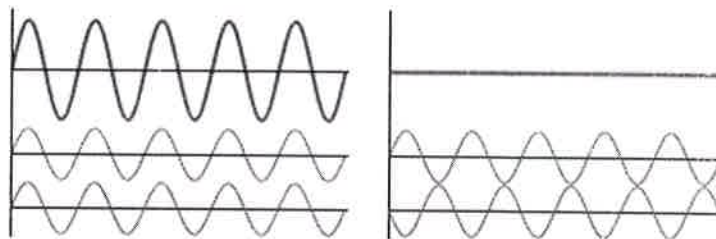
- Okamžitá výchylka y , maximálna amplitúda y_m , čas t , perióda T , poloha x , vlnová

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

dĺžka λ , rýchlosť šírenia vlnenia v , fázová rýchlosť ω

Objasnite pojmy interferencia vlnenia a koherentnosť vlnenia

- Koherentnosť vlnenia- keď sú dve vlnenia koherentne tak majú rovnaký fázový rozdiel
- interferencia vlnenia- keď sa dve alebo viac koherentných vlnení spoja a vytvoria jedno.



Príklad: V akej vzdialenosti od rovnovážnej polohy je bod, ktorý je vzdialený od zdroja vlnenia 12m v čase $T/6$, ak amplitúda výchylky je 5cm a vlnová dĺžka 5m?

$$x = 12 \text{ m}$$

$$y_m = 0,05 \text{ m}$$

$$\lambda = 5 \text{ m}$$

$$t = \frac{1}{6} T$$

$$\sin \left(2\pi \left(\frac{1}{6} - \frac{12}{5} \right) \right) \cdot \frac{5}{100}$$

$$\sin \left(2\pi \left(\frac{5}{30} - \frac{72}{30} \right) \right) \cdot \frac{5}{100}$$

$$\frac{5}{100} \sin \left(-\frac{67}{15} \right)$$

$$-\frac{67}{30} 2\pi = -\frac{67}{15} \pi$$

25. ZOBRAZOVACIE SÚSTAVY (OPTIKA)

1. Napište a vysvetlite zobrazovaciu rovnicu tenkých i reálnych šošoviek, vysvetlite jej význam.

Zobrazovacia rovnica **tenkých šošoviek**: $\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$

Zobrazovacia rovnica **reálnych šošoviek**: $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \varphi$

Pričom platí **znamienková konvencia**:

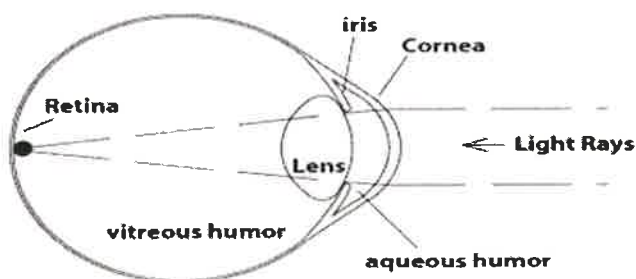
- a: + → ak je predmet vľavo od šošovky (pred šošovkou)
- → ak je predmet vpravo od šošovky (za šošovkou)
- a': + → ak je obraz vpravo od šošovky (obraz je skutočný)
- → ak je obraz vľavo od šošovky (obraz je neskutočný)
- f: + → f > 0 pre spojky
- → f < 0 pre rozptylky
- r₁, r₂: + → ak je príslušná optická plocha vypuklá vzhľadom na okolité prostredie
- → ak je príslušná optická plocha dutá vzhľadom na okolité prostredie

2. Vysvetlite funkciu zreničky, šošovky a sietnice v oku.

Šošovka – spojka; sústreďuje lúče vychádzajúce do oka do zreničky, čím spôsobuje, že lúče sa čo najviac sústreďujú na určité miesto na sietnici, takže obraz je ostrejší.

Zrenička – „diera“ v oku. Vďaka nej do oka – na sietnicu – vstupuje určité množstvo svetla. Jej veľkosť sa mení vzhľadom k tomu, koľko svetla je v prostredí. Pokiaľ sme v svetlejšom prostredí, je užšia, ak v tmavšom, je širšia, aby do nej mohlo vstupovať čo najviac svetla.

3. Charakterizujte oko ako optickú sústavu zobrazujúcu lomom.



Oko je z hľadiska optiky tvorené spojnou šošovkou s meniteľnou ohniskovou vzdialenosťou, ktorá vytvára obrazy predmetov na sietnici vo vnútri oka. Obrazy sú zmenšené, prevrátené a skutočné.

Optická sústava oka je tvorená rohovkou, očným mottom, očnou šošovkou a sklovcom. Očná šošovka samotná má optickú mohutnosť v rozmedzí 22 až 32 dioptrií.

4. Vysvetlite pojmy zorný uhol, zotrvačnosť oka, blízky a ďaleký bod oka.

Zorný uhol – zvierajú lúče vychádzajúce z okrajových bodov predmetu a prechádzajúce optickým stredom očnej šošovky

Zotrvačnosť oka – neschopnosť oka vidieť jednotlivé rýchlo pohybujúce sa obrazy – vďaka nej vidíme premietané obrázky ako animáciu a pod. 0,17s

Akomodácia (prispôbenie) – schopnosť oka meniť svoju optickú mohutnosť podľa vzdialenosti pozorovaných predmetov. S rastúcou vzdialenosťou sa akomodácia znižuje (šošovka má menšie zakrivenie).

Blízky bod oka – bod na optickej osi, ktorý sa ostro zobrazí na sietnici pri maximálnej akomodácii oka – minimálna vzdialenosť, na ktorú je oko schopné zaostriť. U zdravého oka sa to pohybuje okolo 15 cm.

Ďaleký bod oka – bod na opt. osi, ktorý sa ostro zobrazí pri minimálnej (nulovej) akomodácii oka – maximálna vzdialenosť, na ktorú je oko schopné zaostriť. U zdravého oka sa blíži k nekonečnu.

5. Charakterizujte ďalekozrakosť a krátkozrakosť oka a uveďte spôsob ako korigovať tieto vady oka.

Ďalekozrakosť – oftalmologická vada, pri ktorej dochádza k „skráteniu“ očnej bulvy, takže lúče sa sústreďujú za sietnicou – obraz sa nestihne zaostriť. Túto vadu vieme korigovať šošovkou (okuliare, dočasné šošovky) spojkou, ktorá spôsobí, že obraz sa zaostrí skôr.

Krátkozrakosť – oftalmologická vada, pri ktorej dochádza k „predĺženiu“ očnej bulvy, takže lúče sa sústreďujú ešte pred sietnicou – obraz bol zaostrý príliš skoro. Blízky bod je posunutý bližšie k oku. Túto vadu vieme korigovať šošovkou rozptylkou, ktorá spôsobí, že obraz sa zaostrí ďalej.

6. Definujte pojem uhlové zväčšenie a rozlišovacia schopnosť.

$\gamma =$ **Uhlové zväčšenie** – pomer zorného uhla pri pozorovaní okom a pri pozorovaní optickým prístrojom
Rozlišovacia schopnosť – schopnosť optickej sústavy odlíšiť viac predmetov od jedného.

7. Vysvetlite princíp zobrazovania predmetu lupou a mikroskopom.

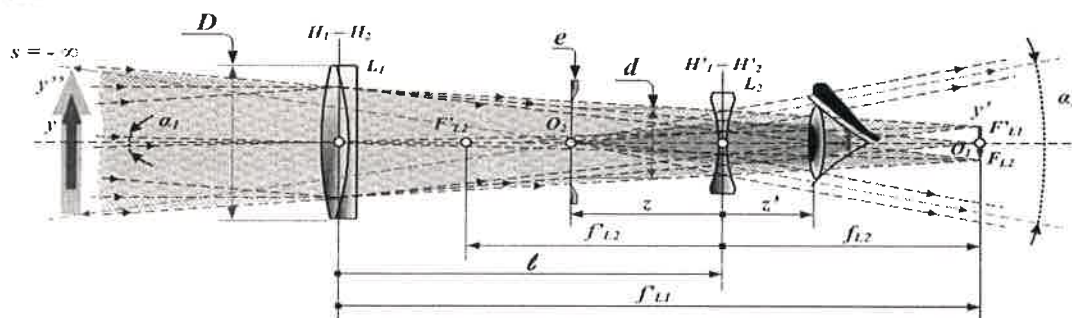
8. Vysvetlite princíp fungovania Galileiho a Keplerovho ďalekohľadu.

Galileiho aj Keplerov ďalekohľad sú šošovkové ďalekohľady – refraktory – obsahujú iba sústavu šošoviek.

GALILEIHO DÁLEKOHLED

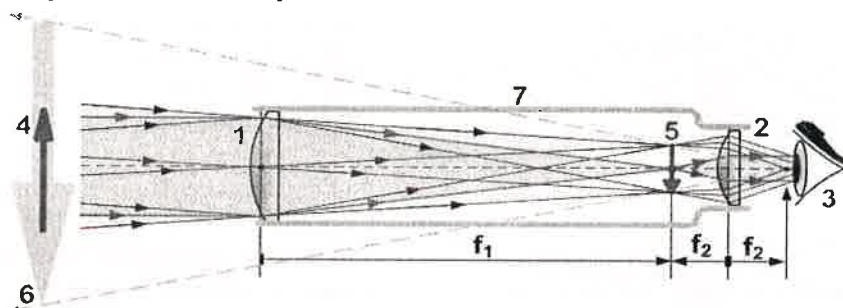
Prechod lúčov Galileovým refraktorom. Obraz je vzpriamený

Tento druh ďalekohľadu **ako okulár využíva rozptylku (dutú šošovku)**. Objektívom je spojka, ktorá má veľkú ohniskovú vzdialenosť (f). Obrazové ohnisko objektívu takéhoto ďalekohľadu splyva s obrazovým ohniskom okuláru. Tento druh ďalekohľadu sa dnes už nepoužíva v astronómii, používa sa len ako divadelný ďalekohľad.



KEPLEROV ĎALEKOHĽAD

Keplerov refraktor **ako okulár využíva spojku (vypuklú šošovku)**. Obidve šošovky, objektív aj okulár) majú spoločnú optickú os. Má veľkú ohniskovú vzdialenosť (f) objektívu, pričom, ohnisková vzdialenosť okuláru je malá. Pozorovaný obraz je prevrátený, no zväčšenie a zorné pole sú väčšie ako pri Galileovom ďalekohľade. Všetky dnešné astronomické ďalekohľady sú Keplerove ďalekohľady, preto sa pre tento druh ďalekohľadu používa aj názov **hvezdársky ďalekohľad**.



9. Diskutujte o chybách pri zobrazovaní šošovkami.

Chyby/aberrácie zobrazenia:

- ⑩ OTVOROVÁ CHYBA: bod sa nezobrazí ako bod, ale ako plôška
- ⑩ FAREBNÁ (chromatická) CHYBA: bod sa zobrazuje ako rôznofarebná plôška
- ⑩ ASTIGMATIZMUS: skreslenie obdĺžnika tak, že jeho vrcholy zmenia polohu, natiahnu sa alebo potlačia

Chyby zobrazenia sa korigujú pomocou šošovkových sústav, ktoré sa skladajú zo šošoviek s odlišnými vlastnosťami.

10. Riešte príklad: Určte optickú mohutnosť a ohniskovú vzdialenosť tenkej dvojvypuklej šošovky umiestnenej vo vzduchu, ak jej optické plochy majú rovnaké polomery krivosti 0,5 m. Index lomu skla šošovky je 1,5. Index lomu vzduchu je približne 1.

$$\frac{1}{g} = \left(\frac{m_2}{m_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)$$

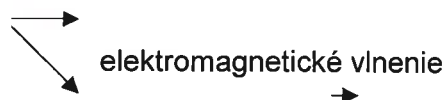
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2 = \phi = \sigma mV$$

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = 0.9 \text{ eV}$$

Otázka 26 - Optické javy (Vlnenie)

Vysvetlite základné pojmy

1. Svetlo

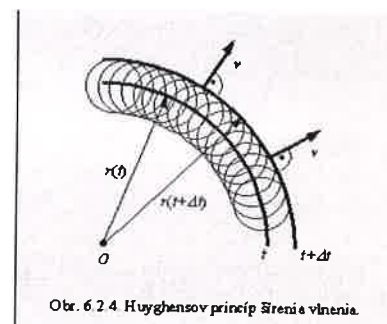


súbor fotónov **Planckova teória**: Svetlo sa nešíri spojite, ale pomocou svetelných kvánt - fotónov

- Huygensov princíp** - Hovorí o šírení vlnenia v priestore. V homogénnom a izotropnom prostredí sa vlnenie (od bodového zdroja) šíri všetkými smermi rovnako. Množina bodov, do ktorých sa vlnenie dostane v čase t (vlnoplocha) je guľová plocha s polomerom $r = nt$.

Samozrejme, nastáva stav, že vlnenie v priestore naráža na prekážky. V tomto prípade používame Huyghensov princíp na určenie tvaru vlnoplochy. Všetky body priestoru, do ktorého sa vlnenie dostane v určitom (konkrétnom) čase t sa stávajú bodovými zdrojmi vlnenia.

Vlnoplochu v čase $t + \Delta t$ nazývame obálka vlnoploch.

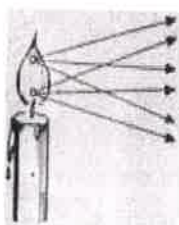


Obr. 6.2.4. Huyghensov princíp šírenia vlnenia.

- Svetelný lúč** - charakterizuje smer šírenia vlnenia. V každom smere je lúč kolmý na vlnoplochu.

4. Šírenie svetla

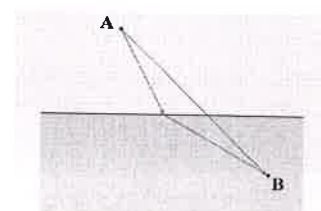
- Svetlo sa v rovnomernom optickom prostredí šíri priamočiarno (svetelný lúč),
- Svetelné lúče z priestorového zdroja (plameň sviečky), ktoré sa pretínajú, postupujú prostredím nezávisle a navzájom sa neovplyvňujú (nedochádza k lomu) - **PRINCÍP NEZÁVISLOSTI CHODU LÚČOV**
- Svetlo môže po tej istej trajektórii prejsť oboma smermi - **PRINCÍP ZÁMENNOSTI CHODU LÚČOV**
- Svetlo sa šíri medzi dvoma bodmi tak, aby to prešlo za najkratší čas - **FERMATOV PRINCÍP**



Princíp nezávislosti



Princíp zámennosti



Fermatov princíp

Rýchlosť svetla

- Hodnota vo vákuu: $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$
- Zmena rýchlosti svetla v látkovom prostredí

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}}$$

$\epsilon(r)$ = relatívna permitivita prostredia

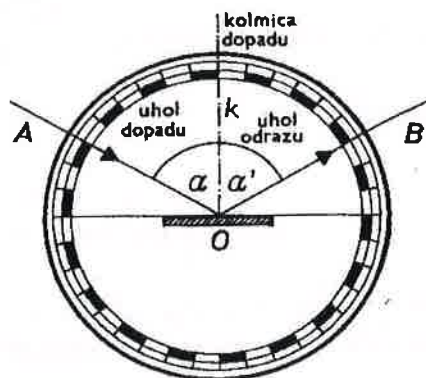
$\mu(r)$ = relatívna permeabilita prostredia

Zákon odrazu

Uhol dopadu = uhol odrazu

uhol dopadu = uhol medzi dopadajúcim lúčom a kolmicou dopadu

uhol odrazu = uhol medzi odrazeným lúčom a kolmicou dopadu (viď obrázok)



Lom svetla

Lom svetla nastáva vtedy, keď lúč dopadá na rozhranie prostredí (napríklad vzduchu a skla) pod uhlom $\alpha \neq 0$ (čiže akokoľvek len nie kolmo). Uhol α je opäť uhol dopadu =

uhol lúča ku kolmici dopadu). Lúč ďalej postupuje v zmenenom smere pod uhlom β (ku kolmici dopadu samozrejme).

(Pojmy navyše:

Ak uhol lomu < uhol dopadu, volá sa to lom ku kolmici

Ak uhol lomu > uhol dopadu, volá sa to lom od kolmice)

$$n_1 > n_2$$

$$n_1 < n_2$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = k$$

Pre uhly pri lome svetla platí, že podiel ich sínusov je konštantný, čiže

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

V prípade, že sa rýchlosť svetla mení v druhom prostredí platí, že

Absolútny index lomu látky je bezrozmerná veličina. Táto veličina hovorí o tom, že koľkokrát sa zmení rýchlosť svetla v látke keď ňou svetlo prechádza. Vyjadrené vzorcom:

$$n = \frac{c}{v}$$

, pričom n = absolútny index lomu, c = rýchlosť svetla vo vákuu, v = rýchlosť svetla v látke

Relatívny index lomu je veličina, ktorá hovorí o dvoch prostrediach. Vzorcom to vyjadríme ako $n_{12} = n_1/n_2$, pričom 1 je prvé prostredie, 2 je druhé prostredie.

Z toho vieme odvodiť zákon lomu svetla a vyjadriť ho vzorcom ako $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

Prípadne takto:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Totálna reflexia - úplný odraz svetla

Pokiaľ postupne zvyšujeme uhol lomu, dostaneme sa do hraničného uhla 90° . Pri dosiahnutí tohto uhla nenastáva lom, ale len odraz. Tento odraz voláme totálna reflexia. Podmienkou vzniku

totálnej reflexie je rovnica $\sin \alpha = n_{21}$.

$$\sin \alpha_{\text{ml}} = \frac{n_2}{n_1} \quad \alpha_{\text{ml}} = \text{medzný uhol}$$

Jav nastáva, keď svetlo prechádza z opticky hustejšieho prostredia do opticky redšieho prostredia.

$$\beta = 90^\circ \\ \sin \beta = 1$$

Príklad:

Monochromatické svetlo dopadá zo vzduchu na stenu diamantu pod uhlom 68° . Lomený lúč je kolmý na odrazený. Vypočítajte index lomu diamantu pre použité svetlo.



$$\alpha + 90^\circ + \beta = 180^\circ \quad \beta = 22^\circ \\ 68^\circ + 90^\circ + \beta = 180^\circ \\ 1 \cdot \frac{\sin 68^\circ}{\sin 22^\circ} = n_2 = 2.41 \dots$$

$$n_1 = 1, \alpha = 68^\circ, n_2 = ?, v = ?$$

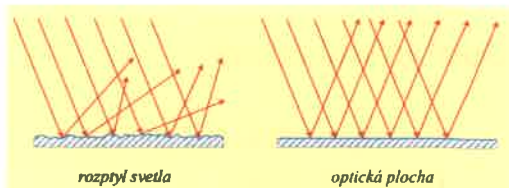
OPTIKA

(Zadanie 27)

Optická sústava — sústava optických prostredí (a ich rozhraní), ktoré menia chod lúčov.

Optické sústavy zobrazujúce odrazom

Optická plocha — plocha, na ktorej nastáva požadovaný odraz. Nerovnosti na ploche pri odraze alebo lome svetelných lúčov spôsobujú rozptyl svetla.



Zobrazenie odrazom na rovinnej ploche (rovinné zrkadlo)

- Zrkadlo je teleso s optickou plochou určenou na odraz svetla (sklená plocha natrená zozadu cínovým amalgámom alebo striebrom, vyleštená kovová plocha – nastáva odraz od skla aj zadnej vrstvy); vytvárajúce obraz predmetov na základe zákona odrazu svetla
- Vo fyzike sa používajú dokonale vyleštené kovové plochy, príp. je zrkadliaca vrstva nanosená na prednú sklenenú platňu
- Typy zrkadiel: *rovinné, guľové, parabolické*

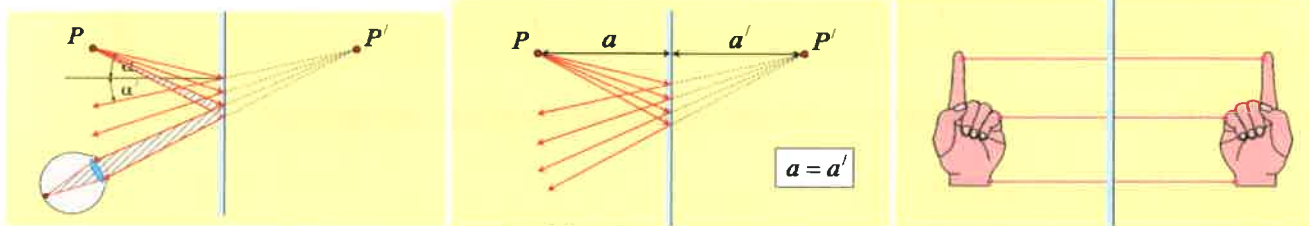
Zobrazenie rovinným zrkadlom:

Lúče vychádzajúce z predmetu sa na zrkadle odrážajú podľa zákona odrazu, lúče po odraze sú rozbíhavé, pretínajú sa za zrkadlom.

Obrazová vzdialenosť a' je rovnako veľká ako predmetová vzdialenosť a .

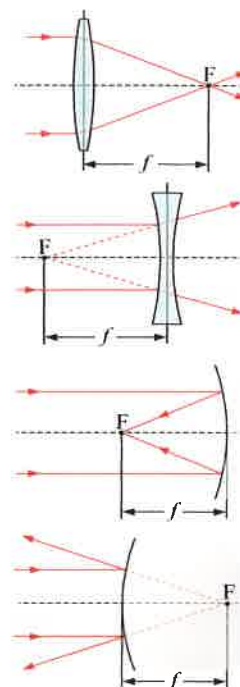
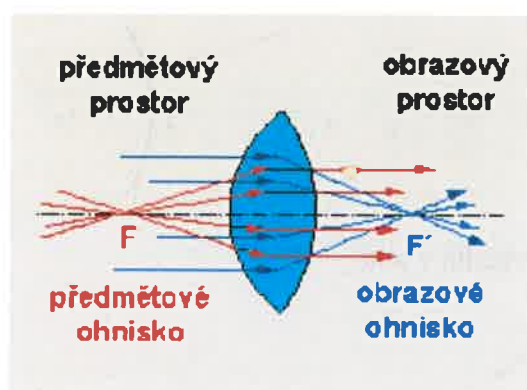
Obraz je:

- priamy,
- rovnako veľký ako predmet
- symetrický združený s predmetom vzhľadom na rovinu zrkadla
- stranovo prevrátený



Vysvetlite pojmy:

Ohnisko — bod na optickej osi optickej sústavy, v ktorom sa pretínajú lúče rovnobežné s touto osou pred vstupom do sústavy (predmetové ohnisko) alebo po výstupe z nej (obrazové ohnisko)

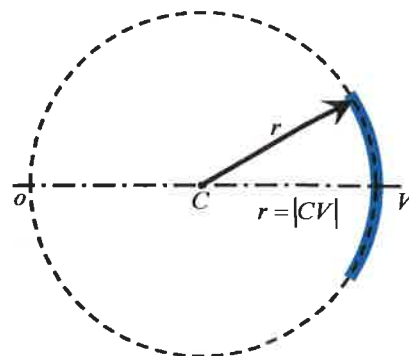


Zobrazenie odrazom na guľovej ploche (duté a vypuklé guľové zrkadlá)

Zrkadliacu plochu guľových zrkadiel tvorí časť povrchu gule (guľový vrchlík); ak svetlo odráža vnútorná plocha gule — duté guľové zrkadlo, ak vonkajšia plocha gule — vypuklé guľové zrkadlo.

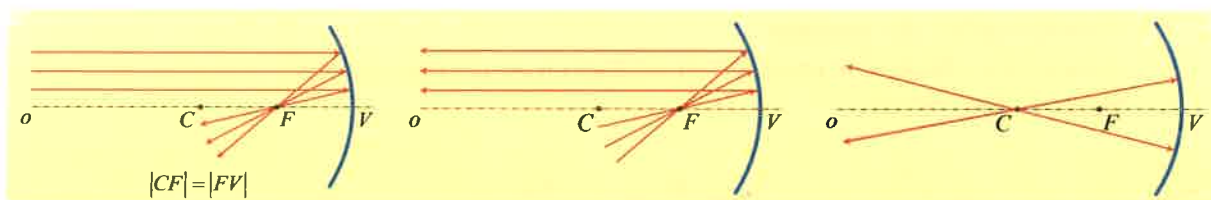
Duté guľové zrkadlo

- C - stred optickej plochy (stred krivosti)
- o - optická os zrkadla
- V - vrchol zrkadla
- r - polomer krivosti zrkadla



Využívame tri význačné lúče

- a) Lúče rovnobežné s optickou osou sa po odraze pretínajú v bode na optickej osi; tento bod sa nazýva ohnisko F
- b) Lúče prechádzajúce ohniskom sa po odraze šíria rovnobežne s optickou osou
- c) Lúče prechádzajúce stredom optickej plochy C sa po odraze šíria práve v opačnom smere

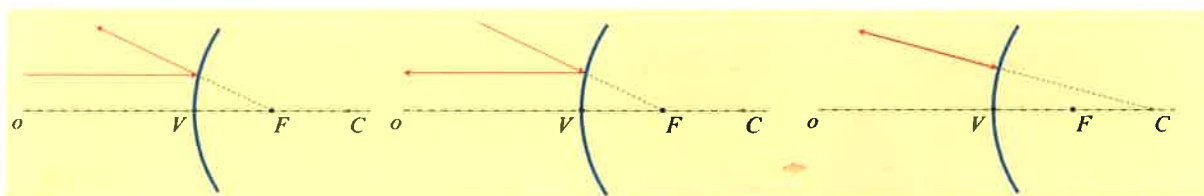


Využitie: osvetľovacia technika (reflektory) alebo v svetlometoch automobilov

Vypuklé guľové zrkadlo

Využívame tri význačné lúče

- a) Lúče rovnobežné s optickou osou sa po odraze po predĺžení v opačnom smere pretínajú v bode na optickej osi.; bod je neskutočné ohnisko F
- b) Lúče smerujúce do ohniska sa po odraze šíria rovnobežne s optickou osou
- c) Lúče smerujúce do stredu optickej plochy C sa po odraze šíria práve v opačnom smere



Využitie: na neprehľadných zákrutách, spätné zrkadlá v aute

Zobrazovacia rovnica guľových zrkadiel a obraz

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

Znamienková konvencia

Veličina	Má kladnú hodnotu	Má zápornú hodnotu
a	Ak je predmet pred zrkadlom	Nemožné
a'	Ak je obraz pred zrkadlom	Ak je obraz za zrkadlom
f	Pre duté zrkadlo	Pre vypuklé zrkadlo
y	Predmet leží nad optickou osou	Predmet leží pod optickou osou

a, a', r, f so znamienkom + pred zrkadlom; so znamienkom – za zrkadlom

a' > 0 ... obraz je skutočný; a' < 0 ... obraz je neskutočný

Zrkadlo	Poloha predmetu	Poloha obrazu	Zväčšenie	Obraz je
Duté	$a > r$	$r > a' > f$	$ Z < 1$	Prevrátený a skutočný
	$a = r$	$a' = r$	$ Z = 1$	
	$r > a > f$	$a' > r$	$ Z > 1$	
	$a = f$	$a' \rightarrow \infty$	$ Z \rightarrow \infty$	V nekonečne
	$f > a > 0$	$a' < 0$	$Z > 1$	Priamy a neskutočný
Vypuklé	$a > 0$	$f < a' < 0$	$Z < 1$	

Priečne zväčšenie guľového zrkadla

-Pomer výšky obrazu y' a výšky predmetu y, teda

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} = -\frac{f}{a-f} = -\frac{a-f}{f}$$

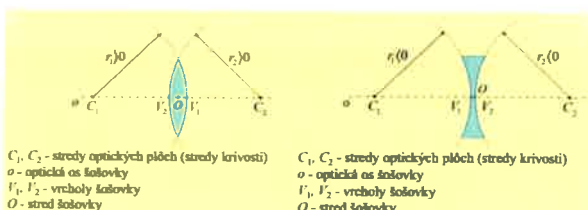
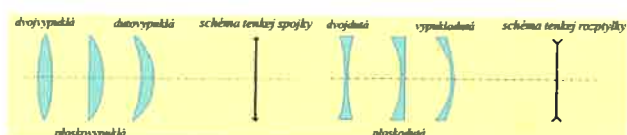
f = ohnisková vzdialenosť zrkadla; r = 2*f = polomer krivosti zrkadla; a = predmetová vzdialenosť; a' = obrazová vzdialenosť; y = výška predmetu; y' = výška obrazu

Optické sústavy zobrazujúce lomom

Šošovky delíme na spojky a rozptylky; sú vyrobené z materiálu, ktorý má väčší index lomu než okolité prostredie a ohraňované dvoma guľovými alebo jednou guľovou a jednou rovinovou optickou plochou

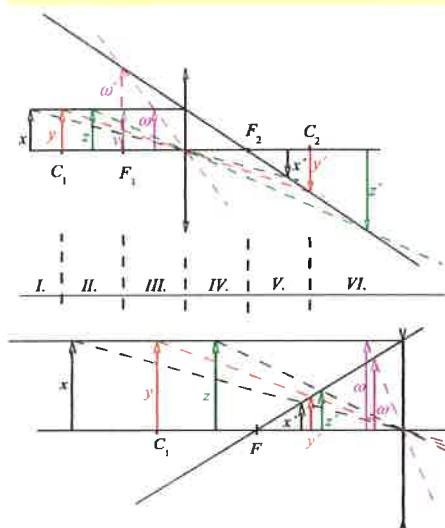
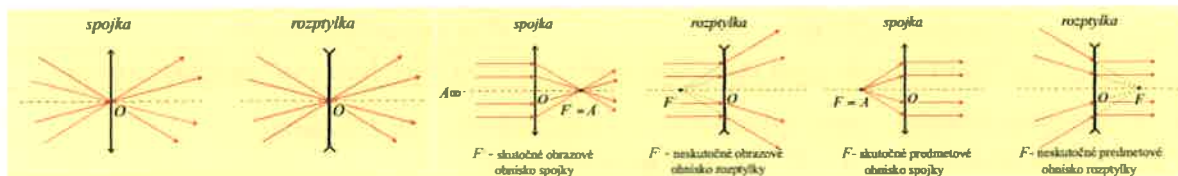
- Spojky menia rovnobežný zväzok lúčov po prechode spojkou na zbiehavý
- Rozptylky menia rovnobežný zväzok lúčov po prechode rozptylkou na rozbiehavý

Ak je index lomu šošovky n₂ väčší ako index lomu okolitého prostredia n₁, n₂ > n₁, potom sú spojky uprostred najhrubšie a rozptylky uprostred najtenšie



Význačné lúče

- Lúče prechádzajúce optickým stredom tenkej šošovky pri prechode šošovkou nemenia svoj smer
- Lúče prechádzajúce rovnobežne s optickou osou po lome smerujú do ohniska alebo z ohniska F' (obrazové ohnisko — pri rozptylke spätné predĺženie lúčov do F' v predmetovom priestore)
- Lúče prechádzajúce ohniskom alebo smerujúce do ohniska F (predmetové ohnisko) sú po lome rovnobežné s optickou osou



Predmet	Obráz	Vlastnosti
$v \infty$	F_2	—
$v I.$	$V.$	skutečný, prevrátený, zmenšený
$v C_1$	C_2	skutečný, prevrátený, rovnakej veľkosti
$v II.$	$VI.$	skutečný, prevrátený, zväčšený
$v F_1$	∞	—
$v III.$	$I., II., III.$	zdánlivý, vzpriamený, zväčšený

Pokiaľ je predmet pred rozptylkou, obraz je vždy neskutočný, priamy a zmenšený


Znamienková konvencia šošoviek:

- a je kladná pred šošovkou (vľavo); záporná za šošovkou (vpravo)
- a' je kladná za šošovkou (vpravo); záporná pred šošovkou (vľavo)
- pre spojku: $f > 0$
- pre rozptylku: $f < 0$
- ak $a' > 0$, obraz je skutočný
- ak $a' < 0$, obraz je neskutočný

Pre **ohniskovú vzdialenosť tenkej šošovky** platí: $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$, pričom n_2 je index lomu šošovky, n_1 index lomu prostredia, v ktorom je šošovka; r_1 a r_2 sú polomery krivosti optických plôch šošovky

Prevrátená hodnota ohniskovej vzdialenosti šošovky sa nazýva **optická mohutnosť** φ :

$\varphi = \frac{1}{f}$, jednotkou ohniskovej vzdialenosti je m , jednotkou optickej mohutnosti je m^{-1} ; v očnej optike sa používa jednotka optickej mohutnosti **dioptria** D . Pre spojky $\varphi > 0$, pre rozptylky $\varphi < 0$

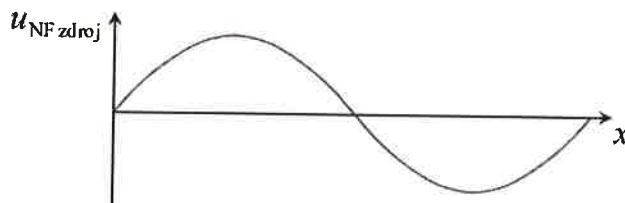
skladní proud
vznik: - 2 vodiče s vysokofrekvenčným prúdom
obvremý kondenzátor s vysokofrekvenčným prúdom (dve obvremé platne)
Andrej Zigo
 28. Elektromagnetické vlnenie, svetlo  = *desiatol/andei*

Načrtnite dva základné spôsoby vzniku elektromagnetického vlnenia

Poznáme 4 základné Maxvellové rovnice, z ktorých rovníc vyplýva, že elektrické a magnetické pole môže existovať vo vákuu aj v látkovom prostredí i v prípade, že nie je vytvorený el. nábojmi. Obe polia sú neoddeliteľne spojené a vytvárajú jediné ELEKTROMAGNETICKÉ POLE – nie je statické, šíri sa ELEKTROMAGNETICKÝM VLNIENÍM.

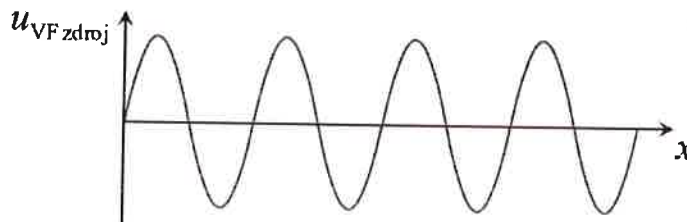
Dej, pri ktorom sa elektromagnetická energia prenáša so zdroja do spotrebiča. Ak pripojíme spotrebič na zdroj napätia s veľkou frekvenciou, zmeny napätia sa šíria vodičmi (vedením) konečnou rýchlosťou a preto napätie medzi vodičmi je nielen funkciou času, ale aj vzdialenosti od zdroja.

1. Pri nízkych frekvenciách, $f = 50\text{Hz}$ - Napätie na spotrebiči má v každom okamihu rovnakú hodnotu ako napätie zdroja. Napätie je len funkciou času.



$$\lambda_1 = \frac{v}{f_1}$$

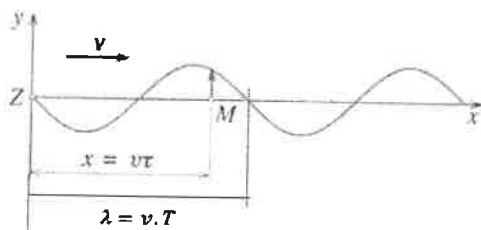
2. Pri vysokých frekvenciách, $f \sim \text{GHz}$ - Napätie na spotrebiči je funkciou času a funkciou vzdialenosti spotrebiča od zdroja napätia. Dej má charakter vlnenia.



$$\lambda_2 = \frac{v}{f_2}$$

Nízka frekvencia znamená väčšiu vlnovú dĺžku. Rýchlosť šírenia elektromagnetického vlnenia je $c = 2,997923 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Napište a vysvetlite rovnicu postupnej elektromagnetickej vlny.



Vieme: výchylka kmitavého pohybu závisí na sínuse ($y = y_m \cdot \sin \omega t$)

Máme: vlnu v rade bodov, kde:

Z ... zdroj vlnenia
 λ ... vlnová dĺžka
 v ... rýchlosť šírenia vlnenia
 T ... perióda

Hľadáme: vzťah pre okamžitú výchylku bodu M vlniaceho sa prostredia

$$y = y_m \cdot \sin \omega(t - \tau) \quad \tau = \frac{x}{v}$$

$$y = y_m \cdot \sin \omega(t - \frac{x}{v}) \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Zdroj Z bude mať s bodom M rovnakú výchylku, práve vtedy, keď:

$$y = y_m \cdot \sin \frac{2\pi}{T}(t - \frac{x}{v})$$

$$y = y_m \cdot \sin(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{v.T}) \quad v.T = \lambda$$

Rovnicu som našla uvedenú aj v tomto tvare:

$$u = U_m \sin 2\pi (t/T - x/\lambda)$$

$$y = y_m \cdot \sin 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$$

ROVNICE POSTUPNÉ VLNY

$$E = E_m \cdot \sin 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$$

$$B = B_m \cdot \sin 2\pi (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$$

E a B sú navzájom kolmé
 a sú kolmé na smer vlnenia

$$E_{\text{vlny}} = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Rozlíšte druhy elektromagnetického vlnenia podľa vlnových dĺžok a uveďte ich stručnú charakteristiku, resp. využitie

A) Rádiové

Elektromagnetické oscilátory – dlhé, stredné, krátke vlny = rozhlasové vlny

- VKH, UHV = televízne a rozhlasové vlny

el. zariadenia

Elektrické oscilátory – mikrovlny = mobilné telefóny, radar, satelitné prenosy

Vlnová dĺžka v rozmedzí 10^4 až 10^3 m. Mikrovlny vyrábajú špeciálne mikrovlnné generátory - klystróny, magnetrony. Mikrovlny sú používané smerové spoje, satelitné prenosy, rádiolokáciu, v mikrovlnkách.

B) Optické žiarenie

Telesá s teplotou $T > 0$ K, rozžeravené telesá, výboje v plynch

– infračervené žiarenie, svetlo, ultrafialové žiarenie

atómy, el. zariadenia

C) iné

Röntgenové lampy – röntgenové žiarenie

Rozmedzie žiarenie je $5 \cdot 10^{-9}$ až 10^{-12} m. Vzniká pri dopade rýchlych elektrónov na kovovú elektródu, pričom ich energia sa mení na energiu vyžarovaných elektromagnetických vln.

Poznáme mäkké resp. brzdné röntgenové žiarenie – vzniká pri brzdení elektrónov.

Tvrde resp. charakteristické röntgenové žiarenie – vyžarujú ho atómy kovu ktoré získali energiu od dopadajúcich elektrónov.

Rádioaktívne nuklidy, anihilácia – gama žiarenie

jadrá atómov

Vlnová dĺžka $< 10^{-10}$ m – vysielajú atómové jadrá pri rádioaktívnych premenách, vzniká aj pri jadrových reakciách.

Charakterizujte svetlo a jeho vlastnosti

Vlnové dĺžky v rozmedzí 10^{-3} až 10^{-9} . V tomto vlnovom rozmedzí sa uplatňujú zákony optiky.

Infračervené žiarenie – v rozmedzí 1mm – 760nm, frekvencie ležia pod frekvenciou červeného svetla

Svetlo – 380nm až 760nm, úzka oblasť viditeľná ľudským okom, zdrojom sú telesa s teplotou vyššou ako 525°C , el. výboje plynch, monochromatické svetlo = lasery.

Ultrafialové žiarenie – 1nm až 380nm, zdrojom sú veľmi horúce telesá alebo UV výbojky naplnené parami ortuti, pohlcuje sa obyčajným sklom. *dezinfekcie, kúrenie - horúci svetlo (kubica).*

Objasnite pojmy a vysvetlite javy

disperzia svetla – pomocou disperzie sa na trojbokom hranole dokážeme presvedčiť, že biele svetlo sa skladá zo svetiel farebných, ktoré sa v prostredí šíria rozdielnou rýchlosťou. Za hranolom vzniká farebné spektrum, ktoré už nemožno ďalej rozkladať.

interferencia svetla – dve svetelné vlnenia, ktoré v čase t dospejú na jedno miesto interferujú – skladajú sa.

difrakcia svetla – inak ohyb vlnenia, vlnenie sa dostáva do geometrického tieňa (za prekážkou sa ohýba), na tienidle sa objavia difrakčné/ohybové obrazce (svetle a tmavé pružky)

polarizácia svetla – lineárne polarizované svetlo kmitá vektor \vec{E} neustále v jednej rovine – rovina kmitov

Riešte príklad

Vlnová dĺžka červeného svetla He-Ne laseru vo vákuu je 632,8 nm. Akú vlnovú dĺžku má toto svetlo vo vode? Index lomu vody je 1,33.

$$\lambda = \lambda \cdot n$$

λ = vlnová dĺžka

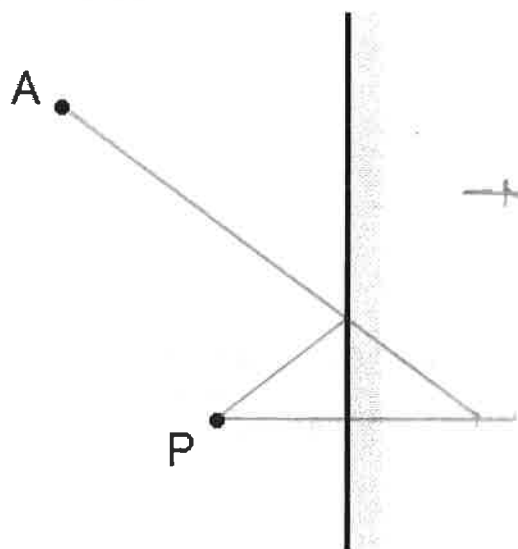
$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{632,8 \text{ nm}}{1,33}$$

Prekážka musí byť podobnej hrúbky ako vlnová dĺžka.

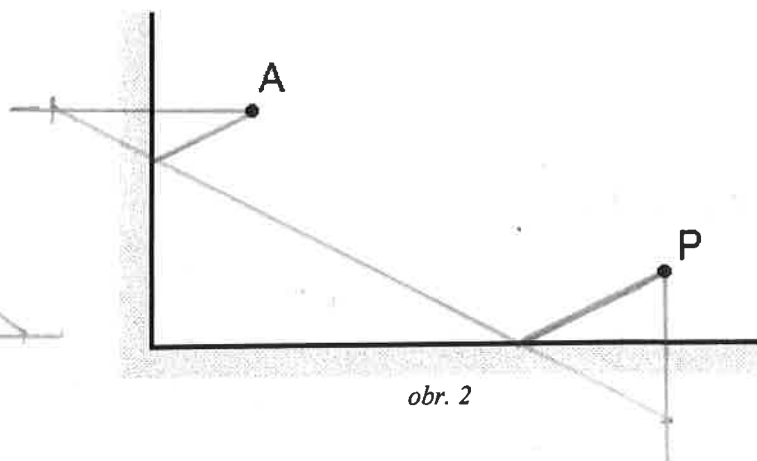
v medicíne a bankovníctve. Vzniká odrazom alebo lomením.

Zobrazení zrcadly

Na obr. 1 až obr. 3 sestrojte paprsky tak, aby pozorovatel v bodě P viděl předmět v bodě A resp. v bodě B po odrazu od jednoho resp. dvou zrcadel. Konstrukci zdůvodněte.

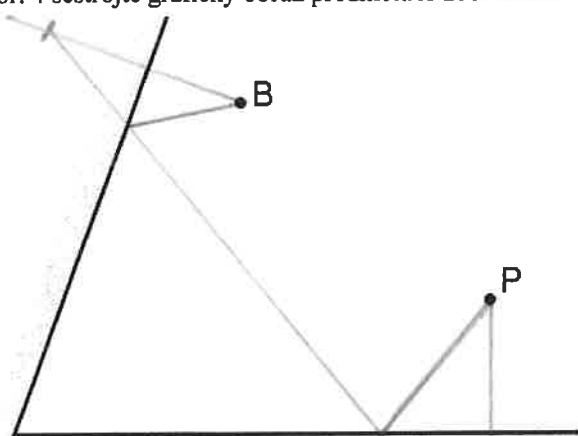


obr. 1

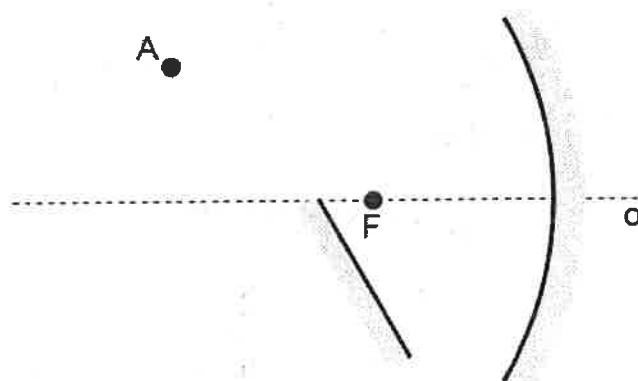


obr. 2

Na obr. 4 sestrojte graficky obraz předmětu A zobrazeného dutým a rovinným zrcadlem.

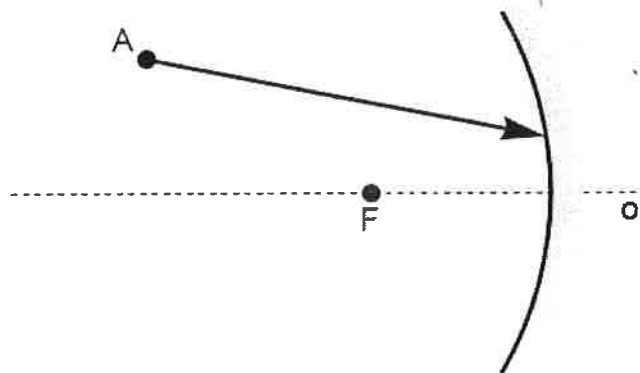


obr. 3

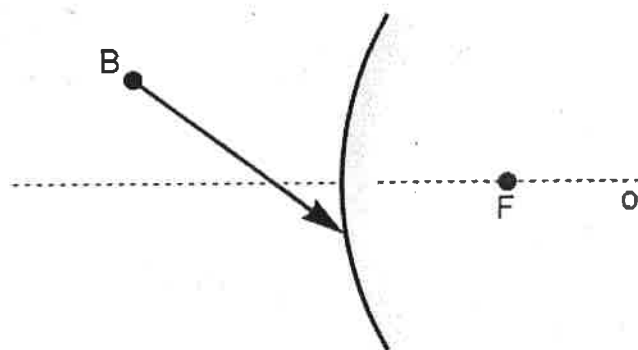


obr. 4

Na obr. 5 až obr. 6 sestrojte k zobrazenému obecnému paprsku, který dopadá na povrch kulového zrcadla, paprsek od zrcadla odražený. Konstrukci zdůvodněte.

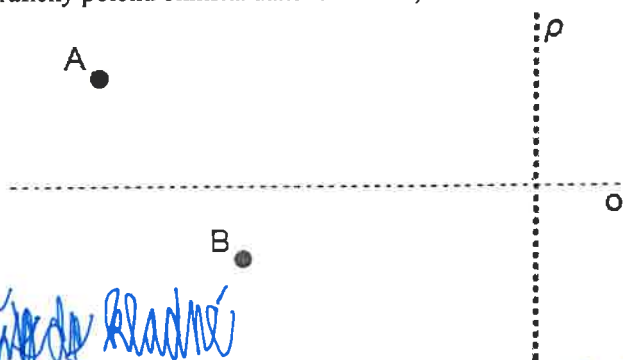


obr. 5

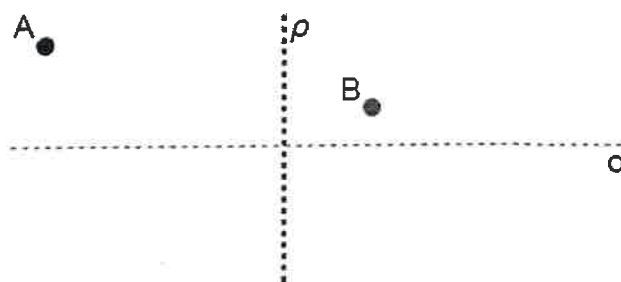


obr. 6

Na obr. 7 a obr. 8 je zobrazen vzor v bodě A a jeho obraz po zobrazení zrcadlem v bodě B. Zrcadlo leží v rovině ρ . Sestrojte graficky polohu ohniska daného zrcadla, určete a zdůvodněte typ zrcadla a určete vlastnosti obrazu.



obr. 7



obr. 8

a) výsledek kladný

$$Z = \frac{a'}{a} = -\frac{a'}{a}$$

příčné zvětšení

obraz kladný - přímý obraz
naopaku - převrácený

poloměr křivosti

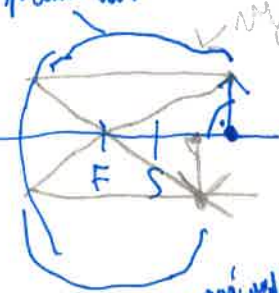
a' kladný před zrcadlem
naopaku za zrcadlem

S = střed křivosti
ohnisko

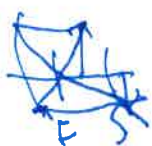
a' = před zrcadlem vzdálenost

výstřednost

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$



a' = vzdálenost od zrcadla

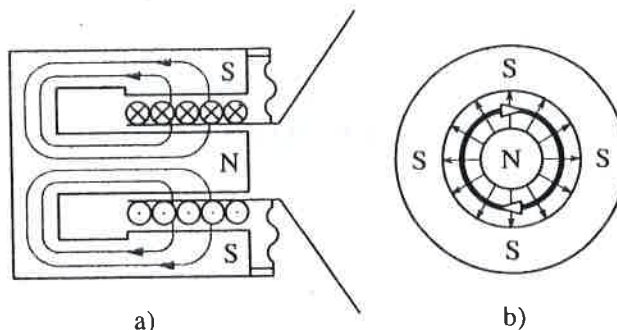


kulová vada zrcadla
mírně kulová

odstranění
parabolickým zrcadlem

z kladné mírně a spíše
naopaku mírně a spíše

- $F_{mv} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \alpha$
- 1 Vodič délky 8,0 cm je umístěn kolmo k indukčním čarám magnetického pole o magnetické indukci 0,12 T. Určete velikost síly působící na vodič, jestliže jím prochází proud 5,0 A. $F_{mv} = 0,12 T \cdot 5 A \cdot 0,08 m \cdot 1 = 0,048 N$
- 2 Na obr. 7-11 jsou znázorněny proudové váhy, kterými můžeme určit velikost magnetické indukce magnetického pole mezi pólovými nástavci elektromagnetu. Vodič kolmý k indukčním čarám magnetického pole má účinnou délku 4,2 cm a prochází jím proud 2,0 A. Hmotnost vodiče neuvažujeme. Rovnováha vah nastala položením závaží 1,55 g. Určete velikost magnetické indukce. $B = 0,181017857 T$
- $B = \frac{F_{mv}}{I \cdot L \cdot \sin \alpha}$
- 3 Na obr. 7-14a je podélný řez reproduktorem, který slouží k přeměně elektrického zvukového signálu na zvuk. Reprodaktor je tvořen trvalým magnetem kruhového tvaru (obr. 7-14b) a v jeho magnetickém poli je



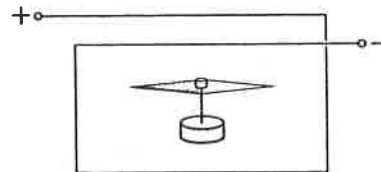
7-14 K úloze 3

umístěna cívka, pevně spojená s membránou reproduktoru. Určete, kterým směrem se cívka vychýlí, když jí bude procházet proud naznačeným směrem (křížek naznačuje směr proudu za nákresem; proud je také vyznačen na obr. 7-14b).

- 4 Cívka reproduktoru má 40 závitů a průměr 25 mm. Magnetická indukce pole ve štěrbině mezi pólovými nástavci magnetu má velikost 0,6 T. Jak velká síla způsobuje výchylku membrány reproduktoru, jestliže cívkou prochází proud 350 mA?

$0,350 A$

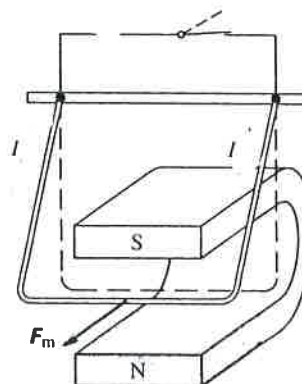
- 2 Kolem magnetky je vytvořen ve svislé rovině závit vodiče, kterým prochází proud ve směru určeném polaritou zdroje (obr. 7-6). Kam se vychýlí severní pól magnetky? Odpověď zdůvodněte.



7-6 K úloze 2

- 20C. Jakou velikost musí mít magnetická indukce homogenního magnetického pole působícího na paprsek elektronů, které letí rychlostí $1,3 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, aby se pohybovaly po kružnici o poloměru 0,35 m?

Dobře! směr proudu:



7-7 Demonstrace magnetické síly

- 21C. (a) V magnetickém poli o indukci 0,50 T obíhá po kružnici elektron rychlostí rovnou 10 % rychlosti světla. Určete poloměr kružnice, po níž se pohybuje. (b) Jaká je kinetická energie elektronu (v jednotkách eV)? Relativistické efekty jsou při takové rychlosti ještě zanedbatelné.

ODST. 29.5 Pohyb nabité částice po kružnici

- 19C. Elektron je urychlován z klidu napětím 350 V. Poté vletí do homogenního magnetického pole o indukci 200 mT kolmo k vektoru magnetické indukce. Vypočítejte: (a) velikost rychlosti elektronu a (b) poloměr jeho dráhy v magnetickém poli.