

FYZIKÁLNÍ VELIČINY

- Hodiny
 - 1657 kyvadlové hodiny

1. SOUSTAVA SI

- Platí od roku 1960
- U nás platí od roku 1980 v ČR
- Předchůdce soustavy SI byly
 - CGS
 - CGSA
- Jsou tři skupiny jednotek
 - Základní jednotky
 - Odvozené jednotky
 - Dílčí jednotky a jejich násobky
- Veličiny
 - Vektory (táhové zrychlení, hybnost, velikost síly,...)
 - Skaláry (hmotnost, čas, objem, rezistivita)

1.1. ZÁKLADNÍ JEDNOTKY

Veličina	Značení [jednotka]	Základní jednotka
Délka	$l = [m]$	metr
Čas	$t = [s]$	sekunda
hmotnost	$m = [kg]$	kilogram
el. proud	$I = [A]$	ampér
svítivost	$I = [cd]$	Candela [kandela]
Látkové množství	$n = [mol]$	mol
Termická teplota	$T = [K]$	kelvin

1.2. ODVOZENÉ JEDNOTKY

- Odvozené jednotky, jsou složené jednotky
- Některé mají svůj název
 - $kg \cdot m \cdot s^{-2} = N$ (Newton)
- Některé nemají název
 - m/s (metr za sekundu)

1.3. DÍLČÍ A NÁSOBNÉ JEDNOTKY

- **Násobné** jednotky jsou násobky základních jednotek
 - Základní jednotkou je **gram** a násobnou jednotkou je **kilogram** $g \rightarrow kg$
 - Předpony: *kilo-*, *mega-*, *giga-*, *tera-*
- **Dílčí** jednotky jsou zlomkové jednotky základní jednotky
 - Jsou to setiny, desetiny
 - Pokud je základní jednotkou **metr**, pak **centimetr** je dílčí jednotkou $m \rightarrow cm$
 - Předpony: *mili-*, *mikro-*, *nano-*, *pico-*

2. PŘÍKLADY NA PROCVIČOVÁNÍ PŘEVODŮ JEDNOTEK

1) Jednotky plochy

$$\text{a) } 120 \text{ cm}^2 = \frac{0,012}{\text{m}^2} \quad \text{e) } 0,056 \text{ ha} = \frac{560}{\text{m}^2}$$

$$\text{b) } 0,6 \text{ m}^2 = \frac{60}{\text{dm}^2} \quad \text{f) } 0,08 \text{ km}^2 = \frac{80\,000}{\text{m}^2}$$

$$\text{c) } 25 \text{ mm}^2 = \frac{0,000\,025}{\text{m}^2} \quad \text{g) } 0,46 \text{ km}^2 = \frac{46}{\text{ha}}$$

$$\text{d) } 0,002 \text{ m}^2 = \frac{20}{\text{cm}^2}$$

2) Jednotky objemu

$$\text{a) } 0,12 \text{ m}^3 = \frac{120}{\text{dm}^3} \quad \text{e) } 4 \text{ hl} = \frac{0,4}{\text{m}^3}$$

$$\text{b) } 5\,600 \text{ ml} = \frac{0,005\,6}{\text{dm}^3} \quad \text{f) } 1\,800 \text{ cm}^3 = \frac{0,001\,8}{\text{m}^3}$$

$$\text{c) } 5,7 \text{ m}^3 = \frac{5\,700}{\text{l}} \quad \text{g) } 260\,000 \text{ mm}^3 = \frac{0,26}{\text{l}}$$

$$\text{d) } 0,009\,2 \text{ m}^3 = \frac{9\,200}{\text{cm}^3}$$

- 3) Na povrchu hřiště 6x12m se spotřebovalo 520kg antuky. Jaká je průměrná tloušťka antuky na hřišti, je-li její objemová hmotnost 1,2 g/cm³.

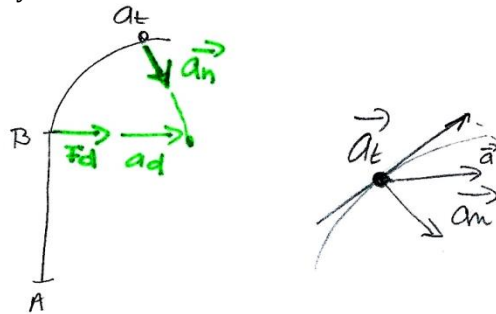
[0,6 mm]

- 4) Jaký průměr má dřevěný telefonní sloup kruhového průměru o hmotnosti 75 kg a výšce 4 metry? Počítáme-li s hustotou dřeva 600 kg/m³. Sloup považujeme za homogenní válec.

[20 cm]

MECHANIKA

- Zabývá se mechanickými pohyby těles
- Dělíme ji na několik částí
 - **Dynamika** → zabývá se **příčinou pohybu** (síla, hmotnost, hybnost, impuls síly I)
 - **Kinetika** → zabývá se **popisem pohybu** (rychlost, dráha, čas, zrychlení)
 - **Statika** → zabývá se podmínkami relativního pohybu těles
- Jiné dělení mechaniky
 - Klasická → Studuje pohyby těles, které jsou malé vzhledem k rychlosti světla
 - Relativistická → studuje pohyby těles, které se blíží k rychlosti světla
- Základním pojmem je pohyb
 - Dělíme podle typu dráhy
 - » Přímočarý
 - » Křivočarý
 - Dělíme podle rovnoměrnosti pohybu
 - » Rovnoměrný
 - » Nerovnoměrný
 - **I. Newtonův pohybový zákon** – (setrvačnost)
 - » Rovnoměrný přímočarý pohyb → **není zrychlení**
 - » Rovnoměrný pohyb → zrychlení má normálovou složku



1. KINEMATIKA

1.1. POJMY

VZTAŽNÁ SOUSTAVA

Určuje polohu hmotného bodu. Například kartézská soustava souřadnic.

HMOTNÝ BOD

Je myšlenkový model (tzn. ve skutečnosti neexistuje). Nahrazujeme těleso za bod v tělese.

TUHÉ TĚLESO

Je myšlenkový model tělesa, které nemění svůj tvar za použití nekonečné síly.

TRAJEKTORIE X DRÁHA

Trajektorie je geometrická dráha tělesa. Dráha je fyzikální veličina, kterou značíme s .

MECHANICKÝ POHYB

Je změna polohy tělesa vzhledem k soustavě.

KLID

Je to poloha vzhledem k soustavě měření.

1.2. PŘÍMOČARÝ POHYB

- $$v = \frac{s}{t} \text{ [m/s]}$$

- $s = vt + s_0$
- Průměrná rychlost $\rightarrow v_p = \frac{\text{celkem dráha}}{\text{celem čas}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
 - Průměrná rychlost je **skalár** \rightarrow 200 km ujezu za 2h \Rightarrow průměrná rychlost je 100 km/h
 - Průměrná rychlost je zprůměrování času
 - Aritmetický průměr rychlostí je součet průměrů

1.3. ROVNOMĚRNĚ ZRYCHLENÝ POHYB

- Potřebujeme k tomu dva základní vzorečky, pokud se $t=0$ a $s_0=0$

$$\begin{aligned} v &= a \cdot t \\ s &= \frac{1}{2} at^2 \end{aligned}$$

- Pokud $t < 0$ a $s_0 < 0$

$$v = v_0 + at$$

$$s = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t$$

1.4. POHYB ROVNOMĚRNĚ ZPOMALENÝ

- Zpomalený pohyb je „zrychlení zpomaleného pohybu“
- Objevuje se zde tíhové zrychlení, respektive vyplývá ze vzorce

$$v = gt$$

$$s = \frac{1}{2} gt^2$$

- Tíhové zrychlení značíme $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- Gravitační zrychlení a_g
- Normálové tíhové zrychlení značíme $g_n = 9,80665 \text{ m/s}^2$

- Pohyb rovnoměrně zpomalený

$$\begin{aligned} v &= v_0 - at \\ s &= v_0 t - \frac{1}{2} at^2 \end{aligned}$$

- **Doba zastavení**

$$t_z = \frac{v_0}{a}$$

$$s_z = \frac{v_0^2}{2a}$$

1.5. KŘIVOČARÝ POHYB

- Křivočarý pohyb po kruhové trajektorii

$$v = \frac{s}{t} = \frac{\text{dráhackruh u}}{T} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$$

$$T = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{T}$$

1.5.1. Úhlová rychlost

- Značíme omega ω

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \Rightarrow v = r\omega \Rightarrow \omega = \frac{v}{r}$$

- Dostředivé zrychlení značíme a_d

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

1.6. ÚLOHY

- 1) Automobil Škoda vzdálený 800 m od křižovatky jede ke křižovatce stálou rychlostí 80 km/h. Automobil Fiat jede po druhé silnici a od křižovatky je vzdálen 600 m. Jakou rychlostí se pohyboval Fiat, jestliže se na křižovatce obě auta srazila?
[60 km/h]
- 2) Těleso urazilo jednu třetinu dráhy rychlostí 36 km/h. Zbylou část dráhy 300 m urazilo za 60 sekund. Určete průměrnou rychlost tělesa na dráze.
[6 m/s]
- 3) Nákladní auto o délce 6 m jede rychlostí 66 km/h. Předjíždí jej motocykl, jedoucí rychlostí 72 km/h. Předjíždění začíná 16 m za autem a končí 18 m před autem. Jak dlouho toto předjíždění bude trvat a jakou dráhu motocykl urazí?
[24 s; 480 m]
- 4) Auto se pohybovalo $\frac{1}{2}$ délky dráhy rychlostí 30 km/h, zbytek dráhy jelo 50 km/h. druhé auto, které vyrazilo současně s prvním, se pohybovalo po stejné dráze 40 km/h. Které z aut přijede do cíle dříve?
[druhé; $v_{P1} = 38$ km/h]
- 5) Auto se rozjíždělo rovnoměrně zrychleným pohybem, dosáhlo rychlosti 100 km/h za 6 s. Spočítejte zrychlení.

2. DYNAMIKA

- Popisuje, proč vzniká pohyb
- Vztažná soustava
 - Inerciální
 - Neinerciální
- Vztažná soustava má souvislost s Newtonovými pohybovými zákony
- Newtonovi zákony dělíme
 - I. – III. Newtonův zákon
 - I. – III. Newtonův pohybový zákon
 - » I. o setrvačnosti
 - » II. o síle
 - » III. o akci a reakci

2.1. NEWTONOVY POHYBOVÉ ZÁKONY

2.1.1. I. Newtonův pohybový zákon

„Hmotný bod v inerciální vztažné soustavě setrvává v klidu nebo pohybu rovnoměrném přímočarém, pokud není nucen vnějšími silami tento svůj stav změnit.“

- **Platí v inerciální vztažné soustavě**
- **Zákon o setrvačnosti**

2.1.2. II. Newtonův pohybový zákon

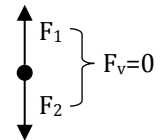
„Hmotný bod v inerciální vztažné soustavě setrvává v klidu nebo pohybu rovnoměrném přímočarém, pokud není nucen vnějšími silami tento svůj stav změnit.“

- Je o tom **jak vypočítáme sílu**
- Zrychlení **a** je udáváno jako vektor $\vec{F} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$
- Pokud je více sil \rightarrow skládáme je $\vec{F}_v = m \cdot \vec{a}$, F_v je výslednice skládaných sil
- Tíhová síla $\vec{F}_G = m\vec{g}$

2.1.3. III: Newtonův pohybový zákon

„Dvě tělesa na sebe navzájem působí stejně velkými silami opačného směru. Síly akce F_1 a reakce F_2 současně vznikají a současně zanikají“

- **Zachovává se rovnováha sil** při akci a reakci



INERCIÁLNÍ VZTAŽNÁ SOUSTAVA

Je v klidu nebo rovnoměrně přímočarém pohybu.

NEINERCIÁLNÍ VZTAŽNÁ SOUSTAVA

Pohybuje se jinak než přímočaře. Fungují zde síly bez doteku například setrvačnost.

INTERAKCE

Působí zde pole nebo dotyk.

IZOLOVANÉ TĚLESO

Je to myšlenkový model (tzn. neexistuje v realu). Je to těleso, které není v interakci s žádnými předměty.

- **Třecí síla**
 - Značíme ji F_t
 - Třecí síla je stejná jako síla kolmá na podložku
 - » $F_t \sim F_n \rightarrow F_n$ - součinitel smykového tření
 - » $F_t \sim f$
 - $F_t = f \cdot F_n$
- **Hybnost**
 - Značíme ji \vec{p} , je to vektorová síla
 - $\vec{p} : m \cdot \vec{v}$
 - Je to **konstanta** $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

- **Impuls síly**

- Značíme ho I

- $\vec{I} = \vec{p} \Rightarrow \vec{I} = F \cdot \Delta t \Rightarrow F = \frac{m \cdot v}{\Delta t}$

2.2. INERCIÁLNÍ VZTAŽNÉ SOUSTAVY

- **Setrvačná síla**

- Značíme ji F_s

- $F_s = m \cdot a$

- Nejjednodušší **trajektorie** zakřivení je **kruh**

- Působí zde dostředivá síla $F_d = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot r \cdot \omega$

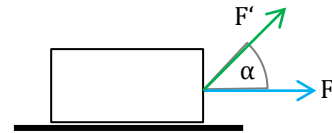
2.3. PŘÍKLADY

- 1) Tělesu o hmotnosti m uděluje síla o velikosti F zrychlení 2 m/s^2 . Jak velké zrychlení uděluje témuž tělesu síla o velikosti
- $2F$
 - $F/2$
- [4 m/s²; 1 m/s²]
- 2) Tělesu o hmotnosti m uděluje síla o velikosti F zrychlení 2 m/s^2 . Jak velké zrychlení uděluje stejně velká síla tělesu o hmotnosti
- $2m$,
 - $m/2$
- [1 m/s²; 4 m/s²]
- 3) Cyklista vyvolá šlapáním sílu, která působí na kolo ve směru jeho pohybu průměrnou silou velikosti 50 N. Proti jeho pohybu působí třecí síla a síla odporu vzduchu 10 N. Určete velikost zrychlení cyklisty, je-li jeho hmotnost včetně kola 80 kg.
- [0,5 m/s²]
- 4) Automobil o hmotnosti 1 200 kg zvětšil rychlost ze 72 km/h na 90 km/h za dobu 10 s.
- Jak velká síla tuto změnu rychlosti způsobila?
 - Jakou vzdálenost při zvětšující se rychlosti automobil urazil?
- [600 N; 225 m]
- 5) Vlak o hmotnosti 500 t se rozjíždí z klidu působením tažné síly lokomotivy 100 kN. Jak velké rychlosti dosáhne za dobu 1 min svého pohybu? Odporové síly neuvažujte.
- [12 m/s]
- 6) Vlak o hmotnosti 800 t, který jede po vodorovné trati rychlostí 72 km/h, začne brzdit a zastaví na dráze 400 m. Jak velká brzdící síla při tom na vlak působila?
- [400 kN]
- 7) Kvádr o hmotnosti 5 kg táhneme po vodorovné podložce vodorovnou silou o velikosti 30 N. Součinitel smykového tření mezi kvádrem a vodorovnou podložkou je 0,4. Určete velikost zrychlení kvádrů.
- [2 m/s²]
- 8) Chlapec o hmotnosti 50 kg vyskočil z loďky o hmotnosti 200 kg na břeh jezera, přičemž loďka odplavala za dobu 5 s do vzdálenosti 2 m od břehu. Jak velká byla rychlost chlapce při výskoku? Předpokládejte, že loďka odplouvá od břehu stálou rychlostí.
- [1,6 m/s]
- 9) Z pušky o hmotnosti 4 kg vyletěla střela o hmotnosti 20 g rychlostí 600 m/s. Jak velkou rychlostí se začne pohybovat puška, není-li upevněna?
- [3 m/s]
- 10) Střela o hmotnosti 10 g proletěla hlavní pušky za 0,02 s, přičemž nabyla rychlosti $800 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Jak velká síla působila na střelu při výstřelu?
 - Jak velká je zpětná rychlost pušky o hmotnosti 5 kg?
 - Jak velká je celková hybnost pušky se střelou po výstřelu?
- [400 N; 1,6 m/s; 0]
- 11) Železniční vagon o hmotnosti 20 t se pohybuje po vodorovné trati rychlostí 1 m/s a narazí na jiný vagon o hmotnosti 30 t, který jede stejným směrem rychlostí 0,5 m/s. Po nárazu zůstanou vagony spojeny. Jak velkou rychlostí se spojené vagony po nárazu pohybují?
- [0,7 m/s]
- 12) V kabině výtahu dopravujeme náklad o hmotnosti 60 kg z přízemí do vyššího poschodí budovy. Jak velkou tlakovou silou působí náklad na podlahu kabiny
- při rozjíždění výtahu se zrychlením 2 m/s^2
 - při zastavování výtahu se zrychlením $2,5 \text{ m/s}^2$
- [720 N; 450 N]
- 13) Při cirkusové atrakci jezdí motocyklista v uzavřené kouli o poloměru 5 m všemi směry. Jakou nejmenší rychlostí musí motocyklista jet? Vzdálenost těžiště motocyklu s jezdcem od vnitřní stěny koule je 0,6 m.
- [6,6 m/s]
- 14) Na okraji vodorovného kotouče otáčivého kolem své osy, procházející středem kolotoče. Je upevněn stojan, na němž je zavěšeno závaží na závěsu o délce 0,08 m. Vzdálenost stojanu od osy otáčení je 0,05 m. S jakou frekvencí se kolotoč otáčí, jestliže úhel, který svírá závěs závaží se svislým směrem, je 40°? Tíhové zrychlení je $9,81 \text{ m/s}^2$.
- [$f=1,4 \text{ Hz}$]

3. MECHANICKÁ PRÁCE A ENERGIE

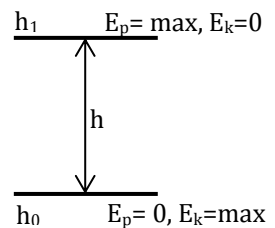
3.1. MECHANICKÁ PRÁCE

- Značíme ji W [J]
 - $W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$
Pokud $\alpha=0$, pak $W = F \cdot s$
 - Jednotka je joule [džaul] **J**
Jeho hodnota je $J = N \cdot m = kg \cdot m \cdot s^{-2}$
- **Výkon**
 - Značíme P
 - Je to práce vykonaná za dobu $t \rightarrow P = \frac{W}{t}$ nebo $P = \frac{F \cdot v}{v}$
- **Účinnost**
 - Značíme ji η [éta]
 - Je to **výkon/ příkon** $\eta = \frac{P}{P_0} \Rightarrow \eta < 1$



3.2. MECHANICKÁ ENERGIE

- Dělíme ji na
 - Pohybová \Rightarrow **kinetická** $E_k = \frac{1}{2} mv^2$
 - Polohová \Rightarrow **potenciální** $E_p = mgh$
- Vizolované soustavě platí, že celková energie (součet energií \rightarrow kinetická + potenciální) je soustava \Rightarrow zákon zachování mechanické energie
- Potenciální energie pružnosti
 - Značíme ji $E_{pruž} = \frac{1}{2} ky^2$
 - » k - tuhost pružiny
 - » y - délkový rozměr prodloužení (stlačení)



3.4. PŘÍKLADY

- 1) Po vodorovné silnici táhne traktor stálou rychlostí kmen stromu o hmotnosti 1,5 t do vzdálenosti 2 km. Jakou mechanickou práci vykoná, je-li součinitel smykového tření 0,6? [18 MJ]
- 2) Člověk o hmotnosti 75 kg vynesete do třetího poschodí balík o hmotnosti 25 kg. Výška jednoho poschodí je 4 m.
 - a. Jak velká práce připadne na vynesení balíku?
 - b. Jakou celkovou práci člověk vykoná?[3 kJ; 12 kJ]
- 3) Kvádr o hmotnosti 5 kg posunujeme rovnoměrným pohybem vzhůru po nakloněné rovině do vzdálenosti 2 m. Nakloněná rovina svírá s vodorovnou rovinou úhel 30°. Součinitel smykového tření je 0,2. Určete práci, kterou při tom vykonáme. [67 J]
- 4) Motor výtahu dopraví náklad o hmotnosti 250 kg rovnoměrným pohybem do výšky 18 m za 30 s.
 - a. Jakou práci motor vykoná?
 - b. Jaký je výkon motoru?[45 kJ; 1,5 kW]
- 5) Vzpěrač vyzvedl činku o hmotnosti 150 kg do výšky 2 m za 3 s. Jaký byl jeho průměrný výkon? [1 kW]
- 6) Porovnejte výkony dvou chlapců při závodech ve šplhání. Chlapec o hmotnosti 60 kg vyšplhá do výšky 4 m za 5 s, chlapec o hmotnosti 72 kg do stejné výšky za 6 s. [P1=P2]
- 7) Motor o výkonu 24 kW dopraví rovnoměrným pohybem náklad do výšky 12 m za 8 s. Jakou největší hmotnost může mít náklad včetně kabiny výtahu? [1600 kg]
- 8) Motorové sáně o maximálním výkonu 4,8 kW táhnou po zasněžené vodorovné krajině náklad o hmotnosti 800 kg. Součinitel smykového tření je 0,05.
 - a. Jak velké je zrychlení saní v okamžiku, kdy jedou rychlostí 2 m/s?
 - b. Jaké nejvyšší rychlosti mohou sáně při daném maximálním výkonu dosáhnout?[2,5 m/s²; 12 m/s]
- 9) Elektromotor jeřábu o příkonu 20 kW dopravuje náklad o hmotnosti 800 kg stálou rychlostí 2 m/s. Určete účinnost zařízení. [80%]
- 10) Střela o hmotnosti 20 g zasáhla strom a pronikla do hloubky 10 cm, Jak velkou rychlostí se pohybovala před zásahem, je-li průměrná odporová síla dřeva stromu 4 kN? [200 m/s]
- 11) Ocelovou trubku o hmotnosti 20 kg a délce 5 m, která leží na vodorovné rovině, postavíme do svislé polohy. O jakou hodnotu se zvětší její tíhová potenciální energie? [500 J]
- 12) Letadlo o hmotnosti 60 t vystoupilo z výšky 1 000 m do výšky 3 000 m, přičemž zvětšilo rychlost ze 160 m/s na 200 m/s. Jakou práci vykonaly motory letadla? Odpor vzduchu neuvažujte. [1,6 GJ]
- 13) Vypočítejte, jak vysoko vyskočí kulička i hmotnosti 10 g, která je položena na pružině stlačené ve svislém směru o 5 cm. Pružina je stlačená silou o velikosti 1 N o 1 cm. Tíhové zrychlení počítáme 10 m/s². Ztráty třením nebo odporu nepočítáme. [130 cm]
- 14) Těleso o hmotnosti 1 kg zavěšené na tenkém vlákně vychýlíme o úhel 90° a uvolníme lano. Určete tíhovou sílu, kterou působí vlákno na závaží v okamžiku, kdy prochází svislou polohou. [30 N]
- 15) Jaký příkon musí mít elektromotor čerpadla, které vyčerpá za 4 sekundy vodu o objemu 100 litrů do výšky 20 metrů? Hustota vody je 10³ kg/m³, tíhové zrychlení je 10 m/s². [P₀ > 5 kN]

4. MECHANIKA TUHÉHO TĚLESA

TUHÉ TĚLESO

Je ideální těleso, jehož tvar ani objem se působením libovolných sil na něj nemění. Tuhé těleso neexistuje v reálu, je to jen myšlenkový model.

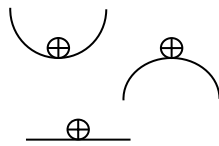
4.1. PŮSOBENÍ SIL V TUHÉM TĚLESE

◦ Moment síly

- Značíme ho M je to vektor
- $M = F \cdot d$
 - » F - vektor síly
 - » d - je rameno síly
- Skládání sil $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$
- Moment dvojice sil $D = F \cdot d$

◦ Těžiště

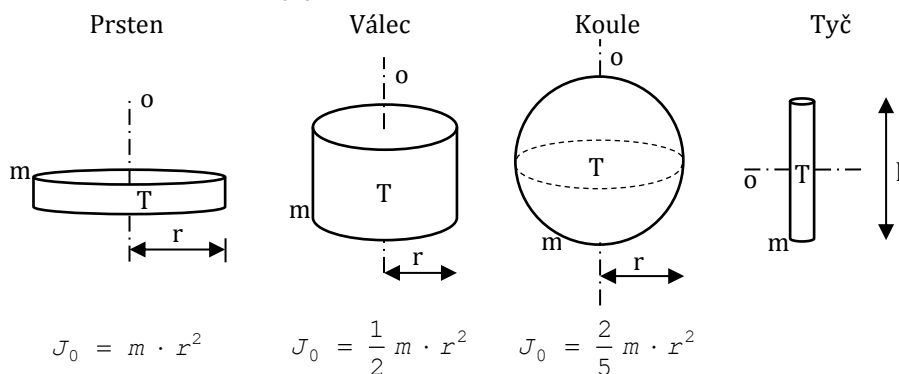
- Je to působíště tíhové síly F_G (vektor)
- Značíme ho T
- $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$
 $F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$
- Polohy těžiště
 - » Stabilní (stálá)
 - » Labilní (vratká)
 - » Indiferentní (volná)



4.2. KINETICKÁ ENERGIE TUHÝCH TĚLES

◦ Je složená ze dvou energií: $E_k = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J_0 \omega^2$

- Translační $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
- Rotační $E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$
- J - moment setrvačnosti tělesa vzhledem k ose otáčení
 $J = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots + m_n r_n^2$

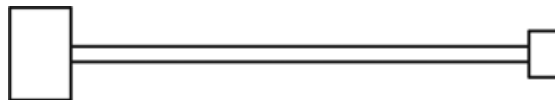


◦ Jednoduché stroje (je jich 6)

- Šroub
- Kladka
- Klín
- Nakloněná rovina (líha)
- Páka
- Kolo
- Hřídel

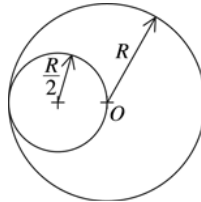
4.3. PŘÍKLADY

- 1) Kmen o délce 5 m a hmotnosti 95 kg má těžiště ve vzdálenosti 2 m od tlustšího konce. Kmen nesou dva muži. Jeden nese kmen na tlustším konci. V jaké vzdálenosti od druhého konce musí nést kmen druhý muž, aby na oba působil stejně velkou silou? [1 m]
- 2) Na rovnoramenné páce o délce 20 cm s osou procházející těžištěm jsou zavěšena nalevo od osy závaží o hmotnosti 0,2 kg ve vzdálenosti 8 cm od osy a závaží o hmotnosti 0,4 kg ve vzdálenosti 6 cm od osy. Na pravé straně je zavěšeno závaží o hmotnosti 0,6 kg ve vzdálenosti 2 cm od osy a závaží o hmotnosti 0,2 kg ve vzdálenosti 4 cm od osy. Jaká je hmotnost závaží, které musíme zavěsit na jednom konci páky, aby nastala rovnováha? Na kterém konci páky musíme závaží zavěsit? [0,2 kg]
- 3) Určete polohu těžiště stejnorodého tělesa zhotoveného z ocele (viz Obrázek 1). Těleso se skládá z válcové tyče o délce 30 cm a průměru 1 cm, na jejímž jednom konci je připevněn válec o průměru 6 cm a výšce 4 cm a na druhém konci válec o průměru 3 cm a výšce 2 cm. Osa tyče prochází středy podstav obou válců. [7,75 cm]



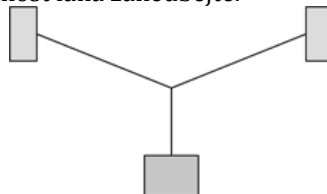
Obrázek 1

- 4) V homogenní kruhové desce o zanedbatelné tloušťce a poloměru R je vyříznut kruhový otvor o poloměru $R/2$ (viz Obrázek 2). Určete polohu těžiště T tohoto útvaru. [R/6]



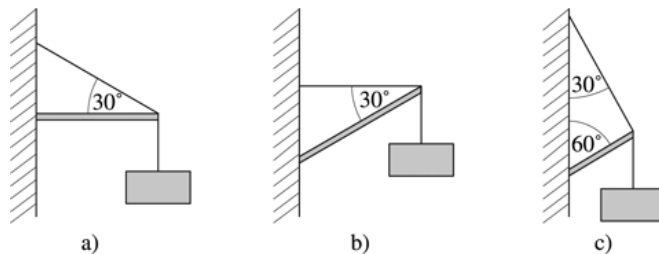
Obrázek 2

- 5) Těleso o hmotnosti 5 kg visí uprostřed lana, jehož koncové body jsou upevněny v téže vodorovné rovině ve vzdálenosti 4 m od sebe. Závěs tělesa je o 0,6 m níže než koncové body lana (Obrázek 3). Určete, jak velkou silou je napínáno lano. Hmotnost lana zanedbejte. [85 N]



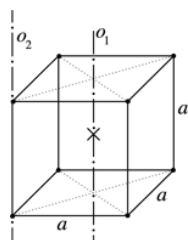
Obrázek 3

- 6) Vypočítejte síly, kterými těleso o hmotnosti 50 kg působí na trám a na drát, je-li zavěšeno podle Obrázek 4 a, b, c.



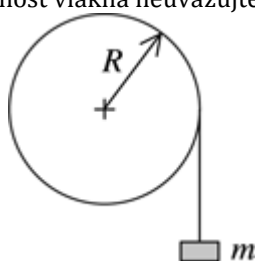
Obrázek 4

- 7) Ve vrcholech krychle o straně 0,2 m, zhotovené z drátu o zanedbatelně malé hmotnosti, jsou umístěny kuličky o hmotnostech 0,1 kg (Obrázek 5). Vypočítejte moment setrvačnosti této soustavy
 - a. vzhledem k ose o_1 rovnoběžné se stranami a jdoucí středem krychle,
 - b. vzhledem k ose o_2 jdoucí jednou hranou krychle.
 Kuličky považujte za hmotné body. [0,032 kg/m²]



Obrázek 5

- 8) Koule je pouštěna z klidu žlábkem, jehož horní konec je ve výšce 1,2 m nad spodním koncem. Vypočtete, jaké rychlosti dosáhne koule na spodním konci žlábků, koná-li valivý pohyb. Valivý odpor a odpor prostředí zanedbejte. [4,1 m/s]
- 9) V dětském setrvačnickovém autíčku je setrvačnick o momentu setrvačnosti $2 \cdot 10^{-7} \text{ kg m}^2$. Při rozjíždění autíčka je setrvačnick roztočen s frekvencí 100 Hz. Jaké rychlosti autíčko dosáhne na vodorovné rovině? Hmotnost autíčka je 120 g. Předpokládejte, že se rozjíždí z klidu, tření i valivý odpor zanedbejte. [0,8 m/s]
- 10) Na obvodu válce, který má poloměr 0,35 m a moment setrvačnosti $0,12 \text{ kg m}^2$, je navinuto vlákno, na němž je zavěšeno závaží o hmotnosti 0,4 kg (Obrázek 6). Válec je otáčivý kolem osy jdoucí jeho středem. Vlákno na obvodu kola neprokluzuje. Vypočtete, jak velkou úhlovou rychlostí se otáčí kolo, jestliže závaží urazilo z klidu dráhu 2 m. Tření a hmotnost vlákna neuvažujte. [9,6 rad/s]

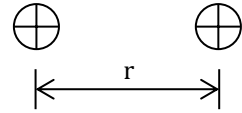


Obrázek 6

- 11) Tenká tyč o hmotnosti 1 kg a délce 1 m je otáčivá kolem vodorovné osy jdoucí koncovým bodem tyče. Tyč dáme do nejvyšší polohy a necháme padat. Jak velkou rychlostí projde koncový bod tyče nejnižší polohou? Jak velkou silou je při průchodu tyče nejnižší polohou namáhána osa? [7,7 m/s; 39 N]
- 12) (na moment síly) Válec o poloměru 3,2 cm a hmotnosti 180 g je třeba zvednout na stupňovitou překážku o výšce větší než poloměr. Určete minimální sílu, kterou je potřeba působit ve vodorovném směru na osu válce prochází bodem S, aby překonal stupňovitou překážku? [$F \leq 1,9\text{N}$]
- 13) Jakou rychlost získá koule, která se kutálí po nakloněné rovině z výšky 1 m? Tření neuvažujeme. [3,8 m/s]

ELEKTROSTATIKA

- Náboj značíme Coulomb – C
 - Vždy spojen s tělesy
 - Elementární **elektrický náboj** značíme $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$
- Coulombův zákon
 - Charakterizuje nabití mezi tělesy
 - $F_e = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$, kde k je konstanta $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
 - $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, kde ϵ_0 je permitivita vakua (pozor! Nezaměňovat s μ [mí] to je permitivita elektrostatického pole) $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C/Nm}^2$
 - $F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$ kde $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$
 - ϵ - permeabilita prostředí
 - ϵ_r - relativní permeabilita

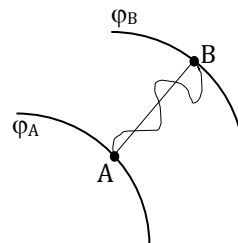


$$\Rightarrow F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

- Intenzita elektrostatického pole E
 - $E = \frac{F_e}{Q}$ [N/C]
 - V radiálním poli $E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2}$ [V/m]

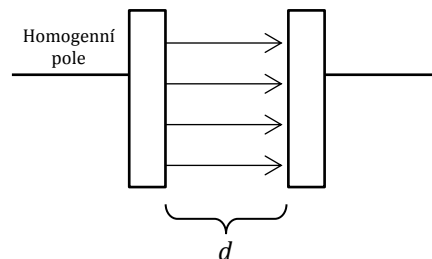
- Plošná hustota ρ
 - $\rho = \frac{\Delta Q}{\Delta S}$ kde S je povrch
 - Je to rozložení náboje na ploše
 - Největší intenzita náboje je na ostrých hranách \rightarrow koule $\rho = \frac{\Delta Q}{2\pi r}$

- Práce v elektrickém poli W
 - Práce $W = U \cdot Q_0$
 - Elektrické napětí $U = \frac{W}{Q_0}$



- Potenciální polohová energie φ
 - $\varphi = \frac{E_p}{Q_0}$
 - Nezávislé na trajektorii $U = \varphi_A - \varphi_B$

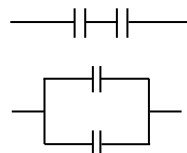
- Energie
 - $E = \frac{U}{d} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$



- Radiální pole $\varphi = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{Q}{r^2}$

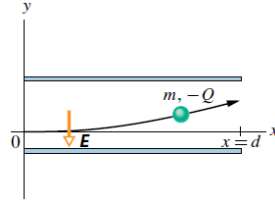
- Kapacita C
 - Kapacita C je přímo úměrná ploše $S \Rightarrow C \sim S$
 - Kapacita C je přímo úměrná $1/d \Rightarrow C \sim 1/d$
 - $C = \epsilon \cdot \frac{S}{d}$

- Kondenzátor a rezistor
 - Jsou zapojeny
 - » Sériově $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \dots + \frac{1}{C_n} \Rightarrow U = U_1 + \dots + U_n$
 - » Paralelně $C = C_1 + \dots + C_n \Rightarrow U$ je stejné
 - $E_k = \frac{1}{2} CU^2$

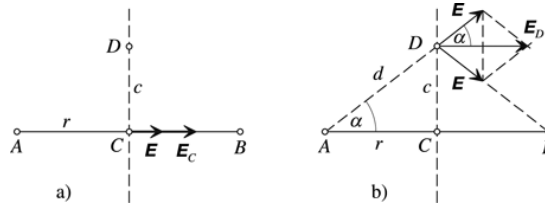


4.4. PŘÍKLADY

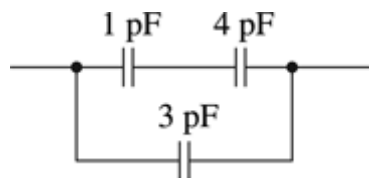
- 1) Na obrázku jsou vychylovací desky inkoustové tiskárny se zavedenými souřadnicovými osami. Kapka inkoustu o hmotnosti $m = 1,3 \cdot 10^{-10}$ kg a se záporným nábojem o velikosti $Q = 1,5 \cdot 10^{-13}$ C je vstříknuta do prostoru mezi deskami ve směru osy x rychlostí $v_x = 18$ m·s⁻¹. Délka d desek je 1,6 cm. Desky jsou nabity a budí tedy sebou elektrické pole. Předpokládejme, že pole je homogenní, se svisle dolů orientovanou intenzitou E o velikosti $1,4 \cdot 10^6$ N·C⁻¹. Jaká je svislá odchylka kapky od původního směru na úrovni konce desek? (Tíhová síla působící na kapku je malá vzhledem k elektrostatické síle a můžeme ji zanedbat.)



- 2) Jak velkou elektrickou silou působí na sebe ve vakuu dvě kuličky ze vzdálenosti 10 cm, má-li každá z nich elektrický náboj 1 mC?
- 3) Jaká je vzájemná vzdálenost dvou bodových nábojů 10 mC, které na sebe působí ve vakuu elektrickou silou o velikosti 10 N?
- 4) Určete velikost intenzity elektrického pole v místě, kde na bodový náboj 20 mC působí elektrická síla o velikosti 1 N.
- 5) Jak velká je intenzita elektrického pole ve vzdálenosti 30 cm od bodového náboje 1 mC ve vakuu?
- 6) V bodech A, B jsou umístěny bodové náboje $Q_A = 8 \times 10^{-8}$ C, $Q_B = -8 \times 10^{-8}$ C (viz obr.a). Určete velikost intenzity elektrického pole a) ve středu C úsečky AB , přičemž $\frac{1}{2}AC = \frac{1}{2}CB = r = 40$ cm, b) v bodě D , který leží na ose úsečky AB , přičemž $\frac{1}{2}CD = c = 30$ cm.



- 7) Při přenesení náboje 50 mC z místa nulového potenciálu na izolovaný vodič byla vykonána práce 0,2 J. Jaký potenciál má vodič vzhledem k zemi?
- 8) Deskový kondenzátor se slídovým dielektrikem má desky o účinné ploše 100 cm² ve vzdálenosti 5 mm. Jaké je napětí mezi deskami kondenzátoru, jestliže je nabit elektrickým nábojem 3,2 mC?
- 9) Jaké kapacity můžeme získat spojením dvou kondenzátorů o stejné kapacitě 500 pF?
- 10) Určete výslednou kapacitu tří kondenzátorů spojených podle schématu na obr.



ELEKTRICKÝ PROUD

- Je to usměrněný pohyb částic
- Elektrický proud $I = \frac{Q}{t}$

1. OHMŮV ZÁKON

- Je to hlavní zákon
- Vyjádřen v třech různých tvarech **pro vnější část obvodu**
$$U = R \cdot I \text{ nebo } R = \frac{U}{I} \text{ a nebo } I = \frac{U}{R}$$
- Jednotka je [ohm] Ω
- Pohyb se uskutečňuje pomocí volných (vodivostních) elektronů \Rightarrow vytváří se teplo (tepelný pohyb)
- Po zapnutí zdroje se všechny elektrony uspořádají
- Rychle se pohybuje vodivostní pole, stejnou rychlostí jako světlo tzn. $3 \cdot 10^8$ m/s
- Odpor závisí na teplotě, odporu vodiče a délce
- **Rezistivita** (měrný odpor)
 - Značíme ho ρ [ró]
 - Kolmý průřez S
- **Odpor**
 - Je přímo úměrný délce ($R \sim l$), rezistivitě ($R \sim \rho$) a $R \sim 1/S$
 - $R = \rho \cdot \frac{l}{S} \Rightarrow \rho = R \cdot \frac{l}{S}$ [Ωm] nebo $\left[\frac{\Omega mm^2}{m} \right]$
 - **Závislost odporu vodiče na teplotě** $R = R_1(1 + \Delta t) = R_1[1 + \alpha(t - t_1)]$
 R_1 - odpor při teplotě t_1
 R - odpor při teplotě t
 Δt - přírůstek teploty
 α - teplotní součinitel elektrického odporu
 - **Zapojení**
 - » Sériové $R = R_1 + \dots + R_n$
 - » Paralelní $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n}$
- **Konduktivita** $\delta = \frac{1}{\rho}$
- Elektrická vodivost $G = \frac{1}{R}$

1.1. OHMŮV ZÁKON PRO UZAVŘENÝ OBVOD SE ZDROJEM

- $U < U_e$
 U - je svorkové napětí zatížené energií
 U_e - je elektromotorické napětí na svorkách nezatíženého zdroje

2. JAULŮV ZÁKON

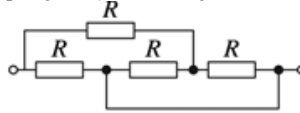
- $W = UIt = RI^2t = \frac{U^2}{R}t$
- **Jauleovo teplo** při **elektrické práci** je teplo, které se vyvíjí průchodem elektrického proudu
- $Q = UIt$

- Práce elektrické energie $P = \frac{W}{t} = UI$

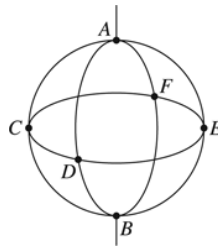
$$\eta = \frac{P}{P_0}$$

3. PŘÍKLADY

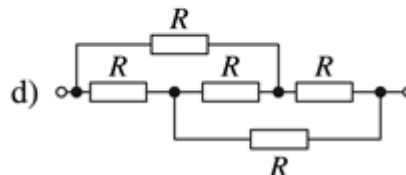
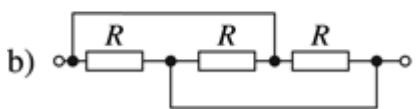
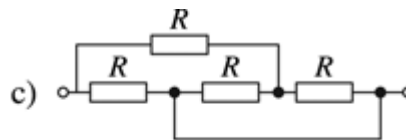
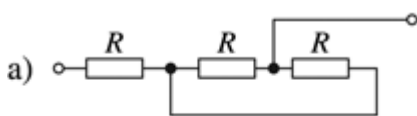
- 1) Vypočítejte celkový odpor, pokud se odpory na jednotlivých rezistorech rovnají.



- 2) Tři stejné měděné kroužky o poloměru r jsou navzájem spojeny podle obrázku. Průměr vodičů je d a jejich měrný odpor r . Kroužky jsou připojeny do elektrického obvodu v bodech A a B . Určete celkový odpor sítě tvořené kroužky.



- 3) Kus neizolovaného měděného vodiče složíme na polovinu a zkroutíme. Jak se změní jeho odpor?
- 4) Telefonní vedení z měděného drátu (měrný odpor mědi $r_{Cu} = 1,7 \times 10^{-8} \text{ W} \times \text{m}$) má a) délku 3 km a průměr 1,6 mm, b) délku 5 km a průměr 1,4 mm. Určete odpor jednoho vodiče vedení.
- 5) Wolframové vlákno v žárovce má délku 65 cm, průměr 0,05 mm a při pokojové teplotě má odpor 18,5 W. Určete měrný odpor wolframu.
- 6) Cívka měděného drátu má odpor 10,8 W a hmotnost 3,4 kg. Určete délku drátu a jeho průměr. (Hustota mědi $\rho = 8,4 \times 10^3 \text{ kg} \times \text{m}^{-3}$, měrný odpor mědi $r_{Cu} = 1,7 \times 10^{-8} \text{ W} \times \text{m}$.)
- 7) Hliníkový vodič má při 0°C odpor 4,25 W. Určete jeho odpor při teplotě 200°C . ($\alpha_{Al} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$)
- 8) Určete celkové odpory obvodů na obr. a až d.



- 9) Elektrický jistič vypíná automaticky obvod elektrické sítě 220 V při proudu a) 6 A, b) 25 A. Určete největší výkon v jištěném obvodu.
- 10) Kolik žárovek na 220 V o příkonu a) 60 W, b) 200 W může být současně zapojeno do obvodu jednoho jističe do a) 6 A, b) 10 A?

STACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

- **Hans Christian Oersted** → kompasová střelka
- **Ampér** → silové působení na sebe vodiče s proudem $F_n = BIl$ (kolmé na indukční čáry)
B – velikost magnetické indukce, jednotkou je [T] tesla
I – elektrický proud procházející vodičem
l – aktivní délka vodiče
- Homogenní pole a nekolmé na indukční čáry $F_n = BIl \cdot \sin \alpha$
- **Ampérovo pravidlo pravé ruky**
 - **Přímý vodič:** Uchopím vodič pravou rukou, směr palce ukazuje směr proudu a prsty ucházejí směr indukčních čar
$$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{d} \text{ [T]},$$
 kde n je počet závitů, μ je permeabilita prostředí, I je proud procházející vodičem, d je kolmá vzdálenost uvažovaného bodu od vodiče.
 - **Cívka:** uchopím cívku tak, aby prsty šly ve směru závitu – ukazují směr proudu a směr palce ukazuje indukční čáry
$$B = \mu_0 \frac{nI}{l} \text{ [T]},$$
 kde n je počet závitů
 - $\mu_{\text{vákua}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
- Flemingovo pravidlo pravé ruky
- **Solenoid** je cívka, která má n počet závitů, tak že indukční siločáry jsou rovnoběžné a tvoří homogenní pole uvnitř cívky.
- Dva rovnoběžné vodiče
 - Souhlasné
 - Nesouhlasné
 - $$F_n = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{d} \cdot l$$

 l – délka vodičů
 d – vzdálenost vodičů
 μ – permeabilita prostředí
- **Částice v elektrickém poli** (částice v magnetickém poli)
 - Působí na ně magnetická síla
 - v kolmé na $B \rightarrow F_n = BQv$
 - v není kolmé na $B \rightarrow F_n = BQv \cdot \sin \alpha$
 - Směr určuje Flemingovo pravidlo pravé ruky
 - $$F_m = Bev = ma_d = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{Be}$$

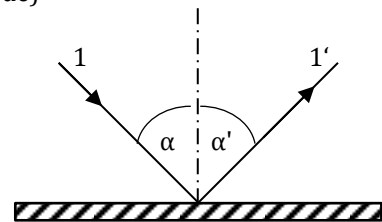
OPTIKA

- Světlo
 - Je to elektromagnetické kmitání nebo elektromagnetické záření
 - Je mezi infračerveným a ultrafialovým zářením
- Řazení vlnění od nejdelších po nejmenší vlny
 - Radiové vlny → televizní vlny → mikrovlny → infračervené záření → světelné záření (380 – 790 nano metrů) → ultrafialové záření → rentgenové záření → gama záření
- Optiku dělíme na
 - Paprskovou (geometrickou, pomocí čoček)
 - Vlnovou
 - Kvantovou (energie)
- Fotometrie
 - Zabývá se měřením
 - » Svítivosti
 - » Osvětlenosti
- Rychlost světla $c = 3 \cdot 10^8$ m/s
- Optické prostředí
 - Průhledné – nedochází k rozptylu světla
 - Průsvitné – částečné rozptýlení světla
 - Neprůhledné – světlo je pohlceno nebo odraženo

1. PAPRSKOVÁ OPTIKA (GEOMETRICKÁ)

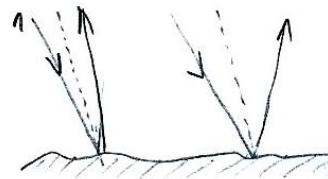
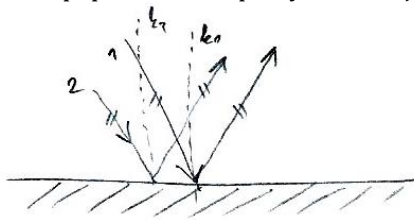
1.1. ZÁKON ODRAZU SVĚTLA

- Princip záměnnosti chodu paprsků (tzn. Je jedno jakým směrem paprsek jde)
- Homogenní prostředí (stejnorodé)
- Index lomu světla n nebo N
- $\alpha = \alpha'$
- 1' odraz
- 1'' lom světla



1.2. ZÁKON PŘÍMOČARÉHO ŠÍŘENÍ SVĚTLA

- Princip nezávislosti paprsků tzn. Paprsky se navzájem neovlivňují



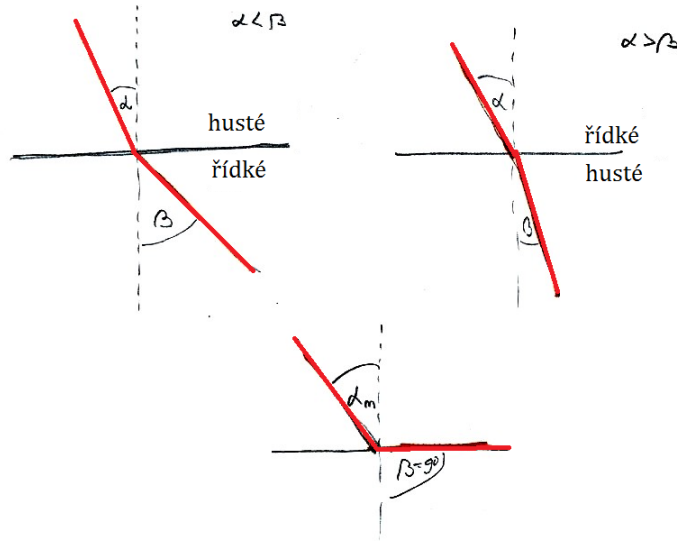
1.3. SNELLŮV ZÁKON (ZÁKON LOMU)

- Prostředí
 - Opticky řidší
 - Opticky hustší
- Závislost lomu
 - $\alpha < \beta \rightarrow$ **lom od kolmice** je z hustšího do řidšího prostředí
 - $\alpha > \beta \rightarrow$ **lom ke kolmici** je z řidšího do hustšího prostředí
 - $\alpha_m \rightarrow \beta = 90^\circ$ mezní úhel dopadu, pokud je α_m překročen, nastává úplný odraz
- $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$ kde v je optické prostředí
- Index lomu $n = \frac{c}{v}$ kde v je rychlost prostředí závisí na f (mono frekvenci) světla $v = \frac{1}{f}$

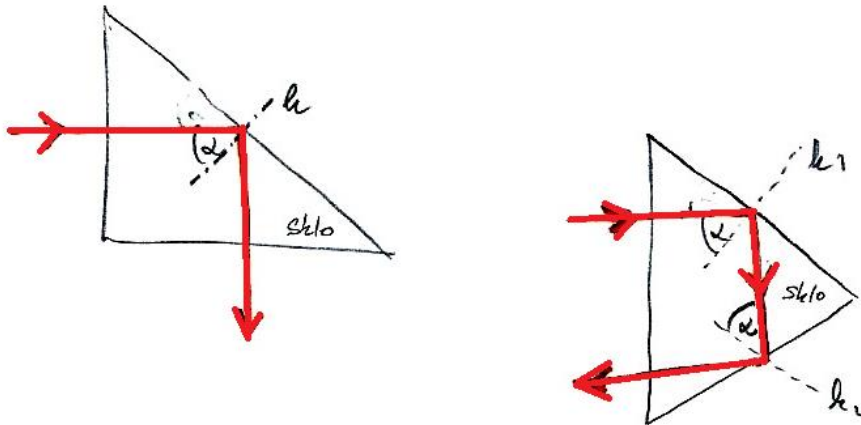
- Zákon lomu zapisujeme 2 způsoby

- $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$

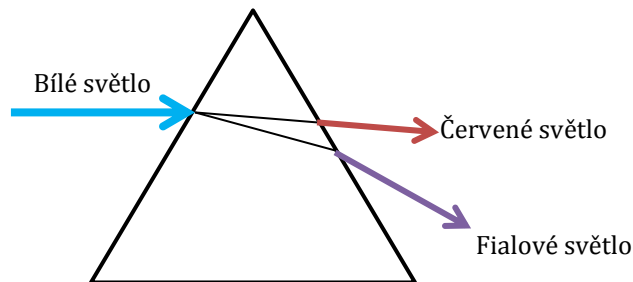
- $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_1}{v_2}$



- Zákon lomu objevil Snellius, proto Snellův zákon
- Odraz v hranolu, pokud je $\alpha = 45^\circ$ (mezní lom pro sklo je 42°)



- Rozklad bílého světla
 - Červená → oranžová → žlutá → zelená → modrá → fialová



- Rychlost světla λ

- Ve vakuu $\lambda = \frac{c}{f}$

- V prostředí $\lambda = \frac{v}{f}$ kde v je rychlost světla v prostředí

1.3.1. Zrcadla

- Rovinná
- Kulovitá
 - **Vypouklá** – obraz je stejný, zdánlivý, vzpřímená, zmenšený
 - **Dutá** – obraz se mění s ohniskovou vzdáleností

- $\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$ kde:

a - je vzdálenost předmětu

a' - je obrazová vzdálenost

f - je ohnisková vzdálenost

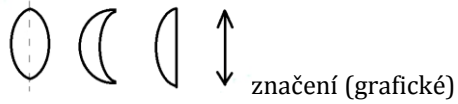
- Příčné zvětšení

1.3.2. Čočka

o Druhy čoček

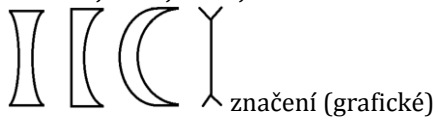
- Spojitá (spojka)

» Má silnější střed



- Rozptylová (rozptylka)

» Má silnější kraje a nejslabší střed



o Optická mohutnost $\varphi = \frac{1}{f} = D$ (dioptrie) jednotkou je m^{-1}

- Spojka má značení $D = +$

- Rozptylka má značení $D = -$