

## Obsah

<b>1 ÚVOD K ŘEŠENÍ FYZIKÁLNÍCH ÚLOH .....</b>	<b>5</b>
<b>2 MECHANIKA .....</b>	<b>13</b>
2.1 Kinematika .....	13
2.2 Dynamika .....	25
2.3 Mechanická práce a energie .....	36
2.4 Gravitační pole .....	43
2.5 Mechanika tuhého tělesa .....	50
2.6 Mechanika tekutin .....	61
<b>3 MOLEKULOVÁ FYZIKA A TERMIKA .....</b>	<b>69</b>
3.1 Základní poznatky .....	69
3.2 Vnitřní energie, práce a teplo .....	71
3.3 Ideální plyn .....	76
3.4 Pevné látky .....	83
3.5 Kapaliny .....	86
3.6 Změny skupenství látek .....	89
<b>4 MECHANICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ .....</b>	<b>93</b>
4.1 Kmitání mechanického oscilátoru .....	93
4.2 Mechanické vlnění .....	107
<b>5 ELEKTRINA A MAGNETISMUS .....</b>	<b>112</b>
5.1 Elektrické pole .....	112
5.2 Elektrický proud v pevných látkách .....	119
5.3 Magnetické pole .....	150
5.4 Střídavý proud .....	163
5.5 Elektromagnetické kmitání a vlnění .....	179
<b>6 OPTIKA .....</b>	<b>188</b>
6.1 Základní pojmy optiky .....	188
6.2 Vlnové vlastnosti světla .....	195
6.3 Zobrazení zrcadlem a čočkou .....	201
6.4 Energie záření .....	212
<b>7 SPECIÁLNÍ TEORIE RELATIVITY .....</b>	<b>216</b>
<b>8 FYZIKA ATOMU .....</b>	<b>219</b>
8.1 Elektronový obal atomu .....	219
8.2 Jádro atomu .....	222
<b>9 ASTROFYZIKA .....</b>	<b>230</b>
<b>VÝSLEDKY ÚLOH .....</b>	<b>234</b>

## 2 MECHANIKA

### 2.1 Kinematika

#### Průměrná rychlost

1. Vyjádřete rychlosti  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a  $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  v kilometrech za hodinu.
2. Vyjádřete rychlosti  $18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $54 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a  $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  v metrech za sekundu.
3. Automobil ujel vzdálenost 180 km za 2,5 hodiny. Jaká byla jeho průměrná rychlost?
4. Rychlík ujel mezi dvěma stanicemi dráhu 7,5 km za 5 minut. Určete jeho průměrnou rychlost v jednotkách  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  a  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ .
5. Cyklista projel dráhu 3 km za 10 minut. Jaká byla jeho průměrná rychlost? Jakou dráhu by ujel při této průměrné rychlosti za půl hodiny?
6. Automobil projel úsek silnice 600 m za dobu 40 s. Na tomto úseku byla dopravní značkou předepsána nejvyšší dovolená rychlost  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . O jakou hodnotu překročil řidič automobilu tuto rychlost?
7. Automobil jel tři čtvrtiny celkové doby jízdy rychlostí  $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , zbývající dobu jízdy rychlostí  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Vypočítejte jeho průměrnou rychlost.

*Řešení*

$$v_1 = 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}, \quad v_2 = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}, \quad t_1 = 3t/4, \quad t_2 = t/4; \quad v_p = ?$$

Průměrnou rychlost  $v_p$  určíme jako podíl celkové dráhy  $s$  a doby  $t$ , za kterou automobil tuto dráhu ujede, tedy

$$v_p = \frac{s}{t}.$$

Za dobu  $t_1$  ujede automobil při rychlosti  $v_1$  dráhu  $s_1 = v_1 t_1 = 3v_1 t/4$ , za dobu  $t_2$  při rychlosti  $v_2$  dráhu  $s_2 = v_2 t_2 = v_2 t/4$ . Celková dráha je pak

$$s = s_1 + s_2 = 3v_1 t/4 + v_2 t/4 = (3v_1 + v_2)t/4$$

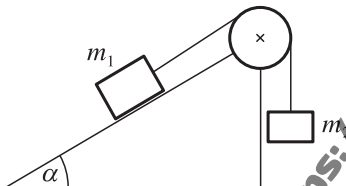
a průměrná rychlost

$$v_p = \frac{s}{t} = \frac{3v_1 + v_2}{4}.$$

Pro dané hodnoty je  $v_p = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

**109.** Po nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel  $\alpha = 30^\circ$  sjíždí dřevěný kvádr. Určete velikost jeho zrychlení. Síly působící proti pohybu neuvažujte. Dosazujte  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

**110.** Na nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel  $\alpha = 30^\circ$ , leží dřevěný kvádr o hmotnosti  $m_1 = 3 \text{ kg}$  spojený vláknem s tělesem o hmotnosti  $m_2 = 2 \text{ kg}$  (obr. 2-13). Určete velikost zrychlení obou těles. Síly působící proti pohybu neuvažujte. Dosazujte  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .



Obr. 2-13

### Síly působící proti pohybu

V úlohách 111 – 125 dosazujte tíhové zrychlení  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

**111.** Po vodorovné podlaze posunujeme bednu o hmotnosti 80 kg. Jak velkou silou vodorovného směru musíme na ni působit, aby konala rovnoměrný pohyb? Součinitel smykového tření mezi bednou a podlahou je 0,7.

**112.** Po vodorovné podložce posunujeme rovnoměrným pohybem kvádr o hmotnosti 600 g, přičemž na něj působíme vodorovnou silou o velikosti 1,2 N. Určete hodnotu součinitele smykového tření mezi kvádrem a podložkou.

**113.** Kvádr o hmotnosti 2 kg udržujeme na vodorovné rovině v přímočarém rovnoměrném pohybu stálou silou, která se rovná  $1/4$  tíhy kvádrů. Určete a) hodnotu součinitele smykového tření, b) velikost třecí síly, zatížíme-li kvádr závažím o hmotnosti 10 kg.

**114.** Proč musíme při měření velikosti třecí síly (viz předchozí úlohu) na počátku pohybu vždy těleso mírně postrčit?

**115.** Proč mažeme kluzné plochy strojů olejem?

**116.** Proč stykové plochy předmětů, které chceme slepit, předem zdrsnujeme a odmašťujeme?

**117.** Který hřebík vytáhneme ze dřeva snadněji, hřebík čistý, nebo rezavý? Odpověď zdůvodněte.

**118.** Proč podkládáme těžká tělesa při přemísťování válečky nebo oblými tyčemi?

## Pohyby v centrálním gravitačním poli

**246.** Určete velikost kruhové rychlosti a oběžnou dobu družice, která obíhá kolem Země ve výšce 630 km nad zemským povrchem. Hmotnost Země je  $6 \cdot 10^{24}$  kg, poloměr Země 6370 km.

**247.** Určete velikost rychlosti Měsíce, který opisuje kolem Země kružnici o poloměru 384 000 km. Hmotnost Země je  $6 \cdot 10^{24}$  kg.

**248.** Určete velikost kruhové rychlosti dvou družic, které se pohybují ve výškách  $R_Z$  a  $2R_Z$  nad povrchem Země. Hmotnost Země je  $6 \cdot 10^{24}$  kg, poloměr Země 6370 km.

**249.** V jaké výšce nad povrchem Země obíhá družice, jejíž kruhová rychlost je polovina kruhové rychlosti při povrchu Země? Vyjádřete pomocí poloměru Země  $R_Z$ .

**250.** Jak by se změnila velikost kruhové rychlosti družice, kdyby se a) její vzdálenost od středu Země zdvojnásobila, b) její hmotnost zdvojnásobila?

**251.** V jaké výšce nad povrchem Země obíhá stacionární družice, která je stále nad tímž místem rovníku?

### Řešení

Doba oběhu stacionární družice je stejná jako perioda Země  $T = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$ . Označíme-li  $h$  výšku družice nad povrchem Země, pak za dobu  $T$  družice opíše dráhu  $2\pi(R_Z + h)$  a její rychlost bude

$$v = \frac{2\pi(R_Z + h)}{T}.$$

Rychlost družice lze však také vyjádřit jako kruhovou rychlost

$$v_k = \sqrt{\frac{\chi M_Z}{R_Z + h}}.$$

Porovnáme-li pravé strany obou vztahů, dostáváme rovnici

$$\frac{2\pi(R_Z + h)}{T} = \sqrt{\frac{\chi M_Z}{R_Z + h}},$$

ze které postupnými úpravami vyjádříme výšku

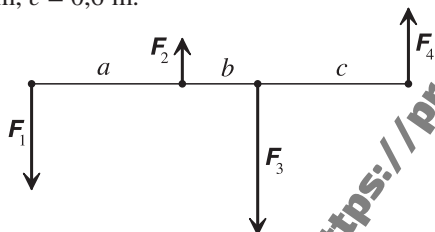
$$h = \sqrt[3]{\frac{\chi M_Z T^2}{4\pi^2}} - R_Z.$$

Pro známé hodnoty  $M_Z$ ,  $R_Z$  a  $T$  je  $h = 35900 \text{ km}$ . Porovnáme-li tuto hodnotu s poloměrem Země, dostaneme  $h = 5,6R_Z$ .

Pro dané hodnoty je  $d \approx 1,2$  m.

Výslednice sil má velikost 60 N, má stejný směr jako síly  $F_2$  a  $F_3$  a její působíště je ve vzdálenosti přibližně 1,2 m vpravo od bodu A.

**274.** Najděte velikost výslednice a polohu jejího působíště pro soustavu čtyř rovnoběžných sil, znázorněných na obr. 2-26. Velikosti sil jsou  $F_1 = 400$  N,  $F_2 = 200$  N,  $F_3 = 500$  N,  $F_4 = 300$  N, vzájemné vzdálenosti působíšť sil jsou  $a = 0,6$  m,  $b = 0,3$  m,  $c = 0,6$  m.



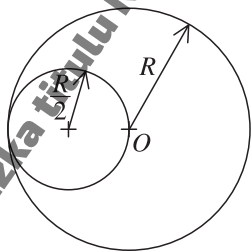
Obr. 2-26

**275.** Určete polohu těžiště stejnorodého tělesa zhotoveného z ocele (obr. 2-27). 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.

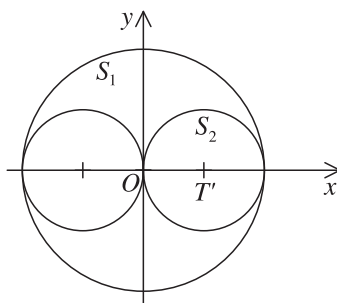


Obr. 2-27

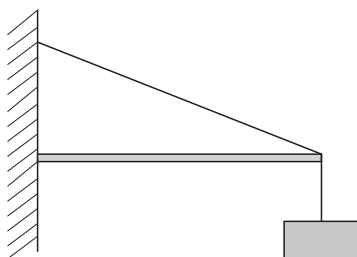
**276.** V homogenní kruhové desce o zanedbatelné tloušťce a poloměru  $R$  je vyříznut kruhový otvor o poloměru  $R/2$  podle obr. 2-28. Určete polohu těžiště  $T$  tohoto útvaru.



Obr. 2-28

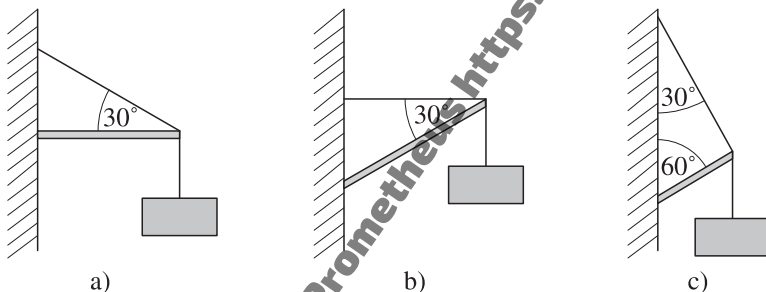


Obr. 2-29



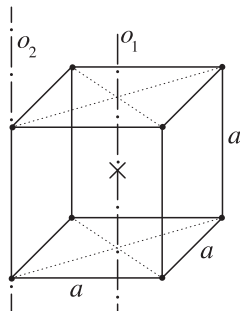
Obr. 2-33

284. Vypočítejte síly, kterými těleso o hmotnosti 50 kg působí na trám a na drát, je-li zavěšeno podle obr. 2-34a, b, c.



Obr. 2-34

285. Ve vrcholech krychle o straně 0,2 m, zhotovené z drátu o zanedbatelně malé hmotnosti, jsou umístěny kuličky o hmotnostech 0,1 kg (obr. 2-35). 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.



Obr. 2-35

**132.** Hliníková tyč má při teplotě  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  délku  $2,0\text{ m}$ , objem  $5,0 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$  a hustotu  $2700\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Teplotní součinitel délkové roztažnosti hliníku je  $24 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ . Tyč zahřejeme na teplotu  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Určete a) o jakou délku se tyč prodlouží, b) o kolik se zvětší objem tyče, c) jakou hustotu má tyč při teplotě  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 3.5 Kapaliny

**133.** Vysvětlete a) proč jsou špičky inkoustových psacích per zakončeny velmi úzkou štěrbinou, b) proč je v petrolejové lampě knot, c) jak souvisí vlnutí staveb s pórovitostí zdiva.

**134.** Z vodovodního kohoutku odkapává voda. Kdy mají kapky větší hmotnost, je-li voda teplá, nebo studená? Vysvětlete.

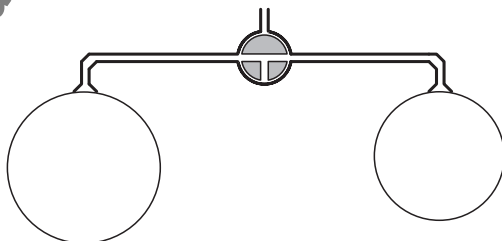
**135.** Na obdélníkovém drátěném rámečku s pohyblivou příčkou o délce  $6\text{ cm}$  je napnuta mydlinová blána. Povrchové napětí mýdlového roztoku je  $0,04\text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Vypočítejte a) jak velkou silou udržíme příčku v rovnováze, b) jaký je přírůstek povrchové energie obou stran blány, posuneme-li příčku o  $5\text{ cm}$ .

**136.** Na hladinu vody opatrně položíme jehlu z chromniklové oceli. Jaký smí být nanejvýš průměr jehly, aby ji povrchová vrstva vody udržela? Hustota chromniklové oceli je  $7900\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , povrchové napětí vody je  $0,073\text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Počítejte za předpokladu, že jehla má po celé délce stejný průměr.

**137.** Vypočítejte povrchovou energii kulové kapky vody o poloměru  $2\text{ mm}$ . Povrchové napětí vody je  $0,073\text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Kolikrát se zvětší povrchová energie, jestliže se tato kapka vody rozpráší na kapičky o poloměru  $2 \cdot 10^{-6}\text{ m}$ ?

**138.** Jaký je přetlak uvnitř mýdlové bubliny o průměru  $2\text{ cm}$ , je-li povrchové napětí mýdlového roztoku  $0,040\text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ ?

**139.** Na koncích skleněné trubičky vyfoukneme pomocí trojcestného kohoutu dvě mýdlové bubliny o různých poloměrech. Co se stane, když obě bubliny propojíme (obr. 3-11)? Vysvětlete.



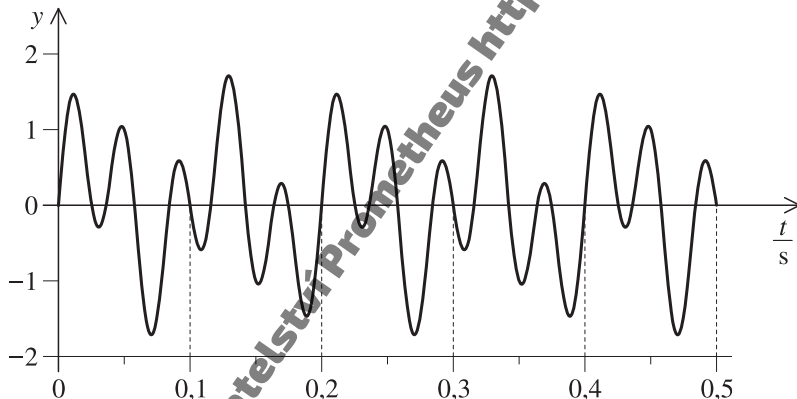
Obr. 3-11

## 4 MECHANICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

### 4.1 Kmitání mechanického oscilátoru

#### Perioda a frekvence kmitání

1. Komorní „a“ má frekvenci 440 Hz. Určete periodu tohoto kmitání.
2. Časový signál v rozhlasu je tvořen čtyřmi zvukovými značkami o frekvenci 1000 Hz, z nichž první tři mají trvání po 100 ms a čtvrtá 500 ms. Kolik kmitů při každé značce proběhne?
3. Na obr. 4-1 je časový diagram kmitání. Určete jeho frekvenci a periodu.



Obr. 4-1

4. Záznam kmitavého děje je pořizován zapisovačem, v němž se registrační papír pohybuje rovnoměrně rychlostí o velikosti  $2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jedna perioda kmitavého děje má na záznamu délku 8 mm. Určete frekvenci kmitavého děje.
5. Registrační papír v elektrokardiografu se pohybuje rovnoměrně rychlostí o velikosti  $20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jakou délku bude mít záznam jedné periody činnosti srdce, které vykoná 72 tepů na minutu?

#### Kinematika harmonického kmitání

6. Hmotný bod kmitá harmonicky. Které veličiny charakterizující jeho pohyb (okamžitá výchylka, amplituda výchylky, perioda, frekvence, fáze, rychlost, zrychlení) jsou při pohybu konstantní a které se mění?

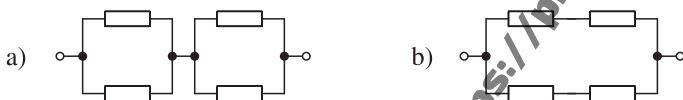


139. Tři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obr. 5-14. Určete odpory obvodů.



Obr. 5-14

140. Čtyři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obr. 5-15. Dokažte, že celkový odpor obou obvodů je stejný.

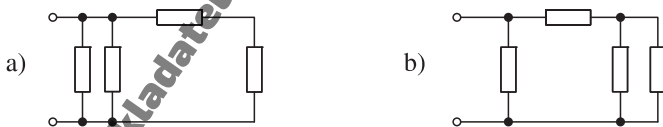


Obr. 5-15

141. Čtyři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obr. a) 5-16, b) 5-17. Určete, při kterém spojení má obvod větší celkový odpor.

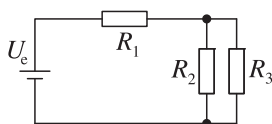


Obr. 5-16

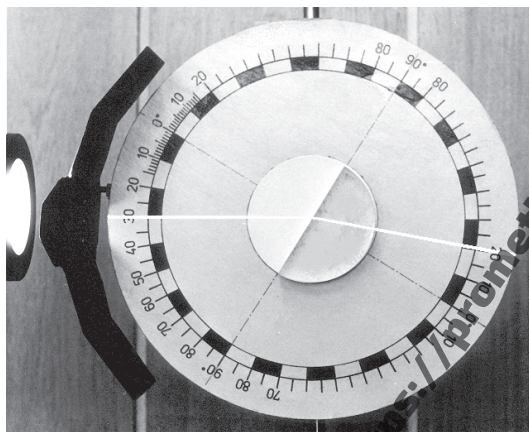


Obr. 5-17

142. Ke zdroji o elektromotorickém napětí  $4,5 \text{ V}$  a vnitřním odporu  $0,5 \Omega$  je připojen obvod, jehož schéma je na obr. 5-18. Rezistory mají odpor  $R_1 = 3 \Omega$ ,  $R_2 = 2 \Omega$ ,  $R_3 = 6 \Omega$ . Určete proud, který prochází rezistorem  $R_3$ .



Obr. 5-18



Obr. 6-5

24. Na dno šálku na kávu položte minci a odstupte od šálku tak daleko, aby mince byla zcela zakryta okrajem šálku. Pak požádejte spolužáka, aby do šálku nalil vodu. Minci znovu uvidíte. Vysvětlíte a provedte náčrtek pokusu.
25. Chlapec se chce dotknout tyčí předmětu v hloubce 40 cm pod hladinou vody. V jaké vzdálenosti od předmětu se tyč dotkne dna, jestliže tyč svírá s vodorovným směrem úhel  $45^\circ$ ?
26. Úhel dopadu paprsku na povrch vody ( $n_v = 1,33$ ) je  $40^\circ$ . Jaký musí být úhel dopadu na povrch skla ( $n_s = 1,50$ ), aby úhel lomu byl stejný jako v prvním případě?
27. Světelný paprsek prochází rozhraním mezi vodou a sklem. Úhel dopadu je  $35^\circ$ . Určete úhel lomu. Použijte hodnoty indexu lomu z předcházející úlohy.
28. Jaký musí být úhel dopadu na povrch skla o indexu lomu 1,7, aby úhel lomu byl roven polovině úhlu dopadu?

Řešení

$$n = 1,7, \quad \beta = \alpha/2; \quad \alpha = ?$$

Poněvadž úhel dopadu  $\beta$  musí splňovat podmínku  $\beta = \alpha/2$ , napíšeme zákon lomu ve tvaru

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha/2} = n.$$

Použijeme vzorec pro funkci dvojnásobného argumentu  $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$  a vztah pro zákon lomu upravíme na tvar