

# Příklady do cvičení z mechaniky a molekulové fyziky

Výběr z: NAVRÁTIL, Vladislav a Bohuslav MÁČA. *Cvičení z obecné fyziky*. Brno: Rektorát Masarykovy university, 1992. ISBN 80-210-0359-6.

## Kinematika

79. Vlak má rychlost  $v_0 = 72 \text{ km.h}^{-1}$ . Brzděním jej lze zastavit za 2 minuty. Určete, v jaké vzdálenosti od stanice je třeba začít brzdit, aby vlak zastavil přesně ve stanici. Pohyb vlaku je rovnoměrně zpomalený.

155. Z určité výšky jsme současně vrhli dvě tělesa toutéž počáteční rychlostí  $v_0$ , první svisle dolů a druhé svisle nahoru. Jak závisí jejich vzájemná rychlost na čase?

85. Hmotný bod koná přímočarý, rovnoměrně zrychlený pohyb. V čase  $t = 0 \text{ s}$  byla jeho rychlost nulová a za čas  $t_1 = 25 \text{ s}$  urazil dráhu  $110 \text{ m}$ . Jaká byla jeho rychlost v čase  $t_2 = 10 \text{ s}$ .

152. Dvě tělesa se pohybují po přímce proti sobě. Jejich zrychlení resp. počáteční rychlosti jsou  $a_1 = 6 \text{ m.s}^{-2}$  a  $a_2 = 4 \text{ m.s}^{-2}$ , resp.  $v_{01} = 10 \text{ m.s}^{-1}$  a  $v_{02} = 15 \text{ m.s}^{-1}$ . Počáteční vzdálenost mezi nimi je  $l = 750 \text{ m}$ . Určete čas, za který se setkají.

92. Těleso padá volným pádem s výšky  $78,5 \text{ m}$ . Za jakou dobu urazí první a poslední metr své dráhy? Jak velkou dráhu vykoná za poslední sekundu svého pohybu? Odpor vzduchu zanedbejte.

168. Kolo se začíná z klidu roztáčet rovnoměrně zrychleně tak, že za prvních pět sekund vykoná 12,5 otáček. Jaká je velikost jeho úhlové rychlosti na konci páté sekundy?

101. Po vypnutí se ventilátor, otáčející se desetkrát za sekundu, zastaví za 20 sekund. Určete jeho úhlové zpomalení  $\epsilon$  a celkový počet otáček  $N$  do zastavení. Pohyb ventilátoru je rovnoměrně zpomalený.

95. Kámen, vržený vodorovně s počáteční rychlostí  $15 \text{ m.s}^{-1}$  dopadl na zem za 3 s. Určete výšku, ze které byl vržen, rychlost dopadu na zem a úhel mezi vektorem rychlosti a vodorovnou rovinou v místě dopadu.

91. Dvě lodi vyplouvají z téhož bodu u břehu řeky. Jedna z nich přeplouvá řeku v kolmém směru na druhý břeh a zpět. Druhá pluje po proudu do vzdálenost  $s$ , rovné šířce řeky a potom se po téže dráze vrací zpět. Obě lodi mají motory, schopné vyvinout rychlost  $v$  vzhledem k vodě. Rychlost toku řeky vzhledem k břehu je  $u$ . Určete dobu plavby každé z lodí.

107. Závodník se snaží dostat co nejrychleji z jednoho rohu vodní nádrže ve tvaru obdélníka délky  $l$  a šířky  $s$  do rohu protějšího. Určete úhel  $\alpha$ , o který se závodník odchýlí od strany  $l$ . Ve vodě se závodník pohybuje rychlostí  $v_1$  a na souši rychlostí  $v_2$ .

154. Cyklista jede směrem do kopce konstantní rychlostí  $10 \text{ km.h}^{-1}$ . Po dosažení vrcholu se obrátí a projede tutéž dráhu směrem dolů rychlostí  $40 \text{ km.h}^{-1}$ . Jaká je průměrná rychlost jeho pohybu?

W1. Nákladňák ujede nejprve 6 km rychlostí  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a potom 24 km rychlostí  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Určete jeho průměrnou rychlost

W2. Nákladní vlak dlouhý 120 m jede rychlostí  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Za jak dlouho mine

- a) sloup elektrického vedení
- b) nástupiště dlouhé 50 m?

W3. Osobní vlak dlouhý 60 m jede rychlostí  $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Za jak dlouho mine nákladní vlak dlouhý 120 m, který jede rychlostí  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ? Vlaky jedou:

- a) stejným směrem
- b) opačnými směry

### *Dynamika*

108. Vůz o hmotnosti  $m = 6000 \text{ kg}$  se pohyboval stálou rychlostí  $v = 36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Určete velikost stálé brzdící síly, jejímž působením se vůz zastavil za 12 s.

109. Určete odstředivou sílu, která působí na člověka o hmotnosti 60 kg, nacházejícího se v autobusu, který rychlostí  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  projíždí zatáčku o poloměru 100 m.

111. Míč o hmotnost  $m = 100 \text{ g}$  jsme nárazem uvedli do pohybu s rychlostí  $v = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Jak velkou silou jsme do něj udeřili, trval – li náraz dobu  $t = 0,01 \text{ s}$ ?

119. Na korbě nákladního automobilu leží bedna. Součinitel zření mezi korbou a bednou je  $f$ . Určete, s jakým maximálním zrychlením se může automobil rozjíždět, nebo s jakým maximálním zpomalením může brzdit, aby se bedna na korbě nepohybovala.

201. Na vlákně o zanedbatelné hmotnosti délky  $l$  je zavěšena koule. Jakou nejmenší vodorovnou rychlost jí musíme udělit, aby se vychýlila až do nejvyšší polohy? Odpor vzduchu zanedbejte.

69. Těleso tíhy 50 N se pohybuje svisle dolů se zrychlením  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Jaká síla kromě síly tíhové na ně ještě působí?

70. Kulička o hmotnosti 0,02 kg je upevněna na lanku, které má zanedbatelnou hmotnost a délku 0,5 m. Kulička se pohybuje ve svislé rovině s rychlostí je  $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Jakou největší a nejmenší silou je lanko napínáno?

174. Určete, jakou rychlostí projíždí motocykl kruhovou zatáčku o poloměru 40 m, jestliže svírá s vodorovnou rovinou silnice úhel  $60^\circ$ ?

112. Těleso se dává do pohybu působením síly  $F = 0,02 \text{ N}$  a za první čtyři sekundy svého pohybu proběhne dráhu  $s = 3,2 \text{ m}$ . Jaká je jeho hmotnost a jakou má na konci páté sekundy pohybu?

182. Určete koeficient tření mezi bubnem odstředivky s poloměrem  $r = 30 \text{ cm}$  a kusem látky, který při 150 ot. / min. zůstane „přilepena“ na svislé stěně odstředivky.

178. Jakou práci je třeba vykonat při stlačení nárazníkové pružiny železničního vagónu o délku  $5\text{ cm}$  z klidové polohy, je-li při jejím stlačení o  $1\text{ cm}$  nutno působit silou  $30\text{ kN}$ . Síla je úměrná stlačení pružiny.

200. Závaží tíhy  $G = 30\text{ N}$  je přivázáno na vlákně délky  $l = 1\text{ m}$  a koná rovnoměrný pohyb po kružnici ve vertikální rovině. Určete nejmenší úhlovou rychlost  $\omega$  obíhání závaží po kružnici, při níž se vlákno přetrhne. Pokusem bylo zjištěno, že je k tomu třeba síly  $F = 90\text{ N}$ .

116. Řeka na severní polokouli teče směrem k jihu. Šířka koryta řeky je v zeměpisné šířce  $\phi$  rovna  $D$ . Výška hladiny vody na východním a západním břehu se bude lišit od ideální vodorovné roviny (kterou by voda zaujala v klidu). O kolik se budou hladiny lišit?

73. Na  $45^\circ$  severní zeměpisné šířky dopadá kolmo na zemský povrch těleso o hmotnosti  $m = 10\text{ kg}$  rychlostí  $v = 100\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Jak velká setrvačná odstředivá a setrvačná Coriolisova síla působí na těleso v okamžiku jeho dopadu na zemský povrch.

122. Kulička o poloměru  $R$  je ponořena do kapaliny o viskozitě  $\eta$ . Odpor prostředí proti pohybu kuličky je dán Stokesovým vztahem. Současně ponoříme do kapaliny kuličku o stejné hmotnosti, ale o poloměru  $2R$ . Určete poměr:

- počátečních zrychlení kuliček
- rychlostí rovnoměrného pohybu kuliček

71. Dvě krychličky 1 a 2 o hmotnostech  $m_1 = 1,65\text{ kg}$  a  $m_2 = 3,30\text{ kg}$  jsou spojeny tyčí o zanedbatelné hmotnosti, která je rovnoběžná s nakloněnou rovinou, svírající úhel  $\alpha = 30^\circ$  s rovinou vodorovnou. Součinitel tření mezi povrchem nakloněné roviny a tělesem 1 resp. 2 je  $\mu_1 = 0,226$ , resp.  $\mu_2 = 0,113$ . Vypočítejte zrychlení soustavy obou těles a napětí tyče, která je spojuje.

180. Jaký je výkon motoru automobilu o hmotnosti  $750\text{ kg}$ , pohybuje-li se po vodorovné vozovce konstantní rychlostí  $60\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ? Koeficient tření mezi automobilem a vozovkou je  $0,07$ .

### Zákony zachování

106. Vozík, jedoucí po nakloněné rovině rychlostí  $v_0 = 5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  najel na nakloněnou rovinu s úhlem sklonu  $\alpha = 30^\circ$ . Jak velkou dráhu na nakloněné rovině ještě urazil, než se zastavil?

135. Do stojícího vagónu o hmotnosti  $m_1 = 15\text{ tun}$  narazí rychlostí  $v = 3,6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  jiný vagón o hmotnosti  $m_2 = 25\text{ tun}$ . Určete rychlosti vagónů:

- za předpokladu, že se jedná o dokonale pružný ráz,
- v okamžiku nárazu je posunovač spojí.

201. Na vlákně délky  $l$  o zanedbatelné hmotnosti, je zavěšena koule. Jakou nejmenší vodorovnou rychlost jí musíme udělit, aby se vychýlila až do nejvyšší polohy? Odpor vzduchu zanedbejte.

76. Neutron o kinetické energii  $E$  se čelně srazil j jádrem uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ , které bylo původně v klidu. Srážka byla ideálně pružná a neutron se odrazil od jádra přesně v opačném směru, než byl původní směr jeho rychlosti. Jak se změnila kinetická energie neutronu po srážce?

139. Elektron o hmotnosti  $m$  se srazil s atomem o hmotnosti  $M$ , který byl původně v klidu (přímý, dokonale nepružný ráz). V důsledku této srážky získá atom charakteristické množství energie  $E$  (nabudí se). Jakou minimální rychlost  $v_0$  musí elektron mít?

77. Na vrcholu dokonale hladké koule o poloměru  $R = 1,5 \text{ m}$  se nachází hmotný bod. Po malém vychýlení z této polohy bude bod klouzat po povrchu koule a v určitém místě ji opustí. Určete vzdálenost  $h$  tohoto místa od vodorovné roviny.

### *Pohyb tuhého tělesa*

175. Na vodorovné rotující desce stojí válec. Při jaké úhlové rychlosti  $\omega$  sklouzne válec s desky, je – li vzdálenost mezi osami válce a desky rovna  $R$ . Koeficient tření mezi válcem a deskou je  $\mu > (D/h)$ , kde  $D$  je průměr válce a  $h$  jeho výška.

131. Délka nakloněné roviny je  $l = 130 \text{ cm}$ , její výška je  $h = 50 \text{ cm}$ . Na nakloněné rovině leží na sobě dvě krychličky o hmotnostech  $m_1 = 200 \text{ g}$  a  $m_2 = 60 \text{ g}$ . Koeficient statického tření mezi krychličkami je  $f_1 = 0,5$  a mezi nakloněnou rovinou a spodní krychličkou  $f_2 = 0,33$ . Na spodní krychličku působí síla  $F$ , rovnoběžná s nakloněnou rovinou. Určete zrychlení spodní krychličky a sílu  $F$  v okamžiku, kdy horní krychlička právě začíná klouzat po spodní.

249. Tyč délky  $l = 1 \text{ m}$  je upevněna tak, že se může otáčet kolem vodorovné osy, procházející jedním jejím koncem. Jakou rychlost musíme udělit volnému koncovému bodu tyče, aby při svém vychýlení dosáhl vodorovné roviny, procházející osou otáčení?

250. Tyč délky  $l = 40 \text{ cm}$  a s hmotností  $m = 1 \text{ kg}$  se může otáčet kolem osy, která je kolmá na tyč a prochází jejím středem. Na konec tyče narazí střela o hmotnost  $m_1 = 10 \text{ g}$  rychlostí  $v_1 = 200 \text{ m.s}^{-1}$  ve směru kolmém na osu a tyč. S jakou úhlovou rychlostí se dá tyč do pohybu, uvízne – li střela v tyči?

137. Na vlákně délky  $L$ , které je upevněno v bodě  $O$ , je zavěšena malá kulička (viz Obr.). Vlákno vychýlíme do horizontální polohy  $1$  a potom je volně pustíme. V bodě  $B$ , vzdáleném o  $L/2$  od bodu  $O$  se nachází zarážka, o kterou se zastaví část vlákna, pohybujícího se z polohy  $1$  do polohy  $2$  a  $3$ . Určete:

- úhel  $\alpha$ , který bude svírat v vertikálu v poloze  $3$  v okamžiku, kdy je tah ve vlákně nulový,
- velikost a směr rychlosti kuličky v tomto bodě,
- trajektorii kuličky od okamžiku, kdy je tah ve vlákně nulový.

224. Homogenní válec o hmotnosti  $m = 8,0 \text{ kg}$  a poloměru  $r = 2 \text{ cm}$  začíná v okamžiku  $t = 0$  s padat vlivem tíhové síly. Hmotnost vláken zanedbejte a určete:

- tah v každém vlákně, úhlové zrychlení válce a translační zrychlení jeho hmotného středu,
- časovou závislost okamžitého výkonu tahové síly.

225. Určete zrychlení obou závaží a tahy ve vláknech Atwoodova padostroje. Hmotnosti obou závaží jsou  $m_1$  a  $m_2$ , poloměr resp. hmotnost kladky jsou  $R$ , resp.  $M$ .

232. Určete polohu hmotného středu drátu, ohnutého do tvaru čtvrtkružnice o poloměru  $r = 10 \text{ cm}$ .

242. Na vodorovné rovině se nachází válec o hmotnosti  $m$  a poloměru  $r$ . K ose jsou připevněny dvě stejné vodorovné pružiny, druhými konci připevněné ke stěně. Tuhost každé z pružin je  $k$ . Určete periodu malých kmitů válce za předpokladu, že při svém pohybu neklouže.

274. U vertikální hladké stěny je na vlákně zavěšena koule tíhy  $G$ . Vlákno svírá se stěnou úhel  $\alpha$ . Určete tah  $T$  ve vlákně a tlakovou sílu  $Q$  koule na stěnu.

### *Gravitační pole*

314. Určete první kosmickou rychlost tělesa o hmotnost  $m$  v gravitačním poli Země.

315. Určete druhou kosmickou rychlost tělesa o hmotnost  $m$  v gravitačním poli Země.

318. Družice obíhá po kruhové dráze v centrálním gravitačním poli tělesa o hmotnosti  $M$ . Určete oběžnou dobu této družice.

302. Dvě umělé družice Země se pohybují kolem Země po kruhových drahách. První ve výši 300 km nad povrchem s oběžnou dobou 91 minut, druhá ve výši 15 000 km nad povrchem Země. Určete oběžnou dobu druhé družice.

304. Ve kterém místě na spojnici Země – Měsíc je intenzita jejich vzájemného gravitačního působení nulová? Hmotnost Měsíce je  $1/81$  hmotnost Země.

331. Poloměr Země, resp. Měsíce je  $6378\text{ km}$ , resp.  $1738\text{ km}$  a jejich hmotnosti jsou v poměru  $81,3 : 1$ . Určete zrychlení volného pádu na Měsíci (na Zemi je známo).

336. Poloměr planety Jupiter je  $71000\text{ km}$ . Čtvrtý z jeho měsíců má oběžnou dobu  $16,7\text{ dne}$  (pozemského) a obíhá po kruhové dráze o poloměru  $26,4$  poloměrů Jupitera. Určete z těchto údajů hmotnost Jupitera a gravitační zrychlení na jeho povrchu.

327. Doba oběhu Jupitera kolem slunce je dvanáctkrát delší, než doba oběhu Země kolem Slunce. Vzdálenost Slunce – Země je  $1\text{ AU}$ . Určete vzdálenost Jupiteru od Slunce. Dráhy planet pokládejte za kruhové.

330. Jaká by byla délka dne na Zemi v případě, že by její rotace byla tak rychlá, že by tělesa na povrchu Země byla ve stavu bez tíže?

295. V roce 1986 jsme byli svědky již sedmého návratu Halleyovy komety z její cesty kolem Slunce, počítáme – li jako první návrat ty dny, kdy se v roce 1456 modlili vylekaní lidé a prosili o ochranu před „děblem, Turkem a kometou“. V době jejího průchodu periheliem bylo zjištěno, že její vzdálenost od Slunce je  $0,60\text{ AU}$ .

a) Určete největší vzdálenost komety od Slunce.

b) Určete poměr maximální a minimální orbitální rychlosti komety.

301. Meteorit o hmotnosti  $m = 10^8\text{ kg}$ , pohybující se rychlostí  $v = 50\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ , dopadl na Zemi v místě o zeměpisné šířce  $\phi = 60^\circ$ . Veškerá jeho energie se přeměnila na teplo a meteorit se vypařil. Jaký maximální vliv může mít dopad meteoritu na změnu délky dne na Zemi?

### ***Mechanika deformovaných těles***

353. Určete o kolik se vlastní tíhou prodlouží tyč o délce  $l_0$ , průřezu  $S$  a hustotě  $\rho$  je-li na horním konci upevněna. Modul pružnosti tyče je  $E$ .

355. Ocelový drát má délku  $l = 3 \text{ m}$  a průměr  $d = 5 \text{ mm}$  je napjat silou  $500 \text{ N}$  a poté zkroucen kolem své podélné osy otáčivým momentem  $0,6 \text{ N.m}$ . Vypočtete potenciální elastickou energii  $E_p$  deformovaného drátu, je-li Youngův modul pružnosti v tahu resp. smyku materiálu drátu  $E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ , resp.  $G = 8,3 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$ .

356. Jehla je silou  $5 \text{ N}$  vtlačována do tuhého kartonu. Určete tlak hrotu jehly, je-li plocha jejího hrotu asi  $0,01 \text{ mm}^2$ .

359. Jakým tlakem musíme působit na čela ocelového válce, aby se jeho délka nezměnila při zvýšení teploty o  $100^\circ \text{C}$ . Youngův modul pružnosti materiálu tyče, resp. jeho součinitel teplotní délkové roztažnosti je  $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ , resp.  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

365. Dovolené namáhání v tahu ocelové tyče o průměru  $d = 0,04 \text{ m}$  je  $1,4 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ . Mez pevnosti oceli je  $\sigma_p = 3,7 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ . Jak velké břemeno tyč unese? Určete koeficient bezpečnosti.

368. Kovový pásek o průřezu  $40 \times 10 \text{ mm}$  a délky  $0,2 \text{ m}$  se deformací v tahu prodloužil o  $0,3 \text{ mm}$ . Současně se kontrakcí zmenšil rozměr  $40 \text{ mm}$  o  $0,018 \text{ mm}$ . Určete Poissonovu konstantu materiálu pásku.

370. Jak se změní objem pružné tyče kruhového průřezu, která má délku  $l$ , zatížíme – li ji silou  $F$  ve směru podélné osy?

372. Ocelová tyč ve tvaru kvádrů má počáteční rozměry  $a_0 = 50 \text{ cm}$ ,  $b_0 = 10 \text{ cm}$ ,  $c_0 = 5 \text{ cm}$  a je podrobena všestrannému kolmému tlaku o velikosti  $p = 10^6 \text{ Pa}$ . Jak se změní objem kvádrů po deformaci? Modul pružnosti oceli v tahu, resp. smyku je  $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ , resp.  $G = 0,73 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$ .

376. Pružné lano, jehož modul pružnosti v tahu je  $E$ , má délku  $L$  a průřez  $S$ . Lano je upevněno za jeden svůj konec a visí svisle dolů. Muž o hmotnosti  $M$  vyskočí na jeden konec lana a šplhá nahoru. Vypočtete poměr práce, kterou přitom muž vykoná k práci, kterou by vykonal, kdyby šplhal po laně, které se neprotáhne.

378. Ocelový drát o průměru  $d = 1,0 \text{ mm}$  je natažen vodorovně mezi dvěma body, nacházejícími se ve vzájemné vzdálenosti  $D = 2,0 \text{ m}$ . Uprostřed drátu v bodě  $O$  je zavěšeno břemeno o hmotnosti  $M = 0,25 \text{ kg}$ . O kolik cm se posune bod  $O$  směrem dolů po zavěšení břemena?

### ***Harmonický pohyb kmitavý***

142. Kruhová deska  $A$  koná v horizontální rovině kmitavý pohyb ve svislém směru. Amplituda kmitavého pohybu je  $0,75 \text{ m}$ . Určete maximální frekvenci kmitů desky, při které se předmět  $B$ , volně položený na desce od ní ještě neoddělí.

240. Homogenní kruhová deska o hmotnosti  $m = 2 \text{ kg}$  a poloměru  $r = 10 \text{ cm}$  kývá jako kyvadlo okolo vodorovné osy, procházející obvodem desky. Najděte dobu kmitu tohoto kyvadla a jeho redukovanou délku.

### ***Mechanika kapalin***

390. Kousek skla má na vzduchu tíhu  $1,4 \text{ N}$ . Ve vodě je jeho zdánlivá tíha  $0,84 \text{ N}$ . Jaká je hustota skla?

391. Balon o hmotnosti  $m$  začal klesat s konstantním zrychlením  $a$ . Určete hmotnost zátěže  $\Delta m$ , kterou je třeba vyhodit přes palubu, aby balon začal stoupat s tímto zrychlením?

399. Určete velikost a působíště výsledné síly, kterou působí voda na stavidlo rybníka o šířce  $3 \text{ m}$  a hloubce  $2 \text{ m}$ .

402. Do nádoby přitéká voda rovnoměrně tak, že za  $1 \text{ s}$  přiteče množství  $150 \text{ cm}^3$ . Ve dnu nádoby je otvor o průřezu  $0,5 \text{ cm}^2$ . V jaké výšce se ustálí hladina vody v nádobě? Zúžení vodního paprsku, vytékajícího otvorem zanedbejte.

405. Vodorovnou trubicí nestejného průřezu protéká voda. Určete množství vody, které protéká každým průřezem trubice za  $1 \text{ s}$ . Rozdíl vodních hladin v manometrických trubicích, umístěných v místech o průřezech  $10 \text{ cm}^2$  a  $20 \text{ cm}^2$  je  $20 \text{ cm}$ .

406. Nádoba je naplněna vodou do výšky  $50 \text{ cm}$ . Jak vysoko nade dnem nádoby je třeba vyvrtat ve stěně nádoby otvor, aby voda stříkala co nejdále na vodorovnou rovinu, na které se nádoba nachází?

416. Dutá mosazná koule má vnější průměr  $10 \text{ cm}$  a tloušťku stěny  $0,3 \text{ cm}$ . Zjistěte, zda tato koule bude plavat ve vodě, nebo se potopí. Hustota mosazi je  $8500 \text{ kg.m}^{-3}$ .

418. Střední hustota lidského těla je  $1,1 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ . Určete sílu, kterou je ve vodě nadlehčován člověk o hmotnosti  $75 \text{ kg}$ , který je v ní celý ponořen.

420. Na hladině rybníka plave ledová kra o objemu  $1 \text{ m}^3$ . Jakou hmotnost  $m$  na ni lze položit, aby se nepotopila. Hustota ledu je  $\rho = 0,92 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ .

421. Dřevěný prám se čtvercovým průřezem o straně  $20 \text{ cm}$  plove na vodě. Jak vysoko vyčnívá trám nad hladinu vody, je-li hustota vody  $1000 \text{ kg.m}^{-3}$  a hustota dřeva  $700 \text{ kg.m}^{-3}$ ?

422. Píst automobilového hydraulického zvedáku má průměr  $150 \text{ mm}$ . Jak velký musí být tlak oleje v  $\text{N.m}^{-2}$ , aby byl vyzdvižen automobil o hmotnosti  $1200 \text{ kg}$ .

### ***Termodynamika***

444. Jakou rychlostí musí letět olověná kulka, aby se při dokonale nepružném rázu o stěnu roztavila? Počáteční teplota kulky byla  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ , teplota tání olova je  $t_2 = 327^\circ\text{C}$ , měrná tepelná

kapacita olova je  $c = 129 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , jeho skupenské teplo tání je  $l_t = 2,3 \cdot 10^4 \text{ J.kg}^{-1}$ . Předpokládejte, že při nárazu se kinetická energie kulky přemění pouze na změnu její vnitřní energie. Rychlost kulky byla taková, že olovo v kapalném stavu mělo právě teplotu tání.

445. Určete jaké množství ledu o teplotě  $0^\circ\text{C}$  lze smíchat se  $6 \text{ kg}$  vody, teplé  $90^\circ\text{C}$  tak, aby výsledná teplota vody v kalorimetru byla  $5^\circ\text{C}$ . Tepelnou kapacitu kalorimetru zanedbejte. Měrné teplo vody je  $c = 4181,8 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , skupenské teplo tání ledu je  $l_t = 3,337 \cdot 10^5 \text{ J.kg}^{-1}$ .

446. Mosazné závaží ( $c_{cu} = 0,39 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ) o hmotnosti  $m = 0,1 \text{ kg}$  bylo delší dobu zahříváno v plameni a pak vloženo do kalorimetru, jehož tepelná kapacita byla  $K = 63 \text{ J.K}^{-1}$ , ve kterém bylo  $0,25 \text{ kg}$  vody původní teploty  $18^\circ\text{C}$ . Závaží způsobilo zvýšení teploty soustavy na  $44^\circ\text{C}$ . Jaká byla teplota plamene?

447. Do  $1 \text{ kg}$  vody, teplé  $35^\circ\text{C}$  bylo nalito  $20 \text{ kg}$  rtuti teploty  $110^\circ\text{C}$  a nasypáno neznámé množství ledu teploty  $-3^\circ\text{C}$ . Po úplném roztátí ledu se teplota ustálila na  $60^\circ\text{C}$ . Jaké množství ledu bylo nasypáno do směsi, předpokládáme – li, že tepelná kapacita nádoby je zanedbatelná? Měrná tepelná kapacita rtuti, resp. ledu je  $139,4 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , resp.  $2090 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

450. Zinkový a železný proužek mají při teplotě  $0^\circ\text{C}$  stejnou délku  $0,5 \text{ m}$ . Při jaké teplotě se délky obou proužků budou lišit o  $1 \text{ mm}$ , víme-li, že  $\alpha_{zn} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  a  $\alpha_{Fe} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

452. Mosazné kyvadlo ( $\alpha = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) kývá při teplotě  $t_1 = 10^\circ\text{C}$  s dobou kyvu  $\tau_1 = 1 \text{ s}$ . Jak se změní jeho doba kyvu, zvýší – li se teplota okolí na  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ ? O kolik se budou zpoždovat hodiny, ovládané tímto kyvadlem za den?

453. Benzen má hustotu  $\rho_1 = 0,9 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  a součinitel objemové roztažnosti  $\beta_1 = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Dřevěné tělísko o hustotě  $\rho_2 = 0,88 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  plave při teplotě  $0^\circ\text{C}$  na hladině benzenu. Při jaké teplotě klesne toto tělísko ke dnu, je – li pro dřevo  $\beta_2 = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ?

460. Schematicky zakreslete graf izochorického, izobarického, izotermického a adiabatického děje pro ideální plyn v

a)  $p, T$  diagramu,

b)  $V, T$  diagramu.

Grafy zdůvodněte matematicky.

476. Bimetalový proužek je složen ze dvou navzájem pevně spojených proužků, železného ( $\alpha_{Fe} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ) a měděného ( $\alpha_{Cu} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ), z nichž každý má tloušťku  $d = 1 \text{ mm}$ .

483. Na dně jezera se utvořila bublinka plynu o průměru  $d = 4 \text{ mm}$ . Při výstupu bublinky ke hladině se její průměr zvětšil  $1,1$  krát. Určete hloubku jezera. Atmosférický tlak je normální ( $b = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ), proces rozpínání plynu je izotermický.

492. Nádoba, obsahující jisté množství plynu, se pohybuje rychlostí  $v$ . Nádoba se náhle zastaví a veškerá kinetická energie plynu se přemění v teplo. O kolik se přitom zvětší střední kvadratická rychlost molekul plynu, je – li plyn

a) jednoatomový,

b) dvouatomový.

Jaký je fyzikální smysl výsledku?



497. Prachové částice o hmotnosti  $m = 10^{-18} \text{ g}$  se volně vznášejí ve vzduchu. Určete tloušťku vrstvy vzduchu, v jejichž hranicích se koncentrace částic neliší více než o 1 %. Teplota vzduchu je v celém objemu stejná,  $T = 300 \text{ K}$ .

519. Při jaké teplotě je střední kvadratická rychlost molekul oxidu uhličitého rovna střední kvadratické rychlosti molekul dusíku (teplota obou plynů je  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ )?

520. Vypočtete, kolik procent molekul argonu se při teplotě  $t_0 = 120 \text{ }^\circ\text{C}$  pohybuje rychlostmi v intervalu  $< 2000, 2330 > \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

531. Určete tíhu nekonečně dlouhého sloupce vzduchu, vytvářejícího tlak u povrchu Země.

533. V jaké výšce nad povrchem Země klesne tlak vzduchu třikrát (teplotu pokládejte za konstantní,  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ )?

543. Pomocí hustilky lze dosáhnout tlaku  $35 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Počáteční tlak při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  byl  $10 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Určete teplotu vzduchu, vycházejícího z hustilky, jestliže  $\kappa = 1,40$ .

552. Ideální plyn koná cyklus, skládající se z izoterm a adiabat (viz Obr.). Při každém izotermickém rozepnutí plynu se jeho objem změní o stejný násobek (např.  $n$ -krát).

553. Tepelný stroj, jehož pracovní látkou je  $1 \text{ kmol}$  ideálního plynu, pracuje v cyklu tří za sebou následujících vratných dějů:

- plyn se izobaricky ohřeje z původního objemu  $V_1$  a teploty  $T_1$  na teplotu  $T_2$ ,
- poté plyn adiabaticky zvětší svůj objem, až jeho teplota klesne na počáteční teplotu  $T_1$ ,
- nakonec se plyn stlačí na počáteční objem  $V_1$ .

Vypočtete účinnost stroje.

554. Cyklus, jehož pracovní látkou je  $1 \text{ kmol}$  ideálního plynu, se skládá z:

- izochory, adiabaty a izotermy,
- izobary, adiabaty a izotermy.

Izotermický proces probíhá při minimální teplotě cyklu. Určete účinnost každého cyklu, jestliže se absolutní teplota během celého cyklu změní  $n$  – násobně, tj.  $T_1 = n \cdot T_2$ .

566. Carnotův tepelný stroj pracuje s účinností  $\eta = 40\%$ . Jak je třeba změnit teplotu zásobníku tepla, aby účinnost stroje vzrostla na  $50\%$ ? Teplota chladiče přitom zůstane stálá, tj.  $9 \text{ }^\circ\text{C}$ .

567. Ve kterém případě se zvýší účinnost Carnotova cyklu více: při zvýšení teploty ohříváče o  $\Delta T$ , nebo při zmenšení teploty chladiče o tutéž hodnotu?