Střední průmyslová škola sdělovací techniky
Panská 3
Praha 1

Sbírka úloh z fyziky

určená studentům 4. ročníku technického lycea jako příprava k maturitní zkoušce z fyziky a k přijímacím zkouškám na vysoké školy technického směru

Jaroslav Reichl

OBSAH

Hodnoty vybraných fyzikálních konstant
Nebude-li v zadání úlohy uvedeno jinak, používejte tyto konstanty:

velikost tíhového zrychlení: $9{,}81\ m.s^{-2}$

hustota vody: $1000\ kg.m^{-3}$

normální atmosférický tlak: $10^5\ Pa$

permitivita vakua: $8{,}85.10^{-12}\ C^2.N^{-1}.m^{-2}$

permeabilita vakua: $4\pi.10^{-7}\ N.A^{-2}$

měrná tepelná kapacita vody: $4{,}2\ kJ.kg^{-1}.K^{-1}$

měrná tepelná kapacita ledu: $2{,}1\ kJ.kg^{-1}.K^{-1}$

skupenské teplo tání ledu: $334\ kJ.kg^{-1}$

skupenské teplo varu vody: $2{,}26\ MJ.kg^{-1}$

Boltzmannova konstanta: $1{,}38.10^{-23}\ J.K^{-1}$

Avogadrova konstanta: $6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$

molární plynová konstanta: $8{,}31\ J.K^{-1}.mol^{-1}$

klidová hmotnost elektronu: $9{,}1.10^{-31}\ kg$

náboj elektronu: $1{,}602.10^{-19}\ C$

Planckova konstanta: $6{,}62.10^{-34}\ J.s$

velikost rychlosti světla ve vakuu c: $3.10^8\ m.s^{-1}$

1. Kinematika hmotných bodů

1.1 Motorový člun, jehož motor pracuje stále se stejným výkonem, by se v klidné vodě pohyboval rychlostí $\vec{v}$. Sledujme pohyb tohoto člunu v řece, v níž proudí voda rychlostí $\vec{v}_0$. Nejkratší možná doba, za kterou člun přeplave na druhý břeh, je t_1.

a) Určete šířku *d* řeky.

b) Určete velikost průměrné rychlosti člunu v_1 vzhledem ke břehu.

c) Jakou dráhu *s* urazí člun?

d) Za jakou dobu t_2 by přeplaval člun na druhý břeh, jestliže má přitom urazit co nejkratší dráhu? Určete také velikost rychlosti člunu v_2 vzhledem ke břehu.

Úlohu řešte nejdříve obecně, potom pro hodnoty: $v = 7{,}2\ \mathrm{km.h^{-1}}$, $v_0 = 1{,}4\ \mathrm{m.s^{-1}}$, $t_1 = 28\ \mathrm{s}$.

V: $56\ \mathrm{m}$; $2{,}44\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $68{,}34\ \mathrm{m}$; $39{,}2\ \mathrm{s}$; $1{,}43\ \mathrm{m.s^{-1}}$

1.2 Mňága vyjíždí na kole rychlostí o velikosti $15\ km.h^{-1}$ z Postoloprt po přímé silnici do Kožuchova v osm hodin ráno a za jeho uchem se v tu chvíli probouzí pilná včelka Žofka. Současně z cílové vísky vzdálené $40\ km$ jim naproti startuje Žďorp a nasazuje tempo $25\ km.h^{-1}$. Do okamžiku, než se oba potkají, musí Žofka, která je přeci jen dvakrát rychlejší než Mňága, plnit úkol spojovatelky - donese zprávu od Mňágy k Žďorpovi, otočí se a letí zpět. Kolik kilometrů takto Žofka nalétá do okamžiku setkání obou cyklistů, pokud:

a) je bezvětří,

b) vane vítr kolmo na silnici rychlostí o velikosti $10\ km.h^{-1}$,

c)*** vane vítr od Kožuchova (podél silnice) o stejné velikosti rychlosti $10\ km.h^{-1}$?

V: $30\ km$; $28\ km$; $22\ km$

1.3 Graf znázorněný na obr. 1 popisuje průběh rychlosti hmotného bodu na čase. Hmotný bod se pohyboval podél vodorovné osy *x*.

a) Kdy byl hmotný bod v klidu?

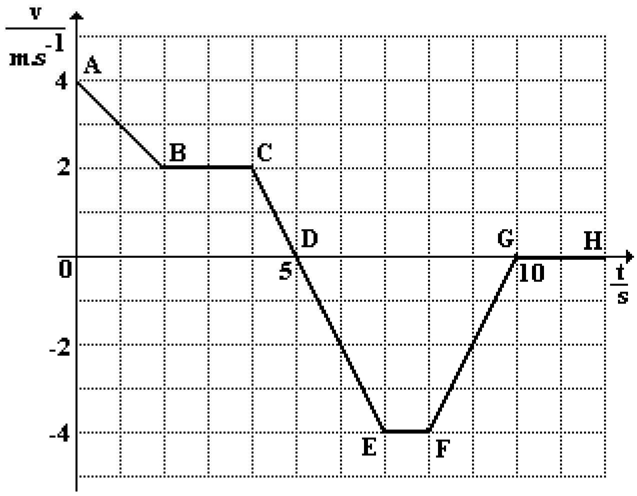
b) Kdy se hmotný bod pohyboval rovnoměrně? Jakou dráhu a jakým směrem při tom urazil v jednotlivých intervalech?

c) Kdy měla velikost rychlosti maximální hodnotu?

d) Kdy měla velikost zrychlení nejmenší nenulovou hodnotu a jaká to byla hodnota?

e) Jakou dráhu a jakým směrem urazil hmotný bod v jednotlivých intervalech pohybu, když byl pohyb nerovnoměrný?

f) Kde se hmotný bod nacházel v čase $t = 12\ s$?



obr. 1

g) Jakou celkovou dráhu (bez ohledu na směr) bod urazil během celé doby svého pohybu?

V: f) $1\ m$ před polohou v čase $0\ s$; g) $23\ m$

1.4 Karel šel ke svému kamarádovi Petrovi. Cesta byla dlouhá $1500\ m$. Od Petra se poté společně vydali na výlet na kolech. Třicet minut jeli stálou rychlostí o velikosti $3\ m.s^{-1}$. Poté se zkazilo počasí a oni byli nuceni zrychlit, aby nezmokli. Dalších pět minut se tedy pohybovali se zrychlením o velikosti $0{,}02\ m.s^{-2}$ než dojeli na Petrovu chatu. Jak daleko od Karlova domova byla Petrova chata? Pro Karla sestrojte graf závislosti uražené dráhy na čase a graf závislosti velikosti jeho okamžité rychlosti na čase od okamžiku, kdy dorazil k Petrovi.

V: $8700\ m$

1.5 K železničnímu přejezdu, na němž uvázl osobní automobil, se blíží rychlostí o velikosti v_0 nákladní vlak. Strojvedoucí si osobního automobilu všimne *s* metrů před přejezdem. Okamžitě šlápne na brzdu a začne brzdit se zrychlením o velikosti *a*. Zjistěte, zda dojde ke srážce. Pro nákladní vlak sestrojte graf závislosti uražené dráhy na čase a graf závislosti velikosti okamžité rychlosti na čase. Řešte pro následující tři možnosti zadání:

a) $v_0 = 72\ km.h^{-1}$, $s = 50\ m$, $a = -4\ m.s^{-2}$

b) $v_0 = 72\ km.h^{-1}$, $s = 48\ m$, $a = -4\ m.s^{-2}$

c) $v_0 = 72\ km.h^{-1}$, $s = 60\ m$, $a = -4\ m.s^{-2}$

V: a) vlak zastaví těsně před autem; b) vlak do auta naboura rychlostí o velikosti $4\ m.s^{-1}$; c) vlak k autu nedojede

1.6 Automobil se pohybuje po přímé vodorovné silnici rychlostí o velikosti $90\ \mathrm{km.h^{-1}}$. Řidič spatří na silnici překážku ve vzdálenosti 72 *m* a začne brzdit se stálým zrychlením o velikosti $-4\ \mathrm{m.s^{-2}}$. Jak velkou rychlostí narazí na překážku, je-li jeho reakční doba 0,6 *s*? Jaké by muselo být zrychlení automobilu, aby řidič zastavil těsně před překážkou?

V: $13\ m.s^{-1}$; $-5{,}5\ m.s^{-2}$

1.7 Autobus se rozjíždí z autobusové zastávky tak, že po uražení dráhy $200\ m$ dosáhne rychlosti $36\ km.h^{-1}$. Touto rychlostí se pohybuje po dobu $1\ min$ a poté začne před další zastávkou brzdit. Brždění trvá $20\ s$. Určete: a) velikost zrychlení při rozjíždění, b) velikost zrychlení při zastavování, c) vzdálenost sousedních stanic, d) průměrnou rychlost, kterou se autobus mezi zastávkami pohyboval.

V: $0{,}25\ m.s^{-2}$; $-0{,}5\ m.s^{-2}$; $900\ m$; $7{,}5\ m.s^{-1}$

1.8 Turista měřil hloubku hradní studny. Na pomoc si vzal stopky a kámen. Kámen vhodil do studny a současně spustil stopky. Zastavil je poté, co uslyšel náraz kamenu na dno. Stopky ukázaly údaj $4{,}77\ s$. Jelikož turista znal hodnotu tíhového zrychlení ($9{,}81\ m.s^{-2}$) a velikost rychlosti zvuku ve vzduchu ($340\ m.s^{-1}$), ihned na místě spočítal hloubku (vyschlé) studny. Zjistěte, jaký výsledek turistovi vyšel. Odporové síly zanedbejte.

V: $98{,}4\ m$

1.9 Po vodorovné rovině se valí bez klouzání rovnoměrným pohybem kotouč o poloměru $0{,}5\ m$, konající čtyři otáčky za sekundu. Určete velikost zrychlení bodu na kotouči ve vzdálenosti $0{,}2\ m$ od osy kotouče a velikost postupné rychlosti osy kotouče.

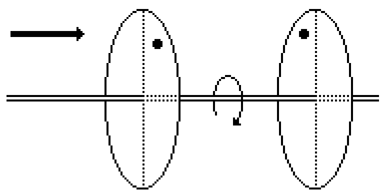
V: $126{,}2\ m.s^{-2}$; $12{,}6\ m.s^{-1}$

1.10 Po opuštění stanice rychlost vlaku rovnoměrně narůstá a po třech minutách od opuštění stanice se pohybuje na dráze zakřivené do tvaru kružnice s poloměrem $800\ \mathrm{m}$ rychlostí o velikosti $72\ \mathrm{km.h^{-1}}$. Určete velikost tečného, normálového i celkového zrychlení vlaku po dvou minutách od okamžiku opuštění stanice.

V: $0{,}11\ \mathrm{m.s^{-2}}$; $0{,}22\ \mathrm{m.s^{-2}}$; $0{,}25\ \mathrm{m.s^{-2}}$

1.11 Při určování rychlosti střely ze vzduchovky byly otvory po prostřelení dvou papírových kotoučů navzájem posunuty o úhel $8\,°$ (viz obr. 2). Kotouče jsou upevněny na společné ose elektromotoru, který má frekvenci otáčení $50\ s^{-1}$, a jsou od sebe vzdáleny $0{,}2\ m$. Vypočtěte rychlost střely, která se pohybovala rovnoběžně s osou elektromotoru.

V: $450\ m.s^{-1}$



obr. 2

1.12 Na koníčkovém kolotoči je radiálně upevněna vzduchovka, jejíž ústí je vzdálené $r = 1\ m$ od osy otáčení kolotoče. Puška je namířena na terč, upevněný na obvodu kolotoče o poloměru $R = 5\ m$. O kolik mine střela cíl, jestliže se kolotoč otočí kolem své osy za $8\ s$ a velikost rychlosti střely je $150\ m.s^{-1}$? Odpor vzduchu při řešení zanedbejte.

V: $8{,}4\ cm$

1.13 Řetězový převod jízdního kola ESKA je tvořen dvěmi ozubenými koly, které mají 46 a 17 zubů. Určete převodový poměr a velikost rychlosti pohybu jízdního kola, jestliže cyklista bude šlapat s frekvencí $1\ \mathrm{s^{-1}}$ a je-li poloměr kola $0{,}34\ \mathrm{m}$.

V: 0;37 (převod do rychla); $5{,}78\ \mathrm{m.s^{-1}}$

1.14 Cyklista jedoucí na bicyklu šlape tak, že přední „talíř“ se otočí 90-krát za minutu, a na bicyklu je nastaven takový převod, že zadní kolo bicyklu vykoná za minutu 2-krát více otáček. Jaký je průměr zadního kola, jestliže se cyklista na bicyklu pohybuje rychlostí o velikosti $7\ m.s^{-1}$? S jak velkým dostředivým zrychlením se pohybuje čepička ventilku, která je od ráfku vzdálena $2\ cm$?

V: $0{,}74\ m$; $124{,}8\ m.s^{-2}$

1.15 Po gramofonové desce o průměru $30\ cm$ leze ve směru od kraje do středu mravenec rychlostí o velikosti $2\ cm.s^{-1}$. Deska se otáčí rychlostí 33 otáček za minutu. Vypočtěte rychlost mravence vzhledem ke gramofonu
a) na okraji desky,
b) ve $\frac{3}{4}$ průměru,
c) uprostřed desky.

Pro všechny tři případy vypočtěte úhel, který svírá vektor výsledné rychlosti se spojnicí počátečního a koncového bodu mravencovy trajektorie na desce. Výsledky načrtněte.

V: $0{,}52\ m.s^{-1}$; $87{,}8°$; $0{,}25\ m.s^{-1}$; $85{,}6°$; $0{,}02\ m.s^{-1}$; $0°$

2. Dynamika hmotných bodů

2.1 Automobil, který se pohybuje rychlostí o velikosti $80\ \mathrm{km.h^{-1}}$, zastaví na vodorovné asfaltové silnici minimálně na dráze $50\ \mathrm{m}$ dlouhé, nedojde-li ke smyku kol. Jaká bude jeho brzdná dráha na vozovce, která svírá s vodorovnou rovinou úhel $5°$?

V: do kopce $42{,}75\ \mathrm{m}$; z kopce $60{,}75\ \mathrm{m}$

2.2 Osobní automobil se pohybuje po vodorovné silnici se zrychlením o velikosti $1{,}6\ \mathrm{m.s^{-2}}$ a do rovnoměrného stoupání jede konstantní rychlostí. Za předpokladu, že se síla tření ani tahová síla motoru nezměnily, vypočtěte úhel stoupání. Odpor vzduchu zanedbejte.

V: $9{,}4°$

2.3 Bednu je možné posouvat rovnoměrným pohybem nahoru po nakloněné rovině silou $\vec{F}_1$, dolů po nakloněné rovině silou $\vec{F}_2$. Určete koeficient smykového tření *f* mezi tělesem a nakloněnou rovinou, platí-li pro velikosti sil $F_1 = 6F_2$ a jsou-li obě síly rovnoběžné s nakloněnou rovinou, která svírá s vodorovnou rovinou úhel $15°$.

V: $f = \frac{7}{5}\,\mathrm{tg}\,\alpha = 0{,}375$

2.4 Na drsné vodorovné podložce je vodorovným lanem vlečena bedna o hmotnosti $60\ \mathrm{kg}$. Součinitel smykového tření je 0,2, lano je napínáno silou o velikosti $150\ \mathrm{N}$. Zakreslete všechny síly, které na bednu působí. Dále určete:

a) směr a velikost síly, kterou působí podložka na bednu,
b) výslednou sílu, která působí na bednu,
c) velikost zrychlení bedny.

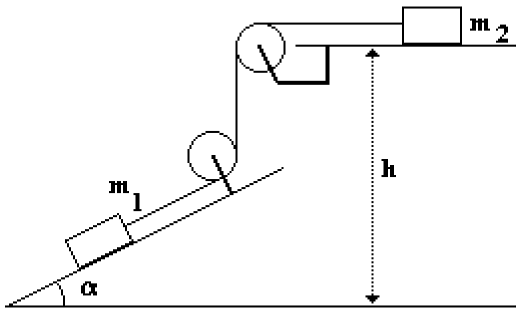
Velikost tíhového zrychlení volte $10\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

V: svisle $600\ \mathrm{N}$, vodorovně $120\ \mathrm{N}$; $30\ \mathrm{N}$; $0{,}5\ \mathrm{m.s^{-2}}$

2.5 Na kladce visí dvojice závaží o hmotnostech $m_1 = 0{,}45\ \mathrm{kg}$ a $m_2 = 0{,}55\ \mathrm{kg}$. Určete zrychlení soustavy a sílu, která působí na osu kladky za předpokladu, že hmotnost kladky zanedbáme. Hmotnost vlákna a třecí síly zanedbejte rovněž.

V: $0{,}98\ \mathrm{m.s^{-2}}$; $9{,}7\ \mathrm{N}$

2.6 Těleso o hmotnosti $m_1 = 5\ \mathrm{kg}$ je umístěno na nakloněné rovině, která svírá s vodorovným směrem úhel $30°$ (viz obr. 3). Pomocí dvou kladek je vláknem spojeno s tělesem o hmotnosti $m_2 = 1\ \mathrm{kg}$, které se nachází na vodorovném stole ve výšce $h = 80\ \mathrm{cm}$ nad úrovní základny nakloněné roviny. Určete, zda se bude uvažovaná soustava těles pohybovat a pokud ano, tak určete velikost zrychlení této soustavy. Jak velká je síla napínající vlákno? Součinitel tření mezi tělesy a materiálem nakloněné roviny a stolu je 0,4. Tření kladek zanedbejte. Velikost tíhového zrychlení volte $9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}$.



obr. 3

V: $0{,}6\ \mathrm{m.s^{-2}}$; $4{,}52\ \mathrm{N}$

2.7 Auto o hmotnosti $1200\ \mathrm{kg}$ přejíždí most vypuklého tvaru. Jak velkou silou působí auto na most v jeho nejvyšším bodě, přejíždí-li přes most rychlostí o velikosti $54\ \mathrm{km.h^{-1}}$? Jak velkou rychlostí by se muselo auto pohybovat, aby na most ve špatném technickém stavu působilo nulovou silou? Poloměr křivosti mostu je $45\ \mathrm{m}$.

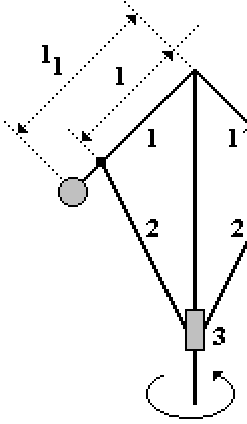
V: $5772\ \mathrm{N}$; $21\ \mathrm{m.s^{-1}}$

2.8 Na obr. 4 je schéma Wattova odstředivého regulátoru. K ramenům (*1*) a (*1´*), na jejichž koncích jsou dvě stejné koule, jsou ve vzdálenosti l od závěsu kloubově připevněny tyčky (*2*) a (*2´*) délky l, které nesou objímku (*3*). Vzdálenost středů koulí od závěsu je l_1.

a) Vypočítejte zdvih objímky, když se úhlová rychlost otáčení regulátoru zvětší z ω_1 na ω_2.

b) Proveďte diskusi výsledku a přihlédněte k tomu, že při nulové úhlové rychlosti svírají ramena s nosnou svislou tyčí úhel α_0.

V: pro $\omega_1 \geq \omega_0$: $\Delta h = 2g\dfrac{l}{l_1}\left(\dfrac{1}{\omega_1^2} - \dfrac{1}{\omega_2^2}\right)$; pro $\omega_1 < \omega_0 < \omega_2$: $\Delta h' = 2g\dfrac{l}{l_1}\left(\dfrac{1}{\omega_0^2} - \dfrac{1}{\omega_2^2}\right)$; pro $\omega_2 \leq \omega_0$: objímka se nezvedne



obr. 4

2.9 Provazolezec o hmotnosti m spadl z výšky h do záchranné sítě. Síť se při tom prohnula o vzdálenost x. Předpokládejme, že se provazolezec po dopadu do sítě pohyboval s konstantním zrychlením. Určete velikost tohoto zrychlení a velikost síly, kterou na něho působila síť. Odpor vzduchu zanedbejte.
Řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty: $m = 70\ \mathrm{kg}$, $h = 6{,}0\ \mathrm{m}$, $x = 1{,}0\ \mathrm{m}$.

V: $-58{,}9\ \mathrm{m.s^{-2}}$; $4{,}8\ \mathrm{kN}$

3. Mechanická práce, energie, výkon

3.1 Ježibaba Zubolavá, hrdá majitelka perníkové chaloupky v údolí o nadmořské výšce 220 metrů nad mořem, se rozhodla přestěhovat chaloupku na kopec o výšce 420 metrů nad mořem, aby měla dobrý výhled do širokého okolí. Proto se rozhodla konzumaci odchycených dětí Jeníčka a Mařenky odložit na pozdější dobu a využít je jako pracovní síly při stavbě svého nového domu. Kolik sklenic Nutelly o hmotnosti $400\ \mathrm{g}$ a využitelné energii $8908\ \mathrm{kJ}$ spotřebovala ježibaba k výživě Jeníčka a Mařenky při transportu 1200 perníkových tvárnic o rozměrech $30\ \mathrm{cm} \times 20\ \mathrm{cm} \times 15\ \mathrm{cm}$ na vrchol kopce? Hustota perníku je $380\ \mathrm{kg.m^{-3}}$.

V: 0,904

3.2 Kluzák o hmotnosti $300\ \mathrm{kg}$ letí ve vodorovném směru ve výšce $200\ \mathrm{m}$ rychlostí o velikosti $40\ \mathrm{m.s^{-1}}$. Vypočtěte, jak velkou vzdálenost uletěl, jestliže přistál rychlostí o velikosti $10\ \mathrm{m.s^{-1}}$ a průměrná odporová síla vzduchu při přistávání je $100\ \mathrm{N}$.

V: 8,14 km

3.3 Dvě osoby o celkové hmotnosti $120\ \mathrm{kg}$ se rozhoupaly na houpačce tak, že společné těžiště soustavy opisuje oblouk o středovém úhlu $120°$. Samotná houpačka má hmotnost $45\ \mathrm{kg}$. Vypočtěte velikost největší tahové síly, kterou působí obsazená houpačka na závěs.

V: 3240 N

3.4 Čerpadlo odčerpává vodu z dolu hlubokého $100\ \mathrm{m}$ a na povrchu vypouští rychlostí o velikosti $30\ \mathrm{km.h^{-1}}$. Za $1\ \mathrm{s}$ se odčerpá voda o objemu $3\ \mathrm{l}$. Jedna pětina vynaložené práce se spotřebuje na překonání třecích sil. Určete výkon čerpadla.

V: 3808,9 W

3.5 Roztržitý výletník zaparkoval své auto na kopci se sklonem $10°$ a zapomněl jej zabrzdit. Jaké maximální velikosti rychlosti auto dosáhne? Parametry auta jsou: hmotnost $1200\ \mathrm{kg}$, výkon $55\ \mathrm{kW}$, maximální rychlost na rovné silnici $140\ \mathrm{km.h^{-1}}$. Předpokládejte, že odpor automobilu je úměrný druhé mocnině rychlosti.

V: $46{,}8\ \mathrm{m.s^{-1}}$

4. Gravitační pole

4.1 Těleso bylo vrženo ze zemského povrchu svisle nahoru rychlostí o velikosti $4{,}9\ \mathrm{m.s^{-1}}$. Současně z maximální výšky, kterou toto těleso dosáhne, je vrženo svisle dolů druhé těleso stejně velkou počáteční rychlostí jako první těleso. Určete čas, v němž se obě dvě tělesa setkají, vzdálenost od zemského povrchu, v níž se setkají, a velikosti rychlostí obou těles v okamžiku setkání. Odpor vzduchu zanedbejte.

V: $0{,}125\ \mathrm{s}$; $0{,}53\ \mathrm{m}$; $3{,}68\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $6{,}13\ \mathrm{m.s^{-1}}$

4.2 Roku 1856 došlo v jisté francouzské věznici ke vzpouře vězňů. Všem dozorcům se podařilo utéct i se zbraněmi a vzápětí i s posilami obklíčit celou věznici. Ta byla umístěna na vysoké skalní plošině, kolem níž byl navíc hluboký příkop. Vězňům tedy nestačilo shazovat obrovské kameny dolů ze skály. Jeden z nich však objevil způsob, jak i velké balvany vrhat ze skály do větší vzdálenosti. Stačilo kámen umístit na přední konec vozu, který byl ve výšce $1{,}2\ \mathrm{m}$ na zemí, vůz pak roztlačit, aby dosáhl určité rychlosti a pak ho prudce zabrzdit. Kámen letí dále vlivem setrvačnosti. Jakou maximální velikost rychlosti mohli vězňové udělit vozu, aby ze skály spadl jen kámen a nikdy vůz, jestliže velikost zrychlení při brždění byla rovna čtvrtině tíhového zrychlení? Tření a odpor vzduchu zanedbejte.

V: $2{,}4\ \mathrm{m.s^{-1}}$

4.3 Velmi malá koule je vržena počáteční rychlostí o velikosti v_0 proti svislé stěně, jejíž vzdálenost od místa vrhu je *d*. Předpokládejte, že rovina trajektorie koule je kolmá na stěnu a že koule se dokonale odráží. Odpor vzduchu zanedbejte. Určete elevační úhel, pod kterým je nutno kouli vrhnout tak, aby nejvyšší bod trajektorie byl právě nad místem vrhu. Řešte nejdříve obecně, diskutujte výsledek a poté řešte pro hodnoty: $v_0 = 16\ \mathrm{m.s^{-1}}$ a $d = 5{,}0\ \mathrm{m}$.

V: 25° nebo 65°

4.4 Míč je hozen ze země pod úhlem α rychlostí o velikosti $15\ \mathrm{m.s^{-1}}$. Dvě sekundy poté přelétne zeď o výšce $5\ \mathrm{m}$. Jak daleko za zeď míč dopadne? Pod jakým úhlem byl míč vržen? Odpor vzduchu zanedbejte.

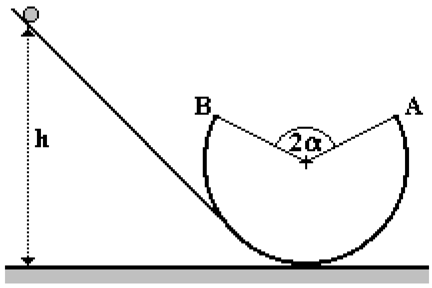
V: $4{,}14\ \mathrm{m}$; $56{,}44°$

4.5 Z pobřežního děla bylo vystřeleno ve vodorovném směru. Hlaveň děla byla ve výšce $20\ \mathrm{m}$ nad hladinou vody. Střela dopadla na hladinu vody ve vzdálenosti $1300\ \mathrm{m}$ od paty stanoviště děla. Určete dobu, za kterou dopadne střela na hladinu, velikost počáteční rychlosti střely, velikost rychlosti dopadu, úhel, pod kterým střela na hladinu dopadne. Odpor vzduchu zanedbejte, velikost tíhového zrychlení volte $10\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

V: $2\ \mathrm{s}$; $650\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $650{,}3\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $1{,}76°$

4.6 V jaké výšce *h* nad vodorovnou rovinou musíme ve žlábku uvolnit tělísko, aby proletělo mezeru ve smyčce mezi body *A* a *B* a pokračovalo v pohybu smyčkou, je-li $|\angle ASB| = 2\alpha$ (viz obr. 5)? Pro který úhel je *h* minimální?

V: $h = r\left(1 + \cos\alpha + \dfrac{1}{2\cos\alpha}\right)$; 45°



obr. 5

4.7 Poloměr Jupitera je $R = 71800\ \mathrm{km}$. Jeho čtvrtá družice Kalisto je od středu planety vzdálena asi $26R$ a její oběžná doba je $16{,}7$ dne. Vypočítejte gravitační zrychlení na povrchu Jupitera.

V: $23{,}9\ \mathrm{m.s^{-2}}$

4.8 Jaká by byla oběžná doba Země, kdyby Slunce neexistovalo a středem sluneční soustavy by byl Jupiter? Hmotnost Jupitera je $\dfrac{1}{1047}$ hmotnosti Slunce, vzdálenost Země – Jupiter předpokládejme $5\ \mathrm{AU}$. Hmotnost Slunce je $2.10^{30}\ \mathrm{kg}$.

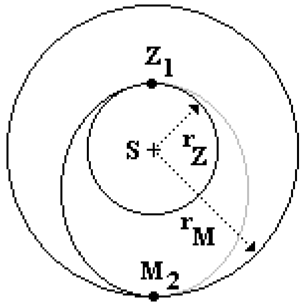
V: 362 *let*

4.9 Kometa Donatiho má oběžnou dobu 2000 let. Jak daleko je v odslunı́, je-li vzdálenost v přísluní přibližně 1 AU ?

V: $316{,}5\ \mathrm{AU}$

4.10 Země obíhá kolem Slunce po přibližně kruhové trajektorii o poloměru $149{,}6.10^6\ \mathrm{km}$ za $365{,}25$ dne. Také Mars obíhá kolem Slunce po přibližně kruhové trajektorii a jeho doba oběhu je $687{,}0$ dne. Ze Země na Mars byly již vyslány kosmické lodi. Energeticky nejvýhodnější je tzv. *Hohmannova trajektorie* (viz obr. 6). Má tvar poloviny elipsy, která se ve výchozím bodě Z_1 dotýká trajektorie Země a v koncovém bodě M_2 trajektorie Marsu.

a) Určete poloměr trajektorie Marsu a velikost jeho rychlosti.
b) Určete délku velké poloosy Hohmannovy trajektorie.
c) Určete dobu letu kosmické lodi ze Země na Mars po Hohmannově trajektorii.



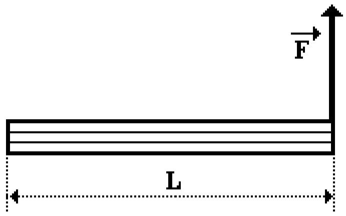
obr. 6

d) Určete polohu Marsu M_1 v okamžiku startu kosmické lodi a polohu Země Z_2 v okamžiku jejího přistání.

V: $227{,}9.10^6\ \mathrm{km}$; $24{,}1\ \mathrm{km.s^{-1}}$; $188{,}8.10^6\ \mathrm{km}$; 259 dní ; $|\angle M_1SM_2| = 136°$; $|\angle Z_1SZ_2| = 255°$

5. *Mechanika tuhého tělesa*

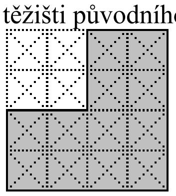
5.1 Hranatá tužka o hmotnosti $20\,\mathrm{g}$ leží na vodorovné desce stolu se součinitelem smykového tření 0,05. Na jednom konci tužky působíme silou $\vec{F}$ ve vodorovné rovině kolmo k tužce (na obr. 7 je znázorněn pohled shora). Jestliže velikost síly postupně zvětšujeme, začne tužka prokluzovat po stole. Při jaké velikosti síly $\vec{F}$ k tomu dojde? Který z bodů tužky zůstane na místě? Při řešení úlohy si můžete pomoci vhodnými pokusy. Tužku považujte za homogenní těleso.



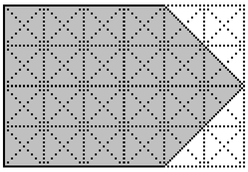
obr. 7

V: $F \doteq 4\,\mathrm{mN}$ a na místě zůstane bod; který je ve vzdálenosti $\frac{\sqrt{2}}{2}L$ od působiště síly $\vec{F}$

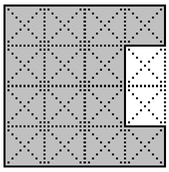
5.2 Na obr. 8 až obr. 13 jsou znázorněna tělesa, která jsou vyrobena z tenkého plechu. Základní tvar je čtverec, jehož strana má délku a a který má „rozměry" 4 x 4 čtverečky. Určete polohu těžiště v závislosti na těžišti původního čtverce těchto těles:



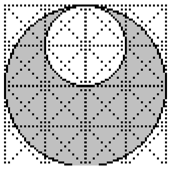
obr. 8



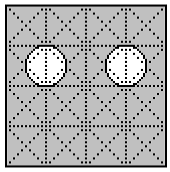
obr. 9



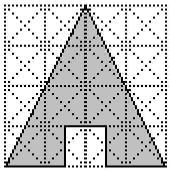
obr. 10



obr. 11



obr. 12



obr. 13

V: všechna těžiště leží na ose symetrie a všechny vzdálenosti těžiště jsou měřeny od těžiště původního čtverce (až na poslední těleso): $\frac{u}{12} = \frac{a.\sqrt{2}}{12}$; $\frac{2}{15}a$; $\frac{3}{56}a$; $\frac{1}{12}a$; $\frac{\pi}{8.(32-\pi)}a$; $\frac{5}{168}a$ od těžiště trojúhelníka

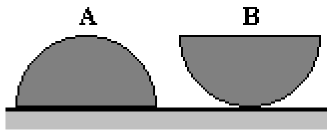
5.3 Pravidelný čtyřboký hranol a rotační válec mají stejnou plochu podstav S a stejnou výšku h. Které z těchto těles se překlopí dříve, jestliže postupně nakláníme základnu, na které stojí? Zdůvodněte výpočtem.

V: hranol

5.4 Homogenní polokoule s poloměrem R a hustotou ρ může spočívat na vodorovné rovině ve dvou polohách A a B, znázorněných na obr. 14.

a) Jsou obě dvě polohy polokoule stabilní? Své tvrzení odůvodněte.

b) Určete práci W_1 potřebnou na překlopení polokoule z polohy A do polohy B.



obr. 14

c) Určete práci W_2 potřebnou na překlopení polokoule z polohy B do polohy A.

d) Která z poloh A a B se vyznačuje větší stabilitou? Svoje tvrzení odůvodněte.

Úlohu řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty: $R = 30{,}0\,\mathrm{cm}$, $\rho = 500\,\mathrm{kg.m^{-3}}$.

<u>*Poznámka:*</u> Těžiště homogenní polokoule se nachází ve vzdálenosti $x_0 = \frac{3}{8}R$ od její rovinné plochy.

V: $57{,}6\,\mathrm{J}$; $36{,}8\,\mathrm{J}$; poloha A

5.5 Určete, s jakým zrychlením klesá k zemi jojo o poloměru r a hmotnosti m. Určete velikost síly, kterou je napínáno vlákno této dětské hračky.

V: $a = \frac{2}{3}g$; $F = \frac{1}{3}mg$

5.6 Tyč délky L je upevněna tak, že se otáčí kolem vodorovné osy procházející koncovým bodem tyče. Jak velkou rychlost je třeba udělit volnému konci tyče, aby se zastavila ve vodorovné poloze? Moment setrvačnosti tyče v tomto případě je $\frac{1}{3}mL^2$, kde m je hmotnost tyče.

V: $v = \sqrt{3gL}$

5.7 Těleso tvaru obruče se valí bez smýkání po nakloněné rovině, která svírá s vodorovnou rovinou úhel $30°$. Určete, jak velkou rychlostí se bude pohybovat těžiště obruče po uběhnutí dráhy $5\,\mathrm{m}$, byla-li obruč na počátku v klidu. Třecí síly a odpor vzduchu zanedbejte.

V: $4{,}95\,\mathrm{m.s^{-1}}$

5.8 Vypočtěte, jak velkou silou je namáhán řetěz jeřábu na obr. 15, který v hutnických kleštích přenáší těleso o hmotnosti $1800\,\mathrm{kg}$. Kleště mají hmotnost $200\,\mathrm{kg}$. Určete součinitele smykového tření v klidu, které těleso udrží v kleštích.

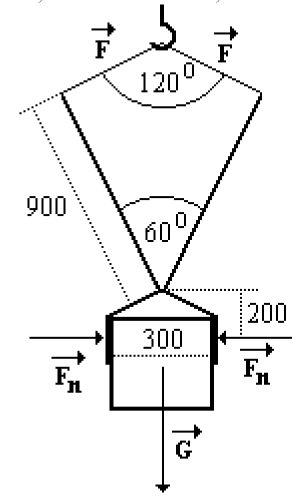
V: 19620 N ; 0,1

5.9 Homogenní trám stálého průřezu o délce *l*, je na jednom konci zatížen silou o velikosti 200 N . Je-li podepřen v bodě *A*, vzdáleném 1000 mm od tohoto konce, je v rovnováze. Jestliže trám bude podepřen v bodě *B*, vzdáleném od druhého konce trámu o 1400 mm , bude trám v rovnováze, bude-li na tomto druhém konci působit síla o velikosti 100 N . Vypočtěte délku trámu a jeho tíhu.

V: 4,67 m ; 150 N

5.10 Homogenní nosník, který má délku *l* a hmotnost 200 kg , je podepřen ve dvou bodech: na jednom konci a ve vzdálenosti $\frac{1}{3}$ od druhého konce. Určete síly, kterými nosník působí na podpěry. Určete síly, jimiž bude nosník působit na tyto podpěry, jestliže na konec, na němž není nosník podepřen, umístíme břemeno o hmotnosti 40 kg .

V: 500 N ; 1500 N ; 300 N ; 2100 N



obr. 15

5.11 Tíha žebříku je 300 N , délka 6 m a těžiště v polovině jeho délky. Jaký úhel svírá žebřík se stožárem, u něhož je opřen, jestliže muž o tíze 600 N vystoupil až na konec žebříku a tlaková síla žebříku na stožár není větší než 200 N ?

V: 15°

5.12 Deska o délce 2 m a tíze 600 N je opřena o stěnu a svírá s podlahou úhel α . Součinitel smykového tření mezi deskou a podlahou je $f_1 = 0,4$ a součinitel smykového tření mezi deskou a stěnou je $f_2 = 0,5$. Určete nejmenší úhel α , při kterém deska ještě nesklouzne, a vypočtěte tlakovou sílu na podlahu a na stěnu.

V: 45° ; 500 N ; 200 N

5.13 Motorová skříň o tíze 25000 N se má zvednout do výše 0,6 m pomocí nakloněné roviny o délce 2,6 m . Součinitel smykového tření mezi skříní a nakloněnou rovinou je 0,15.

a) Jak velký úhel svírá nakloněná rovina s vodorovnou rovinou?
b) Jak velkou silou působící rovnoběžně s nakloněnou rovinou udržíme skříň na nakloněné rovině v rovnovážné poloze?
c) Jak velkou silou působící rovnoběžně s nakloněnou rovinou se bude skříň pohybovat nahoru rovnoměrným pohybem?

V: 13°20′ ; 2120 N ; 9418 N

5.14 Vypočtěte stoupání závitů vřetena šroubového lisu, který vyvine tlakovou sílu o velikosti 2.10^4 N , jestliže na konci páky dlouhé 80 cm působí síla o velikosti 200 N .

V: 5 cm

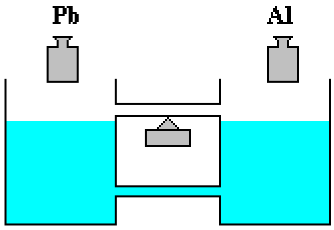
6. Mechanika kapalin a plynů

6.1 Automobil dosáhl rovnoměrně zrychleným pohybem za dobu 10 s rychlosti o velikosti 72 km.h^{-1}. Vypočtěte rozdíl tlaků benzínu na stěny nádrže při rozjíždění, je-li hustota benzínu 720 kg.m^{-3} . Nádrž má tvar kvádru a její dvě stěny, které jsou kolmé na podélnou osu automobilu, jsou navzájem vzdáleny 40 cm .

V: 576 Pa

6.2 Nádoba zobrazená na obr. 16 se skládá ze dvou spojených nádob, je naplněna vodou a opírá se o břit nepohyblivého hranolu. Svislá osa nádoby procházející břitem tvoří osu symetrie. Do každé z nádob je ponořeno závaží o téže hmotnosti - jedno olověné, druhé z hliníku. Která část nádoby převáží a proč?

V: převáží nádoba s olovem



obr. 16

6.3 V nádobě s vodou plave kousek ledu, k němuž přimrzla:
a) korková zátka tak, že je celá pod vodou
b) korková zátka tak, že je celá nad vodou
c) železná kulička tak, že je zamrzlá uvnitř ledu
Jak se změní v jednotlivých případech výška hladiny v nádobě poté, co led roztaje?

V: a); b) nijak; c) hladina poklesne

6.4 Na hladině vody plave dutá koule o hmotnosti *m* a objemu *V*. Koule je z poloviny ponořená ve vodě. Na vlákně zanedbatelné hmotnosti je k ní upoutána druhá koule téhož objemu a hmotnosti M = 3m . Určete velikost síly, kterou je napínáno vlákno. Řešte nejdříve obecně, pak pro $V = 10\ \text{cm}^3$. Hodnotu tíhového zrychlení volte $g = 9{,}81\ \text{m.s}^{-2}$.

V: $1{,}2.10^{-2}\ \text{N}$

6.5 Na plnou kouli působí ve vzduchu tíhová síla o velikosti $390\ \text{N}$. Na tutéž kouli ponořenu do vody působí výsledná síla o velikosti $340\ \text{N}$. Hustota vody je $1000\ \text{kg. m}^{-3}$. Jaký je objem koule? Jaká je hustota materiálu, z něhož je koule vyrobena? Jaký objem by musela mít soustředná kulová dutina v kouli, aby při stejném vnějším poloměru koule a stejné hustotě látky se toto těleso ve vodě vznášelo?

V: $5\ \text{dm}^3$; $7800\ \text{kg.m}^{-3}$; $4{,}4\ \text{dm}^3$

6.6 Rotační kužel s průměrem podstavy $D = 20\ \text{cm}$ a výškou $u = 30\ \text{cm}$ je vyroben z materiálu o hustotě $\rho_T = 800\ \text{kg.m}^{-3}$. Určete, do jaké výšky *h* bude ponořen, potopíme-li jej do vody tak, aby byl ve stabilní poloze.

V: $12{,}5\ \text{cm}$

6.7 Před koncem druhé světové války svrhli nacisté na dno Černého jezera na Šumavě několik vodotěsných kovových beden. V bednách byly ukryty tajné dokumenty. V roce 1964 byly bedny nalezeny a vyloveny z vody. Každá z beden měla tvar kvádru, jehož výška byla *h*, obsah podstavy *S* a hmotnost bedny *m*. Určete práci *W*, kterou vykonali potápěči při vyzvednutí jedné bedny. Bedna byla zvedána pomalým rovnoměrným pohybem z výchozí polohy, v níž byla horní podstava bedny v hloubce h_1 pod hladinou vody. Po vyzdvižení do koncové polohy byla dolní podstava ve výšce h_2 nad hladinou.

Úlohu řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty: $S = 0{,}25\ \text{m}^2$, $h = 40\ \text{cm}$, $h_1 = 3{,}6\ \text{m}$, $h_2 = 0{,}80\ \text{m}$, $m = 150\ \text{kg}$, $\rho = 1000\ \text{kg. m}^{-3}$, $g = 9{,}8\ \text{m.s}^{-2}$. Odpor vody a vzduchu při pohybu a vztlakovou aerostatickou sílu zanedbejte.

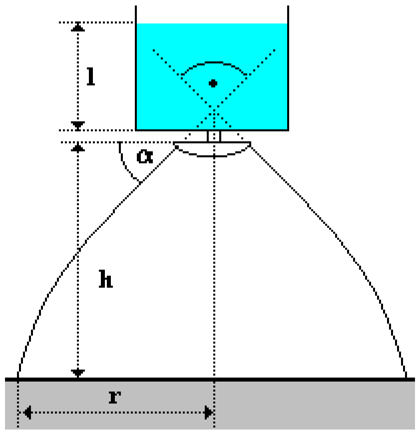
V: $3{,}33\ \text{kJ}$

6.8 Zahradní sprcha (viz obr. 17) je tvořena nádobou, v níž je nalita voda do výšky $l = 50\ \text{cm}$. Kropítko sprchy je ve výšce $h = 2{,}2\ \text{m}$ nad zemí. Voda, z krajních otvorů kropítka tryská pod úhlem $\alpha = 45\ °$. Jaký je poloměr vodou zasažené oblasti na zemi?

V: $1{,}07\ \text{m}$

6.9 Obsah průřezu vodorovného potrubí se zužuje z $50\ \text{cm}^2$ na $15\ \text{cm}^2$. V širší části potrubí je velikost rychlosti proudící vody $3\ \text{m.s}^{-1}$ a tlak $85\ \text{kPa}$. Jak velkou rychlostí a při jakém tlaku proudí voda v zúžené části potrubí?

V: $10\ \text{m.s}^{-1}$; $39{,}5\ \text{kPa}$



obr. 17

6.10 Dne 9. 8. 2000 odvysílala televize Nova zprávu, že v Brně došlo k porušení vodovodního řadu, následkem čehož stříkala voda na jedné brněnské ulici do výšky až $20\ \text{m}$. Určete jak velkou rychlostí voda proudila z poškozeného potrubí a pod jakým tlakem byla voda v potrubí?

V: $19{,}8\ \text{m.s}^{-1}$; $296{,}2\ \text{kPa}$

6.11 Cyklista o hmotnosti *m* jede na jízdním kole o hmotnosti m_k ze svahu, který má sklon vůči vodorovné rovině α. Aby jel rychleji, šlape se stálou silou o velikosti *F*. Kolo jízdního kola má průměr *d*, obsah příčného řezu cyklisty je *S*, součinitel odporu je *C* a okolní vzduch má hustotu ρ. Na jaké velikosti se ustálí rychlost jízdního kola, jestliže rameno valivého odporu je ξ a cyklista šlape silou o velikosti *F*? Velikost tíhového zrychlení je *g*. Předpokládejte, že svah je dostatečně dlouhý, aby mohlo k ustálení rychlosti dojít.

V: $v = \sqrt{2\dfrac{Fd + (m + m_k)\,g\,(d\sin\alpha - 2\xi\cos\alpha)}{d\rho SC}}$

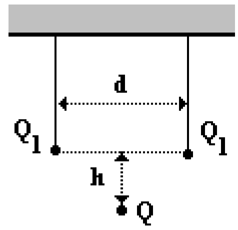
6.12 Celková tíhová síla padáku a parašutisty je $1000\ \text{N}$. Otevřený padák je brzděn odporem vzduchu, který je úměrný druhé mocnině velikosti rychlosti padáku. Při rychlosti $3\ \text{m.s}^{-1}$ je brzdící síla připadající na jednotkový obsah plochy vodorovného průmětu padáku rovna $R = 100\ \text{N.m}^{-2}$. Jak velký obsah musí mít plocha vodorovného průmětu padáku, smí-li parašutista dopadnout na zem rychlostí $1{,}2\ \text{m.s}^{-1}$? Jak se změní velikost rychlosti dopadu, bude-li mít padák poloviční lineární rozměry?

V: $62{,}5\ \text{m}^2$; $2{,}4\ \text{m.s}^{-1}$

7. Elektrostatické pole

7.1 Dvě kuličky zanedbatelné hmotnosti jsou nabity stejným kladným nábojem $Q_1 = 3{,}3\ \mu\text{C}$ a zavěšeny ve stejné výšce na nehmotných nitích stejné délky. Ve stejné vzdálenosti od kuliček a o vzdálenost $h = 20\ \text{cm}$ níže je umístěn náboj Q (viz obr. 18). Určete velikost a znaménko náboje Q, visí-li nitě svisle a vzdálenost mezi nimi je $d = 30\ \text{cm}$.

V: $-3{,}82\ \mu\text{C}$



obr. 18

7.2 Dvě velmi malé vodivé kuličky, každá o hmotnosti $0{,}25\ \text{g}$, jsou zavěšeny na stejně dlouhých nevodivých vláknech délky $50\ \text{cm}$ tak, že se vzájemně dotýkají. Jsou-li kuličky nabity nábojem Q, odpuzují se tak, že každé z vláken svírá se svislým směrem úhel $45°$. Určete náboj Q. Hmotnost vláken neuvažujte.

V: $3{,}7.10^{-7}\ \text{C}$

7.3 Dva kladné bodové náboje $160\ \text{nC}$ a $90\ \text{nC}$ jsou od sebe vzdáleny $21\ \text{cm}$. Jak daleko od většího z obou nábojů je na jejich spojnici místo, v němž je intenzita elektrického pole nulová?

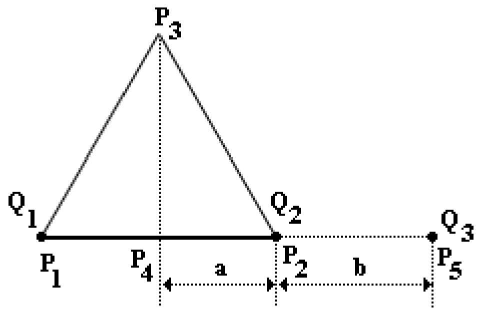
V: $12\ \text{cm}$

7.4 Ve vrcholech P_1 a P_2 rovnostranného trojúhelníka $P_1P_2P_3$ jsou umístěny pevné bodové náboje $Q_1 = 7{,}3.10^{-7}\ \text{C}$ a $Q_2 = -Q_1$ (viz obr. 19). Určete:

a) intenzitu elektrického pole, vytvořeného nábojem Q_1 v bodě P_2;

b) síly, které působí na náboje Q_1 a Q_2;

c) intenzitu výsledného elektrického pole vytvořeného náboji Q_1 a Q_2 v bodech P_3 a P_4;



obr. 19

d) bodový elektrický náboj, který je nutno umístit do bodu P_5 tak, aby na náboj Q_2 nepůsobilo elektrické pole. Strana trojúhelníka má délku $100\ \text{mm}$, vzdálenost b je $80\ \text{mm}$.

V: $6{,}56.10^5\ \text{V.m}^{-1}$; $0{,}48\ \text{N}$; $6{,}56.10^5\ \text{V.m}^{-1}$; $5{,}25.10^6\ \text{V.m}^{-1}$; $467\ \text{nC}$

7.5 Elektron se pohybuje v elektrostatickém poli tak, že v určitém bodě P_1, v němž měl elektrický potenciál hodnotu $\varphi_1 = 5{,}0\ \text{V}$, má jeho rychlost velikost $4.10^5\ \text{m.s}^{-1}$. V bodě P_2 své dráhy má elektron rychlost o velikosti $9.10^5\ \text{m.s}^{-1}$. Určete:

a) přírůstek kinetické energie elektronu na úseku dráhy P_1P_2

b) práci elektrické síly, působící na elektron, na úseku dráhy P_1P_2

c) elektrické napětí $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$

d) elektrický potenciál v bodě P_2.

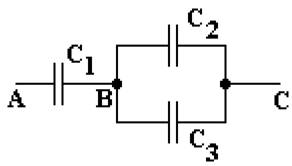
V: $2{,}96.10^{-19}\ \text{J}$; $2{,}96.10^{-19}\ \text{J}$; $-1{,}85\ \text{V}$; $6{,}85\ \text{V}$

7.6 Na obr. 20 je schéma zapojení tří kondenzátorů o kapacitách $C_1 = 2\ \mu\text{F}$, $C_2 = 1\ \mu\text{F}$ a $C_3 = 3\ \mu\text{F}$. Mezi body A a C je připojen zdroj napětí $120\ \text{V}$. Určete:

a) výslednou kapacitu soustavy kondenzátorů

b) napětí mezi body A a B

c) napětí mezi deskami kondenzátoru o kapacitě C_3



obr. 20

d) náboje na deskách jednotlivých kondenzátorů.

V: $1{,}33\ \mu\text{F}$; $80\ \text{V}$; $40\ \text{V}$; $160\ \mu\text{C}$; $40\ \mu\text{C}$; $120\ \mu\text{C}$

7.7 Dva nabité kondenzátory, z nichž první má kapacitu C_1 a je nabit na napětí U_1 a druhý o kapacitě C_2 je nabit na napětí U_2, částečně vybijeme spojením nesouhlasně nabitých desek. Určete:

a) Jak velký náboj zůstane na spojených kondenzátorech?

b) Jaká bude výsledná kapacita obou kondenzátorů po spojení?

c) Jaké je napětí na spojených kondenzátorech?

d) Jaký byl součet energií nabitých kondenzátorů před spojením?

e) Jaká je energie spojených kondenzátorů? Jak lze vysvětlit rozdíl mezi body d) a e)?

Řešte nejdříve obecně, pak pro hodnoty: $C_1 = 1000\ \text{pF}$, $C_2 = 800\ \text{pF}$, $U_1 = 4000\ \text{V}$, $U_2 = 3200\ \text{V}$.

V: $1{,}44\ \mu\text{C}$; $1{,}8\ \text{nF}$; $800\ \text{V}$; $12\ \text{mJ}$; $0{,}576\ \text{mJ}$

8. Elektrický proud v kovech

8.1 Dvě spirály o odporu $R_1 = 1\,\Omega$ a $R_2 = 2\,\Omega$ a obdélníková destička o odporu $R_D = 1\,\Omega$ byly zařazeny do elektrického obvodu. Potom byla destička podélně rozříznuta na dvě stejné části, které byly opět zařazeny do obvodu (viz obr. 21). Změnil se celkový odpor obvodu? Odpověď potvrďte výpočtem.

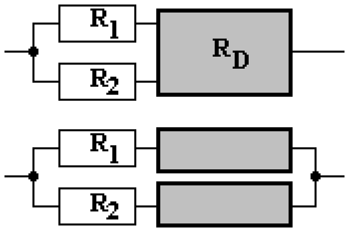
V: $\frac{5}{3}\,\Omega$; $\frac{12}{7}\,\Omega$

8.2 Vodivými hranami krychle zobrazené na obr. 22 protéká elektrický proud. Odpor každé hrany je R. Určete celkový odpor krychle.

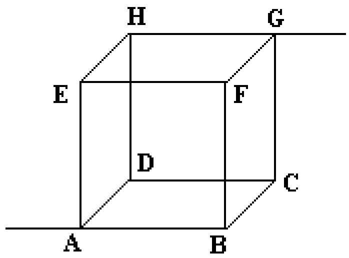
V: $\frac{5}{6}$ R

8.3 Určete proudy protékající v zapojení podle schématu na obr. 23, v němž je dáno: $U_{e1} = 2{,}1\text{ V}$, $U_{e2} = 1{,}8\text{ V}$, $R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = 8\,\Omega$, $R_3 = 12\,\Omega$, $R_4 = 35\,\Omega$ a $R_5 = 15\,\Omega$. Vnitřní odpory zdrojů zanedbejte.

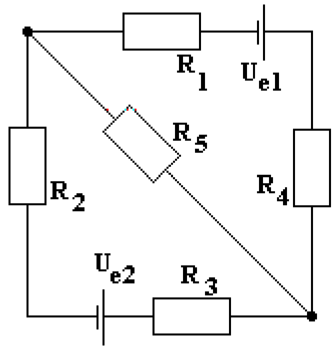
V: $24{,}8\text{ mA}$; $40{,}8\text{ mA}$; $65{,}6\text{ mA}$



obr. 21



obr. 22



obr. 23

8.4 Tavné pojistky jsou vyrobeny z olověných drátků stejné délky. Proud, při němž se drátek roztaví a pojistka přeruší přívod proudu, je určen průměrem drátku. Pojistka č. 1. pro proud $1{,}8\text{ A}$ obsahuje drátek o průměru $0{,}3\text{ mm}$, pojistka č. 2 pro proud 6 A drátek o průměru $0{,}6\text{ mm}$. Předpokládejme, že zvyšujeme proud tekoucí paralelní kombinací obou pojistek. Při jakém proudu dojde k přerušení pojistek a která pojistka se přeruší jako první?

V: $7{,}5\text{ A}$; pojistka č. 2

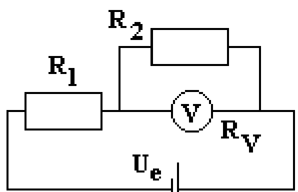
8.5 Určete vnitřní odpor akumulátoru a jeho elektromotorické napětí z těchto měření: Připojíme-li ke svorkám zátěž o odporu $1{,}8\,\Omega$, prochází obvodem proud $1{,}7\text{ A}$, připojíme-li ke svorkám zátěž o odporu $6{,}6\,\Omega$, prochází obvodem proud $0{,}5\text{ A}$.

V: $0{,}2\,\Omega$; $3{,}4\text{ V}$

8.6 Ampérmetrem s rozsahem do 1 A a s vnitřním odporem $0{,}1\,\Omega$ chceme měřit proud 100 A. Jaký odpor a jakým způsobem je nutno k ampérmetru připojit?

V: $1{,}01\text{ m}\Omega$

8.7 Pro určení odporu voltmetru R_V byl voltmetr zapojen do obvodu tak, jak je schematicky znázorněno na obr. 24, přičemž voltmetr ukazoval napětí U. Určete:
a) proud odebíraný ze zdroje napětí
b) odpor voltmetru R_V.
Úlohu řešte nejdříve obecně, pak pro hodnoty $U_e = 120\text{ V}$, $U = 80\text{ V}$, $R_1 = 40\text{ k}\Omega$ a $R_2 = 0{,}40\text{ M}\Omega$.

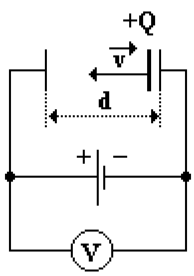


obr. 24

V: 1 mA; $10^5\,\Omega$

8.8 ***Do deskového kondenzátoru připojeného ke zdroji elektromotorického napětí U_e a vnitřním odporem R_i je umístěna deska s nábojem Q (viz obr. 25). Jaké napětí ukáže ideální voltmetr připojený ke svorkám zdroje, jestliže se vložená deska bude pohybovat rychlostí o velikosti v? Vzdálenost desek kondenzátoru je d.

V: $U_V = U_e + \dfrac{QvR_i}{d}$



obr. 25

8.9 Na zahradním vánočním stromečku je umístěno 10 75-ti wattových žárovek připojených paralelně k napětí 220 V. Určete spotřebu elektrické energie za 1 týden svícení stromku, svítí-li každý den od 8 hodin večer do 6 hodin ráno:

a) v ideálním případě,
b) v případě, kdy má každá žárovka účinnost 80 %.
Jaký je odpor jedné žárovky? Jaký celkový proud teče obvodem?

V: $52{,}5\ \mathrm{kW.h}$; $65{,}63\ \mathrm{kW.h}$; $645{,}3\ \Omega$; $3{,}4\ \mathrm{A}$

8.10 Žárovku pro napětí $6\ \mathrm{V}$ s výkonem $36\ \mathrm{W}$ je třeba napájet ze stejnosměrného zdroje o elektromotorickém napětí $24\ \mathrm{V}$ a o vnitřním odporu $1\ \Omega$. Určete:
a) hodnotu odporu rezistoru, který je nutno zapojit do série se žárovkou, aby po připojení ke zdroji napětí měla jmenovitý odpor
b) výkon, který se na tomto rezistoru ztrácí
c) svorkové napětí zdroje.

V: $2\ \Omega$; $72\ \mathrm{W}$; $18\ \mathrm{V}$

9. Elektrický proud v polovodičích

9.1 Červená LED snese při napětí 1,8 V maximální elektrický proud 8 mA. Jaký rezistor a jak je třeba k LED připojit, aby mohla být napájena elektrickým napětím 5 V?

V: $400\ \Omega$

9.2 Vzorek vyrobený z monokrystalu křemíku má tvar kvádru s výškou 5 mm a obsahem podstavy $4\ \mathrm{mm}^2$. Na dvou protilehlých podstavách vzorku jsou vytvořeny vodivé kontakty. Je-li připojeno mezi tyto kontakty elektrické napětí 4,7 V, prochází vzorkem při teplotě $20\ °\mathrm{C}$ elektrický proud 1,2 mA. Zvýšíme-li teplotu vzorku na $300\ °\mathrm{C}$, prochází jím elektrický proud 2,16 mA. Určete při obou uvedených teplotách měrný elektrický odpor použitého vzorku. Jaký je jeho teplotní součinitel elektrického odporu?

V: $3{,}13\ \Omega\cdot\mathrm{m}$; $1{,}74\ \Omega\cdot\mathrm{m}$; $-1{,}6\cdot10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$

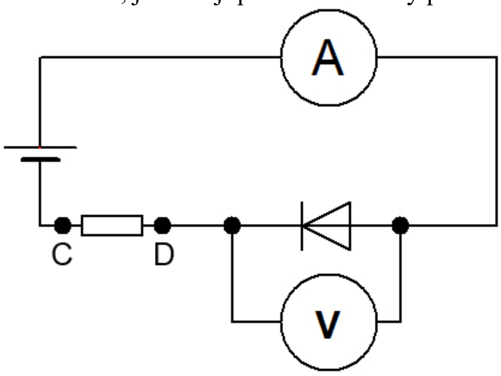
9.3 Střední hodnota teplotního součinitele odporu termistoru je $-0{,}05\ \mathrm{K}^{-1}$. O kolik stupňů Celsia se musí změnit teplota, aby se odpor termistoru zmenšil na polovinu? Musí teplota růst nebo klesat?

V: $10\ °\mathrm{C}$

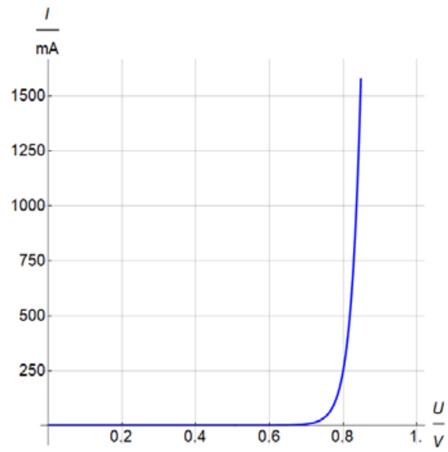
9.4 Ke zdroji elektrického napětí 20 V jsou sériově zapojeny termistor a rezistor o odporu $1\ \mathrm{k}\Omega$. Při teplotě $20\ °\mathrm{C}$ prochází obvodem elektrický proud 5 mA. Po ponoření termistoru do teplé vody se elektrický proud v obvodu zvětšil na 10 mA. Jaká je teplota vody, do níž byl termistor ponořen, jestliže střední hodnota teplotního součinitele odporu termistoru je $-0{,}04\ \mathrm{K}^{-1}$?

V: $36{,}6\ °\mathrm{C}$

9.5 Na obr. 26 je zobrazeno schéma elektrického obvodu, ve kterém je přes ochranný rezistor o odporu $10\ \Omega$ připojena ke zdroji napětí křemíková dioda v propustném směru. Na obr. 27 je zobrazena voltampérová charakteristika použité diody. Jaký údaj ukazuje voltmetr, ukazuje-li ampérmetr elektrický proud 250 mA? Jaké je elektrické napětí mezi body C a D v obvodu? Jaké je svorkové napětí baterie v obvodu? Jaké bude elektrické napětí na diodě, jestliže jí poteče elektrický proud 1 A?



obr. 26



obr. 27

V: 0,8 V; 2,5 V; 3,3 V; 0,82 V

9.6 Pro výrobu počítačových čipů se používá křemík s takovou čistotou, že na jednu miliardu atomů křemíku připadá nejvýše jeden atom jiného prvku. Určete hmotnost křemíku, který by bylo možné při popsané čistotě znečistit jedním gramem železa. Relativní atomová hmotnost železa je 55,85 a relativní atomová hmotnost křemíku je 28,10.

V: 500 t

9.7 Bázový proud tranzistoru zapojeného se společným emitorem je $30\ \mu A$, kolektorový proud je 2 mA. Určete kolektorový proud při bázovém proudu 0,1 mA, má-li proudový zesilovací činitel v tranzistoru v uvedené oblasti proudů hodnotu 60. Jaký bude v tomto případě emitorový proud?

V: 6,2 mA; 6,3 mA

10. Elektrický proud v kapalinách a plynech

10.1 Jaká je hmotnost stříbra, které se za půl hodiny vyloučí průchodem elektrického proudu 1,5 A roztokem dusičnanu stříbrného? Relativní atomová hmotnost stříbra je 108.

V: 3 g

10.2 Při elektrolýze vody tekl obvodem elektrický proud 15 A po dobu 30 minut. Jaká je teplota vyloučeného kyslíku, jestliže jeho objem je 1 litr a má tlak 200 kPa? Kyslík považujte za ideální plyn.

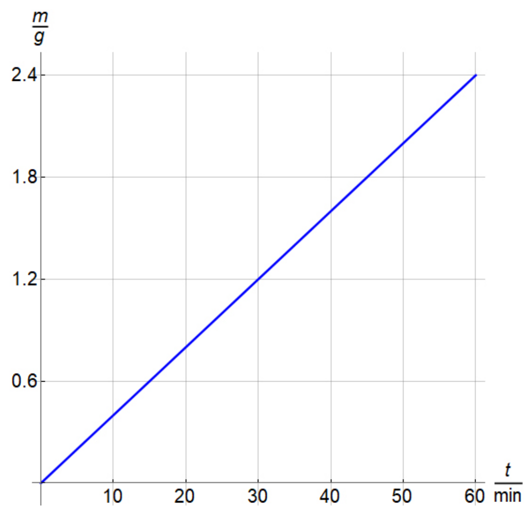
V: 69 °C

10.3 Jaký je poměr hmotností kyslíku a vodíku, které se za normálních podmínek vyloučí při elektrolýze vody? Jaký je poměr jejich objemů?

V: 8:1; 1:2

10.4 Při elektrolýze roztoku síranu měďnatého se na katodě vylučuje měď. Závislost hmotnosti vyloučené mědi na čase, po který elektrolýza probíhá, je zobrazena v grafu na obr. 28. Elektrody jsou připojeny ke zdroji elektrického napětí 6 V. Jaký je elektrický odpor roztoku elektrolytu? Jaký elektrický proud jím prochází? Relativní atomová hmotnost mědi je 63,5.

V: $3\ \Omega$; 2 A



obr. 28

10.5 Mezi deskami kondenzátoru, které jsou od sebe vzdáleny 0,5 cm, je elektrické napětí 10 kV. Kondenzátor je vyplněn vzduchem. Jak velkou rychlost má elektron v okamžiku střetu s molekulou kyslíku, kterou elektron nárazem ionizoval? Jaká je střední volná dráha elektronu v tomto případě? Ionizační energie kyslíku je 13,7 eV.

V: $2{,}2\cdot 10^6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$; $6{,}9\ \mu m$

10.6 Jiskrový výboj ve vzduchu vzniká, dosáhne-li elektrická intenzita mezi dvěma elektrodami velikosti $3\ \mathrm{MV\cdot m^{-1}}$. Jak velkou maximální rychlostí se budou elektrony v tomto případě pohybovat, je-li jejich střední volná dráha $5\ \mu m$?

V: $2{,}3\cdot 10^6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

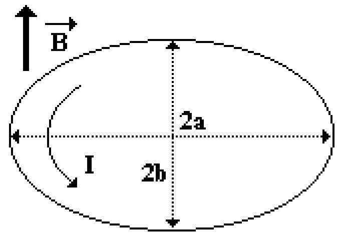
11. Magnetické pole

11.1 ***Vodivá smyčka ve tvaru elipsy s poloosami a a b leží na nevodivé vodorovné desce stolu a nachází se v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci $\vec{B}$. Indukční čáry tohoto magnetického pole jsou orientovány vodorovně (na obr. 29 je znázorněn pohled shora). Jak velký proud musí smyčkou procházet, aby se začala nadzvedávat? Hmotnost smyčky je m, obsah plochy ohraničené elipsou s danými poloosami je $S = \pi ab$.

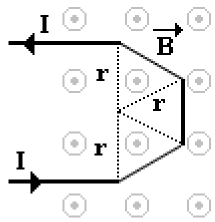
V: $I = \dfrac{mg}{\pi Ba}$

11.2 Určete velikost výsledné síly, která působí na lomený vodič ve tvaru poloviny pravidelného šestiúhelníka, který zasahuje do homogenního magnetického pole, jehož magnetická indukce má velikost 0,15 T (viz obr. 30). Vodičem prochází proud 2 A a $r = 5$ cm.

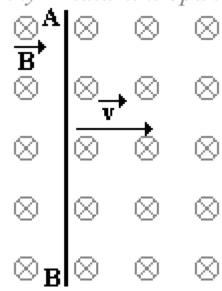
V: 30 mN



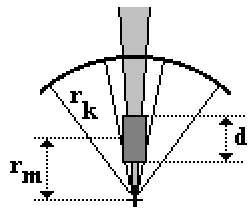
obr. 29



obr. 30



obr. 31



obr. 32

11.3 V homogenním magnetickém poli, jehož magnetická indukce má směr svislý vzhůru, je zavěšen přímý vodorovný vodič na lehkých vodivých vláknech připojených v koncových bodech vodiče. Prochází-li vodičem proud, vychýlí se ze své rovnovážné polohy tak, že úhlová výchylka vláken je $45°$. Vodič má délku $10\,\mathrm{cm}$, hmotnost $3\,\mathrm{g}$ a prochází jím proud $10\,\mathrm{A}$. Určete velikost magnetické indukce.

Řešte nejdříve obecně, pak pro zadané hodnoty. Velikost tíhového zrychlení volte $10\,\mathrm{m.s^{-2}}$.

V: 30 mT

11.4 Kovová tyč délky $150\,\mathrm{mm}$ se pohybuje v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci o velikosti $0{,}30\,\mathrm{T}$ rychlostí o velikosti $80\,\mathrm{m.s^{-1}}$ (viz obr. 31). Určete:
a) velikost magnetické síly, která působí na elektrony vodiče
b) který konec tyče se nabíjí kladně a který záporně
c) intenzitu elektrického pole, vytvořeného nábojem ve vodiči v ustáleném stavu, kdy se rozložení nábojů v tyči již nemění
d) napětí, které lze naměřit mezi konci tyče.

V: $3{,}84.10^{-18}\,\mathrm{N}$; *A* kladně a *B* záporně $24\,\mathrm{V.m^{-1}}$; $3{,}6\,\mathrm{V}$

11.5 Přímý vodič s proudem $10\,\mathrm{A}$ a obdélníkový závit o stranách $a = 4\,\mathrm{cm}$ a $b = 9\,\mathrm{cm}$, kterým prochází proud $5\,\mathrm{A}$, leží v téže rovině. Delší strany závitu jsou rovnoběžné s přímým vodičem, bližší má od něho vzdálenost 0,5*a*. Jak velká je síla, která působí na závit?

V: $3.10^{-5}\,\mathrm{N}$

11.6 Jaká je velikost rychlosti elektronů, jestliže současně působící elektrické pole o intenzitě o velikosti $3{,}4.10^{5}\,\mathrm{V.m^{-1}}$ a magnetické pole o indukci, která má velikost $2.10^{-3}\,\mathrm{T}$, obě navzájem kolmá a kolmá k rychlosti elektronů, nezpůsobují odchylku od přímočarého pohybu? Jaký bude poloměr trajektorie elektronů, jestliže se elektrické pole zruší? Náboj elektronu je $1{,}6.10^{-19}\,\mathrm{C}$, jeho hmotnost $9{,}1.10^{-31}\,\mathrm{kg}$.

V: $1{,}7.10^{8}\,\mathrm{m.s^{-1}}$; $0{,}48\,\mathrm{m}$

11.7 Uzavřená vodivá smyčka ve tvaru čtverce o straně $0{,}5\,\mathrm{m}$, zhotovená z vodiče zanedbatelného průřezu o celkovém odporu $2\,\Omega$, je umístěna v homogenním magnetickém poli o indukci o velikosti $1\,\mathrm{T}$ tak, že rovina smyčky je kolmá k magnetickým indukčním čarám. V určitém okamžiku začne magnetické pole rovnoměrně klesat tak, že nulové hodnoty nabude za $20\,\mathrm{s}$. Určete celkový náboj, který proteče smyčkou.

V: 0,13 C

11.8 Součástí tachometru jízdního kola je magnet o výšce *d* umístěný ve výpletu předního kola a čidlo, které je umístěno na vidlici předního kola ve vzdálenosti r_m od středu kola (viz obr. 32). Magnet je zdrojem magnetického pole o magnetické indukci o velikosti *B*. Kolo jízdního kola má poloměr r_k. Cyklista na kole, jehož řetězový převod je tvořen dvěmi ozubenými koly, které mají z_1 a z_2 zubů ($z_1 > z_2$), šlape s frekvencí f_c. Jaké napětí se bude indukovat v čidle tachometru? Jak velkou rychlostí se cyklista pohybuje?

V: $U = 2\pi B d f_\mathrm{c} \dfrac{z_1}{z_2} r_\mathrm{m}$; $v = 2\pi f_\mathrm{c} \dfrac{z_1}{z_2} r_\mathrm{k}$

11.9 Velikost horizontální složky $\overrightarrow{B_Z}$ magnetického pole Země lze určit improvizací s jednoduchými pomůckami. Model cívky lze zhotovit z plastové lahve, které odstřihneme hrdlo a dno a na níž navineme tenký měděný drátek. Zhruba uprostřed vytvořené cívky propíchneme zvnějšku obal plastové láhve špendlíkem, na jehož hrot umístíme uvnitř cívky magnetku. Cívku i s magnetkou orientujeme tak, aby magnetka byla kolmá na podélnou osu cívky. Poté takto zhotovenou cívku připojíme k regulovatelnému zdroji stejnosměrného napětí. Průchodem proudu bude vznikat v cívce magnetické pole, které lze v okolí magnetky považovat za homogenní. Na základě znalosti procházejícího proudu, parametrů cívky a úhlu φ, který svírá magnetka se směrem sever - jih, lze určit velikost horizontální složky $\mathrm{B_Z}$ magnetického pole Země. Experimentálně vytvořená cívka má 22 závitů a délku $15\,\mathrm{cm}$. Z řady měření bylo vybráno jedno, kdy cívkou procházel proud $330\,\mathrm{mA}$ a $\varphi = 70°$. Určete velikost $\mathrm{B_Z}$.

V: 22,1 μT

11.10 V cívce délky 2 m a průřezu 10 cm^2 se indukovalo napětí 14 mV při rovnoměrném růstu proudu z nulové hodnoty na hodnotu 10 A za dobu 1 s. Určete počet závitů cívky, její indukčnost a její energii.

V: 1493 závitů; 1,4 mH ; 70 mJ

12. Obvod střídavého proudu

12.1 Ke zdroji střídavého proudu o efektivním napětí 200 V a frekvenci 50 Hz je připojen obvod tvořený sériovým spojením kondenzátoru o kapacitě 16 μF a rezistoru o odporu 150 Ω. Určete impedanci obvodu, proud v obvodu, napětí na kondenzátoru a na rezistoru a fázový posun mezi napětím a proudem v obvodu.

V: 250 Ω ; 0,8 A ; 160 V ; 120 V ; 53°

12.2 Žárovka 6 V / 0,3 A má být připojena v sérii s cívkou k elektrické síti 230 V o frekvenci 50 Hz. Jakou indukčnost musí mít cívka, aby žárovka normálně svítila?

V: 2,4 H

12.3 Obvod *RLC* v sérii je tvořen rezistorem o odporu 200 Ω, cívkou o indukčnosti 0,5 H a kondenzátorem o kapacitě 4 μF. Obvodem prochází střídavý proud 0,5 A o frekvenci 100 Hz. Nakreslete fázorový diagram obvodu, určete celkové napětí v obvodu a fázový posun napětí a proudu v obvodu. Jak velký proud bude procházet obvodem při rezonanci obvodu?

V: 108,5 V ; −23° ; 0,54 A

12.4 Cívka o indukčnosti 0,2 H, jejíž odpor je 100 Ω, je připojena ke zdroji střídavého napětí 118 V s frekvencí 50 Hz. Určete proud, který cívkou prochází a výkon spotřebovaný na cívce.

V: 1 A ; 100 W

12.5 Voltmetr v obvodu střídavého proudu ukazuje napětí 220 V, ampérmetr proud 10 A a wattmetr činný výkon 2 kW. Určete fázové posunutí napětí a proudu v obvodu.

V: 24,62°

12.6 Výkon jednofázového elektromotoru je 1 kW a jeho účinnost 80 %. Určete proud, který prochází přívodními vodiči k elektromotoru, jestliže je elektromotor připojen k fázovému napětí 230 V a jeho účiník je 0,65.

V: 8,4 A

12.7 Transformátor, kterým se transformuje napětí 100 V na 3300 V, má uzavřené jádro, na němž vytvoříme pomocí vodiče jediný závit. Voltmetrem zjistíme, že napětí na tomto závitu je 0,5 V. Kolik závitů mají cívky transformátoru?

V: 200; 6600

12.8 Transformátor s transformačním poměrem 0,2 a účinností 68 % je připojen ke zdroji střídavého napětí 220 V. Transformátor dodává do spotřebiče výkon 5 kW. Vypočítejte proudy tekoucí v primárním a sekundárním vinutí transformátoru.

V: 33,4 A ; 114 A

13. Mechanické kmitání

13.1 Závažím mechanického oscilátoru je měděná kulička. Jak se změní frekvence kmitání tohoto mechanického oscilátoru, jestliže měděnou kuličku nahradíme kuličkou hliníkovou o stejném průměru? Hustota mědi je 8930 kg.m^{-3}, hustota hliníku 2700 kg.m^{-3}.

V: 1,8 - krát se zvětší

13.2 Zavěsíme-li na určitou pružinu těleso o hmotnosti 2 kg, prodlouží se pružina o 0,06 m. Určete:
a) tuhost pružiny,
b) prodloužení pružiny, visí-li na ní těleso o hmotnosti 3 kg,
c) frekvenci, s níž bude na pružině kmitat těleso o hmotnosti 4 kg,
d) frekvenci, s níž bude toto těleso kmitat na pružině, která vznikne z předchozí tak, že z ní oddělíme její jednu třetinu.
Hmotnost pružiny zanedbejte.

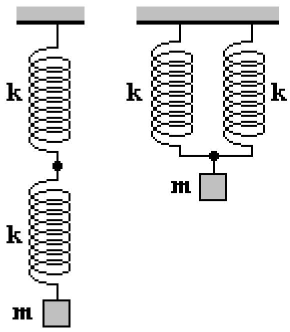
V: 327 N.m^{-1} ; 0,09 m ; 1,44 Hz ; 1,76 Hz

13.3 Vodorovná podložka, na níž je volně položen předmět, kmitá harmonicky s amplitudou výchylky 0,1 m. Určete frekvenci kmitání desky, při níž začne předmět na podložce nadskakovat.

V: $1{,}6\ \mathrm{Hz}$

13.4 Závaží o hmotnosti $0{,}5\ \mathrm{kg}$ zavěšené na pružině zanedbatelné hmotnosti kmitá s frekvencí $0{,}4\ \mathrm{Hz}$. Určete frekvenci kmitání závaží, jestliže ho zavěsíme na stejné pružiny spojené podle obr. 33.

V: $0{,}28\ \mathrm{Hz}$; $0{,}56\ \mathrm{Hz}$



obr. 33

13.5 Kabina výtahu se pohybuje vzhůru nejprve po dobu t_1 se zrychlením $\vec{a}_1$ a potom se pohybuje po dobu t_2 rovnoměrně zpomaleně se zrychlením $-\vec{a}_2$. Určete nejdříve obecně, kolik kmitů vykoná kyvadlo délky l zavěšené v kabině výtahu za dobu jeho pohybu. Poté řešte pro hodnoty: $t_1 = t_2 = 10\ \mathrm{s}$, $a_1 = a_2 = 0{,}5\ g$, $l = 0{,}5\ \mathrm{m}$.

V: 14

13.6 Ve vagónu metra je zavěšeno kyvadlo, které ve stojícím vagónu kmitá s periodou T_0. Určete periodu kmitání tohoto kyvadla, jestliže se vagón pohybuje vodorovně po přímočaré trati se zrychlením o velikosti $\frac{g}{2}$.

V: $0{,}94T_0$

13.7 Kulička na niti, která se kývá v laboratoři s periodou *T*, je pověšena na kolotoči ve vzdálenosti *r* od osy otáčení. Při rovnoměrném otáčení kolotoče je vychýlena o úhel β z rovnovážné polohy.
a) Určete délku závěsu.
b) S jakou úhlovou frekvencí se otáčí kolotoč?
c) Jaká je oběžná doba kolotoče?
Řešte nejdříve obecně a potom pro hodnoty $T = 2\ \mathrm{s}$, $r = 2\ \mathrm{m}$, $\beta = 10°$, $g = 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

V: $1\ \mathrm{m}$; $0{,}8\ \mathrm{s^{-1}}$; $7{,}9\ \mathrm{s}$

13.8 Kyvadlové hodiny jdou přesně v nulové nadmořské výšce. Jak se změní jejich chod za dobu 24 hodin, přeneseme-li je do výše $400\ \mathrm{m}$ nad mořem? Poloměr Země je roven $6378\ \mathrm{km}$.

V: zpozdí se o $5{,}42\ \mathrm{s}$

13.9 Skokan „bungee - jumpingu“ o hmotnosti *m* je přivázán na laně délky *h* a tuhosti *k*. Kdyby se na toto lano zavěsil skokan v klidu, prodloužilo by se lano o Δl. Skokan je vyvezen na vrchol jeřábu, který stojí na břehu jezera, a skočí. Nejnižší bod jeho trajektorie se po skoku nacházel v hloubce $h + l$ pod místem, odkud skočil. Předpokládejte, že brždění pohybu skokana probíhá s konstantním zrychlením. Určete:
a) velikost zrychlení, se kterým skokan zabrzdil svůj pád
b) velikost síly, která během zpomalování působila na skokana
c) dobu, po kterou trval jeden kmit jeho pohybu, poté co začal na laně kmitat.
Předpokládejte, že na skokana působila při jeho pohybu vzduchem stálá odporová síla o velikosti F_0.

V: $a = \dfrac{h(mg - F_0)}{lm}$; $F = \dfrac{l+h}{l}(mg - F_0)$; $t = 2\pi\sqrt{\dfrac{m(l-\Delta l)}{k(l-\Delta l) - F_0}}$

13.10 Zkumavka, která je na jednom konci zatavená, plave v kapalině o hustotě ρ tak, že její osa je svislá. Délka ponořené části zkumavky je *h*. Jestliže zkumavku z kapaliny vytáhneme o malou vzdálenost a potom uvolníme, začne konat kmitavý pohyb. Odpor prostředí a změnu výšky hladiny v nádobě při kmitání neuvažujeme.
a) Ukažte, že popsaný pohyb je harmonický a určete jeho dobu kmitu.
b) Zkumavku přeneseme do kapaliny s hustotou ρ' a stejným způsobem uvedeme do kmitavého pohybu. Určete poměr dob kmitu v kapalině s hustotou ρ a ρ'.

V: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{h}{g}}$; $\dfrac{T}{T'} = \sqrt{\dfrac{\rho'}{\rho}}$

14. Mechanické vlnění

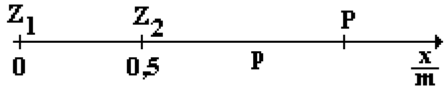
14.1 Rovnice postupné vlny má tvar $\{y\} = 2.10^{-5}\sin\left[200\left(\{t\} - \dfrac{\{x\}}{1500}\right)\right]$. Určete amplitudu výchylky, frekvenci kmitů ve vzdálenosti 12 m od zdroje vlnění, rychlost a vlnovou délku uvažovaného vlnění.

V: $2.10^{-5}\ \mathrm{m}$; $31{,}8\ \mathrm{Hz}$; $1500\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $47{,}1\ \mathrm{m}$

14.2 Na přímce *p* leží dva zdroje zvukového vlnění ve vzájemné vzdálenosti $0{,}5\ \text{m}$ (viz obr. 34). Oba zdroje kmitají se stejnou frekvencí $170\ \text{Hz}$ a stejnou počáteční fází. Ze zdrojů se šíří zvukové vlnění rychlostí o velikosti $340\ \text{m.s}^{-1}$. Určete: a) vlnovou délku vlnění, b) rozdíl fází obou vlnění v bodě *P*.

V: $2\ \text{m}$; $\frac{\pi}{2}$

14.3 Zkrátíme-li strunu o $10\ \text{cm}$ a nezměníme-li její napětí, změní se její frekvence 1,5krát. Určete délku struny a jak se změní její frekvence.



obr. 34

V: $30\ \text{cm}$

14.4 Jakou frekvenci má základní tón, který vydává mosazná tyč délky $1\ \text{m}$ při podélném chvění, je-li upevněna: a) na jednom konci, b) uprostřed? Velikost rychlosti zvuku v mosazi je $3200\ \text{m.s}^{-1}$.

V: $0{,}8\ \text{kHz}$, $1{,}6\ \text{kHz}$

14.5 Ve skleněném válci délky $0{,}5\ \text{m}$, otevřeném na obou koncích, je pomocí reproduktoru vytvořeno stojaté vlnění, v němž bylo zjištěno šest uzlů. Potom byl jeden konec uzavřen. Jak je třeba změnit frekvenci, aby ve válci vzniklo opět šest uzlů stojatého vlnění? Velikost rychlosti zvuku ve vzduchu je $340\ \text{m.s}^{-1}$.

V: snížit z $2040\ \text{Hz}$ na $1870\ \text{Hz}$

15. Optika - zákon odrazu a lomu; interference, ohyb, polarizace

15.1 Na rozhraní neznámého prostředí a vody dopadá pod úhlem $30°$ světelný paprsek. O jaké prostředí se jedná, svírá-li odražený a lomený paprsek úhel $113°$? Úlohu řešte kvalitativně i kvantitativně. Index lomu vody je 1,33.

V: sklo - prostředí s indexem lomu 1,6

15.2 Na dně nádoby naplněné vodou do výšky $10\ \text{cm}$ je umístěn bodový zdroj světla. Na vodní hladině plave kruhová neprůhledná deska tak, že její střed je nad zdrojem světla. Jaký nejmenší poloměr musí mít deska, aby světlo nevycházelo povrchem vody? Index lomu vody je 1,33.

V: $11{,}4\ \text{cm}$

15.3 Světelný paprsek dopadá na horní plochu skleněné krychle v rovině dopadu rovnoběžné s čelní plochou krychle. Paprsek prochází vnitřkem krychle a dopadá na její boční stěnu. Znázorněte graficky chod paprsků krychlí. Rozhodněte, zda může světlo vycházet touto boční stěnou krychle ven. Index lomu skla, z něhož je krychle vyrobena je 1,5.

V: paprsek boční stěnou nevychází

15.4 Na optický hranol z lehkého korunového skla (index lomu 1,5) dopadá úzký rovnoběžný svazek světla sodíkové výbojky tak, že ve skle hranolu prochází symetricky vzhledem k ose lámavého úhlu hranolu ($\varphi = 30°$). Načrtněte obrázek lomu světelného paprsku v uvedeném případě a vyznačte v obrázku: lámavý úhel hranolu, úhel dopadu α paprsku na hranol, úhel lomu β paprsku a deviaci, tj. úhel δ, který svírá paprsek dopadající na hranol s paprskem vystupujícím z hranolu. Vypočtěte úhel dopadu α a deviaci δ.

V: $23°$; $16°$

15.5 Pozorovatel stojí na okraji bazénu hloubky $h = 4\ \text{m}$ a dívá se na jeho dno. Hloubka bazénu se zdá být proměnná podle toho, pod jakým úhlem α (úhel mezi směrem pozorování a normálou k hladině vody) se pozorovatel dívá. Index lomu vzduchu je $n_1 = 1{,}00$, index lomu vody $n_2 = 1{,}33$.

a) Určete závislost zdánlivé hloubky *H* bazénu na úhlu α.

b) Pro jaký úhel α se zdá být hloubka bazénu největší a jaká je její hodnota?

V: $H = \dfrac{h n_1 \cos\alpha}{\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2\alpha}}$; $0°$; $3\ \text{m}$

15.6 Pod jakým úhlem α musí dopadat světelný paprsek na vodní hladinu (index lomu vody je 1,33) ze vzduchu (index lomu1,00), aby odražený a lomený paprsek svíraly pravý úhel? Existují taková prostředí, aby na jejich rozhraní byl navíc i dopadající paprsek kolmý na odražený paprsek?

V: $53°$; neexistují

15.7 Na dokonale planparalelní mýdlovou blánu dopadá kolmo bílé světlo. V odraženém světle vidíme blánu zelenou (vlnová délka $500\ \text{nm}$). Určete nejmenší možnou tloušťku blány. Velikost rychlost světla ve vzduchu je $3.10^8\ \text{m.s}^{-1}$, v mýdlovém roztoku $2{,}26.10^8\ \text{m.s}^{-1}$. Řešte nejprve obecně, potom pro dané číselné hodnoty.

V: $94\ \text{nm}$

15.8 Ploskovypuklá čočka leží vypuklou plochou na rovinné skleněné desce (tzv. Newtonova skla) a je osvětlena kolmo monofrekvenčním světlem o vlnové délce λ. Průměr třetího světlého interferenčního kroužku v odraženém světle je $2r$. Jaký je poloměr křivosti R kulové plochy čočky? Řešte nejprve obecně, potom pro číselné hodnoty: $\lambda = 589{,}6\ \text{nm}$, $2r = 2{,}5\ \text{mm}$. Index lomu vzduchu uvažujte roven 1.

V: $1{,}06\ \text{m}$

15.9 Dokonale planparalelní mýdlová blána má tloušťku 300 nm. V jaké barvě se nám blána jeví při kolmém pohledu? Jaká je vlnová délka světla, která se v odraženém světle nejvíce zeslabuje? Velikost rychlosti světla v mýdlovém roztoku je $2{,}3.10^8\ \text{m.s}^{-1}$.

V: 521,7 nm (zelená); 780 nm; 390 nm

15.10 Na difrakční optickou mřížku s 625 vrypy na centimetr délky dopadá monofrekvenční světlo. Na stínítku vzdáleném $1{,}5\ \text{m}$ od mřížky vzniknou maxima druhého řádu vzdálená od sebe $20\ \text{cm}$. Určete vlnovou délku použitého světla. Jaký úhel vzájemně svírají maxima 3. řádů? Kolik maxim může na stínítku vzniknout?

V: $532\ \text{nm}$; $11{,}45°$; 61

15.11 Difrakční mřížka má 4000 vrypů na $1\ \text{cm}$ délky. Je osvětlována kolmo k ploše mřížky. Za mřížkou je umístěno rovinné stínítko. Řešte tyto úlohy:

a) Vypočtěte mřížkovou konstantu.

b) Pod jakým úhlem je vidět 1. řád difrakčního maxima světla vlnové délky $500\ \text{nm}$?

c) Jaká je nejdelší vlnová délka ve 4. řádu maxima, kterou je možno na stínítku pozorovat, osvětlujeme-li mřížku bílým světlem?

V: $2{,}5.10^{-6}\ \text{m}$; $11{,}5°$; $625\ \text{nm}$ (ta se zobrazí už v nekonečnu)

16. Optika - zobrazení zrcadlem a čočkou

16.1 Žena výšky v, jejíž oči jsou ve výšce h od podlahy, se chce celá pozorovat ve svislém nástěnném rovinném zrcadle. Jaká musí být nejmenší výška zrcadla, aby to bylo možné? Do jaké výšky nad podlahou je třeba zrcadlo zavěsit, aby se viděla celá z libovolné vzdálenosti? Graficky znázorněte.

V: $0{,}5v$; $0{,}5(h+v)$ (výška horního okraje zrcadla od podlahy)

16.2 Obraz předmětu zobrazovaného dutým kulovým zrcadlem je převrácený a třikrát zvětšený. Poloměr křivosti zrcadla je $60\ \text{cm}$. Najděte polohu předmětu a jeho obrazu. Jaká je ohnisková vzdálenost zrcadla?

V: $40\ \text{cm}$; $120\ \text{cm}$; $30\ \text{cm}$

16.3 Vypuklé kulové zrcadlo má poloměr křivosti $100\ \text{cm}$. Předmět je v rovině kolmé k optické ose ve vzdálenosti $50\ \text{cm}$ od vrcholu zrcadla. Vypočtěte vzdálenost obrazu od vrcholu zrcadla a zvětšení obrazu. Bude obraz zdánlivý nebo skutečný?

V: $25\ \text{cm}$; 0;5; přímý, zmenšený, zdánlivý

16.4 Dvě dutá kulová zrcadla se společnou optickou osou jsou proti sobě umístěna ve vzdálenosti $1\ \text{m}$. Na ose mezi nimi je umístěn světelný zdroj, jehož oba obrazy (ležící v prostoru mezi zrcadly) se ztotožňují. Ohnisková vzdálenost jednoho zrcadla je $0{,}1\ \text{m}$ a světelný zdroj je od tohoto zrcadla vzdálen o $0{,}12\ \text{m}$. Určete ohniskovou vzdálenost druhého zrcadla.

V: $0{,}28\ \text{m}$

16.5 Svíčka stojí 60 cm před dutým zrcadlem. Když posuneme svíčku o 10 cm blíže k zrcadlu, zvětší se vzdálenost obrazu od zrcadla o 80 cm. Určete polohu obrazu a ohniskovou vzdálenost zrcadla.

V: 1,2 m nebo -2 m; 0,4 m nebo 0,86 m

16.6 Na spojnou čočku dopadá svazek paprsků rovnoběžně s optickou osou. Průměr svazku je 6 mm. Na stínítku, které je umístěné ve vzdálenosti 15 cm za čočkou, vznikne kruhová světelná stopa o průměru 3 mm. Jaká je ohnisková vzdálenost čočky?

V: 10 cm nebo 30 cm

16.7 Do jaké vzdálenosti a před rozptylku o optické mohutnosti $-2\ \text{D}$ musíme umístit předmět, chceme-li, aby jeho obraz byl třikrát zmenšený?

V: 1 m

16.8 Čočka je umístěna 0,1 m od lampy, která je předmětem. Na stínítku vytvořený obraz je desetkrát větší než předmět. Řešte tyto úlohy:

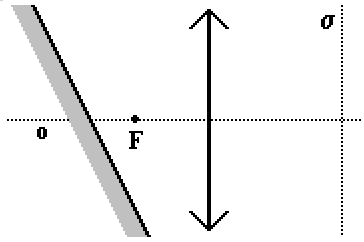
a) Jaká je ohnisková délka použité čočky? Jde o spojku nebo rozptylku?

b) V jaké vzdálenosti od čočky bude stínítko?

c) Proveďte grafickou konstrukci obrazu.

V: 9,09 cm; 1 m

16.9 Optická soustava se skládá z tenké spojné čočky, jejíž jedno ohnisko je bod F, a rovinného zrcadla. Zobrazením bodového zdroje světla získáme dva obrazy, ležící na vedlejší optické ose čočky (tj. přímka procházející středem čočky). Jeden z obrazů je reálný a vzniká v rovině σ označené na obr. 35 čárkovaně. Graficky najděte polohu zdroje světla a jeho obrazů. Odraz světla na povrchu čočky neuvažujte.



obr. 35

16.10 Dvě tenké čočky, jejichž optické osy splývají, jsou od sebe vzdáleny $25\ \mathrm{cm}$. Tato soustava dává přímý skutečný obraz stejné velikosti jako předmět. Zaměníme-li obě čočky, vznikne opět skutečný přímý obraz, ale čtyřikrát zvětšený. O kolik se liší optické mohutnosti čoček?

V: $3\ \mathrm{D}$

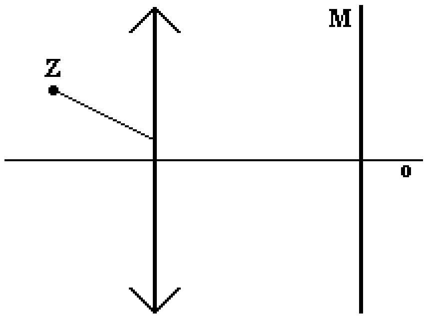
16.11 Zdroj světla Z zobrazujeme tenkou spojnou čočkou podle obr. 36. Na matnici M je ostrý obraz zdroje. Vzdálenost zdroje od čočky je a, vzdálenost matnice od čočky je a'.

a) Zakreslete polohu obrazu na matnici a popište, jak jste tuto polohu určili.

b) Zakreslete pokračování paprsku vyznačeného na obrázku za čočkou a zdůvodněte.

c) Do jaké jiné vzdálenosti a_2 ($a_2 \neq a$) od zdroje je možné posunout čočku tak, aby byl obraz na matnici také ostrý? Zdrojem ani matnicí přitom nepohneme. Zdůvodněte.

d) Jaká je ohnisková vzdálenost dané spojky?



obr. 36

e) Těsně za spojku postavíme kolmo na osu zrcadlo. Kde vznikne obraz? Bude skutečný nebo zdánlivý? Určete optickou mohutnost vzniklé soustavy v porovnání s optickou mohutností původní čočky.

f) Danou spojku ponoříme do kapaliny a zjistíme, že se chová jako rozptylka. Jaké vlastnosti by musela mít taková kapalina?

V: $f = \dfrac{aa'}{a+a'}$; obraz vznikne ve vzdálenosti $\dfrac{af}{2a-f}$ před čočkou; $\varphi' = 2\varphi$; $n_{\mathrm{kapaliny}} > n_{\mathrm{čočky}}$

17. Práce, vnitřní energie, teplo, kalorimetrická rovnice, termodynamické zákony

17.1 Ocelová kulička o hmotnosti m padá volným pádem z výšky h_1 a po odrazu od vodorovné podložky vystoupí do výšky h_2 ($h_2 < h_1$).

a) Jak se při odrazu změní vnitřní energie kuličky a podložky?

b) Jaká bude velikost rychlosti kuličky při dopadu a po odrazu?

c) Jak se změní teplota kuličky při odrazu za předpokladu, že $\frac{2}{3}$ mechanické energie, která způsobí změnu vnitřní energie kuličky a podložky, přijme kulička?

Řešte nejdříve obecně, potom pro hodnoty $m = 20\ \mathrm{g}$, $h_1 = 1\ \mathrm{m}$, $h_2 = 0{,}81\ \mathrm{m}$, $c = 450\ \mathrm{J.K^{-1}.kg^{-1}}$ a $g = 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}$. Odpor vzduchu zanedbejte.

V: $3{,}73.10^{-2}\ \mathrm{J}$; $4{,}4\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $4{,}0\ \mathrm{m.s^{-1}}$; $0{,}003\ \mathrm{K}$

17.2 V kalorimetru je voda o hmotnosti $100\ \mathrm{g}$ a teplotě $21\ °\mathrm{C}$. Po přidání vody o hmotnosti $20\ \mathrm{g}$ a teplotě $96\ °\mathrm{C}$ se teplota vody ustálí na $33\ °\mathrm{C}$. Jakou tepelnou kapacitu má kalorimetr s příslušenstvím?

V: $21\ \mathrm{J.K^{-1}}$

17.3 Do tavící pece jsme vložili platinovou kouli o hmotnosti $100\ \mathrm{g}$. Hned po vytažení z pece jsme ji dali do mosazného kalorimetru o hmotnosti $200\ \mathrm{g}$ obsahujícího $1\ \mathrm{kg}$ vody teploty $283\ \mathrm{K}$. Určete teplotu pece, jestliže se teplota koule po jejím vložení do vody ustálila na $287\ \mathrm{K}$. Měrná tepelná kapacita platiny je $133\ \mathrm{J.kg^{-1}.K^{-1}}$, měrná tepelná kapacita mosazi $384\ \mathrm{J.kg^{-1}.K^{-1}}$.

V: $1573\ \mathrm{K}$

17.4 Hmotnost vnitřní hliníkové nádoby elektrického kalorimetru je m. V nádobě je kapalina o hmotnosti $\mathrm{m_k}$. Jestliže je kalorimetr připojen ke zdroji napětí U a topnou spirálou prochází proud I po dobu τ, pak se teplota soustavy zvýší o $\Delta\mathrm{t}$. Spirála má účinnost η, hliník měrnou tepelnou kapacitu c. Určete měrnou tepelnou kapacitu $\mathrm{c_k}$ kapaliny. Tepelnou kapacitu ostatních součástí kalorimetru zanedbejte.

Řešte nejdříve obecně, pak pro hodnoty $m = 100\ \mathrm{g}$, $m_\mathrm{k} = 2\ \mathrm{kg}$, $U = 220\ \mathrm{V}$, $I = 1{,}5\ \mathrm{A}$, $\tau = 920\ \mathrm{s}$, $\eta = 0{,}8$, $c = 896\ \mathrm{J.kg^{-1}.K^{-1}}$, $\Delta t = 50\ °\mathrm{C}$.

V: $2384\ \mathrm{J.kg^{-1}.K^{-1}}$

17.5 Transformátor chlazený olejem transformuje výkon $10\ \mathrm{MW}$ s účinností 98 %. Určete teplotu oleje na výstupu z transformátoru, jestliže jeho vstupní teplota je $18\ \mathrm{°C}$. Olej má hustotu $960\ \mathrm{kg.m^{-3}}$, měrnou tepelnou kapacitu $2{,}09\ \mathrm{kJ.kg^{-1}.K^{-1}}$ a objemový tok oleje pláštěm transformátoru je $2{,}1\ \mathrm{l.s^{-1}}$.

V: $65\ \mathrm{°C}$

17.6 Určete objem vody (v litrech) o teplotě $90\ \mathrm{°C}$, kterou můžeme za čas $1\ \mathrm{min}$ odebrat z elektrického ohřívače vody, je-li jeho příkon $2\ \mathrm{kW}$ a účinnost 85 %. Do ohřívače vtéká voda o teplotě $15\ \mathrm{°C}$. Voda má měrnou tepelnou kapacitu $4{,}2\ \mathrm{kJ.kg^{-1}.K^{-1}}$ a hustotu $1000\ \mathrm{kg.m^{-3}}$.

V: 0,32 l

17.7 Automobil jede stálou rychlostí o velikosti $120\ \mathrm{km.h^{-1}}$ a je poháněn motorem o výkonu $20\ \mathrm{kW}$. Vypočtěte účinnost motoru, jestliže na $100\ \mathrm{km}$ spotřebuje benzín o objemu $8\ \mathrm{l}$ o výhřevnosti $4{,}2.10^7\ \mathrm{J.kg^{-1}}$ a hustotě $720\ \mathrm{kg.m^{-3}}$.

V: 25 %

17.8 Měděná tyč délky $15\ \mathrm{cm}$ je připojená k ocelové tyči stejného průřezu a délky $8\ \mathrm{cm}$. Volný konec měděné tyče udržujeme na stálé teplotě $150\ \mathrm{°C}$, konec ocelové tyče na teplotě $20\ \mathrm{°C}$. Určete teplotu na stykové ploše obou tyčí, předpokládáme-li že je zabráněno tepelným ztrátám do okolí. Součinitel tepelné vodivosti mědi je $395\ \mathrm{W.m^{-1}.K^{-1}}$, součinitel tepelné vodivosti oceli je $50\ \mathrm{W.m^{-1}.K^{-1}}$.

V: $125\ \mathrm{°C}$

17.9 Carnotův stroj pracuje s účinností 40 %. Jak se má změnit teplota ohřívače, aby účinnost stroje vzrostla na 50 %? Teplota chladiče zůstává stálá: $9\ \mathrm{°C}$.

V: 94 K

17.10 Ideální chladicí stroj, pracující podle vratného Carnotova cyklu, předává teplo z chladiče s vodou o teplotě $0\ \mathrm{°C}$ ohřívači obsahujícímu vodu o teplotě $100\ \mathrm{°C}$. Jak velké množství vody je třeba zmrazit v chladiči, aby se v ohřívači změnil $1\ \mathrm{kg}$ vody v páru téže teploty?

V: $4{,}95\ \mathrm{kg}$

18. Struktura a vlastnosti plynů

18.1 Vzduchová bublina o poloměru $5\ \mathrm{mm}$ stoupá ode dna jezera hlubokého $20\ \mathrm{m}$. Teplota u dna je $7\ \mathrm{°C}$ a při hladině $27\ \mathrm{°C}$. Atmosférický tlak je $10^5\ \mathrm{Pa}$. Jaký bude poloměr bubliny, až dospěje k hladině?

V: 7,4 mm

18.2 V nádobě o objemu V_1 byl uzavřen ideální plyn, jehož tlak byl p_1 a teplota t_1. Po zahřátí měl plyn teplotu t_2, původní objem V_1 a tlak p_2. Za určitou dobu, po kterou byla teplota udržována na hodnotě t_2 se zjistilo, že tlak poklesl o δp, přičemž objem se nezměnil, únikem určitého počtu molekul z nádoby. Určete, kolik procent molekul z nádoby uniklo. Řešte nejdříve obecně, potom pro hodnoty: $t_1 = 27\ \mathrm{°C}$, $t_2 = 87\ \mathrm{°C}$, $p_1 = 10^5\ \mathrm{Pa}$, $\delta p = 3.10^3\ \mathrm{Pa}$.

V: 2,5 %

18.3 Uprostřed válce hermeticky uzavřeného z obou stran a připevněného pod úhlem $30°$ k horizontální rovině je píst o hmotnosti $1\ \mathrm{kg}$. Obsah podstavy pístu je $10\ \mathrm{cm^2}$. Pod pístem i nad ním je vzduch o stejném počátečním tlaku $1{,}5.10^4\ \mathrm{Pa}$. S jakým počátečním zrychlením se bude pohybovat píst, jestliže ho nejprve pomalu zvedneme tak, aby se objem pod ním zvětšil 1,5krát a pak jej pustíme.

V: $25\ \mathrm{m.s^{-2}}$

18.4 Do jaké hloubky je třeba ponořit do vody tenkostěnnou kádinku obrácenou dnem vzhůru, aby se „utopila“, tj. klesla ke dnu? Hmotnost kádinky je $100\ \mathrm{g}$, její objem $200\ \mathrm{ml}$ a atmosférický tlak $10^5\ \mathrm{Pa}$.

V: $10{,}2\ \mathrm{m}$

18.5 K lovu velryb a jiných mořských živočichů lze použít vzduchové harpunové pušky, v jejímž válci je vzduch pod velkým tlakem. Uvažujte takovou pušku s délkou hlavně $1{,}5\ \mathrm{m}$ ráže $2{,}54\ \mathrm{cm}$. Nad hladinou je harpuna o hmotnosti $2\ \mathrm{kg}$ vymrštěna z hlavně rychlostí o velikosti $25\ \mathrm{m.s^{-1}}$. V jaké největší hloubce pod mořskou hladinou může potápěč z této pušky ještě vystřelit? Pohyb harpuny v hlavni považujte za rovnoměrně zrychlený.

V: 83,9 m

18.6 Obal balónu o objemu $1000\ \mathrm{m}^3$ má včetně koše (ale bez užitečné zátěže a plynné náplně) hmotnost $350\ \mathrm{kg}$. Balón je naplněn héliem, jehož tlak je $62{,}4\ \mathrm{kPa}$ a teplota $-23\ ^\circ\mathrm{C}$. Vypočtěte hmotnost užitečné zátěže balónu v případě, že se balón ve vzduchu právě vznáší. Vnější vzduch má stejný tlak a teplotu jako helium v balónu. Molární hmotnost helia je $4.10^{-3}\ \mathrm{kg.mol^{-1}}$, molární hmotnost vzduchu je $29.10^{-3}\ \mathrm{kg.mol^{-1}}$.

V: 400 kg

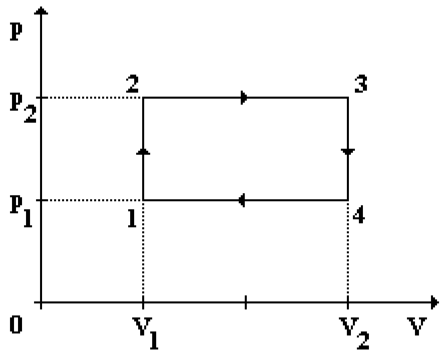
18.7 Jakou hmotnost musí mít těleso tvaru koule o poloměru jeden metr, aby se mohlo vznášet v atmosféře Venuše? V atmosféře této planety převažuje CO_2, tlak v blízkosti povrchu planety je $9\ \mathrm{MPa}$, teplota $527\ ^\circ\mathrm{C}$. Gravitační pole v blízkosti povrchu planety považujte za homogenní, CO_2 v atmosféře Venuše za ideální plyn.

V: 249 kg

18.8 Počáteční stav ideálního plynu je dán veličinami p_1, V_1, T_1. V plynu probíhá cyklický děj podle obr. 37, přičemž $p_2 = 2p_1$ a $V_2 = 3V_1$.

a) Charakterizujte jednotlivé části cyklu (druh děje, konání práce).
b) Nakreslete graf cyklu ve *VT* diagramu.
c) Nakreslete graf cyklu v *pT* diagramu.
d) Určete celkovou práci, kterou plyn vykoná během jednoho cyklu.

V: teploty v grafech: $T_2 = 2T_1$; $T_3 = 6T_1$; $T_4 = 3T_1$; $W = 2V_1p_1$



obr. 37

18.9 Ideální plyn o látkovém množství $2\ \mathrm{mol}$, změní svou teplotu z $0\ ^\circ\mathrm{C}$ na $100\ ^\circ\mathrm{C}$.

a) Určete změnu jeho vnitřní energie. Je nutné vědět, jak se při uvedeném ději mění objem a tlak plynu?
b) Předpokládejte, že změna proběhla při konstantním objemu. Jakou práci plyn vykonal? Jaké teplo plyn přijal?
c) Předpokládejte, že změna proběhla při konstantním tlaku. Jakou práci plyn vykonal? Jaké teplo plyn přijal?
d) Určete molární teplo C_{mV} při stálém objemu.

V: 2,5 kJ ; 0 J ; 2,5 kJ ; 1662 J ; 4,16 kJ ; $12{,}5\ \mathrm{J.K^{-1}.mol^{-1}}$

19. Struktura a vlastnosti pevných látek

19.1 Určete velikost celkového prodloužení železného drátu, které je způsobeno jeho vlastní tíhou. Drát má konstantní průřez a je dlouhý $100\ \mathrm{m}$, jeho hustota je $7{,}8.10^3\ \mathrm{kg.m^{-3}}$, modul pružnosti v tahu je $2.10^{11}\ \mathrm{Pa}$.

V: $3{,}8.10^{-3}\ \mathrm{m}$

19.2 Na gumové vlákno délky $50\ \mathrm{cm}$ zavěsíme závaží. Vlákno se tak prodlouží na $51\ \mathrm{cm}$. Určete, jaká je délka tohoto vlákna, koná-li na něm zavěšené závaží kónické kmity. Úhel, který přitom svírá vlákno se svislým směrem je 60°.

V: 52 cm

19.3 Tuhá vodorovná zavěšená tyč všude stejného průřezu délky $1{,}2\ \mathrm{m}$ a hmotnosti $60\ \mathrm{kg}$ je nesena dvěma dráty - ocelovým a měděným. Oba dráty jsou stejně dlouhé a mají stejný průřez. Měděný drát je připojen k jednomu konci tyče a ocelový drát je připojen v takové vzdálenosti *x* od tohoto konce, že oba dráty jsou protaženy o stejnou délku. Určete velikost sil, jimiž působí tyč na jednotlivé dráty, a vzdálenost *x*. Modul pružnosti oceli v tahu je $220\ \mathrm{GPa}$, modul pružnosti mědi v tahu je $120\ \mathrm{GPa}$.

V: 208 N ; 380 N ; 0,93 m

19.4 Ocelovou tyč o průřezu $2\ \mathrm{cm}^2$ zahřejeme z teploty $0\ ^\circ\mathrm{C}$ na teplotu $50\ ^\circ\mathrm{C}$ a potom ji prudce ochladíme na původní teplotu. Určete, jakou nejmenší silou působící ve směru osy tyče je třeba působit na tyč, aby se při ochlazení nezkrátila. Předpokládejte, že se modul pružnosti $21.10^{10}\ \mathrm{Pa}$ s teplotou nemění. Součinitel délkové teplotní roztažnosti oceli je $1{,}2.10^{-5}\ \mathrm{K^{-1}}$.

V: 25,2 kN

19.5 Vypočtěte hmotnost měděné součástky, která má při teplotě $670\ \mathrm{K}$ objem $1\ \mathrm{dm}^3$. Hustota mědi při teplotě $273\ \mathrm{K}$ je $8900\ \mathrm{kg.m^{-3}}$, součinitel délkové teplotní roztažnosti mědi je $1{,}7.10^{-5}\ \mathrm{K^{-1}}$.

V: 8,7 kg

19.6 Mosazné kyvadlo kývá při teplotě $10\ °\mathrm{C}$ s periodou $1\ \mathrm{s}$. Jak se změní jeho perioda, zvýší-li se teplota okolí na $25\ °\mathrm{C}$? Jak by se změnil chod hodin s tímto kyvadlem za 24 hodin? Součinitel délkové teplotní roztažnosti mosazi je $19.10^{-6}\ \mathrm{K}^{-1}$.

V: $0{,}14\ \mathrm{ms}$; zpozdí se o $12{,}3\ \mathrm{s}$

19.7 Rozdíl délek Δd dvou homogenních tyčí z různých materiálů je při kterékoliv teplotě stálý. Určete délku tyčí při teplotě $0\ °\mathrm{C}$, znáte-li součinitel teplotní délkové roztažnosti materiálů tyčí α_1 a α_2. Řešte nejdříve obecně, potom pro tyč měděnou ($\alpha_1 = 1{,}7.10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$) a ocelovou ($\alpha_2 = 1{,}2.10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$), je-li rozdíl jejich délek $\Delta d = 10\ \mathrm{cm}$. Předpokládáme, že změna délky každé tyče je lineární funkcí teploty.

V: $0{,}24\ \mathrm{m}$; $0{,}34\ \mathrm{m}$

20. Struktura a vlastnosti kapalin

20.1 Vypočtěte změnu povrchové energie při spojení drobných vodních kapek o poloměru $0{,}002\ \mathrm{mm}$ v jednu velkou kapku o poloměru $2\ \mathrm{mm}$. Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je $73.10^{-3}\ \mathrm{J.m^{-2}}$.

V: $3{,}7\ \mathrm{mJ}$

20.2 Kapka rtuti vznikla slitím dvou kapek stejného průměru $1{,}0\ \mathrm{mm}$ a stejné počáteční teploty $20{,}0\ °\mathrm{C}$. Určete přírůstek teploty kapky, předpokládáme-li, že děj probíhal adiabaticky. Při uvedené teplotě je povrchové napětí rtuti ve styku se vzduchem $491.10^{-3}\ \mathrm{N.m^{-1}}$, měrná tepelná kapacita rtuti je $0{,}14\ \mathrm{kJ.kg^{-1}.K^{-1}}$ a hustota rtuti je $13600\ \mathrm{kg.m^{-3}}$.

V: $0{,}32\ \mathrm{mK}$

20.3 Jaký tlak má vzduch v kulové bublině o průměru $10^{-6}\ \mathrm{m}$ v hloubce $5\ \mathrm{m}$ pod volnou hladinou vody, je-li atmosférický tlak $10^5\ \mathrm{Pa}$ a povrchové napětí vody ve styku se vzduchem $73.10^{-3}\ \mathrm{J.m^{-2}}$?

V: $0{,}44\ \mathrm{MPa}$

20.4 Do kapiláry s vnitřním průměrem $2\ \mathrm{mm}$ v horizontální poloze je vpraven sloupec vody dlouhý $10\ \mathrm{cm}$. Jaké množství vody z kapiláry vyteče, jestliže ji svisle postavíme? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je $73.10^{-3}\ \mathrm{J.m^{-2}}$.

V: $0{,}26\ \mathrm{g}$

20.5 Skleněná kapilára o vnitřním průměru d a délce l je na jednom konci zatavena. Druhým koncem je zasunuta do nádoby s vodou tak, že její podélná osa je svislá a povrchy vody vně i uvnitř kapiláry jsou ve stejné výšce. Přitom je pod vodou část kapiláry o výšce h. Jak velké je povrchové napětí vody vzhledem ke vzduchu? Řešte nejdříve obecně, potom pro hodnoty: $d = 0{,}2\ \mathrm{mm}$, $l = 0{,}2\ \mathrm{m}$, $h = 2{,}9\ \mathrm{mm}$. Atmosférický tlak je $10^5\ \mathrm{Pa}$.

V: $73{,}6.10^{-3}\ \mathrm{N.m^{-1}}$

20.6 Pavel zůstal „po škole“ ve fyzikální laboratoři a z dlouhé chvíle si vymyslel následující pokus. Na stole našel kapilární trubici, kterou držel ve svislé poloze a pomalu ponořil do umyvadla s vodou tak, že nad hladinou vyčnívala část trubice o délce $l = 20\ \mathrm{cm}$. Voda v trubici vyšplhala do výšky $\frac{l}{2} = 10\ \mathrm{cm}$. Potom horní konec kapiláry těsně ucpal žvýkačkou a ponořoval celou trubici do vody tak dlouho, dokud hladina vody v kapiláře neklesla na úroveň hladiny vody v umyvadle. Učitel fyziky, který se právě v té chvíli vrátil, Pavla pochválil, odečetl na barometru tlak vzduchu $p_0 = 10^5\ \mathrm{Pa}$ a zeptal se, zda by Pavel bez dalšího měření dokázal říci, jak dlouhá je část trubice vyčnívající na konci pokusu nad hladinu. Pavel se nedal zaskočit, chvíli počítal a potom nahlásil správný výsledek. Jaká byla Pavlova odpověď?

V: $9{,}9\ \mathrm{cm}$

20.7 Klimatizační zařízení má do budovy dodat objem $10000\ \mathrm{m^3}$ vzduchu o teplotě $18\ °\mathrm{C}$ a relativní vlhkosti 50 %. Zařízení přitom nasává vzduch přímo z ulice, kde je jeho teplota $10\ °\mathrm{C}$ a relativní vlhkost 60 %. Jaké množství vody se musí dodatečně vypařit do nasávaného vzduchu? Tlak nasycených par při teplotě $18\ °\mathrm{C}$ je $2{,}1.10^3\ \mathrm{Pa}$, při teplotě $10\ °\mathrm{C}$ je $1{,}2.10^3\ \mathrm{Pa}$.

V: $23\ \mathrm{kg}$

20.8 Válcová ocelová nádoba je naplněna rtutí, jejíž objem při teplotě $0\ °\mathrm{C}$ je $10^{-5}\ \mathrm{m^3}$. Aby výška hladiny rtuti byla stálá při změnách teploty, je do rtuti ponořeno tělísko z materiálu, jehož teplotní roztažnost je zanedbatelná. Určete objem tohoto tělíska. Součinitel délkové teplotní roztažnosti oceli je $1{,}8.10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$, součinitel objemové teplotní roztažnosti rtuti je $1{,}8.10^{-4}\ \mathrm{K}^{-1}$.

V: $4.10^{-5}\ \text{m}^3$

20.9 Prázdná skleněná nádoba má hmotnost m_1, naplněná rtutí při teplotě t_1 má hmotnost m_2. Zahřejeme-li nádobu na teplotu t_2 ($t_1 < t_2$), část rtuti vyteče a nádoba se zbylou rtutí má hmotnost m_3. Určete teplotní součinitel objemové roztažnosti β rtuti. Teplotní součinitel délkové roztažnosti skla je α.

V: $\beta = \dfrac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} . \dfrac{1}{t_1 - t_2} + 3\alpha \dfrac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1}$

21. Změny skupenství

21.1 Led o hmotnosti $1\ \text{kg}$ a teplotě $0\ °\text{C}$ vhodíme do kalorimetru, v němž je voda o hmotnosti $0{,}5\ \text{kg}$ a teplotě $50\ °\text{C}$. Popište soustavu po dosažení rovnovážného stavu. Jaká je teplota rovnovážného stavu? Tepelné ztráty do okolí zanedbejte.

V: roztaje $0{,}31\ \text{kg}$ ledu; $0\ °\text{C}$

21.2 V kalorimetru s vodou o tepelné kapacitě $120\ \text{J.K}^{-1}$ je v rovnovážném stavu voda o hmotnosti $500\ \text{g}$ a led o hmotnosti $10\ \text{g}$. Do kalorimetru položíme měděný váleček o hmotnosti $100\ \text{g}$ a teplotě $300\ °\text{C}$. Jaká bude výsledná teplota po opětovném vytvoření rovnovážného stavu? Měrná tepelná kapacita mědi je $383\ \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

V: $3{,}5\ °\text{C}$

21.3 Hokejista jede po ledě jen po jedné brusli. Led, který má hustotu $0{,}9\ \text{g.cm}^{-3}$, pod bruslí taje do hloubky $0{,}03\ \text{mm}$. Nůž brusle je široký $2\ \text{mm}$. Měrné skupenské teplo tání ledu je $3{,}3.10^5\ \text{J.kg}^{-1}$. Spočtěte velikost třecí síly mezi bruslí a ledem. Tepelnou vodivost ledu zanedbejte.

V: $17{,}82\ \text{N}$

21.4 Olověná střela narazila na pancéřovou stěnu rychlostí $400\ \text{m.s}^{-1}$. Předpokládáme, že náraz byl dokonale nepružný a že při něm střela neodevzdala žádnou energii okolí. Zjistěte, zda se střela při nárazu roztaví zcela, zčásti nebo zda zůstane v pevném skupenství. Počáteční teplota střely před nárazem byla $50\ °\text{C}$, teplota tání olova je $327\ °\text{C}$, měrná tepelná kapacita olova je $129\ \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, měrné skupenské teplo tání olova je $22\ \text{kJ.kg}^{-1}$.

V: střela se zcela roztaví

21.5 V elektrické peci o účinnosti 70 % byl roztaven kovový šrot o hmotnosti 7 tun. Určete energii v MW.h odebranou při tomto tavení z elektrické sítě. Počáteční teplota šrotu byla $t_1 = 20\ °\text{C}$ a tání probíhalo při teplotě $t_2 = 1500\ °\text{C}$. Měrná tepelná kapacita kovu je $c = 452\ \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ a měrné skupenské teplo tání kovu je $l_t = 290\ \text{kJ.kg}^{-1}$.

V: $2{,}66\ \text{MW.h}$

21.6 Železný meteoroid vlétne do atmosféry Země při teplotě blízké $0\ \text{K}$. Určete minimální velikost jeho počáteční rychlosti, jestliže se v atmosféře zcela vypaří. Teplota tání železa je $1500\ °\text{C}$, teplota varu železa $3000\ °\text{C}$, měrná tepelná kapacita pevného železa $460\ \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, měrná tepelná kapacita kapalného železa $830\ \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$, měrné skupenské teplo tání $2{,}7.10^5\ \text{J.kg}^{-1}$ a měrné skupenské teplo varu železa $5{,}8.10^4\ \text{J.kg}^{-1}$. Hodnoty zadaných fyzikálních veličin jsou průměrné pro podmínky, v nichž jsou použity. Neuvažujte změny potenciální tíhové energie meteoroidu během dějů.

V: $2185\ \text{m.s}^{-1}$

21.7 Vodu o objemu V a teplotě t_1 začneme v kovové nádobě tepelné kapacity K zahřívat na elektrickém vařiči. Za dobu τ začne voda vřít při teplotě t_2. Vařič má účinnost η. Tepelné ztráty z nádoby do okolí a odpar během ohřevu zanedbáváme. Měrné skupenské teplo varu vody je l, měrná tepelná kapacita vody c, hustota ρ.

a) Jaké teplo je potřebné k ohřátí vody na její teplotu varu?
b) Jaké teplo je potřebné k ohřátí nádoby na teplotu varu vody?
c) Jaké teplo je třeba k vypaření veškeré vody po jejím ohřátí na teplotu varu, je-li přívod energie stálý?
d) Jaký má vařič tepelný výkon?
e) Jaké procentuální nepřesnosti se dopustíme při výpočtu tepelného výkonu, jestliže neuvažujeme tepelnou kapacitu nádoby?
f) Za jakou dobu od začátku varu se všechna voda vypaří?
g) Jaký je elektrický příkon vařiče?

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty: $V = 3\,l$, $t_1 = 20\,°C$, $\tau = 8\,min$, $t_2 = 100\,°C$, $\eta = 0,8$, $l = 2,26\,MJ.kg^{-1}$, $c = 4,19\,kJ.kg^{-1}.K^{-1}$, $\rho = 1000\,kg.m^{-3}$, $K = 115\,J.K^{-1}$.

V: $1005,6\,kJ$; $9,2\,kJ$; $6,78\,MJ$; $2,11\,kW$; 0,91 %; $53,45\,min$; $2,64\,kW$

22. Speciální teorie relativity

22.1 Student vyřešil určitý matematický úkol na Zemi za $10\,min$. Za jakou dobu by vyřešil tento úkol týž student na kosmické lodi pohybující se vzhledem k Zemi rychlostí o velikosti 0,97*c*? Jak dlouho řešil tuto úlohu student na kosmické lodi z hlediska pozorovatele na Zemi?

V: $10\,min$; $41,1\,min$

22.2 Kosmická loď se vzdaluje od Země rychlostí o velikosti $300\,m.s^{-1}$. Jak dlouho bude trvat, než rozdíl času hodin na Zemi a na kosmické lodi bude podle pozorovatele na Zemi jedna sekunda?

V: $1,99.10^{12}\,s \approx 63376$ let

22.3 Jaderný fyzik chce umístit detektor částic v takové vzdálenosti od zdroje částic, aby se většina z nich rozpadla právě v tomto místě. Částice se pohybují rychlostí o velikosti 0,99*c* a střední doba jejich života měřená v klidové soustavě je $1,0.10^{-10}\,s$. V jaké vzdálenosti od zdroje částic je třeba umístit detektor?

V: $21\,cm$

22.4 Kosmická loď se vzdaluje od Země rychlostí, při níž relativistické zkrácení její vlastní délky je vzhledem k pozorovateli na Zemi 5%. Na kosmické lodi probíhá určitý děj trvající podle palubních hodin $10\,min$. Jak dlouho trvá tento děj z hlediska pozorovatele na Zemi?

V: $10\,min\;31\,s$

22.5 Kosmická loď vzdalující se od Země rychlostí o velikosti $225000\,km.s^{-1}$ má na palubě urychlovač, který urychluje elektrony na rychlost o velikosti $240000\,km.s^{-1}$ (vzhledem k lodi). Jaká je velikost rychlosti těchto elektronů vzhledem k Zemi, jestliže se pohybují ve a) směru kosmické lodi, b) proti směru pohybu lodi.

V: $291000\,km.s^{-1}$; $-37500\,km.s^{-1}$

22.6 Z kosmické lodi pohybující se vzhledem k Zemi rychlostí o velikosti 0,8*c* byla ve směru jejího pohybu vypuštěna raketa pohybující se rychlostí o velikosti 0,6*c* (vzhledem k lodi). Vlastní délka rakety je $10\,m$. Jaká je délka této rakety a) z hlediska pozorovatele v kosmické lodi, b) z hlediska pozorovatele na Zemi?

V: $8\,m$; $3,24\,m$

22.7 Led o teplotě $0\,°C$ a hmotnosti $1\,kg$ se táním přeměnil na vodu téže teploty. Určete rozdíl mezi hmotností vody a hmotností ledu. Měrné skupenské teplo tání ledu je $334\,kJ.kg^{-1}$.

V: $3,71.10^{-12}\,kg$

22.8 Pohybující se částice má v laboratorní soustavě střední dobu života $1,76.10^{-5}\,s$ a kinetickou energii $7m_0c^2$. Určete střední dobu života částice v její klidové soustavě.

V: $2,2.10^{-6}\,s$

23. Atomová fyzika

23.1 Práh viditelnosti závisí na vlnové délce. Zelené světlo o vlnové délce $5,1.10^{-7}\,m$ je viditelné, jestliže na sítnici oka dopadá výkon $2,93.10^{-17}\,W$. Určete práh viditelnosti počtem fotonů, které dopadnou na sítnici oka za $1\,s$.

V: 75

23.2 Mezní vlnová délka pro wolfram je $2,75.10^{-7}\,m$. Určete výstupní práci elektronu z wolframu. Jaká bude velikost maximální rychlosti a maximální energie fotoelektronů uvolněných z wolframu, má-li dopadající záření vlnovou délku $1,8.10^{-7}\,m$?

V: $7,23.10^{-19}\,J$; $9,2.10^{5}\,m.s^{-1}$; $3,8.10^{-19}\,J$

23.3 Foton rentgenového záření s frekvencí $1,5.10^{19}\,Hz$ bude mít po srážce s elektronem frekvenci $1,2.10^{19}\,Hz$. Jakou bude mít elektron energii po srážce?

V: $8,39.10^{-14}\,J$

23.4 Určete energii, hybnost a hmotnost fotonu γ - záření s vlnovou délkou $1\,pm$.

V: $1,99.10^{-13}$ J ; $6,62.10^{-22}$ kg.m.s^{-1} ; $2,21.10^{-30}$ kg

23.5 Elektron v atomu vodíku vyzářil foton s vlnovou délkou 97 nm při přeskoku na základní energetickou hladinu. Na jaké hladině se elektron nacházel původně? Do jaké série tento přeskok patří?

V: na čtvrté; Lymanova série

24. Jaderná fyzika

24.1 Jaké množství energie lze získat rozštěpením všech jader obsažených v 1 kg uranu $^{235}_{92}U$? Jaké množství černého uhlí o výhřevnosti 3.10^7 J.kg^{-1} je třeba spálit k získání téže energie? Rozštěpením jednoho jádra se uvolní energie zhruba 200 MeV .

V: $8,2.10^{13}$ J = $2,3.10^7$ kW.h ; 2700 t

24.2 Konečným produktem radioaktivního rozpadu $^{232}_{90}Th$ je izotop $^{208}_{82}Pb$. Vypočítejte, kolik částic α a kolik částic β se uvolní při tomto rozpadu.

V: 6; 4

24.3 Jak se změní radioaktivita vzorku radionuklidu za dobu rovnou desetinásobku poločasu rozpadu?

V: klesne 1024krát

24.4 Určete přeměnovou konstantu radionuklidu $^{55}_{27}Co$, jestliže se počet jeho atomů zmenší za hodinu o 3,8 %. Jaký je jeho poločas rozpadu?

V: $1,08.10^{-5}$ s^{-1} ; 17,89 h

24.5 Při určování stáří pohřebního člunu z hrobu faraóna Sesostrita III. bylo zjištěno, že koncentrace $^{14}_{6}C$ ve dřevě, z něhož byl člun vyroben, je $0,645N_0$, kde N_0 je koncentrace tohoto radionuklidu v živých organismech. Určete stáří pohřebního člunu. Poločas přeměny $^{14}_{6}C$ je 5730 let .

V: 3625 let

24.6 Do kalorimetru s tepelnou kapacitou 100 J.K^{-1} byl umístěn vzorek radioaktivního izotopu kobaltu $^{61}_{27}Co$ o hmotnosti 10 gramů. Při rozpadu jednoho jádra kobaltu se uvolní energie 2.10^{-19} J . Za dobu 50 minut se teplota kalorimetru zvýšila o 60 °C . Jaký je poločas rozpadu radioaktivního kobaltu? Předpokládejme, že na počátku byla všechna atomová jádra ve vzorku radioaktivní.

V: 95 minut

25. Zákony zachování ve fyzice

25.1 Náboj o hmotnosti 30 kg opustí hlaveň děla rychlostí 600 m.s^{-1}. Hlaveň děla o hmotnosti 1200 kg se posune při výstřelu o vzdálenost 0,8 m . Vypočtěte maximální zpětnou rychlost hlavně, průměrnou brzdící sílu a mechanickou energii, která se promění v teplo.

V: 15 m.s^{-1} ; 168,75 kN ; 135 kJ

25.2 Na velké zamrzlé kaluži se klouzáním bavili dva chlapci - Petr a Pavel. Najednou se oba srazili právě uprostřed kaluže a přitom se napevno spojili. Petr s hmotností m_1 se pohyboval před srážkou severním směrem rychlostí $\vec{v}_1$ a Pavel o hmotnosti m_2 se pohyboval východním směrem rychlostí $\vec{v}_2$.

a) Určete složku rychlosti $\vec{v}_s$ spojených chlapců v severním směru.

b) Určete složku rychlosti $\vec{v}_v$ spojených chlapců ve východním směru.

c) Určete velikost výsledné rychlosti *v* spojených chlapců.

d) Určete směr výsledné rychlosti spojených chlapců, tj. určete azimut φ tohoto směru (odklon daného směru od směru severního).

e) Určete kinetické energie E_1 a E_2 chlapců před srážkou a jejich kinetickou energii po srážce.

f) Objasněte změnu kinetické celkové kinetické energie při srážce.

Úlohu řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty: $m_1 = 30$ kg , $m_2 = 40$ kg , $v_1 = 6,0$ m.s^{-1}, $v_2 = 5,0$ m.s^{-1}. Předpokládejte, že při srážce nedošlo k rotačním pohybům. Tření a odpor vzduchu jsou zanedbatelně malé.

V: 2,57 m.s^{-1} ; 2,86 m.s^{-1} ; 3,84 m.s^{-1} ; 48° ; 540 J ; 500 J ; 517 J

25.3 Střela o hmotnosti 4 g vletí do balistického kyvadla vodorovně rychlostí o velikosti 600 m.s^{-1}. Kyvadlo má hmotnost 1 kg a tloušťku 25 cm . Střela jím proletí a vystoupí na opačné straně kyvadla s rychlostí o velikosti 100 m.s^{-1}. Určete velikost síly, která střelu v kyvadle brzdí a výšku, do které kyvadlo vystoupí.

V: 2,8 kN ; 0,2 m

25.4 Dřevěný hranol o hmotnosti 3 kg leží na vodorovné podložce. Je zasažen střelou o hmotnosti 5 g pohybující se vodorovně. Střela v hranolu zůstane. Hranol se posune po podložce o vzdálenost 25 cm, koeficient smykového tření mezi hranolem a podložkou je 0,2. Určete velikost rychlosti střely.

V: $600\ \mathrm{m.s^{-1}}$

25.5 Malý vozík o hmotnosti m sjíždí bez tření po dráze zakončené válcovou plochou o poloměru r (viz obr. 38). Z jaké výšky h musí vozík sjíždět, aby projel celou kruhovou smyčku této válcové plochy? Při řešení
a) moment setrvačnosti koleček vozíku zanedbejte,
b) moment setrvačnosti 4 koleček vozíku, z nichž každé má tvar homogenního válce o hmotnosti m_k, do výpočtu zahrňte.

V: $h = \frac{5}{2}r$; $h = \frac{5}{2}r + \frac{m_k}{m}r$

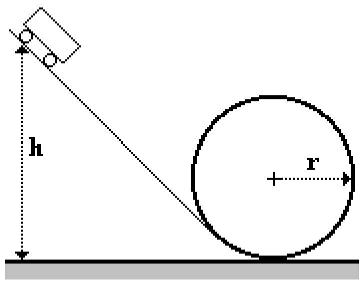
25.6 Těleso o hmotnosti m dopadlo z výšky h na misku pružinových vah, jejichž pružina má tuhost k (viz obr. 39). Po dopadu tělesa se miska vah rozkmitala. Určete s jakou amplitudou budou váhy kmitat. Hmotnost misky a pružiny je zanedbatelná ve srovnání s hmotností tělesa.

V: $y_m = \frac{mg}{k}\sqrt{1+\frac{2kh}{mg}}$

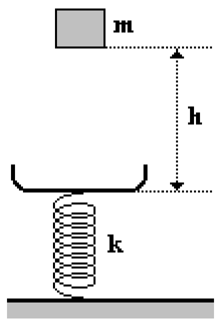
25.7 Určete mechanickou energii proudové stíhačky o hmotnosti 15 t letící ve výšce 10 km rychlostí o velikosti $1200\ \mathrm{km.h^{-1}}$. Jaká je hmotnost paliva o výhřevnosti $4{,}19.10^7\ \mathrm{J.kg^{-1}}$, které bylo spotřebováno k dosažení této energie při účinnosti motoru 4 %?

V: $2{,}39.10^9$ J ; 1426 kg

25.8 Dvě olověné koule o hmotnostech m a $2m$ se pohybují proti sobě rychlostmi $\vec{v}$ a $-\vec{v}$ tak, že jejich středy leží stále na téže přímce. Jaká musí být velikost rychlosti v koulí, aby se po dokonale nepružném rázu zvýšila jejich teplota o ΔT? Předpokládáme, že koule tvoří tepelně izolovanou soustavu. Řešte nejdříve obecně, pak pro hodnoty: $m = 2$ kg, $\Delta T = 0{,}1$ K, $c = 130\ \mathrm{J.K^{-1}.kg^{-1}}$.



obr. 38



obr. 39

V: $5{,}4\ \mathrm{m.s^{-1}}$

25.9 Vypočtěte vlnovou délku rentgenového záření, jestliže elektrony dopadající na anodu byly urychleny napětím 3 kV. Jak se změní nejkratší vlnová délka rentgenového záření, jestliže elektrony byly urychleny napětím 5krát větším?

V: $4{,}1.10^{-10}$ m ; zmenší se 5krát

25.10 Malé rovinné zrcadlo o hmotnosti m je zavěšené na vlákně délky l tak, že jeho rovina je svislá. Kolmo na rovinu zrcadla dopadá za velmi krátký čas laserový paprsek s energií E. Určete úhel, o který se odkloní vlákno od svislého směru. Hmotnost a pružnost vlákna jsou zanedbatelně malé. Třecí sílu v bodě upevnění vlákna a odporovou sílu vzduchu při pohybu vlákna a zrcadla zanedbejte také. Zrcadlo je dokonale odrazné. Řešte nejdříve obecně, potom pro hodnoty E = 300 J, m = 30 mg, l = 6 cm.

V: 5°

25.11 Při srážce elektronu s pozitronem vzniknou dva fotony. Určete jejich úhrnnou energii, jestliže klidová hmotnost obou částic je $9{,}11.10^{-31}$ kg a obě částice se před srážkou pohybovaly rychlostí o velikosti 0,5c. Jakými směry se pohybují dva vzniklé fotony? Jaká je vlnová délka elektromagnetického vlnění, jehož fotony vznikly při srážce?

V: 1,2 MeV ; opačnými směry; 1,04 pm

25.12 Jakou práci je třeba vykonat, aby částice o klidové hmotnosti m_0 zvětšila velikost svojí rychlosti a) z nulové na velikost 0,9*c*, b) z velikosti 0,9*c* na velikost 0,99*c*?

V: $1{,}3m_0c^2$; $4{,}8m_0c^2$

25.13 Určete napětí potřebné k urychlení elektronu na rychlost 0,99*c*.

V: 3,1 MV

Zdroje a inspirace příkladů:

[1] M. Kružík: „Sbírka úloh z fyziky pro žáky středních škol“, SPN Praha 1969

[2] http://reseneulohy.cz/cs; [citováno 18. 8. 2019]

[3] učebnice „Fyzika pro gymnázia“ od vydavatelství Prometheus

[4] příklady z přijímacích zkoušek na vysoké školy technického směru z minulých let

[5] sbírky příkladů pro 1. ročník oboru UVVP MF na MFF UK

[6] starší ročníky Fyzikální olympiády

[7] časopis MFI

[8] učitelé SPŠST (hlavně fyzikáři)

[9] život a fantazie Jaroslava Reichla

Sbírka neprošla jazykovou úpravou. Za případné chyby se omlouvám a prosím na jejich upozornění.