

32. ročník soutěže

FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA

ve školním roce 1990—1991

LETÁK
PRO
KATEGORIE
A, B, C, D

Státní
pedagogické
nakladatelství
Praha

Letáky pro kategorie A, B, C, D došly v počtu kusů
na naši školu dne
Žáci byli seznámeni se soutěží a se zadanými úlohami 32. ročníku
FO dne

Podpis referenta FO
(učitele fyziky)

.....

Založit do materiálů školy.

© Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1990

ISBN 80-04-24990-6

Žákům středních škol

Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy obou republik spolu s Jednotou československých matematiků a fyziků a Jednotou slovenských matematiků a fyziků pořádají ve školním roce 1990-1991 již 32. ročník soutěže fyzikální olympiáda (FO).

Soutěží FO vás chceme získat pro hlubší studium fyziky a technických oborů a zároveň vám dát příležitost k tomu, abyste mohli ukázat, jaké jsou vaše vědomosti z fyziky a jak je dovedete používat při řešení úloh i v praxi. Cílem soutěže je vyhledávat pro naši společnost budoucí odborníky ve fyzice a v technických vědách, neboť v souvislosti s neustálým vývojem vědy a techniky bude těchto odborníků stále více zapotřebí.

Vítězní řešitelé druhého kola a v kategorii A též třetího kola soutěže budou odměněni cenami. Kromě toho dostanou úspěšní řešitelé druhého i třetího kola pochvalná uznání a vítězové třetího kola diplomy.

Při výběru na vysoké školy matematického, fyzikálního a technického směru se přihlíží mimo jiné též k tomu, zda se uchazeč zúčastnil fyzikální olympiády a jaký v ní měl úspěch.

Dosavadní ročníky soutěže byly úspěšné. Jsme přesvědčeni, že i ve 32. ročníku FO budete pracovat s nadšením, abyste obstáli co nejlépe a zabezpečili úspěch celé akce. Je naším přáním, aby bylo co nejméně škol, kde se do fyzikální olym-

piády nikdo nehlásí; všichni žáci se zájmem o fyziku by se této soutěže měli zúčastnit.

Přejeme vám hodně úspěchů.

Ústřední výbor fyzikální olympiády

Nitra,

Hradec Králové, leden 1990

Organizácia súťaže

Súťaž FO je riadená celoštátno ústredným výborom fyzikálnej olympiády (ÚV FO), ktorý má prvý sekretariát v Nitre, druhý sekretariát v Hradci Králové. V každom kraji ju riadi krajský výbor fyzikálnej olympiády (KV FO).

Súťaž je dobrovoľná a kategórie A, B, C, D sú určené pre žiakov stredných škôl. V prvom kole majú súťažiaci za úlohu riešiť 7 úloh, ktoré sú ďalej uvedené, a preštudovať fyzikálne témy, ktoré vychádzajú ako články v Rozhľadoch matematicko-fyzikálnych alebo samostatne ako "študijné témy" príslušných kategórií a sú k dispozícii súťažiacim cez jednotlivé KV FO. Prvé tri úlohy rieši súťažiaci do konca novembra (listopadu), potom rieši ďalšie štyri úlohy vrátane experimentálnej úlohy. Učiteľ fyziky urobí opravu riešení úloh a klasifikuje ich takto:

- výborné, ak je úloha vyriešená správne alebo ak sú v riešení len formálne chyby alebo menšie odborné závažnosti,
- dobre, ak riešenie vystihuje úlohu, ale má väčšie odborné nedostatky alebo závažné formálne nedostatky,
- nevyhovuje, ak sú odborné nedostatky závažné alebo ak je riešenie z väčšej časti neúplné, ak chýba výklad alebo ak je neúplný, takže sa z neho nedá usudzovať na myšlienkový postup riešenia.

Ako pomôcka pre hodnotenie úloh prichádza na školu inštruktážne riešenie. Referent fyzikálnej olympiády na škole odošle po ukončení prvého kola súťaže všetky opravené riešenia (aj neúspešných riešiteľov) na príslušný KV FO. Referenti KV FO pre kategórie urobia kontrolu riešení a KV FO rozhodne,

ktorí riešitelia budú zaradení do druhého kola.

Termíny odovzdávania riešení úloh sa referentom na školách oznamujú prostredníctvom KV FO. Pre kategóriu A to bude začiatkom januára (ledna), v kategóriách B, C, D koniec februára (února).

Úspešní riešitelia prvého kola sú tí žiaci, ktorí úspešne vyriešia aspoň päť úloh a riešili (aj keď neúspešne) zadajú experimentálnu úlohu. Na pomoc riešiteľom pri riešení úloh organizujú učitelia fyziky konzultácie, krúžky alebo semináre v strediskových školách pod patronátom JČSMF a JSMF.

V druhom kole, na ktoré pozýva príslušný KV FO súťažiacich prostredníctvom riaditeľov škôl, sú zadane štyri úlohy len teoretické. Niektoré z nich kontrolujú, ako účastníci súťaže preštudovali zadajú študijnú tému. Úspešný riešiteľ druhého kola je stanovený na základe bodového hodnotenia.

Z najúspešnejších účastníkov druhého kola kategórie A vyberie ÚV FO na návrh KV FO najviac 80 účastníkov zo všetkých krajov do tretieho, celoštátneho kola súťaže. V treťom kole sa zadávajú štyri úlohy teoretické (včítane úlohy k študijnej téme) a tiež úloha experimentálna. Celoštátne kolo FO v 32. ročníku bude usporiadané na začiatku apríla 1991.

Úspešní riešitelia budú stanovení na základe bodovacieho systému. Najviac dvadsať najlepších riešiteľov tretieho kola bude vyhlásených za víťazov tretieho kola 32. ročníka súťaže FO. Z desiatich najlepších víťazov tretieho kola bude prevedený výber 5 účastníkov medzinárodnej fyzikálnej olympiády, ktorá bude usporiadaná v druhej polovici júna

1991 asi v Kubánskej republike. Pozvanie k účasti na treťom kole zašle ÚV FO vybraným žiakom prostredníctvom riaditeľstva školy, ktorú navštevujú.

Na podporu fyzikálnej olympiády usporiadajú KV FO prednášky a sústreďenia, na ktoré pozývajú účastníkov fyzikálnej olympiády cez referentov FO na stredných školách. ÚV FO usporiada pre najlepších účastníkov v kategórii B celoštátne sústreďenie a pre vybraných účastníkov v kategórii A budú usporiadané sústreďenia pred medzinárodnou fyzikálnou olympiádou. Približne 60 najlepších účastníkov FO v kategórii C (po päť z každého kraja podľa výsledkov z minulého ročníka) sa môže prihlásiť do fyzikálnej korešpondenčnej ÚV FO školy cez KV FO v ich krajoch.

Pokyny pre súťažiacich

Na prvý list riešenia každej úlohy napíšte záhlavie:

Meno a priezvisko:

Trieda:	Zameranie:	Kategória:
Škola:	Školský rok:	Ročník FO:
Miesto:	Kraj:	I. kolo
Učiteľ fyziky:	Posudok:	Posudzovali:

Úloha č.

Na každý ďalší list napíšte svoje meno, priezvisko, školu, číslo úlohy a číslo strany riešenia. Texty úloh neopisujte, napíšte len text riešenia a urobte legendu označenia.

Píšte úhladne a čitateľne na listy formátu A4. Každú úlohu vypracujte na samostatnom papieri, pomocné obrázky a náčrty vyhotovte ceruzkou. Ak používate kalkulačku, nezabudnite na správne zaokrúhlenie výsledkov.

Pri riešení sa opierajte o učebnice, o časopis Rozhledy matematicko-fyzikálne a o brožúry Školy mladých fyzikov.

Studijní témata ve 32. ročníku FO:

Kat. A:

Šedivý, P.: Operační zesilovače (vyjde tiskem ÚV FO).

Kat. B:

Ungermann, Z. - Volf, I.: Hmotný střed tělesa. Škola mladých fyziků č. 16, viz s. 68. až 92.

Kat. C:

Chytilová, M.: Znáte Archimédův zákon? Škola mladých fyziků č. 18.

Kat. D:

Doplňek k učivu fyziky pro 1. ročník gymnázia: Otáčivý pohyb tuhého tělesa kolem nehybné osy.

Úlohy I. kola 32. ročníku fyzikální olympiády

Kategórie A

1. Tri hmotné body majú hmotnosti m_1, m_2, m_3 . Sú umiestnené v bodoch P_1, P_2, P_3 , ktoré nie sú na jednej priamke. Ide o izolovanú sústavu bodov, ktoré navzájom pôsobia len gravitačnými silami.

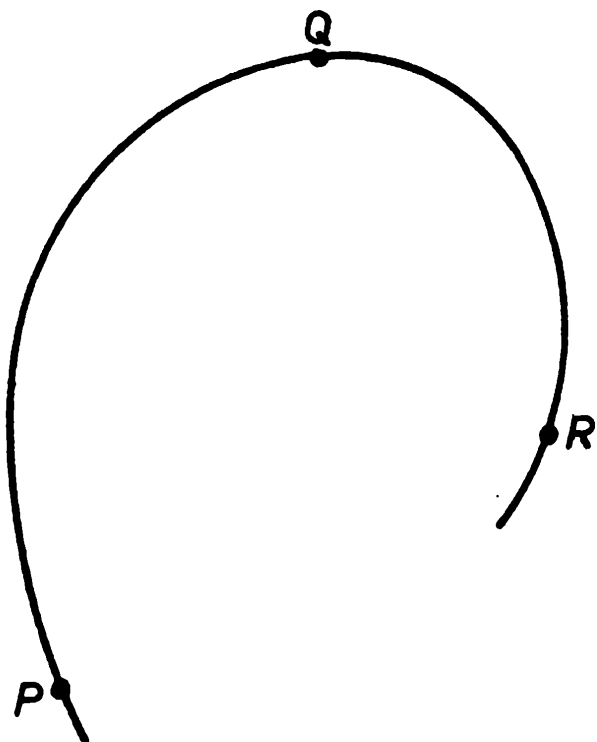
Predstavme si os o , ktorá prechádza hmotným stredom sústavy bodov a je kolmá na rovinu trojuholníka $P_1P_2P_3$. Okolo tejto osi sa sústava bodov otáča.

Určte podmienku, ktorú musia spĺňať vzájomné vzdialenosti $a_{12} = P_1P_2, a_{23} = P_2P_3, a_{13} = P_1P_3$ bodov P_1, P_2, P_3 a podmienku pre uhlovú rýchlosť ω otáčania sústavy bodov, aby sa počas jej otáčania nemenil tvar trojuholníka $P_1P_2P_3$, tj. aby sa sústava otáčala okolo osi o ako tuhé teleso. Okamžitú polohu bodov vyjadrite pomocou vhodných polohových vektorov.

2. Wilsonova komora, v ktorej sledujeme trajektórie elementárnych častíc, je naplnená zmesou vodíka, pár etylalkoholu a pár vody. Rovnorodé magnetické pole v priestore Wilsonovej komory má indukciu $\vec{B}$.

Rospady jadier plynu vo Wilsonovej komore sú v tomto prípade spôsobené rýchlymi neutrónmi 1_0n . V bode P (obr. A-1) nastala zrážka neutrónu s atómom plynu.

- a) Určte jadro atómu plynu, ktoré sa rospadlo, ak pomocou trajektórií vzniklých častíc sme ich identifikovali ako dva protóny 1_1p a dve častice alfa ${}^4_2\text{He}$. Pri reakcii sa uvolnilo niekoľko pomalejších neutrónov. Určte počet uvoľnených neutrónov.



A-1

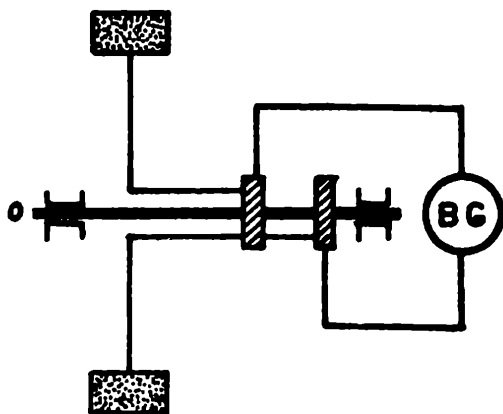
b) Skutočná trajektória jedného z protonov bola presne zaznamenaná v rovine kolmej na indukciu $\vec{B}$ magnetického poľa, pozri obr. A-1, oblúk PQR.

Určte energiu tohto protónu v bode Q jeho trajektórie, ak hmotnosť protónu je m_p , náboj e .

c) Stručne popíšte trajektóriu protónu a fyzikálne zdôvodnite jej tvar.

Úlohu b) riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty $B = 1,2 \text{ T}$, $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

3. Cívka z tenkého vodivého drátu má tvar kruhového prstence o priamere D (obr. A-2), ktorý môže rotovať spoločne s hřídelkou s osou o . Konce cívok jsou připojeny ke kovovým kroužkům, jež jsou pevně spojeny s hřídelkou. Ke kroužkům vodivě přiléhají kontakty spojené vodiči se svorkami balistického galvanometru (BG).



A-2

Cívkou roztočíme až dosáhne frekvence f . Potom cívku intenzívním brzděním zastavíme za krátkou dobu. Ručka galvanometru se přitom vychýlí o n dílků.

Délka drátu cívky je d , odpor drátu cívky včetně přívodních

drátů ke galvanometru je R . Balistická konstanta galvanometru je b .

a) Vysvětlete popsany děj.

b) Z daných veličin určete měrný elektrický náboj elektronu, tj. podíl $\frac{e}{m_0}$, kde e je elementární náboj, m_0 je klidová hmotnost elektronu.

Poznámka: Výchylka n balistického galvanometru je přímo úměrná elektrickému náboji Q částic, které projdou galvanometrem. Platí $Q = b n$, kde b je balistická konstanta galvanometru.

4. Mýdlová bublina má kulový tvar. Známe rozdíl tlaků

$\Delta p = p_1 - p_2$ vzduchu uvnitř bubliny a mimo bublinu v jejím okolí. Při kolmém dopadu bílého světla na povrch bubliny (a při kolmém odrazu) se blána bubliny jeví jako žluto-selená.

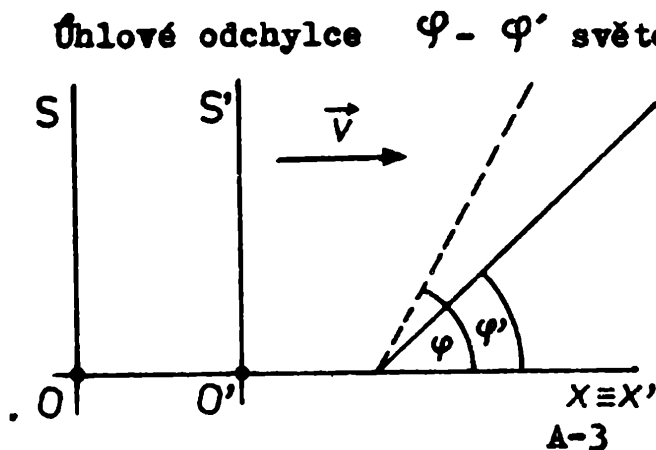
a) Určete poloměr r bubliny.

b) Určete tři hodnoty d_1, d_2, d_3 možných tloušťek blány bubliny.

c) Určete tři možné hodnoty n_1, n_2, n_3 hmotností bubliny.

Řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty: povrchové napětí mýdlového roztoku $\sigma = 50 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, hustota blány bubliny $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, index lomu blány bubliny $n = 1,33$, vlnová délka žlutozeleného světla $\lambda = 550 \text{ nm}$, $\Delta p = 10 \text{ Pa}$.

5. Soustava S' se pohybuje rychlostí $\vec{v}$ v kladném směru osy x vzhledem k inerciální soustavě S , která je v klidu (obr. A-3). V soustavě S pozorujeme určitou hvězdu pod úhlem φ , v soustavě S' stejnou hvězdu pod úhlem



nečnou rychlostí šíření světla a pohybem pozorovatele, říkáme aberace.

a) Dokažte, že platí

$$\varphi - \varphi' = \frac{v}{c} \sin \varphi',$$

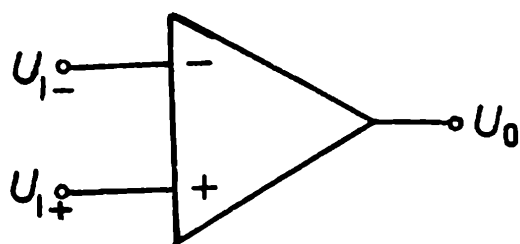
kde c je rychlost ší-

ření světla ve vakuu. Předpokládáme přitom, že $v \ll c$.

- b) Zdůvodněte tvrzení, že v důsledku rotace Země kolem její osy jsou hvězdy při průchodu místním poledníkem posunuty směrem k východu a místním poledníkem procházejí při horním přechodu opožděně.

6. Skúmanie jednoduchých operačných sietí.

Často používaným aktívnym prvkom v analógových elektronických obvodoch je operačný zosilňovač (ďalej označujeme len OZ). Schematická značka OZ je na obr. A-4. Symbolmi U_{I-}



A-4

a U_{I+} označujeme napätia na vstupných svorkách (I - Input, slov. vstup), U_0 napätie na výstupnej svorke (O - Out,

slov. výstup). Vstup I- sa na-

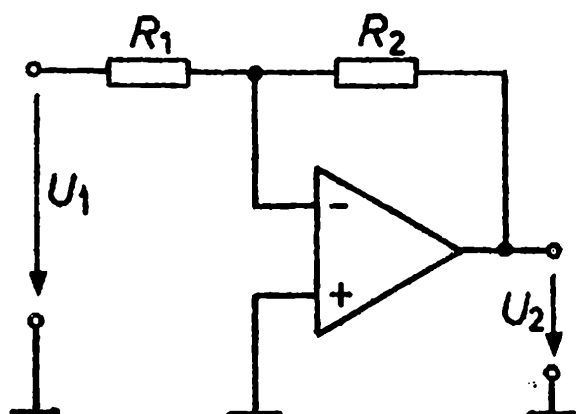
zýva invertujúci, vstup I+ neinvertujúci.

Ideálny OZ má dve základné vlastnosti:

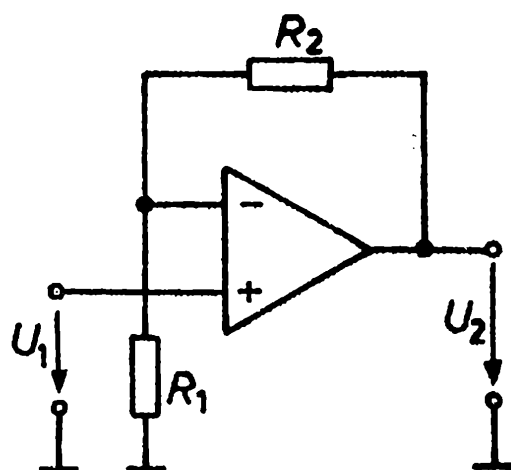
- a) Vstupné prúdy OZ sú nulové, tj. $I_+ = I_- = 0$ ampérov.
 b) Vo vyváženej elektrickej sieti je napätie medzi vstupnými svorkami nulové, tj. $U_{I+} - U_{I-} = 0$ voltov.

I. Na základe týchto poznatkov určte napätové zosilnenia A pre

- a) invertujúci zosilňovač (obr. A-5), $A = \frac{U_2}{U_1}$,



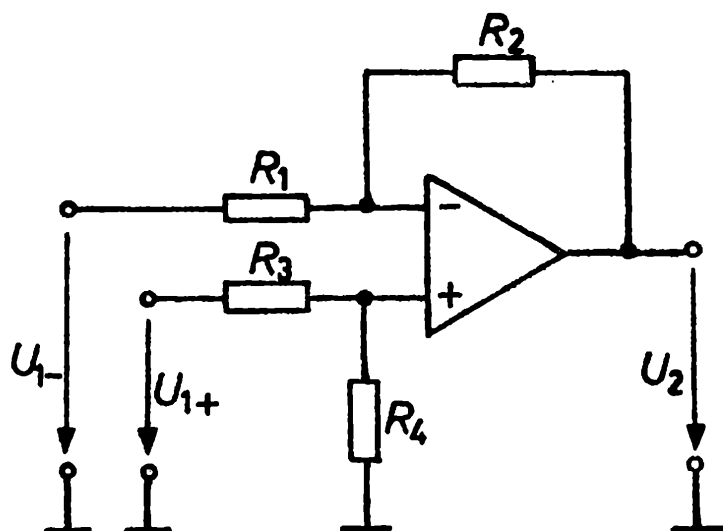
A-5



A-6

b) neinvertujúci zosilňovač (obr. A-6), $A = \frac{U_2}{U_1}$,

c) rozdielový zosilňovač (obr. A-7), $A = \frac{U_2}{(U_{I+} - U_{I-})}$.



A-7

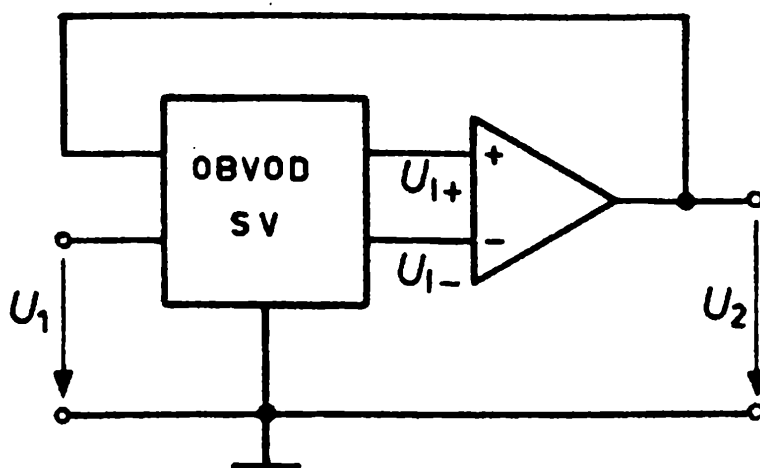
Určte podmienku pre odpory R_1 , R_2 , R_3 a R_4 , aby sa zosilnenie dalo uvedeným spôsobom vyjadriť.

II. Určte prevodové charakteristiky $U_2 = f(U_1)$ pre reálny invertujúci i neinvertujúci zosilňovač a porovnajte ich s teoreticky určenými hodnotami. Nakreslite grafy funkcie $U_2 = f(U_1)$ pre daný invertujúci i neinvertujúci zosilňovač. Pre meranie odporúčame použiť OZ MAA 741 a rezistory s od-

porom v intervalu $1 \text{ k}\Omega$ až $100 \text{ k}\Omega$. Pre OZ použite zdroj (batérie) so symetrickým jednosmerným napätím. Vstupy OZ pre kompenzáciu napäťovej nesymetrie vstupov nechajte voľné.

Poznámky:

1. Uvedené dve vlastnosti OZ sú technicky realizovateľné preto, lebo a) vstupný odpor OZ je veľmi veľký, $R_{I+} \rightarrow \infty$, $R_{I-} \rightarrow \infty$, b) ak $U_{I+} > U_{I-}$, je na výstupe veľké kladné napätie (reálne to znamená, že na výstupe je takmer celé kladné napájacie napätie $U_O = U_{CC}$), ak $U_{I+} < U_{I-}$, je na výstupe veľké záporné napätie (reálne $U_O = -U_{CC}$).
Obom týmto stavom hovoríme, že OZ je v saturácii, čo nie je typický režim činnosti OZ. Prechod z kladnej saturácie do zápornej je veľmi strmý a nastáva pri $U_{I+} = U_{I-}$.
2. Vyvážená operačná sieť je taká, v ktorej OZ sa nedostáva do saturácie. Zabezpečuje sa to vhodnou spätnou väzbou pomocou pasívnych súčastok (obr. A-8).



A-8

Táto operačná sieť bude vyvážená (stabilná), ak zvýšenie výstupného napätia U_2 spôsobí cez obvod spätnej väzby zvýšenie napätia U_{I-} , resp. zníženie napätia U_{I+} . Platí

to aj opačne, zníženie výstupného napätia U_2 musí spôsobiť cez obvod spätnej väzby zníženie U_{I-} , resp. zvýšenie U_{I+} . Reakcia OZ bude taká, že zmena U_2 sa vyrovná (vykompenzuje). Tým sa zabezpečí účinná a rýchla regulácia, ktorou sa dosiahne, že $U_{I+} = U_{I-}$ a OZ sa nesaturuje.

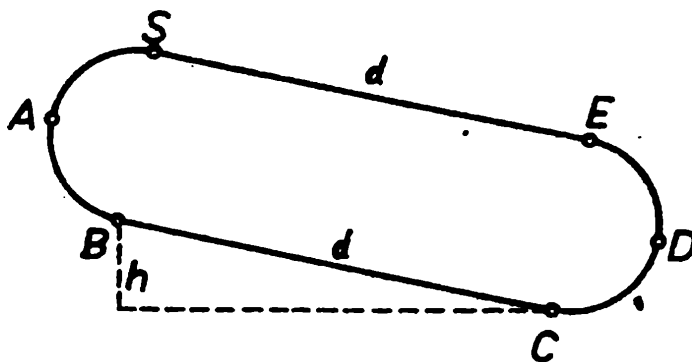
7. Malý predmet o výšce y pozorujeme okom, jehož blízky bod je vo vzdálenosti b od oka a vzdálený bod je v nekonečnu.

a) Jakého největšího zorného úhlu můžeme dosáhnout při pozorování předmětu prostým okem?

b) Jakého největšího zorného úhlu můžeme dosáhnout, budeme-li pozorovat zdánlivý obraz předmětu vytvořený pomocí tenké spojky s ohniskovou vzdáleností f ? Jak musíme v tomto případě umístit čočku a předmět? Určete maximální zvětšení zorného úhlu, jehož můžeme s danou spojkou dosáhnout.

Kategorie B

1. Zkušební dráha začíná v místě startu S a skládá se z několika úseků (obr. B-1). Část SAB ve vodorovné rovině, představuje půlkružnici o poloměru r , část BC nakloněnou rovinu směrem dolů délky d . Oblouk CDE je půlkružnicí o též poloměru r ve vodorovné rovině v hloubce h pod rovinou SAB . Po nakloněné rovině ES se dostane vozidlo zpět do místa startu.



B-1

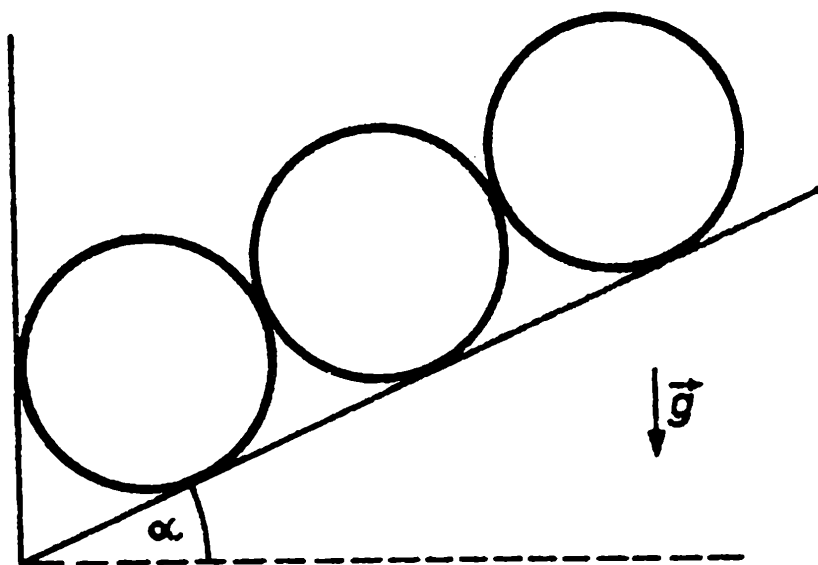
- Vozidlo vyrazí z místa S , kde bylo původně v klidu, a pohybuje se rovnoměrně zrychleně až do místa B , kde dosáhne rychlosti o velikosti v_0 .
- Potom udržuje řidič stálou velikost rychlosti vozidla až do místa E , kdy vypne motor a vozidlo samo zastaví v místě S .
- Podruhé vozidlo dosáhne bodu B stejným způsobem, řidič vypne motor a dál se vozidlo pohybuje účinkem tíhového pole, přičemž neuvažujeme odpor prostředí proti jízdě.
- Potřetí projede vozidlo tratí za stejných podmínek jako v případě c), ale po celé trase působí na vozidlo stálá odporová síla o velikosti $F = k \cdot m \cdot g$.

Ve všech případech fyzikálně popište pohyb vozidla, určete

rychlosti ve vyznačených bodech, zrychlení ve všech daných úsecích tratě, dobu pohybu vozidla po trase i průměrnou rychlost vozidla na celé trase.

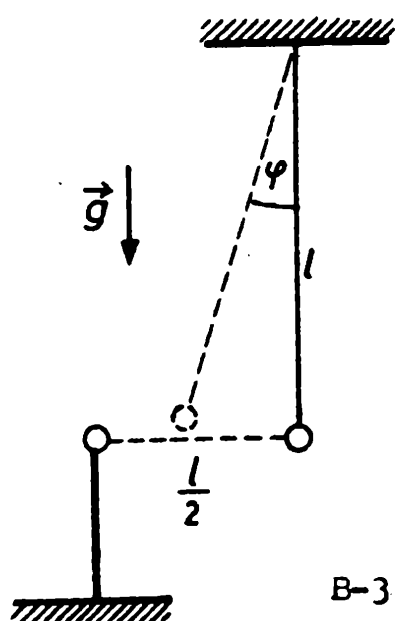
Po obecném řešení řešte pro hodnoty: $r = 100 \text{ m}$, $d = 500 \text{ m}$, $h = 100 \text{ m}$, $v_0 = 54 \text{ km.h}^{-1}$, $k = 0,10$. Proveďte i diskusi získaných výsledků.

2. V zásobníku vymezeném svislou rovinou a nakloněnou rovinou se sklonem $\alpha = 25^\circ$ jsou uloženy tři stejné dokonale hladké roury kruhového průřezu o hmotnostech $m_1 = m_2 = m_3 = 40 \text{ kg}$. Jak velkými silami působí jednotlivé roury na stěny zásobníku (obr. B-2)?



B-2

3. Malá kulička o hmotnosti m je zavěšena na tenkém hedvábném vlákně délky l . Ve stejné výšce je ve vzdálenosti $\frac{1}{2}$ od první kuličky pevně umístěna druhá malá kulička (obr. B-3). V jaké rovnovážné poloze se postaví zavěšená kulička, jestliže na pevnou kuličku umístíme kladný náboj Q_1 a na zavěšenou kuličku záporný náboj Q_2 ? Úlohu řešte pro hodnoty $Q_1 = 0,20 \mu\text{C}$, $Q_2 = -0,050 \mu\text{C}$,



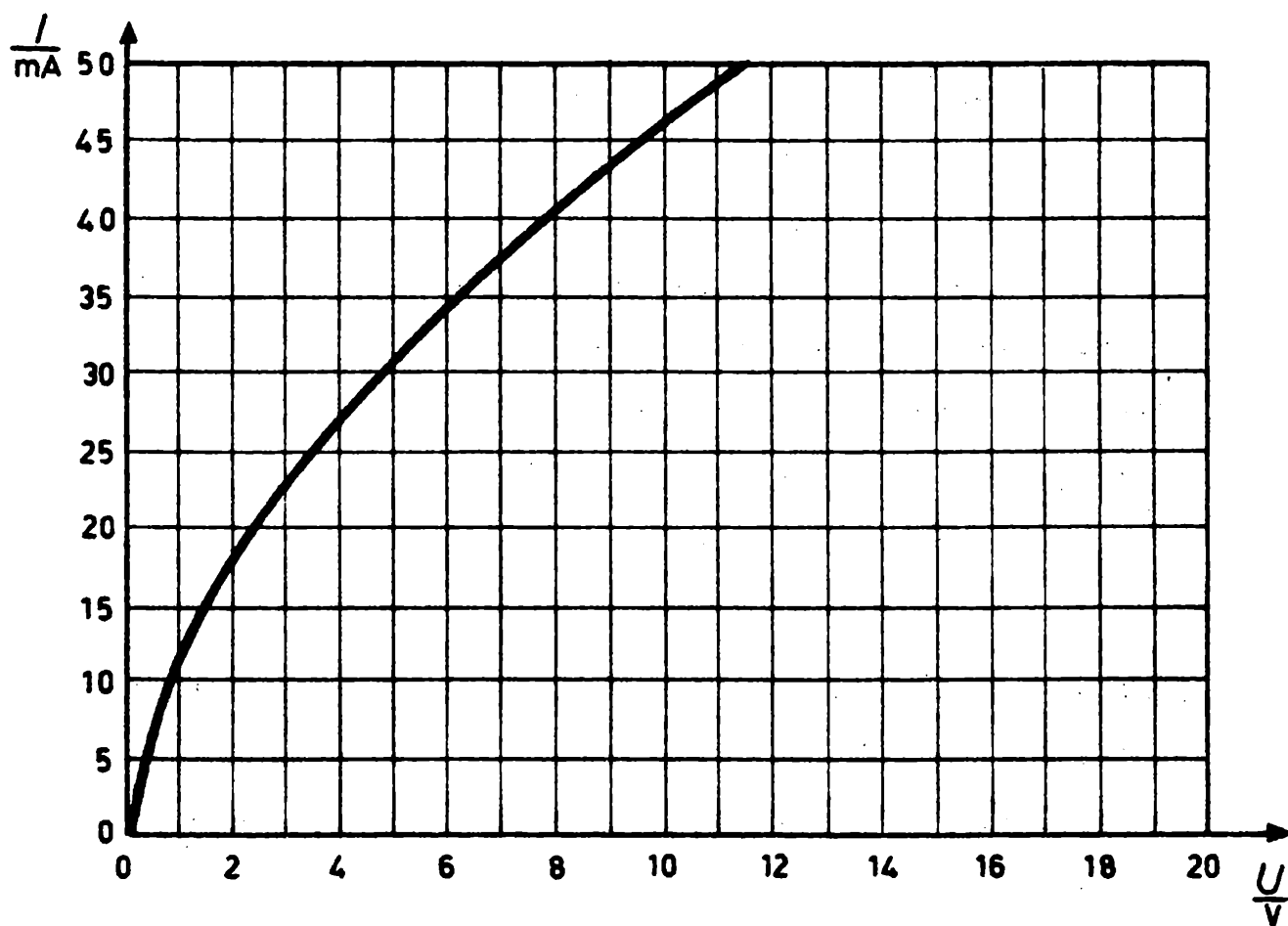
$l = 0,50 \text{ m}$ a pro tři různé hmotnosti $m = 1,0 \text{ g}$, $m = 2,5 \text{ g}$, $m = 5,0 \text{ g}$. Vlákno považujte za neroztažitelné a dokonale ohebné v místě závěsu.

4. Na obr. B-4 je voltampérová charakteristika telefonní žárovky se jmenovitými hodnotami 12 V , 50 mA . Charakteristika je sestavená z údajů v tabulce:

$\frac{U}{V}$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$\frac{I}{\text{mA}}$	9,1	12,5	18,4	23,0	27,0	30,6	34,0	37,1	40,1
$\frac{U}{V}$	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0			
$\frac{I}{\text{mA}}$	42,8	45,3	47,7	50,0	52,3	54,5			

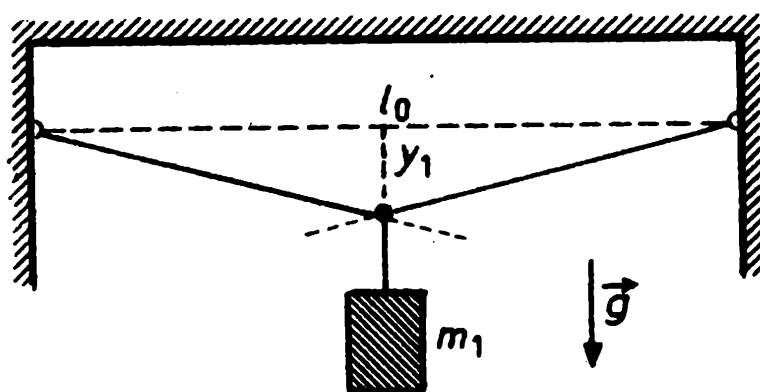
- a) Jakou kapacitu by musel mít kondenzátor spojený sériově se žárovkou, aby po připojení ke zdroji harmonického napětí o efektivní hodnotě $20,0 \text{ V}$ a frekvenci 50 Hz bylo na žárovce jmenovité napětí?
- b) Jaký proud bude procházet žárovkou a jaké na ní bude napětí, použijeme-li kondenzátor o kapacitě $8,0 \mu\text{F}$? Úlohu b) řešte graficky.

Předpokládáme, že během periody střídavého napětí se teplota vlákna žárovky a její odpor prakticky nemění. Při řešení zanedbejte kapacitanci i induktanci vlákna žárovky.



B-4

5. Ocelový drát s obsahem S kolmého řezu je vodorovně upevněn mezi dvěma svorkami tuhého rámu, jejichž vzdálenost je l_0 . Mechanické napětí drátu je zanedbatelné (obr. B-5).



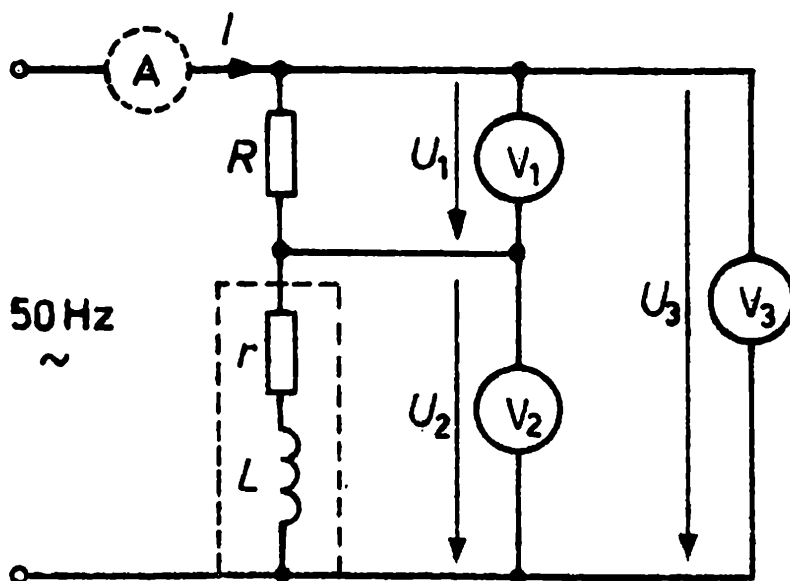
B-5

- a) Jakou hmotnost m_1 musí mít závaží zavěšené uprostřed drátu, aby napětí v drátu dosáhlo meze úměrnosti σ_1 ? Jaká bude v tomto případě výchylka y_1 středu drátu? Modul pružnosti v tahu pro daný drát je E .
- b) Jak se bude měnit výchylka y středu drátu v závislosti na hmotnosti m závaží v intervalu $0 < m < m_1$? Seštrejte graf této závislosti.

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty: $S = 1,0 \text{ mm}^2$,
 $E = 2,2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$, $\sigma_1 = 6,0 \cdot 10^8 \text{ Pa}$, $l_0 = 2,0 \text{ m}$,
 $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Při řešení použijte přibližného vztahu
 $\sqrt{1+x^2} \approx 1 + \frac{1}{2}x^2$ pro $x \rightarrow 0$.

6. Měření indukčnosti a rezistance cívky metodou tří voltmetrů.

Úkol: Určete indukčnost L ideální cívky a rezistanci R_z ideálního rezistoru, jejichž sériové spojení by při frekvenci 50 Hz nahradilo cívku rozkladného transformátoru o 200 závitů a) s rovným jádrem, b) s uzavřeným jádrem. Rezistenci R_z porovnejte se stejnosměrným odporem vinutí cívky.



Princip metody: Měření provedeme v zapojení podle obr. B-6. Cívka o indukčnosti L a rezistancí R_z je sériově spojena s rezistorem R o známém odporu. Z fázorového diagramu (obr. B-7) odvodíme vztahy

$$\cos \varphi = \frac{U_3^2 - U_1^2 - U_2^2}{2 U_1 U_2},$$

$$U_R = U_2 \cos \varphi, \quad U_L = U_2 \sin \varphi.$$

Současně platí $I_1 = \frac{U_1}{R}$, a pro impedanci cívky

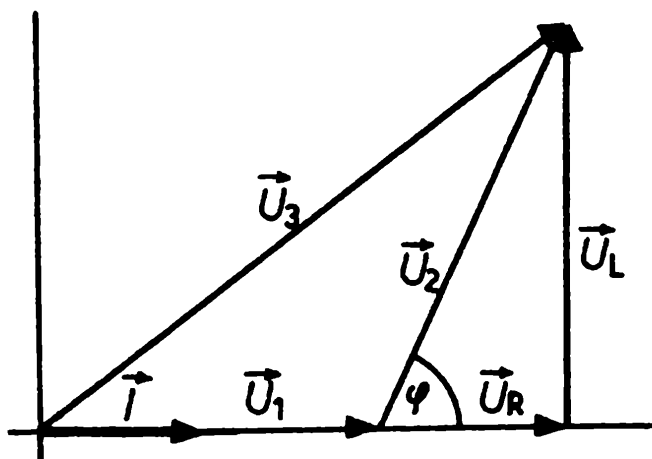
$$Z = \frac{U_2}{I} = \frac{U_2}{U_1} R.$$

Rezistance cívky má velikost

$$r = \frac{U_R}{I} = \frac{U_2 \cos \varphi}{I} = Z \cos \varphi,$$

R indukčnost

$$L = \frac{U_L}{\omega I} = \frac{U_2 \sin \varphi}{\omega I} = \frac{Z}{\omega} \sin \varphi.$$



B-7

Provedení úlohy: Sestavíme zapojení podle obr. B-6. Jako zdroj použijeme síťový transformátor s odbočkami na sekundární vinutí nebo síťový transformátor doplněný o potenciometr, abychom získali pět různých napětí od 0 V do 10 V.

Jako rezistor R se nejlépe hodí odporová dekáda; můžeme však použít i válcový reostat, jehož odpor vhodně nastavíme a změříme ohmmetrem (indukčnost vinutí můžeme zanedbat). Odpor, který nastavíme na dekádě nebo na reostatu, by se měl přibližně rovnat velikosti impedance cívky. Potom bude pla-

tit $U_1 \doteq U_2$. Ampérmetr není nutný. Slouží jen je kontrole, že nebyla překročena nejvyšší dovolená hodnota proudu pro cívku a reostat. Voltmetry V_1 až V_3 mají mít co největší vnitřní odpor. Vystačíme i s jediným voltmetrem, který přepojujeme do všech tří poloh.

Obě cívky měříme při pěti různých hodnotách celkového napětí U_3 . Naměřené hodnoty zapíšeme do tabulky (pro každou cívku bude jedna tabulka):

č.	$\frac{R}{\Omega}$	$\frac{U_3}{V}$	$\frac{U_1}{V}$	$\frac{U_2}{V}$	$\cos \varphi$	$\frac{Z}{\Omega}$	$\frac{R_z}{\Omega}$	$\frac{L}{H}$
1								
2								
3								
4								
5								
Průměr								
Směrodatná odchylka								

Průměrné hodnoty veličin a jejich směrodatné odchylky

$$\sigma_L = \sqrt{\frac{\sum (\Delta L_i)^2}{n(n-1)}}, \quad \sigma_{R_z} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta R_{zi})^2}{n(n-1)}}$$

stanovíme pomocí kalkulačky se statistikou. Odchylky jednotlivých výsledků od aritmetického průměru jsou vedle nepřesnosti měření způsobeny určitou závislostí magnetických vlastností jádra na intenzitě magnetického pole, tedy na proudu, který prochází cívku. Posuďte, která z obou příčin je významnější.

Stejnoseměrný odpor cívky změříme stejnosměrným ohmmetrem nebo voltmetrem a ampérmetrem v obvodu stejnosměrného proudu.

7. Základní součástí gramofonu je disk tvaru válce o hmotnosti m a o poloměru r . Na disk pokládáme gramofonovou des-

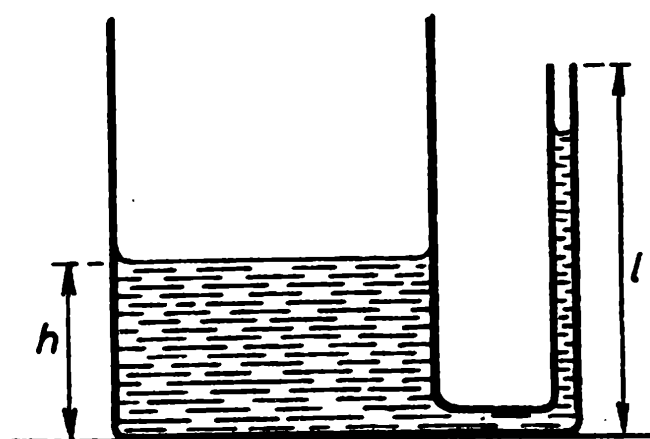
ku o hmotnosti m_1 a o průměru d .

- a) Určete moment setrvačnosti disku vzhledem k ose rotace.
- b) Jaký je společný moment setrvačnosti soustavy, kterou tvoří disk a deska?
- c) Určete kinetickou energii soustavy disku a desky, jestliže se otáčí s frekvencí f_1 , popř. f_2 .
- d) Bylo zjištěno, že disk s deskou se při frekvenci f_1 zastaví po n_1 otáčkách poté, co byl vypnut proud procházející elektromotorem. Jaký je moment stálých brzdících sil, které soustavu zastavily?
- e) Jaký musí být minimální výkon elektromotoru zajišťujícího pravidelnou rotaci disku a desky při uvedených frekvencích f_1 , f_2 ?
- f) K tomu, aby byla ověřena frekvence otáčení disku, byl sestaven kartónový kotouč, který položíme na disk. Na něm byly vyznačeny střídavě bílé a černé stejně velké výseče. Kolik musí být minimálně zakresleno černých výsečí, aby výseče na kotouči, rotujícím frekvencí f_1 , popř. f_2 , a osvětlené stroboskopem s frekvencí f , se zdály být nepohyblivé?

Řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty: $m_1 = 1,0$ kg, $r = 12$ cm, $m_1 = 160$ g, $d = 30$ cm, $f_1 = 16\frac{2}{3}$ min⁻¹, $f_2 = 33\frac{1}{3}$ min⁻¹, $f = 100$ s⁻¹, $n_1 = 3$.

Kategorie C

1. Kapilára o délce l a vnitřním poloměru r je součástí U-trubice (obr. C-1). Druhá nádoba trubice je podstatně větší (tj. širší a vyšší) než kapilára. Do větší nádoby trubice pozvolna vléváme kapalinu o hustotě ρ a při povrchovém napětí na rozhraní σ .



C-1

- a) Při jaké výšce h_1 hladiny kapaliny ve větší nádobě vystoupí kapalina v kapiláře po horní okraj kapiláry?
- b) Jakou maximální výšku h_2 může hladina kapaliny ve větší nádobě dosáhnout, aniž by kapalina z kapiláry vytekla?

lary vytekla?

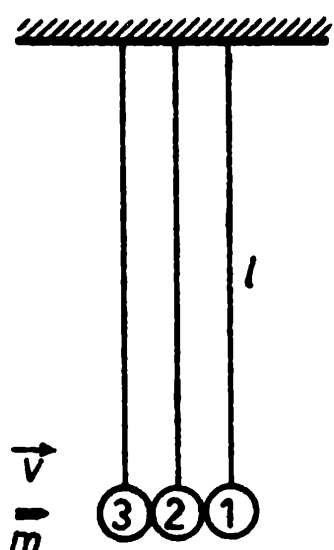
Předpokládejte, že kapalina je nestlačitelná a dokonale smáčí stěny nádob. Řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty: $l = 7,0 \text{ cm}$, $r = 0,50 \text{ mm}$, $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$,

$$\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}, \quad \sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}^{-1}.$$

- c) Pro dané hodnoty veličin sestrojte graf závislosti rozdílu výšek hladin kapaliny v obou nádobách na výšce hladiny kapaliny ve větší nádobě.

2. Tri dokonale pružné gule 1, 2, 3 sú zavesené tak, že sa vzájomne dotýkajú (obr. C-2). Pritom ich ťažiská ležia na spoločnej priamke. Závesy gúl pôsobením síl nemenia svoju dĺžku l , majú vzhľadom na hmotnosti gúl veľmi malú hmotnosť. Pomer hmotností gúl $m_3 : m_2 : m_1 = 6 : 3 : 1$. Do gule s hmotnosťou m_3 narazí strela s hmotnosťou $m = \frac{m_3}{6}$.

V okamihu zrážky má strela rýchlosť $\vec{v}$ vo smere spoločnej priamky spájajúcej ťažiská gúl. Strela v guli zaviazne.



C-2

a) Akú rýchlosť $\vec{v}_3$ bude mať guľa 3 po náraze strely?

b) Aké rýchlosti $\vec{w}_2, \vec{w}_3$ budú mať guľe 2 a 3 po ich prvom zraze?

c) Aké rýchlosti $\vec{w}_1, \vec{w}_2$ budú mať guľe 1 a 2 po ich prvom zraze?

d) Do akej maximálnej výšky vzhľadom na pôvodnú polohu

vystúpi guľa 1?

Pri riešení považujte guľe za hmotné body a uvažte, že hmotnosť strely je veľmi malá vzhľadom na hmotnosť guľe 3, $m \ll m_3$. Úlohu riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty: $l = 2,00 \text{ m}$, $v = 6,0 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$, $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

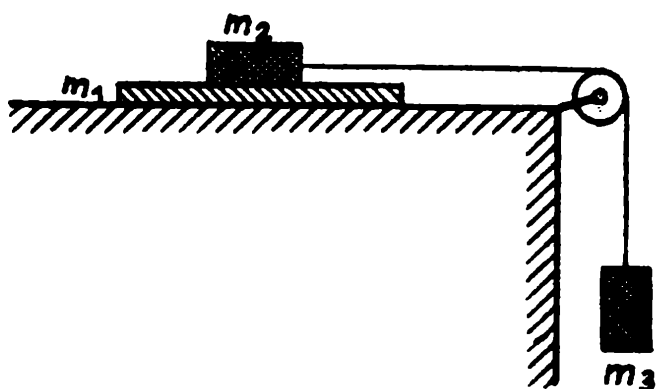
3. Na vodorovnom stole sa bez trenia môže pohybovať doska s hmotnosťou m_1 . Na túto dosku položíme kváder s hmotnosťou m_2 . Súčiniteľ šmykového trenia medzi doskou a kvádom je f (obr. C-3) a nezávisí od relatívnej rýchlosti oboch telies. Kváder je spojený vláknom cez kladku s valcom s hmotnosťou m_3 . Valec sa pôsobením ťiažovej sily $\vec{F}_G$ pohybuje smerom nadol.

a) Určte veľkosti a_1 zrýchlení dosky, a_2 kvádra, a_3 valca.

b) Určte treciu silu medzi doskou a kvádom.

c) Určte veľkosť sily napínajúcej niť.

Úlohy riešte najskôr pre prípad, keď sa kváder po doske



C-3

šmýka (případ I), a potom aj pre prípad, keď sa kváder na dosku nešmýka (případ II). Pri riešení predpokladajte, že niť sa pôsobením síl nepredlžuje, je dokonale ohebná a nešmýka sa po

kladke. Hmotnosti nite aj kladky možno pri riešení zanedbať.

- d) Určte, pri akej najmensej hodnote súčiniteľa f sa kváder nešmýka po doske.

Úlohu riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty: $f = 0,30$, $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$, $m_1 = 3,0 \text{ kg}$, $m_2 = m_3 = 1,0 \text{ kg}$.

4. Měřením bylo zjištěno, že měrná tepelná kapacita c zkoumané látky je v intervalu teplot $\langle t_0, t_1 \rangle$ lineární funkcí teploty, $c = a + b t$, kde a, b jsou fyzikální konstanty, jejichž číselné hodnoty jsou kladné. Skupenství látky se v intervalu teplot $\langle t_0, t_1 \rangle$ nemění.

- Určete průměrnou hodnotu c_p měrné tepelné kapacity zkoumané látky v intervalu teplot $\langle t_0, t_1 \rangle$.
- Určete teplo, které musí přijmout těleso o hmotnosti m vyrobené ze zkoumané látky, má-li se zvýšit jeho teplota z t_0 na t_1 .
- Pro dané hodnoty sestrojte graf funkce $c = f(t)$, $t \in \langle t_0, t_1 \rangle$.
- Úlohy a), b) řešte za předpokladu, že závislost měrné tepelné kapacity c na teplotě není lineární, nýbrž kvadratická, tj. $c = a + b' t^2$. Graf funkce $c = f'(t)$

pro $t \in \langle t_0, t_1 \rangle$ nakreslete společně s případem c).

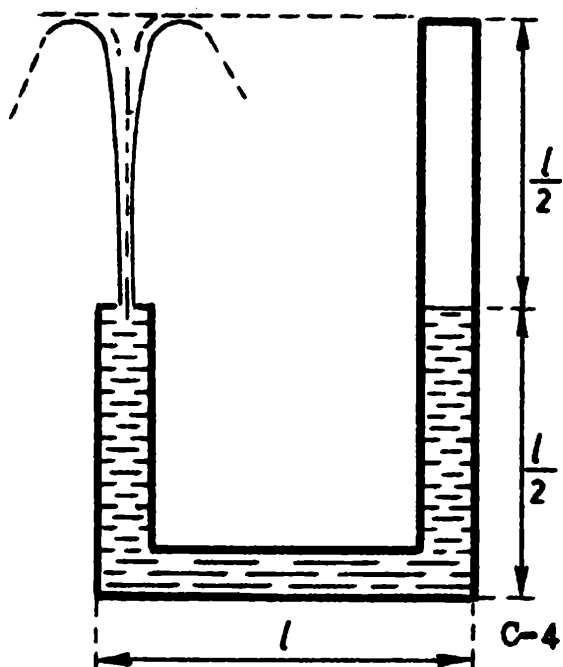
Úlohu řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty:

$$a = 4\,147,5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}, \quad b = 5,442 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-2},$$

$$b' = 5,442 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-3}, \quad m = 2,000 \text{ kg}, \quad t_0 = 60,00 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$t_1 = 90,00 \text{ }^\circ\text{C}.$$

5. Na obr. C-4 je znázorněna trubice se svislými rameny, na jednom konci uzavřená a na druhém konci ukončená otvorem o obsahu kolmého řezu S_2 . Trubice vznikla spojením tenkých trubic s vnitřním čtvercovým průřezem o obsahu S_1 . Svislé trubice jsou na spodní trubici kolmé. Trubice je zčásti naplněna kapalinou o hustotě ρ tak, že v uzavřeném rameni trubice je vzduchová bublina. Počáteční tlak vzduchu v bublině je stejný jako tlak vzduchu v okolí trubice. Délka ramen trubice je $l, \frac{1}{2}$.



Vzduch v bublině zahříváme tak, že kapalina tryská otvorem do výšky $\frac{1}{2}$ nad otvor, a to až do úplného vytlačení kapaliny z trubice. Teplota kapaliny i trubice se přitom změní jen velmi málo.

- a) Je možno považovat změny objemu vzduchu v trubici za izobarický děj? Odpověď

zduvodněte.

- b) Vypočtete dobu potřebnou k úplnému vytlačení kapaliny z trubice.
- c) Vypočtete práci potřebnou k úplnému vytlačení kapaliny z trubice.

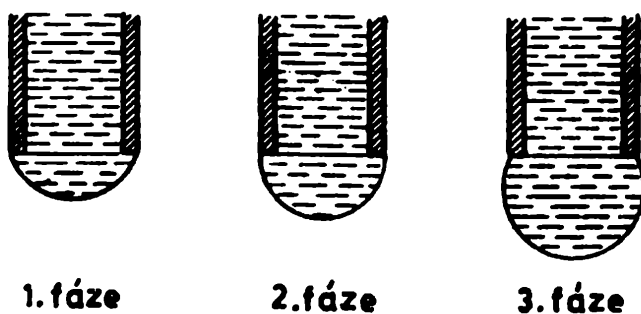
- d) Vypočtete práci potřebnou k úplnému vytlačení kapaliny z trubice za předpokladu, že kapalina nebude z otvoru tryskat, ale pouze volně vytékat.
- e) Pro dané hodnoty veličin znázorněte graficky závislost tlaku ve vzduchové bublině na objemu bubliny za předpokladu, že kapalina otvorem tryská do výšky $\frac{1}{2}$ nad otvor.

Kapalinu považujte za ideální, vzduch za ideální plyn.

Úlohu řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty: $S_1 = 1,00 \text{ cm}^2$, $S_2 = 1,00 \text{ mm}^2$, $p_a = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $l = 250 \text{ mm}$, $\rho = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

6. Měření povrchového napětí bublinovou metodou

Ponoříme-li ústí trubice o vnějším průměru d do kapaliny, vytvářejí se při unikání vzduchu trubicí při ústí trubice bubliny. Vznik bubliny na konci trubice má tři fáze, znázorněné na obr. C-5. Největší tlak uvnitř bubliny je na konci druhé fáze. Je-li ústí trubice blízko hladiny kapaliny,

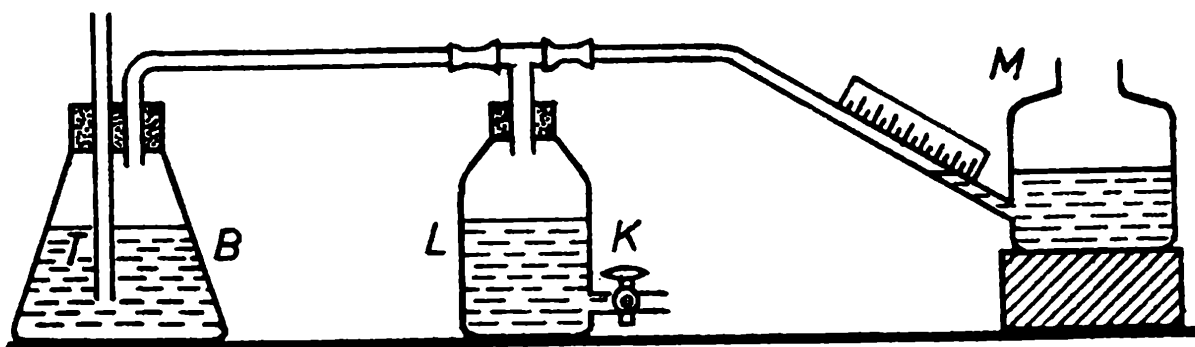


C-5

lze vliv hydrostatického tlaku kapaliny zanedbat a pro tlak p v bublině, způsobený povrchovým napětím kapaliny vzhledem ke vzduchu, lze psát

$$p = \frac{4\sigma}{d} \quad (1).$$

Vztahu (1) lze využít k měření povrchového napětí kapaliny metodou vytváření bublin. K měření použijeme sestavu podle obr. C-6. Baňka B je naplněna kapalinou, jejíž povrchové napětí vzhledem ke vzduchu zjišťujeme. Trubice T



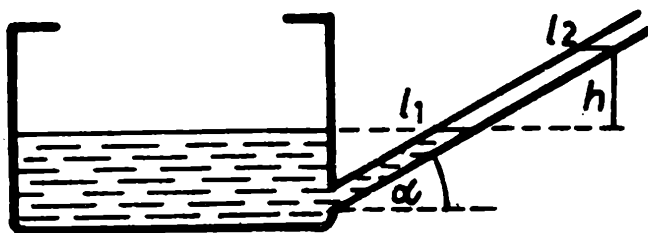
C-6

má vnější průměr d . U jejího ústí budeme sledovat tvorbu bublin. Vypouštěním vody z lahve L snižujeme tlak nad hladinou měřené kapaliny. Rozdíl tlaků vzduchu vně a uvnitř baňky změříme mikromanometrem M. Pokud nemáte mikromanometr k dispozici, sestavíte ho snadno z polyetylenové lahve, kousku hadičky a tenké průhledné trubice (ne však kapiláry). Sklon trubice zvolte 30° . Mikromanometr naplňte obarvenou vodou nebo lihem o hustotě ρ . Je-li vnitřní průřez trubice manometru podstatně menší než je průřez velké nádoby, platí (obr. C-7)

$$|p_2 - p_1| = |l_2 - l_1| \rho g \sin \alpha \quad (2).$$

Úkoly:

- Odvoďte vztah (1).
- Vysvětlete, proč vztah (2) platí jen přibližně.
- Změřte vnější průměr trubice tak, aby byl stanoven alespoň na dvě platné číslice. Navrhněte si metodu měření a



C-7

odhadněte i nepřesnost, již se přitom dopouštíte.

d) Použitím pomůcek, které máte k dispozici, sestavte měřicí soupravu znázorněnou na obr. C-6.

e) Stanovte teplotu měřené

kapaliny (doporučujeme destilovanou vodu).

f) Změřte povrchové napětí destilované vody bublinovou metodou.

Postup:

1. Naplníme nádobu L vodou tak, aby ústí horní trubice nebylo pod hladinou. Kohout K je uzavřen.
2. Určíme polohu l_1 hladiny kapaliny v trubici mikromanometru. Hladina v trubici by měla být ve stejné výši jako ve velké nádobě.
3. Otevřeme kohout K. Vodu z nádoby L vypouštíme tak dlouho, až se u ústí trubice T začnou tvořit bubliny a unikat měřenou kapalinou k její hladině. Regulací kohoutem K zajistíme pomalou tvorbu bublin, které nám umožní změření polohy l_2 hladiny kapaliny v trubici mikromanometru v okamžiku, kdy bublina má tvar polokoule (druhá fáze tvorby bubliny).
4. Dosazením změřených hodnot do vztahů (1), (2) vypočítáme odpovídající hodnotu σ povrchového napětí.
5. Měření opakujeme desetkrát a z naměřených hodnot určíme průměrnou hodnotu σ_p a průměrnou odchylku měření. Průměrnou hodnotu σ_p porovnáme s hodnotou uvedenou v tabulkách MFCH. Případné rozdíly zdůvodníme.

7. Homogenní válec má výšku v , průměr $2R$ a hustota materiálu, z něhož je vyroben, je ρ_1 . Do tohoto válce byl provrtán souosý otvor výšky $\frac{v}{2}$ a poloměru r , $r < R$, který byl vyplněn látkou hustoty ρ_2 , $\rho_2 > \rho_1$.

- a) Určete polohu těžiště vzniklého nehomogenního tělesa.
- b) Ponoříme-li těleso do kapaliny hustoty ρ , těleso plave. Přitom je do kapaliny ponořeno právě polovinou svého objemu. Určete hustotu kapaliny.
- c) Popište všechny možné rovnovážné polohy uvedeného nehomogenního válce při plování v kapalině, je-li při plování v klidné kapalině osa válce svislá.

Úlohu řešte nejprve obecně, potom pro hodnoty: $R = 2,0 \text{ cm}$, $r = 1,0 \text{ cm}$, $v = 8,0 \text{ cm}$, $\rho_1 = 300 \text{ kg.m}^{-3}$, $\rho_2 = 1\,200 \text{ kg.m}^{-3}$.

Kategorie D

1. V inerciálnej sústave sa pohybuje oceľová guľa s hmotnosťou m_1 rýchlosťou $\vec{v}_0$ v smere osy x . Zrazí sa dokonale pružným centrálnym rázom s inou oceľovou guľou s hmotnosťou m_2 , ktorá bola na začiatku v kľude vzhľadom na inerciálnu sústavu.

- Určte hybnosť $\vec{p}_0$ prvej gule pred zrážkou.
- Určte rýchlosť $\vec{v}_2$ a hybnosť $\vec{p}_2$ druhej gule po zrážke.
- Určte rýchlosť $\vec{v}_1$ a hybnosť $\vec{p}_1$ prvej gule po zrážke.
- Pri akom pomere hmotností $\frac{m_2}{m_1} = k_1$ je rýchlosť $\vec{v}_2$ druhej gule maximálna? Určte veľkosť v_{2M} tejto maximálnej rýchlosti.
- Pre akom pomere hmotností $\frac{m_2}{m_1} = k_2$ je rýchlosť $\vec{v}_2$ druhej gule minimálna? Určte veľkosť v_{2m} tejto minimálnej rýchlosti.
- Určte veľkosti hybností p_{2M} , p_{2m} druhej gule v oboch prípadoch uvedených v častiach d), e) tejto úlohy.

Úlohu riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty:

$m_1 = 1,0 \text{ kg}$, $m_2 = 0,50 \text{ kg}$, $v_0 = 20 \text{ m.s}^{-1}$. Rotačné pohyby guľí a odpor prostredia neuvažujte.

2. Oceľová guľka s hmotnosťou m na niti dĺžky d vykonáva pohyb po kružnici, ktorá leží vo vodorovnej rovine. Polomer r kružnice sa v dôsledku odporu vzduchu veľmi pomaly znižuje, pričom sa postupne zväčšuje vzdialenosť d' roviny kružnice od závesného bodu.

- Určte funkciu $v = f(d')$ vyjadrujúcu závislosť veľkosti v rýchlosti guľky od vzdialenosti d' .
- Určte funkciu $T = f_1(d')$ vyjadrujúcu závislosť periódy

pohybu guľky od vzdialenosti d' .

- c) Určte maximálnu hodnotu T_M , ktorú môže nadobudnúť perióda pohybu guľky.
- d) Určte vzdialenosť d_1 roviny kružnice od bodu závesu v prípade, že guľka obieha s dvojnásobnou frekvenciou ako v prípade podľa časti c).
- e) Určte polomer r_1 pohybu guľky po kružnici a uhol α_1 medzi niťou a zvislicou vedenou bodom závesu. Určte tiež veľkosť v_1 rýchlosti pohybu guľky v prípade, v ktorom $d' = d_1$.

Úlohu riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty:

$$m = 100 \text{ g}, d = 1,0 \text{ m}.$$

3. Platňu hrúbky h zhotovenú z materiálu hustoty ρ tlačíme rukou o zvislú stenu. Platňa má tvar štvorca o strane a . Súčiniteľ šmykového trenia medzi rukou a platňou je f_1 , medzi platňou a stenou je f_2 .

- a) Určte najmenšiu silu $\vec{F}_1$ (jej veľkosť F_1 a smer), ktorou musíme rukou pôsobiť na platňu, tlačiac ju o stenu, aby platňa nespadla.
- b) Akou silou $\vec{F}_2$ pôsobí v prípade podľa časti a) platňa na stenu? Určte jej veľkosť a smer.
- c) Riešte úlohy a), b) za predpokladu, že $f_2 = 0$.

Úlohu riešte najskôr všeobecne a potom pre hodnoty:

$$a = 25 \text{ cm}, h = 1,0 \text{ cm}, \rho = 2700 \text{ kg.m}^{-3}, f_1 = 0,30, f_2 = 0,10.$$

4. Homogénny polvalec má polomer r , výšku $h = 2r$ a je zhotovený z materiálu s hustotou ρ .

- a) Náčrtnite a stručnými popismi uveďte 7 rovnovážnych poloh, ktoré môže takýto polvalec zaujímať na vodorovnej

podložke.

- b) Ktoré z uvedených rovnovážnych polôh sú stabilné? Zdôvodnite.
- c) V každej rovnovážnej polohe určte výšku ťažiska polvalca nad podložkou. Jednotlivé rovnovážne polohy polvalca očísľujte podľa vlastnej voľby od 1 po 7, výšky od y_1 po y_7 .
- d) Určte potenciálnu energiu polvalca v každej rovnovážnej polohe, pričom prípad s najnižšou polohou ťažiska považujte za stav nulovej potenciálnej energie polvalca. Energie označte E_{p1} až E_{p7} .
- e) Z ktorej stabilnej rovnovážnej polohy môžeme polvalec previesť do inej stabilnej polohy pôsobením i veľmi malej sily?
- f) Môže byť energia E_p v niektorej labilnej polohe menšia ako energia v niektorej stabilnej polohe? Uveďte príklad.

Úlohu riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty: $r = 25 \text{ cm}$, $\rho = 500 \text{ kg.m}^{-3}$.

Poznámka: Poloha ťažiska homogenného polvalca je vo vzdialenosti $x_T = \frac{4r}{3\pi}$ od obdĺžnikovej steny valca.

5. V nádobe tvaru valca s priemerom d je vo vode ponorený hliníkový valec s priemerom d_0 a s výškou h_0 . Jeho horná podstava sa nachádza v hĺbke h_1 pod hladinou vody. Prostredníctvom nite a silomera dvíhame hliníkový valec tak, aby sa jeho dolná podstava dostala tesne nad hladinu vody v nádobe. Rozsah silomera je $F_0 = 10 \text{ N}$, pričom údaj 10 N je na tomto silomeri vzdialený od údaju 0 N o úsek x_0 .

- a) Určte hmotnosť m a tiaž $\vec{G}$ hliníkového valca.

- b) Určte silu $\vec{F}_v$, ktorou musíme pôsobiť pri dvíhaní valca, kým je ešte celý pod hladinou vody.
- c) Určte výšku y , o ktorú musíme valec zdvihnúť, aby sa jeho dolná podstava dostala tesne nad hladinu vody.
- d) O aký úsek y_s musíme zdvihnúť silomer, aby sa valec začal dvíhať?
- e) Akú prácu W_s urobíme dovtedy, kým sa valec začne zdvíhať?
- f) Určte zmenu ΔE_v energie valca pri jeho zdvihnutí tesne nad hladinu.
- g) Určte zmenu ΔE_2 energie vody pri uvedenom zdvihnutí.
- h) Akú prácu W urobíme celkove pri dvíhaní valca?

Úlohu riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty:

$$d = 10 \text{ cm}, d_0 = 5,0 \text{ cm}, h_0 = 8,0 \text{ cm}, h_1 = 5,0 \text{ cm},$$

$$\rho_0 = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}, \rho = 1\,000 \text{ kg.m}^{-3}, x_0 = 5,0 \text{ cm}.$$

Hmotnosť silomeru neuvažujeme.

6. Zobrazovanie pomocou dvojice rovinných zrkadiel.

Pomôcky: dve rovinné zrkadlá rozmerov napr. 10 cm x 10 cm, široká páska spofa, resp. kobercová páska, uhlomer, papier, ceruzka, pravítko, farebné fixy.

Postup merania: Dve rovinné zrkadlá pomocou pásky spolu slepíme na zadnej strane tak, aby sme ich mohli vzájomne stavať k sebe pod požadovaným uhlom v intervale od 0° po 180° . Na bielom papieri narysujeme výraznejšiu farebnú čiaru, napr. modrú a narysujeme tiež kolmicu na ňu. Táto kolmica bude len málo výrazná. Dvojicu zrkadiel postavíme kolmo na papier tak, aby ich spoločná hrana, v ktorej sú k sebe prilepené páskou zaujala zvislú polohu, a aby sa nachádzala na tenkej čiare a aby táto tenká čiara práve delila uhol svierajúci zrkadlami. V sústave zrkadiel pozorujeme

pri určitom nastavení uhla α medzi zrkadlami pravidelný n -uholník, vytvorený z farebnej čiary, napr. modrý. Pri nastavených zrkadlách označíme ostrou ceruzkou na papieri ich polohy a potom po premiestnení zrkadiel odmeriame uhol α_n , ktorý zrkadlá zvierali (n znamená počet strán pravidelného n -uholníka, ktorý sme práve pozorovali). Hľadáme súvislosť medzi číslom n udávajúcim počet strán pozorovaného n -uholníka a príslušným uhlom α_n danej polohy zrkadiel. Urobíme určitý počet pozorovaní, prehľadne zapisujeme n , α_n . Ďalšie prípady sa snažíme určiť i bez konkrétneho pozorovania a snažíme sa nájsť zákonitosť tak, aby sme vedeli určiť, pri akom uhle vznikne napr. 18-uholník a naopak, aký pravidelný n -uholník vznikne a či vôbec vznikne, ak zrkadlá za daných okolností zvierajú uhol α . Na tenkú čiaru v blízkosti farebnej čiary načrtneme pravotočivú šípku inou, napr. červenou fixkou. Opäť rôzne nastavujeme uhol zrkadiel a vytvárame pravidelné n -uholníky, všimneme si však zobrazenú šípku. Zapisujeme počet obrazov, v ktorých je šípka pravotočivá a v ktorých je šípka ľavotočivá. Vytvárame prehľadnú tabuľku, do ktorej zapisujeme uhol α_n , počet strán n pravidelného n -uholníka, počet n_p pravotočivých a n_l ľavotočivých obrazov.

Na základe experimentovania a úvahy sa snažíte zistiť zákonitosť do tej miery, aby sme vedeli povedať, koľko bude obrazov pravotočivých a koľko obrazov ľavotočivých pri danom uhle α , pri ktorom vznikne pravidelný n -uholník. Tak tiež by sme mali vedieť určiť počet pravotočivých a ľavotočivých šípok z hodnoty n .

Pretože úloha je "práva experimentálna", nehľadajte žiaden vzorec v učebniciach a snažíte sa len experimentovať a roz-

mýšľať.

7. Tesne nad vodorovnou rovinou vrhneme vodorovným smerom guľu s polomerom r rýchlosťou $\vec{v}_1$ z materiálu hustoty ρ , pričom jej pri vrhnutí neudeľujeme žiadnu rotáciu. Súčiniteľ šmykového trenia medzi guľou a rovinou má hodnotu f . Valivý odpor gule po rovine a odpor vzduchu pritom neuvažujeme.

- Určte dĺžku s_0 úseku, na ktorom guľa kĺže po vodorovnej rovine.
- Určte dobu t_0 , za ktorú guľa prejde úsek s_0 .
- Určte uhlové zrýchlenie α gule na dráhe s_0 .
- Určte uhlovú rýchlosť ω_0 gule a rýchlosť jej postupného pohybu $\vec{v}_0$ na konci úseku s_0 .
- Určte zmenu kinetickej energie ΔE_k gule na úseku s_0 . Ktorá iná energia sa ešte zmenila?
- Určte pomer $k = E_{k0} : E_k$ kinetickej energie gule na konci dráhy s_0 ku kinetickej energii gule na začiatku.

Úlohu riešte najskôr všeobecne, potom pre hodnoty:

$$r = 4,0 \text{ cm}, \quad \rho = 500 \text{ kg.m}^{-3}, \quad f = 0,20, \quad v = 16 \text{ m.s}^{-1}, \\ g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}.$$

Pri riešení úlohy počítajte s platnosťou vzťahu $a = r \cdot \alpha$ medzi zrýchlením a , polomerom r a uhlovým zrýchlením α .

32. ročník soutěže

FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA

LETÁK PRO KATEGORIE A, B, C, D

Vydalo Státní pedagogické nakladatelství Praha
roku 1990 jako svou publikaci č. 9-91-13/32

Edice Účelové náklady

Odpovědná redaktorka Jana Nováková

Výtvarná redaktorka Zdeňka Drahokoupilová

Technická redaktorka Dita Novotná

Vytiskly OSTRAVSKÉ TISKÁRNY, s. p., provoz 21, Ostrava 1, Novinářská 7, R 2656

Formát papíru 86 cm × 122 cm

Počet stran 40

AA 1,42 — VA 1,79

Náklad 6 000 výtisků

Tematická skupina a podskupina 03/5

1. vydání

14-445-90

ISBN 80-04-24990-6

SPN 9-91-13/32

14-445-90

03/5

ISBN 80-04-24990-6

32. ročník soutěže

FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA

ve školním roce 1990—1991

LETÁK
PRO
KATEGORIE
E, F

Státní
pedagogické
nakladatelství
Praha

Letáky FO pro kategorie E a F (archimediáda) došly v počtu
kusů na naši školu dne
Žáci byli seznámeni se soutěží a se zadanými úlohami 32. ročníku
FO dne

Podpis referenta FO
(učitele fyziky)

Prosíme založit do materiálů školy.

FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA LETÁK PRO KATEGORII E

32. ročník soutěže ve školním roce 1990/91

Žákům základních škol

Od školního roku 1959/60 probíhá v Československu soutěž fyzikální olympiáda (FO), kterou organizují ministerstva školství ČSR a SSR společně s Jednotou československých matematiků a fyziků, Jednotou slovenských matematiků a fyziků. Od školního roku 1963/64 byla soutěž rozšířena o kategorii E, určenou žákům devátých ročníků základních devítiletých škol. Od 25. ročníku je FO určena žákům osmých ročníků základních škol, ale mohou se jí zúčastnit i mladší žáci s hlubším zájmem o fyziku.

Soutěž je dobrovolná a probíhá na území ČSSR jednotně ve třech kolech. V prvním kole mají soutěžící za úkol vyřešit sedm úloh. Řešení odevzdají učitelé fyziky v těchto termínech:

- úlohu první až třetí nejpozději do 30. listopadu 1990,
- úlohu čtvrtou až sedmou nejpozději do 28. února 1991.

Řešení úloh učitel opraví a klasifikuje podle dispozic ÚVFO. Pro každou úlohu je stanoveno 10 bodů, jejichž rozložení je uvedeno v instruktážním řešení, jež dostanou učitelé k dispozici. Plný počet bodů dostává řešitel, jestliže je úloha či její část řešena buď bez chyb nebo se v řešení vyskytnou pouze drobné formální chyby. Jestliže řešení úlohy či její části v podstatě vystihuje úkol, ale má větší nedostatky po odborné stránce či vyskytnou-li se v něm závažné formální nedostatky, je počet bodů snížen. Řešení je nevyhovující a přidělený počet bodů nulový, jestliže nedostatky odborného rázu jsou závažné nebo je řešení z větší části neúplné. Řešení je

také nevyhovující, chybí-li slovní výklad nebo je neúplný, takže z něho nelze vyvodit myšlenkový postup podaného řešení.

Kladné hodnocení tedy předpokládá, že protokol o řešení obsahuje fyzikální vysvětlení, z něhož jasně vyplývá myšlenkový postup při řešení daného problému.

Řešené úlohy prvního kola opraví učitel fyziky společně s referentem FO na škole. Po ukončení prvního kola navrhne referent FO na škole úspěšné řešitele k postupu do druhého kola a odešle opravené úlohy všech, tj. i neúspěšných řešitelů společně s návrhem postupujících příslušnému okresnímu výboru fyzikální olympiády (OVFO). O zařazení do druhého kola soutěže rozhodne OVFO po kontrole opravených úloh. Vzhledem k organizaci soutěže je vhodné, aby si OVFO dal předložit první část opravených řešení již v první polovině prosince. Počet účastníků druhého kola může OVFO omezit podle dosaženého bodového hodnocení.

Za úspěšného řešitele v prvním kole je považován ten, kdo byl hodnocen v pěti úlohách alespoň 5 body a dosáhl celkem nejméně 35 bodů.

Pozvání do druhého kola soutěže dostane pozvaný úspěšný řešitel FO od příslušného OVFO prostřednictvím školy.

Druhé kolo se uskuteční v místě určeném OVFO koncem března v termínu, vyhlášeném ÚVFO, a to v celé ČSSR v touž dobu. Ve druhém kole je úkolem řešitele vyřešit čtyři teoretické úlohy; zasílá je ÚVFO prostřednictvím KVFO. Úspěšným řešitelem druhého kola, kde se také boduje, je účastník, který vyřešil alespoň dvě úlohy s bodovým hodnocením alespoň 5 bodů a dosáhl přitom nejmenšího počtu bodů 14. OVFO opraví řešení úloh nejlépe ještě v den soutěže a sestaví pořadí úspěšných

řešitelů. Všichni úspěšní řešitelé dostanou pochvalná uznání, nejlepší soutěžící budou odměněni. Nejlepší soutěžící v okresním kole mají možnost studovat v matematických a matematicko-fyzikálních třídách gymnázií.

Krajské výbory fyzikální olympiády uspořádají v jarních měsících 1991 třetí kolo soutěže v kategorii E, zpravidla v krajském městě. Do třetího kola jsou vybráni nejlepší účastníci druhého kola podle statutu matematické a fyzikální olympiády; o jejich zařazení rozhoduje KVFO. Žáci jsou pozváni prostřednictvím své školy. Všichni úspěšní řešitelé třetího kola obdrží pochvalné uznání a nejlepší soutěžící budou odměněni.

Po ukončení každého kola soutěže jsou soutěžící seznámeni se správným řešením úloh, jež připravuje a rozmnožuje ÚVFO (alespoň jeden exemplář na školu pro potřeby učitelů fyziky).

Doporučujeme, aby okresní, popř. krajské výbory FO zajistily opravu II. a III. kola co nejdříve, nejlépe ještě v den soutěže, a velmi brzy informovaly účastníky soutěže a jejich školy o dosažených výsledcích. Doporučujeme také, aby učitelé fyziky, popř. referenti FO na školách provedli společně se řešiteli analýzu podaných řešení v I. a ve II. kole.

POKYNY PRO SOUTĚŽÍCÍ

Na první list každé úlohy napište záhlaví podle vzoru:

Jméno a příjmení:	Kategorie E
Třída:	Školní rok:
Škola:	I. kolo
Vyučující fyziky:	Posudek:
Okres:	Posuzovali:
Úloha č.	

Stručný záznam textu úlohy, vysvětlení označení veličin.

Podrobný protokol o řešení úlohy (nezapomeňte na myšlenkový postup).

Na každý další list napište své jméno, příjmení, školu a číslo řešení úlohy, stránku protokolu o řešení. Texty úloh neopisujte, vysvětlete použité označení a udělejte stručný zápis. Používejte náčrtky. Řešení úloh pište čitelně a úhledně na listy papíru formátu A4. Každou úlohu vypracujte na nový list papíru, pomocné obrázky nebo náčrtky schémat dělejte tužkou. Řešení úloh doprovázejte vždy slovním výkladem, aby každý, kdo si vaše řešení přečte, porozuměl vašemu postupu řešení. Připomínáme ještě jednou, že úloha bez výkladu je hodnocena jako nevyhovující. K označení veličin používejte obvyklé značky, které používáte ve výuce fyziky.

Úlohy řešte pokud možno nejprve obecně, potom proveďte číselné řešení. Nezapomínejte, že fyzikální veličiny jsou doprovázeny jednotkami, že ve fyzice pracujeme často s nepřesnými čísly a výsledek je třeba zaokrouhlit s ohledem na počet platných míst daných veličin. U zlomků pište vodorovnou zlomkovou čáru ($\frac{2}{3}$, $\frac{m}{s}$, $v = \frac{s}{t}$). Při řešení úloh se opírejte především o učebnice fyziky. Váš učitel fyziky vám doporučí i jiné vhodné studijní pomůcky.

Souběžně s fyzikální olympiádou zavádíme od školního roku 1986/87 novou kategorii FO pro zájemce o fyziku - ARCHIMÉDIÁDU, která je určena žákům sedmých ročníků základní školy. V prvním kole má soutěžící za úkol vyřešit doma pět úloh - jsou to úlohy výpočtové, problémové i experimentální. Úspěšní řešitelé postoupí do druhého kola, které je uspořádáno ve škole jako zábavné fyzikální odpoledne. Úlohy dostává i letos každá škola jako součást tohoto letáku a budou otištěny i v některých dětských časopisech.

Přejeme vám, abyste při řešení úloh fyzikální olympiády strávili pěkné chvíle, aby vás úlohy zaujaly, a tím aby se prohloubil váš dobrý vztah k fyzice. Fyzika je teoretickým základem techniky, která je pro současnou společnost zcela nepostradatelná. Fyzika je však i součástí lidské kultury, a proto by se měl s jejími výsledky seznámit každý člověk a najít k ní kladný vztah. Proto žádáme vyučující fyziky, aby ve 32. ročníku FO se tato soutěž rozšířila na všechny základní školy v Československu.

ÚVFO

Úlohy pro I. kolo kategorie E ve 32. ročníku FO

1. Automobil jel do místa vzdáleného 36 km. Větší část cesty o délce 30 km se pohyboval průměrnou rychlostí $60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, zbytek cesty, na které se pracovalo, průměrnou rychlostí $20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

- a) Za jakou dobu ujel automobil celou vzdálenost?
- b) Jaká byla jeho průměrná rychlost na celé trati?
- c) Jakou průměrnou rychlostí by musel jet na delším úseku cesty, aby ujel celou vzdálenost o 3 minuty dříve?

2. Mirek a Dušan, kteří bydlí ve dvou různých obcích, se dohodli, že se sejdou na silnici spojující obě obce. Mirek vyšel z domu po odeznění časového signálu 15.00 hodin a pohyboval se průměrnou rychlostí v_1 . Dušan vyšel o dobu Δt později a šel průměrnou rychlostí v_2 . Vzdálenost obou obcí je s .

- a) Za jakou dobu t od časového signálu se chlapci potkali?
- b) V jaké vzdálenosti s_1 od Mirkovy obce došlo k setkání?

Úlohu řeš nejprve obecně, potom pro hodnoty $v_1 = 4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, $v_2 = 6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, $s = 5 \text{ km}$, $\Delta t = 10 \text{ min}$. Úlohu řeš také graficky.

Poznámka: Δt (čti: delta té) značí časový interval (dobu).

3. Na stavbě přenášeli dva dělníci ocelové roury. První dělník držel rouru ve vzdálenosti $a = 0,5 \text{ m}$ od jednoho konce, druhý dělník ve vzdálenosti $b = 1 \text{ m}$ od druhého konce. Délka roury $c = 6 \text{ m}$, její vnější průměr $D = 8 \text{ cm}$, vnitřní průměr $d = 7 \text{ cm}$. Hustota oceli $\rho = 7\,800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

- a) Urči hmotnost m roury.
- b) Jakou silou F_1 působí na rouru první dělník?
- c) Jakou silou F_2 působí na rouru druhý dělník?
- d) Jakou práci vykoná první dělník a jakou práci druhý dělník, jestliže zvednou rouru rovnoměrným pohybem do výšky $h = 1,5 \text{ m}$?

Poznámka: Úlohy b), c) můžeš řešit na základě rovnovážné polohy roury, která se může otáčet působením síly jednoho z dělníků kolem myšlené osy v místě, kde drží rouru druhý dělník. Nakresli obrázek.

4. Jirka vložil do nádoby s vodou dřevěný kvádr a zjistil, že se kvádr ponořil do $\frac{3}{5}$ svého objemu. Potom vložil též kvádr do nádoby s lihem a zjistil, že nad hladinu vyčnívá jen $\frac{1}{4}$ jeho objemu.

- a) Urči hustotu dřeva, z něhož je kvádr zhotoven.
- b) Urči hustotu lihu.
- c) Jaká část objemu kvádru bude vyčnívat nad hladinu v případě, že kvádr vložíme do nádoby s glycerinem? Vyjádři v procentech.

Hustota vody $\rho_0 = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, hustota glycerinu $\rho = 1\,230 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

5. Maminka připravila pro vykoupání dítěte 10 litrů vody o teplotě 35°C smícháním teplé vody o teplotě 65°C a studené vody o teplotě 15°C .
- a) Kolik litrů teplé a kolik litrů studené vody k tomu použila? Únik tepla do okolí přitom neuvažuj.
 - b) Jakou výslednou teplotu by měla vodní lázeň připravená smícháním teplé a studené vody podle úlohy a), jestliže vaničce a nejbližšímu okolí se přitom odevzdalo teplo

210 kJ?

Měrná tepelná kapacita vody $c = 4\,200 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

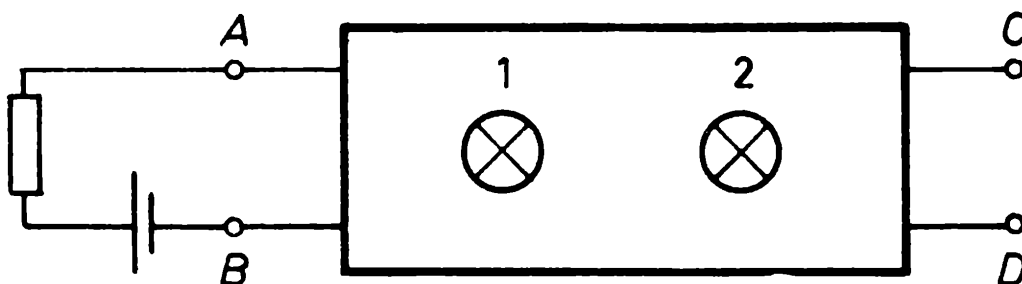
6. Máš k dispozici závaží o známé hmotnosti m_0 a dřevěné pravítko délky d . Pomocí těchto pomůcek máš přibližně určit hmotnost m dalšího tělesa, která se příliš neliší od hmotnosti m_0 . Hmotnost pravítka neuvažuj.

a) Popiš metodu měření.

b) Popsanou metodou urči hmotnosti $m_1, m_2, \dots, m_5$ pěti různých těles. Potom zkontroluj hmotnost těchto těles na laboratorních nebo listovních vahách. Tyto správnější hodnoty hmotnosti označ $m'_1, m'_2, \dots, m'_5$. Pro každé těleso urči rozdíl $\Delta m = m' - m$, a podíl $\frac{m' - m}{m}$. Z vypočtených hodnot urči, které měření je nejpřesnější. Svůj závěr vysvětli.

c) Popiš metodu měření v případě, že uvážíš také hmotnost M dřevěného pravítka.

7. Na přední stěně uzavřené skříňky jsou dvě žárovky, které jsou uvnitř propojeny k výstupním svorkám A, B, C, D. Tyto svorky umožňují zapojení skříňky do elektrického obvodu s baterií a rezistorem o vhodném odporu (obr. E-1).



E-1

Je-li skříňka do obvodu zapojena

- svorkami A, B (jak vidíme na obr. E-1), svítí žárovka 1,

- svorkami A, C, svítí opět žárovka 1,
- svorkami C, D, svítí žárovka 2,
- svorkami A, D, svítí obě žárovky.

- a) Nakresli schéma takového vnitřního zapojení žárovek s výstupními svorkami, aby byly splněny všechny čtyři uvedené podmínky současně.
- b) Která žárovka se rozsvítí, zapojíme-li skříňku po obvodu svorkami B, C ?
- c) Která žárovka se rozsvítí, zapojíme-li skříňku do obvodu svorkami B, D ?
- d) Při zapojení skříňky do obvodu svorkami A, D svítí obě žárovky. Jak jsou obě žárovky přitom spojeny? Za sebou nebo vedle sebe?
- e) Budou svítit v případě d) úlohy obě žárovky stejně jasné jako v případech, kdy svítila pouze jedna žárovka ? Odpověď zdůvodněte.

Poznámka: Abys poslední odpověď správně zdůvodnil, prostuduj si v učebnici fyziky pro 8. ročník základní školy články 2.14 a 2.17.

ARCHIMEDIÁDA 1991 - kategorie F fyzikální olympiády

Soutěž ARCHIMEDIÁDA 1991 probíhá ve dvou částech a je určena žákům 7. ročníků základních škol. První část se uskuteční v únoru až dubnu. Soutěžící dostanou 5 úloh, jejichž řešení vyžaduje schopnost fyzikálně uvažovat a používat výpočty nebo grafy. Některé úlohy dokonce předpokládají provést jednoduchý pokus. Řešení úloh zapisují řešitelé na papíry formátu A5 (malý sešit), každou úlohu na zvláštní papír, a odevzdají je nejpozději v posledním týdnu v dubnu svému učiteli fyziky.

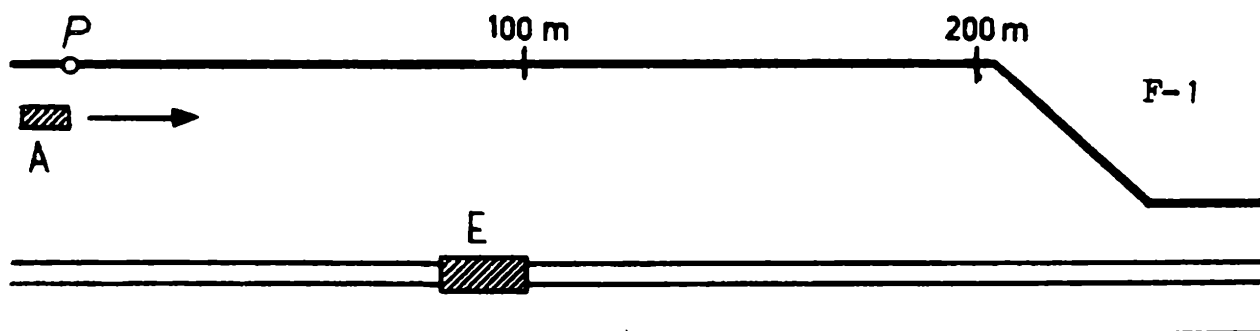
U všech úloh popište své úvahy při řešení. Učitel fyziky řešení opraví, pravděpodobně je s řešiteli prohovorí nebo jim alespoň sdělí správné výsledky a hodnocení řešení. Úlohy je třeba řešit stručně, ale protokol o řešení musí být výstižný, doplněný výpočty, grafy, tabulkami naměřených hodnot či jinak získaných hodnot, obrázky a náčrtky. Pokusy lze provádět doma či ve škole, musí být načrtnuta použitá souprava pomůcek.

Druhá část soutěže proběhne koncem měsíce května a bude organizována jakou soutěž jednotlivců nebo družstev podle dispozic, které obdrží učitelé fyziky a od nich řešitelé. Úkolem bude řešit různé úlohy, provádět a vysvětlovat pokusy, řešit hádanky a rébusy. Organizátor soutěže může také pověřit některé řešitele, aby si připravili předem referát či jiné vystoupení.

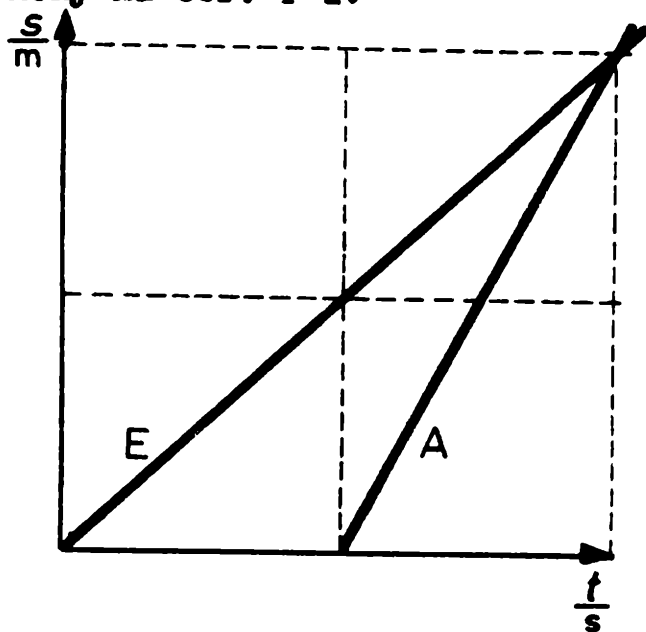
Doufáme, že nejnižší kategorie naší soutěže fyzikální olympiády - ARCHIMEDIÁDA - povzbudí žáky 7. ročníků k dalšímu studiu fyziky. Účastníky soutěže je třeba na závěr upozornit, že projeví-li zájem o fyziku, mohou se zúčastnit fyzikální olympiády v další kategorii, která je určena žákům 8. ročníků základních škol - v kategorii E. Úlohy budou doručeny na každou základní školu začátkem září.

Úlohy ARCHIMEDIÁDY 1991

1. Po přímé ulici projíždí kolem našeho stanoviště P vůz elektrické dráhy E rychlostí $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Po uplynutí doby 10 s od okamžiku, kdy nás minula přední část vozu, projede kolem nás automobil A týmž směrem jako zmíněný vůz (obr. F-1).



Grafy závislosti dráhy na čase jsou pro obě vozidla znázorněny na obr. F-2.



F-2

- Urči rychlost automobilu.
 - Jak se vyřeší dopravní situace v zúženém úseku vozovky?
- Které z vozidel projede v tomto místě jako první?

2. Na trase Hradec Králové - Bratislava jezdí řada autobusů. Odjezdy a příjezdy některých jsou vyznačeny v tabulce:

0 km	Hradec Králové	odj.	5.35	6.00	14.00
148 km	Brno	příj.	8.25	8.20	16.45
		odj.	9.00	8.55	17.10
280 km	Bratislava	příj.	11.15	10.40	19.40

Poslední autobus nejede v úseku Brno – Bratislava celou trasu po dálnici, a proto je dráha autobusu o 11 km delší.

a) Urči průměrné rychlosti autobusů během jejich pohybu v první a ve druhé části trasy a průměrnou rychlost při pohybu po celé trase. Další možné zastávky autobusů ne-
uvažuj.

b) Urči průměrnou cestovní rychlost, kterou se dopraví cestující po celé trase z Hradce Králové do Bratislavy.

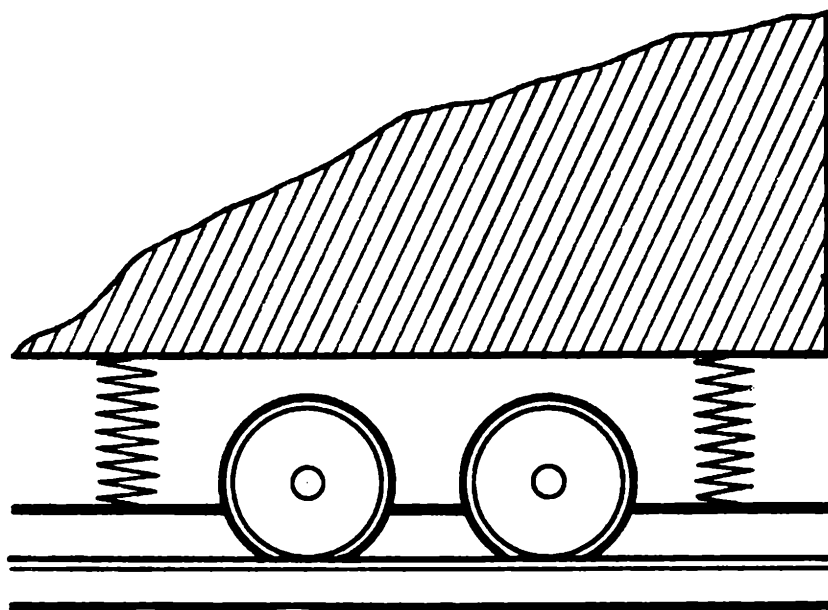
c) Nakresli graf pohybu pro všechny autobusy.

3. Urči obsah přibližně rovinného vnitřního dna nádoby (lahve či hrnku), do níž nemáš možnost vložit pravítko. K dispozici máš tato měřidla: odměrný válec a pravítko. Navrhni postup měření, potřebné pomůcky a pokus proved.

4. Odpružená část prázdného železničního vagónu má hmotnost 10 t. Každé z jeho čtyř soukolí je odpruženo dvěma pružinami (obr. F-3). Pokud je vagón prázdný, má každá pružina délku 30 cm. Jestliže na vagón uložíme náklad o hmotnosti 15 t, zkrátí se každá pružina o 5 cm.

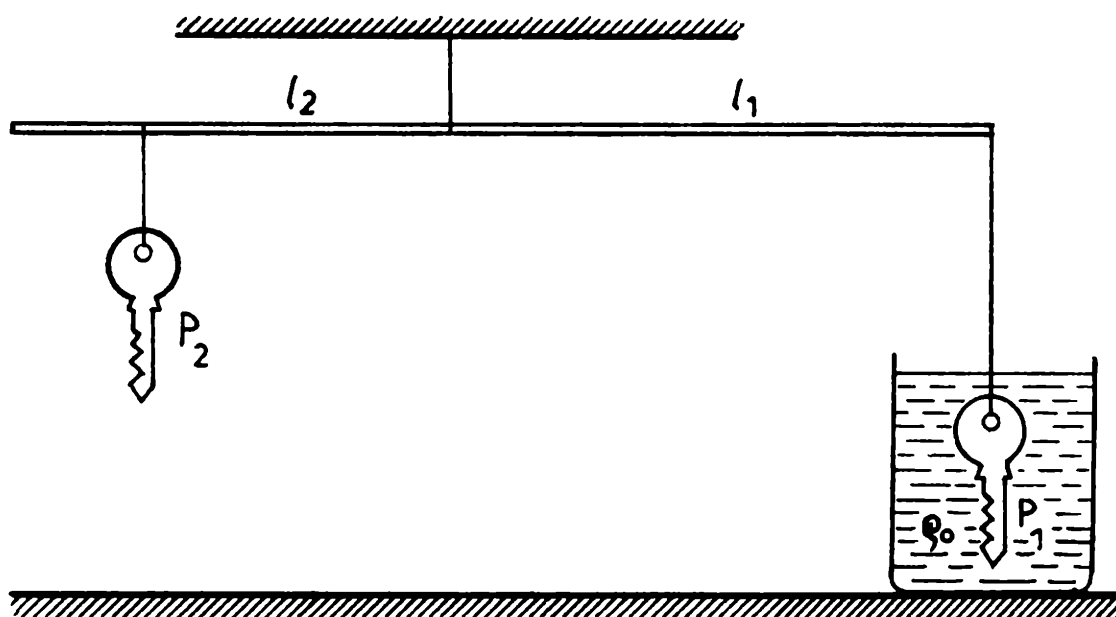
a) Sestroj graf závislosti délky pružiny na síle, která na ni působí.

b) Jakou délku bude mít pružina po vymontování z vagónu?



F-3

5. Na obr. F-4 je znázorněn pokus, při němž můžeme stanovit hustotu dvou těles P_1 , P_2 , jež mají stejnou hmotnost a stejný objem (např. dva stejné klíče). Jako páku použijeme



F-4

přímou dřevěnou nebo kovovou tyč, která je stejnorodá a má po celé své délce stejný průřez. Tyč a tělesa zavěs na tenké nitě. Vyjádři hustotu ρ materiálu obou těles pomocí hustoty ρ_0 kapaliny a délek ramen l_1, l_2 sil, působících na páku, a potom hustotu ρ vypočítej.

32. ročník soutěže

FYZIKÁLNÍ OLYMPIÁDA

Leták pro kategorie E, F

Vydalo Státní pedagogické nakladatelství Praha

roku 1990 jako svou publikaci č. 9-91-14-/32

Edice Účelové náklady

Odpovědná redaktorka Jana Nováková

Výtvarná redaktorka Zdeňka Drahokoupilová

Technická redaktorka Eliška Váchová

Vytiskly OSTRAVSKÉ TISKÁRNY, s. p., provoz 21, Ostrava 1, Novinářská 7, R 2660

Formát papíru 86 × 122 cm

Počet stran 20

AA 0,54 – VA 0,84

Náklad 10 000 výtisků

Tematická skupina a podskupina 03/5

1. vydání

14-440-90

ISBN 80-04-24991-4