

Fyzikálna olympiáda
54. ročník, 2012/2013
–kolské kolo
kategória C
zadanie úloh

1. Odraz pružnej loptičky

V tejto úlohe budete riešiť odraz loptičky od pevnej rovinatej plochy.

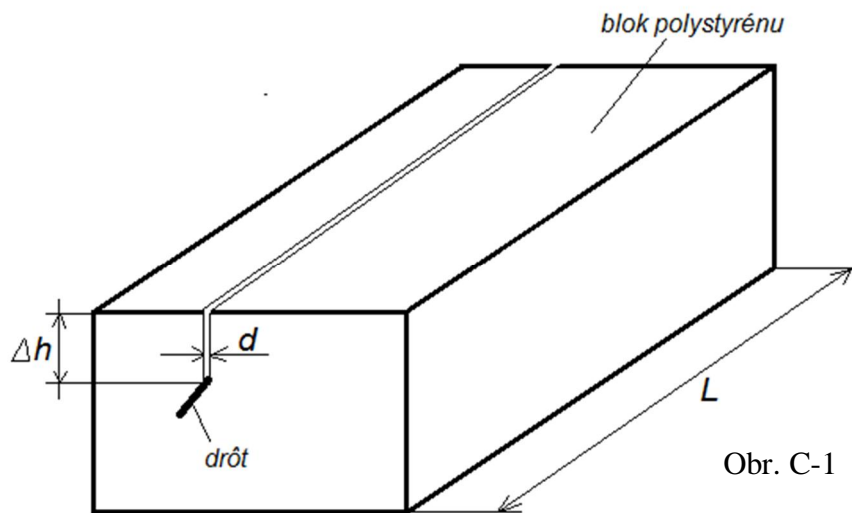
- Loptička s hmotnosťou $m = 0,10$ kg dopadne v zvislom smere na vodorovnú nepohyblivú pevnú dosku. Rýchlosť loptičky vzhľadom na okolie v okamihu pred dopadom bola $v_0 = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Doba trvania kontaktu loptičky s doskou počas odrazu $\Delta t = 4,0 \times 10^{-3}$ s. Nakreslite obrázok, v ktorom vyznačíte rýchlosť v_0 loptičky v okamihu pred dopadom na dosku, a v_1 v okamihu po odraze. Stručne opíšte odraz loptičky z fyzikálneho hľadiska.
- Graficky, pomocou vektorov, znázorníte celkovú zmenu veľkosti rýchlosti loptičky v priebehu odrazu. Určíte veľkosť vektora Δv .
- Určíte veľkosť strednej hodnoty F sily F , ktorá pôsobila na loptičku počas jej odrazu od dosky.
- Tá istá loptička, pohybujúca sa zvisle dolu rýchlosťou $v_0 = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vzhľadom na okolie, dopadne na vodorovnú pevnú dosku pohybujúcu sa rýchlosťou $v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zvisle nahor, proti smeru dopadu loptičky. Nakreslite obrázok, v ktorom vyznačíte rýchlosť v_{01} loptičky v okamihu pred dopadom a v_{02} v okamihu po odraze vzhľadom na inerciálnu sústavu spojenú s pohybujúcou sa doskou. Určíte veľkosť v_{02} rýchlosti v_{02} .
- Určíte rýchlosť v_2 loptičky po odraze vzhľadom na inerciálnu sústavu spojenú s okolím. Určíte výpočtom veľkosť zmeny rýchlosti v_2 loptičky vzhľadom na okolie pred odrazom a po odraze loptičky od pohybujúcej sa dosky.
- Uveďte aspoň dva príklady športov, pri ktorých dochádza ku škatapultácii loptičky (lopty) po interakcii s hráčom alebo nástrojom, ktorý používa hráč.

Pozn.: V riešení úlohy predpokladajte, že hmotnosť dosky je oveľa väčšia ako hmotnosť loptičky. Loptičku považujte za dokonale pružné teleso.

2. Odporová reza ka polystyrénu

Jednou z nevýhod práce s polystyrénom je, že pri rezaní napr. nožom alebo pílkou vzniká veľa pilín, ktoré zaprášujú prostredie, vzduch, podlahu, stôl a pod. Možno riešením je napr. rezanie polystyrénu pomocou horúceho drôtu. Či sa rozhodol, že si vyrobí elektrickú rezačku na polystyrén. K tomu použil elektrický zdroj s napätím $U = 8,0 \text{ V}$ a maximálnym výkonom $P_m = 50 \text{ W}$, oceňový rezač drôt kruhového prierezu s dĺžkou $L = 1,0 \text{ m}$, ktorý plánoval priamo pripojiť na elektrický zdroj.

- Urte maximálnu hodnotu d priemeru drôtu, aby sa v okamihu pripojenia na elektrický zdroj neprekročil maximálny výkon P_m zdroja?
- Urte prúd I , ktorý bude v tomto prípade prechádzať drôtom s priemerom d počas rezania polystyrénu a výkon P zdroja, ak drôt s celou svojou dĺžkou L je vnorený do bloku polystyrénu a počas rezania má teplotu topenia sa polystyrénu?



- Akou maximálnou rýchlosťou v_m sa môže pohybovať horúci drôt blokom polystyrénu počas rezania? Vysvetlite, čo sa stane, ak bude rýchlosť pohybu drôtu $v < v_m$.
- Drôt vyrezal drážku s hĺbkou $h = 7,5 \text{ cm}$ pri rýchlosti rezania v_m , obr. C-1. Aké množstvo tepla Q počas tohto procesu odovzdal drôt polystyrénu?

Materiálové konštanty:

Polystyrén: hustota $\rho = 50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, teplota topenia $t_t = 240 \text{ }^\circ\text{C}$, hmotnostné skupenské teplo topenia $l = 150 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, merná tepelná kapacita $c = 1300 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

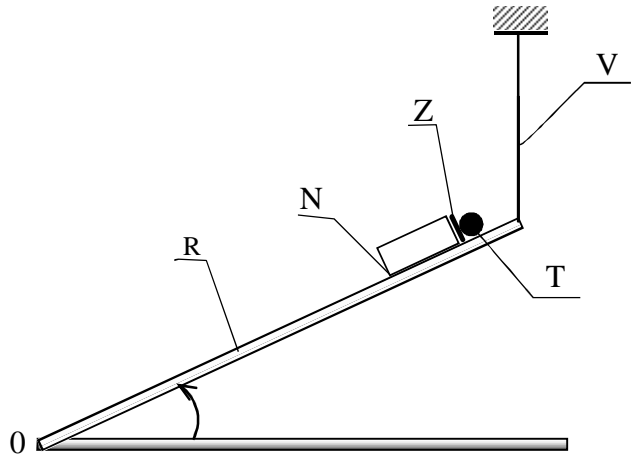
Oceňový: rezistivita pri $0 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_0 = 13 \times 10^{-8} \text{ } \Omega\cdot\text{m}$, teplotný súčiniteľ elektrického odporu $\alpha = 4,8 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Teplota polystyrénu vo všetkých prípadoch $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vnútroň odpor zdroja je veľmi malý voči odporu drôtu. Uvažujte, že drôt zohrieva a topí iba polystyrén, ktorý mu bezprostredne stojí v ceste, čím vypáli drážku s rovnakou hĺbkou, ako je priemer drôtu (pozri obr. C-1).

3. Paradox pri vo nom páde

Student zostrojil zaujímavé zariadenie, pomocou ktorého chce ukázať, že vo neotáčajúcej sa padajúcej ramene (R) (homogénna latka) s dĺžkou l zariadenia prebehne teliesko (T) padajúce v gravitačnom poli vo výškovom páde, pozri obr. C-2. Začiatková poloha ramena (R), otočeného v osi (O) (pomocou tzv. pántiku), je daná uhlom α vzhľadom na vodorovný smer. Súčasťou ramena je malá nádobka (N) uchytená na ramene a malá záťažka (Z) pod nádobkou



Obr. C-2

vpravo, ktorá drží teliesko v začiatkovej polohe. Vzďialenosť telieska od osi O je d . Začiatkovú polohu ramena fixujeme zvislým vláknom (V). Po prepálení vlákna rameno a teliesko sa pohybujú pôsobením gravitačnej sily. Ak sa nám pokus vydarí, teliesko padne po prechode ramena do vodorovnej polohy priamo do nádoby.

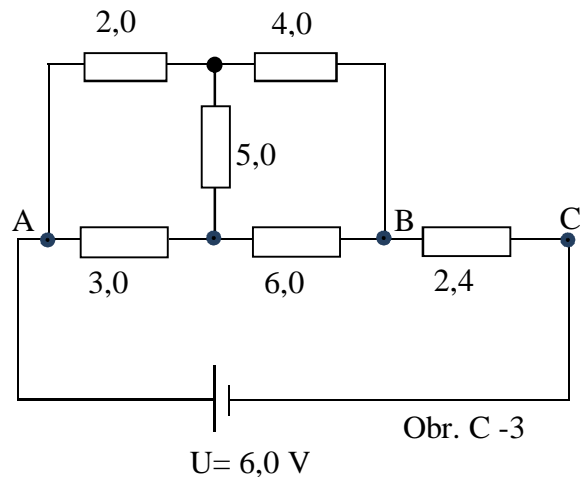
- Fyzikálne vysvetlite a zdôvodnite, ako je možné, že rameno šprejde prebehne vo výškovom páde teliesko, ktoré napokon dopadne do nádoby. Určte minimálnu vzdialenosť d_0 záťaže od osi O, pri ktorej dôjde v okamihu prepálenia vlákna k oddeleniu telieska od ramena pri uhle sklonu α . Diskutujte o možnosti riešenia úlohy. Určte najväčší uhol α_1 (pre prípad $d_0 = l$).
- Určte d_0/l ako funkciu uhla α , t. j. $d_0/l = f(\alpha)$.
- Zostrojte graf funkcie $d_0/l = f(\alpha)$ pre interval hodnôt uhla $(0, \alpha_1)$. Z grafu určte uhol α_2 pre $d/l = 0,75$.

Pozn.: Ak by ste sa rozhodli zostrojiť takéto zariadenie a vykonať pokus, odporúčame dopadovú plochu pod ramenom vystlať pruhom textílie alebo penovou gumou, aby sa stlmil dopad ramena na vodorovnú plochu. Rovnako je potrebné vystlať aj dno nádoby, aby sa teliesko po dopade na dno nádoby neodrazilo mimo nádoby.

Pozn. Moment zotrvačnosti I ramena s dĺžkou l vzhľadom na os otáčania na konci latky $I = ml^2/3$. Hmotnosť nádoby spolu s telieskom je malá v porovnaní s hmotnosťou ramena a ich vplyv na pohyb ramena neuvažujte.

4. Elektrický obvod

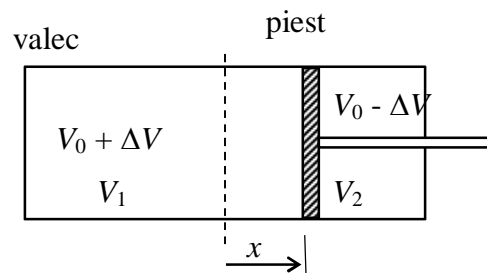
Na obr. C-3 je schéma elektrickej siete, ktorá pozostáva zo šiestich rezistorov a elektrického zdroja s malým vnútorným odporom. Hodnoty odporu rezistorov a napätie zdroja sú vyznačené v schéme siete.



- Nakreslite schému siete a vyznačte v nej elektrické prúdy prechádzajúce jednotlivými vetvami (rezistormi) siete.
- Urte celkový odpor R siete medzi uzlami A a C.
- Urte elektrické prúdy I_1 a I_6 v jednotlivých vetvách siete.
- Urte elektrické napätie U_{AB} medzi uzlami A a B, a elektrické napätie U_{BC} medzi uzlami B a C siete.
- Urte celkový elektrický príkon P siete.

5. Termodynamika

Valec je rozdelený piestom na dve časti, pričom valec je tepelne vodivý a valec je tepelne izolovaný. V oboch častiach je rovnaký plyn N_2 pozostávajúci z dvojomových molekúl. Na začiatku majú obidve časti rovnaký objem V_0 a plyn má teplotu T_0 a tlak p_0 .



Obr. C-4

Piest posunieme zo strednej polohy, pričom zmena veľkosti jednotlivých objemov je $\Delta V = V_0/2$, obr. C-4. Zmena prebehne tak rýchlo, že dej v plynoch možno považovať za adiabatický. Plyn v jednotlivých častiach dosiahne teploty T_1 a T_2 . Po úrtoťom sa dôjde v dôsledku vodivosti piestu k vyrovnaniu teploty oboch častí na hodnotu T_{v1} .

- Urte teploty T_1 , T_2 a T_{v1} a prácu W_1 , ktorú vykoná vonkajšia sila pri posunutí piestu do výslednej polohy.

Potom piest rýchlo posunieme nazad do pôvodnej polohy v strede valca. Teplota plynu v jednotlivých častiach valca sa zmení adiabaticky z hodnoty T_{v1} na hodnoty T_1^* a T_2^* . Potom sa vo valci izochoricky ustáli výsledná teplota T_{v2} .

- Urte rozdiel výslednej teploty T_{v2} a začiatkovej teploty T_0 a celkovú prácu W vykonanú vonkajšou silou počas celého cyklu.
- Termodynamický cyklus vo valci je nevratný. Keď sa proces niekedy zopakuje, teplota plynu vo valci sa postupne mení. Čo je príčinou nevratnosti deja?

6. Pevnosť pláňa a lietadla

V roku 2011 zafíli cestujúci letu Boeingu 737 chvíle strachu, keď sa v hornej časti trupu lietadla vytvorila po as letu veľká diera. Predtým ufl v roku 2008 nastal podobný prípad u Boeingu 747 (otvor v mieste batoflinového priestoru). V oboch prípadoch sa podarilo s lietadlami – asne núdzovo pristáť. Prí inou bolo prekroenie pevnosti materiálu pri extrémnom namáhaní vo veľkých výškach.



- S rastúcou výškou nad Zemou klesá teplota i tlak. Afl do výšky $h = 10$ km, v ktorej lietajú dopravné lietadlá, klesá teplota lineárne s výškou, pričom na výškový rozdiel $\Delta h = 100$ m pripadá pokles teploty $\Delta t \approx 0,70$ °C. Urte teplotu, tlak a hustotu vzduchu vo výške h , ak vo výške $h_0 = 0$ m zodpovedá tlak $p_0 = 100$ kPa a teplota $t_0 = 20$ °C. Predpokladajte, že atmosféra predstavuje ideálny plyn, v ktorom platí pre tlak a objem podmienka $pV^\kappa = \text{konštanta}$ nezávisle od výšky, pričom $\kappa = 1,25$.
- Vo vnútri lietadla sa udržiava tlak p_0 ako na Zemi. Urte rozdiel tlaku medzi vnútorným a vonkajším povrchom pláňa, ak lietadlo letí vo výške $h = 10$ km rýchlosťou $v = 900$ km/h. Predpokladajte, že pláňa predstavuje valcovú plochu a vzduch obteká lietadlo laminárne.
- Valcový pláňa lietadla s priemerom $D = 8,0$ m je zostavený z plechov, ktoré sú spojené nitmi. Aká strihová sila F_1 pripadá na jeden nit pozdĺžneho spoja plechov (spoja rovnobežného s osou valca), ak na dĺžku $l_1 = 1,0$ m spoja pripadá $N = 200$ nitov? Nity majú priemer $d = 5,0$ mm. Urte strihové (mykové) napätie v nitoch a zistite, či je po et nitoch postačujúci, ak je dovolené strihové napätie nitov $\tau_{\text{dov}} = 90$ MPa.

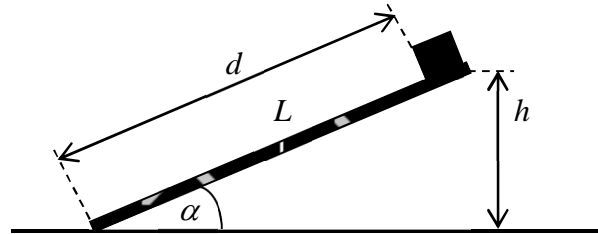
7. Meranie sú inite ov statického a -mykového trenia

Zadanie úlohy:

S použitím naklonenej roviny s nastavitelným uhlom sklonu určte sú inite statického trenia a sú inite -mykového trenia medzi daným telesom a podložkou.

Téoria:

Na teleso, ktoré sa nachádza v pokoji na naklonenej rovine, pôsobí v smere rovnobežnom s naklonenou rovinou zložka tiažovej sily $F_G \cdot \sin \alpha$, ktorá je v rovnováhe s rovnako veľkou silou statického trenia. Sila statického trenia je obmedzená maximálnou hodnotou $F_n f_s$, kde $F_n = F_G \cdot \cos \alpha$. Medzný prípad zodpovedá rovnosti $f_s = \tan \alpha_s$, kde α_s je najväčší uhol, pri ktorom je teleso ešte v pokoji.



Ak je uhol sklonu naklonenej roviny $\alpha > \alpha_s$, začne sa teleso po položení na horný koniec naklonenej roviny pohybovať smerom nadol, pričom zrýchlenie pohybu je $a = g \sin \alpha - f g \cos \alpha$. Čas pohybu pozdĺž dráhy d je určený vzťahom $d = (1/2) a t^2$. Sú inite k zavedeniu trenia je potom daný vzťahom

$$f = \frac{L}{\sqrt{L^2 - h^2}} \left(\frac{h}{L} - \frac{2d}{gt^2} \right).$$

Postup merania:

- Naklonenú rovinu realizujte pomocou vhodnej dosky s dĺžkou približne 1 m. Pri určovaní sú inite a statického trenia pomaly dvíhajte koniec dosky s položeným telesom až do okamihu, keď sa začne teleso slyškať smerom nadol. Zo zmeranej dĺžky dosky a výšky horného konca vypočítajte uhol sklonu α_s a sú inite f_s .
- Nastavte uhol sklonu $\alpha > \alpha_s$. Na horný koniec položte dané teleso a sledujte jeho kľzavý pohyb k dolnému koncu. Zmerajte dráhu telesa a čas pohybu na tejto dráhe.
- Namerané hodnoty veľmi zapíšte do prehľadnej tabuľky spolu s vypočítanými hodnotami sú inite ov trenia. Merania niekoľkokrát opakujte a výsledky štatisticky spracujte.
- Zhodnotte výsledky meraní a posúďte vhodnosť použitej metódy.

Fyzikálna olympiáda, 54. ročník Úlohy -kolského kola kategórie C

Autori úloh: Martina Kľuvancová (1.), Dušan Nemeč (2.), Roman Kľuvanec (3. a 4.), Ivo Šáp (5 a 7)

Recenzia: Daniel Kľuvanec, Ivo Šáp

Redakčná úprava: Ivo Šáp

Vydal: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
IUVENTA a Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2012