

59. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2017/2018
Kategória E – domáce kolo
Text úloh

1. Bežeké preteky

Patrik, trénovaný športovec a reprezentant krajiny, dokázal bežať 400 m trať za čas $t = 55$ s. Svoju športovú kondíciu chcel potvrdiť tým, že navrhol bežekú súťaž s desiatimi spolužiakmi zo športovej triedy, ktorí dosahovali v behu na krátkych tratiach najlepšie výsledky.

Patrik požiadal trénera, aby odštartoval skupinku spolužiakov v čase o $\tau = 16$ s skôr, ako odštartuje Patrika. Prehlásil, že najpomalšieho bežca skupiny dostihne najneskôr v čase $t_1 = 25$ s a najrýchlejšieho najneskôr v čase $t_2 = 60$ s po svojom štarte. Presným meraním pomocou mobilov v aplikácii STOPKY spolužiaci namerali rýchlosť najpomalšieho spolužiaka $v_1 = 4,5$ m/s, najrýchlejšieho $v_2 = 5,6$ m/s.

- Nakresli v jednej súradnicovej sústave závislosť dráhy s od času t ($s \sim t$) behu Patrika (1.), najpomalšieho (2.) a najrýchlejšieho (3.) bežca skupiny na bežekej trati.
- Pomocou grafu urči, v ktorom čase od začiatku štartu skupiny v skutočnosti dobehol Patrik najpomalšieho (t_p), a najrýchlejšieho (t_r) bežca skupiny? Vyhral alebo prehral Patrik stávkou?
- V akej vzdialenosti od miesta štartu skupiny v skutočnosti dobehol Patrik najpomalšieho (s_p) a najrýchlejšieho (s_r) bežca skupiny?
- Urči vzdialenosť Δs medzi najpomalším a najrýchlejším bežcom skupiny na bežekej trati v okamihu t_p – pomocou grafu a výpočtom.

Všetci súťažiaci bežali na bežekej trati rovnomerne.

2. Pád parašutistu

Určite si pozoroval priamo alebo v televízii pád parašutistu po opustení lietadla (helikoptéry, balóna). Predpokladaj, že pád parašutistu po opustení helikoptéry má zvislú trajektóriu. Z teórie pohybu telies v tekutinách (plyny alebo kvapaliny) pre vyššie rýchlosti je známe, že odporová sila F_o pôsobiaca proti pohybu telesa je priamo úmerná druhej mocnine okamžitej rýchlosti v pohybu telesa voči prostrediu

$$F_o = \frac{1}{2} C \rho S v^2 \text{ (Newtonov vzťah),}$$

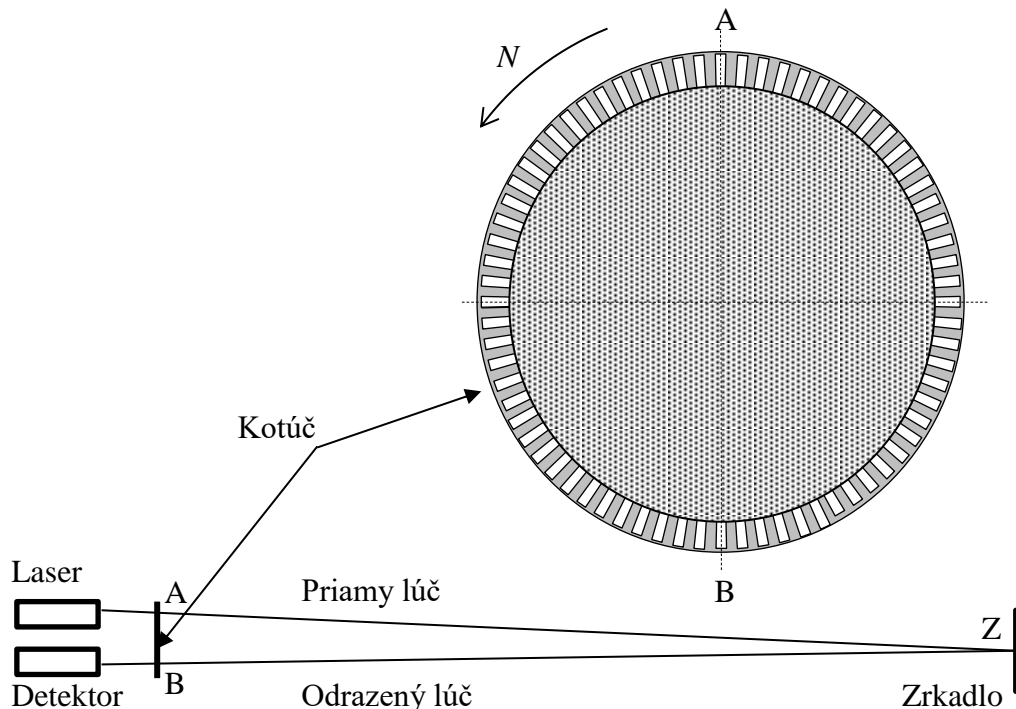
kde C je súčiniteľ odporu závislý od tvaru telesa (kruhová doska $C \approx 1,12$; dutá polguľa otočená dutinou v smere pohybu telesa $C \approx 1,33$; guľa $C \approx 0,48$), ρ hustota tekutiny (hustota vzduchu $\rho \approx 1,3$ kg/m³), S obsah pričného rezu telesa kolmého na smer rýchlosti. Skrátené možno pre konkrétny prípad napísať $F_o = k v^2$, kde k je konštanta. Hmotnosť parašutistu s potrebnou výbavou (padák, prilba) $m \approx 92$ kg. Gravitačná konštanta $g \approx 9,8$ N/kg.

- Opíš jednotlivé charakteristické časti pádu parašutistu. K tomu nakresli náčrtok.
- Pád parašutistu pred otvorením padáka je rovnomerný rýchlosťou v_1 . Táto rýchlosť je rozdielna podľa toho, akú polohu má telo parašutistu (rozťahnuté ruky a nohy vo vodorovnej polohe alebo polohu kĺbka).

- c) Urči približnú hodnotu rýchlosti v_1 pre hodnoty $C = 1,12$ a $C = 0,48$. Obsah S prierehu parašutistu s výstrojom odhadni podľa vlastnej postavy.
- d) Posledná časť pádu parašutistu nastáva po otvorení padáka. Jeho pád sa výrazne a rýchlo spomalí na rýchlosť v_2 , a touto rýchlosťou padá až na zem. Nakresli obrázok, pomenuj a vyznač v ňom značkou vektora sily, ktoré v tejto časti pádu pôsobia na parašutistu. Urči rýchlosť v_2 pádu s otvoreným padákom, ak má padák tvar dutej polgule s polomerom $r = 3,6$ m.

3. Meranie rýchlosti šírenia svetla

Na veľkom zamrznutom jazere robili experiment dokumentujúci konečnú rýchlosť šírenia svetla vo vzduchu. Na jednom konci jazera umiestnili kolmo na povrch ľadu zrkadlo. Vo vzdialenosti d v smere kolmom na plochu zrkadla mali na saniach aparáturu, ktorá pozostávala z lasera, detektora svetla (prijímača) a otočného kotúča poháňaného motorom s nastaviteľnými otáčkami a otáčkomerom. Kotúč mal na obvode $n = 150$ rovnakých obdĺžnikových okienok, pričom ich stredy sa nachádzali na kružnici s polomerom $r = 19$ cm a vzdialenosť stredov okienok bola rovná dvojnásobku ich šírky, pozri obr. E-1. Aparatúru zostavili tak, aby vodorovný lúč lasera s priemerom $d = 4,0$ mm prechádzal horným okienkom A kotúča upevneným kolmo na smer lúča, a detektor umiestnili za dolné okienko B, aby mohli zachytiť lúč odrazený od zrkadla a dopadajúci na okienko na dolnom okraji kotúča, pozri obr. E-1 dolu. Pre laserový lúč je známe, že jeho priemer zostáva i pri veľkej vzdialenosti rovnaký. Vzhľadom na veľkú vzdialenosť d je potrebné veľmi citlivé a presné nastavenie zrkadla a aparatúry.



Obr. E-1

a) Urči šírku a okienka na kotúči.

Na začiatku bola vzdialenosť kotúča od zrkadla $d_1 = 800$ m a kotúč sa neotáčal. Sústava bola nastavená tak, že lúč odrazený od zrkadla prechádzal okienkom kotúča na dolnom okraji B a detektor zaznamenával maximálny signál. Potom sa začal kotúč otáčať a pri dosiahnutí otáčok $N_1 = 37\,000$ ot/min poklesol signál detektora na minimálnu hodnotu.

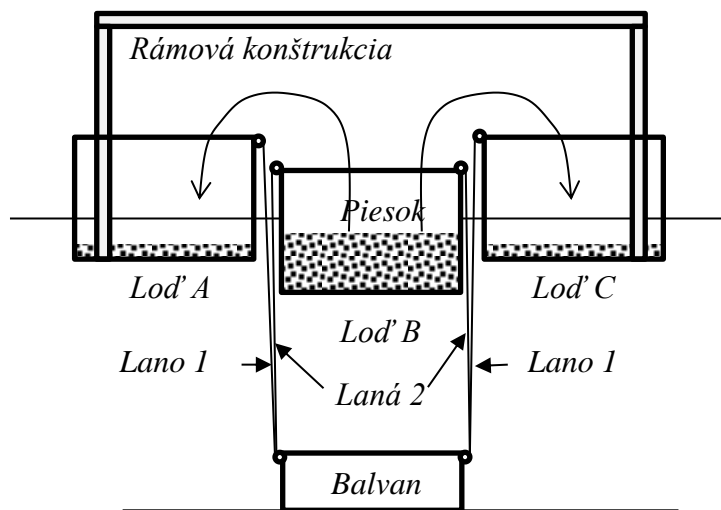
b) Stručne vysvetli princíp merania rýchlosti svetla pomocou opísanej zostavy. Urči rýchlosť c_1 šírenia svetla lasera vo vzduchu, ktorú získali výpočtom z nameraných hodnôt.

c) Motor je schopný dosiahnuť maximálne otáčky kotúča $N_m = 100\,000$ ot/min. Do akej vzdialenosti d_2 od zrkadla treba premiestniť aparáturu, aby pri zvyšovaní otáčok kotúča zo stavu pokoja najprv signál detektora poklesol na minimálnu hodnotu a potom opäť dosiahol maximálnu hodnotu. Uvažuj rýchlosť svetla $c = 300$ tis. km/s. Vysvetli, prečo sa signál detektora opäť zvýši a ako by sa signál menil pri ďalšom zvyšovaní otáčok kotúča.

4. Dvíhanie balvanu z dna mora

Na vyzdvihnutie ťažkého balvanu z mora používali Číňania zaujímavú techniku, podobnú technike uvedenej v tejto zjednodušenej úlohe.

Tri rovnaké lode A, B, C, každá s hmotnosťou $m_L = 3,6$ t v tvare kvádra s obdĺžnikovým pôdorysom so stranami a, b plávajú vedľa seba nad balvanom v tvare kvádra s rovnakým pôdorysom ako majú lode, obr. E–2. Balvan je uchytený lanami 1 k lodiam A a C a lanami 2 k lodi B. Lode A a C sú navzájom pevne spojené rámovou konštrukciou.



Obr. E–2

Na začiatku sa lod' B naloží pieskom a laná 2 sa napnú. Lode A a C sú prázdne. Potom sa piesok preloží z lode B rovnakým dielom do lodí A a C a napnú sa laná 1. Potom sa piesok opäť preloží do lode B, napnú sa laná 2 a celý postup sa opakuje.

a) Vysvetli, ako sa uvedeným postupom balvan vyzdvihne nad dno. Nakresli obrázky polohy lodí a balvanu po prvom a druhom preložení piesku. V obrázkoch vektormi znázorni sily, ktoré pôsobia na jednotlivé lode a na balvan.

- b) Balvan má rozmery pôdorysu $a = 3,00$ m, $b = 6,00$ m a výšku $c = 30,0$ cm. Hustota balvanu $\rho_b = 5,00$ g/cm³. Piesok naložený do lode B vytvára v lodi vrstvu s výškou $d = 1,00$ m. Hustota piesku $\rho_p = 3\,000$ kg/m³. Urči hmotnosť m_b balvanu a hmotnosť m_p piesku.
- c) Urči ponor H_1 lode B po naložení piesku (hlbku dna lode pod hladinou vody).
- d) Urči výšky h_1 a h_2 balvanu nad dnom po prvom a druhom preložení piesku. Aký počet n preložení piesku treba vykonať, aby sa balvan vyzdvihol do výšky $h_n = 5,00$ m nad dno?

Pevnosť lán je dostatočne veľká na dvíhanie balvanu. Hustota vody $\rho_v = 1\,000$ kg/m³. Balvan je celý počas dvíhania pod hladinou vody a pod úrovňou dna lodí.

5. Svetelné zdroje

Medzi technicky zaujímavé a moderné svetelné zdroje patria LED–diódy (Light Emitting Diode – svetlo emitujúca dióda). Používajú sa nielen na osvetlenie domácnosti a verejných priestorov, ale takmer všetky svetelné body nových dopravných zariadení už sú obsadzované svetelnými zdrojmi LED (LED semaforey).

Z literatúry alebo internetu vyhľadaj informácie o týchto moderných zdrojoch svetla a odpovedz na nasledovné otázky:

- a) Nakresli značku, ktorou sa LED označujú v elektrických obvodoch.
- b) Napíš hlavné prednosti svetelných zdrojov LED.
- c) Svetelný tok vyžarovaný zdrojom svetla sa meria v jednotkách lm (lumen). Klasická žiarovka s príkonom 75 W vydáva svetelný tok približne 1 000 lm, čo zodpovedá svetelnému toku halogénovej žiarovky svetlometu auta s príkonom 55 W. Vyhľadaj informáciu o príkone LED žiarovky so svetelným tokom 1 000 lm.
- d) Uváž a napíš, prečo napr. v signalizačných obvodoch automobilov alebo iných zariadení sa používajú reťazce LED.
- e) Uváž a napíš, prečo sa vo svetlometoch automobilov naďalej využívajú xenónové žiarovky (výrobcovia Philips, OSRAM a pod.).
- f) Urob vo vašej domácnosti zoznam všetkých zdrojov svetla, napíš k nim druh žiarovky (klasická, úsporná s vláknom, kompaktná žiarivka, halogénová výbojka, LED) ich elektrický príkon a odhadni priemerný čas ich svietenia počas jedného dňa. Urči elektrickú energiu E_1 spotrebovanú zdrojmi svetla vo vašej domácnosti za rok. Urči elektrickú energiu E_2 , ktorú by spotrebovala vaša domácnosť na osvetlenie, keby sa všetky svetelné zdroje nahradili LED s rovnakým svetelným tokom. Akú finančnú úsporu predstavuje táto náhrada, ak cena za 1 kWh elektrickej energie je 0,19 €?.

Pozn.: Odporúčané stránky internetu:

<http://www.uspornaziarovka.sk/pages/Najpouzivanejsie-typy-ziaroviek.html>

https://sk.wikipedia.org/wiki/Halogénová_žiarovka

6. Kryštalická mriežka

Kovy väčšinou kryštalizujú v kubickej (kockovej) kryštalografickej štruktúre, a to plošne centrovanej alebo priestorovo centrovanej. V literatúre alebo na internete vyhľadaj základné informácie o uvedených kryštalografických štruktúrach.

- Načrtni základnú bunku (kocku) oboch kubických štruktúr a uloženie atómov v bunke každého kovu.
- Každý atóm kryštálu môže byť spoločný pre niekoľko susedných buniek. Uveď, pre koľko buniek kryštálu sú spoločné jednotlivé atómy elementárnej bunky. Urči počet n atómov pripadajúcich priemerne na jednu bunku každej z oboch kubických kryštalografických štruktúr.
- Vyhľadaj dva kovy, ktoré kryštalizujú v kubickej plošne centrovanej kryštalografickej štruktúre, a dva kovy, ktoré kryštalizujú v kubickej priestorovo centrovanej kryštalografickej štruktúre. Do tabuľky zapíš pre tieto kovy hmotnosť m_i jedného atómu, typ mriežky a mriežkovú konštantu a_i (veľkosť hrany základnej bunky).

Pomocou údajov z tabuľky urči pre jednotlivé kovy ich hustotou ρ_i a takto získané hodnoty porovnaj s tabuľkovými hodnotami hustoty kovov. Mriežkové konštanty kovov vyhľadaj v MF tabuľkách.

7. Straty tepla v dome (experimentálna úloha)

Konštruktéri stavieb, ako aj výrobcovia stavebného materiálu, sa snažia vyvíjať materiály, ktoré majú nielen požadované mechanické, ale aj tepelné vlastnosti. V krajinách, kde sa striedajú ročné obdobia s nízkymi teplotami (zima) a vysokými teplotami (leto), sa kalkuluje s tým, aby boli nízke náklady na vykurovanie, prípadne chladenie vnútorných priestorov domov a bytov.

Z domu býva „únik – strata“ tepla cez všetky plochy, ktoré oddeľujú vnútorný priestor domu od okolia. Ak udržujeme vnútorný priestor domu na vyššej teplote, napr. nad 18 °C a okolie domu má nižšiu teplotu o niekoľko °C, dochádza k nežiaducemu úniku tepla cez steny, podlahy, stropy, strechy, okná.

Prechod tepla cez stenu je spôsobený tým, že stavebné materiály nie sú dokonalé tepelné izolátory. Teplo Q prechádzajúce vrstvou materiálu (obr. E-3) za čas τ , ak medzi ohraničujúcimi plochami vrstvy je teplotný rozdiel $t_2 - t_1 = \Delta t$, je

$$Q = U S \Delta t \tau,$$

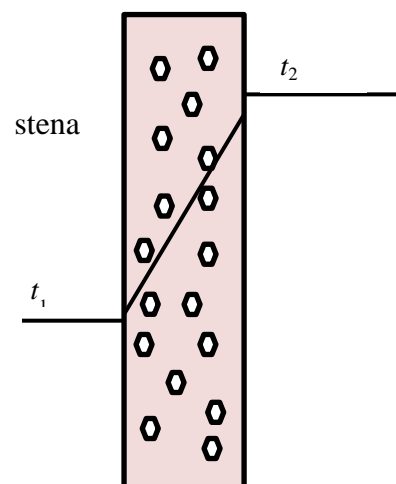
kde S je obsah plochy povrchu, U je *súčiniteľ prechodu tepla* pre danú vrstvu. Jednotka súčiniteľa U , ako vyplýva z tohto vzťahu, je

$$[U] = \frac{[Q]}{[\tau][S][\Delta t]} = \frac{1J}{1s 1m^2 1oC} = 1 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C).$$

Súčiniteľ U pre konkrétnu vrstvu je materiálová

konštanta, ktorú možno určiť meraním. Podiel $\frac{Q}{\tau} = P_s$

možno nazvať stratový tepelný výkon, $\frac{[Q]}{[\tau]} = \frac{1J}{1s} = 1 \text{ W}$.



Obr. E-3 Prechod tepla stenou

V tabuľke sú len približné a orientačné hodnoty súčiniteľa U v jednotkách $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$:

Strecha bez izolácie	2,0
Strecha s izoláciou.....	0,4
Stena so vzduchovými bublinami	1,5
Stena z tepelne izolačných materiálov	0,5
Okno jednovrstvové	5,6
Okno dvojvrstvové	3,0
Jednoduché drevené dvere	1,0

Úlohy:

- Odmeraj rozmery najväčšej obdĺžnikovej steny, ktorá oddeľuje váš byt alebo dom od okolia. Vypočítaj a zapíš obsah povrchu steny znížený o obsah plôch okien a dverí v stene.
- Odmeraj rozmery zasklených plôch (okien), ktoré oddeľujú váš byt alebo dom od okolia. Vypočítaj a zapíš obsah plôch okien.
- Vypočítaj orientačnú hodnotu prechodu tepla (straty) a) stenou, b) oknami dopoludnia 18. januára 2017, keď v byte ste udržiavali teplotu $t_2 \approx 21 \text{ }^\circ\text{C}$ a vonkajšia teplota bola $t_1 \approx -8 \text{ }^\circ\text{C}$. Vo výpočte zober do úvahy aj technické prevedenie steny a okien.
- Navrhni postupy na úpravu bytu, domu, aby ste znížili straty tepla do okolia.
- Ultra nízkoenergetický dom má mať podľa normy ročnú spotrebu tepla najviac $34 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Splňa túto podmienku dom, ak súčet všetkých jeho plôch vymedzujúcich jeho vnútorný priestor je 308 m^2 a na vykurovanie spotrebujú ročne $19\,500 \text{ kWh}$ elektrickej energie?

59. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie E

Autori úloh: Daniel Klivanec (1, 2, 5 – 7), Aba Teleki (3), Boris Lacsny (4)
Recenzia a úprava úloh: Ivo Čáp
Redakcia: Daniel Klivanec
Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2017