

55. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2013/2014
Zadania úloh domáceho kola kategórie C

(ďalšie informácie na <http://fo.uniza.sk> a www.olympiady.sk)

1. Cvičná streľba na letiaci cieľ na letiaci maketu lietadla

Pri cvičných streľbách na letiaci cieľ sa používajú makety lietadiel ťahané na dlhom lane za lietadlom. Lietadlo s maketou sa pohybovalo v konštantnej výške h nad vodorovným povrchom zeme rýchlosťou $v_1 = 860 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Delostrelec namieril protiletadlové delo bez akýchkoľvek korekcií priamo na maketu a vystrelil náboj, ktorý opustil hlaveň rýchlosťou $v_2 = 700 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Hlaveň dela zvierala s rovinou zeme v okamihu výstrelu uhol $\alpha = 25,0^\circ$. Trajektórie makety i strely sa nachádzajú v jednej zvislej rovine. Skúsený delostrelec vyhlásil, že takýmto spôsobom streľby sa nič netrafí.

- a) Nakresli náčrtok (model) potrebný k riešeniu úlohy.
- b) Prečo tvrdí skúsený delostrelec, že takýmto spôsobom streľby sa nič netrafí?

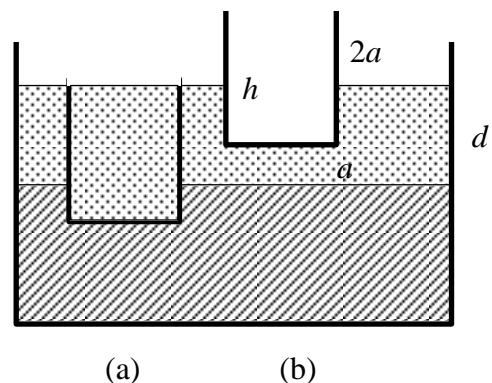
Náboj vystrelený z dela podľa opisu v úlohe napokon maketu predsa zasiahol.

- c) V akej výške h nad povrchom zeme sa pohybovala maketa? Bol zásah náhodný?

Pri riešení neuvažujte odpor vzduchu pri pohybe náboja.

2. Hustota kvapaliny

Vo veľkej nádobe je voda, nad ktorou sa nachádza vrstva oleja, obr. C–1. Olej sa s vodou nezmiešava. Do kvapaliny je vložená úzka tenkostenná nádobka s hmotnosťou $m = 40 \text{ g}$ s obsahom plochy dna nádobky $S = 25 \text{ cm}^2$ a výškou $h = 12 \text{ cm}$. Ak je nádobka naplnená až po okraj olejom, ponorí sa nádobka tak, že sa jej horný okraj nachádza na úrovni hladiny kvapaliny, obr. C–1 (a). Ak je nádobka prázdna, nachádza sa jej dolná podstava vo výške a nad rozhraním kvapalín a horný koniec vyčnieva nad hladinu dĺžkou $2a$, obr. C–1 (b).



Obr. C–1

- a) Určte hrúbku d olejovej vrstvy.
- b) Určte hustotu ρ_o oleja.

Hustota vody $\rho_v = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

3. Diferenciálna kalorimetria

Diferenciálna skenovacia kalorimetria (*Differential Scanning Calorimetry – DSC*) je kalorimetrická metóda, pri ktorej sa dodáva teplo dvom vzorkám (jednej referenčnej, druhej meranej) tak, aby bola teplota oboch vzoriek v procese zohrievania rovnaká. Porovnávajú sa tepelné príkony oboch vzoriek potrebné na zabezpečenie rovnakého nárastu ich teploty. Teploty vzoriek sa merajú pomocou termočlánkov. Riadiaca jednotka ovláda príkon vykurovacích telies tak, aby sa zabezpečil požadovaný časový nárast teploty. Výstupnými veličinami zariadenia sú teplota a príkon meranej vzorky, resp. rozdiel príkonov vzoriek.

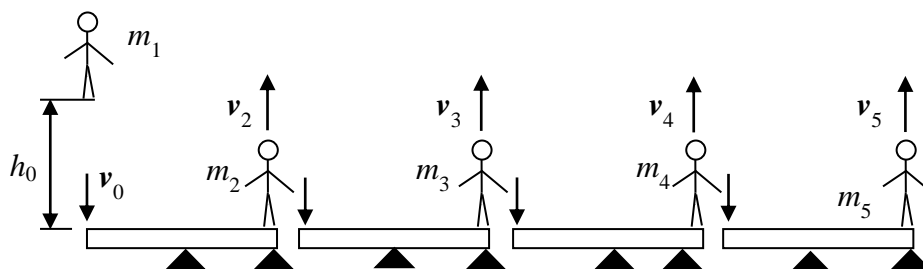
Pri meraní boli použité dve rovnaké hliníkové nádoby. Jedna prázdna slúži ako referenčná, v druhej sa nachádza meraná vzorka s hmotnosťou $m = 1,0$ g. Riadiaca jednotka zabezpečuje rovnomerný nárast teploty $\Delta T/\Delta \tau = 1,0$ °C/s. Pri meraní, počas ktorého sa vzorka roztopila, bol zaznamenaný rozdielový príkon ΔP ako funkcia teploty t uvedený v tabuľke:

t (°C)	154,0	155,0	156,0	156,5	157,0	157,5	158,0	159,0	160,0
ΔP (W)	0,226	0,230	0,240	1,35	57,5	1,40	0,264	0,268	0,272

- Zostrojte graf závislosti funkcie $\Delta P = f(t)$ diferenčného príkonu ΔP od teploty t a určte teplotu topenia t_1 vzorky.
- Z grafu určte potrebné hodnoty veličín a určte hmotnostné tepelné kapacity c_p a c_k vzorky v pevnom skupenstve a v kvapalnom skupenstve. Určte tiež hmotnostné skupenské teplo topenia l_1 vzorky.

4. Cirkusové číslo

Piati artisti predvádzajú cirkusové číslo na štyroch pružných doskách umiestnených vedľa seba, obr. C–2. Každá doska je podopretá v strede a pod pravým okrajom. Artisti majú hmotnosti $m_1 = 85$ kg, $m_2 = 70$ kg, $m_3 = 55$ kg, $m_4 = 40$ kg, $m_5 = 25$ kg, obr. C-2. Prvý artista skočí na koniec prvej dosky z výšky $h_0 = 2,5$ m. Po dopade na jej ľavý okraj doska vymrští druhého artistu do výšky h_2 a ten po dopade na druhú dosku vymrští tretieho artistu, atď. Každá doska má hmotnosť $m_0 = 12$ kg a dĺžku $l = 2,0$ m. Druhý až piaty artista pred vymrštením stoja na konci dosiek, ako je to znázornené na obr. C-2



Obr. C–2

- Určte veľkosť v_0 rýchlosti dopadu prvého artistu na prvú dosku.
- Stručne opíšte fyzikálny model, zjednodušujúce podmienky a postup riešenia.
- Určte začiatočnú rýchlosť v_2 , ktorú získa druhý artista po dopade prvého artistu na prvú dosku. Náraz artistu na dosku považujte za dokonale pružnú zrážku.
- Postupne, rovnakým spôsobom ako sa udial dopad prvého artistu a vymrštenie druhého, sa uskutočňuje dopad a vymrštenie artistov na druhej, tretej a štvrtej doske. Určte výšku h_5 , ktorú dosiahne po vymrštení piaty artista v dôsledku dopadu štvrtého artistu na štvrtú dosku.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty. $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Moment zotrvačnosti dosky vzhľadom na vodorovnú os kolmú na dosku prechádzajúcu jej hmotným stredom $I = (1/12) m_0 l^2$.

5. Airbus A380

V roku 2007 bolo do pravidelnej prevádzky uvedené v súčasnosti najväčšie dopravné lietadlo *Superjumbo* A380. Lietadlo má dve poschodia pre cestujúcich po celej dĺžke. Vo verzii A380–800 má kapacitu vyše 800 pasažierov. Maximálna vzletová hmotnosť lietadla $m_0 = 560 \text{ t}$, obsah nádrží na palivo $V_p = 330 \text{ m}^3$ a maximálny dolet $L = 16\,500 \text{ km}$. Cestovná výška s plnou záťažou $h_c = 10\,600 \text{ m}$ a rýchlosť $v_c = 900 \text{ km/h}$. Pri

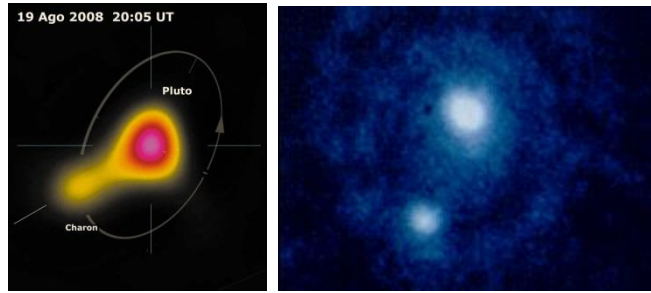


poklese hmotnosti v dôsledku spotreby paliva vystúpi až do výšky $h_m = 13\,100 \text{ m}$. Lietadlo má rozpätie krídiel $79,8 \text{ m}$, dĺžku $72,75 \text{ m}$, výšku $24,1 \text{ m}$ a celkovú nosnú plochu krídiel $S = 845 \text{ m}^2$. Lietadlo má 4 motory s celkovým maximálnym ťahom $F = 4 \times 320 \text{ kN}$.

- Určte spotrebu paliva prepočítanú na jedného pasažiera a 100 km dráhy lietadla pri plnom obsadení lietadla $N = 800$ pasažierov a porovnajte ju so spotrebou osobného auta.
- Zo zložitej aerodynamiky krídla vyplýva, že vztlakovú silu F_N možno vyjadriť v tvare $F_N = c_N (1/2) \rho v^2 S$, c_N je koeficient vztlakovej sily krídla a ρ hustota vzduchu. Určte hodnotu koeficientu c_N , ak hustota vzduchu vo výške h_c je $\rho_c = 0,28 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Aký musí byť pokles hmotnosti paliva Δm_p , aby mohlo lietadlo vystúpiť do výšky h_m pri súčasnom zvýšení rýchlosti na hodnotu $v_m = 1\,020 \text{ km/h}$. Vo výške h_m je hustota vzduchu $\rho_m = 0,20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Pri štarte lietadla pôsobí maximálna ťahová sila motorov. Určte dĺžku d vodorovnej štartovacej dráhy, na ktorej získa lietadlo rýchlosť v_0 potrebnú na vzlietnutie. Určte rýchlosť v_0 . Hustota vzduchu na štartovacej dráhe $\rho_0 = 1,25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. *Pozn.: Pohyb na štartovacej dráhe považujte za rovnomerne zrýchlený, odpor vzduchu neuvažujte.*

6. Pluto a Cháron

Roku 1978 objavil americký astronóm James Christi mesiac trpasličej planéty Pluta, ktorý sa nazýva Cháron. V nasledujúcich rokoch a najmä s použitím Hubbleovho teleskopu sa podarilo zmerať niektoré charakteristiky pohybu, z ktorých možno určiť



hodnoty základných parametrov Chárona. Zo skorších meraní a výpočtov poznáme priemer Pluta $d_P = 2\,306\text{ km}$ a hmotnosť $M_P = 1,305 \times 10^{22}\text{ kg}$.

a) Určte priemernú hustotu ρ_P Pluta.

Predpokladáme, že Pluto i Cháron sú zložené z kremičitanov s priemernou hustotou $\rho_K = 2,5 \times 10^3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a ľadu s priemernou hustotou $\rho_L = 1,1 \times 10^3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Pozn.: Ľad obsahuje pri teplote približne 40 K nielen vodu ale aj dusík, metán a ďalšie zložky.

b) Určte pomerný obsah kremičitanov a ľadu v Plute (v objemových percentách).

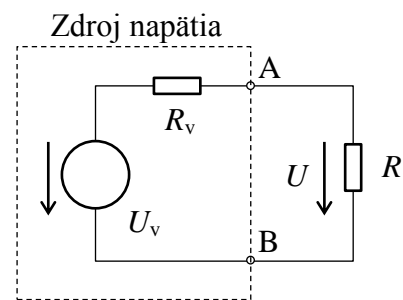
O Cháronovi bolo zistené, že jeho priemer $d_C = 1\,212\text{ km}$ a perióda jeho obehu okolo Pluta $T = 6,387$ dňa, pri stálej vzdialenosti hmotných stredov oboch telies $D = 19\,640\text{ km}$.

c) Z uvedených informácií určte hmotnosť M_C Chárona.

d) Určte priemernú hustotu ρ_C Chárona a pomerný obsah kremičitanov a ľadu za predpokladu, že základné zložky majú rovnakú hustotu ako na Plute.

7. Výkon zdroja napätia – experimentálna úloha

Každý reálny elektrický zdroj možno považovať za kombináciu ideálneho zdroja s napätím U_v a vnútorným odporom R_v , obr. C–3. Po pripojení rezistora s odporom R k svorkám zdroja výkon zdroja je $P = U^2/R$. Výstupné napätie U a výkon P zdroja významne ovplyvňuje vnútorný odpor R_v . Na overenie základných vlastností reálneho zdroja zostavte modelový reálny zdroj tak, že k laboratórnemu zdroju konštantného napätia U_v (z dôvodu bezpečnosti použite zdroj s napätím



Obr. C–3

$< 24\text{ V}$) pripojte do série rezistor s odporom R_v (podľa možnosti s veľkosťou od $100\ \Omega$ do $1\text{ k}\Omega$). K takto vytvorenému zdroju s výstupnými svorkami A a B postupne pripájajte rezistory s rôznymi odpormi od $R_v/10$ až po $10 R_v$ (stačí 10 rôznych rezistorov – možno použiť aj nastaviteľný rezistor).

a) Pred pripojením rezistora s odporom R zmerajte multimetrom hodnotu R . Po pripojení rezistora k svorkám AB zmerajte napätie U_{AB} . Namerané hodnoty zaznamenajte do prehľadnej tabuľky.

b) Zostrojte graf závislosti napätia U_{AB} od hodnoty odporu R a graf závislosti výkonu P od hodnoty odporu R . Z grafu overte, že maximálny výkon zodpovedá podmienke $R = R_v$.

Z grafov je zrejmé, že pri poklese pomeru R/R_v klesá výstupné napätie zdroja. Dôsledkom poklesu tohto pomeru môže byť, že zdroj nie je schopný plniť svoju funkciu. To sa pozoruje napr. pri vybití galvanického článku.

c) Pre nasledujúce meranie použite dva galvanické články rovnakého typu a rovnakej značky, jeden nový a druhý vybitý. Multimetrom zmerajte napätie naprázdno U_{v1} a U_{v2} obidvoch zdrojov. Potom postupom podľa bodu a) zmerajte závislosť napätia U_{AB} od odporu záťaže R . *Pozn.: V prípade nového článku stačí dokázať, že napätie U_{AB} prakticky nezávisí od odporu záťaže pre hodnoty $R > 10 \Omega$.*

Na základe výsledku merania posúďte, čo je príčinou „vybitia“ zdroja.

55. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie C

Autori úloh: Eubomír Konrád (1, 6), Eubomír Mucha (2, 3, 4), Ivo Čáp (5, 7)

Recenzia: Daniel Kluvanec, Ivo Čáp (1-3), Eubomír Mucha (4-7)

Redakcia: Ivo Čáp

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2014