

Fyzikálna olympiáda  
54. ročník, 2012/2013

školské kolo

kategória B

zadanie úloh – 1. časť

### 1. Satelit Slnka

Na kružnicovej orbite okolo Slnka sa pohybuje guľový satelit, ktorého polomer je  $R$ . Predpokladajte, že energia vyžarovaná zo Slnka, ako aj z povrchu satelitu, podľa Stefanovho – Boltzmannovho zákona je priamoúmerná štvrtej mocnине teploty  $T$  vyžarovanej plochy telesa. Lesklý povrch satelitu odráža  $r = 10\%$  žiarenia dopadajúceho zo Slnka na povrch satelitu. Zo satelitu pozorujeme slnečný kotúč pod uhlom  $\alpha = 0,500$  uhlového stupňa. Povrch Slnka má teplotu  $T_S \approx 5\,780\text{ K}$ .

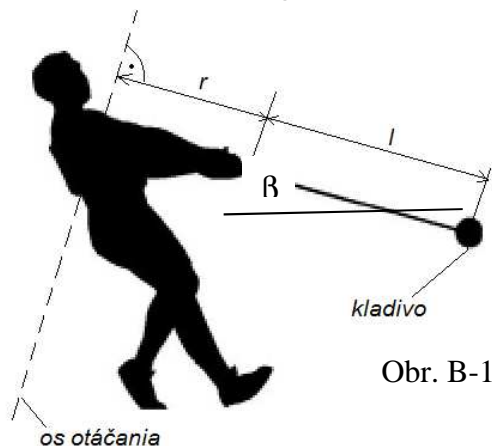
- Určte solárnu konštantu (výkon slnečného žiarenia dopadajúceho na plochu s obsahom  $1\text{ m}^2$  postavenej kolmo na smer dopadajúcich lúčov) na orbite satelitu.
- Určte teplotu  $T$  satelitu v stave termodynamickkej rovnováhy.
- Z a) a b) riešenia úlohy posúďte vzťah medzi orbitou satelitu a orbitou Zeme.

Predpokladajte, že Slnko predstavuje dokonale čierne teleso a že v stave termodynamickkej rovnováhy má celý povrch satelitu rovnakú teplotu. Potrebné konštanty vyhľadajte v MF tabuľkách.

### 2. Hod kladivom

Jednou z atletických disciplín je hod kladivom. Kladivo je homogénna guľa s hmotnosťou  $m = 7,265\text{ kg}$  a priemerom  $d = 13,0\text{ cm}$  zavesená na lanku s dĺžkou  $l = 1,20\text{ m}$ . Svetový rekord v hode kladivom drží ruský atlét *Jurij Sedich*, ktorý hodil kladivo do vzdialenosti  $s = 86,78\text{ m}$ . Urobme fyzikálnu analýzu rekordného hodu. Športovec sa s kladivom najskôr roztáča rovnomerne zrýchleným pohybom s uhlovým zrýchlením  $\alpha = 3,4\text{ s}^{-2}$ , pričom guľa sa pohybuje po kružnici v rovine, ktorá zvierá s vodorovnou rovinou uhol  $\beta = 35^\circ$ , obr. B-1. Dĺžka rúk športovca  $r = 89\text{ cm}$ .

- V ktorom bode kružnicovej trajektórie gule pri poslednej otáčke kladiva musí atlét uvoľniť lanko, aby guľa doletela do maximálnej vzdialenosti. Určte pre tento prípad začiatočnú rýchlosť  $v_0$  vrhu gule, aby bola vzdialenosť hodu rovná hodnote  $s$  svetového rekordu.
- Koľkokrát ( $N$ ) sa kladivo otočilo okolo svojej osi počas rekordného letu vzduchom?



Obr. B-1

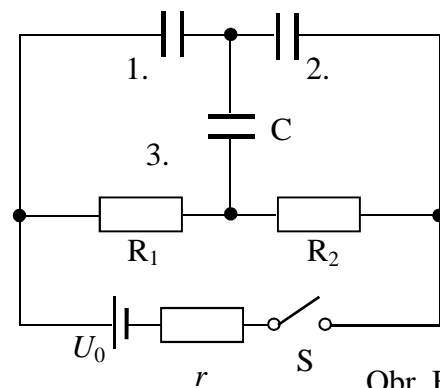
- c) Určte veľkosť  $F_0$  zotrvačnej sily, ktorou je lanko napínané v okamihu pred uvoľnením lanka. Akú hmotnosť  $m'$  by malo teleso, ktorého tiaž by mala rovnakú veľkosť ako sila  $F_0$ ?
- d) Koľko vlastných otáčok  $N_1$  vykonal športovec pri rekordnom hode?
- e) Určte stredný mechanický výkon  $P$  športovca vynaložený na roztáčanie kladiva pri rekordnom hode. Aká časť  $p$  tohto výkonu pripadá roztáčanie gule okolo vlastnej osi rotácie?

*Poznámka.:* Vplyv lanka na pohyb gule počas jej letu a rozdiel výšky bodu vrhu a bodu dopadu neuvažujte. Odpor vzduchu zanedbajte. Tiažové zrýchlenie  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

*Pomôcka:* Moment zotrvačnosti homogénnej gule s hmotnosťou  $m$  a priemerom  $d$  vzhľadom na os prechádzajúcu jej hmotným stredom je  $I_0 = (1/10) m d^2$ .

### 3. Kondenzátory

Tri rovnaké kondenzátory 1, 2, 3 s kapacitami  $C = 100 \mu\text{F}$  a dva rezistory s odpormi  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 5,0 \Omega$  možno pomocou spínača S pripojiť ku zdroju konštantného napätia s napätím  $U_0 = 12 \text{ V}$  a vnútorným odporom  $r = 2,0 \Omega$ , obr. B-2. Na začiatku je spínač S vypnutý a kondenzátory majú nulové napätia.



Obr. B-2

Spínač S zapneme.

a) Stručne vysvetlite, aké deje budú prebiehať v elektrickom obvode a ako sa budú meniť jednotlivé elektrické napätia a prúdy od okamihu zapnutia spínača až do ustáleného stavu, v ktorom napätia a prúdy v obvode sa takmer nemenia. Nakreslite schému elektrického obvodu a vyznačte v ňom jednotlivé veličiny, ktoré popisujete.

b) Určte ustálené hodnoty napätí  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  na kondenzátoroch.

Spínač S vypneme.

c) Stručne vysvetlite, analogicky ako v prípade a), aké deje budú prebiehať v obvode od okamihu vypnutia spínača.

d) Akú elektrickú prácu  $W$  vykonajú kondenzátory, ako zdroje napätia, na rezistoroch s odpormi  $R_1$  a  $R_2$  po vypnutí spínača až do ustáleného stavu?

#### 4. Skrat na vedení vysokého napätia ( Ivo Čáp)

Vedenia vysokého napätia (22 kV) a veľmi vysokého napätia (110 kV, 220kV, 400 kV) sa používajú na prenos elektrickej energie na väčšie vzdialenosti. Pre jednoduchosť si vedenie predstavme ako dvojvodičové (v skutočnosti sa používajú trojfázové troj- a štvorvodičové vedenia).

- Aký prúd  $I$  prechádza vodičmi vedenia, ak pri napätí  $U = 110$  kV je príkon koncových zariadení pripojených na vedenie  $P = 50$  MW?
- Určte hmotnosť  $m_0$  hliníkového vodiča s dĺžkou  $l = 1,0$  m, ktorý možno použiť na prenos elektrickej energie v prípade a), ak normalizovaná prúdová hustota pre hliníkový vodič je  $J_{\max} = 1,0$  A·mm<sup>-2</sup>. Hustota hliníka  $\rho = 2,7 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>.

Medzi vodičmi vedenia pôsobí magnetická sila. Uvažujte vzdialenosť vodičov vedenia  $d = 50$  cm. Vodiče sú zavesené na izolačných závesoch s dĺžkou  $L = 1,0$  m a malou hmotnosťou vzhľadom na hmotnosť elektrického vedenia. Magnetická konštanta vákua  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$  H·m<sup>-1</sup>.

- Určte smer a veľkosť a sily vzájomného pôsobenia vodičov v prípade prenosu elektrickej energie podľa bodu a). Určte tiež výchylku  $\alpha$  závesov od zvislého smeru v dôsledku vzájomného pôsobenia vodičov.

Pri skratoch môžu vo vedení prechádzať za krátky čas veľmi vysoké prúdy. Hovorí sa, že tieto skratové prúdy môžu vyvolať spojenie vodičov a tým trvalý skrat. Pri tomto deji sa zavesený vodič správa ako kyvadlo s dobou kmitu  $T$  podstatne dlhšou ako čas  $\tau$  trvania krátkodobého skratu.

- Určte veľkosť skratového prúdu  $I_{\text{skr}}$  pri dobe trvania skratu  $\tau = 10$  ms, aby došlo k vzájomnému kontaktu vodičov v dôsledku ich vzájomného pôsobenia. Overte správnosť predpokladu  $\tau \ll T$ .

*Pozn.: Skratové prúdy na vysokonapätových vedeniach dosahujú až desiatky kA.*

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

---

#### Fyzikálna olympiáda, 54. ročník – Úlohy školského kola kategórie B

Autori úloh: Daniel Klivanec (B1-B3), Dušan Nemeč (B2), Ľubomír Konrád (B3), Ivo Čáp (B4)  
Recenzia: Daniel Klivanec, Ivo Čáp  
Redakčná úprava: Ivo Čáp  
Slovenská komisia fyzikálnej olympiády  
Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2012