

63. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2021/2022

Katégória C

Domáce kolo – text úloh

1) Korčuliar

Korčuliar trénoval na veľkom zamrznutom jazere, kde mal vytvorenú dlhú priamu trať. Prvá časť trate mala dĺžku $s_1 = 450$ m. Túto časť jazdil konštantnou rýchlosťou v_1 . Potom voľne dobiehal až do zastavenia s konštantným zrýchlením veľkosti $a = 0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Jazdu opakoval pre rôzne konštantné rýchlosti v_1 , ktorými prechádzal prvý úsek trate. Zistil, že celkový čas t_c pohybu na celej trati až do zastavenia závisel od rýchlosti v_1 rovnomerného pohybu v prvej časti trate.

Zistil, že pri určitej hodnote v_{1m} rýchlosti v_1 bola hodnota času t_c minimálna (t_{cm}).

- Zostrojte graf času t_c ako funkciu rýchlosti v_1 .
- Z grafu určte rýchlosť v_{1m} , pre ktorú je čas t_c minimálny, a celkový čas t_{cm} pohybu korčuliara v tomto prípade. Hodnoty v_{1m} a t_{cm} určte výpočtom a výsledok porovnajte s hodnotami určenými z grafu.
- Určte celkovú dráhu s_{cm} , ktorú korčuliar za čas t_{cm} prešiel.

Pozn.: Dbajte na dodržanie všetkých pravidiel pre správnu konštrukciu grafu.

2) Pluto a Cháron

Astronomické pozorovania planéty Pluto, kedysi poslednej planéty Slnčnej sústavy, dnes predstaviteľ a skupiny tzv. trpasličích planét, nám za ostatné roky poskytli niektoré zaujímavé informácie:

- Pluto pozorujeme zo Zeme v tvare malého kotúča s uhlovým priemerom $\beta = 0,084''$ (oblúkových sekúnd).
- V roku 1978 bol objavený Cháron, sprievodca planéty Pluto, ktorý zo Zeme vidíme ako kotúč s uhlovým priemerom $\gamma = 0,043''$.
- Zloženie, štruktúra a hustota oboch telies sú rovnaké.
- Najväčšia uhlová vzdialenosť medzi Plutom a Cháronom pozorovaná zo Zeme $\alpha = 0,70''$.
- Doba obehu Chárona okolo Pluta je rovná dobe rotácie Chárona okolo vlastnej osi aj dobe rotácie Pluta okolo vlastnej osi $T = 6,4$ dňa (viazaná, resp. synchronizovaná rotácia).
- Sústava Pluto – Cháron rotuje okolo spoločného hmotného stredu.
- Priemerná vzdialenosť Pluta od Slnka $R = 5,8 \times 10^9$ km.

Pomocou uvedených informácií vyriešte nasledujúce úlohy.

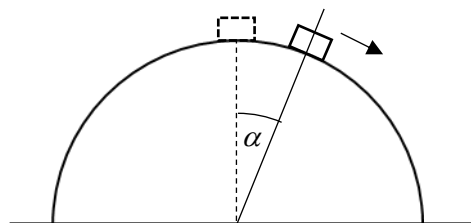
- Určte pomer $p = M_{PC}/M_Z$ hmotnosti M_{PC} sústavy Pluto – Cháron a hmotnosti Zeme M_Z . Hmotnosť Zeme M_Z určte zo známeho polomeru Zeme $R_Z = 6\,400$ km, zrýchlenia voľného pádu pri povrchu Zeme $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.
- Určte priemernú hustotu dvojice Pluto, Cháron.
- Určte dobu T_P obehu Pluta okolo Slnka, ak poznáte polomer orbitálnej trajektórie Zeme okolo Slnka $R_{ZS} = 1,5 \times 10^8$ km.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty. $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$. Predpokladajte, že všetky telesá sú homogénne gule a všetky telesá sa pohybujú po kružnicových trajektóriách. Uvažujte vzdialenosť R_{ZP} Pluta od Zeme približne rovnakú ako vzdialenosť R Pluta od Slnka.

Pozn.: Pluto a Cháron sa vzájomne obiehajú v rovine, ktorá je skoro kolmá na ekliptiku Slnčnej sústavy.

3) Pohyb s trením

Na vodorovnej podložke sa nachádza pevná plastová polguľa. Polguľa sa môže po podložke šmykať. Faktor trenia medzi polgouľou a podložkou označíme f . Na vrchole polgule je položené teliesko, ktoré sa malým impulzom uvedie do klzavého pohybu po povrchu polgule. Trenie medzi telieskom a povrchom gule je veľmi malé a možno ho zanedbať. Postupný pohyb telieska po povrchu polgule opisuje uhol α medzi sprievodičom, ktorý prechádza stredom polgule, a zvislým smerom, obr. C-1.



Obr. C-1

- Nakreslite, za predpokladu, že guľa sa ešte nepohla, obrázok polgule s telieskom, ktoré sa kľže po jej povrchu. Do obrázku nakreslite vektory síl pôsobiacich na teliesko a odlišným spôsobom (inou farbou alebo čiarkovane) vektory síl, ktoré pôsobia na polguľu. Jednotlivé sily, ako aj pohyby telieska a polgule stručne opíšte.
- Určte uhol α_m , pri ktorom teliesko stratí kontakt s polgouľou za predpokladu, že sa polguľa na podložke nepohybuje.

Pri určitých podmienkach sa polguľa na podložke preklzne počas pohybu telieska po jej povrchu.

- Polguľa sa začne pohybovať, keď uhol α telieska dosiahne hodnotu α_p . Určte faktor trenia f ako funkciu uhla α_p pre daný pomer $p = M / m$ hmotností polgule a hmotnosti telieska.
- Zostrojte graf závislosti faktora trenia f od uhla α_p pre pomer $p = 5$. Z grafu určte maximálnu hodnotu f_m , pri ktorej sa ešte polguľa pohne. Určte aj príslušný uhol α_m , pri ktorom sa to stane.
- Z grafu určte uhol α_p , pri ktorom dôjde k pohybu polgule pre daný pomer hmotností telies a dve hodnoty faktora trenia $f_1 = 0,04$ a $f_2 = 0,06$.

4) Plyn v spojených nádobách

Dve nádoby s rovnakým objemom $V = 5,0 \text{ l}$ sú spojené krátkou rúrkou s ventilom. Najskôr je ventil zatvorený. V jednej nádobe sa nachádza hélium He s látkovým množstvom $n_1 = 0,10 \text{ mol}$ a tlakom $p_1 = 50 \text{ kPa}$, v druhej dusík N_2 s látkovým množstvom $n_2 = 0,15 \text{ mol}$ a tlakom $p_2 = 0,10 \text{ MPa}$. Po otvorení ventilu sa plyny začnú pomaly premiešavať. V konečnom ustálenom stave s výslednou teplotou t_3 sú obe nádoby naplnené homogénnou zmesou plynov.

- Určte teploty t_1 a t_2 plynov pred otvorením ventilu. Teploty vyjadrite v $^{\circ}\text{C}$.
- Určte tlak p_3 a teplotu t_3 zmesi plynov po ustálení rovnovážneho stavu.

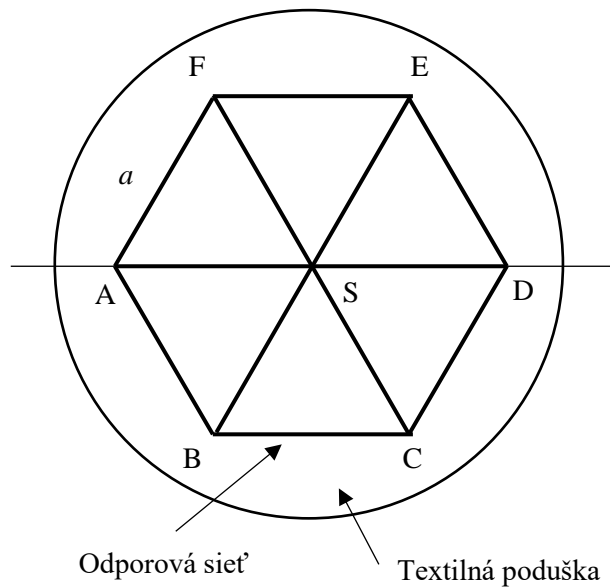
Predpokladajte, že steny nádob, rúrka a ventil nevedú teplo. Objem rúrky neuvažujte.

5) Elektrická poduška

Šikovný dedko sa rozhodol vyrobiť babke na sedenie vyhrievanú dečku. Navrhol vložiť do kruhovej textilnej podložky šesťuholníkovú sieť z odporového drôtu, usporiadanú podľa obr. C–2. Dĺžka strany $a = 20 \text{ cm}$. Mal k dispozícii odporový drôt s dĺžkovým odporom $r = 20 \Omega \cdot \text{m}^{-1}$ a zdroj napätia $U = 12 \text{ V}$. Zdroj chcel pripojiť k uzlom A a D siete. Svojho vnuka, ktorý navštevoval gymnázium, požiadal o odpoveď na niektoré otázky.

Spolu s vnukom riešte nasledujúce úlohy:

- Určte tepelný výkon P celej siete.
- Určte tepelný výkon uvoľnený v jednotlivých vetvách AS, AF, FS a FE a na základe výsledkov posúďte ohrievanie celej plochy podušky.



Obr. C–2

Pozn.: Pred riešením úloh si elektrickú sieť vhodne prekreslite a uvážte symetriu obvodu vzhľadom na os AD.

6) Chladienie plechu

Pri výrobe ocelového plechu sa používajú valcovacie stolice, ktorými sa postupne rozžeravený hranol mení na stále tenší pás, postupne až na pás plechu požadovanej hrúbky. Celý proces možno sledovať na videu: [\(1659\) How It's Made \(CZ Dabing\) - Nerezová Ocel - YouTube](#). Počas valcovania teplota ocele klesá. Výsledný plech ešte značnej teploty treba ochladiť na konečnú teplotu pre navinutie na cievku pre skladovanie.



Obr. C–3

Z valcovacieho stroja vychádza dlhý pás oceľového plechu s šírkou $d = 2,0$ m a hrúbkou $h = 4,0$ mm. Teplota vystupujúceho pásu je $t_0 = 500$ °C. Pás opúšťa valcovací stroj konštantnou rýchlosťou $v = 0,50$ m·s⁻¹. Pás sa ochladzuje sprchovaním vodou s teplotou $t_1 = 20$ °C, obr. C–3. Chladiace zariadenie pozostáva zo sústavy rovnobežných rúrok s otvormi, z ktorých strieka voda na horúci plech. Pri prechode pod sprchou sa plech postupne ochladzuje na výslednú teplotu $t_2 = 150$ °C. Všetka voda dopadajúca na žeravý plech sa premení na paru.

Určte objemový prietok vody q v chladiacom zariadení.

Potrebné konštanty vyhľadajte v tabuľkách.

7) Vyšetrovanie kmitov fyzikálneho kyvadla – experimentálna úloha

V svojom okolí pozorujeme najrôznejšie predmety, ktoré kmitajú okolo bodu alebo osi závesu ako fyzikálne kyvadlo.

Úlohy:

- Vytvorte fyzikálne kyvadlo pomocou dlhej tenkej tyče (napr. drevenej). Do tyče vyvrtajte malé dierky, alebo tyč prepichnete ihlou, takže dostanete sériu otvorov pre umiestnenie osi otáčania kyvadla. Na tyči označte polohu ťažiska a zmerajte vzdialenosti r_n otvorov pre osku od ťažiska.
- Odvoďte všeobecný vzťah pre dobu kmitu fyzikálneho kyvadla a vzťah upravte pre prípad kyvadla tvoreného tenkou tyčou, kmitajúcou okolo ľubovoľnej osi kolmej na tyč.
- Pre vašu tyč dĺžky L zostrojte graf teoretickej závislosti doby kmitu T od vzdialenosti r osi otáčania od ťažiska tyče.
- Odmerajte dobu kmitu kyvadla pre rôzne polohy osi otáčania (zvoľte min. 10 polôh osi pozdĺž jednej polovice tyče) a výsledky vyneste do grafu s krivkou teoretickej závislosti. Posúďte súhlas výsledkov merania s teoretickým výpočtom. Z krivky určte minimálnu periódu T_m a jej zodpovedajúcu vzdialenosť d_m osi otáčania od ťažiska.
- Z nameraných hodnôt určte moment zotrvačnosti tyče vzhľadom na os kolmú na tyč a prechádzajúcu ťažiskom. Výsledok porovnajte s hodnotu vypočítanou z teoretického vzťahu $I_0 = (1/12) m L^2$.

Pozn.: Otvory urobte čo najmenšie, aby nenarušili významne homogenitu tyče.

Vzhľadom na presnosť merania určte periódu z merania času dostatočne veľkého počtu kmitov kyvadla.

63. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie C

Autori návrhov úloh:	Lubomír Konrád (1 až 6), Ivo Čáp (7)
Recenzia:	Aba Teleki, Lubomír Mucha
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2021