

66. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2024/2025
krajské kolo kategória B
text úloh

1. Tiažové zrýchlenie

Na povrchu Zeme je v rôznych miestach rozličné tiažové zrýchlenie ovplyvnené jednak rotáciou Zeme, horninami v zemskej kôre a pod. Tieto vplyvy sa v krátkom čase nemenia. Existuje však časovo závislé ovplyvnenie tiažového zrýchlenia v dôsledku pohybu Mesiaca okolo Zeme a pohybu Zeme okolo Slnka. Dôsledkom tejto časovej zmeny sú slapové javy, napr. striedanie prílivu a odlivu v oceánoch.

Najvýznamnejší vplyv na tiažové zrýchlenie má Mesiac. Ako je známe, behom dňa sa objavuje príliv dvakrát za deň s časovým odstupom 12 hodín. Najväčšie vzdutie sa pozoruje pri severnom atlantickom pobreží Kanady, až takmer 20 m.

Úlohou je určiť zmenu Δg tiažového zrýchlenia na povrchu Zeme spôsobenú Mesiacom na privrátenej a odvrátenej strane Zeme na priamke prechádzajúcej stredmi Zeme a Mesiaca.

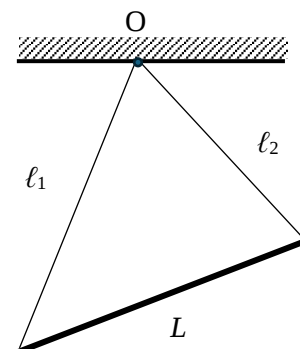
- Určte zmeny Δg_{gp} a Δg_{go} tiažového zrýchlenia spôsobenú gravitáciou medzi Zemou a Mesiacom na privrátenej a na odvrátenej strane Zeme.
- Určte polomer r_Z kružnicovej trajektórie stredu Zeme so stredom v hmotnom strede sústavy Zem–Mesiac a určte pomer r_Z / R_Z .
- Určte zmeny Δg_{np} a Δg_{no} tiažového zrýchlenia na privrátenej a na odvrátenej strane Zeme spôsobenú obíeaním Zeme okolo hmotného stredu sústavy Zem–Mesiac.
- Určte celkové zmeny Δg tiažového zrýchlenia v bode povrchu Zeme najbližšom k Mesiacu a v bode najvzdialenejšom od Mesiaca spôsobené Mesiacom a tieto zmeny porovnajte s hodnotou $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: vzdialenosť stredov Zeme a Mesiaca $R_{ZM} = 384 \times 10^3 \text{ km}$, polomer Zeme $R_Z = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$, hmotnosť Zeme $M_Z = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$, hmotnosť Mesiaca $M_M = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$, Newtonova gravitačná konštanta $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$. Predpokladajte, že Zem a Mesiac sa pohybujú okolo spoločného hmotného stredu po kružnicových trajektóriách.

2. Zavesená tyč

Homogénna tenká tyč s hmotnosťou m a dĺžkou L je svojimi koncami zavesená na dvoch vláknach s dĺžkami ℓ_1 a ℓ_2 upevnených horným koncom v jednom bode O stojanu, obr. B2–1.

- Nakreslite obrázok sústavy v stave rovnováhy, vyznačte v ňom sily pôsobiace na tyč a vyznačte, kde sa nachádza ťažisko.
- Určte uhol α , ktorý tyč zvierá s vodorovným smerom v stave rovnováhy.
- Určte vzdialenosť a ťažiska tyče od bodu O závesu.
- Určte ťahové sily vo vláknach v stave rovnováhy.



Obr. B2–1

Tyč na závesoch vychýlime o malý uhol okolo osi O v zvislej rovine určenej tyčou a vláknami. Po uvoľnení bude kmitať okolo rovnovážnej polohy.

e) Určte periódu T týchto kmitov v rovine obrázku.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: $m = 2,0 \text{ kg}$, $L = 80 \text{ cm}$, $\ell_1 = 90 \text{ cm}$, $\ell_2 = 60 \text{ cm}$, $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Hmotnosť vlákien neuvažujte.

Pozn.: Moment zotrvačnosti tyče vzhľadom na os kolmú na tyč a prechádzajúcu ťažiskom $J_0 = (1/12) m L^2$. Pre malé uhly φ platia približné vzťahy $\sin\varphi \approx \varphi$ a $\cos\varphi \approx 1 - (1/2) \varphi^2$.

3. Vlhkosť v atmosfére

Pomocou meteorologických balónov sa zistilo, že v troposfére do výšky približne 10 km klesá teplota lineárne s výškou s gradientom poklesu približne $k = 6,0 \text{ }^\circ\text{C}/\text{km}$. Na rozdiel od kyslíka a dusíka, ktoré dosahujú veľkých výšok atmosféry, molekuly vody takých výšok nedosahujú. Príčinou je skutočnosť, že pri poklese tlaku vodnej pary dochádza ku kondenzácii vody a voda sa vracia na zem vo forme zrážok. Uvažujte ustálenú atmosféru bez prúdenia vzduchu. Vzduch nad povrchom zeme s teplotou $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ má relatívnu vlhkosť $\eta = 60 \%$, tzn. parciálny tlak vodnej pary je rovný 60 % tlaku nasýtenej pary pri tejto teplote.

- Určte približnú vzdialenosť a medzi susednými molekulami vody, počet N molekúl a hmotnosť m vody obsiahnutej v jednotkovom objeme (1 m^3) nasýtenej pary s teplotou $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Vyjadrite vzťahy pre hustotu ρ_v pary a zmenu dp_v tlaku pary pri malej zmene výšky dh . Určte závislosť parciálneho tlaku p_v vodnej pary ako funkciu výšky h nad povrchom zeme.
- V nasledujúcej tabuľke sú uvedené hodnoty tlaku p_n nasýtenej pary vody pre rôzne teploty.

$t / ^\circ\text{C}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18		20
p_n / Pa	706	813	935	1073	1228	1402	1598	1817	2063		2337
h / m											0
p_v / Pa											1402

Do tabuľky doplňte zodpovedajúce výšky h pre dané teploty a do prázdnych buniek tlak vodnej pary v jednotlivých výškach.

- Pomocou údajov z tabuľky načrtnite (čo najpresnejšie od ruky) spoločný graf tlaku pary p_v a tlaku nasýtenej pary p_n ako funkcie výšky h nad zemou. Z grafu určte výšku h_m , v ktorej sa začínú vytvárať mraky.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty veličín: molárna plynová konštanta $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$, Boltzmannova konštanta $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$, tiažové zrýchlenie $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, molárna hmotnosť vody $M_m = 18,0 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$

Pozn.: $\int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x-a} = \ln \frac{x_2-a}{x_1-a}$. Predpokladajte, že pre paru platí stavová rovnica ideálneho plynu.

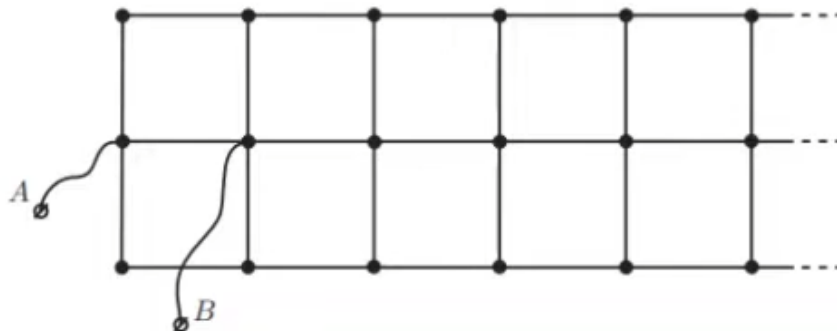
4. Elektrický obvod

Na obr. B2–2 je znázornená odporová sieť, ktorá je tvorená štvorcami odporových vodičov. Odpor vodiča medzi dvomi susednými uzlami je R .

K uzlom A a B siete pripojíme zdroj elektrického napätia U .

- Sieť vhodne upravte a prekreslite, pričom odporové vodiče nahradíte značkami rezistorov.
- Určte prúd I , ktorý prechádza zdrojom.

Sieť považujte za nekonečnú. Pri riešení využite pozdĺžnu symetriu siete.



Obr. B2–2

Fyzikálna olympiáda – 66. ročník – úlohy krajského kola kat. B

Návrh a úprava úloh:	Ľubomír Konrád, Ivo Čáp
Recenzia úloh:	Ľubomír Mucha, Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
Úlohy preložil:	Aba Teleki
Vydalo:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády Národný inštitút vzdelávania a mládeže Bratislava 2025