

67. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2025/2026

kategória C

text úloh domácej prípravy

Úlohy domácej prípravy (pôvodne domáce kolo) sú určené na preštudovanie problematiky úloh, na ktoré bude nadväzovať súťažné krajské kolo. Odporúčame detailnejšie si preštudovať tematiky úloh s použitím literatúry alebo s pomocou učiteľov alebo iných osôb.

Odporúčame preštudovať si študijný text: *Úvod do Fyzikálnej olympiády* na stránke NIVAM: <https://nivam.sk/wp-content/uploads/2025/10/Uvod-do-FO.pdf>, primerane kategórii C.

1. úloha - Puk na doske

Na vodorovnom stole je položená doska s dĺžkou L a hmotnosťou M . Na dosku vystrelíme puk s hmotnosťou m . Faktor trenia medzi pukom a doskou je f_1 a medzi doskou a stolom f_2 .



- Určte začiatočnú rýchlosť v_0 puku pri vstupe na dosku, pre ktorú puk dosiahne koniec dosky.
- Určte vzdialenosť x , o ktorú sa posunie doska, kým sa puk nezastaví na jej konci a celkovú dráhu s dosky do jej zastavenia.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty $L = 50$ cm, $M = 200$ g, $m = 25$ g, $f_1 = 0,45$ a dve rôzne hodnoty faktoru f_2 : $f_{21} = 0,10$ a $f_{22} = 0,040$. Tiažové zrýchlenie $g = 9,8$ m·s⁻².

Pozn.: Rozmery puku neuvažujte. Faktor f_2 uvažujte rovnaký pre statické i šmykové trenie.

2. úloha - Vodná para

Voda má niekoľko vlastností, ktoré sú pre život na Zemi podstatné.

- Jednou z nich je skutočnosť, že pri normálnom atmosférickom tlaku zamrzá pri teplote $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale najväčšiu hustotu má pri teplote $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Prečo je táto skutočnosť tak dôležitá?
- Voda má z bežných kvapalín najväčšiu hmotnostnú tepelnú kapacitu. Prečo je táto vlastnosť dôležitá a ako ju možno využiť?
- Voda sa skladá z jednej molekuly kyslíka a dvoch molekúl vodíka. Uvedte, kde hrá dôležitú úlohu kyslík a kde vodík?
- Voda má vysokú hodnotu hmotnostného skupenského tepla vyparovania. Ako sa táto vlastnosť uplatňuje v živote?

Obsah vody vo vzduchu vyjadruje veličina vlhkosť vzduchu. Ak vzduch nad vodou nadobudne 100% relatívnu vlhkosť, prestane sa voda vyparovať, resp. koľko vody sa vyparí, toľko nazad skondenzuje. Nasýtená para má parciálny tlak p_n , ktorý závisí od teploty, pozri tabuľku.

$t / ^{\circ}\text{C}$	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0
p_n / kPa	12,33	15,74	19,92	25,00	31,16	38,54	47,34	57,81
$t / ^{\circ}\text{C}$	90,0	95,0	100,0	110	120	130	140	150
p_n / kPa	70,10	84,51	101,33	143,27	198,54	270,11	361,37	476,01

- Nakreslite graf tlaku nasýtenej pary vody ako funkcie teploty.
- Vo vysokých horách nad 4 000 m n. m. je veľmi nízky tlak. Pri akej teplote bude vriť voda, ak klesne atmosférický tlak vzduchu na $p_1 = 50\text{ kPa}$?
- Dlhú zvislú rúrku s dĺžkou $L = 12\text{ m}$ a vnútorným prierezom $S = 2,5\text{ cm}^2$ uzatvorenú na dolnom konci naplníme až po vrch vodou. Horný koniec uzatvoríme a dolný koniec ponoríme do misky s vodou a otvoríme. Určte objem V_1 vody, ktorá pri atmosférickom tlaku $p_a = 101\text{ kPa}$ z rúrky vytečie ihneď po otvorení jej dolného konca. Aký objem V_2 potom, vytečie, kým sa v rúrke neustáli rovnovážny stav pri teplote rúrky s vodou $t_1 = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$?

3. úloha - Plynovod

V roku 2011 uviedli do prevádzky plynovod Nord Stream 1, ktorým sa dopravoval zemný plyn z Ruska do Nemecka. (Pozn.: Plynovod bol v roku 2022 poškodený sabotážou a od tohto roku je neaktívny).

Ročný obchodovaný objem plynu $V_1 = 55\text{ mld m}^3$, čo predstavuje objem plynu pri normálnej teplote $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pri normálnom tlaku $p_1 = 100\text{ kPa}$ (takto sa účtuje aj zákazníkovi). Zemný plyn je prakticky čistý metán CH_4 . Plyn sa dopravuje plynovodom stlačený. Plynovod tvoria dve potrubia s vnútorným priemerom $d = 1,15\text{ m}$, tlak plynu v rúrach $p_2 = 20\text{ MPa}$ a teplota t_1 .

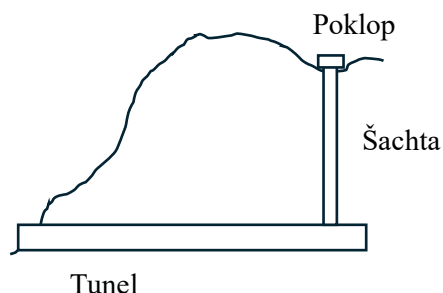
- Určte sekundový hmotnostný prietok plynu v potrubí a rýchlosť v prúde plynu v potrubí.

Predpokladajte, že pri sabotáži došlo v hĺbke $h = 50\text{ m}$ pod hladinou vody v Baltskom mori v dôsledku výbuchu nálože k úplnému otvoreniu potrubia, pričom plyn začne unikať do vody.

- Určte teplotu t_2 unikajúceho plynu, ak predpokladáme, že plyn pri unikaní z potrubia expanduje adiabaticky.
- Určte objem V_2 plynu, ktorý sa do vody uvoľní za sekundu.

4. úloha - Šachta

Pri hĺbení vodorovného cestného tunela pod horou vyvrtali zvislú únikovú šachtu s výškou $h = 180$ m. Na hornom konci šachty s kruhovým prierezom $S = 1,5$ m² je pripevnený poklop. Vo vnútri šachty je po celej jej dĺžke konštantná teplota $t_1 = 14$ °C. V tuneli je vetranie, ktoré udržiava vo vnútri tunela teplotu t_0 , rovnakú ako je teplota v okolí hory. Na úrovni tunela je tlak vzduchu $p_0 = 101$ kPa.



- Ktorým smerom začne prúdiť vzduch v otvore šachty, ak poklop odstránime? Odpoveď zdôvodnite.
- Vyjadrite vzťah pre výslednú tlakovú silu F_p pôsobiacu na poklop, ktorý uzatvára otvor šachty.
- Určte výslednú tlakovú silu pre dve teploty okolia $t_{01} = 0$ °C a $t_{02} = 25$ °C.

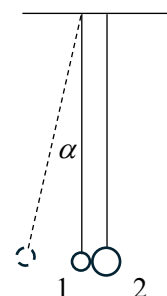
Pre jednoduchosť predpokladajte, že k zmene teploty medzi tunelom a šachtou dochádza na veľmi krátkom úseku šachty a pri uzatvorení poklopu v šachte vzduch neprúdi.

Pre číselné výpočty použite molárnu hmotnosť vzduchu $M_m = 29$ g·mol⁻¹ a tiažové zrýchlenie $g = 9,81$ m·s⁻².

Poznámka: Naštudujte si *barometrickú formulu* – ak v ideálnom plyne sa s výškou teplota T plynu nemení, tlak plynu sa mení podľa vzťahu $p(h_2) = p(h_1) \exp\left\{-\frac{M_m g (h_2 - h_1)}{RT}\right\}$, kde M_m je molárna hmotnosť plynu. Ukážte, že pre malý výškový rozdiel sa dá formula linearizovať.

5. úloha - Zrážka

Na dlhých vláknach s rovnakou dĺžkou ℓ sú zavesené dve plastové guľôčky 1 a 2 s hmotnosťami m_1 a $m_2 > m_1$. Na začiatku sú guľôčky v pokoji, pričom vlákna sú zvislé, guľôčky sa dotýkajú a spojnice ich stredov je vodorovná, obrázok. Vláknko s guľôčkou 1 vychýlime o uhol α_0 a uvoľníme. Po zrážke s guľôčkou 2 sa guľôčka 1 vychýli o maximálny uhol $\alpha_1 < \alpha_0$.



- Pre daný uhol α_0 určte hodnotu α_{10} uhlu α_1 a uhol α_{20} vychýlenia vlákna s guľôčkou 2, ak zrážku považujeme za dokonale pružnú.

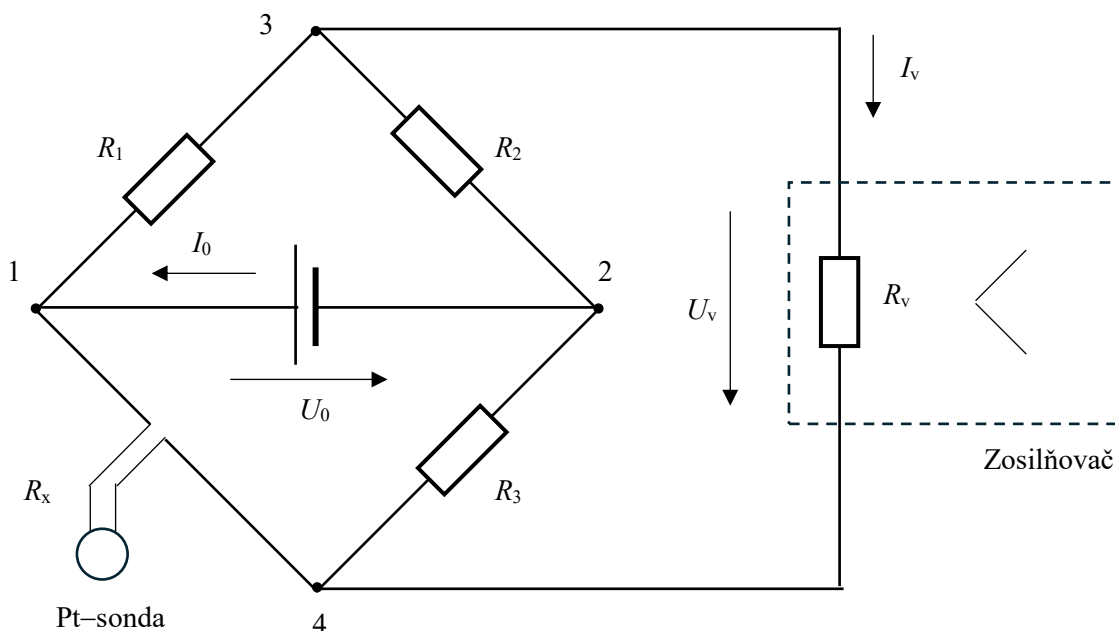
V skutočnosti nie je zrážka dokonale pružná, ale pri zrážke dochádza k premene časti mechanickej energie sústavy na vnútornú energiu guľôčok.

- V skutočnosti sa vlákno s guľôčkou po zrážke vychýli o uhol $\alpha_{11} < \alpha_{10}$. Pre daný uhol α_{11} určte uhol α_{21} , o ktorý sa vychýli vlákno s guľôčkou 2 po náraze guľôčky 1.
- Určte relatívny úbytok $\Delta E/E$ mechanickej energie sústavy guľôčok pri ich zrážke, kde E je celková mechanická energia sústavy pred zrážkou. Určte maximálnu hodnotu pomeru $\Delta E/E$ a zistite, akej zrážke guľôčok maximálna hodnota zodpovedá.
- Určte čas Δt medzi prvou a druhou zrážkou guľôčok, ak považujeme uhol α_0 za veľmi malý.

Úlohu riešte najprv všeobecne a potom pre hodnoty: $\ell = 30$ cm, $m_1 = 0,80$ g, $m_2 = 6,2$ g, $\alpha_0 = 15^\circ$, $\alpha_{11} = 10^\circ$.

6. úloha - Meranie teploty Pt-sondou

Na presné meranie teploty sa používajú rôzne metódy. Jedna z nich využíva teplotnú závislosť odporu vodiča. Používajú sa odporové Pt-sondy, ktoré obsahujú tenký platínový drôt v keramickom puzdre. Na meranie zmeny odporu sa používa citlivá mostíková metóda. Schéma meracej zostavy je na obrázku.



Teplotná sonda s odporom R_x je zapojená do vetvy 14 mostíka. Medzi uzly 12 je pripojený zdroj konštantného napätia U_0 a výstupné uzly 34 sú pripojené k vstupným svorkám zosilňovača so vstupným odporom R_v .

Na začiatku je mostík vyvážený. Pre hodnotu odporu sondy R_{x0} pri teplote t_0 je výstupné napätie U_v nulové.

- a) Určte podmienku pre odpory rezistorov mostíka v stave vyváženia.

Po vyvážení mostíka pri teplote sondy t_0 začneme sondu zohrievať, čím sa mení jej odpor R_x .

- b) Odvodte vzťah pre výstupné napätie U_v ako funkciu odporu R_x .
 c) Zostrojte graf výstupného napätia U_v ako funkcie teploty t v rozsahu od 0°C do 300°C pre hodnoty: $R_3 = R_1 = 200\ \Omega$, $R_v = 1,00\ \text{k}\Omega$, $U_0 = 24\ \text{V}$ a platínovú sondu s odporom $R_{x0} = 100\ \Omega$ pri teplote $t_0 = 0^\circ\text{C}$ a teplotným koeficientom odporu $\alpha = 3,9 \times 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$. Do grafu doplňte lineárne predĺženie začiatočnej časti funkcie a posúďte, do akej teploty možno považovať funkciu za lineárnu s presnosťou 1 %.

V súčasnosti sa používajú citlivé zosilňovače s veľmi vysokým vstupným odporom R_v .

- d) Upravte vzťah pre U_v za predpokladu, ak použijeme zosilňovač s veľmi veľkým vstupným odporom R_v . Navrhnite odpory rezistorov mostíka pre $R_2 = R_{x0}$, $R_1 = R_3$ a vyššie uvedenú platínovú sondu, tak aby pri teplote $t_m = 300^\circ\text{C}$ bola odchýlka vzťahu pre U_v od linearitý najviac $p = 1\%$. Pre takto navrhnutý mostík určte citlivosť mostíka $k = \Delta U_v / \Delta t$.

7. úloha - Steinerova veta – experimentálna úloha

Úloha:

Experimentálne overte platnosť Steinerovej vety pre moment zotrvačnosti telesa vzhľadom na os otáčania

$$I = I_0 + m d^2, \quad (1)$$

kde I je moment zotrvačnosti vzhľadom na danú os otáčania, I_0 je moment zotrvačnosti telesa vzhľadom na os rovnobežnú s osou otáčania prechádzajúcou jeho ťažiskom, m je hmotnosť telesa a d je vzájomná vzdialenosť obidvoch osí.

Postup: Pre overenie platnosti Steinerovej vety využite kmity fyzikálneho kyvadla. Pre dobu kmitu fyzikálneho kyvadla platí vzťah

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}, \quad (2)$$

kde g je tiažové zrýchlenie.

Na meranie použite homogénnu drevenú obdĺžnikovú dosku, do ktorej vyvítate tenké dierky kolmo na plochu dosky v rôznych vzdialenostiach od jej stredu. Vhodnou metódou overte polohu ťažiska tyče. Do dierok postupne zasúvajte tenkú osku (napr. klinec bez hlavičky alebo ihlu) a tú vhodne podprite (napr. položte ju na dva stoly, ktoré prisuniete blízko ku sebe), aby mohla doska kmitať ako fyzikálne kyvadlo okolo tejto vodorovnej osky. Pomocou stopiek zmerajte pre každú polohu osky dobu kmitu takto vytvoreného kyvadla.

- Zmerajte hodnoty príslušných veličín a namerané hodnoty zapíšte do vhodnej tabuľky. Dobu kmitu pre jednotlivé polohy osky zmerajte čo najpresnejšie, metódu merania opíšte.
- Pre jednotlivé polohy osky vypočítajte moment zotrvačnosti I a výsledky doplňte do tabuľky. Meranie uskutočnite najmenej pre 10 rôznych polôh osky.
- Na overenie závislosti (1) momentu zotrvačnosti I od vzdialenosti d zostrojte graf, v ktorom vynesiete na vodorovnú os hodnoty d^2 a na zvislú zodpovedajúce vypočítané hodnoty I . Ak body grafu zodpovedajú Steinerovej vete, mali by ležať na jednej priamke. Posúďte túto skutočnosť a výsledky merania vyhodnoťte.
- Zo zostrojeného grafu určte moment zotrvačnosti telesa I_0 vzhľadom na os prechádzajúcu cez jeho ťažisko. Výsledok porovnajte s hodnotou určenou z hmotnosti a rozmerov dosky $I_0 = (1/12) m c^2$, kde c je dĺžka uhlopriečky dosky.

Fyzikálna olympiáda – 67. ročník – úlohy domácej prípravy kat. C

Návrh a spracovanie úloh: Ľubomír Konrád, Ivo Čáp

Recenzia úloh: Aba Teleki, Ľubomír Mucha

Redakcia: Ivo Čáp

Úlohy preložil: Aba Teleki

Vydalo: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2025