

67. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2025/2026

kategória D

text úloh domácej prípravy

V 67. ročníku FO dochádza k zmene v názve *domáce kolo* na *domáca príprava*. Domáca príprava je zameraná na prípravu riešiteľov FO na súťažné kolá. Slovenská komisia predkladá záujemcom o FO témy, na ktoré sa budú prevažne zameriavať súťažné úlohy. Fyzikálna olympiáda sa orientuje na problematiku fyziky príslušného ročníka školy, ale vyžaduje aj samostatné preštudovanie niektorých ďalších tém z matematiky a fyziky. V rámci domácej prípravy predkladáme sedem súťažných úloh. Podmienkou postupu do krajského kola je riešenie všetkých siedmich úloh, pričom riešenie najmenej piatich úloh musí byť úspešné.

Očakávané vedomosti z matematiky

Lineárna a kvadratická funkcia (rovnica a graf), vektory (sčítanie a odčítanie vektorov, rozklad vektorov na zložky v daných smeroch), goniometrické funkcie ($\sin$, $\cos$, $\tan$), definície a vzájomné vzťahy, lineárna a kvadratická rovnica (úpravy a riešenie rovníc). Tvorba tabuliek a grafov, určovanie neistoty hodnôt, správne zaokrúhľovanie. Odporúčame súbor *Úvod do Fyzikálnej olympiády* na adrese <https://nivam.sk/olympiady-a-sutaze/fyzikalna-olympiada/> - Študijný materiál (primerane kat. D).

Prvá študijná téma – kinematika postupného pohybu telesa

Súradnicová a vzťažná sústava, kinematika postupného pohybu telesa (dráha, rýchlosť, zrýchlenie, rozklad zrýchlenia na dotyčnicovú a dostredivú zložku, polomer krivosti trajektórie, kinematika otáčavého pohybu (uhol natočenia, uhlová rýchlosť, uhlové zrýchlenie), skladanie pohybov.

1. úloha - Eskalátor

Pri návšteve obchodného domu dostal Ľubo nápad zaexperimentovať si na eskalátore (pohyblivých schodoch). Najprv si overil parametre schodov: sklon schodov $\varphi = 30^\circ$, výška schodu $h_1 = 28$ cm a počet schodov medzi dolným a horným koncom $n = 25$.

Na mobile si otvoril aplikáciu stopky a nastúpil na dolný koniec eskalátora. Zistil, že cesta nahor i nadol trvá rovnaký čas $t_1 = 20,0$ s. Potom zistil, že keď rovnomerne kráča v smere pohybu schodov, prejde eskalátor smerom nahor za čas $t_2 = 8,7$ s.

- a) Určte, o koľko schodov počas pohybu nahor vystúpil a čas τ , za ktorý vykonal jeden krok na vyšší schod.

Potom si vymyslel iný spôsob. Keď vkročil na eskalátor, urobil dva kroky hore a jeden krok nazad, a tento spôsob opakoval, až kým nedošiel hore.

- b) Určte čas t_3 , za ktorý prekonal výškový rozdiel eskalátora, ak na krok nazad potreboval čas $k\tau$, kde $k = 1,2$.

Potom jazdu opakoval s tým rozdielom, že po jednom kroku hore urobil vždy dva kroky nadol.

- c) Určte čas t_4 , za ktorý prekonal výškový rozdiel eskalátora v tomto prípade, ak na krok nazad potreboval opäť čas $k\tau$, kde $k = 1,2$.



2. úloha - Zatmenie Mesiaca

Dňa 7. 9. 2025 sme mali možnosť pozorovať neobvyklé nebeské divadlo – úplné zatmenie Mesiaca. Pozrite si na internete, ako obieha Mesiak okolo Zeme. Vysvetlite, ako nastáva zatmenie Mesiaca a prečo nastáva tak zriedkavo. Prečo nastáva niekedy častejšie zatmenie „tieňové“ a iba menej často zatmenie úplné.

- Na obrázku znázorníte, ako vytvára Zem tieň a polotieň. Určte vzdialenosť d_V od povrchu Zeme do bodu V, do ktorého dosahuje úplný tieň Zeme, a porovnajte ju so vzdialenosťou d_M stredu Mesiaca od povrchu Zeme. Určte uhol φ_Z , pod ktorým vidno Zem z bodu V.
- Určte uhol φ_1 , pod ktorým vidno zo stredu Zeme kolmú plochu S_t vo vzdialenosti Mesiaca, na ktorú vrhá Zem úplný tieň, a porovnajte ju s uhlom φ_M , pod ktorým vidno zo stredu Zeme Mesiak.
- Určte čas t_1 od vstupu Mesiaca do tieňa a úplného výstupu z tieňa, a čas t_2 trvania úplného zatmenia Mesiaca.

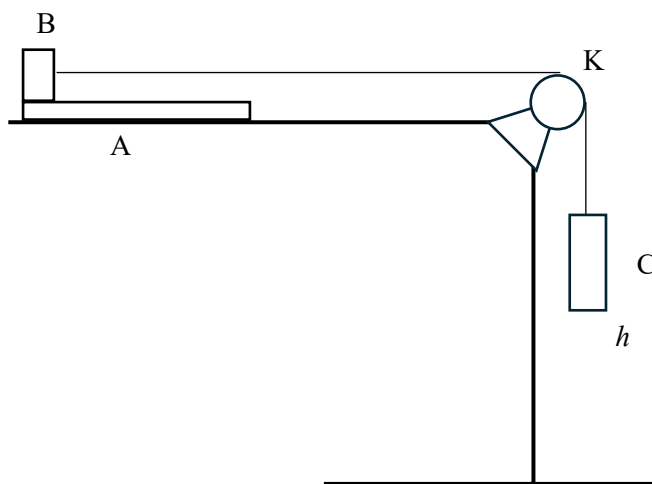
Potrebné hodnoty veličín vyhľadajte v tabuľkách alebo na internete.

Druhá študijná téma – dynamika postupného pohybu telies

Dynamika postupného pohybu telesa, Newtonove zákony, vzájomné pôsobenie telies, inerciálna a neinerciálna vzťažná sústava, sily vzájomného pôsobenia a zotrvačné sily, trenie (statické a klzavé), odpor prostredia (viskózný a dynamický), valivý odpor, hybnosť, práca a energia, zákony zachovania hybnosti a mechanickej energie. Zrážky telies (pružné a nepružné). Pohyb sústavy telies spojených vláknom.

3. úloha - Sústava telies spojených vláknom

Na dlhom vodorovnom stole je doska A s hmotnosťou $m_1 = 150$ g a dĺžkou $L = 60$ cm. Na jej konci je položené teleso B s hmotnosťou $m_2 = 50$ g, spojené s telesom C s hmotnosťou m_3 vláknom vedeným cez kladku K. Teleso C je na začiatku vo výške $h = 50$ cm nad podlahou. Trenie medzi doskou a stolom je veľmi malé, faktor trenia medzi doskou a telesom B $f = 0,25$.



- Určte hmotnosť m_3 telesa C, pri ktorej po uvoľnení zo stavu pokoja sa bude teleso B prešmykovať po povrchu telesa A.
- Určte veľkosť F_v sily, ktorá napína vlákno po uvoľnení telesa C.
- Určte rýchlosť v_A dosky a rýchlosť v_C v okamihu tesne pred dopadom telesa C na podlahu.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dve rôzne hodnoty hmotnosti telesa C $m_{31} = 10$ g a $m_{32} = 30$ g. Hmotnosť, resp. moment zotrvačnosti kladky, neuvažujte. Teleso A je dostatočne dlhé a B na ňom zostane po celú dobu. Teleso C dopadne na podlahu skôr, než by telesá A alebo B narazili do kladky K.

4. úloha - Sokol

Pri pohybe telies vo vzduchu sa prejavuje odporová sila. Vzhľadom na malú hustotu vzduchu ide väčšinou o aerodynamický odpor, ktorý opisuje odporová sila daná

Newtonovým zákonom $F = \frac{1}{2} c S_k \rho v^2$, kde S_k je obsah

priemetu telesa do roviny kolmej na smer pohybu, ρ hustota vzduchu, v rýchlosť telesa vzhľadom na prostredie a c faktor aerodynamického odporu.



- a) V roku 1999 sa uskutočnil pokus s meraním rýchlosti strmhlavého letu sokola sťahovavého. Sokol bol vypustený z lietadla vo výške 5 km a merala sa jeho rýchlosť pádu. Sokol zaujal tvar s čo najmenším odporom vzduchu a počas letu k zemi dosiahol maximálnu rýchlosť 389 km/h, čo je najväčšia rýchlosť v živočíšnej ríši. Hmotnosť sokola bola 1,1 kg a odhadovaný obsah prierečného prierezu $S_p = 350 \text{ cm}^2$. Určte faktor aerodynamického odporu počas letu, ak uvažujeme hustotu vzduchu $\rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$, a porovnajte ho s faktorom aerodynamického odporu nadzvukovej stíhačky $c_F \approx 0,016$ a bežného letiaceho vtáka $c_V \approx 0,4$.
- b) Sami sa môžeme presvedčiť o pôsobení odporu vzduchu pri jazde na bicykli. Faktor aerodynamického odporu bicyklistu je okolo $c_B = 0,9$. Uvažujme čelný profil cyklistu $S = 0,40 \text{ m}^2$. Priemerný cyklista v dobrej kondícii je schopný podávať fyzický výkon až $p_f = 3 \text{ W/kg}$ na jeden kilogram svojej hmotnosti počas jednej hodiny. Určte rýchlosť cyklistu s hmotnosťou $m_C = 90 \text{ kg}$, ktorá zodpovedá uvedenému fyzickému výkonu.
- c) Predpokladajte, že kvapky dažďa vznikajú vo výške 500 m nad zemou. Určte rýchlosť v_1 , s akou by dopadali na zem, ak by nepôsobil odpor vzduchu. Padajúce kvapky majú približne tvar gule, pre ktorú je faktor aerodynamického odporu $c_G = 0,47$. Určte rýchlosť dopadu kvapiek na zem pre veľké kvapky s priemerom $d_1 = 3,0 \text{ mm}$ a malé kvapky (mrholenie) s priemerom $d_2 = 0,10 \text{ mm}$.

Tretia študijná téma – statika a prúdenie tekutín

Tekutiny (kvapalina, plyn), hustota tekutiny), statika tekutín (Pascalov zákon, Archimedov zákon), tlakové sily v tekutine, vztlaková sila. Prúdenie tekutín, objemový prietok, rovnica kontinuity.

5. úloha - Plávajúca skúmavka

Do širšej nádoby s vodou je vložená tenkostenná skúmavka s dĺžkou $\ell_s = 20$ cm, priemerom $d_s = 25$ mm a hmotnosťou $m_s = 7,8$ g. Skúmavka je sčasti zaplnená pieskom s objemovou hmotnosťou $\rho_p = 1,45$ kg·dm⁻³.

- Určte najmenšiu hmotnosť m_{pm} vloženého piesku, aby skúmavka po vložení do vody plávala v zvislej polohe. Akou časťou p_m svojej dĺžky je v tomto prípade skúmavka ponorená?
- Do prázdnej skúmavky nasypeme piesok, aby bola ponorená časťou $p_1 = 0,60$ svojej dĺžky ℓ_s . Určte hmotnosť m_{p1} piesku nasýpaného do skúmavky v tomto prípade.
- Potom začneme do nádoby pridávať olej s hustotou $\rho_o = 910$ kg·m⁻³, ktorý sa s vodou nemieša, a vytvára tak na jej povrchu homogénnu vrstvu. Pri akej hrúbke h_o vrstvy oleja bude skúmavka ponorená vo vode časťou $p_2 = 50\%$ svojej dĺžky ℓ_s ?
- Určte hmotnosť Δm_p piesku, ktorý treba do skúmavky v časti c) dosypať, aby sa skúmavka potopila.

Pozn.: Hmotnosť dna skúmavky neuvažujte.

6. úloha - Fontána

Mestská rada rozhodla vybudovať mestskom parku jazierko s fontánou. Ich predstava bola taká, že jazierko bude mať plochu hladiny $S = 10$ m², fontána s objemovým prietokom $Q = 15$ litrov za sekundu bude striekať zvislo do výšky $H = 10$ m. Fontána bude využívať vodu z jazierka, ktorá bude v sústave cirkulovať. Poslanec zadal tieto požiadavky synovi, ktorý navštevuje prvý ročník gymnázia, a požiadal ho, aby zodpovedal nasledujúce otázky:

- o koľko poklesne voda v jazierku, keď začne fontána striekať
- aký priemer d_d musí mať dýza fontány
- aký výkon musí mať čerpadlo, ktoré čerpá vodu z jazierka do fontány
- aký je najmenší možný priemer d_v nasávacieho potrubia, aby bolo možné zabezpečiť požadovaný objemový prietok Q .

Odpor vzduchu a viskozitu vody neuvažujte. Atmosférický tlak $p_a = 101$ kPa, tiažové zrýchlenie $g = 9,8$ m·s⁻².

7. úloha - Meranie objemovej teplotnej rozťažnosti vody – experimentálna úloha

Objemová teplotná rozťažnosť kvapalín sa využíva v praxi napr. v kvapalinových teplomeroch (tradičný ortuťový alebo liehový).

Úloha: Zmerajte súčiniteľ objemovej teplotnej rozťažnosti vody.

Postup:

Súčiniteľ objemovej teplotnej rozťažnosti je rádovo 10^{-4} K^{-1} , treba preto zvoliť veľmi citlivú metódu merania zmeny objemu kvapaliny. Odporúčame nasledovnú metódu.

- Použite väčšiu sklenenú fľašu s objemom okolo 1 liter s úzkym hrdlom. Fľašu uzatvorte gumovou zátkou s otvorom, cez ktorý je tesne zavedená tenká sklenená trubička. Po naplnení nádoby vodou tak, že hladina siaha do dolnej časti trubičky, prejaví sa i nepatrná zmena objemu vody v nádobe výrazným posúvaním hladiny vody v trubičke.
- Trubičku treba pred meraním očiachovať (zmeranie vnútorného priemeru je veľmi nepresné). Možno to urobiť tak, že presne zvážite suchú trubičku a potom trubičku naplnenú vodou – tak zistíte, aký je objem vody v trubičke a určíte objem, pripadajúci na posunutie hladiny napr. o 1 cm. Je vhodné upevniť k trubičke milimetrové meradlo na meranie posunutia hladiny.
- Veľkú nádobu (napr. vedro) naplňte teplou vodou s teplotou okolo 50°C (ak netečie z vodovodu dostatočne teplá voda, môžete do nej priliat' vodu zohriatu na varíči).
- Teplou vodou z nádoby naplňte pomocou odmerky a lievika sklenenú fľašu tak, aby po uzatvorení zátkou bola hladina vody v trubičke pri jej hornom konci (vodu v trubičke môžete dopĺňať/odoberať napr. tenkou plastovou trubičkou). Celú fľašu ponorte do vody v nádobe a nechajte prípadne teplotu v nádobe a vo fľaši ustáliť.
- Po ustálení zmerajte teplotu vody v nádobe, ktorá je v stave rovnováhy rovnaká ako teplota vody vo fľaši, a zaznamenajte polohu hladiny v sklenenej trubičke. Ak vedro s fľašou necháme stáť na stole bude teplota vody postupne klesať. Ak je chladnutie vody vo vedre pomalé, stačí sa teplota vody vo fľaši vyrovnávať s teplotou vody vo vedre.
- Postupne merajte teplotu t vody vo vedre a výšku h hladiny vody v trubičke. Namerané hodnoty zapíšte do tabuľky. Do ďalších stĺpcov tabuľky zapíšte zmenu teploty Δt , zmenu výšky Δh a zodpovedajúcu zmenu objemu ΔV^* vody v trubičke. Získajte aspoň 10 hodnôt teploty v rozsahu od 45°C do 25°C .
- Keďže sa súčasne uplatňuje aj objemová teplotná rozťažnosť skla $\beta_s = 2,5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, prepočítajte zmenu ΔV^* na zmenu objemu vody vo fľaši ΔV . Údaj doplňte do ďalšieho stĺpca tabuľky.
- Zostrojte graf zmeny objemu ΔV ako funkcie zmeny teploty Δt a overte, že závislosť zmeny objemu od teploty je lineárna v meranom rozsahu teploty. Z grafu určte strednú hodnotu pomeru koeficientu objemovej teplotnej rozťažnosti vody $\beta_v = \Delta V / \Delta t$.
- Hodnotu získanú meraním porovnajte s tabuľkovou hodnotou a ohodnoťte presnosť merania.

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

Návrh a spracovanie úloh: Lubomír Konrád, Ivo Čáp

Recenzia úloh: Aba Teleki, Lubomír Mucha

Redakcia: Ivo Čáp

Úlohy preložil: Aba Teleki

Vydalo: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2025