

63. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2021/2022

Katégória F

Texty úloh domáceho kola

Milý riešiteľ Fyzikálnej olympiády,

predkladáme ti na riešenie úlohy, ktoré sme pripravili pre domáce kolo Fyzikálnej olympiády v školskom roku 2021 – 2022 pre žiakov 8. ročníka ZŠ a rovnocenných ročníkov viacročných gymnázií, prípadne aj nižších ročníkov, pokiaľ si na riešenie týchto úloh trúfajú. Fyzikálna olympiáda je určená pre žiakov, ktorých fyzika zaujíma a baví a sú ochotní urobiť aj niečo navyše, ako len precvičovať školské učivo.

Pôvab fyziky spočíva v tom, že odhaľuje tajomstvá sveta okolo nás. A nemusíme chodiť ďaleko. Zaujímavé veci sú kdekoľvek sa pozrieme. Iba sa musíme učiť pozerat'.

Základom poznávania, a fyzikálneho poznávania osobitne, je pozorovanie vecí a javov s cieľom čo najviac sa dozvedieť o svete a prírode okolo nás. Konečným cieľom fyziky nie je len učenie sa vzorcov a počítanie príkladov. Fyzika ako veda má za cieľ vysvetľovať a objavovať doteraz nepoznané. Ak máme byť úspešní na ceste za poznáním, potrebujeme postupovať pomaly, od jednoduchých vecí k zložitejším. A musíme si k tomu rozvíjať i potrebné nástroje. Jedným z nástrojov sú meracie prístroje a pomôcky, druhým matematika. Tretím hlavným nástrojom je fyzikálne myslenie.

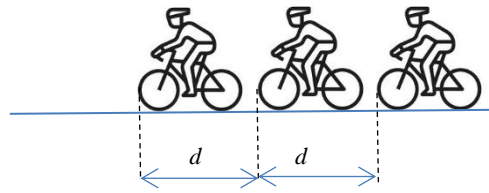
Aby sme ti pomohli na ceste za fyzikálnym poznáním, pripravili sme niekoľko problémov, ktoré by ťa mohli zaujať. Niektoré sú experimentálne, ktoré od teba vyžadujú uskutočniť pokus, skúmať rôzne okolnosti a samostatne objavovať a formulovať užitočné závery, iné sú také, že ťa v zadaní úloh zoznámime s už získanými faktami, napr. z vyučovania fyziky, a tvojou úlohou je tieto fakty využiť v riešení úlohy a objaviť odpovede na položené otázky.

Na prvý pohľad sa môže zdať, že niektoré úlohy sú veľmi dlhé a náročné, ale to môže byť len prvý vonkajší dojem. K úlohám sme pripravili aj úvodné rozprávanie (informácie), ktoré ťa uvedú do sveta daného javu alebo deja. Až potom prichádzajú otázky. Naším cieľom nie je mechanické riešenie úlohy, ale chceme, aby si aj v súvislostiach vnímal uvedený problém, vedel si si ho reálne predstaviť a sám nachádzal a objavoval potrebné vysvetlenia a riešenia. Úlohy fyzikálnej olympiády, by ti mohli priblížiť zaujímavosť a objavnosť fyziky.

Aby si prenikol do problémov, ktoré prekračujú rámec vyučovania, niekedy nestačia iba jednoduché vedomosti získané na hodinách matematiky a fyziky v škole. Niekedy je potrebné v učebnici alebo v inej literatúre, na internete, pozrieť si niečo navyše, alebo si nechať poradiť od učiteľa alebo iných ľudí s potrebným vzdelaním. Ak by si chcel byť maliarom, nestačí spoliehať sa iba na hodiny kreslenia v škole, ak chceš byť dobrým bežcom, nestačia iba hodiny telocviku, a ak chceš byť „fyzikálnym olympionikom“, tiež nestačí iba to, čo sa dozvieš na hodinách fyziky v škole. Fyzikálne poznanie je užitočné takmer vo všetkých vedných odboroch a profesiách. Prispieva aj k vnímaniu a pochopeniu iných vedných odborov a vyučovacích predmetov, napr. chémie, biológie, matematiky, informatiky, ale aj humanitných predmetov.

1) Cyklistické preteky

Pretekári so žltým, zeleným a bielym tričkom vytvorili malý pelotón, a odtrhli sa od ostatných. Keď im zostávalo do cieľa $s = 20,0 \text{ km}$, pustil sa za nimi stíhací pelotón piatich pretekárov, ktorí za nimi zaostávali o $D = 1\,500 \text{ m}$. Odstup pretekárov v oboch pelotónoch bol pravidelný, $d = 3,0 \text{ m}$ (vzdialenosť medzi prednými kolesami – pozri obr. F–1). Na čele oboch pelotónov sa pretekári striedali pravidelne – čelný pretekár sa odsunul bokom, odpočíval, kým zvyšní pretekári pokračovali nezmenenou rýchlosťou. Pretekár z čela sa potom zaradil na koniec pelotónu a zvýšil svoju rýchlosť na rýchlosť zvyšných pretekárov.



obr. F–1

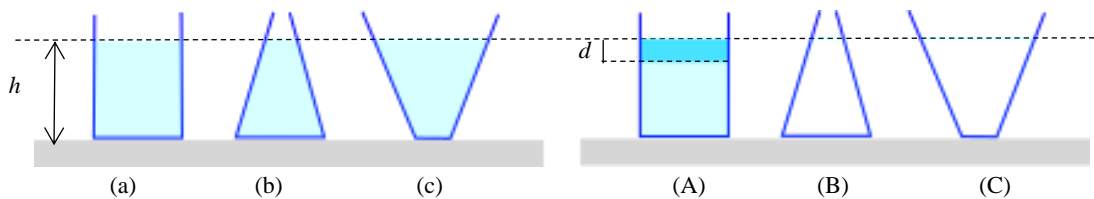
Pretekári v trojčlennom pelotóne mali rýchlosť $v_1 = 50,4 \text{ km/h}$, kým pretekári v druhom pelotóne rýchlosť $v_2 = 55,8 \text{ km/h}$. Pretekári v prvom pelotóne sa striedali každých $t_1 = 10 \text{ s}$.

- Aká bola priemerná rýchlosť v_{p1} prvého pelotónu (rýchlosť vyjadri v jednotkách m/s aj km/h)?
- Akú priemernú rýchlosť v_{p2} musí mať druhý pelotón, aby dostihol prvý pelotón vo vzdialenosti $s_1 = 500 \text{ m}$ pred cieľom?
- Ako často (t_2) sa musia striedať pretekári v druhom pelotóne, aby dostihli prvý pelotón vo vzdialenosti $s_1 = 500 \text{ m}$ pred cieľom?

2) Mlieko a smotana

Sú kvapaliny, ktoré sú rovnorodou zmesou rôznych zložiek, ako napríklad mlieko. Ak mlieko necháme stáť, smotana (s vysokým obsahom tuku) sa oddelí od zvyšku mlieka. Vytvorí dobre rozpoznateľnú hornú vrstvu v nádobe, pričom sa celkový objem kvapaliny nezmení. Hustota čerstvo nadojeného mlieka (pri teplote $10 \text{ }^\circ\text{C}$) $\rho_m = 1,033 \text{ g/cm}^3$. Ak sa z nej oddelí smotana, zvyšok mlieka má hustotu $\rho_{m0} = 1,035 \text{ g/cm}^3$, kým smotana (s 36 %-ným obsahom tuku) $\rho_s = 1,005 \text{ g/cm}^3$.

Na obrázku F–2 sú znázornené poháre rôznych tvarov, do ktorých sme naliali rovnaké mlieko tak, že ich hladina je v rovnakej výške $h = 20 \text{ cm}$ (obrázky (a), (b), (c)). Do nádoby s rovnými stenami sme naliali $V = 2,00$ litra mlieka.



Obr. F–2

- Na dno ktorej nádoby (obrázky (a), (b), (c) vľavo) pôsobí mlieko najväčším, a na ktorý najmenším tlakom? Svoju odpoveď zdôvodni.

Po určitom čase sa smotana oddelí od zvyšku mlieka, pričom celkový objem mlieka sa nezmení.

- Aká je hrúbka d vrstvy smotany v nádobe na obr. (A)?
- Prekresli obrázky (A), (B), (C) do svojho riešenia a naznač hrúbku smotany v pohároch na obr. F–2 (B) a (C) – svoje riešenie zdôvodni.
- Na dne ktorej nádoby (obrázky (A), (B), (C) vpravo) pôsobí obsah nádoby najväčším, a na ktorý najmenším tlakom? Svoju odpoveď zdôvodni.

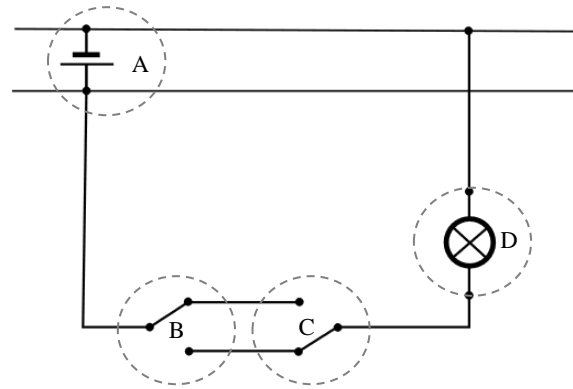
Poznámka: teleso s rovnými zvislými stenami výšky h a so základňou, ktorej plocha je S má objem $V = Sh$.

O tlaku kvapalín pozri vhodný zdroj informácií, napr. tu: <https://teachers-paradise.webnode.sk/a2-7-tlak-kvapalin/>

3) Schéma zapojenia

Na obrázku F-3 je znázornený elektrický obvod s prvkami A, B, C a D (sú zakrúžkované prerušovateľnou čiarou – samotné krúžky s prerušovateľnou čiarou nie sú súčasťou nákresu elektrického obvodu).

- Medzi zakrúžkovanými prvkami nájdí zdroj elektrického prúdu, spínač a žiarovku. Pomenuj prvky A, B, C a D a zadaj aspoň jednu fyzikálnu charakteristiku každého z nich.
- Popíš, ako pracuje zapojenie podľa obrázku.
- Aký praktický problém rieši zapojenie na obrázku a kde sa takéto zapojenie používa?



Obr. F-3

4) Kalenie ocele

Oceľ je jedným zo základných materiálov technologickej spoločnosti. Oceľ je zliatina železa s uhlíkom a ďalšími prvkami (chróm, mangán a podobne). Uhlík sa v železe rozpúšťa a jeho množstvo môže dosiahnuť maximálne až 2,14% hmotnosti ocele. Kalenie je proces, pri ktorom rozžeravenú oceľ prudko schladíme v nejakom prostredí (voda, olej, roztavená soľ).

- Kováč pripravuje repliku historického meča. Meč váži $m = 1,50$ kg a obsahuje polovicu maximálneho množstva rozpusteného uhlíka. Urči hmotnosť m_C uhlíka obsiahnutého v oceli meča. Kováč má pripravený olejový kúpeľ s objemom $V_o = 8,00$ L oleja s teplotou $t_o = 20,0$ °C, a oceľ meča je rozžeravená na teplotu $t_m = 650$ °C.
- Na akej hodnote t_1 sa ustáli teplota olejového kúpeľa a meča pri ponorení meča do oleja až do vyrovnania teplôt počas kalenia?
- Koľkokrát viac tepla by odovzdala oceľ rozžeraveného meča po ponorení do vodného kúpeľa s objemom $V_v = 10,0$ L a teplotou $t_o = 20,0$ °C (do vyrovnania teplôt), než odovzdala olejovému kúpeľu?
- Merná tepelná kapacita vody $c_v = 4,18$ kJ/(kg · °C), merná tepelná kapacita minerálneho oleja $c_o = 1,67$ kJ/(kg · °C), merná tepelná kapacita ocele $c_m = 470$ J/(kg · °C), hustota vody $\rho_v = 1,00$ g/cm³, hustota oleja $\rho_o = 0,865$ g/cm³.

5) Čaj, lyžička, voda

Peter sedel v záhrade a mal pred sebou čaj s objemom $V_1 = 2,00$ dl a teplotou $t_1 = 80,0$ °C, a v ňom lyžičku. Vedľa mal veľký pohár studenej vody s objemom $V_2 = 5,00$ dl a s teplotou $t_2 = 10,0$ °C. Čaj bol horúci, tak ho miešal kovovou lyžičkou, ale tá ho páčila na prstoch, lebo sa okamžite zohriala. Ponoril preto prázdnu lyžičku do pohára so studenou vodou a lyžička sa skoro okamžite schladila – teplota lyžičky a teplota studenej vody sa vyrovnali. Kovová lyžička mala hmotnosť $m_L = 50,0$ g.

a) Koľko tepla Q_L preniesol lyžičkou z čaju do studenej vody?

Lyžičku vrátil naspäť do pohára s čajom, samozrejme, okamžite ho začala páliť na prstoch. Peter sa zamyslel: „Čaj sa mal trochu schladiť od studenej lyžičky.“.

b) O koľko stupňov Celsia (Δt_1) sa schladil čaj po vložení ochladenej lyžičky a vyrovnaní teploty? Peter sa znova zamyslel. Ak bude takto pokračovať, môže čaj úplne schladiť.

c) Na akú najnižšiu teplotu by sa dal popísaným postupom schladiť čaj?

Peter chvíľku počítal, a potom povedal svojej sestre, ktorá čítala vedľa neho, že stačí, aby zopakoval výmenu tepla medzi čajom a vodou 29-krát a teploty sa vyrovnajú. Sestra len pokývala hlavou, na znak, že si myslí, že Peter sa mylí.

d) Kto z nich mal pravdu a prečo?

Hustota vody $\rho = 1,000 \text{ g/cm}^3$, merná tepelná kapacita vody $c = 4,182 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, merná tepelná kapacita kovu lyžičky $c_L = 423,6 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$. Výmenu tepla s okolím, pohármi a Petrovim prstom zanedbajte.

6) Kolesá v rúre

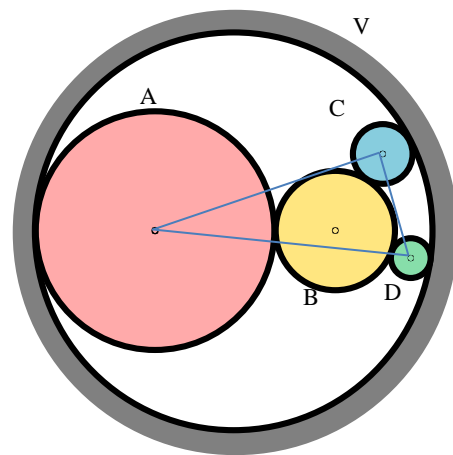
Na obrázku F-4 je rúra V s vnútorným obvodom $o_V = 98 \text{ cm}$. V rúre sú štyri kolesá A,B,C,D s obvody $o_A = 60 \text{ cm}$, $o_B = 30 \text{ cm}$, $o_C = 15 \text{ cm}$ a $o_D = 10 \text{ cm}$. Stredy kolies A,D,C sú uchytené do pevného trojuholníkového rámu. Kolesá sa môžu voľne otáčať okolo svojej osi. Povrchy kolies sa navzájom neprešmykujú, a neprešmykujú sa ani povrchy kolies na vnútornom povrchu valca.

Najprv je rám ADC nehybný a otáča sa rúra.

- Koľkokrát sa otočí najmenšie koleso D, ak najväčšie koleso A sa otočí 4-krát,?
- O koľko stupňov sa otočí koleso B, ak sa rúra pootočí o 30° ?

Potom sa rúra prestane otáčať a zostane nehybná, ale začne sa otáčať rám s kolesami.

- O koľko stupňov sa otočia jednotlivé kolesá A, B, C, D okolo svojich osí, ak trojuholníkový rám sa otočí o 360° ?
- O koľko stupňov sa pootočí najväčšie koleso okolo svojej osi za jednu sekundu, ak dotykový bod najmenšieho kolesa sa pohybuje po povrchu nehybnej rúry rýchlosťou $v = 49 \text{ cm/min}$?



obr. F-4

7) Goetheho barometer – experimentálna úloha

JOHANN WOLFGANG VON GOETHE bol nielen básnik, ale tiež prírodovedec, ktorý zostavil jeden z prvých barometrov. Barometer je zariadenie na meranie atmosférického tlaku.

V stredoveku hojne využívali princíp spojených nádob k prečerpávaniu vody z jedného miesta na druhé. Jeden Galileiho známy si mu sťažoval, že potrubie, ktoré postavil cez kopec vysoký 21 metrov nechce pracovať. Galilei mu vtedy podal nesprávne vysvetlenie, v ktorom povedal, že vákuum nemá dostatočnú „pevnosť“, aby dokázal vytiahnuť vodu v potrubí tak vysoko (21 m). Prirovnal to pevnosti lana, ktoré sa tiež trhá, pokiaľ ho príliš zaťažia.

Správne vysvetlenie javu podal Toricelli v roku 1644. (Naštuduj si čo je atmosférický tlak, a ako sa meria – pozri napr. <https://teachers-paradise.webnode.sk/a10-4-tlak-plynov/>.)

Na základe správneho vysvetlenia veľmi rýchlo boli zostrojené prvé barometre, pomocou ktorých bolo možné predpovedať počasie (napr. blížiacu sa búrku). Jeden taký barometer navrhol a zostavil Johann Wolfgang von Goethe, ktorý je známy skôr ako básnik.

Úloha

Vysvetlite princíp činnosti barometra. Zostavte Goetheho barometer a zaznamenajte v priebehu týždňa zmeny tlaku (ráno, na obed a večer). Výsledky zapisujte do vhodnej tabuľky. Diskutujte vplyv teploty na meranie. Ako je možné predpovedať počasie pomocou barometra?

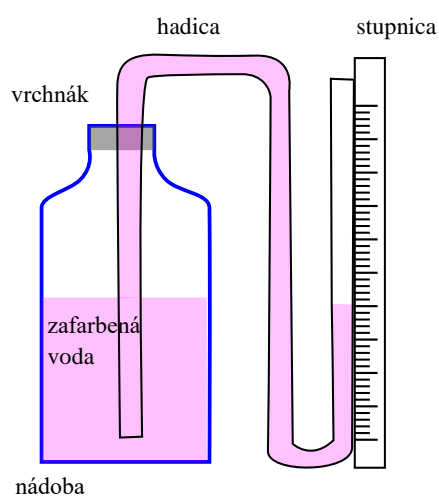
Pomôcky

Pevnostenná nádoba (napr. sklenená fľaša od mlieka), tenká a priehľadná hadička, voda a farbivo do vody, kvapka oleja, papierový pás so stupnicou.

Postup

- 1) Zostav zariadenie, aké je na obrázku F-5.

Pre správnu činnosť je podstatné, že nádoba je naplnená vodou len do polovice, a do vody v nádobe je ponorená hadička, tiež naplnená vodou. Hadička je vedená von z nádoby cez vrchnák, ktorý vzduchotesne uzatvára nádobu (aj v mieste, kde prechádza hadička) – odporúča sa utiesniť uzáver zakvapkaním parafínom zo sviečky. Druhý koniec hadičky a stupnica je na voľnom vzduchu pripevnená k nádobe (!) pre spoľahlivé odčítanie hladiny vody v hadičke. Kvapka (malé množstvo) oleja sa použije na hladinu vody v otvorenom konci hadičky, aby sa zamedzilo odparovaniu vody z hadičky.



Obr. F-5

Poznámka: Tvoj domáci barometer umiestni čo najďalej od okna, najlepšie do pivnice (ak máš takú možnosť), kde je ustálená teplota počas celého dňa. Aby sa zamedzilo vplyvu teploty, hodnoty meraj vždy v tú istú dennú dobu. V princípe je možné použiť aj PET fľašku, teda nie pevnostennú nádobu, pokiaľ sa nádoby nebudeš dotýkať počas prevádzky.

- 2) Vykonávaj meranie – odčítanie výšky stĺpca v otvorenom konci hadičky pomocou stupnice. Výsledky zapisuj do prehľadnej tabuľky. Pri každom meraní zaznamenaj dátum a čas merania. Zaznamenaj tiež oficiálny údaj tlaku pre tento čas najbližšie k tvojmu miestu (napr. <https://pocasio.sme.sk>)

63. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie F

Autori návrhov úloh:

Boris Lacsny (1, 3, 4, 5), Aba Teleki (2, 6, 7)

Recenzia:

Ivo Čáp

Preklad textu úloh do maďarského jazyka:

Aba Teleki

Redakcia:

Ivo Čáp

Vydal:

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2021