

62. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2020/2021

Katégoria E

Milý riešiteľ Fyzikálnej olympiády,

predkladáme ti na riešenie úlohy, ktoré sme pripravili pre domáce kolo Fyzikálnej olympiády v školskom roku 2020 – 2021 pre žiakov 9. 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 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.

62. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2020/2021

Kategória E – domáce kolo

Texty úloh

1. Cykloturistika

Medzi moderné formy relaxu i športu patrí cykloturistika.

Skupina žiakov základnej školy so svojim učiteľom fyziky sa rozhodli prejsť na obyčajných bicykloch trasu z miesta štartu A do cieľa B. Učiteľ im však pripravil prekvapenie, plánuje odmeniť úspešných žiakov malým občerstvením v bufete v celi cyklotrasy i známku z fyziky.

- Najskôr im zadal jednoduchú otázku: uviesť a vysvetliť, ktorá jednotka rýchlosti je väčšia $v_1 = 1 \text{ km/h}$ alebo $v_2 = 1 \text{ m/s}$? Uveď tvoju odpoveď.
- Trasu rozdelil na dve časti. Prvá s dĺžkou $s_1 = 5,0 \text{ km}$, po ktorej mali prejsť rovnomerne rýchlosťou $v_1 = 20 \text{ km/h}$, a druhú s dĺžkou $s_2 = 10 \text{ km}$, ktorú mali absolvovať rovnomerne rýchlosťou $v_2 = 10 \text{ km/h}$.
Aká bola priemerná rýchlosť v_{p1} pohybu cyklistov medzi štartom a cieľom, keď celú trasu prešli bez prerušenia?
- Pri ceste naspäť zmenili taktiku jazdy. Prvú polovicu trate išli rýchlosťou v_1 , druhú polovicu rýchlosťou v_2 . Urči priemernú rýchlosť v_{p2} jazdy v tomto prípade.

2. Výskumná loď a hĺbiny mora

V laboratóriu testovali oceľový drôt s plochou prierezu $S_0 = 1,0 \text{ mm}^2$. Zistili, že drôt sa roztrhne, ak ho zaťažia v gravitačnom poli závažím s hmotnosťou $m_0 = 40,0 \text{ kg}$. Drôt tohto typu výskumná loď plánovala použiť na vyzdvihnutie meteoru z hĺbín mora.

- Do akej hĺbky h_1 mohli spustiť oceľový drôt bez záťaže, aby sa nepretrhol? Bod závesu bol tesne nad hladinou mora. V ktorom mieste je drôt najviac namáhaný a hrozí teda jeho pretrhnutie?

Výskumníci sa rozhodli použiť oceľové lano s $N = 100$ drôtov.

- Do akej maximálnej hĺbky h_2 mohli spustiť toto oceľové lano, než sa roztrhlo vlastnou váhou? Odpoveď zdôvodni.

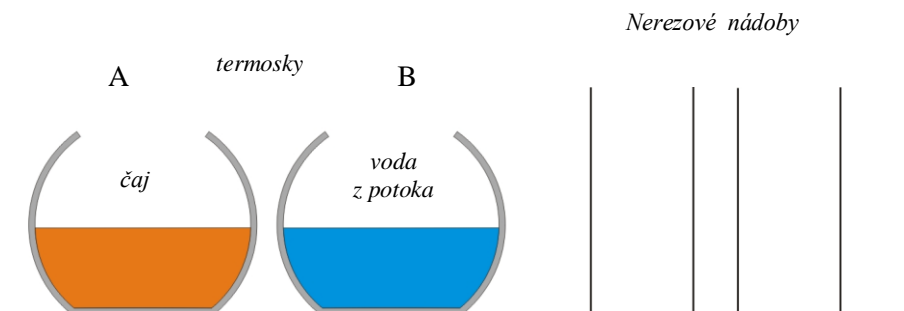
Hmotnosť meteoru odhadli na $M = 4,0 \text{ t}$. Ležal v hĺbke $h = 250 \text{ m}$, a predbežné rozboru ukázali, že meteor je z čistého irídia, ktoré na povrchu Zeme pochádza z meteorov.

- Je možné pomocou daného oceľového lana meteor vyzdvihnúť na hladinu mora? Odpoveď zdôvodni výpočtom.

Hustota morskej vody $\rho_v = 1\,030 \text{ kg/m}^3$, hustota ocele $\rho_o = 7\,500 \text{ kg/m}^3$, hustota irídia $\rho_{Ir} = 22,420 \text{ g/cm}^3$, gravitačná konštanta $g = 10 \text{ N/m}$. Predpokladaj, že prierez drôtu, či lana sa pri naťahovaní nemení.

3. Chladienie čaju

Janka bola u babičky a v termoske na stole bol horúci čaj s objemom $V = 1,00 \text{ l}$ s teplotou $t_1 = 90,0 \text{ }^\circ\text{C}$. V druhej, rovnakej termoske, bolo rovnaké množstvo studenej vody s teplotou $t_0 = 10,0 \text{ }^\circ\text{C}$, ktorú Janka priniesla z horského potoka. Mala na stole ešte dve rovnaké tenkostenné nerezové valcové nádoby s objemom V , obr. E-1. Valcové nádoby bolo možné ponoriť do termosky. Janka najskôr studenú vodu naliata do kovovej nádoby, ktorá dobre vedie teplo, a vložila ju cez otvor do termosky A s čajom, aby čaj ochladila.



Obr.: E-1

a) Urči, na akej hodnote t_2 sa ustálila teplota čaju.

Janka ďalej uvažovala nad problémom, či by bolo možné chladienie čaju s daným množstvom vody z potoka urobiť tak, aby výsledná teplota čaju bola nižšia, než výsledná teplota vody z potoka. Výslednú teplotu vody z potoka by určila po opätovnom naliatí vody do termosky B.

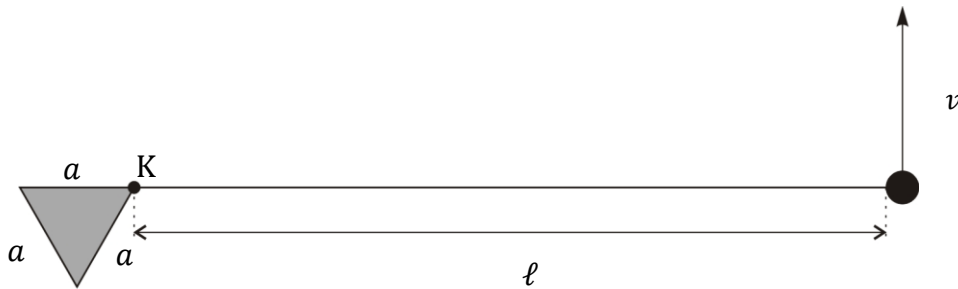
b) K chladieniu v opísanom prípade je možné použiť aj obidve nerezové nádoby a donesené množstvo vody z potoka. Navrhni postup, aby sa v procese chladienia čaju dosiahol výsledok, že výsledná teplota čaju bude nižšia, než výsledná teplota vody z potoka. Odpoveď vysvetli.

c) Urči výslednú teplotu t_{v1} čaju a výslednú teplotu t_{v0} vody v termoske, ak budeš v chladiení postupovať podľa návodu b)

Pozn.: merná tepelná kapacita vody a čaju je rovnaká. Tepelná kapacita termosiek aj nerezových nádob je veľmi malá, tepelné straty do okolia neuvažuj. Ďalšie potrebné údaje nájdi vo vhodných zdrojoch.

4. Kĺzanie puku po ľade

Puk na ľade je pripevnený k stĺpu v bode K pomocou pevného, tenkého, nepružného vlákna s dĺžkou $\ell = 6,000$ m, obr. E - 2. Stĺp je zamrznutý v ľade, a jeho prierez je rovnostranný trojuholník s dĺžkou strany $a = 75,0$ cm. Puk sa kĺže po ľade bez trenia a v čase $t = 0$ s má rýchlosť $v = 1,000$ m/s. Obr. E-2 znázorňuje pohľad zhora, vo vodorovnej rovine v čase $t_0 = 0$ s. Puk sa pohybuje vždy kolmo na vlákno, pri jeho pohybe sa vlákno namotáva na stĺp.



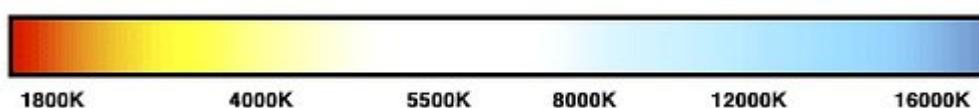
- Prekresli obrázok E-2 do tvojho riešenia a vyznač v ňom vo vodorovnej rovine sily pôsobiace na puk. Ilustračne nakresli trajektóriu posledných dvoch otočiek puku okolo stĺpa (so správnou polohou puku, keď vlákno je úplne namotané na stĺp).
- Rozhodni, či sily, ktoré pôsobia na puk konajú prácu – odpoveď vysvetli.
- Za aký čas t_1 od odpálenia puku narazí puk do stĺpa?

Puk má priemer $d = 76$ mm, vlákno je prichytené o okraj puku. Puk sa pohybuje po ľade bez trenia a odpor vzduchu je zanedbateľne malý.

5. Úsporné svietidlo (LED čip)

V ostatných rokoch na celom svete sa používajú svetelné zdroje na princípe LED diód (Light Emitting Diode, v preklade svetlo emitujúce diódy). História LED začala r. 1962, kedy bola objavená prvá luminiscenčná dióda s červeným svetlom. Prevratný rozvoj svetelných zdrojov LED je však spojený s objavom modrej luminiscenčnej diódy trojicou japonských fyzikov Issamu Akasaki, Hiroši Amano, Šudži Nakamura, ktorým za tento objav r. 2014 bola udelená Nobelova cena za fyziku. Fyzikálna podstata vysokej svetelnej účinnosti LED (a objavu) je v tom, že diódy z nitridu gália, stručne GaN, zapojené v priepustnom smere pri napätiach 3,2 V– 3,6 V vyžarujú modré svetlo s vysokou účinnosťou premeny elektrickej energie na svetlo (LED ~ 100 až 150 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$ klasická vlákňová žiarovka ~ 15 $\frac{\text{lm}}{\text{W}}$, lm lúmen je značka jednotky svetelného toku).

Úlohy s témami LED boli zaradené do FO už v 56. a 57. ročníku FO r. 2014 – 2016.

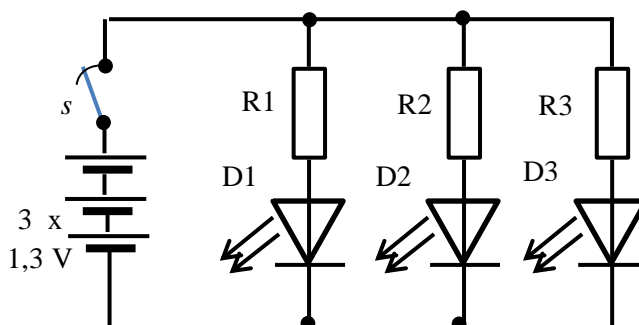


Obr. E - 3

LED vyžaruje teplé biele svetlo pri nominálnych hodnotách napätia a prúdu $U_0 = 3,4 \text{ V}$, $I_0 = 17 \text{ mA}$. (fyzikálna teplota tohto svetla je približne 3 500 K, denného svetla 5 000 K, obr. E - 3). Elektrický príkon diódy v tomto prípade je $P_0 \approx 60 \text{ mW}$. Pri dobrej konverzii elektrického výkonu na svetlo svetelný tok z LED dosahuje hodnoty $k_0 \approx \frac{100 \text{ lúmen}}{\text{W}} = \frac{100 \text{ lm}}{\text{W}}$. Pri malých požiadavkách na osvetlenie ako elektrické zdroje sa používajú tužkové batérie s označením AA jednorazové (alkalické) s nominálnym napätím $U_{z1} \approx 1,5 \text{ V}$ alebo nabíjateľné (rechargeable) metal hybridové Ni MH (alebo iné) s nominálnym napätím $U_{z2} \approx 1,3 \text{ V}$. Rôzni výrobcovia udávajú počty nabíjacích cyklov rádovo 10^3 a ich elektrickú kapacitu (1700 až 3 200) mAh.

Na obr. E - 4 ja náčrtok (schéma) zapojenia čipu troch LED v svietidle. LED majú nominálne hodnoty napätia a prúdu $U_0 = 3,4 \text{ V}$, $I_0 = 17 \text{ mA}$. Ako elektrický zdroj v svietidle sú tri nabíjateľné tužkové batérie, každá s nominálnym napätím $U_{0z} \approx 1,3 \text{ V}$ a využiteľnou nominálnou kapacitou $Q \approx 1 900 \text{ mAh}$.

- Akú fyzikálnu funkciu v LED svietidle majú rezistory R1, R2, R3? Urči hodnoty odporu R rezistorov, aby diódy mali nominálne parametre.
- Urči prúdy, ktoré prechádzajú jednotlivými LED. Aký prúd I_z prechádza zdrojom? Obvyklým spôsobom vyznač prúdy v náčrtku prekresleného do riešenia.



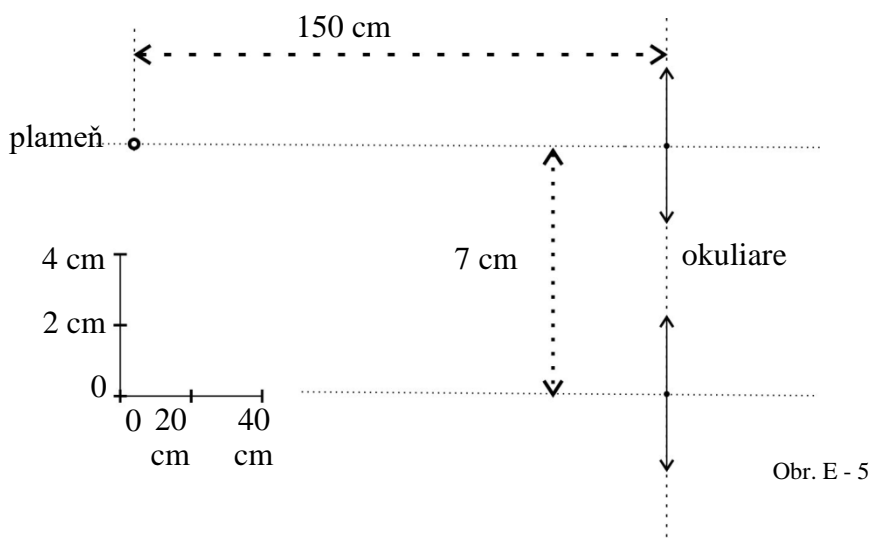
Obr. E- 4 Čip s tromi LED

- Aký bude približne svetelný tok zo svietidla pri zapnutom spínači?
- Akú dobu t môžeme očakávať, že bude svietidlo funkčné (svietiť), pokiaľ spotrebuje celú využiteľnú nominálnu kapacitu použitých batérií?

Predpokladaj, že tužkové batérie majú vnútorný odpor veľmi malý.

6. Obraz plameňa kahančka

Počas Vianoc horel na stole malý kahanček. Ocko položil svoje okuliare na stôl, neďaleko od kahančka. Katka si všimla, že na stene sa vytvorili dva ostré obrazy plameňa kahančka. Katka sa spýtala ocka, aké „silné“ sú jeho okuliare, a z jeho odpovede pochopila, že obidve sklíčka sú spojky a optická mohutnosť oboch šošoviek je $\varphi = 2,00$ D (dioptrie). Po dôkladnejšom pozorovaní Katka konštatovala, že roviny sklíčok okuliarov ležia v jednej rovine rovnobežnej s rovinou steny, na ktorej sa vytvárajú obrazy plameňa. Stredy šošoviek okuliarov sú vo vzájomnej vzdialenosti $d = 7,0$ cm. Plameň kahančka je pre ľavé oko v optickej osi sklíčka vo vzdialenosti $a = 1,50$ m od sklíčka., obr. E – 5.



- a) Načrtni obrázok znázorňujúci plameň, okuliare a stenu. Znázorni v obrázku popísané zobrazenie, napíš názvy a hodnoty daných veličín. Pomocou zobrazovacích lúčov zostroj obrazy plameňa a stručne popíš konštrukciu obrazov plameňa sviečky..

Pozn. :V smere optických osí zvol' mierku 1:20, kým v smere kolmej k optickým osiam mierku 1:2. Inými slovami, obrázok bude „zmrštený“ tak, aby okuliare bolo možné dobre zobrazit' (pozri obrázok vyššie).

Pre konštrukciu sú dôležité rovnobežky a priesečníky priamok – „zmrštenie“ obrázka nemá vplyv na rovnobežnosť, ani na to, že dve priamky sa pretínajú v jednom bode. (Predstav si, že naťahuješ/zmršťuješ obrázok s hotovým riešením.)

- b) V akej vzdialenosti a' od steny sú sklíčka okuliarov? V akej vzdialenosti sú od seba obrazy na stene vytvorené okuliarmi?

Katka začala opatrne posúvať kahanček na stole rovnobežne so stenou, na ktorej sa vytvorili obrazy.

- c) Obraz vytvorený jedným sklíčkom sa pohyboval rovnomerne rýchlosťou $v_1 = 1,0$ cm/s. Akou rýchlosťou v_2 sa pohyboval druhý obraz? Odpoveď vysvetli.

7. Určenie hmotnosti kvapiek vody – experimentálna úloha

V aplikáciách kvapalných liekov, ale aj pri príprave roztokov v rôznych technológiách, sa často používa jednotkové množstvo „kvapka“ (hmotnosť kvapky, objem kvapky). Pri stálej teplote, napr. 20 °C, kvapka určitej kvapaliny, si zachováva stálu hmotnosť (teda i objem).

Pomôcky: Injekčná striekačka so stupnicou v ml (bez ihly) alebo plastová fľaška s vyznačeným objemom.

- Navrhni postup, ako určíš hmotnosť m_0 a objem V_0 jednej kvapky čistej vody s teplotou t_0 (°C), ak máš k dispozícii niektorú z uvedených pomôcok. Postup stručne opíš.
- Použitím navrhnutého postupu urči hmotnosť m_0 jednej kvapky vody. Meranie opakuj viackrát a urči priemernú hodnotu m_0 hmotnosti kvapky vody.

Pomocou fyzikálnych meraní možno určiť, že ploche 1 m² povrchu vody (kvapaliny) pri istej teplote (napr. 20 °C) prislúcha energia približne $73 \times 10^{-3} \text{ J} = 73 \text{ mJ} = 73 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$. Táto veličina sa označuje gréckym písmenom σ (sigma) a nazýva sa „povrchové napätie“ vody, $\sigma = 73 \times 10^{-3} \text{ N/m} = 73 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2 = 73 \text{ mJ/m}^2$. Povrchové napätie rôznych kvapalín je rôzne, napr. etanolu $22 \times 10^{-3} \text{ N/m}$, petroleja $27 \times 10^{-3} \text{ N/m}$, ortuti $401 \times 10^{-3} \text{ N/m}$.

- Prečo má povrch (hladina) vody v nádobe iné fyzikálne vlastnosti ako vnútro objemu vody?
Pozn.: Uváž, aké je pôsobenie molekúl na povrchu telesa vody aké v jeho vnútri.
- Ľahké vážky (živočíchy žijúce pri vodných plochách) alebo aj iné ľahké telesá (napr. ľahké mince), sa udržia na vodnej hladine a neponoria sa. Stručne vysvetli.
- Aký je tvar kvapky vody v podmienkach Zeme a aký je v beztlakovom priestore, napr. vo vesmírnej stanici? Vysvetli.
- Urči hmotnosť kvapky vody pri dvoch rôznych teplotách vody, napr. chladnej vody t_1 (~15 °C) a pri izbovej teplote t_2 (~20 °C) (m_{01} , m_{02}). Uveď, ako sa zmenila hmotnosť kvapky pri zmene teploty $t_2 - t_1$. Stručne vysvetli.

Pozn. k riešeniu: Keďže hmotnosť kvapky závisí aj od priemeru rúrky kvapkadla, používaj preto pre všetky merania rovnaké kvapkadlo (injekčnú striekačku).

62. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie E

Autori návrhov úloh:	Daniel Klivanec (1, 5, 7), Aba Teleki (3, 6), Boris Lacsny (2, 4)
Úprava návrhov úloh:	Daniel Klivanec, Ivo Čáp
Recenzia úloh a riešení:	Ivo Čáp
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Daniel Klivanec
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2020