58. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2016/2017
Kategória E – domáce kolo
Text úloh

1. Fyzikálne veličiny a ich jednotky

Fyzikálne javy opisujú fyzikálne veličiny, ktoré majú svoju hodnotu vyjadrenú v jednotkách príslušnej veličiny. V medzinárodnej sústave jednotiek SI je definovaných sedem základných jednotiek, zvyšné sú odvodené.

a) Vyhľadaj sedem základných jednotiek fyzikálnych veličín.
b) Vyhľadaj 10 príkladov objektov s rozmermi, dĺžkami alebo vzdialenosťami, od najmenších (napr. rozmer atómového jadra) po najväčšie (napr. vzdialenosť Zeme od Slnka).
c) Vyhľadaj 10 príkladov časových intervalov s dĺžkami od najmenších (napr. perióda svetla) po najväčšie (vek nášho Vesmíru).
d) Vyhľadaj 10 príkladov objektov s rôznou hodnotou hmotnosti od najmenšej (napr. hmotnosť elektrónu) po najväčšie (napr. hmotnosť Slnka).
e) Vyhľadaj 10 príkladov objektov s rôznou teplotou od najnižšej (napr. tekuté hélium) po najväčšie (napr. teplota vo vnútri Slnka).
f) Uveď 20 odvodených jednotiek, ktorých názov nesie meno niektorého významného vedca, uveď v ktorých rokoch žil a čím sa preslávil.
g) Odpovede na otázky a) až f) zapíš do riešenia.
h) Na vyznačené miesta doplň správne hodnoty (čísla), aby napísané rovnosti boli fyzikálne správne.

$10\ \text{s} = \dots\dots\dots\ \text{min}$; $4\ \text{km} = \dots\dots\dots\ \text{m}$; $1\ \text{kg} = \dots\dots\dots\ \text{t}$; $2{,}1\ \text{g} = \dots\dots\dots\ \text{mg}$;

$1\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \dots\dots\dots\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$; $5{,}3\ \frac{\text{km}}{\text{h}} = \dots\dots\dots\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $11\ \text{kN} = \dots\dots\dots\ \text{MN}$; $7{,}6\ \text{mK} = \dots\dots\dots\ \mu\text{K}$;

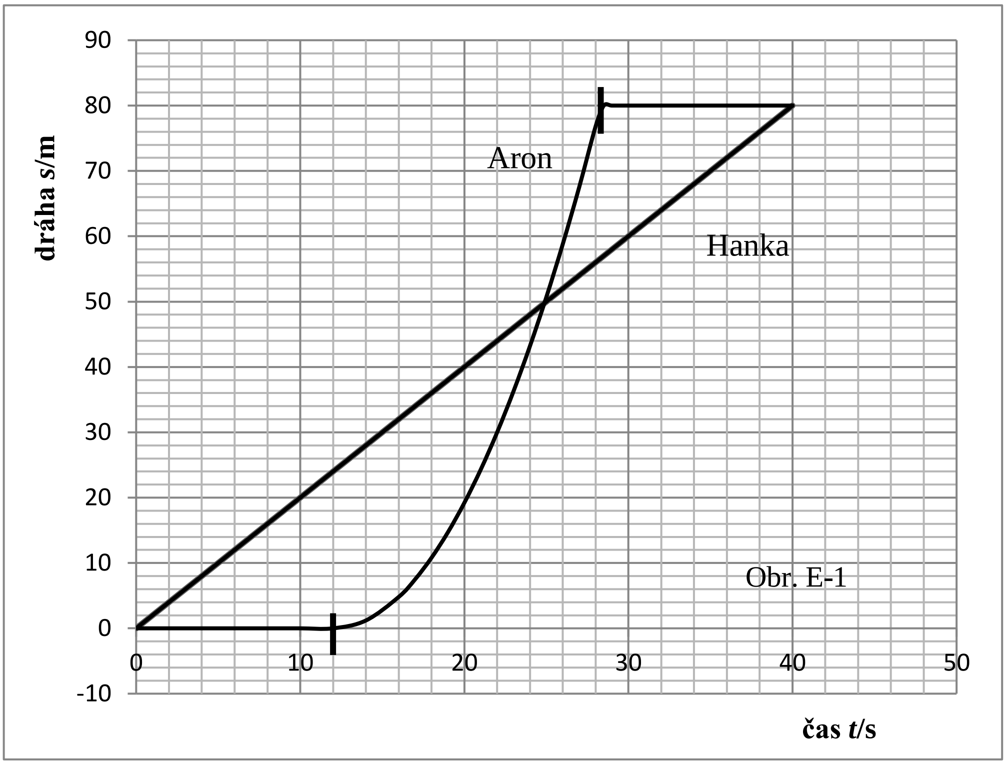
$3{,}1\ \frac{\text{N}}{\text{cm}} = \dots\dots\dots\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$; $1\ \frac{\text{J}}{\text{cm}^2} = \dots\dots\ \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}$.

Pri vypracovaní úlohy využi vhodnou literatúru a internet.

2. Prechádzka so psíkom

Hanka a jej psík Aron sa radi tradične pretekali v poli po rovinnej priamej trati. Aron bol vycvičený poslúchať na povely. Obaja sa postavili na miesto štartu. Najskôr odštartovala Hanka. V určitom okamihu dala psíkovi povel na štart. Dráha s oboch „pretekárov" v závislosti od času t je znázornená na grafe, obr. E-1 . Pomocou grafu

a) Urči celkovú dráhu s preteku.
b) V ktorom čase t_1 vyštartoval Aron?
c) V ktorom čase t_0 a v ktorom bode trasy s_0 po štarte „rýchlejší" predbehol „pomalšieho" bežca?
d) Pomenuj, aký pohyb konala Hanka a aký pohyb konal Aron.
e) V ktorom čase pribehla Hanka (t_{Hc}) a v ktorom Aron (t_{Ac}) do cieľa?
f) Urči celkový čas, ktorý potrebovala Hanka (t_H), a celkový čas, ktorý potreboval Aron (t_A) na prebehnutie trasy.
g) Akou rýchlosťou v_{H0} bežala Hanka a približne akou rýchlosťou v_{A0} bežal Aron v okamihu ich predbiehania?
h) Akú dobu τ čakali jeden na druhého v cieli?



Obr. E-1

3. Pohár vody s ľadom

Teov strýko pracoval v záhrade v najväčších horúčavách. Požiadal Tea, aby mu pripravil pohár studenej vody. Teo vložil do pohára kocky ľadu, zalial ich vodou až celkom po okraj pohára. Kocky ľadu plávali vo vode a nedotýkali sa dna pohára, ale mierne vyčnievali nad hladinu vody. Keď strýko prišiel, ľad sa už roztopil.

a) Čo sa stalo s vodou v pohári po roztopení ľadu?
Uveď, ktorá z nasledujúcich troch možností nastala po roztopení ľadu a svoju odpoveď fyzikálne zdôvodni:
- malé množstvo vody sa vylialo,
- hladina vody v pohári poklesla,
- hladina vody v pohári zostala nezmenená (hladina neklesla, ani voda nevytiekla cez okraj).
Urob náčrt situácie pred roztopením ľadu a po ňom.

b) Jeden liter mlieka má rovnakú, väčšiu alebo menšiu hmotnosť, než jeden liter vody?

c) Aká bude tvoja odpoveď na otázku a), ak by Teo kocky ľadu zalial namiesto vody mliekom?
Urob náčrtok situácie a odpoveď fyzikálne zdôvodni.

Poznámka (1): Hustota mlieka je $1033\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Poznámka (2): Voda bola z vodovodu a ľad bol vyrobený z tej istej vody s hustotou $1000\,\frac{kg}{m^3}$.

4. Zohrievanie vody slnečným žiarením

V období slnečného svitu, napr. v lete, v našich zemepisných šírkach je Slnko efektívnym zdrojom na priame zohrievanie vody. Výkon slnečného žiarenia, ktoré dopadá na Zem a pripadá na plochu s obsahom 1 m^2 kolmú na smer šírenia žiarenia sa nazýva solárna konštanta a má hodnotu $k = 1{,}36\ \frac{\mathrm{kW}}{\mathrm{m}^2}$. Z tohto výkonu sa však časť pohltí v atmosfére a časť sa od plochy, na ktorú kolmo dopadá odrazí. Celkovú účinnosť absorpcie žiarenia Slnka plochou na povrchu Zeme označíme η.

Janko navrhol rodičom spôsob zohrievania vody pre sprchu na chate. K tomu získal uzavretú plochú plastovú škatuľu v tvare hranola s rozmermi 2 m, 1 m, 0,2 m. Povrch škatule natrel matnou čiernou farbou. Škatuľu opatril pripojením na vodovod a výpustným ventilom na sprchovaciu hlavicu. Tento tepelný rezervoár umiestnil na stojan tak, aby slnečné lúče dopadali kolmo na najväčšiu povrchovú plochu.

a) Prečo Janko natrel povrch škatule čiernou farbou?

b) Aké teplo prijal rezervoár naplnený vodou a zohrievaný slnečným žiarením za dobu $t \approx 3{,}5$ h počas plného slnečného svitu, ak bola počas zohrievania účinnosť absorpcie žiarenia Slnka $\eta = 76\ \%$.

c) Na akú teplotu t sa zohriala voda v rezervoáre za uvedených podmienok, ak jej začiatočná teplota bola $t_1 \approx 15$ °C.

Poznámka: Hodnoty hustoty a hmotnostnej tepelnej kapacity vody vyhľadajte v tabuľkách.

5. Jazda na bicykli

Chlapcov zaujala otázka, aký odpor proti pohybu prekonávajú pri jazde na bicykli a aký výkon pritom vynakladajú. Na získanie odpovede vymysleli zaujímavý spôsob. Bicykle spojili za sebou lankom, ku ktorému pripevnili silomer. Prvý chlapec ťahal a druhý sa iba viezol, ťahaný lankom. V učebnici si prečítali, že sila odporu proti pohybu má dve zložky, jedna F_k je konštantná a druhá F_d, tzv. sila dynamického odporu vzduchu, je priamoúmerná druhej mocnine rýchlosti vzhľadom na okolitý vzduch. Celkovú odporovú silu tak možno vyjadriť vzťahom $F = F_k + k\,v^2$, kde k je koeficient aerodynamického odporu.

Pokus robili za bezvetria na vodorovnej priamej ceste. Oba bicykle boli rovnaké a chlapci boli tiež približne rovnakí a na bicykloch rovnako sedeli. Najprv išli stálou rýchlosťou veľmi pomaly, aby sa odpor vzduchu neprejavil a silomer ukázal silu napínajúcu spojovacie lanko $F_1 = 20$ N. Potom rýchlosť zvýšili na maximálnu hodnotu $v_m = 18$ km/h a silomer ukázal hodnotu $F_2 = 24$ N.

a) Nakresli situačný obrázok znázorňujúci experiment a vyznač v ňom sily pôsobiace na prvý a na druhý bicykel s chlapcami.

b) Urči hodnoty F_k a k vo vzťahu pre odporovú silu a zostroj graf závislosti sily F od rýchlosti v pohybu.

c) Urči maximálny výkon P_m prvého chlapca, ktorý vyvinul pri dosiahnutí rýchlosti v_m s pripojeným druhým bicyklom.

d) Zostroj graf závislosti výkonu P_1 cyklistu pri samostatnej jazde na bicykli od rýchlosti v jeho pohybu.

e) Pomocou grafu z časti d) urči rýchlosť v_{m2}, ktorou by sa prvý chlapec pohyboval samostatne (pri odpojenom lanku) pri svojom maximálnom výkone P_m.

Maximálny dlhodobý výkon športovca obmedzuje maximálna spotreba kyslíka (aeróbny režim). Krátkodobo je človek schopný podať zvýšený (až dvojnásobný) maximálny výkon na tzv. kyslíkový dlh (anaeróbny režim).

Peter Sagan je schopný vyvinúť dlhodobo výkon vyše 500 W a krátkodobo v anaeróbnom režime počas cieľového špurtu až 1200 W. Táto neobyčajná schopnosť mu umožňuje víťaziť.

f) Akú maximálnu rýchlosť v_{m3} by dosiahol chlapec v krátkodobom špurte, ak by bol schopný vyvinúť v anaeróbnom režime dvojnásobok svojho maximálneho výkonu P_m?

6. Plavba na ľadových pltiach

Pracovníci ľadového hotela vo Švédsku skúmali, ako by uskutočnili novú atrakciu pre svojich návštevníkov – plavbu na ľadových pltiach a loďkách.

a) Vysvetli, či z fyzikálneho hľadiska možno uvažovať o reálnej funkcii plte z ľadu.

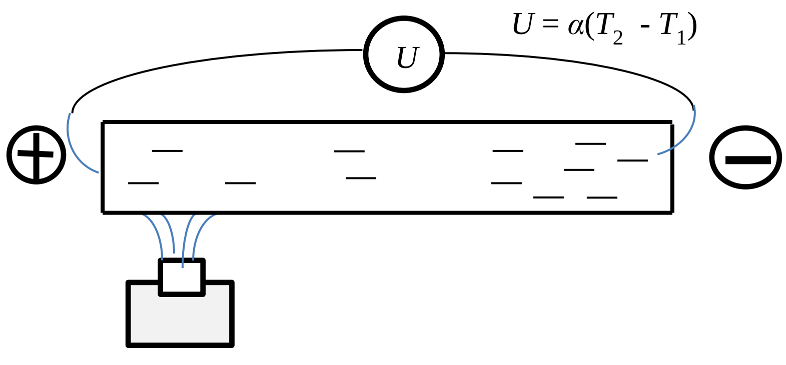
b) Pracovníci hotela vytvorili vaňu v tvare kvádra s vodorovným dnom, šírkou a = 1,0 m a dĺžkou b = 2,0 m. Do vane napustili vodu s objemom V = 828 l a nechali ju zamrznúť.
Urči rozdiel $\Delta h = h - h_0$ hrúbky h vytvorenej ľadovej dosky a pôvodnej výšky h_0 hladiny ešte nezamrznutej vody vo vani.

c) Vyrobenú ľadovú dosku presunuli na rieku na vyskúšanie jej stability vo vode.
Urči pomer p výšky h_p ponorenej časti a h_v vynorenej časti ľadovej dosky, vzhľadom na hladinu vody v rieke.

d) Pre dosiahnutie dostatočnej únosnosti i bezpečnosti pri preprave osôb ohraničili ľadovú platňu ohradou zo železného plechu s hrúbkou d = 4,0 mm a výškou H = 1,0 m. Vytvorili tak loďku s ľadovým dnom a celkovou výškou H. Za bezpečný stanovili maximálny ponor loďky h_{max} = 60 cm. Urči počet pasažierov s hmotnosťou m_p = 75 kg, ktorých loďka unesie, aby sa neprekročil maximálny ponor.

Poznámka: Potrebné hodnoty veličín vyhľadaj v tabuľkách.

7. Termoelektrické napätie – *Experimentálna úloha*



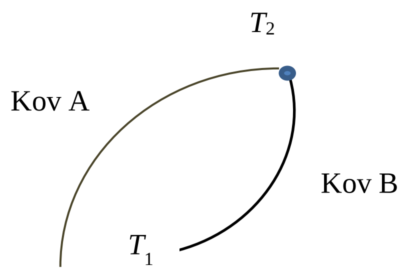
Obr. E-2 Termoelektrické napätie

Ak jeden koniec kovovej tyčky (valčeka, krátkeho vodiča - drôtu) zohrejeme, napr. pomocou kahana alebo kuchynského zapaľovača na plynový sporák (obr. E-2), voľné elektróny (elektrónový plyn) na zohrievanom (teplom) konci tyčky získajú vyššiu pohybovú energiu, ako voľné elektróny na studenom konci. Elektróny sa presúvajú z teplého konca na studený koniec tyčky, podobne, ako by sa presúvali molekuly plynu v uzavretej nádobe. Teplý koniec tyčky v dôsledku nedostatku elektrónov *sa zelektrizuje kladne* a studený koniec *záporne*. Tento jav je známy už takmer 200 rokov a podľa svojho objaviteľa sa nazýva *Seebeckov jav*. Medzi koncami tyče vzniklo *termoelektrické napätie*, ktoré možno odmerať citlivým voltmetrom.

Môžeme sa presvedčiť, že termoelektrické napätie $U = \alpha\,(T_2 - T_1)$ je priamo úmerné teplotnému rozdielu $T_2 - T_1$ medzi teplým (T_2) a studeným (T_1) koncom tyče; koeficient úmernosti α sa nazýva *Seebeckov koeficient* kovu. Spojením dvoch rôznych kovových vodičov (materiálov) na jednom ich konci, napr. zvarením, letovaním, ale aj jednoduchým stočením, získame zdroj elektrického napätia, ktorý nazývame *termoelektrický článok* (obr. E-3).

V tomto prípade získame medzi voľnými koncami oboch vodičov termoelektrické napätie U_{AB} rovné rozdielu napätí oboch vodičov:

$$U_{AB} = \alpha_B\,(T_2 - T_1) - \alpha_A\,(T_2 - T_1) = (\alpha_B - \alpha_A)\,(T_2 - T_1) = \alpha_{AB}\,(T_2 - T_1) = \alpha\,(T_2 - T_1).$$



Obr. E-3 Termoelektrický článok

Seebeckov koeficient α [1]) niektorých kovov v jednotkách µV/K:

Čisté kovy:

Fe	+ 13,4
Au	+ 0,1
Cu	0,0
Ag	– 0,2
Al	– 3,2
Pt	– 5,9
Co	– 20,1
Ni	– 20,4

Polovodiče:

Si (typ p)	+ 100 až + 1000
Si (typ n)	– 100 až – 1000

Pomôcky: Dva bežne dostupné drôtiky s priemerom niekoľko desatín mm, dĺžkou 10 – 15 cm, citlivý voltmeter (rozsah 0,01 mV, max. 1 mV), kahan, sviečka alebo kuchynský zapaľovač plynu.

Úlohy:

a) Zostroj termočlánok stočením jedného konca drôtikov (merný koniec), druhé konce zostanú voľné (porovnávacie konce termočlánku), obr. E-3.

b) Pre použité drôtiky, pomocou vyššie uvedených hodnôt koeficientov pre rôzne kovy, urči elektrickú polaritu termočlánku (elektrické póly +, -). Vysvetli.

c) Pripoj voltmeter k porovnávacím koncom termočlánku.
(1) Odmeraj napätie, ak merný a porovnávacie konce termočlánku majú rovnakú teplotu.
(2) Približuj zapálený zdroj tepla k mernému koncu termočlánku, až sa drôtik dostane do plameňa. Pokus opakuj s tým rozdielom, že porovnávacie konce termočlánku ponoríš do ľadovej triešte. Vo všetkých prípadoch meraj napätie termočlánku. Vysvetli.

d) V elektrickom obvode s termočlánkom, ako je uvedené v bode c) (2), meraj termoelektrické napätie *U*, od jeho najvyššej hodnoty, po zohriatí merného konca termočlánku, napr. plameňom zapaľovača, a samovoľnom chladení, po zhasnutí zapaľovača, až po nulovú hodnotu termoelektrického napätia. Namerané hodnoty zaznamenaj do vhodnej tabuľky a nakresli graf závislosti termoelektrického napätia *U* od času *t*, pri samovoľnom chladení termočlánku.
Poznámka (1): vzhľadom na to, že napätie U klesá veľmi rýchlo, je potrebné, aby meranie realizovali dvaja šikovní experimentátori a zvolili si premyslený postup a podľa uváženia meranie aj opakovali. Výhodný je však postup uvedený v poznámke (2).

[1] V tabuľkách sa štandardne uvádza Seebeckov koeficient pre istý kov pomocou napätia termočlánku príslušného kovu vzhľadom na meď (tzn. pomocou termočlánku kov – meď). Pre zjednodušenie α_{Cu} = 0 V/K.

<u>Poznámka (2)</u>: meranie možno zjednodušiť a spresniť použitím technických prostriedkov, ktoré majú žiaci k dispozícii. Na meranie času použijú mobilný telefón s aplikáciou stopky. Milivoltmeter (resp. multimeter) s termočlánkom a stopky položíme vedľa seba. Po štarte experimentu (zahriatí termočlánku plameňom zapaľovača), urobte pomocou druhého mobilu videozáznam (obr. E-4) meracej zostavy. Experiment vyhodnocujte už len použitím videozáznamu. Rôzne aplikácie mobilných telefónov možno použiť v mnohých experimentoch vo fyzike a iných prírodných vedách na zjednodušenie a spresnenie meraní.

e) Navrhni, ako použiješ termočlánok na meranie teploty.

Obr.E-4

K bodom b), c), d), e) zapíš odpovede a nakresli potrebné náčrtky.

58. ročník Fyzikálnej olympiády – *Úlohy domáceho kola kategórie E*

Autori úloh:	Daniel Kluvanec (1, 2, 4, 7), Ivo Čáp (5), Boris Lacsný (3), Monika Hanáková (6)
Recenzia a úprava úloh:	Ivo Čáp
Úlohy posúdil:	Milan Ivaška, učiteľ fyziky ZŠ, ul. Energetikov, Prievidza
Redakcia:	Daniel Kluvanec Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Vydal:	IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2016