

60. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2018/2019

kategória G – Archimediáda

domáce kolo

Riešenie úloh

1. Teplomery, meranie teploty tela

Riešenie:

- a) Teplota sa uplatňuje takmer vo všetkých fyzikálnych dejoch. Ako príklady možno uviesť:
- teplota ovplyvňuje deje v ľudskom tele a signalizuje zdravie alebo chorobu
 - teplota ovplyvňuje spracovanie potravín, varením alebo smažením sa potraviny upravujú, mrazením konzervujú,
 - zvýšenie teploty zlepšuje rozpúšťanie napr. cukru v čaji,
 - teplota ovplyvňuje čistiace účinky vody, na účinné pranie alebo umývanie riadu je dôležité vodu zohriať na vhodnú teplotu,
 - vysoká teplota spôsobuje popáleniny, nízka teplota omrzliny,
 - teplota ovplyvňuje vyparovanie vody alebo zamrzanie vody,
 - ochladením vlhkého vzduchu stúpajúceho z veľkej vodnej plochy vo veľkej výške dochádza k vzniku mrakov, z ktorých prší,
 - činnosťou človeka a znečisťovaním ovzdušia dochádza k otepľovaniu povrchu Zeme, čo má veľmi nepriaznivé účinky na počasie, roztápanie ľadovcov, rozširovanie púští a pod.,
 - zohrievaním medu alebo oleja sa zvyšuje tekutosť kvapalín,
 - zvyšovanie teploty spôsobuje zmeny rozmerov telies, prípadne objemu kvapaliny,
 - a iné
- b) Teplota sa zvyčajne označuje t (rovnako ako čas). Bežne používaná jednotka teploty je stupeň Celziov $^{\circ}\text{C}$. 1°C dostaneme, ak rozdiel medzi teplotou varu vody a teplotou tuhnutia vody pri normálnom tlaku vzduchu rozdelíme na 100 rovnakých dielikov. Teplota tuhnutia vody je 0°C a teplota varu vody 100°C .
- c) Pre vedecké účely sa zaviedla veličina *termodynamická teplota*, označuje sa T . Meria sa v jednotkách *kelvin*, značka K, pričom jeden kelvin je rovnaký ako 1°C , ale stupnica sa líši tým, že začiatok stupnice $T = 0\text{ K}$ zodpovedá Celziovej teplote $t = -273,15^{\circ}\text{C}$. Ak sa však teplota t zvýši o 10°C , tak i termodynamická teplota T sa zvýši o 10 K.
Termodynamická teplota je dôležitá pre opis fyzikálnych dejov, Celziova stupnica sa používa najmä v bežnom živote.
- d) Prepočet teploty medzi oboma stupnicami je $\{T\} = \{t\} + 273,15$. Súčasne platí $T_1 - T_2 = t_1 - t_2$.
- e) Celziova stupnica – pozri b).
- Kelvinova stupnica je daná teplotou 0 K – najnižšou teplotou, ktorú možno teoreticky dosiahnuť (niekedy nazývaná „absolútna teplotná nula“), druhým bodom je teplota tzv. trojného bodu vody, kedy v uzatvorenej nádobe vo vode pláva ľad a nad hladinou je vodná para, pričom ľad sa neroztápa a voda sa viac nevyparuje (hovorí sa tomu rovnováha troch skupenstiev). Aby sa zachovala rovnosť $1^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$, prisudzuje sa trojnému bodu vody teplota 273,16 K.

- f) Fahrenheitova stupnica je najstaršia teplotná stupnica (rok 1724). Ide o prvý úspešný pokus merať teplotu. Nemecký Gabriel Fahrenheit (1686 – 1736) dokonca vynášiel teplomer. Pôvodná stupnica sa zakladala na dvoch teplotách: „Nula“, tzn. 0 °F, zodpovedala pôvodne vtedy najnižšej dosiahnutej teplote zmesi ľadu a soli (–32 °C), a 100 °F bola približne teplota tela (~38 °C). Časom sa stupnica mierne spresňovala až po dnešnú podobu. Tuhnutiu vody sa tak prisúdila teplota 32 °F, teplota varu vody 212 °F. Rozdiel predstavuje 180 °F, zatiaľ čo v Celziovovej stupnici je to 100 °C. Fahrenheitova stupnica je tak jemnejšia: teplotný rozdiel 1 °F = 5/9 °C.

Švéd Anders Celcius (1701 – 1744) roku 1742 predstavil svoju 100–dielnu stupnicu, ktorá sa rozšírila v Európe okrem Veľkej Británie.

Fahrenheitova stupnica sa používa ako praktická stupnica v bežnom živote v súčasnosti v USA a čiastočne vo veľkej Británii. Používa sa v námorníctve a v letectve – s teplotou v °F sa môžeme stretnúť na palube lietadla v správe o vonkajšej teplote.

Prevod medzi teplotou Celziovou a Fahrenheitovou: $\{t\}_{\text{°C}} = (\{t\}_{\text{°F}} - 32) \times \frac{5}{9}$.

Teplote $t = 18$ °C zodpovedá teplota $t = (\frac{9}{5} \times 18 + 32)$ °F = 64,4 °F.

- g) Ortuťové teploměry sa už nepoužívajú, lebo obsahujú jedovatú ortuť. Po rozbití teplomeru ortuť vytečie a nedá sa jednoducho odstrániť. Pary ortuti potom negatívne ovplyvňujú životné prostredie v miestnosti. Na meranie telesnej teploty sa používajú dotykové digitálne teploměry alebo bezkontaktné teploměry, ktoré merajú teplo sálajúce z povrchu tela. Výhodou bezkontaktného teplomera je najmä to, že nevyžadujú spoluprácu meranej osoby a poskytujú údaj o teplote okamžite (po niekoľkých sekundách).

2. Plávanie drevenej škatule vo vode

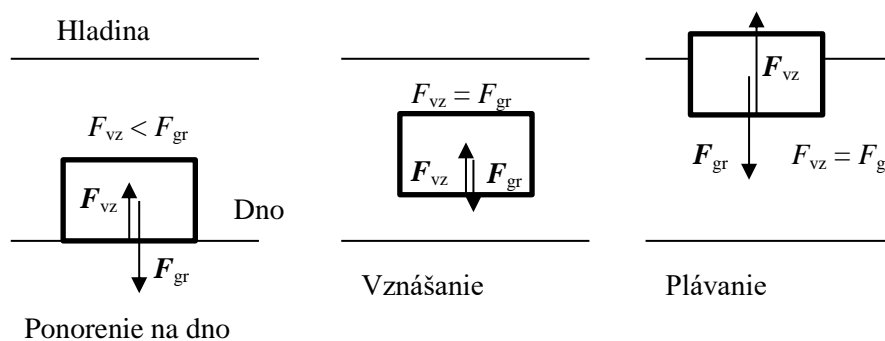
Riešenie:

- a) Archimedov zákon: na teleso ponorené do kvapaliny pôsobí vztlaková sila, ktorá je rovná váhe kvapaliny vytlačenej ponorenou časťou telesa.

Ak je vztlaková sila pri úplnom ponorení telesa menšia ako váha telesa, teleso klesne na dno.

Ak je vztlaková sila pri úplnom ponorení telesa rovnaká ako váha telesa, teleso sa v kvapaline vznáša.

Ak je vztlaková sila rovná váhe telesa pri čiastočnom ponorení telesa, teleso pláva v kvapaline.



Obr. RG–1

- b) Archimedes zo Syrakús, grécky matematik, fyzik, astronóm, ..., žil v Syrakúzach na Sicílii. Rok narodenia nie je presne známy (okolo roku 287 pr. Kr.), zomrel v roku 212 pr. Kr.

Zákon, ktorý formuloval, je starý už vyše 2 200 rokov.

- c) Kocka s hranou $a = 10 \text{ cm} = 1 \text{ dm}$. Objem kocky $V = a \times a \times a = 1\,000 \text{ cm}^3$. Pri danej hustote vody je hmotnosť vody s objemom kocky $m = 1\,000 \text{ g} = 1 \text{ kg}$.

Z Archimedovho zákona vyplýva, že ak je hmotnosť telesa väčšia ako hmotnosť vody s rovnakým objemom, teleso klesne na dno. Ak sú hmotnosti rovnaké, teleso sa vo vode vznáša (ani neklesá ani nestúpa). Ak je hmotnosť telesa menšia ako hmotnosť vody s rovnakým objemom, teleso pláva na hladine a je z vody čiastočne vynorené.

To isté možno formulovať aj tak, že teleso s hustotou väčšou ako hustota kvapaliny klesá ku dnu, teleso s rovnakou hustotou ako je hustota kvapaliny sa v kvapaline vznáša, teleso s hustotou menšou ako hustota kvapaliny v kvapaline pláva.

Pozn.: To platí aj pre kvapaliny a plyny. Ak zmiešame dve kvapaliny vzájomne nerozpustné, za určitý čas vytvorí kvapalina s menšou hustotou vrstvu nad kvapalinou s väčšou hustotou. Môžeš to vyskúšať s premiešaním vody a stolného oleja (olej má menšiu hustotu ako voda, a tak sa usadí nad vodou – podobne na plnotučnom mlieku sa za určitý čas vytvorí hore vrstvička tuku). Vzduch s vyššou teplotou má menšiu hustotu ako vzduch chladnejší, preto horúci vzduch stúpa nahor a studený vzduch klesá nadol.

Z toho vyplýva, že kocka z penového polystyrénu bude plávať, kocka z dreva sa bude vo vode vznášať a kocka z hliníka klesne na dno.

Situácie sú znázornené na obr. RG–1.

- d) Loďka sa skladá z dna a 4 bočných doštičiek. Objem dna je $a \times b \times h = 6 \times 10 \times 1 \text{ cm}^3$. Objem dvojice pozdĺžnych stien $2 b \times (c - h) \times h = 2 \times (10 \times 3 \times 1) \text{ cm}^3$ a kratších stien $2 (a - 2h) (c - h) h = 2 \times (4 \times 3 \times 1) \text{ cm}^3$. Celkový objem dreva loďky $V_L = 144 \text{ cm}^3$.

Pri danej hustote dreva je hmotnosť loďky $m_L = \rho V_L = 89,3 \text{ g}$.

- e) Ak má loďka plávať, musí byť hmotnosť vody vytlačenej ponorenou časťou loďky rovnaká ako hmotnosť loďky. Aj je loďka ponorená c_0 , je objem vytlačenej vody $V_V = a b c_0 = c_0 \times 60 \text{ cm}^2$.

Z porovnania s hmotnosťou loďky máme $c_0 = \frac{89,3}{60} \text{ cm} = 1,5 \text{ cm}$.

To je menej ako výška loďky, a preto je loďka iba čiastočne ponorená, a teda bude plávať.

3. Prúdenie vzduchu, prievan, vietor

Riešenie:

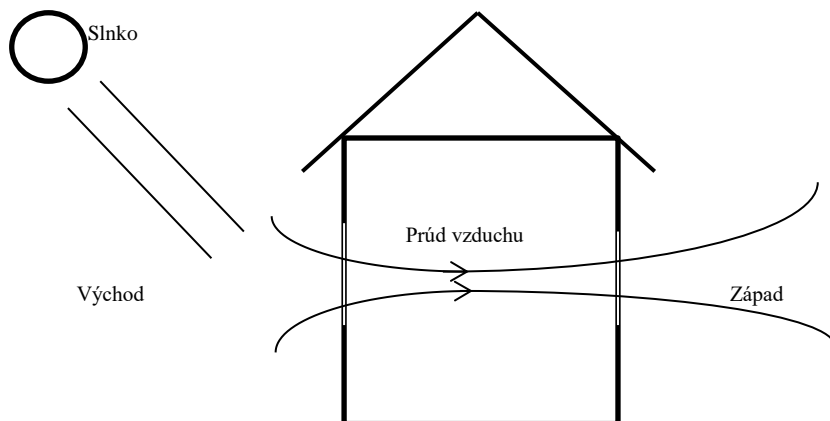
- a) Hmotnosť vzduchu normálne necítíme. Pociťujeme ju až keď sa do nás oprie vietor (je to podobné, ako keď stojíme v prúdiacej rieke, ibaže vodu vidíme, ale vzduch nie). Na telesa s hmotnosťou pôsobí zemská príťažlivosť, a preto sú tlačené nadol. Takisto na vzduch pôsobí zemská príťažlivosť, a tak sa vzduch „drží“ pri Zemi a neunikne do Vesmíru. Vo vzduchu, rovnako ako vo vode, vzniká vztlaková sila (Archimedov zákon), ktorá predmety vo vzduchu nadľahčuje. U malých a ťažkých telies to nepozorujeme, ale balón sa vďaka vztlakovej sile dokáže vzniesť do veľkej výšky (podobne ako bubliny stúpajú vo vode k hladine).

Najjednoduchší dôkaz, že vzduch má hmotnosť, je priamym vážením.

Zoberieme väčšiu sklenenú nádobu a presne ju vyvážeme na citlivých váhach. K ďalšiemu pokračovaniu potrebujeme vývevu, ktorou sa vzduch z nádoby celkom vysaje. Na váhe sa potom

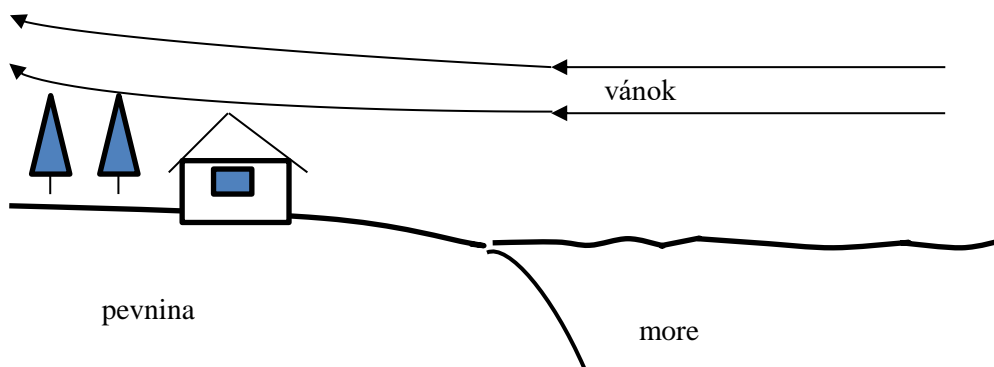
zistí úbytok hmotnosti Δm . Ak poznáme objem V nádoby, určíme hustotu vzduchu $\rho = \frac{\Delta m}{V}$. Hustota vzduchu pri povrchu Zeme je 1,2 až 1,3 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ podľa teploty a tlaku (s rastúcou teplotou hustota klesá, s rastúcim tlakom sa zväčšuje).

- b) Atmosféra je vzduchový obal Zeme, ktorý je dôležitý pre všetky deje, ktoré v nej prebiehajú. Najnižšia vrstva atmosféry je *troposféra*. Vyznačuje sa najmä tým, že teplota vzduchu s rastúcou výškou klesá približne 0,65 °C na 100 m výšky. V lietadle si môžeš všimnúť údaj o vonkajšej teplote -50 °C vo výške letu 10 km. V troposfére existuje život, tvoria sa v nej mraky, lietajú v nej dopravné lietadla a pod. Siahá nad pólmi približne do výšky 10 km, nad rovníkom až do výšky 18 km.
- Najnižšia vrstva troposféry sa označuje *hraničná vrstva atmosféry*. Siahá približne do výšky 3 000 m. Je bohatá na kyslík. V tejto vrstve môže človek bez problémov trvalo žiť.
- c) Atmosféru udržiava v okolí planét gravitácia planéty. Proti príťažlivosti planéty pôsobí tepelný pohyb molekúl, ktorý je tým rýchlejší, čím je vyššia teplota.
- Atmosféru majú všetky planéty Slnčnej sústavy. Najredšiu atmosféru má planéta Merkúr (niekedy označovaná aj planéta bez atmosféry), ktorá je najbližšie k Slnku a má preto vysokú teplotu. Najhustejšiu atmosféru má Venuša vďaka tomu, že jej atmosféra je tvorená ťažšími plynmi v porovnaní s atmosférou Zeme.
- Malé telesá, ako napr. Mesiac, majú tak malú príťažlivosť, že si plyny neudržia, a teda nemajú atmosféru.
- O atmosfére ťažko hovoriť u plynných planét, napr. Jupiter, Satur, Neptún, ktoré sú celé plynné.
- d) S prúdením vzduchu v atmosfére Zeme sa stretávame takmer denne. Ak vylúčime mechanické príčiny, ktoré sú príčinou zmeny tlaku vzduchu, napr. pohybom morského dna (cunami), následné vlnobitie a silné prúdenie vzduchu na pevninu, alebo silné rozpínanie vzduchu pri výbuchu, hlavnou príčinou prúdenia vzduchu v atmosfére sú teplotné rozdiely v atmosfére, ktoré vznikajú striedavým zohrievaním a ochladzovaním vzduchu žiarením Slnka (pohyb oblačnosti, striedanie dňa a noci). V každodennom spravodajstve o vývoji počasia sa graficky modeluje pohyb vzduchu, ako dôsledok rozdielnych tlakov vzduchu v atmosfére na veľkých územiach. Prúdenie veľkých objemov vzduchu nad povrchom Zeme nazývame vietor. Podľa strednej rýchlosti vetra sa uvádzajú miestne alebo všeobecné názvy napr. bezvetrie, vánok (~1 m/s), silný vietor (~ 12 m/s), víchrica (~24 m/s), orkán (~ 32 m/s, tzn. 115 km/h).
- e) Príčinou vzniku vánku, prievanu v bytoch je tlakový rozdiel vzduchu medzi dvomi priestormi, napr. východne a západne umiestnenou miestnosťou, vyvolaných teplotným rozdielom. Slnčnými lúčmi je dopoludnia viac zohrievaná východná časť budovy, odpoľudnia západná časť, rovnako aj vzduch. Vzduch prúdi oknami miestnosťou z východu na západ (dopoludnia) alebo v opačnom smere (odpoľudnia), obr. RG- 2.



Obr. RG-2

- f) Vánok pri večernej prechádzke po pobreží mora alebo jazera má smer od mora do vnútrozemia. Príčinou je vyššia teplota vzduchovej vrstvy nad hladinou vody v porovnaní so vzduchom nad vnútrozemím, keďže pevnina, a tým aj vzduch nad pevninou, sa ochladzuje po západe Slnka rýchlejšie ako voda v mori.



Obr. RG-3

4. Miešala „mačička“ sneh so soľou

Riešenie:

Hrnček „primrzne“ na plochu stola, spojovacou látkou medzi hrnčekom a stolom je tenká ľadová vrstva. Do fyzikálneho modelu vysvetlenia pozorovaného javu vstupuje zmes snehu a soli, pričom sneh miešaním so soľou sa pomerne rýchlo topí. Postupne vzniká kašovitá až tekutá látka, čo znamená, že prijala od okolia (kovového dna a vrstvy vody) teplo potrebné na topenie snehu (príp. ľadovej triešte). Pri posype asfaltovej alebo betónovej komunikácie pokrytej snehom alebo ľadovou vrstvou soľou nastáva podobný proces. Sneh (ľad) spolu so soľou vytvára kašovitú (kvapalnú) hmotu, prijímaním tepla od okolia.

Pozn.: očakáva sa len približný kvalitatívny popis javu, presnejší fyzikálny model (popr. chemický) vyžaduje uplatniť poznatky, s ktorými sa žiaci zoznámia až v ďalšom štúdiu.

5. Čo je to trenie

Riešenie:

- a) Môžeš to jednoducho vyskúšať tak, že napr. na suchom hladkom stole posúvaš pohár s hladkým dnom. Potom na stôl naleješ trochu stolného oleja a opäť pohár posúvaš po namastenom stole. Ucítiš, že na mastnom povrchu sa šmýka pohár ľahšie ako na suchom.

Medzi každou dvojicou telies, ktoré sa dotýkajú, sa prejavuje trenie ako sila, ktorá „brzdí“ pohyb jedného telesa po druhom. Fyzikálnou príčinou trenia je skutočnosť, že obidve dotýkajúce sa plochy telies nie sú dokonale rovné (hladké). Drobné i väčšie nerovnosti dotýkajúcich sa povrchov brzdia vzájomný pohyb telies.

Kvapaliny tečú s malým odporom. Ak je medzi dvomi telesami tenká vrstvička kvapaliny, kĺžu sa telesá po povrchu kvapaliny, čo významne znižuje trenie. Preto sa napr. na mokrej podlahe šmýka.

Na suchom ľade pri veľmi nízkej teplote (pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$) sa zle šmýka. To poznáš určite zo šmykľavky. Pri teplote okolo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je však ľad mokrý a pod topánkou sa tvorí tenká vrstvička vody a tá spôsobí, že sa na ľade dobre šmýka. Ľad sa roztápa i pri nízkej teplote pôsobením veľkého tlaku. To využívajú korčule. Ak váha korčuliara pôsobí na ostré hrany korčule, vzniká v mieste dotyku tenká vrstvička vody z roztopeného ľadu a po tejto vrstvičke sa korčuľa dobre šmýka. Vodiči automobilov tiež vedia, že na zľadovatenom povrchu cesty pri teplote okolo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je väčšie nebezpečenstvo šmyku ako pri teplote napr. $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ak teda chceme znížiť trenie medzi dotýkovými plochami telies, namažeme povrchy vhodnou kvapalinou, najlepšie olejom. Olejom sa mažu napr. ložiská strojov.

- b) až d) Vykonaj uvedené experimenty. Uvedom si rozdiel medzi statickým trením (trením, ak sa povrchy vzájomne nepohybujú) a dynamickým (šmykovým) trením (ak sa povrchy vzájomne šmýkajú jeden po druhom). Všimni si, že sila statického trenia medzi povrchmi dvoch telies je väčšinou väčšia ako sila dynamického trenia medzi tými istými telesami.
- e) Faktory statického a dynamického trenia pre rôzne povrchy telies

Povrchy	f_s	f_k
Pneumatika – betón	0,7 – 0,8	
Pneumatika – suchý asfalt	0,55	
Pneumatika – mokrý asfalt	0,2 – 0,5	
Pneumatika – ľad	0,1 – 0,2	
Drevo – drevo	0,65	0,30
Oceľ – drevo	0,55	0,35
Oceľ – ľad		0,027
Oceľ – oceľ	0,4	0,1
Ľad – ľad	0,1	0,03

- f) Pre bezpečnú chôdzu po šmykľavom povrchu treba využiť to, že sila statického trenia je zvyčajne väčšia ako sila dynamického trenia. Treba teda opatrne a plynulo našľapovať, aby sa podrážka topánky na povrchu neprekĺzla – potom sa trenie stáva dynamickým a už sa šmyk nezastaví.

Takto sa dá kráčať aj pro šikmej zľadovatenej ploche – ak sa našľapuje opatrne, po ploche zídeme, ak sa však pri neopatrnom došliapnutí topánka pošmykne, trenie sa stáva dynamickým a šmyku sa už nedá zabrániť.

Podobne aj automobil na klzkej vozovke lepšie brzdí, ak sa kolesa na vozovke neprekľzavajú (pohyb je valivý). Ak sa kolesá na vozovke prešmykujú, brzdenie je menej účinné. Z tohto dôvodu sa do auta dáva systém ABS (Anti-Block System), systém, ktorý zabráni zablokovaniu kolies pri intenzívnom brzdení.

60. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie G

Autori návrhov úloh:

Daniel Kluvanec 1 – 4, Ivo Čáp 5

Recenzia a úprava úloh a riešení:

Ivo Čáp

Preklad textu úloh do maďarského jazyka:

Ivo Čáp

Redakcia:

Daniel Kluvanec

Vydal:

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2018