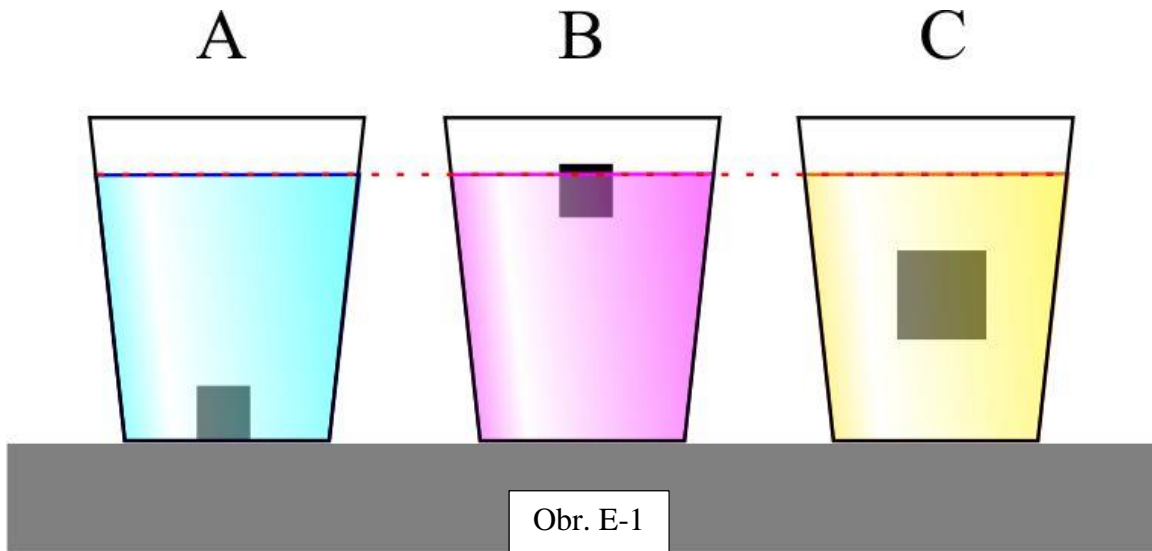


59. ročník Fyzikálnej olympiády  
v školskom roku 2017/2018  
Kategória E – okresné kolo  
Text úloh

1. Poháre s kockami v kvapaline



Do troch rovnakých prázdnych pohárov postavených na vodorovnej doske sme vložili po jednej kocke z rovnakého homogénneho materiálu. Dĺžka hrán dvoch menších rovnakých kociek bola  $a = 3,0$  cm, dĺžka hrany jednej väčšej kocky bola  $b = 5,0$  cm. Do pohárov sme potom naliali tri rôzne kvapaliny tak, že ich voľné hladiny boli v rovnakej výške. Výsledný ustálený stav jednotlivých pohárov s kockami a kvapalinami je znázornený na obr. E-1.

Celkové hmotnosti pohárov A, B, C s kockami a kvapalinami označ  $m_A$ ,  $m_B$ ,  $m_C$  a hustoty kvapalín  $\rho_A, \rho_B, \rho_C$ . Kvapalina v pohári C je voda s hustotou  $\rho_v = 1,00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

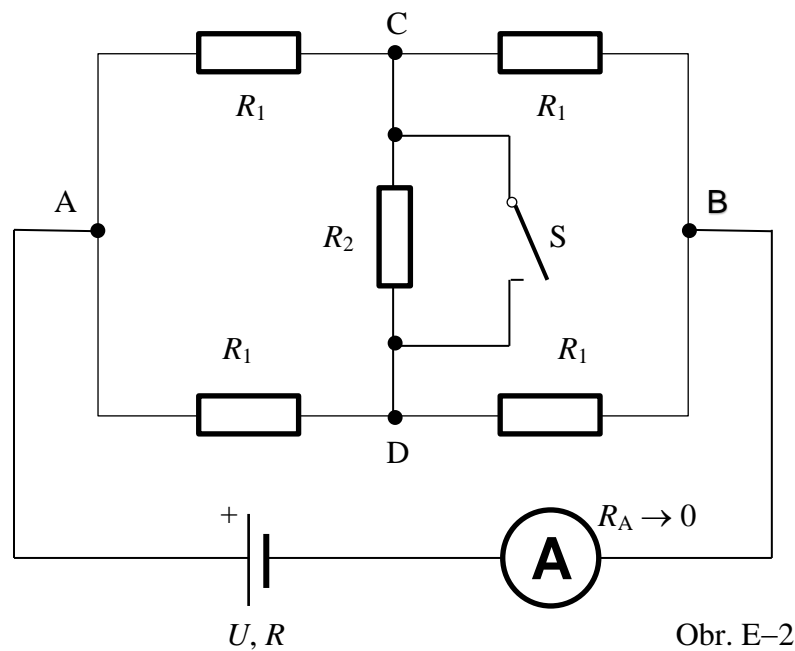
- Urči hustotu  $\rho$  kociek.
- Pomocou nerovností urči vzťah medzi hustotami  $\rho_A$ ,  $\rho_B$ ,  $\rho_C$  kvapalín v jednotlivých pohároch.
- Objem časti kocky v pohári B, ktorý je nad hladinou kvapaliny, je  $V = 1,00 \text{ cm}^3$ . Urči hustotu  $\rho_B$  kvapaliny v pohári B.
- Pomocou nerovností urči vzťah medzi hmotnosťami  $m_A$ ,  $m_B$  a  $m_C$ .
- Je možné zo zadaných údajov určiť jednoznačne hustotu  $\rho_A$  kvapaliny A?

## 2. Elektrický obvod

Štyri rovnaké rezistory, každý s odporom  $R_1 = 10 \Omega$  a rezistor s odporom  $R_2 = 20 \Omega$  sú pripojené ku zdroju s napätím  $U = 12 \text{ V}$  podľa schémy na obr. E-2. Ku zdroju je do série pripojený ampérmetr A s veľmi malým vnútorným odporom.

a) Urči celkový odpor sústavy rezistorov vzhľadom na uzly A,B v týchto prípadoch

- (1)  $R_{AB1}$ : pre obvod podľa schémy na obr. E-2, s rozpojeným spínačom S,
- (2)  $R_{AB2}$ : pre obvod podľa schémy na obr. E-2 so zapnutým spínačom S,
- (3)  $R_{AB3}$ : pre obvod podľa schémy na obr. E-2 s odpojeným rezistorom  $R_2$  a rozpojeným spínačom S.



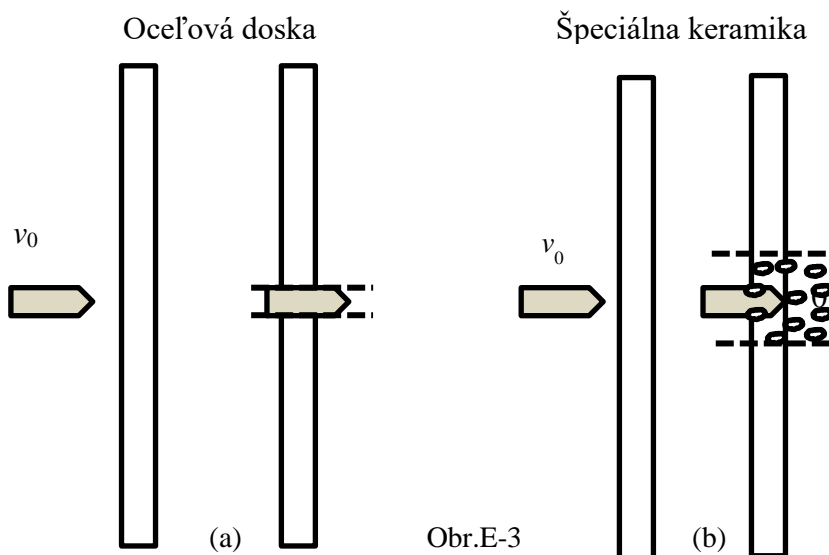
Po pripojení zdroja k obvodu podľa schémy na obr. E-2 s rozpojeným spínačom S prechádza ampérmetrom A prúd  $I = 1,0 \text{ A}$ .

- b) Urči vnútorný odpor  $R$  zdroja napätia.
- c) Urči napätie  $U_{CD}$  medzi uzlami C, D obvodu.
- d) Urči napätie  $U_{BC}$  medzi uzlami B, C obvodu.
- e) Urči výkon  $P$  zdroja, príkon  $P'$  sústavy rezistorov a účinnosť  $\eta$  zdroja pripojeného na sústavu rezistorov.

Pre jednotlivé prípady nakresli schémy a riešenie stručne vysvetli.

### 3. Ochranný štít

Nedávno zverejnil vojenský výskumný ústav objav materiálu, ktorý môže primerane chrániť vojakov i policajtov pred strelami zo strelných zbraní. Jeho základom je špeciálna keramika. Pri skúšobných testoch sa zistilo, že cez oceľovú dosku s hrúbkou  $h = 5,0$  mm prenikne strela z určitej zbrane a zanechá v nej približne valcový otvor s priemerom zodpovedajúcim priemeru strely (obr. E-3 a). Doska s rovnakou hrúbkou  $h = 5,0$  mm z objaveného keramického materiálu po dopade strely z tej istej zbrane sa rozpadne v niekoľko centimetrovom okolí dopadu strely na veľmi drobné častice a strelu zabrzdí (obr. E-3 b).



*Pozn.: Špeciálna keramická doska má neusporiadanú tzv. amorfnú štruktúru, podobne ako sklo alebo kvapalina. Pôsobením nárazu alebo tlaku sa neláme, ale triešti sa na malé častice. Podobné fyzikálne vlastnosti majú napr. aj čelné okná automobilov, lietadiel, alebo rušňov, ktoré sa po náraze rozpadajú na malé časti (zrná). Svojimi fyzikálnymi vlastnosťami tak ochraňujú posádku dopravného prostriedku.*

Častice tuhej a kvapalnej látky sú vzájomne viazané. Väzbu opisuje väzbová energia  $E_v$ , ktorú treba častici dodať, aby sa z tuhej látky uvoľnila. Príkladom je voda, z ktorej sa pri dodaní energie stáva plyn molekúl. Na premenu 1 kg látky na paru pri stálej teplote musíme látku dodať energiu  $l_v$ , ktorú nazývame *hmotnostné skupenské teplo*.

a) Urči väzbovú energiu  $E_v$  jednej molekuly vody.

Predpokladaj, že keramika má hustotu  $\rho_k = 2,33 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , molárnu hmotnosť  $M_{mk} = 28,1 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$  a väzbovú energiu pripadajúcu na jednu časticu  $E_{vk} = 4,5 \times 10^{-20} \text{ J}$ . Nárazom strely s hmotnosťou  $m = 12 \text{ g}$ , priemerom (rážou)  $d = 9,0 \text{ mm}$  a rýchlosťou  $v = 380 \text{ m/s}$  sa keramika okolo miesta nárazu roztriešti na jemné prachové častice.

b) Urči energiu  $U_1$ , ktorú by bolo treba dodať keramike s objemom  $V_1 = 1,00 \text{ cm}^3$ , aby sa roztrieštila na jednotlivé častice.

c) Urči kinetickú energiu  $E_k$  strely a objem  $V_k$  keramiky, ktorý by pri roztriešení strelou na jednotlivé častice absorboval energiu strely.

Hmotnostné skupenské teplo varu vody  $l_v = 2,26 \text{ MJ/kg}$ , molárna hmotnosť vody  $M_m = 18 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ , Avogadrova konštanta (počet častíc v 1 mole)  $N_A = 6,02 \times 10^{23}/\text{mol}$ .

#### 4. Kikina doručovacia služba

*Pripomenutie: V jednom z diel slávneho animátorského štúdia Studio Ghibli vystupuje 13ročné dievča Kiki (Doručovacia služba čarodejky Kiki – 1989), ktorá lieta na metle a doručuje v meste zásielky. V určitom okamihu deja stratí Kiki sebadôveru a tým aj schopnosť lietať (dočasne). Aby sfunkčnila poštovú službu, nachádza však nové technické riešenie pomocou balónov naplnených héliom.*

Kiki používa na lietanie metlu s násadou. Násada je homogénna tyč s dĺžkou  $d = 2,00$  m a hmotnosťou  $m = 4,00$  kg. Na jednom konci násady je nasadená metla s hmotnosťou  $m_m = 0,50$  kg tak, že ťažisko metly je na konci násady. Dievča Kiki má hmotnosť  $m_K = 20,0$  kg a jej sedadlo je pripevnené na násade vo vzdialenosti  $d_1 = 20,0$  cm od konca s metlou. Kiki sprevádza na jej cestách malý čierny kocúrik–navigátor Jiji (vyslov *Džidži*) s hmotnosťou  $m_J = 2,50$  kg, ktorý sedáva vo vzdialenosti  $d_2 = 15,0$  cm od voľného konca násady.

Kiki najprv použila jeden balón naplnený héliom a pripevnila ho pomocou tenkého lanka na násadu.

- a) Nakresli náčrtok letiacej zostavy Kiki a kocúrika na metle s jedným balónom a vyznač v ňom vektormi sily pôsobiace na metlu s posádkou a jednotlivé vzdialenosti. Urči objem  $V_0$  balónu s héliom, aby sa metla s posádkou vo vzduchu vznášala, a vzdialenosť  $x_1$  od voľného konca násady, v ktorej treba upevniť lanko, aby bolo možné udržať násadu metly pri vznášaní vo vodorovnom smere.

Kiki zistila, že lietanie s jedným balónom je nepohodlné, lebo sa ťažko udržiava vodorovná poloha násady. Rozhodla sa preto, že použije dva menšie balóny.

- b) V prvom prípade použila Kika dva rovnaké balóny s polovičným objemom  $\frac{1}{2} V_0$ . Jeden upevnila na koniec násady, na ktorom je nasadená metla. Urči vzdialenosť  $x_2$  od voľného konca násady, v ktorej treba upevniť lanko druhého balóna, aby bolo možné udržať násadu metly s posádkou pri vznášaní vo vodorovnom smere. Situáciu znázorni na obrázku a vyznač v ňom vektormi sily pôsobiace na násadu metly a vzdialenosti potrebné pre výpočet.
- c) V druhom prípade Kika upevnila lanká balónov na konce násady. Na udržanie rovnováhy vo vodorovnej polohe ale musela nastaviť správne objemy balónov. Urči objem  $V_1$  balónu pripevneného k voľnému koncu násady, aby sa metla s posádkou vznášala a bolo možné násadu udržať vo vodorovnom smere. Situáciu znázorni na obrázku a vyznač v ňom vektormi sily pôsobiace na násadu metly a vzdialenosti potrebné pre výpočet.
- d) Vysvetli, prečo je náročné pri vznášaní metly s posádkou udržať násadu metly vo vodorovnom smere.

Kiki lieta len blízko nad povrchom Zeme, gravitačná konštanta  $g = 9,81$  N/kg. Tlak a teplota vzduchu i hélia, sú rovnaké, pri podmienkach letu hustota vzduchu  $\rho_v = 1,29$  kg/m<sup>3</sup>, hustota hélia  $\rho_H = 0,357$  kg/m<sup>3</sup>. Hmotnosť obalu balóna a lán je zanedbateľne malá.

---

**59. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy okresného kola kategórie E**

Autori návrhov úloh: Aba Teleki 1, Daniel Klivanec 2, 3, Boris Lacsny 4  
Recenzia a úprava úloh a riešení: Ivo Čáp  
Preklad textu úloh do maďarského jazyka: Aba Teleki  
Redakcia: Daniel Klivanec  
Slovenská komisia fyzikálnej olympiády  
Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2018