

**Друштво физичара Србије и Црне Горе**  
**Министарство просвете и спорта Републике Србије**  
**Министарство просвете и науке Републике Црне Горе**  
**Министарство за просвјету, науку и културу Републике Српске**  
**40. Савезно такмичење из физике, Петровац 2005.**

**II разред**

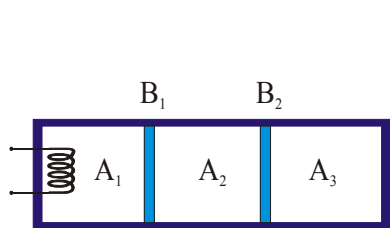
1. Два идеална гаса, једноатомски и двоатомски, су међусобно измешани и њихова мешавина такође представља идеалан гас. Мешавина задовољава једначину адијабатског процеса са коефицијентом  $\gamma = 11 / 7$ . Нека  $n_1$  и  $n_2$  означавају број молекула једноатомског и двоатомског гаса у мешавини, респективно. Наћи однос  $n_1 / n_2$ . (15 п.)

2. Цилиндар адијабатских зидова подељен је на три једнака дела  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  (види слику 1) топлотно непропусним клипом  $B_1$  и топлотно пропусним клипом  $B_2$ . Клипови могу клизити без трења. Сваки део цилиндра садржи  $0,1 \text{ mol}$  идеалног двоатомног гаса. Почетни притисак  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$  и температура гаса  $T_0 = 300 \text{ K}$  су у свим деловима исти. Затим се гас у делу  $A_1$  полако загрева до тренутка када температура гаса у делу цилиндра  $A_3$  достигне температуру  $T_3 = 340 \text{ K}$ , када се успостави равнотежа. а) Израчунати притисак, температуру, запремину и промену унутрашње енергије гаса у коначном стању у сваком појединачном делу цилиндра, а такође и укупну енергију која је била предата гасу при загревању у делу  $A_1$ . б) Израчунати све као и под а) у случају да су клипови  $B_1$  и  $B_2$  адијабатског типа. (25 п.)

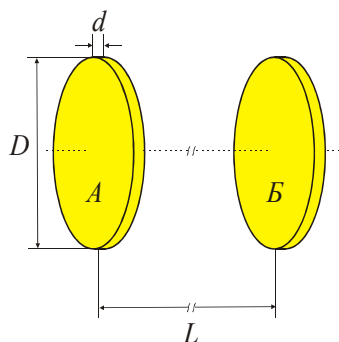
3. Живин термометар стављен је у парни котлоу, тако да му се виде подељци скале изнад подељка који означава  $t_{\text{под}} = 27^\circ\text{C}$ . Део термометра изнад овог подељка скале је на температури просторије, која износи  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ . Колика је температура у котлу  $t$ , ако термометар показује  $t_2 = 170^\circ\text{C}$ . Градуисање термометра је извршено у условима при којима је цео термометар био на истој температури. Коефицијент запреминског ширења живе износи  $\gamma = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1}^\circ\text{C}$ . Занемарити ширење скале и стаклених делова термометра при загревању. (20 п.)

4. Два идентична бакарна новчића  $A$  и  $B$  пречника  $D = 1 \text{ cm}$  и дебљине  $d = 1 \text{ mm}$  налазе се, паралелни један у односу на други, на међусобном растојању од  $L = 10 \text{ m}$  (види слику 2). Новчић  $A$  наелектришемо наелектрисањем  $Q = 4 \times 10^{-4} \text{ C}$ . а) Како ће се распределити и која је бројна вредност индукованих наелектрисања на новчићу  $B$ ? б) Коликом додатном количином наелектрисања треба наелектрисати новчић  $B$ , да би сила међусобног дејства између новчића била једнака нули? Узети да је  $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \times 10^9 \text{ m} \cdot \text{F}^{-1}$ . (20 п.)

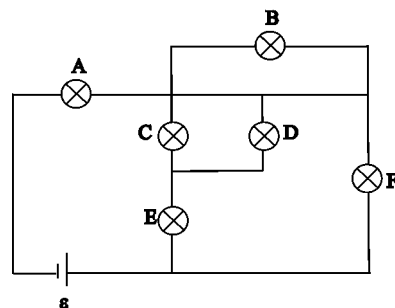
5. Одредити јачине струја које пролазе кроз сваку сијалицу, те снагу и редослед јачине светљења сијалица на слици 3. Претпоставити да је отпор сваке сијалице исти. (20 п.)



слика 1



слика 2



слика 3

Задатке припремио: мр Душко Борка  
 Рецензент: др Драган Маркушев  
 Председник комисије: др Мићо Митровић

**Друштво физичара Србије и Црне Горе**  
**Министарство просвете и спорта Републике Србије**  
**Министарство просвете и науке Републике Црне Горе**  
**Министарство за просвету, науку и културу Републике Српске**  
**40. Савезно такмичење из физике, Петровац 2005.**

**Решења задатака**  
**II разред**

1. На основу првог принципа термодинамике можемо написати:  $\Delta Q = \Delta U + P \cdot \Delta V$ . За један mol идеалног гаса користимо следеће величине:  $C_p$  и  $C_v$  – моларне специфичне топлоте при константном притиску и при константној запремини;  $U$  – унутрашња енергија. Имамо:  $C_p = (\Delta Q / \Delta T)_{P=const} = \Delta U / \Delta T + P \Delta V / \Delta T$  и  $U = C_v \cdot T$ ;  $\Delta U = C_v \cdot \Delta T$ . Једначина стања (за 1 mol) је:  $P \cdot \Delta V = R \cdot \Delta T$ , па се добија  $C_p = C_v + R$ , где је  $R$  – гасна константа. Унутрашњу енергију добијамо као суму:  $U = U_1 + U_2 = n_1 C_{v1} T + n_2 C_{v2} T$ . За мешавину гасова важи:  $(n_1 + n_2) C_v = n_1 C_{v1} + n_2 C_{v2}$ , па је:  $C_v = (n_1 C_{v1} + n_2 C_{v2}) / (n_1 + n_2)$ . Добро је познато да је:  $\gamma = C_p / C_v = (5n_1 / n_2 + 7) / (3n_1 / n_2 + 5)$  (за једноатомски и двоатомски гас). Пошто знамо да је:  $\gamma = 11/7$  отуда је:  $11/7 = (5n_1 / n_2 + 7) / (3n_1 / n_2 + 5)$ . Решавајући ову једначину добијамо:  $n_1 / n_2 = 3$ .

2. а) По постигнутој равнотежи притисци гаса у свим деловима цилиндра биће исти ( $p_1 = p_2 = p_3$ ). Температура гаса у деловима  $A_2$  и  $A_3$  ће бити такође иста (топлотно пропусни клип  $B_2$ ) и износиће  $T_2 = T_3 = 340$  К. Пошто су масе гаса у  $A_2$  и  $A_3$  исте, следи да и њихове запремине  $V_2$  и  $V_3$  морају да буду исте. Промене стања гаса у деловима  $A_2$  и  $A_3$  су адијабатске, па је

$$p_3 = p_2 = p_0 \left( \frac{T_2}{T_0} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$
У почетном стању запремине свих делова су једнаке и износе  $V_0 = 0,1RT_0/p_0$ . На крају процеса су запремине у деловима  $A_2$  и  $A_3$  једнаке и износе

$$V_2 = V_3 = 0,1R \frac{T_2}{p_2} = \left( 0,1R \frac{T_0}{p_0} \right) \left( \frac{T_0}{T_2} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{8,314 \cdot 0,1 \cdot 300}{10^5} \left( \frac{300}{340} \right)^{\frac{5}{2}} \text{ m}^3 = 1,823 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$
. Притисци гаса

на крају процеса су  $p_3 = p_2 = 0,1RT_2 / V_2 = 1,551 \times 10^5$  Па =  $p_1$ . Запремина  $V_1$  се може наћи из

$$V_1 = 3V_0 - (V_2 + V_3) = 3V_0 - 2V_0 \left( \frac{T_0}{T_2} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = 3,837 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$
. Температура гаса у делу  $A_1$  је

$$T_1 = \frac{p_1 V_1}{0,1 \cdot R} = \frac{p_2 V_1}{0,1 \cdot R} = 715 \text{ K}$$
. Промена унутрашње енергије гаса у делу  $A_1$  је

$\Delta U_1 = 0,1 C_v (T_1 - T_0) = 862,2 \text{ J}$ . У деловима  $A_2$  и  $A_3$  промена унутрашње енергије гаса износи  $\Delta U_2 = \Delta U_3 = 0,1 \cdot C_v (T_2 - T_0) = 83,1 \text{ J}$ . Укупна енергија која је предата гасу при загревању једнака је, на основу закона о одржању енергије,  $\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 = 1028 \text{ J}$ .

б) У овом случају ће се стање гаса у деловима  $A_2$  и  $A_3$  мењати адијабатски по једначинама  $T_0^\gamma p_0^{1-\gamma} = T_2^\gamma p_2^{1-\gamma}$  и  $T_0^\gamma p_0^{1-\gamma} = T_3^\gamma p_3^{1-\gamma}$ . Пошто је  $p_1 = p_2 = p_3$  онда је  $T_2 = T_3$ , па закључујемо да ће промене стања гаса у  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  бити исте као и у случају под а).

3. Термометар би тачно показао температуру која се мери када би се цео налазио на тој температури. Запремина живиног стуба изнад 27. подељка била би у том случају:  $V = V_0(1 + \eta)$ . Пошто је капилара константног пресека  $S$ , запремине  $V$  и  $V_0$  су:  $V = hS$  и  $V_0 = h_0 S$ , где су  $h$  и  $h_0$  дужине живиног стуба у капилари. Стога је  $h = h_0(1 + \eta)$ . Међутим, живин стуб изнад 27.

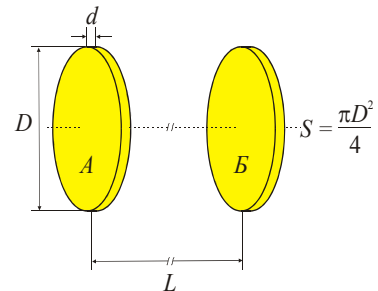
подељка налази се на температури  $t_1$  која је нижа од температуре  $t$  у котлу, те је његова дужина  $h_1$  мања од  $h$ . Због тога термометар показује нижу температуру  $t_2$  од температуре  $t$  у котлу. Дужина живиног стуба  $h_1$  је:  $h_1 = h_0(1 + \gamma_1)$ . Разлика између праве и показане вредности: је  $\Delta = t - t_2 = k(h - h_1)$ , где је  $k$  – фактор пропорционалности. Разлика температуре је директно пропорционална висини живиног стуба:  $t_2 - t_{pod} = kh_1$ . Одатле следи:  $(h - h_1)/h_1 = \gamma(t - t_1)/(1 + \gamma_1)$ , па је  $\Delta/(t_2 - t_{pod}) = \gamma(t_2 + \Delta - t_1)/(1 + \gamma_1)$ . Решење ове једначине је:  $\Delta = (t_2 - t_{pod}) \cdot (t_2 - t_1)/(1/\gamma + t_1 - t_2 + t_{pod})$ , те је тражена температура:  $t = t_2 + \Delta = 173,6^\circ\text{C}$ .

4. а) Наелектришимо новчић  $A$  са наелектрисањем  $Q$ . На растојању  $L$  од њега јачина поља је ( $L \gg D, d$ )

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{L^2} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{4 \times 10^{-4} \text{ V}}{10^2 \text{ m}} = 3,6 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

На равним површинама новчића  $B$  појавиће се наелектрисања која су супротних знака,  $-q_1$  и  $+q_1$ . Новчић посматрамо као равну кондензаторску плочу, па добијамо да

$$\text{је } \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{L^2} \text{ одакле је } q_1 = Q \frac{S}{2\pi L^2} = Q \frac{D^2}{8L^2} = 4 \times 10^{-4} \frac{10^{-4}}{8 \cdot 10^2} \text{ C} = 5 \times 10^{-11} \text{ C}.$$



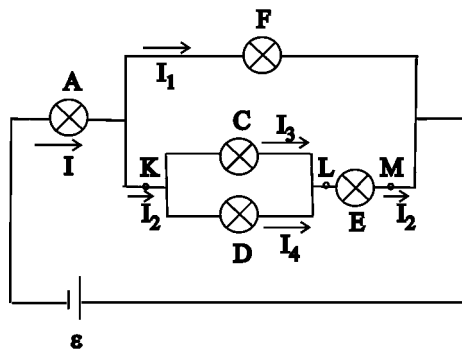
б) Ближе наелектрисању  $Q$  налази се наелектрисање  $-q_1$ , па ће сила међусобног дејства између новчића бити ( $L \gg d$ )  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq_1}{L^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq_1}{(L+d)^2} \approx \frac{1}{2\pi\epsilon_0} Qq_1 \frac{d}{L^3} = 3,6 \times 10^{-10} \text{ N}$ . Да би

компензовали ту силу морамо новчић  $B$  доелектрисати наелектрисањем  $q_2$ , истог знака као и  $Q$ .

Њега ћемо наћи из  $\frac{Qq_1 d}{2\pi\epsilon_0 L^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Qq_2}{L^2}$ , одакле је  $q_2 = q_1 \frac{2d}{L} = 5 \times 10^{-11} \frac{2 \times 10^{-3}}{10} \text{ C} = 1 \times 10^{-14} \text{ C}$ .

5. Снага сијалице је  $P = I^2 R$ , где је  $I$  струја која теча кроз сијалицу.  $I_B = 0$  јер је сијалица  $B$  кратко спојена. Ако занемаримо ову сијалицу коло можемо поново нацртати као на слици 2. Отпор између тачака  $K, L$  и  $K, M$  је:  $R_{KL} = 1/(1/R + 1/R) = R/2$ ;  $R_{KM} = R_{KL} + R_{LM} = 3R/2$ ; важи:

$I = I_1 + I_2$ . Пошто је у питању паралелна веза, следи да је:  $I_1/I_2 = 3R/2R = 3/2$ . Затим добијамо:  $I_1 = 3I/5$  и  $I_2 = 2I/5$ . Струја кроз лампе  $C$  и  $D$  је иста:  $I_3 = I_4 = I_2/2 = I/5$ . Струја кроз лампу  $E$  је  $I_2$ . Ако са  $P$  означимо снагу лампе  $A$  тада је:  $P_A = P$ ;  $P_F = 9P/25$ ;  $P_C = P_D = P/25$ ;  $P_E = 4P/25$ ;  $P_B = 0$ . Јачина светљења сијалице је већа ако је снага емитована на сијалици већа, па је редослед сијалица по јачини светљења следећи:  $A; F; E; C = D; B$ .



Задатке припремио: мр Душко Борка  
Рецензент: др Драган Маркушев  
Председник комисије: др Мићо Митровић

**Друштво физичара Србије и Црне Горе**  
**Министарство просвете и спорта Републике Србије**  
**Министарство просвете и науке Републике Црне Горе**  
**Министарство за просвјету, науку и културу Републике Српске**

**40. Савезно такмичење из физике**  
**Петровац 2005.**

**Експериментални задатак**  
**Други разред**

За диоду коју имате на располагању одредите

- а) Праг напона  $U_g$  изнад кога она почиње да проводи струју коју можете констатовати приложеним мерним инструментима (3)
- б) Инверзну струју засићења диоде  $I_0$  (20)
- в) Интервал напона на диоди у коме она нерегуларно проводи струју (7)

Проценити грешке мерења тражених величина. За сваку одређену величину морате јасно навести начин одређивања, као и начин процене грешке. Посебно се ова напомена односи на делове задатка под а) и б).

Пажња! Грешке неких мерених величина ћете добити велике, нека вас то не забрињава!

**ВАЖНЕ НАПОМЕНЕ:**

- Диоду поларизујте искључиво директно. Максималан напон који смете довести на диоду је 800 mV. Диода је директно поларизована када се виши потенцијал доведе на аноду. У супротном случају је инверзно поларизована (види слику).
- Занемарите промену температуре диоде у току мерења.
- Апсолутна грешка мерења струје и напона расположивим мултиметром одређује се по формули  $\Delta x = kx + 1 \text{ digit}$ , где је  $k$  класа тачности инструмента и 1 digit вредност одговарајуће цифре на дисплеју (које - треба да знате).



**Мерни комплет**

- 1. Комплет са диодом и потенциометром
- 2. Извор напона
- 3. Два мултиметра класе тачности 0.02
- 4. Одвијач

*Препорука:* Повежите извор струје са комплетом за мерење. Помоћу одвијача на потенциометру подешавајте напон који доводите на диоду. Мерите зависност струје кроз диоду од напона доведеног на диоду.

## Теоријски увод

Полупроводничка диода је елемент електричног кола који проводи електричну струју у једном смеру - када је позитивно поларизована. Зависност струје од напона за идеалну диоду дати су једначином:

$$I = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}, \quad (1)$$

где су:  $T$  - апсолутна температура,  $k$  – Болцманова константа,  $e$  - елементарно наелектрисање и  $I_0$  - инверзна струја засићења.  $I_0$  је слаба струја која протиче кроз диоду када је инверзно поларизована, тј. када се виши потенцијал доведе на катоду.

Реалне диоде, каква је диода чије особине треба да одредите, има следеће особине:

- Почине да проводи струју тек ако се на њу доведе напон већи од неког граничног напона  $U_g$ .
- Зависност струје од напона је сложеног облика за мале напоне, али веће од  $U_g$ . У тој области напона провођење струје је нерегуларно.
- За напоне веће од напона при којима диода нерегуларно проводи струју важи једначина (1).

Аутор: Андријана Жекић

Рецензент: Мићо Митровић

Председник комисије: Мићо Митровић