

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

Задаци за окружно такмичење ученика средњих школа

6. април 2008.

IV разред

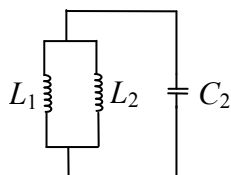
1. Војска Србије жели да развије инфрацрвени детектор на бази GaAs квантне јаме за регистровање непријатељских војника у мраку. Детектор треба да региструје фотоне на учестаности која одговара максимуму емисије електромагнетног зрачења непријатељског војника (чија је температура $t = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ и који се може сматрати апсолутно црним телом). Сматрати да квантна јама има бесконачно високе зидове. Стање електрона у јами се може описати Шредингеровом једначином са разликом што масу електрона $m_0 = 9.1 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$ треба заменити са ефективном масом електрона у GaAs која је једнака $m^* = 0,067m_0$. Колика треба да буде ширина l квантне јаме, да би електрон апсорбовао фотоне жељене учестаности и прешао у прво побуђено стање? Винова константа је $b = 2,9 \cdot 10^{-3}\text{ Km}$, а Планкова $6,63 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$. (МФ 2005/06, 97-4, стр 52) **20п**

2. У осцилаторном колу приказаном на слици 1 максимална струја која тече кроз калем L_1 износи $I_{01} = 3\text{ A}$. Одредити колико износи максимално наелектрисање Q_0 на кондензатору? Капацитет кондензатора је $C = 1\text{ }\mu\text{F}$, а индуктивности калемова су $L_1 = 1\text{ H}$ и $L_2 = 0,125\text{ H}$. Сматрати да нема магнетне спреге између калемова. **22п**

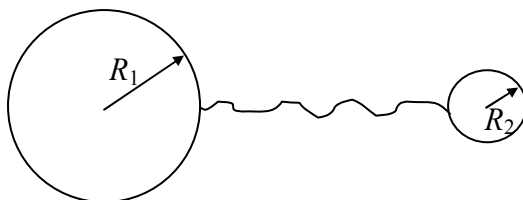
3. За систем од две металне кугле, полупречника R_1 и R_2 , спојених дугачким танким проводником (Слика 2) наћи количник σ_1/σ_2 њихових површинских густина наелектрисања. Сматрати да је растојање између кугли толико велико да наелектрисања једне кугле не утичу на расподелу наелектрисања друге кугле. **23п**

4. Литијумска фотоћелија се осветљава светлошћу таласне дужине $\lambda = 90,4\text{ nm}$. Одредити за колико се максимално повећа релативистичка маса ослобођених фотоелектрона у односу на њихову масу мировања. Вредност излазног рада за литијум је $A = 2,4\text{ eV}$. ($h = 6,626 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$, $c = 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$) **15п**

5. У раствор соли, чија се густина мења са дубином h по закону $\rho = \rho_0 + A \cdot h$, су спуштене две куглице маса $m_1 = 0,12\text{ g}$ и $m_2 = 0,14\text{ g}$ исте запремине $V = 0,1\text{ cm}^3$. Куглице су везане неистегљивим концем, занемарљиве масе и запремине, тако да је растојање између њихових центара највише $l = 5\text{ cm}$. На којим дубинама h_1 и h_2 ће куглице бити у равнотежи ако је $\rho_0 = 1000\text{ kg/m}^3$ и $A = 1000\text{ kg/m}^4$? Промена густине раствора при промени дубине реда пречника куглице је занемарљива. **20п**



Слика 1



Слика 2

Задатке припремио: мр Александар Крмпот, Институт за физику, Београд
Рецензент: др Ђорђе Спасојевић, Физички Факултет, Београд
Председник комисије: др Мићо Митровић, Физички Факултет, Београд

Решења задатака за општинско такмичење ученика средњих школа, 2008.

IV разред

1. Таласна дужна максимума емисије зрачења непријатељског војника је $\lambda_m = \frac{b}{T}$ где је T температура у келвинима

(4п). Функција стања електрона који се налази у бесконачно дубокој потенцијалној јами и за који важи Шредингерова једначина је стојећи, таласалсне дужне λ , чији су чворови увек на границама јаме. Стога, за јаму дужине l , важи

$l = n \frac{\lambda}{2} = n \frac{h}{2p} = n \frac{h}{2\sqrt{2m \cdot T_n}}$ где су: n - природан број, p - импулс и T_n - кинетичка енергија електрона. Пошто је у

квантној јами потенцијална енергија електрона једнака нули следи да је укупна енергија једнака кинетичкој $E_n = T_n$,

односно $E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2m \cdot l^2} n^2$ **(8п)**. Према услову задатка треба да важи $\frac{hc}{\lambda_m} = E_2 - E_1$ **(5п)** где су E_1 и E_2 енергије

основног и првог побуђеног стања, респективно. Коначно следи да је $l = \sqrt{\frac{3bh}{8m \cdot cT}} = 11,3 \text{ nm}$. **(3п)**

НАПОМЕНА: У часопису „Млади физичар“ образац за енергију нивоа у квантној јами је дат као готов, без извођења, стога признати свих 8 поена ученицима који не прикажу поступак извођења те формуле.

2. Пошто су кондензатори паралелно везани то су електромоторне силе самоиндукције исте $L_1 \frac{\Delta i_1}{\Delta t} = L_2 \frac{\Delta i_2}{\Delta t}$ **(8п)**.

Следи да су струје у калемовима у фази те је $L_1 I_{01} = L_2 I_{02}$, односно $I_{02} = I_{01} L_1 / L_2$ **(4п)**. Са друге стране из закона

одржања енергије следи $\frac{Q_0^2}{2C} = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$ **(6п)**, одакле налазимо $Q_0 = I_{01} \sqrt{CL_1 \left(1 + \frac{L_1}{L_2}\right)} = 9 \text{ mC}$. **(4п)**

3. На усамљеној наелектрисаној металној кугли наелектрисање је расподељено само на њеној површини; при томе је расподела наелектрисања равномерна те површинска густина наелектрисања износи $\sigma = \frac{q}{4\pi R^2}$, где је q

наелектрисање, а R полупречник кугле. Пошто је растојање између кугли велико то су наелектрисања на њима

расподељена као да су кугле усамљене. Стога је $\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi R_1^2}$ **(3п)** и $\sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi R_2^2}$ **(3п)**, док су њихови потенцијали

дати изразима $V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{R_1}$ **(3п)** и $V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{R_2}$ **(3п)**. Пошто су кугле спојене проводником њихови потенцијали

су једнаки, одакле је $\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2}$ **(5п)**. Комбиновањем нађених израза коначно добијамо $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{R_2}{R_1}$ **(6п)**.

4. Из Ајнштајнове релације за фотоэффект се добија да је максимална кинетичка енергија фотоелектрона дата са $T_{max} = hc / \lambda - A = 11,3 \text{ eV}$. **(5п)** Пошто промена релативистичке масе у односу на масу мировања износи

$\Delta m = m - m_0 = T / c^2$ **(7п)** добија се да је $\Delta m_{max} = T_{max} / c^2 = 2,0 \cdot 10^{-35} \text{ kg}$. **(3п)**

5. Да куглице нису везане у случају равнотеже би важило

$m_1 g = \rho g V_1 = (\rho_0 + A \cdot h_1) g V_1$, односно равнотежна дубина за прву куглицу била би $h_1 = (m_1 / V_1 - \rho_0) / A = 20 \text{ cm}$. **(2п)** На исти начин се

добија да је $h_2 = 40 \text{ cm}$. **(2п)** Пошто је разлика ових дубина већа од $l = 5 \text{ cm}$ у стању равнотеже ће лакша куглица бити изнад теже, а конач ће бити затегнут **(4п)**. При томе је укупна гравитациона сила уравнотежена укупном

силом потиска: $(m_1 + m_2) g = (\rho_0 + A h_1 + \rho_0 + A h_2) V g$ **(5п)** одакле

дубина $h_c \equiv (h_1 + h_2) / 2$ центра конца износи

$h_c = \frac{l}{A} \left[\frac{m_1 + m_2}{2V} - \rho_0 \right] = 30 \text{ cm}$ **(5п)**. Тако налазимо

$h_1 = h_c - l / 2 = 27,5 \text{ cm}$ **(1п)** и $h_2 = h_c + l / 2 = 32,5 \text{ cm}$. **(1п)**

