



IV разред

1. Снага коју сијалица прима из градске мреже је $P = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R}$ [3п]. Снага коју израчи сијалица је према Штефан-Болцмановом закону $P_z = \sigma T^4 S$ [5п], где је $S = \pi D l$ [3п] површина омотача цилиндра. Ефикасност сијалице је једнака $\eta = \frac{P_z}{P}$ [4п]. Из претходних једначина следи $\eta = \frac{\sigma T^4 \pi D l R}{U_{\text{eff}}^2}$ [3п], одакле је $\eta = 2,9\%$ [2п].
2. (а) Пошто се полје између електрода може сматрати хомогеним, кинетичка енергија најбржих фотоелектрона је $T_{\text{max}} = eU/2$ [3п]. Задржавајући напон U_0 при којем почиње да тече фотоструја добија се из $T_{\text{max}} = eU_0$ [2п], па следи $U_0 = U/2 = 1,70 \text{ V}$ [1п].
(б) Црвена граница фотоэффекта λ_c одређена је условом $\frac{hc}{\lambda_c} = A_i$ [5п], где се излазни рад материјала од којег је начињена катода добија користећи Ајнштајнову једначину фотоэффекта $\frac{hc}{\lambda} = T_{\text{max}} + A_i$ [5п]. Комбиновањем се добија $\lambda_c = \frac{\lambda}{1 - \frac{eU\lambda}{2hc}}$ [3п]. Након замене бројних вредности, $\lambda_c = 539 \text{ nm}$ [1п].
3. (а) Према условима задатка, ушни канал се може посматрати као цев затворена на једном крају, тако да је фреквенција основног хармоника стојећег таласа $\nu = \frac{u}{4l}$ [7п]. Дакле, $l = \frac{u}{4\nu}$ [2п], односно након замене бројних вредности $l = 2,25 \text{ cm}$ [1п].
(б) Појачана осетљивост уха може се очекивати на фреквенцијама које одговарају вишим хармоницима стојећег таласа. На основу општег израза за фреквенцију n -тог хармоника $\nu_n = \frac{(2n-1)u}{4l}$ [6п], где је $n = 1, 2, \dots$, опсегу звучних таласа (до 20 kHz) припадају још $\nu_2 = 3\nu = 11,3 \text{ kHz}$ [2п] и $\nu_3 = 5\nu = 18,9 \text{ kHz}$ [2п].
4. Таласне дужине фотона λ_1 и λ_2 су одређене Ајнштајновом једначином фотоэффекта $\frac{hc}{\lambda_1} = T_1 + A_i$ и $\frac{hc}{\lambda_2} = T_2 + A_i$ [8п], где су T_1 и T_2 кинетичке енергије фотоелектрона. Под утицајем Лоренцове силе фотоелектрони ће описивати путање полупречника r крећући се брзинама v_1 и v_2 које су одређене са $\frac{m_e v_1^2}{r} = e v_1 B_1$ и $\frac{m_e v_2^2}{r} = e v_2 B_2$ [6п], на основу чега добијамо кинетичке енергије фотоелектрона $T_1 = \frac{(e B_1 r)^2}{2m_e}$ и $T_2 = \frac{(e B_2 r)^2}{2m_e}$ [2п]. Таласне дужине фотона су $\lambda_1 = hc / \left(\frac{(e B_1 r)^2}{2m_e} + A_i \right)$ и $\lambda_2 = hc / \left(\frac{(e B_2 r)^2}{2m_e} + A_i \right)$ [2п], односно након замене бројних података $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ и $\lambda_2 = 339 \text{ nm}$ [2п].
5. (а) Дужина првог свемирског брода у лабораторијском систему је на основу закона контракције дужине $L_1 = l_1 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}$, а другог $L_2 = l_2 \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}$ [2п]. Нека се у тренутку $t = 0$ преклапају предњи крај првог и задњи крај другог брода и нека је њихова координата x_0 . Зависност координате задњег краја првог брода од времена је $x_1(t) = x_0 - L_1 + v_1 t$, а зависност координате предњег краја другог брода је $x_2(t) = x_0 + L_2 + v_2 t$ [1п]. Претицање се завршава у тренутку T одређеном условом $x_1(T) = x_2(T)$ [2п], одакле је $T = \frac{l_1 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} + l_2 \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}}{v_1 - v_2}$ [2п], односно $T = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ s}$ [1п].
(б) Време претицања бродова у систему S' је једнако $T' = \frac{l_1 \sqrt{1 - \frac{u_1^2}{c^2}} + l_2 \sqrt{1 - \frac{u_2^2}{c^2}}}{u_1 - u_2}$ [2п], где су $u_1 = \frac{v_1 - V}{1 - \frac{v_1 V}{c^2}}$ и $u_2 = \frac{v_2 - V}{1 - \frac{v_2 V}{c^2}}$ [2п] брзине бродова у систему S' . Из претходних једначина следи $T' = \frac{a - bV}{(v_1 - v_2) \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$, где је $a = l_1 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} + l_2 \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}$ и $b = \frac{v_2}{c^2} l_1 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} + \frac{v_1}{c^2} l_2 \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}$ [2п]. Први извод функције $T'(V)$ је $\frac{dT'(V)}{dV} = \frac{a \frac{V}{c^2} - b}{(v_1 - v_2) \left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)^{3/2}}$. Из претходног израза закључујемо да је $\frac{dT'(V)}{dV} = 0$ за $V = V_{\text{kr}} = \frac{bc^2}{a}$, а да је $\frac{dT'(V)}{dV} > 0$ за $V > V_{\text{kr}}$ и $\frac{dT'(V)}{dV} < 0$ за $V < V_{\text{kr}}$ [3п]. Одатле следи да функција $T'(V)$ има минимум за $V = \frac{bc^2}{a}$, односно $V = \frac{v_2 l_1 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} + v_1 l_2 \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}}{l_1 \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} + l_2 \sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}}$ [2п], тј. $V = 2,2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [1п].

Задатке припремили: др Ненад Вукмировић и Вељко Јанковић, Институт за физику у Београду

др Никола Јованчевић, Природно-математички факултет, Нови Сад

Рецензент: др Антун Балаж, Институт за физику у Београду

Председник Комисије за такмичења ученика средњих школа: др Божидар Николић, Физички факултет, Београд