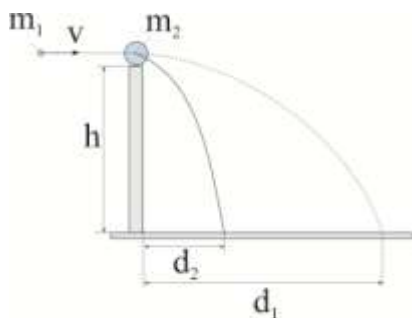


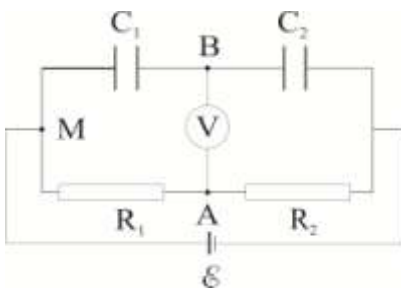
**26. РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (9. март 2019), IV РАЗРЕД**

**ЗАДАЦИ**

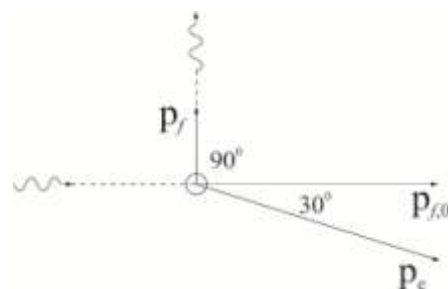
- На стубу висине  $h = 5 \text{ m}$  мирује кугла масе  $m_2 = 200 \text{ g}$ . Метак масе  $m_1 = 10 \text{ g}$  креће се хоризонтално брзином  $v = 500 \text{ m/s}$ , и пробија куглу кроз њено средиште. Након тога кугла падне на тло на удаљеност  $d_2 = 20 \text{ m}$  од стуба (слика 1). (а) На колику удаљеност од стуба падне метак? б) Колики дио почетне кинетичке енергије метка се трансформише у повећање унутрашње енергије кугле и метка? ). Занемарити висину средишта кугле изнад стуба и отпор ваздуха. Узети да је убрзање Земљине теже,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .
- На слици 2 представљено је струјно кола чији су елементи: извор једносмјерне струје сталне електромоторне силе  $E = 12 \text{ V}$ , отпорници отпорности  $R_1 = 100 \Omega$  и  $R_2 = 200 \Omega$ , и кондензатори капацитета  $C_1 = 5 \mu\text{F}$  и  $C_2 = 10 \mu\text{F}$ . (а) Колика је укупна енергија ускладиштена у оба кондензатора? (б) Колики је напон  $U_{AB}$  који показује волтметар?
- Електрон у стању мировања убрзан је у акцелератору напоном  $U = 1,2 \cdot 10^6 \text{ V}$ , при чему достигне одређену кинетичку енергију. (а) Да ли је електрон релативистичка честица након убрзавања датим напоном? (б) Колика је брзина електрона након убрзавања датим напоном? Наелектрисање електрона је  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , а његова маса у стању мировања износи  $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ . Брзина свјетлости у вакууму је  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .
- Сијалица са влакном садржи густо мотану завојницу облика ваљка дужине  $L = 2 \text{ cm}$  и полупречника  $R = 0,5 \text{ mm}$ . Влакно зрачи на температури  $T = 3300 \text{ K}$  када сијалица свијетли и емитује зрачење приближно као апсолутно црно тијело. (а) Одредити снагу сијалице. (б) Одредити таласну дужину зрачења на којој сијалица има максимум зрачења. (в) Колика је највећа удаљеност са које човјек може видјети свјетлост сијалице у мраку? У овом случају претпоставити да је сијалица тачкаст извор свјетлости, да је пречник зјенице ока у мраку  $d = 6 \text{ mm}$ , и да човјек може регистровати свјетлосни сигнал ако у око пада сваке секунде најмање  $N = 10^7$  фотона просјечне енергије  $\varepsilon_s = 2,2 \text{ eV}$ . Стефан-Болцманова константа износи  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ , а Винова константа је  $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ .
- При интеракцији фотона и електрона, који је у стању мировања, долази до комптоновског расијања при чему фотон скрене под углом  $\theta = 90^\circ$  у односу на првобитни правац кретања, а електрон скрене под углом  $\alpha = 30^\circ$  у односу на исти правац (слика 3). Одредити (а) енергију фотона прије расијања; (б) кинетичку енергију електрона после расијања? Потребне константе: брзина свјетлости у вакууму,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ; Планкова константа,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ , комптоновска таласна дужина  $\lambda_c = 2,42 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ .



Слика 1 - Задатак 1



Слика 2 - Задатак 2



Слика 3 - Задатак 5

## IV РАЗРЕД

### РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА

1. (а) Након удара метка кугла добије брзину у хоризонталном правцу и пада по закону хоризонталног хица. Вријеме падања је  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,  $t = 1,0 \text{ s}$ . За то вријеме кугла пређе у хоризонталном правцу  $d_2 = 20 \text{ m}$ , па је њена почетна брзина  $v_2 = d_2 / t$ ,  $v_2 = 20 \text{ m/s}$ . Метак излети, са исте висине, из кугле у хоризонталном правцу па је вријеме падања метка такође  $t = 1,0 \text{ s}$ . Брзина којом излети метак из кугле добија се из закона одржања импулса:  $m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$ , одакле је  $v_1 = v - \frac{m_2}{m_1} v_2$ ,  $v_1 = 100 \text{ m/s}$ . Према томе, удаљеност на које падне метак износи  $d_1 = v_1 t$ ,  $d_1 = 100 \text{ m}$ . (б) Ако је  $E_1$  кинетичка енергија метка прије удара у куглу,  $E_1'$  његова кинетичка енергија након проласка кроз куглу,  $E_2'$  кинетичка енергија кугле након проласка метка, онда је на основу закона одржања енергије повећање унутрашње енергије кугле:  $\Delta U = E_1 - (E_1' + E_2')$ ,  $\Delta U = \frac{m_1 v^2}{2} - \left(\frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}\right)$ . Тражени дио кинетичке енергије метка који се трансформисао у повећање унутрашње енергије кугле износи:  $\Delta U / E_1 = 0,928$ , или  $\Delta U = 92,8\% E_1$ .

2. (а) Еквивалентни капацитет редне везе два кондензатора износи  $C_e = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ ,  $C_e = \frac{10}{3} \mu\text{F}$ . Кондензатори су под напоном извора  $E$ , па је укупна енергија  $W = \frac{1}{2} C_e E^2$ ,  $W = 240 \mu\text{J}$ . (б) Напон на првом отпорнику једанак је разлици потенцијала тачака  $M$  и  $A$ : (1)  $U_{R_1} = \varphi_M - \varphi_A$ , а напон на првом кондензатору једнак је разлици потенцијала тачака  $M$  и  $B$ : (2)  $U_{C_1} = \varphi_M - \varphi_B$ . Из релација (1) и (2) слиједи:  $\varphi_A - \varphi_B = U_{C_1} - U_{R_1}$ , па је тражени напон (3)  $U_{AB} = U_{C_1} - U_{R_1}$ . Напон на отпорнику слиједи из Омовог закона:  $U_{R_1} = R_1 I$ ,  $U_{R_1} = R_1 \frac{E}{R_1 + R_2}$ ,  $U_{R_1} = 4 \text{ V}$ . Напон на кондензатору добија се из релације:  $U_{C_1} = \frac{q}{C_1}$ . Количина наелектрисања на кондензатору је  $q = C_e E$ ,  $q = 40 \mu\text{C}$ , па је  $U_{C_1} = \frac{q}{C_1}$ ,  $U_{C_1} = 8 \text{ V}$ . Замјеном добијених вриједности у релацију (3) добија се  $U_{AB} = 4 \text{ V}$ .

3. (а) Енергија стања мировања електрона износи  $E_0 = m_0 c^2$ ,  $E_0 = 8,19 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ , односно  $E_0 = 0,512 \text{ MeV}$ . Електрон је релативистички ако је његова кинетичка енергија већа од енергије стања мировања. Када се електрон убрзава напоном  $U$ , онда електрично поље изврши рад  $A = eU$  на електрону. На основу тог рада електрон добије кинетичку енергију  $T = eU$ , што износи  $T = 1,2 \text{ MeV}$ . Пошто је  $T > E_0$ , електрон је релативистичка честица. (б) Када је електрон релативистичка честица, онда се користи формула за

релативистичку кинетичку енергију:  $T = \frac{E_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - E_0$ , одакле слиједи да је брзина електрона

$$v = c \sqrt{1 - \frac{1}{(T/E_0 + 1)^2}}, \quad v = 2,86 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

4. (а) Емисиона моћ тијела на температури  $T$  израчунава се по формули  $E_T = \frac{W_T}{St}$ , односно  $E_T = \frac{P}{S}$ , гдје је  $P$  снага зрачења. Према Стефан-Болцмановом закону је  $E_T = \sigma T^4$ , па слиједи да је снага зрачења  $P = \sigma T^4 \cdot S$ , гдје је  $S = 2\pi Rl$  површина омотача влакна сијалице облика ваљка. Према томе, снага зрачења

сијалице је  $P = \sigma T^4 \cdot 2\pi Rl$ ,  $P = 422 \text{ W}$ . (б) Из Виновог закона:  $\lambda_{\max} T = b$ , слиједи  $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$ ,

$\lambda_{\max} = 879 \text{ nm}$ . (в) Пошто се сијалица посматра као тачкаст извор свјетлости, онда се њена енергија, односно снага, на удаљености  $r$  расподјељује по површини сфере полупречника  $r$  у чијем средишту је тачкаст извор свјетлости. Према томе, на удаљености  $r$  од тачкастог извора снага зрачења по јединици површине износи  $\frac{P}{4\pi r^2}$ . Када се добијени израз помножи са површином зјенице ока добије се колика је снага

зрачења коју прими око:  $P_{oko} = \frac{P}{4\pi r^2} \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ , односно  $P_{oko} = P \left(\frac{d}{4r}\right)^2$ . Добијена снага може се изразити

преко укупне енергије фотона,  $N\varepsilon_s$ , која падне у око у току једне секунде:  $P_{oko} = \frac{N\varepsilon_s}{t}$ , гдје је  $t = 1 \text{ s}$ .

Слиједи,  $\frac{N\varepsilon_s}{t} = P \left(\frac{d}{4r}\right)^2$ , одакле је  $r = \frac{d}{4} \sqrt{\frac{Pt}{N\varepsilon_s}}$ ,  $r = 16,4 \text{ km}$ .

5. (а) На слици су учртани вектори импулса фотона и електрона након комптоновског расијања. Закон одржања импулса може се написати у облику:  $\vec{p}_{0,f} = \vec{p}_f + \vec{p}_e$ , гдје је  $\vec{p}_{0,f}$  импулс фотона прије расијања, гдје је  $\vec{p}_f$  импулс фотона након расијања и  $\vec{p}_e$  импулс електрона након расијања. Са слике је очигледно да важи

релација:  $tg 30^\circ = \frac{p_f}{p_{f,0}}$ ,  $\frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{h/\lambda}{h/\lambda_0}$ ,  $\frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ , одакле је

(1)  $\lambda = \sqrt{3}\lambda_0$ , гдје су  $\lambda_0$  и  $\lambda$  таласн дужине фотона прије и после расијања. Из формуле за Комптонов ефекат:  $\lambda - \lambda_0 = 2\lambda_c \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}$ , слиједи  $\lambda = \lambda_0 + 2\lambda_c \cdot \sin^2 45^\circ$ , (2)  $\lambda = \lambda_0 + \lambda_c$ . Из релација (1) и (2) слиједи (3)

$\lambda_0 = \frac{\lambda_c}{\sqrt{3}-1}$ . Пошто је енергија фотона прије расијања  $\varepsilon_{f,0} = \frac{hc}{\lambda_0}$ , слиједи  $\varepsilon_{f,0} = \frac{(\sqrt{3}-1)hc}{\lambda_c}$ ,

$\varepsilon_{f,0} = 0,375 \text{ MeV}$ . (б) На основу закона одржања енергије добија се  $\varepsilon_{f,0} = \varepsilon_f + T$  одакле је  $T = \varepsilon_{f,0} - \varepsilon_f$ ,

(4)  $T = \varepsilon_{f,0} - \frac{hc}{\lambda}$ . Из релација (2), (3) и (4) слиједи  $T = \varepsilon_{f,0} - \frac{(\sqrt{3}-1)hc}{\sqrt{3}\lambda_c}$ ,  $T = 0,158 \text{ MeV}$ .

