



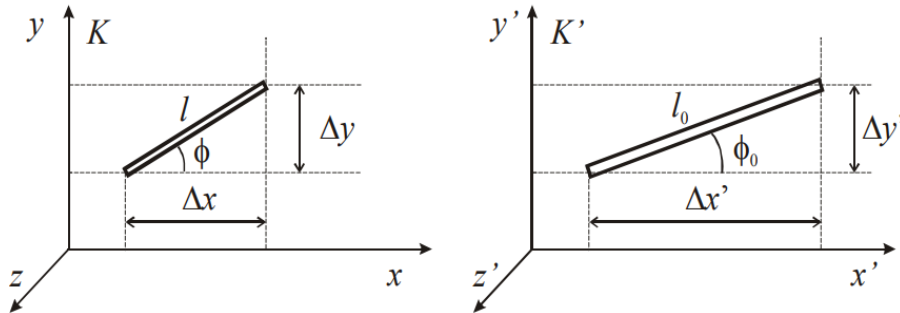
IV разред

Друштво физичара Србије Министарство просвете,
науке и технолошког развоја Републике Србије
РЕШЕЊА-АЛФА КАТЕГОРИЈА

ОПШТИНСКИ НИВО
19. фебруар 2022.

1. Узмимо x - осу за правац и смер кретања брода и нека је координатни почетак везан за један светионик (назовимо га првим). Закони положаја брода, сигнала из првог и сигнала из другог светионика редом: $x = l/2 + vt$, $x_1 = ct$ и $x_2 = l - ct$ [4п]. Место и тренутак стицања сигнала из првог светионика до брода и место и тренутак стицања сигнала са другог сигнала су редом: $X_1 = ct_1$ и $X_1 = l/2 + vt_1$, $X_2 = l - ct_2$ и $X_2 = l/2 + vt_2$. Одавде се добија: $t_1 = \frac{l}{2(c-v)}$ и $t_2 = \frac{l}{2(c+v)}$ [6п]. У односу на Земљу, временски интервал између посматрана два догађаја је: $\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{lv}{c^2 - v^2}$ [4п]. У броду се оба догађаја дешавају на истом месту, па је интервал између њих (сопствено време): $\Delta t_0 = \Delta t \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{lv}{c\sqrt{c^2 - v^2}} = 245\text{s}$ [5+1п].

2. Сопствену дужину штапа l_0 и угао ϕ_0 израчунавамо помоћу релација $l_0 = \sqrt{(\Delta x')^2 + (\Delta y')^2}$, $\text{tg}\phi_0 = \Delta y'/\Delta x'$ (2п). У систему K ове исте величине су дате релацијама $l = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ и $\text{tg}\phi = \Delta y/\Delta x$ (2п). Контракција дужине штапа се дешава дуж x - осе (у правцу кретања), док нормално на правац кретања димензија се не мења тј. $\Delta x = \Delta x' \sqrt{1 - \beta^2}$ и $\Delta y = \Delta y'$ (2п). Коришћењем ових релација добија се $l_0 = \sqrt{l^2 - \beta^2 (\Delta y)^2} / \sqrt{1 - \beta^2}$ (2п). Узимајући за $\Delta y = l \sin \phi$ добијамо: $l_0 = \frac{l}{\sqrt{1 - \beta^2}} \sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \phi}$ (2п). Заменом бројних вредности добијамо $l_0 = 15,3\text{m}$ (2п). За угао ϕ_0 добијамо $\text{tg}\phi_0 = \frac{\Delta y}{\Delta x} \sqrt{1 - \beta^2}$ (2п), па је $\text{tg}\phi_0 = \sqrt{1 - \beta^2} \text{tg}\phi$ (2п), одакле је $\phi_0 = \arctg[\sqrt{1 - \beta^2} \text{tg}\phi]$ (2п), па заменом бројних вредности добијамо $\phi_0 = 19,1^\circ$



3. Прво решење (Комптоновим законом): При фотон-електрон судару важи закон одржања импулса, одакле следи да електрон добија брзину која има правац и смер дуж кога се кретао фотон пре судара. Импулс електрона је $p_e = p_f + p'_f = \frac{h}{\lambda} + \frac{h}{\lambda'}$, где су p_f и p'_f импулс фотона пре и после судара редом [4п]. Из услова задатка је $E_f = 2E_0$, тј. $hc/\lambda = 2m_0c^2$ па је $\lambda = \frac{hc}{2m_0c^2} = \frac{h}{2m_0c}$ [4п]. Следи: $\lambda' = \lambda + 2\lambda_c \sin^2 90^\circ = \frac{5}{2}\lambda_c$ [4п]. Даље је $p_e = \frac{2h}{\lambda} + \frac{2h}{5\lambda_c} = \frac{12h}{5\lambda_c} = \frac{12}{5}m_0c$ [4п]. Како је брзина електрона нормална на линије сила магнетног поља електрон ће се кретати по кругу $\frac{p_e}{r} = eB$ (произилази из $p_e \omega \cdot dt = dp_e$, $\frac{dp_e}{dt} = Bev$, и $\frac{v}{\omega} = r$; v је брзина електрона у кругу, а ω угаона брзина електрона) [3п]. Следи: $r = \frac{p_e}{eB} = \frac{12m_0c}{5eB} = 3,4\text{cm}$ [1п].

Друго решење (законима одржања): Закон одржања импулса током судара гласи $p_e = p_f + p'_f$ [5п], а закон одржања енергије $E_f = 2m_0c^2 = p'_f c + T$, где је T кинетичка енергија електрона после судара:

$T = E_e - E_0 = \sqrt{(m_0c^2)^2 + (p_e c)^2} - m_0c^2$ [6п]. Након решавања добијеног система једначина, за импулс електрона добијамо $p_e = \frac{12}{5}m_0c$ [5п]. Како је брзина електрона нормална на линије сила магнетног поља електрон ће се кретати по кругу $\frac{p_e}{r} = eB$ [3п]. Следи: $r = \frac{p_e}{eB} = \frac{12m_0c}{5eB} = 3,4\text{cm}$ [1п].

4. (а) На основу релација неодређености $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$ следи да је неодређеност импулса $\Delta p \geq \frac{\hbar}{\Delta x}$ [2п] где се за неодређеност положаја може узети димензија језгра $\Delta x = 10^{-15}\text{m}$ [1п]. Импулс није мањи од његове неодређености $p \geq \Delta p = \frac{\hbar}{\Delta x} = 10^{-19}\text{kgm/s}$ [2п]. Из $p = \frac{1}{c} \sqrt{T(T + 2E_0)}$ следи: $T^2 + 2E_0T + p^2c^2 = 0$ [2п]. Решавањем квадратне



**ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА
ШКОЛСКЕ 2020/2021. ГОДИНЕ.**



једначине добија се $T = E_0 \left(\sqrt{1 + \left(\frac{pc}{E_0} \right)^2} - 1 \right)$ [1п]. Узимајући за намању вредност импулса 10^{-19}kgm/s , добија се $T = 190 \text{MeV}$ [1п]. Будући да је $T \gg 10 \text{MeV}$ може се закључити да се електрон не може налазити у саставу језгра [1п].

б) Полазимо од релација неодређености $\Delta x \Delta p \geq \hbar$. Како је R позната величина, полупречник језгра не може бити мањи од његове неодређености и може се узети да је неодређеност положаја алфа честице $\Delta x = R$ [2п]. Импулс није мањи од његове неодређености $p \geq \Delta p$, $p = mv$, одакле се може узети да је $\Delta p = p = mv$ [2п], где је v брзина алфа честице. Заменом у релације неодређености добијамо $R \cdot m \cdot v = \hbar$, одакле се може проценити брзина алфа честице $v = \frac{\hbar}{Rm}$ [1п]. Време потребно да алфа честица пређе пут једнак пречнику износи $\tau = \frac{2R}{v}$ [1п]. Фреквенција удара о зидове се може израчунати као $f = \frac{1}{\tau}$, тј. $f = \frac{\hbar}{2mR^2}$ [1+1п]. Средње време потребно да алфа честица напусти језгро износи $\lambda = f \cdot P = 6,5 \cdot 10^{-19} \text{s}^{-1}$ [1+1п].

5.а) Енергија која се емитије у јединици времена са површине Сунца је: $W = 4\pi R_S^2 \sigma T_S^4$ [1п]. Како је расподела енергије сферносиметрична то је: $W = 4\pi R_{SZ}^2 S$ [1п]. Температура на површини Сунца: $T_S = \sqrt[4]{\frac{R_{SZ}^2 S}{R_S^2 \sigma}} = 5760 \text{K}$ [1+1п]. Ако Земљу посматрамо као апсолутно црно тело укупна енергија коју Земља апсорбује са Сунца у јединици времена једнака је укупној енергији коју Земља емитије у јединици времена. Према дефиницији соларне константе Земља апсорбује зрачење које пада на површину једнаку попречном пресеку Земље, на основу чега је $R_Z^2 \pi S = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z^4$ [1п] тј. $T_Z = \sqrt[4]{\frac{S}{4\sigma}} = 278 \text{K}$ [1+1п].

б) У овом случају, Земља ће апсорбовати удео $(1 - A)$, где је $A=0,3$. У случају равнотеже апсорбоване и емитоване енергије у јединици времена важиће једначина $(1 - A)R_Z^2 \pi S = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z'^4$ [1п], одакле је $T_Z' = \sqrt[4]{\frac{(1-A)S}{4\sigma}} = 255 \text{K}$ [1+1п].

в) На слици је приказана равнотежна шема апсорпције и емисије зрачења Земље и атмосфере. Запишимо равнотежну једначину за Земљу (услед равнотеже снага коју апсорбује Земља треба бити једнака снази коју Земља емитије): $P_{SZ} + P_{AtmZ} = P_Z$, где је $P_{SZ} = (1 - A) \cdot P_S \cdot a_{vid}$ снага која досне на површину Земље са Сунца, $P_S = R_Z^2 \pi S$, P_{AtmZ} зрачење атмосфере ка Земљи и $P_Z = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z'^4$ зрачење које емитије повшина Земље. Равнотежна једначина је облика $(1 - A) \cdot P_S \cdot a_{vid} + P_{AtmZ} = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z'^4$ [4п]. За атмосферу равнотежна једначина гласи $P_{AtmZ} + P_{AtmS} = (1 - A) \cdot P_S (1 - a_{vid}) + P_Z (1 - a_{ic})$, тј. $P_{AtmZ} + P_{AtmS} = (1 - A) R_Z^2 \pi S (1 - a_{vid}) + 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z'^4 (1 - a_{ic})$ [4п].

На основу поставке задатка $P_{AtmZ} = P_{AtmS}$, одакле се добија се $T_z'' = \sqrt[4]{\frac{S(1-A)(a_{vid} + 1)}{4\sigma(1 + a_{ic})}} = 292 \text{K}$ [1+1п].

