

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ И
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
Општинско такмичење ученика средњих школа
школске 2003/2004. године
IV разред

1. Обележимо сопствена времена која протекну између два откуцаја срца вештица K, L и M са τ_{KK} , τ_{LL} и τ_{MM} респективно. Време између два откуцаја срца вештице L које мери вештица K је $\tau_{LK} = \frac{\tau_{LL}}{\sqrt{1 - \frac{v_L^2}{c^2}}}$ [5 п].
- Брзина вештице L је: $v_L = c \sqrt{1 - \frac{\tau_{LL}^2}{\tau_{LK}^2}} = \frac{3}{5}c$ [3 п]. Из исказа вештице M следи: $\tau_{KM} = \tau_{LM}$ [2 п] па је: $\frac{\tau_{KK}}{1 - \frac{v_M^2}{c^2}} = \frac{\tau_{LL}}{1 - \frac{v_{ML}^2}{c^2}}$ [4 п] одакле следи: $v_M = |v_{ML}| = \frac{|v_M - v_L|}{1 - \frac{v_M v_L}{c^2}}$ [3 п] одакле се добија: $v_M = c$, што је решење које нема физичког смисла, [2 п] и $v_M = \frac{c^2}{v_L} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{v_L^2}{c^2}}\right)$ [3 п]. Пошто је брзина вештице M мања од брзине светлости, решење са знаком „+“ нема физичког смисла тако да је $v_L = \frac{1}{3}c$ [3 п].
2. а) Кинетичка енергија електрона након убрзавања је: $\frac{mv^2}{2} = eU$ [2 п]. За кретање електрона у хомогеном магнетном пољу важи: $\frac{mv^2}{R} = evB$ [2 п]. Специфично наелектрисање електрона у нерелативистичком рачуну је: $\left(\frac{e}{m}\right)_{ner} = \frac{2U}{R^2 B^2}$ [1 п] односно $\left(\frac{e}{m}\right)_{ner} = 1,75836 \cdot 10^{-11} \frac{C}{kg}$. [1 п]
- б) Уколико електроне сматрамо релативистичким онда је: $\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2 = eU$ [3 п]. За кретање релативистичких електрона у магнетном пољу важи: $evB = \frac{mv^2}{R \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ [4 п]. Специфично наелектрисање је: $\left(\frac{e}{m}\right)_{rel} = \frac{2U}{B^2 R^2 - \frac{U^2}{c^2}}$ [2 п]. Заменом бројних вредности добија се: $\left(\frac{e}{m}\right)_{rel} = 1,76008 \cdot 10^{-11} \frac{C}{kg}$ [1 п].
- в) Релативна грешка нерелативистичке апроксимације је: $\delta = \frac{\left(\frac{e}{m}\right)_{rel} - \left(\frac{e}{m}\right)_{ner}}{\left(\frac{e}{m}\right)_{rel}} = \frac{U^2}{c^2 B^2 R^2}$ [3 п]. Након замене бројних вредности добија се $\delta = 0,1\%$ [1 п].
3. Енергија која се емитује у јединици времена са површине Сунца је: $W = 4\pi R_S^2 \sigma T^4$ [3 п]. Како је расподела енергије сферносиметрична то је: $W = 4\pi R_Z^2 S$ [5 п]. Температура на површини Сунца је: $T_S = \sqrt[4]{\frac{R_Z^2 S}{R_S^2 \sigma}}$ [3 п]. Заменом бројних вредности добија се: $T_S = 5800 \text{ K}$ [1 п]. Ако Земљу посматрамо као апсолутно црно тело укупна енергија коју Земља апсорбује од Сунца једнака је укупној енергији коју Земља емитује: $4\pi R_Z^2 S = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z^4$ [4 п] из чега следи $T_Z = \sqrt[4]{\frac{S}{\sigma}}$ [3 п] односно $T_Z = 394 \text{ K}$ [1 п].
4. Закони одржања енергије и импулса су: $E_\gamma = E'_\gamma + T_e$ [3 п] и $p_\gamma = -p'_\gamma + p_e$ [4 п]. Како је електрон после расејања ултрарелативистички, то је: $T_e = E_e - m_e c^2 = p_e c - m_e c^2$ [4 п]. Како је $E_\gamma = p_\gamma c$ [1 п] енергија расејаног γ -кванта износи: $E'_\gamma = \frac{m_e c^2}{2}$ [3 п] из чега се види да енергија расејаног γ -кванта не зависи од енергије упадног γ -кванта.
5. За $R < r$ електрично поље језгра одређује се применом Гаусове теореме: $E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Zer^3}{\epsilon_0 R^3}$ [3 п] односно $E = \frac{Zer}{4\pi\epsilon_0 R^3}$ [1 п]. За $R > r$ јачина електричног поља језгра је $E = \frac{Ze}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ [1 п]. За кретање електрона унутар језгра важи: $\frac{mv^2}{r} = eE = \frac{Ze^2 r}{4\pi\epsilon_0 R^3}$ [2 п]. Ако се искористи Боров услов квантовања $L = n\hbar$ [2 п] добија се: $r_n = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{Z}} \cdot R \cdot \sqrt[4]{\frac{\epsilon_0 \hbar^2}{\pi m e^2 R}}$ [3 п] и $v_n = \sqrt{n} \sqrt[4]{Z} \cdot \frac{\hbar}{mR} \sqrt[4]{\frac{\pi m e^2 R}{\epsilon_0 \hbar^2}}$ [3 п]. За кретање електрона изван језгра добијају се исти резултати као у Боровом моделу $r_n = \frac{n^2}{Z} \cdot \frac{\epsilon_0 \hbar^2}{\pi m e^2}$ [1 п] и $v_n = \frac{Z}{n} \cdot \frac{e^2}{2\epsilon_0 \hbar}$ [1 п]. Да би се електрон кретао унутар језгра треба да важи $r_1 \leq R$ [2 п], тј. $R \geq \frac{\epsilon_0 \hbar^2}{Z \pi m e^2}$. У противном односно за $R \leq \frac{\epsilon_0 \hbar^2}{Z \pi m e^2}$ [1 п] добијени резултати се не разликују од резултата добијених у Боровом моделу.