

**РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

**Решења задатака за окружно такмичење из физике
ученика средњих школа школске 2002/03. године**

IV разред

1. Нека је S_A систем везан за ракету A , S_Z референтни систем везан за Земљу. Са v_B ћемо означити брзину ракете B , а индекс A и Z ће означавати у односу на који референтни систем се дата брзина посматра.

а) Посматрач у систему S_A мери брзину ракете B чије су компоненте: $v_{Bx}^A = \frac{v_{Bx}^Z - v}{1 - \frac{v_{Bx}^Z v}{c^2}} =$

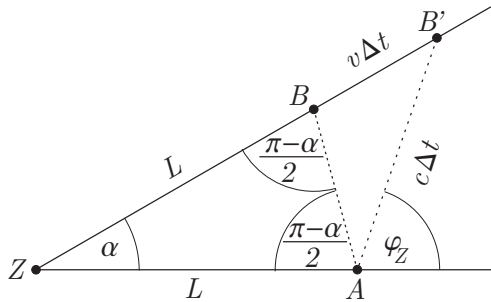
$$-v \frac{1 - \cos \alpha}{1 - \frac{v^2 \cos \alpha}{c^2}} \text{ и } v_{By}^A = \frac{v_{By}^Z \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_{Bx}^Z v}{c^2}} = v \sin \alpha \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v^2 \cos \alpha}{c^2}} \quad (76).$$

Гледано из система A , ракета B се креће по правој линији која пролази кроз координатни почетак система S_A и са x_A -осом (која се поклапа са правцем кретања ракете) заклапа угао $\varphi_A = \pi -$

$$\arctg \frac{|v_{By}^A|}{|v_{Bx}^A|} = \pi - \arctg \left(\frac{\sin \alpha \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \cos \alpha} \right) \quad (76).$$

Како тај правац пролази кроз координатни почетак система S_A , где се налази астронаут A , онда је то уједно и угао под којим астронаут A треба да пошаље сигнал да би он доспео до ракете B .

б) Када је за астронаута A прошло време τ од полетања, за посматрача на Земљи је протекло време $\frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ (2б). За то време обе ракете, посматрано из система S_Z пређу пут $L = \frac{v\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. (2б)



$$\angle ZAB = \frac{\pi - \alpha}{2},$$

$$\angle ZBA = \frac{\pi - \alpha}{2},$$

$$\angle ABB' = \frac{\pi + \alpha}{2},$$

$$\angle BAB' = \frac{\pi + \alpha}{2} - \varphi_Z.$$

Нека је Δt време које путује светлосни сигнал од ракете A до ракете B (у тачки B') гледано из система S_Z . Тада је $AB' = c\Delta t$ и $BB' = v\Delta t$ (3б). Применом синусне теореме на троугао ABB' имамо $\frac{AB'}{\sin(\frac{\pi + \alpha}{2})} = \frac{BB'}{\sin(\frac{\pi + \alpha}{2} - \varphi_Z)} \Rightarrow \frac{c\Delta t}{\sin(\frac{\pi + \alpha}{2})} = \frac{v\Delta t}{\sin(\frac{\pi + \alpha}{2} - \varphi_Z)}$, из чега се добија да је тражени угао $\varphi_Z = \frac{\alpha}{2} + \arccos(\frac{v}{c} \cos \frac{\alpha}{2})$ (4б).

2. Импулс електрона је $\vec{p}_e = \vec{p}_\nu - \vec{p}'_\nu$ односно $p_e = p_\nu + p'_\nu$ (3б). По услову задатка је $E_\nu = E_0$, па је $\lambda = \lambda_c$ (3б). Даље је $\lambda' = \lambda + 2\lambda_c \sin^2 90^\circ = \frac{3}{2}\lambda_c$ (4б). Даље је $p = \frac{h}{\lambda_c} + \frac{2h}{3\lambda_c} = \frac{5h}{3\lambda_c} = \frac{5}{3}m_e c$ (4б) Електрон ће се кретати по кругу полупречника r , који се добија из услова $\frac{mv^2}{r} = evB$, па је $r = \frac{p_e}{eB} = \frac{3m_e c}{2eB} = 0,94 \text{ cm}$ (6б).

3. Закон одржања импулса примењен на овај систем даје једначину $m_1 v = (m_1 + m_2) v'$ (1б) где је m_1 маса водоника, $m_2 = 4m_1$ маса јона хелијума, v брзина пре, а v' после судара. Из ове једначине следи да је $v' = \frac{1}{5}v$ (3б). Да би се емитовао фотон, потребно је да се бар један од учесника судара побуди на други енергетски ниво, па је закон одржања енергије за овај систем $\frac{m_1 v^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v'^2}{2} + \Delta E$ (4б), где је ΔE разлика енергија

на основном и побуђеном нивоу. Следи да је $v = \sqrt{\frac{5\Delta E}{2m_1}}$ (4б). Пошто се у задатку тражи минимална брзина водениковог атома, узећемо да се он јонизује, јер је код њега $\Delta E = \frac{3}{4}E_0$ (2б) мање него код јона хелијума. Уврштавањем бројних вредности добија се да је тражена брзина $v = 4,9 \cdot 10^4 \text{m/s}$ (6б).

4. Пошто је $h\nu \gg A_i$, релација за фотоефекат се може написати у облику $h\nu = T$ (2б), где је T максимална кинетичка енергија електрона. Пошто је $T \gg E_0$, електрон је релативистички (2б), па је $T = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1 \right)$ (3б), па је $v = c\sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{E_0+T} \right)^2} = 0,952 \cdot c = 2,86 \cdot 10^8 \text{m/s}$ (8б).

5. У оба случаја рад се врши против гравитационе силе Земље, али облик те силе је различит на првом и другом делу пута. Гравитациона сила у првом случају је дата изразом $F_1 = \gamma \frac{mM(x)}{x^2}$ (3б), где је x растојање од центра Земље до тела, а $M(x)$ је маса Земље унутар сфере полупречника x . Стога је $F_1 = \gamma \frac{mM}{R^3}x$, где је M маса, а R полупречник Земље. У другом случају сила има облик $F_2 = \gamma \frac{mM}{x^2}$ (2б). Елементарни рад на првој и другој деоници износи $dA_1 = F_1(x)dx$ односно $dA_2 = F_2(x)dx$ респективно (4б). Интеграцијом ових двеју једначина добија се да је $A_1 = \int_{R/2}^R F_1(x)dx = \frac{3}{8} \frac{\gamma m M}{R}$ (4б), а у другом случају $A_2 = \int_R^{3R/2} F_2(x)dx = \frac{1}{3} \frac{\gamma m M}{R}$ (4б), тако да је тражени однос $\frac{A_1}{A_2} = \frac{9}{8}$ (3б).