

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
ФИЗИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Окружно такмичење из физике ученика средњих школа
школске 2002/03. године

IV разред

1. Из свемирске станице на Земљи лансиране су истовремено две ракете A и B ка две различите планете. Ракете се крећу истим, константним брзинама v , дуж правих линија које, гледано са Земље, образују угао α . У тренутку када је констатовао да је протекло време τ од полетања, астронаут у ракети A шаље светлосни сигнал према ракети B .

а) Под којим углом, у односу на правац кретања своје ракете, треба астронаут у ракети A да пошаље светлосни сигнал, да би овај сигнал стигао до ракете B .

б) Под којим углом, у односу на правац кретања ракете A се простире светлосни сигнал послат из ракете A ка ракети B , гледано са становишта посматрача са Земље. (25 б.)

2. Фотон који се креће у правцу нормалном на линије силе магнетног поља јачине $B = 0,18\text{T}$ одбија се под углом 180° од електрона који је пре судара мировао. Наћи полупречник путање коју ће описивати електрон након судара ако је фотон пре судара имао енергију мировања електрона. (20 б.)

3. Коликом минималном брзином треба да се креће водоников атом да би при његовом апсолутно нееластичном судару са јоном водоника ${}^2\text{He}^+$ који мирује један од њих емитовао фотон? Пре судара атом и јон су у основном стању. (20 б.)

4. Поцинкована плочица изложена је деловању електромагнетног зрачења чији фотоелектрони имају енергију $1,15\text{MeV}$. Нађите максималну брзину фотоелектрона. Излазни рад цинка је 4eV , а енергија мировања електрона износи 511keV . (15 б.)

5. Тело масе m дижемо из тунела дубине $h_1 = R/2$ (R је пречник Земље) на површину Земље, а потом га са површине Земље подижемо на висину $h_2 = h_1 = R/2$. Израчунајте однос између рада на првом и на другом делу пута. Земљу сматрајте хомогеном лоптом. („Млади физичар”, бр. 78) (20 б.)

Задатке припремио: Душко Латас
Рецензент: др Милан Кнежевић
Председник комисије: др Мићо Митровић

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

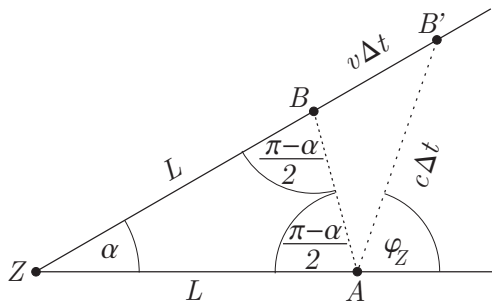
1. Нека је S_A систем везан за ракету A , S_Z референтни систем везан за Земљу. Са v_B ћемо означити брзину ракете B , а индекс A и Z ће означавати у односу на који референтни систем се дата брзина посматра.

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

$$-v \frac{1 - \cos \alpha}{1 - \frac{v^2 \cos \alpha}{c^2}} \text{ и } v_{By}^A = \frac{v_{By}^Z \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v_{Bx}^Z v}{c^2}} = v \sin \alpha \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v^2 \cos \alpha}{c^2}} \quad (7б).$$

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 правцом кретања ракете) заклапа угао $\varphi_A = \pi - \arctg \frac{|v_{By}^A|}{|v_{Bx}^A|} = \pi - \arctg \left(\frac{\sin \alpha \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \cos \alpha} \right)$ (7б). 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 $\varphi_Z = \frac{\alpha}{2} + \arccos \left(\frac{v}{c} \cos \frac{\alpha}{2} \right)$ (4б).

2. Импулс електрона је $\vec{p}_e = \vec{p}_\nu - \vec{p}'_\nu$ односно $p_e = p_\nu + p'_\nu$ (3б). По услови 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 водониковог 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).