



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКЕ 2011/2012.ГОДИНЕ

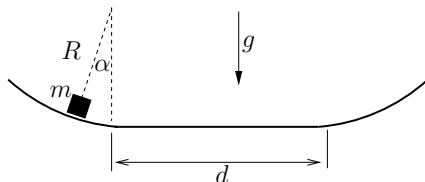


IV разред

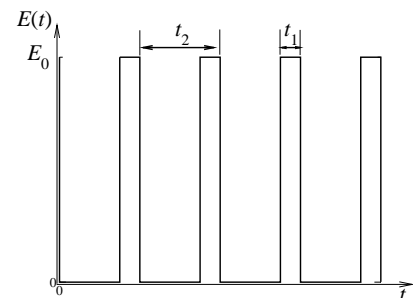
Друштво физичара Србије  
Министарство просвете и науке Републике Србије  
ЗАДАЦИ

ОПШТИНСКИ НИВО  
18.02.2012.

1. Мало глатко тело масе  $m$  налази се на глаткој подлози која се састоји од хоризонталног дела дужине  $d$  и два кружна лука полупречника  $R$  (слика 1). Цео систем налази се у пољу силе Земљине теже чије је убрзање  $g$ . У почетном тренутку тело мирује, а правац који спаја тело и центар кружног лука заклапа мали угао  $\alpha$  са вертикалом. Одредити период осцилација система. (20 поена)
2. Сунчево електромагнетно зрачење је највећи потенцијални извор енергије на Земљи. Нажалост, Сунчева енергија се још недовољно користи због незадовољавајуће ефикасности претварача соларне у електричну енергију - соларних ћелија. Група српских научника разматра план за побољшање снабдевања електричном енергијом у Србији према коме би се ненасељени део Србије димензија  $d \times d$  (где је  $d = 10\text{ km}$ ) прекрио пољем соларних ћелија. Претпостављајући да је ефикасност претварања соларне енергије у електричну  $\eta = 1\%$ , одредити који проценат годишње потрошње електричне енергије у Србији би могао да се покрије енергијом из овог поља соларних ћелија. Сунце сматрати апсолутно црним телом температуре  $T_s = 5800\text{ K}$ . Просечни грађанин Србије годишње потроши  $Q = 3,4\text{ MW} \cdot \text{h}$  електричне енергије, а популација Србије је  $N = 8,9 \cdot 10^6$  становника. Претпоставити, једноставности ради, да Сунце 12 сати дневно обасјава поље соларних ћелија под правим углом и занемарити апсорпцију зрачења у атмосфери. (20 поена)
3. Протон се из стања мировања убрзава периодичним електричним пољем  $E(t)$  чија је зависност од времена дата на слици 2, при чему је  $E_0 = 10 \frac{\text{kV}}{\text{m}}$ ,  $t_1 = 1\text{ ns}$  и  $t_2 = 4\text{ ns}$ . После колико времена ће протон достићи 80% брзине светлости? (20 поена)
4. У задацима у којима се јавља Комптонов ефекат готово увек се овај ефекат веже за рендгенско и  $\gamma$  зрачење. Да би било јасно зашто се овај ефекат обично не помиње уз видљиву светлост, погледајмо шта се дешава са Комптоновим расејањем видљиве светлости на слободним електронима.
  - а) Показати за који је угао расејања фотона на слободном електрону промена таласне дужине услед Комптоновог ефекта највећа?
  - б) За овај угао наћи промену таласне дужине фотона за расејање на слободном електрону.
  - в) Видљива светлост обухвата област таласних дужина од  $400\text{ nm}$  до  $700\text{ nm}$ . За коју таласну дужину видљиве светлости је релативна промена таласне дужине највећа?
  - г) Наћи максималну релативну промену таласне дужине услед Комптоновог расејања на слободном електрону за видљиву светлост. (20 поена)
5. Светлост хелијум-неонског (HeNe) ласера снаге  $5\text{ mW}$  пада нормално на површину материјала коефицијента рефлексије  $0,9$ . Сва светлост коју материјал не рефлектује бива апсорбована. Озрачена површина има кружни облик полупречника  $1,5\text{ mm}$ . Колики притисак врши светлост ласера на озрачену површину? Када се користи микроскопски објектив тада озрачена површина може да се смањи и до полупречника  $0,5\ \mu\text{m}$ . Колики притисак врши светлост на озрачену површину у овом случају? (20 поена)



Слика 1: Слика уз задатак 1



Слика 2: Слика уз задатак 3

Потребне константе: Штефан-Болцманова константа  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ , полупречник Сунца  $R_s = 6,96 \cdot 10^5\text{ km}$ , растојање између Земље и Сунца  $R_{zs} = 1,5 \cdot 10^8\text{ km}$ , маса мировања протона  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$ , елементарно наелектрисање  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$ , брзина светлости  $c \approx 3 \cdot 10^8\text{ m/s}$ , маса мировања електрона  $m_0 = 9,109 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$ , Планкова константа  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}\text{ J} \cdot \text{s}$ .

Задатке припремили: др Ненад Вукмировић и др Михаило Рабасовић, Институт за физику, Београд

Рецензент: др Дарко Танасковић, Институт за физику, Београд

Председник Комисије за такмичења средњих школа: др Александар Крмпот, Институт за физику, Београд



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКЕ 2011/2012.ГОДИНЕ



IV разред

Друштво физичара Србије  
Министарство просвете и науке Републике Србије  
РЕШЕЊА

ОПШТИНСКИ НИВО  
18.02.2012.

- Кретања тела током једног периода састоји се од два спуштања низ кружни лук (свако од њих траје време  $t_1$ ), два пењања уз кружни лук (свако од њих траје време  $t_2$ ) и два кретања по праволинијској подлози (свако од њих траје време  $t_3$ ). Период осцилација је једнак  $T = 2t_1 + 2t_2 + 2t_3$  **3п**, где је  $t_1 = t_2$  **1п**. Кретање тела по кружном луку је еквивалентно кретању математичког клатна дужине  $R$  **3п**. Притом су времена  $t_1$  и  $t_2$  једнака четвртини периода осциловања математичког клатна, тј.  $t_1 = t_2 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{R}{g}}$  **4п**. У почетном положаја енергија тела се састоји само од потенцијалне енергије  $E_a = mgR(1 - \cos \alpha)$  **1п**, а кад стигне на хоризонталну подлогу његова енергија је  $E_b = \frac{1}{2}mv^2$  **1п**, где је  $v$  брзина којом се тело креће по хоризонталној подлози. Из закона одржања енергије је  $E_a = E_b$  **1п**, одакле се добија  $v = \sqrt{2gR(1 - \cos \alpha)}$  **2п**, па је  $t_3 = d/v = 2d/\sqrt{2gR(1 - \cos \alpha)}$  **1п+1п**. Коришћењем изведених релација коначно се добија  $T = 2\pi\sqrt{\frac{R}{g}} + 2d/\sqrt{2gR(1 - \cos \alpha)}$  **2п**. Напомена: У потпуности признавати решења у којима је искоришћена апроксимација  $\cos \alpha = 1 - \alpha^2/2$ .
- Снага зрачења које емитује Сунце је дата по Штефан-Болцмановом закону са  $P = \sigma T_s^4 \cdot 4R_s^2\pi$  **5п**. Од тог зрачења на поље соларних ћелија пада током дана  $P_d = P \frac{d^2}{4R_{zs}^2\pi}$  **4п**, а током ноћи  $P_n = 0$  **1п**. Зато је средња снага која стиже до потрошача једнака  $P_p = \frac{1}{2}\eta P_d = \frac{1}{2}\eta\sigma T_s^4 d^2 \frac{R_s^2}{R_{zs}^2}$  **5п**, где фактор  $\frac{1}{2}$  стоји због чињенице да се соларне ћелије обасјавају само током дана. С друге стране је снага потрошње  $P_0 = NQ/T_0$  **2п**, где је  $T_0 = 1$  година. Уколико би се поље соларних ћелија изградило, оно би учествовало у производњи електричне енергије уделом од  $x = \frac{P_p}{P_0} = \frac{\frac{1}{2}\eta\sigma T_s^4 \frac{R_s^2}{R_{zs}^2} d^2}{NQ/T_0} = 20,0\%$  **2п+1п**.
- Сила која делује на протон је  $F = eE(t)$  **1п**. Од тренутка  $t_2 - t_1$  до  $t_2$  је  $E(t)$  константно, па је промена импулса протона за то време једнака  $\Delta p_1 = eE_0 t_1$  **3п**, а у периоду времена од 0 до  $t_2 - t_1$  се импулс протона не мења **2п**. Зато је током једног периода промена импулса протона једнака  $\Delta p_1$  **2п**. Кад протон достигне 80% брзине светлости, његов импулс је  $p_p = \frac{m_p v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ , где је  $v = 0,8c$  **4п**. То се деси након  $N = \frac{p_p}{\Delta p_1}$  периода **4п**, тј. након времена  $t = N t_2 = \frac{m_p v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \frac{1}{eE_0} \frac{t_2}{t_1} = 1,67 \text{ ms}$  **1п+2п+1п**.
- Промена таласне дужине за расејање фотона на слободном електрону је дата са  $\Delta\lambda = 2\lambda_c \sin^2(\theta/2)$ , где је  $\theta$  угао расејања фотона, а  $\lambda_c$  је Комптонова таласна дужина која се израчунава као  $\lambda_c = h/(m_0 \cdot c)$  ( $m_0$  је маса мировања електрона,  $c$  је брзина светлости у вакууму). Ова промена је највећа када је  $\sin^2(\theta/2)$  највећи, односно једнак 1. Одавде се добија да је  $\theta/2 = 90^\circ$ , односно  $\theta = 180^\circ$  **5п**. Прихватају се и остала тачна објашњења.
  - На основу формула  $\Delta\lambda = 2\lambda_c \sin^2(\theta/2)$  и  $\lambda_c = h/(m_0 \cdot c)$  добија се да је  $\Delta\lambda = 4,85 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  **5п**.
  - Релативна промена таласне дужине  $\lambda$  је дата са  $\Delta\lambda/\lambda$ . Ова промена је највећа када је таласна дужина  $\lambda$  најмања. Дакле, највећа релативна промена таласне дужине за видљиву светлост је за таласну дужину од 400 nm **5п**.
  - Максимална релативна промена таласне дужине видљиве светлости се сада добија као  $\Delta\lambda/400 \text{ nm} = 1,2 \cdot 10^{-5} = 0,0012\%$  **5п**. Овако малу промену је веома тешко детектовати.
- Притисак светлости на површину на коју светлост нормално пада рачуна се као  $p = (R + 1)I/c$  **5п**. Овде је  $R$  коефицијент рефлексије површине,  $I$  је интензитет светлости, а  $c$  је брзина светлости. Интензитет светлости представља снагу светлости по јединици површине, па се рачуна као  $I = P/S = P/(r^2\pi)$  **5п**. Овде  $P$  представља снагу зрачења,  $S$  је озрачена површина, а  $r$  је полупречник озрачене површине. У случају када се не користи микроскопски објектив је  $r = 1,5 \text{ mm}$  и тада се на основу претходне две формуле добија  $p = 4,48 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$  **5п**. У случају када се користи микроскопски објектив је  $r = 0,5 \mu\text{m}$ . Тада се добија  $p = 40,3 \text{ Pa}$  **5п**.