

**32. РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА
СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ (7. март 2026)**

IV РАЗРЕД

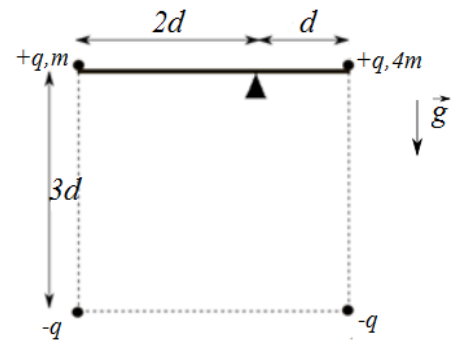
1. Када се фотонима енергије $4,25 \text{ eV}$ озрачи површина метала А емитују се фотоелектрони максималне кинетичке енергије E_A и де Брољеве таласне дужине λ_A . Под дејством фотона енергије $4,7 \text{ eV}$ из другог метала В се емитују фотоелектрони чија је максимална кинетичка енергија $E_B = E_A - 1,5 \text{ eV}$ и де Брољева таласна дужина $\lambda_B = 2\lambda_A$. Одредити:

- (а) максималне кинетичке енергије E_A и E_B ,
- (б) излазни рад метала А и црвену границу фотоэффекта за овај метал,
- (в) излазни рад метала В и црвену границу фотоэффекта за овај метал.

Приликом рјешавања задатка користити сљедеће бројне вриједности константи: Планкова константа $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, брзина свјетлости у вакууму $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

2. Фотон се расијао под углом $\theta = 120^\circ$ на слободном електрону који је мировао. Након расијања електрон је добио кинетичку енергију $E_k = 0,45 \text{ MeV}$. Наћи фреквенцију фотона прије расијања. Приликом рјешавања задатка користити сљедеће бројне вриједности константи: Комптонова таласна дужина $\lambda_C = 2,42 \text{ pm}$, Планкова константа $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, брзина свјетлости у вакууму $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

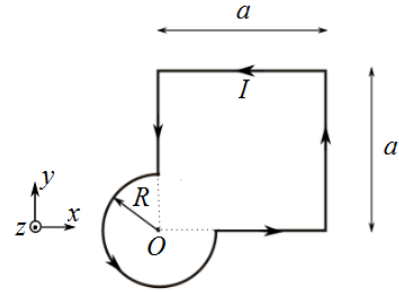
3. (а) На крајевима танке изолаторске шипке дужине $3d$ налазе се двије куглице малих димензија са једнаким позитивним наелектрисањем $q = 3,2 \text{ }\mu\text{C}$. Шипка је постављена на ослонац који је дијели на крак дужине $2d$ и крак дужине d . Маса куглице на крају дужег крака је $m = 300 \text{ g}$, маса куглице на крају краћег крака је $4m$, док је маса шипке занемарљива. Двије непомичне куглице малих димензија са негативним наелектрисањем $-q$ постављене су као на слици 1, тако да се четири куглице налазе у тјеменима квадрата чија је дужина странице $3d$. Све куглице међусобно интерагују, а полука је у стању равнотеже. Систем се налази у вакууму електростатичке константе $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$. Гравитационо убрзање је $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Одредити дужину шипке.



Слика 1

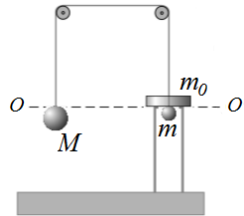
(б) Колику би дужину шипке из дијела (а) измјерио мирујући посматрач, ако би се она налазила у летјелици која се у односу на систем посматрача креће дуж једне његове осе брзином $v = 0,8c$? Шипка је својом дужином положена у правцу кретања летјелице.

4. Контуром приказаном на *слици 2* протиче струја сталне јачине I . Један дио контуре прати $\frac{3}{4}$ кружнице полупречника R , док преостали дио контуре непотпуно прати обим квадрата странице a . Контура се налази у вакууму магнетне пермеабилности μ_0 . Наћи вектор магнетног поља \vec{B} [T] у тачки O .

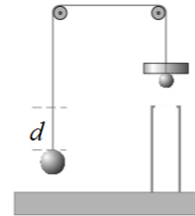


Слика 2

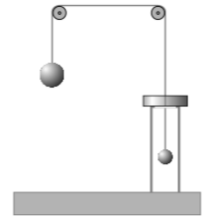
5. Двије куглице маса $M = 90 \text{ g}$ и $m = 70 \text{ g}$ окачене су о супротне крајеве дугачког неистегљивог конца који без трења може да клизи преко два непокретна котура. Маса конца и оба котура су занемарљиве. Конац је провучен кроз прстен масе $m_0 = 40 \text{ g}$. Систем је подешен тако да када се куглица масе t подиже изнад референтне линије OO' , онда она са собом повлачи и прстен као на *слици 4*. Ако се куглица масе t спусти испод референтне линије OO' , прстен остаје ослоњен на постоље као на *слици 5*. Доња површина прстена омогућава потпуно нееластичне сударе.



Слика 3



Слика 4



Слика 5

Конац се најприје повуче тако да се куглица масе M спусти за растојање $d = 0,5 \text{ m}$ испод референтне линије OO' , а затим се систем пусти.

(а) Одредити интензитет убрзања a_1 куглице масе t када је она изнад референтне линије OO' (*слика 4*) и интензитет убрзања a_2 куглице масе t када је она испод референтне линије OO' (*слика 5*).

(б) Након колико времена t_1 од пуштања система прстен масе m_0 први пут падне на постоље? Колики је интензитет брзине v_1 прстена у том тренутку?

(в) Одредити промјену механичке енергије ΔE система због заустављања прстена.

(г) Брзина куглице масе t у тренутку напуштања прстена је такође v_1 . Колико растојање S_z испод референтне линије куглица масе t пређе до заустављања? Куглица при спуштању не досеже до подлоге.

(д) Након колико времена t_2 од тренутка одвајања куглице масе t од прстена је она поново у контакту са њим?

Убрзање слободног пада је $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Задатке припремио: Мр Бојан Ковачевић, ПМФ Бања Лука

Рецензент: Проф. др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад

РЈЕШЕЊА ЗАДАТАКА ЗА IV РАЗРЕД

$$1. (a) E_A = \frac{p_A^2}{2m_e} \Rightarrow E_A = \left(\frac{h}{\lambda_A}\right)^2 \frac{1}{2m_e},$$

$$E_B = \frac{p_B^2}{2m_e} \Rightarrow E_B = \left(\frac{h}{\lambda_B}\right)^2 \frac{1}{2m_e},$$

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\lambda_B^2}{\lambda_A^2} \Rightarrow E_A = 4E_B.$$

Рјешавањем система једначина

$$E_A = 4E_B,$$

$$E_B = E_A - 1,5 \text{ eV},$$

добија се $E_A = 2 \text{ eV}$ и $E_B = 0,5 \text{ eV}$.

$$(б) E_{fA} = 4,25 \text{ eV}, E_A = 2 \text{ eV},$$

$$E_{fA} = A_{iA} + E_A \Rightarrow A_{iA} = 2,25 \text{ eV}.$$

Црвена граница фотоефекта за метал А је $\lambda_{0A} = \frac{hc}{A_{iA}}$, $\lambda_{0A} \approx 552 \text{ nm}$.

$$(в) E_{fB} = 4,7 \text{ eV}, E_B = 0,5 \text{ eV},$$

$$E_{fB} = A_{iB} + E_B \Rightarrow A_{iB} = 4,2 \text{ eV}.$$

Црвена граница фотоефекта за метал В је $\lambda_{0B} = \frac{hc}{A_{iB}}$, $\lambda_{0B} \approx 296 \text{ nm}$.

2. Полазећи од закона одржања енергије

$$h\nu + m_0c^2 = h\nu' + E_k + m_0c^2,$$

добија се
$$\nu' = \nu - \frac{E_k}{h}. \quad (*)$$

На основу Комптонове формуле за помак таласне дужине фотона при расијању

$$\lambda' - \lambda = 2\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

$$\frac{c}{\nu'} - \frac{c}{\nu} = 2\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

$$\nu\nu' = \frac{c(\nu - \nu')}{2\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}},$$

и једначине (*) добија се квадратна једначина
$$\nu^2 - \frac{E_k}{h}\nu - \frac{cE_k}{2h\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}} = 0.$$

Рјешења квадратне једначине су

$$v_{1,2} = \frac{\frac{E_k}{h} \pm \sqrt{\left(\frac{E_k}{h}\right)^2 + \frac{2cE_k}{h\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}}}}{2}.$$

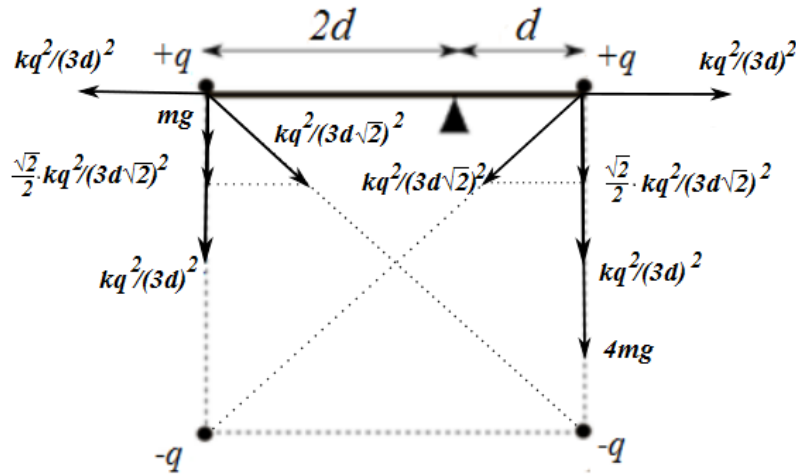
Тражена фреквенција је позитиван коријен квадратне једначине

$$v = \frac{\frac{E_k}{h} + \sqrt{\left(\frac{E_k}{h}\right)^2 + \frac{2cE_k}{h\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}}}}{2}.$$

Замјеном датих вриједности добија се

$$v \approx 0,16 \cdot 10^{21} \text{ Hz}.$$

3. (a)



$$M_1 = \left[mg + k \frac{q^2}{(3d)^2} + k \frac{q^2}{(3d\sqrt{2})^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \right] 2d,$$

$$M_2 = \left[4mg + k \frac{q^2}{(3d)^2} + k \frac{q^2}{(3d\sqrt{2})^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \right] d,$$

$$M_1 = M_2,$$

$$\left[mg + k \frac{q^2}{(3d)^2} + k \frac{q^2}{(3d\sqrt{2})^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \right] 2d = \left[4mg + k \frac{q^2}{(3d)^2} + k \frac{q^2}{(3d\sqrt{2})^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \right] d,$$

$$d = \sqrt{\frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{72mg}}, \quad d = 4,85 \text{ cm.} \quad \text{Дужина шипке је } D = 3d, \quad D = 14,55 \text{ cm.}$$

$$(6) D' = D \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad D' = 8,73 \text{ cm.}$$

4.

$$B_1 = \frac{3\mu_0 I}{8R},$$

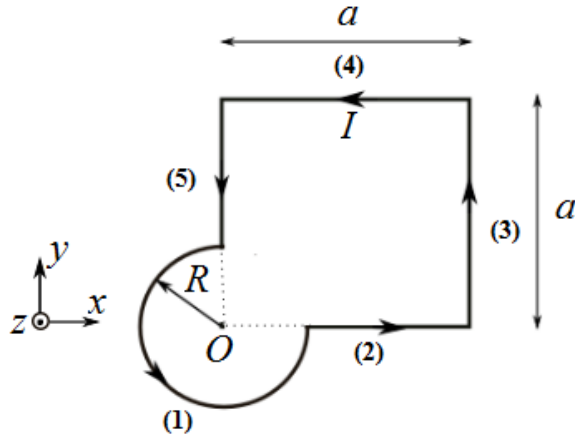
$$B_2 = 0,$$

$$B_3 = \frac{\mu_0 I}{8a\pi} \sqrt{2},$$

$$B_4 = \frac{\mu_0 I}{8a\pi} \sqrt{2},$$

$$B_5 = 0,$$

$$\vec{B} = \mu_0 I \left(\frac{3}{8R} + \frac{\sqrt{2}}{4a\pi} \right) \vec{k}.$$



5. (a) Убрзања маса m и M имају увијек исти интензитет због неистегљивости конца.

Када је куглица масе m изнад референтне линије OO' , како је $(m + m_0) > M$, убрзање куглице масе m има исти смјер као сила теже, а супротно важи за куглицу масе M . Нека је a_1 интензитет убрзања, а T сила затезања у концу. Једначине кретања су

$$(m + m_0)g - T = (m + m_0)a_1,$$

$$T - Mg = Ma_1.$$

Сабирањем претходне двије једначине добија се

$$a_1 = \frac{m+m_0-M}{m+m_0+M}g \Rightarrow a_1 = \frac{g}{10} = 0,981 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

У тренутку проласка куглице масе m испод референтне линије прстен више не учествује у кретању, а систем постаје Атвудова машина са масама m и M ($m < M$). Куглица масе m се још увијек креће наниже, али успорава пошто јој брзина и убрзање имају супротан смјер. Убрзање масе m има смјер супротан сили теже, док за масу M важи обрнуто. У овом случају важи

$$T' - mg = ma_2,$$

$$Mg - T' = Ma_2.$$

Сабирањем претходне двије једначине добија се

$$a_2 = \frac{M-m}{M+m}g \Rightarrow a_2 = \frac{g}{8} = 1,23 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$(б) t_1 = \sqrt{\frac{2d}{a_1}}, t_1 = 1,01 \text{ s},$$

Из $v_1 = a_1 t_1$ (*) или $v_1 = \sqrt{2a_1 d}$ (*) добија се $v_1 = 0,99 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Једначину (*) или једначину (**) бодовати са .

$$(в) \Delta E = \frac{m_0 v_1^2}{2}, \Delta E = 1,96 \cdot 10^{-2} \text{ J}.$$

$$(г) S_z = \frac{v_1^2}{2a_2}, S_z = 0,4 \text{ m}.$$

(д) Куглица испод референтне линије наприје успорава до заустављања, а потом се креће навише у смјеру убрзања. Вријеме спуштања куглице до најниже тачке је $t_2' = \frac{v_1}{a_2} \approx 0,8 \text{ s}$.

Вријеме подизања куглице до референтне линије је $t_2'' = \sqrt{\frac{2S_z}{a_2}} \approx 0,8 \text{ s}$. Тражено вријеме је $t_2 = t_2' + t_2'' \approx 1,6 \text{ s}$.