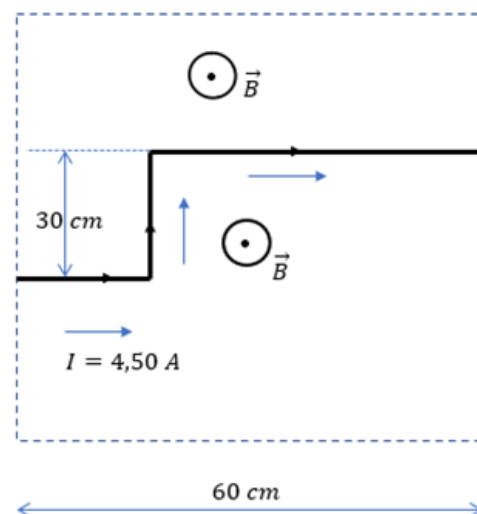


**28. РЕГИОНАЛНО ТАКМИЧЕЊЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА РЕПУБЛИКЕ  
СРПСКЕ (19. март 2022)  
III РАЗРЕД**

1. Дугачка жица кроз коју протиче струја  $4,50\text{ A}$  савијена је на два мјеста под углом од  $90$  степени, као што је приказано на слици. Савијени дио жице пролази кроз униформно магнетно поље  $B = 0,24\text{ T}$  усмјерено као на слици и просторно ограничено испрекиданим линијама. Нађи интензитет и смјер резултујуће силе која дјелује на жицу (под смјером подразумијевамо угао који сила формира са позитивним смјером хоризонталне  $x$  осе).



2. При магнетној резонантној томографији, пацијент се налази унутар великог соленоида. Претпоставимо да је соленоид дуг  $2,40\text{ m}$ , пречника  $0,900\text{ m}$  и намотан једним слојем суперпроводне ниобијум-титанијумске жице дебљине  $2\text{ mm}$ . Сваки навојак соленоида постављен је одмах до претходног тако да између навојака нема слободног простора. Магнетно поље соленоида дато је магнетном индукцијом  $B = 1,55\text{ T}$ . Магнетна пропустљивост вакуума је  $4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$ .

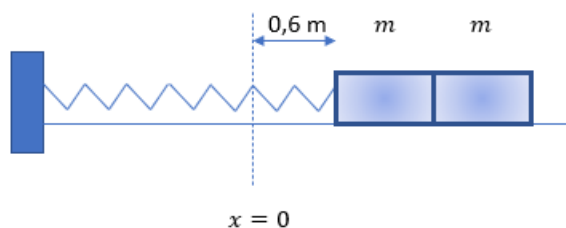
а) Колика је јачина струје која треба да протиче кроз соленоид, да би се унутар њега формирало такво магнетно поље? б) Када се машина искључи, поље линеарно опада на нулу за пет секунди. Колика је индукована ЕМС у соленоиду? в) Колика је маса ниобијум-титанијумске жице потребне да се направи овакав соленоид, ако је њена густина дата са  $6,00 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$ ?

3. Студент физике спрема испит, слушајући пренос дербија Црвена Звезда-Партизан преко радија. Његова кућа налази се тачно  $1,6\text{ km}$  јужно од „Маракане“, гдје се игра утакмица. У једном моменту, преко радија се чује шум изазван електромагнетним пулсевима због удара грома. Двије секунде након тога, преко радија чује звук грмљавине покупљен микрофонима са стадиона. Четири секунде након што је чуо звук грома са радија, прозори његове куће почињу да се тресу због грмљавине. Гдје је, у односу на стадион, ударио гром? (тражи се тачна удаљеност, као и правац). За брзину звука у ваздуху узети  $340\text{ m/s}$ , а времена потребна за путовање електромагнетних пулсева занемарити због екстремно веће брзине ЕМ таласа од брзине звука кроз ваздух.

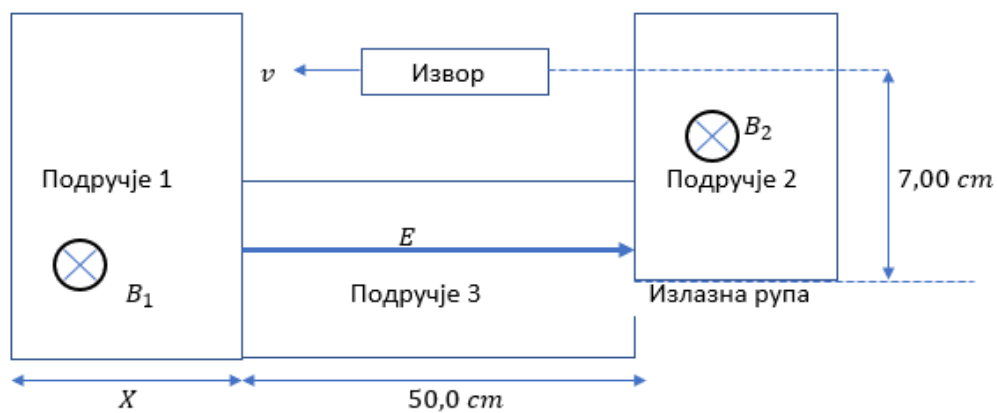
4. На слици су приказана два идентична блока, сваки масе  $0,6\text{ kg}$ , који су залијепљени један за други и прикачени за хоризонталну опругу коефицијента еластичности  $240\text{ N/m}$ . Блокови, који у почетку мирују, помјерени су за  $0,6\text{ m}$  у односу на свој равнотежни положај и пуштени да осцилују. Прије него су пуштени, неколико капи растварача је сипано на лијепак који спаја блокове.

а) Нађи фреквенцију осциловања и укупну енергију система прије него што се лијепак раствори и блокови се раздвоје.

б) Нађи фреквенцију, амплитуду осциловања и укупну енергију осцилатора, ако се тијела раздвоје када је опруга максимално сабијена. Трење између блокова и подлоге је занемарљиво.



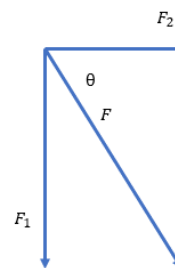
5. Мали акцелератор честица за убрзавање једноструко јонизованих атома хелијума масе  $3u$ , гдје је  $u = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  атомска јединица масе, приказан је на слици. Јони хелијума излазе из извора са кинетичком енергијом  $4,00 \text{ keV}$ . Подручја 1 и 2 испуњена су магнетним пољем усмјереним у папир, док је подручје 3 испуњено електричним пољем усмјереним с лијева на десно. Сноп јона хелијума напушта акцелератор кроз рупу на десној страни која се налази на растојању  $d = 7,00 \text{ cm}$  испод извора. а) Ако је  $B_1 = 1,00 \text{ T}$  и дужина подручја 3 је  $L = 50,0 \text{ cm}$  са електричним пољем  $E = 60,0 \text{ kV/m}$ , колико треба да је интензитет магнетне индукције  $B_2$  да јони прођу тачно кроз излазну рупу након другог проласка кроз подручје 3? б) Колика је потребна минимална ширина подручја 1? Елементарно наелектрисање износи  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .



Задатке припремио: Доброслав Слијепчевић  
Рецензент: Проф. Др Милан Пантић, ПМФ Нови Сад

## РЈЕШЕЊА ЗАДАКА ЗА III РАЗРЕД

1. Укупна Амперова сила која дјелује на хоризонтални дио жице дата је са  $F_1 = IBl_1 = 0,648 \text{ N}$ , док је Амперова сила која дјелује на вертикални дио проводника  $F_2 = IBl_2 = 0,324 \text{ N}$ . Ако применимо неко од правила за одређивање правца и смјера Амперове силе, добићемо да је  $F_1$  усмјерена вертикално наниже, а  $F_2$  хоризонтално удесно, па ћемо укупну силу наћи примјеном Питагорине теореме:  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 0,724 \text{ N}$ . Смјер силе може се наћи преко угла  $\theta$ , гдје је  $\tan \theta = F_1/F_2$  из чега добијемо да је  $\theta = 63,4^\circ$ . (признати и одговоре  $-63,4^\circ$  или  $296,6^\circ$ )



2. а) Магнетно поље унутар соленоида дата је једначином  $B = \mu_0 NI/l$ , гдје је  $\mu_0$  магнетна пропустљивост вакуума,  $N$  је број навојака,  $I$  је јачина струје, а  $l$  дужина соленоида. Рјешавањем по  $I$  добијемо  $I = Bl/\mu_0 N$ . Број навојака соленоида може се добити тако што се дужина соленоида подијели са дебљином једног навојка (дебљином жице  $d$ ). Тако имамо:  $N = l/d$ , па је коначан израз за јачину струје дат са:  $I = Bld/\mu_0 l = Bd/\mu_0$ . Уврштавањем бројних вриједности добијемо  $I = 2,47 \cdot 10^3 \text{ A}$ .

б) Индукована ЕМС у соленоиду дата је са  $|\varepsilon| = N \frac{BS}{\Delta t}$  гдје је  $S = \frac{D^2}{4} \pi$  површина коју обухвата један навојак. Тада је:  $|\varepsilon| = \frac{NBD^2\pi}{4\Delta t} = \frac{BD^2\pi}{4d\Delta t} = 236,54 \text{ V}$

в) Маса жице једнака је производу густине жице и запремине жице  $m = \rho V$ . Запремина жице једнака је производу површине попречног пресека жице  $S = d^2\pi/4$  и дужине жице. Жица има  $N = l/d$  навојака, сваки дужине  $D\pi$ , па је укупна дужина жице  $L = ND\pi = lD\pi/d$ , па је

$$V = \frac{d^2\pi \cdot lD\pi}{4} = Dld\pi^2/4$$

$$\text{и } m = \rho \frac{Dld\pi^2}{4} = 64 \text{ kg}$$

3. Ако је звук удара грома стигао до стадиона за  $t' = 2\text{s}$ , онда је, занемарујући вријеме потребно ЕМ таласима да дођу до стадиона, мјесто удара грома удаљено од стадиона  $d = vt' = 680 \text{ m}$ . За одређивање правца послужимо се троуглом на слици десно, гдје је тачка К студентова кућа, S је стадион, G је мјесто удара грома, а N показује сјевер.



$\theta$  је угао који ће нам дати правац удара грома у односу на сјевер. Нека је растојање  $GK = s$  и  $KS = l$ . На основу косинусне теореме имамо:

$$s^2 = d^2 + l^2 - 2dl \cos(180 - \theta) = d^2 + l^2 + 2dl \cos \theta. \text{ Одатле добијемо:}$$

$$\theta = \arccos \frac{s^2 - d^2 - l^2}{2dl}.$$

Како је  $l = 1600 \text{ m}$ , а растојање од мјеста удара грома до студентове куће  $s = vt'' = 340 \cdot 6 \text{ m} = 2040 \text{ m}$ , гдје смо за вријеме кретања звука од мјеста удара грома до куће узели  $t'' = 6 \text{ s}$ , уврштавањем бројних вриједности добијемо  $\theta = \pm 58,4^\circ$ , што тумачимо тако да је гром могао ударити  $680 \text{ m}$  од стадиона, на  $58,4^\circ$  западно или источно.

4. а) Прије него се блокови раздвоје, фреквенција је дата са  $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{2m}}$ , што након

уврштавања бројних вриједности даје  $\nu = 2,25 \text{ Hz}$ . Укупна енергија осцилатора је  $E = \frac{1}{2} kA^2$ , гдје је  $A = 0,6 \text{ m}$  амплитуда осциловања. Уврштавање бројних вриједности даје  $E = 43,2 \text{ J}$ .

б) Ако се блокови раздвоје у положају када је опруга максимално сабијена, еластична сила ће свакако покретати оба блока до положаја кад је брзина максимална (равнотежног положаја).

Након проласка кроз равнотежни положај, одвојени блок наставља кретање брзином  $v_{max}$  и односи са собом половину укупне енергије (у равнотежном положају, систем има само кинетичку енергију, а маса и брзина блокова у моменту кад се одвоје су једнаке), па је укупна енергија осцилатора (тијела које је остало на опрузи)  $E' = \frac{E}{2} = 21,6 J$ . Нова

фреквенција осцилатора је  $\nu' = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 3,18 Hz$ . Амплитуда осциловања након раздвајања

биће одређена укупном енергијом  $E' = \frac{1}{2} kA'^2$ , одакле добијамо  $A' = \sqrt{\frac{2E'}{k}} = 0,424 m$ .

**5. а)** Почетна брзина јона може се наћи из њихове кинетичке енергије

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = 5,05 \cdot 10^5 m/s.$$

Уласком у подручје 1 датом брзином, јони се крећу по кружној путањи, прелазећи полукруг радијуса  $R_1$ , прије него што уђу у подручје 3. У подручју 3 крећу се равномјерно убрзано под дејством електричног поља, након чега улијећу у подручје 2, гдје се крећу по полукругу радијуса  $R_2$ . Након изласка из подручја 2 равномјерно се крећу до подручја 1, гдје опет описују полукружну путању, али овог пута радијус је  $R_3$ , будући да ни брзина јона више није иста као први пут. Другим уласком у подручје 3 са електричним пољем, јони опет убрзавају и излазе из акцелератора на растојању  $d = 7,00 cm$  испод извора. На основу свега написаног, растојање  $d$  повезано је са радијусима путања у подручјима 1 и 2 једначином:  $d = 2R_1 + 2R_3 - 2R_2$ . Радијус путање  $R_1$  може се пронаћи изједначавањем израза за Лоренцову силу са центрипеталном силом:  $\frac{mv_0^2}{R_1} = qv_0B_1$  што даје  $R_1 = mv_0/qB_1$ . Радијуси путања  $R_2$  и  $R_3$ ,

аналогно се налазе изразима  $R_2 = mv/qB_2$  и  $R_3 = mv/qB_1$  гдје је  $v^2 = v_0^2 + 2aL$  брзина коју јони имају након првог проласка кроз подручје 3 са електричним пољем. Убрзање које добију проласком кроз електрично поље је  $a = \frac{qE}{m} = 1,91 \cdot 10^{12} \frac{m}{s^2}$ , па уврштавање бројних вриједности у израз за брзину  $v$  даје  $v = 1,47 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ .

Коначно, из  $d = 2\left(\frac{mv_0}{qB_1} - \frac{mv}{qB_2} + \frac{mv}{qB_1}\right)$  добијамо  $\frac{v}{B_2} = \frac{v+v_0}{B_1} - \frac{dq}{2m}$  из чега се добије  $B_2 = 1,71 T$ .

**б)** Минимална дужина  $X$  подручја 1 мора бити једнака већем од полупречника путања јона кроз то подручје. Како је полупречник директно сразмјеран брзини јона, он ће бити дужи при другом проласку кроз подручје 1, па је тражена дужина  $X$ :  $X = R_3 = \frac{mv}{qB_1} = 4,61 cm$ .