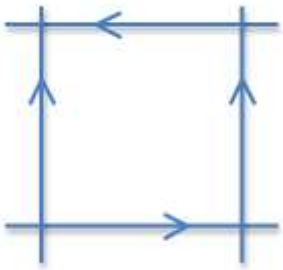
OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014/2015

Srednje škole – 3. grupa

1. zadatak (12 bodova)

Četiri beskonačne žice, svaka od kojih nosi struju I, leže u ravnini i tvore kvadrat stranice *2a* kao na slici. Odredite jakost magnetskog polja u točki koja se nalazi na visini *a* na osi koja je okomita na ravninu kvadrata, a prolazi kroz sjecište njegovih dijagonala.



2. zadatak (8 bodova)

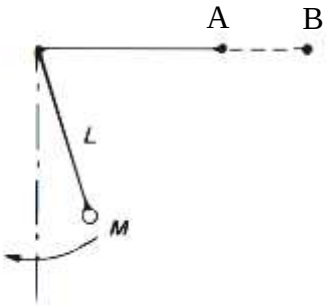
Proton i elektron, masa m_p i m_e, ulijeću zajedno u ishodište koordinatnog sustava, svaki brzinom v_0 u smjeru osi y. U području y>0 djeluje magnetsko polje stalnog iznosa *B*, okomito na x-y ravninu i usmjereno prema gore. Na kojim su koordinatama proton, odnosno elektron kad izađu iz područja u kojem postoji magnetsko polje?

3. zadatak (10 bodova)

Od nerastezljive žice duljine *L* načinjen je kvadratični okvir i postavljen u magnetsko polje iznosa *B*, tako da linije polja prolaze okomito kroz ravninu okvira. Okvir je postavljen horizontalno, a linije polja su usmjerene prema gore. Tijekom vremenskog intervala *t*, okvir promijeni oblik iz kvadratičnog u kružni. Koliki je inducirana elektromotorna sila u okviru? U kojem smjeru u okviru teče struja?

4. zadatak (11 bodova)

Matematičko njihalo načinjeno je od niti koja je prebačena preko kolotura, kao na slici i kuglice mase *M*=0.1kg. Kad je nit učvršćena u točki A, duljina njihala *L* iznosi 1.1m, a maksimalni otklon niti od vertikale iznosi 5^0. Pomakom kraja niti od A do B njihalo se skrati za 10cm, a rad koji se izvrši povlačenjem, iznosom jednak 0.1J, spremljen je u energiju titranja njihala. Koliki su novi period i maksimalni otklon niti od vertikale? Uzmite $g=10m/s^2$.



5. zadatak (9 bodova)

U LC krug serijski su spojeni kapacitor kapaciteta C i zavojnica kojoj se induktivitet može mijenjati od L_1 do L_2. Pretpostavite da je minimalna frekvencija kruga jednaka ω_m, a maksimalna ω_M. Kolika je frekvencija kruga kad se zavojnica namjesti tako da joj vrijednost bude a.) aritmetička sredina L_1 i L_2, i b.) geometrijska sredina L_1 i L_2? Odgovore izrazite pomoću ω_m i ω_M.

OPĆINSKO/GRADSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2014/2015
Srednje škole – 3. grupa
Rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (12 bodova)

Jakost magnetskog polja u nekoj točki u prostoru ovisi samo o udaljenosti od pojedine žice i dana je izrazom B=$\mu_0 I/(2d\pi)$, dok je smjer određen pravilom desne ruke. **(2 boda).** Lako se vidi da je svaka točka na osi iz zadatka na jednakoj udaljenosti od sve 4 žice **(1 bod).** Prema pravilu desne ruke, doprinosi u točki na toj osi od lijeve i desne žice će se poništavati jer imaju iste iznose i suprotne smjerove **(2 boda).** Preostaje izvrijedniti doprinose od gornje i donje žice.

Udaljenost točke na osi iz zadatka, na visini a, od pojedine žice pronađe se iz pravokutnog trokuta i iznosi $d = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2}$. **(2 boda).** Nadalje, pravilom desne ruke vidi se da magnetsko polje od gornje i od donje žice zatvaraju kut od 45^0 sa osi iz zadatka **(2 boda).** Vertikalne komponente polja od gornje i donje žice se zbrajaju, dok se horizontalne komponente polja poništavaju. **(1 bod)**. Stoga, ukupna jakost polja u točki na visini a jest $B = 2 * cos(45) * \mu_0 I/(2a\sqrt{2}\pi) = \mu_0 I/(2a\pi)$ **(2 boda)**.

2. zadatak (8 bodova)

Na proton i elektron djeluje Lorentzova sila iznosa qv_0B. **(1 bod).** Smjer sile odredimo pravilom desne ruke: za proton ona je u početnom trenutku usmjerena u smjeru pozitivne osi x, a elektron u smjeru negativne osi x **(2 boda).** Za obje čestice Lorentzova sila predstavlja centripetalnu silu, pa možemo pisati $F_{cp} = F_L$ **(1 bod).** Izjednačavanjem izraza za ove sile slijedi $mv_0^2/r = qv_0B$, iz čega slijedi polumjer zakrivljenosti putanje jednak $r = mv/(qB)$ **(1 bod).** Proton ima naboj e, dok elektron ima naboj -e. Nakon što opišu pola kružnice, čestice će izaći iz magnetskog polja **(1 bod).** Koordinate izlaska za proton su $(2m_p v_0/eB, 0)$, a za elektron $(-2m_e v_0/eB, 0)$ **(2 boda).**

3. zadatak (10 bodova)

Kvadratični okvir ima stranicu duljine L/4, a površinu $L^2/16$. **(1 bod).** Kako je nit nerastezljiva, promjenom oblika u krug, duljina žice ostaje očuvana **(1 bod)**. Dakle, opseg kružnice iznosi L, pa je njen polumjer r =$L/2\pi$ **(1 bod)**, a površina $P = r^2\pi = L^2/(4\pi)$ **(1 bod).** Usporedbom ispada da je površina kružnice veća od površine kvadrata, tj. površina okvira se povećala **(2 boda)**. Prema Faradayevu zakonu, iznos inducirane elektromotorne sile je

$$V = \left|\frac{\Delta S * B}{t}\right| = \frac{BL^2}{t}\left(\frac{4-\pi}{16\pi}\right) \quad \textbf{(2 boda)}$$

Smjer inducirane struje odredi se pomoću Lenzovog pravila. Kako je tok prema gore porastao, inducirana struja ima smjer koji stvara magnetsko polje prema dolje, tj. giba se u smjeru kazaljke na satu **(2 boda).**

4. zadatak (11 bodova)

Kad se nit pomakne od A do B, duljina njihala skrati se s 1.1m na 1m **(1 bod).** Period njihala ovisi samo o njegovoj duljini **(1 bod)** i u ovom slučaju iznosi

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{10}} = 2s$ **(2 boda) -** priznaje se i nezaokruženo rješenje, npr. 1.99s.

Pomakom niti od A do B vrši se rad iznosa 0.1J koji se sprema u energiju titranja njihala. Prije skraćivanja, maksimalna potencijalna energija njihala bila je jednaka E = mgh = mgl (1 - cos 5^0). **(2 boda)**. Nakon skraćivanja, ta energija jednaka je E = $mg(l - \Delta l)(1 - cosx) = mgl(1 - cos5^0) + 0.1J$ **(2 boda)**. Iz ove jednakosti, uvrštavanjem vrijednosti za duljinu niti, konstantu gravitacije i masu njihala, slijedi da je novi kut otklona 26.39^0 **(3 boda)**.

5. zadatak (9 bodova)

Kad je induktivitet zavojnice najmanji (iznosa L_1), kružna frekvencija kruga iznosi $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}$, a kad je najveći iznosi $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$. **(1 bod)**. Kako je korijen rastuća funkcija, 1/korijen je padajuća, pa je očigledno frekvencija najveća kad je induktivitet najmanji i obratno, tj. ω_m jednak je ω_2, a ω_M jednak je ω_1. **(2 boda)**.

a.) Namjestimo zavojnicu tako da joj je vrijednost induktiviteta jednaka aritmetičkoj sredini L_1 i L_2, tj. jednaka $(L_1+L_2)/2$ **(1 bod)**. Tad je rezonantna frekvencija kruga, izražena pomoću varijabli u zadatku, jednaka:

$$\omega_A = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\frac{1}{\omega_M^2}+\frac{1}{\omega_m^2}}} = \frac{\omega_M\omega_m\sqrt{2}}{\sqrt{\omega_M^2+\omega_m^2}} \quad \textbf{(2 boda)}$$

b.) Namjestimo zavojnicu tako da joj je vrijednost induktiviteta jednaka geometrijskoj sredini L_1 i L_2, tj. jednaka $\sqrt{L_1 L_2}$ **(1 bod)**. Tad je rezonantna frekvencija kruga, izražena pomoću varijabli u zadatku, jednaka:

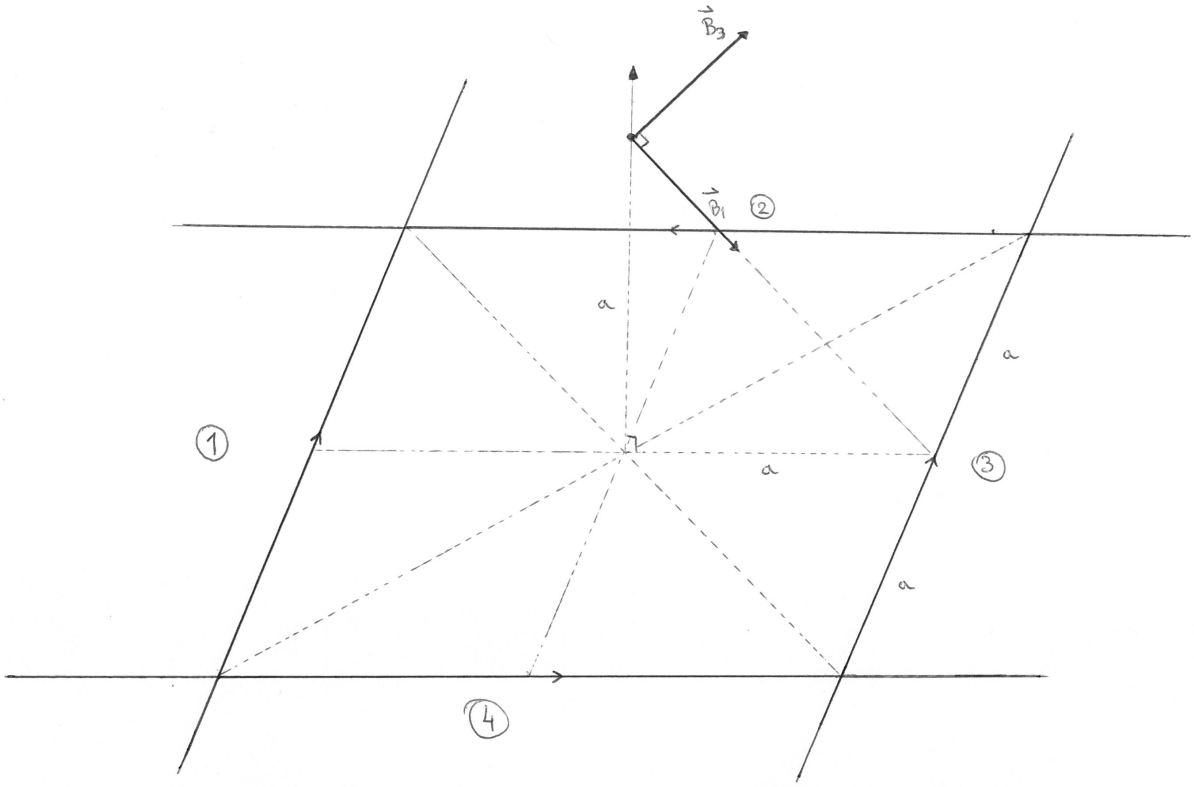
$$\omega_B = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{L_1 L_2}C}} = \frac{1}{\sqrt{\sqrt{L_1 C}\sqrt{L_2 C}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\omega_M}\frac{1}{\omega_m}}} = \sqrt{\omega_M\omega_m} \quad \textbf{(2 boda)}$$

1. zadatak (12 bodova)

Jakost magnetskog polja u nekoj točki u prostoru ovisi samo o udaljenosti od pojedine žice i dana je izrazom B=$\mu_0 I/(2d\pi)$, dok je smjer određen pravilom desne ruke. **(2 boda).** Lako se vidi da je svaka točka na osi iz zadatka na jednakoj udaljenosti od sve 4 žice **(1 bod).**

Udaljenost točke na osi iz zadatka, na visini a, od pojedine žice pronađe se iz pravokutnog trokuta i iznosi $d = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2}$. **(2 boda).** Nadalje, pravilom desne ruke vidi se da magnetsko polje od sve 4 žice zatvaraju kut od 45^0 sa osi iz zadatka **(1 bod).** Prema pravilu desne ruke odrede se smjerovi polja pojedine žice. Na slici je primjer za polja žica indeksiranih s 1 i 3. **(2 boda za sve žice, po pola boda za smjer polja od pojedine žice, bilo u obliku skice ili riječima)**. Vertikalne komponente polja od gornje i donje žice se zbrajaju, dok se horizontalne komponente polja poništavaju. **(1 bod)**. Analogno, od lijeve i desne žice se horizontalne komponente zbrajaju, dok se vertikalne poništavaju. **(1 bod)**.

Ukupna jakost polja pojedinog para nasuprotnih žica u točki na visini a jest $B_{par} = 2 * cos(45) * \mu_0 I/(2a\sqrt{2}\pi) = \mu_0 I/(2a\pi)$ **(1 boda)**. Konačno, jedno od tih polja je horizontalno, drugo vertikalno i potrebno ih je vektorski zbrojiti. Iznos vektorskog zbroja može se lako odrediti ako se, npr., uoči da se radi o dijagonali kvadrata stranice $\mu_0 I/(2a\pi)$ i iznosi $B = \mu_0 I/(\sqrt{2}a\pi)$ **(1 bod)**.


$\vec{B}_3$
$\vec{B}_1$
2
a
a
1
a
3
a
4