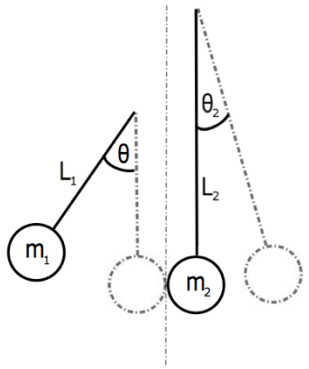
DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

Brodarica, 25.-28. travnja 2016.

Srednje škole – 3. skupina

1. zadatak (18 bodova)

Dvije točkaste kugle masa $m_1 = m$ i $m_2 = 5m$ ovješene su na nerastezljive niti duljina $L_1 = 1$m i $L_2 = 1.6$m tako da se taman dodiruju kad vertikalno vise (na slici su kugle preuveličane radi jasnoće prikaza). Kugla m_1 otkloni se za $\theta=30^0$ i pusti da se savršeno elastično sudari s kuglom mase $5m$. Odredite maksimalne kutne otklone kugli nakon sudara (zaokružite na najbliži stupanj). Skicirajte na istom grafu ovisnosti kutova otklona kugli od početka gibanja prve kugle sve do drugog sudara kugli. S koje se strane okomice (lijeve ili desne) kugle drugi put sudare? U dijelu zadatka koji traži crtanje koristite aproksimaciju malih titraja.

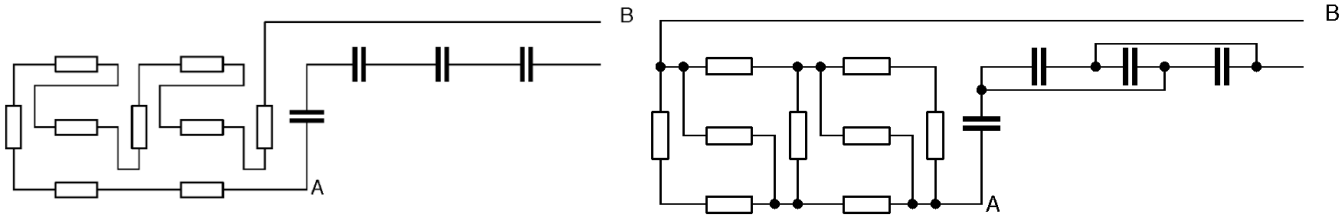


2. zadatak (18 bodova)

Kugla se sastoji od dvije homogene polukugle koje su slijepljene skupa. Gustoća materijala jedne polukugle η puta je veća od gustoće materijala druge polukugle. Kugla se stavi na kosinu. Odredite maksimalni nagib kosine i potreban koeficijent trenja između kugle i kosine takav da kugla može na njoj mirovati. Promotrite rezultat u granicama $\eta=1$ i $\eta \to \infty$. Koji je fizikalni smisao ovih granica? (krutina najmanje gustoće je aerografen pri 160 g/m^3, a najveće osmij, pri 22 600 kg/m^3). Centar mase polukugle nalazi se na njenoj osi simetrije, na 3/8 visine mjereno od baze.

3. Zadatak (20 bodova)

Učenik nije znao čitati upute za lemlenje te je krivo polemio zadani sklop. Umjesto sheme zadane s lijeve strane on je zalemio shemu na desnoj strani. Za koliko posto se promijeni otpor između A i B zbog njegove greške? Za koliko se posto promijeni iznos impedancije cijelog sklopa ako se spaja na izvor kružne frekvencije 2016 rad/s? Na više ili na niže? Svi otpornici imaju otpor od 2016 Ω, svi kapacitori kapacitet od 20.16 nF. Ovise li dobivene postotne promjene o iznosima otpora i kapaciteta?



4. Zadatak (14 bodova)

Kvadrat se izradi od nerastezljive žice dužine $4l$ i postavi se u homogeno magnetsko polje iznosa B koje je okomito na njegovu ravninu. Lijeva dva i desna dva vrha kvadrata razvlače se stalnom relativnom brzinom v okomitom na njihove spojnice (udesno, odnosno ulijevo) tako da je žica u svakom trenu pravokutnog oblika. Koliko vremena treba da se kvadrat deformira u dužinu? Odredite vremensku ovisnost površine pravokutnika S(t) i trenutne elektromotorne sile inducirane u petlji V(t) pomoću zadanih veličina. Trenutna vremenska ovisnost elektromotorne sile određuje se tako da se oduzmu tokovi u trenutku $(t + \Delta t)$ i u trenutku t, rezultat se podijeli s $-\Delta t$, te se **na kraju** postavi $\Delta t = 0$. U kojem je trenutku elektromotorna sila najvećeg iznosa i koliko iznosi?

DRŽAVNO NATJECANJE IZ FIZIKE

Brodarica, 25.-28. travnja 2016.

Srednje škole – 3. Skupina, rješenja i smjernice za bodovanje

1. zadatak (18 bodova)

Brzina prve kugle prilikom sudara dobije se iz zakona očuvanja energije. Ako kao *h=0* uzmemo točku u kojoj je kugla najniže, početna visina joj je $h = l_1 - l_1 cos\theta$ **(1 bod)** pa slijedi

$$\frac{m_1 v_{10}^2}{2} = m_1 g l_1 (1 - cos\theta) \;\rightarrow\; v_{10} = \sqrt{2 g l_1 (1 - cos\theta)} = \text{ 1.64 m/s } \textbf{(2 boda)}$$

Prilikom sudara vrijede zakoni očuvanja količine gibanja i energije:

$$m_1 v_{10} = m_1 v_1{}' + m_2 v_2{}' \qquad \textbf{(2 boda)}$$
$$\frac{m_1 v_{10}^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

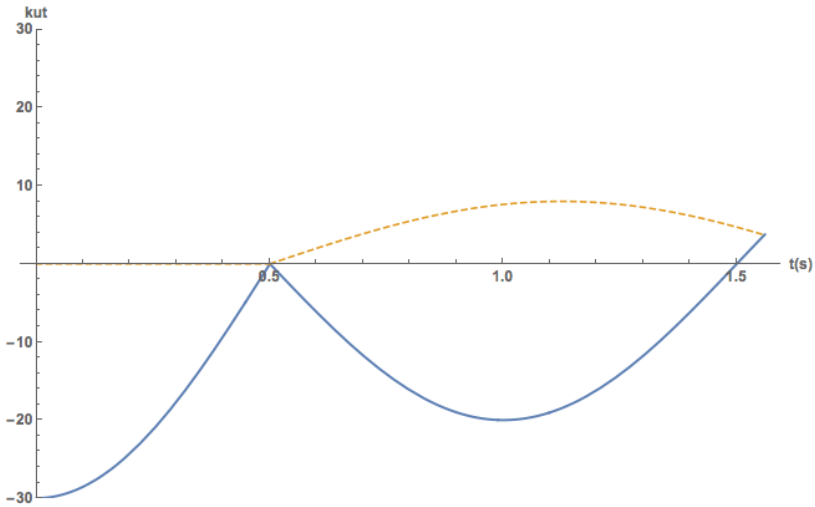
Ovaj sustav treba riješiti. Jedan način je, npr. pomnožiti drugu jednadžbu s 2, a zatim je podijeliti s prvom jednadžbom. Slijedi:

$$v_1{}' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{10} = \frac{m - 5m}{m + 5m} 1.64 = -1.09 \text{ m/s} \qquad \textbf{(2 boda)}$$
$$v_2{}' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{10} = \frac{2m}{m + 5m} 1.64 = 0.55 \text{ m/s} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Visine na koje se kuglice ponovno podignu slijedi iz zakona očuvanja energije. Vidi se iz predznaka brzine da se prva kuglica podiže natrag na lijevu stranu, a druga na desnu stranu.

$$\frac{m_1 v_1'^2}{2} = m_1 g l_1 (1 - cos\theta_1') \;\rightarrow\; \theta_1' = ArcCos\left(1 - \frac{v_1'^2}{2 g l_1}\right) = 19.87^0 \approx 20^0 \text{ na lijevo } \textbf{(2 boda)}$$
$$\frac{m_2 v_2'^2}{2} = m_2 g l_2 (1 - cos\theta_2') \;\rightarrow\; \theta_2' = ArcCos\left(1 - \frac{v_2'^2}{2 g l_2}\right) = 7.8^0 \approx 8^0 \text{ na desno } \textbf{(2 boda)}$$

Skica gibanja kugli dana je na grafu **(2 boda)**. Puna linija predstavlja lakšu kuglu, crtkana predstavalja težu.



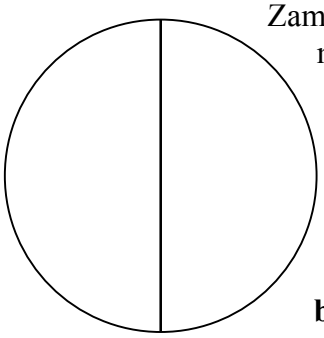
Drugi sudar kugli dešava se s desne strane okomice. To se može vidjeti ili iz grafa ili primijetiti da je period titranja desne kuglice veći jer titra na dužoj niti, pa desnoj kuglici treba više vremena da dosegne najvišu točku svog gibanja, iako je na manjem kutnom otklonu. **(1 bod)**

Drugi sudara dešava se na otprilike 3.7^0 stupnjeva s desne strane u trenutku $t = 1.56$ s.

2. zadatak (18 bodova)

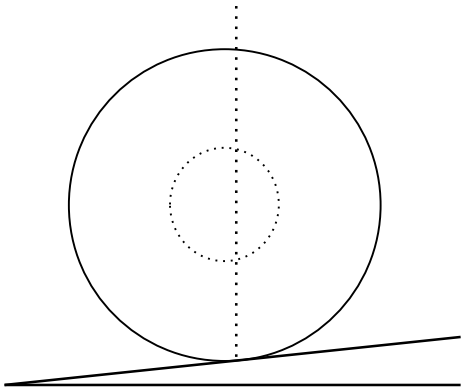
Pronađimo najprije gdje se nalazi centar mase dvije spojene polukugle. Neka su kugle spojene kao na slici. Koordinatu *x=0* postavimo u centar kugle. Lijeva kugla neka je manje gustoće, a desna veće. Kako je masa direktno proporcionalna s gustoćom, desna kugla će biti η puta masivnija od lijeve **(1 bod)**. Koordinata centra mase nalazi se na:

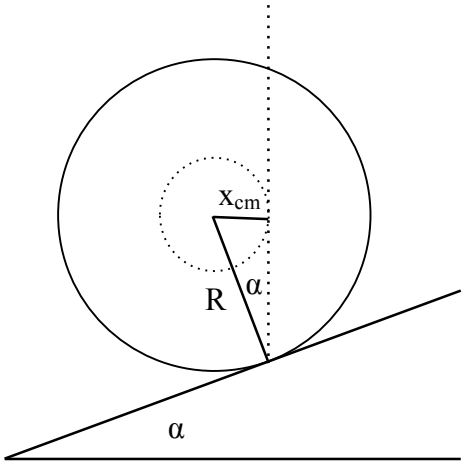
$$x_{cm} = \frac{m_{lijeva}(-\frac{3}{8}R) + m_{desna}(\frac{3}{8}R)}{m_{lijeva}+m_{desna}} = \frac{m(-\frac{3}{8}R) + \eta m(\frac{3}{8}R)}{\eta m+m} = \frac{3}{8}R\frac{\eta-1}{\eta+1} \qquad \textbf{(2 boda)}$$



Zamislimo da se kugla stavi na kosinu. Za dani kut kosine, ako je dovoljno malen, kugla se može postaviti u dva ravnotežna položaja uz uvjet da postoji dovoljno trenja da ne proklizi. To se vidi na slijedeći način: kako se kugla rotira oko vlastite osi, tako centar mase rotira po kružnici polumjera x_{cm}. Kad se koordinata centra mase nalazi iznad dodirne točke kugle i kosine, zakretni moment gravitacijske sile oko dodirne točke jednak je nuli. Zakretni momenti sile trenja i reakcije podloge oko te iste točke su također nula jer im je krak sile nula. Stoga, kugla je stabilna. **(2 boda za zaključak o stabilnosti).**

Povećanjem kuta kosine doći će se do trenutka u kojem kružnica na kojoj se nalazi centar mase točno dodiruje vertikalnu liniju koja će spajati centar mase i točku dodira kugle i kosine. To je maksimalni kut na kojem će kugla moći mirovati na kosini (desna slika) **(2 boda)**.





Iz desne slike se vidi (trokut nacrtan punim linijama) da vrijedi $sin\alpha = |x_{cm}/R|$ **(1 bod)**, pa je maksimalni kut pod kojim kugla još može mirovati jednak:

$$\alpha = ArcSin\left|\frac{x_{cm}}{R}\right| = ArcSin\left(\frac{3}{8}\frac{\eta-1}{\eta+1}\right) \textbf{ (2 boda)}$$

Ta činjenica stoji samo ako postoji dovoljno trenja da kugla ne proklizi. Tijelo na kosini neće prokliziti ako je sila trenja minimalno jednaka iznosom komponenti sile teže koja povlači tijelo niz kosinu. Kako je sila trenja jednaka $F_{tr} = kN$, a $N = mgcos\alpha$ **(1 bod)**, slijedi:

$$kmgcos\alpha \geq mgsin\alpha \;\rightarrow\; k_{min} = tan\alpha \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Taj se uvjet može na više načina izraziti pomoću parametra η, a najzgodniji od njih je:

$$k_{min} = \frac{sin\alpha}{cos\alpha} = \frac{sin\alpha}{\sqrt{1-sin^2\alpha}} = \frac{\frac{3\eta-1}{8\eta+1}}{\sqrt{1-\left(\frac{3\eta-1}{8\eta+1}\right)^2}} = \frac{3(\eta-1)}{\sqrt{55+146\eta+55\eta^2}} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Granica η=1 predstavlja homogenu kuglu. U tom slučaju i kut kosine i koeficijent trenja postaju nula, što znači da homogena kugla može mirovati samo na ravnoj podlozi, bez obzira na koeficijent trenja **(1 bod)**. Granica kad η teži u beskonačno predstavlja kuglu kojoj je jedna polovica izrazito teška u odnosu na drugu. U slučaju aerografena i osmija η = 141250, što je dovoljno veliko da se smatra beskonačnim. U tom slučaju slijedi da je

$$\alpha = ArcSin\frac{3}{8} = 22^0$$
$$k_{min} = tan\alpha = 0.4 \qquad \textbf{(2 boda)}$$

3. zadatak (20 bodova)

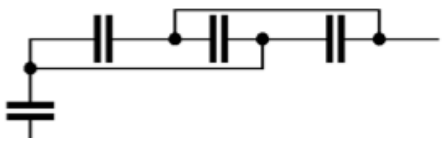
U zadanom sklopu su svi kapacitori i otpornici spojeni serijski i vrijedi

$$R_{uk} = 9R = 18144\ \Omega \qquad \textbf{(1 bod)}$$
$$C_{uk} = C/4 = 5.04\ \text{nF} \qquad \textbf{(1 bod)}$$

Impedancija zadanog sklopa pri zadanoj frekvenciji je:

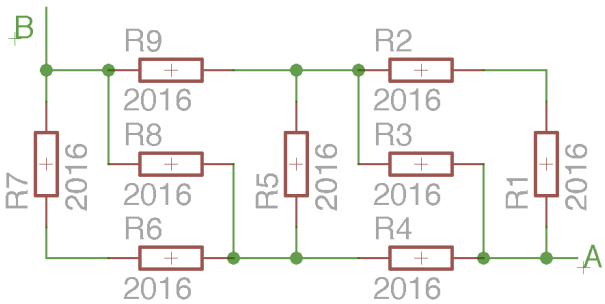
$$Z = \sqrt{R_{uk}^2 + \frac{1}{\omega^2 C_{uk}^2}} = \sqrt{18144^2 + \frac{1}{2016^2\cdot(5.04\cdot10^{-9})^2}} = 100\ 077\ \Omega \qquad \textbf{(2 boda)}$$

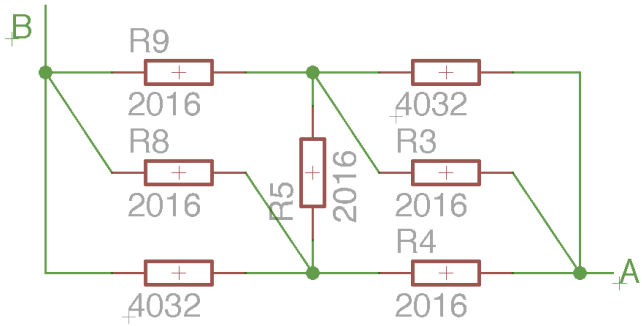
Promotrimo sad krivo polemljeni sklop. Pogledajmo prvo kapacitore. Gledano zdesna nalijevo, vidimo da su prva tri kapacitora (na horizontalnoj liniji) vezani paralelno između točke skroz udesno i točke prije četvrtog (vertikalnog) kapacitora. Stoga, ukupan kapacitet jednak je kapacitetu tri paralelno spojena kapacitora na koje je spojen jedan serijski **(1 bod)**:



$$C'_{uk} = \left(\frac{1}{3C} + \frac{1}{C}\right)^{-1} = 15.12\ \text{nF} \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Sklop otpora između A i B može se srediti.

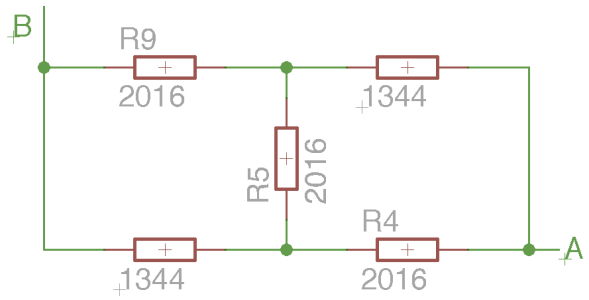




Najprije uočimo serijski spoj R_1 i R_2 te R_6 i R_7. Zamijenimo te kombinacije ekvivalntnim otporima iznosa 2R = 4032 Ω **(1 bod)**. Nakon toga, primijetimo da su ti ekvivalentni otpori spojeni paralelno s R_3, tj. R_8. Zamijenimo i to ekvivalentnim otporima koji iznose $R_{ekv} = \left(\frac{1}{2016} + \frac{1}{4032}\right)^{-1} = \frac{2R}{3} = 1344\ \Omega$. **(2**

boda) Konačan sklop ne može se dalje sređivati, ali mu možemo naći ekvivalentni otpor tako da ga spojimo na zamišljeni izvor napona i tražimo struju kroz krug.

Napomena: sređivanje kruga do ove mjere nosi 3 boda navedena u tekstu, kako god da se stiglo do rezultata. Struja koja ulazi u A razdvoji se na I_1 i I_2. Neka kroz otpornik u srednjoj grani teče I_3 i prema gore. Kirchoffova pravila za pojedine grane daju:



$$I = I_1 + I_2$$
$$I_1 R + I_3 R = \frac{2R}{3} I_2$$
$$(I_1 - I_3)\frac{2R}{3} = (I_2 + I_3)R \ + \ I_3 R$$
$$\frac{2R}{3} I_2 + R(I_2 + I_3) = V$$
$$\frac{2R}{3}(I_1 - I_3) + RI_1 = V$$

(3 boda za ovaj ili sličan sustav)

Vrijedi da je $R_{ekv} = V/I$ **(1 bod)**. Rješavanjem sustava slijedi da je $R_{ekv} = 9R/11 = 1649.5\ \Omega$ **(1 bod)**.Vidi se da ja otpor pao za 90.9 % **(1 bod)**. Impedancija novog sklopa jednaka je:

$$Z = \sqrt{R_{ekv}^2 + \frac{1}{\omega^2 C_{uk}^2}} = \sqrt{1649.5^2 + \frac{1}{2016^2 \cdot (15.12 \cdot 10^{-9})^2}} = 32847.8\ \Omega \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Ukupna impedancija pala je za 67.2 % **(1 bod)**. Postotna promjena otpora ne ovisi o iznosu otpora, no promjena imedancija ovisi o iznosima otpora i kapaciteta **(1 bod)**.

4. zadatak (14 bodova)

Nakon vremena t od početka rastezanja kvadrat se deformira u pravokutnik. Kako mu se desna i lijeva stranica međusobno udaljavaju relativnom brzinom v, donja i gornja stranica rastu s vremenom i svaka iznosi $l+vt$ **(1 bod)** . Ukupan opseg pravokutnika je očuvan, pa se desna i lijeva stranica skraćuju u svaka iznosi $l-vt$ **(1 bod)**. Kvadrat se deformira u liniju kad nestanu bočne stranice, tj. kad je $l-vt=0$, što se desi nakon $t_{kraj}=l/v$ **(2 boda)**.

Površina pravokutnika jednaka je umnošku dvije stranice pa iznosi

$$S(t) = (l + vt)(l - vt) = l^2 - v^2 t^2 \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Za određivanje vremenske ovisnosti elektromotorne sile koristimo se uputom iz zadatka i tražimo tok u trenucima $t + \Delta t$ i t. Petlja i polje stalno su okomiti pa ne moramo brinuti o kutu između njih **(1 bod)**.

$$\Phi(t + \Delta t) - \Phi(\mathrm{t}) = B(S(t + \Delta t) - S(t)) \qquad \textbf{(1 bod)}$$
$$= B(l^2 - v^2(t + \Delta t)^2 - l^2 + v^2 t^2) = B(-2v^2 t\Delta t - v^2 \Delta t^2) \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Trenutna elektromotorna sila dobija se dijeljenjem s $-\Delta t$ i puštanjem iste veličine u nulu:

$$V(t) = 2v^2 Bt \qquad \textbf{(2 boda)}$$

Elektromotorna sila najveća je kad je i vrijeme najveće, a u ovom slučaju u trenutku kad se kvadrat deformira u dužinu. Iznos joj je tad jednak $V(t_{kraj}) = 2v^2 B\frac{l}{v} = 2vlB$ **(2 boda)**.

Državno natjecanje iz fizike
Brodarica, 25.-28. svibnja 2016.

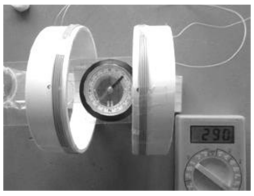
EKSPERIMENTALNI ZADATAK

3. skupina

Pribor: kompas, izvor napona (baterija), spojne žice, ljepljiva traka, izolirana ili lak žica za zavojnice, multimetar, pločica sa promjenjivim otpornikom (trimerom), mjerna traka, nit konca ili najlona, štapičasti magneti, kutomjer, arak papira, plastične cijevi i postolje, stativni pribor, zaporni sat.

1. dio

Na slici je prikazan dio jednostavnog eksperimentalnog postava kojim se treba odrediti horizontalna komponenta magnetske indukcije Zemljinog magnetskog polja.



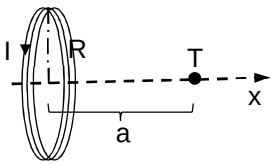
Pomoću dvije međusobno spojene zavojnice potrebno je ostavriti homogeno magnetsko polje. Koji uvjeti moraju biti ispunjeni da bi se takvo polje ostvarilo? Obrazložite odgovore i ako je moguće provjerite i eksperimentalno svoje odgovore i opišite opažanja.

Iznos magnetske indukcije u točki T na osi x koja prolazi okomito na ravninu zavojnice, kroz njezino središte, i udaljena je za a od središta zavojnice može se na osnovi Biot-Savartova zakona izračunati pema izrazu:

$$B = \mu \frac{NIR^2}{2(R^2 + a^2)^{3/2}}$$

Gdje je N broj namotaja zavojnice, R polumjer zavojnice, I jakost struje koja prolazi zavojnicom, μ permeabilnost sredstva.

Apsolutna permeabilnost vakuuma iznosi, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ TmA^{-1}, a relativna permeabilnost zraka je približno jedan, μ_r=1.



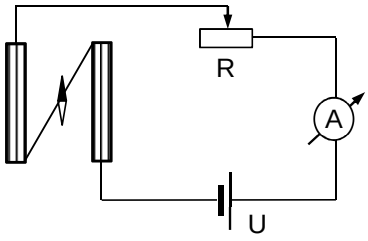
Koji je smjer vektora magnetske indukcije u točki T?

Skicirajte izgled magnetskog polja dviju usporednih zavojnica kojima teku struje u istom smjeru.

Napišite izraz za magnetsku induciju za slučaj da su zavojnice razmaknute na udaljenosti njihovog promjera u točki koja je jednako udaljena od jedne i druge zavojnice i da kroz njih teku struje u istom smjeru. Obrazložite.

Što se događa ako u zavojnicama struje ne teku u istom smjeru? Pokušajte odgovor i eksperimentalno provjeriti.

Na slici je dan shematski prikaz određivanje magnetske indukcije Zemlje:



Na osnovu shematskog prikaza opišite detaljno kako se izvodi određivanje magnetske indukcije Zemlje.

Napomena:

Promjenjivi otpornik (trimer) je spojen na eksperimentalnu pločicu i moguće je mijenjati vrijednost njegova otpora njegovim zakretanjem (utor). Koristi se za promjenu jakosti struje u danom spoju.
Pomoću multimetra se očitava jakost struje u strujnom krugu. Vrijednost očitavanja se očitava na mA skali. Multimetar treba spojiti serijski (*zašto?*) i jakosti struje koje se mogu očitavati su maksimalno 200 mA!!!

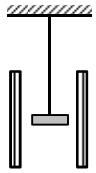
Broj namotaja na svakoj zavojnici neka je 100 ili više namotaja. Izmjerite promjer svojih zavojnica. Na osnovu odgovora na prethodna pitanja odredi razmak između zavojnica.

Treba izvesti mjerenja, tablično ih prikazati, a na osnovu kojih se može nacrtati grafički prikaz ovisnosti magnetske indukcije zavojnica i funkcije kuta otklona magnetske igle kompasa kako bi se na osnovu grafa mogla odrediti vrijednost magnetske indukcije Zemlje. *Što pokazuje kompas?*

Procijenite točnost mjerenja. S obzirom na mogućnost da se rezultati o odnosu na druge osobe koje paralelno izvode mjerenja mogu razlikovati potrebana je detaljna analiza rezultata mjerenja!

2. dio

Mjerenje magnetske indukcije Zemlje pomoću magnetskog njihala



Ovjesi li se i postavi li se ravni ili štapičasti magnet u magnetsko polje tako da je magnet usmjeren sa magnetskim silnicama vanjskog polja, on miruje. Tada je njegov ukupni moment sile jednak nuli.

Iznos vektora momenta sile M određen je izrazom: $M=\mu B sin\Theta$, gdje je Θ kut između vektora magnetskog dipolnog momenta μ i vektora magnetske indukcije B.

Kada magnet nije usmjeren sa silnicama vanskog magnetskog polja, on se zakreće kako bi se usmjerio sa silnicama vanjskog polja. Ako je I_m moment tromosti magneta, a α njegova kutna akceleracija, tada je:

$$I_m\alpha=-M=-\mu B sin\Theta \quad \text{ili} \quad \alpha=-\frac{\mu B}{I_m}sin\theta$$

Za male kuteve otklona $sin\Theta\approx\Theta$ pa se kutna akceleracija može izraziti kao: $\alpha=-\frac{\mu B}{I_m}\theta$.

Proporcionalnost kutne akceleracije i kuta otklona ukazuje na harmonijske oscilacije i prema analogiji sa matematičkim njihalom, može se izraziti period oscilacija kao:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I_m}{\mu B}}$$

ili:

$$B=\left(\frac{4\pi^2 I_m}{\mu B}\right)\frac{1}{T^2}$$

Usmjeri li se magnetsko polje zavojnice u smjeru magnetskog polja Zemlje, ukupno polje u kojem se magnet nalazi proizlazi iz magnetskog polja Zemlje i magnetskog polja zavojnica. Tada se ukupna magnetska indukcija može odrediti kao zbroj magnetskih indukcija zavojnice i Zemlje:

$$B_{uk}=B_{zem}+B_{zav}$$

Treba izraziti period kao funciju:

$$\frac{1}{T^2}=C_0+C_1 I$$

gdje je potrebno odrediti parametre C_0 i C_1, na osnovu mjerenja perioda oscilacija magneta u magnetskom polju. Ovisnost recipročne vrijednosti periosa titranja $1/T^2$ o jakosti struje I potrebno je prikazati grafički.

Očitane podatake treba uvrstiti u izraz pomoću kojeg će se izračunati magnetska indukcija Zemlje.

Mjerenja treba izvršiti za najmanje pet do deset različitih vrijednosti jakosti struje i procijeniti točnost mjerenja. Početni kutevi otklona neka su do 15°.

Paziti na duljinu niti o koju je ovješen magnet. Ispitajte kako duljina niti utječe na harmonijske oscilacije magneta.

Obrazloži kojom metodom se može preciznije odrediti iznos horizontalne komponente magnetske indukcije Zemlje.

Kako bi se odredila ukupna magnetska indukcija Zemlje?

Državno natjecanje iz fizike

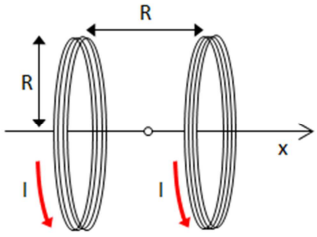
Brodarica, 25.-28. svibnja 2016.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

3. skupina

1. dio

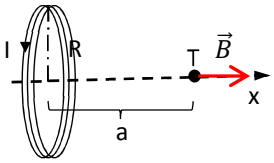
Helmholtzove zavojnice su dvije jednake zavojnice, polumjera R, sa N namotaja, postavljenje paralelno sa zajedničkom osi koja prolazi njihovim središtima i razmaknutih za R. Ako se spoje tako da njima teku struje u istom smjeru, između zavojnica nastaje približno homogeno magnetsko polje.



1 bod

Smjer vektora magnetske indukcije u točki T određuje se pravilom desne ruke, savijeni prsti pokazuju smjer obilaska struje u pelji, a palac smjer magnetske indukcije:

1 bod



Magnetska inducija za slučaj da su zavojnice sa N namotaja, razmaknute na udaljenosti njihovog promjera R, u točki koja je u sredini između jedne i druge zavojnice, i kojima teku struje u istom smjeru, određena je pomoću preklapanja magnetskih indukcija dviju kružnih petlji:

$$B = B\left(\frac{R}{2}\right) + B\left(-\frac{R}{2}\right) = 2B\left(\frac{R}{2}\right)$$

Za zavojnicu se iznos poveća za broj namotaja, N puta:

$$B = \mu \frac{NIR^2}{\left[R^2 + \left(\frac{R}{2}\right)^2\right]^{3/2}},$$

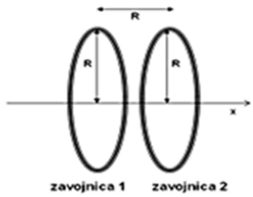
3 boda

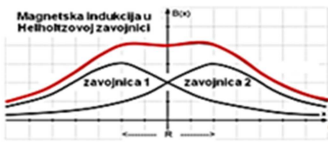
Za μ_r=1 slijedi:

$$B = \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 NI}{R}$$

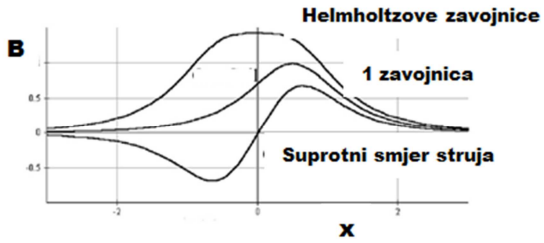
Homogeno magnetsko polje dviju zavojnica kojima teku struje u istom smjeru može se predočiti preklapanjem magnetskih indukcija svake zavojnice zasebno:

1 bod



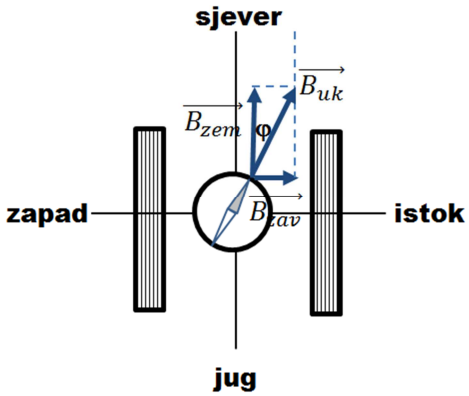


Grafički prikaz ovisnosti magnetske indukcije Helmholtzovih zavojnica, jedne zavojnice kad njima teku struje, te dviju usporednih zavojnica kad struje teku u suprotnim smjerovima. U tom slučaju magnetsko polje iščezava, potencijal je jednak nuli.



1 bod

Zavojnice treba tako usmjeriti da je njihova os okomita na smjer magnetskog polja Zemlje.



2 boda

Kompas postavljen u magnetsko polje zavojnica pokazuje smjer rezultantnog magnetskog polja zavojnica i Zemlje.

Mijenjanjem jakosti struje kroz zavojnice mijenja se kut otklona magnetske igle od pravca sjever-jug. Mjerenjem jakosti struje može se odrediti magnetska indukcija između zavojnica.

Kako bi se odredila horizontalna komponenta magnetske indukcije Zemlje mjeri se kut otklona.

Tada je:

$$B_{zem} = \frac{B_{zav}}{tg\varphi}$$

1 bod

Rezultati mjerenja i grafički prikaz ovisnosti magnetske indukcije zavojnice (B_{zav}) o kutu otklona magnetske igle (tgφ):

N=100

R=5cm

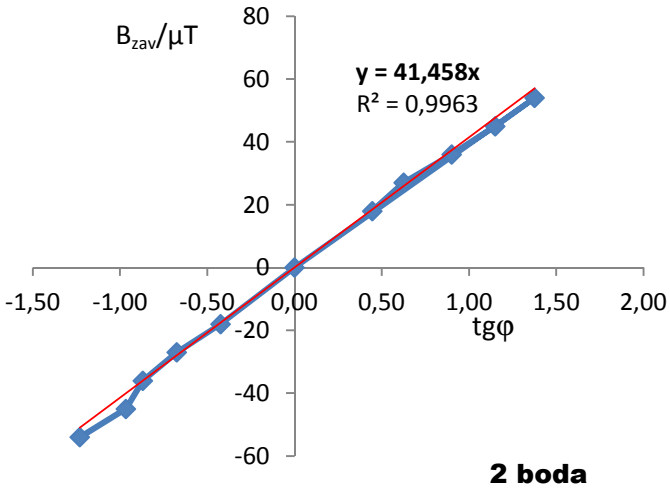
Na osnovu mjerenja jakosti struje kroz zavojnicu određuje se magnetska indukcija zavojnice, i očitava kut otklona magnetske igle.

$$B_{zav} = \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N I}{R}$$

1 bod

//mA	φ/°	tgφ	B_{zav}/μT
10	24	0,445	18
15	32	0,625	27
20	42	0,900	36
25	49	1,150	45
30	54	1,376	54
-30	-23	-0,424	-18
-25	-34	-0,675	-27
-20	-41	-0,869	-36
-15	-44	-0,966	-45
-10	-51	-1,230	-54

B_{zem}/μT
40,449
43,200
40,000
39,130
39,244
42,453
40,000
41,427
46,584
43,902



2 boda

Ako se promijeni smjer struje u zavojnicama, mjerenja bi trebala biti simetrična.

Iz grafa se može očitati: B_{zav} = 41,5 μT ili

B_{zav} = 4,15·10^{-5}T

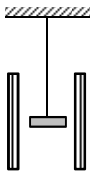
Horizontalna komponenta magnetske indukcije Zemlje je:

1 boda

B_{zem} = (43,09 ± 0,89)·10^{-5} T

S obzirom na moguću prisutnost električnih uređaja, magnetičnih materijala, ukupna magnetska indukcija ne proizlazi samo od magnetskog polja zavojnica i Zemlje.

2. dio



Mjerenje magnetske indukcije Zemlje pomoću magnetskog njihala

Ovjesi li se i postavi ravni ili štapičasti magnet u magnetsko polje tako da je magnet usmjeren u smjeru magnetskih silnica vanjskog polja, on je uravnotežen. Pomakne li se magnet za neki kut u odnosu na smjer u kojem se nalazi kad je uravnotežen, izvodit će titranja u horizontalnoj ravnini oko osi koja prolazi okomito kroz njegovo središte (smjer niti), ako je njegov magnetski moment izraženiji od od ostalih momenata. Ako su početni otkloni u granicama (nekoliko stupnjeva), titranja će biti harmonijska. Na osnovu toga može se izraziti veza između magnetske indukcije zavojnica i perioda titranja:

$$B = \left(\frac{4\pi^2 I_m}{\mu B}\right)\frac{1}{T^2}$$

Usmjeri li se magnetsko polje zavojnice u smjeru magnetskog polja Zemlje, ukupno polje u kojem se magnet nalazi proizlazi iz magnetskog polja Zemlje i magnetskog polja zavojnica. Tada se ukupna magnetska indukcija može odrediti kao zbroj magnetske indukcije zavojnice i Zemlje:

$$B_{uk}=B_{zem}+B_{zav}$$

$$B_{uk} = B_{zem} + \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N I}{R}$$

Tada je $$\frac{1}{T^2} = \frac{\mu}{4\pi^2 I_m}\left[B_{zem} + \left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N I}{R}\right]$$ **3 boda**

Ili se period može izraziti kao funkcija:

$$\frac{1}{T^2} = C_0 + C_1 I$$

gdje su: $C_0 = \frac{\mu}{4\pi^2 I_m} B_{zem}$ *i* $C_1 = \frac{\mu}{4\pi^2 I_m}\left[\frac{4}{5}\right]^{\frac{3}{2}} \frac{\mu_0 N I}{R}$ **1 bod**

Potrebno odrediti članove C_0 i C_1 na osnovu mjerenja perioda oscilacija magneta u magnetskom polju. Ovisnost recipročne vrijednosti kvadrata perioda titranja $1/T^2$ o jakosti struje I treba prikazati grafički. Pretpostavljena je linearna ovisnost.

Magnetska indukcija Zemlje se može izraziti preko omjera prethodnih izraza:

$$B_{zem} = \frac{C_0}{C_1}\left[\frac{4}{5}\right]^{3/2} \frac{\mu_0 N}{R}$$ **2 boda**

Rezultati mjerenja:

Broj njihaja = 10

N=100

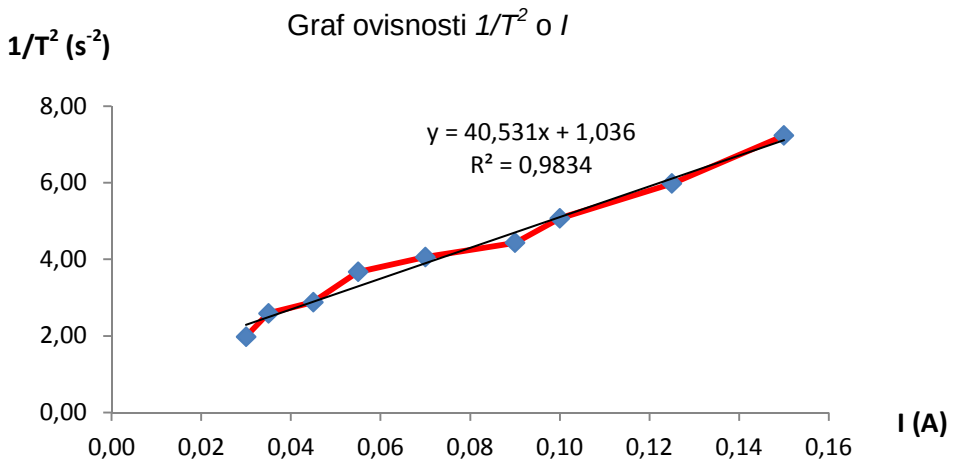
R=5cm

1 boda

I/A	t/s	T/s	$T^2(s^2)$	$1/T^2\ (s^{-2})$
0,15	3,72	0,37	0,14	7,23
0,13	4,09	0,41	0,17	5,98
0,10	4,44	0,44	0,20	5,07
0,09	4,75	0,48	0,23	4,43
0,07	4,96	0,50	0,25	4,06
0,06	5,22	0,52	0,27	3,67
0,05	5,89	0,59	0,35	2,88
0,04	6,21	0,62	0,39	2,59
0,03	7,11	0,71	0,51	1,98

Graf ovisnosti $1/T^2$ o I

2 boda



Na osnovu linearne regresije može se očitati se i izračunati:

nagib pravca: $a=40{,}531\ s^{-2}/A$, standardna devijacija: $\sigma_a=1{,}093\ s^{-2}/A$

odsječak na ordinati: $b=1{,}036\ s^{-2}$, standardna devijacija $\sigma_b=0{,}054\ s^{-2}$ **2 boda**

Odnosno:

$C_0= (1{,}036\pm 0{,}054)\ s^{-2}$

$C_1=(40{,}531\pm 1{,}093)\ s^{-2}/A$

Uvrštavanjem ovih parametara, polumjera zavojnice, broja namotaja, može se izračunati iznos horizontalne komponente magnetske indukcije Zemlje:

$B = 4{,}38\cdot 10^{-5}$ T **1 bod**

Ukupna magnetska indukcija Zemlje odredila bi se na osnovi tangncijalne i radijalne komponente.

1 bod

<u>Diskusija rezultat:</u> **3 boda**

Neki mogući uzroci koji utječu na rezultate mjerenja:

Uz naveći problem, prisutnost električnih uređaja oko nas i niz dodatnih uzroka koje dovode do određenih odstupanja u mjerenjima. Početno već smo osuđeni na postojanje dodatnog magnetskog polja, a koje znatno utječe na rezultate.

Jedan od ozbiljnih razloga odstupanjima u mjerenjima može biti i nehomogenost polja. Ograničenja su i veličine zavojnica. Te njihovo postavljanje.

Baterija nije najbolji primjer izvora napona.

Preciznost izrade i veličina kompasa uvjetuju točnost očitavanja. Između igle kompasa i osovine postoji trenje, a samim tim i određeni gubici.

Magnet je jači izvor magnetskog polja. Osjetljiviji za mjerenje, ali i osjetljiv na vanjske utjecaje.

I duljina niti uvjetuje koliko su oscilacije harmonijske.

Magnet bi trebao biti vrlo precizno postavljen kako bi mu gibanje bilo ograničeno samo u horizintalnoj ravnini...

<u>Napomena: u ovisnosti o eksperimentalnom postavu, rezultati se mogu razlikovati. Boduje se ispravan prikaz rezultata, obrada i obrazloženje.</u>