Srednje škole – 3. skupina

Državno natjecanje iz fizike, 11.-14.5.2015., Trogir

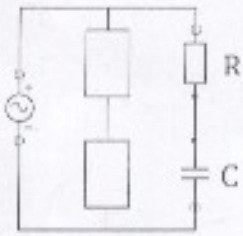
1. zadatak (15 bodova)

Duga crna kutija ima na jednoj strani otvor kroz koji taman može glatko ući kugla. Kutija je postavljena horizontalno na stol i fiksirana na mjestu. Na udaljenosti 1m od otvora kutije nalazi se kugla koja se ispaljuje direktno prema otvoru i giba se bez trenja. Primijećeno je da se, nakon ulaska u kutiju, kugla vrati van nakon $\pi/10$ s, bez obzira na početnu brzinu kugle i to s istom brzinom kojom je i ušla. Što se nalazi u kutiji? Kojom brzinom bi se kugla morala ispaliti prema otvoru kako bi se vratila na početni položaj nakon jedne sekunde? Sad zamislite da kutiju postavite vertikalno s otvorom prema gore. Kugla se drži točno iznad otvora kutije i pusti da u nju padne. Na kojoj razini ispod površine kutije kugla ima najveću brzinu? Do koje razine ispod površine kutije se kugla spusti? Nakon koliko vremena od puštanja ima najveću brzinu, a nakon koliko vremena se vrati van? Pretpostavite da je(su) element(i) u kutiji fizikalno "idealni" i zanemarite dimenzije kugle i trenje u sustavu.

2. zadatak (18 bodova)

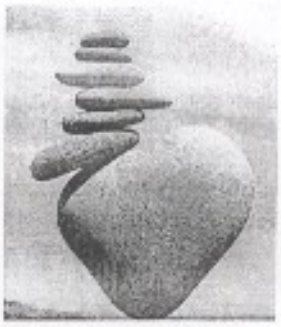
Jedna ideja za mjerenje ubrzanja sile teže koristi Dopplerov efekt. Zamislite zvučnik koji se nalazi na visini h iznad prijamnika. U trenutku t = 0s zvučnik se istovremeno aktivira i pusti u slobodan pad bez trenja. Odredite ovisnost frekvencije mjerene na prijamniku f_p kao funkcije t, ako vam je poznato da je prva frekvencija koju prijamnik detektira jednaka f_0. Skicirajte graf funkcije f_p/f_0 za slučaj h = 45m i odredite vremenski interval za koji dobivena ovisnost ima smisla. Napokon, u izrazu za frekvenciju na prijamniku iskoristite jednakost $(1 \pm x)^m \cong 1 \pm mx$, koja vrijedi za bilo koji broj m, ukoliko je $x \ll 1$, te predložite kako pomoću dobivenog izraza mjeriti ubrzanje sile teže.

3. zadatak (18 bodova)



Na izvor izmjeničnog napona frekvencije f spojena su 4 elementa kao na slici. U desnoj grani nalaze se otpornik otpora R i kapacitor kapaciteta C, dok se u lijevoj grani nalaze 2 nepoznata elementa (svaki element je ili jedan otpornik, zavojnica ili kapacitor). Odredite o kojim se elementima radi i koliki su im iznosi ukoliko znate da je impedancija čitavog kruga realna za sve frekvencije izvora. Odredite iznos impedancije kruga u tom slučaju.

4. zadatak (19 bodova)



Posljednjih godina vrlo popularna aktivnost je tzv. slaganje kamena (slika). Odredimo fizikalni uvjet labilne ravnoteže za vrlo jednostavne modele slaganja. Radi jednostavnosti pretpostavimo da je kamenje plošno. Zamislimo kamen oblika pravokutnika duljina stranica $2a$ i $2b$ koji želimo postaviti na jedan od njegovih vrhova. Pod kojim kutem u odnosu na horizontalu mu mora stajati dulja stranica kako bi bio u ravnoteži? Sad zamislimo da pravokutniku odrežemo jedan vrh oblika pravokutnog trokuta stranica a i b. Takvo tijelo sad želimo postaviti na vrh kao na skici **A**. Koliki kut mora zatvarati dulja stranica s horizontalom kako bi tijelo bilo u ravnoteži?

Srednje škole – 3. skupina
Državno natjecanje iz fizike, 11.-14.5.2015., Trogir
RJEŠENJA

1. zadatak (15 bodova)

Ako primjetimo da se kugla uvijek vrati van nakon istog vremena, možemo zaključiti da je u kutiji opruga, jer znamo da je period titranja neovisan o početnoj brzini kugle. **(2 boda)** Opruga se proteže duž cijele kutije i u ravnotežnom je položaju, jer inače bi vremena za različite upadne brzine bila različita. **(1 bod)**

Neka se kugla nalazi na 1m od otvora u kutiju. Ako se vrati na isto mjesto nakon 1s, u kutiji provodi $\pi/10$ s, a vani 1- $\pi/10 = (10-\pi)/10$ s. **(1 bod)** Vani se uvijek giba jednolikom brzinom, a prevaljuje 2m. Stoga je

$$v_0 = \frac{2\text{m}}{\frac{10-\pi}{10}\text{s}} = \frac{20}{10-\pi}\frac{\text{m}}{s}. \textbf{ (2 boda)}$$

Kad kuglu pustimo iz vertikalnog položaja, na nju djeluju sila teža i sila opruge. **(1 bod)** Primijetimo da u početnom trenutku sustav nije u ravnotežnom položaju. Kugla je najbrža kad prolazi položajem ravnoteže, tj. kad je ukupna sila na nju jednaka nuli, tj. kad je $mg = k\Delta y$. **(1 bod)** Slijedi da je:

$$\Delta y = \frac{mg}{k} \textbf{ (1 bod)}$$

Kako je period titranja jednak $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, a u horizontalnom slučaju kugla u kutiji provede pola perioda, vrijedi:

$$\Delta y = g\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 10\left(\frac{\pi/5}{2\pi}\right)^2 = 10\text{cm} \text{ ispod vrha kutije. } \textbf{(2 boda)}$$

Najniža razina do koje se spusti može se naći iz zakona očuvanja energije ($mg\Delta y_0 = \frac{1}{2}k\Delta y_{kon}{}^2$) ili se može primijetiti da je položaj ravnoteže 10cm ispod vrha kutije, pa je onda najniža razina do koje se kugla spusti 20cm ispod vrha kutije, s obzirom na to da je krenula iz amplitudnog položaja. **(2 boda)**

Napokon, kako je period titranja jednak $T = \pi/5$ s, kugla ima najveću brzinu za $T/4, 3T/4\ldots = \frac{2k-1}{4}T$ s, **(1 bod)** a van se vrati nakon $T, 2T\ldots = kT$ s, pri čemu je $k \in N$. **(1 bod)**.

2. zadatak (18 bodova)

Neka zvuk dođe do detektora u trenutku t. Zvuke je doputovao od izvora, koji je do tad pao za $\frac{gt_i^2}{2}$, i prešao udaljenost jednaku ct_z **(1 bod)**. Vrijedi:

$$t = t_i + t_z$$
$$h = \frac{1}{2}gt_i^2 + ct_z \textbf{ (1 bod)}$$

Sustav riješimo po vremenu izvora jer u konačnici želimo dobiti brzinu izvora, koja je jednaka $v_i = gt_i$. Rješavanjem sustava slijedi:

$$\frac{1}{2}gt_i^2 + c(t - t_i) - h = 0$$
$$t_i^{1,2} = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 2g(ct-h)}}{g} \textbf{ (2 boda)}$$

$$v_i = c \pm \sqrt{c^2 - 2g(ct-h)} = c - \sqrt{c^2 - 2g(ct-h)} \text{ (1 bod)}$$

Odabrali smo fizikalno prihvatljivo rješenje, jer znamo da brzina izvora raste s vremenom i da je manja od brzine zvuka.

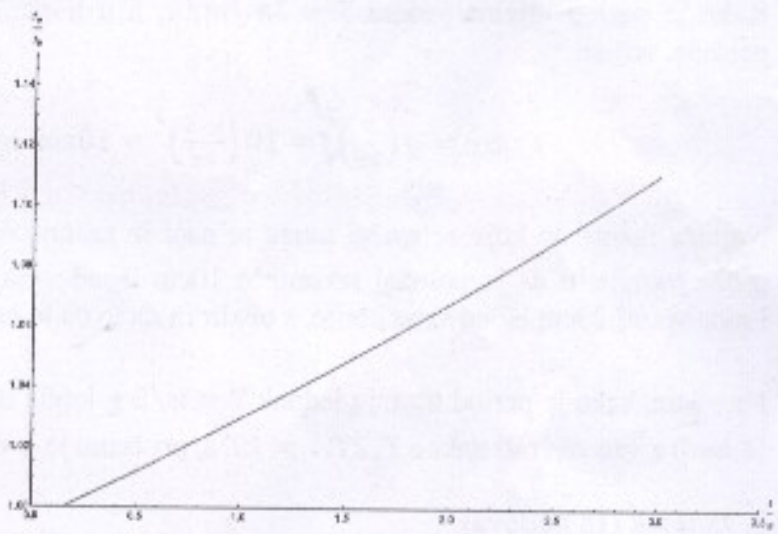
Frekvencija na prijamnika kao funkcija vremena na prijamniku jednaka je

$$f_p = f_i \frac{c}{c-v_i} = f_i \frac{1}{\sqrt{1-\frac{2g}{c^2}(ct-h)}} \text{. (2 boda)}$$

Prvi zvuk doputuje na detektor nakon $t = h/c$ i ima frekvenciju f_0. Uvrštavanjem slijedi da je $f_i = f_0$(**1 bod**), pa je konačan izgled ovisnosti frekvencije na prijamniku o vremenu jednak:

$$f_p = f_0 \frac{1}{\sqrt{1-\frac{2g}{c^2}(ct-h)}} \text{. (1 bod)}$$

Ova jednakost ima smisla samo u posebnim granicama. Vrijeme očito mora biti veće ili jednako $t = h/c$, jer to je vrijeme potrebno da zvuk uopće dođe do prijamnika (**1 bod**). Gornja granica na vrijeme ovisi o početnoj visini izvora. Može se desiti ili a.) da brzina izvora postane veća od brzine zvuka ili b.) da zvučnik doleti do detektora i počne se od njega udaljavati (**2 boda**) . U oba slučaja dobivena jednakost gubi smisao. Uvjet a.) najranije je zadovoljen je za $v_i = c$, što se postiže za $t_{gor(a)} = \frac{c}{2g} + \frac{h}{c}$, (**1 bod**) a uvjet b.) zadovoljen je za $t_{gor(b)} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. (**1 bod**) U slučaju h = 45m prvi će biti zadovoljen uvjet b.) za 3 sekunde. Graf se crta od t = 0.15s do t = 3s i dan je na slici. (**1 bod**)



Napokon, napravimo razvoj dobivene funkcije. Vrijedi da je:

$$f_p = f_0\left(1 - \frac{2g}{c^2}(ct-h)\right)^{-1/2}$$

$$f_p \cong f_0\left(1 + \frac{1}{2}\frac{2g}{c^2}(ct-h)\right)$$

$$f_p \cong f_0\left(1 + \frac{gt}{c} - \frac{hg}{c^2}\right)$$

$$f_p \approx f_0\left(1 + \frac{gt}{c}\right) \text{ (2 boda)}$$

Vidimo da je ovisnost približno linearna (što se i vidi iz grafa). Nagib pravca na slici iz jednakosti je jednak g/c. Mjerenjem ovisnosti frekvencije o vremenu i poznavanjem brzine zvuka mogli bi iz nagiba pravca izračunati ubrzanje sile teže. (**1 bod**)

3. zadatak (18 bodova)

Kako su u strujnom krugu 2 paralelno spojene grane, pogodono je promatrati admitanciju pojedine grane, jer se u paralelnom spoju admitancije jednostavno zbrajaju. Uvjet za realnost impedancije jednostavno se pretvara u uvjet na realnost admitancije (**2 boda**). Admitancija desne grane jednaka je:

$$Y_d = \frac{1}{R+\frac{1}{i\omega C}} = \frac{R+\frac{i}{\omega C}}{R^2+\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \text{ (2 boda)}$$

Da bi cijeli sklop imao realnu impedanciju, lijeva grana mora imati imaginarni dio admitancije koji će poništiti imaginarni dio admitancije desne grane. **(1 bod)** Lako se vidi da predznaci imaginarnih dijelova moraju biti suprotni, pa u lijevoj grani mora biti zavojnica kojoj ćemo zadati induktivitet L. **(1 bod)** Nadalje, da bi se imaginarne admitancije potpuno poništile za sve frekvencije, lijeva grana mora imati realni dio (kad bi imala samo imaginarni, odnos realnog i imaginarnog dijela lijeve grane bio bi stalan, a u desnoj bi se mijenjao s frekvencijom izvora). **(1 bod)** Stoga, drugi element je otpornik, kojem ćemo zadati iznos R_2. **(1 bod)** Admitancija lijeve grane je:

$$Y_L = \frac{1}{R_2 + i\omega L} = \frac{R_2 - i\omega L}{R_2^2 + (\omega L)^2} \text{ (2 boda)}$$

Ako postavimo uvjet da su imaginarni dijelovi admitancija suprotnih predznaka i istih iznosa, slijedi:

$$\frac{\omega L}{R_2^2 + (\omega L)^2} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \text{ (1 bod)}$$

$$\frac{L/R_2^2}{1 + (\omega L)^2/R_2^2} = \frac{C}{1 + R^2(\omega C)^2} \text{ (1 bod)}$$

Ova će jednakost biti zadovoljena za svaku frekvenciju ako vrijedi da je $RC = L/R_2$ (iz nazivnika) i $C = L/R_2^2$ (iz brojnika) **(2 boda)**. Vidi se da će to biti zadovoljeno za $R_2 = R$ i $L = CR^2$ **(1 bod)**. Dakle, nepoznati elementi su otpornik otpora R i zavojnica induktiviteta CR^2. Iznos impedancije kruga se nađe iz poznate admitancije ili direktnim izračunavanjem:

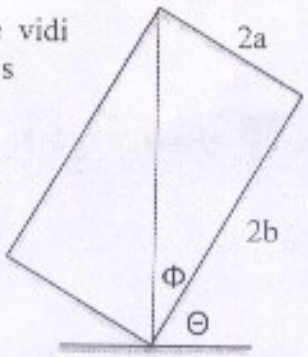
$$\frac{1}{Z} = Y_L + Y_D = \frac{R}{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} + \frac{R}{R^2 + (\omega C R^2)^2} \text{ (jer znamo da se imaginarni dijelovi ponište) (1 bod)}$$

što nakon dosta sređivanja daje $Z = R$. **(2 boda)** **Napomena:** alternativna rješenja zadatka, koja koriste impedanciju boduju se analogno ovom bodovanju (2 boda uvjet, 2 boda impedancija lijeve grane itd.)

4. zadatak (19 bodova)

Općenito, za tijelo u ravnoteži je zbroj svih sila jednak nuli i zbroj svih zakretnih momenata jednak nuli. **(1 bod)** Ako neko tijelo postavimo na vrh, vidimo da je to zadovoljeno jedino ako mu je centar mase iznad uporišta, jer jedino su tad zakretni momenti sile teže i reakcije podloge jednaki nuli. **(2 boda)** Postavimo pravokutnik na vrh tako da mu je centar mase iznad uporišta i odredimo kut pod kojim stoji.

Vrijedi da je $\phi + \theta = \pi/2$, **(1 bod)** a iz trokuta s označenim stranicama se vidi da je $\mathrm{tg}\phi = a/b$, **(1 bod)** pa vrijedi da je kut koji pravokutnik zatvara s horizontalom jednak $\theta = \mathrm{arctg}(b/a)$. **(1 bod)**



Ako se prevokutniku odreže pravokutni trokut, pomakne mu se centar mase duž dijagonale. **(1 bod)** Odredimo pomak centra mase. Centar mase trokuta nalazi se u njegovom težištu, koje je na 2/3 visine težišnice. **(1 bod)** U ovom slučaju težišnica je jednaka četvrtini dijagonale pravokutnika, pa se težište nalazi na

$$x_{tr} = \frac{2}{3}\frac{d}{4} = \frac{d}{6} \text{ (2 boda)}$$

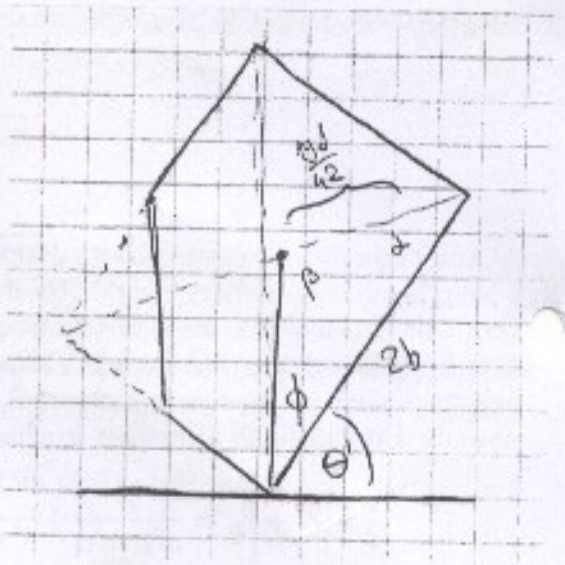
od vrha pravokutnika. Koordinata x počinje od vrha pravokutnika koji je izrezan i prostire se duž dijagonale pravokutnika do nasuprotnog vrha. Centar mase novonastalog tijela može se naći iz pravila za određivanje centra mase više tijela. **(1 bod)** U ovom slučaju cijeli pravokutnik možemo gledati kao zbroj trokuta i pravokutnika kojem fali vrh:

$$m_{trokut}x_{trokut} + m_{odrezani}x_{odrezani} = m_{pravokutnik}x_{pravokutnik}$$ **(1 bod)**

Ako uzmemo u obzir da trokut nosi 1/8 mase cijelog pravokutnika, a odrezani dio 7/8 mase **(1 bod)**, slijedi da je:

$$x_{odrezani} = \frac{m_{pravokutnik}\frac{d}{2} - \frac{m_{pravokutnik}d}{8 \quad 6}}{\frac{7}{8}m_{pravokutnik}} = \frac{23d}{42}$$ **(1 bod)**

Dakle, centar mase se pomaknuo udesno po osi x u odnosu na cijeli pravokutnik (gdje se nalazi na $d/2$). Skica je u ovom slučaju nešto drugačija. Odredimo kut koji tijelo zatvara s podlogom. Iz trokuta s označenim kutovima možemo napisati sinusov poučak:



$$2b\sin\phi = \frac{19d}{42}\sin\beta$$ **(1 bod)**

Iz zbroja kutova u trokutu vrijedi da je $\beta = \pi - (\phi + \alpha)$, pa je $\sin\beta = \sin\phi\cos\alpha + \cos\phi\sin\alpha$. **(1 bod)** Napokon, izrazimo sve pomoću poznatih vrijednosti, pa slijedi:

$$84b\sin\phi = 38\sqrt{a^2+b^2}\left(\sin\phi\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} + \cos\phi\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}\right)$$

(1 bod) Kraćenjem i dijeljenjem s kosinusom dobije se da je

$$\mathrm{tg}\phi = \frac{19a}{23b} \Longrightarrow \mathrm{tg}\theta' = \frac{23b}{19a}$$ **(2 boda)**

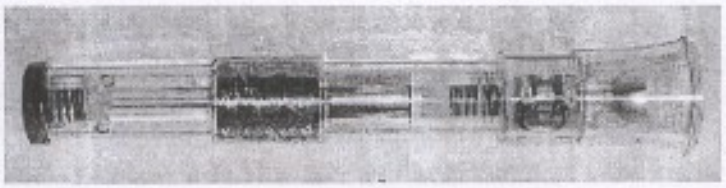
s konačnim rješenjem $\theta' = \mathrm{arctg}(23b/19a)$.

Državno natjecanje i smotra iz fizike
Trogir, 11.-14. Svibnja 2015.

EKSPERIMENTALNI ZADATAK

3. skupina

Na slici je prikazana samonapajajuća LED svjetiljka (može raditi bez baterija).



I. Sastavi takvu svjetiljku na osnovu zadanih elemenata. LED treba svijetliti konstantnim sjajem 30 sekundi.

Pribor:

- zavojnica, magnet, LED
- plastična cijev, spojne žice, gumeni čepovi
- predzgotovljeni elektronički dio (dioda ili diode,otpornik, kondenzator).

Napomena 1. Elektronički dio se dodaje naknadno i ostaje izvan cijevi.

Prema uputama proizvođača svjetiljka svijetli nakon nekoliko protresanja u horizontalnom smjeru i uključivanja sklopke.

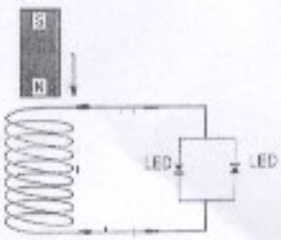
a) Skiciraj i označi moguće osnovne dijelove takve svjetiljke. Poveži međusobno te dijelove.

b) Objasni načelo rada takve svjetiljke. Razmotri ulogu svakog dijela svjetiljke zasebno.

c) Na osnovu očitanih podataka (priloženo uz zadani element na pločici) i mjerenja (multimetar, zaporni sat) usporedi izračunato vrijeme koliko će LED svijetliti sa izmjerenim vremenom. Obrazloži dobivene rezultate.

II. Prvi pokušaj izvedbe svjetiljke ostvari sa zavojnicom koja je postavljena na plastičnu cijev, magnetom, LED i otpornikom spojenim u seriju sa diodom (*zašto?*). Krajeve cijevi zatvori gumenim čepovima. LED se postavlja na jedan od čepova. *Opiši što se događa sa svjetlosti LED tijekom pomicanja magneta u cijevi?*

Postavi cijev sa spojenom zavojnicom, LED i otpornikom u seriju okomito i puštaj magnet slobodno padati kroz cijev i zavojnicu. Pokušaj očitavati pomoću voltmetra napon na krajevima zavojnice. Procijeni uspješnost pokušaja.
Ponovi pokus tako da mjesto voltmetra spojiš paralelno dvije LED različitih boja, suprotno orijentirane.



Na osnovu prethodnih opažanja i teorijskih predviđanja skiciraj graf ovisnosti napona na krajevima zavojnice i vremena prolaza magneta kroz nju. Diskutiraj graf.

III. 1. Dioda je poluvodički element koji propušta električnu struju samo u jednom smjeru. Tada je propusno polarizirana. Zbog toga je diodu moguće koristiti za ispravljanje izmjenične struje. Da bi se dobilo punovalno ispravljanje potrebno je koristiti 4 diode (na sklopu su dane diode 1N4007). *Skiciraj kako ih u tu svrhu treba spojiti. Protumači ulogu dioda u danom elektroničkom sklopu.*

2. Osim dioda na pločici se nalazi i elektrolitski kondenzator, velikog kapaciteta i malog probojnog napona (vrijednosti treba očitati). *Koja je uloga ovog kondenzatora?*

Napomena 2. Pri spajanju treba paziti jer se radi o polariziranom kondenzatoru. Dio koji se spaja na negativni potencijal je označen minusom (-). Kondenzator se može dodati ako se koristi barem jedna od dioda. Treba paziti da se ne premaši probojni napon.

IV. Ispitaj ovisnost broja pomaka magneta od jednog do drugog kraja cijevi i koliko dugo svijetli LED. Prikaži grafički ovisnost vremena emitiranja svjetlosti LED o broju pomaka magneta. Analiziraj dobiveni graf.
Za nekoliko horizontalnih pomaka svjetiljke prikaži graf pada napona na otporniku R spojenim u seriju sa LED u vremenu u kojem LED posve utrne.
Što se događa sa sjajem LED? Objasni.

V. Što sve utječe na efikasnost svjetiljke? Kako bi se moglo povećati trajanje emitiranja svjetlosti LED? Provjeri neke od mogućnosti eksperimentalno.

VI. Preporuka je proizvođača da se svjetiljka pomiče horizontalno. Zašto ne u okomitom smjeru? Ispitaj i objasni kako smjer pomicanja magneta utječe na rad svjetiljke.

VII. 1. Krajevi cijevi zatvaraju se gumenim čepovima. Osim što onemogućuju izlazak magneta iz cijevi oni imaju još jednu namjenu. Koju? Objasni što će se dogoditi ako se gumeni čepovi zamijene oprugama. Potvrdi eksperimentalno. Postoji li i neka druga mogućnost (osim opruga)?

2. Pri kojoj frekvenciji pomaka (udaranja magneta o čepove) će LED svijetliti najvećim sjajem? O kakvom se titranju radi? Ako je moguće provjeri pokusom.

Državno natjecanje i smotra iz fizike
Trogir, 11.-14. svibnja 2015.

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

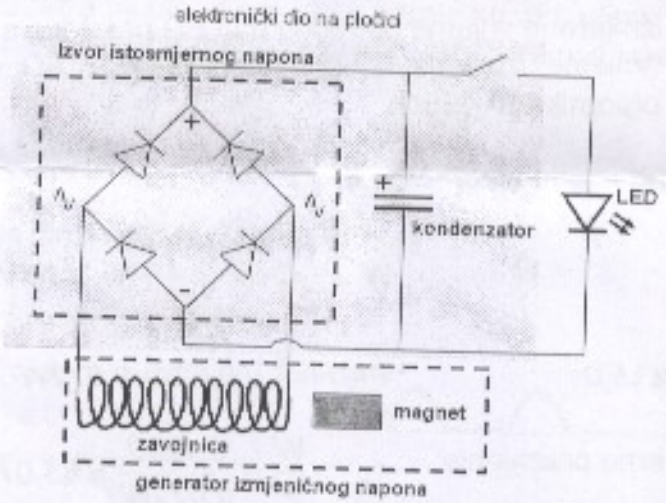
3. skupina

I.

a) Osnovni dijelovi:

- Generator izmjenjčnog napona : zavojnica i magnet
- LED
- Ispravljački sklop (diode) – izvor istosmjernog napona
- kondenzator

Cjelovit spoj, svjetiljka – shematski prikaz:



3 boda

Napomena: priznaje se i skica koja ne uključije propisane oznake elektroničkih elemenata (npr. blok dijagram, ispravno povezani i imenovani dijelovi)...

b) Svjetiljka radi na načelu elektromagnetske indukcije (Faradayev zakon):

$$Ui = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Pomicanjem magneta kroz zavojnicu mijenja se magnetski tok (magnetska indukcija). U danim uvjetima magnet se neprestano giba kroz zavojnicu u oba smjera. Zbog promjene magnetskog toka, na krajevima zavojnice se inducira napon.

Ovakav sustav zavojnica-magnet (u kojeme se magnet neprestano giba kroz zavojnicu) tvori generator izmjeničnog napona. Inducirani napon je promjenjive jakosti i polariteta. LED će svjetliti, ali pulsirajuće.
Dobiveni izmjenični signal je potrebno pretvoriti u istosmjerni. Ovo se izvodi pomoću 4 dioda (Graetzov spoj) spojenih na način kako je prikazano u odgovoru na pitanje III.1.
Da bi LED svjetlila i nakon što smo prestali pomicati magnet kroz zavojnicu potrebno je pohraniti energiju gibanja magneta (mehaničku energiju).
Nastali inducirani naponom punit će se kondenzator. Dio energije gibanja magneta pretvara se u energiju električnog polja kondenzatora. Kondenzator sad služi kao izvor napona za LED. Potrebno je koristiti i barem jednu sklopku. Sklopka je otvorena dok se kondenzator puni. Kad se sklopka zatvori kondenzator se preko LED prazni i ona svijetli.
Koristi se kondenzator velikog kapaciteta kako bi se pohranilo dovoljno energije da se može osigurati da LED svijetli neko dulje vrijeme.

c) Primjer razmatranja i mjerenja: **4 boda**

t_{pun}=1min ... vrijeme pomicanja magneta u zavojnici
U = 3,5V ... očitani napon na kondenzatoru
C=1F
t_{exp}=5min ... izmjereno vrijeme potrebno da LED prestane svijetliti (vrijeme izbijanja kondenzatora preko LED i serijski spojenog otpornika R=130Ω)

Energija koju je kondenzator pohranio:

$$W = \frac{1}{2}C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 1F \cdot (3{,}5V)^2 = 6{,}125J$$

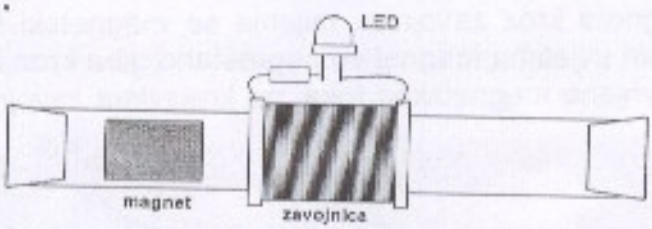
Izlazna snaga LED: $P=U \cdot I=3{,}V \cdot 0{,}02A=0{,}072W$

Očekivani vrijeme praznjenja: $t_{praz} = \frac{W}{P} = \frac{6{,}125J}{0{,}072W} = 85{,}07s$

t_{exp}=300s > t_{praz}=85s **2 boda**

Snaga LED je samo početno 0.072 W. Nakon izbijanja, napon na krajevima zavojnice pada (Q=CU). Smanjuje se jakost struje (I=U/R) i izlazna snaga (P=UI). Snaga nije konstantna kao što je u terijskoj procjeni uračunato. Kondenzator se postupno puni i prazni. Stoga je izračunatih 6,125 J dostatno za više od 85 s rada LED svjetiljke.

II. Osnovni spoj:

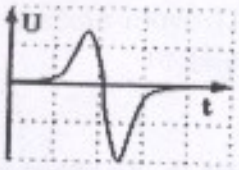


Odgovarajući otpornik je već unaprijed spojen u seriju sa LED. Služi za ograničavanje jakosti struje kako bi se LED zaštitila od prevelike jakosti struje.

1 bod

Svjetlost LED je promjenjivog, pulsirajućeg sjaja. Da bi svjetljila potrebno je cijelo vrijeme pomicati ovakovu izvedbu svjetiljke.

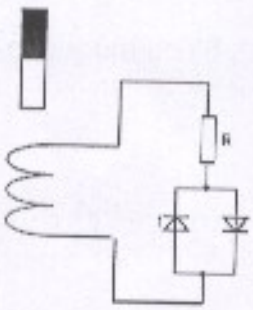
Promjene napona induciranog pri padu magneta kroz zavojnicu je teško očitavati pomoću voltemtra (digitalni multimetar) koji je na raspolaganju. Pomoću osciloskopa bi se uočile ovakve promjene napona na krajevima zavojnice:



Ovaj graf se može skicirati i na osnovu teorijskih predviđanja.

Diskusija grafa:

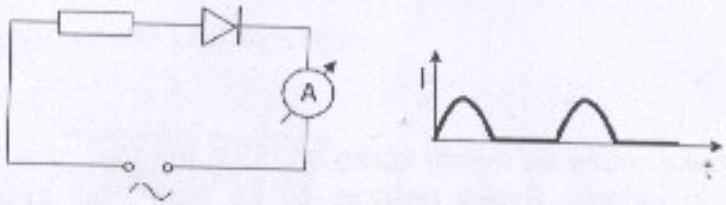
Pri ulasku magneta u zavojnicu povečava se magnetski tok. Kad se cijeli magnet nalazi u zavojnici magnetski tok se ne mijenja. Inducirani napon je 0. Pri izlasku magneta magnetski tok se smanjuje. Nastaje ponovno inducirani napon, ali suprotnog predznaka no pi ulasku magneta u zavojnicu.



Ako se umjesto voltmetra spoje dvije LED paralelno pri ulasku magneta u zavojnicu svijetliti će jedna dioda, a pri izlasku druga dioda.

III.1. **2 boda**

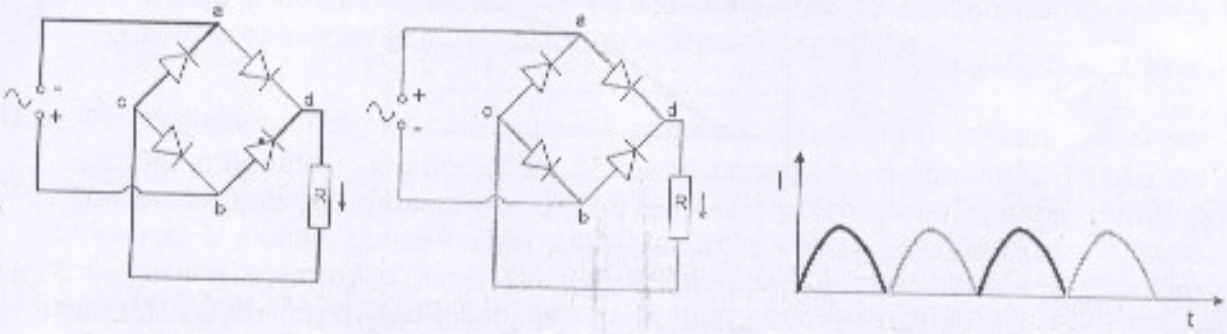
Ako se od 4 ponuđene diode iskoristi samo 1 dioda:



2 boda

U ovakvom strujnom krugu teče pulsirajuća istosmjerna struja, svaka druga perioda se prekida jer dioda ne vodi. Svjetlost koju LED emitira će također pulsirati.

Jedna od mogućnosti dobivanja istosmjernog napona (struje) od izmjeničnog izvora ostvaruje se pomoću 4 diode koje se spajaju na shematski prikazani način:



Kod ovakvog spoja dioda za vrijeme pozitivne poluperiode izmjenične struje struja će teći od trenutno + pola preko acdb prema -. Tijekom negativne poluperiode, struja će teći preko bcda, u istom smjeru. Ako je između točaka a i b doveden izmjenični signal, ovakav spoj ispravlja signal i između točaka c i d (na krajevima otpornika R) se dobiva istosljerni signal (promjenjive jakosti).

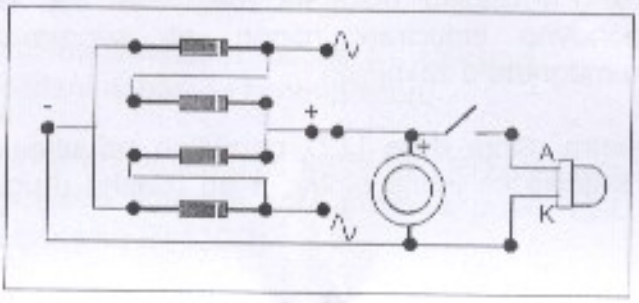
U ovom slučaju dobiven je istosmjerni napon potreban da bi LED svjetlila stalnim sjajem

3 boda

III.2. Kondenzator služi kao izvor napona za LED. Koristi se kondenzator velikog kapaciteta kako bi se pohranilo dovoljno električne energije da se može osigurati da LED svijetli dulje vremena. (odgovor je već dan u I.b)

2 boda

Skica mogućeg spajanja elemenata (i uz zadatak I.a):

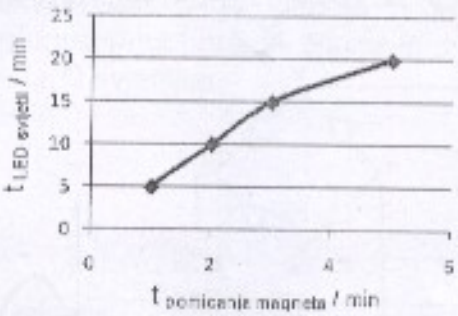


IV.

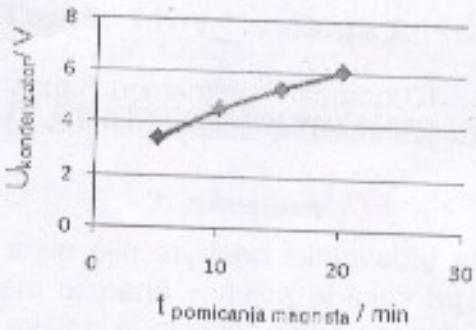
R_{diode}=500Ω
R=130Ω
$I_{LED\ max}$= 20mA

Umjesto broja pomaka može se mjeriti koliko se dugo magnet giba u zavojnici amo tamo. Oblik grafa je jednak. Svako rješenje će se razmatrati zasebno, ovisno o mjernim podacima.

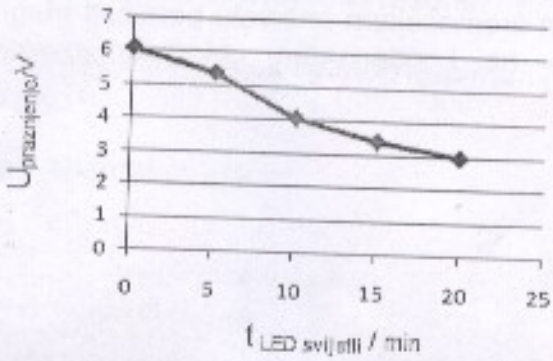
Grafički prikazi mogućih mjerenja sa danim priborom:



Što se dulje vremena pomicao magnet u zavojnici LED svijetli dulje. Međutim, **ovisnost nije linearna!**



Za početni napon od 6,1 V na kondenzatoru nakon 20 min LED prestaje svijetliti:



Sjaj LED je u početku manje više stalan, a kako se kondenzator prazni, sjaj sve brže opada.

4 boda

V. Povećanje efikasnosti LED svjetiljke:

- jači magnet
- povečati broj namotaja zavojnce
- veći poprečni presjek zavojnice
- osigurati da je što manji razmak između magneta i zavojnice

(Mogući su i dodatni odgovori). **2 boda**

VI. Pomiče li se magnet okomito, gore dolje, pri padu u donji dio, veće je opterećenje no u slučaju horizontalnog pomicanja lijevo desno. Na donji čep se djeluje silom većeg iznosa za težinu magneta. U slučaju horizontalnog pomicanja opterećenje je najmanje na kostrukciju svjetiljke.

1 bod

VII.1. Pri nalijetanju magneta na gumeni graničnik (ili oprugu) mijenja se smjer gibanja magneta. Gumeni čep, odnosno opruga se deformiraju. Dolazi do pretvorbe energije gibanja magneta u elastičnu potencijalnu energiju gume ili opruge. U slučaju gume veći je gubitak energije koji se predaje okolini. Ovime se povećava entropija gume. Dio pohranjene energije zbog promjene oblika se sa entropijom predaje okolini. Ostvarena entropija i gubitak energije je znatno

veći u slučaju gumenog graničnika no kod opruge. Stoga bi bilo bolje primjenjivati oprugu.

Primjer provjere: za 10 pomaka magneta u horizontalnom smjeru usporediti koliko će vremena svijetliti LED u slučaju primjene gumenih čepova i u slučaju primjene opruga.

2 boda

VII.2. Pomicanje magneta u zavojnici svjetiljke nije ništa drugo no prisilno titranje. Postoji frekvencija pri kojoj je prijenos energije maksimalan (rezonancija). U slučaju primjene gumenog čepa gušenje je daleko veće, tako da ima smisla jedino u slučaju primjene opruga obratiti pažnju na ovo. Pri određenoj frekvenciji pomicanja magneta sjaj LED će biti maksimalan.
Eksperimentalna provjera je uz zadani pribor teže izvediva. Jedna moguća provjera: u istom vremenskom intervalu pomicati magnet različitim brzinama i očitavati napon na kondenzatoru. Međutim ovakva mjerenja neće biti ponovljiva.

2 boda