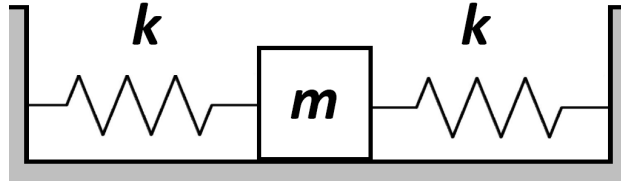


Zadaci za državno natjecanje 2023. – 3. skupina

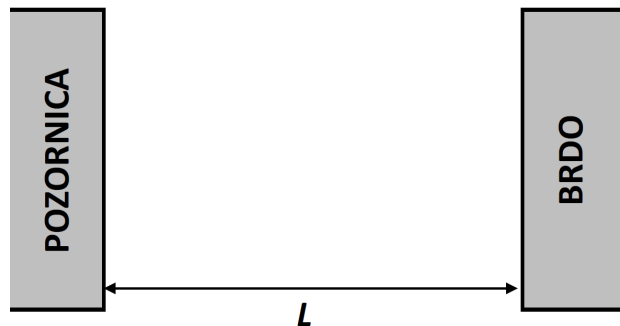
1. zadatak (20 bodova)

Kvadrat mase $m = 0.6$ kg spojen je s dvije opruge kao na slici. Konstanta obje opruge je $k = 10$ N. U početnom trenutku kvadrat se nalazi na koordinati $x_0 = 3$ cm desno od ravnotežnog položaja s brzinom $v_0 = 10$ cm/s u smjeru prema ravnotežnom položaju. Nađi maksimalni pomak, maksimalnu brzinu i vrijeme potrebno da se uteg vrati u ravnotežni položaj.



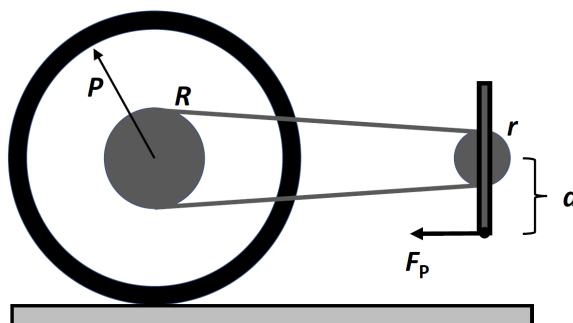
2. zadatak (16 bodova)

Rock koncert na kojem je naš protagonist održava se na otvorenom terenu. Velika pozornica, ispred koje je zid zvučnika, nalazi se na udaljenosti L od brda. Publika se na koncertu nalazi između pozornice i brda. Protagonist za vrijeme koncerta prođe pravocrtni put od pozornice do brda. Putem izbroji da se najdublji ton basa, frekvencije $f = 20$ Hz, na 11 jednako udaljenih lokacija ne čuje. S obzirom na to da naš protagonist zna da se pozornica ponaša kao otvoreni kraj, a brdo kao čvrsti kraj vala, on lako izračuna udaljenost L od pozornice do brda. Nađi udaljenost L , ako znaš da je brzina zvuka $c = 343$ m/s. Skiciraj položaje gdje se najdublji bas ne čuje – koje su njihove udaljenosti od pozornice?



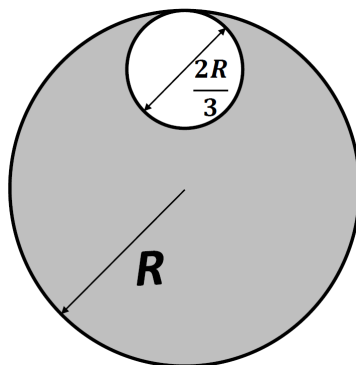
3. zadatak (16 bodova)

U ovom zadatku promatramo bicikl koji stoji na tlu. Na slici je prikazan stražnji kotač i lančasti prijenos s pedalama (ostali dijelovi bicikla nebitni su za zadatak). Djelujemo li povlačnom silom F_p izvana prema nazad na donju pedalu, npr. rukom povlačimo pedalu (pedala stoji potpuno okomito), nađi kako smjer kretanja bicikla ovisi o parametrima P - radijus kotača, R - radijus stražnjeg lančanika, r - radijus prednjeg lančanika i a - duljina pedale od osi vrtnje. U kojemu će se smjeru gibati standardni bicikl sljedećih dimenzija: $P = 36$ cm, $R = 5$ cm, $r = 6$ cm i $a = 17.5$ cm. Uloga lanca i lančanika je prijenos sile bez proklizavanja. Koeficijent trenja između kotača i tla jako je velik. Lanac je nerastezljiv.



4. zadatak (18 bodova)

U homogenome disku, početne mase M i radijusa R , izbuši se rupa promjera $\frac{2R}{3}$ kao na slici, koja dodiruje rub diska. Nađi moment inercije novonastaloga tijela oko osi koja prolazi središtem početnog diska i okomita je na ravninu u kojoj je disk. Nađi udaljenost centra mase od osi rotacije.

**VAŽNO:**

Tijekom ispita ne smiješ imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule...). Za pisanje se koristi kemijskom olovkom ili nalivperom. Pri ruci ne smiješ imati mobitel ni druge elektroničke uređaje osim kalkulatora.

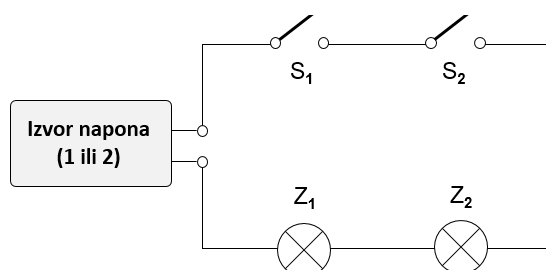
Državno natjecanje iz fizike
10. do 12. svibnja 2023., Podgora
EKSPERIMENTALNI ZADATAK

3. skupina

Pribor: dvije žaruljice (6V, 100mA), dva grla za žaruljice, dvije sklopke, desetak ili više spojnih žica sa krokodilskim štikaljkama, četiri "crne kutije" (nepoznati elementi strujnog kruga, kutijice su u obliku cjevčice), dvije "sive kutijice" (izvori napona, nepoznati detalji o njima, kutijice nisu sive boje!), dva multimetra, milimetarski papir, potenciometar (trimer) 1k Ω , odvijač, otpornik (10 Ω ili do 100 Ω), dvije svjetleće diode, otpornik 1k Ω .

Zadatci:

Dvije jednake žaruljice i dvije sklopke spojene su u seriju na izvor napona.



Slika 1. Početni strujni krug

	S ₁	S ₂	Z ₁	Z ₂
a)	0	0	0	0
b)	1	0	1	0
c)	0	1	0	1
d)	1	1	1	1

Tablica 1.

(S=0; sklopka otvorena; S=1; sklopka zatvorena;
Z=0; žarulja ne svijetli; Z=1; žarulja svijetli)

Zadatak je da strujni krug, shematski prikazan na slici 1, daje rezultate, koji na prvi pogled možda nisu u skladu sa očekivanim, prikazanima u tablici 1.

Ako je sklopka S₁ zatvorena i S₂ otvorena, svijetlit će žaruljica Z₁, a žaruljica Z₂ ne svijetli. Otvori li se sklopka S₁, a sklopka S₂ zatvori, žaruljica Z₁ ne svijetli, a žaruljica Z₂ svijetli. Ako su obje sklopke zatvorene, obje žaruljice svijetle.

Prema rezultatima iz tablice vjerojatno je da nisu svi potrebni elektronički elementi uključeni u strujni krug. Dodatno, raspoložete sa četiri "crne kutijice" označene slovima A, B, C i D, od kojih svaka sadrži po jedan nepoznati elektronički element. Osim toga imate i dvije "sive kutijice" označene brojevima 1 i 2. To su izvori napona 1 i 2.

Kutijice spajate u početni strujni krug prikazanom na slici 1.

Napomene:

- Nije dozvoljeno otvarati "crne kutijice" niti "sive kutijice" !!!
- Strujni krug koji sastavite možete istovremeno spajati samo na jedan od izvora napona (ili 1 ili 2)!
- Spojne žice su predviđene samo za spajanje elemenata. Ne dolazi u obzir bilo kakvo "premoščivanje" ili kratko spajanje!
- Žaruljice nikada ne spajajte pojedinačno na izvore napona, one moraju biti isključivo serijski spojene!!!

1. dio

- A.** Nacrtajte skicu (shematski prikaz) ostvarenog strujnog kruga, a koji izvršava ono što je tablicom zadano. Opišite sastavljeni strujni krug.

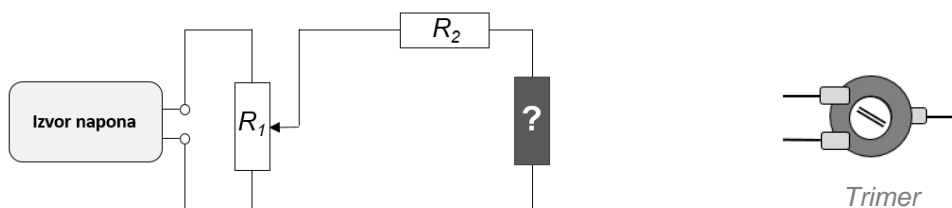
2 boda

- B. Obrazložite korekcije ili izmjene u strujnom krugu u odnosu na uvodni shematski prikaz strujnog kruga. **3 boda**
- C. Obrazložite i opišite svoja eksperimentalna opažanja i zaključke, vezane uz izvor napona 1 i izvor napona 2. **4 boda**

2. dio

- D. Istražite svojstva elektroničkih elemenata u kutijicama 1, 2, 3 i 4.

Kako bi za vrijeme mjerenja mogli mijenjati napone dodaje se promjenjivi otpornik R_1 (trimer od $1\text{k}\Omega$). Zakretanjem okretnog dijela s utorom na sredini trimera, mijenja se vrijednost napona na nepoznatom elementu. Koristite priloženi odvijač za zakretanje. Potrebno je dodati i otpornik R_2 od 10Ω (ili do 100Ω) u seriju.



Slika 2. Eksperimentalni postav

Koji ste izvor napona odabrali za ova mjerenja? Obrazložite?

2 boda

Prije mjerenja na multimetru treba odabrati željena mjerna područja na zakretnom dijelu multimetra. Spojne žice se spajaju na COM ulaz multimetra (-) i $V\Omega\text{mA}$ ulaz (+). Ako slučajno očekujete veće jakosti struje od 200 mA tada spajate na ulaz 10 ADC ulaz (+) i COM ulaz. Uputno je da uvijek prvo odaberete najveće vrijednosti odabranog mjernog područja kako bi zaštitili mjerni instrument (na primjer 10 A ili 200m DCA , 1000 DCV , 750 ACV i tako dalje). Ovaj instrument ne može mjeriti izmjenične struje (AC), već samo istosmjerne vrijednosti (DC).

Jedan multimetar koristite za mjerenja struje, a drugi za mjerenje napona.

Precrtajte skicu eksperimentalnog postava i označite kako ste spojili voltmetar, a kako ampermetar.

Mjerite parove vrijednosti napona i struje. Očitajte barem 10 parova napona i struje.

2 boda

Struja ne bi trebala premašiti 20 mA !

Mjerenja i rezultate prikažite tablično i grafički!

4 boda

- E. Usporedite dobivene grafove.

O kakvim se strujno naponskim karakteristikama radi?

Što ste zaključili o nepoznatim elektroničkim elementima?

3 boda

3. dio

Napomena: Kada je sastavljeni strujni krug izvršava ono što je zadano tablicom, zatražite od autora zadatka da provjeri vaše ekeperimentalno rješenje!!!

2 boda

- F. Objasnite detaljno ulogu elemenata u crnim kutijicama koje ste spojili u početni strujni krug i ulogu odabranog izvora napona. Prikažite i shematski obrazloženje rada sklopa.

6 bodova

- G. U strujnom krugu zamijenite svaku žaruljica svjetlećom diodom. Na njezinom kućištu je negativan pol označen, tako da je kućište sa strane gdje je negativan pol lagano zaravnato. LED vodi kada joj je anoda spojena na pozitivni pol izvora, a katoda na negativni pol izvora. Ako se dioda spoji u suprotnom smjeru, neće svijetliti. Postavite svjetleće diode tako strujni krug ispunjava uvjete rada iz tablice 1. Obavezno dodajte u seriju sa svojim strujnim krugom i otpornik od $1\text{ k}\Omega$. Skicirajte strujni krug sa diodama i obrazložite kako sastavljeni strujni krug radi.

2 boda

Državno natjecanje iz fizike, 2023.

Rješenja i smjernice za bodovanje – 3. skupina

1. zadatak (20 bodova)

Poznato nam je da se radi o harmoničkom oscilatoru koji u trenutku $t = 0$ nije ni u ravnotežnom ni u maksimalnom položaju. Jednadžbu položaja i brzine u ovisnosti o vremenu za takav oscilator možemo pisati s: **(2 boda)**

$$x(t) = x_M \sin(\omega t + \varphi)$$

$$v(t) = v_M \cos(\omega t + \varphi)$$

S obzirom da je uteg privezan s dvije opruge, jednake konstante opruge, na uteg djeluju istovremeno dvije jednake sile. Efektivno, to odgovara harmoničkom oscilatoru s konstantom opruge $K = k + k$. U daljnjem rješavanju zadatka koristit ćemo K . **(3 boda)**

Znamo da u trenutku $t = 0$ je:

$$x(0) = 3 \text{ cm} = x_M \sin \varphi$$

$$v(0) = 10 \text{ cm/s} = v_M \cos \varphi$$

Početni kut φ možemo odrediti preko energije, za koju zbog zakona očuvanja energije vrijedi:

$$E = \frac{1}{2} K x_0^2 + \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$E = \frac{1}{2} K x_M^2 \sin^2 \varphi + \frac{1}{2} m v_M^2 \cos^2 \varphi$$

$$E = \frac{1}{2} K x_M^2$$

$$E = \frac{1}{2} m v_M^2$$

Kombinacijom ovih jednadžbi možemo dobiti izraz za kut φ : **(3 boda)**

$$\tan \varphi = \pm \sqrt{3}$$

za koji ima više rješenja, no s obzirom da znamo da je tijelo u povratku u ravnotežu, možemo zaključiti da se radi o drugom kvadrantu, pa je rješenje $\varphi = 120^\circ$. **(3 boda)**

Iz kuta φ možemo dobiti potrebne podatke o vremenu preostalom do ravnoteže: za ravnotežu harmonički oscilator mora prijeći *fazni put* od 120° do 180° , pa možemo pisati: **(3 boda)**

$$\omega t = \frac{\pi}{3}$$

Dobije se $t = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{m}{K}}$, $t = 0.181 \text{ s}$. **(2 boda)**

Iz izraza za energije možemo naći i:

$$x_M = \sqrt{\frac{2E}{K}} = 3.464 \text{ cm}. \quad \textbf{(2 boda)}$$

$$v_M = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 20 \text{ cm/s}. \quad \textbf{(2 boda)}$$

2. zadatak (16 bodova)

Radi se o sviralima duljine L , s jednim krajem otvorenim a drugim zatvorenim. **(2 boda)**

Rezonancije stojnog vala proizvode efekte utišavanja zvuka, pa možemo zaključiti da se na koncertu upravo to dogodilo, formirao se stojni val između pozornice i brda. **(2 boda)**
Vrijednosti valnih duljina stojnog vala u takvim sviralima su: **(2 boda)**

$$\lambda_n = \frac{4L}{2n - 1}, n \in \mathbb{N}$$

gdje je n redni broj za koji je broj čvorova povezan relacijom $N_v = n - 1$. **(2 boda)**

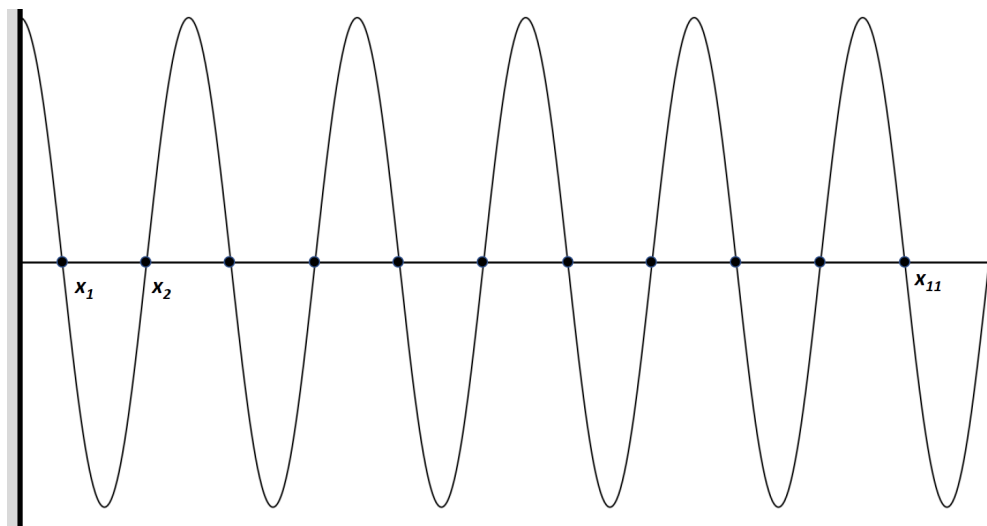
Kako je protagonist izbrojao 11 položaja destruktivne interferencije, čvorova, zaključujemo da se radi o stojnom valu valne duljine λ_{12} . Znajući da se radi o frekvenciji $f = 20$ Hz, možemo naći i $\lambda_{12} = \frac{c}{f} = 17.5$ m. **(2 boda)**

Uvrštavanjem možemo dobiti izraz za duljinu $L = 98.6$ m. **(2 boda)**

Položaj nultočka možemo očitati sa skice (dolje). Općenito vrijedi za nultočku x_n : **(2 boda)**

$$x_n = \frac{(2n - 1)\lambda}{4}$$

Skica (nije potrebno da bude cijela, može se shematski prikazati početak i kraj): **(2 boda)**



Vrijednosti položaja nultočaka, uključujući i ukupnu duljinu prostora kao 12. vrijednost (nisu nužne za bodove):

4.287	12.862	21.438	30.012
38.587	47.162	55.737	64.312
72.887	81.462	90.037	98.612

3. zadatak (16 bodova)

Razmišljajući o međusobnoj rotaciji elemenata bicikla, ako djelujemo silom na donju pedalnu prema natrag kotač će se htjeti okrenuti tako da pogoni bicikl prema naprijed, ali istovremeno će naša sila povlačenja gurati bicikl nazad. **(4 boda)**

Pratimo elemente bicikla od povlačne sile koja stvara moment na prednji lančanik: **(2 boda)**

$$M_l = F_P a$$

Moment stvara silu na lanac bicikla:

(2 boda)

$$M_l = F_l r$$

Lanac bicikla povlači istom tom silom stražnji lančanik i stvara moment na stražnjem kotaču:

(2 boda)

$$M_R = F_l R$$

Stražnji kotač djeluje silom na podlogu u smjeru bicikla prema naprijed:

(2 boda)

$$M_R = F_k P$$

Ukupni odnos sile povlačenja i sile kotača je:

(2 boda)

$$F_k = \frac{Ra}{Pr} F_p$$

Za realne vrijednosti bicikla imamo $F_k = 0.41F_p \Rightarrow F_k < F_p$. Bicikl će se kretati unatrag.

(2 boda)

4. zadatak (18 bodova)

Počinjemo od momenta inercije diska: $I = \frac{1}{2}mr^2$.

(2 boda)

Moment inercije ovakvog tijela možemo dobiti iz metode *oduzimanja mase*. Naime, ako zamislimo da počnemo od diska s rupom i dodamo mu mali disk d da dobijemo moment inercije punog diska D , možemo pisati:

(2 boda)

$$I_D = I + I_{d\parallel}$$

S obzirom da moment oko centra mase nije jednak momentu rotacije oko paralelne osi, to smo naglasili tako da smo za mali disk gledali da se rotira oko paralelne osi. Tada za mali disk vrijedi, po teoremu o paralelnim osima:

(2 boda)

$$I_{d\parallel} = I_d + \left(\frac{2R}{3}\right)^2 m_d$$

Masu malog diska moramo izračunati iz podatka da je disk homogen, što znači da ima jedinstvenu gustoću koju možemo izraziti preko mase punog diska D : $M = \rho R^2 \pi$ i iz nje naći masu malog diska:

(2 boda)

$$m = \rho \left(\frac{R}{3}\right)^2 \pi = \frac{M}{9}$$

Uvrštavanjem u formule dolazimo do izraza za traženi moment inercije:

(4 boda)

$$I = I_D - \left(I_d + \left(\frac{2R}{3}\right)^2 \frac{M}{9} \right)$$

$$I = \frac{4}{9}MR^2$$

Centar mase pronalazimo na sličan način. Centar mase punog diska bi bio u njegovom središtu, a dobije se iz centra mase diska s rupom i malog diska. Kako je centar mase s

rupom sa suprotne strane malog diska, pišemo:

(4 boda)

$$\left(M - \frac{M}{9}\right) x_{cm} = \frac{M}{9} \frac{2R}{3}$$

Centar mase je tada: $x_{cm} = \frac{R}{12}$

(2 boda)

Državno natjecanje iz fizike

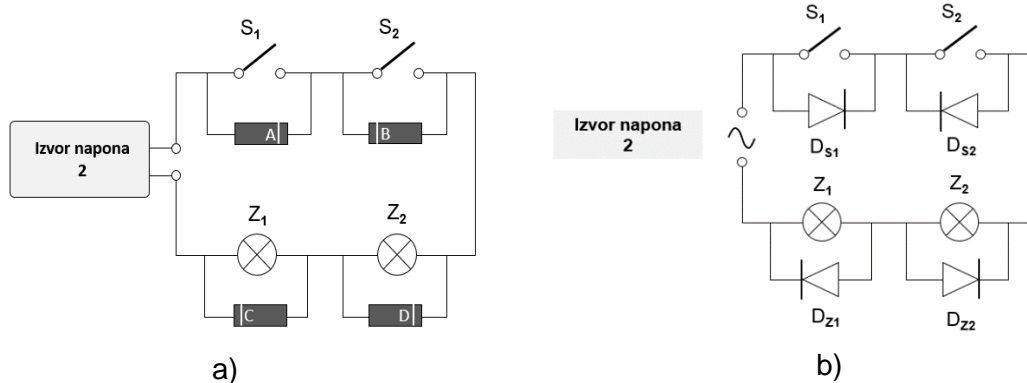
10. do 12. svibnja 2023., Podgora

RJEŠENJE EKSPERIMENTALNOG ZADATKA

3. skupina

1. dio

A. Shematski prikaz strujnog kruga koji izvršava ono što je tablicom zadano je na slici:



Takav strujni krug moguće je sastaviti i metodom pokušaja i pogrešaka (a). U ovom slučaju su samo prikazani nepoznati elementi i odgovarajući izvor napona, spojeno tako da su ispunjeni uvjeti iz tablice. Moguće je uočiti da je bitna orijentacija nepoznatih elemenata i da propuštaju samo u jednom smjeru. Kada se odgovori na sva daljnja pitanja, može se skicirati i konkretni strujni krug (b).

2 boda

B. Nepoznati elementi strujnog kruga su 4 istovrsne poluvodičke diode. Po jedna od dioda spojene su paralelno sa žaruljama i sklopkama, na način kako je prikazano na slici b). Da bi sklop izvršavao zadano tablicom potrebno ga je spojiti na izvor napona 2. Radi se o izmjeničnom izvoru napona.

3 boda

C. Dvije jednake žaruljice spojene su u seriju sa dvije sklopke na izvor napona 1. Ako su obje sklopke isključene, žarulje ne svijetle, ako su obje sklopke uključene one svijetle. Ako je jedna od sklopki uključena, a druga isključena, žaruljice neće svijetliti. Na osnovu opaženog može se zaključiti da je izvor napona 1 izvor istosmjernog napona. Radi se o očekivanim rezultatima za slučaj kad bi izvor bio istosmjernan.

Druga mogućnost je izravno mjerenje napona praznog hoda pomoću voltmetra na izvorima napona. Prvo odaberemo mjerno područje napona u području istosmjernih vrijednosti, nakon toga izmjeničnih. Ukoliko se radi o istosmjernom izvoru, pri odabiru mjerenja izmjeničnih napona na multimetru, neće se dobiti nikakva mjerenja. Obrnuto, ako se radi o izmjeničnom izvoru, neće biti moguća očitavanja ako je na multimetru odabrano istosmjerno područje.

Sa danim priborom postoji i mogućnost da se spoji jedna od LED uz dodatni otpornik u seriju na izvor 1 i zatim na izvor 2. Ako se radi o istosmjernom izvoru, LED u jednom slučaju vodi, u drugom ne. Ako se radi o izmjeničnom izvoru LED uvijek svijetli.

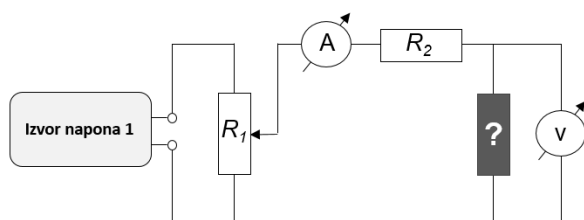
Izvor 1 je istosmjerni izvor napona, a izvor 2 izmjenični. Konkretno izvor 1 je baterija od 9V, a izvor 2 transformator sa naponom od 9V na sekundaru (ili nešto većim).

4 boda

2 dio

D. Nepoznati elementi strujnog kruga pokazuju svojstvo da ako su spojeni na izvor napona 1 u jednom slučaju vode, a u drugom ne vode struju (ovisno o orijentaciji elementa). Ako se spoje na naponski

izvor 2, uvijek vode. Kako se radi o poluvodičkim diodama, spojene na izvor izmjenčnog napona, one uvijek vode. No propuštaju samo pozitivne poluperiode. Na taj način se dobiva istosmjerni napon promjenjive jakosti. Stoga je odabir naponski izvor 1, odnosno istosmjerni izvor napona.



2 boda

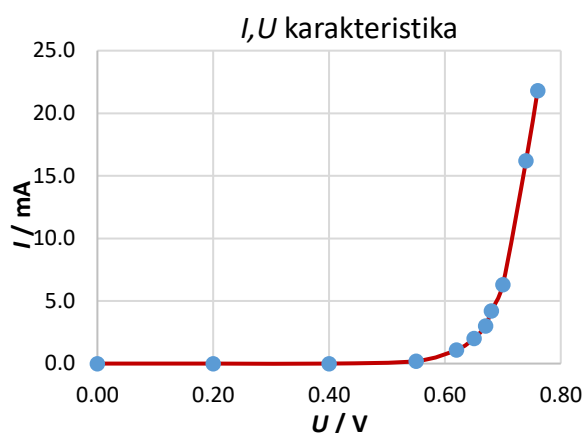
Ampermermetar je spojen serijski, a voltmetar paralelno u strujni krug.

2 boda

Određena je karakteristika poluvodičke diode pri njezinoj propusnoj polarizaciji. S obzirom na rezoluciju mjernih uređaja nije bilo mogućnosti odrediti strujno naponske karakteristike za slučaj kada je nepropusno polarizirana.

Tablični i grafički prikaz mjerenja:

U/V	I/mA
0,00	0,0
0,20	0,0
0,40	0,0
0,55	0,2
0,62	1,1
0,65	2,0
0,67	3,0
0,68	4,2
0,70	6,3
0,74	16,2
0,76	21,8



4 boda

E. Dobiveni grafovi su gotovo istovjetni. Radi se o četiri jednaka elementa strujnog kruga. To su poluvodičke diode (1N4007).

Strujno-naponske karakteristike nisu linearne. Dioda su poluvodički elementi i za njih ne vrijedi Ohmov zakon. Napon na diodi nije proporcionalan struji. Otpor diode se promjenom napona na diodi mijenja. Kako se povećava napon na diodi, u određenom trenutku uočava se nagli porast struje. Ovaj dio karakteristike je linearan.

3 boda

3. Dio

Provjera eksperimentalnog rješenja...

2 boda

F. Poluvodička dioda propušta struju samo u jednom smjeru. U slučaju da se radi o izmjeničnom izvoru napona, propusno polarizirana dioda, propušta pozitivne poluperiode struje, ali blokira negativne. Kod spoja dioda u eksperimentalnom postavu, za vrijeme pozitivne poluperiode izmjenične struje, struja će teći od trenutno pozitivnog pola prema trenutno negativnom polu.

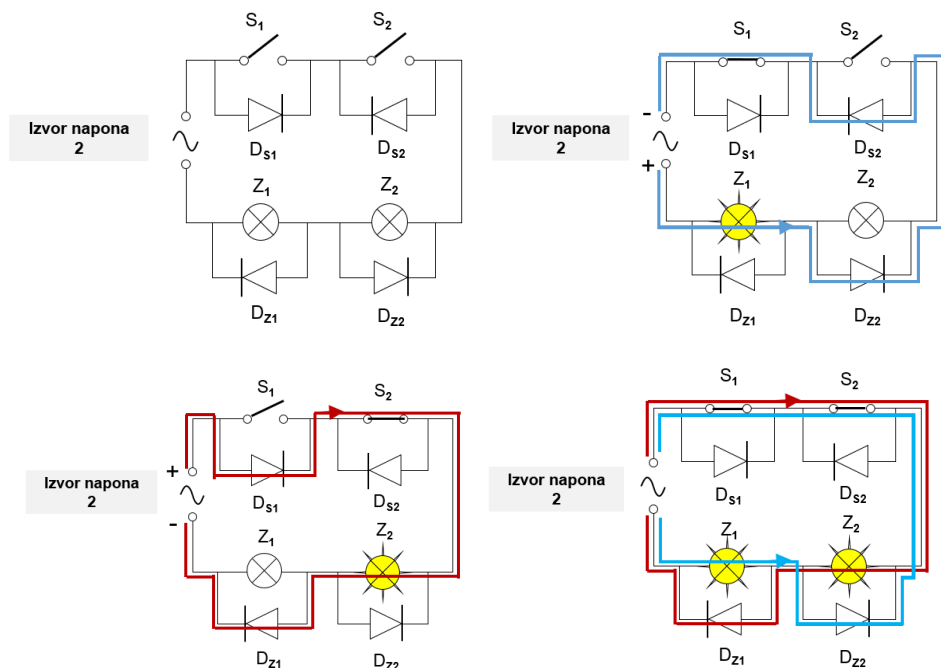
Kad je sklopka otvorena, struja prolazi kroz propusno polariziranu diodu. Druga sklopka je zatvorena i struja prolazi njome, jer je paralelno spojena dioda nepropusno polarizirana. Svjetlit će ona žaruljica s kojom je paralelno spojena dioda u nepropusnom smjeru. Žarulja s kojom je paralelno spojena dioda u propusnom smjeru ne svijetli, jer struja prolazi diodom.

U slučaju da su obje sklopke zatvorene za vrijeme pozitivne poluperiode struja će teći kroz žaruljicu 2, dok je žaruljica 1 preko paralelno spojene diode kratko spojena. Kod negativne poluperiode struja prolazi kroz žaruljicu 1, a žaruljica 2 je preko paralelno spojene diode kratko spojena. Tako

da svijetle obje žaruljice. Izmjenični izvor je frekvencije 50 Hz i teško možemo zamijetiti tiranje svjetlosti kod žaruljica.

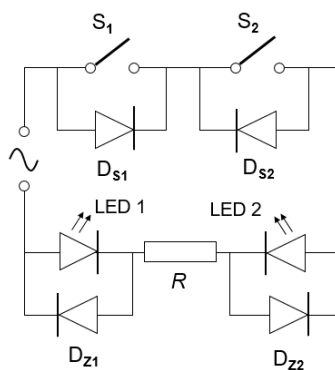
4 boda

Na slikama je shematski prikazano navedeno obrazloženje.



2 boda

G. Zamjena žaruljica sa LED, shematski je prikazano na slici:



2 boda

Tumačenje je analogno prehodno opisanom kod slučaja žaruljica. Razlika je samo u tome da je LED poluvodička dioda koja emitira svjetlost, i za nju vrijedi isto razmatranje koje je provedeno za obične poluvodičke diode.