

Natjecanje i smotra iz fizike, 26. – 29. travnja 2022. g.

Natjecanje iz fizike učenika osnovnih i srednjih škola organizira *Ministarstvo znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske, Agencija za odgoj i obrazovanje i Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu*.

Natjecanje u znanju organizirano je u pet skupina: jedna za osnovne škole i četiri za srednje škole i odvija se kroz tri razine: školska/općinska, županijska i državno.

Školska/općinska natjecanja održana su 9. veljače 2022. godine. Zadatke je pripremio državno povjerenstvo i putem Informacijskog sustava za provedbu organizacije natjecanja i smotri poslalo u škole domaćine natjecanja. U natjecanju je sudjelovalo 3592 učenika od čega 1772 osnovnoškolaca i 1820 srednjoškolaca (660 prva, 443 druga, 404 treća i 313 četvrta skupina).

Na temelju uspjeha na općinskom natjecanju županijska povjerenstva su pozvala učenike na županijsko natjecanje koje je održano 9. ožujka 2022. godine. I za ovu razinu natjecanja zadatke je pripremio državno povjerenstvo. Sudjelovalo je 1213 učenika osnovnih i srednjih škola (OŠ – 450, SŠ – 763).

Nakon što su županijska povjerenstva dostavila izvješća državno povjerenstvo je uskladilo bodovanje i prema jedinstvenim listama poretka za pojedine kategorije pozvalo 131 učenika (OŠ – 50, SŠ – 81) osnovnih i srednjih škola na državno natjecanje iz fizike.

Pored natjecanja u znanju koje se odvija na spomenute tri razine učenici osnovnih i srednjih škola tijekom školske godine osmišljavaju i izvode pokuse. Na početku školske godine Državnom povjerenstvu je bio prijavljeno 38 učenika osnovnih škola s 22 rada te 44 učenika srednjih škola s 26 radova. Na jednome pokusu rade jedan ili dva učenika pod vodstvom mentora/nastavnika. Tijekom godine učenici su u dva kruga slali radove na procjenu državnom povjerenstvu koje je na kraju najbolje pozvalo na državnu smotru: 6 radova (9 učenika) iz osnovne škole i 6 radova (11 učenika) iz srednjih škola.

Državno natjecanje iz fizike održalo se u Podgori od 26. – 29. travnja 2022. godine u školi domaćinu OŠ don Mihovila Pavlinovića. Pozvano je ukupno 151 učenik i 90 mentora, a sudionici su bili smješteni u hotelu Medora Auri u Podgori.

Više detalja o samoj provedbi natjecanja, kao i o sudionicima natjecanja mogu se vidjeti na mrežnim stranicama

<http://natjecanja-iz-fizike.net>.

Nagrade su dobili učenici kako slijedi:

Osnovne škole

Ivan Vujčetić, OŠ Ljudevita Modeca, Križevci, *Mila Maretić*, VI. OŠ Varaždin, Varaždin, *Mauro Kritovac*, OŠ Pavleka Miškine, Zagreb (I. nagrada); *David Grabar*, I. OŠ Varaždin, Varaždin, *Karlo Brčić*, OŠ Kajzerica, Zagreb, *Matija Luetić*, OŠ Mokošica, Dubrovnik, *Luka Ozvačić*, OŠ Milke Trnine, Križ, *Lovro Tunjić*, OŠ Tituša Brezovačkog, Zagreb, *Jakov Jurić*, OŠ Antun Nemčić Gostovinski, Koprivnica (II. nagrada); *Noa Horvat*, OŠ Prelog, Prelog, *Svebor Stublja*, OŠ Rikard Katalinić Jeretov, Opatija, *Gabriel Augustin*, OŠ Josipa Jurja Strossmayera, Zagreb, *Ema Donev*, OŠ Stjepana Basaričeka, Ivanić-Grad, *Ema Hrvoić*, OŠ Nikole Hribara, Velika Gorica, *Lana Šćukanec*, I. OŠ Varaždin, Varaždin, *Ivan Vuk*, II. OŠ Čakovec, Čakovec, *Borna Lebinac Milinović*,

OŠ Horvati, Zagreb, *Maša Leona Lepur*, OŠ Dragutina Kušlana, Zagreb, *Lana Perić*, OŠ Trnsko, Zagreb, *Jakov Peroš*, OŠ Šimuna Kožičića Benje, Zadar, *Kristijan Šimović*, OŠ Lučko (III. nagrada).

Eksperimentalni radovi

Gita Poljaček, *Gregor Lukić*, OŠ Bartola Kašića, Zagreb (I. nagrada); *Maša Dobrić*, OŠ Jure Kaštelana, Zagreb (II. nagrada); *Vita Novosel*, *Hana Zmajlović*, OŠ Ljubo Babić, Jastrebarsko (III. nagrada).

Srednje škole

1. skupina

Val Karan, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Luka Duplančić*, XV. gimnazija, Zagreb, *Dan Poklepović*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Ratko Karačić*, XV. gimnazija, Zagreb, *Karlo Ahel*, Gimnazija Andrije Mohorovičića, Rijeka, *Dario Vuksan*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

2. skupina

Ilan Mihelja, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Elide Babić*, Gimnazija Andrije Mohorovičića Rijeka, *Ivan Hegedić*, V. gimnazija, Zagreb, *Viktor Katić*, III. gimnazija Osijek (II. nagrada); *Franjo Krešimir Jalšovec*, V. gimnazija, Zagreb, *Nika Pleša*, Gimnazija Karlovac, Karlovac, *Luka Protulipac*, XV. gimnazija, Zagreb (III. nagrada).

3. skupina

Filip Vučić, I. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Borna Perković*, III. gimnazija, Split, *Luka Knežević*, Gimnazija Andrije Mohorovičića, Rijeka, *Lucija Ražov*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Matej Cvitković*, III. gimnazija, Split, *Borna Soukup*, Gimnazija, Požega (III. nagrada).

4. skupina

Luka Passek-Kumerički, XV. gimnazija, Zagreb (I. nagrada); *Roko Šupe*, XV. gimnazija, Zagreb, *Dorijan Lendvaj*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *Lovro Cvitanović*, XV. gimnazija, Zagreb, *Nikola Colnar*, Prva sušačka hrvatska gimnazija Rijeka, Rijeka, *Bartol Bućan*, III. gimnazija, Split (III. nagrada).

Eksperimentalni radovi

Blaž Stučić, *Teodor Gregorić*, SŠ Zlatar (I. nagrada); *Andrea Brzica*, XV. gimnazija, Zagreb (II. nagrada); *David Plečko*, *Marko Levanić*, Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin, *Ana Smuđ*, *Ida Slunjski*, Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin (III. nagrada).

Osnovne škole – zadatci

1. Tijekom priprema za Uskrs, Davor je imao zadatak skuhati tvrdo kuhana jaja te ih ukrasiti različitim bojama i naljepnicama. Dok je pripremao stvari potrebne za ovaj zadatak, dosjetio se da bi mogao usput vježbat i fiziku. Kako bi što preciznije odradio mjerenja, odlučio je raditi vrlo brzo. Postavio je lončić na kuhinjsku vagu koja je pokazala da mu je masa 280 grama. U taj je lončić, koji je i dalje postavljen na vagi, pažljivo ulio 300 ml vode. Mjerenjem je odredio da je voda iz slavine na temperaturi

od 18°C , što je 4°C hladnije od sobne temperature koju je pokazao zidni termometar, pokraj kojega inače stoji aluminijski lončić. Iz frižidera, čija je unutrašnjost na 4°C , izvadio je dva jaja te ih stavio u lončić s vodom tako da su oba bila u potpunosti uronjena u vodu. Vaga je pritom pokazala povećanje mase od 240 grama.

Na utičnicu koja je spojena na gradsku mrežu Davor je priključio grijač otpora $48\ \Omega$ i taj grijač uronio u vodu. Mjerio je vrijeme od uranjanja grijača u vodu sve dok voda nije proključala, za što mu je trebalo 178 sekundi. Pustio je grijač da radi još neko vrijeme, dok je on računao specifični toplinski kapacitet jajeta. Kada je izračunao, provjerio je na internetu tabličnu vrijednost i zadovoljno zaključio da je bio vrlo blizu tablične vrijednosti.

Koliki je specifični toplinski kapacitet jajeta Davor izračunao? Je li ovako izračunat toplinski kapacitet jajeta veći ili manji od tablične vrijednosti?

$$(c_{\text{Al}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, c_{\text{vode}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, \rho_{\text{vode}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.)$$

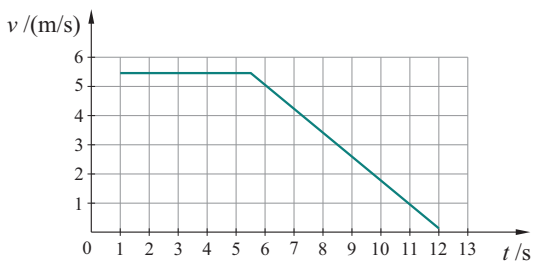
2. Prilikom popravljavanja starog električnog uređaja, električar Borna uklonio je staru žicu od konstantana i na njeno je mjesto odlučio staviti zamjensku bakrenu žicu jednakog poprečnog presjeka i mase.

Dok je u uređaju bila žica od konstantana, kroz nju je tekla struja od 16 A, a napon na njenim krajevima bio je 50 V. Koliki su otpori tih dviju žica? U kojem će slučaju električni uređaj imati veću električnu snagu: kada je u njemu bakrena žica ili kada je u njemu žica od konstantana?

Otpornost konstantana je $\rho_{\Omega, \text{K}} = 4.9 \cdot 10^{-7}\ \Omega\text{m}$, otpornost bakra $\rho_{\Omega, \text{Cu}} = 1.7 \cdot 10^{-8}\ \Omega\text{m}$. Gustoća konstantana je $\rho_{\text{K}} = 8885 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, a gustoća bakra $\rho_{\text{Cu}} = 8.96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

3. Tramvaj vozi ravnim dijelom pruge između dvije stanice udaljene 600 m. Krećući sa stanice ubrzava 10 sekundi akceleracijom od $1.2\ \text{m/s}^2$. Zatim vozi stalnom brzinom i pred idućom stanicom usporava akceleracijom dvostrukog iznosa u odnosu na početnu. Kolika je srednja brzina tramvaja između te dvije stanice?

4. Marko vuče svog psa Snoopyja mase 11 kg na sanjkama težine 50 N, tako da se sanjke gibaju stalnom brzinom. U jednom trenutku Marko pusti užu i sanjke se nastave gibati usporeno. Na dijagramu je prikazano gibanje sanjki do trenutka kada Snoopy skoči s njih na snijeg.



Koliki je faktor trenja između sanjki i snijega? Kolikom je silom Marko vukao sanjke?

5. Tina je za rođendan dobila reketu i 6 loptica za ping-pong. Primijetila je da, kada ispusti ping-pong lopticu s neke visine bez početne brzine, ona ne odskoči do jednake

visine s koje je ispuštena. Datoteka na računalu u koju je upisivala podatke nije se dobro spremila pa je sutradan Tina pronašla samo informaciju o masi loptice (50 grama) i podatak da je ping-pong loptica nakon 4 odskoka bila na visini 98.4 cm, a nakon 5. odskoka na visini od 88.6 cm.

Pomozi Tini odrediti s koje je visine ispuštena ping-pong loptica. Koliko se ukupno energije pretvorilo u druge oblike energije od trenutka ispuštanja loptice do trenutka netom nakon 5. odskoka?

Osnovne škole – eksperimentalni zadatci

1. Na stolu pred tobom nalaze se elastična opruga nepoznate konstante elastičnosti te tekućina nepoznate gustoće. Odredi gustoću nepoznate tekućine koristeći elastičnu oprugu, no najprije odredi konstantu elastičnosti elastične opruge.

- Jasno opiši što i kako mjeriš.
- Provedi više mjerenja (barem 4) i prikaži ih tablično.
- Navedi konstantu elastičnosti opruge i gustoću nepoznate tekućine.

2. Na raspolaganju imaš tri otpornika A , B i C nepoznata otpora, od kojih su otpornici A i B međusobno serijski vezani (nemoj ih rastavljati!). Složi 5 različitih strujnih krugova u kojima ćeš provesti mjerenja i odrediti otpor svakog pojedinog otpornika. Prilikom slaganja strujnih krugova pripazi da se struje kroz svaki pojedini otpornik i naponi na otpornicima razlikuju od kruga do kruga.

- Nacrtaj sheme svih strujnih krugova te naznači položaj mjernih instrumenata.
- Prikaži svoja mjerenja te izračunate otpore za svaki otpornik u svakom složenom strujnom krugu.

Koliki su otpori otpornika A , B i C ?

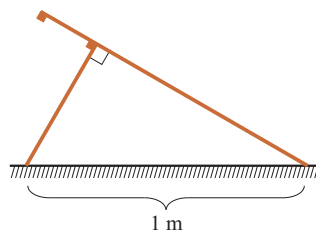
3. Odredi kako srednja brzina kojom voda moči trake papira (filter papir i papir za printanje) ovisi o temperaturi vode. Usporedi svoje rezultate za filter papir te papir za printanje. Što zaključuješ iz svojih mjerenja?

- Jasno opiši svoj postupak.
- Navedi svoju pretpostavku.
- Tablično prikaži rezultate za tri različite temperature vode.
- Prikaži rezultate u grafu.
- Usporedite svoje rezultate i napiši zaključak.

Srednje škole – zadatci

1. skupina

1. Dvije nepomične daske duljine 60 cm i 110 cm naslonjene su jedna na drugu, kao što je prikazano na slici. Razmak uporišta dasaka na horizontalnoj podlozi je 1 m, a postavljene su tako da u točki dodira zatvaraju pravi kut. Dva mala tijela nalaze se u početnom položaju koji je prikazan na slici. Iz početnog položaja tijela se istovremeno počinju gibati. Trenje između oba mala tijela i daske je zanemarivo. Zanemarite dimenzije malih tijela.

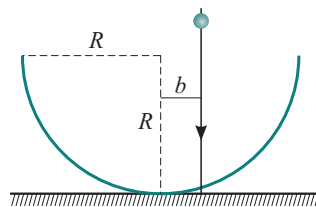


a) Izračunajte vertikalnu udaljenost dvaju tijela u trenutku kada je njihova horizontalna udaljenost jednaka nuli.

b) Izračunajte minimalnu udaljenost između dvaju tijela za vrijeme gibanja.

Uputa za b) dio zadatka: Kvadratna funkcija $f(x) = ax^2 + bx + c$, u kojoj je $a > 0$ i $b < 0$, ima najmanju vrijednost u točki tjemena, odnosno za $x_0 = -\frac{b}{2a}$.

2. Na horizontalnoj podlozi nalazi se polukružna zdjela polumjera zakrivljenosti R . Mala kuglica mase m puštena je da slobodno pada s visine h u odnosu na horizontalnu podlogu. Kuglica se giba po pravcu udaljenom za $b = \frac{7}{25}R$ od osi zdjele, kao što je prikazano na slici. Kuglica se elastično odbije od dna zdjele. Pretpostavite da je masa zdjele mnogo veća od mase kuglice te da zdjela ostaje nepomična prilikom odbijanja kuglice. Odredite najmanju moguću visinu h takvu da kuglica iskoči iz zdjele. Rezultat izrazite pomoću polumjera zdjele R .



Napomena. Možete koristiti sljedeće trigonometrijske identitete:

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha, \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha.$$

4. *International space station* (ISS) je međunarodna svemirska stanica koja se nalazi u niskoj orbiti oko Zemlje. ISS se kreće po približno kružnoj orbiti na visini od 400 km iznad površine Zemlje. (Ravnina u kojoj se giba ISS zatvara kut s ekvatorijalnom ravninom Zemlje od 51.6° .) Masa ISS-a je 420 000 kg, masa Zemlje je $5.97 \cdot 10^{24}$ kg, polumjer Zemlje 6371 km, gravitacijska konstanta $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$.

a) Izračunajte period ISS-a i koliko puta obiđe Zemlju u jednom danu.

b) Izračunajte brzinu kojom se giba ISS.

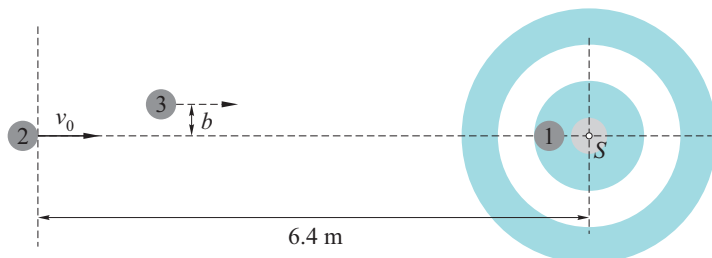
c) Izračunajte put koji prijeđe točka na ekvatoru Zemlje između dva uzastopna prolaska ISS-a iznad ekvatora u blizinu odabrane točke.

d) Polumjer orbite ISS-a smanji se za 2 km u mjesec dana zbog otpora vrlo rijetke atmosfere. Izračunajte gubitak energije ISS-a u mjesec dana.

4. *Curling* je zimski sport u kojem dvije ekipe naizmjenično guraju osam kamena po ledenoj stazi i nastoje ih smjestiti što bliže središtu koncentričnih krugova nacrtanih na kraju staze. Igrači mogu kontrolirati putanju i brzinu klizanja kamena po ledu tako da posebnom četkom četkaju led ispred klizajućeg kamena i na taj način smanjuju trenje između kamena i leda. U ovom zadatku pretpostavit ćemo da je putanja kamena uvijek pravocrtna i da se četkanjem leda može mijenjati samo koeficijent trenja između kamena i ledene podloge. Središte koncentričnih krugova na slici označeno je sa S . Polumjer kamena je $R = 14.5$ cm. Sva su tri kamena identična. Gravitacijsko je ubrzanje $g = 10 \text{ m/s}^2$.

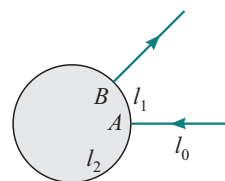
a) Dio *curling* staze prikazan je na slici. Kamen #1 miruje na rubu crvenog kruga s unutarnje strane. Promjer crvenog kruga je 1.22 m. Igrač gura kamen #2 po pravcu prikazanom isprekidanom linijom, koji prolazi točkom S , i ispušta ga u trenutku kada prednji rub kamena dotakne liniju koja je udaljena od točke S za 6.4 m (vidi sliku). Brzina kamena #2 u tom je trenutku jednaka $v_0 = 1.4 \text{ m/s}$. Kamen #2 zaustavlja se tik do kamena #1. Koeficijent trenja između kamena i ledene podloge iznosi 0.025. Četkanjem leda koeficijent trenja smanjuje se za 40 %. Odredite koliki su dio staze igrači morali četkati ledenu podlogu da se kamen zaustavi na zadanom položaju.

b) Nakon što se kamen #2 zaustavio, sljedeći igrač gura kamen #3. Kamen #3 giba se po pravcu paralelnom središnjoj isprekidanoj liniji i udaljenom od nje za $b = \sqrt{2}R$. Brzina kamena #3 u trenutku udara u kamen #2 je 60 cm/s. Sudari kamena su elastični. Ledena podloga, po kojoj se kameni gibaju nakon sudara, očetkana je tj. na njoj je trenje smanjeno. Odredite udaljenost položaja svakog kamena (kad se zaustave) od središta S .



2. skupina

1. Konstantanska žica duljine $L = 100$ cm presavijena je u kružni prsten. Ravna žica vodiča pričvršćena je na točku A prstena, a druga žica jednaka prvoj spojena je na prsten pomoću kliznog kontakta (točka B), tako da je njezin smjer uvijek radijalan; sve žice leže u istoj ravnini.



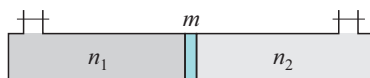
Neka su l_1 i l_2 duljine dva luka između točaka A i B i neka je $x = l_1/L$ bezdimenzionalni parametar koji definira položaj točke B .

Dvije ravne žice spojene su (na velikoj udaljenosti) na generator struje $I_0 = 250$ mA i mjeri se napon između točaka A i B . Utvrđeno je da maksimum napona, kada se x mijenja, iznosi $V_0 = 100$ mV.

- Odredite debljinu (promjer presjeka) konstantanske žice.
- Nacrtajte graf napona V između A i B , kao funkciju od x .
- Odredite ovisnost snage raspršene Jouleovim efektom u luku duljine l_1 u ovisnosti o x i skicirajte kvalitativno ovisnost na grafu. Znajući da ta ovisnost dostiže maksimum za $x = 1/3$, odredite pripadajuću maksimalnu vrijednost snage.

2. Cilindar presjeka $A = 100$ cm² i duljine $l = 100$ cm postavljen je vodoravno. Stjenke su toplinski izolirane i zanemarivog toplinskog kapaciteta. Unutar cilindra može kliziti klip mase $m = 0.13$ kg i zanemarive debljine, i sa zanemarivim trenjem. Specifični toplinski kapacitet tvari od koje je napravljen klip iznosi $c = 390$ J/kgK.

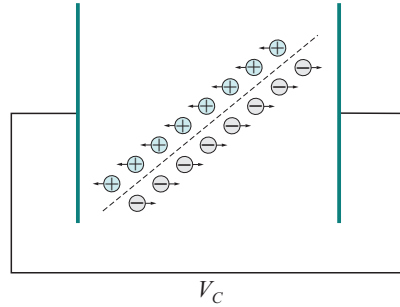
a) Na početku, u lijevom dijelu cilindra se nalazi $n_1 = 2.3$ mola jednoatomskog idealnog plina na temperaturi $T_1 = -90$ °C, a u drugom dijelu n_2 mola jednoatomskog idealnog plina na temperaturi $T_2 = 46$ °C. Klip se nalazi 53 cm od lijeve stijenke cilindra, i u mehaničkoj je ravnoteži. Odredite u tom početnom trenutku količinu plina koja se nalazi u desnoj strani cilindra, u molovima.



Nakon toga sustav seпусти da dođe u toplinsku ravnotežu. Ako je na početku temperatura klipa bila $T_0 = 100$ °C, odredite:

- ravnotežnu temperaturu sustava;
- koliko se klip pomaknuo.

3. Ionizacijska komora je detektor za otkrivanje i mjerenje jakosti ionizirajućega zračenja. Glavni su joj dijelovi zatvorena cilindrična komora, u kojoj se nalazi plin pod određenim tlakom, i dvije elektrode s početnom razlikom napona $V_C = V_0$. Prolaskom fotona ili neke nabijene čestice dovoljne energije kroz komoru, ioniziraju se ili pobuđuju molekule plina uzduž staze čestice. Ionizacijom neutralne molekule nastaju pozitivni ion i slobodni elektroni koji se nastavljaju gibati prema nabijenim pločama.



Zbog brojnih sudara tako nastalih iona i elektrona s ostalim molekulama plina njihova se brzina može smatrati konstantnom i nazivamo je driftna brzina. Kako je masa elektrona znatno manja prema onoj od iona može se smatrati da za te (driftne) brzine vrijedi $v_e \gg v_i$.

Za potrebe ovog zadatka uzet ćemo da elektrode u ionizacijskoj komori odgovaraju pločastom kondenzatoru, a voltmeter (nije prikazan na slici) je spojen tako da mjeri napon $V(t)$ koji odgovara razlici početnog napona i vremenski ovisnog napona $V_C : V(t) = V_0 - V_C(t)$.

Pretpostavimo da u trenutku $t = 0$ jedna čestica prođe na udaljenosti x od pozitivno nabijene ploče, i da je vrijeme prolaza te čestice kroz detektor zanemarivo kratko prema ostalim procesima.

a) Izrazite rad koji električna sila vrši na jednom elektronu i ionu, kao funkciju vremena, prije nego dođu do ploče kondenzatora.

b) Izrazite potencijal $V(t)$ kao funkciju broja N nastalih parova elektron-iona, udaljenosti d između ploča, kapaciteta C kondenzatora, i driftnih brzina elektrona i iona (također, prije nego što dođu do ploče kondenzatora). Pretpostavite da se $V_C(t)$ vrlo malo razlikuje od V_0 , tj. da se zbroj napona $V_0 + V_C(t)$ može aproksimirati s $2V_0$.

c) Budući da su driftne brzine vrlo različite, elektroni gotovo uvijek stignu na anodu (pozitivno nabijenu ploču kondenzatora) prije nego što pozitivni ioni stignu na katodu (negativnu ploču). Pretpostavimo da se tako događa i u ovom slučaju. Nazovimo t_e trenutak u kojem udare elektroni, a t_i sljedeći trenutak u kojem udare ioni. Pronađite izraz za signal $V(t)$, između t_e i t_i kao funkciju N , d , C , v_i i x .

d) Pronađite vrijednost $V(t)$ nakon t_i .

e) Nacrtajte kvalitativni graf funkcije $V(t)$.

4. Hermetički zatvoren cilindar visine $H = 1$ m napunjen je vodom (koju možemo smatrati idealnom tekućinom) do visine $h_0 = 90$ cm. Volumen koji ne zauzima voda ispunjen je idealnim plinom pri početnom tlaku od 8 atm i temperaturi $T = 300$ K. Na dnu cilindra napravljena je rupa zanemarive površine u odnosu na baznu površinu cilindra. Nađite izraz brzine izlaza vode iz rupe kao funkciju visine h tekućine, uz pretpostavku da širenje plina kako voda izlazi odgovara izotermom procesu. Izračunajte:

a) početnu brzinu kojom voda izlazi iz rupe;

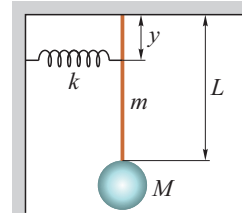
b) brzinu kada se visina tekućine prepolovi u odnosu na početnu vrijednost;

c) za koju vrijednost h na kojoj voda prestaje izlaziti.

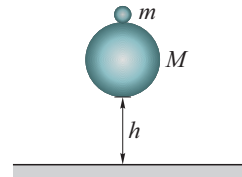
Fizikalne konstante: $R = 8.31$ J/Kmol, $P_{\text{atm}} = 1$ atm = 101 300 Pa, $g = 9.81$ m/s², $\rho_{\text{voda}} = 1000$ kg/m³, $\rho_{\text{konstantan}} = 4.90 \cdot 10^{-7}$ Ωm.

3. skupina

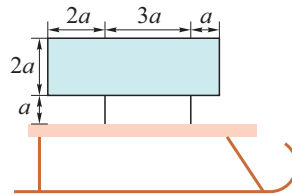
1. Kugla mase M visi na krutoj šipki mase m i duljine L sa stropa. Šipka je za strop pričvršćena tako da se može slobodno njihati. Na šipku je na visini y od stropa zakačena opruga konstante k . Opruga je u nerastegnutom stanju kada šipka stoji okomito u odnosu na strop. Izrazi iznos i smjer svih momenata koji djeluju na sustav kada je malo pomaknut iz ravnoteže. Izrazi period titranja preko masa m i M , duljina L i y i konstante k . Izrazi period titranja ako zanemarimo masu kugle ($M \rightarrow 0$) i konstantu opruge ($k \rightarrow 0$). Primijeni aproksimaciju malih kutova: $\sin \alpha = \alpha$, $\cos \alpha = 1$.



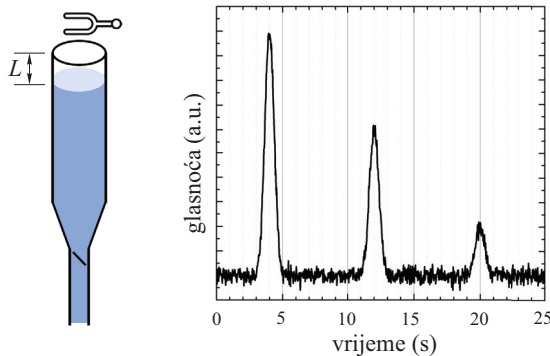
2. Dvije kugle, masa m i M , stoje jedna na drugoj kao na slici, na visini h od tla. U nekom trenutku pustimo kugle da slobodno padaju. Koju će krajnju visinu dostići lakša kugla, ako je masa teže kugle mnogo veća? Zanemari otpor zraka. Sudari među kuglama i kugle s tlom savršeno su elastični. Zanemari promjere kugli u odnosu na visinu h .



3. Mala Monika je na saonice stavila dva paketa na prilično loš način, tako da je veći paket postavila iznad manjeg, kao na slici. Dimenzije oba paketa mogu se iščitati sa slike i paketi su uniformne gustoće. Koeficijent trenja među paketima je $\mu = 1.5$, a koeficijent trenja donjeg paketa sa saonicama puno je veći. Za koji raspon akceleracija saonica je teret stabilan? Uzeti u obzir pozitivne i negativne akceleracije.



4. Odljevna tikvica je napunjena vodom do vrha: u $t = 0$ prazan prostor u tikvici je $L = 0$. Namještena je tako da voda polako curi iz nje, brzinom 10 ml/s , a početak curenja je $t = 0$. Tikvica ima kružni presjek promjera $d = 25 \text{ mm}$. Dovoljno je duga za potrebe zadatka i njena duljina se ne razmatra. Iznad otvora tikvice stavimo glazbenu viljušku. U početnom trenutku voda je napunjena do vrha. Kako voda istječe, tako se mijenjaju periodi kada viljuška glasno rezonira, što možemo prikazati na grafu glasnoće. Nađi prirodnu frekvenciju glazbene viljuške. Je li površina vode čvrsti ili slobodni kraj svirale? Obrazloži odgovor koristeći saznanja iz samog zadatka! Brzina zvuka u zraku je $c = 335 \text{ m/s}$. Glasnoća viljuške ovisi o dosta parametara te sam iznos glasnoće nije bitan za zadatak.



4. skupina

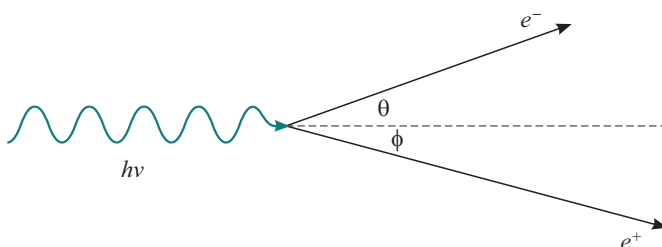
1. Elektron se može slobodno gibati unutar efektivno dvodimenzionalnog volumena oblika pravokutnika dimenzija $a = 6 \text{ nm}$ i $b = 4 \text{ nm}$. Koje su energije fotona potrebne da elektron iz najnižeg energetskog stanja prijeđe direktno u prva tri pobuđena stanja? Rezultate izrazite u meV-ima.

2. Na slici 1 prikazan je raspad fotona na elektron-pozitron par. Pozitron i elektron imaju jednake mase, ali suprotne naboje.

a) Napišite zakone očuvanja energije i impulsa za ovaj proces i pokažite da on nije moguć u vakuumu.

b) Ovakvi procesi raspada fotona mogući su u blizini atomske jezgre čime i ona putem elektromagnetske interakcije dobije dio impulsa upadnog fotona. Komadić olova dimenzija $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ mm}$ izložimo γ -zračenju valne duljine $1.24 \cdot 10^{-2} \text{ pm}$ intenziteta 0.1 Wm^{-2} tako da je upadna površina zračenja na olovo maksimalna. Koliki je intenzitet γ -zračenja iza komadića olova ako on slijedi ovisnost $I = I_0 e^{-\mu x}$, gdje je $\mu = 1.05 \text{ cm}^{-1}$ linearni koeficijent atenuacije zračenja kroz olovo, a x put koji zračenje prođe kroz materijal? Za ovako energetično zračenje snop gubi intenzitet gotovo isključivo zbog produkcije elektron-pozitron parova u olovu, tj. drugi efekti kao fotoelektrični efekt ili Comptonov efekt su zanemarivi.

c) Odredi ukupnu deponiranu energiju u tom komadiću olova ako je bio izložen zračenju 5 h. Pretpostavite da su svi nastali elektroni i pozitroni ostali vezani u materijalu.



Slika 1. Raspad fotona na elektron-pozitron par.

3. Dana je trostrana prizma kao na slici 2. Ona je usmjerena tako da su joj baze paralelne s x - y ravninom, te najveća stranica plašta gleda u pozitivnom smjeru x -osi. Ishodište koordinatnog sustava je u točki O . Baza je jednakokrani trokut čija je najveća duljina dana s $2h$, a kutovi uz tu stranicu jednaki su α . Visina prizme je v , gustoća ρ i indeks loma n , a indeks loma sredstva u kojem se prizma nalazi je 1. Jedna od dvije manje stranice plašta (ona koja je donja na prikazanoj slici) obasjana je monokromatskim zračenjem koje putuje duž pozitivnog smjera x -osi. Intenzitet zračenja dan je sa:

$$I(y, z) = \begin{cases} (h - y)k, & \text{kada je } -h/5 < y < h \text{ i } 0 < z < v \\ 0, & \text{inače,} \end{cases} \quad (1)$$

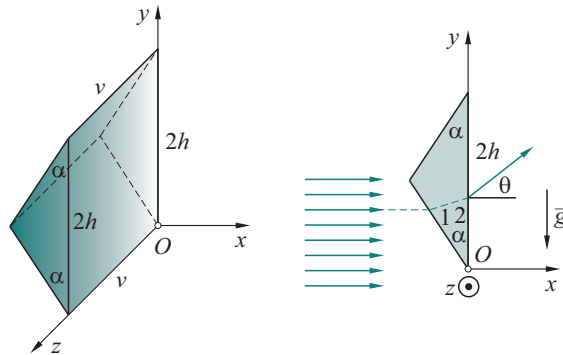
gdje je k konstanta koja ima dimenzije intenziteta po duljini.

a) Pronađite kut izlazne zrake θ (označen na slici) koja nastaje nakon dva uzastopna loma upadne svjetlosti na prizmi u ovisnosti o α i n .

b) Pretpostavite da je koeficijent transmisije na granici "1" prizme i zraka jednak η , a na granici "2" jednak 1. Odredite ukupnu silu na prizmu (zbog obasjavanja) u ovisnosti o h , v , η , α , θ i k . Zanemarite apsorpciju zračenja.

c) Kolika mora biti snaga izvora koje proizvodi zračenje čiji intenzitet ima ovisnost iz (1), uz uvjet da nema gibanja prizme u y smjeru, ako se ona nalazi u gravitacijskom polju Zemlje? Uzmite $\alpha = 20^\circ$, $\rho = 2.5 \text{ gcm}^{-3}$, $v = 80 \text{ }\mu\text{m}$, $h = 30 \text{ }\mu\text{m}$ i $\eta = 0$ (nema transmisije). Najveća stranica plašta prizme (ona koja leži u y - z ravnini) položena je na optički proziran “zid” po kojemu može kliziti bez trenja i koji sprječava gibanje u x smjeru i bilo kakve rotacije prizme.

d) Obrazložite kakva je stabilnost uvjeta ravnoteže na male pomake prizme. Kakva bi bila stabilnost uvjeta ravnoteže na male pomake da nema zračenja u području $-h/5 < y < 0$?

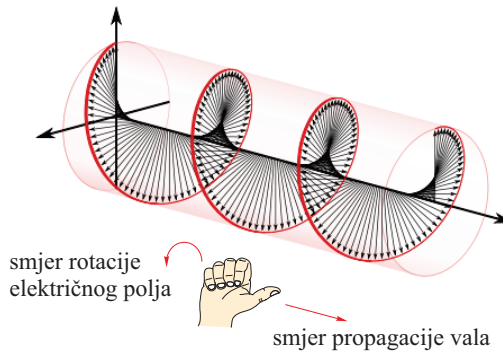


Slika 2. Trostrana prizma obasjana monokromatskim zračenjem u gravitacijskom polju duž $-y$ smjera.

4. Električno polje kružno polariziranog vala koji se prostire u $+\hat{z}$ smjeru je:

$$\vec{E}_{\pm} = E[\cos(\omega t - kz)\hat{x} \pm \sin(\omega t - kz)\hat{y}], \quad (2)$$

gdje za \vec{E}_- kažemo da polarizacija slijedi pravilo desne ruke (ako je palac desne ruke smjer propagacije vala, onda se električno polje zakreće u smjeru ostalih prstiju, kao što je prikazano na slici 3).



Slika 3. Električno polje desno kružno polariziranog vala.

Analogno, \vec{E}_+ je električno polje lijevo kružno polariziranog vala. Lijevo i desno kružno polarizirani val imaju različite fazne brzine prilikom prolaska kroz plazmu (ioniziranu tvar koja sadrži slobodne elektrone) kada je prisutno dodatno statičko magnetsko polje u smjeru propagacije elektromagnetskog vala. Indeksi refrakcije

lijevog/desnog kružno polariziranog vala kroz plazmu tada su:

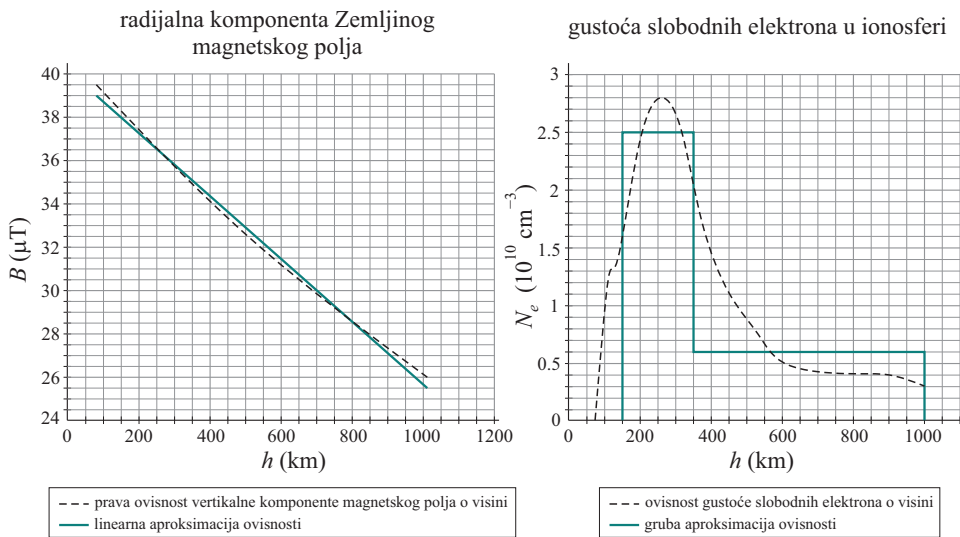
$$n_{\pm}^2 = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega \pm \omega_c)}, \quad \omega_p^2 = \frac{4\pi N e^2}{m}, \quad \omega_c = \frac{eB}{m}, \quad (3)$$

gdje je N gustoća slobodnih elektrona u plazmi, e naboj elektrona, m masa elektrona i B statičko magnetsko polje. Frekvencije ω_p i ω_c redom opisuju "prirodnu" frekvenciju titranja slobodnih elektrona u plazmi, te ciklotronsku frekvenciju.

a) Odredi faznu razliku lijevo i desno kružno polariziranog vala frekvencija ω nakon propagacije za Δz kroz plazmu koja sadrži uniformnu gustoću slobodnih elektrona, u uniformnom magnetskom polju koje je paralelno sa smjerom propagacije valova. Rezultat izrazite kao funkciju ω , ω_p , ω_c i Δz . Vrijedi da je $\omega \gg \omega_c, \omega_p$. Možete koristiti $(1+x)^{-1} \approx 1-x$ za $x \ll 1$ i $n_+ + n_- \approx 2$.

b) Prolaskom linearno polariziranog zračenja kroz isti segment plazme duljine Δz u istom statičkom magnetskom polju dolazi do zakreta kuta polarizacije zračenja (taj efekt naziva se Faradayeva rotacija). Odredi kut zakreta polarizacije u ovisnosti o ω , N , B i Δz .

c) Izračunavanjem Faradayeve rotacije (na temelju promatranja polariziranog zračenja dalekih izvora, npr. pulsara) mogu se dobiti neka saznanja o gustoći slobodnih elektrona i magnetskim poljima u međuzvezdanom prostoru. Efekt Faradayeve rotacije događa se i pri prolasku polariziranog zračenja kroz Zemljinu ionosferu. U grafovima na slici 3 iscrtkanom linijom su zabilježene izračunate vrijednosti radijalne komponente magnetskog polja Zemlje i izmjerene vrijednosti gustoće slobodnih elektrona u ionosferi. Odredite kut zakreta linearno polariziranog zračenja frekvencije $f = 20$ MHz zbog prolaska kroz ionosferu koristeći podatke označene punom linijom (koje su gruba aproksimacija). Pretpostavite da je smjer propagacije zračenja okomit na Zemlju.



Slika 4. Izračunani/izmjereni podaci magnetskog polja Zemlje i gustoće slobodnih elektrona u ovisnosti o nadmorskoj visini – iscrtkana linija, i aproksimirane ovisnosti – puna linija.

Vrijednosti potrebnih fizikalnih konstanti: brzina svjetlosti – $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$, gravitacijsko ubrzanje Zemlje – $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$, masa elektrona – $m = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, naboj elektrona – $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, Planckova konstanta – $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kgs}^{-1}$.

1. skupina – Jednoliko kružno gibanje

Pribor: Gumeni čep (masa je označena na čepu), uteg s nosačem (masa je označena na utegu), cjevčica, špaga, mjerna traka (metar), ljepljiva traka, flomaster, drveni štapić, mobitel kao štoperica. Koristite svoj mobitel kao štopericu. Mobitel mora biti isključen iz mreže. Možete ga koristiti samo tijekom mjerenja perioda vrtnje. Kada ga ne koristite mora stajati u lijevom gornjem kutu stola. Ukoliko ga budete koristili za bilo koju drugu svrhu bit ćete udaljeni s natjecanja i neće vam se priznati bodovi iz eksperimentalnog zadatka.

Zadatak.

a) *Mjerenje perioda vrtnje čepa za različite radijuse vrtnje*

Špagu, na kojoj je s jedne strane čep, treba provući kroz cjevčicu. Na drugi kraj špage objesite nosač s utegom. Špaga s utegom i cjevčica stoje vertikalno. Cjevčicu neznatno pomičete tako da se čep vrti jednoliko kružno iznad vaše glave.

Potrebno je izmjeriti period vrtnje tako da je duljina špage od cjevčice do čepa D jednaka 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm i 70 cm. Dobivene rezultate upišite u tablicu.

b) *Računanje brzine vrtnje*

Za svako mjerenje izračunajte brzinu vrtnje i dodajte u tablicu. Ukoliko smatrate da vam u tablici trebaju stupci s nekim veličinama koje nisu zadane u zadatku slobodno ih dodajte.

c) *Centripetalna sila – eksperimentalna*

Iz dobivenih podataka izračunajte centripetalnu silu F_{cp} i upišite ju u tablicu.

d) *Račun pogrešaka za mjerenje centripetalne sile*

Napravite račun pogrešaka kod mjerenja centripetalne sile F_{cp} . Napišite kolika je centripetalna sila dobivena mjerenjem.

e) *Centripetalna sila – teorijska*

Potrebno je teorijski izračunati kolika centripetalna sila F'_{cp} djeluje na čep iz zadanih podataka (ne iz podataka koji su dobiveni mjerenjem).

f) *Usporedba teorijske i eksperimentalne vrijednosti centripetalne sile*

Usporedite teorijske i eksperimentalne vrijednosti centripetalne sile.

g) *Kinetička energija*

Izračunajte kinetičke energije E_k iz podataka dobivenih mjerenjem i upišite u tablicu. Također izračunajte kinetičku energiju E'_k iz teorijski dobivene centripetalne sile i radijusa vrtnje i unesite u tablicu. Usporedite vrijednosti.

h) *Rad pri kružnom gibanju*

Izračunajte koliki rad izvrši centripetalna sila kada čep napravi jedan krug za svako mjerenje.

i) *Opis mjerenja*

Opišite kako ste mjerili.

j) Nabrojite tri fizikalne veličine koje mogu utjecati na mjerenje, a nisu uključene u ova mjerenja.

2. skupina – određivanje mase drvenog predmeta

Pribor: čaša s vodom (gustoća vode je 1000 kg/m^3), ravnalo s mjernom skalom, elastična opruga, metalni valjčić, elastična gumica, drveni predmet s metalnom kukicom (određujemo njegovu masu).

Zadatak. Pomoću priloženog pribora odredite masu drvenog predmeta.

U sklopu zadatka potrebno je:

1. Teorijski obrazložiti postupak mjerenja, izvesti odgovarajuće teorijske formule, definirati koje veličine i kako je potrebno mjeriti te skicirati postupak mjerenja.
2. Napraviti barem 6 mjerenja odgovarajućih veličina, za svako mjerenje odrediti masu drvenog predmeta i podatke prikazati tabelarno.
3. Napraviti račun pogreške: srednja vrijednost, maksimalna apsolutna pogreška i zapis rezultata (vodite računa o pouzdanim znamenkama).

3. skupina – Machovo njihalo

Pribor: drvena daščica, dvije slamke probušene na jednom kraju, igla za pletenje, dvije kutije šibica, plastelin, ljepljiva traka, sat budilica sa sekundama, ravnalo.

Zadatak. Pomoću navedenog pribora pripremite Machovo njihalo i primijenite ga tako da:

- a) kratko i jasno opišete pripremu eksperimentalnog uređaja za određivanje jakosti gravitacijskog polja u učionici i zatim jakosti gravitacijskog polja za dva različita nagiba ravnine titranja;
- b) skicirate eksperimentalni uređaj i pojedine dijelove povežete s opisom pod a);
- c) navedete matematičke izraze pomoću kojih ćete računati jakost gravitacijskog polja u pojedinom slučaju i povežete ih sa skicom pod b) ili sa zasebnom skicom;
- d) kratko i jasno opišete način vršenja mjerenja;
- e) napravite po 10 mjerenja za osnovnu ravninu titranja i zatim za dva različita nagiba i rezultate mjerenja prikazete tablično;
- f) provedete račun slučajnih pogrešaka za sva tri seta mjerenja i odredite srednju vrijednost, pojedinačno odstupanje od srednje vrijednosti, apsolutnu vrijednost maksimalnog odstupanja, relativnu maksimalnu pogrešku i zapise točnih rezultata;
- g) brojačano i riječima usporedite dobivene rezultate za jakosti gravitacijskog polja;
- h) analizirate dobivena maksimalna odstupanja i relativnu maksimalnu pogrešku s kratkim osvrtom što je sve utjecalo na preciznost mjerenja;
- i) napravite brojačanu i opisnu usporedbu jednog od tri eksperimentalna rezultata s poznatom vrijednosti za jakost gravitacijskog polja u učionici;
- j) navedete, prema stečenom eksperimentalnom iskustvu i prethodnom predznanju, čemu služi Machovo njihalo.

4. skupina – svjetleće diode

Pribor: svjetleće diode (po dvije crvene, žute, zelene, plave i bijele), spojne žice, dvije velike spajalice, potenciometar (trimer) $1 \text{ k}\Omega$, odvijač, otpornici (330Ω), multimetri, baterija 9 V , mjerna traka na letvici, mjerna traka, optička rešetka (500 pukotina po mm), pločica za LED, gumena tamna cjevčica, arak papira sa obojanim pravokutnicima, milimetarski papir, gumice.

Upute. Pri izvođenju eksperimentalnog zadatka kao indikatori se koriste posebne vrste izvora svjetlosti – LED diode. Tijekom prolaza električne struje poluvodičkom diodom u dodirnom NP – sloju stalno se rekombiniraju slobodni elektroni i šupljine. Pritom se u nekim poluvodičima, pri rekombinaciji, oslobođena energija pretvara u svjetlost. Takve se diode nazivaju svjetleće diode. LED (Light Emiting Diode) rade na načelu unutarnjeg fotoelektričnog učinka. Na frekvenciju zračenih elektromagnetskih valova, odnosno na boju emitirane svjetlosti, može se utjecati odabirom odgovarajućeg poluvodičkog materijala te odabirom i koncentracijom točno određenih primjesa.



Kristal poluvodiča sastoji se od velikog broja pravilno razmještenih atoma čiji se energijski nivoi cijepaju u niz bliskih susjednih stanja koja se zovu vrpčama. One su odijeljene energijskim procjepom. U slučaju unutarnjeg fotoelektričnog učinka, kod poluvodiča, valentni elektroni koji apsorbiraju foton prelaze u vodljivu vrpču. Ako je energija apsorbiranih fotona veća od energije energijskog procjepa, elektroni na račun dobivene energije mogu prijeći iz valentne vrpce u vodljivu vrpču i postati pokretni i mogu biti nositelji električne struje u kristalu.

Svaki materijal ima različitu širinu energijskog procjepa i zato emitira svjetlost različitih valnih duljina. Za LED crvene boje to svojstvo ima (GaAsP), LED plave boje (GaN) i LED zelene boje (GaP).

Ako kroz svjetleću diodu prolazi prevelika struja, dolazi do oštećenja. Struju treba ograničiti pomoću otpornika. Svjetleća dioda ima pozitivan i negativan pol. Na kućištu je negativan pol označen, tako da je kućište sa strane gdje je negativan pol lagano zaravnato. Dioda 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.

Napomena. Ne skraćujte ili savijajte izvođe na svjetlećim diodama.

Zadatci.

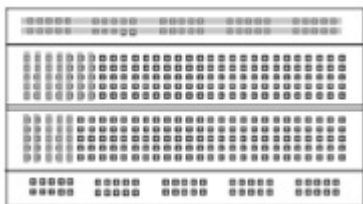
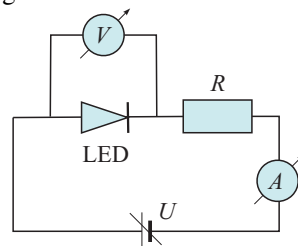
1. dio

a) Odredite strujno-naponske karakteristike svjetlećih dioda.

Za crvenu, žutu, zelenu, plavu i bijelu svjetleću diodu nacrtajte, na milimetarskom papiru (prilog 1), strujno naponske karakteristike, na istom grafu.

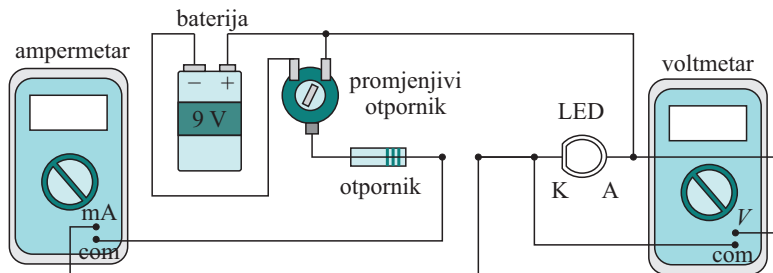
Osnovni se strujni krug sastavlja prema shemi na slici.

Umjesto laboratorijskog izvora napona kao izvor napona koriste bateriju od 9 V. Kako bi za vrijeme mjerenja mogli mijenjati napone dodaje se promjenjivi otpornik (trimer od 1 k Ω). Zakretanjem okretnog dijela s utorom na sredini trimera, mijenja se vrijednost napona na diodi. Koristite priloženi odvijač za zakretanje. Potrebno je dodati i otpornik od 330 Ω u seriju.



Strujni se krug sastavlja na eksperimentalnoj pločici. Ova se pločica sastoji od plastičnog kućišta na čijoj se gornjoj strani nalazi mnoštvo rupica namijenjenih umetanju nožica različitih komponenti. Rupice su u unutrašnjosti pločice međusobno povezane prema određenom pravilu. Na slici su označene međusobno povezane rupe. One predstavljaju mjesta jednakog potencijala. Na slici je označen dio međusobno spojenih rupa.

Primjer spajanja vašeg eksperimentalnog postava prikazan je na slici. Svjetleća dioda, promjenjivi otpornik i otpornik trebaju biti postavljeni na eksperimentalnu pločicu.



Prije mjerenja, na multimetru kojim se mjeri napon, odaberite odgovarajuće mjerno područje na zakretnom dijelu (DCV, 20.). Na multimetru kojim mjerite struju odaberite mjerno područje DCA, 200 mA. Spojne žice se spajaju na COM ulaz multimetra (-) i V Ω mA ulaz (+).

Mjerite parove vrijednosti napona i struje. Očitajte barem 10 parova napona i struje počevši od trenutka kad je LED tek zasvijetlila. Mjerenja provodite isključivo u propusnom smjeru diode. Struja ne smije premašiti 20 mA.

Mjerenja i rezultate prikažite tablično i grafički.

b) Usporedite dobivene grafove. O kakvim se karakteristikama radi?

c) LED pri određenom istosmjernom naponu počinje emitirati svjetlost. Izmjerite napon na svakoj pojedinoj diodi upravo kada počne svijetliti (napon praga U_0). Iz dobivenih mjerenja za svaku svjetleću diodu odredite energiju koja se pri rekombinaciji pretvorila u svjetlost. Energije izrazite u eV. Obrazložite postupke svojih izračuna. Navedite primijenjene izraze i imenujte sve veličine.

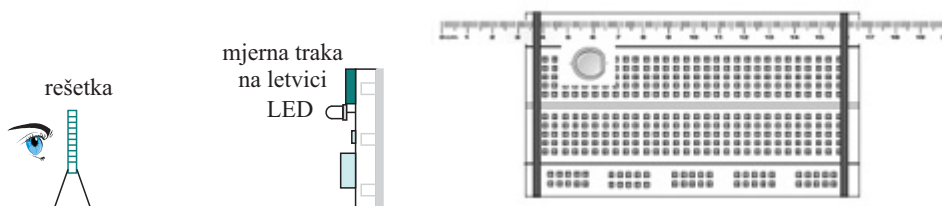
d) Povucite pravac duž linearnog dijela strujno naponske karakteristike. Očitajte vrijednost napona na naponskoj osi kroz koji pravac prolazi (U_0). Ponovite postupak za svaku svjetleću diodu i očitajte pripadne napone. Ove se vrijednosti razlikuju od vaših prethodnih očitovanja. Obrazložite.

e) Diskutirajte napon praga bijele LED u odnosu na ostale svjetleće diode.

Konstante: brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$.

2. dio

Da bi odredili valnu duljinu emitirane svjetlosti upotrijebit ćete optičku rešetku koja ima 500 pukotina po jednom milimetru. Na slici je shematski prikaz pokusa u kojem treba odrediti valnu duljinu izvora svjetlosti.



Optičku rešetku (u plastičnom okviru) postavite u veliku spajalicu za papir. Eksperimentalnu pločicu koju ste koristili u prvom dijelu vježbe okrenite okomito. Neka je LED postavljena u gornjem dijelu pločice (na skici nije prikazan elektronički sklop iz prethodog dijela zadatka, potreban za napajanje diode.). Pričvrstite letvicu s mjernom trakom pomoću gumica, neposredno iznad LED kako je prikazano na slici.

Uključite LED i promotrite njezinu svjetlost kroz optičku rešetku, tako da vam je oko vrlo blizu rešetke. Promotrite dobiveni spektar. Udaljenosti namjestite tako da dobro vidite spektar prvog reda.

a) Usporedite i opišite dobivene spektre pojedinih svjetlećih dioda, uključujući i svjetleću diodu koja emitira bijelu svjetlost.

b) Odredite valne duljine crvene, žute, zelene i plave svjetleće diode. Za svaku diodu izvršite seriju od 5 mjerenja i procijenite točnost mjerenja. Što je sve uvjetovalo točnost vaših mjerenja? Rezultate prikažite tablično. Na skici označite mjerene veličine. Navedite sve izraze koje ste koristili za izračune.

c) Iz dobivenih mjerenja (koristite srednje vrijednosti dobivenih rezultata u b) dijelu) odredite energije emitiranih fotona. Energije izrazite u eV.

d) Usporedite dobivene energije s energijama dobivenima u 1. dijelu zadatka. Obrazložite rješenja.

3. dio

Namjena je svjetlećih dioda, u pravilu, emitiranje svjetlosti. Međutim, ako na svjetleću diodu spojite voltmetar, i pri dnevnoj svjetlosti, očitat ćete vrijednosti i od nekoliko mV, nekoliko desetaka mV i više. Vaš je zadatak istražiti ovisnost napona koji očitavate na svjetlećoj diodi o valnoj duljini svjetlosti koja na nju upada.

Sastavite eksperimentalni postav prikazan na slici.

LED 1 (predajnik) postavljena je na eksperimentalnoj pločici kao i u prvom i drugom dijelu zadatka. Spojite diodu na bateriju. Na pločicu na kojoj se nalazi konektor s dva utora postavite LED 2 (prijemnik) i zatim diodu spojite na voltmetar (mjerno područje 200 mV).

Postavite prvo crvenu LED i osvijetljavajte redom svjetlošću crvene LED, zatim žute, zelene i plave LED.

Nakon toga osvijetljavajte žutu LED redom svjetlošću crvene, žute, zelene i plave LED. Na isti način nastavite s osvijetljavanjem zelene i plave LED i očitavajte pripadne napone na LED 1.

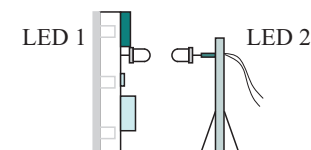
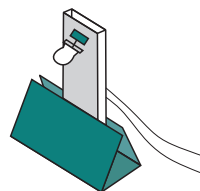
LED 1 i 2 treba postaviti jednu naspram druge, vrlo blizu. Namještajte tako dugo dok nije očitana najveći napon na voltmetru. Ukoliko okolno osvijetljenje smeta, možete svjetleće diode postaviti na krajeve priložene gumene crne cjevčice. Cjevčicu možete skratiti kako bi dobili željenu duljinu.

a) Sastavite tablicu u kojoj ćete prikazati izmjerene napone u ovisnosti o valnoj duljini primijenjene svjetlosti.

b) Što možete zaključiti na osnovu dobivenih podataka?

c) Obrazložite moguća odstupanja u svojim mjerenjima.

d) Je li moguće koristiti svjetleće diode kao naponske ćelije? Obrazložite. Kako biste odredili maksimalnu snagu ovakve naponske ćelije?



e) U 1. i 2. dijelu zadatka objašnjavali ste spektre bijele LED i ostalih svjetlećih dioda. Također ste razmatrali napone praga za bijelu i ostale svjetleće diode. Jeste li uspjeli povezati napon praga bijele i ostalih dioda? Usporedite strujno naponske karakteristike bijele i plave LED.

Uzmite svaku od dobivenih svjetlećih dioda i pokušajte vidjeti poluvodički element (PN spoj) u unutrašnjosti svake diode. Usporedite pogled u unutrašnjost kućišta, npr. plave i bijele LED. Što opažate?

Zadatak je da pomoću jedne od svjetlećih dioda (crvene, zelene ili plave) i jednog od obojanih pravokutnika (prilog 2) dobijete bijelu svjetlost. U prilogu 2 otisnut je niz pravokutnika obojanih običnim bojama (tinta pisača) i niz pravokutnika obojanih fluorescentnim flomasterima. Obrazložite rezultat izvedenog pokusa.

Na osnovu svega prethodnog, pokušajte pojednostavnjeno objasniti načelo rada vaše bijele LED.

Željko Skoko