

# Županijsko natjecanje iz fizike, 9. ožujka 2023.

---

**Poljak, Nikola**

Source / Izvornik: **Matematičko fizički list, 2023, 73, 277 - 283**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:504954>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-13**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)

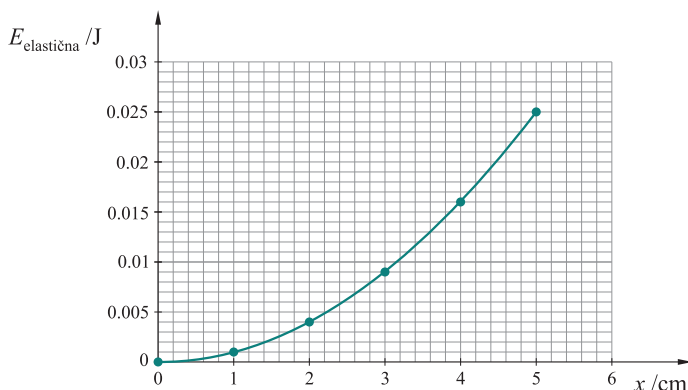


### Osnovna škola – zadatci

1. U kabinetu iz fizike Luka je pronašao jednu zavojnicu načinjenu od duge namotane bakrene žice. Zavojnica ima samo jedan sloj gusto namotanih zavoja. Izmjerio je njezinu duljinu i ustanovio da ta zavojnica na 15 cm duljine ima 125 namotaja. Krajeve zavojnice spojio je na bateriju od 1.5 V i odredio da zavojnicom u tome trenutku teče struja jakosti 2.5 A. Pronašao je na internetu da 1 metar bakrene žice stoji 5 centa.

Koliko će Luka platiti bakrenu žicu potrebnu da napravi zavojnicu jednaku onoj iz kabineta? Električna otpornost bakra iznosi  $1.68 \cdot 10^{-8} \Omega$ .

2. Graf prikazuje kako elastična potencijalna energija pohranjena u opruzi ovisi o tome za koliko je opruga sabijena.



Slučaj A: Oprugu sabijemo za 5 cm te na njezin vrh postavimo uteg mase 25 g. Kad pustimo vrh opruge, opruga odbaci uteg u zrak te mu se visina poveća za  $h$ .

Slučaj B: Ta se opruga zatim postavi horizontalno na ravnu podlogu te se ponovno sabije, a na sam njezin kraj stavi se isti uteg koji opruga sad odgurne po horizontalnoj podlozi. Utteg se po podlozi giba do zaustavljanja, pri čemu se pomakne od svojega početnog položaja za  $L$ .

Ako je faktor trenja između utega i horizontalne podloge  $\mu = 0.36$ , odredi za koliko moramo sabiti elastičnu oprugu da bi put  $L$ , koji uteg prijeđe po ravnoj podlozi do zaustavljanja u slučaju B, bio jednak promjeni visine  $h$ , na koju se uteg popne u slučaju A. Pretpostavi da se proces pretvorbe elastične energije u druge oblike energija odvija bez gubitaka. Trenje između opruge i podloge u slučaju B zanemarimo.

3. Anomalija vode je svojstvo vode da najveću gustoću ima pri  $4^\circ\text{C}$ , kad gustoća vode iznosi  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Zagrijavanjem se volumen vode mijenja, što mijenja i njezinu gustoću. Volumen se od  $1 \text{ m}^3$  vode poveća za  $0.0002 \text{ m}^3$  pri promjeni temperature od  $1^\circ\text{C}$ . Dvije litre vode početne temperature od  $4^\circ\text{C}$  zagrijavamo 10 minuta električnim grijačem snage 840 W. Odredi gustoću vode na konačnoj temperaturi. Pretpostavi da nije bilo gubitka topline u okolinu. Specifični toplinski kapacitet vode iznosi  $4200 \text{ J/kgK}$ .

4. Utteg težine 1 N, ovješten na dinamometar, u potpunosti uronimo u vodu. Dinamometar u tome slučaju pokazuje silu od 0.8 N. Taj isti utteg potom u potpunosti uronimo u

mješavinu vode (gustoće  $1000 \text{ kg/m}^3$ ) i nepoznate druge tekućine (gustoće  $750 \text{ kg/m}^3$ ). Ako dinamometar u drugome slučaju pokazuje silu od  $0.82 \text{ N}$ , odredi koliko je vode, a koliko druge tekućine u toj mješavini.

5. Čekajući let iz Pariza za Zagreb, Ana je kratila vrijeme proučavajući okolinu. Uočila je nekoliko ravnih pokretnih staza koje su prevozile putnike između pojedinih izlaza (engl. *gate*) i pomagale im da malo brže stignu do svojih letova. Zanimalo ju je koliko su te pokretne staze duge i koja je njihova brzina, pa je odlučila napraviti jedan eksperiment i zabilježila ove podatke:

a) ako hoda po stazi brzinom od  $5 \text{ km/h}$  u smjeru gibanja pokretne staze, na drugi kraj staze dođe za  $14.4 \text{ s}$

b) vraćajući se, hoda brzinom od  $5 \text{ km/h}$  u smjeru suprotnome od gibanja te pokretne staze, a za doći na drugi kraj staze treba joj  $4$  puta više vremena.

Kojom se brzinom giba pokretna staza i koliko je ona duga?

*Napomena.* U svim zadacima uzmi da je  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

## Osnovna škola – praktični zadatci

1. Odredi faktor trenja između novčića od  $50$  centa i ravne podloge klupe. Novčić položi na nagnuto ravnalo (kosinu) i ispuštaj ga s ravnala na klupu, ali pazi da ga pritom ne pogurneš.

a) Navedi što i kako mjeriš.

b) Napravi  $5$  mjerenja i tablično prikaži svoje rezultate.

c) Iz svojih rezultata mjerenja odredi faktor trenja između novčića i klupe. Trenje između novčića i ravnala zanemari u ovome slučaju.

2. Kako napon na žaruljici ovisi o jakosti struje kroz žaruljicu?

a) Prikaži sheme strujnih krugova kojima ćeš se koristiti u ovome zadatku s jasno naznačenim mjernim instrumentima. Izvedi barem  $3$  mjerenja.

b) Navedi svoju pretpostavku o tome kako se napon na žaruljici mijenja u ovisnosti o jakosti struje kroz nju.

c) Tablično i grafički prikaži svoja mjerenja.

d) Slažu li se rezultati s tvojom pretpostavkom? Objasni svoj odgovor.

## Srednje škole – zadatci

### 1. skupina

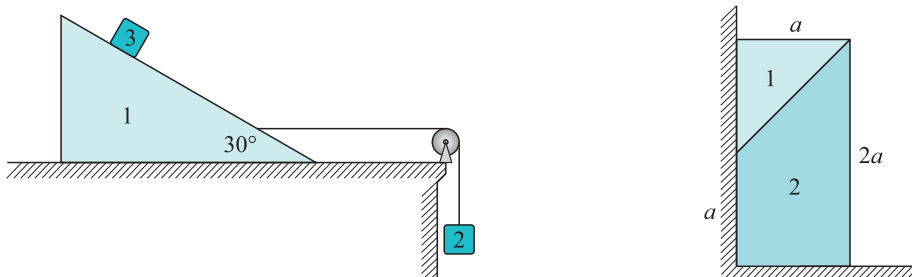
1. Tunel Sveti Rok na autocesti A1 dugačak je  $5679 \text{ m}$ . Automobil ulazi u tunel na sjevernome ulazu vozeći stalnom brzinom. Drugi automobil istodobno ulazi u tunel na južnome ulazu vozeći brzinom od  $130 \text{ km/h}$ . Odmah nakon ulaska u tunel drugi automobil sljedećih  $7.2 \text{ s}$  jednoliko smanjuje svoju brzinu do brzine od  $100 \text{ km/h}$  i dalje nastavlja voziti stalnom brzinom. U trenutku mimoilaženja dva automobila u tunelu omjer prevaljenoga puta prvoga i drugoga automobila je  $4 : 5$ .

a) Izračunaj brzinu prvoga automobila.

b) Izračunaj vrijeme potrebno prvomu i drugomu automobilu da prijeđu cijeli tunel.

c) Nacrtaaj graf ovisnosti položaja prvoga i drugoga automobila o vremenu. Ishodište koordinatnoga sustava nalazi se na sjevernome ulazu u tunel.

2. Tri su tijela smještena kako je prikazano na slici lijevo. Tijela 1 i 2 povezana su nerastezljivim užetom preko koloture. Masa tijela 2 iznosi 3 kg, a masa tijela 3 iznosi 1 kg. Masa užeta i masa koloture su zanemarivi. Sustav se giba u gravitacijskom polju Zemlje. Tijelo 3 miruje u odnosu na tijelo 1. Trenje između svih površina je zanemarivo. Izračunaj masu tijela 1.



3. Dva tijela u početnome se trenutku nalaze u položaju koji je prikazan na slici desno, a zatim se počnu gibati. Koeficijent trenja između tijela i zida te između tijela i horizontalne podloge iznosi  $\mu = 0.111$ . Trenje između dvaju tijela je zanemarivo. Tijela su napravljena od istoga materijala, a njihova je širina jednaka. Promatramo gibanje tijela dok su ona u kontaktu. Gravitacijsko ubrzanje je  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . Izračunaj ubrzanje kojim se giba tijelo 1 i ubrzanje kojim se giba tijelo 2 na početku gibanja.

4. Zrakoplov se giba stalnom brzinom od 234 km/h u odnosu na tlo prema istoku na visini od 605 m. Paket je izbačen iz zrakoplova bez početne brzine u odnosu na zrakoplov. Umjereno jak vjetar puše u smjeru prema jugu zbog čega paket dobiva stalnu brzinu od 18 čvorova u tome smjeru. Utjecaj zraka na gibanje paketa u svim ostalim smjerovima je zanemariv. Brzina od 1 čvora jednaka je 1 nautičkoj milji/sat. 1 nautička milja iznosi 1852 m. Gravitacijsko ubrzanje je  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

a) Izračunaj ukupno vrijeme potrebno da paket padne na tlo.

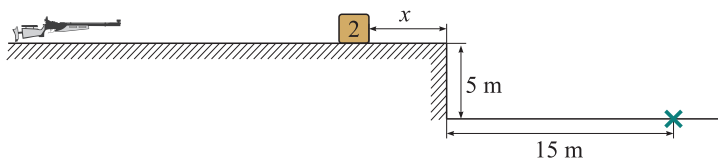
b) Izračunaj udaljenost između točke u kojoj je paket ispušten iz zrakoplova i točke pada paketa na tlo.

c) U trenutku ispuštanja paketa na tlu se nalazi motociklist na horizontalnoj udaljenosti od zrakoplova od 1 km prema istoku. Izračunaj iznos i smjer brzine kojom treba voziti motociklist kako bi stigao na položaj pada paketa na tlo u trenutku njegova pada.

5. Drvena kocka mase 2.7 kg miruje na horizontalnoj podlozi. Puška ispaljuje metke prema kocki. Vremenski interval između ispaljivanja metaka je 36 ms. Masa metka je 50 g. Brzina metka je 385 m/s. Može se pretpostaviti da je brzina metka cijelo vrijeme gibanja stalnoga iznosa i horizontalnoga smjera. Nakon udara u kocku metak ostaje u kocki. Gravitacijsko ubrzanje je  $10 \text{ m/s}^2$ . Trenje između kocke i horizontalne podloge je zanemarivo. Zanemari dimenzije kocke.

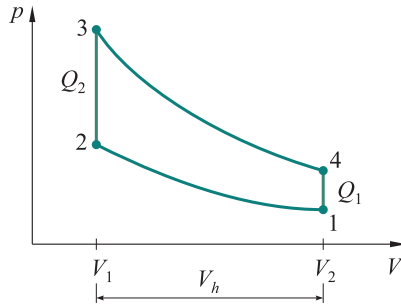
a) Izračunaj koliko je metaka potrebno ispaliti u kocku tako da kocka padne na horizontalnu udaljenost od ruba 15 m ili veću.

b) Izračunaj minimalnu udaljenost  $x$  kocke od ruba horizontalne podloge tako da je ostvaren uvjet pod a).



## 2. skupina

1. Šime ima auto s motorom obujma  $V_h = 1000 \text{ cm}^3$  i komorom izgaranja obujma  $V_2 = 200 \text{ cm}^3$ . Motor koristi Ottov kružni proces (dva adijabatska i dva izohorna procesa, kako je navedeno na slici). Pri usisu mješavine plinova (goriva i zraka) tlak je  $p_1 = 94.2 \text{ kPa}$  i temperatura je  $T_1 = 50^\circ\text{C}$ . Poznato je da mješavina ima sljedeća svojstva:  $k = 1.35$  (konstanta adijabatskog procesa),  $M = 30.34 \text{ g/mol}$  (efektivna molarna masa mješavine),  $L_c = 1862 \text{ kJ/kg}$  (specifična toplina izgaranja) i  $c_V = 0.83 \text{ kJ/kgK}$  (specifični toplinski kapacitet pri konstantom volumenu). Izračunaj sljedeće vrijednosti za Šimin motor:



- masu smjese plina pri usisu
- temperaturu  $T_2$  i tlak  $p_2$
- temperaturu  $T_3$  i tlak  $p_3$
- temperaturu  $T_4$  i tlak  $p_4$
- učinkovitost motora.

2. Perica održava temperaturu  $24^\circ\text{C}$  u prostoriji pomoću električne grijalice, dok je vanjska temperatura  $4^\circ\text{C}$ . Toplina se gubi kroz stakleni prozor toplinske vodljivosti  $1 \text{ W/Km}$ , pravokutnog oblika duljina stranica  $1.5 \text{ m}$  i  $1.8 \text{ m}$ , i debljine  $3 \text{ mm}$ . Cijena električne energije je  $C = 0.18 \text{ €}$  po utrošenom kWh. Koliko košta zagrijavanje prostorije u trajanju od  $3 \text{ h}$ ?

3. Toplinski kapacitet nekog tijela linearno raste s temperaturom:  $C(T) = aT + b$ , uz  $a = 2.1 \text{ J/K}^2$ ,  $b = 167.4 \text{ J/K}$ .

- Nacrtaj graf  $C(T)$ .
  - Izračunaj količinu topline koju tijelo apsorbira kada se njegova temperatura promijeni od  $20^\circ\text{C}$  do  $80^\circ\text{C}$ . Pretpostavite da nema gubitaka topline prema okolini.
4. U posudi se nalazi  $500 \text{ g}$  napitka (specifične topline  $4000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ) na temperaturi od  $18^\circ\text{C}$ . U napitak se stave četiri kocke leda na  $0^\circ\text{C}$  od po  $20 \text{ g}$ , koje se nakon nekog vremena otope.

- Koja je temperatura pića u trenutku otapanja kocki leda?
- Kolika je konačna ravnotežna temperatura?

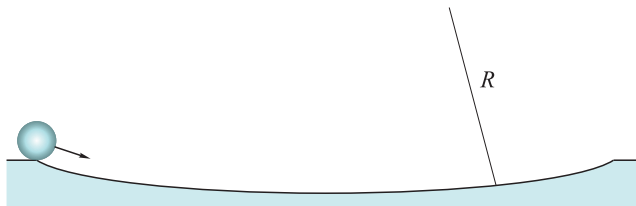
5. Za potrebe proizvodnje mehaničke energije predloženo je korištenje sunčeve energije. Pretvorba bi se vršila toplinskim strojem u kojem bi se sunčeva energija prikupljena pomoću pločastog kolektora prenosila njegovom radnom fluidu. Ovaj toplinski stroj radi ciklički i izmjenjuje toplinu s vanjskim zrakom. Iz iskustva znamo da je specifični toplinski tok, prikupljen kolektorom, jednak  $\varphi = 600 \text{ W/m}^2$  kada radi na  $90^\circ\text{C}$ . Uz pretpostavku da je vanjska temperatura zraka  $21^\circ\text{C}$ , izračunaj minimalnu površinu kolektora za sustav koji daje snagu od  $1 \text{ kW}$ .

**Fizikalne konstante:**  $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  (plinska konstanta),  $\rho_{\text{vode}} = 1000 \text{ kg/m}^3$  (gustoća vode),  $L_{\text{led}} = 333 \text{ kJ/kg}$  (latentna toplina taljenja leda),  $c_{\text{voda}} = 4186 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$  (specifična toplina vode).

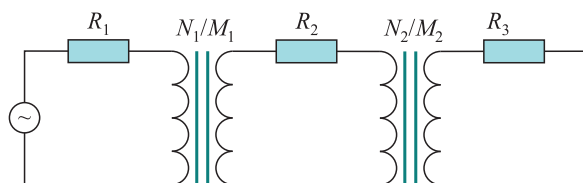
## 3. skupina

1. Tijelo se nalazi na rubu kružne jame radijusa  $R = 1 \text{ km}$ . U početnome se trenutku tijelo iz mirovanja počinje gibati kroz jamu zbog utjecaja gravitacije. Nakon vremena  $\tau$  tijelo se nalazi na suprotnome rubu jame. Nađi vrijeme  $\tau$  i brzinu tijela u tome trenutku.

Pretpostavi da je trenje tijela s površinom jame zanemarivo, da se tijelo ne kotrlja te da je prevaljeni put tijela dosta manji od radijusa jame.

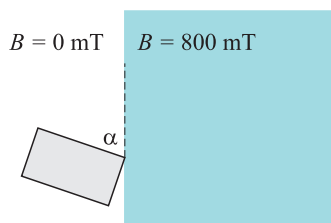
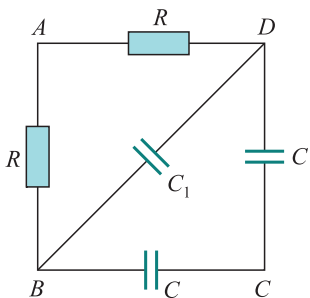


2. Na slici je strujni krug s dva transformatora. Izvor izmjeničnoga napona daje efektivni napon  $U_{\text{eff}} = 410 \text{ V}$ . Namotaji na transformatorima dani su s  $N_1 = 1000$ ,  $M_1 = 10000$ ,  $N_2 = 6000$ ,  $M_2 = 3000$ . Otpori u strujnom krugu su  $R_1 = 50 \Omega$ ,  $R_2 = 500 \Omega$ ,  $R_3 = 400 \Omega$ . Nađi efektivnu struju u sva tri kruga. Otpori i induktiviteti zavojnica transformatora su zanemarivi u odnosu na otpore  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ .



3. Otpornik  $R$  i kondenzator  $C$  serijski su spojeni s izvorom izmjeničnoga napona frekvencije  $f_0$ . Ako izvor, uz jednaki napon, promijeni frekvenciju na  $f = \frac{f_0}{3}$ , struja se u krugu smanji na pola. Nađi omjer otpora  $R$  i impedancije kondenzatora  $Z_C$  pri prvotnoj frekvenciji.

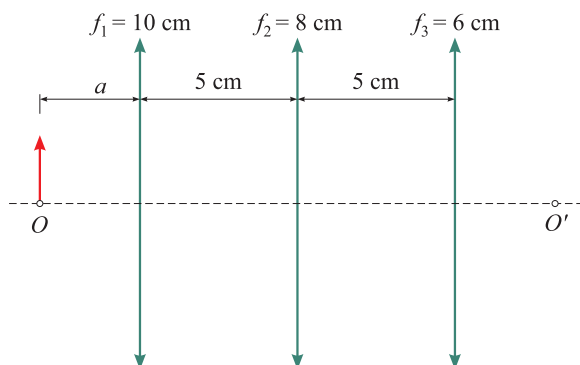
4. Na slici lijevo je prikazan strujni krug u obliku kvadrata  $ABCD$ . Vrijednosti kondenzatora su  $C = 2.25 \text{ mF}$  i  $C_1 = 1.125 \text{ mF}$ . Nađi fazni pomak struje  $I_{AD}$  koja protječe kroz otpornik  $R$  koji spaja vrhove  $A$  i  $D$  u odnosu na napon narinut između vrhova  $A$  i  $B$ . Efektivna vrijednost struje je u odnosu na struju u  $DB$   $|I_{AB}| = 3|I_{DB}|$ .



5. Vodljiva pravokutna petlja jednoliko se gibajući ulazi u područje okomitog magnetskog polja zbog čega se u njoj inducira napon i struja. Izmjerena inducirana struja je čitavo vrijeme konstantna i iznosi  $I = 120 \text{ A}$ . Iznos magnetskoga polja je  $B = 800 \text{ mT}$ , a ukupna disipirana snaga ulaskom petlje u magnetsko polje je  $Q = 12 \text{ J}$ . Nađi površinu koju zatvara petlja. Koji je kut ulaska petlje u magnetsko polje (vidi sliku desno)? Podrazumijeva se da je otpor petlje konstantan.

#### 4. skupina

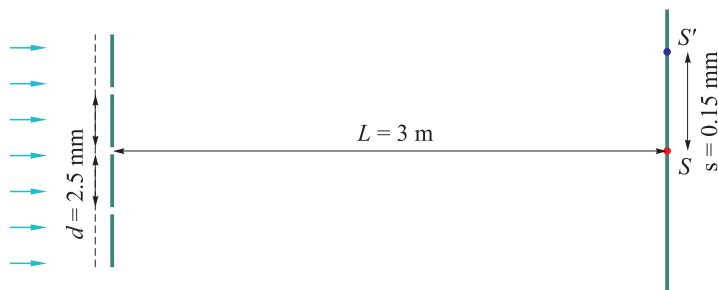
1. Dan je sustav konvergentnih leća prikazan na slici 1. Na kojoj se udaljenosti nalazi predmet u točki  $O$  ako je njegova udaljenost od prve leće jednaka udaljenosti slike u točki  $O'$  od zadnje leće? Koliko je tad povećanje slike i je li slika uspravna ili obrnuta?



Slika 1. Sustav tri konvergentne leće koji stvara sliku u točki  $O'$  predmeta koji se nalazi u točki  $O$ .

2. Žarulja s volframovom niti ukupne duljine 1 m i promjera 0.3 mm je namijenjena za spajanje na napon od 220 V. Koliku bi temperaturu nit dosegla u vakuumu ako otpornost volframa približno ovisi o temperaturi kao  $\rho(T) = (3.3 \cdot 10^{-10} \cdot T) \Omega\text{m}$  (gdje je  $T$  izražen u Kelvinima). Zagrijani volfram zrači kao sivo tijelo, što znači da je njegova snaga zračenja proporcionalna zračenju crnoga tijela iste temperature i dimenzija s faktorom proporcionalnosti  $\epsilon = 0.4$ . Kolika je efikasnost takve žarulje ako joj je dana oznaka od 100 W?

3. Monokromatsko zračenje upada na 3 jednoliko razmknute pukotine kao na slici 2. Na zastoru u točki  $S$  (koja je jednako udaljena od 1. i 3. pukotine) opažamo interferentni maksimum.



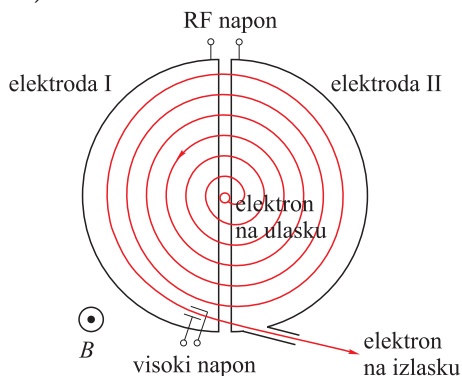
Slika 2. Paralelni monokromatski snop svjetlosti koji paralelno upada na tri pukotine međusobno razmknute za  $d = 2.5 \text{ mm}$  i stvara interferentnu sliku na zastoru udaljenom  $L = 3 \text{ m}$ .

a) Odredi valnu duljinu upadnog zračenja ako znaš da se nalazi u vidljivome spektru (380 – 700 nm).

b) Poznavajući valnu duljinu iz dijela a), odredi omjer intenziteta zračenja u točki  $S'$  naspram onomu u točki  $S$ . Intenzitet je proporcionalan kvadratu amplitude električnog polja. Pretpostavi da amplituda električnoga polja ne opada s udaljenošću za pojedine zrake.

U obama se dijelovima možeš koristiti  $(1+x)^n = 1+nx$ , kad je  $x \ll 1$ . Vrijedi  $\cos x + \cos y = 2 \cos\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$ .

4. Na slici 3 prikazana je jednostavna shema ciklotrona koji se sastoji od dviju šupljih elektroda između kojih je primijenjen radiofrekventni napon koji ubrzava nabijene čestice zbog električnoga polja koje se pojavljuje između elektroda. Ulazni se elektron giba po zakrivljenoj putanji (sastavljenoj od polukružnica) usred djelovanja uniformnoga vanjskog magnetskog polja indukcije  $B = 1.7 \text{ T}$  i ubrzava se svakim prolaskom između elektroda. Kad dostigne dovoljnu energiju, elektron izlazi iz ciklotrona prolaskom kroz visoki istosmjerni napon gdje se giba pravocrtno.



Slika 3. Pojednostavljena shema ciklotrona: elektron se ubrzava rf naponom i giba po polukružnicama pod utjecajem magnetskog polja. Kad dostigne dovoljnu energiju deflektira se istosmjernim naponom.

a) Odredi kako radijus zakrivljenosti polukružne putanje ovisi o  $B$  i trenutačnoj brzini elektrona  $v$  za nerelativistički elektron. Kolika tad treba biti minimalna frekvencija izmjeničnoga radiofrekventnog napona da se elektron ubrzava? Udaljenost je elektroda zanemariva.

b) Odredi radijus zakrivljenosti za relativistički elektron (u ovisnosti o  $B$  i  $v$ )!

**Uputa.** Uvijek vrijedi  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ . Očito je da je za ubrzavanje na relativističke energije potrebno modulirati frekvenciju radiofrekventnoga napona u vremenu. Uz pretpostavku da je to ispunjeno, odredi maksimalni radijus zakrivljenosti putanje elektrona ako je izišao iz ciklotrona s ukupnom energijom od  $100 \text{ MeV}$ . Koliki istosmjerni napon mora biti na elektrodama za taj elektron kako bi on ravno izletio iz ciklotrona? Razmak je elektroda  $0.1 \text{ mm}$ . Nakon prolaska kroz elektrode ni magnetsko ni električno polje više ne djeluju na elektron.

c) U realnome slučaju elektron zrači sinkrotronskim zračenjem čime gubi energiju. Izračena snaga iznosi  $P_s = 1.585 \cdot 10^{-14} \text{ W T}^{-2} \cdot B^2 \gamma^2$ , gdje je  $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ . Kolika treba biti amplituda radiofrekventnoga napona da elektron energije  $70 \text{ MeV}$  napravi cijeli krug, a da mu se ukupna energija ne promijeni? Ovdje pretpostavi da gubitak energije zbog sinkrotronskoga zračenja ne utječe znatno na radijus zakrivljenosti putanje!

5. Paralelni snop svjetlosti koja se sastoji od nepolarizirane komponente intenziteta  $40 \text{ W m}^{-2}$  i polarizirane komponente intenziteta  $60 \text{ W m}^{-2}$  prolazi kroz polarizator čija os polarizacije zatvara kut  $\theta = 30^\circ$  s kutom polarizacije upadnoga polariziranog zračenja. Snop zatim okomito upada na cijeli materijal površine  $S = 12 \text{ cm}^2$ . Odredi ukupnu silu kojom zračenje djeluje na materijal ako se potpuno apsorbira u materijalu.

**Fizikalne konstante:** Stefan-Boltzmannova konstanta  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ , brzina svjetlosti  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ , iznos naboja elektrona  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , masa elektrona  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

Nikola Poljak