

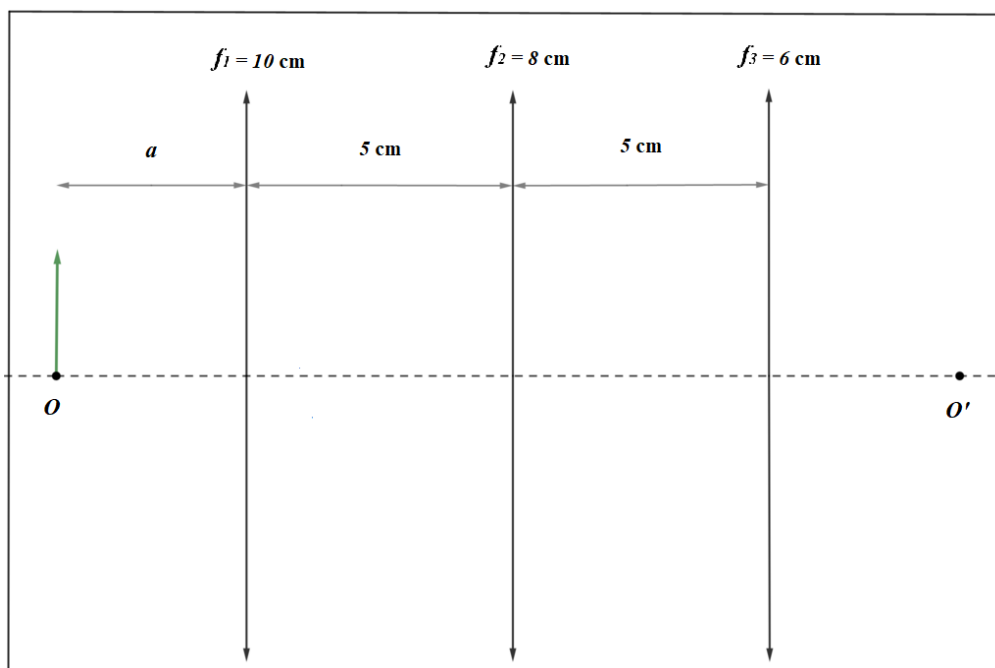
# ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE 2022/2023

## Srednje škole 4. grupa

**VAŽNO:** Tijekom ispita ne smiješ imati nikakav pisani materijal (knjige, bilježnice, formule... ). Za pisanje se koristi kemijskom olovkom ili nalivperom. Ne smiješ imati mobitel ni druge elektroničke uređaje. Dopušteno je korištenje kalkulatorom.

### 1. zadatak (10 bodova)

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. zadatak (9 bodova)

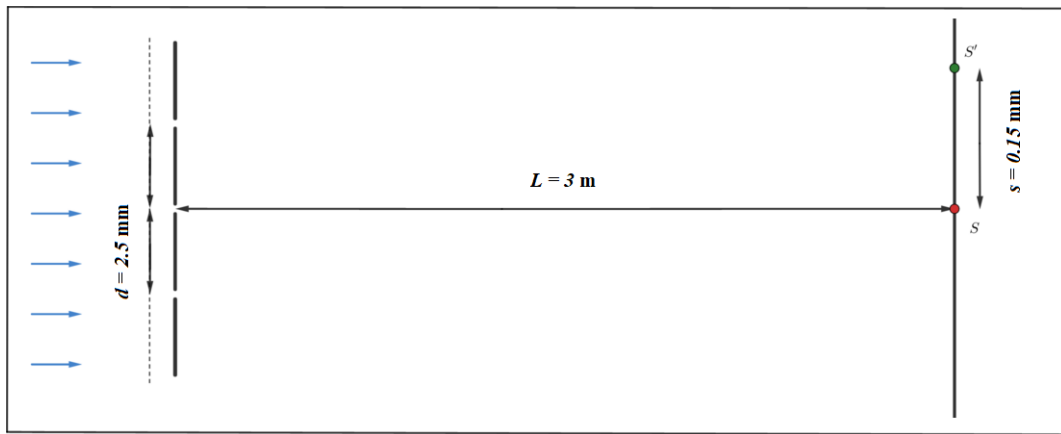
Žarulja s volframovom niti ukupne duljine 1 m i promjera 0.3 mm je namijenjena za spajanje na napon od 220 V. Koliku bi temperaturu nit dosegla u vakuumu ako otpornost volframa približno ovisi o temperaturi kao  $\rho(T) = (3.3 \times 10^{-10} \times T) \Omega\text{m}$  (gdje je  $T$  izražen u Kelvinima). 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. zadatak (11 bodova)

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

- Odredi valnu duljinu upadnog zračenja ako znaš da se nalazi u vidljivome spektru (380 – 700 nm).
- 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  $(1 + x)^n = 1 + nx$ , kadje  $x \ll 1$ . Vrijedi  $\cos x + \cos y = 2 \cos\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$ .



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

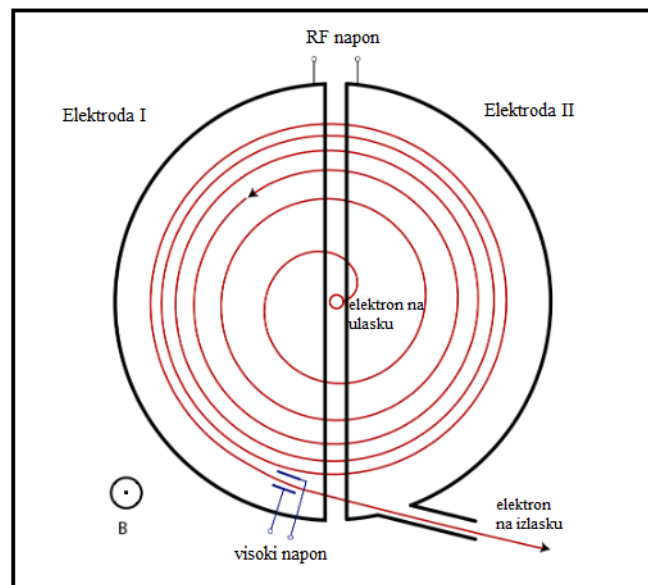
#### 4. zadatak (12 bodova)

Na slici 3. prikazana je jednostavna shema ciklotrona koji se sastoji od dviju šupljih elektroda između kojih je primjenjen 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.

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 izašao 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  $P_s = 1.585 \times 10^{-14} \text{ W T}^{-2} \times B^2 \gamma^2$ , 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!



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.

**5. zadatak** (8 bodova)

Paralelni snop svjetlosti koja se sastoji od nepolarizirane komponente intenziteta  $40 \text{ Wm}^{-2}$  i polarizirane komponente intenziteta  $60 \text{ Wm}^{-2}$  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.

Vrijednosti potrebnih fizikalnih konstanta:

Stefan-Boltzmannova konstanta  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

brzina svjetlosti  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

iznos naboja elektrona  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

masa elektrona  $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$