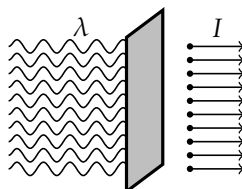


# ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE

- srednje škole: IV. grupa -

25.02.2016.

1. Da biste ispitali fizikalna svojstva tanke pločice načinjene od nekog egzotičnog metala, obasjate je elektromagnetskim zračenjem valne duljine  $\lambda = 3 \text{ pm}$ . Nakon što u pločici dođe do fotoefekta, struja elektrona jakosti  $I = 1 \text{ mA}$  izleti s druge strane pločice, kao na slici.



Izbačeni elektroni potom upadaju okomito na obližnji zid te, prilikom savršeno neelastičnog sudara sa zidom, djeluju na njega silom  $F = 2.5 \mu\text{N}$ .

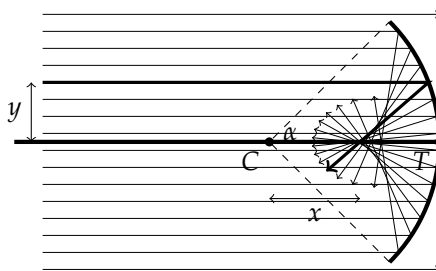
- Odredite brzinu  $v$  kojom se izbačeni elektroni gibaju prije nego što udare u zid.
- Umjesto da pustimo elektrone da udaraju u zid, želimo ih usporiti električnim poljem. Pri kojoj će se razlici potencijala  $U$  elektroni usporiti do zaustavljanja?
- Koliko iznosi izlazni rad ovog metala?

[11 BODOVA]

2. Odredite valnu duljinu  $\lambda$  monokromatske svjetlosti koja upada okomito na difrakcijsku rešetku konstante  $d = 2.2 \mu\text{m}$  ako je drugi difrakcijski maksimum otklonjen za kut  $\Delta\theta = 15^\circ$  u odnosu na prvi maksimum. Koliko se ukupno difrakcijskih maksimuma može opaziti? Pri kojim se kutovima opažaju ovi maksimumi? Središnji maksimum brojite kao nulti.

[8 BODOVA]

3. Snop zraka svjetlosti upada paralelno optičkoj osi na sferno zrcalo središnjeg kuta  $\alpha = 90^\circ$  i polumjera zakrivljenosti  $R = 20 \text{ cm}$  kako je prikazano na slici.



Za razliku od uskih snopova kod kojih se sve paralelne zrake koje upadaju na sferno zrcalo odbijaju tako da prolaze kroz istu točku na optičkog osi, žarište, reflektirane zrake paralelnog snopa proizvoljne širine neće sjeći optičku os u jednoj točki. Ta se pojava naziva sferna aberacija.

- Odredite na kojoj će udaljenosti od središta zakrivljenosti  $x$  reflektirana zraka sjeći optičku os ako se prilikom upada nalazila na udaljenosti  $y$  od optičke osi.
- Nađite područje na optičkoj osi  $x \in [x_{\min}, x_{\max}]$  unutar kojeg prolaze sve reflektirane zrake.

[10 BODOVA]

4. Pikulu mase  $m = 20 \text{ g}$  želite čim preciznije ispustiti s vrha zgrade visine  $H = 25 \text{ m}$  na metu koja je označena na tlu. Koliko vam kvantna fizika u tome odmaže? Prema Heisenbergovom načelu neodređenosti, pikula ne može istovremeno imati točno određen položaj i količinu gibanja, što otežava precizno ciljanje. Jednostavnosti radi, uzmite da su kvantni efekti bitni jedino u horizontalnom ( $x$ ) smjeru, i u potpunosti ih zanemarite u vertikalnom ( $y$ ) smjeru. Pretpostavite, drugim riječima, da se horizontalan položaj pikule  $x_0$  u trenutku ispuštanja ( $t = 0$ ) nalazio negdje unutar intervala  $x_0 \in [-\Delta x, +\Delta x]$ , dok je početna količina gibanja  $p_0$  također bila neodređena:  $p_0 \in [-\Delta p, +\Delta p]$ , a početne neodređenosti  $\Delta x$  i  $\Delta p$  su zadovoljavale Heisenbergovu relaciju

$$\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi}.$$

- Neka je  $\delta x(t)$  neodređenost u horizontalnom položaju pikule tijekom slobodnog pada, tako da vrijedi  $\delta x(0) = \Delta x$ . Odredite  $\delta x(t)$  kao funkciju vremena i pokažite da se  $\delta x(t)$  može prikazati u obliku koji ne sadrži  $\Delta p$ .
- Izračunajte nakon kojeg će vremena  $\tau$  pikula pasti na tlo.
- Da bi pikula najtočnije pogodila metu, njena horizontalna neodređenost u trenutku pada  $\delta x(\tau)$  mora biti minimalna. Kolika mora biti početna neodređenost  $\Delta x$ , da bi konačna neodređenost  $\delta x(\tau)$  bila najmanja moguća? Koliko, u tom slučaju, iznosi  $\delta x(\tau)$ ?

Prilikom računa pretpostavite da je pikula materijalna točka te zanemarite utjecaj otpora zraka i rotacije Zemlje na vertikalno gibanje pikule.

[12 BODOVA]

5. Pozitronij je „atom“ sastavljen od elektrona i njegove antičestice (ista masa, no suprotni naboj), pozitrona.<sup>1</sup>

- Pretpostavite da se elektron i pozitron unutar pozitronija gibaju istom nerelativističkom brzinom konstantnog iznosa  $v$  te skicirajte njihove putanje u sustavu centra mase.
- Nađite kako veličina pozitronija (udaljenost između elektrona i pozitrona)  $D$  ovisi o  $v$ .
- Odredite ukupnu energiju pozitrona  $E$  kao funkciju od  $D$ .
- Izračunajte ukupni zamah pozitronija  $L$ .
- Pretpostavite, baš poput Bohra, da je zamah kvantiziran,  $L = nh/(2\pi)$ , gdje je  $n \in \mathbb{N}$ , te izračunajte ionizacijsku energiju pozitronija (u eV-ima), kao i njegovu veličinu u osnovnom stanju.

[9 BODOVA]

Vrijednosti fizikalnih konstanti:

- ubrzanje sile teže:  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ;
- brzina svjetlosti:  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;
- Planckova konstanta  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ;
- masa elektrona:  $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ;
- elementarni naboj:  $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ;
- permitivnost vakuum:  $\epsilon_0 \equiv 1/(4\pi k_e) = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ , gdje je  $k_e$  Coulombova konstanta.

<sup>1</sup>Nije na odmet napomenuti da je pozitronij prvi predvidio hrvatski znanstvenik Stjepan Mohorovičić 1934.