

OŠĆINSKO (GRADSKO) NATJECANJE IZ FIZIKE  
21. VELJAČE 2003.  
IV. SKUPINA

ZADATAK 1 (12 bodova)

Kad metalnu elektrodu fotočelije naizmjenično osvjetlimo svjetlošću valne duljine  $\lambda_1 = 0.35 \mu\text{m}$  i  $\lambda_2 = 0.54 \mu\text{m}$  pripadne brzine elektrona koji izlijeću iz te elektrode razlikuju se za faktor 2. Snaga lasera koji proizvodi svjetlost u oba slučaja iznosi  $P = 3 \text{ mW}$ , a snop u cjelosti dolazi do elektrode.

- Koliki je izlazni rad za metal?
- Koliko elektrona u jedinici vremena izlazi iz elektrode pri njenom osvjetljavanju svjetlošću zadanih valnih duljina pod grubom prepostavkom da se sva upadna svjetlost iskoristi za fotoelektrični efekt?

ZADATAK 2 (10 bodova)

Od atoma sa rednim brojem  $Z$  otrgnuto je  $Z - 1$  elektrona pri čemu je jedini preostali elektron nalazi u osnovnom kvantnom stanju. Promatrani elektron vezan je za jezgru energijom

$$E_v = -340 \text{ eV}.$$

Kojem elementu pripada taj atom?

Poznato:  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,  $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ,  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ ,  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

ZADATAK 3 (8 bodova)

Kolikim naponom moramo ubrzati elektrone da bi im ukupna relativistička energija postala 4% veća od energije mirovanja? Masa elektrona je  $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .

ZADATAK 4 (10 bodova)

Na optičku rešetku sa 400 zarezna na milimetar pada normalno ravni val kontinuirane svjetlosti vidljivog područja. To se područje proteže od valne duljine  $\lambda_{\text{dij}} = 400 \text{ nm}$  do valne duljine  $\lambda_{\text{cr}} = 700 \text{ nm}$ .

Treba odrediti kutnu širinu spektra drugog i trećeg reda i dokazati da se ti spektari prekrivaju.

ZADATAK 5 (10 bodova)

Zadana je čestica kinetičke energije  $E_k = 2.7 \text{ keV}$

Što moramo učiniti sa kinetičkom energijom da bi valnu duljinu smanjili na 75% početne vrijednosti?

RJEŠENJA ZADATAKA I SMJERNICE ZA BODOVANJE  
IV. NATJECATELJSKA SKUPINA

ZADATAK 1

$\lambda_1 = 0.35 \mu\text{m}$     Jednadžba za fotoelektrični učinak je  $h c / \lambda_i = W + m v_i^2 / 2$  pa vrijedi    B 2  
 $\lambda_2 = 0.54 \mu\text{m}$      $h c / \lambda_1 = W + m v_1^2 / 2$     i     $h c / \lambda_2 = W + m v_2^2 / 2$   
 $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$     brzine fotoelektrona su:  $v_1^2 = 2/m (h c / \lambda_1 - W)$  i  $v_2^2 = 2/m (h c / \lambda_2 - W)$     B 2  
 $v_1 / v_2 = 2$     Iz uvjeta zadatka  $v_1 / v_2 = 2$  odnosno  $v_1^2 / v_2^2 = 4$  slijedi  
 $P = 3 \text{ mW}$      $2^2 (h c / \lambda_2 - W) = (h c / \lambda_1 - W) \dots \dots \dots 3 W = h c (2^2 / \lambda_2 - 1 / \lambda_1)$

$W = ?$      $W = 3.015 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.88 \text{ eV}$     B 3  
 $n = ?$     Energija za izbacivanje jednog elektrona  $E^1 = h c / \lambda$     B 1  
           Ukupna energija koju razvija laser  $E = P t$   
           Broj elektrona izbačenih u jedinici vremena  $n = P \lambda / h c$  pa je:    B 3  
 $n_1 = 5.28 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$      $n_2 = 8.15 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$     B 1

ZADATAK 2

$h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$   
 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$   
 $E_v = -340 \text{ eV}$   
 za  $Z - 1$  elektrona

$Z = ?$

Označimo li naboj jezgre zadanog atoma  $Z e$     B 1  
 Formula za energiju elektrona u atomu je:  $E_v = - m_e Z^2 e^4 / 8 \epsilon_0 h^2 n^2$     B 4  
 Energija elektrona u osnovnom stanju izražena u elektronvoltima je  $E_1 = -13.6 Z^2 \text{ eV}$   
 Iz zadane energije  $E_v = -340 \text{ eV}$  proizlazi  $-340 \text{ eV} = -13.6 Z^2 \text{ eV}$  pa je redni broj atoma    B 3

$$Z = \sqrt{\frac{340}{13.6}} = 5$$

To je atom bora    B 2

ZADATAK 3

$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$   
 $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$   
 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$   
 $E = 1.04 E_0$

$U = ?$   
 Iz izraza za ukupnu relativističku energiju i energiju mirovanja  $E = \gamma m_e c^2$  i  $E_0 = m_e c^2$  slijedi  
 $E / E_0 = \gamma = 1.04$     B 2  
 Uvrstimo li to u izraz za relativističku kinetičku energiju  $E_k = m_e c^2 (\gamma - 1)$  dobit ćemo    B 3  
 $E_k = 0.04 m_e c^2$  kako je kinetička energija  $E_k = U e$  proizlazi  $eU = 0.04 m_e c^2$     B 3  
 Traženi napon  $U = 0.04 m_e c^2 / e$      $U = 20,5 \text{ kV}$ .

#### ZADATAK 4

$$d = 1/400 \text{ mm}$$

$$\lambda_{lj} = 400 \text{ nm}$$

$$\lambda_{cr} = 700 \text{ nm}$$

Odredi širinu spektra drugog i trećeg reda te dokazati da se spektri preklapaju

Formula za dobijanje spektra optičkom rešetkom je  $d \sin \alpha_k = k\lambda$

B 1

Konstanta rešetke je  $d = 1/400 \text{ mm} = 2.5 \times 10^{-6} \text{ m}$

B 1

Kut difrakcije za ljubičastu i crvenu boju u drugom spektru dobit ćemo iz jednadžbe

$\sin \alpha_k = k\lambda / d$ . Iz te jednadžbe dobivamo  $\alpha_{2lj} = 18.66^\circ$   $\alpha_{2cr} = 34.06^\circ$

B 2

Tako da je širina spektra drugog reda  $\alpha_{2cr} - \alpha_{2lj} = 34.06^\circ - 18.66^\circ = 15.40^\circ$ .

B 2

Jednakim postupkom odredit ćemo kut difrakcije crvene i ljubičaste boje u trećem spektru.

$\alpha_{3cr} = 57.14^\circ$ ,  $\alpha_{3lj} = 28.69^\circ$  tako da je širina spektra trećeg reda  $57.14^\circ - 28.69^\circ = 28.45^\circ$

B 2

Budući da je kut difrakcije ljubičaste svjetlosti u spektru trećeg reda manji od kuta difrakcije crvenog svjetla u spektru drugog reda, tj.:

$$\alpha_{3lj} < \alpha_{2cr}$$

spektri drugog i trećeg reda djelomice se prekrivaju i to ljubičaste svjetlosti trećeg reda prekriva spektar crvene svjetlosti drugog reda.

B 2

#### ZADATAK 5

Zadana je čestica kinetičke energije  $E_k = 2.7 \text{ keV}$ . Koliko moramo povećati kinetičku energiju da bismo valnu duljinu smanjili na  $\lambda = 75\%$  početne vrijednosti?

Rješenje: Formulu za kinetičku energiju kao funkcija valne duljine je:

$$E_k = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

B 3

Kinetičku energiju pridruženu valnoj duljini  $3\lambda/4$  označit ćemo sa  $E_k + \Delta E_k$ . Dakle:

$$E_k + \Delta E_k = \frac{h^2}{2m\left(\frac{3}{4}\lambda\right)^2}$$

Desnu stranu izraza (2) preobrazit ćemo pomoću formule (1) pa dobijemo:

$$E_k + \Delta E_k = \left(\frac{4}{3}\right)^2 E_k$$

B 4

Iz toga izračunamo povećanje kinetičke energije  $\Delta E_k$ :

$$\Delta E_k = E_k \left[ \left(\frac{4}{3}\right)^2 - 1 \right]$$

$$\Delta E_k = 2.7 \text{ keV} \left( \frac{16}{9} - 1 \right)$$

$$\Delta E_k = 2.1 \text{ keV}$$

B 3