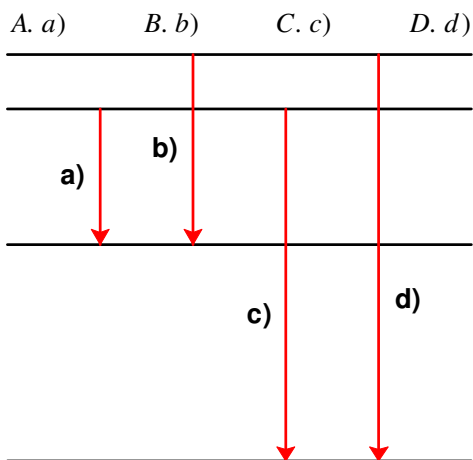


Zadatak 141 (Ivica, strukovna škola)

Crtež prikazuje dio energijskih razina vodikova atoma. Koja od strjelica prikazuje emisiju fotona najkraće valne duljine? Zaokružite ispravan odgovor.

**Rješenje 141**

Uočimo da je valna duljina čestice obrnuto razmjerna sa razlikom energijskih razina.

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_n - E_m, \quad n > m \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_n - E_m \quad / \cdot \frac{1}{h \cdot c} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_n - E_m}{h \cdot c} \Rightarrow$$

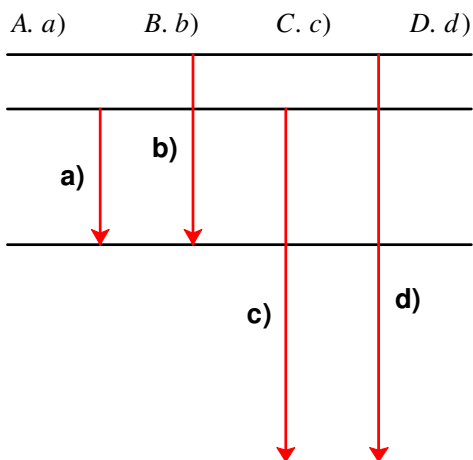
$$\Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E_n - E_m} \Rightarrow \lambda \propto \frac{1}{E_n - E_m}$$

Da bi se emitirao foton najkraće valne duljine razlika energijskih razina mora biti najveća. To prikazuje strjelica d).

Odgovor je pod D.

Vježba 141

Crtež prikazuje dio energijskih razina vodikova atoma. Koja od strjelica prikazuje emisiju fotona najveće valne duljine? Zaokružite ispravan odgovor.



Rezultat: A.

Zadatak 142 (Ivica, strukovna škola)

Kolika je valna duljina monokromatske svjetlosti 2 eV? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

- A. 358 nm B. 414 nm C. 621 nm D. 746 nm

Rješenje 142

$$E = 2 \text{ eV} = [2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s},$$
$$\lambda = ?$$

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V.

$$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Svjetlost je dio elektromagnetskog spektra koji obuhvaća valne duljine od 400 nm do 800 nm. Ona može biti:

- polikromatska – sastoji se od više valnih duljina (npr. bijela svjetlost)
- monokromatska – sastoji se od samo jedne boje, odnosno jedne valne duljine.

Svjetlost valne duljine λ može se emitirati ili apsorbirati samo u određenim količinama energije, takozvanim kvantima energije. Svaki kvant ili foton ima energiju:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda},$$

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, c brzina svjetlosti u praznini koja ima vrijednost $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, λ valna duljina svjetlosti.

Valna duljina monokromatske svjetlosti je:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{E} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3.2 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 621 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 621 \text{ nm}.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 142

Kolika je valna duljina monokromatske svjetlosti 0.002 keV? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

- A. 358 nm B. 414 nm C. 621 nm D. 746 nm

Rezultat: C.

Zadatak 143 (Ivica, strukovna škola)

Elektronski mikroskop radi pomoću elektrona kinetičke energije 40 keV. Kolika je valna duljina elektrona? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

- A. 358 nm B. 41.4 pm C. 6.14 pm D. 0.746 pm

Rješenje 143

$$E = 40 \text{ keV} = [40 \cdot 1000 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 6.4 \cdot 10^{-15} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$$
$$m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad \lambda = ?$$

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V.

$$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Ako je čestica opisana svojom kinetičkom energijom E_k , izraz za valnu duljinu čestice mase m , koja se giba brzinom v , glasi:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}}.$$



Valna duljina elektrona iznosi:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 6.4 \cdot 10^{-15} \text{ J}}} = 6.14 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 6.14 \text{ pm}.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 143

Elektronski mikroskop radi pomoću elektrona kinetičke energije 0.04 MeV. Kolika je valna duljina elektrona? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

- A. 358 nm B. 41.4 pm C. 6.14 pm D. 0.746 pm

Rezultat: C.

Zadatak 144 (Ivica, strukovna škola)

Kolika je valna duljina protona koji se giba brzinom $5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa protona $m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

- A. 1.8 pm B. 0.79 pm C. 1.1 pm D. 0.42 pm

Rješenje 144

$$v = 5 \cdot 10^5 \text{ m/s}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad \lambda = ?$$

Svakoj čestici mase m i brzine v pridružuje se valna duljina λ , koja opisuje valne osobine čestice.

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}.$$

Valna duljina protona je:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 5 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 7.92 \cdot 10^{-13} \text{ m} = 0.792 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 0.79 \text{ pm}.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 144

Kolika je valna duljina protona koji se giba brzinom 500 km/s? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa protona $m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

- A. 1.8 pm B. 0.79 pm C. 1.1 pm D. 0.42 pm

Rezultat: B.

Zadatak 145 (Vesna, strukovna škola)

Fotoni energije 5 eV izbijaju elektrone iz nekog metala. Najveći iznos kinetičke energije izbijenih elektrona je 3 eV. Koliki je izlazni rad metala?

- A. 2 eV B. 3 eV C. 5 eV D. 8 eV

Rješenje 145

$$E_f = 5 \text{ eV}, \quad E_k = 3 \text{ eV}, \quad W_i = ?$$

Fotoelektrični učinak pojava je izbijanja elektrona pomoću svjetlosti (elektromagnetskog zračenja) iz metala. Foton energije E_f može izbiti elektron iz metala samo ako je energija fotona veća od energije veze W_i (izlazni rad) elektrona u atomu. Višak energije predaje se elektronu kao kinetička energija E_k .

$$E_f = W_i + E_k.$$

Izlazni rad metala je:

$$E_f = W_i + E_k \Rightarrow W_i = E_f - E_k = 5 \text{ eV} - 3 \text{ eV} = 2 \text{ eV}.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 145

Fotoni energije 6 eV izbijaju elektrone iz nekog metala. Najveći iznos kinetičke energije izbijenih elektrona je 4 eV. Koliki je izlazni rad metala?

- A. 2 eV B. 3 eV C. 5 eV D. 8 eV

Rezultat: A.

Zadatak 146 (Vesna, strukovna škola)

Čestice X i Y gibaju se brzinama istog iznosa. Čestica Y ima veću de Broglievu valnu duljinu od čestice X. Koja je od navednih tvrdnji točna?

- A. Y mora imati veći naboj nego X. B. Y mora imati manji naboj nego X.
C. Y mora imati veću masu nego X. D. Y mora imati manju masu nego X.

Rješenje 146

Svakoj čestici mase m i brzine v pridružuje se valna duljina λ , koja opisuje valne osobine čestice, dane jednadžbom:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v},$$

gdje je h Planckova konstanta. Ti valovi materije nazivaju se de Broglievi valovi. Iz formule

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

vidi se da je valna duljina λ obrnuto razmjerna sa masom m, ako je brzina v stalna.

$$\lambda \sim \frac{1}{v}.$$

Ako je masa m manja, uz stalnu brzinu v, valna duljina λ bit će veća. Budući da čestice X i Y imaju brzine istog iznosa, a čestica Y ima veću valnu duljinu od čestice X, znači da Y mora imati manju masu nego X.

Odgovor je pod D.

Vježba 146

Čestice X i Y gibaju se brzinama istog iznosa. Čestica Y ima manju de Broglievu valnu duljinu od čestice X. Koja je od navednih tvrdnji točna?

- A. Y mora imati veći naboj nego X. B. Y mora imati manji naboj nego X.
C. Y mora imati veću masu nego X. D. Y mora imati manju masu nego X.

Rezultat: C.

Zadatak 147 (LP, strukovna škola)

U medicinskoj dijagnostici koristi se ultrazvuk valne duljine 0.5 mm i brzine 1500 m/s. Kolika je frekvencija tog ultrazvuka?

- A. $3.0 \cdot 10^5 \text{ Hz}$ B. $7.5 \cdot 10^5 \text{ Hz}$ C. $3.0 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ D. $7.5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

Rješenje 147

$$\lambda = 0.5 \text{ mm} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}, \quad v = 1500 \text{ m/s}, \quad v = ?$$

Prema valnoj ili undulatornoj teoriji svjetlost se širi u valovima za koje vrijedi jednadžba

$$v = \lambda \cdot \nu,$$

gdje je v brzina širenja, λ duljina vala i ν frekvencija.

Frekvencija ultrazvuka je:

$$v = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \nu = \lambda \cdot \nu / \cdot \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{1500 \frac{m}{s}}{5 \cdot 10^{-4} m} = 3.0 \cdot 10^6 \frac{1}{s} = 3.0 \cdot 10^6 \text{ Hz.}$$

Odgovor je pod C.



Vježba 147

U medicinskoj dijagnostici koristi se ultrazvuk valne duljine 1 mm i brzine 3000 m/s. Kolika je frekvencija tog ultrazvuka?

- A. $3.0 \cdot 10^5 \text{ Hz}$ B. $7.5 \cdot 10^5 \text{ Hz}$ C. $3.0 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ D. $7.5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

Rezultat: C.

Zadatak 148 (Valentina, maturantica)

Nadi masu elektrona koji ima kinetičku energiju 3 MeV. (masa elektrona u mirovanju $m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 148

$$E_k = 3 \text{ MeV} = 3 \cdot 10^6 \text{ eV} = 3 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4.8 \cdot 10^{-13} \text{ J}, \quad m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad m = ?$$

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V.

$$1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Ako tijelo u stanju mirovanja ima masu m_0 , a kad se giba brzinom v masu m , onda je njegova kinetička energija

$$E_k = (m - m_0) \cdot c^2.$$

Masa elektrona koji se giba iznosi:

$$E_k = (m - m_0) \cdot c^2 \Rightarrow E_k = (m - m_0) \cdot c^2 / \cdot \frac{1}{c^2} \Rightarrow m - m_0 = \frac{E_k}{c^2} \Rightarrow \\ \Rightarrow m = \frac{E_k}{c^2} + m_0 = \frac{4.8 \cdot 10^{-13} \text{ J}}{\left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} + 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 6.24 \cdot 10^{-30} \text{ kg.}$$

Vježba 148

Nadi masu elektrona koji ima kinetičku energiju 3000 keV. (masa elektrona u mirovanju $m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rezultat: $6.24 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$.

Zadatak 149 (Ivana, medicinska škola)

Za koje je vrijednosti a i b moguća nuklearna reakcija ${}^{14}_a X + {}^4_2 \text{He} \rightarrow {}^b_8 Y + {}^1_1 \text{H}$?

- A. $a = 7, b = 17$ B. $a = 8, b = 19$ C. $a = 8, b = 17$ D. $a = 7, b = 15$

Rješenje 149

Osnovne su sastavne čestice jezgre atoma proton i neutron. Broj protona u jezgri odlučan je za naboj jezgre, a time i za redni broj u periodnom sustavu elemenata. Suma protona i neutrona u jezgri

određuje maseni broj jezgre i odlučna je za atomsku masu jezgre. Elemente označujemo simbolom

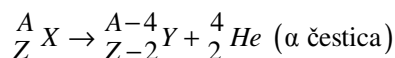


gdje je X simbol kemijskog elementa, A maseni broj jezgre (ukupan broj nukleona: protona i neutrona), Z redni broj elementa u periodnom sustavu elemenata (broj protona).

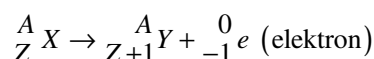
$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z \text{ broj neutrona.}$$

Simbolički zapisi radioaktivnih raspada:

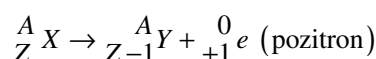
- α raspad



- β^- raspad



- β^+ raspad



Zakoni očuvanja:

- zbroj masenih brojeva prije nuklearne reakcije mora biti jednak zbroju masenih brojeva nakon nuklearne reakcije
- zbroj protona u jezgri prije nuklearne reakcije mora biti jednak zbroju protona u jezgri nakon nuklearne reakcije.

Simboli za čestice:

$$\text{neutron} = {}^1_0 n \quad , \quad \text{proton} = {}^1_1 p \quad , \quad \text{deuteron} = \text{jezgra od } {}^2_1 H$$

$$\alpha \text{ čestica} = \text{jezgra od } {}^4_2 He \quad , \quad \text{elektron} = {}^0_{-1} e \quad , \quad \text{pozitron} = {}^0_{+1} e.$$

Sada računamo.

$${}^{14}_a X + {}^4_2 He \rightarrow {}^b_8 Y + {}^1_1 H \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{zakoni} \\ \text{očuvanja} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 14 + 4 = b + 1 \\ a + 2 = 8 + 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 18 = b + 1 \\ a + 2 = 9 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} b = 17 \\ a = 7 \end{array} \right\}.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 149

Za koje je vrijednosti a i b moguća nuklearna reakcija ${}^{14}_a X + {}^4_2 He \rightarrow {}^b_9 Y + {}^1_1 H$?

A. $a = 7, b = 17$ B. $a = 8, b = 19$ C. $a = 8, b = 17$ D. $a = 7, b = 15$

Rezultat: C.

Zadatak 150 (Dado, srednja škola)

Kolika je masa fotona elektromagnetskog zračenja frekvencije $\nu = 0.5 \text{ PHz}$? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

A. $4.5 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$ B. $3.1 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$ C. $3.7 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$ D. $3.7 \cdot 10^{-34} \text{ kg}$

Rješenje 150

$$\nu = 0.5 \text{ PHz} = 0.5 \cdot 10^{15} \text{ Hz} = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s},$$

$m = ?$

Svjetlost frekvencije ν može se emitirati ili apsorbirati samo u određenim količinama energije, takozvanim kvantima energije. Svaki kvant ili foton ima energiju (M. Planck)

$$E = h \cdot \nu,$$

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Svezu između energije i mase daje jednačba (A. Einstein)

$$E = m \cdot c^2,$$

gdje je c brzina svjetlosti.

Ekvivalentnost mase i energije pokazuje da se foton energije

$$E = m \cdot c^2, \quad E = h \cdot \nu$$

ponaša kao čestica mase

$$m = \frac{h \cdot \nu}{c^2}.$$

Uporabom Einsteinove i Planckove jednadžbe za energiju dobije se masa fotona.

$$\left. \begin{array}{l} E = m \cdot c^2 \\ E = h \cdot \nu \end{array} \right\} \Rightarrow m \cdot c^2 = h \cdot \nu \Rightarrow m \cdot c^2 = h \cdot \nu \cdot \frac{1}{c^2} \Rightarrow m = \frac{h \cdot \nu}{c^2} =$$

$$= \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 5 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{s}}}{\left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 3.7 \cdot 10^{-36} \text{ kg}.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 150

Kolika je masa fotona elektromagnetskog zračenja frekvencije $\nu = 0.3 \text{ PHz}$? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

- A. $2.5 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$ B. $2.2 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$ C. $2.8 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$ D. $3.1 \cdot 10^{-34} \text{ kg}$

Rezultat: B.

Zadatak 151 (Dado, srednja škola)

Kolika energija odgovara masi elektrona u mirovanju? (masa elektrona u mirovanju $m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

- A. $8.2 \cdot 10^{-16} \text{ J}$ B. $8.2 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ C. $8.2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$ D. $8.2 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Rješenje 151

$$m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad E = ?$$

Nuklearna energija oslobađa se prilikom nuklearnih reakcija. Javlja se pri cijepanju teških jezgara (fisija) ili pri spajanju lakih (fuzija).

Svezu između energije i mase daje jednadžba (A. Einstein)

$$E = m \cdot c^2,$$

gdje je c brzina svjetlosti.

Iz Einsteinove relacije za energiju dobije se:

$$\left. \begin{array}{l} E = m \cdot c^2 \\ m = m_0 \end{array} \right\} \Rightarrow E = m_0 \cdot c^2 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 8.2 \cdot 10^{-14} \text{ J}.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 151

Kolika energija odgovara masi protona u mirovanju? (masa protona u mirovanju $m_0 = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

- A. $1.51 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ B. $1.51 \cdot 10^{-11} \text{ J}$ C. $1.51 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ D. $1.51 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Rezultat: A.

Zadatak 152 (Fery, gimnazija)

Monokromatski izvor snage 100 W emitira zelenu svjetlost valne duljine 500 nm. Koliko fotona u sekundi izlazi iz izvora? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

Rješenje 152

$$P = 100 \text{ W}, \quad \lambda = 500 \text{ nm} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad t = 1 \text{ s}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad n = ?$$

Svjetlost frekvencije ν može se emitirati ili apsorbirati samo u određenim količinama energije, takozvanim kvantima energije. Svaki kvant ili foton ima energiju

$$E = h \cdot \nu \Rightarrow E = h \cdot \frac{c}{\lambda},$$

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, c brzina svjetlosti u vakuumu koja ima vrijednost $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, ν frekvencija svjetlosti, a λ valna duljina.

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Ako je n broj fotona koji u sekundi izlazi iz izvora čija je snaga P , tada zbog zakona očuvanja energije vrijedi:

$$n \cdot E = W \Rightarrow n \cdot E = W \cdot \frac{1}{E} \Rightarrow n = \frac{W}{E} \Rightarrow n = \frac{P \cdot t}{h \cdot \frac{c}{\lambda}} \Rightarrow n = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c} = \\ = \frac{100 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2.515 \cdot 10^{20}.$$

Vježba 152

Monokromatski izvor snage 100 W emitira zelenu svjetlost valne duljine 0.5 μm . Koliko fotona u sekundi izlazi iz izvora? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$).

Rezultat: $2.515 \cdot 10^{20}$.

Zadatak 153 (Tony, gimnazija)

Koliko energije apsorbira savršeno crno tijelo ako na njega upada 10^{10} fotona frekvencije $2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

$$A. 2 \text{ eV} \quad B. 1.33 \cdot 10^{-8} \text{ J} \quad C. 1.33 \cdot 10^8 \text{ J} \quad D. 2 \cdot 10^{25} \text{ eV}$$

Rješenje 153

$$n = 10^{10}, \quad \nu = 2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad E = ?$$

Svjetlost frekvencije ν može se emitirati ili apsorbirati samo u određenim količinama energije, takozvanim kvantima energije. Svaki kvant ili foton ima energiju

$$E = h \cdot \nu,$$

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, ν frekvencija svjetlosti. Energija E koju apsorbira savršeno crno tijelo ako na njega upada n fotona frekvencije ν iznosi:

$$E = n \cdot h \cdot \nu = 10^{10} \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 2 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}} = 1.33 \cdot 10^{-8} \text{ J}$$

Odgovor je pod B.

Vježba 153

Koliko energije apsorbira savršeno crno tijelo ako na njega upada 10^{26} fotona frekvencije $2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

A. 2 eV B. $1.33 \cdot 10^{-8} \text{ J}$ C. $1.33 \cdot 10^8 \text{ J}$ D. $2 \cdot 10^{25} \text{ eV}$

Rezultat: C.

Zadatak 154 (Bojan, tehnička škola)

Iz 100 000 atoma radioaktivne tvari raspadne se u 10 sekundi 5 atoma. Koliko je vrijeme poluraspada?

Rješenje 154

$$N_0 = 100\,000, \quad t = 10 \text{ s}, \quad N_1 = 5, \quad T_{1/2} = ?$$

Jezgra ili nukleus nekog elementa može se promijeniti spontano (radioaktivan raspad) ili umjetnim putem (nuklearna reakcija). Prirodna je radioaktivnost pojava raspada jezgara nekih elemenata zbog nestabilnosti jezgara atoma tih elemenata.

Zakon radioaktivnog raspada glasi:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

gdje je N_0 broj atoma u vrijeme $t = 0$, N broj atoma koji se nakon vremena t nisu raspali, $T_{1/2}$ vrijeme poluraspada, tj. vremenski interval u kojem se raspadne polovica prvobitnog broja atoma.

Nakon vremena t broj neraspadnutih atoma iznositi će:

$$N = N_0 - N_1$$

Tada vrijeme poluraspada $T_{1/2}$ ima vrijednost:

$$\left. \begin{array}{l} N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \\ N = N_0 - N_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array} \right] \Rightarrow N_0 - N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow N_0 - N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \cdot \frac{1}{N_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{N_0 - N_1}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{logaritmiramo} \\ \text{jednadžbu} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{N_0 - N_1}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} / \log \Rightarrow \log \frac{N_0 - N_1}{N_0} = \log 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log \frac{N_0 - N_1}{N_0} = -\frac{t}{T_{1/2}} \cdot \log 2 \Rightarrow \log \frac{N_0 - N_1}{N_0} = -\frac{t}{T_{1/2}} \cdot \log 2 \cdot \frac{T_{1/2}}{\log \frac{N_0 - N_1}{N_0}} \Rightarrow T_{1/2} = -\frac{t \cdot \log 2}{\log \frac{N_0 - N_1}{N_0}} =$$

$$= -\frac{10 \text{ s} \cdot \log 2}{\log \frac{100000 - 5}{100000}} = -\frac{10 \text{ s} \cdot \log 2}{\log 0.99995} = 138625.97 \text{ s} = [138625.97 : 3600] = 38.51 \text{ h} = [38.51 : 24] = 1.6 \text{ dana}$$

Vježba 154

Iz 200 000 atoma radioaktivne tvari raspadne se u 10 sekundi 10 atoma. Koliko je vrijeme poluraspada?

Rezultat: 1.6 dana.

Zadatak 155 (Ana, gimnazija)

Izračunaj valnu duljinu fotona emitiranog pri prijelazu elektrona iz treće u drugu kvantnu stazu u vodikovu atomu. (Rydbergova konstanta $R = 1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$)

Rješenje 155

$$m = 3, \quad n = 2, \quad R = 1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}, \quad \lambda = ?$$

Pri prijelazu elektrona iz m – te u n – tu stazu emitira (apsorbira) se kvant energije. Balmerova formula za valne duljine linija vodikova spektra je

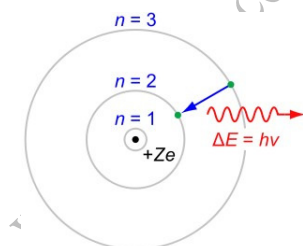
$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

gdje su n i m prirodni brojevi ($m > n$), a R je Rydbergova konstanta

$$R = 1.097 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}}.$$

Pri prijelazu elektrona iz treće u drugu kvantnu stazu u vodikovu atomu valna duljina emitiranog fotona je:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \cdot \frac{m^2 - n^2}{n^2 \cdot m^2} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{R \cdot (m^2 - n^2)}{n^2 \cdot m^2} \Rightarrow \lambda = \frac{n^2 \cdot m^2}{R \cdot (m^2 - n^2)} \Rightarrow \\ \Rightarrow \lambda &= \frac{(n \cdot m)^2}{R \cdot (m^2 - n^2)} = \frac{(2 \cdot 3)^2}{1.097 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{m}} \cdot (3^2 - 2^2)} = 6.56 \cdot 10^{-7} \text{ m}. \end{aligned}$$



Vježba 155

Izračunaj valnu duljinu fotona emitiranog pri prijelazu elektrona iz druge u prvu kvantnu stazu u vodikovu atomu. (Rydbergova konstanta $R = 1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$)

Rezultat: $1.22 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

Zadatak 156 (Ivana, medicinska škola)

Koliko iznosi zračenje 10 fotona u sekundi elektromagnetskog vala frekvencije $3 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

Rješenje 156

$$n = 10, \quad t = 1 \text{ s}, \quad \nu = 3 \cdot 10^{12} \text{ Hz}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad P = ?$$

Svaki kvant ili foton ima energiju:

$$E = h \cdot \nu,$$

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, ν frekvencija svjetlosti. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t}.$$

Računamo snagu elektromagnetskog vala.

$$\left. \begin{array}{l} W = n \cdot E, \quad E = h \cdot \nu \\ P = \frac{W}{t} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} W = n \cdot h \cdot \nu \\ P = \frac{W}{t} \end{array} \right\} \Rightarrow P = \frac{n \cdot h \cdot \nu}{t} = \frac{10 \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^{12} \frac{1}{\text{s}}}{1 \text{ s}} = 1.99 \cdot 10^{-20} \text{ W}.$$

Vježba 156

Koliko iznosi zračenje 20 fotona u dvije sekunde elektromagnetskog vala frekvencije $3 \cdot 10^{12}$ Hz? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

Rezultat: $1.99 \cdot 10^{-20}$ W.

Zadatak 157 (Filip, srednja škola)

Izlazni rad za neku fotostanicu je $6.4 \cdot 10^{-19}$ J. Kolika je brzina elektrona koji izlete iz fotostanice ako je obasjana svjetlošću frekvencije $3 \cdot 10^{15}$ Hz? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg)

Rješenje 157

$$W = 6.4 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad \nu = 3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad v = ?$$

Svaki kvant ili foton ima energiju:

$$E = h \cdot \nu,$$

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s, ν frekvencija svjetlosti.

Kad fotoni energije

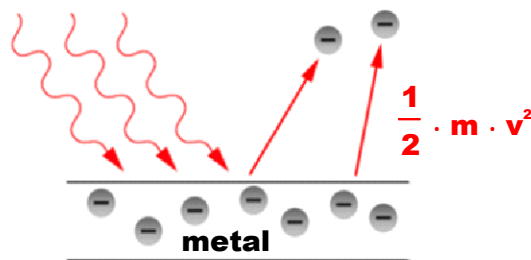
$$E_f = h \cdot \nu$$

padnu na neku kovinu, oni uz određene uvjete izbijaju elektrone iz kovine. To je fotoelektrični efekt. Pritom se energija fotona utroši dijelom na izbijanje elektrona iz kovine, a dijelom ta energija prelazi u kinetičku energiju elektrona pa vrijedi:

$$E_f = W + E_{k, \max},$$

gdje je $E_{k, \max}$ kinetička energija izbijenog elektrona, a W izlazni rad. Formula se može i ovako napisati:

$$h \cdot \nu = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W.$$



Svaki foton u svjetlosnoj zruci energije $h \cdot \nu$ koji je apsorbiran u kovinu predaje svoju energiju jednom elektronu. Fotoelektrični efekt nastaje kada je ta energija dovoljno velika da izbaci elektron iz kovine. Brzina v izbačenog elektrona iznosi:

$$\begin{aligned} h \cdot \nu = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W &\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W = h \cdot \nu \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = h \cdot \nu - W \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = h \cdot \nu - W \quad / \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow \\ \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot (h \cdot \nu - W)}{m} &\Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot (h \cdot \nu - W)}{m} \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot (h \cdot \nu - W)}{m}} = \end{aligned}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot \left(6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}} - 6.4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \right)}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 1.72 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vježba 157

Izlazni rad za neku fotostanicu je $2.56 \cdot 10^{-18} \text{ J}$. Kolika je brzina elektrona koji izlete iz fotostanice ako je obasjana svjetlošću frekvencije $1.2 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rezultat: $3.44 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

Zadatak 158 (Moni, gimnazija)

Helij – neon laser emitira monokromatsku svjetlost valne duljine 632.8 nm. Koliko fotona izlazi svake sekunde iz lasera čija je snaga snopa 1 mW? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 158

$$\lambda = 632.8 \text{ nm} = 6.328 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad t = 1 \text{ s}, \quad P = 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad n = ?$$

Prema valnoj (undulatornoj) teoriji svjetlost se širi u valovima za koje vrijedi jednadžba

$$c = \lambda \cdot \nu,$$

gdje je c brzina svjetlosti, λ duljina vala i ν frekvencija. Svjetlost frekvencije ν može se emitirati ili apsorbirati samo u određenim količinama energije, takozvanim kvantima energije. Svaki kvant ili foton ima energiju

$$E = h \cdot \nu \Rightarrow E = h \cdot \frac{c}{\lambda},$$

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, ν frekvencija svjetlosti, c brzina svjetlosti, λ valna duljina.

Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga P jednaka je omjeru rada W i vremena t za koje je rad obavljen, tj.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t.$$

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije tijela jednaka je utrošenom radu.

Zakon očuvanja energije:

- Energija se ne može ni stvoriti ni uništiti, već samo pretvoriti iz jednog oblika u drugi.
- Ukupna energija zatvorenog (izoliranog) sustava konstantna je bez obzira na to koji se procesi zbivaju u tom sustavu.
- Kad se u nekom procesu pojavi gubitak nekog oblika energije, mora se pojaviti i jednak prirast nekog drugog oblika energije.

Energija jednog fotona je

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

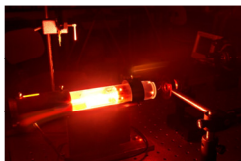
pa n fotona ima ukupnu energiju

$$E_n = n \cdot E \Rightarrow E_n = n \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}.$$

Ako je n broj fotona koji u sekundi izlazi iz izvora čija je snaga P , tada zbog zakona očuvanja energije vrijedi:

$$E_n = W \Rightarrow n \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} = P \cdot t \Rightarrow n \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} = P \cdot t \cdot \frac{\lambda}{h \cdot c} \Rightarrow n = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c} =$$

$$= \frac{10^{-3} \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \cdot 6.328 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3.183 \cdot 10^{15}$$



Vježba 158

Helij – neon laser emitira monokromatsku svjetlost valne duljine 632.8 nm. Koliko fotona izlazi svake sekunde iz lasera čija je snaga snopa 2 mW? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rezultat: $6.367 \cdot 10^{15}$.

Zadatak 159 (Ante, srednja škola)

Izračunajte valnu duljinu elektrona koji se giba brzinom 10^6 m/s . (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

Rješenje 159

$$v = 10^6 \text{ m/s}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad \lambda = ?$$

De Broglie je teorijski došao do zaključka da svaka čestica koja se giba mora imati valna svojstva. Prema de Broglievoj relaciji valna duljina λ čestice mase m koja se giba brzinom v je

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

Valna duljina iznosi:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 7.27 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Vježba 159

Izračunajte valnu duljinu elektrona koji se giba brzinom 10^3 km/s . (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

Rezultat: $7.27 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Zadatak 160 (Ante, srednja škola)

Odredite valnu duljinu protona ubrzanih naponom 100 V. (masa protona $m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, naboj protona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

Rješenje 160

$$U = 100 \text{ V}, \quad m = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s},$$

$$\lambda = ?$$

De Broglie je teorijski došao do zaključka da svaka čestica koja se giba mora imati valna svojstva. Prema de Broglievoj relaciji valna duljina λ čestice mase m i naboja e ubrzane naponom U je

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U}}$$

Valna duljina iznosi:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U}} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 100 \text{ V}}} = 2.86 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

Vježba 160

Odredite valnu duljinu protona ubrzanih naponom 0.1kV. (masa protona $m = 1.6726 \cdot 10^{-27}$ kg, naboj protona $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

Rezultat: $2.86 \cdot 10^{-12}$ m.

www.halapa.com