

Zadatak 101 (Mala, medicinska škola)

Što nastaje pored kisika pri nuklearnoj reakciji ${}^{14}_7N + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^{17}_8O + ?$

- A) neutron B) elektron C) pozitron D) proton

Rješenje 101

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

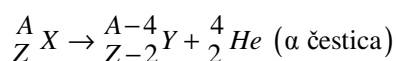


gdje je X simbol kemijskog elementa, A maseni broj jezgre (ukupan broj nukleona: protona i neutrona), Z redni broj elementa u periodnom sustavu elemenata (broj protona).

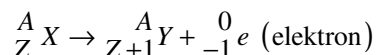
$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z \text{ broj neutrona.}$$

Simbolički zapisi radioaktivnih raspada:

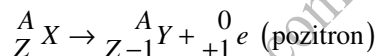
- α raspad



- 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.

$${}^{14}_7 N + {}^4_2 \alpha \rightarrow {}^{17}_8 O + {}^A_Z X \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{zakoni} \\ \text{očuvanja} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 14 + 4 = 17 + A \\ 7 + 2 = 8 + Z \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A = 1 \\ Z = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A = 1, Z = 1 \\ {}^1_1 X = {}^1_1 p, \text{ proton} \end{array} \right\}.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 101

U reakciji ${}^9_4 Be + {}^4_2 He \rightarrow {}^{12}_6 C + {}^A_Z X$ nastaju:

- A) protoni B) elektroni C) neutroni D) pozitroni E) rendgenske zrake

Rezultat: C.

Zadatak 102 (Branko, maturant)

Za 30 dana raspolovi se množina radioaktivnog izotopa. Nakon 60 dana preostala množina iznosi:

- A) $\frac{1}{4}$ početne B) $\frac{1}{16}$ početne C) $\frac{1}{8}$ početne D) $\frac{1}{60}$ početne

Rješenje 102

$$T_{1/2} = 30 \text{ dana}, \quad t = 60 \text{ dana}, \quad N = ?$$

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.

1. inačica

Iz relacije za radioaktivni raspad slijedi:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{60}{30}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-2} \Rightarrow N = N_0 \cdot \frac{1}{2^2} \Rightarrow N = \frac{1}{4} \cdot N_0.$$

Odgovor je pod A.

2. inačica

Iz definicije vremena poluraspada slijedi da se nakon proteklog vremena poluraspada $T_{1/2}$ množina radioaktivnog izotopa prepolovi.

Tako će nakon 30 dana biti

$$N = \frac{1}{2} \cdot N_0,$$

a nakon 60 dana

$$N = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot N_0 \right) \Rightarrow N = \frac{1}{4} \cdot N_0.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 102

Za 30 dana raspolovi se množina radioaktivnog izotopa. Nakon 90 dana preostala množina iznosi:

- A) $\frac{1}{4}$ početne B) $\frac{1}{16}$ početne C) $\frac{1}{8}$ početne D) $\frac{1}{60}$ početne

Rezultat: C.

Zadatak 103 (Branko, maturant)

Za koliko postotaka se smanji aktivnost nekog izotopa poslije 20 godina, ako je njegovo vrijeme poluraspada 28 godina?

Rješenje 103

$$t = 20 \text{ godina}, \quad T_{1/2} = 28 \text{ godina}, \quad p = ?$$

Aktivnost je brzina kojom se raspada radioaktivni nuklid. To je broj raspada u jedinici vremena. Aktivnost radioaktivnog uzorka:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}},$$

gdje je $T_{1/2}$ vrijeme poluraspada, tj. vremenski interval u kojem se raspadne polovica prvobitnog broja atoma.

Računamo postotak p za koliko se smanji aktivnost izotopa.

$$p = \frac{A_0 - A}{A_0} \Rightarrow p = \frac{A_0 - A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}}{A_0} \Rightarrow p = \frac{A_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{A_0} \Rightarrow p = \frac{A_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{A_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = 1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow p = 1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T_{1/2}}}} \Rightarrow p = 1 - \frac{1}{2^{\frac{20}{28}}} \Rightarrow p = 0.3905 \Rightarrow p = \frac{39.05}{100} \Rightarrow p = 39.05\%$$

Vježba 103

Za koliko postotaka se smanji aktivnost nekog izotopa poslije 40 godina, ako je njegovo vrijeme poluraspada 56 godina?

Rezultat: 39.05%.

Zadatak 104 (Irena, gimnazija)

Za koliko godina se aktivnost nekog izotopa smanji 64 puta, ako je njegovo vrijeme poluraspada $6.5 \cdot 10^6$ s?

Rješenje 104

$$A = \frac{A_0}{64}, \quad T_{1/2} = 6.5 \cdot 10^6 \text{ s}, \quad t = ?$$

Aktivnost je brzina kojom se raspada radioaktivni nuklid. To je broj raspada u jedinici vremena. Aktivnost radioaktivnog uzorka:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}},$$

gdje je $T_{1/2}$ vrijeme poluraspada, tj. vremenski interval u kojem se raspadne polovica prvobitnog broja atoma.

Iz relacije za aktivnost radioaktivnog uzorka dobije se:

$$A = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \frac{A_0}{64} = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \frac{A_0}{64} = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \cdot \frac{1}{A_0} \Rightarrow \frac{1}{64} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2^6} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow 2^{-6} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow -6 = -\frac{t}{T_{1/2}} \Rightarrow -6 = -\frac{t}{T_{1/2}} \cdot (-T_{1/2}) \Rightarrow t = 6 \cdot T_{1/2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = 6 \cdot 6.5 \cdot 10^6 \text{ s} \Rightarrow t = 39 \cdot 10^6 \text{ s} \Rightarrow [39 \cdot 10^6 : 3600] \Rightarrow t = 10833.33 \text{ h} \Rightarrow [10833.33 : 24] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = 451.39 \text{ dana} \Rightarrow [451.39 : 365.25] \Rightarrow t = 1.24 \text{ godina}.$$

Vježba 104

Za koje vrijeme se aktivnost nekog izotopa smanji 128 puta, ako je njegovo vrijeme poluraspada $6.5 \cdot 10^6$ s?

Rezultat: $4.55 \cdot 10^7$ s.

Zadatak 105 (Daria, srednja škola)

Odredi temperaturu peći ako je poznato da otvor površine $A = 7 \text{ cm}^2$ emitira u 2 sekunde 90.6 J. Pretpostavimo da je zračenje približno jednako zračenju apsolutno crnog tijela? (Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$)

Rješenje 105

$$A = 7 \text{ cm}^2 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, \quad t = 2 \text{ s}, \quad W = 90.6 \text{ J}, \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4), \quad T = ?$$

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jednoj sekundi može se odrediti Stefan – Boltzmannovim zakonom

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, A površina tijela, a σ Stefan – Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}.$$

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

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

Temperatura T peći iznosi:

$$\left. \begin{aligned} P &= \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ P &= \frac{W}{t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \Rightarrow \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \cdot \frac{1}{\sigma \cdot A} \Rightarrow T^4 = \frac{W}{t \cdot \sigma \cdot A} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T^4 = \frac{W}{t \cdot \sigma \cdot A} \cdot \sqrt[4]{\quad} \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{W}{t \cdot \sigma \cdot A}} = \sqrt[4]{\frac{90.6 J}{2 s \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \cdot 7 \cdot 10^{-4} m^2}} = 1033.60 K.$$

Vježba 105

Odredi temperaturu peći ako je poznato da otvor površine $A = 7 \text{ cm}^2$ emitira u 1 sekundi 45.3 J. Pretpostavimo da je zračenje približno jednako zračenju apsolutno crnog tijela? (Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$)

Rezultat: 1033.60 K.

Zadatak 106 (Tomislav, tehnička škola)

Energija što je zrači apsolutno crno tijelo u 1 sekundi iznosi 28150 J. Odredi površinu s koje tijelo zrači ako je duljina vala na koju dolazi maksimalna energija $6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. (Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$, $C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Rješenje 106

$$t = 1 \text{ s}, \quad W = 28150 \text{ J}, \quad \lambda_m = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4),$$

$$C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}, \quad A = ?$$

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jednoj sekundi može se odrediti Stefan – Boltzmannovim zakonom

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, A površina tijela, a σ Stefan – Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}.$$

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

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

Prema Wienovu zakonu umnožak apsolutne temperature T i valne duljine λ_m kojoj pripada najveća energija zračenja u spektru apsolutno crnog tijela jednak je stalnoj veličini, tj.

$$\lambda_m \cdot T = C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}.$$

Površina A s koje tijelo zrači iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} P = \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ P = \frac{W}{t} \\ \lambda_m \cdot T = C \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ \lambda_m \cdot T = C \text{ } /: \lambda_m \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ T = \frac{C}{\lambda_m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4 \Rightarrow \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4 \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4} \Rightarrow A = \frac{W}{t \cdot \sigma \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4} \Rightarrow \\
 \Rightarrow A = \frac{W}{t \cdot \sigma} \cdot \left(\frac{\lambda_m}{C} \right)^4 = \frac{28150 \text{ J}}{1 \text{ s} \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}} \cdot \left(\frac{6 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}} \right)^4 = 9.13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = \\
 = 9.13 \text{ cm}^2.$$

Vježba 106

Energija što je zrači apsolutno crno tijelo u 2 sekunde iznosi 56300 J. Odredi površinu s koje tijelo zrači ako je duljina vala na koju dolazi maksimalna energija $6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. (Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$, $C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Rezultat: 9.13 cm^2 .

Zadatak 107 (Tomislav, tehnička škola)

Odredi energiju koju zrači apsolutno crno tijelo u jednoj sekundi s površine 1 cm^2 ako je poznato da maksimalna energija zračenja dolazi na valu duljine $4.84 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$. (Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$, $C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Rješenje 107

$$t = 1 \text{ s}, \quad A = 1 \text{ cm}^2 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, \quad \lambda_m = 4.84 \cdot 10^{-5} \text{ cm} = 4.84 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \\
 \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}^4), \quad C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}, \quad W = ?$$

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jednoj sekundi može se odrediti Stefan – Boltzmannovim zakonom

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, A površina tijela, a σ Stefan – Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{T}^4}.$$

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

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

Prema Wienovu zakonu umnožak apsolutne temperature T i valne duljine λ_m kojoj pripada najveća energija zračenja u spektru apsolutno crnog tijela jednak je stalnoj veličini, tj.

$$\lambda_m \cdot T = C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}.$$

Energija koju zrači apsolutno crno tijelo iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} P = \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ P = \frac{W}{t} \\ \lambda_m \cdot T = C \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ \lambda_m \cdot T = C \text{ /: } \lambda_m \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \\ T = \frac{C}{\lambda_m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4 \Rightarrow \frac{W}{t} = \sigma \cdot A \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4 \text{ /: } t \Rightarrow W = t \cdot \sigma \cdot A \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4 = \\
 = 1 \text{ s} \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \cdot 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \left(\frac{2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{4.84 \cdot 10^{-7} \text{ m}} \right)^4 = 7277.72 \text{ J} = 7.28 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

Vježba 107

Odredi energiju koju zrači apsolutno crno tijelo u jednoj sekundi s površine 0.01 dm^2 ako je poznato da maksimalna energija zračenja dolazi na valu duljine $4.84 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$. (Stefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K}^4)$, $C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Rezultat: $7.28 \cdot 10^3 \text{ J}$.

Zadatak 108 (Daria, srednja škola)

Kojoj valnoj duljini pripada najveća energija zračenja apsolutno crnog tijela koje ima temperaturu jednaku temperaturi ljudskog tijela, tj. $37 \text{ }^\circ\text{C}$? ($C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Rješenje 108

$$t = 37 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T = t + 273 = (37 + 273) \text{ K} = 310 \text{ K}, \quad C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}, \quad \lambda_m = ?$$

Prema Wienovu zakonu umnožak apsolutne temperature T i valne duljine λ_m kojoj pripada najveća energija zračenja u spektru apsolutno crnog tijela jednak je stalnoj veličini, tj.

$$\lambda_m \cdot T = C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}.$$

Valna duljina λ_m iznosi:

$$\lambda_m \cdot T = C \Rightarrow \lambda_m \cdot T = C \text{ /: } T \Rightarrow \lambda_m = \frac{C}{T} = \frac{2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{310 \text{ K}} = 9.35 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

Vježba 108

Kojoj valnoj duljini pripada najveća energija zračenja apsolutno crnog tijela koje ima temperaturu $40 \text{ }^\circ\text{C}$? ($C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Rezultat: $9.26 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

Zadatak 109 (Vinko, srednja škola)

Koliko iznosi energija fotona valne duljine 750 nm ? (brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

- A. 1.65 eV B. 2.64 eV C. 3.65 eV D. 4.64 eV

Rješenje 109

$$\lambda = 750 \text{ nm} = 7.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad E = ?$$

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.

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

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

Energija fotona iznosi:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{7.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 2.6504 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \left[\frac{2.6504 \cdot 10^{-19}}{1.602 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} \right] = 1.65 \text{ eV}.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 109

Koliko iznosi energija fotona valne duljine 375 nm? (brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

- A. 2.95 eV B. 3.31 eV C. 3.65 eV D. 4.64 eV

Rezultat: B.

Zadatak 110 (Marina, gimnazija)

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

- A. 300 nm B. 187.4 nm C. 6234 nm D. $1 \cdot 10^{-34}$ nm

Rješenje 110

$$E = 6.626 \text{ eV} = [6.626 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 1.061 \cdot 10^{-18} \text{ J}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s},$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad \lambda = ?$$

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

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

Foton se u vakuumu giba brzinom svjetlosti, masa mu je nula, energija

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

pa je valna duljina dana formulom

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

Računamo valnu duljinu.

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.061 \cdot 10^{-18} \text{ J}} = 1.874 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 187.4 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 187.4 \text{ nm}.$$

Odgovor je pod B.

Vježba 110

Kolika je valna duljina elektromagnetskog zračenja energije fotona 13.252 eV? (brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

- A. 150 nm B. 600 nm C. 93.68 nm D. $1 \cdot 10^{-17}$ nm

Rezultat: C.

Zadatak 111 (Silvy, gimnazija)

Odredi temperaturu peći ako je poznato da otvor površine $S = 14 \text{ cm}^2$ emitira u 1 sekundi 90.6 J. Pretpostavimo da je zračenje približno jednako zračenju apsolutno crnog tijela.

$$(\text{Štefan – Boltzmannova konstanta } \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4})$$

Rješenje 111

$$S = 14 \text{ cm}^2 = 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2, \quad t = 1 \text{ s}, \quad W = 90.6 \text{ J}, \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}, \quad T = ?$$

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

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

Kad tijelo obavlja rad, mijenja mu se energija. Promjena energije jednaka je utrošenom radu. Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jednoj sekundi može se odrediti Štefan – Boltzmannovim zakonom

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, S površina tijela okomita na smjer širenja zračenja, a σ Štefan – Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$$

Računamo temperaturu peći.

$$\left. \begin{array}{l} P = \sigma \cdot S \cdot T^4 \\ P = \frac{W}{t} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array} \right] \Rightarrow \sigma \cdot S \cdot T^4 = \frac{W}{t} \Rightarrow \sigma \cdot S \cdot T^4 = \frac{W}{t} \cdot \frac{1}{\sigma \cdot S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T^4 = \frac{W}{\sigma \cdot S \cdot t} \Rightarrow T^4 = \frac{W}{\sigma \cdot S \cdot t} \cdot \sqrt[4]{\quad} \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{W}{\sigma \cdot S \cdot t}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{90.6 \text{ J}}{5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \cdot 1.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ s}}} = 1034 \text{ K}.$$

Vježba 111

Odredi temperaturu peći ako je poznato da otvor površine $S = 28 \text{ cm}^2$ emitira u 1 sekundi 181.2 J. Pretpostavimo da je zračenje približno jednako zračenju apsolutno crnog tijela.

$$(\text{Štefan – Boltzmannova konstanta } \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4})$$

Rezultat: 1034 K.

Zadatak 112 (Silvy, gimnazija)

Neko apsolutno crno tijelo zrači najviše energije na valnoj duljini od $5.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Kolika je površina toga tijela ako mu snaga zračenja iznosi 400 W?

$$(\text{Štefan – Boltzmannova konstanta } \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4})$$

$$(\text{Wienova konstanta proporcionalnosti } C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K})$$

Rješenje 112

$$\lambda_m = 5.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}, \quad P = 400 \text{ W}, \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}, \quad C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K},$$

S = ?

Toplinska energija koju zrači površina apsolutno crnog tijela u jednoj sekundi može se odrediti Štefan – Boltzmannovim zakonom

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4,$$

gdje je P snaga zračenja, T temperatura tijela, S površina tijela okomita na smjer širenja zračenja, a σ Štefan – Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}.$$

Prema Wienovu (Vin) zakonu umnožak apsolutne temperature T i valne duljine λ_m kojoj pripada najveća energija zračenja u spektru apsolutno crnog tijela jednak je stalnoj veličini, tj.

$$\lambda_m \cdot T = C, \quad C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}.$$

Ploština tijela iznosi:

$$\begin{aligned} \left. \begin{array}{l} P = \sigma \cdot S \cdot T^4 \\ \lambda_m \cdot T = C \end{array} \right\} &\Rightarrow \left. \begin{array}{l} P = \sigma \cdot S \cdot T^4 \\ \lambda_m \cdot T = C \cdot \frac{1}{\lambda_m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} P = \sigma \cdot S \cdot T^4 \\ T = \frac{C}{\lambda_m} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{supstitucije} \end{array} \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow P = \sigma \cdot S \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4 &\Rightarrow P = \sigma \cdot S \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4 \cdot \frac{1}{\sigma \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4} \Rightarrow S = \frac{P}{\sigma \cdot \left(\frac{C}{\lambda_m} \right)^4} \Rightarrow \\ \Rightarrow S = \frac{P}{\sigma} \cdot \left(\frac{\lambda_m}{C} \right)^4 &= \frac{400 \text{ W}}{5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}} \cdot \left(\frac{5.8 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}} \right)^4 = 0.113343 \text{ m}^2 = 1133.43 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Vježba 112

Neko apsolutno crno tijelo zrači najviše energije na valnoj duljini od $5.8 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$. Kolika je površina toga tijela ako mu snaga zračenja iznosi 0.4 kW?

(Štefan – Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$)

(Wienova konstanta proporcionalnosti $C = 2.897 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

Rezultat: 1133.43 cm².

Zadatak 113 (Martina, srednja škola)

Kolika je žarišna daljina leće jakosti 2 dioptrije?

Rješenje 113

$$j = 2 \text{ dpt} = 2 \text{ m}^{-1}, \quad f = ?$$

Jakost leće j je recipročna vrijednost žarišne daljine izražene u metrima.

$$j = \frac{1}{f}.$$

Za konvergentne leće j je pozitivan, za divergentne negativan. Jakost leće izražava se u recipročnim metrima. Tradicionalni naziv za tu jedinicu je dioptrija.

Žarišna daljina leće iznosi:

$$j = \frac{1}{f} \Rightarrow j = \frac{1}{f} \cdot \frac{f}{j} \Rightarrow f = \frac{1}{j} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 0.5 \text{ m.}$$

Vježba 113

Kolika je žarišna daljina leće jakosti 8 dioptrija?

Rezultat: 12.5 cm.

Zadatak 114 (Martina, srednja škola)

Žarišna je daljina konvergentne leće 20 cm. Kolika je jakost leće?

Rješenje 114

$$f = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}, \quad j = ?$$

Jakost leće j je recipročna vrijednost žarišne daljine izražene u metrima.

$$j = \frac{1}{f}.$$

Za konvergentne leće j je pozitivan, za divergentne negativan. Jakost leće izražava se u recipročnim metrima. Tradicionalni naziv za tu jedinicu je dioptrija.

Jakost leće iznosi:

$$j = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2 \text{ m}} = 5 \frac{1}{\text{m}} = 5 \text{ dpt.}$$

Vježba 114

Žarišna je daljina konvergentne leće 25 cm. Kolika je jakost leće?

Rezultat: 4 dpt.

Zadatak 115 (Mala, gimnazija)

Elektron kinetičke energije E giba se brzinom znatno manjom od brzine svjetlosti i ima valnu duljinu λ . Ako energiju elektrona povećamo četiri puta, elektron će imati valnu duljinu:

A. λ B. $2 \cdot \lambda$ C. $\frac{\lambda}{2}$ D. $\frac{\lambda}{4}$

Rješenje 115

$$E_1 = E, \quad \lambda_1 = \lambda, \quad E_2 = 4 \cdot E, \quad \lambda_2 = ?$$

Valna duljina čestice koja ima kinetičku energiju E_k i masu m jednaka je

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

gdje je h Planckova konstanta.

1. inačica

Napisat ćemo izraze za valne duljine elektrona kinetičke energije E_1 i E_2 .

Valna duljina λ_1 :

$$\lambda_1 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_1}} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E}}.$$

Valna duljina λ_2 :

$$\lambda_2 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_2}} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}}.$$

Tada vrijedi:

$$\lambda_2 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{h}{\sqrt{4 \cdot \sqrt{2 \cdot m \cdot E}}} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{h}{2 \cdot \sqrt{2 \cdot m \cdot E}} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda_1 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda \Rightarrow \lambda_2 = \frac{\lambda}{2}.$$

Odgovor je pod C.

2. inačica

Napisat ćemo izraze za valne duljine elektrona kinetičke energije E_1 i E_2 .

Valna duljina λ_1 :

$$\lambda_1 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_1}} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E}}.$$

Valna duljina λ_2 :

$$\lambda_2 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_2}} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}}.$$

Iz omjera valnih duljina izračunamo λ_2 :

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}}}{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E}}} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}}}{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E}}} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}} \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot m \cdot E}}{1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot E}{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot E}{2 \cdot m \cdot 4 \cdot E}} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{1}{4}} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{2} \cdot \lambda_1 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda_1 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda \Rightarrow \lambda_2 = \frac{\lambda}{2}.$$

Odgovor je pod C.

3. inačica

Iz formule

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

vidi se da je valna duljina obrnuto razmjerna sa kvadratnim korijenom kinetičke energije.

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}} \Rightarrow \lambda \sim \frac{1}{\sqrt{E_k}}.$$

Ako energiju elektrona povećamo četiri puta, elektron će imati valnu duljinu dva puta manju.

Odgovor je pod C.

Vježba 115

Elektron kinetičke energije E giba se brzinom znatno manjom od brzine svjetlosti i ima valnu duljinu λ . Ako energiju elektrona povećamo devet puta, elektron će imati valnu duljinu:

A. λ B. $3 \cdot \lambda$ C. $\frac{\lambda}{9}$ D. $\frac{\lambda}{3}$

Rezultat: D.

Zadatak 116 (Help, gimnazija)

Izračunajte de Broglievu valnu duljinu elektrona čija je kinetička energija 100 eV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa elektrona u mirovanju $m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rješenje 116

$$E_k = 100 \text{ eV} = [100 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \\ m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad \lambda = ?$$

Valna duljina čestice mase m koja se giba brzinom v određuje se pomoću de Broglievih relacija

$$\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{m \cdot v} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}},$$

gdje je h Planckova konstanta, p količina gibanja čestice, E_k kinetička energija čestice.

Valna duljina iznosi:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m_0 \cdot E_k}} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 1.6 \cdot 10^{-17} \text{ J}}} = 1.227 \cdot 10^{-10} \text{ m}.$$

Vježba 116

Izračunajte de Broglievu valnu duljinu elektrona čija je kinetička energija 10 eV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa elektrona u mirovanju $m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rezultat: $3.881 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Zadatak 117 (Help, gimnazija)

Izračunajte de Broglievu valnu duljinu elektrona čija je kinetička energija 50 GeV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 117

$$E_k = 50 \text{ GeV} = 50 \cdot 10^9 \text{ eV} = [50 \cdot 10^9 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 8 \cdot 10^{-9} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad \lambda = ?$$

Masa tijela m i energija povezane su relacijom

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

Ekvivalentnost mase i energije pokazuje da se foton ponaša kao čestica valne duljine

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

gdje je h Planckova konstanta, c brzina svjetlosti, E energija.

Budući da elektron ima jako veliku energiju, njegova je brzina vrlo blizu brzine svjetlosti pa možemo uzeti da valna duljina iznosi:

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_k} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8 \cdot 10^{-9} \text{ J}} = 2.485 \cdot 10^{-17} \text{ m}.$$

Vježba 117

Izračunajte de Broglievu valnu duljinu elektrona čija je kinetička energija 100 GeV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rezultat: $1.242 \cdot 10^{-18} \text{ m}$.

Zadatak 118 (Ante, srednja škola)

Ako de Broglievu valnu duljinu elektrona kinetičke energije 10 eV obilježimo sa λ_1 , a valnu duljinu elektrona energije 1000 eV obilježimo sa λ_2 , tada je vrijednost omjera $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ jednaka:

- A. 0.01 B. 100 C. 10 D. 0.1

Rješenje 118

$$E_1 = 10 \text{ eV}, \quad \lambda_1, \quad E_2 = 1000 \text{ eV}, \quad \lambda_2, \quad \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = ?$$

U klasičnoj nerelativističkoj fizici kad su brzine male prema brzini svjetlosti, valna duljina čestice λ koja ima kinetičku energiju E_k i masu m jednaka je:

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

gdje je h Planckova konstanta.

Računamo omjer valnih duljina λ_1 i λ_2 elektrona koji imaju kinetičke energije E_1 i E_2 .

$$\begin{aligned} \frac{\lambda_1}{\lambda_2} &= \frac{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_1}}}{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_2}}} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_1}}}{\frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_2}}} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_1}} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_2}}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_1}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot E_2}{2 \cdot m \cdot E_1}} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot E_2}{2 \cdot m \cdot E_1}} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{E_2}{E_1}} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{\frac{1000 \text{ eV}}{10 \text{ eV}}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \sqrt{100} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 10. \end{aligned}$$

Odgovor je pod C.

Vježba 118

Ako de Broglievu valnu duljinu elektrona kinetičke energije 8 eV obilježimo sa λ_1 , a valnu duljinu elektrona energije 32 eV obilježimo sa λ_2 , tada je vrijednost omjera $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ jednaka:

- A. 4 B. 2 C. 8 D. 16

Rezultat: B.

Zadatak 119 (Ana, srednja škola)

Za koje je vrijednosti a i b moguća nuklearna reakcija ${}_7^a X + {}_2^4 He \rightarrow {}_b^{17} Y + {}_1^1 H$?

- A. $a = 10$, $b = 5$ B. $a = 12$, $b = 8$ C. $a = 14$, $b = 4$ D. $a = 14$, $b = 8$

Rješenje 119

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

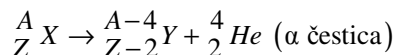


gdje je X simbol kemijskog elementa, A maseni broj jezgre (ukupan broj nukleona: protona i neutrona), Z redni broj elementa u periodnom sustavu elemenata (broj protona).

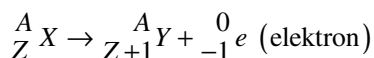
$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z \text{ broj neutrona.}$$

Simbolički zapisi radioaktivnih raspada:

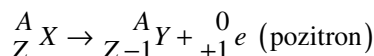
- α raspad



- 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.

$$\begin{aligned} {}^a_7 X + {}^4_2 He &\rightarrow {}^{17}_b Y + {}^1_1 H \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{zakoni} \\ \text{očuvanja} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a+4=17+1 \\ 7+2=b+1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a+4=17+1 \\ b+1=7+2 \end{array} \right\} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left. \begin{array}{l} a=17+1-4 \\ b=7+2-1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a=14 \\ b=8 \end{array} \right\}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod D.

Vježba 119

Za koje je vrijednosti a i b moguća nuklearna reakcija ${}^a_7 X + {}^4_2 He \rightarrow {}^{15}_b Y + {}^1_1 H$?

A. $a=10$, $b=5$ B. $a=12$, $b=8$ C. $a=14$, $b=4$ D. $a=14$, $b=8$

Rezultat: B.

Zadatak 120 (Anto, elektrotehnička škola)

Valna duljina monokromatske laserske svjetlosti iznosi 632 nm. Kolika je energija jednog kvanta zračenja izražena u džulima i elektronvoltima? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 120

$$\lambda = 632 \text{ nm} = 6.32 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad E = ?$$

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

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

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.

Elektronvolt (**eV**) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ($1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) kad prođe električnim poljem razlike potencijala 1 V:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \text{ V} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Zapamti!

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Energija jednog kvanta zračenja u džulima iznosi:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6.32 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 3.15 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Energija jednog kvanta zračenja u elektronvoltima iznosi:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6.32 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 3.15 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \left[3.15 \cdot 10^{-19} : 1.6 \cdot 10^{-19} \right] = 1.97 \text{ eV}.$$

Vježba 120

Valna duljina monokromatske laserske svjetlosti iznosi 316 nm. Kolika je energija jednog kvanta zračenja izražena u džulima i elektronvoltima? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rezultat: $6.29 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, 3.93 eV.