

Zadatak 021 (Mario, elektrotehnička škola)

Svjetlost valne duljine $0.2 \mu\text{m}$ izbija elektrone iz niklene pločice. Kojom brzinom izlijeću elektroni ako je njihov izlazni rad 5.01 eV ? ($h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 021

$$\lambda = 0.2 \mu\text{m} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad W = 5.01 \text{ eV} = [5.01 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}] = 8.016 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \\ h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad v = ?$$

Uporabit ćemo jednadžbu za fotoelektrični efekt:

$$h \cdot v = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W \quad / \cdot 2 \cdot \lambda \Rightarrow 2 \cdot h \cdot c = \lambda \cdot m \cdot v^2 + 2 \cdot \lambda \cdot W \Rightarrow \\ \Rightarrow \lambda \cdot m \cdot v^2 = 2 \cdot h \cdot c - 2 \cdot \lambda \cdot W \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot h \cdot c - 2 \cdot \lambda \cdot W}{\lambda \cdot m} \Rightarrow v^2 = \frac{2 \cdot (h \cdot c - \lambda \cdot W)}{\lambda \cdot m} \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow \\ \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot (h \cdot c - \lambda \cdot W)}{\lambda \cdot m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 2 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 8.016 \cdot 10^{-19} \text{ J} \right)}{2 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = \\ = 6.497 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 650 \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

Vježba 021

Svjetlost valne duljine $0.2 \mu\text{m}$ izbija elektrone iz niklene pločice. Kojom brzinom izlijeću elektroni ako je njihov izlazni rad 2 eV ? ($h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)

Rezultat: $1.22 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Zadatak 022 (Ivan, elektrotehnička škola)

Koliko se atoma raspadne u uzorku radioaktivnog fosfora $^{32}_{15}\text{P}$ mase 1 mg za 3 dana ? (Period poluraspada fosfora iznosi $1.24 \cdot 10^6 \text{ s}$.)

Rješenje 022

$$m = 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}, \quad t = 3 \text{ dana} = 3 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 2.592 \cdot 10^5 \text{ s}, \\ T_{1/2} = 1.24 \cdot 10^6 \text{ s}, \quad N_A = 6.023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad \Delta N = ?$$

Budući da je riječ o fosforu $^{32}_{15}\text{P}$, slijedi da je molna masa:

$$M = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}.$$

Početni broj atoma iznosi:

$$N_0 = \frac{m}{M} \cdot N_A.$$

Broj raspadnutih atoma je:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right) = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right) = \\ = \frac{10^{-3} \text{ g}}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 6.023 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \cdot \left(1 - 2^{-\frac{2.592 \cdot 10^5 \text{ s}}{1.24 \cdot 10^6 \text{ s}}} \right) = 2.54 \cdot 10^{18} \text{ atoma}.$$

Vježba 022

Koliko se atoma raspadne u uzorku radioaktivnog fosfora ${}_{15}^{32}\text{P}$ mase 1 mg za 2 dana? (Period poluraspada fosfora iznosi $1.24 \cdot 10^6$ s.)

Rezultat: $1.73 \cdot 10^{18}$.

Zadatak 023 (Ina, gimnazija)

Ultraljubičasta svjetlost valne duljine 300 nm, koja upada na fotočeliju, izbija iz nje elektrone brzine 10^6 m/s. Kojom se valnom duljinom mora obasjati fotočelija da bi kinetička energija izbijenih elektrona bila $4 \cdot 10^{-19}$ J? ($h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js, $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Rješenje 023

$$\lambda_1 = 300 \text{ nm} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad v = 10^6 \text{ m/s}, \quad E_k = 4 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, \\ m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad \lambda = ?$$

Uporabom jednadžbe za fotoelektrični efekt dobije se sustav:

$$\left. \begin{array}{l} h \cdot \nu_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W \\ h \cdot \nu = E_k + W \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{oduzmemo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + W \quad / \cdot (-1) \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} -h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = -\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - W \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W \end{array} \right\} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} - h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = E_k - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} + E_k - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad / \cdot \lambda \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h \cdot c = \lambda \cdot \left[h \cdot \frac{c}{\lambda_1} + E_k - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \right] \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{h \cdot \frac{c}{\lambda_1} + E_k - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2} =$$

$$= \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 10^{-7} \text{ m}} + 4 \cdot 10^{-19} \text{ J} - \frac{1}{2} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 3.27 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 327 \text{ nm}.$$

Vježba 023

Ultraljubičasta svjetlost valne duljine 300 nm, koja upada na fotočeliju, izbija iz nje elektrone brzine 10^6 m/s. Kojom se valnom duljinom mora obasjati fotočelija da bi kinetička energija izbijenih elektrona bila $8 \cdot 10^{-19}$ J? ($h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js, $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Rezultat: 197 nm.

Zadatak 024 (Kristina - Kiki, medicinska škola)

Kolika je količina gibanja fotona elektromagnetskog zračenja frekvencije 0.5 PHz? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js, brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Rješenje 024

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

Iz Einsteinove i Planckove relacije dobije se masa fotona:

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

Količina gibanja fotona iznosi:

$$p = m \cdot c \Rightarrow p = \frac{h \cdot \nu}{c^2} \cdot c \Rightarrow p = \frac{h \cdot \nu}{c} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 5 \cdot 10^{14} \frac{1}{s}}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} = 1.1 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \frac{m}{s}$$

Vježba 024

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

Rezultat: $3.7 \cdot 10^{-36}$ kg.

Zadatak 025 (Maja, gimnazija)

Elektron ima energiju 500 eV. Kolika je valna duljina pridruženog vala? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js)

Rješenje 025

$E = 500 \text{ eV} = [500 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}] = 8 \cdot 10^{-17} \text{ J}$, $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $\lambda = ?$
Valna duljina svake čestice koja se giba brzinom v , gdje je $m \cdot v$ količina gibanja čestice, dana je izrazom:

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

Riješimo sustav od relacije za kinetičku energiju i relacije za valnu duljinu svake čestice koja se giba brzinom v :

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

$$\Rightarrow \lambda = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{\sqrt{2 \cdot 8 \cdot 10^{-17} \text{ J} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 5.49 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Vježba 025

Elektron ima energiju 1000 eV. Kolika je valna duljina pridruženog vala? (masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js)

Rezultat: $3.88 \cdot 10^{-11}$ m.

Zadatak 026 (Maja, gimnazija)

Kapljica vode promjera 0.0001 mm giba se brzinom 2 cm/s. Kolika je valna duljina pridruženog vala kapljice? (Gustoća vode $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js)

Rješenje 026

$2 \cdot r = 0.0001 \text{ mm} = 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow r = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$, $v = 2 \text{ cm/s} = 0.02 \text{ m/s}$, $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$,
 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = ?$

Pomoću izraza za obujam kapljice i njezinu gustoću izračunamo masu:

$$\left. \begin{array}{l} V = \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi \\ \rho = \frac{m}{V} \end{array} \right\} \Rightarrow m = \rho \cdot V \Rightarrow m = \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi$$

Valna duljina kapljice iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} m = \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi \\ \lambda = \frac{h}{m \cdot v} \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{\rho \cdot \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \pi \cdot v} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \cdot h}{4 \cdot \rho \cdot r^3 \cdot \pi \cdot v} =$$

$$= \frac{3 \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{4 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (5 \cdot 10^{-8} \text{ m})^3 \cdot \pi \cdot 0.02 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6.33 \cdot 10^{-14} \text{ m.}$$

Vježba 026

Kapljica vode promjera 0.0001 mm giba se brzinom 4 cm/s. Kolika je valna duljina pridruženog vala kapljice? (Gustoća vode $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$)

Rezultat: $3.16 \cdot 10^{-14} \text{ m.}$

Zadatak 027 (Medena, medicinska škola)

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

Rješenje 027

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

Energija koja odgovara masi m dana je Einsteinovom relacijom

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

Prema tome, masi $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ odgovara energija:

$$E = m \cdot c^2 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 8.199 \cdot 10^{-14} \text{ J.}$$

Vježba 027

Kolika energija odgovara masi protona u mirovanju ($m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)?

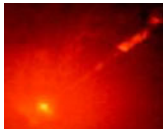
Rezultat: $1.503 \cdot 10^{-10} \text{ J.}$

Zadatak 028 (Max, gimnazija)

U prirodnom uranu nalazi se 0.7% ^{235}U , a ostatak je ^{238}U . Oba se raspadaju u vremenima poluraspada od $7.2 \cdot 10^8$ godina i $4.5 \cdot 10^9$ godina. Kolika je starost svemira ako je pri stvaranju elemenata nastala ista množina ^{235}U i ^{238}U ?

Rješenje 028

$$T_1 = 7.2 \cdot 10^8 \text{ god}, \quad T_2 = 4.5 \cdot 10^9 \text{ god}, \quad t = ?$$



Budući da je pri stvaranju nastala ista množina urana N_0 , slijedi:

$$N_1 = 0.007 \cdot N_0,$$

$$N_2 = 0.993 \cdot N_0.$$

$$\left. \begin{array}{l} N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}} \\ N_2 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}}}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow \frac{0.007 \cdot N_0}{0.993 \cdot N_0} = \frac{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}}}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{0.007}{0.993} = 2^{-\frac{t}{T_1} + \frac{t}{T_2}} \Rightarrow \frac{7}{993} = 2^{t \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} / \ln \Rightarrow \ln \frac{7}{993} = t \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) \cdot \ln 2 \Rightarrow t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \ln 2 = \ln \frac{7}{993} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln \frac{7}{993}}{\frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \ln 2} \Rightarrow t = \frac{T_1 \cdot T_2 \cdot \ln \frac{7}{993}}{(T_1 - T_2) \cdot \ln 2} = \frac{7.2 \cdot 10^8 \text{ god} \cdot 4.5 \cdot 10^9 \text{ god} \cdot \ln \frac{7}{993}}{(7.2 \cdot 10^8 \text{ god} - 4.5 \cdot 10^9 \text{ god}) \cdot \ln 2} = 6.13 \cdot 10^9 \text{ godina.}$$

Vježba 028

U prirodnom uranu nalazi se 0.7% ^{235}U , a ostatak je ^{238}U . Oba se raspadaju u vremenima poluraspada od $7.2 \cdot 10^8$ godina i $4.5 \cdot 10^9$ godina. Kolika je starost svemira, izražena u danima, ako je pri stvaranju elemenata nastala ista množina ^{235}U i ^{238}U ?

Rezultat: $2.24 \cdot 10^{12}$ dana.

Zadatak 029 (Petra, gimnazija)

Neki metal, čija granična valna duljina iznosi 450 nm obasjan je kvantima svjetlosti energije tri puta veće od energije izlaznog rada. Izračunajte napon kojim možemo zaustaviti fotoelektrone koji izlaze iz metala. ($h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Rješenje 029

$$\lambda_g = 450 \text{ nm} = 4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad E_f = 3 \cdot W, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, \quad e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \\ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad U = ?$$

Ponovimo!

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 $E_f = h \cdot \nu$ 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:

$$E_f = W + e \cdot U,$$

gdje je U napon zaustavljanja elektrona, a izraz $e \cdot U$ jednak je radu električnog polja koji djeluje na zaustavljanje elektrona. Računamo napon U :

$$\left. \begin{array}{l} E_f = W + e \cdot U \\ E_f = 3 \cdot W \end{array} \right\} \Rightarrow 3 \cdot W = W + e \cdot U \Rightarrow e \cdot U = 2 \cdot W \Rightarrow U = \frac{2 \cdot W}{e} \Rightarrow \left[W = h \cdot \frac{c}{\lambda_g} \right] \Rightarrow \\ \Rightarrow U = \frac{2 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda_g}}{e} \Rightarrow U = \frac{2 \cdot h \cdot c}{e \cdot \lambda_g} = \frac{2 \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 5.52 \text{ V}.$$

Vježba 029

Neki metal, čija granična valna duljina iznosi 400 nm obasjan je kvantima svjetlosti energije tri puta veće od energije izlaznog rada. Izračunajte napon kojim možemo zaustaviti fotoelektrone koji izlaze iz metala. ($h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ Js, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Rezultat: 6.21 V.

Zadatak 030 (Deny, gimnazija)

Monokromatski izvor snage 100 W emitira zelenu svjetlost valne duljine 500 nm. Koliko fotona u sekundi izlazi iz izvora? ($h = 6.6 \cdot 10^{-34}$ Js, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Rješenje 030

$$P = 100 \text{ W}, \quad \lambda = 500 \text{ nm} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad N = ?$$

Energija koju zrači izvor snage P u vremenu t iznosi:

$$W = P \cdot t.$$

Budući da svaki kvant ili foton ima energiju

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

njihov broj je:

$$N = \frac{W}{E} \Rightarrow N = \frac{P \cdot t}{h \cdot \frac{c}{\lambda}} \Rightarrow N = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c} = \frac{100 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2.5 \cdot 10^{20}.$$

Vježba 030

Monokromatski izvor snage 200 W emitira zelenu svjetlost valne duljine 500 nm. Koliko fotona u sekundi izlazi iz izvora? ($h = 6.6 \cdot 10^{-34}$ Js, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Rezultat: $5.1 \cdot 10^{20}$.

Zadatak 031 (Deny, gimnazija)

Izotop joda ^{131}J ima vrijeme poluraspada 8.04 dana. U uzorku je izmjerena radioaktivnost od 200 Bq. Koliki je broj atoma ^{131}J ?

Rješenje 031

$$T_{1/2} = 8.04 \text{ dana} = 8.04 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 6.94656 \cdot 10^5 \text{ s}, \quad A = 200 \text{ Bq}, \quad N = ?$$

Aktivnost radioaktivne tvari je:

$$A = \lambda \cdot N,$$

gdje je $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ konstanta radioaktivnog raspada. Broj atoma iznosi:

$$\left. \begin{aligned} A &= \lambda \cdot N \\ \lambda &= \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N \quad / \cdot T_{1/2} \Rightarrow A \cdot T_{1/2} = N \cdot \ln 2 \Rightarrow N = \frac{A \cdot T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{200 \text{ Bq} \cdot 6.94656 \cdot 10^5 \text{ s}}{\ln 2} = 2 \cdot 10^8.$$

Vježba 031

Izotop joda ^{131}J ima vrijeme poluraspada 8.04 dana. U uzorku je izmjerena radioaktivnost od 400 Bq. Koliki je broj atoma ^{131}J ?

Rezultat: $4 \cdot 10^8$.

Zadatak 032 (Anita, gimnazija)

Staza elektronskog snopa u homogenom magnetskom polju indukcije $7 \cdot 10^{-3}$ T u vakuumu kružni je luk polumjera 3 cm. Kolika je energija jednog elektrona u tom snopu? ($m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C)

Rješenje 032

$$B = 7 \cdot 10^{-3} \text{ T}, \quad r = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad Q = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad E_k = ?$$



Električki nabijene čestice pomoću kojih se izvode nuklearne reakcije ubrzavaju se u akceleratorima. U ciklotronu električki nabijene čestice naboja Q i mase m postižu brzinu

$$v = \frac{B \cdot Q \cdot r}{m},$$

gdje je B magnetska indukcija, a r polumjer kružne staze čestice. Energija čestice koja izleti iz ciklotrona jest:

$$\left. \begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ v &= \frac{B \cdot Q \cdot r}{m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{B \cdot Q \cdot r}{m} \right)^2 \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \frac{(B \cdot Q \cdot r)^2}{m^2} \Rightarrow E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{(B \cdot Q \cdot r)^2}{m} =$$
$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{(7 \cdot 10^{-3} \text{ T} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.03 \text{ m})^2}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 6.2 \cdot 10^{-16} \text{ J}.$$

Vježba 032

Staza elektronskog snopa u homogenom magnetskom polju indukcije $7 \cdot 10^{-3}$ T u vakuumu kružni je luk polumjera 6 cm. Kolika je energija jednog elektrona u tom snopu? ($m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C)

Rezultat: $2.48 \cdot 10^{-15}$ J.

Zadatak 033 (Mira, gimnazija)

Vrijeme poluraspada ^{226}Ra je 1590 godina. Koliko bi ostalo nakon 3180 godina od jednog grama čistog ^{226}Ra ?

Rješenje 033

$$T_{1/2} = 1590 \text{ god}, \quad t = 3180 \text{ god}, \quad N_0 = 1 \text{ g}, \quad N = ?$$

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow N = 1 \text{ g} \cdot 2^{-\frac{3180 \text{ god}}{1590 \text{ god}}} \Rightarrow N = 1 \text{ g} \cdot 2^{-2} \Rightarrow N = 1 \text{ g} \cdot \frac{1}{4} \Rightarrow N = 0.25 \text{ g}.$$

Vježba 033

Vrijeme poluraspada ^{226}Ra je 1590 godina. Koliko bi ostalo nakon 3180 godina od četiri grama čistog ^{226}Ra ?

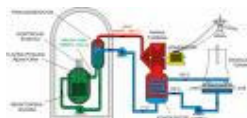
Rezultat: 1 g.

Zadatak 034 (Kety, gimnazija)

Jedna jezgra ^{235}U oslobodi pri nuklearnoj fisiji energiju od 201 MeV. Kolika se masa tog izotopa urana utroši u nuklearnom reaktoru u toku jedne sekunde kada reaktor radi snagom od 50 MW? Masa jezgre atoma ^{235}U je $3.9 \cdot 10^{-25}$ kg.

Rješenje 034

$$E_j = 201 \text{ MeV} = [201 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 3.216 \cdot 10^{-11} \text{ J}, \quad t = 1 \text{ s}, \quad P = 50 \text{ MW} = 5 \cdot 10^7 \text{ W}, \\ m_j = 3.9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}, \quad m = ?$$



Budući da reaktor radi snagom od 50 MW, u jednoj sekundi oslobodit će energiju od:

$$E = P \cdot t = 5 \cdot 10^7 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 5 \cdot 10^7 \text{ J}.$$

Masu izotopa urana utrošenog u nuklearnom reaktoru naći ćemo pomoću razmjera:

$$m : E = m_j : E_j \Rightarrow m \cdot E_j = E \cdot m_j \Rightarrow m = \frac{E \cdot m_j}{E_j} = \frac{5 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot 3.9 \cdot 10^{-25} \text{ kg}}{3.216 \cdot 10^{-11} \text{ J}} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ kg} = 0.6 \text{ mg}.$$

Vježba 034

Jedna jezgra ^{235}U oslobodi pri nuklearnoj fisiji energiju od 201 MeV. Kolika se masa tog izotopa urana utroši u nuklearnom reaktoru u toku jedne sekunde kada reaktor radi snagom od 100 MW? Masa jezgre atoma ^{235}U je $3.9 \cdot 10^{-25}$ kg.

Rezultat: 1.2 mg.

Zadatak 035 (Maturant, gimnazija)

Radioaktivan uzorak sadrži $10 \mu\text{g}$ nuklida ^{131}I . Kolika je aktivnost uzorka ako je vrijeme poluraspada 8 dana? ($N_A = 6.023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

Rješenje 035

$$m = 10 \mu\text{g} = 10^{-8} \text{ kg}, \quad M = 131 \text{ g/mol} = 0.131 \text{ kg/mol}, \quad T_{1/2} = 8 \text{ dana} = [8 \cdot 24 \cdot 3600] = 691200 \text{ s}, \\ N_A = 6.023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad A = ?$$

Aktivnost je brzina kojom se raspada radioaktivan nuklid. To je broj raspada u jedinici vremena. Jedinica aktivnosti je bekerel ($\text{Bq} = \text{s}^{-1}$). Jedan bekerel jedan je raspad u sekundi.

Aktivnost radioaktivnog utorka:

$$\left. \begin{aligned} A &= \lambda \cdot N, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \\ N &= \frac{m}{M} \cdot N_A \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\ln 2}{691200 \text{ s}} \cdot \frac{10^{-8} \text{ kg}}{0.131 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \cdot 6.023 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 4.61 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 46.1 \text{ GBq}.$$

Vježba 035

Radioaktivan uzorak sadrži 20 μg nuklida ^{131}I . Kolika je aktivnost uzorka ako je vrijeme poluraspada 8 dana? ($N_A = 6.023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

Rezultat: 92.2 GBq.

Zadatak 036 (Malena, gimnazija)

Djelovanjem ultraljubičaste svjetlosti valne duljine $1.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ iz površine kovine izlaze elektroni najveće kinetičke energije 3 eV. Odredite izlazni rad elektrona. ($h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 036

$$\lambda = 1.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad E_k = 3 \text{ eV} = [3 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 4.8 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad W = ?$$

Kad fotoni energije $h \cdot \nu$ padnu na neku kovinu, oni uz određene uvjete izbijaju elektrone iz nje. To je fotoelektrični efekt. Pritom se energija fotona $h \cdot \nu$ utroši dijelom na izbijanje elektrona iz kovine, a dijelom ta energija prelazi u kinetičku energiju elektrona pa vrijedi

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

gdje je E_k kinetička energija izbijenog elektrona, a W izlazni rad. Izlazni rad iznosi:
Zapamti!

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

$$\left. \begin{array}{l} \nu = \frac{c}{\lambda} \\ W = h \cdot \nu - E_k \end{array} \right\} \Rightarrow W = h \cdot \frac{c}{\lambda} - E_k = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 4.8 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 8.45 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \\ = [8.45 \cdot 10^{-19} : 1.6 \cdot 10^{-19}] = 5.28 \text{ eV}.$$

Vježba 036

Djelovanjem ultraljubičaste svjetlosti valne duljine $0.15 \mu\text{m}$ iz površine kovine izlaze elektroni najveće kinetičke energije 3 eV. Odredite izlazni rad elektrona. ($h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rezultat: 5.28 eV.

Zadatak 037 (Malena, gimnazija)

Djelovanjem ultraljubičaste svjetlosti iz površine kovine izlaze elektroni najveće kinetičke energije 3 eV. Kakvu razliku potencijala moramo uporabiti da bismo zaustavili emisiju elektrona? ($e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rješenje 037

$$E_k = 3 \text{ eV} = [3 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 4.8 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad U = ?$$

Kad fotoni energije $h \cdot \nu$ padnu na neku kovinu, oni uz određene uvjete izbijaju elektrone iz nje. To je fotoelektrični efekt. Pritom se energija fotona $h \cdot \nu$ utroši dijelom na izbijanje elektrona iz kovine, a dijelom ta energija prelazi u kinetičku energiju elektrona. Da bismo zaustavili emisiju elektrona mora razlika potencijala biti takva da rad sile električnog polja bude jednak kinetičkoj energiji elektrona.
Zapamti!

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

$$e \cdot U = E_k \Rightarrow U = \frac{E_k}{e} = \frac{4.8 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 3 \text{ V}.$$

Vježba 037

Djelovanjem ultraljubičaste svjetlosti iz površine kovine izlaze elektroni najveće kinetičke energije 6 eV. Kakvu razliku potencijala moramo uporabiti da bismo zaustavili emisiju elektrona? ($e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: 6 V.

Zadatak 038 (Doris, medicinska škola)

Odredite vrijeme poluraspada radioaktivne tvari koja ima konstantu raspada $3.8 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$.

Rješenje 038

$$\lambda = 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}, \quad T_{1/2} = ?$$

$$T_{1/2} = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln 2 \Rightarrow T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{3.8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{s}}} = 182 \text{ s} = 3 \text{ min } 2 \text{ s}.$$

Vježba 038

Odredite vrijeme poluraspada radioaktivne tvari koja ima konstantu raspada $7.6 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$.

Rezultat: 91 s = 1 min 31 s.

Zadatak 039 (Doris, medicinska škola)

Koliko se atoma radona raspadne za jedan dan iz milijuna atoma ako je vrijeme poluraspada 3.82 dana?

Rješenje 039

$$t = 1 \text{ dan}, \quad N_0 = 10^6, \quad T_{1/2} = 3.82 \text{ dan}, \quad N_0 - N = ?$$

Zakon radioaktivnog raspada glasi:

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

Broj atoma radona koji se raspadne za jedan dan iznosi:

$$\begin{aligned} N_0 - N &= N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right) = 10^6 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1 \text{ dan}}{3.82 \text{ dan}}} \right) = \\ &= 10^6 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{3.82}} \right) = 10^6 \cdot \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{1}{3.82}}} \right) = 165941.84 \approx 165942. \end{aligned}$$

Vježba 039

Koliko se atoma radona raspadne za dva dana iz milijuna atoma ako je vrijeme poluraspada 3.82 dana?

Rezultat: 304 347.

Zadatak 040 (Doris, medicinska škola)

Koji se dio prvobitnog broja atoma neke radioaktivne tvari neće raspasti nakon 1.5 vremena poluraspada?

Rješenje 040

$$t = 1.5 \cdot T_{1/2}, \quad \frac{N}{N_0} = ?$$

Zakon radioaktivnog raspada glasi:

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

Prvobitni broj atoma koji se neće raspasti iznosi:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = 2^{-\frac{1.5 \cdot T_{1/2}}{T_{1/2}}} = 2^{-1.5} = \frac{1}{2^{1.5}} = 0.35.$$

Vježba 040

Koji se dio prvobitnog broja atoma neke radioaktivne tvari neće raspasti nakon 2 vremena poluraspada?

Rezultat: 0.25.