

Zadatak 221 (Mario, gimnazija)

Cezijevu pločicu obasjamo elektromagnetskim zračenjem valne duljine 450 nm. Kolika je razlika potencijala potrebna za zaustavljanje emisije elektrona iz pločice? Izlazni rad za cezij iznosi 2 eV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rješenje 221

$$\lambda = 450 \text{ nm} = 4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad W_i = 2 \text{ eV} = [2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \\ h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad U = ?$$

Fotoelektrični učinak pojava je izbijanja elektrona pomoću svjetlosti (elektromagnetskog zračenja) iz kovina. Kad fotoni energije

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

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:

$$h \cdot \nu = E_k + W, \quad h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W,$$

gdje je h Planckova konstanta, ν frekvencija, E_k kinetička energija izbijenog elektrona, W izlazni rad, c brzina svjetlosti, λ valna duljina.

Rad električnog polja računa se po formuli

$$W = Q \cdot U,$$

gdje je Q naboj, U napon.

Razlika potencijala potrebna za zaustavljanje emisije elektrona iz pločice mora biti takva da rad sile električnog polja bude jednak kinetičkoj energiji elektrona.

$$E_k = e \cdot U.$$

$$\left. \begin{array}{l} E_k = e \cdot U \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W_i \end{array} \right\} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = e \cdot U + W_i \Rightarrow e \cdot U + W_i = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow e \cdot U = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e \cdot U = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i \quad / \cdot \frac{1}{e} \Rightarrow U = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i}{e} =$$

$$= \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 0.757 \text{ V} \approx 0.76 \text{ V}.$$

Vježba 221

Cezijevu pločicu obasjamo elektromagnetskim zračenjem valne duljine 0.45 μm . Kolika je razlika potencijala potrebna za zaustavljanje emisije elektrona iz pločice? Izlazni rad za cezij iznosi 2 eV. (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: 0.76 V.

Zadatak 222 (Franka, gimnazija)

Pri povećanju energije elektrona za 200 eV njegova valna duljina promijeni se dva puta. Kolika je bila prvobitna valna duljina elektrona? (masa elektrona u mirovanju $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

Rješenje 222

$\Delta E_k = 200 \text{ eV} = [200 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}] = 3.2 \cdot 10^{-17} \text{ J}$, $\lambda_1 = \lambda$, $\lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda$ pri povećanju energije valna duljina smanjuje se, $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $\lambda = ?$

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:

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

gdje je h Planckova konstanta.

De Broglie je teorijski došao do zaključka da svaka čestica koja se giba mora imati valna svojstva. U klasičnoj nerelativističkoj fizici kad su brzine male prema brzini svjetlosti, kinetička energija čestice E_k koja ima valnu duljinu λ i masu m jednaka je:

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

gdje je h Planckova konstanta.

Računamo valnu duljinu.

$$\begin{aligned} \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_2^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_1^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \lambda\right)^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{h^2}{m \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{2 \cdot h^2}{m \cdot \lambda^2} - \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{4 \cdot h^2 - h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \Delta E_k = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda^2} \cdot \frac{\lambda^2}{\Delta E_k} \Rightarrow \lambda^2 = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k} \Rightarrow \lambda^2 = \frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k} \sqrt{\quad} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \lambda = \sqrt{\frac{3 \cdot h^2}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k}} \Rightarrow \lambda = h \cdot \sqrt{\frac{3}{2 \cdot m \cdot \Delta E_k}} = \\ &= 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \sqrt{\frac{3}{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 3.2 \cdot 10^{-17} \text{ J}}} = 1.5 \cdot 10^{-10} \text{ m}. \end{aligned}$$

Vježba 222

Pri povećanju energije elektrona za 0.2 keV njegova valna duljina promijeni se dva puta. Kolika je bila prvobitna valna duljina elektrona? (masa elektrona u mirovanju $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s)

Rezultat: 0.76 V.

Zadatak 223 (Atomix, gimnazija)

Na kojoj bi temperaturi srednja energija termičkog gibanja atoma bila jednaka energiji fotona valne duljine 0.15 nm? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Boltzmanova konstanta $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

Rješenje 223

$$\lambda = 0.15 \text{ nm} = 1.5 \cdot 10^{-10} \text{ m}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \\ k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, \quad T = ?$$

Srednja kinetička energija čestice razmjerna je apsolutnoj temperaturi T:

$$\bar{E} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

gdje je k Boltzmanova konstanta.

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

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

gdje je h Planckova konstanta, c je brzina svjetlosti.

$$\left. \begin{array}{l} \bar{E} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T \\ E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{uvjet} \\ \bar{E} = E \end{array} \right] \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot k \cdot T = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot k \cdot T = h \cdot \frac{c}{\lambda} / \cdot \frac{2}{3 \cdot k} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot h \cdot c}{3 \cdot \lambda \cdot k} = \\ = \frac{2 \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 1.5 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}} = 6.402 \cdot 10^7 \text{ K}.$$

Vježba 223

Na kojoj bi temperaturi srednja energija termičkog gibanja atoma bila jednaka energiji fotona valne duljine 0.25 nm? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Boltzmanova konstanta $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

Rezultat: $3.841 \cdot 10^7 \text{ K}$.

Zadatak 224 (Atomix, gimnazija)

Koliku valnu duljinu mora imati foton da ionizira vodikov atom koji se nalazi u osnovnom stanju i da pritom izbačeni elektron ima kinetičku energiju 10 eV? (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 224

$$E_1 = 13.6 \text{ eV} = [13.6 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 2.18 \cdot 10^{-18} \text{ J} \text{ energija ionizacije vodikova atoma koji se nalazi u osnovnom stanju}, \\ E_k = 10 \text{ eV} = [10 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 1.602 \cdot 10^{-18} \text{ J}, \\ h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad \lambda = ?$$

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:

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

gdje je h Planckova konstanta.

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

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

gdje je h Planckova konstanta, c je brzina svjetlosti.

Rad koji moramo predati elektronu da poveća svoju kinetičku energiju i napusti metal nazivamo izlaznim radom W_i . On je jednak energiji vezanja elektrona. Energija fotona jednim dijelom troši se na oslobađanje elektrona iz metala (izlazni rad W_i , energija vezanja E_n), a drugim dijelom pretvara u kinetičku energiju izbačenog elektrona E_k .

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_i + E_k.$$

U zadatku je riječ o vodikovu atomu koji se nalazi u osnovnom stanju pa vrijedi:

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_1 + E_k \Rightarrow E_1 + E_k = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E_1 + E_k = h \cdot \frac{c}{\lambda} / \cdot \frac{\lambda}{E_1 + E_k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E_1 + E_k} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2.18 \cdot 10^{-18} \text{ J} + 1.602 \cdot 10^{-18} \text{ J}} = 5.2559 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 52.559 \text{ nm}.$$

Vježba 224

Koliku valnu duljinu mora imati foton da ionizira vodikov atom koji se nalazi u osnovnom stanju i da pritom izbačeni elektron ima kinetičku energiju 0.01 keV? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rezultat: 52.559 nm.

Zadatak 225 (Nata, gimnazija)

Ploča od cinka obasjana je fotonima valne duljine 220 nm. Ako je izlazni rad za cink 4 eV, kolika je maksimalna brzina fotoelektrona? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

$$A. 7.6 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad B. 5.7 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad C. 4.2 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad D. 2.7 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Rješenje 225

$$\lambda = 220 \text{ nm} = 2.2 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad W_i = 4 \text{ eV} = [4 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 6.408 \cdot 10^{-18} \text{ J},$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad v = ?$$

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:

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

Fotoelektrični učinak pojava je izbijanja elektrona pomoću svjetlosti (elektromagnetskog zračenja) iz kovina. Kad fotoni energije

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

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

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_i + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2,$$

gdje je h Planckova konstanta, c brzina svjetlosti, λ valna duljina fotona, W_i izlazni rad, m masa izbijenog elektrona, v maksimalna brzina izbijenog elektrona.

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_i + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow W_i + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i / \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v^2 = 2 \cdot \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i}{m} \Rightarrow v^2 = 2 \cdot \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i}{m} / \sqrt{\quad} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i}{m}} = \sqrt{2 \cdot \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2.2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 6.408 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 7.6 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 225

Ploča od cinka obasjana je fotonima valne duljine 0.22 μm . Ako je izlazni rad za cink 4 eV, kolika je maksimalna brzina fotoelektrona? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

A. $7.6 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ B. $5.7 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ C. $4.2 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ D. $2.7 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Rezultat: A.

Zadatak 226 (Nata, gimnazija)

Koliko fotona emitira svake sekunde radio – odašiljač snage 10 kW koji radi na valnoj duljini 200 m? (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. $1 \cdot 10^{31}$ B. $3 \cdot 10^{29}$ C. $2 \cdot 10^{27}$ D. $3 \cdot 10^{33}$

Rješenje 226

$t = 1 \text{ s}$, $P = 10 \text{ kW} = 10^4 \text{ W}$, $\lambda = 200 \text{ m}$, $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$,
 $N = ?$

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

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

gdje je h Planckova konstanta, c je brzina svjetlosti, λ valna duljina fotona.

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

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

Snaga izvora jednaka je emitiranoj energiji u jedinici vremena, tj.

$$P = \frac{E}{t}$$

Budući da se emitira N fotona, za energiju i snagu vrijedi:

$$\left. \begin{array}{l} E = N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \\ P = \frac{E}{t} \end{array} \right\} \Rightarrow P = \frac{N \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}}{t} \Rightarrow P = \frac{N \cdot h \cdot c}{\lambda \cdot t} \Rightarrow \frac{N \cdot h \cdot c}{\lambda \cdot t} = P \Rightarrow \frac{N \cdot h \cdot c}{\lambda \cdot t} = P \cdot \frac{\lambda \cdot t}{h \cdot c} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = \frac{P \cdot \lambda \cdot t}{h \cdot c} = \frac{10^4 \text{ W} \cdot 200 \text{ m} \cdot 1 \text{ s}}{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1 \cdot 10^{31}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 226

Koliko fotona emitira svake sekunde radio – odašiljač snage 10 kW koji radi na valnoj duljini 0.2 km? (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. $1 \cdot 10^{31}$ B. $3 \cdot 10^{29}$ C. $2 \cdot 10^{27}$ D. $3 \cdot 10^{33}$

Rezultat: A.

Zadatak 227 (Marijana, maturantica)

Deuterij se proizvodi u nuklearnom reaktoru tako da se bombardira vodik brzim neutronima. Pritom se oslobađa γ – foton. Izračunajte energiju oslobođenog γ – fotona. ($m_p = 1.007276 \cdot u$, $m_d = m_j = 2.013553 \cdot u = [2.013553 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}] = 3.34249798 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $E_\nu = ?$)

- A. 2.22 MeV B. 223 eV C. 222 MeV D. 1.6 GeV E. 18 GeV

Rješenje 227

$m_p = 1.007276 \cdot u = [1.007276 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}] = 1.67207816 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$,
 $m_n = 1.008665 \cdot u = [1.008665 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}] = 1.6743839 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$,
 $m_d = m_j = 2.013553 \cdot u = [2.013553 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}] = 3.34249798 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$,
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $E_\nu = ?$

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:

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

Defekt mase je razlika masa protona m_p i neutrona m_n i mase jezgre m_j , a za jezgru nekog elementa može se napisati relacijom

$$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j,$$

gdje je Z broj protona u jezgri, N broj neutrona u jezgri.

Energija vezanja E_ν atomske jezgre jednaka je

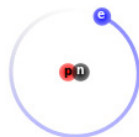
$$E_\nu = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow E_\nu = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j) \cdot c^2,$$

gdje je c brzina svjetlosti u praznini.

Ako su mase u prethodnoj relaciji izražene atomskim jedinicama mase u, onda se energija vezanja dobije u MeV uporabom relacije

$$E_\nu = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j) \cdot 931.5 \frac{\text{MeV}}{u}.$$

Deuterij je teški vodik čija je jezgra građena od jednog protona ($Z = 1$) i jednog neutrona ($N = 1$), a nju okružuje jedan elektron.



1. inačica

$$E_\nu = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j) \cdot c^2 \Rightarrow \begin{bmatrix} Z=1 \\ N=1 \end{bmatrix} \Rightarrow E_\nu = (m_p + m_n - m_j) \cdot c^2 = \\ = (1.67207816 \cdot 10^{-27} \text{ kg} + 1.6743839 \cdot 10^{-27} \text{ kg} - 3.34249798 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = \\ = 3.567672 \cdot 10^{-13} \text{ J} = [3.567672 \cdot 10^{-13} : 1.602 \cdot 10^{-19}] = 2.23 \cdot 10^6 \text{ eV} \approx 2.22 \text{ MeV}.$$

Odgovor je pod A.

2. inačica

$$E_\nu = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j) \cdot 931.5 \frac{\text{MeV}}{u} \Rightarrow \begin{bmatrix} Z=1 \\ N=1 \end{bmatrix} \Rightarrow E_\nu = (m_p + m_n - m_j) \cdot 931.5 \frac{\text{MeV}}{u} = \\ = (1.007276 \cdot u + 1.008665 \cdot u - 2.013553 \cdot u) \cdot 931.5 \frac{\text{MeV}}{u}$$

$$\begin{aligned}
 &= (1.007276 + 1.008665 - 2.013553) \cdot u \cdot 931.5 \frac{\text{MeV}}{u} = \\
 &= (1.007276 + 1.008665 - 2.013553) \cdot u \cdot 931.5 \frac{\text{MeV}}{u} = (1.007276 + 1.008665 - 2.013553) \cdot 931.5 \text{ MeV} = \\
 &= 2.22 \text{ MeV}.
 \end{aligned}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 227

Nema zadatka!

Rezultat: ...

Zadatak 228 (Ante, srednja škola)

Jedna banana prosječno sadržava 400 mg kalija od čega je 0.0117% radioaktivni izotop ${}_{19}^{40}\text{K}$. Vrijeme poluraspada toga izotopa je $4.027 \cdot 10^{16}$ s, a molarna masa 39.96 g / mol. Kolika je aktivnost u bekerelima radioaktivnoga uzorka iz jedne banane? (Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

Rješenje 228

$$m = 400 \text{ mg} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}, \quad p = 0.0117\% = 0.000117, \quad T_{1/2} = 4.027 \cdot 10^{16} \text{ s}, \\
 M = 39.96 \text{ g / mol} = 0.03996 \text{ kg / mol}, \quad N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad A = ?$$

Aktivnost je broj atoma koji se raspadne u jednoj sekundi:

$$A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0,$$

gdje je $T_{1/2}$ vrijeme poluraspada, N_0 broj prisutnih, neraspadnutih atoma.

Ako je N_0 broj čestica u masi m tvari tada je

$$\frac{N_0}{N_A} = \frac{m}{M},$$

gdje je N_A Avogadrova konstanta, M molarna masa.

Stoti dio nekog broja naziva se postotak. Piše se kao razlomak s nazivnikom 100. Postotak p je broj jedinica koji se uzima od 100 jedinica neke veličine.

Na primjer,

$$9\% = \frac{9}{100}, \quad 81\% = \frac{81}{100}, \quad 4.5\% = \frac{4.5}{100}, \quad 547\% = \frac{547}{100}, \quad p\% = \frac{p}{100}.$$

Kako se računa "... p% od x...?"

$$\frac{p}{100} \cdot x.$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{N_0}{N_A} &= \frac{m_1}{M} \\ A &= \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{N_0}{N_A} &= \frac{m_1}{M} \cdot N_A \\ A &= \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left. \begin{aligned} N_0 &= \frac{m_1}{M} \cdot N_A \\ A &= \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot \frac{m_1}{M} \cdot N_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [m_1 = p \cdot m] \Rightarrow A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot \frac{p \cdot m}{M} \cdot N_A =$$

$$= \frac{\ln 2}{4.027 \cdot 10^{16} \text{ s}} \cdot \frac{0.000117 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}}{0.03996 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 12.14 \text{ Bq}.$$



Vježba 228

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 229 (Viktor, srednja škola)

Kolika je energija E_0 mirovanja elektrona?

- A. 0.0017 eV B. 0.512 eV C. 0.0017 MeV D. 0.512 MeV

(masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, brzina svjetlosti u vakuumu $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Rješenje 229

$$m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad E_0 = ?$$

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:

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

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

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

gdje je c brzina svjetlosti.

Prema Einsteinovoj relaciji dobivamo:

$$E_0 = m \cdot c^2 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 8.199 \cdot 10^{-14} \text{ J}.$$

Ta se energija obično izražava u elektronvoltima.

$$E_0 = 8.199 \cdot 10^{-14} \text{ J} = \left[\frac{8.199 \cdot 10^{-14}}{1.602 \cdot 10^{-19}} \right] = 5.12 \cdot 10^5 \text{ eV} = 0.512 \cdot 10^6 \text{ eV} = 0.512 \text{ MeV}.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 229

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 230 (Lucija, gimnazija)

Starost arheoloških uzoraka organskoga podrijetla određuje se uz pomoć izotopa ugljika $^{14}_6\text{C}$ čije je vrijeme poluraspada 5730 godina. Koliki se postotak atoma raspao u radioaktivnome uzorku ugljika mase 1 mg čija je starost 3000 godina? Molarna masa ugljika je 14 g/mol .

Rješenje 230

$$T_{1/2} = 5730 \text{ god.}, \quad m = 1 \text{ mg} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ kg}, \quad t = 3000 \text{ god.}, \quad M = 14 \text{ g/mol} = 14 \cdot 10^{-2} \text{ kg/mol}, \quad p = ?$$

Za idealne plinove pri standardnim uvjetima (normirani tlak $p_0 = 101325 \text{ Pa}$, temperatura $t = 0^\circ\text{C}$) vrijedi relacija:

$$\frac{m}{M} = \frac{N_0}{N_A},$$

gdje je m masa plina, M molarna masa plina, N_0 broj atoma u vrijeme $t = 0$, $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Avogadrova konstanta.

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.

Stoti dio nekog broja naziva se postotak. Piše se kao razlomak s nazivnikom 100. Postotak p je broj jedinica koji se uzima od 100 jedinica neke veličine.

Na primjer,

$$9\% = \frac{9}{100}, \quad 81\% = \frac{81}{100}, \quad 4.5\% = \frac{4.5}{100}, \quad 547\% = \frac{547}{100}, \quad p\% = \frac{p}{100}.$$

Kako se računa "... p% od x...?"

$$\frac{p}{100} \cdot x.$$

Kako u postotku izraziti smanjenje broja a za broj b?

$$p = \frac{a-b}{a} \cdot 100\%.$$

1. inačica

Izračunamo broj atoma plina N_0 u vrijeme $t = 0$.

$$\begin{aligned} \frac{m}{M} &= \frac{N_0}{N_A} \Rightarrow \frac{N_0}{N_A} = \frac{m}{M} \Rightarrow \frac{N_0}{N_A} = \frac{m}{M} \cdot N_A \Rightarrow N_0 = \frac{m}{M} \cdot N_A = \\ &= \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{1.4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 4.301 \cdot 10^{19}. \end{aligned}$$

Broj atoma N koji se nakon vremena t nisu raspali iznosi:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = 4.301 \cdot 10^{19} \cdot 2^{-\frac{3000}{5730}} = 2.992 \cdot 10^{19}.$$

Računamo postotak raspadnutih atoma.

$$p = \frac{N_0 - N}{N_0} \cdot 100\% = \frac{4.301 \cdot 10^{19} - 2.992 \cdot 10^{19}}{4.301 \cdot 10^{19}} \cdot 100\% = 30.43\%.$$

2. inačica

$$\begin{aligned} p &= \frac{N_0 - N}{N_0} \cdot 100\% \Rightarrow p = \frac{N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}}{N_0} \cdot 100\% \Rightarrow p = \frac{N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{N_0} \cdot 100\% \Rightarrow \\ &\Rightarrow p = \frac{N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{N_0} \cdot 100\% \Rightarrow p = \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right) \cdot 100\% = \end{aligned}$$

$$= \left(1 - 2 \cdot \frac{3000}{5730} \right) \cdot 100\% = 30.43\%$$



Vježba 230

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 231 (Patrik, tehnička škola)

Koliko je puta energija fotona valne duljine 486.1 nm veća od kinetičke energije translacije molekule vodika pri temperaturi 20 °C? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Boltzmannova konstanta $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

Rješenje 231

$$\lambda = 486.1 \text{ nm} = 4.861 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad t = 20 \text{ °C} \Rightarrow T = 273.15 + t = (273.15 + 20) \text{ K} = 293.15 \text{ K},$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, \quad \frac{E_f}{E_m} = ?$$

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

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

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, c je brzina svjetlosti. Srednja vrijednost kinetičke energije molekule dana je izrazom

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

gdje je k Boltzmannova konstanta. Izraz pokazuje da je pri određenoj temperaturi srednja kinetička energija molekule svih plinova jednaka. Ona ovisi samo o temperaturi T plina.

$$\left. \begin{array}{l} E_f = h \cdot \frac{c}{\lambda} \\ E_m = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{E_f}{E_m} = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda}}{\frac{3}{2} \cdot k \cdot T} \Rightarrow \frac{E_f}{E_m} = \frac{2 \cdot h \cdot c}{3 \cdot \lambda \cdot k \cdot T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{E_f}{E_m} = \frac{2 \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 4.861 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 293.15 \text{ K}} \Rightarrow \frac{E_f}{E_m} = 67.39 \Rightarrow \frac{E_f}{E_m} \approx 68.$$

Vježba 231

Koliko je puta energija fotona valne duljine 486.1 nm veća od kinetičke energije translacije molekule vodika pri temperaturi 30 °C? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Boltzmannova konstanta $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

Rezultat: ≈ 66 .

Zadatak 232 (Patrik, tehnička škola)

Na kojoj će temperaturi kinetička energija translacije molekule vodika biti jednaka energiji fotona valne duljine 486.1 nm? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Boltzmannova konstanta $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

Rješenje 232

$$\lambda = 486.1 \text{ nm} = 4.861 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \\ k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, \quad T = ?$$

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

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

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, c je brzina svjetlosti. Srednja vrijednost kinetičke energije molekule dana je izrazom

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

gdje je k Boltzmannova konstanta. Izraz pokazuje da je pri određenoj temperaturi srednja kinetička energija molekule svih plinova jednaka. Ona ovisi samo o temperaturi T plina.

$$E_m = E_f \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot k \cdot T = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{3}{2} \cdot k \cdot T = h \cdot \frac{c}{\lambda} / \cdot \frac{2}{3 \cdot k} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot h \cdot c}{3 \cdot k \cdot \lambda} = \\ = \frac{2 \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 4.861 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}} = 19755 \text{ K}.$$

Vježba 232

Na kojoj će temperaturi kinetička energija translacije molekule vodika biti jednaka energiji fotona valne duljine 444 nm? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Boltzmannova konstanta $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$)

Rezultat: 21628 K.

Zadatak 233 (Asterix, gimnazija)

Kada elektromagnetsko zračenje valne duljine 350 nm obasjava površinu natrija, emitirani fotoelektroni imaju maksimalnu kinetičku energiju 1.31 eV. Koliki je izlazni rad za natrij? (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 233

$$\lambda = 350 \text{ nm} = 3.50 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad E_{k\max} = 1.31 \text{ eV} = [1.31 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 2.10 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \\ h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad W = ?$$

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:

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

Fotoelektrični učinak pojava je izbijanja elektrona pomoću svjetlosti (elektromagnetskog zračenja) iz kovina. Kad fotoni energije

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

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:

$$h \cdot \nu = E_k + W, \quad h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W,$$

gdje je h Planckova konstanta, ν frekvencija, E_k kinetička energija izbijenog elektrona, W izlazni rad, c brzina svjetlosti, λ valna duljina.

Računamo izlazni rad W .

$$\begin{aligned} h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W &\Rightarrow E_k + W = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow W = h \cdot \frac{c}{\lambda} - E_k = \\ &= 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3.50 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 2.10 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.58 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \\ &= \left[3.58 \cdot 10^{-19} : 1.602 \cdot 10^{-19} \right] = 2.23 \text{ eV}. \end{aligned}$$

Vježba 233

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 234 (Ivan, gimnazija)

Pločica od kalija obasjana je svjetlošću valne duljine 350 nm. Izlazni rad za kalij je $3.52 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Koliki je napon potreban da zaustavi izbijene elektrone s maksimalnom kinetičkom energijom? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rješenje 234

$$\lambda = 350 \text{ nm} = 3.50 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad W = 3.52 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad U = ?$$

Fotoelektrični učinak pojava je izbijanja elektrona pomoću svjetlosti (elektromagnetskog zračenja) iz kovina. Kad fotoni energije

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

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:

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W,$$

gdje je h Planckova konstanta, E_k kinetička energija izbijenog elektrona, W izlazni rad, c brzina svjetlosti, λ valna duljina.

Rad električnog polja pri pomicanju naboja Q jednak je

$$W = Q \cdot U,$$

gdje je U napon.

Napon zaustavljanje U mora biti takav da rad sile električnog polja $e \cdot U$ bude jednak kinetičkoj energiji najbržih elektrona oslobođenih fotoelektričnim učinkom. Dakle:

$$E_k = e \cdot U.$$

$$\left. \begin{array}{l} E_k = e \cdot U \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W \end{array} \right\} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = e \cdot U + W \Rightarrow e \cdot U + W = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow e \cdot U = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W \Rightarrow \\
 \Rightarrow e \cdot U = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W \quad / \cdot \frac{1}{e} \Rightarrow U = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda} - W}{e} = \\
 = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{3.50 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 3.52 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1.35 \text{ V}.$$

Vježba 234

Pločica od kalija obasjana je svjetlošću valne duljine $0.35 \mu\text{m}$. Izlazni rad za kalij je $3.52 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Koliki je napon potreban da zaustavi izbijene elektrone s maksimalnom kinetičkom energijom? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, naboj elektrona $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Rezultat: 1.35 V.

Zadatak 235 (Antonija, srednja škola)

Kinetička energija elektrona iznosi 1.8 keV. Za koliko se treba povećati kinetička energija elektrona da bi mu se valna duljina smanjila na 60 % početne vrijednosti?

Rješenje 235

$$E_k = 1.8 \text{ keV} = 1800 \text{ eV}, \quad p = 60 \% = 0.6, \quad \Delta E_k = ?$$

Kako se računa p % od x?

$$\frac{p}{100} \cdot x.$$

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

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

Budući da je kinetička energija elektrona 2 keV što je mnogo manje od energije mirovanja elektrona 510 keV, možemo rabiti formulu


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

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_1 = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_{k1}}} \\ \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}} \end{array} \right\} \Rightarrow [\lambda_1 = 0.6 \cdot \lambda] \Rightarrow \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_{k1}}} = 0.6 \cdot \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_{k1}}} = 0.6 \cdot \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot E_k}} \quad / \cdot 2 \Rightarrow \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot E_{k1}} = 0.36 \cdot \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot E_k} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot E_{k1}} = 0.36 \cdot \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot E_k} \quad / \cdot \frac{2 \cdot m \cdot E_{k1} \cdot E_k}{h^2} \Rightarrow E_k = 0.36 \cdot E_{k1} \Rightarrow 0.36 \cdot E_{k1} = E_k \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0.36 \cdot E_{k1} = E_k \cdot \frac{1}{0.36} \Rightarrow E_{k1} = \frac{E_k}{0.36}$$

Povećanje kinetičke energije iznosi:

$$\Delta E_k = E_{k1} - E_k \Rightarrow \Delta E_k = \frac{E_k}{0.36} - E_k \Rightarrow \Delta E_k = E_k \cdot \left(\frac{1}{0.36} - 1 \right) = 1800 \text{ eV} \cdot \left(\frac{1}{0.36} - 1 \right) =$$

$$= \text{} = 3200 \text{ eV} = 3.2 \text{ keV}.$$

Vježba 235

Kinetička energija elektrona iznosi 2.7 keV. Za koliko se treba povećati kinetička energija elektrona da bi mu se valna duljina smanjila na 60 % početne vrijednosti?

Rezultat: 4.8 keV.

Zadatak 236 (Maturant, tehnička škola)

Element jod ima vrijeme poluraspada 8 dana. Kolika je aktivnost joda mase $8 \cdot 10^{-7} \text{ g}$? Molna masa joda iznosi 131 g / mol. (Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

Rješenje 236

$$T_{1/2} = 8 \text{ dana} = [8 \cdot 24 \cdot 3600] = 6.912 \cdot 10^5 \text{ s}, \quad m = 8 \cdot 10^{-7} \text{ g} = 8 \cdot 10^{-10} \text{ kg},$$

$$M = 131 \text{ g / mol} = 0.131 \text{ kg / mol}, \quad N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}, \quad A = ?$$

Vrijeme poluraspada $T_{1/2}$ je vrijeme u kojem se raspadne polovina prisutnih atoma. Ono je povezano s konstantom raspada λ :

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

Mol je količina tvari koja sadrži toliko čestica koliko ih ima u 12 g ugljika $^{12}_6\text{C}$, a to je

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

Broj čestica N u masi m dan je izrazom:

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A,$$

gdje je M molna masa.

Aktivnost je broj atoma koji se raspadne u jednoj sekundi.

$$A = \lambda \cdot N.$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \\ N = \frac{m}{M} \cdot N_A \end{array} \right\} \Rightarrow [A = \lambda \cdot N] \Rightarrow A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot \frac{m}{M} \cdot N_A =$$

$$= \frac{\ln 2}{6.912 \cdot 10^5 \text{ s}} \cdot \frac{8 \cdot 10^{-10} \text{ kg}}{0.131 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 3.69 \cdot 10^9 \text{ Bq}.$$

Vježba 236

Element jod ima vrijeme poluraspada 8 dana. Kolika je aktivnost joda mase $8 \cdot 10^{-8} \text{ dag}$? Molna masa joda iznosi 131 g / mol. (Avogadrova konstanta $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

Rezultat: $3.69 \cdot 10^9 \text{ Bq}$.

Zadatak 237 (Ivek, tehnička škola)

Natrijevu pločicu obasjamo elektromagnetskim zračenjem frekvencije $7.5 \cdot 10^{14}$ Hz. Najveća valna duljina koja izaziva fotoelektrični učinak kod natrija jest 530 nm. Kolika je de Broglieva valna duljina emitiranih elektrona pri napuštanju natrija? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J·s, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg)

Rješenje 237

$$f = 7.5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}, \quad \lambda_g = 530 \text{ nm} = 5.3 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \\ m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad \lambda = ?$$

Fotoelektrični učinak pojava je izbijanja elektrona pomoću svjetlosti (elektromagnetskog zračenja) iz kovina. Kad fotoni energije

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

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

$$h \cdot f = W_i + E_k.$$

gdje je h Planckova konstanta, f frekvencija fotona, W_i izlazni rad, kinetička energija.

Da bi došlo do fotoučinka frekvencija upadne svjetlosti mora biti barem tolika da pomnožena Planckovom konstantom bude jednaka izlaznom radu.

$$h \cdot f > W_i = h \cdot \frac{c}{\lambda_g}.$$

Atomske čestice mogu se u određenim okolnostima ponašati kao valovi duljine

$$\lambda = \frac{h}{p}.$$

gdje je h Planckova konstanta, p količina gibanja.

Tijelo mase m i brzine v ima kinetičku energiju.

$$E_k = \frac{p^2}{2 \cdot m},$$

gdje je p količina gibanja

$$p = m \cdot v.$$

$$h \cdot f = W_i + E_k \Rightarrow h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda_g} + \frac{p^2}{2 \cdot m} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_g} + \frac{p^2}{2 \cdot m} = h \cdot f \Rightarrow \frac{p^2}{2 \cdot m} = h \cdot f - h \cdot \frac{c}{\lambda_g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p^2}{2 \cdot m} = h \cdot \left(f - \frac{c}{\lambda_g} \right) \Rightarrow \frac{p^2}{2 \cdot m} = h \cdot \left(f - \frac{c}{\lambda_g} \right) / \cdot 2 \cdot m \Rightarrow p^2 = 2 \cdot m \cdot h \cdot \left(f - \frac{c}{\lambda_g} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p^2 = 2 \cdot m \cdot h \cdot \left(f - \frac{c}{\lambda_g} \right) / \sqrt{\quad} \Rightarrow p = \sqrt{2 \cdot m \cdot h \cdot \left(f - \frac{c}{\lambda_g} \right)}.$$

De Broglieva valna duljina emitiranih elektrona iznosi:

$$\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot h \cdot \left(f - \frac{c}{\lambda_g} \right)}} =$$

$$= \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{\sqrt{2 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \left(7.5 \cdot 10^{14} \frac{1}{\text{s}} - \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5.3 \cdot 10^{-7} \text{ m}} \right)}} = 1.41 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1.41 \text{ nm}.$$

Vježba 237

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 238 (Petra, medicinska škola)

Dva radioaktivna uzorka B i C imaju jednaku početnu aktivnost. Vrijeme poluraspada uzorka B iznosi šest sati, a uzorka C jedan dan. Koliki je omjer aktivnosti $A_b : A_c$ tih dvaju uzoraka nakon dva dana?

- A. $A_b : A_c = 1 : 64$ B. $A_b : A_c = 64 : 1$ C. $A_b : A_c = 1 : 16$ D. $A_b : A_c = 16 : 1$

Rješenje 238

$$A_0, \quad T_b = 6 \text{ h}, \quad T_c = 1 \text{ dan} = 24 \text{ h}, \quad t = 2 \text{ dana} = 48 \text{ h}, \quad A_b : A_c = ?$$

Aktivnost radioaktivne tvari je

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

gdje je A_0 aktivnost u vremenu $t = 0$, t vrijeme, $T_{1/2}$ vrijeme poluraspada radioaktivnog izotopa.

$$\begin{aligned} \frac{A_b}{A_c} &= \frac{A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_b}}}{A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_c}}} \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = \frac{A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_b}}}{A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_c}}} \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = 2^{\frac{-t}{T_c} - \frac{-t}{T_b}} \Rightarrow \left[\frac{1}{a^{-n}} = a^n \right] \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = 2^{-\frac{t}{T_b} + \frac{t}{T_c}} \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = 2^{-\frac{48}{6} + \frac{48}{24}} \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = 2^{-8 + 2} \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = 2^{-6} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left[a^n \cdot a^m = a^{n+m} \right] \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = 2^{-8+2} \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = 2^{-6} \Rightarrow \left[a^{-n} = \frac{1}{a^n} \right] \Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = \frac{1}{2^6} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{A_b}{A_c} = \frac{1}{64} \Rightarrow A_b : A_c = 1 : 64. \end{aligned}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 238

Dva radioaktivna uzorka B i C imaju jednaku početnu aktivnost. Vrijeme poluraspada uzorka B iznosi osam sati, a uzorka C jedan dan. Koliki je omjer aktivnosti $A_b : A_c$ tih dvaju uzoraka nakon dva dana?

- A. $A_b : A_c = 1 : 64$ B. $A_b : A_c = 64 : 1$ C. $A_b : A_c = 1 : 16$ D. $A_b : A_c = 16 : 1$

Rezultat: C.

Zadatak 239 (Kiki, maturantica)

Starost arheoloških uzoraka organskoga podrijetla određuje se uz pomoć izotopa ugljika $^{12}_6\text{C}$ čije je vrijeme poluraspada 5730 godina. Koliki se postotak atoma raspao u radioaktivnome uzorku ugljika mase 1 mg čija je starost 3000 godina? Molarna masa ugljika je 14 g / mol.

Rješenje 239

$$T_{1/2} = 5730 \text{ god}, \quad t = 3000 \text{ god}, \quad m = 1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg}, \quad M = 14 \text{ g / mol} = 0.014 \text{ kg / mol}, \quad p = ?$$

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.

Broj atoma plina N_0 mase m jednak je

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

gdje je M molarna masa plina, N_A Avogadrova konstanta

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}.$$

Stoti dio nekog broja naziva se postotak. Piše se kao razlomak s nazivnikom 100. Postotak p je broj jedinica koji se uzima od 100 jedinica neke veličine.

Na primjer,

$$9 \% = \frac{9}{100}, \quad 81 \% = \frac{81}{100}, \quad 4.5 \% = \frac{4.5}{100}, \quad 547 \% = \frac{547}{100}, \quad p \% = \frac{p}{100}.$$

Kako u postotku izraziti smanjenje broja a za broj b ?

$$p = \frac{a-b}{a} \cdot 100 \%.$$

1. inačica

Broj atoma u vrijeme $t = 0$ je

$$N_0 = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{10^{-6} \text{ kg}}{0.014 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 4.301 \cdot 10^{19}.$$

Broj atoma N koji se u vremenu t nisu raspali iznosi:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = 4.301 \cdot 10^{19} \cdot 2^{-\frac{3000 \text{ god}}{5730 \text{ god}}} = 2.992 \cdot 10^{19}.$$

Postotak raspadnutih atoma je

$$p = \frac{\Delta N}{N_0} \cdot 100 \% \Rightarrow p = \frac{N_0 - N}{N_0} \cdot 100 \% = \frac{4.301 \cdot 10^{19} - 2.992 \cdot 10^{19}}{4.301 \cdot 10^{19}} \cdot 100 \% = 30.43 \%.$$

2. inačica

$$p = \frac{N_0 - N}{N_0} \cdot 100 \% \Rightarrow p = \frac{N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}}{N_0} \cdot 100 \% \Rightarrow p = \frac{N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{N_0} \cdot 100 \% \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p = \frac{N_o \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{N_o} \cdot 100\% \Rightarrow p = \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right) \cdot 100\% =$$

$$= \left(1 - 2^{-\frac{3000 \text{ god}}{5730 \text{ god}}}\right) \cdot 100\% = 30.43\%.$$

Vježba 239

Odmor!

Rezultat: ...

Zadatak 240 (Zlatko, tehnička škola)

Dva radioaktivna uzorka B i C imaju jednaku početnu aktivnost. Vrijeme poluraspada uzorka B iznosi šest sati, a uzorka C jedan dan. Koliki je omjer aktivnosti $A_B : A_C$ tih dvaju uzoraka nakon dva dana?

A. $A_B ; A_C = 1 : 64$ B. $A_B ; A_C = 64 : 1$ C. $A_B ; A_C = 1 : 16$ D. $A_B ; A_C = 16 : 1$

Rješenje 240

B ... $T_{1/2} = 6 \text{ h}$, C ... $T_{1/2} = 1 \text{ dan} = 24 \text{ h}$, $t = 2 \text{ dana} = 48 \text{ h}$, $A_B : A_C = ?$

Vrijeme poluraspada $T_{1/2}$ je vrijeme u kojem se raspadne polovina prisutnih atoma. Aktivnost je broj atoma koji se raspadne u jednoj sekundi. Aktivnost opada s vremenom po zakonu

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

gdje je A_o aktivnost u trenutku $t = 0$, dok je A aktivnost u vremenu t .

Za uzorak B vrijedi:

$$A_B = A_o \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} T_{1/2} = 6 \text{ h} \\ t = 48 \text{ h} \end{array} \right] \Rightarrow A_B = A_o \cdot 2^{-\frac{48 \text{ h}}{6 \text{ h}}} \Rightarrow A_B = A_o \cdot 2^{-\frac{48 \text{ h}}{6 \text{ h}}} \Rightarrow$$

$$A_B = A_o \cdot 2^{-8}.$$

Za uzorak C vrijedi:

$$A_C = A_o \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} T_{1/2} = 24 \text{ h} \\ t = 48 \text{ h} \end{array} \right] \Rightarrow A_C = A_o \cdot 2^{-\frac{48 \text{ h}}{24 \text{ h}}} \Rightarrow A_C = A_o \cdot 2^{-\frac{48 \text{ h}}{24 \text{ h}}} \Rightarrow$$

$$A_C = A_o \cdot 2^{-2}.$$

Sada je:

$$\left. \begin{array}{l} A_B = A_o \cdot 2^{-8} \\ A_C = A_o \cdot 2^{-2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = \frac{A_o \cdot 2^{-8}}{A_o \cdot 2^{-2}} \Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = \frac{A_o \cdot 2^{-8}}{A_o \cdot 2^{-2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = \frac{2^{-8}}{2^{-2}} \Rightarrow \left[\frac{a^n}{a^m} = a^{n-m} \right] \Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = 2^{-8-(-2)} \Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = 2^{-8+2} \Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = 2^{-6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[a^{-n} = \frac{1}{a^n} \right] \Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = \frac{1}{2^6} \Rightarrow \frac{A_B}{A_C} = \frac{1}{64} \Rightarrow A_B : A_C = 1 : 64.$$

Odgovor je pod A.

Vježba 240

Dva radioaktivna uzorka B i C imaju jednaku početnu aktivnost. Vrijeme poluraspada uzorka B iznosi šest sati, a uzorka C 12 sati. Koliki je omjer aktivnosti $A_B : A_C$ tih dvaju uzoraka nakon dva dana?

- A. $A_B ; A_C = 1 : 64$ B. $A_B ; A_C = 64 : 1$ C. $A_B ; A_C = 1 : 16$ D. $A_B ; A_C = 16 : 1$

Rezultat: C.

www.halapa.com