

**Zadatak 201 (Branko, srednja škola)**

Valna je duljina infracrvenog zračenja 10  $\mu\text{m}$ , a ultraljubičaste svjetlosti 10 nm. Zato je energija fotona ultraljubičaste svjetlosti:

- A. 100 puta veća      B. 10 puta veća      C. 1000 puta veća  
D. 100 puta manja      E. 1000 puta manja

**Rješenje 201**

$$\lambda_1 = 10 \mu\text{m} = 10^{-5} \text{ m}, \quad \lambda_2 = 10 \text{ nm} = 10^{-8} \text{ m}, \quad \frac{E_2}{E_1} = ?$$

Svjetlost valne duljine  $\lambda$  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. Računamo omjer energija fotona ultraljubičaste svjetlosti  $E_2$  i infracrvenog zračenja  $E_1$ .

$$\begin{aligned} \frac{E_2}{E_1} &= \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda_2}}{h \cdot \frac{c}{\lambda_1}} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda_2}}{h \cdot \frac{c}{\lambda_1}} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{10^{-5} \text{ m}}{10^{-8} \text{ m}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = 10^{-5} \cdot 10^8 \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = 10^3 \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = 1000. \end{aligned}$$

Odgovor je pod C.

**Vježba 201**

Valna je duljina infracrvenog zračenja 10  $\mu\text{m}$ , a ultraljubičaste svjetlosti 10 nm. Zato je energija fotona infracrvenog zračenja:

- A. 100 puta veća      B. 10 puta veća      C. 1000 puta veća  
D. 100 puta manja      E. 1000 puta manja

**Rezultat:** E.

**Zadatak 202 (Dino, tehnička škola)**

U uzorku aktinija  ${}_{89}^{227}\text{Ac}$  ima  $10^{12}$  atoma. Kolika je aktivnost ovog uzorka ako je perioda poluraspada  $8.64 \cdot 10^5 \text{ s}$ ?

**Rješenje 202**

$$N_0 = 10^{12}, \quad T_{1/2} = 8.64 \cdot 10^5 \text{ s}, \quad A = ?$$

Aktivnost je broj atoma koji se raspadnu u jednoj sekundi:

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

gdje je  $N_0$  broj prisutnih, neraspadnutih atoma,  $T_{1/2}$  vrijeme poluraspada, vrijeme u kojem se raspadne polovina prisutnih atoma.

$$A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{8.64 \cdot 10^5 \text{ s}} \cdot 10^{12} = 8.02 \cdot 10^5 \text{ Bq} \approx 0.8 \text{ MBq}.$$

**Vježba 202**

U uzorku aktinija  ${}_{89}^{227}\text{Ac}$  ima  $10^{13}$  atoma. Kolika je aktivnost ovog uzorka ako je perioda poluraspada  $8.64 \cdot 10^5 \text{ s}$ ?

**Rezultat:**  $8.02 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ .

**Zadatak 203 (Domagoj, gimnazija)**

Tijelo mase 1 g i elektron mase mirovanja  $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  gibaju se brzinom 11.2 km / s. Nađite omjer njihovih valnih duljina. (Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ )

**Rješenje 203**

$$m_1 = 1 \text{ g} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}, \quad m_2 = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad v = 11.2 \text{ km / s} = 1.12 \cdot 10^4 \text{ m / s},$$
$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = ?$$

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

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}.$$
$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{h}{m_2 \cdot v}}{\frac{h}{m_1 \cdot v}} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{m_1 \cdot v}{m_2 \cdot v} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1.1 \cdot 10^{27}.$$

**Vježba 203**

Tijelo mase 1 g i elektron mase mirovanja  $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  gibaju se brzinom 9.2 km / s. Nađite omjer njihovih valnih duljina.

**Rezultat:**  $1.1 \cdot 10^{27}$ .

**Zadatak 204 (Vinko, srednja škola)**

U prirodnom uranu nalazi se 0.7 %  $^{235}\text{U}$ , a preostalo je  $^{238}\text{U}$ . Oba se raspadaju i to s 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 količina  $^{235}\text{U}$  i  $^{238}\text{U}$ ?

- A.  $6.5 \cdot 10^{14} \text{ god}$       B.  $6.1 \cdot 10^9 \text{ god}$       C.  $2.1 \cdot 10^{19} \text{ god}$       D.  $2.7 \cdot 10^{13} \text{ god}$

**Rješenje 204**

$$N_1 = 0.7\% \cdot N = \frac{0.7}{100} \cdot N, \quad N_2 = 99.3\% \cdot N = \frac{99.3}{100} \cdot N, \quad T_1 = 7.2 \cdot 10^8 \text{ god},$$
$$T_2 = 4.5 \cdot 10^9 \text{ god}, \quad t = ?$$

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...?"**

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

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.

Budući da je pri stvaranju elemenata nastala ista količina  $^{235}\text{U}$  i  $^{238}\text{U}$ , slijedi:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}} \\ N_2 &= \frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{\frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}}}{\frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow \frac{0.7 \cdot N}{99.3 \cdot N} = \frac{\frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}}}{\frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{0.7 \cdot N}{99.3 \cdot N} = \frac{\frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}}}{\frac{N_0}{2} \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow \frac{0.7}{99.3} = \frac{2^{-\frac{t}{T_1}}}{2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow \left[ \frac{a^n}{a^m} = a^{n-m} \right] \Rightarrow \frac{0.7}{99.3} = 2^{-\frac{t}{T_1} - \left(-\frac{t}{T_2}\right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{0.7}{99.3} = 2^{-\frac{t}{T_1} + \frac{t}{T_2}} \Rightarrow \frac{0.7}{99.3} = 2^{\frac{t}{T_2} - \frac{t}{T_1}} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{logaritmiramo} \\ \text{jednadžbu} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{0.7}{99.3} = 2^{\frac{t}{T_2} - \frac{t}{T_1}} / \log \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log \frac{0.7}{99.3} = \log 2^{\frac{t}{T_2} - \frac{t}{T_1}} \Rightarrow \left[ \log a^n = n \cdot \log a \right] \Rightarrow \log \frac{0.7}{99.3} = \left( \frac{t}{T_2} - \frac{t}{T_1} \right) \cdot \log 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log \frac{0.7}{99.3} = t \cdot \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \cdot \log 2 \Rightarrow t \cdot \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \cdot \log 2 = \log \frac{0.7}{99.3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \log 2 = \log \frac{0.7}{99.3} \Rightarrow t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \log 2 = \log \frac{0.7}{99.3} / \frac{T_1 \cdot T_2}{(T_1 - T_2) \cdot \log 2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{T_1 \cdot T_2 \cdot \log \frac{0.7}{99.3}}{(T_1 - T_2) \cdot \log 2} = \frac{7.2 \cdot 10^8 \text{ god} \cdot 4.5 \cdot 10^9 \text{ god} \cdot \log \frac{0.7}{99.3}}{(7.2 \cdot 10^8 \text{ god} - 4.5 \cdot 10^9 \text{ god}) \cdot \log 2} = 6.1 \cdot 10^9 \text{ god.}$$

Odgovor je pod B.



### Vježba 204

U prirodnom uranu nalazi se 7%  $^{235}\text{U}$ , a preostalo je  $^{238}\text{U}$ . Oba se raspadaju i to s 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 količina  $^{235}\text{U}$  i  $^{238}\text{U}$ ?

- A.  $6.5 \cdot 10^{14}$  god      B.  $6.1 \cdot 10^9$  god      C.  $2.1 \cdot 10^{19}$  god      D.  $2.7 \cdot 10^{13}$  god

**Rezultat:**  $1.1 \cdot 10^{27}$ .

**Zadatak 205 (Sanja, srednja škola)**

U trenutku  $t = 0$  posuda sadrži  $N_0$  molekula radioaktivne tvari vremena poluraspada  $T$ . Koliko molekula radioaktivne tvari će se raspasti nakon što prođe  $\frac{1}{2} \cdot T$ ?

- A.  $0.707 \cdot N_0$       B.  $1.414 \cdot N_0$       C.  $0.29 \cdot N_0$       D.  $0.5 \cdot N_0$

**Rješenje 205**

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

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.

$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{\frac{1}{2} \cdot T}{T}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{\frac{1}{2} \cdot T}{T}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{1}{2}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left[ a^{-n} = \frac{1}{a^n} \right] \Rightarrow N = \frac{N_0}{2^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow N = \frac{N_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow N = 0.707 \cdot N_0. \end{aligned}$$

Odgovor je pod A.

**Vježba 205**

U trenutku  $t = 0$  posuda sadrži  $N_0$  molekula radioaktivne tvari vremena poluraspada  $T$ . Koliko molekula radioaktivne tvari će se raspasti nakon što prođe  $\frac{1}{4} \cdot T$ ?

- A.  $0.841 \cdot N_0$       B.  $0.689 \cdot N_0$       C.  $0.904 \cdot N_0$       D.  $0.5 \cdot N_0$

**Rezultat:** A.

**Zadatak 206 (Ljiljana, srednja škola)**

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

**Rješenje 206**

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

Svjetlost valne duljine  $\lambda$  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. Brzinu rada izražavamo snagom. Snaga  $P$  jednaka je omjeru rada  $W$  i vremena  $t$  za koje je rad obavljen, tj.

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



Energija koju izvor snage P emitira u vremenu t jednaka je

$$W = P \cdot t$$

pa broj fotona koji izlaze iz izvora iznosi:

$$N = \frac{W}{E} \Rightarrow N = \frac{P \cdot t}{h \cdot \frac{c}{\lambda}} \Rightarrow N = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c} = \frac{100 \text{ W} \cdot 1 \text{ s} \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2.5 \cdot 10^{20}$$

### Vježba 206

Monokromatski izvor snage 0.1 kW emitira zelenu svjetlost valne duljine 500 nm. Koliko fotona u sekundi izlazi iz izvora? (Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )

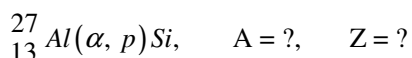
**Rezultat:**  $2.5 \cdot 10^{20}$ .

### Zadatak 207 (Fizičarka, gimnazija)

Maseni i redni broj jezgre koja je nastala nuklearnom reakcijom  ${}_{13}^{27}\text{Al}(\alpha, p)\text{Si}$  je:

- A. 24, 13      B. 30, 14      C. 26, 12      D. 29, 15

### Rješenje 207



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. Zbroj protona i neutrona u jezgri određuje maseni broj jezgre i odlučna je za atomsku masu jezgre. Elemente označujemo simbolom

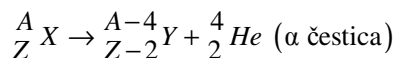


gdje je X simbol kemijskog elementa, A maseni broj jezgre (ukupan broj nukleona: protona i neutrona), Z redni broj elementa u periodnom sustavu elemenata (broj protona).

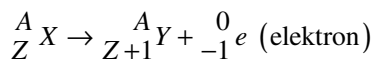
$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z \text{ broj neutrona.}$$

Simbolički zapisi radioaktivnih raspada:

- $\alpha$  raspad



- $\beta^-$  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:

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

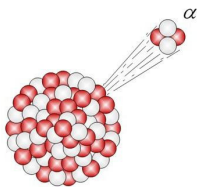
$$\alpha \text{ čestica} = \text{jezgra od } {}^4_2 \text{He}, \quad \text{elektron} = {}^0_{-1} e, \quad \text{pozitron} = {}^0_{+1} e.$$

Sada računamo.

$${}_{13}^{27}\text{Al}(\alpha, p)\text{Si} \Rightarrow {}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_Z^A\text{Si} + {}_1^1\text{p} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{zakoni} \\ \text{očuvanja} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 27 + 4 = A + 1 \\ 13 + 2 = Z + 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 31 = A + 1 \\ 15 = Z + 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A + 1 = 31 \\ Z + 1 = 15 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A = 31 - 1 \\ Z = 15 - 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A = 30 \\ Z = 14 \end{array} \right\}.$$

Odgovor je pod B.



### Vježba 207

Koliki je broj neutrona u jezgri koja je nastala nuklearnom reakcijom  ${}_{13}^{27}\text{Al}(\alpha, p)\text{Si}$ ?

**Rezultat:** 16.

### Zadatak 208 (Fizičarka, gimnazija)

Ako se atom X bombardira alfa česticama dobije se  ${}_{10}^{22}\text{Ne}$  i proton. Koliki su maseni i redni broj atoma X?

### Rješenje 208

$${}_Z^A\text{X}, \quad {}_{10}^{22}\text{Ne}, \quad A = ?, \quad Z = ?$$

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. Zbroj protona i neutrona u jezgri određuje maseni broj jezgre i odlučna je za atomsku masu jezgre. Elemente označujemo simbolom

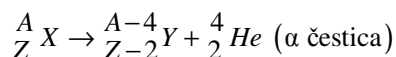
$${}_Z^A\text{X},$$

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).

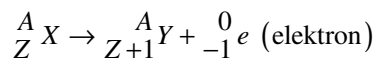
$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z \text{ broj neutrona.}$$

Simbolički zapisi radioaktivnih raspada:

- $\alpha$  raspad



- $\beta^-$  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:

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

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

Sada računamo.

$$\begin{aligned} & {}^A_Z X(\alpha, p) {}^{22}_{10} \text{Ne} \Rightarrow {}^A_Z X + {}^4_2 \text{He} \rightarrow {}^{22}_{10} \text{Ne} + {}^1_1 \text{p} \Rightarrow \\ \Rightarrow & \left[ \begin{array}{l} \text{zakoni} \\ \text{očuvanja} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A+4=22+1 \\ Z+2=10+1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A+4=23 \\ Z+2=11 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A=23-4 \\ Z=11-2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} A=19 \\ Z=9 \end{array} \right\}. \end{aligned}$$

### Vježba 208

Koliki je broj neutrona u jezgri atoma X?

**Rezultat:** 10.

### Zadatak 209 (Maro, elektrostrojarska škola)

Svjetlost pada na metalnu površinu čiji je izlazni rad 4 eV i izbacuje elektrone najveće brzine  $6 \cdot 10^6$  m/s. Kolika je frekvencija upadne svjetlosti? (masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg, Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$  J·s)

#### Rješenje 209

$$W_i = 4 \text{ eV} = [4 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 6.408 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad v = 6 \cdot 10^6 \text{ m/s}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \\ h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad v = ?$$

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

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

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

$$E_f = h \cdot \nu$$

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:

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

gdje je  $h$  Planckova konstanta,  $\nu$  frekvencija fotona,  $W_i$  izlazni rad,  $m$  masa izbijenog elektrona,  $v$  maksimalna brzina izbijenog elektrona.

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

$$\begin{aligned} h \cdot \nu &= W_i + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow h \cdot \nu = W_i + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \cdot \frac{1}{h} \Rightarrow \nu = \frac{W_i + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2}{h} = \\ &= \frac{6.408 \cdot 10^{-19} \text{ J} + \frac{1}{2} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(6 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 2.57 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{s}} = 2.57 \cdot 10^{16} \text{ Hz}. \end{aligned}$$

### Vježba 209

Svjetlost pada na metalnu površinu čiji je izlazni rad 4 eV i izbacuje elektrone najveće brzine  $6 \cdot 10^3$  km/s. Kolika je frekvencija upadne svjetlosti? (masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg, Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$  J·s)

**Rezultat:**  $2.57 \cdot 10^{16}$  Hz.

### Zadatak 210 (Leon, srednja škola)

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  $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$  J·s, brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$  C)

### Rješenje 210

$$\lambda = 450 \text{ nm} = 4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad W_i = 2 \text{ eV} = [2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}] = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad U = ?$$

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:

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

Razlika potencijala  $\varphi_1 - \varphi_2$  naziva se napon U.

$$U = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Kinetička energija elektrona nastala ubrzavanjem napona U iznosi

$$E_k = e \cdot U.$$

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 učinak. Pritom se energija fotona utroši dijelom na izbijanje elektrona iz kovine, a dijelom ta energija prelazi u kinetičku energiju elektrona pa vrijedi:

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

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W_i \Rightarrow E_k + W_i = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E_k = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W_i \Rightarrow [E_k = e \cdot U] \Rightarrow$$

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

$$= \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{4.5 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 0.76 \text{ V}.$$

### Vježba 210

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 0.002 keV. (Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

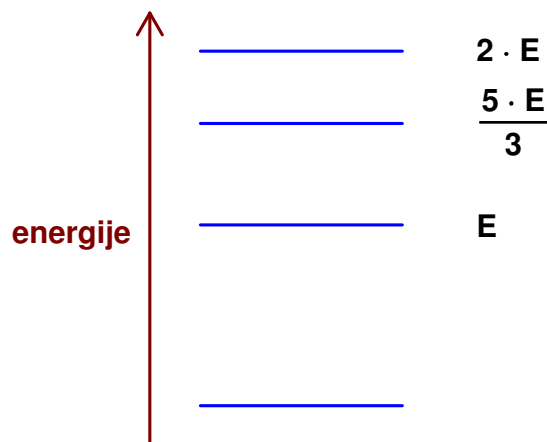
**Rezultat:** 0.76 V.

### Zadatak 211 (Dora, srednja škola)

Slika prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Ako elektron prijeđe s energijske razine  $2 \cdot E$  na razinu E, emitira se foton frekvencije  $\nu$ . Kada elektron prelazi s energijske razine  $\frac{5 \cdot E}{3}$  na razinu E, frekvencija emitiranog fotona će biti:

$$A. \frac{3 \cdot \nu}{2} \quad B. \frac{\nu}{3} \quad C. 3 \cdot \nu \quad D. \frac{2 \cdot \nu}{3}$$





**Rješenje 211**

$$2 \cdot E, \quad E, \quad \frac{5 \cdot E}{3}, \quad \nu, \quad \nu_1 = ?$$

Kad atom emitira elektromagnetsko zračenje (foton) on prelazi iz jednog stacionarnog stanja u drugo, odnosno iz stanja više u stanje niže energije. Energija emitiranog fotona ( $h \cdot \nu$ ) jednaka je razlici energija tih stanja

$$h \cdot \nu = E_n - E_m,$$

gdje je  $h$  Planckova konstanta,  $\nu$  frekvencija,  $E_n$  viša energijska razina,  $E_m$  niža energijska razina

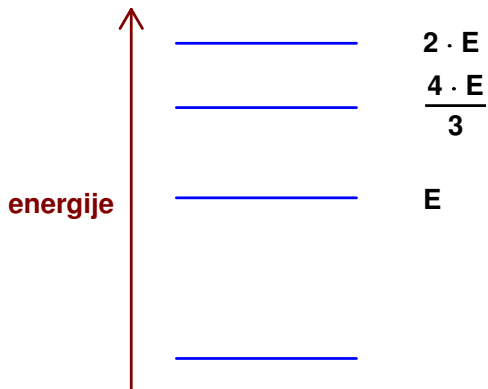
$$\left. \begin{array}{l} h \cdot \nu = 2 \cdot E - E \\ h \cdot \nu_1 = \frac{5 \cdot E}{3} - E \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} h \cdot \nu = E \\ h \cdot \nu_1 = \frac{2 \cdot E}{3} \end{array} \right\} \Rightarrow h \cdot \nu_1 = \frac{2 \cdot h \cdot \nu}{3} \Rightarrow h \cdot \nu_1 = \frac{2 \cdot h \cdot \nu}{3} \cdot \frac{1}{h} \Rightarrow \nu_1 = \frac{2 \cdot \nu}{3}.$$

Odgovor je pod D.

**Vježba 211**

Slika prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Ako elektron prijeđe s energijske razine  $2 \cdot E$  na razinu  $E$ , emitira se foton frekvencije  $\nu$ . Kada elektron prelazi s energijske razine  $\frac{5 \cdot E}{3}$  na razinu  $E$ , frekvencija emitiranog fotona će biti:

- A.  $\frac{3 \cdot \nu}{2}$       B.  $\frac{\nu}{3}$       C.  $3 \cdot \nu$       D.  $\frac{2 \cdot \nu}{3}$

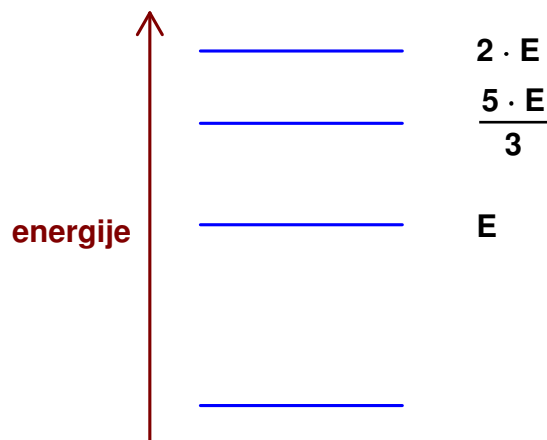


**Rezultat:** B.

**Zadatak 212 (Dora, srednja škola)**

Crtež prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Ako elektron skoči s energijske razine  $2 \cdot E$  na razinu  $E$ , emitira se foton valne duljine  $\lambda$ . Kada elektron skače s energijske razine  $\frac{5 \cdot E}{3}$  na razinu  $E$ , valna duljina emitiranog fotona će biti:

A.  $\frac{3 \cdot \lambda}{2}$       B.  $\frac{\lambda}{3}$       C.  $3 \cdot \lambda$       D.  $\frac{2 \cdot \lambda}{3}$

**Rješenje 212**

$$2 \cdot E, \quad E, \quad \frac{5 \cdot E}{3}, \quad \nu, \quad \nu_1 = ?$$

Kad atom emitira elektromagnetsko zračenje (foton) on prelazi iz jednog stacionarnog stanja u drugo, odnosno iz stanja više u stanje niže energije. Energija emitiranog fotona jednaka je razlici energija tih stanja

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_n - E_m,$$

gdje je  $h$  Planckova konstanta,  $c$  brzina svjetlosti u vakuumu,  $\lambda$  valna duljina,  $E_n$  viša energijska razina,  $E_m$  niža energijska razina

$$\left. \begin{array}{l} h \cdot \frac{c}{\lambda} = 2 \cdot E - E \\ h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{5 \cdot E}{3} - E \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} h \cdot \frac{c}{\lambda} = E \\ h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2 \cdot E}{3} \end{array} \right\} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda}}{3} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2 \cdot h \cdot c}{3 \cdot \lambda} \Rightarrow$$

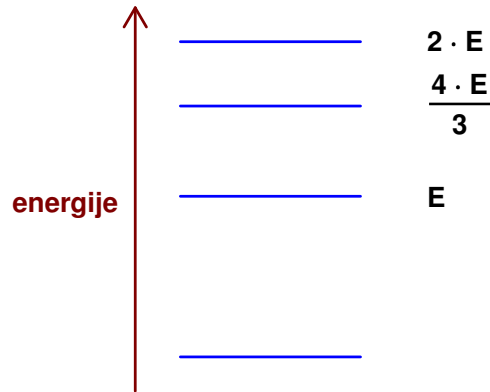
$$\Rightarrow \frac{2 \cdot h \cdot c}{3 \cdot \lambda} = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} \Rightarrow \frac{2 \cdot h \cdot c}{3 \cdot \lambda} = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} \cdot \frac{\lambda_1 \cdot 3 \cdot \lambda}{2 \cdot h \cdot c} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{3 \cdot \lambda}{2}.$$

Odgovor je pod A.

**Vježba 212**

Crtež prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Ako elektron skoči s energijske razine  $2 \cdot E$  na razinu  $E$ , emitira se foton valne duljine  $\lambda$ . Kada elektron skače s energijske razine  $\frac{5 \cdot E}{3}$  na razinu  $E$ , valna duljina emitiranog fotona će biti:

A.  $\frac{3 \cdot \lambda}{2}$       B.  $\frac{\lambda}{3}$       C.  $3 \cdot \lambda$       D.  $\frac{2 \cdot \lambda}{3}$



**Rezultat:** C.

**Zadatak 213 (Hulk, gimnazija)**

Cezij je izložen EMG zračenju valne duljine  $4.2 \cdot 10^{-7}$  m. Izračunaj maksimalnu brzinu fotoelektrona ako su u ceziju elektroni vezani energijom 2 eV. (brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg)

**Rješenje 213**

$$\lambda = 4.2 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad W = 2 \text{ eV} = [2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s},$$

$$m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad v = ?$$

Tijelo mase  $m$  i brzine  $v$  ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Elektronvolt (eV) je jedinica za energiju. Energiju 1 eV dobije čestica nabijena istim električnim nabojem kao što ga ima elektron ( $1.6 \cdot 10^{-19}$  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:

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

gdje je  $h$  Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$  J · s,  $c$  brzina svjetlosti,  $\lambda$  valna duljina,  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

kinetička energija,  $W$  izlazni rad.

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

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = h \cdot \frac{c}{\lambda} - W \quad / \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v^2 = \frac{2}{m} \cdot \left( h \cdot \frac{c}{\lambda} - W \right) \Rightarrow v^2 = \frac{2}{m} \cdot \left( h \cdot \frac{c}{\lambda} - W \right) \quad / \sqrt{\quad} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{m} \cdot \left( h \cdot \frac{c}{\lambda} - W \right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{2}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \cdot \left( 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4.2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 3.204 \cdot 10^{-19} \text{ J} \right)} = 5.79 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

### Vježba 213

Cezij je izložen EMG zračenju valne duljine  $4.2 \cdot 10^{-10}$  km. Izračunaj maksimalnu brzinu fotoelektrona ako su u ceziju elektroni vezani energijom 2 eV. (brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$  kg)

**Rezultat:**  $5.79 \cdot 10^5$  m/s.

### Zadatak 214 (Megy, gimnazija)

Pri osvjetljavanju površine platine ultraljubičastim zračenjem valne duljine 204 nm, napon pri kojem prestaje fotoelektrični učinak iznosi 0.8 V. Koliki je izlazni rad elektrona iz platine? (brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$  C)

### Rješenje 214

$\lambda = 204 \text{ nm} = 2.04 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ,  $U = 0.8 \text{ V}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $Q = e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  
 $W = ?$

Tijelo mase  $m$  i brzine  $v$  ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

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:

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

gdje je  $h$  Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $c$  brzina svjetlosti,  $\lambda$  valna duljina,  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

kinetička energija,  $W$  izlazni rad.

Rad električnog polja računa se po formuli

$$W = Q \cdot U,$$

gdje je  $Q$  naboj,  $U$  napon.

Iz Einsteinove relacije za fotoelektrični efekt dobije se:

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

Fotoelektrični učinak prestaje pri naponu  $U$  kada je rad električnog polja  $Q \cdot U$  jednak početnoj kinetičkoj energiji fotoelektrona  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ , tj.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = Q \cdot U \Rightarrow [Q = e] \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = e \cdot U.$$

Dalje slijedi:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 &= e \cdot U \\ W &= h \cdot \frac{c}{\lambda} - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow W = h \cdot \frac{c}{\lambda} - e \cdot U =$$

$$= 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2.04 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0.8 \text{ V} = 8.46 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

### Vježba 214

Pri osvjetljavanju površine platine ultraljubičastim zračenjem valne duljine 204 nm, napon pri kojem prestaje fotoelektrični učinak iznosi 800 mV. Koliki je izlazni rad elektrona iz platine? (brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , naboj elektrona  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

**Rezultat:**  $5.79 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ .

### Zadatak 215 (Megy, gimnazija)

Kolika treba biti brzina elektrona da pri udaru u volframovu pločicu iz nje izbaci elektron? Izlazni rad elektrona iz volframa iznosi 4.53 eV. (masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ )

### Rješenje 215

$$W = 4.53 \text{ eV} = [4.53 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}] = 7.26 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad v = ?$$

Tijelo mase  $m$  i brzine  $v$  ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

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:

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

gdje je  $h$  Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $c$  brzina svjetlosti,  $\lambda$  valna duljina,  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

kinetička energija,  $W$  izlazni rad.

Elektron mora izbaciti drugi elektron prilikom udara u volframovu pločicu pa je njegova kinetička energija veća ili jednaka od izlaznog rada elektrona iz volframa.

$$E_k \geq W \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \geq W \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \geq W \cdot \frac{2}{m} \Rightarrow v^2 \geq \frac{2 \cdot W}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v^2 \geq \frac{2 \cdot W}{m} \cdot \sqrt{\quad} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7.26 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 1.26 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

### Vježba 215

Kolika treba biti brzina elektrona da pri udaru u volframovu pločicu iz nje izbaci elektron? Izlazni rad elektrona iz volframa iznosi 0.00453 keV. (masa elektrona  $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ )

**Rezultat:**  $1.26 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .



**Zadatak 216 (, gimnazija)**

Granična valna duljina zračenja koje izaziva fotoučinak na srebru iznosi 261 nm. Kolika je maksimalna kinetička energija elektrona, izražena u elektronvoltima, koji izlijeću iz srebra kada ga ozračimo valnom duljinom od 200 nm? (brzina svjetlosti u praznini  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )

**Rješenje 216**

$$\lambda_g = 261 \text{ nm} = 2.61 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad \lambda = 200 \text{ nm} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad E_k = ?$$

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:

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

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:

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

gdje je  $h$  Planckova konstanta  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $c$  brzina svjetlosti,  $\lambda$  valna duljina,  $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

kinetička energija,  $W_i$  izlazni rad.

Kada foton energije  $h \cdot \frac{c}{\lambda}$  upada na površinu metala sudara se s elektronima, povećava energiju slobodnih elektrona u metalu. Dio energije fotona utroši se na oslobađanje elektrona iz metala (na izlazni rad  $W_i$ ) i na kinetičku energiju elektrona izbačenih iz metala:

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

Elektron će izaći iz metala samo ako je

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} > W_i \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} > h \cdot \frac{c}{\lambda_g}$$

tj. ako je

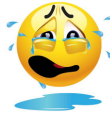
$$\lambda < \lambda_g,$$

gdje je  $\lambda_g$  granična valna duljina ovisna o vrsti metala.

$$\left. \begin{array}{l} W_i = h \cdot \frac{c}{\lambda_g} \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + W_i \end{array} \right\} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_k + h \cdot \frac{c}{\lambda_g} \Rightarrow E_k + h \cdot \frac{c}{\lambda_g} = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E_k = h \cdot \frac{c}{\lambda} - h \cdot \frac{c}{\lambda_g} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow E_k = h \cdot c \cdot \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_g} \right) = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 10^{-7} \text{ m}} - \frac{1}{2.61 \cdot 10^{-7} \text{ m}} \right) =$$
$$= 2.3229 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \left[ 2.3229 \cdot 10^{-19} : 1.602 \cdot 10^{-19} \right] = 1.45 \text{ eV}.$$

## Vježba 216

Nema vježbe!



Rezultat:

## Zadatak 217 (Marko, gimnazija)

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 217

$$E_{k1} = 1.8 \text{ keV} = 1.8 \cdot 10^3 \text{ eV}, \quad \lambda_2 = 60\% \cdot \lambda_1 = \frac{60}{100} \cdot \lambda_1 = 0.6 \cdot \lambda_1, \quad \Delta E_k = ?$$

Kako se računa "... p% od x...?"

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

De Broglie je došao teorijski do zaključka da svaka čestica koja se giba mora imati valna svojstva. Čestici mase  $m$  u gibanju brzinom  $v$  odgovara valna duljina

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

gdje je  $h$  Planckova konstanta.

Tijelo mase  $m$  i brzine  $v$  ima kinetičku energiju

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Kada je kinetička energija elektrona mnogo manja od energije mirovanja elektrona možemo uporabiti formulu:

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

$$\left. \begin{array}{l} E_{k1} = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_1^2} \\ E_{k2} = \frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_2^2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{podijelimo} \\ \text{jednadžbe} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{\frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_2^2}}{\frac{h^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_1^2}} \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{2 \cdot m \cdot \lambda_2^2}{2 \cdot m \cdot \lambda_1^2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^2 \Rightarrow \left[ \lambda_2 = 0.6 \cdot \lambda_1 \right] \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \left( \frac{\lambda_1}{0.6 \cdot \lambda_1} \right)^2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \left( \frac{1}{0.6} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \left( \frac{1}{0.6} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{1}{0.36} \Rightarrow \frac{E_{k2}}{E_{k1}} = \frac{1}{0.36} \cdot E_{k1} \Rightarrow E_{k2} = \frac{1}{0.36} \cdot E_{k1}.$$

Povećanje kinetičke energije iznosi:

$$\Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} \Rightarrow \Delta E_k = \frac{1}{0.36} \cdot E_{k1} - E_{k1} \Rightarrow \Delta E_k = E_{k1} \cdot \left( \frac{1}{0.36} - 1 \right) =$$

$$= 1.8 \cdot 10^3 \text{ eV} \cdot \left( \frac{1}{0.36} - 1 \right) = 3200 \text{ eV} = 3.2 \cdot 10^3 \text{ eV} = 3.2 \text{ keV}.$$

### Vježba 217

Kinetička energija elektrona iznosi 1.8 keV. Za koliko se treba povećati kinetička energija elektrona da bi mu se valna duljina smanjila za 40% početne vrijednosti?

**Rezultat:** 3.2 eV.

### Zadatak 218 (Damir, gimnazija)

Odredi broj protona, neutrona i elektrona u atomu  $^{60}\text{Co}$ .

### Rješenje 218

$$^{60}\text{Co}, \quad Z = ?, \quad N = ?$$

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. Zbroj 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).

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

Redni broj kobalta Co (vidi periodni sustav elemenata, Mendeljejevu tablicu) jest 27, što znači da jezgra atoma sadrži 27 protona,  $Z = 27$ . Zbroj protona i neutrona u jezgri je 60. tj. jezgra ima  $60 - 27 = 33$  neutrona,  $N = 33$ . Broj elektrona jednak je broju protona, 27.

26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel
------------------	--------------------	--------------------

### Vježba 218

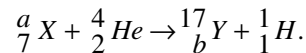
Odredi broj protona, neutrona i elektrona u atomu  $^9\text{Be}$ .

3 Li Lithium	4 Be Beryllium
--------------------	----------------------

**Rezultat:** Protona 4, neutrona 5, elektrona 4.

### Zadatak 219 (Mateja, gimnazija)

U nuklearnoj reakciji odredi brojeve a i b i odgovarajući element.



### Rješenje 219

$$a = ?, \quad b = ?$$

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).

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

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.

Sada računamo.

$$\begin{aligned}
 & {}^a_7X + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_bY + {}^1_1H \Rightarrow \\
 \Rightarrow & \left[ \begin{array}{l} \text{zakoni} \\ \text{očuvanja} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a+4=17+1 \\ 7+2=b+1 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a+4=17+1 \\ b+1=7+2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a+4=18 \\ b+1=9 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a=18-4 \\ b=9-1 \end{array} \right\} \Rightarrow \\
 & \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a=14 \\ b=8 \end{array} \right\}.
 \end{aligned}$$

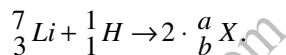
Vidi periodni sustav elemenata, Mendeljevljevu tablicu!

7 <b>N</b> Nitrogen	8 <b>O</b> Oxygen
---------------------------	-------------------------

$$\left. \begin{array}{l} a=14 \\ b=8 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} {}^a_7X = {}^{14}_7X \equiv {}^{14}_7\text{N} \\ {}^{17}_bY = {}^{17}_8Y \equiv {}^{17}_8\text{O} \end{array} \right\}.$$

### Vježba 219

U nuklearnoj reakciji odredi brojeve a i b i odgovarajući element.

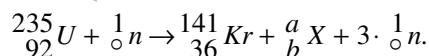


2 <b>He</b> Helium
--------------------------

**Rezultat:**  ${}^4_2\text{He}$ .

### Zadatak 220 (Zvonimir, gimnazija)

Nađi nepoznati član u reakciji raspada urana – 235:



### Rješenje 220

$$a = ?, \quad b = ?$$

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).

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

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:

$$\text{neutron} = {}^1_0n, \quad \text{proton} = {}^1_1p, \quad \text{deuteron} = \text{jezgra od } {}^2_1H$$

$\alpha$  čestica = jezgra od  ${}^4_2\text{He}$  , elektron =  ${}^{-1}_0e$  , pozitron =  ${}^{+1}_0e$ .

Sada računamo.

$$\begin{aligned}
 & {}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0n \rightarrow {}^{141}_{36}\text{Kr} + {}^a_b\text{X} + 3 \cdot {}^1_0n \Rightarrow \\
 \Rightarrow & \left[ \begin{array}{l} \text{zakoni} \\ \text{očuvanja} \end{array} \right] \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 235+1=141+a+3 \cdot 1 \\ 92+0=36+b+3 \cdot 0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 236=141+a+3 \\ 92=36+b+0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 236=144+a \\ 92=36+b \end{array} \right\} \Rightarrow \\
 & \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 144+a=236 \\ 36+b=92 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a=236-144 \\ b=92-36 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} a=92 \\ b=56 \end{array} \right\}.
 \end{aligned}$$

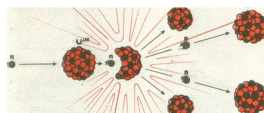
Vidi periodni sustav elemenata, Mendeljejevu tablicu!

56 <b>Ba</b> Barium
---------------------------

$$\left. \begin{array}{l} a=92 \\ b=56 \end{array} \right\} \Rightarrow {}^a_b\text{X} = {}^{92}_{56}\text{X} \equiv {}^{92}_{56}\text{Ba}.$$

### Vježba 220

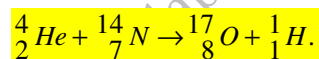
Malo povijesti!



### Rezultat:

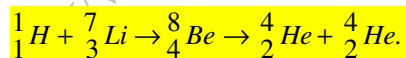
- Ernest Rutheford, 1919.

Prva umjetno izvedena nuklearna reakcija.



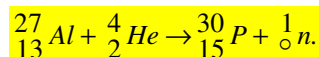
- John D. Cockcroft, Ernest Th. S. Walton, 1931.

Prva nuklearna reakcija s umjetno proizvedenim i ubrzanim protonima.



- Irène Joliot – Curie, Jean Frédéric Joliot – Curie, 1934.

Prvi umjetno proizveden radioaktivni element  ${}^{30}\text{Pa}$ .



(Stjepan Muić, Fizika – zbirka zadataka za srednje škole, Element, Zagreb, 2010.)