

Zadatak 121 (Fabijan, srednja škola)

Izlazni rad elektrona iz elementa je 4.08 eV. Kolika mora biti valna duljina zračenja da bi pri fotoelektričnom efektu maksimalna brzina izbijenih fotoelektrona iznosila $7.2 \cdot 10^5$ m/s? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s, brzina svjetlosti $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg)

Rješenje 121

$$W = 4.08 \text{ eV} = [4.08 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 6.528 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad v = 7.2 \cdot 10^5 \text{ m/s}, \\ h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \quad \lambda = ?$$

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

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

Svaki kvant ili foton ima energiju:

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

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

$$E_f = h \cdot \nu$$

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

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

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

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

Valna duljina λ zračenja iznosi:

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = W + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad / \cdot \frac{\lambda}{W + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{W + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2} = \\ = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6.528 \cdot 10^{-19} \text{ J} + \frac{1}{2} \cdot 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \left(7.2 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 2.24 \cdot 10^{-7} \text{ m}.$$

Vježba 121

Izlazni rad elektrona iz elementa je 4.08 eV. Kolika mora biti valna duljina zračenja da bi pri fotoelektričnom efektu maksimalna brzina izbijenih fotoelektrona iznosila $7.2 \cdot 10^2$ km/s? (Planckova konstanta $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J · s, brzina svjetlosti $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, masa elektrona $m = 9.11 \cdot 10^{-31}$ kg)

Rezultat: $2.24 \cdot 10^{-7}$ m.

Zadatak 122 (Sara, srednja škola)

Vrijeme poluraspada izotopa stroncija je 29 godina. Početna masa izotopa stroncija u uzorku je 60 g. Kolika će biti masa izotopa stroncija u uzorku 100 godina kasnije?

Rješenje 122

$$T_{1/2} = 29 \text{ god}, \quad m_0 = 60 \text{ g}, \quad t = 100 \text{ god}, \quad m = ?$$

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:

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

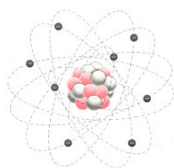
gdje je N_0 broj atoma u vrijeme $t = 0$, N broj atoma koji se nakon vremena t nisu raspali, $T_{1/2}$ vrijeme poluraspada, tj. vremenski interval u kojem se raspadne polovica prvobitnog broja atoma.

Budući da je broj čestica razmjernan (proporcionalan) s masom, zakon možemo napisati i za masu m prisutne neraspadnute radioaktivne tvari u nekom trenutku t :

$$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}},$$

gdje je m_0 masa tvari u trenutku $t = 0$.

$$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = 60 \text{ g} \cdot 2^{-\frac{100 \text{ god}}{29 \text{ god}}} = 60 \text{ g} \cdot 2^{-\frac{100 \text{ god}}{29 \text{ god}}} = 60 \text{ g} \cdot 2^{-\frac{100}{29}} = 5.5 \text{ g}.$$



Vježba 122

Vrijeme poluraspada izotopa stroncija je 29 godina. Početna masa izotopa stroncija u uzorku je 120 g. Kolika će biti masa izotopa stroncija u uzorku 200 godina kasnije?

Rezultat: 11 g.

Zadatak 123 (Ivona, srednja škola)

Vrijeme poluraspada nekog izotopa je 3 minute. Koliko postotaka izotopa ostane za pola sata?

Rješenje 123

$$T_{1/2} = 3 \text{ min}, \quad t = 0.5 \text{ h} = 30 \text{ min}, \quad \frac{N}{N_0} = ?$$

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.

Računamo omjer između broja neraspadnutih atoma N i početnog broja atoma u vremenu $t = 0$, N_0 .

$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \cdot \frac{1}{N_0} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{30 \text{ min}}{3 \text{ min}}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{N}{N_0} &= 2^{-\frac{30 \text{ min}}{3 \text{ min}}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 2^{-10} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^{10}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{1024} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 0.00098 \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{0.098}{100} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 0.098\% \Rightarrow \frac{N}{N_0} \approx 0.1\%.$$

To je postotak neraspadnutih atoma.

Vježba 123

Vrijeme poluraspada nekog izotopa je 180 sekundi. Koliko postotaka izotopa ostane za 30 minuta?

Rezultat: 0.1%.

Zadatak 124 (Ivona, srednja škola)

Za koliko se postotaka smanji količina radija za 10 godina ako je vrijeme poluraspada radija 1580 godina?

Rješenje 124

$$t = 10 \text{ god}, \quad T_{1/2} = 1580 \text{ god}, \quad \frac{N}{N_0} = ?$$

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.

Uočimo da je kod svakog radioaktivnog raspada zbroj postotaka raspadnutih atoma i neraspadnutih atoma stalan i jednak 100%.

$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \cdot \frac{1}{N_0} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{10 \text{ god}}{1580 \text{ god}}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{N}{N_0} &= 2^{-\frac{10 \text{ god}}{1580 \text{ god}}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{1}{158}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^{1/158}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 0.9956 \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{99.56}{100} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{N}{N_0} = 99.56\%. \end{aligned}$$

To je postotak neraspadnutih atoma. Postotak raspadnutih atoma iznosi:

$$100\% - 99.56\% = 0.44\%.$$

Znači da se količina radija smanjila za postotak raspadnutih atoma, tj. za 0.44%.

Vježba 124

Za koliko se postotaka smanji količina radija za 120 mjeseci ako je polovično vrijeme radija 1580 godina?

Rezultat: 0.44%.

Zadatak 125 (Ivona, srednja škola)

Vrijeme poluraspada nekog radioaktivnog izvora je 20 minuta. Koliko će ostati od početnog broja jezgara N_0 nakon 2 sata?

Rješenje 125

$$T_{1/2} = 20 \text{ min}, \quad N_0, \quad t = 2 \text{ h} = 120 \text{ min}, \quad N = ?$$

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.

$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{120 \text{ min}}{20 \text{ min}}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-\frac{120 \text{ min}}{20 \text{ min}}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-6} \Rightarrow \\ &\Rightarrow N = N_0 \cdot \frac{1}{2^6} \Rightarrow N = \frac{1}{64} \cdot N_0. \end{aligned}$$

Vježba 125

Vrijeme poluraspada nekog radioaktivnog izvora je 20 minuta. Koliko će ostati od početnog broja jezgara N_0 nakon 3 sata?

Rezultat: $\frac{1}{512} \cdot N_0.$

Zadatak 126 (Esmir, srednja škola)

U nekom radioaktivnom uzorku prisutno je 1000 radioaktivnih atoma. Vrijeme poluraspada je 1 dan. Koliko će se radioaktivnih atoma raspasti za vrijeme: a) 1 dan, b) 2 dana, c) 3 dana, d) 4 dana?

Rješenje 126

$$N_0 = 1000, \quad T_{1/2} = 1 \text{ d}, \quad t_1 = 1 \text{ d}, \quad t_2 = 2 \text{ d}, \quad t_3 = 3 \text{ d}, \quad t_4 = 4 \text{ d}, \quad N_0 - N_1 = ?, \\ N_0 - N_2 = ?, \quad N_0 - N_3 = ?, \quad N_0 - N_4 = ?$$

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.

- Računamo koliko će se radioaktivnih atoma raspasti za vrijeme t_1 .

$$N_0 - N_1 = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T_{1/2}}} \Rightarrow N_0 - N_1 = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t_1}{T_{1/2}}}\right) \Rightarrow N_0 - N_1 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1 \text{ d}}{1 \text{ d}}}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_1 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1 \text{ d}}{1 \text{ d}}}\right) \Rightarrow N_0 - N_1 = 1000 \cdot (1 - 2^{-1}) \Rightarrow N_0 - N_1 = 1000 \cdot \left(1 - \frac{1}{2}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_1 = 1000 \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2}\right) \Rightarrow N_0 - N_1 = 1000 \cdot \frac{2-1}{2} \Rightarrow N_0 - N_1 = 1000 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow N_0 - N_1 = 500.$$

- Računamo koliko će se radioaktivnih atoma raspasti za vrijeme t_2 .

$$N_0 - N_2 = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t_2}{T_{1/2}}} \Rightarrow N_0 - N_2 = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t_2}{T_{1/2}}}\right) \Rightarrow N_0 - N_2 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{2d}{1d}}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_2 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{2d}{1d}}\right) \Rightarrow N_0 - N_2 = 1000 \cdot (1 - 2^{-2}) \Rightarrow N_0 - N_2 = 1000 \cdot \left(1 - \frac{1}{2^2}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_2 = 1000 \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4}\right) \Rightarrow N_0 - N_2 = 1000 \cdot \frac{4-1}{4} \Rightarrow N_0 - N_2 = 1000 \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow N_0 - N_2 = 750.$$

- Računamo koliko će se radioaktivnih atoma raspasti za vrijeme t_3 .

$$N_0 - N_3 = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t_3}{T_{1/2}}} \Rightarrow N_0 - N_3 = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t_3}{T_{1/2}}}\right) \Rightarrow N_0 - N_3 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{3d}{1d}}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_3 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{3d}{1d}}\right) \Rightarrow N_0 - N_3 = 1000 \cdot (1 - 2^{-3}) \Rightarrow N_0 - N_3 = 1000 \cdot \left(1 - \frac{1}{2^3}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_3 = 1000 \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{8}\right) \Rightarrow N_0 - N_3 = 1000 \cdot \frac{8-1}{8} \Rightarrow N_0 - N_3 = 1000 \cdot \frac{7}{8} \Rightarrow N_0 - N_3 = 875.$$

- Računamo koliko će se radioaktivnih atoma raspasti za vrijeme t_4 .

$$N_0 - N_4 = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t_4}{T_{1/2}}} \Rightarrow N_0 - N_4 = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t_4}{T_{1/2}}}\right) \Rightarrow N_0 - N_4 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{4d}{1d}}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_4 = 1000 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{4d}{1d}}\right) \Rightarrow N_0 - N_4 = 1000 \cdot (1 - 2^{-4}) \Rightarrow N_0 - N_4 = 1000 \cdot \left(1 - \frac{1}{2^4}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_0 - N_4 = 1000 \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{16}\right) \Rightarrow N_0 - N_4 = 1000 \cdot \frac{16-1}{16} \Rightarrow N_0 - N_4 = 1000 \cdot \frac{15}{16} \Rightarrow N_0 - N_4 = 937.5.$$

Vježba 126

U nekom radioaktivnom uzorku prisutno je 1000 radioaktivnih atoma. Vrijeme poluraspada je 2 dana. Koliko će se radioaktivnih atoma raspasti za vrijeme 2 dana?

Rezultat: 500.

Zadatak 127 (Ivan, gimnazija)

Početni broj jezgara nekog radioaktivnog elementa je N_0 . Koliko ih se raspadne tijekom tri vremena poluraspada?

A. $\frac{7}{8} \cdot N_0$ B. $\frac{1}{3} \cdot N_0$ C. $\frac{2}{3} \cdot N_0$ D. $\frac{1}{8} \cdot N_0$

Rješenje 127

$$N_0, \quad t = 3 \cdot T_{1/2}, \quad N_0 - N = ?$$

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.

Računamo broj jezgara (jezgri) koje se raspadu.

$$\begin{aligned} N_0 - N &= N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right) = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{3 \cdot T_{1/2}}{T_{1/2}}}\right) = N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{3 \cdot T_{1/2}}{T_{1/2}}}\right) = \\ &= N_0 \cdot \left(1 - 2^{-3}\right) = N_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{2^3}\right) = N_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{8}\right) = N_0 \cdot \left(\frac{8-1}{8}\right) = N_0 \cdot \frac{7}{8} = \frac{7}{8} \cdot N_0. \end{aligned}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 127

Početni broj jezgara nekog radioaktivnog elementa je N_0 . Koliko ih se neraspadne tijekom tri vremena poluraspada?

A. $\frac{7}{8} \cdot N_0$ B. $\frac{1}{3} \cdot N_0$ C. $\frac{2}{3} \cdot N_0$ D. $\frac{1}{8} \cdot N_0$

Rezultat: D.

Zadatak 128 (MaturanticaXY, gimnazija)

Kolika je ekvivalentna masa čestice koja ima energiju 5 GeV? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

A. $5 \cdot 10^{-9}$ g B. $3 \cdot 10^{-15}$ kg C. $9 \cdot 10^{-24}$ g D. $5 \cdot 10^{-12}$ g

Rješenje 128

$$E = 5 \text{ GeV} = 5 \cdot 10^9 \text{ eV} = 5 \cdot 10^9 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 8 \cdot 10^{-10} \text{ J}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad m = ?$$

Ekvivalentnost mase m i energije dana je relacijom

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

gdje je c brzina svjetlosti.

Osim džula (J) koji je SI – jedinica za energiju postoji još jedna jedinica za energiju – to je elektronvolt (eV).

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

Ekvivalentna masa čestice je:

$$\begin{aligned} E = m \cdot c^2 &\Rightarrow E = m \cdot c^2 \cdot \frac{1}{c^2} \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} = \frac{8 \cdot 10^{-10} \text{ J}}{\left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 8.89 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 9 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \\ &= 9 \cdot 10^{-27} \cdot 10^3 \text{ g} = 9 \cdot 10^{-24} \text{ g}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod C.

Vježba 128

Kolika je ekvivalentna masa čestice koja ima energiju 10 GeV? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

A. $2.43 \cdot 10^{-26}$ kg B. $1.55 \cdot 10^{-27}$ kg C. $1.78 \cdot 10^{-26}$ kg D. $1.87 \cdot 10^{-26}$ kg

Rezultat: C.

Zadatak 129 (MaturanticaXY, gimnazija)

Energija vezanja je 2 GeV. Koliki je defekt mase? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

- A. 2.1 g B. $2.1 \cdot u$ C. 0 D. 0.0000021 g

Rješenje 129

$$E_v = 2 \text{ GeV} = 2 \cdot 10^9 \text{ eV} = 2 \cdot 10^9 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.2 \cdot 10^{-10} \text{ J}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad \Delta m = ?$$

Masa jezgre uvijek je manja od zbroja masa neutrona i protona od kojih je jezgra sastavljena. Ta se razlika zove defekt mase. Energetski ekvivalent defekta mase je energija vezanja jezgre.

$$E_v = \Delta m \cdot c^2,$$

gdje je c brzina svjetlosti.

Masa atoma (tj. jezgre i elektronskog omotača) obično se izražava u atomskim jedinicama mase:

$$1 u = \frac{1}{12} \text{ mase atoma } {}^{12}_6\text{C}, \quad 1 u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

Defekt mase iznosi:

$$\begin{aligned} E_v = \Delta m \cdot c^2 &\Rightarrow E_v = \Delta m \cdot c^2 \cdot \frac{1}{c^2} \Rightarrow \Delta m = \frac{E_v}{c^2} = \frac{3.2 \cdot 10^{-10} \text{ J}}{\left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 3.56 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \\ &= \left[3.56 \cdot 10^{-27} : 1.66 \cdot 10^{-27}\right] = 2.14 \cdot u \approx 2.1 \cdot u. \end{aligned}$$

Odgovor je pod B.

Vježba 129

Energija vezanja je 4 GeV. Koliki je defekt mase? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

- A. 4.3 g B. $3.4 \cdot u$ C. $4.3 u$ D. 43 u

Rezultat: C.

Zadatak 130 (MaturanticaXY, gimnazija)

Kolika je ekvivalentna energija protona? (masa protona $m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27}$ kg, brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

- A. 1.58 MeV B. 9.4 MeV C. 9.4 GeV D. 0.94 GeV

Rješenje 130

$$m_p = 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad E = ?$$

Ekvivalentnost mase m i energije dana je relacijom

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

gdje je c brzina svjetlosti.

Osim džula (J) koji je SI – jedinica za energiju postoji još jedna jedinica za energiju – to je elektronvolt (eV).

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad 1 \text{ keV} = 1.6 \cdot 10^{-16} \text{ J}, \quad 1 \text{ MeV} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ J}, \quad 1 \text{ GeV} = 1.6 \cdot 10^{-10} \text{ J}.$$

Ekvivalentna energija protona iznosi:

$$\begin{aligned} E = m_p \cdot c^2 &= 1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 1.505 \cdot 10^{-10} \text{ J} = \\ &= \left[1.505 \cdot 10^{-10} : 1.6 \cdot 10^{-19}\right] = 9.4 \cdot 10^8 \text{ eV} = 0.94 \cdot 10^9 \text{ eV} = 0.94 \text{ GeV}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod D.

Vježba 130

Kolika je ekvivalentna energija čestice čija je masa $m = 1.6 \cdot 10^{-25}$ kg? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

- A. $9 \cdot 10^9$ eV B. 90 GeV C. 90 MeV D. 0.9 GeV

Rezultat: B.

Zadatak 131 (MaturanticaXY, gimnazija)

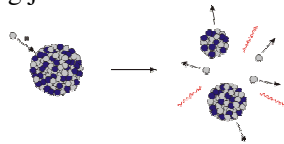
Pretpostavimo da se kod fisije urana 0.1% mase prisutnog urana transformira u energiju. Kolika je energija proizvedena fisijom 1 kg urana? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

- A. $17 \cdot 10^7$ J B. $37 \cdot 10^{20}$ J C. $23 \cdot 10^{28}$ J D. $9 \cdot 10^{13}$ J

Rješenje 131

$$p = 0.1\% = 0.001, \quad m = 1 \text{ kg}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad E = ?$$

Nuklearna fisija je dijeljenje jezgre atoma na manje dijelove (manje jezgre) uz emisiju jednog ili više neutrona te velike količine energije.



Ekvivalentnost mase m i energije dana je relacijom

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

gdje je c brzina svjetlosti.

Stoti dio nekog broja naziva se postotak. Piše se kao razlomak s nazivnikom 100.

$$\text{Na primjer, } 9\% = \frac{9}{100}, \quad 81\% = \frac{81}{100}, \quad 4.5\% = \frac{4.5}{100}, \quad 0.3\% = \frac{0.3}{100}, \quad p\% = \frac{p}{100}.$$

Kako se računa "... p% od x...?"

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

Energija proizvedena fisijom iznosi:

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = p \cdot m \\ E = m_1 \cdot c^2 \end{array} \right\} \Rightarrow E = p \cdot m \cdot c^2 = 0.001 \cdot 1 \text{ kg} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ J}.$$

Odgovor je pod D.

Vježba 131

Pretpostavimo da se kod fisije urana 0.1% mase prisutnog urana transformira u energiju. Kolika je energija proizvedena fisijom 2 kg urana? (brzina svjetlosti u praznini $c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

- A. $1.8 \cdot 10^{13}$ J B. $1.8 \cdot 10^{12}$ J C. $1.8 \cdot 10^{16}$ J D. $1.8 \cdot 10^{14}$ J

Rezultat: D.

Zadatak 132 (Marina, srednja škola)

Neki element ima vrijeme poluraspada jedan dan. Koliki se postotak početnoga broja čestica toga elementa raspadne nakon dva dana?

- A. 25% B. 50% C. 75% D. 10%

Rješenje 132

$$T_{1/2} = 1 \text{ d}, \quad N_0, \quad t = 2 \text{ d}, \quad p = ?$$

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.

Stoti dio nekog broja naziva se postotak. Piše se kao razlomak s nazivnikom 100.

Na primjer,

$$9\% = \frac{9}{100}, \quad 81\% = \frac{81}{100}, \quad 4.5\% = \frac{4.5}{100}, \quad 0.3\% = \frac{0.3}{100}, \quad p\% = \frac{p}{100}.$$

Kod postotnog računa susrećemo sljedeće veličine:

- S – osnovna vrijednost
- p – postotak
- P – postotni iznos.

Osnovna veličina S je broj od kojeg se obračunava postotak. Postotni račun od 100 napisan u obliku razmjera glasi:

$$S : 100 = P : p \Rightarrow S \cdot p = 100 \cdot P.$$

Računamo koliko se posto početnoga broja čestica toga elementa raspadne nakon dva dana.

1. inačica

$$\begin{aligned} p &= \frac{N_0 - N}{N_0} \Rightarrow p = \frac{N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}}{N_0} \Rightarrow p = \frac{N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{N_0} \Rightarrow p = \frac{N_0 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}\right)}{N_0} \Rightarrow \\ &\Rightarrow p = 1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow p = 1 - 2^{-\frac{2d}{1d}} \Rightarrow p = 1 - 2^{-\frac{2d}{1d}} \Rightarrow p = 1 - 2^{-2} \Rightarrow p = 1 - \frac{1}{2^2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow p = 1 - \frac{1}{4} \Rightarrow p = \frac{1}{1} - \frac{1}{4} \Rightarrow p = \frac{4-1}{4} \Rightarrow p = \frac{3}{4} \Rightarrow p = 0.75 \Rightarrow p = \frac{75}{100} \Rightarrow p = 75\%. \end{aligned}$$

2. inačica

Neka je N_0 početni broj čestica tog elementa.

Kad prođe vrijeme poluraspada T imamo:

$$t = T \Rightarrow N = \frac{1}{2} \cdot N_0.$$

Kad prođe dvostruko vrijeme poluraspada $2 \cdot T$ imamo:

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

Vrijeme poluraspada elementa jedan je dan pa će nakon dva dana ostati neraspadnuto

$$\left. \begin{array}{l} T = 1d \\ t = 2d \end{array} \right\} \Rightarrow t = 2 \cdot T \Rightarrow N = \frac{1}{4} \cdot N_0.$$

Postotak broja čestica tog elementa koji se raspadne nakon dva dana iznosi:

$$N_0 - N = N_0 - \frac{1}{4} \cdot N_0 = \left(1 - \frac{1}{4}\right) \cdot N_0 = \frac{3}{4} \cdot N_0 = 0.75 \cdot N_0 = \frac{75}{100} \cdot N_0 = 75\% \cdot N_0.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 132

Neki element ima vrijeme poluraspada jedan dan. Koliki se postotak početnoga broja čestica toga elementa raspadne nakon jednog dana?

- A. 25% B. 50% C. 75% D. 10%

Rezultat: B.

Zadatak 133 (MaturantX, gimnazija)

Koliko je puta energija rendgenskih fotona valne duljine 0.02 nm veća od energije fotona svjetlosti valne duljine 400 nm?

Rješenje 133

$$\lambda_r = 0.02 \text{ nm} = 2 \cdot 10^{-11} \text{ m}, \quad \lambda_s = 400 \text{ nm} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}, \quad \frac{E_r}{E_s} = ?$$

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

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

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

Postavimo omjer.

$$\begin{aligned} \frac{E_r}{E_s} &= \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda_r}}{h \cdot \frac{c}{\lambda_s}} \Rightarrow \frac{E_r}{E_s} = \frac{h \cdot \frac{c}{\lambda_r}}{h \cdot \frac{c}{\lambda_s}} \Rightarrow \frac{E_r}{E_s} = \frac{\frac{1}{\lambda_r}}{\frac{1}{\lambda_s}} \Rightarrow \frac{E_r}{E_s} = \frac{\lambda_s}{\lambda_r} \Rightarrow \frac{E_r}{E_s} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{2 \cdot 10^{-11} \text{ m}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{E_r}{E_s} = 20000 \Rightarrow \frac{E_r}{E_s} = 20000 \cdot E_s \Rightarrow E_r = 20000 \cdot E_s. \end{aligned}$$

Vježba 133

Koliko je puta energija rendgenskih fotona valne duljine 0.04 nm veća od energije fotona svjetlosti valne duljine 400 nm?

Rezultat: $E_r = 10000 \cdot E_s$.

Zadatak 134 (MaturantX, gimnazija)

Količina radioaktivnog izotopa smanji se za godinu dana na jednu četvrtinu početne vrijednosti. Koliko je vrijeme poluraspada?

Rješenje 134

$$t = 1 \text{ god} = 12 \text{ mj}, \quad N = \frac{1}{4} \cdot N_0, \quad T_{1/2} = ?$$

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

Zakon radioaktivnog raspada glasi:

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

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

1. inačica

Iz relacije za radioaktivni raspad slijedi:

$$\begin{aligned}
 N &= N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \frac{1}{4} \cdot N_0 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \Rightarrow \frac{1}{4} \cdot N_0 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \cdot \frac{1}{N_0} \Rightarrow 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \\
 &\Rightarrow 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = \frac{1}{2^2} \Rightarrow 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = 2^{-2} \Rightarrow -\frac{t}{T_{1/2}} = -2 \Rightarrow -\frac{t}{T_{1/2}} = -2 \cdot \left(-\frac{T_{1/2}}{2}\right) \Rightarrow T_{1/2} = \frac{1}{2} \cdot t = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mj} = 6 \text{ mj}.
 \end{aligned}$$

2. inačica

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

Tako će nakon vremena $T_{1/2}$ biti

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

a nakon $2 \cdot T_{1/2}$ dobije se:

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

Budući da se količina radioaktivnog izotopa smanji za godinu dana na jednu četvrtinu početne vrijednosti, slijedi:

$$2 \cdot T_{1/2} = 12 \text{ mj} \Rightarrow T_{1/2} = 6 \text{ mj}.$$



Vježba 134

Količina radioaktivnog izotopa smanji se za godinu dana na jednu osminu početne vrijednosti. Koliko je vrijeme poluraspada?

Rezultat: 4 mj.

Zadatak 135 (MaturantX, gimnazija)

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

Rješenje 135

$$p_1 = 0.7\% = 0.007, \quad T_1 = 7.2 \cdot 10^8 \text{ god}, \quad T_2 = 4.5 \cdot 10^9 \text{ god}, \quad t = ?$$

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.

U prirodnom uranu nalazi se 0.7% ^{235}U , a ostatak je ^{238}U koji iznosi:

$$p_2 = 100\% - p_1 \Rightarrow p_2 = 100\% - 0.7\% \Rightarrow p_2 = 1 - 0.007 \Rightarrow p_2 = 0.993.$$

Ako je N_0 množina urana koja je nastala pri stvaranju svemira (ista je množina urana ^{235}U i ^{238}U), nakon vremena t ostalo je neraspadnuti:

- urana ^{235}U

$$N_1 = p_1 \cdot N_0 \Rightarrow N_1 = 0.007 \cdot N_0$$

- urana ^{238}U

$$N_2 = p_2 \cdot N_0 \Rightarrow N_2 = 0.993 \cdot N_0.$$

Računamo t starost svemira.

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

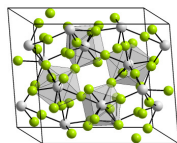
$$\Rightarrow \frac{0.007 \cdot N_0}{0.993 \cdot N_0} = \frac{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}}}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow \frac{0.007 \cdot N_0}{0.993 \cdot N_0} = \frac{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_1}}}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow \frac{0.007}{0.993} = \frac{2^{-\frac{t}{T_1}}}{2^{-\frac{t}{T_2}}} \Rightarrow \frac{0.007}{0.993} = 2^{-\frac{t}{T_1} + \frac{t}{T_2}} \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{logaritmiramo} \\ \text{jednadžbu} \end{array} \right] \Rightarrow \frac{0.007}{0.993} = 2^{t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2}} \quad / \log \Rightarrow \log \frac{0.007}{0.993} = \log 2^{t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log \frac{0.007}{0.993} = t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \log 2 \Rightarrow t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \log 2 = \log \frac{0.007}{0.993} \Rightarrow t \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \cdot \log 2 = \log \frac{0.007}{0.993} \quad / \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{(T_1 - T_2) \cdot \log 2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 - T_2} \cdot \frac{\log \frac{0.007}{0.993}}{\log 2} = \frac{7.2 \cdot 10^8 \text{ god} \cdot 4.5 \cdot 10^9 \text{ god}}{7.2 \cdot 10^8 \text{ god} - 4.5 \cdot 10^9 \text{ god}} \cdot \frac{\log \frac{0.007}{0.993}}{\log 2} = 6.13 \cdot 10^9 \text{ god.}$$



Vježba 135

U prirodnom uranu nalazi se 7% ^{235}U , a ostatak je ^{238}U . Oba se raspadaju u vremenima poluraspada od $7.2 \cdot 10^8$ godina i $4.5 \cdot 10^9$ godina. Kolika je starost svemira ako je pri stvaranju elemenata nastala ista množina ^{235}U i ^{238}U ?

Rezultat: $6.13 \cdot 10^9 \text{ god.}$

Zadatak 136 (MaturantX, gimnazija)

Pri pokusu za određivanje Planckove konstante dobiveno je da zračenje frekvencije $8 \cdot 10^{15}$ Hz izbaci iz metala elektrone energije 25 eV, a zračenje frekvencije $3 \cdot 10^{15}$ Hz izbaci iz istog metala elektrone energije 6 eV. Kolika je vrijednost tako dobivene Planckove konstante? ($1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

Rješenje 136

$$\nu_1 = 8 \cdot 10^{15} \text{ Hz}, \quad E_{k1} = 25 \text{ eV} = [25 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 4 \cdot 10^{-18} \text{ J}, \quad \nu_2 = 3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}, \\ E_{k2} = 6 \text{ eV} = [6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}] = 9.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad h = ?$$

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

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

Svaki kvant ili foton ima energiju:

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

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, ν frekvencija svjetlosti. Kad fotoni energije

$$E_f = h \cdot \nu$$

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

$$h \cdot \nu = W + E_{k, \max},$$

gdje je $E_{k, \max}$ kinetička energija izbijenog elektrona, a W izlazni rad. Iz Einsteinove jednadžbe fotoelektričnog učinka

$$h \cdot \nu = W + E_k$$

izlazni rad jednak je:

$$W = h \cdot \nu - E_k$$

Izlazni rad je minimalna energija (obično izražena u elektronvoltima – eV) potrebna da izbacimo elektron sa površine krute tvari. To je karakteristično svojstvo svake krute tvari.

Iz sustava jednadžbi odredi se Planckova konstanta h .

$$\left. \begin{array}{l} W = h \cdot \nu_1 - E_{k1} \\ W = h \cdot \nu_2 - E_{k2} \end{array} \right\} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{metoda} \\ \text{komparacije} \end{array} \right] \Rightarrow h \cdot \nu_1 - E_{k1} = h \cdot \nu_2 - E_{k2} \Rightarrow h \cdot \nu_1 - h \cdot \nu_2 = E_{k1} - E_{k2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h \cdot (\nu_1 - \nu_2) = E_{k1} - E_{k2} \Rightarrow h \cdot (\nu_1 - \nu_2) = E_{k1} - E_{k2} \cdot \frac{1}{\nu_1 - \nu_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{E_{k1} - E_{k2}}{\nu_1 - \nu_2} = \frac{4 \cdot 10^{-18} \text{ J} - 9.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{8 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}} - 3 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{s}}} = 6.08 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$$

Planckova konstanta jedna je od osnovnih fizikalnih konstanti, koja se ne pojavljuje u okviru klasične fizike, ali se kao veličina često pojavljuje u kvantnoj mehanici. Planckova konstanta iznosi:

$$h = 6.6260693 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, \quad h = 4.13566743 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

Izvor: Wikipedija

Vježba 136

Pri pokusu za određivanje Planckove konstante dobiveno je da zračenje frekvencije $8 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ izbacilo iz metala elektrone energije 24 eV, a zračenje frekvencije $3 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ izbacilo iz istog metala elektrone energije 5 eV. Kolika je vrijednost tako dobivene Planckove konstante? ($1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

Rezultat: $6.08 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$

Zadatak 137 (Medicinka, medicinska škola)

Osnovno stanje elektrona u atomu obilježimo sa E_0 , a pobuđeno stanje sa E_1 . Atom može apsorbirati foton energije:

- A. E_0 B. E_1 C. $E_1 - E_0$ D. $E_0 + E_1$

Rješenje 137

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

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

gdje je h Planckova konstanta koja ima vrijednost $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, a ν frekvencija svjetlosti. Atom apsorbira energiju i pritom njegov elektron prelazi s unutarnjih na vanjske staze, s energijski nižih na energijski više razine. Apsorbirani kvant $h \cdot \nu$ jednak je razlici energija elektrona više i niže razine.

$$h \cdot \nu = E_n - E_m, \quad n > m.$$

Atom može apsorbirati foton energije

$$E_1 - E_0.$$

Odgovor je pod C.

Vježba 137

Osnovno stanje elektrona u atomu obilježimo sa E_0 , a pobuđeno stanje sa E_2 . Atom može apsorbirati foton energije:

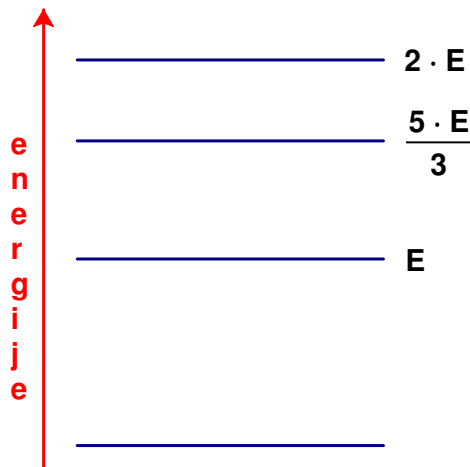
- A. E_0 B. E_2 C. $E_2 - E_0$ D. $E_0 + E_2$

Rezultat: C.

Zadatak 138 (Medicinka, medicinska škola)

Slika prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Ako elektron prijeđe s energijske razine $2 \cdot E$ na razinu E , emitira se foton frekvencije ν . 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. $\frac{2 \cdot \nu}{3}$



Rješenje 138

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

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

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

Prema drugom Bohrovom poučku atom emitira elektromagnetsko zračenje jedino kad elektron prelazi s orbite većeg polumjera (veće energijske razine) na onu manjeg polumjera (manje energijske razine) i pritom izrači foton energije $h \cdot \nu$ koja je jednaka razlici energija elektrona na pojedinim orbitama.

$$h \cdot \nu = E_n - E_m, \quad n > m.$$

Računamo frekvenciju.

Ako elektron skoči s energijske razine $2 \cdot E$ na razinu E , emitira se foton frekvencije ν pa vrijedi:

$$h \cdot \nu = 2 \cdot E - E \Rightarrow h \cdot \nu = E.$$

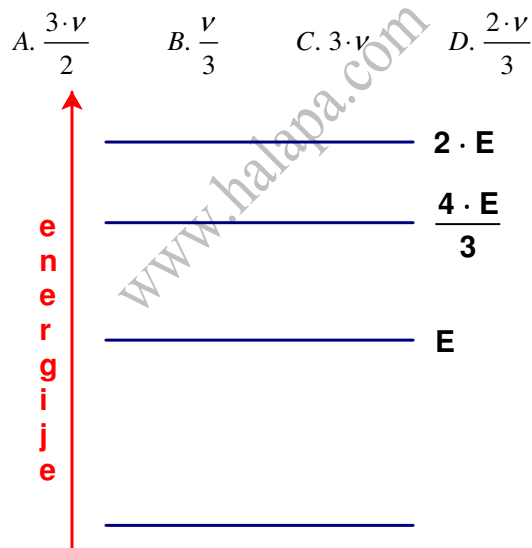
Ako elektron skoči s energijske razine $\frac{5 \cdot E}{3}$ na razinu E , emitira se foton frekvencije ν_1 za koju je:

$$\begin{aligned} h \cdot \nu_1 = \frac{5 \cdot E}{3} - E &\Rightarrow h \cdot \nu_1 = \frac{2}{3} \cdot E \Rightarrow [h \cdot \nu = E] \Rightarrow h \cdot \nu_1 = \frac{2}{3} \cdot h \cdot \nu \Rightarrow \\ &\Rightarrow h \cdot \nu_1 = \frac{2}{3} \cdot h \cdot \nu \quad / : h \Rightarrow \nu_1 = \frac{2}{3} \cdot \nu. \end{aligned}$$

Odgovor je pod D.

Vježba 138

Slika prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Ako elektron prijeđe s energijske razine $2 \cdot E$ na razinu E , emitira se foton frekvencije ν . Kada elektron prelazi s energijske razine $\frac{4 \cdot E}{3}$ na razinu E , frekvencija emitiranog fotona će biti:

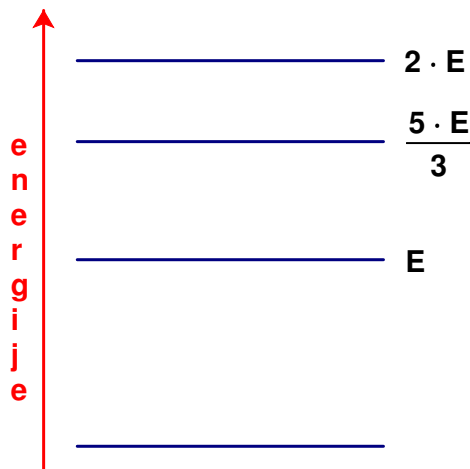


Rezultat: B.

Zadatak 139 (Medicinka, medicinska 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 λ . 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 139

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

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

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

Prema drugom Bohrovom poučku atom emitira elektromagnetsko zračenje jedino kad elektron prelazi s orbite većeg polumjera (veće energijske razine) na onu manjeg polumjera (manje energijske razine) i pritom izrači foton energije $h \cdot \nu$ koja je jednaka razlici energija elektrona na pojedinim orbitama.

$$\left. \begin{aligned} h \cdot \nu &= E_n - E_m \quad , \quad n > m \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} &= E_n - E_m \quad , \quad n > m \end{aligned} \right\}$$

Računamo valnu duljinu.

Ako elektron skoči s energijske razine $2 \cdot E$ na razinu E , emitira se foton valne duljine λ pa vrijedi:

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = 2 \cdot E - E \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = E.$$

Ako elektron skoči s energijske razine $\frac{5 \cdot E}{3}$ na razinu E , emitira se foton valne duljine λ_1 za koju je:

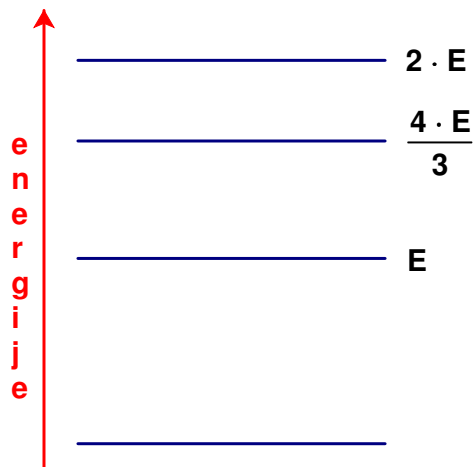
$$\begin{aligned} h \cdot \frac{c}{\lambda_1} &= \frac{5 \cdot E}{3} - E \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2}{3} \cdot E \Rightarrow \left[h \cdot \frac{c}{\lambda} = E \right] \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2}{3} \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \\ &\Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = \frac{2}{3} \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} / \frac{1}{h \cdot c} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2}{3 \cdot \lambda} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{3 \cdot \lambda}{2}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod A.

Vježba 139

Slika prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Ako elektron prijeđe s energijske razine $2 \cdot E$ na razinu E , emitira se foton frekvencije ν . Kada elektron prelazi s energijske razine $\frac{4 \cdot E}{3}$ na razinu E , frekvencija emitiranog fotona će biti:

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

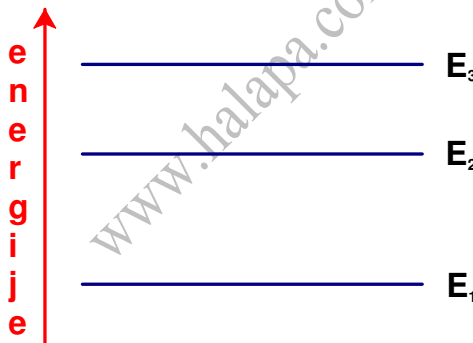


Rezultat: C.

Zadatak 140 (Medicina, medicinska škola)

Slika prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Razmak između razina E_1 i E_2 je dva puta veći od razmaka E_2 i E_3 . Kada elektron skoči s razine E_3 na razinu E_2 emitira se foton valne duljine λ . Koje se još moguće valne duljine mogu emitirati između prikazanih razina?

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



Rješenje 140

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

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

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

Prema drugom Bohrovom poučku atom emitira elektromagnetsko zračenje jedino kad elektron prelazi s orbite većeg polumjera (veće energijske razine) na onu manjeg polumjera (manje energijske razine) i pritom izrači foton energije $h \cdot \nu$ koja je jednaka razlici energija elektrona na pojedinim orbitama.

$$\left. \begin{aligned} h \cdot \nu &= E_n - E_m \quad , \quad n > m \\ h \cdot \frac{c}{\lambda} &= E_n - E_m \quad , \quad n > m \end{aligned} \right\}$$

Razmak između razina E_1 i E_2 je dva puta veći od razmaka E_2 i E_3 .

$$E_2 - E_1 = 2 \cdot (E_3 - E_2)$$

Ako elektron skoči s energijske razine E_3 na razinu E_2 emitira se foton valne duljine λ pa vrijedi:

$$h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_3 - E_2.$$

Računamo ostale moguće valne duljine.

- Ako elektron skoči s energijske razine E_3 na razinu E_1 emitira se foton valne duljine λ_1 za koju je:

$$\begin{aligned} h \cdot \frac{c}{\lambda_1} &= E_3 - E_1 \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = E_3 - E_2 + E_2 - E_1 \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1) \Rightarrow \\ &\Rightarrow [E_2 - E_1 = 2 \cdot (E_3 - E_2)] \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = (E_3 - E_2) + 2 \cdot (E_3 - E_2) \Rightarrow \\ \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} &= 3 \cdot (E_3 - E_2) \Rightarrow \left[h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_3 - E_2 \right] \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = 3 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_1} = 3 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} / \cdot \frac{1}{h \cdot c} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = 3 \cdot \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3}{\lambda} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{\lambda}{3}. \end{aligned}$$

- Ako elektron skoči s energijske razine E_2 na razinu E_1 emitira se foton valne duljine λ_2 za koju je:

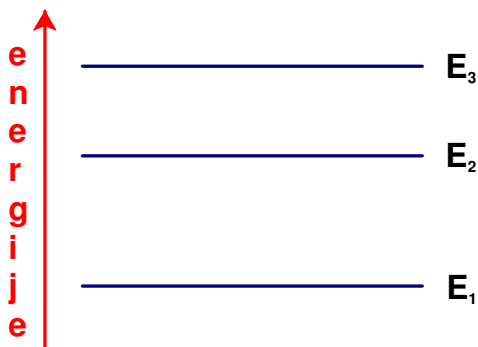
$$\begin{aligned} h \cdot \frac{c}{\lambda_2} &= E_2 - E_1 \Rightarrow [E_2 - E_1 = 2 \cdot (E_3 - E_2)] \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_2} = 2 \cdot (E_3 - E_2) \Rightarrow \\ &\Rightarrow \left[h \cdot \frac{c}{\lambda} = E_3 - E_2 \right] \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_2} = 2 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda_2} = 2 \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} / \cdot \frac{1}{h \cdot c} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = 2 \cdot \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = \frac{2}{\lambda} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{\lambda}{2}. \end{aligned}$$

Odgovor je pod B.

Vježba 140

Slika prikazuje dio energijskih razina nekog atoma. Razmak između razina E_1 i E_2 je dva puta veći od razmaka E_2 i E_3 . Kada elektron skoči s razine E_3 na razinu E_2 emitira se foton frekvencije ν . Koje se još moguće frekvencije mogu emitirati između prikazanih razina?

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



Rezultat: D.