

## ავთანდილ შურღაია

### ატომური და ბირთვული ფიზიკა (გაგრძელება)

ბირთვულ ფიზიკაში მიღებულია მასის ატომური ერთეული, რომელიც, კილოგრამებში გამოსახული, რიცხობრივად ტოლია ნახშირბადის იზოტოპის  $^{12}_6\text{C}$  ატომის მასის  $1/12$ -ისა:  $1\text{მე} = 1.67 \cdot 10^{-27}\text{კგ}$ . მასის ატომური ერთეულის ეკვივალენტური ენერგია ტოლია:  $1\text{მე} = 931.5\text{მე} \cdot \text{ე}$ .

ცხრილში მოცემულია ზოგიერთი ბირთვის მასა მევ-ში:

ნაწილაკი	$m$ მე	ატომი	$m$ მე
ელექტრონი	0.00055	დეიტერიუმი $^2_1\text{H}$	2.01410
პროტონი	1.00728	ტრიტიუმი $^3_1\text{H}$	3.01605
ნეიტრონი	1.00826	ჰელიუმი $^4_2\text{He}$	4.00260

**ბირთვის ბმის ენერგია:** გამოთვალეთ წყალბადის იზოტოპის დეიტერიუმისა  $^2_1\text{H}$  და ჰელიუმის  $^4_2\text{He}$  ბირთვების ბმის ენერგიები მევ-ში.

დეიტერიუმის მასის დეფექტი:

$$\Delta m_1 = m_p + m_n - M_D = 2.01554 - 2.01410 = 0.00144\text{მე}.$$

ხოლო ბმის ენერგია იქნება

$$\Delta E_1 = 0.00144 \times 931.5 = 1.35\text{მე}.$$

შესაბამისად, ჰელიუმის მასის დეფექტი და ბმის ენერგია ტოლია:

$$\Delta m_1 = 2m_p + 2m_n - M_{\text{HE}} = 2 \times 2.01554 - 4.00260 = 0.29\text{მე},$$

$$\Delta E_1 = 4.00260 \times 931.5\text{მე}.$$

**ბირთვული რეაქციის ენერგია:** გამოიანგარიშეთ  $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} = ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$  რეაქციის დროს გამოყოფილი ენერგია.

თავდაპირველად გამოვიანგარიშოთ რეაქციაში შემავალი ბირთვებისა და რეაქციის პროდუქტების მასათა სხვაობა:

$$\Delta m = 2.01410 + 3.01605 - 4.00260 - 1.00826 = 0.01889\text{მე}.$$

რეაქციის დროს გამოყოფილი ენერგია ტოლი იქნება  $\Delta E = 0.01889 \times 931.5 = 17.6\text{მე}.$

**ურანის დაშლისას მიღებული ენერგია:**  $^{235}_{92}\text{U}$  ბირთვის ორ ნაწილად გახლეჩის დროს გამოიყოფა 200 მევ ენერგია. გამოთვალეთ 1გ ურანის „დაწვით“ რეაქტორში გამოყოფილი ენერგია კვტ/სთ-ში. შეადარეთ ურანის მასა პირობითი საწვავი მასას, თუ მისი წვის კუთრი სითბოა  $q = 2.9 \cdot 10^7$  ჯ/კგ და დაწვისას გამოყოფს იმავე ენერგიას, რასაც 1გ ურანი.

1გ ურანის მიერ გამოყოფილი ენერგია ტოლია მასში ბირთვების რაოდენობისა და ერთი ბირთვის მიერ გამოყოფილი ენერგიის ნამრავლისა:

$$E = 200N = 200 \frac{m}{\mu} N_A = 200 \frac{1}{235} 6.02 \cdot 10^{23} = 5.1 \cdot 10^{23} \text{მეგ} = 5.1 \cdot 10^{29} \text{ეგ}$$

ეს ენერგია კვტ/სთ-ში ტოლი იქნება:

$$E = 5.1 \cdot 10^{29} \times 1.6 \cdot 10^{-19} / 3.6 \cdot 10^6 = 2.3 \cdot 10^4 \text{ კვტ.სთ.}$$

ხოლო ჯოჯოხეთში -  $E = 5.1 \cdot 10^{29} \times 1.6 \cdot 10^{-19} = 8.2 \cdot 10^{10} \text{ჯ}$

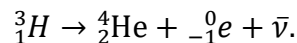
ამოცანაში მოცემული პირობითი საწვავის მასა, რომელიც იმავე ენერგიას გამოყოფს, ტოლი იქნება:

$$m = \frac{E}{q} = \frac{8.2 \cdot 10^{10}}{2.9 \cdot 10^7} = 2900 \text{კგ.}$$

როგორც ვხედავთ, განსხვავება ძალიან დიდია, კერძოდ, ურანზე 2 900 000-ჯერ მეტი საწვავია საჭირო იმავე ენერგიის მისაღებად.

**ბეტა დაშლა:** ტრიტიუმი  ${}^3_1\text{H}$  განიცდის ბეტა დაშლას. დაწერეთ შესაბამისი რეაქცია.

ბეტა დაშლის დროს ბირთვთან ერთად იბადება ელექტრონი და ანტინეიტრინო. ამ დროს ბირთვის ერთი ნეიტრონი გარდაიქმნება პროტონად და წარმოიშობა ახალი ნივთიერება, კერძოდ, ჰელიუმის იზოტოპი:



აქვე ავხსნით ანტინეიტრინოს გაჩენის აუცილებლობას. საქმე ის არის, რომ, ენერგიის მუდმივობის კანონის თანახმად, ელექტრონის ენერგია უნდა იყოს 0.738მეგ, რაც ცდით არ დაიმზირება - ელექტრონის ენერგია სხვადასხვა ბირთვის დაშლისას იცვლება ნულიდან 0.738 მეგ-მდე. ეს კი შესაძლებელია, როდესაც ელექტრონთან ერთად ჩნდება სხვა ნაწილაკი. ამ ნაწილაკს დაერქვა ნეიტრინო. იგი თეორიაში შემოიტანეს ვ. პაულიმ და ე. ფერმიმ. ნეიტრინო აღმოჩენილ იქნა 1956 წელს. მას აქვს ძალიან მცირე მასა, კერძოდ, შეუძლია გაიაროს დედამიწაში რამდენიმე ასეული კილომეტრი.

**რადიოაქტიური დაშლა:** ნახშირბადის იზოტოპის  ${}^{14}_6\text{C}$  ნახევარდაშლის პერიოდია 5730 წელი. მისი აქტივობა ცოცხალ ორგანიზმში შეადგენს 1 გრამზე 0.25 ბეკერელს. ანტიკური სამარხიდან ამოღებულ ძვალში აღმოაჩინეს 20 გ  ${}^{14}_6\text{C}$  ნახშირბადის იზოტოპი, რომლის აქტივობა იყო 1.81 ბეკერელი. განსაზღვრეთ ძვლის ასაკი.

აქტივობის ფორმულის თანახმად,

$$A = A_0 e^{-\lambda t}.$$

20 გრამი ნახშირბადის საწყისი აქტივობა ძვალში იქნებოდა  $A_0 = 5$  ბეკერელი, ამიტომ

$$1.81 = 5e^{-\lambda t}.$$

აქ  $t$  არის სამიუბელი დრო.  $\lambda$  კოეფიციენტის საპოვნელად გვჭირდება ნახევარდაშლის პერიოდის ცოდნა:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = 1.21 \cdot 10^{-21} \text{წელი}^{-1}.$$

წინა ფორმულის გალოგარითმებით მივიღებთ:

$$\ln 1.81 = \ln 5 - 1.21 \cdot 10^{-21} t \Rightarrow t = \frac{\ln 5 - \ln 1.81}{1.21 \cdot 10^{-21}} \approx 8400 \text{ წელი}.$$

**ბირთვების დაშლა:** მოცემულ  $X$  ნივთიერებაში რადიოაქტიური დაშლის შედეგად ჩნდება ნივთიერება  $Y$ . იპოვეთ  $X$  ნივთიერების ნახევარდაშლის პერიოდი, თუ თავიდან  $X$  არ შეიცავდა  $Y$ -ს, ხოლო 24 წუთის შემდეგ  $Y$ -ის შემცველობა  $X$ -ზე 7-ჯერ მეტი იყო.

თუ  $X$  ნივთიერებაში თავდაპირველად იყო  $N_0$  რაოდენობის ბირთვი, ხოლო  $t$  დროის შემდეგ -  $N$ , დაშლილი ბირთვების ( $Y$  ნივთიერების) რაოდენობა იქნება

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right).$$

პირობის თანახმად

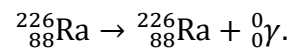
$$\frac{\Delta N}{N} = 7 \Rightarrow \frac{N_0 \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right)}{N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}} = 7 \Rightarrow 2^{\frac{t}{T_{1/2}}} = 8.$$

აქედან

$$\frac{t}{T_{1/2}} = 3 \Rightarrow T_{1/2} = \frac{t}{3} = 24 \text{ წთ}.$$

**$\gamma$  გამოსხივება:** რადიუმის პირველი აგზნებული დონის ენერგია 0678მეგ-ით აღემატება ძირითადი დონის ენერგიას. დაწერეთ პირველი აგზნებული დონიდან ძირითად მდგომარეობაში გადასვლის რეაქცია და იპოვეთ გამოსხივებული ტალღის სიგრძე.

ვინაიდან რადიუმი აგზნებული მდგომარეობიდან გადადის ძირითად მდგომარეობაში, ადგილი აქვს მხოლოდ  $\gamma$  გამოსხივებას. შესაბამისი რეაქცია იქნება:



გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძე გამოითვლება ნ. ბორის ფორმულით:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 10^8}{0.0678 \times 1.6 \cdot 10^{-13}} = 1.83 \cdot 10^{-11} \text{მ}.$$