

## গাণিতিক উদাহরণ

ক শুচ্ছ

[ অনুচ্ছেদ ১.১-১.৬ : পরমাণু গঠনের বিভিন্ন মডেল ]

১.১। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু উভেজিত অবস্থা থেকে ভূমি অবস্থায় আসলে যে ফোটন নিঃসরণ করবে তার কম্পাক্ষ ও উভেজিত এবং ভূমি অবস্থায় শক্তি যথাক্রমে  $-3.4 \text{ eV}$  এবং  $-13.6 \text{ eV}$ ।

অবস্থা জানি,

$$hf = E_u - E_l$$

$$\nu, f = \frac{E_u - E_l}{h}$$

$$= \frac{-3.4 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV})}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}} = \frac{10.2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}$$

$$= 2.46 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$= 2.46 \times 10^{15} \text{ Hz.}$$

এখানে,

$$\text{ভূমি তথা নিম্নশক্তি স্তর}, E_l = -13.6 \text{ eV}$$

$$\text{উভেজিত তথা উচ্চশক্তি স্তর}, E_u = -3.4 \text{ eV}$$

$$\text{প্ল্যান্ক ধ্রুবক}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{কম্পাক্ষ}, f = ?$$

১.২। হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম বোর কক্ষের ইলেক্ট্রনের শক্তি বের করো। দেওয়া আছে, ইলেক্ট্রনের আধান যথাক্রমে  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  এবং  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ । শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ।

অবস্থা জানি,

$$E_l = -\frac{m e^4}{8 \pi^2 \epsilon_0^2}$$

এখানে,

$$\text{ইলেক্ট্রনের ভর}, m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{ইলেক্ট্রনের আধান}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$= - \frac{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})^4}{8 \times (6.63 \times 10^{-34} \text{ J s})^2 \times (8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2})^2}$$

$$= - 2.17 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$= - 13.6 \text{ eV}$$

উ: - 13.6 eV.

৯ক ৩। হাইড্রোজেন পরমাণুর বোর কক্ষের কোয়ান্টাম সংখ্যা বের করো যার ব্যাসার্ধ  $0.0100 \text{ mm}$ । এ অবস্থায় একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর শক্তি কত? প্রথম বোর কক্ষের ব্যাসার্ধ  $0.53 \text{ \AA}$  এবং ভূমি অবস্থার শক্তি  $-13.6 \text{ eV}$ ।

[ব. বি. ২০০৭-২০০৮]

আমরা জানি,

$$r_n = n^2 r_1$$

$$\therefore n = \sqrt{\frac{r_n}{r_1}} = \sqrt{\frac{0.01 \times 10^{-3} \text{ m}}{0.53 \times 10^{-10} \text{ m}}}$$

$$n = 434$$

আবার,

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{(434)^2}$$

$$= - 7.22 \times 10^{-5} \text{ eV}$$

$$\text{উ: } 434, -7.22 \times 10^{-5} \text{ eV}$$

৯ক ৪। হাইড্রোজেন পরমাণুতে তৃতীয় বোর কক্ষের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো। ঐ কক্ষে ইলেকট্রনের শক্তি হিসাব করো।

আমরা জানি,

$$r_n = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2}$$

$$= \frac{3^2 \times (6.63 \times 10^{-34} \text{ J s})^2 \times (8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1})}{\pi \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})^2}$$

$$= 4.786 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$= 4.786 \text{ \AA}$$

আবার,

$$E_n = - \frac{m e^4}{8 n^2 h^2 \epsilon_0^2}$$

$$= - \frac{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})^4}{8 \times 9 \times (6.63 \times 10^{-34} \text{ J s})^2 \times (8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1})^2}$$

$$= - 2.41 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= - 1.5 \text{ eV}$$

$$\text{উ: } 4.786 \text{ \AA}; -1.5 \text{ eV.}$$

প্ল্যান্কের ধ্রুবক,  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

ইলেকট্রনের শক্তি,  $E_2 = ?$

এখানে,

$$\text{প্রথম বোর কক্ষের ব্যাসার্ধ}, r_1 = 0.53 \text{ \AA}$$

$$= 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$n\text{তম কক্ষের ব্যাসার্ধ}, r_n = 0.0100 \text{ mm}$$

$$= 0.01 \times 10^{-3} \text{ m}$$

কোয়ান্টাম সংখ্যা,  $n = ?$

$$\text{ভূমি অবস্থার শক্তি}, E_1 = - 13.6 \text{ eV}$$

$$n\text{তম অবস্থার শক্তি}, E_n = ?$$

এখানে,

$$\text{ইলেকট্রনের ভর}, m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{ইলেকট্রনের আধান}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{প্ল্যান্ক ধ্রুবক}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

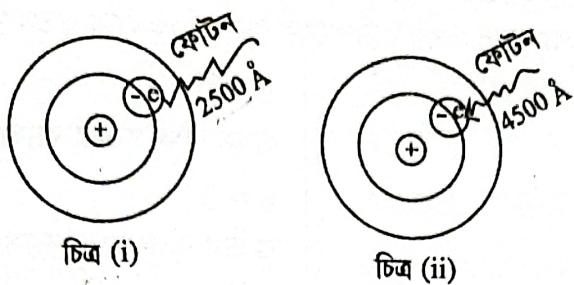
$$\text{শূন্যস্থানের ভেদনযোগ্যতা}, \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$$

$$\text{কোয়ান্টাম সংখ্যা}, n = 3$$

$$\text{কক্ষের ব্যাসার্ধ}, r_n = ?$$

$$\text{ইলেকট্রনের শক্তি}, E_n = ?$$

১৫। উভয় চিত্রে  $H_2$  পরমাণুর মডেল দেখানো হলো :



$$[h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}, \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}; H_2 \text{ পরমাণুর ভূমি অবস্থার শক্তি} = 13.6 \text{ eV}]$$

(ক) চিত্র (i) এ ইলেক্ট্রনটি যে কক্ষপথে অবস্থিত তার ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর।

(খ) কোন চিত্রে ইলেক্ট্রনের কক্ষচূড়ি ঘটবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে বর্ণনা করো। [ঢ. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি, ইলেক্ট্রনের কক্ষপথের ব্যাসার্ধের সমীকরণ

$$r_n = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2}$$

$$r_1 = \frac{1 \times (6.63 \times 10^{-34} \text{ J s})^2 \times 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}}{\pi \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})^2}$$

$$= 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$= 0.53 \text{ Å}$$

(খ) ইলেক্ট্রনের কক্ষচূড়ি ঘটানোর জন্য আপত্তি ফোটনের শক্তি  $H_2$  পরমাণুর ভূমি অবস্থার শক্তি 13.6 eV এর মধ্য বা বেশি হতে হবে।

১ম ক্ষেত্রে ফোটনের শক্তি

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2500 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 7.956 \times 10^{-19} \text{ J} = 4.9725 \text{ eV}$$

২য় ক্ষেত্রে ফোটনের শক্তি

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4500 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 4.42 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.7625 \text{ eV}$$

কোনো চিত্রেই ইলেক্ট্রনের কক্ষচূড়ি ঘটবে না। কেননা উভয় ক্ষেত্রেই আপত্তি ফোটনের শক্তি  $H_2$  এর ভূমি অবস্থার শক্তি 13.6 eV এর চেয়ে কম।

উ: (ক) 0.53 Å; (খ) কোনো চিত্রেই ইলেক্ট্রনের কক্ষচূড়ি ঘটবে না।

১৫. ৬। হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম কক্ষের ব্যাসার্ধ ও শক্তি যথাক্রমে 0.53 Å এবং 13.6 eV।  $2.46 \times 10^{15} \text{ Hz}$

ক্ষেত্রের ফোটন দ্বারা উক্ত পরমাণুর প্রথম কক্ষের ইলেক্ট্রনকে আঘাত করা হলো। প্রাক্ক্রিয়া ফ্রেক্ট হল  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ ।

(ক) উদ্বিপক্ষের পরমাণুর তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো।

এখানে,

$$n = 1, [(i) চিত্র থেকে ১ম কক্ষপথ]$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$r_n = r_1 = ?$$

এখানে,

চিত্র (i) এর ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_1 = 2500 \text{ Å} = 2500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

এখানে,

চিত্র (ii) এর ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_2 = 4500 \text{ Å} = 4500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

চিত্র (i) এর ফোটনের শক্তি,  $E_1 = ?$

চিত্র (ii) এর ফোটনের শক্তি,  $E_2 = ?$

(খ) আঘাতপ্রাণ ইলেকট্রনটির কী পরিণতি হয়েছিল—গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। [সি. বো. ২০১৩]

(ক) আমরা জানি, হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ  $r_1$  হলে  $n$ তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,

$$r_n = n^2 r_1$$

$$\therefore r_3 = 3^2 \times 0.53 \text{ \AA} \\ = 4.77 \text{ \AA}$$

এখানে,

প্রথম কক্ষ পথের ব্যাসার্ধ,  $r_1 = 0.53 \text{ \AA}$

$$n = 3$$

তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ,  $r_3 = ?$

(খ) আমরা জানি,

$$E = hf \\ = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 2.46 \times 10^{15} \text{ Hz} \\ = 1.63 \times 10^{-18} \text{ J} \\ = 10.19 \text{ eV}$$

এখানে,

ফোটনের কম্পাক্ষ,  $f = 2.46 \times 10^{15} \text{ Hz}$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$F$  ফোটনের শক্তি,  $E = ?$

যেহেতু একটি ফোটন যখন কোনো ইলেকট্রনকে আঘাত করে তখন ফোটনের শক্তি ইলেকট্রন কর্তৃক শোষিত হয়।  
সুতরাং  $E_n = E_1 + E$

এখন ইলেকট্রনটির মোট শক্তি হবে,

$$\text{বা, } E_n = -13.6 \text{ eV} + 10.19 \text{ eV} \\ = -3.4 \text{ eV}$$

যেহেতু এ শক্তি প্রথম কক্ষপথের ইলেকট্রনের শক্তির চেয়ে বড়ো। সুতরাং এটি উচ্চশক্তিক্ষেত্রে যাবে। এটি যদি  $n$ তম কক্ষপথে যায়, তাহলে

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

$$\therefore n = \sqrt{\frac{E_1}{E_n}} = \sqrt{\frac{-13.6 \text{ eV}}{-3.4 \text{ eV}}} = 2$$

সুতরাং আঘাত প্রাণ হয়ে ইলেকট্রনটি দ্বিতীয় কক্ষপথে যাবে।

উ: (ক)  $4.77 \text{ \AA}$ ; (খ) ইলেকট্রন দ্বিতীয় কক্ষপথে যাবে।

৯.৩২। ৯ক ৭। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন তৃতীয় কক্ষপথ থেকে দ্বিতীয় কক্ষপথে গেলে নিম্নত

বিকিরণের কম্পাক্ষ কত হবে?

আমরা জানি,

$$f = \frac{m e^4}{8 \epsilon_0 h^3} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \\ = \frac{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})^4}{8 \times (8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2})^2 \times (6.63 \times 10^{-34} \text{ J s})^3} \\ \times \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$= 4.537 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{উ: } 4.537 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

৯ক ৮। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন  $-1.5 \text{ eV}$  শক্তি অবস্থা হতে  $-3.4 \text{ eV}$  শক্তি অবস্থায় আসে। [ $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}, 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ , দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্টা  $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ ]

(ক) ভূমি অবস্থার শক্তি  $-13.6 \text{ eV}$  হলে ইলেকট্রন প্রথমে কোন শক্তিক্ষেত্রে ছিল?

এখানে,

$$n_1 = 2$$

$$n_2 = 3$$

ইলেকট্রনের ভর,

ইলেকট্রনের চার্জ,

প্ল্যান্কের ধ্রুবক,  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$\text{কম্পাক্ষ, } f = ?$$

(খ) নিঃসরিত বিকিরণটি দৃশ্যমান হবে কি ? যাচাই করো।

(ক) আমরা জানি,

$$E_{n_1} = \frac{E_1}{n_1^2}$$

$$\text{বা, } n_1 = \sqrt{\frac{E_1}{E_{n_1}}} \\ = \sqrt{\frac{-13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{-1.5 \times 1.6 \times 10^{-9} \text{ J}}} = 3$$

যেহেতু ইলেক্ট্রনের প্রথম অবস্থার কোয়ান্টাম সংখ্যা 3, সুতরাং ইলেক্ট্রনটি প্রথমে তৃতীয় শক্তিস্তরে ছিল।

(খ) নিঃসরিত বিকিরণের কম্পাক্ষ  $f$  এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য  $\lambda$  হলে,

আমরা জানি,

$$f = \frac{E_{n_1} - E_{n_2}}{h}$$

$$\text{এবং } \lambda = \frac{c}{f} = \frac{c h}{E_{n_1} - E_{n_2}}$$

অতএব,

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \times 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}{-13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} + 3.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} \\ = 6.5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

যেহেতু নিঃসরিত বিকিরণে তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লার মধ্যে অবস্থিত। সুতরাং নিঃসরিত বিকিরণটি দৃশ্যমান হবে।

উ: (ক) তৃতীয় শক্তিস্তরে ছিল; (খ) নিঃসরিত বিকিরণটি দৃশ্যমান হবে।

### খ গুচ্ছ

#### [ অনুচ্ছেদ ৯.৭ : নিউক্লিয়াসের গঠন ]

১.২। ১৬। ১। অ্যালুমিনিয়াম নিউক্লিয়াসের সংকেত  $^{27}_{13} \text{ Al}$ । এ নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা, নিউট্রন সংখ্যা, ভর সংখ্যা ও পৰমাণবিক সংখ্যা কত ?

আমরা জানি, মৌলিক পদার্থের নিউক্লিয়াসকে  ${}^A_Z X$  রূপে দেখ করা হয়।

$$\therefore {}^A_Z X = {}^{27}_{13} \text{ Al}$$

∴ পৰমাণবিক সংখ্যা,  $Z = 13$

ভর সংখ্যা,  $A = 27$

নিউট্রন সংখ্যা,  $N = A - Z = 27 - 13 = 14$

প্রোটন সংখ্যা = 13

উ: 13, 14, 27 এবং 13

[ঢ. বো. ২০১৯]

এখানে,

ভূমি অবস্থার শক্তি,

$$E_1 = -13.6 \text{ eV} = -13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ইলেক্ট্রনের প্রথম অবস্থার শক্তি,

$$E_{n_1} = -1.5 \text{ eV} = -1.5 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ইলেক্ট্রনের কোয়ান্টাম সংখ্যা,  $n_1 = ?$

যেহেতু ইলেক্ট্রনের প্রথম অবস্থার কোয়ান্টাম সংখ্যা 3, সুতরাং ইলেক্ট্রনটি প্রথমে তৃতীয় শক্তিস্তরে ছিল।

এখানে,

$$\text{ভূমি অবস্থার শক্তি, } E_{n_1} = -13.6 \text{ eV}$$

$$= -13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ইলেক্ট্রনের দ্বিতীয় অবস্থায় শক্তি,

$$E_{n_2} = -3.4 \text{ eV} = -3.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

আলোর বেগ  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

প্রাক্ষেপ ধ্রুবক,  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লা

$$= 4 \times 10^{-7} \text{ m হতে } 8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

নিঃসরিত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,  $\lambda = ?$

যেহেতু নিঃসরিত বিকিরণে তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লার মধ্যে অবস্থিত। সুতরাং নিঃসরিত বিকিরণটি দৃশ্যমান হবে।

এখানে,

প্রদত্ত সংকেত,  ${}^{27}_{13} \text{ Al}$

মৌলিক পদার্থের সংকেত,  $X = \text{Al}$

পারমাণবিক সংখ্যা,  $Z = ?$

ভরসংখ্যা,  $A = ?$

নিউট্রন সংখ্যা,  $N = ?$

প্রোটন সংখ্যা = ?

৯খ ২। কার্বন  $^{12}_6\text{C}$ -এর ব্যাসার্ধ নির্ণয় করো।  $r_o = 1.2 \text{ fm}$ ।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{ব্যাসার্ধ}, R &= r_o (A)^{1/3} \\ &= 1.2 \times 10^{-15} \text{ m} \times (12)^{1/3} \\ &= 2.7 \times 10^{-15} \text{ m} \\ &= 2.7 \text{ fm} \end{aligned}$$

উ : 2.7 fm।

এখানে,

$$r_o = 1.2 \text{ fm} = 1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$A = 12$$

$$R = ?$$

৯খ ৩। রূপা  $^{108}_{47}\text{Ag}$  এবং সোনা  $^{198}_{79}\text{Au}$ -এর নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধের তুলনা করো।

আমরা জানি, ব্যাসার্ধ,  $R = r_o (A)^{1/3}$

$$^{108}\text{Ag}-\text{এর ব্যাসার্ধ}, R_1 = r_o (A_1)^{1/3}$$

$$^{198}\text{Au}-\text{এর ব্যাসার্ধ}, R_2 = r_o (A_2)^{1/3}$$

এখানে,

$$A_1 = 108$$

$$A_2 = 198$$

$$\frac{R_1}{R_2} = ?$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{A_1^{1/3}}{A_2^{1/3}} = \left( \frac{108}{198} \right)^{1/3} = 0.817$$

উ : 0.817।

### গ গুচ্ছ

[ অনুচ্ছেদ ৯.৮.১-৯.৮.৪ : তেজস্ক্রিয়তা ]

৯গ ১।  $^{198}\text{Au}$  এর অর্ধজীবন 2.70 দিন।  $^{198}\text{Au}$  এর ক্ষয় ধ্রুবক বের করো।

আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{2.70 \text{ d}}$$

$$\lambda = 0.257 \text{ d}^{-1}$$

এখানে,

$$\text{অর্ধজীবন}, T_{1/2} = 2.70 \text{ d}$$

$$\text{ক্ষয় ধ্রুবক}, \lambda = ?$$

উ:  $0.257 \text{ d}^{-1}$ .

৯গ ২। কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবকের মান  $3.75 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$ । এর অর্ধজীবন নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} T_{1/2} &= \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{3.75 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}} \\ &= 184.8 \text{ y} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\text{ক্ষয় ধ্রুবক}, \lambda = 3.75 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$$

$$\text{অর্ধজীবন}, T_{1/2} = ?$$

উ: 184.8 y

৯গ ৩। ট্রিটিয়ামের অর্ধজীবন 12.5 বছর। 25 বছর পর একটি নির্দিষ্ট ট্রিটিয়াম বস্তুখণ্ডের কত অংশ অবশিষ্ট থাকবে?

ধরি, বস্তুখণ্ডের পরমাণু সংখ্যা  $N_0$  এবং  $t$  সময়

পর এতে  $N$  সংখ্যক পরমাণু অবশিষ্ট থাকবে।

আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

এখানে,

$$\text{অর্ধজীবন}, T_{1/2} = 12.5 \text{ y}$$

$$\text{সময়}, t = 25 \text{ y}$$

$$\text{ক্ষয় হ্রাসক}, \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{12.5 \text{ y}} \\ = 5.544 \times 10^{-2} \text{ y}^{-1}$$

$$\therefore N = N_0 e^{(-5.544 \times 10^{-2} \text{ y}^{-1} \times 25 \text{ y})}$$

$$= N_0 e^{-1.386} = 0.25 N_0$$

$$\therefore \frac{N}{N_0} = 0.25 = \frac{1}{4}$$

উ: এক-চতুর্থাংশ।

১৩.৪। একটি তেজক্সিয়ান পদার্থের অর্ধজীবন 12 দিন। কত দিনে ঐ পদার্থের 85% ক্ষয়প্রাপ্ত হবে?

এখানে 85% ক্ষয় হয়। অবশিষ্ট থাকে 15%।

সুলভ তেজক্সিয়ান পদার্থের প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যা  $N_0$  এবং অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা  $N$  হলে,

$$N = N_0 \text{ এর } 15\%$$

$$\text{বা, } \frac{N}{N_0} = \frac{15}{100} = 0.15 \ln$$

$$\text{এখন আমরা জানি, } t = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{N}{N_0} \right)$$

$$\text{ক্ষয় হ্রাসক}, \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{12 \text{ d}} = 0.05775 \text{ d}^{-1}$$

$$\therefore t = -\frac{1}{0.05775 \text{ d}^{-1}} \times \ln 0.15 = 32.85 \text{ d}$$

উ: 32.85 d

১৩.৫। রেডিয়ামের অর্ধজীবন 1590 বছর। এর ক্ষয় হ্রাসকের মান ও গড় জীবন নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

$$\text{ক্ষয় হ্রাসক}, \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1590 \text{ y}}$$

$$= 4.36 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$$

$$\text{এবং গড় জীবন, } \tau = \frac{T_{1/2}}{0.693} = \frac{1590 \text{ y}}{0.693}$$

$$= 2294 \text{ y}$$

উ:  $4.36 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$ ; 2294 y

১৩.৬। একক্ষণ্ণ রেডিয়াম 5000 বছর তেজক্সিয়ান বিক্রিগ নিঃসরণ করে এক-পদ্ধতিমাংশে পরিণত হয়। রেডিয়ামের অবক্ষয় হ্রাসক নির্ণয় করো।

রেডিয়ামের প্রাথমিক পরমাণুর সংখ্যা  $N_0$

এবং অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা  $N$  হলে,

$$N = \frac{1}{5} N_0$$

এখানে,

$$\text{অর্ধজীবন, } T_{1/2} = 12 \text{ d}$$

$$\text{সময়, } t = ?$$

এখানে,

$$\text{অর্ধজীবন, } T_{1/2} = 1590 \text{ y}$$

$$\text{ক্ষয় হ্রাসক}, \lambda = ?$$

$$\text{গড় জীবন, } \tau = ?$$

এখানে,

$$\text{সময়, } t = 5000 \text{ y}$$

$$\text{ক্ষয় হ্রাসক}, \lambda = ?$$

আবার,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{5} = e^{-\lambda t}$$

$$\therefore -\lambda t = \ln\left(\frac{1}{5}\right)$$

$$\text{বা, } \lambda = -\frac{1}{t} \ln\left(\frac{1}{5}\right) = -\frac{1}{5000 \text{ y}} \ln\left(\frac{1}{5}\right) = 3.22 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$$

$$\text{উ: } 3.22 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$$

৯গ ৭। রেডিয়ামের গড় আয়ু  $2341 \text{ y}$ । এর ক্ষয় ধ্রুবকের মান বের করো।

আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{2341 \text{ y}}$$

$$= 4.27 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$$

$$\text{উ: } 4.27 \times 10^{-4} \text{ y}^{-1}$$

৯গ ৮। ইউরেনিয়ামের গড় আয়ু  $6.4935 \times 10^9 \text{ y}$  বছর। এর অর্ধায়ু নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

$$T_{1/2} = 0.693 \tau$$

$$= 0.693 \times 6.4935 \times 10^9 \text{ y}$$

$$= 4.5 \times 10^9 \text{ y}$$

$$\text{উ: } 4.5 \times 10^9 \text{ y}$$

৯গ ৯। প্রারম্ভিক অবস্থায় কোনো বস্তুখণ্ডে যদি  $10^8$  সংখ্যক  $^{198}\text{Au}$  এর পরমাণু থাকে তাহলে একদিনে কত পরমাণু ভেঙে যাবে?  $^{198}\text{Au}$  এর অর্ধায়ু  $2.70 \text{ d}$ ।

অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা  $N$  হলে,

$$\Delta N = N_0 - N$$

$$\text{কিন্তু, } N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{ক্ষয় ধ্রুবক, } \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

$$= \frac{0.693}{2.70 \text{ d}} = 0.257 \text{ d}^{-1}$$

$$\therefore N = 10^8 \times e^{-0.257 \text{ d}^{-1} \times 1 \text{ d}} = 10^8 \times e^{-0.257} = 10^8 \times 0.773$$

$$\therefore \Delta N = 10^8 - 10^8 \times 0.773 = 2.27 \times 10^7$$

$$\text{উ: } 2.27 \times 10^7$$

এখানে,

$$\text{গড় আয়ু, } \tau = 2341 \text{ y}$$

$$\text{ক্ষয় ধ্রুবক, } \lambda = ?$$

এখানে,

$$\text{গড় আয়ু, } \tau = 6.4935 \times 10^9 \text{ y}$$

$$\text{অর্ধায়ু, } T_{1/2} = ?$$

এখানে,

$$\text{প্রারম্ভিক অণুর সংখ্যা, } N_0 = 10^8$$

$$\text{সময়, } t = 1 \text{ d}$$

$$\text{অর্ধায়ু, } T_{1/2} = 2.70 \text{ d}$$

$$\text{ভেঙে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা, } \Delta N = ?$$

১৯। ১০। প্রতি গ্রাম  $^{226}\text{Ra}$  প্রতি সেকেন্ডে  $3.5 \times 10^{10}$  আলফা কণা নিষ্পরণ করে। রেডিয়ামের অর্ধায়ু কত বছর?

এখানে ১ গ্রাম রেডিয়ামে পরমাণুর সংখ্যা

$$N = \frac{\text{অ্যাভোগেজ্বো সংখ্যা}}{\text{পরমাণবিক ওজন}} = \frac{6.025 \times 10^{23}}{226}$$

$$= 2.67 \times 10^{21}$$

$$\text{এখানে } \frac{dN}{dt} = 3.5 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

এখন আমরা জানি, ক্ষয় ধ্রুবক  $\lambda$  হলে,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } \frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

বা,  $\frac{dN}{dt} = \lambda N$  [— চিহ্ন বাদ দিয়ে, কেননা এটি পরমাণুর সংখ্যা হ্রাস পাচ্ছে তাই নির্দেশ করছে।]

$$\therefore 3.5 \times 10^{10} \text{ s}^{-1} = \lambda \times 2.67 \times 10^{21}$$

$$\therefore \lambda = 1.31 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{অর্ধায়ু, } T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} = 5.29 \times 10^{10} \text{ s}$$

$$= 1677.5 \text{ y}$$

উ: 1677.5 বছর।

১৯। ১১। এক খন্তি র্যাডনের ৬০% ক্ষয় হতে কত সময় লাগবে? র্যাডনের অর্ধায়ু ৩.৮২ দিন।

এখানে,

৬০% ক্ষয় হয়। অবশিষ্ট থাকে ৪০%।

সূতরাং র্যাডনের প্রাথমিক পরমাণুর সংখ্যা  $N_0$  এবং

অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা  $N$  হলে,

$$N = N_0 \text{ এর } 40\%$$

$$\text{বা, } \frac{N}{N_0} = \frac{40}{100} = 0.4$$

এখন আমরা জানি,

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{N}{N_0} \right)$$

$$\text{কিন্তু, অবক্ষয় ধ্রুবক, } \lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{3.82 \text{ d}} = 0.181 \text{ d}^{-1}$$

$$\therefore t = -\frac{1}{0.181 \text{ d}^{-1}} \times \ln 0.4 = 5.06 \text{ d}$$

উ: 5.06 d.

এখানে,

$$\text{অর্ধায়ু, } T_{\frac{1}{2}} = 3.82 \text{ d}$$

সময়,  $t = ?$

১৯ ১২। রাজা দুটি তেজক্রিয় মৌল  $A$  এবং  $B$  নিয়ে কাজ করছিল। মৌলসমের অর্ধায়ুর যোগফল 15 বছর।  $A$  এর অর্ধায়ু  $B$  এর দ্বিগুণ।

(ক)  $A$  মৌলের ক্ষয় প্রক্রিয়া নির্ণয় করো।

[চ. বো. ২০১৫]

(খ) উভয় মৌলের 40% ক্ষয় হতে ভিন্ন সময় লাগে—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

(ক) কোনো মৌলের অর্ধায়ু  $T_{\frac{1}{2}}$  হলে তার ক্ষয় প্রক্রিয়া,

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$$

ধরা যাক,  $A$  মৌলের অর্ধায়ু  $= T_{\frac{1}{2}A}$  এবং  $B$  মৌলের অর্ধায়ু  $= T_{\frac{1}{2}B}$ । উদ্দীপক অনুযায়ী,

$$T_{\frac{1}{2}A} + T_{\frac{1}{2}B} = 15 \text{ y} \quad \dots \dots \dots \text{(i)}$$

$$\text{এবং } T_{\frac{1}{2}A} = 2 T_{\frac{1}{2}B} \quad \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

সমীকরণ (i) এবং (ii) থেকে,

$$2 T_{\frac{1}{2}B} + T_{\frac{1}{2}B} = 15 \text{ y}$$

$$\therefore T_{\frac{1}{2}B} = 5 \text{ y}$$

$$\therefore T_{\frac{1}{2}A} = 2 T_{\frac{1}{2}B} = 2 \times 5 \text{ y} = 10 \text{ y}$$

$$\therefore \lambda_A = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}A}} = \frac{0.693}{10 \text{ y}} = 0.0693 \text{ y}^{-1}$$

$$(খ) T_{\frac{1}{2}B} = 15 \text{ y} - 10 \text{ y} = 5 \text{ y}$$

$$\therefore \lambda_B = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}B}} = \frac{0.693}{5 \text{ y}} = 0.1386 \text{ y}^{-1}$$

ধরা যাক, কোনো তেজক্রিয় পদর্থের প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা  $N_0$  এবং 40% ক্ষয় হয়। তাহলে অবশিষ্ট থাকে 60%। অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা  $N$  হলে

$$N = N_0 \text{ এর } 60\%$$

$$\text{বা, } N = 0.6 N_0$$

এখন আমরা জানি, 40% ক্ষয় হতে যদি  $t$  সময় লাগে

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } 0.6 N_0 = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$-\lambda t = \ln 0.6 = -0.5108$$

$$\therefore t = \frac{0.5108}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} \text{এখন } A \text{ মৌলের ক্ষেত্রে } t_A &= \frac{0.5108}{\lambda_A} = \frac{0.5108}{0.0693 \text{ y}^{-1}} \\ &= 7.37 \text{ y} \end{aligned}$$

[‘ক’ অংশ থেকে  $\lambda_A = 0.0693 \text{ y}^{-1}$ ]

$$\beta \text{ মৌলের ক্ষেত্রে } t_B = \frac{0.5108}{\lambda_B}$$

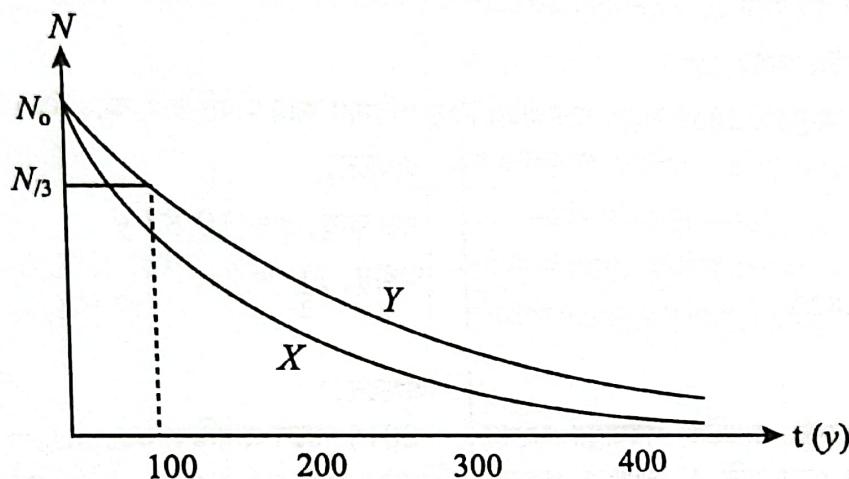
$$= \frac{0.5108}{0.1386 \text{ y}^{-1}} = 3.69 \text{ y}$$

মুক্তরাং দেখা যাচ্ছে  $t_A \neq t_B$  অর্থাৎ উভয় মৌলের সমান সময় লাগে না।  $A$  মৌলের বেশি সময় লাগে।

জ: (ক)  $0.0693 \text{ y}^{-1}$ ; (খ) ডিম সময় লাগে।

১৩। দুটি তেজস্ক্রিয় পদার্থ  $X$  এবং  $Y$  এর পরমাণু সংখ্যা বনাম সময় গ্রাফ নিম্নরূপ যেখানে  $X$  মৌলটির ক্ষয় দ্রুতক

$$\lambda = 6.93 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$$



(ক)  $X$  মৌলটির অর্ধায়ু কত?

(খ) উদ্বিপক্ষ অনুসারে  $X$  মৌলটির গড় আয়ু ও  $Y$  মৌলটির অর্ধায়ু কি এক হবে?

[ক. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}X} = \frac{0.693}{\lambda_X} = \frac{0.693}{6.93 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}} = 100 \text{ y}$$

এখানে,

$X$  মৌলের ক্ষয় দ্রুতক,  $\lambda_X = 6.93 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$

$X$  মৌলের অর্ধায়ু,  $T_{\frac{1}{2}X} = ?$

(খ) আমরা জানি,

$$T_X = \frac{1}{\lambda_X} = \frac{1}{6.93 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}} = 144.3 \text{ y}$$

এখানে,

$X$  মৌলের গড় আয়ু,  $T_X = ?$

$X$  মৌলের ক্ষয় দ্রুতক,  $\lambda_X = 6.93 \times 10^{-3} \text{ y}^{-1}$

$Y$  মৌলের ক্ষয় দ্রুতক  $\lambda_Y$  হলে অর্ধায়ু

এখানে,  $Y$  মৌলের অর্ধায়ু,  $T_{\frac{1}{2}Y} = ?$

প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা,  $N_0$

সময়,  $t = 100 \text{ y}$

অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা,  $N = \frac{N_0}{3}$

ক্ষয় দ্রুতক,  $\lambda_Y = ?$

$T_{\frac{1}{2}Y} = \frac{0.693}{\lambda_Y}$

আবার আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$Y \text{ মৌলের ক্ষেত্রে } \frac{N_0}{3} = N_0 e^{-\lambda_Y \times 100 \text{ y}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{3}\right) = -\lambda_Y \times 100 \text{ y}$$

$$\text{বা, } -1.0986 = -\lambda_Y \times 100 \text{ y}$$

$$\therefore \lambda_Y = 0.010986 \text{ y}^{-1}$$

$$\therefore T_{\frac{1}{2}Y} = \frac{0.693}{\lambda_Y} = \frac{0.693}{0.010986 \text{ y}^{-1}} = 63.08 \text{ y}$$

সুতরাং দেখা যায়  $\tau_Y \neq T_{\frac{1}{2}Y}$

অর্থাৎ  $X$  মৌলটির গড় আয়ু আর  $Y$  মৌলটির অর্ধায়ু এক নয়।

উ: (ক)  $100 \text{ y}$ ; (খ) এক হবে না।

৯গ ১৪। উদ্বীপকটি পড়ো এবং নিচের প্রশ্নসমূহের উত্তর দাও। 2000 সালে কোনো স্থানে  $20 \text{ g}$  পরিমাণ এর একটি তেজস্বিয় পদার্থ ছিল। যার গড় আয়ু  $10.42$  বছর। 2015 সালে দেখা গেল ঐ পদার্থটির মাত্র  $5 \text{ g}$  অবশিষ্ট আছে।

(ক) তেজস্বিয় পদার্থটির অর্ধায়ু কত?

(খ) উদ্বীপকের তথ্য অনুযায়ী 2030 সালে পদার্থটির কিছু পরিমাণ আর অবশিষ্ট থাকবে কি? [সি. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$T_{\frac{1}{2}} = 0.693 \tau$$

$$= 0.693 \times 10.82 \text{ y}$$

$$= 7.4983 \text{ y}$$

এখানে,

$$\text{গড় আয়ু}, \tau = 10.82 \text{ y}$$

$$\text{অর্ধায়ু}, T_{\frac{1}{2}} = ?$$

(খ) আমরা জানি,

কোনো তেজস্বিয় পদার্থের প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা যদি হয়  $N_0$  এবং  $t$  সময় পরে যদি  $N$  সংখ্যক পরমাণু অবস্থিত থাকে তাহলে

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (1)$$

এখানে,

$$2015 \text{ সালে প্রারম্ভিক ভর}, M_0 = 5 \text{ g}$$

$$2030 \text{ সাল পর্যন্ত সময়}, t = 2030 - 2015 = 15 \text{ y}$$

$$\text{অবশিষ্ট ভর}, M = ?$$

$$\text{গড় আয়ু}, \tau = 10.82 \text{ y}$$

$\lambda$  হচ্ছে ক্ষয় প্রক্রিয়া।

যেহেতু পদার্থের ভর তার পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক, কাজেই (1) সমীকরণকে পরমাণু সংখ্যার পরিবর্তে ভর দিয়ে আমরা লিখতে পারি।

$$M = M_0 e^{-\lambda t} \dots \dots \dots (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{10.82 \text{ y}} = 0.09242 \text{ y}^{-1}$$

এখন (2) সমীকরণ অনুসারে

$$M = 5 \text{ g} \times e^{-0.0924 \text{ y}^{-1} \times 15 \text{ y}}$$

$$= 1.25 \text{ g}$$

সুতরাং 2030 সালে পদার্থটির  $1.25 \text{ g}$  অবশিষ্ট থাকবে।

উ: (ক)  $7.4983 \text{ y}$ ; (খ)  $1.25 \text{ g}$  অবশিষ্ট থাকবে।

৯গ ১৫। সুমি একদিন নিউক্লিয়ার ল্যাবরেটরিতে 15 দিন পূর্বে কেনা র্যাডনের দুটি নমুনা নিয়ে কাজ করছিল। নমুনা দুটি যখন কেলা হয় তখন ১ম ও ২য় নমুনার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা ছিল যথাক্রমে  $10^{12}$  টি এবং  $10^{10}$  টি। সে জানে র্যাডনের ক্ষয় প্রক্রিয়া  $0.181 \text{ d}^{-1}$ । তার ধারণা ছিল গত 15 দিনে দুটি নমুনাতে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়েছে।

(ক) প্রথম নমুনার অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা অর্ধেক হতে কত সময় লাগবে?

(খ) গাণিতিক যুক্তির মাধ্যমে দেখাও যে, সুমির ধারণা ভুল।

[দি. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$N_1 = N_{o1} e^{-\lambda t}$$

$$5 \times 10^{-11} = 10^{12} \times e^{-0.181 \text{ d}^{-1} \times t}$$

$$\text{বা, } -0.181 \text{ d}^{-1} \times t = \ln\left(\frac{5 \times 10^{11}}{10^{12}}\right)$$

$$\therefore t = 3.83 \text{ day}$$

(খ) প্রথম নমুনার ক্ষেত্রে

আমরা জানি,

$$N_1 = N_{o1} e^{-\lambda t}$$

$$= 10^{12} \times e^{-0.181 \text{ d}^{-1} \times 15 \text{ d}}$$

$$= 6.62 \times 10^{10} \text{ টি}$$

$$\therefore \Delta N_1 = N_{o1} - N_1$$

$$= 10^{12} - 6.62 \times 10^{10}$$

$$= 9.338 \times 10^{11} \text{ টি}$$

আবার আমরা জানি,

$$N_2 = N_{o2} e^{-\lambda_2 t}$$

$$= 10^{10} \times e^{-0.181 \text{ d}^{-1} \times 15 \text{ d}} = 6.62 \times 10^8 \text{ টি}$$

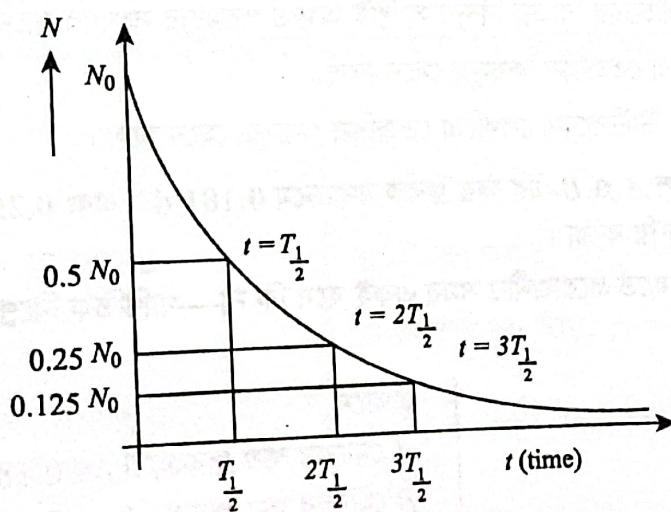
$$\therefore \Delta N_2 = N_{o2} - N_2$$

$$= 10^{10} - 6.62 \times 10^8 = 9.34 \times 10^9 \text{ টি।}$$

দেখা যাচ্ছে  $\Delta N_1 > \Delta N_2$  অর্থাৎ উভয় ক্ষেত্রে সমান সংখ্যক পরমাণু ক্ষয়প্রাপ্ত হয়নি। সুতরাং সুমির ধারণা ভুল।

উ: (ক) 3.83 d; (খ) সুমির ধারণা ভুল।

১৯ ১৬।



উদ্দীপকের চিত্রে একটি তেজস্ক্রিয় X-পরমাণুর তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের চিত্র দেখানো হয়েছে। যার গড় আয়ু 2294 y।

(ক) উদ্দীপকে বর্ণিত X-পরমাণুর অর্ধায় বের করো।

(খ) উদ্দীপকের লেখচিত্রটি তেজস্ক্রিয় ক্ষয়সূত্র মেনে চলে—পদত্ব তথ্যের ভিত্তিতে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

[য. বো. ২০১৬]

এখানে, ১ম নমুনার জন্য

$$\text{পরমাণুর আদি সংখ্যা, } N_{o1} = 10^{12}$$

$$\text{অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা, } N_1 = \frac{N_{o1}}{2} = 5 \times 10^{11}$$

$$\text{ক্ষয় ধ্রুবক, } \lambda = 0.181 \text{ d}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t_1 = ?$$

$$\text{প্রথম নমুনায় পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা, } N_{o1} = 10^{12}$$

$$\text{দ্বিতীয় নমুনায় পরমাণুর প্রারম্ভিক সংখ্যা, } N_{o2} = 10^{10}$$

$$\text{ক্ষয় ধ্রুবক, } \lambda = 0.181 \text{ d}^{-1}$$

$$\text{সময়, } t = 15 \text{ d}$$

$$\text{প্রথম নমুনায় অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা} = N_1$$

$$\therefore \text{ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণুর সংখ্যা, } \Delta N_1 = N_{o1} - N_1 = ?$$

$$\text{দ্বিতীয় পরমাণুর নমুনায় অবশিষ্ট পরমাণু সংখ্যা} = N_2$$

$$\text{ক্ষয়প্রাপ্ত পরমাণুর সংখ্যা, } \Delta N_2 = N_{o2} - N_2 = ?$$

(ক) আমরা জানি,

$$\frac{T_1}{2} = 0.693 \tau$$

$$= 0.693 \times 2294 \text{ y}$$

$$= 1589.7 \text{ y}$$

(খ) তেজক্রিয় ক্ষয়সূত্র থেকে আমরা পাই,

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \dots \dots \quad (1)$$

$$\text{কিন্তু } \lambda = \frac{1}{\tau} \text{ এবং } \tau = \frac{\frac{T_1}{2}}{0.693}$$

$$\therefore \lambda = \frac{0.693}{\frac{T_1}{2}}$$

সুতরাং সমীকরণ (1)-এর ক্ষয়সূত্রকে নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়,

$$N = N_0 e^{-\left(\frac{0.693}{\frac{T_1}{2}}\right)} \dots \dots \quad (2)$$

ক্ষয়সূত্র (2) থেকে

$$t_1 = \frac{T_1}{2} \text{ এর জন্য, } N_1 = N_0 e^{-\lambda t_1} = N_0 e^{-\left(\frac{0.693}{\frac{T_1}{2}} \times \frac{T_1}{2}\right)} = 0.5 N_0$$

$$t_2 = 2 \frac{T_1}{2} \text{ এর জন্য, } N_2 = N_0 e^{-\lambda t_2} = N_0 e^{-\left(\frac{0.693}{\frac{T_1}{2}} \times 2 \frac{T_1}{2}\right)} = 0.25 N_0$$

$$\text{এবং } t_3 = 3 \frac{T_1}{2} \text{ এর জন্য, } N_3 = N_0 e^{-\lambda t_3} = N_0 e^{-\left(\frac{0.693}{\frac{T_1}{2}} \times 3 \frac{T_1}{2}\right)} = 0.125 N_0$$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যাচ্ছে তেজক্রিয় ক্ষয়সূত্র থেকে উদ্বীপকে প্রদত্ত বিভিন্ন সময়ে পাওয়া অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা উদ্বীপকের লেখচিত্রের বিভিন্ন বিন্দুর সংশ্লিষ্ট অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সাথে সঙ্গতিপূর্ণ।

অতএব, উদ্বীপকের লেখচিত্র তেজক্রিয় ক্ষয়সূত্র মেনে চলে।

উ: (ক) 1589.7 y; (খ) উদ্বীপকের লেখচিত্র তেজক্রিয় ক্ষয়সূত্র মেনে চলে।

৯গ ১৭। দুটি তেজক্রিয় মৌল  $A$  ও  $B$ -এর ক্ষয় দ্রুত্বক যথাক্রমে  $0.181 \text{ d}^{-1}$  এবং  $0.257 \text{ d}^{-1}$ (ক)  $B$  মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় করো।

(খ) মৌলধ্যের 75% ক্ষয় হতে প্রয়োজনীয় সময় একই হবে কি না—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

[চ. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$\tau_B = \frac{1}{\lambda_B} = \frac{1}{0.257 \text{ d}^{-1}}$$

$$= 3.89 \text{ d}$$

এখানে,

$$A \text{ মৌলের ক্ষয় দ্রুত্বক, } \lambda_A = 0.181 \text{ d}^{-1}$$

$$B \text{ মৌলের ক্ষয় দ্রুত্বক, } \lambda_B = 0.257 \text{ d}^{-1}$$

$$B \text{ মৌলের গড় আয়ু, } \tau_B = ?$$

$$A \text{ মৌলের সময়, } t_A = ?$$

$$B \text{ মৌলের সময়, } t_B = ?$$

(খ) কোনো মৌলের প্রারম্ভিক সংখ্যা  $N_0$  এবং  $t$  সময় পরে অবশিষ্ট সংখ্যা  $N$  হলে, আমরা জানি  
 $N = N_0 e^{-\lambda t}$  ...

এখনে  $\lambda$  হচ্ছে এই মৌলের ক্ষয় দ্রুতিক এবং  
 এখন কোনো মৌলের 75% ক্ষয় হলে অবশিষ্ট থাকে 25%  
 $\therefore N = N_0$  এর 25%

$$\text{বা, } \frac{N}{N_0} = \frac{25}{100} = 0.25$$

(।) সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda_A t_A}$$

$$\text{বা, } -\lambda_A t_A = \ln(0.25)$$

$$\therefore t_A = -\frac{1}{\lambda_A} \ln(0.25) = -\frac{1}{0.181 \text{ d}^{-1}} \times \ln(0.25) = 7.659 \text{ d}$$

$$\text{একইভাবে, } t_B = -\frac{1}{\lambda_B} \ln(0.25)$$

$$\therefore t_A \neq t_B = \frac{1}{0.257 \text{ d}^{-1}} \times \ln(0.25) = 5.394 \text{ d}$$

সুতরাং 75% ক্ষয় হতে দুটি মৌলের জন্য প্রয়োজনীয় সময় এক হবে না।

দেখা যাচ্ছে  $t_A > t_B$ , সুতরাং  $A$  মৌলের জন্য সময় বেশি লাগবে। অর্থাৎ যে মৌলের ক্ষয় দ্রুত কম, তার জন্য সময় বেশি লাগে।

উ: (ক) 3.89 d; (খ) প্রয়োজনীয় সময় এক হবে না।

১৩। ১৮।  $A$  ও  $B$  দুটি তেজস্বিয় মৌল। এদের অর্ধায় যথাক্রমে 6 দিন ও 9 দিন।

(ক)  $B$  মৌলের গড় আয়ু নির্ণয় করো।

(খ) উভয় মৌলের 60% ক্ষয় হতে কোন মৌলটির অধিক সময় লাগবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

[চ. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$t_B = \frac{T_{\frac{1}{2}B}}{0.693} = \frac{9 \text{ d}}{0.693} = 12.987 \text{ d}$$

$$\therefore t_B = 12.987 \text{ d}$$

(খ) এখনে 60% ক্ষয় হয়, সুতরাং 40% অবশিষ্ট থাকে।  $N_0$  সংখ্যক পরমাণু ক্ষয় প্রাপ্ত হয়ে  $t$  সময়  $N$  সংখ্যক অবশিষ্ট থাকলে এবং ক্ষয়দ্রুতিক  $\lambda$  হলে,

$$N = N_0 \text{ এর } 40\%$$

$$\text{বা, } \frac{N}{N_0} = \frac{40}{100} = 0.4$$

এখনে,  
 $A$  মৌলের অর্ধায়,  $T_{\frac{1}{2}A} = 6 \text{ d}$

$B$  মৌলের অর্ধায়,  $T_{\frac{1}{2}B} = 9 \text{ d}$

$B$  মৌলের গড় আয়ু,  $t_B = ?$

$$N = (1 - 0.6) N_0 = 0.4 N_0$$

$$t_A = ?$$

$$t_B = ?$$

আমৰা জানি,  $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$$\text{বা, } -\lambda t = \ln \left( \frac{N}{N_0} \right)$$

$$\therefore t = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{N}{N_0} \right)$$

$$\text{বা, } t = -\frac{T_{\frac{1}{2}}}{0.693} \ln (0.4) \quad \left[ \because \lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} \right]$$

$$\text{সুতৰাং } A \text{ মৌলেৱ জন্য, } t_A = -\frac{T_{\frac{1}{2}A}}{0.693} \ln (0.4) = -\frac{6 \text{ d}}{0.693} \ln (0.4) = 7.933 \text{ d}$$

$$B \text{ মৌলেৱ জন্য, } t_B = \frac{T_{\frac{1}{2}B}}{0.693} \ln (0.4) = -\frac{9 \text{ d}}{0.693} \ln (0.4) = 11.90 \text{ d}$$

$$\therefore t_B > t_A$$

সুতৰাং দেখা যাচ্ছে 60% ক্ষয় হতে  $B$  মৌলেৱ অধিক সময় লাগবে।

উ: (ক) 12.987 d ; (খ)  $B$  মৌলেৱ অধিক সময় লাগবে।

৯গ ১৯। এক খণ্ড রেডিয়ামে  $6.023 \times 10^{23}$  টি অক্ষত পৰমাণু ছিল। এক বছৰে পৰ দেখা গেল  $6.000 \times 10^{23}$  টি পৰমাণু ভেঙ্গে গেছে।

(ক) রেডিয়াম মৌলটিৱ অৰ্ধায়ু বেৱ কৰো।

(খ) গাণিতিক যুক্তি দিয়ে দেখাও যে, পৰবৰ্তী এক বছৰে ভেঙ্গে যাওয়া পৰমাণুৰ সংখ্যা পূৰ্ববৰ্তী এক বছৰে ভেঙ্গে যাওয়া পৰমাণুৰ সংখ্যাৰ চেয়ে বেশি হবে না। [দি. বো. ২০১৬]

(ক) মৌলটিৱ ক্ষয় ধ্রুবক  $\lambda$  হলে, আমৰা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$2.3 \times 10^{21} = 6.023 \times 10^{23} \times e^{-\lambda \times 1 \text{ y}}$$

$$\text{বা, } \frac{2.3 \times 10^{21}}{6.023 \times 10^{23}} = e^{-\lambda \times 1 \text{ y}}$$

$$\text{বা, } -\lambda \times 1 \text{ y} = \ln \left( \frac{2.3 \times 10^{21}}{6.023 \times 10^{23}} \right)$$

$$= -5.5678$$

$$\therefore \lambda = 5.5678 \text{ y}^{-1}$$

$$\text{এখন } T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{5.5678 \text{ y}^{-1}} = 0.1245 \text{ y}$$

$$\therefore T_{\frac{1}{2}} = 0.1245 \text{ y}$$

এখানে,

$$\text{প্রারম্ভিক পৰমাণুৰ সংখ্যা, } N_0 = 6.023 \times 10^{23}$$

$$\text{সময়, } t = 1 \text{ y}$$

$$\text{ভেঙ্গে যাওয়া পৰমাণুৰ সংখ্যা, } N' = 6.000 \times 10^{23}$$

$$\text{অক্ষত পৰমাণুৰ সংখ্যা, } N - N' = 6.023 \times 10^{23}$$

$$- 6.000 \times 10^{23}$$

$$= 2.3 \times 10^{21}$$

মৌলেৱ অৰ্ধায়ু,  $T_{\frac{1}{2}} = ?$

(ধ) পরবর্তী এক বছরের ক্ষেত্রে—

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N = 2.3 \times 10^{21} \times e^{-5.5678 \text{ y}^{-1} \times 1 \text{ y}}$$

$$= 8.7834 \times 10^{18} \text{ টি}$$

প্রাথমিক সংখ্যা,  $N_0 = 2.3 \times 10^{21}$

সময়,  $t = 1 \text{ y}$

অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা,  $N = ?$

ভেঙ্গে যাওয়া পরমাণুর সংখ্যা,  $\Delta N = N_0 - N$

ক্ষয় দ্রুতি,  $\lambda = 5.5678 \text{ y}^{-1}$  ['ক' অংশ থেকে]

$$\therefore \Delta N = N_0 - N = 2.3 \times 10^{21} - 8.7834 \times 10^{18} = 2.291 \times 10^{21}$$

মূলতঃ দেখা যাচ্ছে যে, প্রথম বছরে ভেঙ্গে যাওয়ার সংখ্যা যেখানে  $N' = 6 \times 10^{23}$  সেখানে পরবর্তী এক বছরে ভেঙ্গে যাওয়ার সংখ্যা  $\Delta N = 2.291 \times 10^{21}$ ; যা অবশ্যই পূর্ববর্তী বছরের চেয়ে বেশি নয় অর্থাৎ,  $\Delta N < N'$

উ: (ক)  $0.1245 \text{ y}$ ; (খ) বেশি হবে না।

১৯ ২০। সৌতিক  $A, B$  ও  $C$  তিনটি তেজক্সিয় পদার্থকে গবেষণাগারে রেখে দিলেন। পদার্থগুলোর প্রতিটির ভর ছিল  $50 \text{ g}$ ।  $1.5$  বছর পর তিনি এদের ভর পরিমাপ করলেন যথাক্রমে  $20 \text{ g}, 25 \text{ g}$  এবং  $40 \text{ g}$ ।

(ক) উদ্দীপকে  $B$  মৌলটির অবক্ষয় দ্রুতি নির্ণয় করো।

(খ)  $A$  মৌলের  $20\%$  এবং  $C$  মৌলের  $10\%$  ক্ষয় হতে একই সময় লাগবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

[ব. বো. ২০১৬]

(ক) কোনো মৌলের প্রারম্ভিক পরমাণু সংখ্যা  $N_0$  এবং  $t$  সময় পর যদি এর পরমাণুর সংখ্যা হয়  $N$  এবং ঐ মৌলের ক্ষয় দ্রুতি  $\lambda$  হলে তেজক্সিয় সূত্র থেকে আমরা জানি,

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \dots \quad (1)$$

যেহেতু মৌলের পরমাণু সংখ্যা তার ভরের সমানুপাতিক, অর্থাৎ  $N \propto m$ , তাই আমরা (1) সমীকরণকে পরমাণুর সংখ্যার পরিবর্তে মৌলের ভর দিয়ে প্রকাশ করতে পারি,

$$m = m_0 e^{-\lambda t} \quad \dots \quad (2)$$

এখানে  $m_0$  হবে মৌলের প্রারম্ভিক ভর এবং  $m$  হবে  $t$  সময় পর অবশিষ্ট ভর।

মূলতঃ (2) সমীকরণকে আমরা তেজক্সিয় ক্ষয়সূত্রের বিশেষ রূপ ধরে হিসাব-নিকাশ করতে পারি।

আমরা জানি,

$$m_B = m_{0B} e^{-\lambda_B t_B}$$

$$\text{যা, } 25 \text{ g} = 50 \text{ g} \times e^{-\lambda_B \times 1.5 \text{ y}}$$

$$\text{যা, } e^{-\lambda_B \times 1.5 \text{ y}} = \frac{25}{50}$$

এখানে,  $B$  মৌলের জন্য

আদি ভর,  $m_{0B} = 50 \text{ g}$

শেষ ভর,  $m_B = 25 \text{ g}$

সময়,  $t_B = 1.5 \text{ y}$

ক্ষয় দ্রুতি,  $\lambda_B = ?$

$$\text{যা, } -\lambda_B \times 1.5 \text{ y} = \ln \left( \frac{25}{50} \right)$$

$$\therefore \lambda_B = 0.462 \text{ y}^{-1}$$

(খ) সুতরাং  $A$  মৌলের জন্য, ক্ষয় দ্রুতক  $\lambda_A$  হলে  
 $m_A = m_{oA} e^{-\lambda_A t_A}$

$$\therefore 20 \text{ g} = 50 \text{ g} \times e^{-\lambda_A \times 1.5 \text{ y}}$$

$$\therefore e^{-\lambda_A \times 1.5 \text{ y}} = \frac{20}{50}$$

$$\therefore -\lambda_A \times 1.5 \text{ y} = \ln \left( \frac{20}{50} \right)$$

$$\therefore \lambda_A = 0.6109 \text{ y}^{-1}$$

এখন ধরি, 20% ক্ষয় হতে, সময় লাগবে, সুতরাং

$$m'_{oA} = 50 \text{ g}, m'_A = 50 \text{ g} - 50 \text{ g} \text{ এর } 20\% = 50 \text{ g} - 0.2 \times 50 \text{ g} = 40 \text{ g}$$

$$\therefore m'_A = m'_{oA} e^{-\lambda_A t}$$

$$40 \text{ g} = 50 \text{ g} \times e^{-0.6109 \text{ y}^{-1} \times t}$$

$$\therefore -0.6109 \text{ y}^{-1} \times t = \ln \left( \frac{40}{50} \right)$$

$$\therefore t = 0.3653 \text{ y}$$

আবার  $C$  মৌলের জন্য, ক্ষয় দ্রুতক  $\lambda_C$  হলে

$$m_C = m_{oC} e^{-\lambda_C t_C}$$

$$\therefore 40 \text{ g} = 50 \text{ g} \times e^{-\lambda_C \times 1.5 \text{ y}}$$

$$\therefore -\lambda_C \times 1.5 \text{ y} = \ln \left( \frac{40}{50} \right)$$

$$\lambda_C = 0.1488 \text{ y}^{-1}$$

এখন ধরি 10% ক্ষয় হতে  $t'$  সময় লাগবে, সুতরাং

$$m'_{oC} = 50 \text{ g}, m'_C = 50 \text{ g} - 50 \text{ g} \text{ এর } 10\% = 50 \text{ g} - 5 \text{ g} = 45 \text{ g}$$

$$\therefore m'_C = m'_{oC} e^{-\lambda_C t'}$$

$$45 \text{ g} = 50 \text{ g} \times e^{-0.1488 \text{ y}^{-1} t'}$$

$$\therefore -0.1488 \text{ y}^{-1} \times t' = \ln \left( \frac{45}{50} \right)$$

$$t' = 0.708 \text{ y}$$

$$\therefore t \neq t'$$

সুতরাং  $A$  মৌলের 20% এবং  $C$  মৌলের 10% ক্ষয় হতে একই সময় লাগে না।

উ: (ক)  $0.462 \text{ y}^{-1}$ ; (খ) একই সময় লাগবে না।

এখানে,  $A$  মৌলের জন্য  
 প্রারম্ভিক ভর,  $m_{oA} = 50 \text{ g}$   
 শেষ ভর,  $m_A = 20 \text{ g}$   
 সময়,  $t_A = 1.5 \text{ y}$   
 ক্ষয় দ্রুতক,  $\lambda_A = ?$

এখানে,  $C$  মৌলের জন্য  
 প্রারম্ভিক ভর,  $m_{oC} = 50 \text{ g}$   
 শেষ ভর,  $m_C = 40 \text{ g}$   
 সময়,  $t_C = 1.5 \text{ y}$   
 ক্ষয় দ্রুতক,  $\lambda_C = ?$

### ঘ গুচ্ছ

[ অনুচ্ছেদ ১৯.৮.৫-১৯.৮.৬ : ভরক্রটি ও বন্ধনশক্তি ]

১৯.১। একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের ভরক্রটি, বন্ধনশক্তি ও নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি নির্ণয় করো। দেওয়া আছে, নিউট্রনের ভর =  $1.008665 \text{ u}$ , হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভর =  $1.007825 \text{ u}$  হিলিয়ামের পারমাণবিক ভর =  $4.002603 \text{ u}$ ।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{ভরক্রটি}, \Delta m &= Z m_h + N m_n - M_{atm} \\ &= 2 \times 1.007825 \text{ u} + 2 \times 1.008665 \text{ u} \\ &\quad - 4.002603 \text{ u} \\ &= 0.030377 \text{ u} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{বন্ধনশক্তি}, B &= \Delta m c^2 \\ &= 0.030377 \text{ u} \times c^2 \\ &= 0.030377 \times 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2 \\ &= 28.296 \text{ MeV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধন শক্তি}, \frac{B}{A} &= \frac{28.296 \text{ MeV}}{4} \\ &= 7.07 \text{ MeV per nucleon} \end{aligned}$$

উ:  $0.30377 \text{ u}$ ,  $28.296 \text{ MeV}$ ,  $7.07 \text{ MeV per nucleon}$ .

১৯.২। MeV, eV ও joule এককে  $^{56}_{26} \text{Fe}$  নিউক্লিয়াসের বন্ধনশক্তি, নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি নির্ণয় করো। এখনে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভর  $m_H = 1.007825 \text{ u}$ , একটি নিউট্রনের ভর,  $m_n = 1.008665 \text{ u}$ , আয়রনের পারমাণবিক ভর,  $M_{atm} = 55.934942 \text{ u}$ ।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{বন্ধনশক্তি}, B &= [Z m_p + N m_n - M_{atm}] c^2 \\ &= (26 \times 1.007825 \text{ u} + 30 \times 1.008665 \text{ u} \\ &\quad - 55.934942 \text{ u}) c^2 \\ &= 0.528458 \text{ u} \times c^2 \\ &= 0.528458 \times 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 492.26 \text{ MeV} \\ &= 492.26 \times 10^6 \text{ eV} \\ &= 492.26 \times 10^{-11} \text{ J} \\ &= 7.88 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{আবার, নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি}, \frac{B}{A} = \frac{492.26 \text{ MeV}}{56}$$

$$\begin{aligned} &= 8.79 \text{ MeV/nucleon} \\ &= 8.79 \times 10^6 \text{ eV/nucleon} \end{aligned}$$

এখনে,

নিউট্রনের ভর,  $m_n = 1.008665 \text{ u}$

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভর,  $m_H = 1.007825 \text{ u}$

হিলিয়ামের পারমাণবিক ভর,  $M_{atm} = 4.002603 \text{ u}$

হিলিয়ামের জন্য,  $Z = 2$

হিলিয়ামের জন্য,  $A = 4$

হিলিয়ামের জন্য,  $N = A - Z = 4 - 2 = 2$

$$1 \text{ u} = 931.5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$\text{ভরক্রটি}, \Delta m = ?$$

$$\text{বন্ধনশক্তি}, B = ?$$

$$\text{নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি}, \frac{B}{A} = ?$$

এখনে,

$$m_H = 1.007825 \text{ u}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ u}$$

$$M_{atm} = 55.934942 \text{ u}$$

$$Z = 26$$

$$N = 30$$

$$A = 56$$

$$1 \text{ u} = \frac{931.5 \text{ MeV}}{c^2}$$

$$B = ?$$

$$\frac{B}{A} = ?$$

$$= 1.41 \times 10^{-12} \text{ J/nucleon}$$

উ:  $492.26 \text{ MeV}, 492.26 \times 10^6 \text{ eV}, 7.88 \times 10^{-11} \text{ J};$

$8.79 \text{ MeV/nucleon}, 8.79 \times 10^6 \text{ eV/nucleon}, 1.41 \times 10^{-12} \text{ J/nucleon}.$

৯ষ ও। নিচে একটি তথ্য ছক দেয়া আছে:

| মৌল | প্রোটন<br>সংখ্যা | ভর<br>সংখ্যা | নিউক্লিয়াসের ভর<br>amu | 1 amu = 931 MeV                                |
|-----|------------------|--------------|-------------------------|--|
| U   | 92               | 235          | 235.0439                | প্রোটনের ভর, $m_p = 1.00728 \text{ amu}$       |
| C   | 6                | 12           | 12.00000                | নিউট্রনের ভর, $m_n = 1.00876 \text{ amu}$      |
| Fe  | 26               | 56           | 56.00000                | আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ |
| He  | 2                | 4            | 4.00276                 |  |

(ক) ইউরেনিয়ামের ভরঘণ্টি বের করো।

(খ) উদ্ধীপকে প্রদত্ত তথ্য ব্যবহার করে নিউক্লিয়ন প্রতি বন্ধনশক্তি বনাম ভরসংখ্যার লেখচিত্র অঙ্কন করো।

[রা. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\Delta m &= Z m_p + N m_n - M_{nuc} \\ &= 92 \times 1.00728 \text{ amu} + 143 \times 1.00876 \text{ amu} \\ &\quad - 235.0439 \text{ amu} \\ &= 1.87854 \text{ amu}\end{aligned}$$

এখানে,

ইউরেনিয়ামের জন্য প্রোটন সংখ্যা,  $Z = 92$

প্রোটনের ভর,  $m_p = 1.00728 \text{ amu}$

নিউট্রন সংখ্যা,  $N = 235 - 92 = 143$

নিউট্রনের ভর,  $m_n = 1.00876 \text{ amu}$

নিউক্লিয়াসের ভর,  $M_{nuc} = 235.0439 \text{ amu}$

(খ) আমরা জানি,

প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধনশক্তি

$$\frac{B}{A} = \frac{\Delta m c^2}{A} = \frac{1}{A} [Z m_p + N m_n - M_{nuc}] c^2$$

(i) ইউরেনিয়ামের ক্ষেত্রে,

$$\begin{aligned}\frac{B}{A} &= \frac{1}{235} [92 \times 1.00728 \text{ amu} + \\ &\quad 143 \times 1.00876 \text{ amu} - 235.0439 \text{ amu}] c^2 \\ &= 7.9938 \times 10^{-3} \text{ amu} \times c^2 \\ &= 7.9938 \times 10^{-3} \times 931 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2 \\ &= 7.4422 \text{ MeV/nucleon}\end{aligned}$$

এখানে, ইউরেনিয়ামের ক্ষেত্রে

প্রোটন সংখ্যা,  $Z = 92$ ,

ভরসংখ্যা,  $A = 235$

নিউট্রন সংখ্যা,

$$N = A - Z = 235 - 92 = 143$$

$$1 \text{ amu} = \frac{931 \text{ MeV}}{c^2}$$

$$\frac{B}{A} = ?$$

(ii) কার্বনের ক্ষেত্রে,

$$\begin{aligned}\frac{B}{A} &= \frac{1}{12} [6 \times 1.00728 \text{ amu} + 6 \times 1.00876 \text{ amu} \\ &\quad - 12 \text{ amu}] c^2 \\ &= 8.02 \times 10^{-3} \text{ amu} \times c^2 \\ &= 8.02 \times 10^{-3} \times 931 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2 \\ &= 7.46662 \text{ MeV/nucleon}\end{aligned}$$

কার্বনের ক্ষেত্রে

$$Z = 6$$

$$A = 12$$

$$N = 12 - 6 = 6$$

$$1 \text{ amu} = \frac{931 \text{ MeV}}{c^2}$$

$$M_{nuc} = 12.0 \text{ amu}$$

$$\frac{B}{A} = ?$$

(iii) আয়নের ক্ষেত্রে,

$$\frac{B}{A} = \frac{1}{56} [26 \times 1.00728 \text{ amu}$$

$$+ 30 \times 1.00876 \text{ amu} - 56 \text{ amu}]c^2$$

$$= 8.0729 \times 10^{-3} \text{ amu} \times c^2$$

$$= 8.0729 \times 10^{-3} \times \frac{931 \text{ MeV}}{c^2} \times c^2$$

$$= 7.5153 \text{ MeV / nucleon}$$

(iv) হিলিয়ামের ক্ষেত্রে,

$$\frac{B}{A} = \frac{1}{4} [2 \times 1.00728 \text{ amu} + 2 \times 1.00876 \text{ amu}$$

$$- 4.00276 \text{ amu}]c^2$$

$$= 8.02 \times 10^{-3} \text{ amu} \times c^2$$

$$= 8.02 \times 10^{-3} \times 931 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2$$

$$= 7.4666 \text{ MeV/nucleon}$$

আয়নের ক্ষেত্রে

$$Z = 26$$

$$A = 56$$

$$N = 56 - 26 = 30$$

$$1 \text{ amu} = \frac{931 \text{ MeV}}{c^2}$$

$$M_{nuc} = 50.0 \text{ amu}$$

$$\frac{B}{A} = ?$$

হিলিয়ামের ক্ষেত্রে

$$Z = 2$$

$$A = 4$$

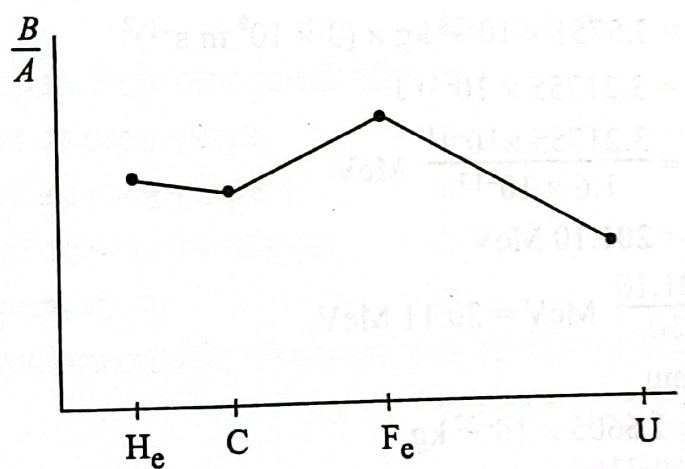
$$N = 4 - 2 = 2$$

$$1 \text{ amu} = \frac{931 \text{ MeV}}{c^2}$$

$$M_{nuc} = 4.00276 \text{ amu}$$

$$\frac{B}{A} = ?$$

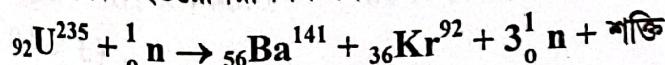
ভর্সংখ্যা  $A$  কে  $X$ -অক্ষে এবং হিসাবকৃত  $\frac{B}{A}$  কে  $Y$ -অক্ষে স্থাপন করে লেখচিত্র আঁকলে সেটি নিউক্লিয়ন প্রতি দ্রুশক্তি বনাম ভর সংখ্যার লেখচিত্র হবে।



### গুচ্ছ

[ অনুচ্ছেদ ৯.৮.৭-৯.৮.১০ : নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া ]

১৫। নিচে একটি ইউরেনিয়াম ফিশন বিক্রিয়া দেওয়া হলো :



এতে উৎপন্ন  $\gamma$  রশ্মি একটি  $\alpha$  কণাকে আঘাত করে। বিক্রিয়াতে উৎপন্ন শক্তির এক-দশমাংশ শক্তি  $\gamma$  রশ্মি বহন করে।

|                 |    |    |                               |
|-----------------|----|----|-------------------------------|
| $U^{235}$       | এর | ভর | = 235.0439 amu                |
| $\frac{1}{0} n$ | "  | "  | = 1.0087 amu                  |
| $Ba^{141}$      | "  | "  | = 140.9139 amu                |
| $Kr^{92}$       | "  | "  | = 91.8973 amu                 |
| $\alpha$ কণা    | "  | "  | = 4.0012 amu                  |
| প্রোটন          | "  | "  | = 1.007276 amu                |
| 1 amu           | "  | "  | = $1.6605 \times 10^{-27}$ kg |

(ক) প্রতি ফিশনে উৎপন্ন শক্তি নির্ণয় করো।

(খ)  $\gamma$ -রশ্মি  $\alpha$  কণাকে ভাসতে পারবে কিনা গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

[সি. বো. ২০১৭]

$$(ক) U^{235} \text{ এর } \text{ভর} = 235.0439 \text{ amu}$$

$$\frac{1}{0} n \text{,,,,} = 1.0087 \text{ amu}$$

$$\text{ফিশনের পূর্বে মোট ভর} = 236.0526 \text{ amu}$$

$$Ba^{141} \text{ এর } \text{ভর} = 140.9139 \text{ amu}$$

$$Kr^{92} \text{ এর } \text{ভর} = 91.8973 \text{ amu}$$

$$3 \text{ টি নিউট্রনের ভর} = 3.0261 \text{ amu}$$

$$\text{ফিশনের পরে মোট ভর} = 235.8373 \text{ amu}$$

$$\therefore \text{ভর ঘাটতি}, \Delta m = 236.0526 \text{ amu} - 235.8373 \text{ amu}$$

$$= 0.2153 \text{ amu}$$

$$= 0.2153 \times 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 3.5751 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\therefore \text{নির্গত শক্তি}, E = \Delta m c^2 = 3.5751 \times 10^{-28} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 3.21755 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$= \frac{3.21755 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-13}} \text{ MeV}$$

$$= 201.10 \text{ MeV}$$

$$\gamma\text{-রশ্মির শক্তি}, E_\gamma = \frac{E}{10} = \frac{201.10}{10} \text{ MeV} = 20.11 \text{ MeV}$$

$$\alpha\text{-কণার ভর}, M = 4.0012 \text{ amu}$$

$$= 4.0012 \times 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 6.644 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{প্রোটনের ভর}, m_p = 1.007276 \times 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{নিউট্রনের ভর}, m_n = 1.0087 \times 1.6605 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\alpha\text{-কণার বন্ধনশক্তি}, B_\alpha = [Z m_p + N m_n - M] c^2$$

$$= [2 \times 1.6726 \times 10^{-27} + 2 \times 1.6749 \times 10^{-27} - 6.644 \times 10^{-27} \text{ kg}]$$

$$(3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 4.59 \times 10^{-12} \text{ J}$$

### পরমাণু মডেল ও নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4.59 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-13}} \text{ MeV} \\
 &= 28.6875 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

যেহেতু  $\alpha$ -কণার বন্ধনশক্তি  $B_\alpha$ ,  $\gamma$ -রশ্মির শক্তি  $E\gamma$ -এর চেয়ে বড়। সুতরাং  $\gamma$ -রশ্মি  $\alpha$ -কণাকে ভাঙতে পারবে না।

ট: (ক)  $201.10 \text{ MeV}$ ; (খ)  $\because B_\alpha > E\gamma \therefore \gamma$ -রশ্মি  $\alpha$ -কণাকে ভাঙতে পারবে না।