Exercise-1

☞ **If required, you can use the following data:**
Mass of proton m_p = 1.007276 u, Mass of $_1H^1$ atom = 1.007825 u, Mass of neutron m_n = 1.008665 u, Mass of electron = 0.0005486 u = 511 KeV/c^2, 1 u = 931 MeV/c^2. N_A = 6.023 × 10^{23}
Atomic mass of : H^2 = 2.01410 u, Be^8 = 8.00531u, B^{11} = 11.00930u, Li^7 = 7.01601u, He^4 = 4.002603u.

☞ **यदि आवश्यक हो तो निम्न का उपयोग करें :**
प्रोटॉन का द्रव्यमान m_p = 1.007276 u, $_1H^1$ परमाणु का द्रव्यमान = 1.007825 u, न्यूट्रॉन का द्रव्यमान m_n = 1.008665 u, इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान m_e = 0.0005486 u = 511 KeV/c^2, 1 u = 931 MeV/c^2, N_A = 6.023 × 10^{23}
परमाणु द्रव्यमान : H^2 = 2.01410 u, Be^8 = 8.00531u, B^{11} = 11.00930u, Li^7 = 7.01601u, He^4 = 4.002603u.

Marked Questions can be used as Revision Questions.
चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

PART - I : SUBJECTIVE QUESTIONS

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

Section (A) : Properties of Nucleus नाभिक के गुण

A.1 A neutron star has a density equal to that of the nuclear matter($\approx 3 \times 10^{17}$ kg/m^3). Assuming the star to be spherical, find the radius of a neutron star whose mass is (i) 4.0 × 10^{30} kg (twice the mass of the sun) (ii) 6 × 10^{24} Kg (around mass of the earth).
एक न्यूट्रॉन तारे का घनत्व उसके नाभिकीय द्रव्य ($\approx 3 \times 10^{17}$ kg/m^3) के बराबर होता है। तारे को गोलाकार मानते हुए न्यूट्रॉन तारे की त्रिज्या ज्ञात करो, जिसका द्रव्यमान (i) 4.0 × 10^{30} kg (सूर्य के द्रव्यमान से दुगना) (ii) 6 × 10^{24} Kg (पृथ्वी के द्रव्यमान के बराबर) है।

Ans : (i) $r_1 = \left[\frac{4\times10^{30}}{3\times10^{17}}\times\frac{3}{4\pi}\right]^{1/3}$ = 14.71 km (ii) $r_2 = \left[\frac{6\times10^{24}}{3\times10^{17}}\times\frac{3}{4\pi}\right]^{1/3}$ = 168.4 m

Sol : (i) $r_1 = \left[\frac{4\times10^{30}}{3\times10^{17}}\times\frac{3}{4\pi}\right]^{1/3}$ = 14.71 km (ii) $r_2 = \left[\frac{6\times10^{24}}{3\times10^{17}}\times\frac{3}{4\pi}\right]^{1/3}$ = 168.4 m

A-2. Assuming the radius of a nucleus to be equal to R = 1.3 $A^{1/3} \times 10^{-15}$ m, where A is its mass number, evaluate the density of nuclei and the number of nucleons per unit volume of the nucleus. Take mass of one nucleon = 1.67 × 10^{-27} kg
माना किसी नाभिक की त्रिज्या R = 1.3 $A^{1/3} \times 10^{-15}$ m है, जहाँ A इसकी द्रव्यमान संख्या है। नाभिक का घनत्व और नाभिक के प्रति एकांक आयतन में, न्यूक्लिऑन की संख्या ज्ञात करो। एक न्यूक्लिऑन का द्रव्यमान = 1.67 × 10^{-27} kg ले।

Ans. 2 ×10^{11} kg/cm^3, 1×10^{38} nucl.नाभिक/cm^3

Sol. The radius of nucleus is नाभिक की त्रिज्या $R = R_0 A^{1/3}$
where A = mass number जहाँ A = द्रव्यमान संख्या है $R_0 = 1.3 \times 10^{-15}$ m = 1.3 fm
The volume of nuclues is नाभिक का आयतन = $\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi (R_0 A^{1/3})^3 = \frac{4}{3}\pi R_0^3 A$
A = mass number = number of nucleons
$\therefore$ The number of nucleons per unit volume is = $\frac{A}{V}$
A = द्रव्यमान संख्या = नाभिक कणों की संख्या
$\therefore$ प्रति इकाई आयतन में नाभिक कणों की संख्या = $\frac{A}{V}$
$= \frac{1}{\frac{4}{3}\pi R_0^3}$ = 1.09 × 10^{38} nucleons/cc नाभिक कण/cc

Density is घनत्व $\rho = \frac{mass}{volume}$ $\frac{\text{द्रव्य मान}}{\text{आयतन}}$

$= 1.09 \times 10^{38} \times$ mass of nucleons per cc प्रति घन सेमी नाभिक का द्रव्यमान

$= 1.82 \times 10^{11}$ kg/cc

SECTION (B) : MASS DEFECT AND BINDING ENERGY
द्रव्यमान क्षति और बन्धन ऊर्जा

B 1. Find the binding energy of the nucleus of lithium isotope $_3Li^7$ and hence find the binding energy per nucleon in it. ($M_{_3Li^7}$ = 7.014353 amu, $M_{_1H^1}$ = 1.007826, mass of neutron= 1.00867 u)

लिथियम समस्थानिक $_3Li^7$ के नाभिक की बन्धन ऊर्जा ज्ञात करो और फिर उसकी प्रतिन्यूक्लिआन बन्धन ऊर्जा ज्ञात करो। ($M_{_3Li^7}$ = 7.014353 amu, $M_{_1H^1}$ = 1.007826, न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = 1.00867 u)

Ans. B.E. = $\left[3M_{_1H^1} + 4m_{_0n^1} - M_{_3Li^7}\right]$ 931 MeV = 39.22 MeV , $\frac{B.E.}{A} = \frac{39.22}{7}$ = 5.6 MeV

Sol. B.E. = $\left[3M_{_1H^1} + 4m_{_0n^1} - M_{_3Li^7}\right]$ 931 MeV = 39.22 MeV , $\frac{B.E.}{A} = \frac{39.22}{7}$ = 5.6 MeV

B 2. Find the energy required for separation of a $_{10}Ne^{20}$ nucleus into two α – particles and a $_6C^{12}$ nucleus if it is known that the binding energies per nucleon in $_{10}Ne^{20}$, $_2He^4$ and $_6C^{12}$ nuclei are equal to 8.03, 7.07 and 7.68 MeV respectively.

एक $_{10}Ne^{20}$ नाभिक को दो α – कणों और एक $_6C^{12}$ नाभिक में विभाजित करने की आवश्यक ऊर्जा ज्ञात करो। यदि $_{10}Ne^{20}$, $_2He^4$ और $_6C^{12}$ नाभिकों की प्रतिन्यूक्लिआन बन्धन ऊर्जा क्रमशः 8.03, 7.07 और 7.68 MeV है।

Ans. E = 20 × (8.03) – 2×4 (7.07) – 12(7.68) = 11.9 MeV

Sol. E = 20 × (8.03) – 2×4 (7.07) – 12(7.68) = 11.9 MeV

$_{10}Ne^{20} \rightarrow 2\ _2He^4 + {_6C^{12}}$

Section (C) : Radioactive decay & Displacement law रेडियोएक्टिव विघटन एवं विस्थापन नियम

C 1. The kinetic energy of an α – particle which flies out of the nucleus of a Ra^{226} atom in radioactive disintegration is 4.78 MeV. Find the total energy evolved during the escape of the α – particle.

एक α – कण की गतिज ऊर्जा जो रेडियोएक्टिव विघटन द्वारा एक Ra^{226} परमाणु के नाभिक से बाहर आता है, 4.78 MeV है। α –कण के बाहर आने में कुल उत्सर्जित ऊर्जा होगी।

Ans. $\frac{226}{222} \times 4.78 = 4.87$ MeV.

Sol. When α - particle will escape, the daughter nucleus will recoil back with same momentum. Applying momentum conservation $p_\alpha = p_d$

Total energy released

जब α-कण निकलते है, तो पुत्री नाभिक, समान संवेग से पीछे की ओर प्रतिक्षिप्त होते है। संवेग संरक्षण से $p_\alpha = p_d$

Total energy released. कुल उत्सर्जित ऊर्जा

TE = KE of α + KE of daughter nucleus

TE = α कण की गतिज ऊर्जा + पुत्री नाभिक की गतिज ऊर्जा

$$= \frac{{p_\alpha}^2}{2m_\alpha} + \frac{p_d^2}{2m_d}$$

$$= \frac{p_\alpha^2}{2}\left(\frac{1}{m_\alpha} + \frac{1}{m_d}\right)$$

$$= m_\alpha.E_\alpha \left(\frac{1}{m_\alpha} + \frac{1}{m_d}\right)$$

$$= E_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{m_d}\right)$$

$$= 4.78\left(1 + \frac{4}{222}\right)$$ **= 4.87 Mev.**

C 2. In the decay $^{64}Cu \rightarrow {}^{64}Ni + e^+ + \nu$, the maximum kinetic energy carried by the positron is found to be 0.680 MeV (a) Find the energy of the neutrino which was emitted together with a positron of energy 0.180 MeV (b) What is the momentum of this neutrino in kg–m /s ?Use the formula applicable to photon.

$^{64}Cu \rightarrow {}^{64}Ni + e^+ + \nu$, इस विघटन में पॉजीट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा 0.680 MeV पायी गई। (a) न्यूट्रीनों जो 0.180 MeV ऊर्जा के पाजीट्रॉन के साथ उत्सर्जित होता है, की ऊर्जा कितनी होगी ? (b) इस न्यूट्रीनों का संवेग kg–m /s में कितना होगा? फोटोन पर लगने वाला सूत्र ही प्रयोग करें।

Ans: (a) (0.680 – 0.180) Me V = 500 ke V (b) $\frac{500 \times 10^3 e}{C}$ = 2.67×10^{-22} kg–m/s

Sol. (a) KE of υ + KE of e^+ = Maximum energy of e^+

υ की गतिज ऊर्जा + e^+ की गतिज ऊर्जा = e^+ की अधिकतम ऊर्जा

$\Rightarrow$ KE of υ = (0.680 – 0.180) Mev.

= 500 Kev.

(b) $p = \frac{E}{C} = \frac{500 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{3 \times 10^8}$ Kg-m/s.

= 2.67×10^{-22} Kg-m/s.

Section (D) : Statistical law of Radioactive decay
खण्ड़ (D) : रेडियोएक्टिव विघटन के सांख्यिकी के नियम

D 1. Beta decay of a free neutron takes place with a half life of 14 minutes. Then find (a) decay constant (b) energy liberated in the process.

एक मुक्त न्यूट्रॉन β–विघटन करता है जिसकी अर्द्धआयु 14 मिनट है तो (a) क्षयांक ज्ञात करो ? (b) प्रक्रिया में कितनी ऊर्जा उत्सर्जित हुई ?

Ans : (a) $\frac{0.693}{14 \times 60}$ = 8.25×10^{-4} s^{-1} (b) $(m_n - m_p - m_e)$ 931 = 782 keV

Sol. (a) $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{14 \times 60}$ $S^{-1} = 8.25 \times 10^{-4}$ S^{-1}

(b) $n = p + e^- + \bar{\upsilon} + Q$

$Q = (m_n - m_p - m_{e^-}) \cdot C^2$

= (1.008665 – 1.007276 – 0.0005486) × 931Mev.**= 782 Kev.**

D 2. How many $\beta-$ particles are emitted during one hour by 1.0 μg of Na^{24} radionuclide whose half–life is 15 hours? [Take $e^{(-0.693/15)} = 0.955$, and avagadro number = 6×10^{23}]

एक μg Na^{24} (रेडियोन्यूक्लाइड) द्वारा एक घण्टे में कितने $\beta-$कणों का उत्सर्जन होगा , अगर उसकी अर्द्धआयु 15 घण्टे है ? [$e^{(-0.693/15)} = 0.955$ लीजिए, और अवागाद्रो संख्या = 6×10^{23}]

Ans : $\frac{6 \times 10^{23} \times 10^{-6}}{24}\left[1 - e^{-0.693/15}\right]$ = **1.128×10^{15}**

Sol. No. of particle emitted in time t is

t समय में उत्सर्जित कणों की संख्या

$$N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) = N_0 \left(1 - e^{-t\frac{\ln 2}{T_{1/2}}}\right)$$

N_0 = No. of nuclei in 1μg of Na^{24}

N_0 = Na^{24} के 1μg में उपस्थित नाभिको की संख्या

$$N_0 = \frac{6 \times 10^{23} \times 10^{-6}}{24}$$

$$\therefore N = \frac{6 \times 10^{23} \times 10^{-6}}{24} \times \left(1 - e^{-\frac{0.693}{15} \times 1}\right) = \mathbf{1.128 \times 10^{15}}$$

D 3. Calculate the specific activities of Na^{24} & U^{235} nuclides whose half lives are 15 hours and 7.1×10^8 years respectively.
Na^{24} & U^{235} के नाभिकों की अर्द्धआयु क्रमशः 15 घंटे और 7.1×10^8 वर्ष हैं तो इनकी विशिष्ट सक्रियता ज्ञात करो

Ans : $\frac{N_A}{24} \times \frac{0.693}{15 \times 60 \times 60} = 3.2 \times 10^{17}$ dps & $\frac{N_A}{235} \times \frac{0.693}{7.1 \times 10^8 \times 365 \times 86400} = 0.8 \times 10^5$ dps

Sol. Specific activity = No. of particles emitted per second by 1g of the substance
विशिष्ट सक्रियता = पदार्थ के 1g द्वारा प्रति सकैण्ड उत्सर्जित कणो की संख्या

For Na^{24} के लिये

specific activity विशिष्ट सक्रियता = $\frac{N_A}{24} \times \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$ **= 3.2 × 10¹⁷ dps/g**

For U^{235} के लिये

specific activity विशिष्ट सक्रियता = $\frac{N_A}{235} \times \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = 0.8 \times 10^5$ dps/g

Section (E) : Nuclear Fission and Fusion
खण्ड़ (E) : नाभिकीय विखण्डन और संलयन

E 1. Consider the case of bombardment of U^{235} nucleus with a thermal neutron. The fission products are Mo^{95} & La^{139} and two neutrons. Calculate the energy released by one U^{235} nucleus. (Rest masses of the nuclides are U^{235} = 235.0439 u, ${}^{1}_{0}n$ = 1.0087 u, Mo^{95} = 94.9058 u, La^{139} = 138.9061 u).
तापीय न्यूट्रॉनों की U^{235} नाभिक पर बौछार करने से Mo^{95} , La^{139} और दो न्यूट्रॉन उत्पन्न होते हैं। इस प्रक्रिया में एक U^{235} नाभिक द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा ज्ञात करो। (न्यूक्लिऑइड का विराम द्रव्यमान U^{235} = 235.0439 u, ${}^{1}_{0}n$ = 1.0087 u, Mo^{95} = 94.9058 u, La^{139} = 138.9061 u).

Ans. $[M_U + m_n - M_{Mo} - M_{La} - 2m_n]\ 931 = 207.9$ MeV

Sol. $U^{235} + n \longrightarrow M_0^{95} + La^{139} + 2n + Q$

$Q = (m_u + m_n - m_{M_0} - m_{La} - 2m_n).C^2$

= (235.0439 + 1.0087 – 94.9058 –138.9061 – 2×1.0087) × 931 Mev.

= 207.9 MeV.

E 2. Energy evolved from the fusion reaction $2\,{}^{2}_{1}H = {}^{4}_{2}He + Q$ is to be used for the production of power. Assuming the efficiency of the process to be 30 %. Find the mass of deuterium that will be consumed in a second for an output of 50 MW. ${}_2He^4$ = 4.002603 amu and ${}_1H^2$ = 2.014102 amu.
नाभिकीय संलयन अभिक्रिया $2\,{}^{2}_{1}H = {}^{4}_{2}He + Q$ में उत्सर्जित ऊर्जा विद्युत ऊर्जा उत्पादन में प्रयोग की गई। अगर प्रक्रिया की दक्षता 30% मानें तो 50 MW शक्ति उत्पन्न करने के लिए ड्यूटीरियम का प्रति सेकण्ड कितना द्रव्यमान इस्तेमाल होगा। ${}_2He^4$ = 4.002603 amu तथा ${}_1H^2$ = 2.014102 amu है।

Ans. $\frac{2}{Q} \times \frac{100}{30} \times \frac{50}{1.6 \times 10^{-19}} \times \frac{2}{N_A} \times 10^{-3}$ Kg

$= 2.9 \times 10^{-7}$ kg ;

where जहाँ $Q = (2M_{1H^2} - M_{2He^4}) \times 931 = 23.834531$ MeV

Sol. $2\,{}^{2}_{1}H = {}^{4}_{2}He + Q$

Q = (2 × 2.014102 – 4.002603) × 931 **= 23.8 MeV.**

E 3. For the D–T fusion reaction, find the rate at which deuterium & tritium are consumed to produce 1 MW. The Q–value of D–T reaction is 17.6 MeV & assume all the energy from the fusion reaction is available.
D–T संलयन अभिक्रिया में, 1 MW शक्ति उत्पन्न करने में ड्यूटीरियम तथा ट्राइटियम के खर्च होने की दर ज्ञात करो। D–T अभिक्रिया का Q मान – 17.6 MeV है। (मानें कि संलयन अभिक्रिया की सम्पूर्ण ऊर्जा उपलब्ध है)

Ans. $\frac{2}{N_A} \times \frac{1}{17.6\ e} \times 10^{-3}$ Kg/s $= 1.179 \times 10^{-9}$ kg/s, $\frac{3}{N_A} \times \frac{1}{17.6\ e} \times 10^{-3}$ Kg/s $= 1.769 \times 10^{-9}$ kg/s

Sol. Each deuterium nucleus produces 17.6 MeV.

1 kg of deuterium = $\frac{1\times10^3}{2}$ N_A no. of deuterium ≡ 17.6 × $\frac{10^3}{2}$ N_A MeV energy produced.

∴ To produce 1 MW, amount of deuterium in kg required per second.

$$= \frac{1\times10^6}{17.6\times\frac{10^3}{2}\times N_A\times e\times10^6} \text{ kg/s} = 1.179\times10^{-9} \text{ kg/s}$$

similarly for tritium. $\frac{1\times10^6}{17.6\times\frac{10^3}{2}\times N_A\times e\times10^6}$ kg/s = 1.769 × 10^{-9} kg/s

Sol. प्रत्येक ड्यूटीरियम नाभिक उत्पन्न करता है 17.6 MeV.

ड्यूटीरियम का 1 kg = $\frac{1\times10^3}{2}$ N_A ड्यूटीरियम की संख्या ≡ 17.6 × $\frac{10^3}{2}$ N_A MeV उत्पन्न ऊर्जा

∴ 1 MW उत्पन्न करने के लिए, प्रति सैकण्ड आवश्यक ड्यूटीरियम की मात्रा kg में

$$= \frac{1\times10^6}{17.6\times\frac{10^3}{2}\times N_A\times e\times10^6} \text{ kg/s} = 1.179\times10^{-9} \text{ kg/s}$$

ट्राईटीरियम $\frac{1\times10^6}{17.6\times\frac{10^3}{2}\times N_A\times e\times10^6}$ kg/s = 1.769 × 10^{-9} kg/s

PART - II : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE

भाग - II : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

Single Choice Objective, straight concept/formula oriented

Section (A) : Properties of Nucleus

खण्ड़ (A) : नाभिक के गुण

A 1. The mass number of a nucleus is
(A) always less than its atomic number
(B) always more than its atomic number
(C) equal to its atomic number
(D*) sometimes more than and sometimes equal to its atomic number
नाभिक की द्रव्यमान संख्या सदैव -
(A) इसकी परमाणु संख्या से कम होती है।
(B) इसकी परमाणु संख्या से अधिक होती है।
(C) इसकी परमाणु संख्या के बराबर होती है।
(D*) कभी इसकी परमाणु संख्या से अधिक तो कभी बराबर होती है।

A 2. The stable nucleus that has a radius 1/3 that of Os^{189} is -
एक स्थाई नाभिक जिसकी त्रिज्या Os^{189} की त्रिज्या से 1/3 है -
(A*) $_3Li^7$ (B) $_2He^4$ (C) $_5B^{10}$ (D) $_6C^{12}$

Sol. Radius of Os^{189} = $r_0\ A_{Os}^{1/3}$

O_s^{189} की त्रिज्या = $r_0\ A_{Os}^{1/3}$

Radius of that nucleus इस नाभिक की त्रिज्या $= \frac{1}{3}\times r_0\left(A_{O_S}\right)^{\frac{1}{3}} = r_0\left(\frac{189}{27}\right)^{\frac{1}{3}} = r_0\ 7^{1/3}$

∴ **A for that nucleus = 7** अतः उस नाभिक के लिये **A = 7**

A-3. The graph of $\ell n\,(R/R_0)$ versus $\ell n\,A$ (R = radius of a nucleus and A = its mass number) is
$\ell n\,(R/R_0)$ का $\ell n\,A$ (R = नाभिक की त्रिज्या और A = नाभिक की द्रव्यमान संख्या) के साथ ग्राफ
(A*) a straight line (B) a parabola (C) an ellipse (D) none of them
(A*) एक सरल रेखा है (B) एक परवलय है (C) एक दीर्घवृत्त है (D) उपरोक्त में से कोई नहीं

Sol. $R = R_0\ A^{1/3}$
$\ln \dfrac{R}{R_0} = \dfrac{1}{3} \ln A$
It is similar to y = mx.
यह y = mx के समान है

A-4. For uranium nucleus how does its mass vary with volume?
यूरेनियम नाभिक के लिए इसका द्रव्यमान आयतन के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है ?
(A*) $m \propto V$ (B) $m \propto 1/V$ (C) $m \propto \sqrt{V}$ (D) $m \propto V^2$

Sol. Nuclear density is constant hence, mass $\propto$ volume or $m \propto V$
नाभिकीय घनत्व नियत है अतः द्रव्यमान $\propto$ आयतन या $m \propto V$

A-5. Let F_{pp}, F_{pn} and F_{nn} denote the magnitudes of the nuclear force by a proton on a proton, by a proton on a neutron and by a neutron on a neutron respectively. When the separation is 1 fm,
F_{pp}, F_{pn} और F_{nn} अगर प्रोटोन–प्रोटोन, प्रोटोन–न्यूट्रॉन और न्यूट्रॉन–न्यूट्रॉन के मध्य के नाभिकीय बल का परिमाण है तो 1 fm की दूरी पर -
(A) $F_{pp} > F_{pn} = F_{nn}$ (B*) $F_{pp} = F_{pn} = F_{nn}$ (C) $F_{pp} > F_{pn} > F_{nn}$ (D) $F_{pp} < F_{pn} = F_{nn}$

Sol. Nuclear force is charge independent
नाभिकीय बल आवेश से स्वतंन्त्र रहते है अर्थात आवेश पर निर्भर नही करते ।

Section (B) : Mass Defect and Binding Energy
खण्ड़ (B) : द्रव्यमान क्षति तथा बन्धन ऊर्जा

B 1. As the mass number A increases, the binding energy per nucleon in a nucleus
जैसे–जैसे द्रव्यमान संख्या A बढ़ाते हैं, नाभिक की प्रतिन्यूक्लिआन बन्धन ऊर्जा
(A) increases (B) decreases (C) remains the same
(D*) varies in a way that depends on the actual value of A.
(A) बढ़ती है (B) घटती है (C) समान रहती है
(D*) इस तरह बदलती है कि A, (द्रव्यमान संख्या) के वास्तविक मान पर निर्भर करती है।

Sol. (D) the binding energy per nucleon in a nucleus varies in a way that depends on the actual value of A.
(D) नाभिक की प्रतिन्यूक्लिआन बन्धन ऊर्जा इस तरह बदलती है कि A, (द्रव्यमान संख्या) के वास्तविक मान पर निर्भर करती है।

B 2. Which of the following is a wrong description of binding energy of a nucleus ?
इनमें से कौनसा नाभिक की बन्धन ऊर्जा का गलत विवरण है ?
(A) It is the energy required to break a nucleus into its constituent nucleons.
(B) It is the energy released when free nucleons combine to from a nucleus
(C) It is the sum of the rest mass energies of its nucleons minus the rest mass energy of the nucleus
(D*) It is the sum of the kinetic energy of all the nucleons in the nucleus
(A) यह नाभिक को उसके घटक न्यूक्लिऑन में तोड़ने की ऊर्जा है।
(B) यह वे ऊर्जा हैं जो मुक्त होती हैं जब मुक्त न्यूक्लिऑन एक नाभिक के निर्माण के लिए जुड़ते हैं।
(C) यह न्यूक्लिऑन की विराम द्रव्यमान ऊर्जा के योग और नाभिक की विराम द्रव्यमान ऊर्जा के अन्तर के बराबर होती है।
(D*) यह नाभिक में सभी न्यूक्लिऑन की गतिज ऊर्जा के योग के बराबर होती है।

Sol. (D) It is the sum of the kinetic energy of all the nucleons in the nucleus
(D) यह नाभिक में सभी न्यूक्लिऑन की गतिज ऊर्जा के योग के बराबर होती है।

B 3. The energy of the reaction $Li^7 + p \longrightarrow 2\,He^4$ is (the binding energy per nucleon in Li^7 and He^4 nuclei are 5.60 and 7.06 MeV respectively.)
$Li^7 + p \longrightarrow 2\,He^4$ अभिक्रिया की ऊर्जा है (Li^7 और He^4 नाभिकों की प्रतिन्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा क्रमशः 5.60 और 7.06 MeV है)
(A*) 17.3 MeV (B) 1.73 MeV (C) 1.46 MeV
(D) depends on binding energy of proton प्रोटोन की बन्धन ऊर्जा पर निर्भर करती है।

Sol. $Q = (2BE_{He} - BE_{Li})$
$= (2 \times 7.06 \times 4 - 5.60 \times 7)$ Mev
= 17.28 Mev.

B 4. The atomic weight of boron is 10.81 g/mole and it has two isotopes ${}^{10}_{5}B$ and ${}^{11}_{5}B$. The ratio (by number) of ${}^{10}_{5}B : {}^{11}_{5}B$ in nature would be :
बोरोन का परमाणु द्रव्यमान 10.81 gm/mole और इसके दो समस्थानिक ${}^{10}_{5}B$ और ${}^{11}_{5}B$ हैं। प्रकृति में ${}^{10}_{5}B : {}^{11}_{5}B$ का अनुपात (संख्या द्वारा) हो सकता है :
(A*) 19 : 81 (B) 10 : 11 (C) 15 : 16 (D) 81 : 19

Sol. Let ${}^{10}_{5}B$ and ${}^{11}_{5}B$ be in the ratio m:n .
माना ${}^{10}_{5}B$ और ${}^{11}_{5}B$ दोनो m:n के अनुपात में है।
Average atomic weight औसत आणविक भार
$$10.81 = \frac{m \times 10 + n \times 11}{m + n}$$
$$\Rightarrow \frac{m}{n} = \frac{0.19}{0.81} = \frac{19}{81}$$

Section (C) : Radioactive Decay & Displacement law
खण्ड़ (C) : रेडियोएक्टिव क्षय एवं विस्थापन नियम

C 1 Which of the following processes represents a gamma decay?
निम्न में से कौनसी प्रक्रिया में γ-क्षय है ?
(A) ${}^{A}X_{Z} + \gamma \longrightarrow {}^{A}X_{Z-1} + a + b$ (B) ${}^{A}X_{Z} + {}^{1}n_{0} \longrightarrow {}^{A-3}X_{Z-2} + c$
(C*) ${}^{A}X_{Z} \longrightarrow {}^{A}X_{Z} + f$ (D) ${}^{A}X_{Z} + e_{-1} \longrightarrow {}^{A}X_{Z-1} + g$

Sol. During γ-decay atomic number (Z) and mass number (A) does not change. So the correct option is (C) because in all other options either Z, A or both is/are changing.
γ-क्षय के दौरान परमाणु क्रमांक (Z) व द्रव्यमान संख्या (A) परिवर्तित नही होती है। अतः सही विकल्प (C)। अन्य सभी विकल्पो में Z, A अथवा दोनो परिवर्तित हो रहे है।

C 2. An α-particle is bombarded on ^{14}N. As a result, a ^{17}O nucleus is formed and a particle is emitted. This particle is a
एक α-कण की ^{14}N पर बौछार कराई जाती है। इससे एक ^{17}O नाभिक का निर्माण होता है और एक कण उत्सर्जित होता है। यह कण है –
(A) neutron न्यूट्रॉन (B*) proton प्रोटोन (C) electron इलेक्ट्रॉन (D) positron पोजीट्रॉन

Sol. ${}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$

C 3. A free neutron decays into a proton, an electron and :
एक मुक्त न्यूट्रॉन विघटित होकर एक प्रोटोन, एक इलेक्ट्रॉन और किसमें टूटता है :
(A) A neutrino एक न्यूट्रीनों में (B*) An antineutrino एक एन्टी न्यूट्रीनों में
(C) An α-particle एक α-कण में (D) A β-particle एक β-कण में

Sol. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\upsilon}$

C-4. Nuclei X decay into nuclei Y by emitting α particles. Energies of α particle are found to be only 1 MeV & 1.4 MeV. Disregarding the recoil of nuclei Y. The energy of γ photon emitted will be
X नाभिक, α कणों को उत्सर्जित कर Y नाभिक बनाता है। α कणों की ऊर्जा केवल 1 MeV और 1.4 MeV है। नाभिक y के प्रतिक्षेप को न मानिए। उत्सर्जित γ फोटोन की ऊर्जा होगी।
(A) 0.8 MeV (B) 1.4 MeV (C) 1 MeV (D*) 0.4 MeV

Sol. Energy of photon = Difference in energies of α particles = 0.4 MeV

Sol. γ फोटॉन की ऊर्जा = α कणों की ऊर्जाओं में अन्तर = 0.4 MeV

Section (D) : Statistical Law of Radioactive decay
खण्ड़ (D) : रेडियोएक्टिव क्षय के सांख्यिकी के नियम

D 1. In one average-life एक माध्य आयु में
(A) half the active nuclei decay आधे सक्रिय नाभिकों का क्षय हो जाता है।
(B) less than half the active nuclei decay आधे से कुछ कम सक्रिय नाभिकों का क्षय हो जाता है।
(C*) more than half the active nuclei decay आधे से कुछ अधिक सक्रिय नाभिकों का क्षय हो जाता है
(D) all the nuclei decay सभी नाभिकों का क्षय हो जाता है।

Sol. $T_{avg.} = \frac{1}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} < T_{avg.}$

D 2. A freshly prepared radioactive source of half-life 2 h emits radiation of intensity which is 64 times the permissible safe level. The minimum time after which it would be possible to work safely with this source is -
एक नव निर्मित रेडियोएक्टिव स्रोत (अर्द्धआयु 2 hrs) अपने अधिकतम सुरक्षित स्तर से 64 गुना अधिक तीव्रता की विकिरण उत्सर्जित करता है, तो इस स्रोत के साथ न्यूनतम कितनी अवधि के बाद सुरक्षित कार्य किया जा सकता है -
(A) 6 h (B*) 12 h (C) 24 h (D) 128 h

Sol. $64 = 2^6$

After 6 half lives activity will become = $\frac{1}{64}$

6 अर्द्व आयु के बाद सक्रियता = $\frac{1}{64}$ हो जायेगी

Hence required time अतः आवश्यक समय = 6 × 2h **= 12h .**

D 3. Two isotopes P and Q of atomic weight 10 and 20, respectively are mixed in equal amount by weight. After 20 days their weight ratio is found to be 1 : 4. Isotope P has a half-life of 10 days. The half-life of isotope Q is
P और Q दो समस्थानिकों को जिनका परमाणु भार 10 और 20 है, बराबर मात्रा (भार की) में मिलाया गया है। 20 दिन बाद उनके भार का अनुपात 1 : 4 पाया गया। 'P' समस्थानिक की अर्द्धआयु 10 दिन है, तो Q की अर्द्धआयु होगी –
(A) zero शून्य (B) 5 days दिन (C) 20 days दिन (D*) inifinite अनन्त

Sol. No. of nucleus of P, $N_P = \frac{m}{10} \times N_A$

P के नाभिक की संख्या $N_P = \frac{m}{10} \times N_A$

No. of nucleus of Q, $N_Q = \frac{m}{20} \times N_A$

Q के नाभिको की संख्या $N_Q = \frac{m}{20} \times N_A$

No. of Isotope P after 20 days, $N_P' = \frac{N_P}{4}$

20 दिनो के बाद P के समस्थानिको की संख्या $N_P' = \frac{N_P}{4}$

Let no. of Isotope Q after 20 days be N_Q'

माना 20 दिनो बाद Q के समस्थानिको की संख्या N'_Q

$$\therefore \quad \frac{N'_P \times \frac{10}{N_A}}{N'_Q \times \frac{20}{N_A}} = \frac{1}{4} \text{ (given दिया है)}$$

$$N'_Q = 2 \times N'_P = \frac{N_P}{2} = N_Q$$

Thus no change in number of Q. Hence its half life is infinity.
अतः Q की संख्या में कोई परीवर्तन नही होगा। अतः इसकी अर्द्धआयु अनन्त होगी।

D 4. 10 grams of ^{57}Co kept in an open container beta-decays with a half-life of 270 days. The weight of the material inside the container after 540 days will be very nearly -
एक खुले बर्तन में पड़े 10 ग्राम ^{57}Co का β-क्षय हुआ जिसकी अर्द्धआयु 270 दिन है। 540 दिन बाद बर्तन में पड़े पदार्थ का भार (लगभग) होगा -
(A*) 10 g (B) 7.5 g (C) 5 g (D) 2.5 g

Sol. The weight will not change appreciably as the process is β - decay.
क्योकि प्रक्रिया β - decay. विघटन है अतः भार अचानक परीवर्तीत नही होगा।

D-5. $A \xrightarrow{\lambda} B \xrightarrow{2\lambda} C$

	A	B	C
t = 0	N_0	0	0
t	N_1	N_2	N_3

The ratio of N_1 to N_2 when N_2 is maximum is :
N_1 का N_2 के साथ अनुपात क्या है, जब N_2 का मान अधिकतम है :
(A) at no time this is possible किसी भी समय यह संभव नहीं
(B*) 2 (C) 1/2 (D) $\frac{\ell n2}{2}$

Sol. **[B]**

$$\frac{dN_2}{dt} = \lambda N_1 - 2\lambda N_2$$

for N_2 to be maximum, N_2 के अधिकतम के लिए

$$\frac{dN_2}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda N_1 = 2\lambda N_2 \quad \text{or} \quad \frac{N_1}{N_2} = 2$$

D-6. The half-life of ^{131}I is 8 days. Given a sample of ^{131}I at time t = 0, we can assert that
(A) No nucleus will decay before t = 4 days
(B) No nucleus will decay before t = 8 days
(C) All nuclei will decay before t = 16 days
(D*) A given nucleus may decay at any time after t = 0.
^{131}I की अर्द्धआयु 8 दिन है। t = 0 पर ^{131}I का एक नमूना दिया गया, हम यह कह सकते हैं कि -
(A) t = 4 दिन से पहले किसी भी नाभिक का क्षय नहीं होगा
(B) t = 8 दिन से पहले किसी भी नाभिक का क्षय नहीं होगा
(C) t = 16 दिन से पहले सभी नाभिकों का क्षय हो जाएगा
(D*) एक दिये हुए नाभिक का t = 0 के बाद कभी भी क्षय हो सकता है।

Section (E) : Nuclear Fission and Fusion
खण्ड़ (E) : नाभिकीय विघटन और संलयन

E 1. $_{92}U^{235}$ nucleus absorbs a slow neutron and undergoes fission into $_{54}X^{139}$ and $_{38}Sr^{94}$ nuclei. The other particles produced in this fission process are
एक $_{92}U^{235}$ नाभिक एक धीमे न्यूट्रॉन को ग्रहण करके $_{54}X^{139}$ और $_{38}Sr^{94}$ नाभिकों में विघटित होता है। इस विघटन प्रक्रिया में उत्पन्न कण होते हैं -
(A) 1 β and 1 α (B) 2 β and 1 neutron (C) 2 neturons (D*) 3 neutrons
(A) 1 β और 1 α (B) 2 β और 1 न्यूट्रॉन (C) 2 न्यूट्रॉन (D*) 3 न्यूट्रॉन

Sol. $_{92}U^{235} + n \longrightarrow {}_{54}Xe^{139} + {}_{38}Y^{94} + 3n$

E 2. Two lithium ^{6}Li nuclei in a lithium vapour at room temperature do not combine to form a carbon ^{12}C nucleus because
(A) a lithium nucleus is more tightly bound than a carbon nucleus
(B) carbon nucleus is an unstable particle
(C) it is not energetically favourable
(D*) Coulomb repulsion does not allow the nuclei to come very close
दो लीथीयम ^{6}Li नाभिक लिथियम वाष्प में कमरे के ताप पर जुड़कर ^{12}C कार्बन नाभिक नहीं बनाते हैं, क्योंकि -
(A) लीथीयम का नाभिक कार्बन नाभिक की तुलना में अधिक दृढ़ता से जुड़ा होता है।
(B) कार्बन नाभिक एक अस्थाई कण है।
(C) यह ऊर्जा के अनुरूप (favourable) नहीं है।
(D*) कूलाम प्रतिकर्षण के कारण नाभिक अधिक नजदीक नहीं आ पाते हैं।

E 3. In a uranium reactor whose thermal power is P = 100 MW, if the average number of neutrons liberated in each nuclear splitting is 2.5. Each splitting is assumed to release an energy E = 200 MeV. The number of neutrons generated per unit time is -
किसी यूरेनियम भट्टी में जिसकी तापीय शक्ति P = 100 MW है, अगर एक नाभिकीय विघटन में औसतन, 2.5 न्यूट्रॉन उत्सर्जित होते हैं तो एकांक समय में कितने न्यूट्रॉन उत्पन्न होंगे (प्रत्येक विघटन में E = 200 MeV ऊर्जा मुक्त होती है) -

(A) $4 \times 10^{18}\ s^{-1}$ (B) $8 \times 10^{23}\ s^{-1}$ (C) $8 \times 10^{19}\ s^{-1}$ (D*) $\frac{125}{16} \times 10^{18}\ s^{-1}$

Sol. No. of nuclear spliting per second is प्रति सकैण्ड टूटने वाले नाभिको की संख्या

$N = \frac{100MW}{200MeV} = \frac{100}{200 \times 1.6 \times 10^{-19}}\ S^{-1}$

No. of neutrons Liberated निकलने वाले न्यूट्रॉनो की संख्या = $\frac{100}{200} \times \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \times 2.5\ S^{-1} = \frac{125}{16}\ \mathbf{\times 10^{18}\ S^{-1}}$

E 4. Choose the statement which is true.
(A) The energy released per unit mass is more in fission than in fusion
(B) The energy released per atom is more in fusion than in fission.
(C*) The energy released per unit mass is more in fusion and that per atom is more in fission.
(D) Both fission and fusion produce same amount of energy per atom as well as per unit mass.
सही कथन चुनो -
(A) विघटन में संलयन की अपेक्षा प्रति एकांक द्रव्यमान अधिक ऊर्जा मिलती है।
(B) संलयन में विघटन के मुकाबले प्रति परमाणु अधिक ऊर्जा मिलती है।
(C*) संलयन में विघटन की अपेक्षा प्रति एकांक द्रव्यमान अधिक ऊर्जा मिलती है, जबकि विघटन में संलयन की अपेक्षा प्रति परमाणु अधिक ऊर्जा मिलती है।
(D) संलयन और विघटन प्रति एकांक द्रव्यमान और प्रति परमाणु समान ऊर्जा देते हैं।

Sol. (C) The energy released per unit mass is more in fusion and that per atom is more in fission.
(C) संलयन में विघटन की अपेक्षा प्रति एकांक द्रव्यमान अधिक ऊर्जा मिलती है, जबकि विघटन में संलयन की अपेक्षा प्रति परमाणु अधिक ऊर्जा मिलती है।

E 5. Fusion reaction is possible at high temperature because -
(A) atoms are ionised at high temperature
(B) molecules break-up at high temperature
(C) nuclei break-up at high temperature
(D*) kinetic energy is high enough to overcome repulsion between nuclei.
संलयन अभिक्रिया उच्च ताप पर सम्भव होती है, क्योंकि -
(A) उच्च ताप पर परमाणु आयनित हो जाते हैं।
(B) उच्च ताप पर अणु टूट जाते हैं।
(C) उच्च ताप पर नाभिक टूट जाते हैं।
(D*) गतिज ऊर्जा इतनी अधिक होगी कि वह नाभिकों के मध्य प्रतिकर्षण को समाप्त करने के लिए पर्याप्त है।

Sol. (D)
Fusion reaction is possible at high temperature because kinetic energy is high enough to overcome repulsion between nuclei.
संलयन अभिक्रिया उच्च ताप पर सम्भव होती है, क्योंकि गतिज ऊर्जा इतनी अधिक होगी कि वह नाभिकों के मध्य प्रतिकर्षण को समाप्त करने के लिए पर्याप्त है।

E 6. In a fission reaction ${}^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{117}X + {}^{117}Y + n + n$ the average binding energy per nucleon of X and Y is 8.5 MeV whereas that of ${}^{236}U$ is 7.6 MeV. The total energy liberated will be about :
विखण्डन अभिक्रिया में ${}^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{117}X + {}^{117}Y + n + n$, X और Y की प्रतिन्यूक्लिआन औसत बन्धन ऊर्जा 8.5 MeV है जबकि ${}^{236}U$ की 7.6 MeV है। लगभग कुल उत्सर्जित ऊर्जा होगी-
(A) 200 keV (B) 2 MeV (C*) 200 MeV (D) 2000 MeV

Sol. $Q = (BE_x + BE_y - Be_u)$
$= (2 \times 117 \times 8.5 - 236 \times 7.6)$ MeV = 195 MeV ≈ **200 MeV.**

E-7. A heavy nucleus having mass number 200 gets disintegrated into two small fragments of mass number 80 and 120. If binding energy per nucleon for parent atom is 6.5 M eV and for daughter nuclei is 7 M eV and 8 M eV respectively, then the energy released in each decay will be :
द्रव्यमान संख्या 200 वाला भारी नाभिक, दो छोटे टुकड़ों 80 और 120 द्रव्यमान संख्या में विभाजित हो जाता है। यदि पैतृक परमाणु की प्रतिन्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा 6.5 M eV है और पूत्री नाभिक की प्रतिन्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा 7 MeV और 8 M eV है, तब प्रत्येक विघटन में मुक्त ऊर्जा होगी -
(A) 200 M eV (B) – 220 M eV (C*) 220 M eV (D) 180 M eV

Sol. Energy released मुक्त ऊर्जा = $[(80 \times 7) + (120 \times 8)] - [200 \times 6.5]$ = 220 MeV **Ans.**

E-8. Assuming that about 20 MeV of energy is released per fusion reaction, ${}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_0n^1 + {}_2He^4$, the mass of ${}_1H^2$ consumed per day in a future fusion reactor of power 1 MW would be approximately
${}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_0n^1 + {}_2He^4$ संलयन क्रिया में यदि 20 MeV ऊर्जा उत्सर्जित मानें, तो 1 MW शक्ति के आगामी संलयन रियेक्टर में प्रतिदिन प्रयुक्त ${}^1H_2$ का द्रव्यमान लगभग है –
(A*) 0.1 gm (B) 0.01 gm (C) 1 gm (D) 10 gm

Sol. (A) no of moles of ${}_1H^2$ consumed
(A) ${}_1H^2$ के प्रयुक्त मोलों की संख्या
$= \dfrac{1\,MW \times (24 \times 3600)\,sec/day}{(20\,MeV \times 6.023 \times 10^{23})} = 0.05$
$\therefore$ m = 0.1 g

PART - III : MATCH THE COLUMN

भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1. Match the column-I of properties with column-II of reactions

Column-I	Column-II
(A) Mass of product formed is less than the original mass of the system in	(p) α-decay
(B) Binding energy per nucleon increase in	(q) β-decay
(C) Mass number is conserved in	(r) Nuclear fission
(D) Charge number is conserved in	(s) Nuclear fusion

कॉलम-I में दिये गये कथनों को कॉलम-II से सुमेलित करिये।

कॉलम-I	कॉलम-II
(A) बने उत्पादों का द्रव्यमान निकाय के आरम्भिक द्रव्यमान से कम होगा।	(p) α-क्षय में
(B) प्रतिन्युक्लिऑन (nucleon) बन्धन ऊर्जा बढ़ती है।	(q) β-क्षय में
(C) द्रव्यमान संख्या (mass number) संरक्षित रहती है।	(r) नाभिकीय विखण्डन में
(D) आवेश संख्या संरक्षित रहती है।	(s) नाभिकीय संलयन में

Ans. (A) p,q,r,s (B) p,q,r,s (C) p,q,r,s, (D) p,q,r,s

Sol. (A) Energy is released in all the four processes. Hence mass will decrease
(B) Since energy is released, Binding energy per nucleon will increase.
(C) Mass number conserves in all the processes.
(D) Total charge also conserves in all the processes.

Sol. (A) सभी चारों प्रक्रम में ऊर्जा मुक्त होती है। अतः द्रव्यमान घटेगा।
(B) चूंकि ऊर्जा मुक्त होती है। प्रति न्यूक्लिआॅन बन्धन ऊर्जा बढ़ेगी।
(C) द्रव्यमान संख्या सभी प्रक्रम में संरक्षी होती है।
(D) कुल ऊर्जा भी सभी प्रक्रम में संरक्षी होती है।

2. In column-I, consider each process just before and just after it occurs. Initial system is isolated from all other bodies. Consider all product particles (even those having rest mass zero) in the system. Match the system in column-I with the result they produce in column-II.

Column-I	Column-II
(A) Spontaneous radioactive decay of an uranium nucleus initially at rest as given by reaction $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He + ...$	(p) Number of protons is increased
(B) Fusion reaction of two hydrogen nuclei as given by reaction $^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ...$	(q) Momentum is conserved
(C) Fission of U^{235} nucleus initiated by a thermal neutron as given by reaction $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + ...$	(r) Mass is converted to energy or vice versa
(D) β^- decay (negative beta decay)	(s) Charge is conserved

कॉलम-I में प्रत्येक प्रक्रम (process) घटित होने के ठीक पहले व ठीक बाद विचार कीजिए। प्रारम्भिक निकाय सभी अन्य वस्तुओं से विलगित है। सभी उत्पाद कणों (चाहे उसका विराम द्रव्यमान शून्य ही हो) को निकाय में माने। कॉलम-I में निकाय को कॉलम-II में उनके संगत परिणाम से सुमेलित करिए।

कॉलम-I	कॉलम-II
(A) एक यूरेनियम नाभिक जो कि प्रारम्भ में विराम में था उसका निम्न अभिक्रिया द्वारा स्वतः रेडियोएक्टिव क्षय होता है $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He + ...$	(p) प्रोटॉनो की संख्या बढ़ती है।
(B) दो हाइड्रोजन नाभिकों की संलयन अभिक्रिया $^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ...$	(q) संवेग संरक्षित रहता है।
(C) U^{235} नाभिक का तापीय न्यूट्रॉन द्वारा विखण्डन प्रारम्भ किया जाता है $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{144}_{56}Ba + ^{89}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + ...$	(r) द्रव्यमान ऊर्जा में रूपान्तरित होता है या इसका व्युत्क्रम (vice-versa) होता है
(D) β^- क्षय (ऋणात्मक बीटा क्षय)	(s) आवेश संरक्षित रहता है।

Ans. (A) q,r,s, (B) q,r,s (C) q,r,s (D) p,q,r,s

Sol. (A) In the given spontaneous radioactive decay, the number of protons remain constant and all conservation principles are obeyed.

(B) In fusion reaction of two hydrogen nuclei a proton is decreased as positron shall be emitted in the reaction. All the three conservation principles are obeyed.

(C) In the given fission reaction the number of protons remain constant and all conservation principles are obeyed.

(D) In beta negative decay, a neutron transforms into a proton within the nucleus and the electron is ejected out.

(A) दिये गये स्वतः रेडियोऐक्टिव विघटन में, प्रोटॉनों की संख्या नियत रहती है तथा सभी संरक्षण नियमों का पालन होता है।

(B) दो हाइड्रोजन नाभिकों की संलयन प्रक्रिया में, एक प्रोटॉन, एक पोजिट्रॉन के रूप में घट जाता है जो अभिक्रिया में उत्सर्जित होता है। सभी तीन संरक्षण नियमों का पालन होता है।

(C) दी गइ विखण्डन प्रक्रिया में, प्रोटॉनों की संख्या नियत रहती है तथा सभी संरक्षण नियमों का पालन होता है।

(D) ऋणात्मक बीटा विघटन में, एक न्यूट्रॉन नाभिक में एक प्रोटॉन के रूप में रूपान्तरित हो जाता है तथा एक इलेक्ट्रॉन निकल जाता है।

3._ Four physical quantities are listed in column I. Their values are listed in Column II in a random order.

	Column I		**Column II**
(a)	Thermal energy of air molecules at room temperature	(e)	0.04 eV
(b)	Binding energy of heavy nuclei per nucleon	(f)	2 eV
(c)	X–ray photon energy	(g)	1 KeV
(d)	Photon energy of visible light	(h)	7 MeV I

कॉलम I में चार भौतिक राशियाँ अंकित है। उनके मान कॉलम II में यादृच्छ क्रम में दिये हैं -

	कॉलम I		**कॉलम II**
(a)	कमरे के ताप पर हवा के अणुओं की तापीय ऊर्जा	(e)	0.04 eV
(b)	भारी नाभिक की प्रति न्यूक्लिआन बन्धन ऊर्जा	(f)	2 eV
(c)	X–किरण फोटोन की ऊर्जा	(g)	1 KeV
(d)	दृश्य प्रकाश की फोटोन ऊर्जा	(h)	7 MeV

The correct matching of columns I & II is given by :

I और II के मध्य सही मिलान है :

(A*) a – e, b – h, c – g, d – f
(B) a – e, b – g, c – f, d – h
(C) a – f, b – e, c – g, d – h
(D) a – f, b – h, c – e, d – g

Sol. **Informative सैद्धान्तिक**

Exercise-2

Marked Questions can be used as Revision Questions.
चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

PART - I : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE

भाग - I : केवल एक सही विकल्पी प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

Section (A) : Properties of Nucleus नाभिक के गुण

1. Choose the wrong statement.
(A) The nuclear force becomes weak if the nucleus contains too many protons compared to the number of neutrons
(B) The nuclear force becomes weak if the nucleus contains too many neutrons compared to the number of protons.
(C) Nuclei with atomic number greater than 82 show a tendency to disintegrate.
(D*) The nuclear force becomes very strong if the nucleus contains a large number of nucleons.
असत्य कथनों का चयन किजिए।
(A) नाभिकिय बल दुर्बल होता है यदि नाभिक में न्यूट्रॉन की संख्या की तुलना में प्रोटॉन की संख्या कही अधिक हो।
(B) नाभिकिय बल दुर्बल होता है यदि नाभिक में प्रोटॉन की संख्या की तुलना में न्यूट्रॉन की संख्या कही अधिक हो।
(C) 82 से अधिक परामाणविक द्रव्यमान वाले नाभिक विघटन की प्रवृति प्रदर्शित करते है।
(D*) नाभिकीय बल बहुत प्रबल होता है यदि नाभिक में नाभिकीय कणों की संख्या बहुत अधिक हो।

Sol. Statement (D) is wrong
Sol. कथन (D) गलत है।

Section (B) : Mass Defect and Binding Energy द्रव्यमान क्षति और बन्धन ऊर्जा

2. Binding Energy per nucleon of a fixed nucleus X^A is 6 MeV. It absorbs a neutron moving with KE = 2 MeV, and converts into Y at ground state, emitting a photon of energy 1 MeV. The Binding Energy per nucleon of Y (in MeV) is -
किसी स्थिर नाभिक X^A की प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा 6 MeV है। यह गतिज ऊर्जा 2 MeV से गतिमान एक न्यूट्रॉन को अवशोषित करता है और 1 MeV ऊर्जा का फोटॉन उत्सर्जित कर मूल अवस्था पर Y, में बदल जाता है। Y की प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा (MeV में) है –

(A) $\frac{(6A+1)}{(A+1)}$ (B*) $\frac{(6A-1)}{(A+1)}$ (C) 7 (D) $\frac{7}{6}$

Sol. BE of X = 6A
BE of Y = 6A – 2 + 1 = 6A – 1
[Because absorption of energy decreases BE and releas of energy increases BE]
In Y nuclues there are A + 1 nuclues.

$$\therefore \quad \frac{BE}{\text{nucleon}} = \frac{6A-1}{A+1}$$

Sol. X की बंधन ऊर्जा = 6A
Y की बंधन ऊर्जा = 6A – 2 + 1 = 6A – 1
[क्योंकि ऊर्जा का अवशोषण बंधन ऊर्जा घटाता है और ऊर्जा का मुक्त होना बंधन ऊर्जा बढ़ाता है।]
Y नाभिक में A + 1 नाभिक कण है।

$$\therefore \quad \frac{\text{बंधन ऊर्जा}}{\text{नाभिक कण}} = \frac{6A-1}{A+1}$$

Section (C) : Radioactive decay & Displacement law रेडियोएक्टिव विघटन एवं विस्थापन नियम

3. The half life of ^{215}At is 100 μs. The time taken for the radioactivity of a sample of ^{215}At to decay to 1/16th of its initial value is :
^{215}At की अर्द्धआयु 100 μs है। इसके एक नमूने की रेडियोएक्टिविटी को प्रारम्भिक रेडियोएक्टिविटी की 1/16th होने में समय लगेगा :
(A*) 400 μs (B) 6.3 μs (C) 40 μs (D) 300 μs

Sol. $R = R_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$ ....(1)
Here R = activity of radioactive substance after n half lives
$= \frac{R_0}{16}$ (given)
Substituting in equation (1), we get n = 4
∴ $t = (n)t_{1/2} = (4)\ (100\ \mu s) = 400\ \mu s$

Sol. $R = R_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$ ....(1)
यहाँ R = n अर्धआयुकाल पश्चात् रेडियो पदार्थ की सक्रियता।
$= \frac{R_0}{16}$ (दिया गया है)
समीकरण (1) में प्रतिस्थापित करने पर प्राप्त होगा n = 4
∴ $t = (n)t_{1/2} = (4)\ (100\ \mu s) = 400\ \mu s$

4. A free neutron decays to a proton but a free proton does not decay to a neutron. This is because
(A) neutron is a composite particle made of a proton and an electron whereas proton is fundamental particle
(B) neutron is an uncharged particle whereas proton is a charged particle
(C*) neutron has larger rest mass than the proton
(D) weak forces can operate in a neutron but not in a proton.
एक मुक्त न्यूट्रॉन प्रोटोन में क्षय हो जाता है पर एक मुक्त प्रोटॉन न्यूट्रॉन में क्षय नहीं होता क्योंकि -
(A) न्यूट्रॉन एक संयुक्त कण है जो प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन का बना होता है, जबकि प्रोटॉन एक मूलभूत कण है।
(B) न्यूट्रॉन एक अनावेशित कण है जबकि प्रोटॉन एक आवेशित कण है।
(C*) न्यूट्रान का विराम द्रव्यमान प्रोटॉन से अधिक है।
(D) न्यूट्रॉन में दुर्बल बल लगते हैं, जबकि प्रोटॉन में नहीं।

Sol. As a proton is lighter than a neutron, proton can not be converted into neutron without providing energy from outside. Reverse is possible. The weak interaction force is responsible in both the processes (i) conversion of p to n and (ii) conversion of n to p.
चूंकि प्रोटॉन न्यूट्रॉन की तुलना में हल्के होते है। प्रोटॉन न्यूट्रॉन में बाहर से बिना ऊर्जा दिये परिवर्तित नहीं हो सकते है। प्रक्रम सम्भव है। दुर्बल अन्तः–क्रिया बल प्रक्रम (i) p का n में रूपान्तरण तथा (ii) n का p में रूपान्तरण दोंनो में उत्तरदायी है। .

5. **Match the following : निम्न को सुमेलित करो –**

Column I	Column II
(a) Photoelectric effect	I. Photon
(b) Wave	II. Frequency
(c) X rays	III. K capture
(d) Nucleus	IV. γ rays

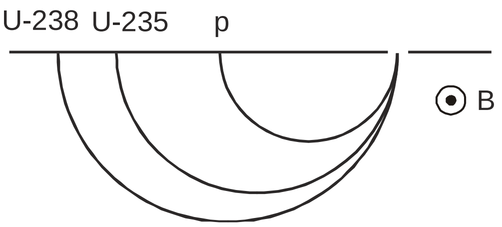
कॉलम I	कॉलम II
(a) प्रकाश वैद्युतीकी प्रभाव	I. फोटॉन
(b) तरंग	II. आवृति
(c) X किरण	III. K प्रग्रहण (capture)
(d) नाभिक	IV. γ किरण

(A*) a – I, b – II, c – III, d – IV
(B) a – II, b – I, c – IV, d – III
(C) a – II, b – I, c – III, d – IV
(D) None of these इनमें से कोई नहीं

Sol. For all types of wave, sound wave, light wave, string wave the term related is frequency. Which is given only in one option. Other phenomenon are properly matching.
Photoelectric effect proves photon character of light.
γ rays can only be produced from nucleus.
In case of k capture x rays are emitted.

Sol. सभी तरह की तरंगें, ध्वनि तरंग, प्रकाश तरंग, डोरी तरंग से संबंधित पद आवृति है। जो केवल एक विकल्प में है। अन्य परिकल्पनायें समानुपाती सुमेलित है।
प्रकाश वैद्युत प्रभाव के फोटॉन प्रकृति को सिद्ध करता है।
γ-किरणें केवल नाभिक से उत्पन्न करा सकते हैं।
k प्रग्रहण की स्थिति में x-किरणें उत्सर्जित होती हैं।

6. Protons and singly ionized atoms of U^{235} & U^{238} are passed in turn (which means one after the other and not at the same time) through a velocity selector and then enter a uniform magnetic field. The protons describe semicircles of radius 10 mm. The separation between the ions of U^{235} and U^{238} after describing semicircle is given by
प्रोटोन और U^{235} व U^{238} के एकल आयनित परमाणुओं को एक–एक करके वेग चयन करने वाले उपकरण द्वारा समरूप चुम्बकीय क्षेत्र में भेजा जाता है। प्रोटॉन 10 mm त्रिज्या का अर्द्धवृत्त बनाता है। U^{235} व U^{238} के मध्य अर्द्धवृत्त पर चक्कर लगाने के पश्चात् दूरी होगी -



(A*) 60 mm (B) 30 mm (C) 2350 mm (D) 2380 mm

Sol. $R = \frac{mv}{qB}$

$R_P = \frac{m_P v}{eB}$

$R_{235_U} = \frac{m_{235_U}.v}{eB}$

$\Delta x = 2 \times \frac{3M_P v}{eB}$ = 6 × 10 mm = **60 mm.**

7. When a β^--particle is emitted from a nucleus, the neutron-proton ratio :
(A*) is decreased (B) is increased (C) remains the same (D) first (A) then (B)
जब एक नाभिक में से एक β^--कण उत्सर्जित होता है तो न्यूट्रॉन प्रोट्रॉन का अनुपात :
(A*) घटता है (B) बढ़ता है (C) समान रहता है (D) पहले (A) फिर (B)

Sol. (A) When a β^--particle is emitted from a nucleus, a proton increases and a neutron decreases. Hence the neutron-proton ratio is decreased
जब एक नाभिक में से एक β^--कण उत्सर्जित होता है तो एक प्रोटोन बढ़ता है तथा एक न्यूट्रॉन घटता है। अतः न्यूट्रॉन प्रोट्रॉन का अनुपात घटता है

8. Consider a sample of a pure beta-active material
(A) All the beta particles emitted have the same energy
(B) The beta particles originally exist inside the nucleus and are ejected at the time of beta decay
(C) The antineutrino emitted in a beta decay has zero rest mass and hence zero momentum.
(D*) The active nucleus changes to one of its isobars after the beta decay
शुद्ध β-सक्रिय पदार्थ के एक नमूने पर विचार कीजिए –
(A) सभी उत्सर्जित β-कणों की समान ऊर्जा होगी।
(B) प्रारम्भ में β-कण नाभिक में विद्यमान होते हैं तथा क्षय के समय उत्सर्जित होते हैं।
(C) β-क्षय में उत्सर्जित एंटी-न्यूट्रीनों का विराम द्रव्यमान शून्य होता है और इसलिए उसका संवेग भी शून्य होता है।
(D*) सक्रिय नाभिक β-क्षय के बाद अपने किसी समभारिक में बदल जाता है।

Sol. (A) The emitted β- particles may have varying energy.
(B) e^- or e^+ does not exists inside the nucleus.
(C) $\bar{v}$ does carry momentum.
(D) In β-decay mass number does not change.

Sol. (A) उत्सर्जित β- कणों की ऊर्जा परिवर्तनशील है।
(B) e^- या e^+ नाभिक के अन्दर उपस्थित नहीं है।
(C) $\bar{v}$ संवेग लाता है।
(D) β-क्षय में द्रव्यमान संख्या परिवर्तित नहीं होती है।

9. Masses of two isobars $^{64}{}_{29}Cu$ and $^{64}{}_{30}Zn$ are 63.9298 u and 63.9292 u respectively. It can be concluded from these data that :
(A) Both the isobars are stable
(B) ^{64}Zn is radioactive, decaying to ^{64}Cu through β-decay
(C) ^{64}Cu is radioactive, decaying to ^{64}Zn through γ-decay
(D*) ^{64}Cu is radioactive, decaying to ^{64}Zn through β-decay
दो समभारिक $^{64}{}_{29}Cu$ और $^{64}{}_{30}Zn$ के द्रव्यमान 63.9298 u और 63.9292 u है। इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि :
(A) दोनों समभारिक स्थिर (स्थायी) है।
(B) ^{64}Zn रेडियोएक्टिव है और β-क्षय द्वारा ^{64}Cu में परिवर्तित होता है।
(C) ^{64}Cu रेडियोएक्टिव है और γ-क्षय द्वारा ^{64}Zn में परिवर्तित होता है।
(D*) ^{64}Cu रेडियोएक्टिव है और β-क्षय द्वारा ^{64}Zn में परिवर्तित होता है।

Sol. In beta decay, atomic number increases by 1 whereas the mass number remains the same. Therefore, following equation can be possible
बीटा क्षय में, परमाणु क्रमांक 1 से बढ़ जाता है, जबकि द्रव्यमान संख्या समान रहती है। अतः निम्न समीकरण संभव है।

$$^{64}{}_{29}Cu \longrightarrow {}^{64}{}_{30}Zn + {}_{-1}e^0$$

10. In an α-decay the Kinetic energy of α particle is 48 MeV and Q-value of the reaction is 50 MeV. The mass number of the mother nucleus is:- (Assume that daughter nucleus is in ground state)
एक α–क्षय में α – कण की गतिज ऊर्जा 48 Mev है तथा अभिक्रिया का Q मान 50 Mev है। पैतृक नाभिक की द्रव्यमान संख्या है (माना पुत्री नाभिक मूल अवस्था में है।)
(A) 96 (B*) 100 (C) 104 (D) none of these इनमें से कोई नहीं

Sol. We have हम रखते हैं $K_\alpha = \frac{m_y}{m_y + m_\alpha}.Q \Rightarrow K_\alpha = \frac{A-4}{A}.Q$

$\Rightarrow 48 = \frac{A-4}{A}.50 \Rightarrow A = 100$

11. Free ^{238}U nuclei kept in a train emit alpha particles. When the train is stationary and a uranium nucleus decays, a passenger measures that the separation between the alpha particle and the recoiling nucleus becomes x in time t after the decay. If a decay takes place when the train is moving at a uniform speed υ, the distance between the alpha particle and the recoiling nucleus at a time t after the decay, as measured by the passenger will be -

ट्रेन में रखे एक मुक्त ^{238}U द्वारा α-कण उत्सर्जित किया जाता है। जब ट्रेन रूकी हुई है तथा यूरेनियम नाभिक क्षयित होता है तो एक यात्री ने मापा कि α-कण और प्रतिक्षिप्त नाभिक के बीच ' t ' समय में दूरी x हो जाती है। अगर क्षय υ नियत चाल से चलती हुई ट्रेन में हुआ हो तो 't' समय में ही दोनों के बीच की दूरी यात्री द्वारा क्या मापी जाएगी –

(A) $x + \upsilon t$ (B) $x - \upsilon t$ (C*) x
(D) depends on the direction of the train ट्रेन की दिशा पर निर्भर करेगी

Sol. The decay law will remain same even in the train. The velocities of the α-particle and the recoiling nucleus will be same on the ground and in the train with respect to train.

क्षय नियम ट्रेन में समान रहेगा। α-कण व प्रतिक्षिप्त नाभिक का वेग धरातल तथा ट्रेन में धरातल के सापेक्ष समान रहेगा।

12. A nucleus with mass number 220 initially at rest emits an α-particle. If the Q value of the reaction is 5.5 MeV, calculate the kinetic energy of the α-particle

220 द्रव्यमान संख्या के एक स्थिर नाभिक ने एक α-कण का उत्सर्जन किया। अगर अभिक्रिया का Q मान 5.5 MeV, है तो α-कण की गतिज ऊर्जा होगी -

(A) 4.4 MeV (B*) 5.4 MeV (C) 5.6 MeV (D) 6.5 MeV

Sol. The magnitude of momentum of the daughter nucleus and α-particles will be equal

Q = KE of daughter nucleus + KE of α-particle

$= \frac{p^2}{2m_d} + \frac{p^2}{2m_\alpha}$

KE of α-particle $= \frac{p^2}{2m_\alpha} = \frac{p^2}{2m_\alpha} \times \frac{m_\alpha . m_d}{m_\alpha + m_d} . Q$

$= \frac{216}{220} \times 5.5$ Mev. = **5.4 Mev.**

α-कण तथा बचे हुए नाभिक के संवेगों के मान बराबर है

Q = बचे हुए नाभिक की गतिज ऊर्जा + α-कण की गतिज ऊर्जा

$= \frac{p^2}{2m_d} + \frac{p^2}{2m_\alpha}$

α-कण की गतिज ऊर्जा $= \frac{p^2}{2m_\alpha} = \frac{p^2}{2m_\alpha} \times \frac{m_\alpha . m_d}{m_\alpha + m_d} . Q$

$= \frac{216}{220} \times 5.5$ Mev. = **5.4 Mev.**

SECTION (D) : STATISTICAL LAW OF RADIOACTIVE DECAY
रेडियोएक्टिव विघटन के सांख्यिकी के नियम

13. A charged capacitor of capacitance C is discharged through a resistance R. A radioactive sample decays with an average life τ. Find the value of R for which the ratio of the electrostatic field energy stored in the capacitor to the activity of the radioactive sample is independent of time.

एक आवेशित संधारित्र जिसकी धारिता 'C' है, को एक R प्रतिरोधक द्वारा अनावेशित किया जाता है। एक रेडियोएक्टिव नमूना औसत आयु τ से क्षय करता है। 'R' का वह मान ज्ञात करें जिसके लिए संधारित्र में संचित स्थिर वैद्युत स्थितिज ऊर्जा का रेडियोएक्टिव नमूने की सक्रियता के साथ अनुपात समय पर निर्भर नही करें।

(A) $\frac{\tau}{C}$ (B*) $\frac{2\tau}{C}$ (C) $\frac{\tau}{2C}$ (D) $\frac{3\tau}{2C}$

Sol. Activity of the sample after time t_1
t_1 समय बाद नमूने की सक्रियता

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

Enrgy stored in the capacitor
संधारित्र में संग्रहित ऊर्जा

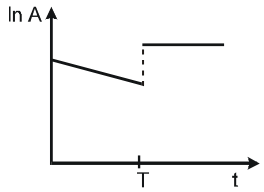
$$E = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{(Q_0e^{-\frac{t}{RC}})^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{Q_0^{\,2}}{C}e^{-2\frac{t}{RC}}$$

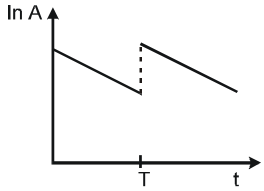
$$\frac{A}{E} = \frac{N_0\lambda}{Q_0^{\,2}/2C}\cdot e^{\left(-\frac{t}{\tau}+\frac{2t}{RC}\right)}$$

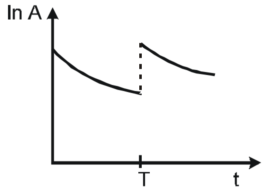
For the ratio to remain constant
अनुपात को नियत रहने के लिये

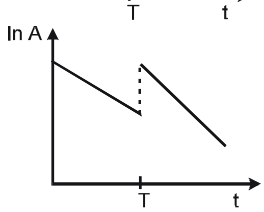
$$-\frac{1}{\tau}+\frac{2}{RC} = 0 \Rightarrow R = \frac{2\tau}{C}$$

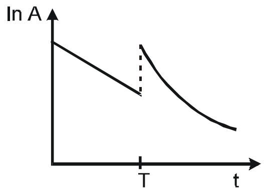
14. At time t = 0, some radioactive gas is injected into a sealed vessel. At time T, some more of the same gas is injected into the same vessel. Which one of the following graphs best represents the variation of the logarithm of the activity A of the gas with time t ?
t = 0 पर कुछ रेडियोएक्टिव गैस को एक बन्द बर्तन में डाला गया। T समय पश्चात् इसी गैस की थोड़ी ओर मात्रा डाली गई। इनमें सक्रियता A के लिए log A और t के मध्य दर्शाया गया कौनसा ग्राफ सबसे सही है -

(A)


(B*)


(C)


(D)


(E)


Sol. $A = A_0\,e^{-\lambda t}$
$\ell n\,A = \ell n\,A_0 - \lambda t$
ℓn A versus t is a linearly decreasing graph with slope depending to λ. As λ does not change, slope remains same.
ℓn A व t का ग्राफ सरल रेखीय रूप से घटता हुआ ग्राफ है जिसकी ढाल λ पर निर्भर करती है। चूंकि λ परिवर्तित नहीं होता है। अतः ढाल समान रहेगी।

15. A sample of radioactive material has mass *m*, decay constant λ, and molecular weight *M*. Avogadro constant = N_A. The initial acitvity of the sample is :
एक रेडियोएक्टिव पदार्थ के एक नमूने का द्रव्यमान *m* है, क्षयांक λ, और आणविक भार *M* है। आवोगाद्रो नियतांक = N_A । इसकी प्रारम्भिक सक्रियता है -

(A) λm (B) $\frac{\lambda m}{M}$ (C*) $\frac{\lambda m\ N_A}{M}$ (D) mN_Ae^{λ}

Sol. Initial activity प्रारिम्भक सक्रियता $= \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N_0 = \boldsymbol{\lambda}..\frac{m}{M}\mathbf{N_A}$

16. Two radioactive sources *A* and *B* initially contain equal number of radioactive atoms. Source *A* has a half-life of 1 hour and source *B* has a half-life of 2 hours. At the end of 2 hours, the ratio of the rate of disintegration of *A* to that of *B* is :

A और *B* दो रेडियोएक्टिव पदार्थों में प्रारम्भ में बराबर संख्या में रेडियोएक्टिव परमाणु थे। *A* की अर्द्धआयु 1 घंटा और *B* की अर्द्धआयु 2 घंटे है। 2 घंटे पश्चात् *A* और B के विघटन की दर का अनुपात होगा :

(A) 1 : 2 (B) 2 : 1 (C*) 1 : 1 (D) 1 : 4

Sol. No. of atoms of A after 2hrs. = $\frac{N_0}{4}$

2 घण्टे बाद A के अणुओ की संख्या = $\frac{N_0}{4}$

No of atoms of B after 2hrs. = $\frac{N_0}{2}$

2 घण्टे बाद B के अणुओ की संख्या = $\frac{N_0}{2}$

$$\frac{(dN/dt)_A}{(dN/dt)_B} = \frac{\lambda_A N_A}{\lambda_B N_B} = \frac{(T_{1/2})_B . N_A}{(T_{1/2})_A . N_B} = \frac{2}{1} \times \frac{1}{2} = \mathbf{1}$$

17. Two identical samples (same material and same amount initially) P and Q of a radioactive substance having mean life T are observed to have activities A_P & A_Q respectively at the time of observation. If P is older than Q, then the difference in their ages is:

P तथा Q रेडियों सक्रिय पदार्थ के दो एक समान (समान पदार्थ तथा समान मात्रा प्रारम्भ में) नमूने है तथा इनका माध्यकाल T है। परिक्षण के समय इनकी सक्रियता क्रमशः A_P तथा A_Q पायी जाती है। अगर P, Q की अपेक्षा अधिक पुराना है तो उनकी आयु में अन्तर होगा :

(A) $T\,\ell n\left(\frac{A_P}{A_Q}\right)$ (B*) $T\,\ell n\left(\frac{A_Q}{A_P}\right)$ (C) $\frac{1}{T}\ell n\left(\frac{A_P}{A_Q}\right)$ (D) $T\left(\frac{A_P}{A_Q}\right)$

Sol. $A_P = A_Q e^{-\lambda t} = A_Q e^{-\frac{1}{T}t}$ $\therefore$ $t = T\,\ell n \frac{A_Q}{A_P}$

18. N atoms of a radioactive element emit n alpha particles per second at an instant. Then the half - life of the element is

किसी क्षण एक रेडियो–एक्टिव तत्व के N परमाणु n अल्फा कण प्रति सेकण्ड उत्सर्जित करते हो तो तत्व की अर्द्धआयु है–

(A) $\frac{n}{N}$ sec. (B) 1.44 $\frac{n}{N}$ sec. (C) 0.69 $\frac{n}{N}$ sec. (D*) 0.69 $\frac{N}{n}$ sec.

Sol. (D) $n = \lambda N$

$= \quad \lambda = \frac{n}{N}$

$\therefore \quad t_{1/2} = \frac{0.69}{\lambda} = \frac{0.69\ N}{n}$

19. **MP-II Ex-2 (obj.)**

The radioactivity of an old sample of a liquid due to tritium (half life 12.5 years) was found to be only about 3% of that measured in a recently purchased bottle marked '7 year old'. The sample must have been prepared about :

ट्रॉइटियम (अर्द्धआयु 12.5 वर्ष) के कारण एक तरल के प्राचीन प्रतिदर्श की सक्रियता वर्तमान में खरीदी गई बोतल जिस पर सात वर्ष पुराना लिखा है, की सक्रियता की लगभग 3% है। प्रतिदर्श किस वर्ष बनाया गया था।

(A*) 70 year वर्ष पूर्व (B) 220 year वर्ष पूर्व (C) 420 year वर्ष पूर्व (D) 300 year वर्ष पूर्व

Sol. We have हम जानते है $N_1 = N_0e^{-\lambda \times 7}$ and $N_2 = N_0e^{-\lambda x}$

$\therefore \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{3}{100} = e^{\lambda(7-x)}$ or $e^{\lambda(x-7)} = \frac{100}{3}$

$\therefore \quad \lambda(x-7) = \ln\frac{100}{3} \approx 2.3 \log_{10} 2.3 \log_{10}\frac{100}{3}$

$= 2.3\,[2 - 0.4771] = 2.3 \times 1.5229$

But किन्तु $\quad \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{12.5}$

$\therefore \quad x - 7 = \frac{12.5}{0.693} \times 2.3 \times 1.5229$

$\approx \frac{125}{3} \times 1.52 \approx 63$

$\therefore \quad x = (63 + 7)$ years = 70 years

20. $A \xrightarrow{\lambda_1} B \xrightarrow{\lambda_2} C$

t = 0 पर $\quad N_0 \quad 0 \quad 0$

t $\quad N_1 \quad N_2 \quad N_3$

In the above radioactive decay C is stable nucleus. Then:
उपरोक्त रेडियोधर्मी क्षय में C स्थायी नाभिक है। तब –
(A) rate of decay of A will first increase and then decrease
(B*) number of nuclei of B will first increase and then decrease
(C) if $\lambda_2 > \lambda_1$, then activity of B will always be higher than activity of A
(D) if $\lambda_1 >> \lambda_2$, then number of nucleus of C will always be less than number of nucleus of B.
(A) A के क्षय की दर पहले बढ़ेगी तथा बाद में घटेगी।
(B*) B के नाभिकों की संख्या पहले बढ़ेगी तथा बाद में घटेगी।
(C) यदि $\lambda_2 > \lambda_1$ है, तो B की सक्रियता , A की सक्रियता से हमेशा ज्यादा होगी।
(D) यदि $\lambda_1 >> \lambda_2$ है, तो C के नाभिकों की संख्या हमेशा B के नाभिकों की संख्या से कम होगी।

Sol. Rate of decay of A keeps on decreasing continuously because concentration of A decreases with time. $\Rightarrow$ A is false
A के विघटन की दर लगातार घटती है क्योकि A की सान्द्रता समय के साथ घटती है। अतः $\Rightarrow$ A असत्य है।
Initial rate of production of B is $\lambda_1 N_0$ and rate of decay is zero. With time, as the number of B atom increase, the rate of its production decrease and its rate of decay increases. Thus the number of nuclei of B will first increase and then decrease. $\Rightarrow$ B is the correct choice
B के उत्पाद की प्रारिम्भक दर $\lambda_1 N_0$ है और विघटन दर शून्य है। समय के साथ, जैसे ही B अणुओ की संख्या बढती है, इसके उत्पाद की दर घटती है और इसके विघटन की दर बढती है। इस प्रकार B के नाभिको की संख्या पहले बढती है और उसके बाद घटती है $\Rightarrow$ विकल्प B सही है।
The initial activity of B is zero whereas initial activity of A is $\lambda_1 N_0 \Rightarrow$ C is false.
B की प्रारिम्भक सक्रियता शून्य है जबकि A की प्रारिम्भक सक्रियता $\lambda_1 N_0 \Rightarrow$ C असत्य है।
As time $t \to \infty$: $N_A = 0$, $N_B = 0$ and $N_C = N_0$. $\Rightarrow$ D is false
$t \to \infty$: पर $N_A = 0$, $N_B = 0$ और $N_C = N_0$. $\Rightarrow$ D असत्य है।

21. Ninety percent of a radioactive sample is left over after a time interval t. The percentage of initial sample that will disintegrate in an interval 2t is
t समय अन्तराल के पश्चात रेडियोसंक्रिय प्रतिदर्श का 90% शेष रह जाता है तो प्रारम्भिक नमूने का वह प्रतिशत जो 2t समयान्तराल में विघटित हो जायेगा
(A) 38% (B*) 19% (C) 9% (D) 62%

Ans. **(b)**

Sol. $N = N_e e^{-\lambda t}$

$t = \frac{1}{\lambda}\ell n\left(\frac{N_0}{0.9\quad N}\right)$

$2t = \frac{1}{\lambda}\ell n\left(\frac{N_0}{N}\right)$

$2\frac{1}{\lambda}\ell n\left(\frac{N_0}{0.9N_0}\right) = \frac{1}{\lambda}\ell n\left(\frac{N_0}{N}\right)$

$\frac{N_0^2}{0.81\quad N_0^2} = \frac{N_0}{N}$

$N = 0.81\ N_0$

The percentage of initial sample that is disintegrated प्रारम्भिक नमूने को प्रतिशत जो विघटित होगा = 19 % है।

22. The intensity of gamma radiation from a given source is I. On passing through 36 mm of lead, it is reduced to 1/8. The thickness of lead, which will reduce the intensity to 1/2 will be :
किसी दिए गए स्रोत से उत्सर्जित गामा विकिरणों की तीव्रता I है। 36 mm मोटी लैड की शीट से गुजरने पर यह तीव्रता घटकर 1/8 रह जाती है। लैड शीट की वह मोटाई जो तीव्रता को घटाकर 1/2 कर देगी, वह है:

(A) 6 mm (B) 9 mm (C) 18 mm (D*) 12 mm

Sol. $I' = Ie^{-\mu x}$

$-\mu x = \log\frac{I'}{I}$

$-\mu .36 = \log\frac{I}{8\quad I}$ .... (i)

$-\mu x' = \log\frac{I}{2I}$ .... (ii)

From Eq. (i) and (ii) ,
समीकरण (i) तथा (ii) से

$\frac{36}{x} = \frac{3\log\left(\frac{1}{2}\right)}{\log\frac{1}{2}}$

$\therefore$ x' = 12 mm

23._ The fraction of the original number of nuclei of a radioactive atom having a mean life of 10 days, that decays during the 5th day is :
एक रेडियोधर्मी परमाणु के नाभिक के असली संख्या का अंश एक 10 दिनों की माध्य आयु रखता है। पांचवें दिन के दौरान उसका क्षय है –

(A) 0.15 (B) 0.30 (C) 0.045 (D) 0.064

Ans. **(D)**

Sol. $T_{av} = 10 \text{ days} = \frac{1}{\lambda}$

No. of decays during 5th day = $N_0e^{-\lambda 4} - N_0e^{-\lambda 5}$

पांचवे दिन के दौरान क्षयों की संख्या = $N_0e^{-\lambda 4} - N_0e^{-\lambda 5}$

fraction decayed during 5th day = $e^{-4\lambda} - e^{-5\lambda}$

पांचवे दिन के दौरान क्षयित अंश = $e^{-4\lambda} - e^{-5\lambda}$

$= e^{-4/10} - e^{-1/2}$

$= e^{-2/5} - e^{-1/2} = 0.0637 \simeq 0.064$

PART - II : SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE

भाग - II : एकल एवं द्वि–पूर्णांक मान प्रकार (SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE)

SECTION (A) : PROPERTIES OF NUCLEUS नाभिक के गुण

SECTION (B) : MASS DEFECT AND BINDING ENERGY
द्रव्यमान क्षति और बन्धन ऊर्जा

SECTION (C) : RADIOACTIVE DECAY & DISPLACEMENT LAW रेडियोएक्टिव विघटन एवं विस्थापन नियम

SECTION (D) : STATISTICAL LAW OF RADIOACTIVE DECAY
रेडियोएक्टिव विघटन के सांख्यिकी के नियम

1. Consider a point source emitting α-particles and receptor of area 1 cm^2 placed 1 m away from source. Receptor records any α-particle falling on it. If the source contains $N_0 = 3.0 \times 10^{16}$ active nuclei and the receptor records a rate of A = 50000 counts/second. Assume that the source emits alpha particles uniformly in all directions and the alpha particles fall nearly normally on the window. If decay constant is $3n \times 10^{-(n+1)}$, then find the value of n

α कण उत्सर्जित करने वाले एक बिन्दु स्त्रोत तथा स्त्रोत से एक मीटर दूर स्थित a = 1cm^2 क्षेत्रफल के अभिग्राहक पर विचार करते है। अभिग्राहक इस पर गिरने वाले α-कण को आलेखित करता है। अगर स्रोत में $N_0 = 3.0 \times 10^{16}$ सक्रिय नाभिक है और अभिग्राहक द्वारा नापी गई दर A = 50000 counts/second है। यह मानो कि स्रोत हर दिशा में एक समान α कणों का उत्सर्जन करता है और सभी α कण अभिग्राहक की खिड़की पर लगभग लम्बवत् गिरेंगे यदि क्षयांक का मान $3n \times 10^{-(n+1)}$ है, तो n का मान ज्ञात कीजिए।

Ans : 7

Sol. Let λ = decay constant

माना λ = विघटन नियतांक

N_0 = number of active nuclei = 3.0×10^{16}

N_0 = सक्रिय नाभिको की संख्या = 3.0×10^{16}

number of α -particles emitted per second = λN_0

प्रति सकैण्ड उत्सर्जित α -कणो की संख्या = λN_0

number of α-particle falling on the window = $\frac{\lambda N_0 a}{4\pi R^2}$

खिडकी पर आपतित α-कणो की संख्या = $\frac{\lambda N_0 a}{4\pi R^2}$

$$\lambda = \frac{4\pi R^2 A}{N_0 a} = \frac{4\pi \times 5 \times 10^4}{3.0 \times 10^{16} \times 10^{-4}} = 2.1 \times 10^{-7}\ s^{-1} = \frac{7(3)}{10} \times 10^{-7} = (7 \times 3)10^{-8} = 3 \times 7 \times 10^{-(7+1)}$$

2. In an ore containing uranium, the ratio (by number) of U-238 to Pb-206 is 3. Assuming that all the lead present in the ore is the final stable product of U-238. If age of the ore is 1.868×10^n years, then value of the n (Take the half life of U-238 to be 4.5×10^9 years. ($\ell n\, 4/3 = 0.2876$))

यूरेनियम के एक अयस्क में U-238 और Pb-206 का अनुपात (संख्या का) 3 है। यह मानते हुए कि इसमें विद्यमान सम्पूर्ण लेड U-238 का अंतिम स्थाई उत्पाद है। यदि अयस्क की आयु 1.868×10^n वर्ष है तो n का मान ज्ञात करो। (U-238 की अर्द्धआयु 4.5×10^9 वर्ष लें। ($\ell n\, 4/3 = 0.2876$))

Ans. **9**

Sol. $$\frac{\text{number of atoms of } ^{238}U \text{ initially}}{\text{number of radioactive } ^{238}U \text{ finally}} = \frac{4}{3} = \frac{a}{(a-x)}$$

$$\frac{^{238}U \text{ परमाणु के प्रारम्भ में कणों की संख्या}}{^{238}U \text{ रेडियोधर्मी के कणों की अंतिम संख्या}} = \frac{4}{3} = \frac{a}{(a-x)}$$

[$\because$ One part lead (present to three parts Uranium) has initially Uranium]

[$\because$ प्रारम्भ में यूरेनियम में एक भाग लेड (तीन भाग यूरेनियम उपस्थित है)]

$$\therefore \quad t = \frac{2.303}{\lambda} \log \frac{a}{(a-x)} = \frac{2.303 \times 4.5 \times 10^9}{0.693} \log \frac{4}{3} = 1.868 \times 10^9 \text{ y.}$$

3. A Bi^{210} radionuclide decays via the chain (stable), $Bi^{210} \xrightarrow[\lambda_1]{\beta^- - \text{decay}} Po^{210} \xrightarrow[\lambda_2]{\alpha - \text{decay}} Pb^{206}$ where the decay constants are $\lambda_1 = 1.6 \times 10^{-6}\ s^{-1}$, $T_{1/2} \approx 5$ days , $\lambda_2 = 5.8 \times 10^{-8}\ s^{-1}$, $T_{1/2} \approx 4.6$ months. α activity of the Bi^{210} sample of mass 1.00 mg a month after its manufacture is $\frac{x}{5} \times 10^{11}$ Find x . $2^{-\frac{1}{4.6}} = 0.86$

रेडियोन्यूक्लाईड Bi^{210} का क्षय इस श्रृंखला द्वारा हुआ $Bi^{210} \xrightarrow[\lambda_1]{\beta^- - \text{क्षय}} Po^{210} \xrightarrow[\lambda_2]{\alpha - \text{क्षय}} Pb^{206}$ (स्थाई), जहाँ क्षयांक है $\lambda_1 = 1.6 \times 10^{-6}\ s^{-1}$, $T_{1/2} \approx 5$ दिन, $\lambda_2 = 5.8 \times 10^{-8}\ s^{-1}$, $T_{1/2} \approx 4.6$ माह। 1 mg द्रव्यमान के Bi^{210} के नमूने की α सक्रियता उसके निर्माण के 1 माह पश्चात् $\frac{x}{5} \times 10^{11}$ है, तो x ज्ञात करें। $2^{-\frac{1}{4.6}} = 0.86$ का उपयोग करें।

Ans. 7

Sol. $Bi^{250} \xrightarrow[\lambda_1]{} Po^{210} \xrightarrow[\lambda_2]{} Pb^{208}$

Let N_A , N_B and N_C be the no of nuclei of Bi^{210}, Po^{210} and Pb^{208} respectively. N_0 be the no of nuclei of Bi^{210} at t = 0

माना N_A , N_B और N_C क्रमशः Bi^{210}, Po^{210} और Pb^{208} के नाभिको की संख्या है। N_0, Bi^{210} का किसी समय t = 0 पर नाभिको की संख्या है।

$$N_0 = \frac{1 \times 10^{-3}}{210} \times 6.02 \times 10^{23} \qquad 2.9 \times 10^{18}$$

$$\frac{dN_A}{dt} = -\lambda_1 N_A \quad \text{—— I}$$

$$\frac{dN_B}{dt} = -\lambda_2 N_B + \lambda_1 N_A \quad \text{—— II}$$

$$\frac{dN_C}{dt} = +\lambda_2 N_B \quad \text{—— III}$$

Solving equ. I, we get   समीकरण I को हल करने पर

$$N_A = N_o e^{-\lambda_1 t}$$

From equation II,   समीकरण II से

$$\frac{dN_B}{dt} = -\lambda_2 N_B + \lambda_1 N_o e^{-\lambda 1t}$$

This is first order linear differential equation. On solving we get

यह प्रथम घात रेखीय अवकलन समीकरण है तथा इसे हल करने पर

$$N_B = e^{-\lambda 2t} \left[\frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} + C \right]$$

where C is a constant The value of C can be obtained by taking t = 0 , $N_B = 0$

जहाँ C एक नियतांक है तथा C का मान t = 0 तथा $N_B = 0$ रखकर प्राप्त किया जा सकता है।

$$\Rightarrow C = \frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

$$\therefore N_B = \frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_1 - \lambda_2} \left[e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_1 t} \right]$$

$\therefore \beta$ – activity सक्रियता

$$A_B = \left| \frac{dN_A}{dt} \right| = N_0 \lambda_1 e^{-\lambda 1t}$$

$$= 2.9 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-6} \times \frac{1}{2^6} S^{-1}$$

$$\mathbf{= 0.72 \times 10^{11}\ S^{-1}}$$

α-activity सक्रियता

$A_\alpha = \lambda_2 N_B = \frac{\lambda_1\lambda_2 N_0}{\lambda_1 - \lambda_2}\left(e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_1 t}\right)$

$\approx \frac{\lambda_1\lambda_2 N_0}{\lambda_1} e^{-\lambda_2 t}$

$= \frac{\lambda_2 N_0}{2^{\frac{1}{4\times 6}}} = 1.4 \times 10^{11}\ s^{-1}$

4. A sample has two isotopes A^{150} and B having masses 50 g and 30 g respectively. A is radioactive and B is stable. A decays to A′ by emitting α particles. The half life of A is 2 hrs. The mass of total sample after 4 hours is nearly $4n \times 10^{-n}$ kg. Find n

किसी नमूने में दो समस्थानिक A^{150} तथा B है जिनका द्रव्यमान क्रमशः 50 g और 30 g है। A रेडियोएक्टिव और B स्थाई है। A, α कण को उत्सर्जित कर A' में क्षयित हो जाता है। A की अर्द्धआयु 2 hrs. है। 4 घंटे बाद नमूने का कुल द्रव्यमान लगभग $4n \times 10^{-n}$ kg है, तो n ज्ञात करें।

Ans. n = 2

Sol. After 4 hrs. sample will contain

4 घण्टे बाद नमूने मे निम्न शेष रहेगा

30 gm .... B

12.5 gm .... A

$\left(\frac{146}{150}\times 37.5\right)$ gm .... A′

$\therefore$ Total mass कुल द्रव्यमान $= 30 + 12.5 + \frac{146}{150} \times 37.5 = 79$ gm ≈ 80 gm $= 8 \times 10^{-2}$ kg

$= 4 \times 2 \times 10^{-2}$, n = 2

5. A radionuclide with half life T = 693.1 days emits β-particles of average kinetic energy $E = 8.4 \times 10^{-14}$ joule. This radionuclide is used as source in a machine which generates electrical energy with efficiency $\eta = 12.6\%$. Number of moles of the nuclide required to generate electrical energy at an initial rate of 441 KW is $n\times10^m$ then find out value of $\frac{n}{m}$ ($\log_e 2 = 0.6931$, $N_A = 6.023 \times 10^{23}$)

एक रेडियोनाभिक जिसकी अर्द्धआयु T = 693.1 दिन है, औसत गतिज ऊर्जा $E = 8.4 \times 10^{-14}$ जूल के β-कणों को उत्सर्जित करता है। इस रेडियोनाभिक को एक मशीन के स्त्रोत के रूप में प्रयुक्त किया जाता है जो $\eta = 12.6\%$ दक्षता की विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करती है। प्रारम्भिक दर P = 441 KW पर विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए आवश्यक नाभिकों के मोलो की संख्या $n \times 10^m$ है, तो $\frac{n}{m}$ का मान ज्ञात करो। ($\log_e 2 = 0.6931$, $N_A = 6.023 \times 10^{23}$)

Ans. 2

Sol. Let number of moles of the radio nuclide be 'n'.

Number of nuclei in the nuclide = n.N

Since, half of the nuclide is T, therefore, its decay constant $\lambda = \frac{\log 2}{T}$

$\therefore$ Activity of rate of decay, $A = \lambda$ (mole) . (N) $= \frac{(\text{mole}).N\log 2}{T}$

Energy released per decay = average kinetic energy E of β-particles

$\therefore$ Rate of release of the energy = AE

But efficiency of conversion of this energy into electrical energy is η. therefore, rate of generation of electrical energy is

$P = \eta A E = \frac{\eta E n N \log 2}{T}$ or mole $= \frac{TP}{\eta E n N \log_e 2} = 6000$

$= 6 \times 10^3 \Rightarrow$ m = 3 $\frac{n}{m}$ =2

Sol. माना रेडियोनाभिक के मोलों की संख्या 'n'
न्यूक्लिाइड में नाभिकों की संख्या = n.N
चूंकि न्यूक्लिाइड का अर्द्ध–आयु T है, अतः क्षय नियतांक $\lambda = \frac{\log 2}{T}$
$\therefore$ क्षय के दर की सक्रियता, $A = \lambda\,(n\,.\,N) = \frac{n.N\log 2}{T}$
प्रतिक्षय उत्सर्जित ऊर्जा = β-कणों की औसत गतिज ऊर्जा E
$\therefore$ ऊर्जा के मुक्त होने की दर = AE
किन्तु इस ऊर्जा के विद्युत ऊर्जा में रूपान्तरण की दक्षता η है। अतः विद्युत ऊर्जा के उत्पादन की दर

$$P = \eta\,A\,E = \frac{\eta EnN\log 2}{T}$$

या $$n = \frac{TP}{\eta EnN\log_e 2} = 6000$$

$$= 6 \times 10^3 \Rightarrow m = 3\frac{n}{m} = 2$$

6. There is a stream of neutrons with a kinetic energy of 0.0327 eV. If the half-life of neutrons is 700 seconds, if the fraction of neutrons will decay before they travel a distance of 10 m is 3.90×10^{-n}. Find n
न्यूट्रॉन गतिज ऊर्जा 0.0327 eV से गति कर रहे है। यदि न्यूट्रॉन की अर्धआयु 700 सैकण्ड है। यदि 10 m दूरी तय करने के पहले क्षयित न्यूट्रॉनों का अंश 3.90×10^{-n} है, तो n कितना होगा।

Ans. 6

Sol. Speed of neutrons न्यूट्रॉनों की चाल $= \sqrt{\frac{2K}{m}}\left(\text{From } K = \frac{1}{2}mv^2\right)$

or $$v = \sqrt{\frac{2 \times 0.0327 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.675 \times 10^{-27}}} \approx 2.5 \times 10^3 \text{ m/s}$$

Time taken by the neutrons to travel a distance of 10 m :
10m की दूरी तय करने में न्यूट्रॉनों द्वारा लिया गया समय

$$t = \frac{d}{v} = \frac{10}{2.5 \times 10^3} = 4.0 \times 10^{-3}$$

Number of neutrons left after time t : $N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$
t समय पश्चात शेष न्यूट्रॉनों की संख्या $N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$
$\therefore$ Fraction of neutrons that will decay in this time interval
इस समय अन्तराल में क्षयित न्यूट्रॉनों का अंश

$$= \frac{N}{N_0} = (1 - e^{-\lambda t}) = 1 - e^{-\frac{\ln(2)}{700} \times 4.0 \times 10^{-3}} = 3.9 \times 10^{-6}$$

7. A sealed box was found which stated to have contained alloy composed of equal parts by weight of two metals A and B. These metals are radioactive, with half lives of 12 years and 18 years, respectively and when the container was opened it was found to contain 0.53 kg of A and 2.20 kg of B. The age of the alloy is M ×10 + n then find M – n.
एक बंद बॉक्स में रखा एक अयस्क भार के अनुसार समान रूप से धातु A तथा B में समान भाग में विभाजित है। दोनों धातु A तथा B रेडियोएक्टिव है। उनकी अर्द्धआयु क्रमशः 12 वर्ष तथा 8 वर्ष है, जब बॉक्स खोला जाता है, तो 0.53 kg, A तथा 2.20 kg , B प्राप्त होता है। अयस्क की आयु M ×10 + n है, तो M – n बतायें ।

Ans. 3

Sol. Use the law of radioactivity रेडियोएक्टिविता के नियम से

$N_A = N_A^0 e^{(-\lambda_A t)}$

$N_B = N_B^0 e^{(-\lambda_B t)}$

Dividing (2) by से (1) भाग देने पर

$\frac{N_B}{N_A} = e^{(\lambda_A - \lambda_B)}t$ (Because क्योंकि $N_A^0 = N_B^0$)

$t = \frac{1}{(\lambda_A - \lambda_B)\ln\left(\frac{N_B}{N_A}\right)}$

Given दिया गया है $\frac{N_B}{N_A} = \frac{2.2}{0.53} = 4.15$

$\lambda_A = \frac{0.693}{T_{1/2}}$ (A) $= \frac{0.693}{12}$ = 0.05775 years^{-1}

$\lambda_B = \frac{0.693}{T_{1/2}}$ (B) $= \frac{0.693}{18}$ = 0.0985 years^{-1}

We find age of alloy t = 74 years.
अयस्क की आयु t = 74 years.

7×10+4
M = 7
n = 4
M – n = 3

8. The half-life of ^{40}K is T = 1.30 × 10 ^{9} y. A sample of m = 1.00 g of pure KCl gives c = 480 counts/s. If the relative percentage abundance of ^{40}K (fraction of ^{40}K present in term of number of atoms) in natural potassium is n × 10^{-2} % then value of n. Molecular weight of KCl is M = 74.5 , Avogadro number N_A = 6.02 × 10^{23} , 1y = 3.15 × 10^7 s

^{40}K की अर्द्धआयु T = 1.30 × 10 ^{9} वर्ष है। शुद्ध KCl के एक m = 1.00g का नमूना c = 480 काउन्ट/सेकण्ड़ देता है। यदि प्राकृतिक पोटेशियम में ^{40}K (परमाणु की संख्याओं के पदों में उपस्थित ^{40}K का भाग) की प्रतिशत सापेक्ष अधिकता (मात्रा में) का मान n × 10^{-2} % है तब n का मान ज्ञात करो । KCl का आण्विक भार M = 74.5, आवोगाद्रो संख्या N_A = 6.02 × 10^{23}, 1y = 3.15 × 10^7 s है।

Ans : 36

Sol. Number of KCl in the sample = $\frac{m}{M} N_A$

नमूने में KCl की संख्या = $\frac{m}{M} N_A$

If N is the number of ^{40}K in the sample
यदि नमूने में ^{40}K की संख्या N है तो

$C = \lambda.N = \frac{\ell n2}{T_{1/2}} N \quad \Rightarrow N = \frac{CT_{1/2}}{\ell n2}$

The relative abundance आपेक्षिक $= \frac{N}{\frac{m}{M}N_A} \times 100 = \frac{CT}{\ln 2} \times \frac{M}{m \; N_A} \times 100$

$= \frac{480 \times (1.3 \times 10^9 \times 3.15 \times 10^7) \times 74.5 \times 100}{0.693 \times 1 \times 6.02 \times 10^{23}}$

= 0.36 %

SECTION (E) : NUCLEAR FISSION AND FUSION
नाभिकीय विखण्डन और संलयन

9. Consider a fusion reaction

$^4He + ^4He = ^8Be.$

For the reaction Q-value is –(90 + n) KeV. Find n. Take 1 amu = $\frac{930}{c^2}$ MeV.

Atomic mass of ^8Be is 8.0053 u and that of ^4He is 4.0026 u.

संलयन अभिक्रिया पर विचार कीजिए।

$^4He + ^4He = ^8Be$

इस अभिक्रिया के लिए Q- मान –(90 + n) KeV तो n ज्ञात करो। अगर 1 amu = $\frac{930}{c^2}$ MeV है। Be का परमाणु भार 8.0053 u और ^4He का 4.0026 u है।

Ans: 3

Sol. $^4He + ^4He = ^8Be + Q$

(1) $\Delta m = 2 \times 4.0026 - 8.0053$

$= 8.0052 - 8.0053 = -0.0001$ amu Ans

(2) $Q = (2m_{He} - m_{Be}) .C^2$

$= (2 \times 4.0026 - 8.0053) \times 930$ MeV

$= -93.0$ KeV

Since Q is negative the fusion is not energetically favorable.

चूंकि क्योकि Q ऋणात्मक है अतः संलयन ऊर्जा के अनुरूप नहीं है।

10. About 185 MeV of usable energy is released in the neutron induced fissioning of a $^{235}_{92}U$ nucleus. If the reactor using $^{235}_{92}U$ as fuel continuously generates 100 MW power. The time it will take for 1 Kg of the uranium $^{235}_{92}U$ to be used up is n days. Find [n]? [n] is grestest integer value of n.

$^{235}_{92}U$ नाभिक के न्यूट्रॉन द्वारा विघटन में लगभग 185 MeV उपयोगी ऊर्जा उत्सर्जित होती है। एक नाभिकीय भट्टी जिसमें $^{235}_{92}U$ ईंधन के रूप में प्रयोग होता है, 100 MW शक्ति का लगातर उत्पादन करने के लिए 1 Kg यूरेनियम $^{235}_{92}U$, n दिनों में खर्च होती है, तो [n] ज्ञात करे। [n] = उच्चतम पूर्णाक n है।

Ans. 8

Sol. One ^{235}U nucleus produces 185 MeV.

For 100 MW, ^{235}U used per second $= \left(\frac{100 \times 10^6}{185 \times 10^6 \times e}\right) \times \frac{235}{N_A}$ gm/s

$\therefore$ time required for 1 kg

$t = 10^3 \times \frac{185 \times 10^6 \times e \times N_A}{100 \times 10^6 \times 235} = \frac{1850}{235} eN_A$ s = 8.781 days.

Sol. एक ^{235}U नाभिक उत्पन्न करता है 185 MeV

100 MW, ^{235}U के लिए प्रति सैकण्ड प्रयुक्त $= \left(\frac{100 \times 10^6}{185 \times 10^6 \times e}\right) \times \frac{235}{N_A}$ gm/s

$\therefore$ 1 kg किग्रा० के लिए आवश्यक समय

$t = 10^3 \times \frac{185 \times 10^6 \times e \times N_A}{100 \times 10^6 \times 235} = \frac{1850}{235} eN_A$ s = 8.781 दिन

11. Consider a nuclear reaction A + B $\rightarrow$ C. A nucleus 'A' moving with kinetic energy of 5 MeV collides with a nucleus 'B' moving with kinetic energy of 3 MeV and form a nucleus 'C' in excited state. If the kinetic energy of nucleus 'C' just after its formation is E MeV then find [E] . If it is formed in a state with excitation energy 10 MeV. Take masses of nuclei of A, B and C as 25.0, 10.0, 34.995 amu respectively. 1 amu = 930 MeV/c^2 [E] is greatest integer of E.

A + B $\rightarrow$ C एक नाभिकीय अभिक्रिया है। नाभिक A जो कि गतिज ऊर्जा 5 MeV से गतिमान है, नाभिक B जो कि गतिज ऊर्जा 3 MeV से गतिमान है, से टक्कर करता है और उत्तेजित अवस्था वाला नाभिक 'C' बनाता है। नाभिक 'C' बनने की तुरन्त बाद इसकी गतिज ऊर्जा E MeV है तो [E] ज्ञात करो? यदि यह उत्तेजित अवस्था में 10 MeV की ऊर्जा वाली स्थिति में है। यहाँ क्रमशः A, B तथा C का द्रव्यमान क्रमशः 25.0, 10.0, 34.995 amu है। (1 amu = 930 MeV/c^2) [E] उच्चतम पूर्णाक E है।

Ans **2**

Sol. Applying conservation of energy ऊर्जा सरंक्षण से

$m_Ac^2 + K_A + m_Bc^2 + K_B = m_cc^2 + K_C$ + excitation energy उत्तेजित ऊर्जा

$(m_A + m_B - m_C)\, c^2 + K_A + K_B = K_C$ + excitation energy उत्तेजित ऊर्जा

$4.65 + 5 + 3 = K_c + 10$

or या $K_c = 2.65$ MeV **Ans. 2.65 MeV**

12. The binding energy per nucleon of ${}^{16}_{8}O$ is 7.97 MeV and that of ${}^{17}_{8}O$ of 7.75 MeV. The energy required to remove a neutron from ${}^{17}_{8}O$ is 0.423×10^n MeV then find n

${}^{16}_{8}O$ की प्रतिन्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा 7.97 MeV है तथा ${}^{17}_{8}O$ की 7.75 MeV है। ${}^{17}_{8}O$ से न्यूट्रॉन को हटाने के लिए आवश्यक ऊर्जा 0.423×10^n MeV है तो n ज्ञात करो।

Ans. 1

13. A π^0 meson at rest decays into two photons of equal energy. If the wavelength (in m) of the photons is 1.8×10^{-n} then find n/2 (The mass of the π^0 is 135 MeV/c^2)

एक π^0 मेसॉन कण विराम में रखा हुआ है। अचानक दो बराबर ऊर्जा वाले फोटॉनों में विभक्त हो जाता है। फोटॉनों की तरंगदैर्ध्य 1.8×10^{-n} (मीटर में) है तो n/2 का मान बताए (π^0 का द्रव्यमान 135 MeV/c^2 है।)

Ans 7

Sol : $E_r = \frac{M_\pi C^2}{2} = \frac{135}{2} = 67.5$ Mev

$\lambda = \frac{hc}{E} \quad \frac{1242}{67.5 \times 10^3}$ Å

$\lambda = 1.84 \times 10^{-14}$ m

PART - III : ONE OR MORE THAN ONE OPTIONS CORRECT TYPE

भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार(ONE OR MORE THAN ONE OPTION CORRECT TYPE)

1.* If a nucleus ${}^{A}_{Z}x$ emits one α particle and one β (negative β) particle in succession, then the daughter nucleus will have which of the following configurations?

यदि एक नाभिक ${}^{A}_{Z}x$ एक α-कण व इसके बाद एक ऋणात्मक β-कण उत्सर्जित करता है तो निम्न में से कौनसा अभिविन्यास उत्पाद (पुत्री) नाभिक का होगा ?

(A*) A – 4 nucleons (B) 4 nucleons (C*) A – Z – 3 neutrons (D) Z – 2 protons

(A*) A – 4 न्युक्लिऑन (नाभिक कण) (B) 4 न्युक्लिऑन (C*) A – Z – 3 न्युट्रान (D) Z – 2 प्रोटान

Sol. The total number of nucleons will be A – 4 and the number of neutrons will be A – Z – 3.

कुल नाभिक कणों की संख्या A – 4 तथा न्यूट्रॉनों की संख्या A – Z – 3 है।

2.* The heavier stable nuclei tend to have larger N/Z ratio because -
(A) a neutron is heavier than a proton
(B) a neutron is an unstable particle
(C*) a neutron does not exert electric repulsion
(D*) Coulomb forces have longer range compared to nuclear forces
एक भारी स्थायी नाभिक का N/Z अनुपात अधिक होता है, क्योंकि -
(A) प्रोटोन से न्यूट्रॉन भारी होता है।
(B) न्यूट्रॉन एक अस्थाई कण है।
(C*) न्यूट्रॉन विद्युतीय प्रतिकर्षण उत्पन्न नहीं करता है।
(D*) नाभिकीय बलों की अपेक्षा कूलाम बल की परास अधिक होती है।

Sol. As the number of protons increases, Coulomb repulsive force among protons increases. To compensate, number of neutrons which are neutral is increased.
चूंकि प्रोटॉनों की संख्या बढ़ती है। प्रोटॉनों के मध्य कूलॉम प्रतिकर्षण बल बढ़ता है। क्षतिपूर्ति करने के लिए न्यूट्रॉनों (जो उदासीन है) की संख्या बढ़ती है।

3*. A U^{238} sample of mass 1.0 g emits alpha particles at the rate 1.24×10^4 particles per second. ($N_A = 6.023 \times 10^{23}$)
(A*) The half life of this nuclide is 4.5×10^9 years
(B) The half life of this nuclide is 9×10^9 years
(C) The activity of the prepared sample is 2.48×10^4 particles/sec
(D*) The activity of the prepared sample is 1.24×10^4 particles/sec.
1 ग्राम द्रव्यमान का U^{238} का नमूना 1.24×10^4 कण प्रति सैकण्ड की दर से α-कण उत्सर्जित करता है ($N_A = 6.023 \times 10^{23}$)
(A*) इस न्यूक्लिऑइड की अर्द्धआयु 4.5×10^9 वर्ष है
(B) इस न्यूक्लिऑइड की अर्द्धआयु 9×10^9 वर्ष है
(C) इसके नमूने की सक्रियता 2.48×10^4 कण/सेकण्ड
(D*) इसके नमूने की सक्रियता 1.24×10^4 कण/सेकण्ड

Sol. $\left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \times \frac{1 \times 6.02 \times 10^{23}}{238}$

$\Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2 \times 6.023 \times 10^{23}}{238 \times 1.24 \times 10^4} = 4.5 \times 10^9$ yrs.

The activity = number of disintegration per second = 1.24×10^4 dps
सक्रियता = प्रति सकैण्ड विघटन की संख्या = 1.24×10^4 dps

4*. A nitrogen nucleus $_7N^{14}$ absorbs a neutron and can transform into lithium nucleus $_3Li^7$ under suitable conditions, after emitting
(A*) 4 protons and 4 neutrons
(B) 5 protons and 1 negative beta particle
(C*) 2 alpha particles and 2 gamma particles
(D*) 1 alpha particle, 4 protons and 2 negative beta particles.
एक $_7N^{14}$ नाभिक एक न्यूट्रॉन ग्रहण करके स्थायी अवस्था में $_3Li^7$ लिथियम नाभिक में परिवर्तित होता है। इसमें वह उत्सर्जित करता है -
(A*) 4 प्रोटोन और 4 न्यूट्रॉन
(B) 5 प्रोटोन और 1 β^- कण
(C*) 2 α कण और 2 γ कण
(D*) 1 α कण, 4 प्रोटोन और 2 β^- कण

Sol. $_7N^{14} + n \rightarrow {}_3Li^7 + 4p + 4n$
$\rightarrow {}_3Li^7 + 2\alpha$
$\rightarrow {}_3Li^7 + \alpha + 4p + 2\beta^-$

5.* The decay constant of a radioactive substance is 0.173 (years)$^{-1}$. Therefore:
एक रेड़ियोएक्टिव पदार्थ का क्षयांक 0.173 (वर्ष)$^{-1}$ है। अतः
(A*) Nearly 63% of the radioactive substance will decay in (1/0.173) year.
(A*) रेडियोएक्टिव पदार्थ का लगभग 63%, (1/0.173) वर्षों में क्षय हो जायेगा।
(B) half life of the radioactive substance is (1/0.173) year.
(B) रेडियोएक्टिव पदार्थ की अर्ध–आयु (1/0.173) वर्ष है।
(C*) one -forth of the radioactive substance will be left after nearly 8 years.
(C*) लगभग 8 वर्षों के बाद रेड़ियोएक्टिव पदार्थ का एक चौथाई भाग बचा रह जायेगा।
(D) half of the substance will decay in one average life time.
(D) एक औसत आयु में आधे पदार्थ क्षय हो जाएगें।
Use approximation $\ell n2 = 0.692$
$\ell n2 = 0.692$ उपयोग करे

Sol. Given दिया हुआ है , $\lambda = 0.173$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{0.173} \cong 4$$

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

For के लिए $t = \dfrac{1}{0.173}$ year वर्ष :

$$N_0 - N = \frac{N_0}{e} = 0.37\ N_0$$

6.* Let m_p be the mass of a proton, m_n the mass of a neutron, M_1 the mass of a $^{20}_{10}$Ne nucleus & M_2 the mass of a $^{40}_{20}$Ca nucleus. Then :
अगर m_p प्रोटोन का द्रव्यमान है , m_n न्युट्रॉन का द्रव्यमान है, $^{20}_{10}$Ne के नाभिक का द्रव्यमान M_1 है तथा $^{40}_{20}$Ca के नाभिक का द्रव्यमान M_2 है तो -
(A) $M_2 = 2 M_1$ (B) $M_2 > 2 M_1$ (C*) $M_2 < 2 M_1$ (D*) $M_1 < 10 (m_n + m_p)$

Sol. **(C, D)**
Due to mass defect (which is finally responsible for the binding energy of the nucleus), mass of a nucleus is always less than the sum of masses of its constituent particles.
$^{20}_{10}$Ne is made up of 10 protons plus 10 neutrons. Therefore, mass of $^{20}_{10}$Ne nucleus
$M_1 < 10 (m_p + m_n)$
Also, heavier the nucleus, more is the mass defect.
Thus $20 (m_n + m_p) - M_2 > 10 (m_p + m_n) - M_1$
or $10 (m_p + m_n) > M_2 - M_1$
or $M_2 < M_1 + 10(m_p + m_n)$
Now since $M_1 < 10(m_p + m_n)$
$\therefore$ $M_2 < 2M_1$
द्रव्यमान क्षति के कारण (जो नाभिक के बंधन ऊर्जा के लिए अंतिम रूप से उत्तरदायी है) नाभिक का द्रव्यमान हमेशा उसके संबंधित कणों के द्रव्यमान के योग से कम होता है।
$^{20}_{10}$Ne, 10 प्रोटॉन व 10 न्यूट्रॉन से मिलकर बना हुआ है, इसलिए $^{20}_{10}$Ne नाभिक का द्रव्यमान
$M_1 < 10 (m_p + m_n)$
भारी नाभिकों में द्रव्यमान क्षति ज्यादा होती है।
अतः $20 (m_n + m_p) - M_2 > 10 (m_p + m_n) - M_1$
या $10 (m_p + m_n) > M_2 - M_1$
या $M_2 < M_1 + 10(m_p + m_n)$
अब चूंकि $M_1 < 10(m_p + m_n)$
$\therefore$ $M_2 < 2M_1$

7.* Nuclei of radioactive element A are being produced at a constant rate α. The element has a decay constant λ. At time $t = 0$, there are N_0 nuclei of the element.
रेडियोएक्टिव तत्व A के नाभिक नियत दर α से उत्पन्न होते हैं। तत्व का क्षयांक λ है। $t = 0$, पर तत्व के नाभिकों की संख्या N_0 है

(A*) Number of nuclei of A at time t is $\frac{1}{\lambda}[\alpha - (\alpha - \lambda N_0)e^{-\lambda t}]$

किसी समय 't' पर 'A' के नाभिकों की संख्या N = $\frac{1}{\lambda}[\alpha - (\alpha - \lambda N_0)e^{-\lambda t}]$ है ।

(B) Number of nuclei of A at time t is $\frac{1}{\lambda}[(\alpha - \lambda N_0)e^{-\lambda t}]$

किसी समय 't' पर 'A' के नाभिकों की संख्या N = $\frac{1}{\lambda}[(\alpha - \lambda N_0)e^{-\lambda t}]$ है ।

(C*) If $\alpha = 2N_0\lambda$, then the limiting value of number of nuclei of A ($t \to \infty$) will be $2N_0$.
अगर $\alpha = 2N_0\lambda$, है, तो A के नाभिको की सीमान्त ($t \to \infty$) संख्या का मान $2N_0$ होगा ।

(D) If $\alpha = 2N_0\lambda$, then the number of nuclei of A after one half-life of A will be $N_0/2$.
अगर $\alpha = 2N_0\lambda$, है, तो A की एक अर्द्धआयु के पश्चात 'A; के नाभिको की संख्या $N_0/2$ होगा ।

Sol. Let at time t, number of radioactive nuclei are N.
Net rate of formation of nuclei of A
माना t समय पर रेडियोधर्मी नाभिकों की संख्या N है।
A के नाभिक के बनने की दर

$$\frac{dN}{dt} = \alpha - \lambda N$$

or या $$\frac{dN}{\alpha - \lambda N} = dt$$

$$-\frac{1}{\lambda}\left[\ell n(\alpha - \lambda N)\right]_{N_0}^{N} = t$$

$$\ell n\frac{\alpha - \lambda N}{\alpha - \lambda N_0} = -\lambda t$$

$$N = \frac{1}{\lambda}[\alpha - (\alpha - \lambda N_0)e^{-\lambda t}]$$

PART - IV : COMPREHENSION

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

Comprehension # 1

The radionuclide ^{56}Mn is being produced in a cyclotron at a constant rate P by bombarding a manganese target with deutrons. ^{56}Mn has a half life of 2.5 hours and the target contains large number of only the stable manganese isotope ^{55}Mn. The reaction that produces ^{56}Mn is :

$$^{55}Mn + d \to {}^{56}Mn + p$$

After being bombarded for a long time, the activity of ^{56}Mn becomes constant equal to 13.86×10^{10} s^{-1}. (Use $\ell n2 = 0.693$; Avogadro No = 6×10^{23}; atomic weight ^{56}Mn = 56 gm/mole)

मेग्नीज लक्ष्य पर ड्यूट्रॉनों की बौछार (bombarding) से साइक्लोट्रॉन (cyclotron) में रेडियोधर्मी नाभिक ^{56}Mn का नियत दर P से उत्पादन होता है। ^{56}Mn का अर्ध आयु–काल (half life time) 2.5 घण्टे तथा लक्ष्य में केवल मेग्नीज समस्थानिक (Isotope) ^{55}Mn स्थायी नाभिक है तथा इसकी संख्या अधिक है। अभिक्रिया जो ^{56}Mn उत्पन्न करती है, निम्न है।

$$^{55}Mn + d \to {}^{56}Mn + p$$

लम्बे समय तक बौछार करने के बाद लक्ष्य ^{56}Mn की सक्रियता 13.86×10^{10} s^{-1} नियत हो जाती है। ($\ell n2 = 0.693$; आवग्रादों संख्या = 6×10^{23}; परमाणु द्रव्यमान ^{56}Mn = 56 ग्राम/मोल)

1. At what constant rate P, ^{56}Mn nuclei are being produced in the cyclotron during the bombardment ?
(A) 2×10^{11} nuclei/s (B*) 13.86×10^{10} nuclei/s
(C) 9.6×10^{10} nuclei/s (D) 6.93×10^{10} nuclei/s
किस नियत दर P से साइक्लोट्रॉन (cyclotron) में से ^{56}Mn नाभिक, बौछार के दौरान उत्पन्न होते है –
(A) 2×10^{11} नाभिक/सै. (B*) 13.86×10^{10} नाभिक/सै. (C) 9.6×10^{10} नाभिक/सै. (D) 6.93×10^{10} नाभिक/सै.

Sol. In equilibrium, rate of decay = rate of production
साम्यावस्था पर विघटन की दर = उत्पन्न होने की दर

2. After the activity of ^{56}Mn becomes constant, number of ^{56}Mn nuclei present in the target, is equal to
^{56}Mn की सक्रियता नियत हो जाने के बाद, लक्ष्य में उपस्थित ^{56}Mn नाभिकों की संख्या होगी –
(A) 5×10^{11} (B) 20×10^{11} (C) 1.2×10^{14} (D*) 1.8×10^{15}

Sol. As Rate of decay = Rate of production
विघटन की दर = उत्पन्न होने की दर

$$\Rightarrow P = \lambda N \Rightarrow N = \frac{P}{\lambda}$$

$$= \frac{Pt_{1/2}}{\ell n2} = 1.8 \times 10^{15}$$

3. After a long time bombardment, number of ^{56}Mn nuclei present in the target depends upon
(a) the number of ^{56}Mn nuclei present at the start of the process.
(b) half life of the ^{56}Mn
(c) the constant rate of production P.
(A) All (a), (b) and (c) are correct (B) only (a) and (b) are correct
(C*) only (b) and (c) are correct (D) only (a) and (c) are correct
अधिक समय तक बौछार करने पर लक्ष्य में उपस्थित ^{56}Mn नाभिको की संख्या निर्भर करती है।
(a) प्रारम्भिक स्थिति पर उपस्थित ^{56}Mn के नाभिको की संख्या पर
(b) ^{56}Mn के अर्ध आयुकाल पर
(c) उत्पन्न होने की नियत दर P पर
(A) (a), (b) तथा (c) सभी सही है। (B) केवल (a) तथा (b) सही है।
(C*) केवल (b) तथा (c) सही है। (D) केवल (a) तथा (c) सही है।

Sol. As $N = \frac{Pt_{1/2}}{\ell n2}$
it is dependent upon P and $t_{1/2}$. Initial no. of ^{56}Mn nuclei will make no difference as in equilibrium rate of production equals rate of decay. Large initial no. will only make equilibrium come sooner.

हल: $N = \frac{Pt_{1/2}}{\ell n2}$
यह P तथा $t_{1/2}$ पर निर्भर करता है। प्रारम्भ में ^{56}Mn की संख्या, उत्पन्न होने की दर तथा कम होने की दर साम्य–स्थिति में होने के कारण निर्भर नही करती है। अधिक संख्या केवल साम्यस्थिति को जल्दी ला देगी।

Comprehension # 2
Consider the following nuclear decay : (initially $^{236}U_{92}$ is at rest)
निम्न नाभिकीय क्षय समीकरण को अवलोकित करें– (प्रारम्भ में $^{236}U_{92}$ विरामावस्था में है)

$$^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{232}_{90}Th + X$$

4. Regarding this nuclear decay select the correct statement :
(A) The nucleus X may be at rest.
(B*) The $^{232}_{90}Th$ nucleus may be in excited state.
(C) The X may have kinetic energy but $^{232}_{90}Th$ will be at rest
(D) The Q value is Δmc^2 where Δm is mass difference of ($^{236}_{92}U$ and $^{232}_{90}Th$) and c is speed of light.

इस नाभिकीय क्षय में, निम्न में से सही कथन का चयन करो :
(A) नाभिक X स्थिर हो सकता है।
(B*) ${}^{232}_{90}Th$ नाभिक, उत्तेजित अवस्था में हो सकता है।
(C) X के पास गतिज ऊर्जा हो सकती है, लेकिन ${}^{232}_{90}Th$ स्थिर रहेगा।
(D) Q का मान Δmc^2 होगा जहाँ Δm (${}^{236}_{92}U$ और ${}^{232}_{90}Th$ का) द्रव्यमान अन्तर है और c प्रकाश की चाल है

Sol. (A) Since energy will be released X will not be at rest.
(B) Generally daughter nucleus is in excited state.
(C) If X has kinetic energy, ${}^{232}Th$ will also have kinetic energy to conserve the momentum
(D) The Q value $Q = (m_u - m_{Th} - m_x).C^2$

Sol. (A) चूंकि ऊर्जा मुक्त होगी। अतः X विरामावस्था में नहीं होगा।
(B) सामान्यतः पुत्री नाभिक उत्तेजित अवस्था में है।
(C) यदि X के पास गतिज ऊर्जा है तो ${}^{232}Th$ के पास भी संवेग को संरक्षी रखने के लिए गतिज ऊर्जा होगी।
(D) Q का मान $Q = (m_u - m_{Th} - m_x).C^2$

5. If the uranium nucleus is at rest before its decay, which one of the following statement is true concerning the final nuclei ?
(A) They have equal kinetic energies, but the thorium nucleus has much more momentum.
(B) They have equal kinetic energies and momenta of equal magnitudes.
(C) The have momenta of equal magnitudes, but the thorium nucleus has much more kinetic energy.
(D*) They have momentum of equal magnitudes, but X has much more kinetic energy.
यदि यूरेनियम नाभिक अपने क्षय से पूर्व विरामावस्था में है, तो परिणामी नाभिक के लिये कौन–सा कथन सत्य होगा–
(A) उनकी गतिज ऊर्जायें समान होगी, परन्तु थोरियम नाभिक का संवेग अधिक होगा ।
(B) उनकी गतिज ऊर्जायें तथा संवेग का परिमाण समान होंगे।
(C) उनके संवेग का परिमाण समान है, परन्तु थोरियम नाभिक की गतिज ऊर्जा अधिक होगी ।
(D*) उनके संवेगो का परिमाण समान है, परन्तु X की गतिज ऊर्जा अधिक होगी ।

Sol. Initially uranium atom is at rest, so after decay both nuclei have equal momentum,
प्रारम्भ में यूरेनियम अणु विरामावस्था में है अतः विघटन के बाद दोनों नाभिकों का संवेग समान होगा।
and और $K = \frac{P^2}{2m}$, Here X is light so it has more kinetic energy यहाँ x हल्का है अतः गतिज ऊर्जा अधिक होगी।

6. Following atomic masses and conversion factor are provided
निम्न परमाणु द्रव्यमान और परिवर्तन गुणांक दिये है–
${}^{236}_{92}U = 236.045\ 562$ u ;
${}^{232}_{90}Th = 232.038054$ u ;
${}^{1}_{0}n = 1.008665$ u ; ${}^{1}_{1}p = 1.007277$ u ;
${}^{4}_{2}He = 4.002603$ u and तथा
$1\ u = 1.5 \times 10^{-10}$ J
The amount of energy released in this decay is equal to :
इस क्षय में उत्सर्जित ऊर्जा का मान होगा ?
(A) 3.5×10^{-8} J (B) 4.6×10^{-12} J (C) 6.0×10^{-10} J (D*) 7.4×10^{-13} J

Sol. $Q = \Delta m.C^2$
$= (m_u - m_{Th} - m_x).C^2$
$= (236.045562 - 232.038054 - 4.002603) \times 1.5 \times 10^{-10}$ J
$= 7.4 \times 10^{-13}$ J.

Exercise-3

✍ Marked Questions can be used as Revision Questions.
✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

*** Marked Questions may have more than one correct option.**
*** चिन्हित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -**

PART - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)

भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. Half life of a radioactive substance 'A' is 4 days. The probability that a nucleus will decay in two half lives is: रेडियोएक्टिव पदार्थ 'A' की अर्द्धआयु 4 दिन है। नाभिक के दो अर्द्धआयु में क्षय होने की प्रायिकता होगी -

(A) $\frac{1}{4}$ (B*) $\frac{3}{4}$ (C) $\frac{1}{2}$ (D) 1

Sol. **(B)**

Number of nuclei left after 2 half lives = $\frac{N_0}{4}$

probability of a nucleus decaying = no. of nuclei decayed / total no.

$= \frac{3 \quad N_0/4}{N_0} = \frac{3}{4}$

2 अर्द्धआयु पश्चात् नाभिकों की संख्या शेष होगी = $\frac{N_0}{4}$

नाभिक के क्षय की प्रायिकता = क्षय हो चुके नाभिकों की संख्या/कुल संख्या .

$\frac{3 \quad N_0/4}{N_0} = \frac{3}{4}$

2. **Match the following**

Column 1	**Column 2**
(A) Nuclear fission	(p) Converts some matter into energy
(B) Nuclear fusion	(q) Possible for nuclei with low atomic number
(C) β - decay	(r) Possible for nuclei with high atomic number
(D) Exothermic nuclear reaction	(s) Essentially proceeds by weak nuclear forces.

मिलान कीजिए

कॉलम 1	**कॉलम 2**
(A) नाभिकीय विघटन	(p) कुछ पदार्थ का ऊर्जा में रूपान्तरण
(B) नाभिकीय संलयन	(q) कम परमाणु क्रमांक के नाभिको के लिए संभव है
(C) β - क्षय	(r) ज्यादा परमाणु क्रमांक के नाभिको के लिए संभव है
(D) ऊष्माक्षेपी नाभिकीय अभिक्रिया	(s)केवल दुर्बल नाभिकीय बलो द्वारा उत्पन्न होता है।

Ans. (A) $\rightarrow$ (p) and तथा (r), (B) $\rightarrow$ (p) and तथा (q), (C) $\rightarrow$ (p) , (q) , (r) and तथा (s) (D) $\rightarrow$ (p) , (q) and तथा (r)

Sol. Fission is the process which involves conversion of some matter into energy and shown by atoms of high atomic number such as ${}_{92}U^{235}$.

Fusion also converts some matter into energy but shown by atoms of low atomic number such as ${}_1H^1$, ${}_1H^2$.

β-decay essentially carried out by weak nuclear forces and also converts matter into energy for example

$${}_0n^1 \rightarrow {}_1H^1 + {}_{-1}e^0\ (\beta^-) + \bar{\nu} + \text{energy}$$
$${}_1H^1 \rightarrow {}_0n^1 + {}_{+1}e^0\ (\beta^+) + \nu + \text{energy}$$

Exothermic nuclear reactions also converts matter into energy and all spontaneous nuclear reaction are exothermic.

विखण्डन वह प्रक्रिया है जिसमें कुछ द्रव्य (पदार्थ) ऊर्जा में रूपान्तरित होता है एवं यह प्रक्रिया उच्च परमाणु संख्या वायु परमाणु जैसे $_{92}U^{235}$ द्वारा दर्शायी जाती है।
संलयन भी कुछ द्रव्य (पदार्थ) को ऊर्जा में रूपान्तरित करता है परन्तु यह निम्न परमाणु संख्या वाले परमाणु जैस $_1H^1$, $_1H^2$
β-क्षय द्वारा दर्शायी जाती है ताथा पदार्थ को ऊर्जा में बदलती है। उदाहरण के लिए

$$_0n^1 \rightarrow {}_1H^1 + {}_{-1}e^0\ (\beta^-) + \bar{\nu} + \text{ऊर्जा}$$

$$_1H^1 \rightarrow {}_0n^1 + {}_{+1}e^0\ (\beta^+) + \nu + \text{ऊर्जा}$$

ऊष्माक्षेपी नाभिकीय अभिक्रियाऐं भी पदार्थ को ऊर्जा में बदलती है एवं सभी स्वतः नाभिकीय अभिक्रियाऐं ऊष्माक्षेपी है।

3. In the options given below, let E denote the rest mass energy of a nucleus and n a neutron. The correct option is :
नीचे दिये गये विकल्पों में E एक नाभिक की विराम द्रव्यमान ऊर्जा तथा n एक न्यूट्रॉन को निरूपित करता है। सही विकल्प है:

(A) $E\left({}^{236}_{92}U\right) > E\left({}^{137}_{53}I\right) + E\left({}^{97}_{39}Y\right) + 2E(n)$

(B) $E\left({}^{236}_{92}U\right) < E\left({}^{137}_{53}I\right) + E\left({}^{97}_{39}Y\right) + 2E(n)$

(C) $E\left({}^{236}_{92}U\right) < E\left({}^{140}_{56}Ba\right) + \left({}^{94}_{36}Kr\right) + 2E(n)$

(D) $E\left({}^{236}_{92}U\right) = E\left({}^{140}_{56}Ba\right) + E\left({}^{94}_{36}Kr\right) + 2E(n)$

Ans. (A)
Sol. Since energy is released in a fission process, the rest mass energy must decrease.
क्योंकि विघटन प्रक्रिया में ऊर्जा उत्सर्जित होती है अतः स्थित द्रव्यमान ऊष्मा आवश्यक रूप से घटेगी।

4. Some laws / processes are given in **Column I**. Match these with the physical phenomena given in **Column II** and indicate your answer by darkening appropriate bubbles in the 4 × 4 matrix given in the ORS.
कॉलम I में कुछ नियम / प्रक्रियाएँ दी गई है। इन्हें कॉलम II में दी गयी भौतिक परिघटनाओं से सुमेल करायें तथा अपने उत्तर को ORS में दिये गये 4 × 4 मैट्रिक्स के उचित बुल्लों को काला करके दर्शायें।

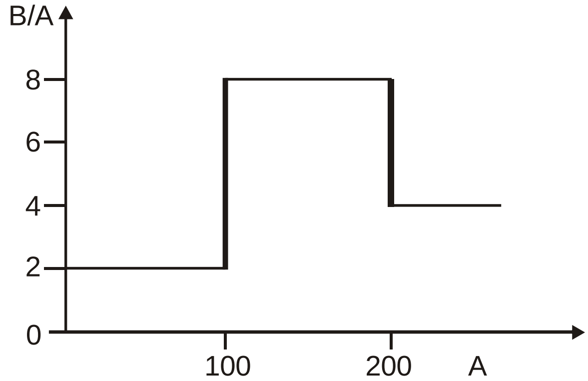
	Column I		**Column II**
(A)	Transition between two atomic energy levels	(p)	Characteristic X-rays
(B)	Electron emission from a material	(q)	Photoelectric effect
(C)	Mosley's law	(r)	Hydrogen spectrum
(D)	Change of photon energy into kinetic energy of electrons	(s)	β-decay

	कॉलम I		**कॉलम II**
(A)	दो परमाणिवक ऊर्जा स्तरों के बीच संक्रमण।	(p)	अभिलाक्षिणक X–किरणें।
(B)	पदार्थो से इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन	(q)	प्रकाश विद्युत प्रभाव।
(C)	मोसले का नियम।	(r)	हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम।
(D)	फोटॉन ऊर्जा का इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा में परिवर्तन।	(s)	β-विघटन।

Ans. (A) → (p), (r); (B) → (q), (s); (C) → (p); (D) → (q)
Sol. Different related laws / processes.
विभिन्न नियम और प्रक्रिया

5*. Assume that the nuclear binding energy per nucleon (B/A) versus mass number (A) is as shown in the figure. Use this plot to choose the correct choice(s) given below. Figure :

मान लें कि प्रति न्यूक्लियॉन नाभिकिय बंधन–ऊर्जा (B/A) बनाम द्रव्यमान संख्या (A) नीचे दर्शाये चित्र के अनुसार है। इस ग्राफ का उपयोग करते हुये सही उत्तरों का चुनाव करें। चित्र :



(A) Fusion of two nuclei with mass numbers lying in the range of 1 < A < 50 will release energy
(B*) Fusion of two nuclei with mass numbers lying in the range of 51 < A < 100 will release energy
(C) Fission of a nucleus lying in the mass range of 100 < A < 200 will release energy when broken into two equal fragments
(D*) Fission of a nucleus lying in the mass range of 200 < A < 260 will release energy when broken into two equal fragments

(A) दो नाभिकों के संलयन (Fusion) में, जिनकी द्रव्यमान संख्या 1 < A < 50 के बीच में है, ऊर्जा का उत्सर्जन (release) होगा

(B*) दो नाभिकों के संलयन में, जिनकी द्रव्यमान संख्या 51 < A < 100 के बीच में है, ऊर्जा का उत्सर्जन होगा

(C) एक नाभिक, जिसकी द्रव्यमान संख्या 100 < A < 200 के बीच में है, के दो समान भागों में विखंडन पर ऊर्जा का उत्सर्जन होगा।

(D*) एक नाभिक, जिसकी द्रव्यमान संख्या 200 < A < 260 के बीच में है, के दो समान भागों में विखंडन पर ऊर्जा का उत्सर्जन होगा

Sol. (A) For 1 < A < 50, on fusion mass number for compound nucleus is less than 100. B/A remains same. Hence no energy is released

(B) For 51 < A < 100, on fusion mass no. of compound nucleus is between 100 and 200. B/A increases. Hence energy is released.

(C) On fission for 100 < A < 200, the mass no. for fission nuclei will be between 50 to 100. B/A decreases. Hence no energy is released.

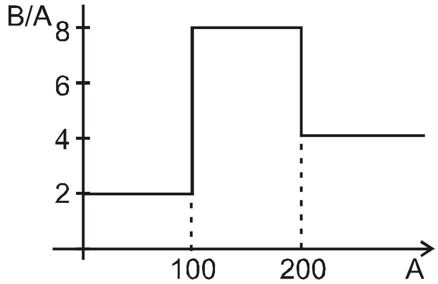
(D) On fission for 200 < A < 260, the mass no. for fission nuclei will be between 100 to 130, B/A will increase. Hence energy is released.

(A) 1 < A < 50, के लिए संलयन होने पर संयुक्त नाभिक के लिए द्रव्यमान संख्या 100 से कम है। B/A समान रहता है। अतः कोई ऊर्जा नहीं छोड़ी जाती है।

(B) 51 < A < 100 के लिए संलयन होने पर संयुक्त नाभिक की द्रव्यमान संख्या 100 से 200 के मध्य है। B/A बढ़ता है अतः ऊर्जा छोड़ी जाती है।

(C) विखण्डन होने पर 100 < A < 200 के लिए विखण्डित नाभिक की द्रव्यमान संख्या 50 से 100 के मध्य होगी। B/A घटता है। अतः कोई ऊर्जा नहीं छोड़ी जायेगी।

(D) विखण्डन होने पर 200 < A < 260 के लिए विखण्डित नाभिक की द्रव्यमान संख्या 100 से 130 के मध्य होगी, B/A बढ़ेगा। अतः ऊर्जा छोड़ी जाती है।



Ans. (B) and (D)

6. A radioactive sample S_1 having an activity of $5\mu Ci$ has twice the number of nuclei as another sample S_2 which has an activity of $10\mu Ci$. The half lives of S_1 and S_2 can be

एक रेडियोधर्मी नमूने S_1 (जिसकी सक्रियता $5\mu Ci$ है) में नाभिकों की संख्या एक दूसरे रेडियोधर्मी नमूने S_2 (जिसकी सक्रियता $10\mu Ci$ है) से दो गुनी है। S_1 तथा S_2 की अर्ध–आयु निम्न हो सकती है।

(A*) 20 years and 5 years, respectively
(B) 20 years and 10 years, respectively
(C) 10 years each
(D) 5 years each

(A) क्रमशः 20 वर्ष और 5 वर्ष
(B) क्रमशः 20 वर्ष और 10 वर्ष
(C) दोंनो की 10 वर्ष
(D) दोंनो की 5 वर्ष

Sol. Given that $\lambda_1 N_1 = 5\mu\,Ci$

$\lambda_2 N_2 = 10\mu\,Ci$

$\lambda_2 N_2 = 2\lambda_1 N_1$

Also $N_1 = 2N_2$

Then $\lambda_2 N_2 = 2\lambda_1(2N_2)$

$\lambda_2 = 4\lambda_1$

Ans. (A)

Sol. दिया गया है $\lambda_1 N_1 = 5\mu\,Ci$

$\lambda_2 N_2 = 10\mu\,Ci$

$\lambda_2 N_2 = 2\lambda_1 N_1$

तथा $N_1 = 2N_2$

तब $\lambda_2 N_2 = 2\lambda_1(2N_2)$

$\lambda_2 = 4\lambda_1$

Ans. (A)

Paragraph for Question Nos. 7 to 9

Scientists are working hard to develop nuclear fusion reactor. Nuclei of heavy hydrogen, ${}^2_1H$, known as deuteron and denoted by D, can be thought of as a candidate for fusion reactor. The D-D reaction is ${}^2_1H + {}^2_1H \to {}^3_2He + n + \text{energy}$. In the core of fusion reactor, a gas of heavy hydrogen is fully ionized into deuteron nuclei and electrons. This collection of ${}^2_1H$ nuclei and electrons is known as plasma. The nuclei move randomly in the reactor core and occasionally come close enough for nuclear fusion to take place. Usually, the temperatures in the reactor core are too high and no material wall can be used to confine the plasma. Special techniques are used which confine the plasma for a time t_0 before the particles fly away from the core. If n is the density (number/volume) of deuterons, the product nt_0 is called Lawson number. In one of the criteria, a reactor is termed successful if Lawson number is greater than 5×10^{14} s/cm^3.

It may be helpful to use the following: Boltzman constant $k = 8.6\times10^{-5}$ eV/K ; $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} = 1.44 \times 10^{-9}$ eVm.

7. In the core of nuclear fusion reactor, the gas becomes plasma because of
(A) strong nuclear force acting between the deuterons
(B) Coulomb force acting between the deuterons
(C) Coulomb force acting between deuterons-electrons pairs
(D*) the high temperature maintained inside the reactor core

8. Assume that two deuteron nuclei in the core of fusion reactor at temperature T are moving towards each other, each with kinetic energy 1.5 kT, when the separation between them is large enough to neglect Coulomb potential energy. Also neglect any interaction from other particles in the core. The minimum temperature T required for them to reach a separation of 4×10^{-15} m in the range.
(A*) 1.0×10^9 K < T < 2.0×10^9 K
(B) 2.0×10^9 K < T < 3.0×10^9 K
(C) 3.0×10^9 K < T < 4.0×10^9 K
(D) 4.0×10^9 K < T < 5.0×10^9 K

Solution : From energy conservation

$$2\left(\frac{3}{2}kT\right) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r}$$

$$\Rightarrow \quad T = \frac{(1.44 \times 10^{-9})}{(8.6 \times 10^{-5})} \times \frac{1}{3 \times 4 \times 10^{-15}} = 1.39 \times 10^9 \text{ K}$$

9. Results of calculations for four different designs of a fusion reactor using D-D reaction are given below. Which of these is most promising based on Lawson criterion ?
(A) deuteron density = 2.0×10^{12} cm^{-3}, confinement time = 5.0×10^{-3} s
(B*) deuteron density = 8.0×10^{14} cm^{-3}, confinement time = 9.0×10^{-1} s
(C) deuteron density = 4.0×10^{23} cm^{-3}, confinement time = 1.0×10^{-11} s
(D) deuteron density = 1.0×10^{24} cm^{-3}, confinement time = 4.0×10^{-12} s

Sol. $nt_0 > 5 \times 10^{14}$ s/cm^3
for deuteron density = 8.0×10^{14} cm^{-3}, confinement time = 9.0×10^{-1} s
$nt_0 = 7.2 \times 10^{14}$ s/cm^3

प्रश्न 7 से 9 के लिए अनुच्छेद

वैज्ञानिक कड़ी मेहनत से नाभिकीय संलयन रिएक्टर विकसित करने में लगे है। भारी हाइड्रोजन नाभिक ^2_1H, जिसे ड्यूट्रोन कहते है और D से दर्शाते है, संलयन–रिएक्टर के लिए सम्भावना के रूप में सोचा जा सकता है। D-D अभिक्रिया है: $^2_1H + ^2_1H \rightarrow ^3_2He + n +$ ऊर्जा । संलयन–रिएक्टर के कोर में भारी हाइड्रोजन गैस, ड्यूट्रोन नाभिकों और इलेक्ट्रोनों में पूर्णतया आयनित हो जाती है। इन ^2_1H नाभिकों और इलेक्ट्रॉनों के समूह को प्लाज्मा कहते है। रिएक्टर कोर में नाभिक यादृच्छिक (random) गति करते है और यदा–कदा इतने पास आ जाते है कि नाभिकीय संलयन हो सके। सामान्यतया, रिएक्टर कोर मे तापमान बहुत अधिक होता है, और इस कारण किसी भी पदार्थ की दीवार इस प्लाज्मा को अपने अन्दर परिसीमित रखने में सक्षम नहीं हो पाती। इसलिये विशेष तकनीकों का प्रयोग करके इस प्लाज्मा को कुछ समय तक परिसीमित किया जाता है, इससे पहले कि कण कोर से दूर चले जायें। यदि n ड्यूट्रोनों का घनत्व (संख्या/आयतन) हो तथा t_0 परिसीमन समय हो तो nt_0 को लासन नम्बर (Lawson number) कहते है। एक मानक के अनुसार किसी रिएक्टर को सफल करने के लिए लासन नम्बर का मान 5×10^{14} s/cm^3 से अधिक होना चाहिए।
नीचे दिये गये स्थिरांकों का प्रयोग आपके लिये उपयोगी हो सकता है।

बोल्ट्समान नियतांक: $k = 8.6 \times 10^{-5}$ eV/K ; $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} = 1.44 \times 10^{-9}$ eVm.

7. नाभिकीय संलयन–रिएक्टर कोर में गैस से प्लाज्मा बनने का कारण है
(A) ड्यूट्रोनों के बीच लग रहा प्रबल नाभिकीय बल
(B) ड्यूट्रोनों के बीच लग रहा कूलाम (Coulomb) बल
(C) ड्यूट्रोन–इलेक्ट्रोन युग्म के बीच लग रहा कूलॉम (Coulomb) बल
(D) रिएक्टर कोर में बना हुआ बहुत अधिक तापमान

8. मान लें कि संलयन रिएक्टर कोर में, जिसका तापमान T है, दो ड्यूट्रोन एक दूसरे की तरफ बढ़ रहे है, प्रत्येक की गतिज ऊर्जा 1.5 kT है, और उनकी आपसी दूरी इतनी ज्यादा है कि उनके बीच कूलॉम (Coulomb) स्थितिज ऊर्जा को नगण्य मान सकते है। कोर में उपस्थित दूसरे कणों के साथ इन दोंनो की किसी प्रकार की आपसी क्रिया को भी नगण्य मान सकते है। ये ड्यूट्रोन 4×10^{-15} m की दूरी तक पहुँच पाये इसके लिए आवश्यक न्यूनतम तापमान T किस अन्तराल में होगा।

(A) 1.0×10^9 K < T < 2.0×10^9 K
(B) 2.0×10^9 K < T < 3.0×10^9 K
(C) 3.0×10^9 K < T < 4.0×10^9 K
(D) 4.0×10^9 K < T < 5.0×10^9 K

Sol. ऊर्जा संरक्षण से $2\left(\frac{3}{2}kT\right) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r}$ $\Rightarrow$ $T = \frac{(1.44\times10^{-9})}{(8.6\times10^{-5})} \times \frac{1}{3\times4\times10^{-15}} = 1.39 \times 10^9$ K

9. D-D अभिक्रिया के प्रयोग से बन सकने वाले संलयन रिएक्टरों के चार संभावित प्रारूपों के लिए की गई गणना के परिणाम नीचे दिये गये है। लासन मानक के अनुसार इन चारों में से कौन सफलता का सबसे सशक्त प्रारूप है ?

(A) ड्यूट्रोन घनत्व = 2.0×10^{12} cm^{-3}, परिसीमन समय = 5.0×10^{-3} s
(B) ड्यूट्रोन घनत्व = 8.0×10^{14} cm^{-3}, परिसीमन समय = 9.0×10^{-1} s
(C) ड्यूट्रोन घनत्व = 4.0×10^{23} cm^{-3}, परिसीमन समय = 1.0×10^{-11} s
(D) ड्यूट्रोन घनत्व= 1.0×10^{24} cm^{-3}, परिसीमन समय = 4.0×10^{-12} s

Sol. $nt_0 > 5 \times 10^{14}$ s/cm^3
ड्यूट्रॉन घनत्व, = 8.0×10^{14} cm^{-3}, परिसीमन समय = 9.0×10^{-1} s
$nt_0 = 7.2 \times 10^{14}$ s/cm^3

10. **Column II** gives certain systems undergoing a process. **Column I** suggests changes in some of the parameters related to the system. Match the statements in **Column-I** to the appropriate process(es) from **Column II**.

Column-I		Column-II	
(A)	The energy of the system is increased.	(p)	System: A capacitor, initially uncharged Process: It is connected to a battery.
(B)	Mechanical energy is provided to the system, which is converted into energy of random motion of its parts	(q)	System: A gas in an adiabatic container fitted with an adiabatic piston. Process: The gas is compressed by pushing the piston
(C)	Internal energy of the system is converted into its mechanical energy	(r)	System: A gas in a rigid container Process: The gas gets cooled due to colder atmosphere surrounding it
(D)	Mass of the system is decreased	(s)	System: A heavy nucleus, initially at rest Process: The nucleus fissions into two fragments of nearly equal masses and some neutrons are emitted
		(t)	System: A resistive wire loop Process: The loop is placed in a time varying magnetic field perpendicular to its plane

कॉलम II में कुछ निकाय दिये गये है जो किसी प्रक्रम से गुजरते है। **कॉलम I** प्रक्रम में हो सकने वाले सम्भव बदलावों को दर्शाता है। **कॉलम-I** में दिये गये वक्तव्यों को **कॉलम II** के उचित प्रक्रमों से मिलाइए।

	कॉलम -I		**कॉलम -II**
(A)	निकाय की ऊर्जा बढ़ती है	(p)	निकाय: संधारित्र (capacitor), आरम्भ में आवेश रहित प्रक्रम: निकाय को बैटरी से जोड़ा जाता है
(B)	निकाय को यांत्रिक ऊर्जा प्रदान की जाती है, जो निकाय के हिस्सों की यादृच्छिक गति (random motion) की ऊर्जा में बदल जाती है।	(q)	निकाय: रूद्धोष्म (adiabatic) पात्र में रखी गैस, पात्र में रूद्धोष्म पिस्टन लगा है। प्रक्रम: पिस्टन द्वारा गैस को दबाया जाता है।
(C)	निकाय की आन्तरिक ऊर्जा उसकी यांत्रिक ऊर्जा में बदल जाती है।	(r)	निकाय: दृढ़ पात्र में रखी गैस प्रक्रम: ठण्डे बाहरी वातावरण के कारण गैस ठण्डी हो रही है।
(D)	निकाय का द्रव्यमान घटता है	(s)	निकाय: एक भारी नाभिक, आरम्भ में स्थिर अवस्था में प्रक्रम: नाभिक दो लगभग बराबर द्रव्यमान में विखण्डित होता है और कुछ न्यूट्रोन उत्सर्जित होता है।
		(t)	निकाय: एक प्रतिरोध (resistive) तार का लूप प्रक्रम: लूप को समय के साथ बदल रहे चुम्बकीय क्षेत्र(जो लूप के तल के लम्बवत् है) में रखा जाता है

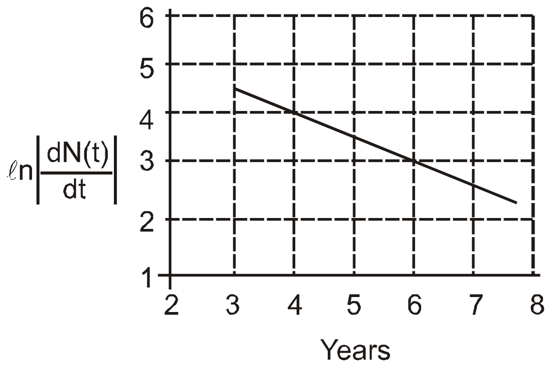
Ans. (A) p, q, t; (B) q, t (C) s, (D) s

Sol . (A) (p) : Capacitor is charged, hence its energy is increased
(q) : The temperature is increased, hence its energy is increased or as the external positive work is done, hence energy increases
(r) : The temperature decreases, its energy is decreased
(s) : All natural process, energy of the system decreases
(t) : The current is produced. Hence energy of the system increases
(B) (p), (r), (s) no mechanical energy is provided to the system
(q) the mechanical energy is provided which increases the temperature and hence random motion of molecules
(t) Mechanical work is done to change the magnetic field, which increases the mechanical energy of electron and these electrons strike with stationary positive charge and energy is converted in random motion.
(C) (s) Internal binding energy is converted into mechanical energy
(D) (s) Mass changes only in nuclear process.

Sol. (A) (p) : संधारित्र आवेशित होता है, अतः इसकी ऊर्जा बढ़ेगी।
(q) : तापमान बढ़ेगा, अतः इसकी ऊर्जा बढ़ेगी या जैसाकि बाह्य किया गया कार्य धनात्मक है, अतः ऊर्जा बढ़ेगी।
(r) : ताप घटता है, इसकी ऊर्जा घटेगी।
(s) : सभी प्राकृतिक प्रक्रम है, निकाय की ऊर्जा घटेगी।
(t) : धारा उत्पन्न होती है। अतः निकाय की ऊर्जा बढ़ेगी।
(B) (p), (r), (s) निकाय को कोई भी यांत्रिक ऊर्जा नहीं दी गई है।
(q) यांत्रिक ऊर्जा प्रदान की गई है जो तापमान तथा अणुओं की यादृच्छिक गति बढ़ायेगी।
(t) चुम्बकीय क्षेत्र में परिवर्तन के लिए यांत्रिक कार्य किया गया है जो इलेक्ट्रॉन की यांत्रिक ऊर्जा बढ़ायेगा और ये इलेक्ट्रॉन धनात्मक स्थिर आवेश से टकराते है और ऊर्जा यादृच्छिक गति में परिवर्तित होती है।
(C) (s) आन्तरिक बंधन ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित होती है।
(D) (s) द्रव्यमान केवल नाभिकीय प्रक्रम में परिवर्तित होता है।

11. To determine the half life of a radioactive element, a student plots a graph of $\ell n\left|\frac{dN(t)}{dt}\right|$ versus t. Here $\frac{dN(t)}{dt}$ is the rate of radioactive decay at time t. If the number of radioactive nuclei of this element decreases by a factor of p after 4.16 years, the value of p is :

रेडियोधर्मी तत्व की अर्धआयु ज्ञात करने के लिये एक छात्र $\ell n\left|\frac{dN(t)}{dt}\right|$ का t के साथ ग्राफ बनाता है। यहाँ $\frac{dN(t)}{dt}$ रेडियोधर्मी क्षय की t समय पर दर है। यदि 4.16 सालों के बाद इस रेडियोधर्मी पदार्थ के नाभिकों की संख्या p घटक से कम हो जाती है, p का मान बताइये।



Ans. 8

Sol. $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$

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

$\ell n\left|\frac{dN}{dt}\right| = -\lambda t + \ell n(\lambda N_0)$

y = mx + c

$m = -\lambda$

$\lambda = \frac{1}{2}$ [slope by graph = $\frac{1}{2}$] [ग्राफ का ढाल = $\frac{1}{2}$]

$T = \frac{\ell n 2}{\lambda}$

$= 2 \times 0.693 = \frac{4.16}{n}$

n = 3 = no. of half life. अर्द्ध आयु संख्या

$p = z^3 = 8$. **Ans.**

12. The activity of a freshly prepared radioactive sample is 10^{10} disintegrations per second, whose mean life is 10^9 s. The mass of an atom of this radioisotope is 10^{-25} kg. The mass (in mg) of the radioactive sample is

एक ताजा तैयार किये गये रेडियोएक्टिव नमूने, जिसकी माध्य–आयु 10^9 s है, की एक्टिविटी 10^{10} विघटन प्रतिसेकंड (disintegrations per second) है। सम्बंधित रेडियो–आइसोटोप परमाणु का भार 10^{-25} kg है। रेडियोएक्टिव नमूने का mg में भार है

Ans. 1

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

$\frac{dN}{dt} = 10^{10} = N_0 (\lambda) e^{-10^{-9} t}$

at (t = 0)

$10^{10} = N_0 10^{-9}$

$N_0 = 10^{19}$

mass of sample नमूने का द्रव्यमान = $N_0 10^{-25}$

= N_0 (mass of the atom परमाणु का द्रव्यमान)

= 10^{-6} kgm

= $10^{-6} \times 10^{3}$ gm

= 10^{-3} gm

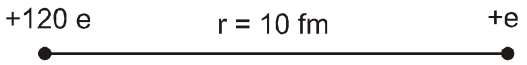
= 1 mg

13. A proton is fired from very far away towards a nucleus with charge Q = 120 e, where e is the electronic charge. It makes a closest approach of 10 fm to the nucleus. The de Brogle wavelength (in units of fm) of the proton at its start is : (take the proton mass, $m_p = (5/3) \times 10^{-27}$ kg, h/e = 4.2×10^{-15} J.s/C ; $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9$ m/F ; 1 fm = 10^{-15} m)

एक प्रोटोन को सीधे एक नाभिक (Q = 120 e, जहाँ e इलेक्ट्रोनिक आवेश है) की ओर बहुत दूर से दागा जाता है। यह प्रोटॉन नाभिक से 10 fm की निकटतम दूरी तक पहुँचता है। प्रोटोन के चलना आरम्भ करते समय उसकी de Broglie तरंग दैर्ध्य (fm में) क्या है? (मानें : प्रोटॉन का द्रव्यमान, $m_p = \frac{5}{3} \times 10^{-27}$ kg , $\frac{h}{e}$ = 4.2×10^{-15} J.s/C; $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9$ m/F; 1fm = 10^{-15} m)

Ans. **7**

Sol.



$$\frac{(9\times10^9)(120e)(e)}{10\times10^{-15}} = \frac{p^2}{2m}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \therefore \; p^2 = \frac{h^2}{\lambda^2}$$

$$2\left(\frac{5}{3}\times10^{-27}\right)10^{15}(9\times10^9)(12)e^2 = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$(120)\ (3)10^{-27+15+9}$ $\qquad \lambda^2 = (4.2)^2 \times 10^{-30}$

$$\lambda^2 = \frac{4.2\times4.2\times10^{-30}}{360\times10^{-3}} = \frac{42\times42}{360}\times10^{-29}$$

$= 7^2 \times 10^{-30}$ $\qquad \lambda = 7\times10^{-15}$ m = 7 fm

Paragraph for Questions 14 and 15

The β^- decay process, discovered around 1900, is basically the decay of a neutron (n). In the laboratory, a proton (p) and an electron (e^-) are observed as the decay products of the neutron. Therefore, considering the decay of a neutron as a tri-body decay process, it was predicted theoretically that the kinetic energy of the electron should be a constant. But experimentally, it was observed that the electron kinetic energy has a continuous spectrum. Considering a three-body decay process, i.e. $n \to p + e^- + \bar{\nu}_e$, around 1930, Pauli explained the observed electron energy spectrum. Assuming the anti-neutrino ($\bar{\nu}_e$) to be massless and possessing negligible energy, and neutron to be at rest, momentum and energy conservation principles are applied. From this calculation, the maximum kinetic energy of the electron is 0.8×10^6 eV. The kinetic energy carried by the proton is only the recoil energy.

प्रश्न 14 से 15 के लिए अनुच्छेद

1900 के आसपास हुई खोज के अनुसार β^- क्षय प्रक्रम वास्तव में न्यूटॉन (n)का क्षय होता है। प्रयोगशाला में पाया गया है कि न्यूटॉन के क्षय होने पर प्रोटॉन (p) तथा एक इलेक्ट्रॉन ($\bar{e}$) जनित होते है। इसलिये, न्यूटॉन क्षय को द्वि–पिंडी क्षय–प्रक्रम मानकर, सैद्धांतिक गणना से यह सिद्ध किया गया कि इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा का मान स्थिर रहना चाहिए। लेकिन प्रयोगों ने दिखाया कि इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा के मान का संतत स्पेक्ट्रम होता है। त्रि–पिंडी क्षय प्रक्रम मानकर, अर्थात $n \rightarrow p + \bar{e} + \bar{\upsilon}_e$,1930 के आसपास Pauli ने इलेक्ट्रॉन का देखा गया ऊर्जा स्पेक्ट्रम समझाया। प्रति–न्यूट्रिनों ($\bar{\upsilon}_e$) को द्रव्यमान रहित व नगण्य ऊर्जा का मान कर और न्यूट्रॉन को स्थिर मान कर , संवेग व ऊर्जा संरक्षण के नियम गणना में लगायें गये जिससे इलेक्टॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा को 0.8×10^6 eV आंका गया। प्रोटॉन की गतिज ऊर्जा केवल प्रतिक्षेप ऊर्जा है।

14. What is the maximum energy of the anti-neutrino ?

(A) Zero
(B) Much less than 0.8×10^6 eV
(C) Nearly 0.8×10^6 eV
(D) Much larger than 0.8×10^6 eV

प्रति न्यूट्रीनों की अधिकतम ऊर्जा है।

(A) शून्य
(B) 0.8×10^6eV से बहुत कम
(B) लगभग 0.8×10^6eV
(D) 0.8×10^6eV से बहुत अधिक

Ans. **(C)**

Sol. KE_{max} of β^-

$Q = 0.8 \times 10^6$ eV

$KE_P + KE_{\beta^-} + KE_{\bar{\nu}} = Q$

KE_P is almost zero

When $KE_{\beta^-} = 0$

then $KE_{\bar{\nu}} = Q - KE_P \cong Q$

Sol. KE_{max} of β^-

$Q = 0.8 \times 10^6$ eV

$KE_P + KE_{\beta^-} + KE_{\bar{\nu}} = Q$

KE_P (लगभग शून्य होगा)

जब $KE_{\beta^-} = 0$

तब $KE_{\bar{\nu}} = Q - KE_P \cong Q$

15. If the anti-neutrino had a mass of $3eV/c^2$ (where c is the speed of light) instead of zero mass, what should be the range of the kinetic energy, K, of the electron ?

यदि प्रति न्यूट्रिनों का द्रव्यमान शून्य न होकर, $3eV/c^2$ हो, (जहाँ c, प्रकाश की गति है)तब इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा, K, का परास होगा

(A) $0 \le K \le 0.8 \times 10^6$ eV
(B) $3.0 \text{ eV} \le K \le 0.8 \times 10^6$ eV
(C) $3.0 \text{ eV} \le K < 0.8 \times 10^6$ eV
(D) $0 \le K < 0.8 \times 10^6$ eV

Ans. **(D)**

Sol. $0 \le KE_{\beta^-} \le Q - KE_P - KE_{\bar{\nu}}$

$0 \le KE_{\beta^-} < Q$

16. A freshly prepared sample of a radioisotope of half-life 1386 s has activity 10^3 disintegrations per second. Given that ln 2 = 0.693, the fraction of the initial number of nuclei (expressed in nearest integer percentage) that will decay in the first 80s after preparation of the sample is :

एक तुंरत तैयार किया हुआ रेडियों आइसोटोप प्रतिदर्श, जिसकी अर्द्ध–आयु 1386 s है, की सक्रियता 10^3 विघटन प्रति सैकण्ड है। यदि ln 2 = 0.693 है, तब प्रथम 80 s में विघटित नाभिकों व प्रारंभिक की संख्याओं का अनुपात (प्रतिशत निकटम पूर्णांक में) है।

Ans. **4**

Sol. $\lambda = \dfrac{0.693}{1386} = 5 \times 10^{-4}$

Number decayed = $N_0 - N(t)$

% age Decayed = $\lambda = \dfrac{0.693}{1386} \times 100$

$= (1 - e^{-\lambda t}) \times 100$

$\approx \lambda t \times 100$

$= 5 \times 10^{-4} \times 80 \times 100$

$= 4$

Hindi. $\lambda = \dfrac{0.693}{1386} = 5 \times 10^{-4}$

विघटित नाभिकों की संख्या = $N_0 - N(t)$

प्रतिशत विघटित नाभिकों की संख्या = $\dfrac{N_0 - N(t)}{N_0} \times 100$

$= (1 - e^{-\lambda t}) \times 100$

$\lambda t \times 100$

$= 5 \times 10^{-4} \times 80 \times 100$

$= 4$

17. Match List I of the nuclear processes with List II containing parent nucleus and one of the end products of each process and then select the correct answer using the codes given below the lists :

सूची I में कुछ नाभिकीय प्रक्रियाएँ दी गई है। सूची II में इन प्रक्रियाओं के जनक नाभिक व एक अंतिम नाभिकीय खंड दिए गए है। सूचियों के नीचे दिये गए कोड का प्रयोग करके सही उत्तर चुनिए :

List I/ सूची I		**List II/ सूची II**
P. Alpha decay ऐल्फा क्षय	1.	${}^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + ...$
Q. β^+ decay β^+ क्षय	2.	${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + ...$
R. Fission विखंडन	3.	${}^{185}_{83}Bi \rightarrow {}^{184}_{82}Pb + ...$
S. Proton emission प्रोटॉन उत्सर्जन	4.	${}^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{140}_{57}La + ...$

Codes :

	P	Q	R	S
(A)	4	2	1	3
(B)	1	3	2	4
(C)	2	1	4	3
(D)	4	3	2	1

Ans. **(C)**

Sol. (p) In α decay mass number decreses by 4 and atomic number decreases by 2.
(q) In β^+ decay mass number remains unchanged while atomic number decreases by 1.
(r) In Fission, parent nucleus breaks into allmost two equal fragments.
(s) In proton emission both mass number and atomic number decreases by 1.

Hindi. (p) α क्षय में द्रव्यमान संख्या 4 से घटेगी तथा परमाणु क्रमांक 2 से घटेगा।
(q) β^+ क्षय में द्रव्यमान संख्या अपरिवर्तित रहती है जबकि परमाणु क्रमांक 1 से घट जाता है।
(r) विखण्डन में पेतृक नाभिक दो लगभग समान भागो में टूट जाता है।
(s) प्रोटॉन उत्सर्जन में द्रव्यमान संख्या तथा परमाणु क्रमांक 1 से घट जाता है।

Paragraph for Questions 18 and 19
प्रश्न 18 और 19 के लिए अनुच्छेद

The mass of a $^{A}_{Z}X$ nucleus is less than the sum of the masses of (A – Z) number of neutrons and Z number of protons in the nucleus. The energy equivalent to the corresponding mass difference is known as the binding energy of the nucleus. A heavy nucleus of mass M can break into two light nuclei of masses m_1 and m_2 only if $(m_1 + m_2) < M$. Also two light nuclei of masses m_3 and m_4 can undergo complete fusion and form a heavy nucleus of mass M' only if $(m_3 + m_4) > M'$. The masses of some neutral atoms are given in the table below :

एक नाभिक $^{A}_{Z}X$ का द्रव्यमान (A – Z) न्यूट्रॉनों एवं Z प्रॉटोनों के द्रव्यमानों के योग से कम होता है। द्रव्यमानों की कमी के समतुल्य ऊर्जा को बंधन ऊर्जा कहते हैं। एक द्रव्यमान M कर भारी नाभिक m_1 तथा m_2 द्रव्यमानों के दो हल्के नाभिकों में विघटित हो सकता ह है, यदि $(m_1 + m_2) < M$ तथा m_3 तथा m_4 द्रव्यमानों के दो हल्के नाभिक पूर्ण संलयन करके, एक M' द्रव्यमान का भारी नाभिक बना सकते हैं, यदि $(m_3 + m_4) > M'$ कुछ परमाणुओं के द्रव्यमान नीचे टेबिल में दिये गये है

$^{1}_{1}H$	1.007825u	$^{2}_{1}H$	2.014102u	$^{3}_{1}H$	3.016050u	$^{4}_{2}He$	4.002603u
$^{6}_{3}Li$	6.015123u	$^{7}_{3}Li$	7.016004u	$^{70}_{30}Zn$	69.925325u	$^{82}_{34}Se$	81.916709u
$^{152}_{64}Gd$	151.919803u	$^{206}_{82}Pb$	205.974455u	$^{209}_{83}Bi$	208.980388u	$^{210}_{84}Po$	209.982876u

18. The correct statement is :
सही प्रकथन है।
(A) The nucleus $^{6}_{3}Li$ can emit an alpha particle
नाभिक $^{6}_{3}Li$ एक ऐल्फा कण उत्सर्जित कर सकता है।
(B) The nucleus $^{210}_{84}Po$ can emit a proton
नाभिक $^{210}_{84}Po$ एक प्रोटॉन उत्सर्जित कर सकता है।
(C) Deuteron and alpha particle can undergo complete fusion.
डयूटरॉन और ऐल्फा कण पूर्ण संलयन करा सकते है।
(D) The nuclei $^{70}_{30}Zn$ and $^{82}_{34}Se$ can undergo complete fusion.
नाभिक $^{70}_{30}Zn$ एवं $^{82}_{34}Se$ नाभिक पूर्ण संलयन कर सकते है।

Ans. **(C)**

Sol (A) $3^{Li^7} \to_2 He^4 +_1 H^3$
$\Delta m = [M_{Li} - M_{He} - M_{H^3}]$
= [6.01513 – 4.002603 – 3.016050]
= – 1.003523u
Δm is negative so reaction is not possible.
(B) $84^{Po^{210}} \to 83^{Bi^{209}} + 1^{P^1}$

Δm is negative so reaction is not possible.

(C) $1^{H^2} \rightarrow 2^{He^4} + 3^{Li^6}$

Δm is Positive so reaction is possible.

(D) $30^{Zn^{70}} + 34^{Se^{82}} \rightarrow 64^{Gd^{152}}$

Δm is Positive so reaction is not possible.

Hindi (A) $3^{Li^7} \rightarrow _2He^4 + _1H^3$

$\Delta m = [M_{Li} - M_{He} - M_{H^3}]$

= [6.01513 – 4.002603 – 3.016050]

= – 1.003523u

Δm ऋणात्मक है अतः समीकरण सम्भव नही है।

(B) $84^{Po^{210}} \rightarrow 83^{Bi^{209}} + 1^{P^1}$

Δm ऋणात्मक है अतः समीकरण सम्भव नही है।

(C) $1^{H^2} \rightarrow 2^{He^4} + 3^{Li^6}$

Δm धनात्मक है अतः समीकरण सम्भव है।

(D) $30^{Zn^{70}} + 34^{Se^{82}} \rightarrow 64^{Gd^{152}}$

Δm धनात्मक है अतः समीकरण सम्भव नही है।

19. The kinetic energy (in keV) of the alpha particle, when the nucleus $^{210}_{84}Po$ at rest undergoes alpha decay, is:

जब विरामावस्था में नाभिक $^{210}_{84}Po$ ऐल्फा क्षय करता है, तब ऐल्फा कण की गतिज ऊर्जा (keV में) होती है।

(A) 5319 (B) 5422 (C) 5707 (D) 5818

Ans. **(A)**

Sol $84^{Po^{210}} + 2^{He^4} \rightarrow 82^{Pb^{206}}$

$\Delta m = [M_{PO} - M_{He} - M_{Pb}] = 0.008421$ u

Q = 0.008421×932 MeV = 5422 KeV

$K_\alpha = \frac{210}{214} \times 5422$ KeV

= 5320 KeV

20. A nuclear power plant supplying electrical power to a village uses a radioactive material of half life T years as the fuel. The amount of fuel at the beginning is such that the total power requirement of the village is 12.5% of the electrical power available from the plant at that time. If the plant is able to meet the total power needs of the village for a maximum period of nT years, then the value of n is.

एक गांव को विद्युत ऊर्जा प्रदान करने वाले नाभिकीय संयंत्र में एक T वर्ष अर्द्ध–आयु के रेडियोधर्मी पदार्थ को ईंधन के रूप में प्रयोग किया जा रहा है। प्रारम्भ में ईंधन की मात्रा इतनी है कि गाँव की सम्पूर्ण विद्युत शक्ति की आवश्यकताऐं उस समय उपलब्ध विद्युत शक्ति की 12.5% हैं। यदि यह संयंत्र गाँव की सम्पूर्ण ऊर्जा आवयश्यकताओं को अधिकतम nT वर्षो के लिए पूरा कर सकता है। तब n का मान है।

Ans **3**

Sol. $E' \times \frac{12.5}{100} = E$

$E = \frac{E'}{8}$

(E = Power requirement to the village गाँव में आवश्यक विद्युत शक्ति, E' = Power of plant संयत्र कि विद्युत शक्ति)

$E = \frac{E'}{2^3}$

Number of half life अर्द्ध आयु कि संख्या = 3

So total time required अतः आवश्यक कुल समय = 3 × T years साल

21. Match the nuclear processes given in **Column I** with the appropriate option(s) in **Column II**.

	Column-I		**Column-II**
(A)	Nuclear fusion	(P)	Absorption of thermal neutrons by $^{235}_{92}U$
(B)	Fission in a nuclear reactor	(Q)	$^{60}_{27}Co$ nucleus
(C)	β–decay	(R)	Energy production in stars via hydrogen conversion to helium
(D)	γ–ray emission	(S)	Heavy water
		(T)	Neutrino emission

कॉलम-I में दी गयी नाभिकीय प्रक्रियाओं का **कॉलम-II** में दिये गये विकल्प/विकल्पों से उचित मिलान कीजिए।

	कॉलम-I	**कॉलम-II**
(A)	नाभिकीय संलयन	(P) ऊष्मीय न्यूट्रॉनों का $^{235}_{92}U$ द्वारा अवशोषण
(B)	नाभिकीय संयंत्र में विखण्डन	(Q) नाभिक $^{60}_{27}Co$
(C)	β-क्षय	(R) तारों में हाइड्रोजन का हीलियम में परिवर्तन द्वारा ऊर्जा उत्पादन
(D)	γ-किरण उत्सर्जन	(S) भारी जल
		(R) न्यूट्रिनों उत्सर्जन

Ans. **(A)** → R **(B)** → P,S; **(C)** Q,T; **(D)** R,T

22. For a radioactive material, its activity A and rate of change of its activity R are defined as $A = \frac{-dN}{dt}$ and $R = \frac{-dA}{dt}$, where N(t) is the number of nuclei at time t. Two radioactive sources P (mean life τ) and Q (mean life 2τ) have the same activity at t = 0. Their rates of change of activities at t = 2τ are R_P and R_Q, respectively. If $\frac{R_P}{R_Q} = \frac{n}{e}$, then the value of n is :

एक रेडियोंधर्मी पदार्थ की सक्रियता A एवं सक्रियता परिवर्तन की दर R क्रमशः $A = \frac{-dN}{dt}$ तथा $R = \frac{-dA}{dt}$ संबंधों द्वारा परिभाषित की जाती है, जहॉ समय t पर नाभिकों की संख्या N(t) है। दो रेडियोंधर्मी स्त्रेात P (औसत आयु τ) तथा Q (औसत आयु 2τ) की समय t = 0 पर समान सक्रियता है। उनकी सक्रियता परिवर्तन की दरें समय t = 2τ पर क्रमशः R_P तथा R_Q है। यदि $\frac{R_P}{R_Q} = \frac{n}{e}$, तब n का मान है।

Ans. 2

Sol. $A_P = A_0 \ e^{\frac{-t}{\tau}}$,$A_Q = A_0 \ e^{\frac{-t}{2\tau}}$

$R_P = \frac{A_0}{\tau} e^{\frac{-t}{\tau}}$, $R_Q = \frac{A_0}{2\tau} e^{\frac{-t}{2\tau}}$

at $t = 2\tau$ पर

$$\frac{R_P}{R_Q} = \frac{\frac{A_0}{\tau} e^{-2}}{\frac{A_0}{2\tau} e^{-1}} = \frac{2}{e}$$

23. A fission reaction is given by ${}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + x + y$, where x and y are two particles. Considering ${}^{236}_{92}U$ to be at rest, the kinetic energies of the products are denoted by K_{Xe}, K_{Sr}, K_x (2MeV) and K_y (2MeV), respectively. Let the binding energies per nucleon of ${}^{236}_{92}U$, ${}^{140}_{54}Xe$ and ${}^{94}_{38}Sr$ be 7.5 MeV, 8.5 MeV and 8.5 MeV, respectively. Considering different conservation laws, the correct option(s) is(are)

एक विखंडन प्रक्रिया ${}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + x + y$, दी गयी है, जहाँ x तथा y दो कण है। ${}^{236}_{92}U$ विरामावस्था में है तथा उत्पादों की गतिज ऊर्जाए क्रमशः K_{Xe}, K_{Sr}, K_x (2MeV) तथा K_y (2MeV) से दर्शायी गयी है। ${}^{236}_{92}U$, ${}^{140}_{54}Xe$ तथा ${}^{94}_{38}Sr$ की प्रति न्यक्लिऑन बंधन ऊर्जाओं को क्रमशः 7.5 MeV, 8.5 MeV तथा 8.5 MeV लें। विभिन्न संरक्षण नियमों का ध्यान रखते हुए सही विकल्प है (हैं)

(A) x = n, y = n, K_{Sr} = 129 MeV, K_{Xe} = 86 MeV (B) x = p, y = e^-, K_{Sr} = 129 MeV, K_{Xe} = 86 MeV
(C) x = p, y = n, K_{Sr} = 129 MeV, K_{Xe} = 86 MeV (D) x = n, y = n, K_{Sr} = 86 MeV, K_{Xe} = 129 MeV

Ans. **(A)**

Sol. ${}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}\times + {}^{a_4}_{38}Sr + {}^{1}_{0}x + {}^{1}_{0}y$

x = y = n

Q = 236 × 7.5 – (140 × 8.5 + 94 × 8.5) = 1770 – (1190 + 799) = 219 MeV

In A and D energy and charge conservation is followed

A व D ऊर्जा एवं आवेश संरक्षण का अनुसरण करते है।

So अतः $Q = K_{xe} + K_{Sr} + K_x + K_y$ = 129 + 86 + 4 = 219

In D में,

$p_{xe} > p_{Sr} + p_x + p_y$

so conservation of momentum will not hold

अतः संवेग संरक्षण नहीं होता है।

24. The isotope ${}^{12}_{5}B$ having a mass 12.014 u undergoes β-decay to ${}^{12}_{6}C$. ${}^{12}_{6}C$ has an excited state of the nucleus (${}^{12}_{6}C^*$) at 4.041 MeV above its ground state. If ${}^{12}_{5}B$ decays to ${}^{12}_{6}C^*$, the maximum kinetic energy of the β-particle in units of MeV is : (1u = 931.5 MeV/c^2, where c is the speed of light in vacuum)

समस्थानिक (isotope) ${}^{12}_{5}B$ जिसका द्रव्यमान 12.014 u है, बीटा क्षय (β-dcay) की प्रक्रिया से ${}^{12}_{6}C$ में परिवर्तित हो जाता है ${}^{12}_{6}C$. की एक नाभिकीय उत्तेजित अवस्था (${}^{12}_{6}C^*$) निम्नतम अवस्था से 4.041 MeV ऊपर होती है। अगर ${}^{12}_{5}B$ क्षय होकर ${}^{12}_{6}C^*$ में परिवर्तित होता है तो बीटा कण की अधिकतम गतिक ऊर्जा (MeV की मात्रा में) क्या होगी ?

(1u = 931.5 MeV/c^2, यहाँ c निर्वात में प्रकाश की गति हैं)

Ans. 9

Sol. $^{12}_{5}B \longrightarrow ^{12}_{6}C + \beta^- + \gamma^-$

Q = $\left(m_5B^{12} - m^{12}_{6}C^*\right)c^2$

= $\left[m_5B^{12} - \left(m_6C^{12} + \Delta m\right)\right]C^2$

= $\left(m_5B^{12} - m_6C^{12}\right)C^2 - \Delta mC^2$

= 0.014 × 931 – 4.041 = 9

25. An accident in a nuclear laboratory resulted in deposition of a certain amount of radioactive material of half-life 18 days inside the laboratory. Tests revealed that the radiation was 64 times more than the permissible level required for safe operation of the laboratory. What is the minimum number of days after which the laboratory can be considered safe for use ?

एक नाभिकीय प्रयोगशाला में दुर्घटना की वजह से रेडियोएक्टिव पदार्थ की कुछ मात्रा जमा हो गयी, जिसकी अर्धायु 18 दिनों की है। परीक्षण से पता चला कि प्रयोगशाला में विकिरण का स्तर सुरक्षित स्तर से 64 गुणा ज्यादा था। न्यूनतम कितने दिनों के बाद प्रयोगशाला काम करने के लिए सुरक्षित होगी ?

(A) 64 (B) 90 (C*) 108 (D) 120

Ans. **(C)**

Sol. $A = A_0 2^{-t/T_H}$

$\Rightarrow \quad \frac{A_0}{64} = A_0 2^{-t/T_H}$

$\Rightarrow \quad 6 = \frac{t}{T_H}$

$\Rightarrow \quad t = 6T_H = 108$ days

26. The electrostatic energy of Z protons uniformly distributed throughout a spherical nucleus of radius R is given by

$$E = \frac{3}{5}\frac{Z(Z-1)e^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

The measured masses of the neutron, ^1_1H, $^{15}_{7}N$, and $^{15}_{8}O$ are 1.008665 u, 1.007825 u, 15.000109 u and 15.003065 u, respectively. Given that the radii of both the $^{15}_{7}N$ and $^{15}_{8}O$ nuclei are same, 1u = 931.5 MeV/c^2 (c is the speed of light) and $e^2/(4\pi\varepsilon_0)$=1.44 MeV fm. Assuming that the difference between the binding energies of $^{15}_{7}N$ and $^{15}_{8}O$ is purely due to the electrostatic energy, the radius of either of the nuclei is (1 fm = 10^{-15} m)

त्रिज्या R वाले एक गोलाकार नाभिक (nucleus) में Z प्रोटोन समानरूप से वितरित है। ऐसे नाभिक की स्थिर विद्युत् ऊर्जा नीचे समीकरण में दी गई है

$$E = \frac{3}{5}\frac{Z(Z-1)e^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

न्यूट्रॉन, ^1_1H, $^{15}_{7}N$ एवं $^{15}_{8}O$ नाभिकों (nuclei) के मापे गये द्रव्यमान क्रमशः 1.008665 u, 1.007825 u, 15.000109 u एवं 15.003065 u है। $^{15}_{7}N$ और $^{15}_{8}O$ नाभिकों की त्रिज्यायें समान दी गई है। 1 u = 931.5 MeV/c^2 (जहां पर c प्रकाश की गति है) और $e^2/(4\pi\varepsilon_0)$ = 1.44 MeV fm। यदि $^{15}_{7}N$ और $^{15}_{8}O$ की बंधक ऊर्जाओं का अंतर सिर्फ स्थिर विद्युत् ऊर्जा के कारण है, तो दोनों में से किसी भी नाभिक की त्रिज्या क्या होगी ?(1 fm = 10^{-15} m)

(A) 2.85 fm (B) 3.03 fm (C*) 3.42 fm (D) 3.80 fm

Ans. **(C)**

Sol. $E = \frac{3}{5}\frac{Z(Z-1)e^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$

$n + {}^{15}_{8}O \longrightarrow {}^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}H$

$Q = \left(M_n + M_{O_8^{15}} - m_{N_7^{15}} - M_{H_1^1}\right)C^2$

$= 0.003796 \times 931.5$

$= 3.5359$ MeV

$\Delta E = \frac{3}{5}\times\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\times\frac{1}{R}(8\times7-7\times6) = \frac{3}{5}\times(1.44\ \text{MeV fm})\times\frac{1}{R}\times14 = 3.5359$ MeV

$R = 3.42$ fm

27. ^{131}I is an isotope of Iodine that β decays to an isotope of Xenon with a half-life of 8days. A small amount of a serum labelled with ^{131}I is injected into the blood of a person. The activity of the amount of ^{131}I injected was 2.4×10^5 Becquerel (Bq). It is known that the injected serum will get distributed uniformly in the blood stream in less than half an hour. After 11.5 hours, 2.5 ml of blood is drawn from the person's body, and gives an activity of 115 Bq. The total volume of blood in the person's body, in liters is approximately (you may use $e^x \approx 1 + x$ for $|x| << 1$ and $\ln 2 \approx 0.7$).

आयोडीन का समस्थानिक (isotope) ^{131}I, जिसकी अर्ध–आयु 8 दिन है, β-क्षय के कारण जेनोंन (Xenon) के समस्थानिक में क्षयित होता है। अल्प मात्रा का ^{131}I चिह्नित (labelled) सीरम (serum) मानव शरीर में अन्तःक्षिप्त (inject) किया गया, जिस मात्रा की अॅक्टिवता (activity) 2.4×10^5 बेकेरेल (Becquerel) है। यह सीरम रूधिर धारा में आधे घंटे में एकसमान वितरित होता है। अगर 11.5 घंटे बाद 2.5 ml रक्त 115 बेकेरेल की अॅक्टिवता दर्शाता है, तब मानव शरीर में रक्त आयतन (लीटर में) है (आप $e^x \approx 1 + x$ for $|x| << 1$ एवं $\ln 2 \approx 0.7$ का उपयोग कर सकते हैं।)

Ans. **(5)**

Sol. $I^{131} \xrightarrow[T_{1/2}=8\,\text{Days}]{} xe^{131} + \beta$

$A_0 = 2.4 \times 10^5\ \text{Bq} = \lambda N_o$

Let the volume is V,

मानाकि आयतन V है,

$t = 0 \qquad A_o = \lambda N_o$

$t = 11.5\ \text{Hrs} \qquad A = \lambda N$

$115 = \lambda\left(\frac{N}{V}\times 2.5\right)$

$115 = \frac{\lambda}{V} \times 2.5 \times (N_o e^{-\lambda t})$

$115 = \frac{(N_o\lambda)}{V} \times (2.5) \times e^{-\frac{\ln 2}{8\,\text{day}}.(11.5\text{Hr})}$

$115 = \frac{(2.4\times10^5)}{V} \times (2.5) \times e^{-1/24}$

$V = \frac{2.4\times10^5}{115} \times 2.5\left[1-\frac{1}{24}\right]$

$= \frac{2.4\times10^5}{115} \times 2.5\left[\frac{23}{24}\right]$

$= \frac{10^5\times23\times25}{115\times10^2} = 5 \times 10^3$ml = 5 liter

28*. In a radioactive decay chain, $^{232}_{90}Th$ nucleus decays to $^{212}_{90}Pb$ nucleus. Let N_α and N_β be the number of α and β^- particles, respectively, emitted in this decay process. Which of the following statements is (are) true?

एक रेडियोएक्टिव क्षय श्रृंखला (decay chain) में $^{232}_{90}Th$ नाभिक, $^{212}_{90}Pb$ नाभिक में क्षयित होता है। इस क्षय प्रक्रम (process) में उत्सर्जित हुए (emitted) α और β^- कणों की संख्या क्रमशः N_α और N_β हैं। निम्नलिखित कथनों में से कौन सा (से) सही है (हैं) ?

(A) $N_\alpha = 5$ (B) $N_\alpha = 6$ (C) $N_\beta = 2$ (D) $N_\beta = 4$

Ans. **(AC)**

Sol. ${}_{90}Th^{232} \rightarrow {}_{82}Pb^{212} + x\,{}_2He^4 + y\,{}_{-1}e^0$

$2x - y = 8$

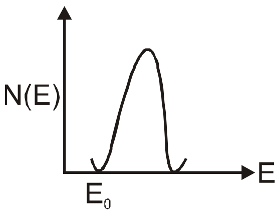
$4x = 20$

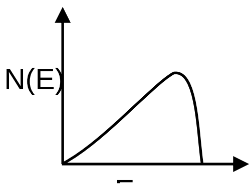
PART - II : JEE (MAIN) / AIEEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)

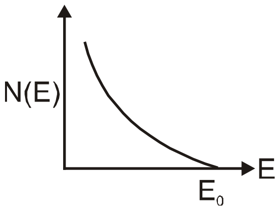
भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

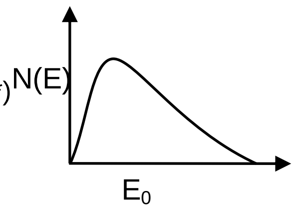
1. The energy spectrum of β-particles (number N(E) as a function of β-energy E) emitted from a radioactive source is :

एक रेडियोसक्रिय स्रोत से उत्सर्जित β-कणों का ऊर्जा स्पेक्ट्रम (संख्या N(E), β-ऊर्जा E के फलन के रूप में) है :

(1) 

(2) 

(3) 

(4*) 

2. When ${}_3Li^7$ nuclei are bombarded by protons, and the resultant nuclei are ${}_4Be^8$, the emitted particles will be

(1) neutrons (2) alpha particles (3) beta particles (4*) gamma photons

जब प्रोटॉनों से ${}_3Li^7$ नाभिक पर बमबारी की जाती है और परिणामी नाभिक ${}_4Be^8$ हो, तब उत्सर्जित कण होगें

(1) न्यूट्रॉन (2) ऐल्फा कण (3) बीटा कण (4*) गामा फोटॉन

Sol. Gamma-photon. गामा फोटॉन

3. The 'rad' is the correct unit used to report the measurement of

(1) the rate of decay of radioactive source

(2) the ability of a beam of gamma ray photons to produce ions in a target

(3) the energy delivered by radiation to a target.

(4*) the biological effect of radiation

'rad' इसके मापन का रिपोर्ट करने की सही इकाई है :

(1) रेडियासक्रिय स्रोत के क्षय की दर

(2) गामा किरण फोटॉनों की किरणपुंज द्वारा एक लक्ष्य से आयन उत्पन्न करने की योग्यता

(3) एक लक्ष्य को विकिरण द्वारा दी गई ऊर्जा

(4*) विकिरण के जैविक प्रभाव

4. If the binding energy per nucleon in ${}_{3}^{7}Li$ and ${}_{2}^{4}He$ nuclei are 5.60 MeV and 7.06 MeV respectively, then in the reaction

$$p + {}_{3}^{7}Li \rightarrow 2\,{}_{2}^{4}He$$

energy of proton must be :

${}_{3}^{7}Li$ तथा ${}_{2}^{4}He$ नाभिकों की प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा क्रमशः 5.60 MeV तथा 7.06 MeV है, तब अभिक्रिया

$$p + {}_{3}^{7}Li \rightarrow 2\,{}_{2}^{4}He$$

में प्रोटॉन की ऊर्जा अवश्य होनी चाहिए :

(1) 39.2 MeV (2) 28.24 MeV (3*) 17.28 MeV (4) 1.46 MeV

Sol. EP = (8 × 7.06 – 7 × 5.60) MeV = 17.28 MeV

As per the data given in the problem the binding energy of $2\,{}_{2}^{4}He$ is already greater than the binding energy of ${}_{3}^{7}Li$, therefore the reaction is already exothermic. So no energy is required.

प्रश्न में दिये गये आंकड़ों के अनुसार $2\,{}_{2}^{4}He$ की बन्धन ऊर्जा पहले ही ${}_{3}^{7}Li$ की बन्धन ऊर्जा से अधिक है, अतः अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी होगी। अतः कोई ऊर्जा की आवश्यकता नहीं है।

5. If M_o is the mass of an oxygen isotope ${}_{8}O^{17}$, M_p and M_N are the masses of a proton and a neutron respectively, the nuclear binding energy of the isotope is :

यदि ऑक्सीजन के समस्थानिक ${}_{8}O^{17}$ का द्रव्यमान M_o है, और M_p व M_N क्रमशः प्रोटॉन व न्यूट्रॉन के द्रव्यमान है, तो समस्थानिक की नाभिकीय बन्धन उर्जा है :

(1) $(M_o - 8M_P)C^2$ (2*) $(M_o - 8M_P - 9M_N)C^2$ (3) M_oC^2 (4) $(M_o - 17M_N)C^2$

Sol. Nuclear binding energy = [mass of nucleus – mass of nucleons] $C^2 = (M_o - 8M_P - 9M_N)C^2$

नाभिकीय बन्धन ऊर्जा = [नाभिक का द्रव्यमान – न्यूक्लिऑन का द्रव्यमान] $C^2 = (M_o - 8M_P - 9M_N)C^2$

6. In gamma ray emission from a nucleus :

(1) both the neutron number and the proton number change

(2*) there is no change in the proton number and the neutron number

(3) only the neutron number changes

(4) only the proton number changes

एक नाभिक से गामा किरण के उत्सर्जन में

(1) न्यूट्रॉन संख्या तथा प्रोटॉन संख्या दोनों परिवर्तित होते हैं

(2*) प्रोटॉन संख्या तथा न्यूट्रॉन संख्या में कोई परिवर्तन नही होता हैं

(3) केवल न्यूट्रॉन संख्या परिवर्तित होती हैं

(4) केवल प्रोटॉन संख्या परिवर्तित होती हैं

Sol. Gamma ray is electromagnetic radiation which does not involve any change in proton number or neutron number

गामा किरणे विद्युत चुम्बकीय विकिरण है, जो प्रोटॉन संख्या या न्यूट्रॉन संख्या में परिवर्तन के लिए उत्तरदायी नही है।

7. The half-life period of a radio-active element X is same as the mean life time of another radio-active element Y. Initially they have the same number of atoms. Then :

(1) X will decay faster than Y (2*) Y will decay faster than X

(3) X and Y have same decay rate initially (4) X and Y decay at same rate always

एक रेडियोसक्रिय अवयव X का अर्द्ध–आयु काल दूसरे रेडियोसक्रिय अवयव Y के माध्य आयु काल के बराबर है। प्रारम्भ में उनमें परमाणु समान संख्या में हैं, तब

(1) X, Y के सापेक्ष तेजी से क्षयित होगा (2*) Y, X के सापेक्ष तेजी से क्षयित होगा

(3) प्रारम्भ में X और Y की क्षय दर समान है (4) X और Y सदैव समान दर से क्षयित होते है

Sol. $\frac{\ell n2}{\lambda_x} = \frac{1}{\lambda_Y}$ $= \lambda_Y = 1.4\lambda_X$, $\lambda_Y > \lambda_X$, Y will decay faster than X, Y, X की तुलना में तेजी से क्षयित होगा.

8. This question contains Statement-1 and Statement-2. Of the four choices given after the statements, choose the one that best describes the two statements.

इस प्रश्न के दो कथन हैं, कथन-1 तथा कथन-2 । इन कथनों के पश्चात् दिए गए चार विकल्पों में से उस विकल्प का चयन कीजिए जो इन दो प्रकथनों का सर्वोत्तम वर्णन करता है।

Statement-1 : Energy is released when heavy nuclei undergo fission or light nuclei undergo fusion.

and

Statement-2 :

For heavy nuclei, binding energy per nucleon increases with increasing Z while for light nuclei it decreases with increasing Z.

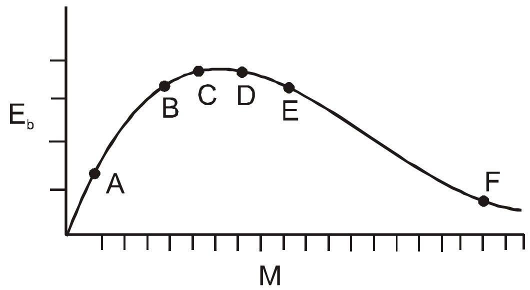
कथन-1 : जब भारी नाभिक विखण्डित होते हैं अथवा हल्के नाभिक संलयित होते हैं, तब ऊर्जा मुक्त होती है।

तथा

कथन-2 : भारी नाभिकों के लिए Z में वृद्धि होने पर प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा में वृद्धि होती है जबकि हल्के नाभिकों के लिए Z में वृद्धि होने पर प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा घटती है।

(1) Statement-1 is true, Statement-2 is true; Statement-2 is a correct explanation for Statement-1
(2) Statment-1 is true, Statement-2 is true; Statement-2 is not a correct explanation for Statement-1
(3*) Statement-1 is true, Statement-2 is false
(4) Statement-1 is false, Statement-2 is true

(1) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है; कथन-2, कथन-1 की सही व्याख्या करता है।
(2) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है; कथन-2, कथन-1 की सही व्याख्या नहीं करता है।
(3*) कथन-1 सत्य है, कथन-2 असत्य है।
(4) कथन-1 असत्य है, कथन-2 सत्य है।



9. The above is a plot of binding energy per nucleon E_b, agains the nuclear mass M; A, B, C, D, E, correspond to different nuclei. Consider four reactions :

उपरोक्त आलेख प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा E_b और नाभिकीय द्रव्यमान M के बीच है। A, B, C, D, E, F विभिन्न नाभिकों के संगत है। चार अभिक्रियाओं पर विचार कीजिए :

(i) $A + B \rightarrow C + \varepsilon$ (ii) $C \rightarrow A + B + \varepsilon$ (iii) $D + E \rightarrow F + \varepsilon$ and (iv) $F \rightarrow D + E + \varepsilon$,

where ε is the energy released? In which reactions is ε positive?

जहाँ ε मुक्त ऊर्जा है। किन अभिक्रियाओं में ε धनात्मक हैं?

(1) (i) and (iii) (2) (ii) and (iv) (3) (ii) and (iii) (4*) (i) and (iv)

(1) (i) और (iii) (2) (ii) और (iv) (3) (ii) और (iii) (4*) (i) और (iv)

Sol. **Ans. (4)**

If binding energy of product nuclei is greater then energy is released.

यदि उत्पाद नाभिक की बन्धन ऊर्जा अधिक है तो ऊर्जा मुक्त होगी

Directions : Question number 10 – 12 are based on the following paragraph.
निर्देश : प्रश्न संख्या 10 – 12 निम्नलिखित अनुच्छेद पर आधारित हैं।

The nucleus of mass M + Δm is at rest and decays into two daughter nuclei of equal mass $\frac{M}{2}$ each.. Speed of light is c.

द्रव्यमान M + Δm का एक नाभिक विराम अवस्था में है और प्रत्येक एकसमान द्रव्यमान $\frac{M}{2}$ के दो पुत्री नाभिकों में क्षयित होता है। प्रकाश की चाल c है।

10. This binding energy per nucleon for the parent nucleus is E_1 and that for the daughter nuclei is E_2. Then :
पैतृक नाभिक के लिए प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा E_1 है और पुत्री नाभिकों के लिए E_2 है। तब
(1) $E_1 = 2E_2$ (2) $E_1 > E_2$ (3*) $E_2 > E_1$ (4) $E_2 = 2E_1$

Ans. **(3)**

Sol. Energy is released
$\therefore$ $(B.E.)_{product} > (B.E.)_{Reactant}$

Sol. ऊर्जा मुक्त होती है
$\therefore$ $(B.E.)_{\text{क्रिया फल}} > (B.E.)_{\text{क्रिया कारक}}$

11. The speed of daughter nuclei is
पुत्री नाभिकों की चाल है
(1) $c\,\frac{\Delta m}{M+\Delta m}$ (2*) $c\sqrt{\frac{2\Delta m}{M}}$ (3) $c\sqrt{\frac{\Delta m}{M}}$ (4) $c\sqrt{\frac{\Delta m}{M+\Delta m}}$

Ans. **(2)**

Sol. $Q = \Delta m\, c^2 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{M}{2}\right) v^2 + \frac{1}{2} \times \left(\frac{M}{2}\right) v^2$

$\Delta mc^2 = \frac{1}{2} \times Mv^2 \Rightarrow v = c\sqrt{\frac{2\Delta m}{M}}$

12. A radioactive nucleus (initial mass number A and atomic number Z) emits 3 α-particles and 2 positrons. The ratio of number of neutrons to that of protons in the final nucleus will be
एक रेडियोसक्रिय नाभिक (प्रारम्भिक द्रव्यमान संख्या A तथा परमाणु क्रमांक Z) 3 α-कण और 2 पॉजिट्रॉन उत्सर्जित करता है। परिणामी नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या का प्रोटॉनों की संख्या से अनुपात होगा
(1) $\frac{A-Z-8}{Z-4}$ (2*) $\frac{A-Z-4}{Z-8}$ (3) $\frac{A-Z-12}{Z-4}$ (4) $\frac{A-Z-4}{Z-2}$

Ans. **(2)**

Sol. ${}_{Z}X^{A} \longrightarrow 3\,{}_{2}He^{4} + {}_{Z-8}Y^{A-12} + 2\,{}_{+1}e^{0} + 2\ \upsilon$
number of proton = Z – 8
number of neutron = (A – 12) – (Z – 8) = A – Z – 4
ratio is $\frac{A-Z-4}{Z-8}$

Sol. ${}_{Z}X^{A} \longrightarrow 3\,{}_{2}He^{4} + {}_{Z-8}Y^{A-12} + 2\,{}_{+1}e^{0} + 2\ \upsilon$
प्रोटोन की संख्या = Z – 8
न्यूट्रॉन की संख्या = (A – 12) – (Z – 8) = A – Z – 4
अनुपात $\frac{A-Z-4}{Z-8}$ हैं

13. The half life of a radioactive substance is 20 minutes. The approximate time interval $(t_2 - t_1)$ between the time t_2 when $\frac{2}{3}$ of it has decayed and time t_1 when $\frac{1}{3}$ of it had decayed is :

एक रेडियो सक्रिय पदार्थ की अर्द्ध–आयु 20 मिनट है। इसके $\frac{2}{3}$ क्षयित होने के समय t_2 और $\frac{1}{3}$ क्षयित होने के समय t_1 में अन्तर $(t_2 - t_1)$ का मान लगभग है :

(1) 7 min (2) 14 min (3*) 20 min (4) 28 min

Ans. **(3)**

Sol. $\frac{2}{3}N_0 = N_0 e^{-\lambda t_1}$

$\frac{1}{3}N_0 = N_0 e^{-\lambda t_2}$

$2 = e^{\lambda(t_2 - t_1)}$

$\lambda(t_2 - t_1) = \ell n\, 2$

$(t_2 - t_1) = \frac{\ell n 2}{\lambda} = 20$ min.

14. **Statement - 1 :**

A nucleus having energy E_1 decays by β^- emission to daughter nucleus having energy E_2, but the β^- rays are emitted with a continuous energy spectrum having end point energy $E_1 - E_2$.

Statement - 2:

To conserve energy and momentum in β-decay at least three particles must take part in the transformation.

प्रकथन - 1 :

ऊर्जा E_1 वाला एक नाभिक ऊर्जा E_2 वाले एक संतति केन्द्रक में β^- उत्सर्जन से क्षयित होता है, परन्तु β^- किरणें अत्य बिन्दु ऊर्जा $E_1 - E_2$ वाले एक सतत् ऊर्जा स्पेक्ट्रम से उत्सर्जित होती है।

प्रकथन - 2:

β–क्षय में ऊर्जा और संवेग संरक्षण के लिये रूपान्तरण में कम से कम तीन कणों का भाग लेना आवश्यक है।

(1) Statement-1 is correct but statement-2 is not correct.

(2*) Statement-1 and statement-2 both are correct and stateemnt-2 is the correct explanation of statement-1.

(3) Statement-1 is correct, statement-2 is correct and statement-2 is not the correct explanation of statement-1

(4) Statement-1 is incorrect, statement-2 is correct.

(1) प्रकथन-1 सही है, प्रकथन-2 गलत है।

(2*) प्रकथन-1 सही है, प्रकथन-2 सही है और प्रकथन-2, प्रकथन-1 की सही व्याख्या करता है।

(3) प्रकथन-1 सही है, प्रकथन-2 सही है और प्रकथन-1 की सही व्याख्या नहीं करता है।

(4) प्रकथन-1 गलत है, प्रकथन-2 सही है।

Ans. **(2)**

Sol. **Statement–1:** Energy of β^- particle from 0 to maximum so $E_1 - E_2$ is the continuous energy spectrum.

Statement–2 : For energy conservation and momentum at least three particles daughter nucleus $+\beta^{-1}$ and antineutron.

प्रकथन–1: β^- कण की ऊर्जा 0 से अधिकतम होती है। इसलिए $E_1 - E_2$ सतत् ऊर्जा स्पेक्ट्रम है।

प्रकथन–2 : ऊर्जा तथा संवेग संरक्षण के लिए न्यूनतम तीन पुत्री नाभिक $+\beta^{-1}$ तथा एन्टीन्यूट्रिनों की आवश्यकता है।

15. Assume that a neutron breaks into a proton and an electron. The energy released during this process is :
(mass of neutron = 1.6725×10^{-27} kg, Mass of proton = 1.6725×10^{-27} kg, mass of electron = 9×10^{-31} kg)
यह मान लें कि एक न्यूट्रान एक प्रोटोन और एक इलेक्ट्रॉन में टूटता है। इस प्रक्रिया में निर्गत ऊर्जा है :
(न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = 1.6725×10^{-27} kg, प्रोटॉन का द्रव्यमान = 1.6725×10^{-27} kg, इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान = 9×10^{-31} kg)

(1*) 0.73 MeV (2) 7.10 MeV
(3) 6.30 MeV (4) 5.4 MeV

Ans. (1)

Sol. $_0n^1 \rightarrow {}_1H^1 + {}_{-1}e^0 + \bar{\nu} + Q$
$\Delta m = m_n - m_\alpha - m_e$
$= (1.6725 \times 10^{-27} - 1.6725 \times 10^{-27} - 9 \times 10^{-31})$ kg
$= -9 \times 10^{-31}$ kg
Energy ऊर्जा $= 9 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$
= 0.511 MeV
Which is nearly equal to 0.73 Mev
जो 0.73 Mev के लगभग बराबर है।
but as energy will be required.
किन्तु जो ऊर्जा आवश्यक होगी
since mass is increasing
चूंकि द्रव्यमान बढ़ रहा है।
so answer = –0.511 Mev
अतः उत्तर –0.511 Mev है।
either (1) or bonus.
(1) या बोनस

16. Half-lives of two radioactive elements A and B are 20 minutes and 40 minutes, respectively, Initially, the samples have equal number of nuclei. After 80 minutes, the ratio of decayed numbers of A and B nuclei will be :
दो रेडियोधर्मी तत्त्व A तथा B की अर्द्धआयु क्रमशः 20 minutes तथा 40 minutes है। प्रारंभ में दोनों के नमूनों में नाभिकों की संख्या बराबर है। 80 minutes के उपरांत A तथा B के क्षय हुए नाभिकों की संख्या का अनुपात होगा :

(1) 4 : 1 (2) 1 : 4 (3*) 5 : 4 (4) 1 : 16

Ans. **(3)**

Sol. A B
$T_A = 20$ min $T_B = 40$ min

$$\frac{\left(1-\frac{N}{N_0}\right)_A}{\left(1-\frac{N}{N_0}\right)_B} = \frac{1-\frac{1}{2^{t/t_{1/2}}}}{1-\frac{1}{2^{t/t_{1/2}}}} = \frac{1-\frac{1}{2^{\frac{80}{20}}}}{1-\frac{1}{2^{\frac{80}{40}}}} = \frac{1-\frac{1}{16}}{1-\frac{1}{4}} = \frac{\frac{15}{16}}{\frac{3}{4}} = \frac{5}{4}$$

17. A radioactive nucleus A with a half life T, decays into a nucleus B. At t = 0, there is no nucleus B. At sometime t, the ratio of the number of B to that of A is 0.3. Then, t is given by :

एक रेडियोएक्टिव नाभिक A अर्द्धआयु T है, का क्षय एक नाभिक B में होता है। समय t = 0 पर कोई भी नाभिक B नहीं है। एक समय t पर नाभिकों B तथा A की संख्या का अनुपात 0.3 है तो t का मान होगा।

(1) $t = \frac{T}{\log(1.3)}$ (2) $t = \frac{T}{2}\frac{\log 2}{\log 1.3}$ (3*) $t = T\,\frac{\log 1.3}{\log 2}$ (4) t = T log (1.3)

Ans. **(3)**

Sol. $\frac{N_B}{N_A} = \frac{N_0(1-e^{-\lambda t})}{N_0 e^{-\lambda t}}$

$0.3 = e^{\lambda t} - 1$ $T = \frac{\ell n(2)}{\lambda}$

$1.3 = e^{\lambda t}$ $\lambda = \frac{\ell n(2)}{T}$

$\ell n(1.3) = \lambda t$

$t = \frac{\ell n(1.3)}{\ell n(2)} \times T$

High Level Problems (HLP)

SUBJECTIVE QUESTIONS

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. A radioactive material decays by β-particle emission. During the first 2 seconds of a measurement, *n* β-particles are emitted and the next 2 seconds 0.75 *n* β-particles are emitted. Calculate the mean-life of this material in seconds to the nearest whole number. (ℓn 3 = 1.0986 and ℓn 2 = 0.6931).
एक रेडियोएक्टिव पदार्थ का क्षय β-कण उत्सर्जन द्वारा हुआ। प्रथम 2-सेकण्ड के मापन में *n* β-कणों का उत्सर्जन हुआ और अगले 2 सेकण्ड में 0.75 *n* β-कणों का उत्सर्जन हुआ। इस पदार्थ की माध्य आयु सेकण्ड में नजदीकी पूर्णांकों में ज्ञात करो? (ℓn 3 = 1.0986 और ℓn 2 = 0.6931).

Ans. 6.954 sec

Sol. Let n_0 be the number of radioactive nuclei at time t = 0. Number of nuclei decayed in time t are given $n_0(1 - e^{-2\lambda})$, which is also equal to the number of beta particles emitted the same interval of time. For the given condition,

$$n = n_0 (1 - e^{-2\lambda}) \qquad ......(i)$$
$$(n + 0.75\ n) = n_0 (1 - e^{-4\lambda}) \qquad ......(ii)$$

Dividing (ii) by (i) we get

$$1.75 = \frac{1 - e^{-4\lambda}}{1 - e^{-2\lambda}} \quad \text{or} \quad 1.75 - 1.75\ e^{-2\lambda} = 1 - e^{-4\lambda}$$

$$\therefore \quad 1.75\ e^{-2\lambda} - e^{-4\lambda} = \frac{3}{4} \qquad .....(iii)$$

Let us take $e^{-2\lambda} = x$
Then the above equation is,

$$x^2 - 1.75x + 0.75 = 0$$

or $$x = \frac{1/75\sqrt{(1.75)^2 - (4)(0.75)}}{2} \quad \text{or} \quad x = 1 \quad \text{and} \quad \frac{3}{4}$$

∴ From equation (iii) either $e^{-2\lambda} = 1$ or $e^{-2\lambda} = \frac{3}{4}$

but $e^{-2\lambda} = 1$ is not accepted because which means λ = 0. Hence

$$e^{-2\lambda} = \frac{3}{4} \quad \text{or} \quad -2\lambda\ \ell n(e) = \ell n(3) - \ell n(4) = \ell n(3) - 2\ \ell n(2)$$

$$\therefore \quad \lambda = \ell n(2) - \frac{1}{2}\ell n(3)$$

Substituting the given values, $\lambda = 0.6931 - \frac{1}{2} \times (1.0986) = 0.14395\ s^{-1}$

$$\therefore \quad \text{Mean life } t_{means} = \frac{1}{\lambda} = 6.947 \text{ sec}$$

Sol. माना t = 0 पर रेडियोऐक्टिव नाभिक की संख्या n_0 है। t समय पर क्षय नाभिकों की संख्या $n_0(1 - e^{-2\lambda})$ जो समान समयान्तराल में उत्सर्जित β कणों के बराबर होगी। दी गई स्थिति के लिए,

$$n = n_0 (1 - e^{2\lambda}) \qquad ......(i)$$
$$(n + 0.75\ n) = n_0 (1 - e^{4\lambda}) \qquad ......(ii)$$

(i) का (ii) में भाग देने पर

$$1.75 = \frac{1 - e^{-4\lambda}}{1 - e^{-2\lambda}} \quad \text{या} \quad 1.75 - 1.75\ e^{-2\lambda} = 1 - e^{-4\lambda}$$

$$\therefore \quad 1.75\ e^{-2\lambda} - e^{-4\lambda} = \frac{3}{4} \qquad .....(iii)$$

माना $e^{-2\lambda} = x$

तब उपरोक्त समीकरण है ,

$$x^2 - 1.75x + 0.75 = 0$$

या $x = \dfrac{1/75\sqrt{(1.75)^2 - (4)(0.75)}}{2}$ या $x = 1$ तथा $\dfrac{3}{4}$

$\therefore$ समीकरण (iii) से $e^{-2\lambda} = 1$ या $e^{-2\lambda} = \dfrac{3}{4}$

परन्तु $e^{-2\lambda} = 1$ पर्याप्त नहीं है, क्योंकि इससे $\lambda = 0$ है, अतः

$e^{-2\lambda} = \dfrac{3}{4}$ या $-2\lambda\ \ell n\ (e) = \ell n(3) - \ell n\ (4) = \ell n(3) - 2\ \ell n(2)$

$\therefore \quad \lambda = \ell n(2) - \dfrac{1}{2}\ell n(3)$

दिये गए मान रखने पर, $\lambda = 0.6931 - \dfrac{1}{2} \times (1.0986) = 0.14395\ s^{-1}$

$\therefore$ औसत आयु $t_{means} = \dfrac{1}{\lambda} = 6.947$ sec

2. What kinetic energy must an α-particle possess to split a deuteron H^2 whose binding energy is $E_b = 2.2$ MeV?

α-कण प्रक्रिया में, एक ड्यूट्रॉन H^2 जिसकी बन्धन ऊर्जा $E_b = 2.2$ MeV है, को टूटने में कितनी α-कण की गतिज ऊर्जा की आवश्यकता होगी?

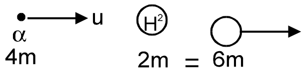
Ans. **6.6 MeV**

Sol. Loss in K.E. will be used in splitting of Deuteron.

Let us calculate the minimum K.E. required for the loss of 2.2 MeV. For this we must assume perfectly inelastic collision.

गतिज ऊर्जा में कमी ड्यूट्रॉन को तोड़ने के उपयोग में आ गई होगी।

2.2 MeV. की हानि के लिए आवश्यक गतिज ऊर्जा की गणना करते हैं। इससे हम पूर्णतः अप्रत्यास्थ टक्कर मानते हैं।



$$\frac{4m.u}{6m} = \frac{2u}{3}$$

maximum loss of K.E. will be in perfectly inelastic collision.

By energy conservation.

पूर्णतः अप्रत्यास्थ टक्कर में गतिज ऊर्जा में हानी अधिकतम होगी।

ऊर्जा संरक्षण से

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{2} \times 4\ mu^2 - \frac{1}{2} \times 6m\left(\frac{2u}{3}\right)^2 = E_b$$

$$\frac{1}{2} \times 4mu^2 \left[1 - \frac{2}{3}\right] = E_b \Rightarrow \frac{1}{2} \times 4mu^2 = 3E_b$$

$\therefore$ **Ans.** KE > $3E_b$

KE > 6.6 MeV

3. A nucleus at rest undergoes α – decay according to the equation, ${}^{225}_{92}X \longrightarrow Y + \alpha$.

At time t = 0, the emitted α – particle enters in a region of space where a uniform magnetic field $\vec{B} = B_0\hat{i}$ and electric field $\vec{E} = E_0\hat{i}$ exist. The α – particle enters in the region with velocity $\vec{v} = v_0\hat{j}$ from origin. At time $t = \sqrt{3} \times 10^7 \frac{m_\alpha}{q_\alpha E_0}$ sec., where m_α is the mass and q_α is the charge of α – particle. The particle was observed to have speed twice the initial speed v_0. Then find :

(a) the initial speed v_0 of the α – particle

(b) the velocity of α – particle at time t

(c) the binding energy per nucleon of X.

Given that : m (Y) = 221.03 u, m (He) = 4.003 u, m (n) = 1.009 u,
m (p) = 1.0084 u and 1 u = 1.67×10^{-27} kg = 931 MeV/c^2

विरामावस्था में स्थित कोई नाभिक, अभिक्रिया ${}^{225}_{92}X \longrightarrow Y + \alpha$ के अनुसार α – क्षय करता है।

t = 0, समय पर उत्सर्जित α – कण, आकाश में उस स्थान पर प्रवेश करते हैं, जहाँ एक समान चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B} = B_0\hat{i}$ और विद्युत क्षेत्र $\vec{E} = E_0\hat{i}$ है। α – कण मूल बिन्दु से इस स्थान पर वेग $\vec{v} = v_0\hat{j}$ से प्रवेश करते हैं। $t = \sqrt{3} \times 10^7 \frac{m_\alpha}{q_\alpha E_0}$ sec. पर, जहाँ m_α और q_α, α – कण के द्रव्यमान और आवेश है, कण की चाल, प्रारम्भिक चाल v_0 की दुगनी प्राप्त होती है, तब ज्ञात करो –

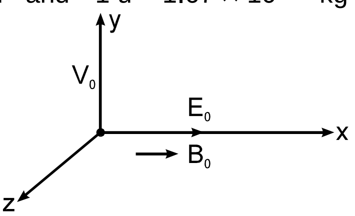
(a) α कण की प्रारम्भिक चाल v_0

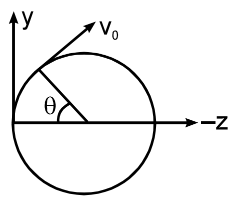
(b) α – कण का t समय पर वेग

(c) X की प्रति न्यूक्लिआॅन बन्धन ऊर्जा

दिया है : m (Y) = 221.03 u, m (He) = 4.003 u, m (n) = 1.009 u,
m (p) = 1.0084 u and 1 u = 1.67×10^{-27} kg = 931 MeV/c^2

Sol. :





(a) $(2v_0)^2 = \left(\frac{qE}{m} \times \sqrt{3} \times 10^7 \frac{m}{qE}\right)^2 + v_0^2 \Rightarrow v_0 = \mathbf{10^7\ m/s}$ **Ans.**

(b) The path will be helical. पथ हेलीकल होगा $\vec{v} = \frac{qE}{m}t\hat{i} + v_0\cos\theta\,\hat{j} - v_0\sin\theta\,\hat{k}$

$\therefore$ $\vec{v}$ **(t) =** $\frac{qE_0}{m}t\hat{i} + 10^7\cos\omega t\,\hat{j} - 10^7\sin\omega t\,\hat{k}$ **where** जहाँ $\omega = qB/m$

(c) $k_\alpha = \frac{M_y}{M_y + M_\alpha} Q \Rightarrow Q = \frac{225}{221} K_\alpha = \frac{225}{221} \times \frac{1}{2} m_\alpha v_0^2$.

$Q = \Delta mc^2 \Rightarrow \frac{225}{221} \times \frac{1}{2} m_\alpha v_0^2 = \Delta mc^2$

$\Delta m = \frac{225}{2 \times 221} m_\alpha \frac{v_0^2}{c^2} = \frac{225}{2 \times 221} \times 4 \times \frac{10^{14}}{9 \times 10^{16}} = \frac{50}{221 \times 10^2} = \frac{1}{442}$ a.m.u.

Now अब, $m_x = m_y + m_\alpha + \Delta m = 225.033 + \frac{1}{442}$;

$BE = [92 m_p + 133 m_n - m_x] c^2 = 1.96 \times 931$ MeV

$\therefore$ BE per nucleon प्रति नाभिक कण बंधन ऊर्जा = $\dfrac{1.96 \times 931}{225}$ MeV/nucleon न्यूक्लिऑन

= **8.11 MeV/nucleon** न्यूक्लिऑन **Ans.**

4. A neutron collides elastically with an initially stationary deuteron. Find the fraction of the kinetic energy lost by the neutron (a) in a head-on collision; (b) in scattering at right angles.
एक न्यूट्रॉन, प्रारम्भ में स्थिर ड्यूट्रॉन के साथ प्रत्यास्थ टक्कर करता है। न्यूट्रॉन द्वारा क्षयित गतिज ऊर्जा के अंश का अनुपात ज्ञात करो। जब (a) सीधी टक्कर हो। (b) टक्कर के बाद परस्पर लम्बवत् हो जाये

Ans. (a) $\eta = 4mM/(m + M)^2 = 0.89$;
(b) $\eta = 2m/(m + M) = 2/3$.
Here m and M are the masses of a neutron and deuteron.
यहाँ m और M न्यूट्रॉन और ड्यूट्रॉन का द्रव्यमान है।

Sol. According conservation principle of momentum,
संवेग संरक्षण के सिद्धान्त के अनुसार

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3 + \vec{p}_4$$

or या $\quad p_1 = p_3 + p_4 \quad$ ....(4)

According conservation principle of kinetic energy
प्रत्यास्थ टक्कर में निकाय में अन्तिम गतिज ऊर्जा व प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा बराबर होती है।

$$T_1 + T_2 = T_3 + T_4$$

or या $\quad T_1 = T_3 + T_4$

or या $\quad \dfrac{p_1^2}{2m} = \dfrac{p_3^2}{2m} + \dfrac{p_4^2}{2m}$

or या $\quad \dfrac{p_1^2}{2m} = \dfrac{(p_1 - p_4)^2}{2m} + \dfrac{p_4^2}{2m}$ (from eqn. (i)) समीकरण (i) से

or या $\quad \dfrac{p_1^2}{2m} = \dfrac{p_1^2 + p_4^2 - 2p_1p_4}{2m} + \dfrac{p_4^2}{2m}$

or या $\quad \dfrac{p_1^2}{2m} = \dfrac{p_1^2}{2m} + \dfrac{p_4^2}{2m} - \dfrac{2p_1p_4}{2m} + \dfrac{p_4^2}{2m}$

or या $\quad p_4\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{M}\right) = \dfrac{2p_1p_4}{2m}$

or या $\quad p_4\left(\dfrac{1}{m} + \dfrac{1}{M}\right) = \dfrac{2p_1}{m}$

or या $\quad p_4 = \left(\dfrac{2M}{m+M}\right) p_1$

$\therefore \quad p_4^2 = \left(\dfrac{2M}{m+M}\right)^2 p_1^2$ ....(ii)

$\therefore$ Loss in kinetic energy of neutron = ΔT_1 = gain in K.E. of deuteron
$\therefore$ न्यूट्रॉन की गतिज ऊर्जा में कमी = ΔT_1 = ड्यूट्रॉन की गतिज ऊर्जा में वृद्धि

$$\Delta T_1 = T_4 = \frac{p_4^2}{2M}$$

Fraction अंश = $\dfrac{\Delta T_1}{T_1} = \dfrac{\left(\dfrac{2M}{m+M}\right)^2 \dfrac{p_1^2}{2M}}{\dfrac{p_1^2}{2m}}$

$$\eta = \left(\frac{2M}{m+M}\right)^2 \left(\frac{m}{M}\right) = \frac{4mM}{(m+M)^2}$$

Here यहाँ $M \approx 2m$

$\therefore$ Fraction in $\eta = \frac{8}{9} = 0.89$

(b) According to conservation principle of momentum, संवेग संरक्षण के अनुसार

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3 + \vec{p}_4$$

or या $\vec{p}_1 + 0 = \vec{p}_3 + \vec{p}_4$

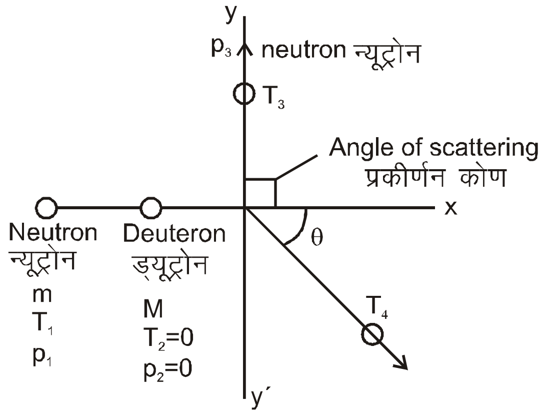
or या $\vec{p}_1 - \vec{p}_3 = \vec{p}_4$

Applying parallelogram law of vectors सदिशों का समान्तर चतुर्भुज का नियम

$$p_1^2 + p_3^2 - 2p_1p_3 \cos 90^o = p_4^2$$

According to conservation principle of kenetic energy

प्रत्यास्थ टक्कर में निकाय की अंतिम गतिज ऊर्जा व प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा बराबर होती है।



$$T_1 + T_2 = T_3 + T_4$$

or या $T_1 + 0 = T_3 + T_4$

or या $\frac{p_1^2}{2m} = \frac{p_3^2}{2m} + \frac{p_4^2}{2M}$

or या $\frac{p_1^2}{2m} = \frac{p_3^2}{2m} + \frac{p_1^2 + p_3^2}{2M}$

or या $\frac{p_1^2}{2m} = \frac{p_3^2}{2m} + \frac{p_1^2 + p_3^2}{2M}$

or या $\frac{p_1^2}{1}\left(\frac{1}{m} - \frac{1}{M}\right) = \frac{p_3^2}{1}\left(\frac{1}{m} + \frac{1}{M}\right)$

or या $p_1^2\left(\frac{M-m}{mM}\right) = +p_3^2\left(\frac{m+M}{mM}\right)$

or या $p_3^2 = \left(\frac{m-M}{m+M}\right) p_1^2$

$\therefore$ Loss in kinetic energy of neutron is न्यूट्रॉन की गतिज ऊर्जा में कमी

$$\Delta T = T_1 - T_3$$

$$= \frac{p_1^2}{2m} - \frac{p_3^2}{2m} = \frac{p_1^2 - p_3^2}{2m}$$

$$\eta = \frac{\Delta T}{T_1} - \frac{\frac{p_1^2 - p_3^2}{2m}}{\frac{p_1^2}{2m}}$$

$$= 1 - \frac{p_3^2}{p_1^2} = 1 - \left(\frac{M-m}{M+m}\right)\frac{p_1^2}{p_1^2}$$

$$\eta = 1 - \left(\frac{M-m}{M+m}\right) = \frac{2m}{M+m} = \frac{2}{3}$$

5. Find the binding energy of a nucleus consisting of equal numbers of protons and neutrons and having the radius one and a half time smaller than that of Al^{27} nucleus. [atomic mass of ${}_4Be^8$ = 8.0053 u, ${}_1H^1$ = 1.007826u, ${}_0n^1$= 1.008665 u]

समान संख्या में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन रखने वाले नाभिक की बन्धन ऊर्जा ज्ञात करो, जिसकी त्रिज्या Al^{27} नाभिक से 1½ गुना कम है। [${}_4Be^8$ का परमाण्विक द्रव्यमान = 8.0053 u, ${}_1H^1$ = 1.007826u, ${}_0n^1$= 1.008665 u]

Ans. Be^8, E_b = 56.5 MeV.

Sol. ∴ $R = R_0 A^{1/3}$

$R_{Al} = R_0(27)^{1/3}$

∴ $R = R_0A^{1/3}$

But लेकिन $R = \frac{R_{Al}}{\frac{3}{2}} = \frac{2}{3}R_{Al}$

or या $R_0A^{1/3} = \frac{2}{3}R_0(27)^{1/3}$

∴ $A = \left(\frac{2}{3}\right)^3 27 = \frac{8}{27} \times 27 = 8$

$\Delta m = (4m_H + 4m_n - M_N)$amu

= (4 ×1.007826 + 4 × 1.008665 – 8.00531) amu

= 0.060664 amu

$E_b = \Delta mc^2$ = 0.060664 × 931.5 MeV

= 56.50 MeV = 56.5 MeV

6. A radio nuclide with half life T = 69.31 second emits β-particles of average kinetic energy E = 11.25 eV. At an instant concentration of β-particles at distance, r = 2 m from nuclide is $n = 3 \times 10^{13}$ per m^3.

(i) Calculate number of nuclei in the nuclide at that instant.

(ii) If a small circular plate is placed at distance r from nuclide such that β-particles strike the plate normally and come to rest, calculate pressure experienced by the plate due to collision of β-particle. (Mass of β-particle = 9×10^{-31} kg) ($\log_e 2 = 0.693$)

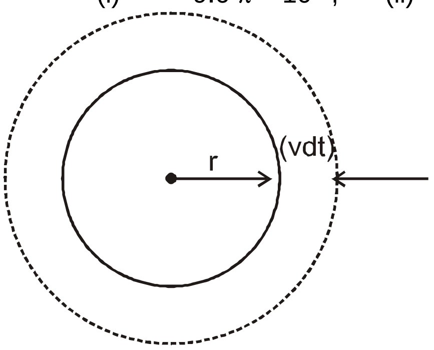
एक रेडियोन्यूक्लिाइड जिसकी अर्द्धआयु T = 69.31 सैकण्ड है, औसत गतिज ऊर्जा E = 11.25 eV के β-कणों को उत्सर्जित करता है। किसी क्षण न्यूक्लिाइड से r = 2m दूरी पर β-कणों की सान्द्रता $n = 3 \times 10^{13}$ प्रति m^3 है।

(i) इस क्षण न्यूक्लिाइड में नाभिक की संख्या ज्ञात करो।

(ii) यदि एक छोटी वृत्तीय प्लेट न्यूक्लिाइड से r दूरी पर इस प्रकार स्थित है कि β-कण प्लेट पर अभिलम्बवत् टकराते है तथा विरामावस्था में आ जाते है तो β-कण की टक्कर के कारण प्लेट द्वारा अनुभव किया गया दाब ज्ञात करो। (β-कण का द्रव्यमान = 9×10^{-31} kg) ($\log_e 2 = 0.693$)

Ans. (i) $9.6\,\pi \times 10^{22}$, (ii) 1.08×10^{-4} Nm^{-2}

Sol.



Let activity (rate of decay) of the nuclide be A nuclei per second. It means A β-particles are emitted per second. If a spherical surface of radius r with centre at position of nuclide be considered then A β-particle cross this surface per second. It means during an elemental time interval dt a number (A . dt) of β-particle cross this surface. If velocity of β-particles be v then above calculated (A . dt) β-particle are in a space having shape of a spherical shell of radius r and radial thickness (v dt) as shown in figure.

Volume of this space = $4\pi r^2$ (vdt)

$\therefore$ Concentration of β-particles at distance r from nuclide is

$$n = \frac{A \quad dt}{4\pi r^2 (v \quad dt)}$$

or activity of the nuclide, $A = 4\pi\, r^2\, vn$

But activity, $A = \lambda N$ where N is number of nuclei

Hence, $N = \frac{4\pi r^2 vn}{\lambda}$ but decay constant $\lambda = \frac{\log \quad 2}{T}$

$$N = \frac{4\pi r^2 \quad vnT}{0.6931} \qquad \text{....(1)}$$

Kinetic energy of β-particle, $E = \frac{1}{2} mv^2$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

substituting this value in equation (1),

$$N = \frac{4\pi r^2 \quad nT}{0.6931} \sqrt{\frac{2E}{m}} = 9.6\,\pi \times 10^{22}$$ **Ans.**

(ii) At distance r from the nuclide $(A/4\pi\, r^2)$ β-particle cross unit area per second.

Let area of small circular plate be S, then

number of β-particle striking the plate per second

$$= \frac{A}{4\pi r^2} S = \frac{\lambda N}{4\pi r^2} S = \frac{0.6931 \quad NS}{4\pi r^2 \quad T}$$

Momentum of each particle just before collision is mv and after collision particles come to rest or momentum becomes zero.

$\therefore$ Momentum transferred to plate due to collision is

$$\Delta p = mv - 0 = mv$$

Due to transfer of momentum, the plate experiences a force which is equal to rate of transfer of momentum.

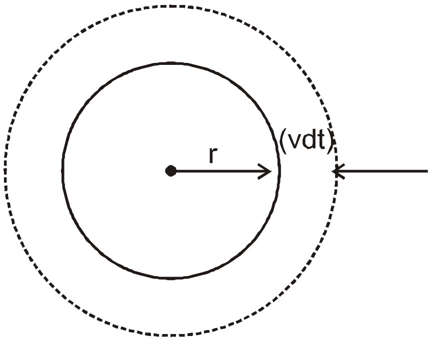
$\therefore$ Force, $F = \Delta p \times$ no. of particles striking per second

or $F = mv \times \frac{0.6931 \quad NS}{4\pi r^2 \quad T}$

Pressure, P = Force per unit area

$\therefore$ $P = \frac{F}{S} = \frac{0.6931 \quad N}{4\pi r^2 \quad T} mv$ but $v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

$\therefore$ $P = \frac{0.6931 \quad N}{4\pi r^2 \quad T} \sqrt{2mE} = 1.08 \times 10^{-4}\ Nm^{-2}$ **Ans.**

Sol. 

माना न्यूक्लिाइड की सक्रियता (क्षय की दर) प्रति सैकण्ड नाभिक A है। इसका अर्थ है β-कण प्रति सैकण्ड A उत्सर्जित होते है। यदि r त्रिज्या की एक गोलीय सतह जिसका केन्द्र न्यूक्लिाइड की स्थिति पर है, पर विचार करते है तो A β-कण इस सतह को प्रति सैकण्ड पार करता है। इसका मतलब समय अन्तराल dt के दौरान β-कणों की संख्या (A . dt) इस सतह को पार करती है। यदि β-कणों का वेग v है तो उपरोक्त प्राप्त (A . dt) β-कण स्थान में स्थित होंगे तथा इनकी आकृति r त्रिज्या व त्रिज्य मोटाई (v dt) के गोलाकार कोश की तरह चित्रानुसार होगी।

इस स्थान का आयतन = $4\pi r^2 (v\ dt)$

∴ न्यूक्लिाइड से r दूरी पर β-कणों की सान्द्रता

$$n = \frac{A\ \ dt}{4\pi r^2 (v\ \ dt)}$$

या न्यूक्लिाइड की सक्रियता, $A = 4\pi r^2 vn$

किन्तु सक्रियता, $A = \lambda N$ यहाँ N नाभिक की संख्या है।

अतः $N = \frac{4\pi r^2 vn}{\lambda}$ किन्तु क्षय नियतांक $\lambda = \frac{\log 2}{T}$

$$N = \frac{4\pi r^2\ vnT}{0.6931} \quad ....(1)$$

β-कण की गतिज ऊर्जा , $E = \frac{1}{2} mv^2$

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

समीकरण (1) में इस मान को रखने पर ,

$$N = \frac{4\pi r^2 nT}{0.6931}\sqrt{\frac{2E}{m}} = 9.6\ \pi \times 10^{22}$$ **Ans.**

(ii) न्यूक्लिाइड $(A/4\pi r^2)$ से r दूरी पर β-कण प्रति सैकण्ड एकांक क्षेत्रफल को पार करते है।

माना छोटी वृत्ताकार प्लेट का क्षेत्रफल S है तो

प्रति सैकण्ड प्लेट से टकराने वाले β-कण की संख्या

$$= \frac{A}{4\pi r^2} S = \frac{\lambda N}{4\pi r^2} S = \frac{0.6931 NS}{4\pi r^2 T}$$

टक्कर के तुरन्त पहले प्रत्येक कण का संवेग mv है तथा टक्कर के पश्चात् कण विरामावस्था में आ जाते है और संवेग शून्य हो जाता है।

∴ टक्कर के कारण प्लेट को स्थानान्तरित संवेग

$$\Delta p = mv - 0 = mv$$

संवेग के स्थानान्तरण के कारण प्लेट एक बल अनुभव करेगी जिसका मान संवेग के स्थानान्तरण में परिवर्तन की दर के बराबर होगा।

∴ बल, $F = \Delta p \times$ प्रति सैकण्ड टकराने वाले कणों की संख्या

या $$F = mv \times \frac{0.6931 NS}{4\pi r^2 T}$$

दाब, P = प्रति एकांक क्षेत्रफल पर बल

$\therefore \quad P = \frac{F}{S} = \frac{0.6931N}{4\pi r^2 T} mv$ लेकिन $v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$

$\therefore \quad P = \frac{0.6931N}{4\pi r^2 T}\sqrt{2mE} = 1.08 \times 10^{-4}\ Nm^{-2}$ **Ans.**

7. (a) Find the energy needed to remove a neutron from the nucleus of the calcium isotope $^{42}_{20}Ca$
(b) Find the energy needed to remove a proton from this nucleus
(c) Why are these energies different ?
Atomic masses of $^{41}_{20}Ca$ and $^{42}_{20}Ca$ are 40.962278 u and 41.958622 u respectively.
Atomic mass of $^{41}_{19}K$ is 40.961825 u , Mass of Proton is 1.007826 u
(a) कैल्सियम समस्थानिक $^{42}_{20}Ca$ के नाभिक से न्यूट्रॉन को हटाने के लिए आवश्यक ऊर्जा ज्ञात कीजिए
(b) इस नाभिक से प्रोटोन को हटाने के लिए आवश्यक ऊर्जा ज्ञात कीजिए
(c) ये ऊजाऐं भिन्न क्यों हैं ?
$^{41}_{20}Ca$ तथा $^{42}_{20}Ca$ का परमाणु द्रव्यमान क्रमशः 40.962278 u तथा 41.958622 u है।
$^{41}_{19}K$ का परमाणु द्रव्यमान 40.961825 u है, प्रोटॅान का द्रव्यमान 1.007826 u है।

Ans. (a) 11.48 MeV (b) 10.27 MeV
(c) The neutron was acted upon only by attractive nuclear forces whereas the proton was also acted upon by repulsive electric forces that decrease its binding energy.
(c) न्यूट्रॉन पर नाभिकीय आकर्षण बल द्वारा कार्य करता है जबकि प्रोटोन पर विद्युत प्रतिकर्षण बल कार्य करता है जो इसकी बंधन ऊर्जा को घटाता है।

Sol. (a) Removing a neutron from $^{42}_{20}Ca$ leaves $^{41}_{20}Ca$. The mass of $^{41}_{20}Ca$ plus the mass of a free neutron is 40.962278 u + 1.008665 u = 41. 970943 u
The difference between this mass and the mass of $^{42}_{20}Ca$ is 0.012321 u, so the binding energy of the missing neutron is : (0.012321 u)(931.49 MeV/u) =11.48 MeV
(b) Removing a proton from $^{42}_{20}Ca$ leaves the potassium isotope $^{41}_{19}K$. A similar calculation gives a binding energy of 10.27 MeV for the missing proton.
(c) The neutron was acted upon only by attractive nuclear forces whereas the proton was also acted upon by repulsive electric forces that decrease its binding energy.

Sol. (a) $^{42}_{20}Ca$ से न्यूट्रॅान को हटाने पर $^{41}_{20}Ca$ शेष रहता है। $^{41}_{20}Ca$ का द्रव्यमान + मुक्त न्यूट्रोन का द्रव्यमान :
40.962278 u + 1.008665 u = 41. 970943 u होगा
इस द्रव्यमान तथा $^{42}_{20}Ca$ के द्रव्यमान में अंतर 0.012321 u है, अतः खोये हुए न्यूट्रॅान की बंधन ऊर्जा होगी :
(0.012321 u)(931.49 MeV/u) =11.48 MeV
(b) $^{42}_{20}Ca$ से प्रोटोन को हटाने पर पोटेशियम समस्थानिक $^{41}_{19}K$ शेष रहता है। इसी प्रकार की गणना से खोये हुए प्रोटोन के लिए 10.27 MeV बंधन ऊर्जा प्राप्त होती है।
(c) न्यूट्रॅान पर नाभिकीय आकर्षण बल द्वारा कार्य करता है जबकि प्रोटोन पर विद्युत प्रतिकर्षण बल कार्य करता है जो इसकी बंधन ऊर्जा को घटाता है।

8. A nucleus X, initially at rest, undergoes alpha-decay according to the equation.

$$^{A}_{92}X \rightarrow + \ ^{228}_{Z}Y + \alpha$$

(a) Find the values of A and Z in the above process.
(b) The alpha particle produced in the above process is found to move in a circular track of radius 0.11 m in a uniform magnetic field of 3 tesla. Find the energy (in MeV) released during the process and the binding energy of the parent nucleus X.
Given that m (Y) = 228.03 u; m($^{1}_{0}n$) = 1.009 u.
m $^{4}_{2}He$ = 4.003 u ; m($^{1}_{1}H$) = 1.008 u.

प्रारम्भ में स्थिर एक नाभिक X, समीकरण के अनुसार अल्फा क्षय करता है।

$$^{A}_{92}X \rightarrow + \, ^{228}_{Z}Y + \alpha$$

(a) उपरोक्त प्रक्रिया में A तथा Z का मान ज्ञात करो।

(b) उपरोक्त प्रक्रिया में उत्पन्न अल्फा कण 3 टेसला के एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में वृत्ताकार पथ पर गति करता हुआ प्राप्त होता है। उपरोक्त प्रक्रिया के दोरान मुक्त ऊर्जा (MeV) में ज्ञात करो तथा पैत्रृक नाभिक X की बंधन ऊर्जा ज्ञात करो। दिया हुआ है m (Y) = 228.03 u; $m(^{1}_{0}n)$ = 1.009 u.

$m\,^{4}_{2}He$ = 4.003 u ; $m(^{1}_{1}H)$ = 1.008 u.

Ans. **(a) 232, 90 (b) 5.3 MeV, 1823.2 MeV**

Sol. **(a)** $A - 4 = 228$

$\therefore$ $A = 232$

$92 - 2 = Z$ or $Z = 90$

(b) From the relation , सम्बध से

$$r = \frac{\sqrt{2Km}}{Bq}$$

$$K_\alpha = \frac{r^2B^2q^2}{2m}$$

$$= \frac{(0.11)^2(3)^2(2\times1.6\times10^{-19})^2}{2\times4.003\times1.67\times10^{-27}\times1.6\times10^{-13}} \text{ MeV}$$

$$= 5.21 \text{ MeV}$$

From the conservation of momentum , संवेग सरक्षण से

$$P_\gamma = P_\alpha$$

or $\sqrt{2k_\gamma m_\gamma} = \sqrt{2k_\alpha m_\alpha}$

$\therefore$ $K_g = \left(\frac{m_\alpha}{m_\gamma}\right)k_\alpha = \frac{4.003}{228.03} \times 5.21 = 0.09$ MeV

$\therefore$ Total energy released कुल मुक्त ऊर्जा = $K_\alpha + K_\gamma$ = 5.3 MeV

Total binding energy of daughter products पुत्री उत्पादो की कुल बंधन ऊर्जा

= [92 × (mass of proton) + (232 – 92)(mass of neutron) – (m_γ) – m_α] × 931.4 MeV

= [(92 × 1.008) + (140)(1.009) – 228.03 – 4.003] 931.48 MeV

= 1828.5 MeV

$\therefore$ Binding energy of parent nucleus पैतृक नाभिको की बंधन ऊर्जा

= binding energy of daughter products – energy released

पुत्री उत्पादो की बंधन – मुक्त ऊर्जा

= (1828.5 – 5.3) MeV = 1823..2 MeV

9. 100 millicuries of radon which emits 5.5 MeV α - particles are contained in a glass capillary tube 5 cm long with internal and external diameters 2 and 6mm respectively Neglecting and effects and assuming that the inside of the tube is uniformly irradiated by the particles which are stopped at the surface calculate the temperature difference between the walls of a tube when steady thermal conditions have been reached.

Thermal conductivity of glass = 0.025 Cal cm^{-2} s^{-1} C^{-1}

Curie = 3.7 × 10^{10} disintergration per second

J = 4.18 joule Cal^{-1}

एक केशिका नली जिसकी लम्बाई 5 सेमी. एवं आन्तकिर एवं बाह्य व्यास 2 मिमी. था 6 मिमी. है। इसमें 100 मिलीक्युरी मात्रा का रेडॉन रखा है जो कि 5.5 MeV वाले α - कण उत्सर्जित करता है, जो कि नलिका की आन्तरिक सतह पर एक समान रूप से आपतित होते है तथा विराम में आ जाते है। तापीय साम्य अवस्था की स्थिति में नलिका की आन्तरिक एवं बाह्य सतह के मध्य तापान्तर ज्ञात करो।

कॉंच की ऊष्मीय चालकता = 0.025 Cal cm^{-2} s^{-1} C^{-1}

1 क्युरी = 3.7 × 10^{10} अपघटन प्रति सेंकण्ड़

J = 4.18 जूल कैलारी$^{-1}$

Ans. $(T_1 - T_2) = 1.09$ °C

Sol. The flow of heat in a material placed between the walls of a coaxial cylinder is given by

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{2\pi KL(T_1 - T_2)}{\ell n\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Number of decays of radon atoms per second

$$\frac{dN}{dt} = 100 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 10^{10} = 3.7 \times 10^{9} \text{ disintegration/second}$$

Energy deposited by α' s $= 3.7 \times 10^9 \times 5.5$ MeV/s

$= 2.035 \times 10^{10}$ MeV/s $= 3.256 \times 10^{-7}$ J $= 0.779 \times 10^{-3}$ Cal/s

Using the values. $k = 0.025$ Cal cm^{-2} s^{-1} C^{-1}, $L = 5$ cm, $r_1 = 2$ mm and

$r_2 = 6$ mm in (1), and solving for $(T_1 - T_2)$ we find $(T_1 - T_2) = 1.09$ °C

Sol. समाक्षीय बेलन की दीवारों के मध्य रखे पदार्थ में ऊष्मीय प्रवाह की दर

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{2\pi KL(T_1 - T_2)}{\ell n\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

रेडॉन के प्रतिसेकण्ड़ अपघटित परमाणुओं की संख्या

$$\frac{dN}{dt} = 100 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 10^{10} = 3.7 \times 10^{9} \text{ disintegration/second}$$

α कणों द्वारा आन्तरिक सतह को दी गयी ऊष्मा की दर s $= 3.7 \times 10^9 \times 5.5$ MeV/s

$= 2.035 \times 10^{10}$ MeV/s $= 3.256 \times 10^{-7}$ J $= 0.779 \times 10^{-3}$ Cal/s

$k = 0.025$ Cal cm^{-2} s^{-1} C^{-1}, $L = 5$ cm, $r_1 = 2$ mm तथा

$r_2 = 6$ mm मान रखकर हल करने पर, $(T_1 - T_2) = 1.09$ °C

10. Radium being a member of the uranium series occurs in uranium ores. If the half lives of uranium and radium are respectively 4.5×10^9 and 1620 years calculate the $\frac{N_{radiun}}{N_{Uranium}}$ in Uranium ore at equlibrium.

यूरेनियम अयस्क की यूरेनियम श्रेणी का रेडियम एक सदस्य धातु है। यदि यूरेनियम तथा रेडियम की अर्द्धआयु क्रमशः 4.5×10^9 तथा 1620 वर्ष है, तो यूरेनियम अयस्क में साम्यावस्था पर $\frac{N_{radiun}}{N_{Uranium}}$ ज्ञात करें।

Ans. $1/2.78 \times 10^6$

Sol. In the series decay $A \to B \to C$, if $\lambda_A << \lambda_B$ the transient equilibrium occurs when

$$\frac{N_B}{N_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}$$

Here A = Uranium and B = Radium

$\lambda_A = \frac{1}{\tau_A} = 0.693 / 4.5 \times 109$ year^{-1} $\lambda_B = \frac{1}{\tau_B} = 0.693 / 1.620$ year^{-1}

N (Rad) / N (U) $\approx 1.620 / 4.5 \times 10^9 = 1/2.78 \times 10^6$

Sol. श्रेणी अपघटन $A \to B \to C$, यदि $\lambda_A << \lambda_B$ तो साम्यावस्था पर

$$\frac{N_B}{N_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}$$

यहाँ A = यूरेनियम तथा B = रेडियम

$\lambda_A = \frac{1}{\tau_A} = 0.693 / 4.5 \times 109$ year^{-1} $\lambda_B = \frac{1}{\tau_B} = 0.693 / 1.620$ year^{-1}

N (Rad) / N (U) $\approx 1.620 / 4.5 \times 10^9 = 1/2.78 \times 10^6$

11. ^{90}Sr decays to ^{90}Y by β decay with a half-life of 28 years. ^{90}Y decays by β decay to ^{90}Zr with a half-life of 64h. A pure sample of ^{90}Sr is allowed to decay. What is the value of $\frac{N_{Sr}}{N_y}$ after (a) 1h (b) 10 years?

^{90}Sr (अर्द्धआयु 28 वर्ष) β कण उत्सर्जित करके ^{90}Y (अर्द्धआयु 64घण्टा) बनाता है। ^{90}Y, β कण उत्सर्जित करके ^{90}Zr बनाता है। ^{90}Sr का एक शुद्ध नमूना अपघटित होता है, तो (a) 1 घण्टा (b) 10 वर्ष के बाद $\frac{N_{Sr}}{N_y}$ का मान बताये ?

Ans. (a) For t = 1 h and using the values for the decay constans $N_{sr}/N_y = 3.56 \times 10^5$
(a) t = 1 घण्टा के लिए क्षय नियताको के मान के उपयोग से $N_{sr}/N_y = 3.56 \times 10^5$
(b) For t = 10 years, $N_{sr}/N_y = 3823$
t = 10 वर्षो के लिए, $N_{sr}/N_y = 3823$

Sol. $N_{sr} = N_{sr}^0\, e^{(-\lambda_{sr}t)}$ .....(1)

$N_y = \frac{\lambda_{sr}N_{sr}^0}{\lambda_y - \lambda_{sr}}\,[e^{(\lambda_{sr}t)} - e^{(-\lambda_y t)}]$ .....(2)

Dividing the two equations दो समीकरणो को भाग देने पर

$\frac{N_y}{N_{sr}} = \frac{\lambda_{sr}}{\lambda_y - \lambda_{sr}}\,[1 - e^{(-\lambda t)}\,(\lambda_{sr} - \lambda_y)t]$

$\lambda_{sr} = 0.693/(28 \times 365 \times 24) = 2.825 \times 10^{-6}\ h^{-1}$
$\lambda_y = 0.693/64 = 0.0108\ h^{-1}$
(a) For t = 1 h and using the values for the decay constans $N_{sr}/N_y = 3.56 \times 10^5$
t = 1 h के लिए क्षय नियताको के मान के उपयोग से $N_{sr}/N_y = 3.56 \times 10^5$
(b) For t = 10 years, $N_{sr}/N_y = 3823$
` t = 10 वर्षो के लिए, $N_{sr}/N_y = 3823$

12. The element Curium $^{248}_{96}Cm$ has a mean life of 10^{13} seconds. Its primary decay modes are spontaneous fission and α-decay, the former with a probability of 8% and the latter with a probability of 92%. Each fission releases 200 MeV of energy. The masses involved in α-decay are as follows : atomic masses of atoms are $^{248}_{96}Cm$ = 248.072220 u , He^4 = 4.002603 u & Pu^{244} = 244.064100 u. (1 u = 931 MeV/c^2). Calculate the power output from a sample of 10^{20} Cm atoms.

$^{248}_{96}Cm$ तत्व की माध्य आयु 10^{13} सेकण्ड है। इसके प्रारम्भिक क्षय के तरीके हैं स्वतः विघटन और α-क्षय है, एक विघटन की भूतपुर्व प्रायिकता 8% है तथा पिछली प्रायिकता 92% है। प्रत्येक विघटन में 200 MeV की ऊर्जा उत्सर्जित होती है। α-क्षय में प्रयुक्त द्रव्यमान इस प्रकार है : परमाण्विक द्रव्यमान $^{248}_{96}Cm$ = 248.072220u, He^4 = 4.002603u & Pu^{244} = 244.064100u (1u = 931 MeV/c^2) है। 10^{20} Cm परमाणु के एक नमूने से शक्ति उत्पादन ज्ञात करो

Ans. **$3.32 \times 10^{-5}\ Js^{-1}$**

Sol. Activity of fission = $A = \frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{1}{\tau}N = \frac{10^{20}}{10^{13}} = 10^7$

as probability is 8% so reactivity = $\frac{8}{100} \times 10^7 = 8 \times 10^5\ sec^{-1}$

Power output due to fission = $8 \times 10^5 \times 200$ Mev = 16×10^7 Mev/sec.

Rate of decay of α-particle = $\frac{92}{100} \times 10^7 = 92 \times 10^5$

ΔM for α decay = 0.00517 amu
Energy released per α-decay = $92 \times 10^5 \times 5.1363$ Mev/sec
Total power output = $16 \times 10^7 + 4.725 \times 10^7$
= 33.16 μW **Ans.**

विखण्डन कि सक्रियता = $A = \frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{1}{\tau}N = \frac{10^{20}}{10^{13}} = 10^7$

चूंकि प्रायिकता 8% है अतः सक्रियता= $\frac{8}{100} \times 10^7 = 8 \times 10^5\ sec^{-1}$

विखण्डन के कारण निर्गत शक्ति = $8 \times 10^5 \times 200$ Mev = 16×10^7 Mev/sec.

α- कण के क्षय कि दर = $\frac{92}{100} \times 10^7 = 92 \times 10^5$

α क्षय के लिए ΔM = 0.00517 amu

प्रति α-क्षय मुक्त ऊर्जा = $92 \times 10^5 \times 5.1363$ Mev/sec

कुल निर्गत शक्ति = $16 \times 10^7 + 4.725 \times 10^7 = 33.16\ \mu W$ **Ans.**

13. Nucleus $_3A^7$ has binding energy per nucleon of 10 MeV. It absorbs a proton and its mass increases by $\frac{99}{100}$ times the mass of proton. Find the new binding energy of the nucleus so formed. [Take energy equivalent of proton = 930 MeV]

नाभिक $_3A^7$ की प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा 10 MeV है। यदि यह एक प्रोटॉन को अवशोषित करता है तब इसका द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान से $\frac{99}{100}$ गुना बढ़ जाता है। बने हुये नये नाभिक की नयी बन्धन ऊर्जा ज्ञात करो? [प्रोटॉन की तुल्य ऊर्जा = 930 MeV]

Ans. 79.3 MeV

Sol. BE = Original Binding energy + Binding energy due to additional mass defect

$= 70 + \frac{1}{100}(930) = 79.3$ MeV ... **Ans.**

Sol. बन्धन ऊर्जा = वास्तविक बन्धन ऊर्जा + अतिरिक्त द्रव्यमान क्षति के कारण बन्धन ऊर्जा

$= 70 + \frac{1}{100}(930) = 79.3$MeV ... **Ans.**

14. The nucleus of $^{230}_{90}Th$ is unstable against α-decay with a half-life of 7.6×10^3 years. Write down the equation of the decay and estimate the kinetic energy of the emitted α-particle from the following data : $m\left(^{230}_{90}Th\right)$=230.0381 amu, m $\left(^{226}_{88}Ra\right)$ = 226.0254 amu and m $\left(^{4}_{2}He\right)$ = 4.0026 amu.

$^{230}_{90}Th$ का नाभिक α- क्षय के दौरान अस्थाई रहता है इसकी अर्धआयु 7.6×10^3 वर्ष है। क्षय अभिक्रिया की समीकरण लिखिए तथा निम्न आँकडों से उत्सर्जित α- कण की गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए। $\left(^{230}_{90}Th\right)$=230.0381 amu, m $\left(^{226}_{88}Ra\right)$ = 226.0254 amu तथा m$\left(^{4}_{2}He\right)$= 4.0026 amu.

Ans. $^{230}_{90}Th \rightarrow ^{226}_{88}Ra + ^4_2He + Q$; 9.25 MeV.

Sol. The equation of the decay is

क्षय की समीकरण निम्न है।

$$^{230}_{90}Th \rightarrow ^{226}_{88}Ra + ^4_2He + Q$$

The energy Q is given by

ऊर्जा Q निम्न प्रकार दि जाती है

$$Q = [m\,(Th) - m\,(Ra) - m(He)]c^2$$

Using the given data and c^2 = 931.5 MeV/amu, we get Q = 9.41 MeV. This energy is shared by Ra and He. If the original nucleus Th is at rest, i.e. if the momentum of the system before α-decay is zero, the total momentum after the decay will also be zero. Thus Ra and He will have equal and opposite linear momenta.

दिये गये आँकडों तथा c^2 = 931.5 MeV/amu, के उपयोग से हम Q = 9.41 MeV प्राप्त करते है यह ऊर्जा Ra तथा He को प्राप्त होती है। यदि वास्तविक नाभिक Th विरामावस्था पर है अर्थात यदि α- क्षय के पहले निकाय का कुल संवेग शून्य है तो α-क्षय के बाद भी कुल संवेग शून्य होगा। अतः Ra तथा He का संवेग समान तथा विपरित होगा।

$\therefore$ $m_{He}\, v_{He} = -\, m_{Ra}\, v_{Ra}$

or या $m_{He}\, v_{He} = m^2_{Ra}\, v^2_{ra}$ (i)

Now अब $\frac{K.E.(HE)}{K.E.(Ra)} = \frac{1/2 m_{He} v^2_{He}}{1/2 m_{Ra} v^2_{Ra}}$

$$= \left(\frac{m_{He}v_{He}}{m_{Ra}v_{Ra}}\right) \times \left(\frac{m_{Ra}}{m_{He}}\right)$$

$$= \frac{m_{Ra}}{m_{He}}$$ [use Eq. (i) के उपयोग से]

$$\approx \frac{226}{4} \approx 56.6$$ (ii)

i.e. the kinertic energy of He is 56.5 times that of Ra, the total energy being
अर्थात He गतिज ऊर्जा Ra की गतिज ऊर्जा की 56.5 गुना हो जाती है। अतः कुल ऊर्जा
K.E. (He) + K.E.(Ra) = 9.41 MeV (iii)
From eqs (ii) and (iii) We have K.E. (Ra) = 0.16 MeV and K.E. (He) 9.25 MeV.
समीकरण (ii) तथा (iii) से हम प्राप्त करते है कि K.E. (Ra) = 0.16 MeV and K.E. (He) 9.25 MeV. **Ans**

15. When ^{30}Si is bombarded with a deuteron. ^{31}Si is formed in its ground state with the emission of a proton. The energy released in this reaction from the following information is E then find [E]:-
जब ^{30}Si पर ड्यूट्रोन की बमबारी की जाती है, तो एक प्रोटॉन के उत्सर्जन के साथ आद्य अवस्था में ^{31}Si बनता है। इस प्रक्रिया में उत्पन्न ऊर्जा E है तो [E] की गणना करे। यदि

$^{31}Si \rightarrow {}^{31}P + \beta^- + 1.51$ MeV

$^{30}Si + d \rightarrow {}^{31}P + n + 5.10$ MeV

$n \rightarrow P + \beta^- + \bar{\nu} + 0.78$ MeV

Ans 4

Sol $d + {}^{30}si \rightarrow {}^{31}Si + P$ ......(1)

$Q = M_d + M_{Si^{30}} - M_{Si^{31}} - M_P$ ......(2)

Given दिया है

$M_{Si^{30}} + M_d = M_{P^{31}} + M_n + 5.1$ ......(3)

$M_{Si^{31}} = M_{Si^{31}} + M_e + 1.51$ ......(4)

Subtract (4) from (3)
(4) में से (3) को घटाने पर

$M_{Si^{30}} + M_d - M_{Si^{31}} = M_n - M_e + 3.59$ ......(5)

Further तत्पश्चात्

$M_n = M_P + M_e + \bar{\nu} + 0.78$ ......(6)

Add (5) and (6)
(5) व (6) को जोड़ने पर

$M_{Si^{30}} + M_d - M_{Si^{31}} - M_P = Q = 3.59 + 0.78 = 4.37$ MeV