नाभिकीय भौतिकी (NUCLEAR PHYSICS)

Contents

Particular's		Page No.
Theory		**001 – 014**
Exercise - 1		015 – 019
Part - I :	Subjective Question	
Part - II :	Only one option correct type	
Part - III :	Match the column	
Exercise - 2		019 – 024
Part - I :	Only one option correct type	
Part - II :	Single and double value integer type	
Part - III :	One or More than one option correct type	
Part - IV :	Comprehension	
Exercise - 3		025 – 032
Part - I :	JEE(Advanced) / IIT-JEE Problems (Previous Years)	
Part - II :	JEE(Main) / AIEEE Problems (Previous Years)	
Answer Key		032 – 033
High Level Problems (HLP) Subjective Question		034 – 035
Answer Key		035

JEE (ADVANCED) SYLLABUS

Atomic nucleus; α, β and γ radiations; Law of radioactive decay; Decay constant ; Half-life and mean life; Binding energy and its calculation; Fission and fusion processes; Energy calculation in these processes.

JEE (MAIN) SYLLABUS

Composition and size of nucleus, atomic masses, isotopes, isobars; isotones. Radioactivity-alpha, beta and gamma particles / rays and their properties ; radioactive decay law. Mass-energy relation, mass defect; binding energy per nucleon and its variation with mass number, nuclear fission and fusion.

© Copyright reserved.
All rights reserved. Any photocopying, publishing or reproduction of full or any part of this study material is strictly prohibited. This material belongs to only the enrolled student of RESONANCE. Any sale/resale of this material is punishable under law. Subject to Kota Jurisdiction only.

नाभिकीय भौतिकी

भौतिक विज्ञान की इस शाखा में नाभिक का अध्ययन करते है।

1. नाभिक

(a) खोजकर्ता : रदरफोर्ड

(b) मूलभूत कण : न्यूट्रॉन (n) और प्रोटॉन (p) [संयुक्त रूप से न्यूक्लिऑन (नाभिक कण) कहलाते है।]

1. न्यूट्रॉन : यह एक विद्युत उदासीन कण है। इसकी खोज जेम्स चैडविक ने की थी।

न्यूट्रॉन का द्रव्यमान $m_n = 1.6749286 \times 10^{-27}$ kg.

2. प्रोटॉन : इसका आवेश +e होता है। इसकी खोज गोल्डस्टीन ने की थी।

प्रोटॉन का द्रव्यमान $m_p = 1.6726231 \times 10^{-27}$ kg

$$m_p \lesssim m_n$$

(c) प्रदर्शन

${}_ZX^A$ या ${}^A_ZX$

जहां $X \Rightarrow$ परमाणु का प्रतीक

$Z \Rightarrow$ परमाणु क्रमांक = प्रोटॉन की संख्या

$A \Rightarrow$ परमाणु भार = न्यूक्लिऑनों की संख्या

= (प्रोटॉन + न्यूट्रॉन) की संख्या

परमाणु भार संख्या : यह *(amu)* में व्यक्त होने वाला द्रव्यमान का निकटस्थ पूर्णांक मान होता है।

1 a.m.u. = $\frac{1}{12}$ [विरामावस्था में तथा मूल अवस्था में स्थित ${}_6C^{12}$ के एक परमाणु का द्रव्यमान]

$= 1.6603 \times 10^{-27}$ kg $= 931.478$ MeV/c^2

प्रोटॉन का द्रव्यमान (m_p) = न्यूट्रॉन का द्रव्यमान (m_n) = 1a.m.u.

परिभाषाऐं :

(1) Isotopes(समस्थानिक) : समान प्रोटॉन संख्या लेकिन विभिन्न न्यूट्रॉन संख्या के नाभिकों को समस्थानिक कहते हैं।

(2) Isotones (समन्यूट्रॉनिक) : समान न्यूट्रॉन संख्या लेकिन विभिन्न परमाणु क्रमांक Z के नाभिकों को समन्यूट्रॉनिक कहते हैं।

(3) Isobars (समभारी) : समान द्रव्यमान संख्या परन्तु विभिन्न परमाणु क्रमांक के नाभिक समभारी कहलाते हैं।

(d) नाभिक का आकार : 10^{-15} m (फर्मी) के परास का

नाभिक की त्रिज्या $R = R_0A^{1/3}$

जहां $R_0 = 1.1 \times 10^{-15}$ m (जो एक मूल नियतांक है)

A = परमाणु की परमाणु भार संख्या।

(e) घनत्व : घनत्व $= \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}} = \frac{Am_p}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3m_p}{4\pi R_0^3} = \frac{3\times1.67\times10^{-27}}{4\times3.14\times(1.1\times10^{-15})^3} = 3 \times 10^{17}$ kg/m^3

सभी नाभिक समान घनत्व के होते हैं। वे परमाणु भार (A) तथा परमाणु क्रमांक (Z) पर निर्भर नहीं करते।

Solved Example

Example 1 ^{70}Ge के नाभिक की त्रिज्या की गणना करो।

Solution : हम जानते है,

$R = R_0 A^{1/3} = (1.1 \text{ fm}) (70)^{1/3}$

$= (1.1 \text{ fm}) (4.12) = 4.53 \text{ fm}.$

Example 2 C^{12} के दो नाभिक जिनकी सतह एक दूसरे को स्पर्श कर रही है, के मध्य विद्युत प्रतिकर्षण के कारण अन्योन्य वैद्युत स्थितिज ऊर्जा की गणना करो।

Solution : ^{12}C के नाभिक की त्रिज्या

$R = R_0 A^{1/3} = (1.1 \text{ fm}) (12)^{1/3} = 2.52 \text{ fm}.$

उनके केन्द्रकों के बीच की दूरी $2R = 5.04$ fm.

इस युग्म की स्थितिज ऊर्जा

$$U = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r} = (9 \times 10^9 \text{ N–m}^2/\text{C}^2) \frac{(6\times1.6\times10^{-19}\text{C})^2}{5.04\times10^{-15}\text{m}} = 1.64 \times 10^{-12} \text{ J} = 10.2 \text{ MeV}.$$

2. द्रव्यमान क्षति : नाभिक के वास्तविक द्रव्यमान तथा संभावित द्रव्यमान में अन्तर होता है।

$M_{\text{संभावित}} = Z\, m_p + (A - Z)m_n$

$M_{\text{प्रेषित}} = M_{\text{परमाणु}} - Zm_e$

यह पाया गया है

$M_{\text{प्रेषित}} < M_{\text{संभावित}}$

अतः, द्रव्यमान क्षति $= M_{\text{संभावित}} - M_{\text{प्रेषित}}$

$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - [M_{\text{परमाणु}} - Zm_e]$

3. बंधन ऊर्जा

नाभिक को उसके घटकों में तोड़ने के लिये आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा बंधन ऊर्जा कहलाती है। **अथवा** नाभिक के घटकों को अनन्त से लाकर नाभिक निर्माण में मुक्त होने वाली ऊर्जा बंधन ऊर्जा कहलाती है।

बंधन ऊर्जा (B.E.) $= \Delta mc^2$

BE = Δm (amu में) × 931.5 MeV/amu

= Δm × 931.5 MeV ; Δm × 931 MeV

नोट : यदि नाभिक की प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा ज्यादा हो तो वह नाभिक ज्यादा स्थाई होगा।

उदाहरण : यदि $\left(\frac{B.E_1}{A_1}\right) > \left(\frac{B.E_2}{A_2}\right)$ नाभिक 1 ज्यादा स्थाई होगा।

Solved Example

Example 3. 3 नाभिक P, Q व R के निम्न आंकड़े दिए है तो इन्हें स्थायित्व के घटते हुए क्रम में व्यवस्थित करो।

	P	Q	R
परमाणु भार की संख्या (A)	10	5	6
बंधन ऊर्जा (MeV)	100	60	66

Solution : $\left(\frac{B.E}{A}\right)_P = \frac{100}{10} = 10$ $\left(\frac{BE}{A}\right)_Q = \frac{60}{5} = 12$ $\left(\frac{B.E.}{A}\right)_R = \frac{66}{6} = 11$

$\therefore$ स्थायित्व क्रम Q > R > P है।

Example 4. एक नाभिक की बंधन ऊर्जा 100 MeV है। यह 10 MeV ऊर्जा मुक्त करता है तो इसकी नई बंधन ऊर्जा ज्ञात करो।

Solution : 10 MeV ऊर्जा मुक्त करने पर यह ज्यादा स्थाई होगा अतः इसकी बंधन ऊर्जा बढेगी।

नई बंधन ऊर्जा = 100 + 10 = 110 MeV

Example 5. एक नाभिकीय अभिक्रिया A + B → C + D ; A, B, C तथा D की बंधन ऊर्जा क्रमशः B_1, B_2, B_3 तथा B_4 है। तो अभिक्रिया में मुक्त ऊर्जा की गणना करो।

Solution : $(B_3 + B_4) - (B_1 + B_2)$

Example 6. दिये गये आँकड़ों से α कण की बंधन ऊर्जा ज्ञात करो।

^1_1H परमाणु का भार = 1.007826 u

न्यूट्रॉन का भार = 1.008665 u

^4_2He परमाणु का भार = 4.00260 u

दिया है : 1 u = 931 MeV/c^2.

Solution : α कण में 2 – प्रोटॉन तथा 2 – न्यूट्रॉन है। इनकी बंधन ऊर्जा

$= (2 \times 1.007826\ u + 2 \times 1.008665\ u - 4.00260\ u)c^2$

$= (0.03038\ u)c^2$

$= 0.03038 \times 931\ MeV = 28.3\ MeV.$

Example 7. $^{56}_{26}Fe$ की बंधन ऊर्जा ज्ञात करो। ^{56}Fe का परमाणु भार 55.9349 u तथा ^1H का 1.00783 u है। न्यूट्रॉन का भार = 1.00867 u है।

Solution : $^{56}_{26}Fe$ में प्रोटॉन की संख्या = 26 तथा न्यूट्रॉन की संख्या = 56 – 26 = 30

$^{56}_{26}Fe$ की बंधन ऊर्जा

$= [26 \times 1.00783\ u + 30 \times 1.00867\ u - 55.9349\ u]\ c^2$

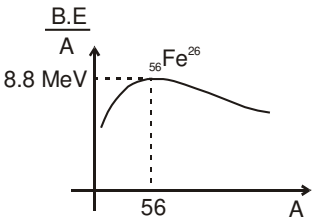
$= (0.52878\ u)\ c^2$

$= (0.52878\ u)\ (931\ MeV/u) = 492\ MeV.$

3.1 प्रतिन्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा का द्रव्यमान संख्या के साथ परिवर्तन

प्रति न्यूक्लिआॅन बंधन ऊर्जा पहले बढ़ती है तथा वह अधिकतम 8.8 MeV तक पहुंचती है। A = 50 → 80 में बंधन ऊर्जा A के बढ़ने पर क्रमशः घटती है।

$_{26}Fe^{56}$ की सर्वाधिक प्रतिन्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा 8.8 MeV होती हैं। मध्य नाभिकों की प्रति न्यूक्लिऑन बंधन ऊर्जा भारी नाभिकों से ज्यादा होती है। अतः वे ज्यादा स्थाई है।



- भारी नाभिकों की मध्यम नाभिकों के टूटने में प्रवृत्ति होती है। जिसे नाभिकीय विघटन कहते हैं।
- हल्के नाभिकों की समाप्त होकर (fuse) मध्यम नाभिकों में परिवर्तित होने के प्रवृति होती है। इसे नाभिकीय संलयन कहते हैं।

4. रेडियोसक्रियता

इसकी खोज हेनरी वैक्रल ने की थी।

अस्थाई तत्वों से स्वतः (α, β, γ) विकिरणों का निकलना रेडियोसक्रियता कहलाता है। तत्व जो रेडियोसक्रियता प्रदर्शित करते है रेडियोसक्रिय तत्व कहलाते है।

रदरफोर्ड ने रेडियोसक्रियता का अध्ययन किया था।

रेडियोएक्टिव विघटन में अस्थायी नाभिक α कण या β कण उत्सर्जित करता है। α या β के उत्सर्जन के बाद γ का उत्सर्जन हो सकता है तथा वह एक ज्यादा स्थाई तत्व में परिवर्तित हो जाता है।

α कण : यह द्विआवेशित He का नाभिक है। इसमें 2p तथा 2n होते हैं।

α कण का द्रव्यमान = $_2He^4$ परमाणु का द्रव्यमान $- 2\ m_e \approx 4\ m_p$

α कण का आवेश = + 2 e

β कण :

(a) β^- (इलेक्ट्रॉन) : द्रव्यमान = m_e ; आवेश = –e

(b) β^+ (पोजिट्रॉन) : द्रव्यमान = m_e ; आवेश = +e

पोजिट्रॉन इलेक्ट्रॉन का प्रति कण है।

प्रति कण : वे कण एक दूसरे के एन्टीकण कहलाते हैं यदि वे टक्कर में समाप्त होकर पूर्णतः ऊर्जा में परिवर्तित हो जाते हैं। उदाहरण : (i) इलेक्ट्रॉन (– e, m_e) और पॉजिट्रॉन (+ e, m_e) एन्टीकण है। (ii) न्यूट्रीनों (ν) तथा एन्टीन्यूट्रीनों ($\bar{\nu}$) एन्टीकण है।

γ किरण : ये तीव्रगामी फोटॉन है जिनकी ऊर्जा MeV में होती है तथा इसका विराम द्रव्यमान शून्य है।

5. रेडियोसक्रिय विघटन (विस्थापन नियम)

5.1 **α-क्षय :** नाभिक जो द्रव्यमान संख्या 210 से अधिक रखते है, α क्षय करते है।

$_ZX^A \rightarrow {}_{Z-2}Y^{A-4} + {}_2He^4 + Q$

Q मान : विघटन प्रक्रिया में मुक्त होने वाली ऊर्जा

Q **मान** = अभिकारक की विराम ऊर्जा–उत्पाद की विराम द्रव्यमान ऊर्जा

इस ऊर्जा का उपयोग उत्पाद की गतिज ऊर्जा बढ़ाने में होता हैं

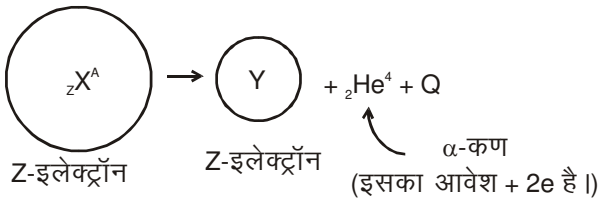
माना, M_x = परमाणु $_ZX^A$ का भार

M_y = परमाणु $_{Z-2}Y^{A-4}$ का भार

M_{He} = परमाणु $_2He^4$ का भार

Q मान = $[(M_x - Zm_e) - \{(M_y - (Z-2)\,m_e) + (M_{He} - 2m_e)\}]c^2 = [M_x - M_y - M_{He}]\,c^2$

α-क्षय में इलेक्ट्रॉन की संख्या वास्तविक संख्या मानने पर



Q मान = $[M_x - (M_y + 2m_e) - (M_{He} - 2m_e)]c^2 = [M_x - M_y - M_{He}\,]\,c^2$

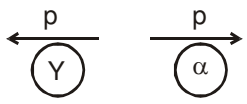
अन्तिम उत्पाद की गतिज ऊर्जा की गणना :

चुंकि परमाणु प्रारम्भ में विरामावस्था में था तथा निकाय पर कोई बाह्य बल नही हैं अतः अन्तिम संवेग शून्य होगा। अतः Y तथा α-कण का संवेग परिमाण में समान परन्तु विपरीत दिशा में होगा।

$p_\alpha^2 = p_Y^2 \qquad 2m_\alpha T_\alpha = 2m_Y T_Y$ (यहां T गतिज ऊर्जा)

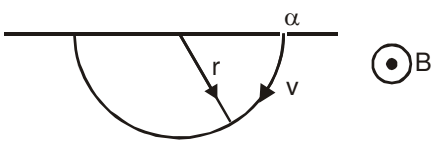
$Q = T_y + T_\alpha \qquad m_\alpha T_\alpha = m_Y T_Y$

$T_\alpha = \dfrac{m_Y}{m_\alpha + m_Y} Q\,; \quad T_Y = \dfrac{m_\alpha}{m_\alpha + m_Y} Q$



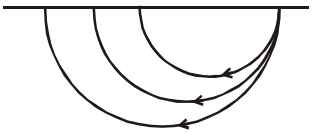
$T_\alpha = \dfrac{A-4}{A}\,Q \quad ; \quad T_Y = \dfrac{4}{A} Q$ उपर्युक्त गणना से

अतः α कण की गतिज उर्जा समान है। अतः यदि ये एक समान चुम्बकीय क्षेत्र में वेग के लम्बवत् प्रवेश करेंगे तो वे वृत्त में गति करेंगे तथा उनकी त्रिज्या समान होगी।



$$r = \frac{mv}{qB} = \frac{mv}{2eB} = \frac{\sqrt{2Km}}{2eB}$$

प्रयोगात्मक प्रेषण : प्रयोगात्मक रूप में सभी α-कण समान त्रिज्या के वृत्त में गति नहीं करते है। वे विभिन्न त्रिज्याओं में गति करते हैं।



यह प्रदर्शित करता है कि उनके पास विभिन्न गतिज ऊर्जाऐं है। वे एक निश्चित त्रिज्या के वृत्ताकार पथ पर गति करते हैं। अतः यह निश्चित है कि उत्सर्जित α–कणों की ऊर्जा समान नहीं है लेकिन यह क्वांटिकृत है। इसका कारण सभी पुत्री नाभिक मूल अवस्था में उत्पन्न नहीं होते, कुछ उत्तेजित अवस्था में हो सकते हैं अतः वे फोटोन का उत्सर्जन करते हैं और मूल अवस्था में आते है।

$$X \longrightarrow Y^{*}(\text{उत्तेजित अवस्था}) + \alpha + Q$$

$$\downarrow$$

$$Y + \text{फोटॉन } (\gamma \text{ कण})$$

Y तथा Y* के मध्य अन्तर केवल यह है कि Y उसकी मूल अवस्था तथा Y* उसकी उत्तेजित अवस्था है।

माना, γ-कण द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा E है।

$\therefore \quad Q = T_\alpha + T_Y + E \qquad$ जहाँ $Q = [M_x - M_y - M_{He}]\, c^2$

$T_\alpha + T_Y = Q - E$

$$T_\alpha = \frac{m_Y}{m_\alpha + m_Y}\ (Q-E)\ ; \qquad T_Y = \frac{m_\alpha}{m_\alpha + m_Y}\ (Q-E)$$

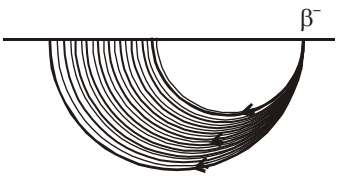
5.2 **β^-- क्षय** : ${}_zX^A \longrightarrow {}_{z+1}Y^A + {}_{-1}e^0 + Q$

${}_{-1}e^0$ को हम ${}_{-1}\beta^0$ भी लिख सकते हैं।

यहां संवेग तथा ऊर्जा संरक्षण से निम्न प्राप्त करते हैं।

$$T_e = \frac{m_Y}{m_e + m_Y} Q\ ; \qquad T_Y = \frac{m_e}{m_e + m_Y} Q$$

$m_e << m_Y$ अतः पूरी ऊर्जा इलेक्ट्रॉन द्वारा ले ली जायेगी अतः β-कण के पास समान ऊर्जा है अतः वे समान त्रिज्या के वृत्त में चुम्बकीय क्षेत्र में गति करेंगे। परन्तु प्रयोगिक प्रेषण पूर्णतः भिन्न है। वेग के लम्बवत् एक समान चुम्बकीय क्षेत्र लगाने पर β कण अलग–अलग त्रिज्याओं के वृत्तों में गति करते है और एक सतत् स्पेक्ट्रम प्राप्त होता है। इसकी व्याख्या करने के लिये पाउली ने दो अलग कण न्यूट्रीनों व एन्टी न्यूट्रीनो के बारे में बताया।



$\bar{\nu} \rightarrow$ एन्टी न्यूट्रिनों, $\nu \rightarrow$ न्यूट्रिनों

एन्टीन्यूट्रीनों ($\bar{\nu}$) तथा न्यूट्रीनों (ν) की विशेषताऐं –

(1) ये फोटोन के समान है जिसका विराम द्रव्यमान शून्य के बराबर है या लगभग, द्रव्यमान कुछ इलेक्ट्रॉन वोल्ट के बराबर है।

चाल = c (या लगभग c के समान)

ऊर्जा, $E = mc^2$

(2) ये आवेश रहित (उदासीन) होते हैं।

(3) इनकी चक्रण संख्या $s = \pm \frac{1}{2}$

एन्टीन्यूट्रीनों के उत्सर्जन को लेते हुए, β^- क्षय को निम्न सूत्र से लिखेंगे –

${}_zX^A \longrightarrow {}_{z+1}Y^A + {}_{-1}e^0 + Q + \bar{\nu}$

(4) ये फोटोन की तरह वैद्युतचुम्बकीय प्रकृति के नहीं है, द्रव्य की विशाल मात्रा से न्यूट्रीनों बिना बाधा के गुजर जाता है। इलेक्ट्रॉन से साथ एन्टीन्यूट्रीनों का उत्पादन होने की सहायता से सतत् स्पेक्ट्रम को समझाया जा सकता है क्योकि ऊर्जा याद्च्छिक रूप से इलेक्ट्रॉन तथा ऐन्टीन्यूट्रीनो के मध्य में बंट जाती है तथा यह चक्रण संख्या को भी संतुलित करता है। (p, n तथा ± e प्रत्येक का चक्रण ± 1/2).

β^- क्षय के दौरान नाभिक में उपस्थित न्यूट्रॉन, प्रोटॉन में परिवर्तित होता है तथा तथा इलेक्ट्रॉन तथा एन्टीन्यूट्रीनो का उत्सर्जन करता है।

$$n \rightarrow p + {}_{-1}e^0 + \bar{\nu}$$

माना M_x = परमाणु ${}_ZX^A$ का भार

M_y = परमाणु ${}_{Z+1}Y^A$ का भार

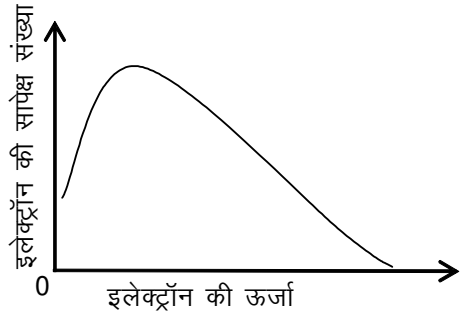
m_e = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान

Q मान $= [(M_X - Zm_e) - \{(M_Y - (z+1)\, m_e) + m_e\}]\, c^2 = [M_X - M_Y]\, c^2$

इलेक्ट्रॉन की वास्तविक संख्या मानने पर

Q मान $= [M_X - \{(M_Y - m_e) + m_e\}]\, c^2 = [M_X - M_Y]\, c^2$

β-कणों का ऊर्जा स्पैक्ट्रम : यह चित्र बीटा क्षय में उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन का ऊर्जा स्पैक्ट्रम दर्शाता है।



Solved Example

Example 8. β क्षय में ^{198} Au $\rightarrow$ ^{198} Hg* + β^- + $\bar{\nu}$ जहां ^{198}Hg* मर्करी नाभिक है जिसकी उत्तेजित अवस्था में ऊर्जा 1.008 MeV है तो उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा की गणना करो : ^{198}Au का परमाणु भार 197.968233 u तथा ^{198}Hg का 197.966760 u है।

Solution : यदि ^{198}Hg मूल अवस्था में उत्पादित होता है तो इलेक्ट्रॉन तथा ऐन्टीन्यूट्रिनो की गतिज ऊर्जा

$Q = [m(^{198}Au) - m(^{198}Hg)]c^2$.

^{198}Hg* की ऊर्जा मूल अवस्था में ^{198}Hg से ज्यादा होगी

$Q = [m(^{198}Au) - m(^{198}Hg)]c^2 - 1.088$ MeV

$$= (197.968233\ u - 197.966760\ u)\left(931\frac{MeV}{u}\right) - 1.088\ MeV$$

$= 1.3686$ MeV $- 1.088$ MeV $= 0.2806$ MeV.

यह उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम संभव गतिज ऊर्जा है।

5.3 β^+ क्षय

${}_ZX^A \rightarrow {}_{Z-1}Y^A + {}_{+1}e^0 + \nu + Q$

β^+ क्षय में नाभिक में एक प्रोटॉन, एक न्यूट्रॉन, पॉजिट्रॉन व न्यूट्रिनों में परिवर्तित होता हैं

$p \rightarrow n + {}_{+1}e^0 + \nu$

चूंकि प्रोटॉन का न्यूट्रॉन में परिवर्तन होने पर द्रव्यमान बढ़ जाता है। अतः β^+ क्षय होने के लिए ऊर्जा की जरूरत होती है। अतः β^+ क्षय बहुत कम (rare) होने वाली प्रक्रिया है। यह नाभिक के अन्दर घटित हो सकती है जहाँ उपस्थित प्रोटॉन नाभिक से ऊर्जा ग्रहण कर सकता है।

Q मान $= [(M_X - Zm_e) - \{(M_Y - (Z-1)\, m_e) + m_e\}]\, c^2$

$= [M_X - M_Y - 2m_e]\, c^2$

इलेक्ट्रॉन की वास्तविक संख्या मानने पर

Q मान $= [M_X - \{(M_Y + m_e) + m_e\}]\, c^2 = [M_X - M_Y - 2m_e]\, c^2$

Solved Example

Example 9. इन क्षय अभिक्रियाओं के लिए Q मान ज्ञात करो।

(a) $^{19}O \rightarrow {}^{19}F + e^- + \bar{\nu}$ (b) $^{25}Al \rightarrow {}^{25}Mg + e^+ + \nu$.

परमाणु भार क्रमशः है।

^{19}O	^{19}F	^{25}Al	^{25}Mg
19.003576 u	18.998403 u	24.990432 u	24.985839 u

Solution : (a) β^- क्षय के लिए Q मान

$Q = [m(^{19}O) - m(^{19}F)]c^2 = [19.003576\ u - 18.998403\ u\ ]\ (931\ MeV/u) = 4.816\ MeV$

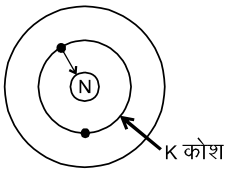
(b) β^+ क्षय के लिए Q मान

$Q = [m(^{25}Al) - m(^{25}Mg) - 2m_e]c^2$

$$= \left[24.99032u - 24.985839u - 2 \times 0.511 \frac{MeV}{c^2}\right]c^2$$

$= (0.004593\ u)\ (931\ MeV/u) - 1.022\ MeV = 4.276\ MeV - 1.022\ MeV = 3.254\ MeV.$

5.4 K ग्रग्रहण :



यह कुछ नाभिकों में होने वाली दूर्लभ प्रक्रिया है। इसमें नाभिक K कोश के परमाण्विय इलेक्ट्रॉन को ग्रहण कर लेता है। प्रोटॉन तथा इलेक्ट्रॉन आपस में संयोग करके न्यूट्रॉन बनाता हैं। न्यूट्रीनों भी इस प्रक्रिया में निकलता है और नाभिक से उत्सर्जित हो जाता है। इलेक्ट्रॉन प्रग्रहण, पॉजिट्रोन उत्सर्जन के समकक्ष है, यह भारी नाभिक से पॉजिट्रोन उत्सर्जन की तुलना में अधिक होने वाली घटना है, क्योंकि इलेक्ट्रॉन नाभिक के सापेक्ष रूप से अधिक निकट है। जिससे अधिक अन्तःक्रिया होती है।

$p + {}_{-1}e^0 \rightarrow n + \nu$

यदि X तथा Y परमाणु है तो अभिक्रिया निम्न प्रकार लिख सकते है

${}_zX^A \rightarrow {}_{z-1}Y^A + \nu + Q + Y$ का अभिलाक्षणिक x-किरणें

यदि X तथा Y नाभिक है तो अभिक्रिया निम्न प्रकार लिख सकते है।

${}_zX^A + {}_{-1}e^0 \rightarrow {}_{z-1}Y^A + \nu$

5.5 γ-क्षय :

परमाणु के समान ही एक नाभिक उत्तेजित अवस्था में हो सकता है, जिसकी ऊर्जा इसकी मूल अवस्था में ऊर्जा से अधिक होती है। उत्तेजित नाभिक उसकी मूल अवस्था में फोटॉन उत्सर्जन से वापस आ जाता है, जिसकी ऊर्जाऐं विभिन्न प्रारम्भिक तथा अन्तिम अवस्था में संक्रमण में सम्मिलित ऊर्जा अन्तरालों से सम्बन्धित होती है। नाभिक से उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा कुछ Mev तक हो सकती है तथा इन्हें पारम्परिक रूप से गामा किरणें कहते है।

$${}_{12}Mg^{27} \rightarrow {}_{13}{}^{*}Al^{27} + {}_{-1}e^0$$

$${}_{13}{}^{*}Al^{27} \rightarrow {}_{13}Al^{27} + \gamma$$

Al* एल्यूमिनियम नाभिक को उसकी उत्तेजित अवस्था में प्रदर्शित करता है।

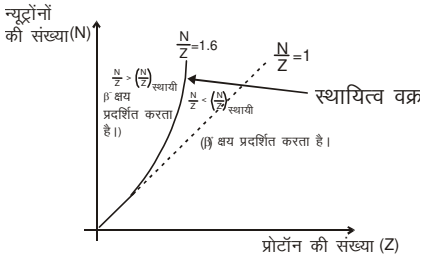
जब γ-किरणें एक पट्टिका से गुजरती है, तो इनकी तीव्रता पट्टिका की मोटाई x के साथ चरघातांकी रूप से घटती है।

$I = I_0e^{-\mu x}$ जहाँ μ अवशोषक गुणांक है। यह पट्टिका पर निर्भर करता है।

नोट : (1) नाभिक Z = 84 से 112 रेडियोएक्टिवता प्रदर्शित करता हैं
(2) नाभिक Z = 1 से 83 स्थाई होता है। (कुछ अपवादों को छोड़कर)
(3) जब भी न्यूट्रॉन बनता है न्यूट्रीनों भी बनता है।
(4) जब भी न्यूट्रॉन प्रोटॉन में परिवर्तित होता है तो एन्टीन्यूट्रीनों बनता है।

6. नाभिक स्थायित्व

ग्राफ प्रकृति में पाये जाने वाले नाभिकों के न्यूट्रॉन संख्या N तथा प्रोटॉन संख्या Z के बीच है। सतत रेखा स्थाई नाभिक प्रदर्शित करती है। हल्के स्थिर नाभिकों के लिये न्यूट्रॉन व प्रोटॉन अनुपात N/Z का मान 1 के बराबर होता है। N/Z अनुपात का मान भारी नाभिकों के लिये बढ़ता है और सबसे भारी स्थाई नाभिकों के लिए 1.6 तक हो जाता है। स्थायी नाभिकों के लिए बिन्दु (Z, N) जिस क्षेत्र में है वह बहुत संकीर्ण क्षेत्र है। स्थिर क्षेत्र में दोनों ओर न्यूक्लाइड रहते हैं।



इस क्षेत्र के बांयीं ओर में न्यूट्रॉन अधिक जबकि दाहिने में प्रोटॉनों की संख्या अधिक होती है। ये नाभिक कण अस्थायी होते हैं तथा रेडियोएक्टिवता के अनुसार क्षय होते हैं। न्यूट्रॉन आधिक्य वाले नाभिक (स्थाईत्व क्षेत्र से ऊपर) β^- क्षय तथा प्रोटॉन आधिक्य वाले नाभिक (स्थाईत्व क्षेत्र के नीचे वाले) β^+ क्षय तथा K प्रग्रहण प्रदर्शित करते हैं।

7. नाभिकीय बल

(i) नाभिकीय बल वास्तव में आकर्षण प्रकृत्ति का होता है तथा धनावेशित प्रोटॉन के मध्य प्रतिकर्षण बल के विरूद्ध नाभिक को बांधे रखने के लिये मुख्य रूप से उत्तरदायी है।

(ii) नाभिकीय बल नाभिक सीमा में सबसे मजबूत बल होता है। (F_n ; $100F_e$)

(iii) यह लघु परास में लगता है। (नाभिक के अन्दर ही)

(iv) ये न्यूक्लिऑनों के बीच (n-p, n-n, p-p) में ही लगता है।

(v) यह न्यूक्लिऑन की प्रकृत्ति पर निर्भर नही करता है।

(vi) नाभिकीय बल का एक महत्त्वपूर्ण गुण यह है कि यह केन्द्रीय बल नहीं है। यह बल अकेले न्यूक्लिऑन के बीच की दूरी के आधार पर ज्ञात नहीं किया जाता है। उदाहरण के लिए यह बल प्रबल होगा यदि चक्रण समान दिशा में हो (अर्थात दोनों के चक्रण m_s +1/2 या – 1/2) तथा कमजोर बल होगा जब चक्रण विपरीत हो
(अर्थात् एक न्यूक्लिऑन का $m_s = +1/2$ तथा दूसरे का चक्रण $m_s = -1/2$ हो) यहाँ m_s चक्रण क्वाण्टम संख्या है।

8. रेडियोएक्टिव क्षय (सांख्यिकीय नियम) : (रदरफोर्ड व सोडी द्वारा)

रेडियोएक्टिव क्षय की दर $\propto N$ जहां N = सक्रिय नाभिको की संख्या

$= \lambda N$

जहां λ = रेडियोएक्टिव पदार्थ का क्षय नियतांक है।

क्षय नियतांक अलग–अलग रेडियोएक्टिव पदार्थ के लिये अलग–अलग होता है। यह पदार्थ की मात्रा तथा समय पर निर्भर नहीं करता है।

λ की SI इकाई s^{-1} है।

यदि $\lambda_1 > \lambda_2$ होतो प्रथम पदार्थ दूसरे की तुलना में ज्यादा रेडियोएक्टिव (कम स्थाई) है।

यदि A, B में λ क्षय नियतांक के साथ क्षय होता है।

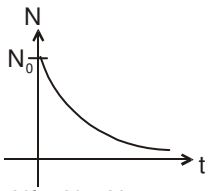
$$A \xrightarrow{\lambda} B$$

t = 0 N_0 0 जहां N_0 = A, t = 0 पर सक्रिय नाभिकों की संख्या

t = t N N' जहां N = A, t = t पर सक्रिय नाभिको की संख्या

A के रेडियोएक्टिव क्षय की दर $= -\frac{dN}{dt} = \lambda N$

$$-\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = \int_0^t \lambda dt \Rightarrow N = N_0 e^{-\lambda t}$$ (यह एक चरघातांकी क्षय है)

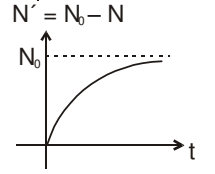


क्षय नाभिकों की संख्या (अर्थात B के नाभिकों की संख्या)

$N' = N_0 - N$

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

$N' = N_0(1 - e^{-\lambda t})$



8.1 अर्ध आयु ($T_{1/2}$)

यह वह समय अन्तराल है जब रेडियोएक्टिव पदार्थ के सक्रिय नाभिक आधे शेष रहते हैं।

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

एक अर्धआयु पश्चात $N = \frac{N_0}{2}$

$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{\ell n2}{\lambda} \Rightarrow \frac{0.693}{\lambda} = t_{1/2}$

$t_{1/2} = \frac{\ell n2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$ (याद रखो...)

n अर्धआयु काल पश्चात सक्रिय नाभिकों की संख्या अर्थात : $t = n\, t_{1/2}$

$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0\, e^{-\lambda n t1/2} = N_0\, e^{-\lambda n \frac{\ln 2}{\lambda}}$

$= N_0\, e^{\ln 2^{(-n)}} = N_0\,(2)^{-n} = N_0(1/2)^n = \frac{N_0}{2^n}$

{$n = \frac{t}{t_{1/2}}$. यह एक अनुपात हो सकता है पूर्ण संख्या होना जरूरी नहीं है।

या $N_0 \xrightarrow{\text{प्रथम अर्द्धआयु के बाद}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{2} N_0\left(\frac{1}{2}\right)^2 \xrightarrow{3} N_0\left(\frac{1}{2}\right)^3 \ldots\ldots\ldots\ldots \xrightarrow{n} N_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$

Solved Example

Example 10. एक रेडियोएक्टिव नमूने में किसी क्षण 6.0×10^{18} सक्रिय नाभिक है तो दो अर्धकाल के बाद कितने नाभिक अभी भी सक्रिय अवस्था में रहेंगे।

Solution : एक अर्धआयुकाल में आधे नाभिक सक्रिय बचेंगे तो दो अर्धआयु काल में $\left(\frac{1}{2}\right)\times\left(\frac{1}{2}\right)$ नाभिक बचेंगे।

अतः बचे नाभिकों की संख्या $= 6.0 \times 10^{18} \times \left(\frac{1}{2}\right)\times\left(\frac{1}{2}\right) = 1.5 \times 10^{18}$.

Example 11. किसी पत्थर में ^{238}U के परमाणु तथा ^{206}Pb के परमाणु समान है। ^{238}U का अर्ध आयुकाल 4.5×10^9 y हैं तो पत्थर की आयु की गणना करो यदि सभी ^{206}Pb परमाणु ^{238}U के क्षय से बने है।

Solution : चूंकि ^{206}Pb के परमाणु तथा ^{238}U के परमाणु बराबर है। अतः वास्तविक ^{238}U के परमाणु के आधे क्षयित हुये हैं। अतः इन्हें क्षय होने में एक अर्धआयुकाल लगेगा। अतः पत्थर की आयु 4.5×10^9 y है।

8.2 सक्रियता

रेडियोएक्टिव पदार्थ के क्षय की दर सक्रियता कहलाती है। इसे A अथवा R से प्रदर्शित करते हैं $A = \lambda N$

यदि रेडियोएक्टिव पदार्थ क्षय द्वारा ही परिवर्तित होता है।

$A = -\frac{dN}{dt}$

इस अवस्था में, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t}$

सक्रियता की SI इकाई : बेक्वेरल (Bq) जो 1 dps (विघटन प्रति सैकण्ड) के बराबर है।

सक्रियता की सामान्य इकाई क्यूरी भी है।

1 क्यूरी $= 3.7 \times 10^{10}$ dps (जो 1 gm रेडियम की सक्रियता है)

Solved Examples

Example 12. ^{64}Cu के नाभिक का क्षय नियतांक $1.516 \times 10^{-5}\ s^{-1}$ है तो 1 μg ^{64}Cu के नमूने की सक्रियता ज्ञात करो। अणुभार Cu = 63.5 g/mole है। दिये गये रेडियो समस्थानिक तथा सामान्य कॉपर के मध्य द्रव्यमान में अन्तर नगण्य माने।

Solution : 63.5 g Cu में 6×10^{23} अणु है अतः 1 μg Cu में अणु की संख्या

$$N = \frac{6\times10^{23}\times1\ \mu g}{63.5\ g} = 9.45 \times 10^{15}$$

सक्रियता = $\lambda N = (1.516 \times 10^{-5}\ s^{-1}) \times (9.45 \times 10^{15}) = 1.43 \times 10^{11}$ विघटन/सैकण्ड

$$= \frac{1.43\times10^{11}}{3.7\times10^{10}}\ Ci = 3.86\ Ci.$$

n अर्धआयुकाल के बाद सक्रियता : $\frac{A_0}{2^n}$

Example 13. रेडियोएक्टिव नाभिक की अर्धआयु 20 घंटे है। 40 घंटे के बाद प्रारंभिक सक्रियता का कितना भाग बचेगा ?

Solution : 40 घंटे अर्थात 2 अर्ध आयुकाल

अतः $A = \frac{A_0}{2^2} = \frac{A_0}{4}$ या, $\frac{A}{A_0} = \frac{1}{4}$.

अतः 40 घंटे पश्चात एक चौथाई सक्रियता रहेगी।

विशिष्ट सक्रियता : प्रति एकांक द्रव्यमान की सक्रियता विशिष्ट सक्रियता कहलाती है।

8.3 औसत आयु

$$T_{avg} = \frac{\text{सभी नाभिको की आयु का योग}}{N_0} = \frac{\int_0^\infty \lambda N_0 e^{-\lambda t}\ dt\ .\ t}{N_0} = \frac{1}{\lambda}$$

Solved Example

Example 14. ^{198}Au की अर्धआयु 2.7 दिन है। गणना करो। (a) क्षय नियतांक (b) औसत आयु (c) 1.00 mg ^{198}Au की सक्रियता। मानिये कि ^{198}Au का परमाणु भार 198 g/mol है।

Solution : (a) अर्धआयुकाल तथा क्षय नियतांक में सम्बन्ध

$$t_{1/2} = \frac{\ell n2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \text{ या } \lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{2.7\,days} = \frac{0.693}{2.7\times24\times3600s} = 2.9 \times 10^{-6}\ s^{-1}.$$

(b) औसत आयु $t_{av} = \frac{1}{\lambda} = 3.9$ दिन

(c) सक्रियता $A = \lambda N$. है अब, 198 g ^{198}Au में 6×10^{23} परमाणु हैं। 1.00 mg ^{198}Au में परमाणु की संख्या

$$N = 6 \times 10^{23} \times \frac{1.0\,mg}{198\,g} = 3.03 \times 10^{18}.$$

अतः, $A = \lambda N = (2.9 \times 10^{-6}\ s^{-1})\ (3.03 \times 10^{18}) = 8.8 \times 10^{12}$ विघटन/सैकण्ड $= \frac{8.8\times10^{12}}{3.7\times10^{10}}\ Ci = 240\ Ci.$

Example 15. माना रेडियोक्षय के बाद पुत्री नाभिक भी रेडियो एक्टिव है। यदि λ_p तथा λ_d पैतृक तथा पुत्री नाभिक के क्षय नियतांक है तथा N_p तथा N_d किसी समय t पर पैतृक तथा पुत्री नाभिकों की संख्या है तो वह शर्त बताओ कि पुत्री नाभिक की संख्या नियत बनी रहे।

Solution : पैतृक नाभिक की संख्या जो समय t से t + dt में क्षय होते हैं, $\lambda_p N_p dt$ है। यह समान समय अन्तराल में क्षयित होने वाले पुत्री नाभिको की संख्या है। यदि पुत्री नाभिक की संख्या नियत है तो –

$\lambda_p N_p dt = \lambda_d N_d dt$ या $\lambda_p N_p = \lambda_d N_d$.

Example 16. एक रेडियोएक्टिव नमूने की औसत आयु 20 ms है। एक संधारित्र 100 μF को कुछ विभव तक आवेशित किया गया तथा प्लेट को प्रतिरोध से जोड़ दिया गया तो R का वह मान ज्ञात करो कि संधारित्र में बचे आवेश तथा रेडियोएक्टिव तत्व की सक्रियता का अनुपात नियत रहे।

Solution : किसी समय t पर नमूने की सक्रियता $A = A_0 e^{-\lambda t}$

जहाँ λ क्षय नियतांक तथा A_0, t = 0 समय पर उसकी सक्रियता है।

जब संधारित्र की प्लेटो को जोड़ा जाता है तो किसी समय t पर आवेश $Q = Q_0 e^{-t/CR}$

जहां Q_0, t = 0 समय पर आवेश तथा C = 100 μF संधारित्र की धारिता अतः, $\frac{Q}{A} = \frac{Q_0}{A_0}\frac{e^{-t/CR}}{e^{-\lambda t}}$.

यह t से स्वतंत्र होगा यदि $\lambda = \frac{1}{CR}$ या $R = \frac{1}{\lambda C} = \frac{1}{\lambda C} = \frac{t_{av}}{C} = 200\ \Omega$.

Example 17. एक रेडियोएक्टिव नाभिक दो अलग–अलग तरीके से क्षय होता है। पहली प्रक्रिया की अर्धआयु t_1 तथा दूसरे की t_2 है। दशाओं की नाभिक की प्रभावी अर्धआयु t निम्न समीकरण के अनुसार होगी।

$$\frac{1}{t} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}$$

Solution : पहली प्रक्रिया का क्षय नियतांक $\lambda_1 = \frac{\ell n 2}{t_1}$ तथा दूसरे के लिये $\lambda_2 = \frac{\ell n 2}{t_1}$ होगा

dt समय में पहले के क्षय की प्रायिकता $\lambda_1 dt$ तथा दूसरे की $\lambda_2 dt$ है तो dt समय में दोनों के क्षय की प्रायिकता $\lambda_1 dt + \lambda_2 dt$ होगी। यदि प्रभावी क्षय नियतांक λ हो तो उसकी क्षय प्रायिकता λdt होगा।

$\lambda dt = \lambda_1 dt + \lambda_2 dt$

या, $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$ या, $\frac{1}{t} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}$ (याद करो ...)

Example 18. एक फैक्ट्री रेडियोएक्टिव पदार्थ A को नियत दर R से उत्पन्न कर रही है जिसके क्षय की दर λ है (i) किसी समय t पर A के नाभिकों की संख्या (ii) तथा B के नाभिकों की संख्या। यदि A का उत्पादन t = 0 पर प्रारम्भ होता है। (iii) तथा इसके बनने के दौरान किसी समय पर 'A' के अधिकतम नाभिकों की संख्या ज्ञात करो।

Solution : (i) फैक्ट्री $\xrightarrow[\text{नियत दर}]{R} A \xrightarrow[\text{क्षय}]{\lambda} B$

माना N, नाभिक A की किसी समय t पर संख्या है।

$$\therefore \quad \frac{dN}{dt} = R - \lambda N \qquad \int_0^N \frac{dN}{R - \lambda N} = \int_0^t dt$$

हल करने पर $N = R/\lambda(1 - e^{-\lambda t})$

(ii) नाभिक B की किसी समय t पर संख्या $N_B = R\,t - N_A = Rt - R/\lambda(1 - e^{-\lambda t}) = R/\lambda\,(\lambda\,t - 1 + e^{-\lambda t})$.

(iii) नाभिक 'A' की किसी समय पर अधिकतम संख्या = R/λ

Example 19. एक रेडियोएक्टिव पदार्थ "A" के t = 0 पर सक्रिय नाभिक N_0 है वह दूसरे पदार्थ "B" में क्षय नियतांक λ_1 से क्षय होता है। B पुनः स्थाई नाभिक "C" में क्षय नियतांक λ_2 से क्षय होता है। (a) किसी t समय बाद A, B तथा C के नाभिकों की संख्या ज्ञात करो। (b) भाग a के उत्तर क्या होंगे यदि $\lambda_1 >> \lambda_2$ तथा $\lambda_1 << \lambda_2$.

Solution : **(a)** क्षय प्रक्रिया निम्न से प्रदर्शित कर सकते हैं।

$A \xrightarrow{\lambda_1} B \xrightarrow{\lambda_2} C$ (स्थायी)

t = 0	N_0	0	0
t	N_1	N_2	N_3

जहां N_1, N_2 तथा N_3 नाभिक A, B तथा C की किसी समय t पर संख्या है।

A के लिए $N_1 = N_0 e^{-\lambda 1 t}$ .... (1)

B के लिए $\frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$ .....(2)

या, $\frac{dN_2}{dt} + \lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_1$

यह एक रेखीय अवकलन समीकरण है जिसका समाकलन नियतांक

I.F. = $e^{\lambda_2 t}$

$e^{\lambda_2 t}\frac{dN_2}{dt} + e^{\lambda_2 t}\lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_1\ e^{\lambda_2 t} \int d(N_2 e^{\lambda_2 t}) = \int \lambda_1 N_1 e^{\lambda_2 t}\, dt$

$N_2\ e^{\lambda_2 t} = \lambda_1 N_0 \int e^{-\lambda_1 t}\ e^{\lambda_2 t} dt$ (....(1) का उपयोग करने पर)

$N_2 e^{\lambda_2 t} = \lambda_1 N_0 \frac{e^{(\lambda_2 - \lambda_1)\, t}}{\lambda_2 - \lambda_1} + C$ .....(3)

t = 0, पर $N_2 = 0$ $0 = \frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_2 - \lambda_1} + C$ अतः $C = \frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_1 - \lambda_2}$

C का मान समीकरण (3), में रखने पर

$N_2 = \frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right)$ तथा $N_1 + N_2 + N_3 = N_0$ $\therefore N_3 = N_0 - (N_1 + N_2)$

(b) यदि $\lambda_1 >> \lambda_2$ के लिए $N_2 = \frac{\lambda_1 N_0}{-\lambda_1}(-e^{-\lambda_2 t}) = N_0 e^{-\lambda_2 t}$

यदि $\lambda_1 << \lambda_2$ के लिए $N_2 = \frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_2}(e^{-\lambda_1 t}) = 0$

वैकल्पिक हल (b) भाग का (a) भाग का बिना उपयोग किए हुए :

यदि $\lambda_1 > \lambda_2$ तो A का क्षय B की तुलना में ज्यादा होगा। अतः हम कह सकते हैं कि N_1 थोड़े समय बाद समाप्त हो जायेगा तथा B की प्रारम्भिक संख्या N_0 ही रहेगी।

$\therefore$ अब $N_2 = N_0 e^{-\lambda_2 t}$ तथा $N_1 = N_0 e^{-\lambda_1 t}$

यदि $\lambda_1 << \lambda_2$ तो B बहुत ज्यादा अस्थायी होगा तथा वह बहुत जल्दी C में टूट जायेगा।

अतः उत्पादन की दर = इसके क्षय की दर होगी।

$\therefore$ $\lambda_1 N_1 > \lambda_2 N_2$ $\Rightarrow$ $N_2 = \frac{\lambda_1 N_1}{\lambda_2} = \frac{\lambda_1 N_0}{\lambda_2}(e^{-\lambda_1 t})$

9. नाभिकीय विघटन

नाभिकीय विघटन में भारी नाभिक A (200 से ऊपर) दो और दो से अधिक भागों में टूटते है। $_{92}U^{236}$ का विघटन पदार्थ के रूप में उपयोग करते हैं। यूरेनियम के नाभिक को धीमे गति कराते हुए न्यूट्रॉन (KE ≈ 0.04 eV थर्मल न्यूट्रॉन) से टक्कर कराते है। $_{92}U^{235}$ नाभिक की न्यूट्रॉन अवशोषण कर $_{92}U^{236}$ बनाने के अधिक संभावना होती है। यह नाभिक अब दो या दो से अधिक भागों में टूटता है। बहुत से मध्यम भार वाले तत्व बन सकते हैं। उदाहरण के लिए उनमें से एक है।

$$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{92}U^{236} \rightarrow X + Y + 2{}_0n^1,$$

या $_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{92}U^{236} \rightarrow X' + Y' + 3{}_0n^1$

तथा दूसरे अन्य संयोग भी सम्भव हैं

* औसतन एक नाभिकीय विघटन से 2.5 न्यूट्रॉन उत्पन्न होते है।।
* प्रत्येक अभिक्रिया में द्रव्यमान क्षति 0.2 a.m.u.
* नाभिकीय अभिक्रिया में कुल बंधन ऊर्जा बढ़ती है तथा ऊर्जा आधिक्य निकलता है।
* प्रत्येक नाभिकीय विघटन में 200 MeV ऊर्जा उत्पन्न होती है जिसमें अधिकतम भाग दो खण्ड़ों की गतिज ऊर्जा के रूप में तथा लगभग 5MeV न्यूट्रॉन को मिलता है।

अर्थात् $^{235}_{92}U + {}_0n^1 \rightarrow {}^{236}_{92}U \rightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3{}_0n^1$ + ऊर्जा

Q मान = $[(M_U - 92m_e + m_n) - \{(M_{Ba} - 56\, m_e) + (M_{Kr} - 36m_e) + 3m_n\}]c^2$

$= [(M_U + m_n) - (M_{Ba} + M_{Kr} + 3m_n)]c^2$

* यह एक श्रृंखला अभिक्रिया है जो परमाण्वीय भट्टी में उपयोग होता हैं।

10. नाभिकीय भट्टी (Nuclear Reactor) :

नाभिकीय भट्टी में नाभिकीय विखण्डन अभिक्रिया में मुक्त ऊर्जा का उपयोग करके वैद्युत शक्ति उत्पन्न की जाती है। कुछ नाभिकीय भट्टियाँ अनुसंधान भट्टियाँ होती है। जिनकी प्राथमिकता अनुसंधान के नाभिकीय विज्ञान एवं तकनीक के लिए विभिन्न आयामों को प्राप्त करने की सुविधा उपलब्ध कराना है। कुछ भट्टियाँ वैद्युत शक्ति उत्पन्न करने के लिए उपयोग की जाती है।

एक नाभिकीय भट्टी के महत्वपूर्ण भाग :

(i) मंदक (Moderators) : एक $_{92}U^{235}$ के विखण्डन में उत्पन्न न्यूट्रॉनों की औसत ऊर्जा 2 Mev है। इन न्यूट्रॉनों को धीमा किया जाना आवश्यक है अन्यथा यह भट्टी में यूरेनियम नाभिक से अन्तः क्रिया किये बिना पलायन कर जायेंगें। तीव्र न्यूट्रॉनों को धीमें करने की आवश्यक है जिससे उन्हे यूरनियम द्वारा अवशोषित किया जा सके।

जब न्यूट्रॉनों हाइड्रोजन समान हल्के नाभिक से टकराता है इसकी लगभग सम्पूर्ण गतिज ऊर्जा में हानि हो जाती है। नाभिकीय भट्टी में इन हल्के नाभिकों को मंदक कहा जाता है। सामान्यतः उपयोगी मंदक पानी, भारी पानी (D_2O) तथा ग्रेफाईट है।

BARC में अपसरा भट्टी में मंदक के रूप में H_2O उपयोग में लिया जाता है।

RAPP में मंदक के रूप में D_2O उपयोग में लिया जाता है।

(ii) गुणन कारक (Multiplication factor) (K) : दी गई संलयन उत्पादन में उत्पन्न न्यूट्रॉनों की संख्या एवं पहले से उत्पन्न संलयन के न्यूट्रॉनों की संख्या का अनुपात गुणन कारक कहलाता है।

यदि K = 1 है, भट्टी का प्रक्रम क्रान्तिक कहलाता है।

स्थायी वैद्युत शक्ति उत्पादन के लिए K निश्चित रूप से 1 होना चाहिए।

यदि K > 1 है, अभिक्रिया दर तथा अभिक्रिया शक्ति चरघांतार्की रूप से बढ़ती है। यदि K नीचे नहीं लाया जाता है तो भट्टी सुपर क्रान्तिक हो जाती है एवं विस्फोट हो सकता है।

(iii) नियंत्रक छड़े (Control Rods) :- अभिक्रिया की दर नियंत्रक छड़ों द्वारा नियंत्रित की जाती है, जो न्यूट्रॉनों को अवशोषित करने वाले पदार्थ से बनी होती है। जैसे कि कैडमियम

(iv) सुरक्षा छड़े (Safety Rods) : - यह छड़ें नाभिकीय भट्टी में नियंत्रक छड़ों के अतिरिक्त उपलब्ध कराई जाती है। ये जब आवश्यकता होती है भट्टी में प्रवेश कर दी जाती है एवं K घट जाता है।

11. नाभिकीय संलयन (नाभिकीय ऊष्मा अभिक्रिया)

(a) कुछ अस्थाई हल्के नाभिक (A < 20) जुड़ जाते है जिससे उनकी प्रति न्यूक्लॉन बंधन ऊर्जा बढ़ जाती है तथा ऊर्जा उत्पन्न होती है। पृथ्वी पर आसानी से हो सकने वाली नााभिकीय अभिक्रिया दो ड्यूट्रॉनों का संलयन (D–D अभिक्रिया) या ट्राइटॉन के साथ ड्यूट्रॉन का संलयन (D–T अभिक्रिया) है।

$_1H^2 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^3 + n + 3.3\ MeV$ (D–D)

Q मान = $[2(M_D - m_e) - \{(M_{He\text{-}3} - 2m_e) + m_n\}]c^2$

$= [2M_D - (M_{He\text{-}3} + m_n)]c^2$

$_1H^2 + {}_1H^2 \rightarrow {}_1H^3 + {}_1H^1 + 4.0\ MeV$ (D–D)

Q मान = $[2(M_D - m_e) - \{(M_T - m_e) + (M_H - m_e)\}]c^2$

$= [2M_D - (M_T + M_H)]c^2$

$_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_2He^4 + n + 17.6\ MeV$ (D–T)

Q मान = $[\{(M_D - m_e) + (M_T - m_e)\} - \{(M_{He\text{-}4} - 2m_e) + m_n\}]c^2$

$= [(M_D + M_T) - (M_{He\text{-}4} + m_n)]c^2$

Note : संलयन अथवा विघटन में $\Delta m = \Delta m_{\text{परमाणु}} = \Delta m_{\text{नाभिक}}$

(b) यह अभिक्रिया बहुत अधिक ताप (10^7 to 10^9) पर होती है। उच्च दाब पर यह कम ताप पर भी होती है। इस अभिक्रिया के लिये नाभिकों को फर्मी मीटर दूरी तक लाते हैं जिसके लिए बहुत अधिक गतिज ऊर्जा चाहिये।

(c) संलयन में उत्पन्न ऊर्जा, विघटन ऊर्जा से ज्यादा होती है।

(सूर्य में संलयन अभिक्रिया)

सूर्य संलयन अभिक्रिया बहुपदिय प्रक्रम है, जिसमें हाइड्रोजन हीलियम में परिवर्तित होता है।

नीचे दी गई अभिक्रियाऐं तारों में नाभिकीय संलयन का p–p चक्र कहलाता है।

$_1H^1 + {}_1H^1 \rightarrow {}_1H^2 + {}_{+1}e^0 + \nu + 0.42$ Mev ...(i)

$_{+1}e^0 + {}_{-1}e^0 \rightarrow \gamma + \gamma + 1.02$ Mev ...(ii)

$_1H^2 + {}_1H^1 \rightarrow {}_2He^3 + \gamma + 5.49$ Mev ...(iii)

$_2He^3 + {}_2He^3 \rightarrow {}_2He^4 + 2{}_1H^1 + 12.86$ Mev ...(iv)

2[(i) + (ii) + (iii)] + (iv)

$6{}_1H^1 + 2{}_{-1}e^0 \rightarrow {}_2He^4 + 2{}_1H^1 + 6\gamma + 2\nu$

$4{}_1H^1 + 2{}_{-1}e^0 \rightarrow {}_2He^4 + 2\nu + 6\gamma + 26.7$ Mev

Solved Examples

Example 20. तीन α कण जुड़कर ^{12}C नाभिक बनाते है तो उत्पन्न ऊर्जा की गणना करो। $_2^4He$ का परमाणु भार = 4.002603 u.

Solution : ^{12}C परमाणु का द्रव्यमान 12 u होगा। इस अभिक्रिया में उत्पन्न ऊर्जा $3\left(_2^4He\right) \rightarrow {}_6^{12}C$

$[3\, m(_2^4He) - m(_6^{12}C)]\, c^2 = [3 \times 4.002603u - 12\ u]\ (931\ MeV/u) = 7.27\ MeV.$

Example 21. दो ड्यूट्रॉन एक दूसरे की तरफ एक समान वेग से ड्यूट्रॉन गैस में गति करते हैं। उनकी गतिज ऊर्जा (जब वे अधिकतम दूरी पर) ज्ञात करो ताकि उनके मध्य न्यूनतम दूरी 2fm हो ? यह मान कर कि नाभिकीय बल 2 fm से ज्यादा दूरी पर कार्यरत नहीं होते। किस ताप पर ड्यूट्रॉन को औसतन इतनी गतिज ऊर्जा मिलेगी।

Solution : जैस ही ड्यूट्रॉन एक दूसरे की तरफ गति करेंगे तो उनके बीच का कूलाम बल गति को धीमा कर देगा। गतिज ऊर्जा में हुई कमी कूलाम स्थितिज ऊर्जा की वृद्धि के बराबर होगी। न्यूनतम दूरी पर उसकी गतिज ऊर्जा शून्य होगी तथा स्थितिज ऊर्जा $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$ होगी। यदि ड्यूट्रॉन की प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा K तथा उनके बीच की न्यूनतम दूरी 2fm है तो

$$2K = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0(2fm)} = \frac{(1.6\times10^{-19}C)^2 \times (9\times10^9 N - m^2/C^2)}{2\times10^{-15}m} \quad \text{या} \quad K = 5.7 \times 10^{-14}\ J.$$

यदि गैस का ताप T हो तो प्रत्येक नाभिक की यादृच्छिक गति की औसत गतिज ऊर्जा 1.5 kT होगी। ड्यूट्रॉन की 5.7×10^{-14} J औसत ऊर्जा के लिए आवश्यक ताप निम्न प्रकार होगा –

$1.5\ kT = 5.7 \times 10^{-14}$ J जहां k = वोल्ट्स में नियतांक

या $T = \frac{5.7\times10^{-14}J}{1.5\times1.38\times10^{-23}J/K} = 2.8 \times 10^9$ K.

Exercise-1

☞ **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, $N_A = 6.023 \times 10^{23}$

परमाणु द्रव्यमान : $H^2 = 2.01410$ u, $Be^8 = 8.00531$u, $B^{11} = 11.00930$u, $Li^7 = 7.01601$u, $He^4 = 4.002603$u.

✍ **चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।**

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

खण्ड़ (A) : नाभिक के गुण

A-1 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।

A-2. 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।

खण्ड़ (B) : द्रव्यमान क्षति और बन्धन ऊर्जा

B-1. 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)

B-2. ✍ 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।

खण्ड़ (C) : रेडियोएक्टिव विघटन एवं विस्थापन नियम

C-1. 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।

C-2. $^{64}Cu \rightarrow {}^{64}Ni + e^+ + \nu$, 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।

खण्ड़ (D) : रेडियोएक्टिव विघटन के सांख्यिकी के नियम

D-1. ✍ एक मुक्त न्यूट्रॉन β–विघटन करता है जिसकी अर्द्धआयु 14 मिनट है तो (a) क्षयांक ज्ञात करो ? (b) प्रक्रिया में कितनी ऊर्जा उत्सर्जित हुई ?

D-2. ✍ एक μg Na^{24} (रेडियोन्यूक्लाइड) द्वारा एक घण्टे में कितने β – कणों का उत्सर्जन होगा, अगर उसकी अर्द्धआयु 15 घण्टे है ? [$e^{(-0.693/15)} = 0.955$ लीजिए, और अवागाद्रो संख्या = 6×10^{23}]

D-3. Na^{24} & U^{235} के नाभिकों की अर्द्धआयु क्रमशः 15 घंटे और 7.1×10^8 वर्ष हैं तो इनकी विशिष्ट सक्रियता ज्ञात करो

खण्ड़ (E) : नाभिकीय विखण्डन और संलयन

E-1. 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, $_0^1n = 1.0087$ u, $Mo^{95} = 94.9058$ u, $La^{139} = 138.9061$ u).

E-2. नाभिकीय संलयन अभिक्रिया $2\,{}_1^2H = {}_2^4He + Q$ 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।

E-3. 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)

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

खण्ड़ (A) : नाभिक के गुण

A-1. 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. एक स्थाई नाभिक जिसकी त्रिज्या Os^{189} की त्रिज्या से 1/3 है -
(A) ${}_3Li^7$ (B) ${}_2He^4$ (C) ${}_5B^{10}$ (D) ${}_6C^{12}$

A-3. $\ell n\,(R/R_0)$ का $\ell n\,A$ (R = नाभिक की त्रिज्या और A = नाभिक की द्रव्यमान संख्या) के साथ ग्राफ
(A) एक सरल रेखा है (B) एक परवलय है (C) एक दीर्घवृत्त है (D) उपरोक्त में से कोई नहीं

A-4. यूरेनियम नाभिक के लिए इसका द्रव्यमान आयतन के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है ?
[JEE 2003 (Screening) 3,–1/84]
(A) $m \propto V$ (B) $m \propto 1/V$ (C) $m \propto \sqrt{V}$ (D) $m \propto V^2$

A-5. 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) $F_{pp} < F_{pn} = F_{nn}$

खण्ड़ (B) : द्रव्यमान क्षति तथा बन्धन ऊर्जा

B-1. जैसे–जैसे द्रव्यमान संख्या A बढ़ाते हैं, नाभिक की प्रतिन्यूक्लिआन बन्धन ऊर्जा
(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।

B-2. इनमें से कौनसा नाभिक की बन्धन ऊर्जा का गलत विवरण है ?
(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।

B-3. $Li^7 + p \longrightarrow 2\,He^4$ 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) प्रोटोन की बन्धन ऊर्जा पर निर्भर करती है।

B-4. बोरोन का परमाणु द्रव्यमान 10.81 gm/mole और इसके दो समस्थानिक ${}^{10}_5B$ और ${}^{11}_5B$ हैं। प्रकृति में ${}^{10}_5B$: ${}^{11}_5B$ का अनुपात (संख्या द्वारा) हो सकता है :
(A) 19 : 81 (B) 10 : 11 (C) 15 : 16 (D) 81 : 19

खण्ड़ (C) : रेडियोएक्टिव क्षय एवं विस्थापन नियम

C-1 निम्न में से कौनसी प्रक्रिया में γ-क्षय है ?
(A) ${}^AX_Z + \gamma \longrightarrow {}^AX_{Z-1} + a + b$ (B) ${}^AX_Z + {}^1n_0 \longrightarrow {}^{A-3}X_{Z-2} + c$
(C) ${}^AX_Z \longrightarrow {}^AX_Z + f$ (D) ${}^AX_Z + e_{-1} \longrightarrow {}^AX_{Z-1} + g$

C-2. 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) न्यूट्रॉन (B) प्रोटोन (C) इलेक्ट्रॉन (D) पोजीट्रॉन

C-3. एक मुक्त न्यूट्रॉन विघटित होकर एक प्रोटोन, एक इलेक्ट्रॉन और किसमें टूटता है :
(A) एक न्यूट्रीनों में (B) एक एन्टी न्यूट्रीनों में (C) एक α-कण में (D) एक β-कण में

C-4. 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

खण्ड़ (D) : रेडियोएक्टिव क्षय के सांख्यिकी के नियम

D-1. एक माध्य आयु में
(A) आधे सक्रिय नाभिकों का क्षय हो जाता है।
(B) आधे से कुछ कम सक्रिय नाभिकों का क्षय हो जाता है।
(C) आधे से कुछ अधिक सक्रिय नाभिकों का क्षय हो जाता है
(D) सभी नाभिकों का क्षय हो जाता है।

D-2. 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

D-3. 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) शून्य (B) 5 दिन (C) 20 दिन (D) अनन्त

D-4. 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

D-5.

	$A \xrightarrow{\lambda}$	$B \xrightarrow{2\lambda}$	C
t = 0	N_0	0	0
t	N_1	N_2	N_3

N_1 का N_2 के साथ अनुपात क्या है, जब N_2 का मान अधिकतम है :
(A) किसी भी समय यह संभव नहीं (B) 2
(C) 1/2 (D) $\frac{\ell n2}{2}$

D-6. ^{131}I की अर्द्धआयु 8 दिन है। t = 0 पर ^{131}I का एक नमूना दिया गया, हम यह कह सकते हैं कि - **[JEE-1999]**
(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।

खण्ड़ (E) : नाभिकीय विघटन और संलयन

E-1. 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 और 1 α (B) 2 β और 1 न्यूट्रॉन (C) 2 न्यूट्रॉन (D) 3 न्यूट्रॉन

E-2. दो लीथीयम ^6Li 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. 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) $\frac{125}{16} \times 10^{18}\ s^{-1}$

E-4. 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।

E-5. 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।

E-6. 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

E-7. 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

E-8. $_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_0n^1 + {}_2He^4$ 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

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

1. 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

2. 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।

3. 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

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

Exercise-2

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

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

1. 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।

2. 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) $\frac{7}{6}$

3. ^{215}At की अर्द्धआयु 100 μs है। इसके एक नमूने की रेडियोएक्टिविटी को प्रारम्भिक रेडियोएक्टिविटी की $1/16^{th}$ होने में समय लगेगा : **[JEE 2002 (Screening) 2 × 3, –1 = 6/90]**

(A) 400 μs (B) 6.3 μs (C) 40 μs (D) 300 μs

4. 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।

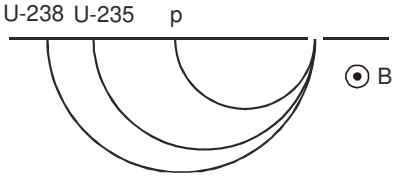
5. निम्न को सुमेलित करो –

कॉलम I	**कॉलम II**
(a) प्रकाश वैद्युतीकी प्रभाव	I. फोटॉन
(b) तरंग	II. आवृति
(c) X किरण	III. K ग्रग्रहण (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) इनमें से कोई नहीं

6. 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

7. 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)

8. 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।

9. 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 : **[IIT - 1997]**

(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।

10. 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) इनमें से कोई नहीं

11. 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) ट्रेन की दिशा पर निर्भर करेगी

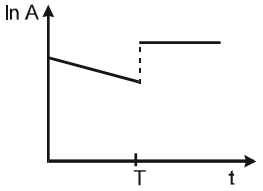
12. 220 द्रव्यमान संख्या के एक स्थिर नाभिक ने एक α-कण का उत्सर्जन किया। अगर अभिक्रिया का Q मान 5.5 MeV, है तो α-कण की गतिज ऊर्जा होगी - **[JEE 2003 (Screening) 3,–1/84]**

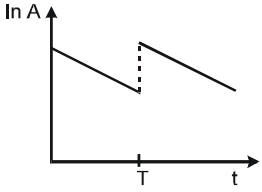
(A) 4.4 MeV (B) 5.4 MeV (C) 5.6 MeV (D) 6.5 MeV

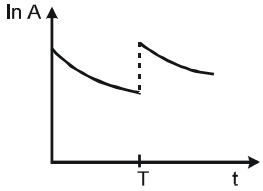
13. एक आवेशित संधारित्र जिसकी धारिता 'C' है, को एक R प्रतिरोधक द्वारा अनावेशित किया जाता है। एक रेडियोएक्टिव नमूना औसत आयु τ से क्षय करता है। 'R' का वह मान ज्ञात करें जिसके लिए संधारित्र में संचित स्थिर वैद्युत स्थितिज ऊर्जा का रेडियोएक्टिव नमूने की सक्रियता के साथ अनुपात समय पर निर्भर नही करें।

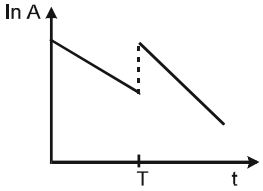
(A) $\frac{\tau}{C}$ (B) $\frac{2\tau}{C}$ (C) $\frac{\tau}{2C}$ (D) $\frac{3\tau}{2C}$

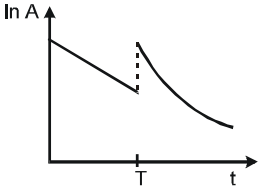
14. t = 0 पर कुछ रेडियोएक्टिव गैस को एक बन्द बर्तन में डाला गया। T समय पश्चात् इसी गैस की थोड़ी ओर मात्रा डाली गई। इनमें सक्रियता A के लिए log A और t के मध्य दर्शाया गया कौनसा ग्राफ सबसे सही है -

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

(E) 

15. 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}

16. 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

17. 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) $T\left(\frac{A_P}{A_Q}\right)$

18. 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.

19. 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 वर्ष पूर्व (B) 220 वर्ष पूर्व (C) 420 वर्ष पूर्व (D) 300 वर्ष पूर्व

20.

	$A \xrightarrow{\lambda_1}$	$B \xrightarrow{\lambda_2}$	C
t = 0 पर	N_0	0	0
t	N_1	N_2	N_3

उपरोक्त रेडियोधर्मी क्षय में C स्थायी नाभिक है। तब –

(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।

21. 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 **[OLYMPIAD 2011]**

(A) 38% (B) 19% (C) 9% (D) 62%

22. 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

23. 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 – **[Olympiad (State-1) 2017]**

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

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

1. 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।

2. 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। ($\ell n\ 4/3 = 0.2876$)) **[IIT - 1997]**

3. 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।

4. 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।

5. 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। ($\log_e 2 = 0.6931$, $N_A = 6.023 \times 10^{23}$)

6. 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। **[JEE 1986; 6M]**

7. 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 $M \times 10 + n$ है, तो $M - n$ बतायें ।

8. ^{40}K की अर्द्धआयु $T = 1.30 \times 10^9$ 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 $n \times 10^{-2}$ % है, तब n का मान ज्ञात करो। KCl का आण्विक भार M = 74.5, आवोगाद्रो संख्या $N_A = 6.02 \times 10^{23}$, $1y = 3.15 \times 10^7$ s है।

9. 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।

10. $^{235}_{92}U$ 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 पूर्णांक n है।

11. $A + B \rightarrow C$ 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 पूर्णांक E है।

12. $^{16}_{8}O$ 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।

13. एक π^o 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^o का द्रव्यमान 135 MeV/c^2 है।)

भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार

1. 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 न्युक्लिऑन (नाभिक कण) (B) 4 न्युक्लिऑन

(C) A – Z – 3 न्युट्रान (D) Z – 2 प्रोटान

2. 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।

3. 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

4. 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

5. एक रेड़ियोएक्टिव पदार्थ का क्षयांक 0.173 $(वर्ष)^{-1}$ है। अतः

(A) रेडियोएक्टिव पदार्थ का लगभग 63%, (1/0.173) वर्षों में क्षय हो जायेगा।

(B) रेडियोएक्टिव पदार्थ की अर्ध–आयु (1/0.173) वर्ष है।

(C) लगभग 8 वर्षों के बाद रेड़ियोएक्टिव पदार्थ का एक चौथाई भाग बचा रह जायेगा।

(D) एक औसत आयु में आधे पदार्थ क्षय हो जाएगें।

$\ell n2 = 0.692$ उपयोग करे

6. 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 - **[JEE 1998, 2]**

(A) $M_2 = 2M_1$ (B) $M_2 > 2M_1$ (C) $M_2 < 2M_1$ (D) $M_1 < 10 (m_n + m_p)$

7. 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 **[IIT - 1998]**

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

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

(C) अगर $\alpha = 2N_0\lambda$, है, तो A के नाभिको की सीमान्त ($t \to \infty$) संख्या का मान $2N_0$ होगा।

(D) अगर $\alpha = 2N_0\lambda$, है, तो A की एक अर्द्धआयु के पश्चात 'A; के नाभिको की संख्या $N_0/2$ होगा।

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

अनुच्छेद-1

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।

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

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

1. 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.

2. ^{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}

3. 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।

अनुच्छेद-2

निम्न नाभिकीय क्षय समीकरण को अवलोकित करें– (प्रारम्भ में $^{236}U_{92}$ विरामावस्था में है) $^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{232}_{90}Th + X$

4. 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

5. 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 ।

6. 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 तथा $1\ u = 1.5 \times 10^{-10}$ J

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

Exercise-3

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

*** चिन्हित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -**

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

1. रेडियोएक्टिव पदार्थ 'A' की अर्द्धआयु 4 दिन है। नाभिक के दो अर्द्धआयु में क्षय होने की प्रायिकता होगी - **[JEE 2006 3/184]**

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

2. **मिलान कीजिए** **[JEE 2006 5/184]**

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।

3. नीचे दिये गये विकल्पों में E एक नाभिक की विराम द्रव्यमान ऊर्जा तथा n एक न्यूट्रॉन को निरूपित करता है। सही विकल्प है: **[IIT-JEE 2007' 3/81]**

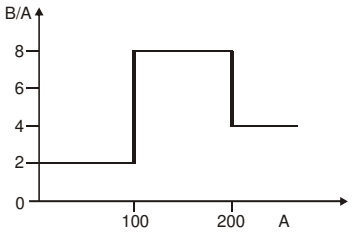
(A) $E\left(^{236}_{92}U\right) > E\left(^{137}_{53}I\right) + E\left(^{97}_{39}Y\right) + 2E(n)$ (B) $E\left(^{236}_{92}U\right) < E\left(^{137}_{53}I\right) + E\left(^{97}_{39}Y\right) + 2E(n)$

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

4. 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। **[IIT-JEE 2007' 6/81]**

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।

5*. 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 : **[JEE 2008, 4/163]**



(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

6. 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। **[JEE 2008, 3/163]**

(A) क्रमशः 20 वर्ष और 5 वर्ष (B) क्रमशः 20 वर्ष और 10 वर्ष

(C) दोंनो की 10 वर्ष (D) दोंनो की 5 वर्ष

प्रश्न 7 से 9 के लिए अनुच्छेद

वैज्ञानिक कड़ी मेहनत से नाभिकीय संलयन रिएक्टर विकसित करने में लगे है। भारी हाइड्रोजन नाभिक ${}^{2}_{1}H$, 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: ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + n +$ ऊर्जा । संलयन–रिएक्टर के कोर में भारी हाइड्रोजन गैस, ड्यूट्रोन नाभिकों और इलेक्ट्रोनों में पूर्णतया आयनित हो जाती है। इन ${}^{2}_{1}H$ 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: $k = 8.6\times10^{-5}$ 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

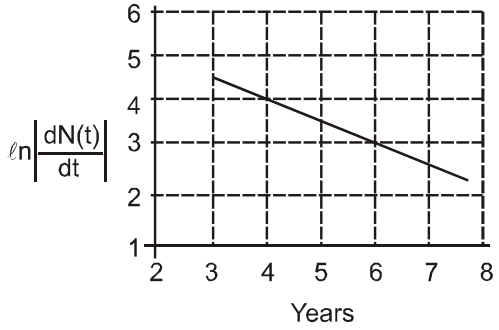
8. मान लें कि संलयन रिएक्टर कोर में, जिसका तापमान T है, दो ड्यूट्रोन एक दूसरे की तरफ बढ़ रहे है, प्रत्येक की गतिज ऊर्जा 1.5 kT है, और उनकी आपसी दूरी इतनी ज्यादा है कि उनके बीच कूलॉम (Coulomb) स्थितिज ऊर्जा को नगण्य मान सकते है। कोर में उपस्थित दूसरे कणों के साथ इन दोंनो की किसी प्रकार की आपसी क्रिया 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

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

10. **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। **[JEE 2009,8/160]**

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

11. 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। **[JEE 2010, 3/163]**



12. 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 **[IIT-JEE 2011; 4/160]**

13. 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, $m_p = \frac{5}{3}\times10^{-27}$kg , $\frac{h}{e}$ = 4.2×10^{-15}J.s/C; $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ = 9 × 10^9 m/F ; 1fm = 10^{-15} m) **[IIT-JEE-2012, Paper-1; 4/70]**

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. प्रति न्यूट्रीनों की अधिकतम ऊर्जा है। **[IIT-JEE-2012, Paper-2; 4/66]**

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

15. 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 **[IIT-JEE-2012, Paper-2; 4/66]**

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

16. 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। **[JEE (Advanced) 2013; 3/60]**

17. 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 : **[JEE (Advanced) 2013 ; 3/60, –1]**

सूची I	**सूची II**
P. ऐल्फा क्षय	1. $^{15}_{8}0 \rightarrow ^{15}_{7}N + ...$
Q. β^+ क्षय	2. $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ...$
R. विखंडन	3. $^{185}_{83}Bi \rightarrow ^{184}_{82}Pb + ...$
S. 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

प्रश्न 18 और 19 के लिए अनुच्छेद

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

[JEE (Advanced) 2013 ; 3/60, –1]

$^{1}_{1}H$	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. सही प्रकथन है।

(A) नाभिक $^{6}_{3}Li$ एक ऐल्फा कण उत्सर्जित कर सकता है।

(B) नाभिक $^{210}_{84}Po$ एक प्रोटॉन उत्सर्जित कर सकता है।

(C) डयूटरॉन और ऐल्फा कण पूर्ण संलयन करा सकते है।

(D) नाभिक $^{70}_{30}Zn$ एवं $^{82}_{34}Se$ नाभिक पूर्ण संलयन कर सकते है।

19. 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

20. 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। **[JEE (Advanced) 2015 ; P-1, 4/88]**

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

[JEE (Advanced) 2015 ; 8/88, –1]

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

22. 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 स्त्रोत P (औसत आयु τ) तथा Q (औसत आयु 2τ) की समय t = 0 पर समान सक्रियता है। उनकी सक्रियता परिवर्तन की दरें समय $t = 2\tau$ पर क्रमशः R_P तथा R_Q है। यदि $\frac{R_P}{R_Q} = \frac{n}{e}$, तब n का मान है। **[JEE (Advanced) 2015 ; P-2,4/88]**

23. 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) **[JEE (Advanced) 2015 ; P-2,4/88, –2]**

(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

24. 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) **[JEE (Advanced) 2016, 3/62]**

25. 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 ? **[JEE (Advanced) 2016 ; P-2, 3/62, –1]**

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

26. 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 **[JEE (Advanced) 2016 ; P-2, 3/62, –1]**

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

न्यूट्रॉन, $^{1}_{1}H$, $^{15}_{7}N$ 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

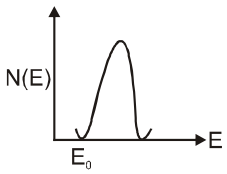
27. आयोडीन का समस्थानिक (isotope) ^{131}I, जिसकी अर्ध–आयु 8 दिन है, β-क्षय के कारण जेनोंन (Xenon) के समस्थानिक में क्षयित होता है। अल्प मात्रा का ^{131}I चिह्नित (labelled) सीरम (serum) मानव शरीर में अन्तःक्षिप्त (inject) किया गया, जिस मात्रा की ऍक्टिवता (activity) 2.4×10^5 बेकेरेल (Becquerel) है। यह सीरम रूधिर धारा में आधे घंटे में एकसमान वितरित होता है। अगर 11.5 घंटे बाद 2.5 ml रक्त 115 बेकेरेल की ऍक्टिवता 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।)
[JEE (Advanced) 2017 ; P-1, 3/61]

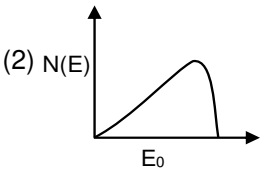
28*. एक रेडियोएक्टिव क्षय श्रृंखला (decay chain) में $^{232}_{90}Th$ नाभिक, $^{212}_{90}Pb$ नाभिक में क्षयित होता है। इस क्षय प्रक्रम (process) में उत्सर्जित हुए (emitted) α और β^- कणों की संख्या क्रमशः N_α और N_β हैं। निम्नलिखित कथनों में से कौन सा (से) सही है (हैं) ? **[JEE (Advanced) 2018 ; P-2, 4/60, –2]**

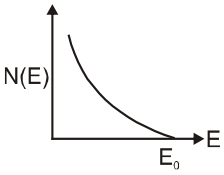
(A) $N_\alpha = 5$ (B) $N_\alpha = 6$ (C) $N_\beta = 2$ (D) $N_\beta = 4$

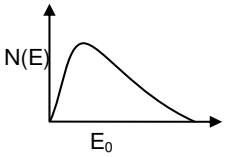
भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. एक रेडियोसक्रिय स्रोत से उत्सर्जित β-कणों का ऊर्जा स्पेक्ट्रम (संख्या N(E), β-ऊर्जा E के फलन के रूप में) है : **[AIEEE 2006 ; 3/180, –1]**

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 

2. जब प्रोटॉनों से $_3Li^7$ नाभिक पर बमबारी की जाती है और परिणामी नाभिक $_4Be^8$ हो, तब उत्सर्जित कण होगें **[AIEEE 2006 ; 4.5/180]**

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

3. 'rad' इसके मापन का रिपोर्ट करने की सही इकाई है : **[AIEEE 2006 ; 4.5/180]**

(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. ^7_3Li तथा ^4_2He नाभिकों की प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा क्रमशः 5.60 MeV तथा 7.06 MeV है, तब अभिक्रिया $p + ^7_3Li \rightarrow 2^4_2He$ में प्रोटॉन की ऊर्जा अवश्य होनी चाहिए : **[AIEEE 2006 ; 4.5/180]**

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

5. यदि ऑक्सीजन के समस्थानिक $_8O^{17}$ 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 : **[AIEEE 2007 ; 3/120, –1]**

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

6. एक नाभिक से गामा किरण के उत्सर्जन में **[AIEEE 2007 ; 3/120, –1]**

(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

7. 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 **[AIEEE 2007 ; 3/120, –1]**

(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

8. 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। **[AIEEE 2008 ; 3/105, –1]**

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।

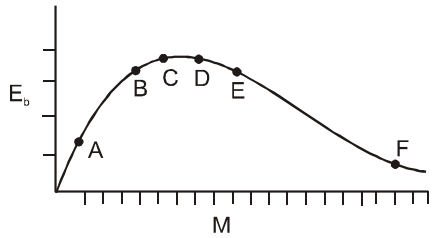
(1) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है; कथन-2, कथन-1 की सही व्याख्या करता है।

(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.



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 : **[AIEEE 2009 ; 4/144]**

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

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

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

निर्देश : प्रश्न संख्या 10 – 12 निम्नलिखित अनुच्छेद पर आधारित हैं।

द्रव्यमान $M + \Delta m$ 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। **[AIEEE 2010 3/144, –1]**

10. 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) $E_2 = 2E_1$

11. 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) $c\sqrt{\frac{\Delta m}{M+\Delta m}}$

12. 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) $\frac{A-Z-4}{Z-2}$

13. 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 : **[AIEEE - 2011, 4/120, –1]**

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

14. **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। **[AIEEE 2011, 11 May; 4/120, –1]**

प्रकथन-2 : β–क्षय में ऊर्जा और संवेग संरक्षण के लिये रूपान्तरण में कम से कम तीन कणों का भाग लेना आवश्यक है।

(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।

15. 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)

[AIEEE 2012 ; 4/120, –1]

(1) 0.73 MeV (2) 7.10 MeV (3) 6.30 MeV (4) 5.4 MeV

16. 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 : **[JEE (Main) 2016 ; 4/120, –1]**

(1) 4 : 1 (2) 1 : 4 (3) 5 : 4 (4) 1 : 16

17. 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। **[JEE (Main) 2017 ; 4/120, –1]**

(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)

Answers

EXERCISE-1

भाग – I

खण्ड़ (A) :

A-1 (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. 2×10^{11} kg/cm^3, 1×10^{38} nucl. /cm^3

खण्ड़ (B) :

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

= 39.22 MeV, $\frac{B.E.}{A} = \frac{39.22}{7} = 5.6$ MeV

B-2 E = 20 × (8.03) – 2×4 (7.07) – 12(7.68)
= 11.9 MeV

खण्ड़ (C) :

C-1 $\frac{226}{222}\times4.78 = 4.87$ MeV.

C-2 (a) (0.680 – 0.180) Me V = 500 ke V

(b) $\frac{500\times10^3 e}{C} = 2.67\times10^{-22}$ kg–m/s

खण्ड़ (D) :

D-1. (a) $\frac{0.693}{14\times60} = 8.25\times10^{-4}\ s^{-1}$

(b) $(m_n - m_p - m_e)\ 931 = 782$ keV

D-2. $\frac{6\times10^{23}\times10^{-6}}{24}\left[1-e^{-0.693/15}\right] = 1.128\times10^{15}$

D-3. $\frac{N_A}{24}\times\frac{0.693}{15\times60\times60} = 3.2\times10^{17}$ dps

& $\frac{N_A}{235}\times\frac{0.693}{7.1\times10^8\times365\times86400}$

$= 0.8\times10^5$ dps

खण्ड़ (E) :

E-1. $[M_U + m_n - M_{Mo} - M_{La} - 2m_n]\ 931$
= 207.9 MeV

E-2. $\frac{2}{Q}\times\frac{100}{30}\times\frac{50}{1.6\times10^{-19}}\times\frac{2}{N_A}\times10^{-3}$Kg

$= 2.9\times10^{-7}$ kg ;

जहाँ $Q = (2M_{_1H^2} - M_{_2He^4})\times931 = 23.834531$ MeV

E-3. $\frac{2}{N_A}\times\frac{1}{17.6\ e}\times10^{-3}$ Kg/s $= 1.179\times10^{-9}$ kg/s,

$\frac{3}{N_A}\times\frac{1}{17.6\ e}\times10^{-3}$ Kg/s $= 1.769\times10^{-9}$ kg/s

भाग – II

खण्ड़ (A) :

A-1. (D) **A-2.** (A) **A-3.** (A)
A-4. (A) **A-5.** (B)

खण्ड़ (B) :

B-1. (D) **B-2.** (D) **B-3.** (A)
B-4. (A)

खण्ड़ (C) :

C-1 (C) **C-2.** (B) **C-3.** (B)
C-4. (D)

खण्ड़ (D) :

D-1. (C) **D-2.** (B) **D-3.** (D)
D-4. (A) **D-5.** (B) **D-6.** (D)

खण्ड़ (E) :

E-1. (D) **E-2.** (D) **E-3.** (D)
E-4. (C) **E-5.** (D) **E-6.** (C)
E-7. (C) **E-8.** (A)

भाग – III

1. (A) → P,Q,R,S ; (B) → P,Q,R,S ;
(C) → P,Q,R,S ; (D) → P,Q,R,S
2. (A) → Q,R,S ; (B) → Q,R,S ;
(C) → Q,R,S ; (D) → P,Q,R,S
3. (A)

EXERCISE-2

भाग - I

1. (D) **2.** (B) **3.** (A)
4. (C) **5.** (A) **6.** (A)
7. (A) **8.** (D) **9.** (D)
10. (B) **11.** (C) **12.** (B)
13. (B) **14.** (B) **15.** (C)
16. (C) **17.** (B) **18.** (D)
19. (A) **20.** (B) **21.** (B)
22. (D) **23.** (D)

भाग - II

1. 7 **2.** 9 **3.** 7
4. 2 **5.** 2 **6.** 6
7. 3 **8.** 36 **9.** 3
10. 8 **11.** 2 **12.** 1
13. 7

भाग - III

1. (AC) **2.** (CD) **3.** (AD)
4. (ACD) **5.** (AC) **6.** (CD)
7. (AC)

भाग - IV

1. (B) **2.** (D) **3.** (C)
4. (B) **5.** (D) **6.** (D)

EXERCISE-3

भाग - I

1. (B)
2. (A) → (p) तथा (r), (B) → (p) तथा (q),
(C) → (p), (q), (r) तथा (s), (D) → (p), (q) तथा (r)
3. (A)
4. (A)→ (p), (r); (B)→(q), (s); (C)→(p); (D)→(q)
5. (BD) **6.** (A) **7.** (D)
8. (A) **9.** (B)
10. (A) → p,q,t ; (B) → q, t ; (C) → s, (D) → s
11. 8 **12.** 1 **13.** 7
14. (C) **15.** (D) **16.** 4
17. (C) **18.** (C) **19.** (A)
20. 3
21. (A) → R (B) → P,S; (C) Q,T; (D) R,T
22. 2 **23.** (A) **24.** 9
25. (C) **26.** (C) **27.** (5)
28. (AC)

भाग – II

1. (4) **2.** (4) **3.** (4)
4. (3) **5.** (2) **6.** (2)
7. (2) **8.** (3) **9.** (4)
10. (3) **11.** (2) **12.** (2)
13. (3) **14.** (2) **15.** (1)
16. (3) **17.** (3)

High Level Problems (HLP)

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. 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? ($\ell n\, 3 = 1.0986$ और $\ell n\, 2 = 0.6931$). **[JEE 2003 Main) 2/60]**

2. 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?

3. विरामावस्था में स्थित कोई नाभिक, अभिक्रिया $^{225}_{92}X \longrightarrow Y + \alpha$ के अनुसार $\alpha-$क्षय करता है। t = 0 , समय पर उत्सर्जित $\alpha-$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। $\alpha-$कण मूल बिन्दु से इस स्थान पर वेग $\vec{v} = v_0\hat{j}$ से प्रवेश करते हैं। $t = \sqrt{3} \times 10^7 \dfrac{m_\alpha}{q_\alpha E_0}$ sec. पर, जहाँ m_α और q_α, $\alpha-$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) $\alpha-$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) = 1.009u,

m (p) = 1.0084 u and 1 u = 1.67×10^{-27} kg = 931 MeV/c^2

4. 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

5. 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]

6. 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) ($\log_e 2 = 0.693$)

7. (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, प्रोटॉन का द्रव्यमान 1.007826 u है।

8. प्रारम्भ में स्थिर एक नाभिक X, समीकरण के अनुसार अल्फा क्षय करता है। **[JEE 1991; 2+4+2M]**

$$^{A}_{92}X \rightarrow + \,^{228}_{Z}Y + \alpha$$

(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; $m(^1_0n)$ = 1.009 u.

$m\,^4_2He$ = 4.003 u ; $m(^1_1H)$ = 1.008 u.

9. 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।
काँच 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$^{-1}$

10. 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।

11. ^{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 ?

12. $^{248}_{96}Cm$ 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 **[IIT - 1997]**

13. नाभिक $_3A^7$ की प्रति न्यूक्लिआॅन 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]

14. $^{230}_{90}Th$ 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.

15. 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

HLP Answers

1. 6.954 sec **2.** 6.6 MeV

3. (a) $v_0 = 10^7$ m/s Ans. (b) $\vec{v}(t) = \frac{qE_0}{m} t\hat{i} + 10^7 \cos \omega t \hat{j} - 10^7 \sin \omega t \hat{k}$ जहाँ $\omega = qB/m$
(c) 8.11 MeV/न्यूक्लिआॅन

4. (a) $\eta = 4mM/(m+M)^2 = 0.89$; (b) $\eta = 2m/(m+M) = 2/3$. यहाँ m और M न्यूट्रॉन और ड्यूट्रॉन का द्रव्यमान है।

5. Be^8, E_b = 56.5 MeV. **6.** (i) $9.6\pi \times 10^{22}$, (ii) 1.08×10^{-4} Nm^{-2}

7. (a) 11.48 MeV (b) 10.27 MeV (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।

8. (a) 232, 90 (b) 5.3 MeV, 1823.2 MeV **9.** $(T_1 - T_2) = 1.09$ °C

10. $1/2.78 \times 10^6$

11. (a) t = 1 घण्टा के लिए क्षय नियताको के मान के उपयोग से $N_{sr}/N_y = 3.56 \times 10^5$
(b) t = 10 वर्षो के लिए, $N_{sr}/N_y = 3823$

12. 3.32×10^{-5} Js^{-1} **13.** 79.3 MeV **14.** $^{230}_{90}Th \rightarrow {}^{226}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He + Q$; 9.25 MeV.

15. 4