भौतिकी

अध्याय-13: नाभिक

SHIVOM CLASSES 8696608541

नाभिक

वैज्ञानिक रदरफोर्ड ने अल्फा-कण पर प्रकीर्णन के प्रयोग द्वारा ज्ञात किया। कि किसी परमाणु का समस्त धन आवेश एक सूक्ष्म जगह (केंद्र) पर जमा रहता है। इस स्थान को परमाणु का नाभिक कहते हैं। नाभिक की त्रिज्या 10^{-15} मीटर की कोटी की होती है।

चूंकि इलेक्ट्रॉन पर ऋण आवेश होता है इसलिए यह नाभिक के चारो ओर निश्चित कक्षाओं में घूमते रहते हैं। नाभिक में जितना धन आवेश होता है उतना ही नाभिक के चारों ओर ऋण आवेश होता है।

नाभिक संबंधित महत्वपूर्ण बिंदु

• नाभिक में केवल धन आवेश उपस्थित होता है ऋण आवेश (इलेक्ट्रॉन) नाभिक के चारो ओर अलग-अलग कक्षाओं में घूमता रहता है।

• नाभिक के अंदर प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन होते हैं प्रोटॉनओं तथा न्यूट्रॉनों की संख्या के योग को परमाणु की द्रव्यमान संख्या कहते हैं। एवं केवल प्रोटोनों की संख्या को परमाणु क्रमांक कहते हैं।

• $_{17}Cl^{35}$ ये समस्थानिक हैं। क्योंकि इन दोनों के परमाणु क्रमांक समान हैं, जो कि 17 हैं। तथा द्रव्यमान संख्याएं भिन्न-भिन्न हैं 35 तथा 37।

• 1 a.m.u. में 931 मेगा इलेक्ट्रॉन-वोल्ट होते हैं।

• $_{84}P^{218}$ इस संकेतक से तात्पर्य है - इसमें 84 नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या या परमाणु क्रमांक है तथा 218 पोलिनियम परमाणु की द्रव्यमान संख्या (न्यूक्लिऑनों की संख्या) है।

• नाभिकीय रिएक्टर में भी नाभिकीय विखंडन की घटना घटित होती है।

• 1 क्यूरी में 3.7×10^{10} विघटन/सेकंड होते हैं। क्यूरी रेडियोएक्टिव पदार्थ की सक्रियता का मात्रक होता है।

नाभिकीय विखंडन

जब किसी भारी तत्व के परमाणुओं पर न्यूट्रॉनओं की बमबारी की जाती है तो भारी तत्व दो बराबर-बराबर हल्के तत्वों में टूट जाता है। एवं इसमें बहुत अधिक ऊर्जा का उत्सर्जन होता है इस प्रकार किसी भारी तत्व का हल्के-हल्के तत्वों में टूटने की प्रक्रिया को नाभिकीय विखंडन (nuclear fission) कहते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

नाभिकीय विखंडन का समीकरण

आइयें नाभिकीय विखंडन को समीकरण द्वारा समझते हैं। इसमें एक तत्व यूरेनियम ($_{92}U^{235}$) का प्रयोग करेंगे, यूरेनियम का परमाणु क्रमांक 92 तथा न्यूक्लिऑनों की संख्या 235 है। यूरेनियम के दो समस्थानिक होते हैं - $_{92}U^{238}$ तथा $_{92}U^{235}$

जब यूरेनियम पर न्यूट्रॉन की बमबारी की जाती है एवं एक न्यूट्रॉन जब यूरेनियम से टकराता है। तब यूरेनियम इसको अवशोषित कर लेता है और एक आइसोटोप U^{236} बन जाता है। परंतु यह अत्यंत अस्थायी होता है जिस कारण यह दो खंडों में विखंडित हो जाता है और साथ ही न्यूट्रॉन तथा ऊर्जा का भी उत्सर्जन होता है। चित्र द्वारा स्पष्ट किया गया है। तो इस प्रकार नाभिकीय विखंडन का समीकरण

$_{92}U^{235} + {_0}n^1 \rightarrow {_{92}}U^{236}$

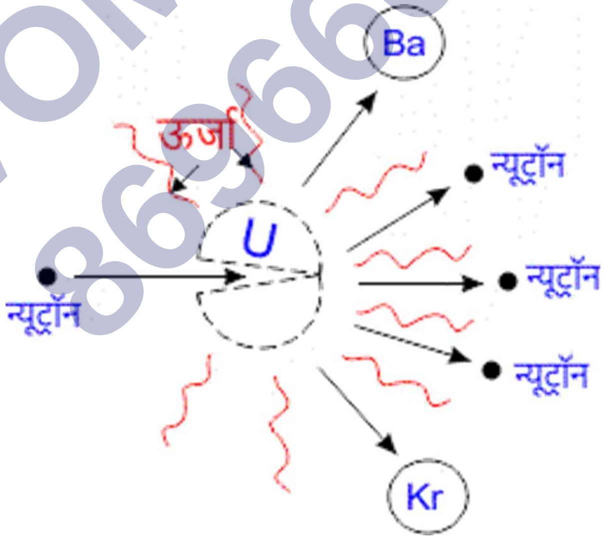
$_{92}U^{236} \rightarrow {_{56}}Ba^{144} + {_{36}}Kr^{89} + 3{_0}n^1$ + ऊर्जा

$_{92}U^{235} + {_0}n^1 \longrightarrow {_{92}}U^{236}$

यूरेनियम न्यूट्रॉन आइसोटोप

$_{92}U^{236} \longrightarrow {_{56}}Ba^{144} + {_{36}}Kr^{89} + 3{_0}n^1$ + ऊर्जा

आइसोटोप बेरियम क्रिप्टन तीन न्यूट्रॉन



नाभिकीय विखंडन

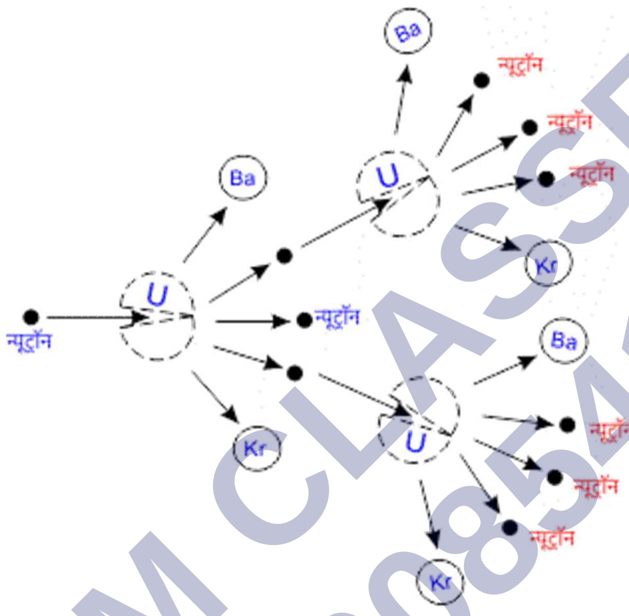
नाभिकीय विखंडन में उर्जा

"नाभिकीय विखंडन में उर्जा किस रूप से निकलती है।" नाभिकीय विखंडन में अत्यधिक ऊर्जा का उत्सर्जन होता है जिसे नाभिकीय ऊर्जा कहते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

गणना द्वारा ज्ञात किया गया कि यूरेनियम के इस नाभिक से लगभग 190 मेगा इलेक्ट्रॉन-वोल्ट ऊर्जा मुक्त होती है। एवं इस ऊर्जा का अधिकांश भाग विखंडन द्वारा प्राप्त हल्के नाभिकों (जैसे Ba तथा Kr) की गतिज ऊर्जा के रूप में प्राप्त होता है। तथा ऊर्जा का शेष भाग उत्सर्जित न्यूटनों की गतिज ऊर्जा तथा ऊष्मा विकिरणों के रूप में प्राप्त होता है।

नाभिकीय विखंडन में श्रृंखला अभिक्रिया



श्रृंखला अभिक्रिया

जब यूरेनियम परमाणु पर न्यूटनों की बमबारी की जाती है तब यूरेनियम नाभिक दो बराबर बराबर नाभिक में टूट जाता है। एवं साथ ही अत्यधिक ऊर्जा तथा तीन नये इलेक्ट्रॉन भी मुक्त होते हैं। अगर आगे भी यूरेनियम नाभिक हो तो ये नये न्यूट्रॉन ही यूरेनियम से टकराकर उसे भी विखंडित कर देते हैं। एवं आगे भी यही नियम लागू होता है। जैसा चित्र में दिखाया गया है तब नाभिकों के विखंडन की एक श्रृंखला बन जाती है। इस प्रक्रिया को नाभिकीय विखंडन की श्रृंखला अभिक्रिया कहते हैं।

नाभिकीय विखंडन का उदाहरण परमाणु बम (atomic bomb) है। अर्थात परमाणु बम नाभिकीय विखंडन पर आधारित होता है।

नाभिकीय संलयन

जब दो या अधिक हल्के नाभिक संयुक्त होकर एक भारी नाभिक का निर्माण करते हैं। तब इस प्रक्रिया को नाभिकीय संलयन कहते हैं।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

नाभिकीय संलयन प्रक्रिया से प्राप्त भारी नाभिक का द्रव्यमान, हल्के दोनों नाभिकों के द्रव्यमान के योग से कम होता है। इस प्रकार नाभिकीय संलयन में द्रव्यमान की हानि (क्षति) होती है जो कि ऊर्जा के रूप में प्राप्त हो जाती है।

नाभिकीय संलयन के उदाहरण

जब दो भारी हाइड्रोजन अर्थात् ड्यूटिरियम ($_1H^2$) संलयित होते हैं। तो ट्रॉइटियम प्राप्त होता है। एवं द्रव्यमान की क्षति ऊर्जा के रूप में प्राप्त होती है।

$_1H^2 + {_1H^2} \rightarrow {_1H^3} + {_1H^1}$ + ऊर्जा

अब ट्रॉइटियम को पुनः ड्यूटिरियम के साथ मिलकर संलयित होने पर हीलियम नाभिक का निर्माण होता है।

$_1H^3 + {_1H^2} \rightarrow {_2He^4} + {_0n^1}$ + ऊर्जा

अतः स्पष्ट है कि ड्यूटिरियम के तीन नाभिक संलयित होकर एक हीलियम नाभिक का निर्माण करते हैं। इस दौरान जो ऊर्जा मुक्त होती है वह प्रोटॉन sub>1H^1) तथा न्यूट्रॉन sub>0n^1) को गतिज ऊर्जा के रूप में प्राप्त होती है। नाभिकीय संलयन का उदाहरण हाइड्रोजन बम (hydrogen bomb) है। अर्थात हाइड्रोजन बम नाभिकीय संलयन की क्रियाविधि पर आधारित होता है।

नाभिकीय संलयन की प्रक्रिया

नाभिकीय संलयन प्रक्रिया एक बहुत ही कठिन प्रक्रिया है। क्योंकि इसमें जिन नाभिकों का संलयन होता है। वह नाभिक, इस दौरान एक दूसरे के समीप आ जाते हैं। एवं अब इन नाभिकों के बीच प्रतिकर्षण बल अत्यंत तीव्र (मजबूत) हो जाता है। इस बल के विपरीत नाभिकों का संलयन करने के लिए बहुत अधिक ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है जो कि प्राकृतिक रूप से उपलब्ध नहीं है। इस कारण नाभिकीय संलयन प्रक्रिया बहुत कठिन है।

रेडियो सक्रियता

किसी रेडियोएक्टिव पदार्थ के परमाणुओं के क्षय होने की दर को उस रेडियोएक्टिव पदार्थ की सक्रियता कहते हैं।

इसके अनुसार किसी क्षण रेडियोएक्टिव पदार्थ के क्षय होने की दर, उस क्षण पदार्थ में शेष परमाणुओं की संख्या के अनुक्रमानुपाती होती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

माना किसी क्षण रेडियोएक्टिव पदार्थ में बचे परमाणुओं की संख्या N है तो उस क्षण पदार्थ की सक्रियता R हो तो

$$R \propto N$$

मानो किसी रेडियोएक्टिव पदार्थ के प्रारंभ में N_0 परमाणु हैं एवं पदार्थ की अर्द्ध आयु T है तो एक अर्द्ध आयु के पश्चात शेष रेडियोएक्टिव परमाणुओं की संख्या

$N =- \left(\frac{1}{2}\right)N_0$ इसी प्रकार दो अर्द्ध आयु के पश्चात शेष परमाणुओं की संख्या

$N =- \left(\frac{1}{2}\right)^2 N_0$ ऐसे ही अर्द्ध आयु के पश्चात शेष परमाणुओं की संख्या

$N =- \left(\frac{1}{2}\right)^3 N_0$ अतः n अर्द्ध आयु के पश्चात शेष परमाणुओं की संख्या

$$\boxed{N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)}$$

n अर्द्ध आयु के पश्चात रेडियोएक्टिव पदार्थ की सक्रियता

$\boxed{R = R_0\left(\frac{1}{2}\right)}$ अतः यह समीकरण ही रेडियो सक्रियता का संबंध समीकरण है। इससे स्पष्ट है कि रेडियो एक्टिव पदार्थ की सक्रियता समय के साथ घटती जाती है।

रेडियो सक्रियता का मात्रक

रेडियोएक्टिव पदार्थ की सक्रियता का मात्रक क्यूरी होता है। इसे C द्वारा प्रदर्शित किया जाता है यदि किसी रेडियोएक्टिव पदार्थ में 3.7×10^{10} विघटन/सेकंड होते हैं। तो उस पदार्थ की सक्रियता 1 क्यूरी होगी। अर्थात स्पष्ट है कि 1 क्यूरी में 3.7×10^{10} विघटन/सेकंड होते हैं।

1 क्यूरी C = 3.7×10^{10} विघटन/सेकंड

1 मिलीक्यूरी mC = 3.7×10^{7} विघटन/सेकंड

SHIVOM CLASSES 8696608541

1 माइक्रोक्यूरी μC = 3.7 × 10^4 विघटन/सेकंड

सक्रियता का एस आई मात्रक बेकेरल होता है

1 बेकेरल = 1 विघटन/सेकंड

1 क्यूरी C = 3.7 × 10^{10} बेकेरल

रेडियोएक्टिव पदार्थ की अर्द्ध आयु

वह समय अंतराल जिसमें किसी रेडियोएक्टिव पदार्थ के परमाणुओं की संख्या विघटन के कारण घटकर प्रारंभिक मान की आधी हो जाती है। तब उस समय अंतराल को रेडियोएक्टिव पदार्थ की अर्द्ध आयु कहते हैं। इसे T द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

$$T = \frac{\log_e 2}{\lambda}$$ या $$T = \frac{0.6931}{\lambda}$$

जहां λ क्षय नियतांक है।

नाभिक की संरचना

वैज्ञानिक रदरफोर्ड में अल्फा-कण प्रकीर्णन प्रयोग द्वारा यह पता लगाया कि किसी परमाणु का समस्त धन आवेश परमाणु के केंद्र में एकत्रित रहता है। एवं इलेक्ट्रॉन (ऋण आवेश) इसके चारों ओर गति करते रहते हैं। इस केंद्र के भाग को परमाणु का नाभिक कहते हैं। नाभिक की त्रिज्या 10_{-15} मीटर होती है। एवं पूरे परमाणु की त्रिज्या 10_{-10} मीटर होती है इस प्रकार नाभिक की त्रिज्या परमाणु की त्रिज्या के दस हजारवें भाग के बराबर होती है।

इसी बीच सन 1919 ई० में रदरफोर्ड ने प्रोटॉन की खोज की और बताया कि प्रोटोन का द्रव्यमान, हाइड्रोजन के नाभिक के द्रव्यमान के बराबर होता है, एवं इस पर धन आवेश होता है। परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन ही उपस्थित होते हैं। किसी परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉन, उस परमाणु के परमाणु क्रमांक के बराबर होते हैं।

सन 1932 ई० में न्यूट्रॉन की खोज हुई और यह माना गया कि न्यूट्रॉन पर कोई आवेश नहीं होता है। लेकिन इसका द्रव्यमान लगभग प्रोटोन के बराबर ही होता है न्यूट्रॉन के यह गुण, प्रोटोन के गुणों के साथ मिलकर नाभिक का रूप ले लेते हैं। अतः अंत में यह माना गया कि परमाणु के नाभिक में न्यूट्रॉन और प्रोटॉन उपस्थित होते हैं।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रोटोन पर धन आवेश होता है एवं न्यूट्रॉन पर कोई आवेश नहीं होता है, यह आवेशहीन होता है। एवं न्यूट्रॉन का द्रव्यमान होता है प्रोटोन तथा न्यूट्रॉन की संख्या परमाणु के कुल द्रव्यमान के बराबर होती है।

नाभिक का आकार

रदरफोर्ड ने पतले स्वर्ण पत्रों पर अल्फा-कण प्रकीर्णन प्रयोग द्वारा नाभिक के आकार का पता लगाया। कि नाभिक का आयतन उसमें उपस्थित न्यूक्लिऑनों की संख्या के अनुक्रमानुपाती होता है।

माना न्यूक्लिऑनों की संख्या A हो तथा नाभिक की त्रिज्या R है तब

चूंकि परमाणु का आकार गोलाकार होता है तब गोले का आयतन $\frac{4}{3}\text{\textbackslash piR}^3$ होगा। अतः

$\frac{4}{3}3\text{\textbackslash piR}^3 \propto A$ या $R^3 \propto A$

$R = A^{1/3}$

$$\boxed{R = R_0A^{1/3}}$$

जहां R_0 एक नियतांक है इस नियतांक का प्रयोग द्वारा प्राप्त मान 1.2 × 10_{-15} मीटर के लगभग होता है। चूंकि 19 न्यूक्लिऑनों की संख्या भिन्न-भिन्न परमाणुओं के लिए भिन्न-भिन्न होती है।

इसलिए नाभिकों की त्रिज्याएं भी भिन्न-भिन्न परमाणुओं के लिए भिन्न-भिन्न होती हैं।

न्यूक्लिऑनों की संख्या, न्यूट्रॉन और प्रोटॉन की संख्या के बराबर होती है अतः न्यूक्लिऑनों की संख्या = प्रोटॉन + न्यूट्रॉन की संख्या

नाभिकीय बल

नाभिक के भीतर उपस्थित वह बल जो न्यूक्लिऑनों (न्यूट्रॉनों और प्रोटॉनों) को परस्पर बांधे रखता है। इस बल को नाभिकीय बल (nuclear force) कहते हैं।

नाभिकीय बल दो प्रकार के होते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

(1) प्रबल नाभिकीय बल

(2) दुर्बल नाभिकीय बल

प्रबल नाभिकीय बल

नाभिक के भीतर प्रोटोनों तथा न्यूट्रॉनों को एक साथ बांधे रखने वाले बल को प्रबल नाभिकीय बल (strong nuclear force) कहते हैं। प्रबल नाभिकीय बल के लक्षण -

(i) प्रबल नाभिकीय बल आवेश पर निर्भर नहीं करता है। अर्थात दो प्रोटोनों तथा दो न्यूट्रॉनों के बीच जितना नाभिकीय बल होगा, उतना ही एक प्रोटोन तथा एक न्यूट्रॉन के बीच होगा।

(ii) प्रबल नाभिकीय बल विद्युत चुंबकीय बल की तुलना में 100 गुना अधिक प्रबल होता है।

(iii) प्रबल नाभिकीय बल लघु (कम) परास का होता है। यह केवल नाभिक के भीतर ही होता है नाभिक से दूर जाने पर यह बल लगातार घटता जाता है।

दुर्बल नाभिकीय बल

दुर्बल नाभिकीय बल भी प्रबल नाभिकीय बल की भांति ही लघु परास वाला बल होता है। दुर्बल नाभिकीय बल गुरुत्वाकर्षण बल से प्रबल होता है जबकि विद्युत चुंबकीय तथा नाभिकीय बलों से क्षीण (कमजोर) होता है।

नाभिकीय घटनाएं जैसे रेडियोएक्टिव नाभिक से बीटा-क्षय में कार्य करने वाला बल दुर्बल नाभिकीय बल होता है।

नाभिकीय बल के गुण

1. नाभिकीय बल आकर्षण बल होता है - न्यूक्लिऑनों के बीच आकर्षण के कारण ही नाभिकीय बल लगता है।
2. नाभिकीय बल विद्युत बल नहीं होता है - अर्थात यह बल विद्युत प्रकृति के नहीं होते हैं।
3. नाभिकीय बल अत्यंत प्रबल होता है - अर्थात यह बल बहुत अधिक मजबूत होते हैं। क्योंकि इनके परमाणुओं में लघु परास होती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

नाभिक का वर्गीकरण

प्रोटोनों की संख्या के आधार पर नाभिक को तीन भागों में बांटा गया है।

(i) समस्थानिक (समप्रोटोनिक)
(ii) समभारिक
(iii) समन्यूट्रॉनिक

समस्थानिक (समप्रोट्रॉनिक)

वे तत्व जिनके परमाणु क्रमांक समान होते हैं एवं द्रव्यमान संख्या (प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉनों की संख्या) भिन्न-भिन्न होती हैं। समस्थानिक कहलाते हैं। जैसे

हाइड्रोजन - ${}_1H^1$, ${}_1H^2$, ${}_1H^3$

क्योंकि इसमें न्यूट्रॉनों की संख्या समान रहती है इसलिए इसे समप्रोट्रॉनिक भी कहते हैं।

समभारिक

वे तत्व जिनके परमाणु क्रमांक भिन्न-भिन्न होते हैं परंतु द्रव्यमान संख्या समान होती है समभारिक कहलाते हैं।

जैसे - ${}_{18}Ar^{40}$ व ${}_{20}Ca^{40}$

समन्यूट्रॉनिक

वे तत्व जिनके परमाणु क्रमांक तथा द्रव्यमान संख्या दोनों ही भिन्न-भिन्न होती हैं परंतु न्यूट्रॉनों की संख्या समान होती है समन्यूट्रॉनिक कहलाते हैं।

जैसे - ${}_1H^3$ व ${}_2He^4$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 464-466)

प्रश्न 1

a. लीथियम के दो स्थायी समस्थानिकों को $^{6}_{3Li}$ एवं $^{7}_{3Li}$ की बहुलता का प्रतिशत क्रमशः 7.5 एवं 92.5 हैं। इन समस्थानिकों के द्रव्यमान क्रमशः 6.01512u एवं 7.01600u हैं। लीथियम का परमाणु द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।

b. बोरॉन के दो स्थायी, समस्थानिक $^{10}_{5B}$ एवं $^{11}_{5B}$ हैं। उनके द्रव्यमान क्रमशः 10.01294u एवं 11.00931u एवं बोरॉन का परमाणु भार 10.811u है। $^{10}_{5B}$ एवं $^{11}_{5B}$ की बहुलता ज्ञात कीजिए।

उत्तर-

a. माना लीथियम के किसी नमूने में 100 परमाणु लिए गए हैं, तब इनमें 7.5 परमाणु के तथा 92.5 परमाणु के होंगे।

∴ 100 परमाणुओं का द्रव्यमान =(7.5 × 6.01512 + 92.5 × 7.01600)u

= (45,1134 + 648.98)u = 694.0934u

$$= \frac{x \times \frac{10}{5}\text{B का परमाणु द्रव्यमान} + y \times \frac{11}{5}\text{B का परमाणु द्रव्यमान}}{100}$$

$$\Rightarrow 10.811 = \frac{x \times 10.01294 + y \times 11.00931}{100}$$

$$= \frac{694.0934}{100}$$

$$= 6.940934u$$

$$\approx 6.941u$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. माना बोरॉन के दो समस्थानिकों की बहुलता क्रमशः x% तथा y% है, तब-

x+y...(1)

यदि बोरॉन के 100 परमाणु लिए जाएँ तो इनमें x परमाणु $^{10}_{5B}$ के तथा y परमाणु $^{11}_{5B}$ के होंगे।

∴ बोरॉन का परमाणु द्रव्यमान-

$$\therefore \text{ लीथियम का औसत परमाणु द्रव्यमान} = \frac{100 \text{ परमाणुओं का द्रव्यमान}}{100}$$

$$10.811 \times 100 = 10.01294x + 11.00931(100 - x) \; [\therefore x + y = 100]$$

$$\Rightarrow 1081.1 - 1100.931 = 10.012943x - 11.00931x$$

$$\Rightarrow -19.831 = -0.99637x$$

$$\therefore x = \frac{-19.831}{-0.99837} = 19.9$$

$$\therefore y = 100 - x = 100 - 19.9 = 80.1$$

अतः बोरॉन में $^{10}_{5}B$ तथा $^{11}_{5}B$ समस्थानिकों की बहुलता प्रतिशत क्रमशः 19.9 तथा 80.1 हैं।

प्रश्न 2 नियॉन के तीन स्थायी समस्थानिकों की बहुलता क्रमशः 90.51%, 0.27% एवं 9.22% है। इन समस्थानिकों के परमाणु द्रव्यमान क्रमशः 19.99u, 20.99u एवं 21.99u हैं। नियॉन का औसत परमाणु द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।

उत्तर- यदि नियॉन के 100 परमाणु लिए जाएँ तो उनमें नियॉन के तीन समस्थानिकों के क्रमशः 90. परमाणु, 0.27 परमाणु तथा 9.22 परमाणु होंगे।

∴ नियॉन का औसत परमाणु द्रव्यमान-

$$= \frac{(90.51 \times 19.99 + 0.27 \times 20.99 + 9.22 \times 21.99)}{100}$$

$$= \frac{(1809.2949 + 5.6673 + 202.7478)u}{100}$$

$$= \frac{2017.71}{100}$$

$$= 20.177u \approx 20.18u$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 3 नाइट्रोजन नाभिक (147N) की बन्धन-ऊर्जा MeV में ज्ञात कीजिए। mN = 14.00307u.

उत्तर-

$\left({}_{7}^{14}\mathrm{N}\right)$ में प्रोटॉन = Z = 7 तथा न्यूट्रॉन

$= (A - Z) = (14 - 7) = 7$

न्यूक्लिऑनों का कुल द्रव्यमान $= 7 \times m_H + 7 \times m_n$

$= (7 \times 1.00783 + 7 \times 1.00867)u$

$= 14.1155u$

∴ द्रव्यमान क्षति-

$\Delta m =$ न्यूक्लिऑनों का द्रव्यमान ${}_{7}^{14}\mathrm{B}$ नाभिक का द्रव्यमान

$= 14.11550u - 14.00307u = 0.11243u$

अतः बन्धन ऊर्जा $E_B = \Delta m$ के तुल्य ऊर्जा

$= 0.11243 \times 931\ \mathrm{MeV}$

$= 104.67\ \mathrm{MeV}\ (\because 1u = 931\ \mathrm{MeV})$

प्रश्न 4 निम्नलिखित आँकड़ों के आधार पर ${}^{56}_{26\mathrm{Fe}}$ एवं ${}^{56}_{26\mathrm{Fe}}$ नाभिकों की बन्धन-ऊर्जा MeV में ज्ञात कीजिए।

a. $m({}^{56}_{26\mathrm{Fe}} = 55.934939\ u$
b. $m({}^{209}_{83\mathrm{Bi}} = 208.980388\ u$

उत्तर-

a.

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

दिया है, प्रोटॉन का द्रव्यमान $m_H = 1.007825u$

न्यूट्रॉन का द्रव्यमान $m_n = 1.008665u$

$^{56}_{26}Fe$ नाभिक का द्रव्यमान $m_{Fe} = 55.934939u$

इस नाभिक में 26 प्रोटॉन तथा $(56 - 26) = 30$ न्यूट्रॉन हैं।

$\therefore$ न्यूक्लिऑनों का द्रव्यमान $= 26m_H + 30mn$

$= 26 \times 1.007825 + 30 \times 1.008665$

$= 26.20345 + 30.25995 = 56.4634u$

$\therefore$ द्रव्यमान क्षति $\Delta m =$ न्यूक्लिऑनों का द्रव्यमान - नाभिक का द्रव्यमान

$= 56.4634 - 55.934939 = 0.528461u$

$\therefore$ $^{56}_{26}Fe$ नाभिक की बन्धन-ऊर्जा-

$= \Delta m \times 931 = 0.528461 \times 931.5MeV$

$= 492.26$ MeV

$\therefore$ बन्धन-ऊर्जा प्रति न्यूक्लिऑन $\frac{492.26}{56}$

$= 8.79$ MeV/ न्यूक्लिऑन

b.

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$^{209}_{83}Bi$ नाभिक का द्रव्यमान $m_{Bi} = 208.980388u$

इस नाभिक में 83 प्रोटॉन तथा 126 न्यूट्रॉन हैं।

$\therefore$ न्यूक्लिऑनों का द्रव्यमान $= 83m_H + 126mn$

$= 83 \times 1.007825 + 126 \times 1.008665$

$= 83.649475 + 127.091790$

$= 210.741260u$

$\therefore$ नाभिक की द्रव्यमान-क्षति $\Delta m = 210.741260 - 208.980388$

$= 1.760872u$

$\therefore$ नाभिक की बन्धन ऊर्जा $= \Delta M \times 931.5\ MeV$

$\therefore$ बन्धन-ऊर्जा प्रति न्यूक्लिऑन $= \frac{1640.26}{209} = 7.85$ MeV/ न्यूक्लिऑन

प्रश्न 5 एक दिए गए सिक्के का द्रव्यमान 3.0g है। उस ऊर्जा की गणना कीजिए जो इस सिक्के के सभी न्यूट्रॉनों एव प्रोटॉनों को एक-दूसरे से अलग करने के लिए आवश्यक हो। सरलता के लिए मान लीजिए कि सिक्का पूर्णतः $^{63}_{29}Cu$ परमाणुओं का बना है। ($^{63}_{29}Cu$ का द्रव्यमान =62.92960u)।

उत्तर-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$^{63}_{29}\mathrm{Cu}$ में प्रोटॉन $(Z) = 29$, न्यूट्रॉन $= 63 - 29 = 34$

∴ **न्यूक्लिऑनों का कुल द्रव्यमान-**

= 29 प्रोटॉनों का द्रव्यमान + 34 न्यूट्रॉनों का द्रव्यमान

$$= (29 \times 1.00783 + 34 \times 1.00867)\mathrm{u} = 63.52185\mathrm{u}$$

∴ द्रव्यमान क्षति Δm = न्यूक्लिऑनों का द्रव्यमान $-^{63}_{29}\mathrm{Cu}$ नाभिक का द्रव्यमान

$$= 63.52185\mathrm{u} - 62.92960\mathrm{u} = 0.59225\mathrm{u}$$

∴ $^{63}_{29}\mathrm{Cu}$ **नाभिक की बन्धन ऊर्जा-**

$$E_B = 0.53225 \times 931\ \mathrm{MeV} = 551.385\ \mathrm{MeV}$$

m = 3.0 ग्राम में परमाणुओं (नाभिकों) की संख्या

$= \frac{m}{M} \times$ आवोगाद्रो संख्या

$$= \frac{3}{63} \times 6.02 \times 1023 = 2.86 \times 10^{22}$$

∴ सिक्के के सभी न्यूट्रॉनों तथा प्रोटॉनों को एक-दूसरे से अलग करने के लिए आवश्यक ऊर्जा

$$= 2.86 \times 10^{22} \times E_B$$

$$= 2.86 \times 10^{22} \times 551.385\ \mathrm{MeV}$$

$$= 1.6 \times 1025\ \mathrm{MeV}$$

प्रश्न 6 निम्नलिखित के लिए नाभिकीय समीकरण लिखिए-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

(i) $^{226}_{88}Ra$ का α-क्षय

(ii) $^{242}_{94}Pu$ का α-क्षय

(iii) $^{32}_{15}P$ का β^--क्षय

(iv) $^{210}_{83}Bi$ का β^--क्षय

(v) $^{11}_{6}C$ का β^+-क्षय

(vi) $^{97}_{43}Tc$ का β^+-क्षय

(vii) $^{120}_{54}Xe$ का इलेक्ट्रॉन अभिग्रहण

उत्तर-

i. दी गयी अभिक्रिया के लिए नाभिकीय समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow\ ^{222}_{86}Ra\ (\text{रेडॉन}) +\ ^{4}_{2}He\ (\alpha\text{- कण})$$

ii. दी गयी अभिक्रिया के लिए नाभिकीय समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{32}_{15}P \longrightarrow\ ^{32}_{16}S\ (\text{सल्फर}) +\ ^{0}_{-1}\beta\ (\beta\text{–कण}) + \bar{\nu}\ (\text{ऐन्टीन्यूट्रिनो})$$

iii. दी गयी अभिक्रिया के लिए नाभिकीय समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{210}_{83}Bi \longrightarrow\ ^{210}_{84}Po\ (\text{पोलोनियम}) +\ ^{0}_{-1}\beta + \bar{\nu}$$

iv. दी गयी अभिक्रिया के लिए नाभिकीय समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{11}_{6}C \longrightarrow\ ^{11}_{5}B\ (\text{बोरॉन}) +\ ^{0}_{+1}\beta + \nu\ (\text{न्यूट्रिनो})$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

v. दी गयी अभिक्रिया के लिए नाभिकीय समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{97}_{43}\mathrm{Tc} \longrightarrow ^{97}_{42}\mathrm{Mo} + ^{0}_{+1}\beta + \mathrm{v}$$

vi. दी गयी अभिक्रिया के लिए नाभिकीय समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{120}_{54}\mathrm{Xe} + ^{0}_{-1}\mathrm{e} \longrightarrow ^{120}_{53}\mathrm{I} + \mathrm{v}$$

प्रश्न 7 एक रेडियोऐक्टिव समस्थानिक की अर्धायु T वर्ष है। कितने समय के बाद इसकी ऐक्टिवता, प्रारम्भिक ऐक्टिवता की-

a. 3.125%
b. 1% रह जाएगी।

उत्तर-

a. माना समस्थानिक की प्रारम्भिक रेडियोऐक्टिवता = R_0

माना समयान्तराल n अर्धायुकालो के पश्चात् शेष रेडियोऐक्टिवता = R

प्रश्नानुसार, R = R_0 का 3.125%

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\Rightarrow \ R = \frac{3.125}{100}R_0$$

परन्तु n अर्धायुकालो के बाद शेष रेडियोऐक्टिवता $R = R_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$

$$\therefore \ \frac{3.125}{100}R_0 = R_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$\Rightarrow \ \frac{1}{32} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$\therefore \ n = 5$$

अतः अभीष्ट समयान्तराल = n × एक अर्द्धायु = 5T

b.

इस बार $R = R_0$ का $1\% = \frac{1}{100}R_0$

परन्तु $R = R_0e^{-\lambda t}$

जहाँ $\lambda =$ पदार्थ का विघटन स्थिरांक तथा t = समयान्तराल

$$\therefore \ \frac{1}{100}R_0 = R_0e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{100} = R_0$$

$$\Rightarrow \ 100 = e^{\lambda t}$$

दोनों ओर का log लेने पर,

$$\log_e .10^2 = \lambda t \log_e e$$

$$\Rightarrow 2\log_e 10 = \lambda t$$

$$\Rightarrow \lambda t = 2 \times 2.303 = 4.606$$

परन्तु $\lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{T} \ \therefore \ \frac{0.693}{T} \times t = 4.606$

$\therefore$ अभीष्ट समय $t = \frac{4.606}{0.693} \times T = 6.65T$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 8 जीवित कार्बनयुक्त द्रव्य की सामान्य ऐक्टिवता, प्रति ग्राम कार्बन के लिए 15 क्षय प्रति मिनट है। यह ऐक्टिवता, स्थायी समस्थानिक ${}^{14}_{6}C$ साथ अल्प मात्रा में विद्यमान रेडियोऐक्टिव ${}^{12}_{6}C$ के कारण होती है। जीव की मृत्यु होने पर वायुमण्डल के साथ इसकी अन्योन्य क्रिया (जो उपर्युक्त सन्तुलित ऐक्टिवता को बनाए रखती है) समाप्त हो जाती है तथा इसकी ऐक्टिवता कम होनी शुरू हो जाती है। ${}^{14}_{6}C$ की ज्ञात अर्धायु (5730 वर्ष) और नमूने की मापी गई ऐक्टिवता के आधार पर इसकी सन्निकट आयु की गणना की जा सकती है। यही पुरातत्व विज्ञान में प्रयुक्त होने वाली ${}^{14}_{6}C$ कालनिर्धारण (dating) पद्धति का सिद्धान्त है। यह मानकर कि मोहनजोदड़ो से प्राप्त किसी नमूने की ऐक्टिवता 9 क्षय प्रति मिनट प्रति ग्राम कार्बन है। सिन्धु घाटी सभ्यता की सन्निकट आयु का आकलन कीजिए।

उत्तर-

दिया है, $R_0 = 15$ क्षय प्रति मिनट

$R = 9$ क्षय प्रति मिनट, $T_{\frac{1}{2}} = 5730$ वर्ष

सूत्र $R = R_0 e^{-\lambda t}$ से, $9 = 15e^{-\lambda t}$

$$\Rightarrow \frac{5}{3} = e^{\lambda t} \Rightarrow 1.6667 = e^{\lambda t}$$

दोनों पक्षों का log लेने पर

$$\log_e(1.667) = \lambda t \log_e e$$

$$\Rightarrow 2.303 \log_{10} 1.6667 = \lambda t$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\Rightarrow \lambda t = 2.3025 \times 0.22185 = 0.5108$$

$$\Rightarrow t = \frac{0.5108}{\lambda} = \frac{0.5108}{\left[\frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}\right]} \left[\therefore \lambda = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{3}}}\right]$$

अभीष्ट समय $t = \frac{0.5108}{0.693} \times T_{\frac{1}{2}} = 0.7371 \times 5730$ वर्ष

$= 4224$ वर्ष

प्रश्न 9 8.0 mCi सक्रियता का रेडियोऐक्टिव स्रोत प्राप्त करने के लिए $^{60}_{27}Co$ की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी? $^{60}_{27}Co$

उत्तर-

दिया है, सक्रियता $R = 80\ mCi = 80 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 10^{10}$ विघटन s^{-1}

$= 29.6 \times 107$ विघटन s^{-1}

$T_{\frac{1}{2}} = 5.3$ वर्ष ($\because$ 1 क्यूरी $= 3.7 \times 10^{10}$ विघटन s^{-1})

$= 5.3 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60s$

सक्रियता $R = -\frac{dN}{dt} = -\frac{d}{dt}(N_0 e^{-\lambda t})\ [\because\ N = N_0 e^{-\lambda t}]$

$$\Rightarrow R = +\lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

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

$$\Rightarrow N = \frac{R}{\left[\frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}\right]} = \frac{R}{0.693} \times T_{\frac{1}{2}}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$\therefore$ आवश्यक परमाणुओं की संख्या $N = \frac{29.6 \times 10^7 \times 5.3 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60}{0.693}$

$= 7.133 \times 10^{16}$ परमाणु

$\because$ ${}^{60}_{27}Co$ का ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 60

$\therefore$ 60g Co में परमाणुओं की संख्या $= N_A = 6.02 \times 10^{23}$

$\therefore$ 7.133×10^{16} परमाणु का द्रव्यमान $= \frac{60}{6.02 \times 10^{23}} \times 7.133 \times 10^{16}$

$= 7.109 \times 10^{-6} g = 7.11 \mu g$

प्रश्न 10 ${}^{90}_{38}Sr$ की अर्धायु 28 वर्ष है। इस समस्थानिक के 15mg की विघटन दर क्या है?

उत्तर-

दिया है, पदार्थ का द्रव्यमान $= 15 \times 10^{-3}$

तथा $T_{\frac{1}{2}} = 28$ वर्ष $= 28 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60s = 88.3 \times 107s$

$\therefore$ ${}^{90}_{38}Sr$ का ग्राम परमाणु द्रव्यमान = 90g

$\therefore$ 90g Sr में परमाणुओं की संख्या $= 6.02 \times 10^{23}$

$\therefore$ 15×10^{-3}g में परमाणुओं की संख्या $= \frac{6.02 \times 10^{23}}{90} \times 15 \times 10^{-3}$

$\therefore$ पदार्थ की विघटन दर (सक्रियता) $R = \lambda N$

$\Rightarrow R = \frac{0.693}{88.3 \times 10^7} \times 1.004 \times 10^{20}$

$= 7.879 \times 10^{10}$ विघटन s^{-1}

$= \frac{7.879 \times 10^{10}}{3.7 \times 10^{10}} Ci = 2.13 Ci$

प्रश्न 11 स्वर्ण के समस्थानिक ${}^{197}_{79}Au$ एवं ${}^{107}_{47}Au$ रजत के समस्थानिक की नाभिकीय त्रिज्या के अनुपात का सन्निकट मान ज्ञात कीजिए।

उत्तर- किसी नाभिक की त्रिज्या निम्नलिखित सूत्र द्वारा प्राप्त होती है-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}$$

जहाँ A = परमाणु द्रव्यमान जबकि R_0 = नियतांक

यहाँ $^{197}_{79}\mathrm{Au}$ के लिए, $A_1 = 197$

तथा $^{107}_{47}\mathrm{Ag}$ के लिए, $\mathrm{Ag} = 107$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{(A_1)^{\frac{1}{3}}}{(A_2)^{\frac{1}{3}}} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{197}{107}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = (1.84)^{\frac{1}{3}} = 1.23$$

$\therefore$ त्रिज्याओं का अनुपात $R_1 : R_2 = 1.23 : 1$

प्रश्न 12

$^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ एवं $^{220}_{86}\mathrm{Rn}$ नाभिकों के $\alpha-$ क्षय में उत्सर्जित $\alpha-$कणों का Q-मान एवं गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

दिया है- $m(^{226}_{88}\mathrm{Ra}) = 226.02540\ u$, $m(^{222}_{86}\mathrm{Rn}) = 222.01750\ u$,

$m(^{222}_{86}\mathrm{Rn}) = 220.01137\ u$, $m(^{216}_{84}\mathrm{Po}) = 216.00189\ u$.

उत्तर-

1. $^{226}_{88}\mathrm{Ra}$ का $\alpha-$ क्षय निम्न अभिक्रिया के अनुसार होगा-

$$^{226}_{88}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{222}_{86}\mathrm{Rn} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} + Q$$

$$Q = [m(^{226}_{88}\mathrm{Ra}) - \{m(^{226}_{88}\mathrm{Rn}) + m(^{4}_{2}\mathrm{He})\} \times 931\ \mathrm{MeV}$$

$$= [226.02540 - (222.01750 + 4.00260)] \times 931\ \mathrm{MeV}$$

$$= 4.934\ \mathrm{MeV}$$

$\alpha-$ कण की गतिज ऊर्जा $K_a = \left(\frac{A-4}{A}\right)Q$

$$= \left(\frac{226-4}{226}\right) \times 4.934\ \mathrm{MeV}$$

$$= 4.85\ \mathrm{MeV}$$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

2. $^{220}_{86}\text{Rn}$ के $\alpha-$ क्षय का समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{220}_{86}\text{Rn} \longrightarrow {}^{216}_{84}\text{Po} + {}^{4}_{2}\text{He} + \text{Q}$$

द्रव्यमान क्षति $\Delta \text{m} =$[बाएँ पक्ष का द्रव्यमान - दाएँ पक्ष का द्रव्यमान]

$$= [220.01137 - (216.00189 + 4.002603)]\text{u}$$

$$= 0.006877\text{u}$$

अभिक्रिया का Q मान $= \Delta \text{m} \times 931.5 \text{ MeV}$

$$= 0.006877 \times 931.5$$

$$= 0.641 \text{ MeV}$$

भाग (a) के अनुसार,

$\alpha-$ कण की गतिज ऊर्जा $\text{K}_\alpha = \left(\frac{\text{A}-4}{\text{A}}\right)\text{Q}$

$$= \frac{220-4}{220} \times 0.641$$

$$\text{K}_\alpha = 0.629 \text{ MeV}$$

प्रश्न 13 रेडियोन्यूक्लाइड $^{11}_{6}\text{C}$ का क्षय निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होता है,

$$^{11}_{6}\text{C} \rightarrow {}^{11}_{5}\text{B} + \text{e}^{+} + \text{v} : \text{T}_{1/2} = 20.3 \text{ min}$$

उत्सर्जित पॉजिट्रॉन की अधिकतम ऊर्जा 0.960 Mev है। द्रव्यमानों के निम्नलिखित मान दिए गए हैं

$$\text{m}(^{11}_{6}) = 11.011434 \text{ u} \text{ तथा } \text{m}(^{11}_{6}\text{B}) = 11.009305\text{u},$$

Q- मान की गणना कीजिए एवं उत्सर्जित पॉजिट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा के मान से इसकी तुलना कीजिए।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-

दिया गया समीकरण-

$${}^{11}_{6}C \longrightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1} + v$$

$$\therefore \Delta m = [{}^{11}_{6}C \text{ नाभिक का द्रव्यमान} - ({}^{11}_{5}B \text{ नाभिक का द्रव्यमान}) - {}^{0}_{+1}e \text{ का द्रव्यमान}]$$

$$= [\{m({}^{11}_{6}C) - 6m_e\} - \{m({}^{11}_{5}B) - 5m_e\} - m_e]$$

$$= m({}^{11}_{6}C) - m({}^{11}_{5}B) - 2m_e$$

$$= 11.011434 - 11.009305 - 2 \times 0.000548 = 0.001033u$$

$$\therefore Q = \Delta m \times 931 = 0.001033 \times 931 = 0.961 \text{ MeV}$$

उत्सर्जित पॉजिट्रॉन की महत्तम गतिज ऊर्जा 0.960 MeV है जो कि Q-मान के तुल्य है।

∴ उत्पाद नाभिक पॉजिट्रॉन की तुलना में अत्यधिक भारी है; अत: इसकी गतिज ऊर्जा लगभग शून्य होगी, पुन: चूंकि पॉजिट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा Q– मान के तुल्य है; अतः न्यूट्रिनो भी लगभग शून्य ऊर्जा के साथ उत्सर्जित होगा।

प्रश्न 14 ${}^{23}_{10}Ne$ का नाभिक β– उत्सर्जन के साथ क्षयित होता है। इस β– क्षय के लिए समीकरण लिखिए और उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

$$m({}^{23}_{10}Ne) = 22.994466 \text{ u}$$

$$m({}^{23}_{10}Na) = 22.089770 \text{ u}$$

उत्तर-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

नाभिक के $\beta-$क्षय का समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{23}_{10}Ne \longrightarrow {}^{23}_{11}Na + {}^{0}_{-1}\beta + \bar{v}$$

द्रव्यमान क्षति $\Delta m = m_N({}^{23}_{10}Ne) - m_N({}^{23}_{11}Na) - m_e$

(जहाँ m_N = नाभिक का द्रव्यमान)

$$= [m({}^{23}_{10}Ne) - 10m_e] - [m({}^{23}_{11}Na) - 11m_e] - m_e$$

$$= m({}^{23}_{10}Ne) - m({}^{23}_{11}Na)$$

$$= [22.994466 - 22.989770]u = 0.004696u$$

$\therefore$ Q का मान $= \Delta m \times 931\ MeV = 0.04696 \times 931.5\ MeV$

$\Rightarrow Q = 4.37\ MeV$

$\because$ ${}^{23}_{10}Ne$ तथा ऐन्टिन्यूट्रिनो ${}^{0}_{+1}$ की तुलना में अत्यधिक भारी है, अतः इसकी गतिज ऊर्जा लगभग शून्य होगी। β–कण की ऊर्जा अधिकतम होगी यदि ऐन्टिन्यूट्रिनो शून्य ऊर्जा के साथ उत्सर्जित हो। इस दशा में β–कण की ऊर्जा अधिकतम होगी यदि ऐन्टिन्यूट्रिनो शून्य ऊर्जा के साथ उत्सर्जित हो। इस दशा में β–कण की अधिकतम ऊर्जा ९ मान के बराबर अर्थात् 4.37 MeV होगी।

प्रश्न 15 किसी नाभिकीय अभिक्रिया A + b → C + d का Q-मान निम्नलिखित समीकरण द्वारा परिभाषित होता है- $Q = [m_A + m_b - m_c - m_d]c^2$

जहाँ दिए गए द्रव्यमान, नाभिकीय विराम द्रव्यमान (rest mass) हैं। दिए गए आँकड़ों के आधार पर बताइए कि निम्नलिखित अभिक्रियाएँ ऊष्माक्षेपी हैं या ऊष्माशोषी।

a. ${}^{1}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H$

दिए गए परमाणु का द्रव्यमान इस प्रकार है-

$m({}^{2}_{1}H = 2.014102\ u$

$m({}^{3}_{1}H = 3.016049\ u$

$m({}^{12}_{6}C = 12.000000\ u$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$m({}^{20}_{10}Ne = 19.992439$ u

b.

$${}^{12}_{6}C + {}^{12}_{6}C \rightarrow {}^{20}_{10}Ne + {}^{4}_{2}He$$

दिए गए परमाणु का द्रव्यमान इस प्रकार है-

$m({}^{2}_{1}H) = 2.014102$ u

$m({}^{3}_{1}H) = 3.016049$ u

$m({}^{12}_{6}C) = 12.000000$ u

$m({}^{20}_{10}Ne) = 19.992439$ u

उत्तर- दी गई अभिक्रिया निम्नलिखित है-

$${}^{1}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H$$

इस अभिक्रिया का Q- मान निम्नलिखित है-

$$Q = [m_N({}^{1}_{1}H) + m_N({}^{3}_{1}H) - m_N({}^{2}_{1}H) - m_N({}^{2}_{1}H)]c^2$$

जहाँ m_N का अर्थ नाभिकीय द्रव्यमान से है जबकि m का अर्थ परमाणु द्रव्यमान है।

$\therefore m_N({}^{1}_{1}H) = m({}^{1}_{1}H) - m_e$

$m_N({}^{3}_{1}H) = m({}^{3}_{1}H) - m_e$

$m_N({}^{2}_{1}H) = m({}^{2}_{1}H) - m_e$

$\therefore m_N({}^{1}_{1}H) + m_N({}^{3}_{1}H) - m_N({}^{2}_{1}H) - m_N({}^{2}_{1}H)$

$= m({}^{1}_{1}H) - m_e + m({}^{3}_{1}H) - m_e - m({}^{2}_{1}H) + m_e$
$- m({}^{2}_{1}H) + m_e$

$= m({}^{1}_{1}H) + m({}^{3}_{1}H) - m({}^{2}_{1}H) - m({}^{2}_{1}H)$

$= 1.007825 + 3.016049 - 2.014102 - 2.014102$

$= -0.004339$u

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$= -0.004339 \times 1.66 \times 10^{-27}\text{kg}$

$[\because m(^1_1H) = 1.007825u$ व $1u = 1.66 \times 10^{-27}\text{kg}]$

$\therefore\ Q = -0.004339 \times 1.66 \times 10^{-27} \times (3 \times 108)^2 J$

$= -6.46 \times 10^{-13} J$

∵ इस अभिक्रिया का Q का मान ऋणात्मक है अतः यह ऊष्माशोषी अभिक्रिया है।

प्रश्न 16 माना कि हम $^{56}_{26}Fe$ नाभिक के दो समान अवयवों $^{28}_{13}Al$ में विखण्डन पर विचार करें। क्या ऊर्जा की दृष्टि से यह विखण्डन सम्भव है? इस प्रक्रम का Q-मान ज्ञात करके अपना तर्क प्रस्तुत करें।

दिया है-

$m(^{56}_{26}Fe) = 55.93494$ u एवं $m\ (^{28}_{13}Al) = 27.98191$ u

उत्तर- सम्भावित अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{56}_{26}Fe \longrightarrow m^{28}_{13}Al + m^{28}_{13}Al + Q$$

$$Q = \left[m(^{56}_{26}Fe) - 2 \times m(^{28}_{13}Al)\right] \times 931.5 \text{ MeV}$$

$$= [55.93494 - 2 \times 27.98191] \times 931 \text{ MeV}$$

$$= -26.92 \text{ MeV}$$

चूँकि Q का मान ऋणात्मक है अतः विखण्डन सम्भव नहीं है।

प्रश्न 17 $^{239}_{94}Pu$ के विखण्डन गुण बहुत कुछ $^{235}_{92}Pu$ से मिलते-जुलते हैं। प्रति विखण्डन विमुक्त औसत ऊर्जा 180 MeV है। यदि 1 किग्रा शुद्ध $^{239}_{94}Pu$ के सभी परमाणु विखण्डित हों तो कितनी MeV ऊर्जा विमुक्त होगी?

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-

यहाँ $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ के विखण्डन से मुक्त ऊर्जा $= 180\ \mathrm{MeV}$

$^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ का ग्राम परमाणु द्रव्यमान $= 239\mathrm{g}$

$\therefore$ $^{239}_{94}\mathrm{Pu}$ प्लूटोनियम में उपस्थित परमाणुओं की संख्या $= 6.02 \times 10^{23}$

$\therefore$ 1 किग्रा (= 1000 ग्राम) में उपस्थित परमाणुओं की संख्या $= \frac{6.02\times10^{23}}{239} \times 1000$

$= 2.52 \times 10^{24}$

$\because$ 1 परमाणु के विखण्डन से मुक्त ऊर्जा = 180 MeV

$\therefore$ 1 किग्रा अर्थात् 2.52×10^{24} परमाणुओं के विखण्डन से-

मुक्त ऊर्जा $= 180 \times 2.52 \times 10^{24}$

$= 4.536 \times 10^{26}\ \mathrm{MeV}$

प्रश्न 18 किसी 1000MW विखण्डन रिऐक्टर के आधे ईंधन का 5.00 वर्ष में व्यय हो जाता है। प्रारम्भ में इसमें कितना $^{235}_{92}\mathrm{U}$ था? मान लीजिए कि रिऐक्टर 80% समय कार्यरत रहता है, इसकी सम्पूर्ण ऊर्जा $^{235}_{92}\mathrm{U}$ के विखण्डन से ही उत्पन्न हुई है, तथा $^{235}_{92}\mathrm{U}$ न्यूक्लाइड केवल विखण्डन प्रक्रिया में ही व्यय होता है।

उत्तर-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

रिएक्टर की शक्ति $P = 1000MW = 1000 \times 10^6 Js^{-1} = 10^9 Js^{-1}$

समय $t = 5.0$ वर्ष $= 5 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60s$

$= 1.577 \times 108s$

$\therefore$ 5 वर्ष में रिएक्टर में उत्पन्न ऊर्जा (जबकि यह 80% समय ही कार्य करता है)

$E = 80\% t \times P$

$= \frac{80}{100} \times 1.577 \times 10^8 \times 10^9$

$= 1.2616 \times 10^{17}$ जूल

$\because$ ${}^{235}_{92}U$ के एक परमाणु के विखण्डन से औसतन 200 MeV ऊर्जा उत्पन्न होती है।

$\therefore$ 100 MeV ऊर्जा उत्पन्न होती है = 1 परमाणु से

या $200 \times 1.6 \times 10^{-13}$ J ऊर्जा उत्पन्न होती है = 1 परमाणु से

या $200 \times 1.6 \times 10^{-13}$ J ऊर्जा उत्पन्न होती है = 1 परमाणु से

1 जूल ऊर्जा उत्पन्न होगी $= \frac{1}{200 \times 1.6 \times 10^{-13}}$ परमाणु से

$\therefore$ 1.2616×10^{17} जूल ऊर्जा उत्पन्न होगी $= \frac{1.2616 \times 10^{17}}{200 \times 1.6 \times 10^{-13}}$ परमाणु से

$= 3.94 \times 10^{27}$

$\therefore$ 5.0 वर्ष में विखण्डित नाभिकों की संख्या $n = 3.94 \times 10^{27}$

6.0×10^{23} परमाणु उपस्थित हैं = 235 ग्राम यूरेनियम में

$\therefore 3.94 \times 10627$ परमाण उपस्थित होंगे $= \frac{235 \times 3.94 \times 10^{27}}{6.0 \times 10^{23}}$ ग्राम में

$= 1.544 \times 10^6$ ग्राम में $= 1.544 \times 10^3$ किग्रा

$= 1544$ किग्रा.

$\because 5.0$ वर्ष में आधी माग विघटित होती है,

$\therefore$ रिऐक्टर में ${}^{235}_{92}U$ की प्रारम्भिक मात्रा $= 2 \times 1544 = 3088$ किग्रा।

SHIVOM CLASSES 8696608541

प्रश्न 19 2.0 kg ड्यूटीरियम के संलयन से एक 100 वाट का विद्युत लैम्प कितनी देर प्रकाशित रखा जा सकता है? संलयन अभिक्रिया निम्नवत् ली जा सकती है।

$$_{1}^{2}\mathrm{H} + _{1}^{2}\mathrm{H} \longrightarrow _{2}^{3}\mathrm{He} + \mathrm{n} + 3.27\ \mathrm{MeV}$$

उत्तर- लैम्प की शक्ति P = 100W, ड्यूटीरियम का द्रव्यमान m= 2.0 किग्रा

दी गई समीकरण $_{1}^{2}\mathrm{H} + _{1}^{2}\mathrm{H} \rightarrow _{2}^{3}\mathrm{He} + \mathrm{n} + 3.27\ \mathrm{MeV}$

इस समीकरण से स्पष्ट है कि इस अभिक्रिया में $_{1}^{2}\mathrm{H}$ के दो नाभिकों के संलयन से 3.27 MeV ऊर्जा उत्पन्न होती है।

∵ 2 ग्राम ड्यूटीरियम में उपस्थित नाभिकों की संख्या = 6.02×10^{23}

SHIVOM CLASSES 8696608541

$\therefore$ 2.0 किग्रा (= 2000 ग्राम) में उपस्थित नाभिकों की संख्या $= \frac{6.02 \times 10^{23} \times 2000}{2}$

$= 6.02 \times 10^{26}$

दो नाभिकों के संलयन से उत्पन्न ऊर्जा $= 3.27$ MeV

$= 3.27 \times 1.6 \times 10^{-13}$ जूल

$\therefore$ 2 किग्रा अथवा 6.02×10^{26} नाभिकों के संलयन से उत्पन्न ऊर्जा

$= 3.27 \times 1.6 \times 10^{-13} \times 6.02 \times 10^{26}$ जूल

$= 3.27 \times 1.6 \times 6.02 \times 10^{13}$ जूल

माना इस ऊर्जा से लैम्प को t सेकण्ड तक प्रकाशित रखा जा सकता है, तब

लैम्प द्वारा व्यय ऊर्जा $= 100\text{W} \times \text{ts} = 100\text{tJ}$

$\therefore$ $100\text{t} = 3.27 \times 1.6 \times 6.02 \times 10^{13}$

$\text{t} = 3.27 \times 1.6 \times 6.02 \times 10^{11}$ सेकंड

$= \frac{3.27 \times 1.6 \times 6.02 \times 10^{11}}{365 \times 24 \times 60 \times 60}$ वर्ष

$= 4.9 \times 10^{4}$ वर्ष

अर्थात् लैम्प को 4.9×10^{4} वर्ष तक प्रकाशित रखा जा सकता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

प्रश्न 20 दो ड्यूट्रॉनों के आमने-सामने की टक्कर के लिए कूलॉम अवरोध की ऊँचाई ज्ञात कीजिए।

(संकेत-कूलॉम अवरोध की ऊँचाई का मान इन ड्यूट्रॉन के बीच लगने वाले उस कूलॉम प्रतिकर्षण बल के बराबर होता है जो एक-दूसरे को सम्पर्क में रखे जाने पर उनके बीच आरोपित होता है। यह मान सकते हैं कि ड्यूट्रॉन 2.0fm प्रभावी त्रिज्या वाले दृढ़ गोले हैं।)

उत्तर- प्रत्येक ड्यूट्रॉन पर आवेश $q_1 = q_2 = + 1.6 \times 10^{-19}$ कूलॉम

ऊर्जा के पदों में कूलॉम अवरोध (विभव प्राचीर)- माना प्रारम्भ में प्रत्येक ड्यूट्रॉन की गतिज ऊर्जा K है। जब ये दोनों एक-दूसरे के सम्पर्क में आते हैं तो सम्पूर्ण ऊर्जा विद्युत स्थितिज ऊर्जा में बदल जाती है।

$\therefore$ ऊर्जा संरक्षण से, $U = 2K \Rightarrow \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r} = 2K$

$$\Rightarrow K = \frac{1}{2}\left[9 \times 10^9 \times \frac{1.6\times10^{-19}\times1.6\times10^{-19}}{2.0\times10^{-15}}\right]J$$

$$= 5.76 \times 10^{-14} J$$

$$= \frac{5.76\times106-14}{1.6\times10^{-19}} eV = 3.6 \times 10^5 eV$$

विभव प्राचीर $K = 360\ KeV$

प्रश्न 21 समीकरण के $R = R_{0A}^{\frac{1}{3}}$ आधार पर, दर्शाइए कि नाभिकीय द्रव्य को घनत्व लगभग अचर है (अर्थात् A पर निर्भर नहीं करता है)। यहाँ R_0 एक नियतांक है एवं A नाभिक की द्रव्यमान संख्या है।

उत्तर-

$\because$ नाभिक की द्रव्यमान संख्या = A

$\therefore$ नाभिक का द्रव्यमान m = Au

$$= A \times 1.66 \times 10^{-27} kg$$

पुन: नाभिक का आयतन $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$$= \frac{4}{3}\pi(R_0 A^{\frac{1}{3}})^3$$

$$= \frac{4}{3}\pi R_0^3 A$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

$\therefore$ नाभिक का घनत्व $\rho = \frac{m}{V} = \frac{A \times 1.66 \times 10^{-27}}{\frac{4}{3} \times \pi R_0^3 A}$

$= \frac{3 \times 1.66 \times 10^{-27}}{4\pi R_0^3}$

$\because$ यह घनत्व नाभिक की द्रव्यमान संख्या A से मुक्त है, अत: हम कह सकते हैं कि नाभिकीय द्रव्य का घनत्व लगभग अचर है।

प्रश्न 22 किसी नाभिक से β+ (पॉजिट्रॉन) उत्सर्जन की एक अन्य प्रतियोगी प्रक्रिया है जिसे इलेक्ट्रॉन परिग्रहण (Capture) कहते हैं (इसमें परमाणु की आन्तरिक कक्षा, जैसे कि K-कक्षा, से नाभिक एक इलेक्ट्रॉन परिगृहीत कर लेता है और एक न्यूट्रिनो, ν उत्सर्जित करता है)।

$$e^+ + {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + v$$

दर्शाइए कि यदि β+ उत्सर्जन ऊर्जा विचार से अनुमत है तो इलेक्ट्रॉन परिग्रहण भी आवश्यक रूप से अनुमत है, परन्तु इसका विलोम अनुमत नहीं है।

उत्तर- पॉजिट्रॉन उत्सर्जन की अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है-

$${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e + v + Q_1 \ldots (1)$$

जबकि इलेक्ट्रॉन परिग्रहण की अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है-

$${}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + v + Q_2 \ldots (2)$$

अभिक्रिया (1) का मान-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$Q_1 = [m_N({}^A_Z X) - m_N({}^{A}_{Z-1} Y) - m_e]c^2$$

$$= [\{m({}^A_Z X) - Zm_e\} - \{m({}^{A}_{Z-1} Y) - (Z-1)m_e\} - m_e]c^2$$

$$Q_1 = [m({}^A_Z X) - m({}^{A}_{Z_1} Y) - 2m_e]c^2 \ldots (3)$$

तथा अभिक्रिया (2) के लिए,

$$Q_2 = [m_e + m_N({}^A_Z X) - m_N({}^{A}_{Z-1} Y)]c^2$$

$$= [m_e + \{m({}^A_Z X) - Zm_e\} - \{m({}^{A}_{Z-1} Y) - (Z-1)m_e\}]c^2$$

$$= [m({}^A_Z X) - m({}^{A}_{Z-1} Y]c^2$$

$$Q_2 = [m({}^A_Z X) - m({}^{A}_{Z-1} Y) - 2m_e]c^2 + 2m_e c^2$$

$$Q_2 = Q_1 + 2m_e c^2 \ldots (4)$$

समीकरण (3) व (4) से स्पष्ट है। यदि पॉजिट्रॉन उत्सर्जन [अभिक्रिया (1)] ऊर्जा दृष्टि से अनुमत है तो इस अभिक्रिया का Q-मान अर्थात् Q1 धनात्मक होगी।

अर्थात् $Q_1 > 0$

$Q_2 > Q_1$ अतः $Q_1 > 0 \Rightarrow Q_1 > 0$

अर्थात् तब अभिक्रिया (2) का -मान भी धनात्मक होगा अर्थात् ऊर्जा दृष्टि से इलेक्ट्रॉन परिग्रहण भी अनुमत है।

अब इस अभिक्रिया के विलोम पर विचार कीजिए,

स्पष्ट है कि इस अभिक्रिया का Q मान Q2 के बराबर होगा।

$\therefore Q_2 > 0,$ अतः $Q_3 = -Q_2 < 0$

∵ इस अभिक्रिया का 2-मान ऋणात्मक है; अतः यह अभिक्रिया ऊर्जा दृष्टि से अनुमत नहीं है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अतिरिक्त अभ्यास (पृष्ठ संख्या 466-468)

प्रश्न 23 आवर्त सारणी में मैग्नीशियम का औसत परमाणु द्रव्यमान 24.312u दिया गया है। यह औसत मान, पृथ्वी पर इसके समस्थानिकों की सापेक्ष बहुलता के आधार पर दिया गया है। मैग्नीशियम के तीनों समस्थानिक तथा उनके द्रव्यमान इस प्रकार हैं-

$^{24}_{12}\mathrm{Mg}(28.98504\mathrm{u}),^{25}_{12}\mathrm{Mg}(24.98584\mathrm{u})$ एवं $^{26}_{12}\mathrm{Mg}(25.98259\mathrm{u})$

प्रकृति में प्राप्त मैग्नीशियम में $^{24}_{12}\mathrm{Mg}$ की (द्रव्यमान के अनुसार) बहुलता 78.99% है। अन्य दोनों समस्थानिकों की बहुलता का परिकलन कीजिए।

उत्तर-

दिया है, मैग्नीशियम का औसत परमाणु द्रव्यमान $= 24.312\mathrm{u}$

$^{24}_{12}\mathrm{Mg}$ समस्थानिक की बहुलता $= 78.99\%$

माना समस्थानिक $^{25}_{12}\mathrm{Mg}$ की बहुलता $a\%$ है।

$^{26}_{12}\mathrm{Mg}$ समस्थानिक की बहुलता $= 10078.99 - a$

$= (21.01 - a)\%$

क्रमांक	समस्थानिक	परमाणु द्रव्यमान (y)	बहुलता % (x)
1.	2412Mg	23.98504	78.99
2.	2512Mg	24.98584	A
3.	2612Mg	25.98259	21.01−a

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$\therefore$ औसत परमाणु द्रव्यमान $= \frac{\sum xy}{\sum x}$

$$\Rightarrow 24.312 = \frac{23.98504 \times 78.99 + 24.8584 \times a + 25.98259(21.01 - a)}{78.99 + a + (21.01 - a)}$$

$$= \frac{1894.58 + 24.98584a + 545.894 - 25.98259a}{100}$$

$$\Rightarrow 2431.2 = 2440.474 - 0.99675a$$

$$\Rightarrow 0.99675a = 2440.474 - 2431.2$$

$$= 9.274$$

$$\therefore a = \frac{9.274}{0.99675} = 9.30$$

तथा $21.01 - a = 21.01 - 9.30$

$$= 11.70$$

अतः ${}^{25}_{12}\mathrm{Mg}$ की बहुलता 9.30% तथा ${}^{26}_{12}\mathrm{Mg}$ की बहुलता 11.70% है।

प्रश्न 24 न्यूट्रॉन पृथक्करण ऊर्जा (Separation energy), परिभाषा के अनुसार वह ऊर्जा है, जो किसी नाभिक से एक न्यूट्रॉन को निकालने के लिए आवश्यक होती है। नीचे दिए गए आँकड़ों का इस्तेमाल करके $^{40}_{20}\mathrm{Ca}$ एवं $^{27}_{13}\mathrm{Al}$ नाभिकों की न्यूट्रॉन पृथक्करण ऊर्जा ज़ात कीजिए।

$$m({}^{40}_{20}\mathrm{Ca}) = 39.962591u$$

$$m({}^{41}_{20}\mathrm{Ca}) = 40.962278u$$

$$m({}^{26}_{13}\mathrm{Al}) = 25.986895u$$

$$m({}^{27}_{13}\mathrm{Al}) = 26.981541u$$

उत्तर-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

i. ${}^{41}_{20}\mathrm{Ca}$ की न्यूट्रॉन पृथक्करण ऊर्जा

न्यूट्रॉन पृथक्करण अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है

$${}^{41}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow {}^{40}_{20}\mathrm{Ca} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} + \mathrm{Q}$$

$$\mathrm{Q} = [\mathrm{m}({}^{41}_{20}\mathrm{Ca}) - \mathrm{m}({}^{40}_{20}\mathrm{Ca}) - \mathrm{m_n}] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= [40.962278 - 39.962591 - 1.008665] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$[\because \mathrm{m_n} = 1.008665\mathrm{u}]$$

$$= -0.008978 \times 931.5$$

$$= -8.36\mathrm{Mev}$$

$\therefore$ Q का मान ऋणात्मक है अर्थात् उक्त अभिक्रिया ऊष्माशोषी है।

$\therefore$ न्यूट्रॉन पृथक्करण ऊर्जा 8.36 MeV है।

ii. ${}^{27}_{13}\mathrm{A}$ की न्यूट्रॉन पृथक्करण ऊर्जा

${}^{27}_{13}\mathrm{A}$ की न्यूट्रॉन पृथक्करण समीकरण निम्नलिखित है

$${}^{27}_{13}\mathrm{Al} \rightarrow {}^{26}_{13}\mathrm{Al} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} + \mathrm{Q}$$

$$\mathrm{Q} = [\mathrm{m}({}^{27}_{13}\mathrm{Al}) - \mathrm{m}({}^{26}_{13}\mathrm{Al}) - \mathrm{m_n}] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= [26.981541 - 25.986895 - 1.008665] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= -0.014019 \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= -13.06\mathrm{Mev}$$

$\therefore$ Q का मान ऋणात्मक है, अत: उक्त अभिक्रिया ऊष्माशोषी है।

$\therefore {}^{27}_{13}\mathrm{A}$ की न्यूट्रॉन पृथक्करण ऊर्जा 13.06 MeV है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 25 किसी स्रोत में फॉस्फोरस के दो रेडियो न्यूक्लाइड निहित हैं $^{32}_{15}\mathrm{P}\left(\mathrm{T}_{\frac{1}{2}} = 14.3\mathrm{d}\right)$ एवं $^{33}_{15}\mathrm{P}\left(\mathrm{T}_{\frac{1}{2}} = 25.3\mathrm{d}\right)$ प्रारम्भ में $^{33}_{15}\mathrm{P}$ से 10% क्षय प्राप्त होता है। इससे 90% क्षय प्राप्त करने के लिए कितने समय प्रतीक्षा करनी होगी?

उत्तर-

माना प्रारम्भ में $^{33}_{15}\mathrm{P}$ तथा $^{32}_{15}\mathrm{P}$ को रेडियोऐक्टिवताएँ R_{01} व R_{02} हैं तथा। समय पश्चात् इनकी रेडियोऐक्टिवताएँ R_1 व R_2 हैं।

तब प्रारम्भ में, पदार्थ की कुल सक्रियता = $R_{01} + R_{02}$

परन्तु $R_{01} = 10\%$ प्रारम्भिक सक्रियता

$= \frac{10}{100}(R_{01} + R_{02})$

$\Rightarrow 10R_{01} = R_{01} + R_{02}$

या $9R_{01} = R_{02}$

पुनः t समय पश्चात् कुल सक्रियता $= R_1 + R_2$

$R_1 = 90\%$ कुल सक्रियता

$= \frac{90}{100}(R_1 + R_2)$

$\Rightarrow 10R_1 = 9R_1 + R_2$

$\Rightarrow R_1 = 9R_2$

समीकरण (2) को (1) से भाग करने पर,

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\frac{R_1}{9R_{01}} = \frac{9R_2}{R_{02}}$$

या $\frac{R_1}{R_{0r}} = 81\frac{R_2}{R_{02}}$

${}^{32}_{15}P$ का क्षय स्थिरांक $\lambda_1 = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{25.3}$ प्रतिदिन

${}^{33}_{15}P$ का क्षय स्थिरांक $\lambda_2 = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{14.3}$ प्रतिदिन

परन्तु $R = R_0 e^{-\lambda t}$

$\therefore$ प्रथम पदार्थ के लिए, $R_1 = R_{01}e^{-\lambda_1 t}$

$\Rightarrow \frac{R_1}{R_{01}} = e^{-\lambda_1 t}$

इसी प्रकार दूसरे पदार्थ के लिए, $\frac{R_2}{R_{02}} = e^{-\lambda_2 t}$

समीकरण (3) से, $e^{-\lambda_1 t} = 81e^{-\lambda_2 t}$

$= \frac{e^{-\lambda_1 t}}{e^{-\lambda_2 t}} = 81$

$= e^{(\lambda_2-\lambda_1)t} = 81$

दोनों पक्षों का log लेने पर

$(\lambda_2 - \lambda_1)t \log_e e = \log_e 81 = 2.303 \log_{10} 81$

$= (\lambda_2 - \lambda_1)t = 2.303 \times 1.9085 \, [\because \log_{10} 81 = 1.9085]$

$= \left[\frac{0.693}{14.3} - \frac{0.693}{25.3}\right]t = 4.3953$

$= \frac{0.693(25.3-14.3)}{25.3\times 14.3}t = 4.3953$

$\Rightarrow$ अभीष्ट समय $t = \frac{4.3953\times 25.3\times 14.3}{0.693\times 11}$

$= 209$ दिन

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

प्रश्न 26 कुछ विशिष्ट परिस्थितियों में एक नाभिक, α-कण से अधिक द्रव्यमान वाला एक कण उत्सर्जित करके क्षयित होता है। निम्नलिखित क्षय-प्रक्रियाओं पर विचार कीजिए-

$$^{223}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow ^{209}_{82}\mathrm{Pb} + ^{14}_{6}\mathrm{C}$$

$$^{223}_{88} \rightarrow ^{219}_{86}\mathrm{Rn} + ^{4}_{2}\mathrm{He}$$

इन दोनों क्षय प्रक्रियाओं के लिए Q-मान की गणना कीजिए और दर्शाइए कि दोनों प्रक्रियाएँ ऊर्जा की दृष्टि से सम्भव हैं।

उत्तर- दी गई समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{223}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow ^{209}_{82}\mathrm{Pb} + ^{14}_{6} + \mathrm{Q}$$

$$\mathrm{Q} = [\mathrm{m_N}(^{223}_{88}\mathrm{Ra})] - \mathrm{m_N}(^{209}_{82}\mathrm{Pb})$$

$$- \mathrm{m_{N0}}(^{14}_{6}\mathrm{C})\mathrm{u} \times 931.5\mathrm{MeVu}^{-1}$$

$$= [\mathrm{m}(^{223}_{88}\mathrm{Ra}) - 88\mathrm{M_e} - \mathrm{m}(^{209}_{82}\mathrm{Pb}) + 82\mathrm{M_e}$$

$$- \mathrm{m}(^{14}_{6}\mathrm{C}) + 6\mathrm{m_e}] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= [\mathrm{m}(^{223}_{88}\mathrm{Ra}) - \mathrm{m}(^{209}_{80}\mathrm{Pb}) - \mathrm{m}(^{14}_{6}\mathrm{C})] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= [223.0150 - 208.98107 - 14.00324] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= 0.03419 \times 931.5$$

$$= 31.85\mathrm{MeV}$$

दूसरी समीकरण निम्नलिखित है-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$^{223}_{88}rRa \rightarrow ^{219}_{86} Rn + ^4_2 He + Q$$

यहाँ $Q = [m_N(^{223}_{88}Ra) - m_N(^{219}_{86}Pb)$

$- m_N(^4_2He)]u \times 931.5MeVu^{-1}$

$= [m(^{223}_{88}Ra) - 88m_e - 88m_e - m(^{219}_{88}Rn) + 86M_e$

$- m(^4_2He) + 2m_e] \times 931.5MeV$

$= [m(^{223}_{8}Ra) - m(^{219}_{86}Rn) - m(^4_2He)] \times 931.5MeV$

$= [223.01850 - 219.00948 - 4.00260] \times 931.5MeV$

या $Q = 0.00642 \times 931.5$

$= 5.98Mev$

∵ दोनों अभिक्रियाओं के Q- मान धनात्मक है। अतः ऊर्जा दृष्टि से दोनों अभिक्रियाओं सम्भव है।

प्रश्न 27 तीव्र न्यूट्रॉनों द्वारा $^{238}_{92}U$ के विखण्डन पर विचार कीजिए। किसी विखण्डन प्रक्रिया में प्राथमिक अंशों (Primary fragments) के बीटा-क्षय के पश्चात कोई न्यूट्रॉन उत्सर्जित नहीं होता तथा $^{140}_{58}P$ तथा $^{98}_{34}Ru$ अन्तिम उत्पाद प्राप्त होते हैं। विखण्डन प्रक्रिया के लिए Q के मान का परिकलन कीजिए। आवश्यक आँकड़े इस प्रकार हैं-

$m(^{238}_{92}U) = 238.05079u$

$m(^{140}_{58}Ce) = 138.90543u$

$m(^{99}_{34}Ru) = 98.0594u$

उत्तर-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$^{238}_{92}U$ की विखण्डन अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है-

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{140}_{58}Ce + ^{99}_{34}Ru + Q$$

इस समीकरण का Q-मान निम्नलिखित है-

$$Q = [m(^{238}_{92}U) + m_n - m(^{140}_{58}Ce) - m(^{99}_{34}Ru)]u \times 931.5MeVu^{-1}$$

$$= [238.05079 + 1.00867 - 139.90543 - 98.90594] \times 931.5MeV$$

$$= 0.24809 \times 931.5$$

$$= 231MeV$$

प्रश्न 28 D.T अभिक्रिया (ड्यूटीरियम-ट्राइटियम संलयन), $^{2}_{1H} + ^{3}_{1H} \rightarrow ^{4}_{2He} + n$ पर विचार कीजिए।

a. नीचे दिए गए आँकड़ों के आधार पर अभिक्रिया में विमुक्त ऊर्जा का मान Mev में ज्ञात कीजिए।

$$m(^{2}_{1}H) = 2.014102u$$

$$m(^{3}_{1}H) = 3.016049u$$

b. इयूटीरियम एवं ट्राइटियम दोनों की त्रिज्या लगभग 1.5fm मान लीजिए। इस अभिक्रिया में, दोनों नाभिकों के मध्य कूलॉम प्रतिकर्षण से पार पाने के लिए कितनी गतिज ऊर्जा की आवश्यकता है? अभिक्रिया प्रारम्भ करने के लिए गैसों (D तथा T गैसें) को किस ताप तक ऊष्मित किया जाना चाहिए?

(संकेत- किसी संलयन क्रिया के लिए आवश्यक गतिज ऊर्जा = संलयन क्रिया में संलग्न कणों की औसत तापीय गतिज ऊर्जा $= 2\left(3\frac{kT}{2}2\right)$; k: बोल्ट्ज़मान नियतांक तथा T = परम ताप)

उत्तर-

a. दी गई अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$${}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He\ {}_0^1n + Q$$

जहाँ $Q = [m_N({}_1^2H) + m_N({}_1^3H) - m_N({}_2^4He) - m_n]u \times 931.5MeVu^{-1}$

$= [m({}_1^2H) - m_e + m({}_1^3H) - m_e - m({}_2^4He) + 2m_e - m_n] \times 931.5MeV$

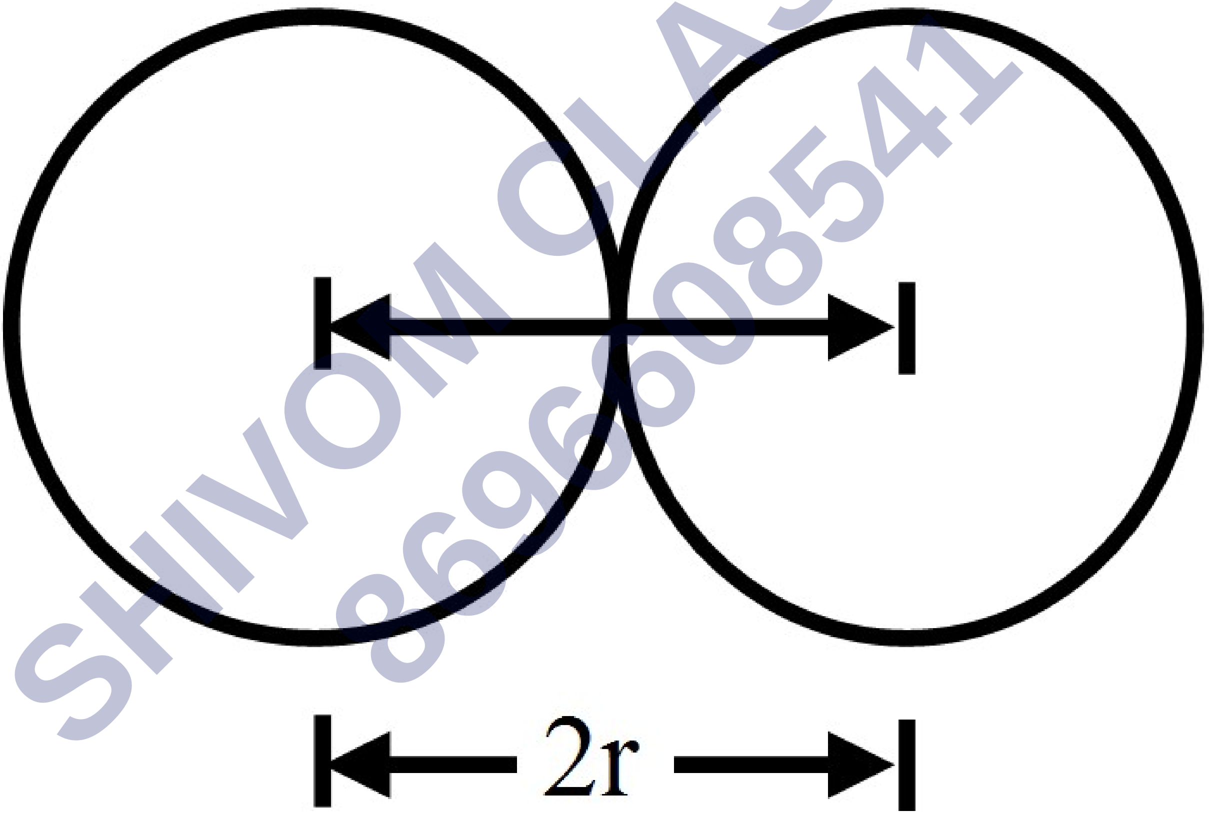
$= [m({}_1^2H) + m({}_1^3H) - m({}_2^4He) - m_n] \times 931.5MeV$

$= [2.014102 + 3.016049 - 4.0026.3 - 1.008665] \times 931.5$

$= 0.018883 \times 931.5$

$= 17.59Mev$

b. ड्यूटीरियम तथा ट्राइटियम प्रत्येक पर आवेश-



SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$q_1 + q_2 = +1.6 \times 10^{19} C$$

प्रत्येक की त्रिज्या $r = 1.5 fm = 1.5 \times 10^{-15} m$

दोनो के बीच कूलाम अवरोध

U - निकाय की विद्युत स्थितिज ऊर्जा जबकि दोनों परस्पर संपर्क में है।

$$= \frac{1}{\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1 q_2}{2r} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6\times10^{-19}\times1.6\times10^{-19}}{2\times1.5\times10^{-15}}$$

$$= 7.68 \times 10^{-14} J$$

माना उक्त कूलाम अवरोध को पार करने के लिए प्रत्येक कण को K गतिज ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

तब $K + K = U$

$$\Rightarrow 2K = U$$

अतः कुल गतिज ऊर्जा $= \frac{7.68\times10^{-14}}{1.6\times10^{-19}} eV$

$$= 480.0 keV$$

परन्तु कण की तापीय गतिज ऊर्जा $K = \frac{3}{2} kT$

$$\therefore \frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} U$$

$$\Rightarrow T = \frac{U}{3k}$$

अभीष्ट परमताप $T = \frac{7.68\times10^{-14}}{3\times1.38\times10^{-23}}$

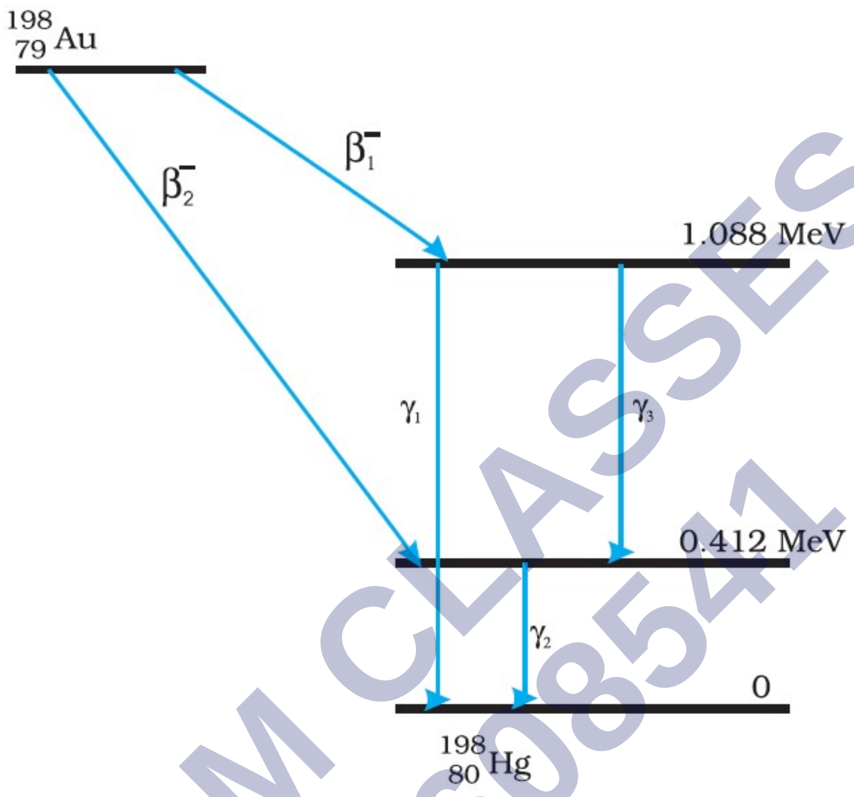
$$= 1.85 \times 10^9 K$$

प्रश्न 29 नीचे दी गई क्षय-योजना में, γ -क्षयों की विकिरण आवृत्तियाँ एवं β -कणों की अधिकतम गतिज ऊर्जाएँ ज्ञात कीजिए। दिया है-

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$m(^{198}Au) = 197.968233u$

$m(^{198}Hg) = 197.966760u$



उत्तर-

चित्र से, $E_1 = {}^{198}_{80}Hg$ की निम्नतम ऊर्जा स्तर में ऊर्जा = 0MeV

$E_2 = {}^{198}_{80}Hg$ की प्रथम उत्तेजित अवस्था में ऊर्जा = 0.412MeV

$E_3 = {}^{198}_{80}Hg$ की द्वितीय उत्तेजित अवस्था में ऊर्जा = 1.088MeV

माना उत्सर्जित γ फोटॉनों (γ_1, γ_2 व γ_3) की आवृत्तियाँ क्रमशः v_1, v_2 व v_3 हैं।

तब $v_1 = \frac{\triangle E}{h} = \frac{E_3 - E_1}{h}$

$= \frac{1.088 \times 1.6 \times 10^{-13} J - 0}{6.62 \times 10^{-34}}$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$= 9096 \times 10^{19}\text{Hz}$

$$v_3 = \frac{E_3 - E_2}{h}$$

$$= \frac{(1.088 - 0.412) \times 1.6 \times 10^{-13}\text{J}}{6.62 \times 10^{-34}}$$

$= 1.63 \times 10^{20}\text{Hz}$

जबकि इन फोटॉनों की ऊर्जाएँ निम्नलिखित हैं,

$$E(\gamma_1) = E_3 - E_1 = 1.088\text{MeV}$$

$$E(\gamma_2) = E_2 - E_1 = 0.412\text{MeV}$$

$$E(\gamma_3) = E_3 - E_2 = 1.088 - 0.412 = 0.676\text{MeV}$$

${}^{198}_{79}\text{Au}$ के β_1^- क्षय में Au नाभिक पहले एक β कण उत्सर्जित करता है तत्पश्चात् γ_1 -फोटॉन को। उत्सर्जित करके ${}^{198}_{80}\text{Hg}$ नाभिक में बदल जाता है- अतः

${}^{198}_{79}\text{Au}$ के β_1^- -क्षय का समीकरण निम्नलिखित है

$${}^{198}_{79}\text{Au} \rightarrow {}^{198}_{80}\text{Hg} + {}^{0}_{-1}e + E(\beta_1^-) + E(\gamma_1)$$

यहाँ $E(\beta_1^-)$ तथा $E(\gamma_1)$ इन कणों की ऊर्जाएँ हैं। स्पष्ट है कि $E(\beta_1^-)$ का मान अधिकतम होगा यदि ${}^{198}_{80}\text{Hg}$ की गतिज ऊर्जा शून्य हो। अर्थात् अभिक्रिया की सम्पूर्ण ऊर्जा केवल β -कण तथा γ -कोटॉन की ऊर्जा के रूप में निकलें।

∴ β -कण की महत्तम गतिज ऊर्जा

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$E(\beta_1^-) = Q - E(\gamma_1)$$
$$= [m_N(^{198}_{79}Au) - m_N(^{198}_{80}Hg) - m_e] \times 931.5MeV - E(\gamma_1)$$
$$= [m(^{198}_{79}Au) - 79m_e - m(^{198}_{80}Hg) + 80m_e - m_e] \times 931.5 - E(\gamma_1)$$
$$= [m(^{198}_{79}Au) - m(^{198}_{80}Hg)] \times 931.5 - E(\gamma_1)$$
$$= [197.968233 - 197.966760] \times 931.5 - 1.088$$
$$= 0.001473 \times 931.5 - 1.088$$
$$= (1.372 - 1.088)MeV$$
$$= 0.284MeV$$

$^{198}_{79Au}$ के β_2^- -क्षय में Au नांभिक पहले β -कण उत्सर्जित करता है तत्पश्चात् γ2 फोटॉन उत्सर्जित करता हुआ $^{198}_{80Hg}$ नाभिक में बदल जाता है।

इसे क्षय का समक्रण निम्नलिखित है

$$^{198}_{79}Au \rightarrow \, ^{198}_{80}Hg + \, ^{0}_{-1}e + E(\beta_2^-) + E(\gamma_2)$$

∴ उत्सर्जित β–2 -कण की महत्तम गतिज ऊर्जा

$$E(\beta_2^-) = Q - E(\gamma_2)$$
$$= [m_N(^{198}_{79}Au) - m_N(^{198}_{80}Hg) - m_e] \times 9031.5 - E(\gamma_2)$$
$$= [m(^{198}_{79}Au) - 79m_e - m(^{198}_{80}Hg) + 80m_e - m_e] \times 931.5 - E(\gamma_2)$$
$$= [m(^{198}_{79}Au) - m(^{198}_{80}Hg)] \times 931.5 - E(\gamma_2)$$
$$= [197.968233 - 197.966760] \times 931.5 - 0.412$$
$$= 1.372 - 0.676$$
$$= 0.960MeV$$

प्रश्न 30 सूर्य के अभ्यंतर में (a) 1kg हाइड्रोजन के संलयन के समय विमुक्त ऊर्जा का परिकलन कीजिए। (b) विखण्डन रिएक्टर में $1.0kg^{235}U$ के विखण्डन में विमुक्त ऊर्जा का परिकलन कीजिए। (c) तथा (b) प्रश्नो में विमुक्त ऊर्जाओं की तुलना कीजिए।

SHIVOM CLASSES 8696608541

उत्तर-

a. सूर्य के अभ्यन्तर में हाइड्रोजन के 4 परमाणु निम्नलिखित अभिक्रिया के अनुसार संलयित होकर हीलियम परमाणु का निर्माण करते हैं तथा लगभग 26Mev ऊर्जा उत्पन्न होती है।

$$4{}_1^1\mathrm{H} \longrightarrow {}_2^4\mathrm{He} + 2{}_{+1}^{\ u}\mathrm{e} + 2\mathrm{v} + 26\mathrm{MeV}$$

$\because$ हाइड्रोजन का ग्राम परमाणु द्रव्यमान $= 1\mathrm{g}$

$\therefore$ $1\mathrm{g}$ हाइड्रोजन में उपस्थिति परमाणुओं की संख्या $= 6.02 \times 10^{26}$

$\therefore$ $1\mathrm{kg}(= 1000\mathrm{g})$ में उपस्थिति परमाणुओं की संख्या $= 6.02 \times 10^{26}$

$\because$ हाइड्रोजन के 4 परमाणुओं से उत्पन्न ऊर्जा $= 26\mathrm{MeV}$

$\therefore$ 1 परमाणु से उत्पन्न ऊर्जा $= \frac{26}{4}\mathrm{Mev}$

$\therefore$ 6.02×10^{26} परमाणुओं से उत्पन्न ऊर्जा $= \frac{26 \times 6.02 \times 10^{26}}{4}$

$= 39.13 \times 10^{26}\mathrm{MeV}$

$\therefore$ सूर्य से अभ्यन्तर में 1kg हाइड्रोजन के संलयन से उत्पन्न ऊर्जा = 39.13×10^{26}MeV

b. हम जानते है की विखंडन रिएक्टर में निम्न अभिक्रिया के अनुसार ${}^{235}_{92}U$ के एक परमाणु के विखंडन से लगभग 200MeV ऊर्जा उत्पन्न होती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

$$^{235}_{92}U \quad + \quad ^1_0n \quad \longrightarrow \quad ^{141} - 56Ba \quad + \quad 3^1_0n \quad + \quad 200MeV \text{ ऊर्जा}$$

$\because$ 235g यूरेनियम में परमाणुओं की संख्या $= 6.02 \times 10^{23}$

$\therefore$ 1g यूरेनियम में परमाणुओं की संख्या $= \frac{6.02 \times 10^{23}}{235}$

$\therefore$ 1kg(= 1000g) यूरेनियम में परमाणुओं की संख्या $= \frac{6.02 \times 10^{23} \times 1000}{235}$

$= 25.62 \times 10^{23}$

$\because$ 1 परमाणु के विखंडन से प्राप्त ऊर्जा $= 200MeV$

$\therefore$ 25.62×10^{23} परमाणुओं से प्राप्त ऊर्जा $= 200 \times 25.62 \times 10^{23}$

$= 5.124 \times 10^{26} MeV$

या 1kg $^{235}_{92}U$ के विखंडन से प्राप्त ऊर्जा $= 5.12 \times 10^{26}$Mev

$$\frac{\text{1 kg हाइड्रोजन के संलयन से प्राप्त ऊर्जा}}{\text{1 kg } ^{235}U \text{ के विखंडन से प्राप्त ऊर्जा}} = \frac{39.13 \times 10^{26}}{5.12 \times 10^{26}}$$

c. अर्थात् 1kg हाइड्रोजन के संलयन से प्राप्त ऊर्जा, 1kg 235U के विखंडन से प्राप्त ऊर्जा की लगभग 8 गुनी है।

प्रश्न 31 मान लीजिए कि भारत का लक्ष्य 2020 तक200,000MW विद्युत शक्ति जनन का है। इसका 10% नाभिकीय शक्ति संयंत्रों से प्राप्त होना है। माना कि रिएक्टर की औसत उपयोग दक्षता (ऊष्मा को विद्युत में परिवर्तित करने की क्षमता) 25% है। 2028 के अन्त तक हमारे देश को प्रति वर्ष कितने विखण्डनीय यूरेनियम की आवश्यकता होगी। 235U प्रति विखण्डन उत्सर्जित ऊर्जा 200MeV है।

उत्तर- कुल ऊर्जा लक्ष्य = 200,000MW

$\therefore$ नाभिकीय संयंत्रों से प्राप्त शक्ति = 10% x 200,000MW

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$= \frac{10}{100} \times 200,000 \times 10^5 w$

$= 2 \times 10^{10} w$

∴ प्रतिवर्ष नाभिकीय संयंत्रों से प्राप्त ऊर्जा = $2 \times 10^{10} Js^{-1} \times 1 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60s$

$= 6.31 \times 10^{17} J$

माना संयंत्रों में विखण्डन हेतु $xkg\ ^{235}U$ की प्रतिवर्ष आवश्यकता होती है।

∵ $235g\ ^{235}U$ में परमाणुओं की संख्या $= 6.02 \times 10^{23}$

∴ $1g\ ^{235}U$ में परमाणुओं की संख्या $= \frac{6.02 \times 10^{23}}{235}$

∴ $xkg(= x \times 1000g)$ यूरेनियम में परमाणुओं की संख्या $= \frac{6.02 \times 10^{23} \times x10^3}{235}$

$= 25.62 \times x \times 10^{23}$

$1\ ^{235}U$ परमाणु के विखंडन से प्राप्त ऊर्जा $= 200MeV$

∴ $xkg\ ^{235}U$ के परमाणु के विखंडन से प्राप्त ऊर्जा

$= 25.62 \times x \times 10^{23} \times 200MeV$

$= 51.24 \times x \times 10^{25} MeV$

$= 51.24 \times x \times 10^{25} \times 1.6 \times 10^{-13} J$

$= 81.98 \times x \times 10^{12} J$

SHIVOM CLASSES 8696608541

∵ संयंत्रों की दक्षता 25% है, अतः

$$\text{सयंत्रो से प्राप्त उपयोगी ऊर्जा} = \eta \times 81.98 \times \mathbf{x} \times 10^{12}$$

$$= \frac{25}{100} \times 81.98 \times \mathbf{x} \times 10^{12}\mathrm{J}$$

$$\therefore \frac{25}{100} \times 81.98 \times \mathbf{x} \times 10^{12} = 6.31 \times 10^{17}$$

$$\Rightarrow \mathbf{x} = \frac{6.31 \times 10^{17} \times 100}{25 \times 81.98 \times 10^{12}}$$

$$= 3.078 \times 10^{4}\mathrm{kg}$$

की विखंडन अभिक्रिया का समीकरण निम्नलिखित है

$$^{238}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{140}_{58}\mathrm{Ce} + {}^{99}_{34}\mathrm{Ru} + \mathrm{Q}$$

इस समीकरण का Q- मान निम्नलिखित है-

$$\mathrm{Q} = [\mathrm{m}({}^{238}_{92}\mathrm{U}) + \mathrm{m_n} - \mathrm{m}({}^{140}_{58}\mathrm{Ce})$$

$$- \mathrm{m}({}^{99}_{34}\mathrm{Ru})]\mathrm{u} \times 931.5\mathrm{MeVu}^{-1}$$

$$= [238.05079 + 1.00867 - 139.90543 - 98.90594] \times 931.5\mathrm{MeV}$$

$$= 0.24809 \times 931.5$$

$$= 231\mathrm{MeV}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)