

भौतिकी

अध्याय-13: नाभिक



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 चारों 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 चारों ओर अलग-अलग कक्षाओं में घूमता रहता है।
- नाभिक के अंदर प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन होते हैं प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों की संख्या के योग को परमाणु की द्रव्यमान संख्या कहते हैं। एवं केवल प्रोटोनों की संख्या को परमाणु क्रमांक कहते हैं।
- ${}_{17}\text{Cl}^{35}$ 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।
- ${}_{84}\text{P}^{218}$ इस संकेतक से तात्पर्य है - इसमें 84 नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या या परमाणु क्रमांक है तथा 218 पोलोनियम 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।

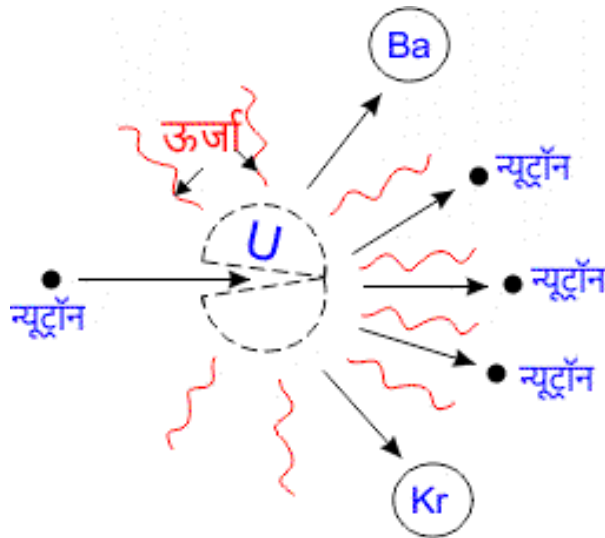
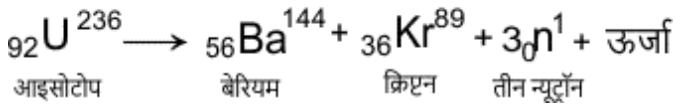
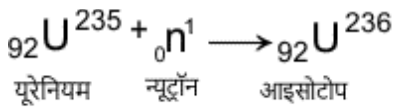
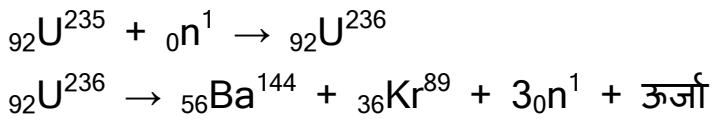
नाभिकीय विखंडन

जब किसी भारी तत्व के परमाणुओं पर न्यूट्रॉनों 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।

नाभिकीय विखंडन का समीकरण

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

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



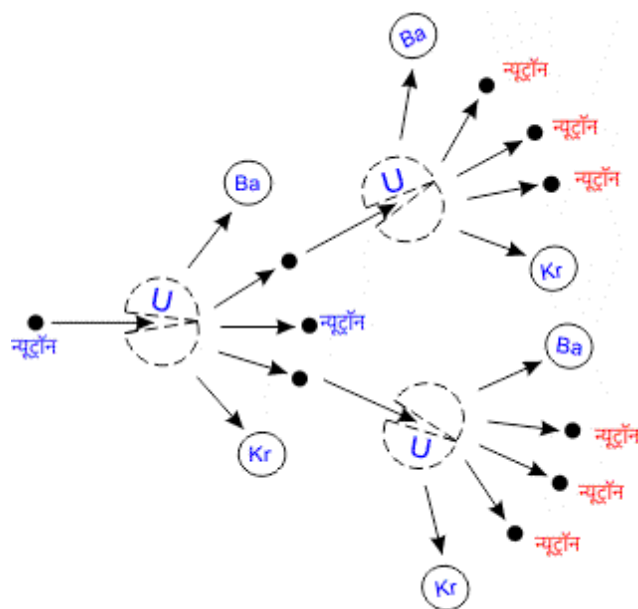
नाभिकीय विखंडन

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।

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 न्यूट्रॉनों की गतिज ऊर्जा तथा ऊष्मा विकिरणों के रूप में प्राप्त होता है।

नाभिकीय विखंडन में श्रृंखला अभिक्रिया



श्रृंखला अभिक्रिया

जब यूरेनियम परमाणु पर न्यूट्रॉनों 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। अर्थात् परमाणु बम नाभिकीय विखंडन पर आधारित होता है।

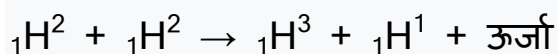
नाभिकीय संलयन

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

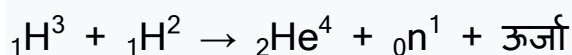
नाभिकीय संलयन प्रक्रिया से प्राप्त भारी नाभिक का द्रव्यमान, हल्के दोनों नाभिकों के द्रव्यमान के योग से कम होता है। इस प्रकार नाभिकीय संलयन में द्रव्यमान की हानि (क्षति) होती है जो कि ऊर्जा के रूप में प्राप्त हो जाती है।

नाभिकीय संलयन के उदाहरण

जब दो भारी हाइड्रोजन अर्थात् ड्यूटेरियम (${}_1\text{H}^2$) संलयित होते हैं। तो ट्राइटेरियम प्राप्त होता है। एवं द्रव्यमान की क्षति ऊर्जा के रूप में प्राप्त होती है।



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



अतः स्पष्ट है कि ड्यूटेरियम के तीन नाभिक संलयित होकर एक हीलियम नाभिक का निर्माण करते हैं। इस दौरान जो ऊर्जा मुक्त होती है वह प्रोटॉन (${}_1\text{H}^1$) तथा न्यूट्रॉन (${}_0\text{n}^1$) को गतिज ऊर्जा के रूप में प्राप्त होती है।

नाभिकीय संलयन का उदाहरण हाइड्रोजन बम (hydrogen bomb) है। अर्थात् 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।

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

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

n अर्द्ध आयु के पश्चात रेडियोएक्टिव पदार्थ की सक्रियता

$$R = R_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

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। अर्थात् स्पष्ट है कि 1 क्यूरी में 3.7×10^{10} विघटन/सेकंड होते हैं।

$$1 \text{ क्यूरी } C = 3.7 \times 10^{10} \text{ विघटन/सेकंड}$$

$$1 \text{ मिलीक्यूरी } mC = 3.7 \times 10^7 \text{ विघटन/सेकंड}$$

$$1 \text{ माइक्रोक्यूरी } \mu C = 3.7 \times 10^4 \text{ विघटन/सेकंड}$$

सक्रियता का एस आई मात्रक बेकेरल होता है

$$1 \text{ बेकेरल} = 1 \text{ विघटन/सेकंड}$$

$$1 \text{ क्यूरी } C = 3.7 \times 10^{10} \text{ बेकेरल}$$

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।

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

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। 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 $\frac{4}{3}\pi R^3$ होगा। अतः

$$\frac{4}{3} 3\pi R^3 \propto A$$

$$\text{या } R^3 \propto A$$

$$R = A^{1/3}$$

$$R = R_0 A^{1/3}$$

जहां R_0 एक नियतांक है इस नियतांक का प्रयोग द्वारा प्राप्त मान 1.2×10^{-15} मीटर के लगभग होता है। चूंकि 19 न्यूक्लियॉनों 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।

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

नाभिकीय बल

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

नाभिकीय बल दो प्रकार के होते हैं।

(1) प्रबल नाभिकीय बल

(2) दुर्बल नाभिकीय बल

प्रबल नाभिकीय बल

नाभिक के भीतर प्रोटॉनों 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। अर्थात् दो प्रोटॉनों 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 - न्यूक्लियोनों के बीच आकर्षण के कारण ही नाभिकीय बल लगता है।
2. नाभिकीय बल विद्युत बल नहीं होता है - अर्थात् यह बल विद्युत प्रकृति के नहीं होते हैं।
3. नाभिकीय बल अत्यंत प्रबल होता है - अर्थात् यह बल बहुत अधिक मजबूत होते हैं। क्योंकि इनके परमाणुओं में लघु परास होती है।

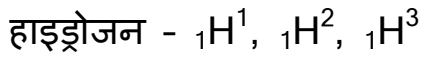
नाभिक का वर्गीकरण

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

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

समस्थानिक (समप्रोटॉनिक)

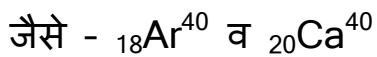
वे तत्व जिनके परमाणु क्रमांक समान होते हैं एवं द्रव्यमान संख्या (प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉनों की संख्या) भिन्न-भिन्न होती हैं। समस्थानिक कहलाते हैं। जैसे



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

समभारिक

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

**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।

