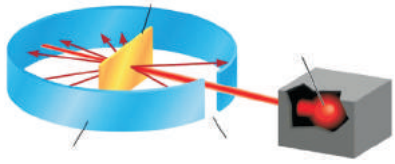
TJRTL3

अध्याय–3

परमाणु संरचना

(Atomic Structure)



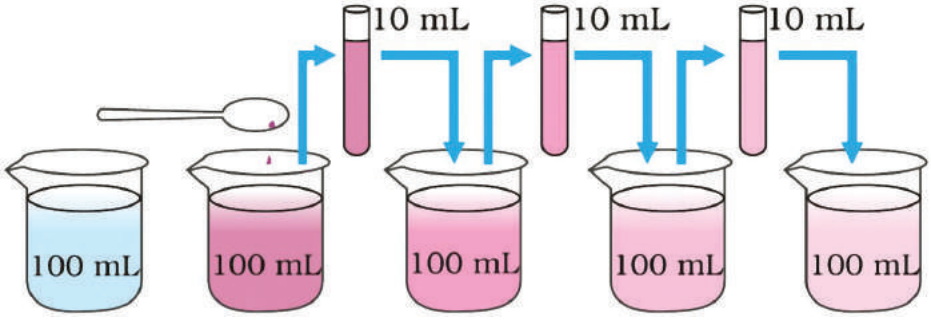
हम अपने चारों तरफ देखें तो हमें विभिन्न आकार, आकृति, रंग और बनावट वाली वस्तुएँ दिखाई देती हैं जो विभिन्न पदार्थों से बनी होती हैं। पदार्थ कणों से बने होते हैं। अब प्रश्न यह उठता है कि आखिर ये कण कितने छोटे होते हैं?

जब हम एक गिलास पानी में 1–2 बूँदें डिटॉल की डालते हैं तब पानी से डिटॉल की गंध आने लगती है। इसमें यदि और पानी मिलाएँ तब भी उसकी गंध आती है, ऐसा क्यों होता होगा?

आइए, इसे समझने के लिए एक क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–1

- पोटैशियम परमैंगनेट के दो या तीन क्रिस्टल को 100 mL पानी में घोल लें, घोल के रंग को ध्यान से देखें। (चित्र क्रमांक–1)
- इस घोल में से लगभग 10 mL घोल निकालकर उसे 90 mL पानी में मिला दें।
- फिर इस घोल (उपर्युक्त) में से 10 mL निकालकर उसे भी 90 mL पानी में मिला दें।
- इस प्रकार इस घोल को 5 से 8 बार तक तनुकृत करते जाएँ।
- क्या घोल अब भी रंगीन है?



चित्र क्रमांक–1 : पदार्थ के कण कितने छोटे होते हैं

तनु घोल के रंग को देखने के लिए परखनली के पीछे सफेद कागज रखकर देखिए एवं तुलना करने के लिए एक परखनली में सादा पानी ले लीजिए।

इस क्रियाकलाप में आपने अवलोकन किया है कि पोटैशियम परमैंगनेट के 2 या 3 क्रिस्टल पानी की बहुत अधिक मात्रा को रंगने के लिए पर्याप्त हैं। सोचिए, पोटैशियम परमैंगनेट के एक क्रिस्टल में कितने अधिक कण होंगे और वे कितने सूक्ष्म होंगे?

वास्तव में ये इतने सूक्ष्म होते हैं कि उस पदार्थ का इससे छोटा कण हो ही नहीं सकता। पदार्थों के ये सूक्ष्म कण दो प्रकार के होते हैं– अणु तथा परमाणु। परमाणु एक आधारभूत (बुनियादी) कण है। परमाणु आपस में जुड़कर अणु बनाते हैं। सदियों से परमाणु को समझने के प्रयास किए जा रहे हैं। परमाणु की वर्तमान अवधारणा तक हम कैसे पहुँचे हैं? आइए, इसे जानें।

3.1 परमाणु की कहानी कितनी नई, कितनी पुरानी (The story of the atom)

परमाणु को जानने के प्रयास की कहानी बड़ी रोचक है जो ईसा से 500 वर्ष पूर्व से शुरू हुई। भारतीय दार्शनिक महर्षि कणाद ने प्रतिपादित किया था कि यदि हम पदार्थ (द्रव्य) को विभाजित करते जाएँ तो हमें छोटे–छोटे कण प्राप्त होते जाएँगे तथा अंत में एक सीमा आएगी जब प्राप्त कण को पुनः विभाजित नहीं किया जा सकेगा अर्थात् वह सूक्ष्मतम कण अविभाज्य रहेगा। एक ग्रीक दर्शनशास्त्री लियुसीपस (Leucippus) और उनके विद्यार्थी डेमोक्रिटस (Democritus) ने इस बारे में सोचना शुरू किया कि अगर किसी पदार्थ के टुकड़े करते जाएँ तो एक स्थिति ऐसी आती होगी जब उसे और अधिक छोटे टुकड़ों में नहीं तोड़ा जा सकता। डेमोक्रिटस ने उसे ''एटमोस'' कहा अर्थात् जिसे और तोड़ा नहीं जा सकता। साथ ही यह भी कहा कि पूरी दुनिया इन्हीं से बनी हुई है।

हम जानते हैं कि विज्ञान में केवल चिंतन–मनन से काम नहीं चलता, उन्हें जाँचने के लिए विभिन्न प्रयोगों, विश्लेषणों, तर्कों और आधारों की आवश्यकता होती है। चूंकि डेमोक्रिटस के पास कोई आधार नहीं था, इसलिए उनका परमाणुवाद प्रचलित नहीं हो पाया। ईसा से 306 वर्ष पूर्व एथेंस में इपिक्यूरस (Epicurus) ने अपनी किताब में लिखा कि हमारे आस–पास जो भी चीजें हैं, वे परमाणुओं से बनी हैं। ल्यूक्रेसियस (Lucretius) ने भी ''चीजों की प्रकृति'' (Nature of Things) नामक कविता में परमाणु संबंधी बात की थी। इस मत को अठारहवीं शताब्दी में रसायनशास्त्र की नई तकनीक के विकास के कारण बल मिला।

आपने पढ़ा है कि किसी रासायनिक अभिक्रिया में पदार्थ का द्रव्यमान संरक्षित रहता है। वर्ष 1799 में प्राऊस्ट का स्थिर अनुपात का नियम (law of constant proportions) आया, जिसके अनुसार प्रत्येक रासायनिक यौगिक तत्वों से मिलकर बना होता है। रासायनिक यौगिकों में भारानुसार तत्वों का अनुपात सदैव निश्चित होता है। इस नियम को कई वैज्ञानिकों ने प्रयोग करके देखा एवं विभिन्न यौगिकों के बनने को समझा और परखा। इन नियमों की व्याख्या करने के लिए किए गए मिले–जुले प्रयासों ने परमाणु को समझने में बड़ी मदद की।

ब्रिटेन के एक स्कूल अध्यापक और वैज्ञानिक जॉन डाल्टन (John Dalton) ने यह बताया कि ये सारे प्रायोगिक नियम सही क्यों हैं और इन नियमों की व्याख्या करने के लिए उन्होंने परमाणु सिद्धांत दिया। डाल्टन ने अपने प्रयास को 1808 में किताब (A New System of Chemical Philosophy)) के रूप में प्रकाशित किया। डाल्टन के सिद्धांत की विवेचना निम्नलिखित प्रकार से कर सकते हैं–

1. सभी पदार्थ परमाणुओं से बने होते हैं।
2. परमाणु अविभाज्य, सूक्ष्मतम कण होते हैं जो रासायनिक अभिक्रिया में न तो बनते हैं और न ही उनका विनाश होता है।
3. किसी एक तत्व के परमाणुओं का द्रव्यमान एवं रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं।
4. अलग–अलग तत्वों के परमाणुओं का द्रव्यमान एवं रासायनिक गुणधर्म अलग–अलग होते हैं।
5. अलग–अलग तत्वों के परमाणु परस्पर छोटी पूर्ण संख्या के अनुपात में संयोग करके यौगिक बनाते हैं।
6. किसी भी यौगिक में परमाणुओं की सापेक्ष संख्या एवं प्रकार निश्चित होते हैं।

डाल्टन का गुणित अनुपात नियम

जॉन डाल्टन

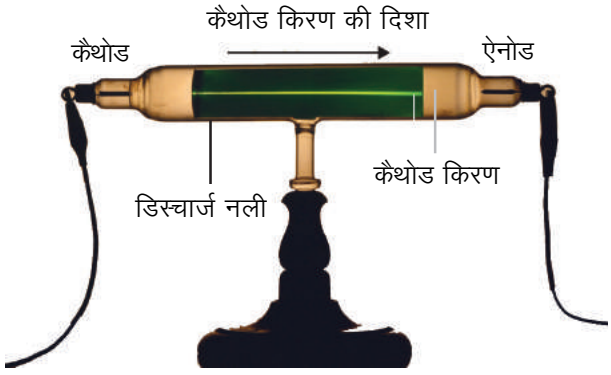
डाल्टन ने देखा कि 3 ग्राम कार्बन, 4 ग्राम ऑक्सीजन के साथ संयोग करके कार्बन मोनोऑक्साइड बनाता है और 3 ग्राम कार्बन, 8 ग्राम ऑक्सीजन के साथ संयोग करके कार्बन डाइऑक्साइड भी बनाता है। 8 ग्राम ऑक्सीजन, 4 ग्राम ऑक्सीजन का दुगुना है। इस तरह जब भी डाल्टन ने तत्वों के संयोग को विभिन्न अनुपातों में देखा तो पाया कि इनमें एक सरल गुणित अनुपात दिखता है अर्थात् हर बार परमाणु अविभाज्य है। इसे उन्होंने बाद में गुणित अनुपात नियम के रूप में प्रकाशित किया। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि जब दो तत्व संयोजित होकर एक से अधिक यौगिक बनाते हैं तब एक तत्व के साथ दूसरे तत्व के संयुक्त होने वाले द्रव्यमान छोटे पूर्णांकों के अनुपात में होते हैं। उपर्युक्त उदाहरण में स्पष्ट है कि कार्बन, ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होकर दो प्रकार के यौगिक कार्बन मोनोऑक्साइड और कार्बन डाइऑक्साइड बनाता है और यहाँ ऑक्सीजन के द्रव्यमान (4 ग्राम और 8 ग्राम) जो कार्बन के निश्चित द्रव्यमान (3 ग्राम) के साथ संयुक्त होते हैं एक सरल अनुपात 4:8 या 1:2 में होते हैं।

3.2 क्या परमाणु अविभाज्य है? (Is atom indivisible ?)

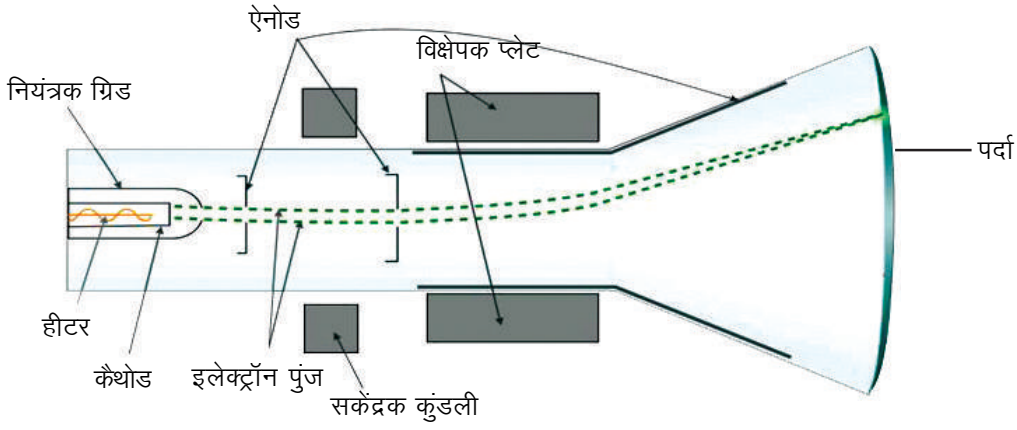
एक प्रकार से अविभाज्य परमाणु के विचार के साथ रसायनशास्त्री, सारे नियमों और सिद्धांतों की व्याख्या कर पा रहे थे और अभिक्रियाओं को समझ रहे थे। लेकिन यह मान्यता ज्यादा दिन तक नहीं रह पाई, क्योंकि पदार्थ की प्रकृति को समझने के लिए और भी कई प्रयास किए जा रहे थे, जो परमाणुवाद को नई दिशा की ओर ले गए।

एक तरफ जहाँ परमाणु को लेकर अलग–अलग अनुमान लगाए जा रहे थे, वहीं दूसरी तरफ गैसों की चालकता पर भी विभिन्न प्रयोग किए जा रहे थे। इसी क्रम में ब्रिटिश भौतिकशास्त्री जे.जे. थॉमसन (J.J.Thomson) और एक जर्मन वैज्ञानिक गोल्डस्टीन (Goldstein) का योगदान सराहनीय है। यह देखा गया कि जब कम दाब पर गैस से भरी नली में उच्च विभवान्तर पर विद्युत प्रवाहित की जाती है तो कैथोड (ऋणावेशित इलेक्ट्रोड) से एक चमकीली किरण निकलती है, जिसे गोल्डस्टीन ने कैथोड किरण कहा (चित्र क्रमांक–2)।

बाद में इस प्रयोग को कई बार अलग–अलग स्थितियों में किया गया। शुस्टर (Schuster) नाम के वैज्ञानिक ने कैथोड किरण के मार्ग के दोनों ओर एक–एक धात्विक प्लेट कैथोड तथा ऐनोड लगाई और उन दोनों के बीच विभवांतर उत्पन्न किया। उन्होंने देखा कि जब कैथोड किरणें इन प्लेटों के बीच से गुजरती हैं तब वे धनात्मक प्लेट अर्थात् ऐनोड (धनावेशित इलेक्ट्रोड) की ओर मुड़ जाती हैं (चित्र क्रमांक–3)। इस तरह यह निश्चित हो गया कि कैथोड किरण ऋणावेशित कणों से बनी होती है।



चित्र क्रमांक–2 : कैथोड किरण



चित्र क्रमांक–3 : कैथोड किरणों का ऐनोड की ओर मुड़ना

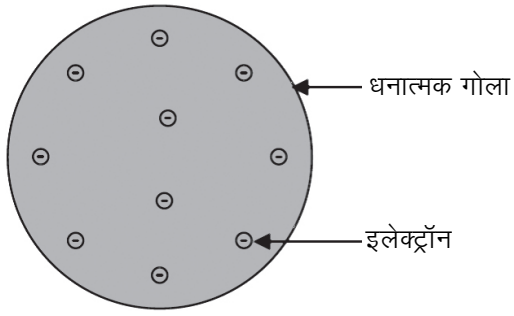
आगे जाकर थॉमसन ने इन ऋणावेशित कणों के द्रव्यमान और आवेश दोनों की गणना की और देखा कि कैथोड चाहे किसी भी पदार्थ का बना हो उससे निकलने वाली कैथोड किरण के कणों की प्रकृति एक जैसी ही रहती है। उन्होंने इस कण को इलेक्ट्रॉन कहा जिस पर ऋणावेश होता है। इलेक्ट्रॉन प्रत्येक तत्त्व के परमाणु का एक अवपरमाणुक कण है। इस तरह लंबे समय से चली आ रही मान्यता ''परमाणु अविभाज्य है'' को थॉमसन ने चुनौती दी। जे.जे. थॉमसन को इलेक्ट्रॉन की खोज के लिए भौतिकशास्त्र में सन् 1906 में नोबल पुरस्कार मिला।

3.3 गोल्डस्टीन और केनाल किरण (Goldstein and canal rays)

जहाँ एक ओर कैथोड किरण की खोज हुई, वहीं 1886 में गोल्डस्टीन ने धनावेशित किरणों की खोज की जिन्हें उन्होंने ऐनोड या केनाल किरण कहा। गोल्डस्टीन के प्रयोग आधारित अवलोकन से यह स्पष्ट हुआ कि ये केनाल किरणें धनावेशित कणों से बनी होती हैं और उनकी प्रकृति ट्यूब में भरी गैस पर निर्भर करती है। उन्होंने यह देखा कि प्राप्त ऐनोड किरण का आवेश और द्रव्यमान अलग–अलग था। इससे उन्होंने यह निष्कर्ष निकाला कि यह किरण ट्यूब में भरी गैस के आयनीकरण से उत्पन्न हो रही थी। इस तरह केनाल किरण की खोज से परमाणु की उदासीन प्रकृति की व्याख्या हुई अर्थात् परमाणु में धनावेशित और ऋणावेशित भाग होते हैं।

3.4 थॉमसन का परमाणु मॉडल (Thomson's atomic model)

जे.जे. थॉमसन के प्लम पुडिंग मॉडल के अनुसार परमाणु में धन आवेश का बादल–सा रहता है और ऋण आवेशित कण इस बादल में यहाँ–वहाँ धँसे होते हैं। इस परमाणु संरचना मॉडल को तरबूज के उदाहरण द्वारा समझा जा सकता है जिसमें तरबूज का पूरा लाल हिस्सा धनावेश का फैलाव है और काले बीज ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन हैं (चित्र क्रमांक–4)। परमाणु में ऋणात्मक और धनात्मक आवेश परिमाण में समान होते हैं इसलिए परमाणु वैद्युत रूप से उदासीन होता है।

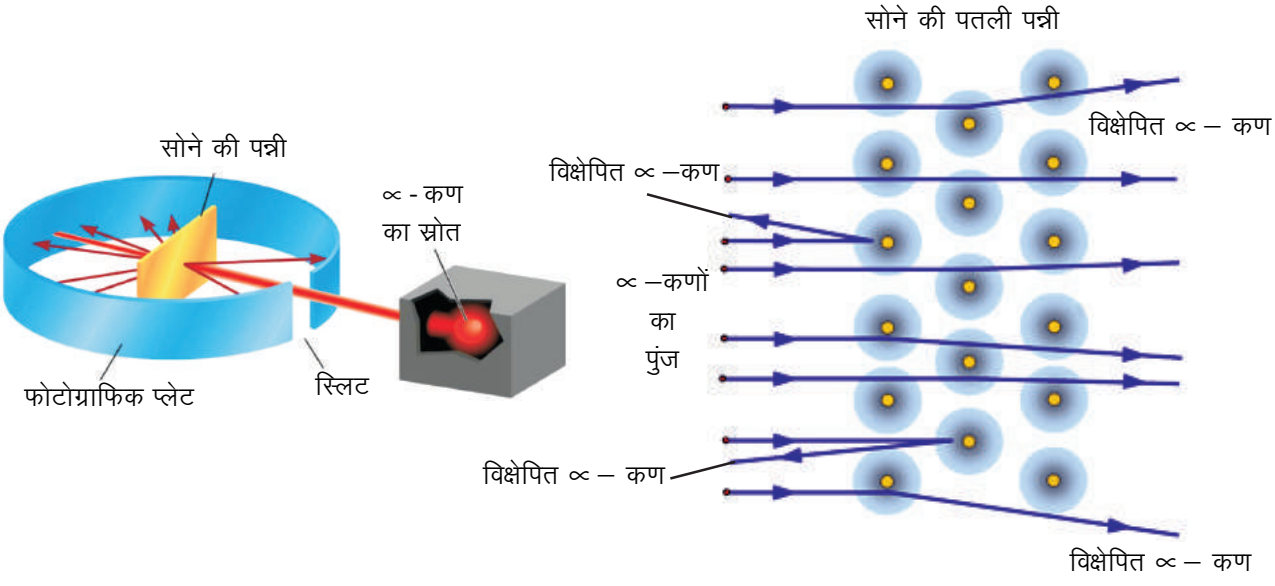


चित्र क्रमांक–4
थॉमसन का परमाणु मॉडल

परमाणुवाद सन् 1908 से 1913 के बीच नए–नए प्रयोगों और विभिन्न तर्कों के आधार पर बदलता गया। आइए, देखते हैं कि ये प्रयास कौन–कौन से थे।

3.5 अल्फा कण प्रकीर्णन प्रयोग और रदरफोर्ड का परमाणुवाद

ई. रदरफोर्ड (E. Rutherford) और उनके विद्यार्थियों गीगर (Geiger) और मार्सडेन (Marsden) ने परमाणु को समझने के लिए एक प्रयोग किया जिसमें उन्होंने सोने के अत्यंत महीन पन्नी पर उच्च ऊर्जा वाले अल्फा कणों की तेज बौछार की (चित्र क्रमांक 5 क और ख)। अल्फा कणों का द्रव्यमान हीलियम परमाणु के बराबर होता है और वे धनावेशित होते हैं।



(क) रदरफोर्ड का प्रकीर्णन प्रयोग **(ख) स्वर्ण पत्र का व्यवस्थात्मक चित्र**

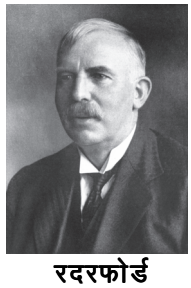
चित्र क्रमांक–5 : रदरफोर्ड के प्रकीर्णन प्रयोग का रेखांकित चित्र

थॉमसन के परमाणु मॉडल के अनुसार सोने (स्वर्ण) के प्रत्येक परमाणु का द्रव्यमान समान रूप से वितरित होता है। इसलिए उन्हें अपेक्षा थी कि अल्फा कण थोड़े विचलित होकर निकल जाएँगे, पर ऐसा नहीं हुआ। उन्होंने अवलोकन के दौरान यह देखा कि–

1. अधिकांश अल्फा कण स्वर्णपत्तर के आर–पार सीधे निकल जाते हैं जिससे पता चलता है कि परमाणु में अधिकतर स्थान खाली है।
2. बहुत कम कण अपने मार्ग से विक्षेपित होते हैं जिससे यह ज्ञात होता है कि परमाणु में धनावेशित भाग बहुत कम जगह घेरता है।
3. लगभग 20,000 कणों में से एक कण सोने के अत्यंत महीन पत्तर से टकराकर उसी दिशा में लौट गया जिस दिशा से वह निकला था। यदि अल्फा कण टकराकर वापस आ रहा है तो इसका तात्पर्य है कि वहाँ पर द्रव्यमान वाला भाग काफी संकुचित है न कि फैला हुआ अर्थात् परमाणु का द्रव्यमान वाला भाग परमाणु के बहुत ही कम आयतन में सीमित है।

इस तरह रदरफोर्ड ने यह विचार रखा कि परमाणु में धनावेश तथा द्रव्यमान एक बहुत ही छोटे आयतन में होता है जिसे उन्होंने नाभिक कहा और उसके चारों तरफ इलेक्ट्रॉन परिक्रमा करते हैं तथा प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का परिक्रमा पथ अलग होता है। इस तरह रदरफोर्ड ने प्रयोग के आधार पर परमाणु का नाभिकीय मॉडल दिया लेकिन इलेक्ट्रॉन कैसे वितरित होते हैं, यह डेनमार्क के एक भौतिक शास्त्री नील्स बोर ने बताया।

न्यूजीलैंड के ई.रदरफोर्ड (1871–1937), जिन्हें नाभिकीय रसायन के जनक के रूप में भी जाना जाता है, उन्हें परमाणु के नाभिक की खोज के लिए 1908 में नोबल पुरस्कार दिया गया। अल्फा कण प्रकीर्णन प्रयोग जिसमें उन्होंने सोने के अत्यंत महीन पत्तर (लगभग 100 नैनोमीटर पतली) पर आवेशित अल्फा कणों की तेज बौछार की और इस प्रयोग से उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि नाभिक की त्रिज्या परमाणु की त्रिज्या से 10^5 गुना छोटी है।



रदरफोर्ड

प्रश्न

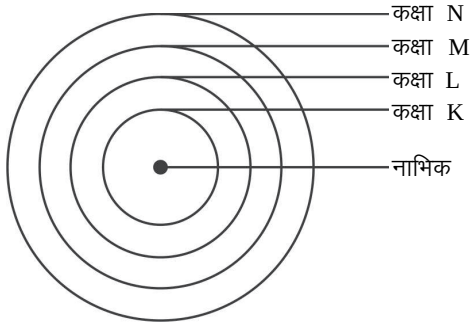
1. क्या अल्फा कणों का प्रकीर्णन प्रयोग स्वर्णपत्र के अतिरिक्त रजत पत्तर (चाँदी) या ऐसे ही अन्य तत्वों के पत्तर से संभव होगा? तर्क सहित उत्तर दीजिए।
2. थॉमसन ने परमाणु के अविभाज्य होने की परिकल्पना को किन आधारों पर चुनौती दी?

3.6 विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन कैसे वितरित होते हैं?

रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तुत परमाणु के नाभिकीय मॉडल ने परमाणु में एक छोटे से नाभिक और उसके चारों ओर घूमने वाले इलेक्ट्रॉन के बारे में बताया। पर इस मॉडल से यह स्पष्ट नहीं होता है कि ये इलेक्ट्रॉन परमाणु में किस तरह से वितरित हैं। इलेक्ट्रॉन में ऋणावेश होता है, तब क्या समान आवेश वाले इलेक्ट्रॉन एक–दूसरे को प्रतिकर्षित करते होंगे या आपस में टकरा जाते होंगे? आखिर परमाणु के अंदर कैसी व्यवस्था है, जो इन अवपरमाणुक कणों को व्यवस्थित करके रखती है? नील्स बोर (Niels Bohr) ने अपने सहयोगी बरी (Bury) के साथ मिलकर प्रश्नों

से जूझते हुए इन इलेक्ट्रॉनों के वितरण को स्पष्ट किया। जिसे बोर–बरी योजना के नाम से जाना जाता है। बोर–बरी योजना (Bohr-Bury scheme) के अनुसार इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर उपस्थित कक्षा में चक्कर लगाते हैं और इन कक्षाओं को K, L, M, N..... इत्यादि के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

नाभिक के सबसे समीप वाली पहली कक्षा या कक्ष या कोश को K कहते हैं दूसरी कक्षा को L कहते हैं और इसी तरह अगली कक्षाओं को क्रमशः M, N से प्रदर्शित किया जाता है (चित्र क्रमांक–6)।



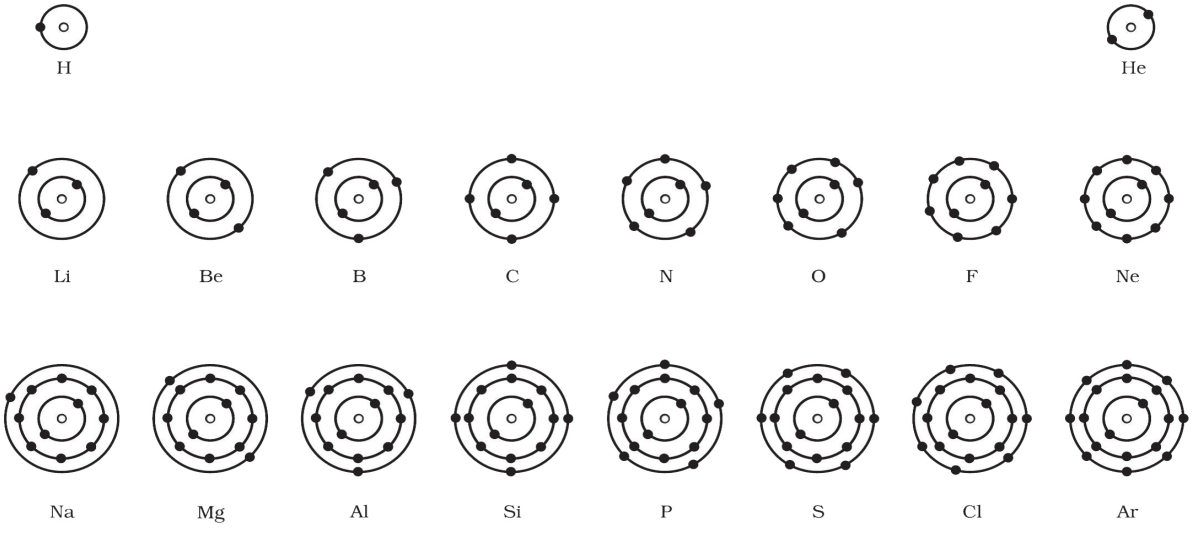
चित्र क्रमांक–6 : परमाणु की कक्षाएँ

TKJGR1

3.7 बोर–बरी योजना और इलेक्ट्रॉनों का वितरण

1. इस नियम के अनुसार किसी कक्षा में उपस्थित अधिकतम इलेक्ट्रॉनों की संख्या का सूत्र $2n^2$ होता है, जहाँ n कक्षा की संख्या है। K कक्षा के लिए $n = 1$ तथा L, M, N कक्षा के लिए क्रमशः 2, 3, 4 होता है। पहली कक्षा या K में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $= 2\times1^2 = 2$ होगी और इसी तरह अन्य कक्षाओं के लिए इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना की जा सकती है। सबसे बाहरी कक्षा में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों को संयोजी इलेक्ट्रॉन कहते हैं और इस कक्षा को संयोजी कक्षा कहते हैं।
2. सबसे बाहरी कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 8 हो सकती है (अपवाद K कक्ष जब बाह्यतम कक्ष हो तब भी इसमें 2 ही इलेक्ट्रॉन होते हैं)।
3. किसी परमाणु की दी गयी कक्षा में इलेक्ट्रॉन तब तक स्थान नहीं लेते हैं, जब तक कि उससे पहले वाली भीतरी कक्षा पूर्ण रूप से भर नहीं जाती, इससे स्पष्ट होता है कि कक्षाएँ क्रमानुसार भरती हैं।
4. अंतिम से पहले कक्ष में कक्ष की क्षमता 8 से अधिक होने पर भी उसमें नौवां इलेक्ट्रॉन तब तक प्रवेश नहीं कर सकता जब तक कि अंतिम कक्ष में 2 इलेक्ट्रॉन न भर जाएँ उदाहरण– कैल्सियम का परमाणु क्रमांक 20 है। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 8, 2 है न कि 2, 8, 9, 1

बोर–बरी योजना के तहत प्रथम 18 तत्वों की परमाणु संरचना व्यवस्था इस प्रकार है (चित्र क्रमांक–7)।



चित्र क्रमांक–7 : विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों का वितरण

क्या आप इसी तरह ऐसे परमाणुओं की संरचना बना सकते हैं जिनमें 19 और 20 इलेक्ट्रॉन हों ?

सारणी क्रमांक–1 में कुछ प्रश्न वाचक चिह्न लगे हैं, उनमें सही उत्तर लिखिए।

सारणी क्रमांक–1: विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों का वितरण और इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

तत्व	प्रतीक	इलेक्ट्रॉनों की संख्या	कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों का वितरण				इलेक्ट्रॉनिक विन्यास	संयोजी इलेक्ट्रॉन
			K	L	M	N		
हाइड्रोजन	H	1	1				1	1
लिथियम	Li	3	2	1			2,1	1
कार्बन	C	6	2	?			?	?
ऑक्सीजन	O	8	?	?			?	?
सोडियम	Na	11	2	?	1		2,8,1	?
ऐलुमिनियम	Al	13	2	8	?		?	?
फॉस्फोरस	P	15	2	8	?		?	?
क्लोरीन	Cl	17	?	?	?		?	?
ऑर्गान	Ar	18	2	8	8		?	?
पोटैशियम	K	19	2	8	8	?	?	1
कैल्सियम	Ca	20	?	?	?	2	?	?

3.8 परमाणु संख्या और द्रव्यमान संख्या (Atomic number and mass number)

गोल्डस्टीन द्वारा 1886 में केनाल किरणों की खोज हुई, ये किरणें धनावेशित थीं। उनके द्वारा दूसरे अवपरमाणुक कण प्रोटॉन की खोज हुई। प्रोटॉन पर धन आवेश होता है। प्रोटॉन का आवेश इलेक्ट्रॉन के आवेश के बराबर किंतु विपरीत होता है। 1932 में जे.चैडविक (J.Chadwick) ने एक और अवपरमाणुक कण न्यूट्रॉन को खोज निकाला जिसका द्रव्यमान प्रोटॉन के बराबर था और उस पर कोई आवेश नहीं (अनावेशित) था। यह कण हाइड्रोजन को छोड़कर सभी परमाणुओं के नाभिक में पाया जाता है।

परमाणु के अवपरमाणुक कणों के अध्ययन के बाद यह निष्कर्ष निकलता है कि परमाणु में इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन होते हैं। प्रोटॉन और न्यूट्रॉन परमाणु के नाभिक में होते हैं और इलेक्ट्रॉन नाभिक के बाहर कक्षा में होते हैं। उदासीन परमाणु में प्रोटॉन की संख्या, इलेक्ट्रॉन की संख्या के बराबर होती है। परमाणु में उपस्थित कुल प्रोटॉन की संख्या को परमाणु संख्या कहते हैं इसे Z द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। इसी प्रकार व्यवहारिक रूप में परमाणु का द्रव्यमान परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के योग के आधार पर ज्ञात किया जाता है जिसे द्रव्यमान संख्या कहते हैं। द्रव्यमान संख्या को नापने की इकाई u (unified mass) है। नाभिक में उपस्थित अवपरमाणुक कण प्रोटॉन और न्यूट्रॉन को न्यूक्लियॉन भी कहते हैं।

सामान्यतः इलेक्ट्रॉन को e^-, प्रोटॉन को p^+ तथा न्यूट्रॉन को n द्वारा दर्शाया जाता है। किसी परमाणु को दर्शाने के लिए परमाणु संख्या, द्रव्यमान संख्या और तत्व का प्रतीक इस प्रकार लिखा जाता है।

द्रव्यमान संख्या

तत्व का प्रतीक

परमाणु संख्या

उदाहरण के लिए सोडियम की परमाणु संख्या 11 और द्रव्यमान संख्या 23 है। इसे इस प्रकार लिखते हैं ${}^{23}_{11}Na$ । लिथियम तथा कैल्सियम में न्यूट्रॉनों की संख्या क्रमशः 3 तथा 20 है, लिथियम और कैल्सियम की परमाणु संख्या और द्रव्यमान संख्या को प्रतीकात्मक रूप में दर्शाइए।

नीचे दी गई सारणी क्रमांक 2 में कुछ तत्वों के परमाणुओं के प्रोटॉनों की संख्या और द्रव्यमान संख्या दी गई है। क्या आप उनके न्यूट्रॉनों की सही संख्या लिख सकते हैं?

सारणी क्रमांक–2 : परमाणु संख्या और द्रव्यमान संख्या

तत्व	प्रतीक	प्रोटॉनों की संख्या	द्रव्यमान संख्या	न्यूट्रॉनों की संख्या
हाइड्रोजन	H	1	1	
लिथियम	Li	3	6	
कार्बन	C	6	12	
ऑक्सीजन	O	8	16	
सोडियम	Na	11	23	
ऐलुमिनियम	Al	13	27	
फॉस्फोरस	P	15	31	
क्लोरीन	Cl	17	35	
ऑर्गान	Ar	18	40	
पोटैशियम	K	19	39	
कैल्सियम	Ca	20	40	

हम जानते हैं कि परमाणु का नाभिक परमाणु से 10^5 गुना छोटा होता है। हम यह भी जानते हैं कि नाभिक में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन होते हैं। सोडियम परमाणु का आकार 1.86×10^{-10} मीटर होता है। क्या आप बता सकते हैं कि–

(i) इसका नाभिक कितना बड़ा होगा?

(ii) इस अनुपात को ध्यान में रखते हुए सोडियम के परमाणु को चित्र के रूप में किस प्रकार दर्शाएंगे?

क्या आप परमाणु का चित्रात्मक निरूपण कर सके?

3.9 समस्थानिक, परमाणु भार और समभारिक (Isotopes, Atomic weight and Isobars)

कार्बन तत्व के बारे में यह देखा गया है कि कार्बन के कुछ परमाणुओं की द्रव्यमान संख्या 12 और कुछ की 14 है। ऐसा कैसे होता है? वास्तव में कार्बन–12 और कार्बन–14 में न्यूट्रॉनों की संख्या अलग–अलग होती है। जहाँ कार्बन–12 में 6 न्यूट्रॉन होते हैं वहीं कार्बन–14 में 8 न्यूट्रॉन होते हैं।

प्रकृति में ऐसे कई तत्व पाए जाते हैं जिनके परमाणुओं की परमाणु संख्या तो समान किंतु द्रव्यमान संख्या भिन्न–भिन्न होती है, तत्वों के ऐसे परमाणु एक दूसरे के समस्थानिक (isotope) कहलाते हैं जैसे क्लोरीन–35 और क्लोरीन–37। इस तरह हम यह कह सकते हैं कि क्लोरीन परमाणु के दो समस्थानिक होते हैं। समस्थानिकों के हमारे जीवन में कई उपयोग हैं जैसे कैंसर के उपचार में कोबाल्ट के समस्थानिक, घेंघा रोग के निदान के लिए आयोडीन के समस्थानिक और परमाणु भट्टी में ईंधन के रूप में यूरेनियम के समस्थानिक का उपयोग किया जाता है।

सापेक्षिक परमाणु भार (Relative atomic weight)

परमाणु भार रसायन शास्त्र की एक मूलभूत अवधारणा है। परमाणु भार पदार्थ के स्थूल भार और उसमें पदार्थ के कितने परमाणु हैं उनके बीच संबंध स्थापित करने का एक तरीका है। डाल्टन जानते थे कि एक परमाणु को तौल पाना संभव नहीं था, इसलिए उन्होंने सापेक्षिक परमाणु भार की ओर ध्यान दिया।

चूंकि तब ज्ञात तत्वों के परमाणुओं में सबसे हल्का परमाणु हाइड्रोजन था इसलिए उन्होंने हाइड्रोजन परमाणु के भार को एक इकाई माना और उसके आधार पर दूसरे तत्वों के परमाणु भार की गणना की इसलिए इसे सापेक्षिक परमाणु भार कहते हैं। यह भी देखा गया कि हाइड्रोजन की अपेक्षा ऑक्सीजन की क्रिया ज्यादा तत्वों के साथ होती है इसलिए ऑक्सीजन को मानक बनाया गया। आजकल कार्बन–12 के एक परमाणु भार के सापेक्ष सभी तत्वों के परमाणु भार को ज्ञात किया जाता है।

किसी एक तत्व के विभिन्न समस्थानिकों का प्रकृति में पाया जाना यह समझने में सहायता करता है कि अधिकांश तत्वों के परमाणु भार पूर्णांक में क्यों नहीं होते हैं। इसे एक उदाहरण द्वारा समझा जा सकता है। प्रकृति में क्लोरीन दो समस्थानिक रूपों, क्लोरीन–35 तथा क्लोरीन–37 में पाया जाता है। प्रकृति में ये समस्थानिक 3:1 अर्थात् 75% तथा 25% होते हैं। इस स्थिति में हम औसत परमाणु भार की गणना इस तरह से करते हैं–

$$\left(\frac{75\times35}{100}\right)+\left(\frac{25\times37}{100}\right)=35.5$$

इस तरह क्लोरीन का परमाणु भार 35.5 u होता है।

सारणी क्रमांक–3 : तत्वों के परमाणु भार

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
1.008	4.003	6.941	9.012	10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	20.18
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
22.99	24.31	26.98	28.09	30.97	32.07	35.45	39.95	39.10	40.02

यदि हम कार्बन–14 (कार्बन का समस्थानिक) और नाइट्रोजन–14 को देखें तो इनकी द्रव्यमान संख्या तो 14 है, किंतु परमाणु संख्या क्रमशः 6 और 7 है। भिन्न–भिन्न परमाणु संख्या वाले ऐसे तत्व, जिनकी द्रव्यमान संख्या समान होती है एक दूसरे के समभारिक (isobar) कहलाते हैं।

प्रश्न

1. यदि किसी परमाणु की परमाणु संख्या 15 और द्रव्यमान संख्या 31 है तब उसमें उपस्थित अवपरमाणुक कणों की संख्या क्या होगी?
2. यदि किसी परमाणु की K और L कक्षा भरी हुई है तथा M कक्षा में केवल 2 इलेक्ट्रॉन हैं तो उस परमाणु की परमाणु संख्या क्या होगी?
3. बोर–बरी योजना के अनुसार निम्नलिखित परमाणुओं का इलेक्ट्रॉनिक वितरण लिखिएः ${}^{23}_{11}Na$, ${}^{12}_{6}C$, ${}^{35}_{17}Cl$

अब हम जान चुके हैं कि परमाणु के केंद्र में एक छोटा–सा नाभिक होता है, जिसका भार पूरे परमाणु के भार का अधिकतम भाग होता है। नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन होते हैं। परमाणु के अवलोकन के प्रयास दुनिया भर में किए जा रहे हैं, आप भी किताबों, इंटरनेट, पत्र–पत्रिकाओं और कई दृश्य–श्रव्य साधनों के माध्यम से परमाणु संबंधी अपने प्रश्नों को हल करने की दिशा में प्रयास करें।

मुख्य शब्द (Keywords)

कक्ष, कोश, कक्षा (orbit or shell), परमाणु संख्या (atomic number), परमाणु भार (atomic weight), समस्थानिक (isotope), समभारिक (isobar), कैथोड (cathode), ऐनोड (anode), केनाल किरण (canal ray), अवपरमाणुक (sub-atomic), न्यूक्लियॉन (nucleon), इलेक्ट्रॉन (electron), प्रोटॉन (proton), न्यूट्रॉन (neutron), सापेक्षिक परमाणु भार (relative atomic weight), द्रव्यमान संख्या (mass number), नाभिक (nucleus), गुणित अनुपात का नियम (law of multiple proportions)

हमने सीखा

- परमाणु की प्रारंभिक संकल्पना में परमाणु को अविभाज्य माना जाता था।
- परमाणु के भार और आकार की व्याख्या करने वाले डाल्टन पहले वैज्ञानिक थे, उन्होंने गुणित अनुपात की बात करते हुए यह बताया कि परमाणु रासायनिक क्रिया के आरंभ में जितने होते हैं उतने ही अंत में भी होते हैं (अर्थात् परमाणु नष्ट नहीं होते)।
- जे.जे.थॉमसन के अनुसार परमाणु में धन आवेश का बादल रहता है और ऋण आवेशित कण इस बादल में यहाँ–वहाँ धँसे रहते हैं।
- परमाणु में नाभिक की खोज रदरफोर्ड के अल्फा कणों के प्रकीर्णन प्रयोग द्वारा हुई।
- रदरफोर्ड ने अल्फा कण प्रकीर्णन प्रयोग से यह निष्कर्ष निकाला कि परमाणु के अंदर बहुत ही छोटा नाभिक होता है और इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर घूमते हैं।

- बोर के अनुसार परमाणु में कक्षाएँ होती हैं, जिनमें इलेक्ट्रॉन चक्कर लगाते हैं। परमाणु की कक्षाओं को क्रमशः K, L, M, N..... के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।
- परमाणु की सबसे बाहरी कक्षा में अधिकतम 8 इलेक्ट्रॉन होते हैं (हाइड्रोजन व हीलियम को छोड़कर)। परमाणु की अंतिम कक्षा में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों को संयोजी इलेक्ट्रॉन कहते हैं।
- परमाणु में उपस्थित कुल प्रोटॉनों की संख्या को परमाणु संख्या कहते हैं।
- परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के योग को द्रव्यमान संख्या कहते हैं।
- उदासीन परमाणु में प्रोट्रॉन तथा इलेक्ट्रॉन की संख्या बराबर होती है।
- अलग–अलग तत्वों के परमाणु जिनकी परमाणु संख्या भिन्न–भिन्न किंतु द्रव्यमान संख्या समान हो, एक दूसरे के समभारिक कहलाते हैं।
- ऐसे तत्वों के परमाणु, जिनकी परमाणु संख्या समान किंतु द्रव्यमान संख्या भिन्न हो, एक दूसरे के समस्थानिक कहलाते हैं।
- प्रकृति में किसी तत्व के कितने स्वतंत्र समस्थानिक किस अनुपात (प्रतिशत) में पाए जाते हैं इस पर औसत परमाणु भार का निर्धारण निर्भर करता है।

$^{39}_{19}K$

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनिए–

(i) एक तत्व के समस्थानिकों में अलग होता है–

(अ) इलेक्ट्रॉन (ब) प्रोटॉन

(स) न्यूट्रॉन (द) इलेक्ट्रॉन और न्यूट्रॉन दोनों

(ii) नीचे दिए गए परमाणुवादों में से पहली बार किसने इलेक्ट्रॉन को शामिल किया?

(अ) डाल्टन (ब) थॉमसन

(स) रदरफोर्ड (द) बोर

(iii) के लिए निम्नलिखित में से कौन सा कथन सत्य है–

(अ) इस परमाणु के पास 39 इलेक्ट्रॉन हैं।

(ब) इस परमाणु के पास 39 प्रोटॉन हैं।

(स) इस परमाणु के पास 19 इलेक्ट्रॉन हैं।

(द) इनमें से कोई नहीं।

2. सही विकल्प चुनकर, रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिए–

(i) किसी तत्व के सारे परमाणु.....होते हैं। (समान, अलग–अलग)

(ii) एक उदासीन परमाणु में.....की संख्या प्रोटॉन की संख्या के बराबर होती है। (इलेक्ट्रॉन, न्यूट्रॉन)

(iii) ${}^{14}_{6}C$ और ${}^{14}_{7}N$ एक दूसरे के..... हैं। (समस्थानिक, समभारिक)

3. थॉमसन द्वारा प्रस्तावित परमाणु, डाल्टन के परमाणु से अलग कैसे हैं?

4. ${}^{16}_{8}O$ और ${}^{16}_{7}N$ एक दूसरे के समभारिक हैं। इस उदाहरण द्वारा समभारिक को समझाइए।

5. ब्रोमीन–79 और ब्रोमीन–81 प्रकृति में क्रमशः 50.69 प्रतिशत और 49.31 प्रतिशत पाए जाते हैं। ब्रोमीन का औसत परमाणु भार क्या होगा?

6. ${}^{16}_{8}O$ और ${}^{14}_{7}N$ में संयोजी इलेक्ट्रॉन ज्ञात कीजिए।

7. बोर के परमाणु मॉडल की व्याख्या कीजिए।

8. प्रकृति में ऑक्सीजन–16 के अतिरिक्त ऑक्सीजन–17 व ऑक्सीजन–18 भी पाए जाते हैं। ये परमाणु एक दूसरे के समस्थानिक हैं या समभारिक? समझाइए।

9. डाल्टन के परमाणुवाद की विवेचना कीजिए। इस सिद्धान्त की सीमाएँ क्या हैं?

10. रदरफोर्ड का अल्फा कण प्रकीर्णन प्रयोग क्या था? इस आधार पर उन्होंने परमाणु संरचना के संबंध में क्या निष्कर्ष निकाले?

11. बोर–बरी योजना के अनुसार इलेक्ट्रॉन के वितरण के लिए प्रस्तावित नियम लिखते हुए निम्नलिखित परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास और न्यूट्रॉनों की संख्या लिखिएः ${}^{19}_{9}F$, ${}^{24}_{12}Mg$, ${}^{28}_{14}Si$, ${}^{31}_{15}P$, ${}^{35}_{17}Cl$