

- (क) द्रव्य अविभाज्य परमाणुओं से बना है।
 (ख) किसी दिए हुए तत्व के सभी परमाणुओं के एक समान द्रव्यमान सहित एक समान गुणधर्म होते हैं। विभिन्न तत्वों के परमाणु द्रव्यमान में भिन्न होते हैं।
 (ग) एक से अधिक तत्वों के परमाणुओं के निश्चित अनुपात में संयोजन से यौगिक बनते हैं।
 (घ) रासायनिक अभिक्रियाओं में परमाणु पुनर्व्यवस्थित होते हैं। रासायनिक अभिक्रियाओं में न तो उन्हें बनाया जा सकता है, न नष्ट किया जा सकता है।

डाल्टन के इस सिद्धांत से रासायनिक संयोजन के नियमों की व्याख्या की जा सकती।

1.7 परमाणु द्रव्यमान और आण्विक द्रव्यमान

परमाणुओं और अणुओं से परिचित होने के पश्चात् अब यह समझना उचित होगा कि परमाणु द्रव्यमान और आण्विक द्रव्यमान से हम क्या समझते हैं।

1.7.1 परमाणु द्रव्यमान

परमाणु द्रव्यमान, अर्थात् किसी परमाणु का द्रव्यमान वास्तव में बहुत कम होता है, क्योंकि परमाणु अत्यंत छोटे होते हैं। आज सही-सही परमाणु द्रव्यमान ज्ञात करने की बेहतर तकनीकें (जैसे— द्रव्यमान स्पेक्ट्रमिति) हमारे पास उपलब्ध हैं। परंतु जैसा पहले बताया गया है, उन्नीसवीं शताब्दी में वैज्ञानिक एक परमाणु का द्रव्यमान दूसरे के सापेक्ष प्रायोगिक रूप से निर्धारित कर सकते थे। हाइड्रोजन परमाणु को सबसे हल्का होने के कारण स्वेच्छ रूप से 1 द्रव्यमान (बिना किसी मात्रक के) दिया गया और बाकी सभी तत्वों के परमाणुओं के द्रव्यमान उसके सापेक्ष दिए गए, परंतु परमाणु द्रव्यमानों की वर्तमान पद्धति कार्बन-12 मानक पर आधारित है। इसे सन् 1961 में स्वीकृत किया गया। यहाँ कार्बन-12 का एक समस्थानिक है, जिसे ^{12}C को 12 परमाणु-द्रव्यमान मात्रक (atomic mass unit-amu) द्रव्यमान दिया गया है। बाकी सभी तत्वों के परमाणुओं के द्रव्यमान इसे मानक मानकर इसके सापेक्ष दिए जाते हैं। एक परमाणु द्रव्यमान मात्रक को एक कार्बन-12

परमाणु के द्रव्यमान के $\frac{1}{12}$ वें भाग के रूप में परिभाषित किया जाता है। और $1 \text{ amu} = 1.66056 \times 10^{-24} \text{ g}$
 हाइड्रोजन के एक परमाणु का द्रव्यमान

$$= 1.6736 \times 10^{-24} \text{ g}$$

अतः amu के पदों में हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान

$$\begin{aligned} &= \frac{1.6736 \times 10^{-24} \text{ g}}{1.66056 \times 10^{-24} \text{ g}} \\ &= 1.0078 \text{ u} \\ &= 1.0080 \text{ u} \end{aligned}$$

इसी प्रकार, ऑक्सीजन $-16(^{16}\text{O})$ परमाणु का द्रव्यमान 15.995 amu होगा।

आजकल amu के स्थान पर u का प्रयोग किया जाता है, जिसे 'एकीकृत द्रव्यमान' (unified mass) कहा जाता है।

जब हम गणनाओं के लिए परमाणु द्रव्यमानों का प्रयोग करते हैं, तो वास्तव में हम औसत परमाणु द्रव्यमानों का उपयोग करते हैं, जिनका वर्णन नीचे किया जा रहा है।

1.7.2 औसत परमाणु द्रव्यमान

प्रकृति में अनेक तत्व एक से अधिक समस्थानिकों के रूप में पाए जाते हैं। जब हम इन समस्थानिकों की उपस्थिति और उनकी आपेक्षिक बाहुल्यता (प्रतिशत-उपलब्धता) को ध्यान में रखते हैं, तो किसी तत्व का औसत परमाणु द्रव्यमान परिकलित किया जा सकता है। उदाहरण के लिए कार्बन के तीन समस्थानिक होते हैं, जिनकी आपेक्षिक बाहुल्यताएँ और द्रव्यमान इस सारणी में उनके सामने दर्शाए गए हैं –

समस्थानिक	आपेक्षिक बाहुल्यता (%)	परमाणु द्रव्यमान (u)
^{12}C	98.892	12
^{13}C	1.108	13.00335
^{14}C	2×10^{-10}	14.00317

ऊपर दिए गए आँकड़ों से कार्बन का औसत परमाणु द्रव्यमान इस प्रकार प्राप्त होगा—

औसत परमाणु द्रव्यमान

$$\begin{aligned} &= (0.98892) (12 \text{ u}) + (0.01108) \times (13.00335 \text{ u}) \\ &\quad + (2 \times 10^{-10}) (14.00317 \text{ u}) = 12.011 \text{ u} \end{aligned}$$

इसी प्रकार, अन्य तत्वों के लिए भी औसत परमाणु द्रव्यमान परिकलित किए जा सकते हैं। तत्वों की आवर्त सारणी में विभिन्न तत्वों के लिए दिए गए परमाणु द्रव्यमान उन तत्वों के औसत परमाणु द्रव्यमान होते हैं।

1.7.3 आण्विक द्रव्यमान

किसी अणु का आण्विक द्रव्यमान उसमें उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों का योग होता है। इसे प्रत्येक तत्व के परमाणु द्रव्यमान और उपस्थित परमाणुओं की संख्या के

गुणनफलों के योग द्वारा प्राप्त किया जा सकता है। उदाहरण के लिए – मेथेन (जिसमें एक कार्बन परमाणु और चार हाइड्रोजन परमाणु उपस्थित होते हैं) का आण्विक द्रव्यमान इस प्रकार प्राप्त किया जा सकता है—

मेथेन (CH_4) का आण्विक द्रव्यमान

$$= (12.011\text{u}) + 4 (1.008\text{ u}) = 16.043\text{ u}$$

इसी प्रकार, जल (H_2O) का आण्विक द्रव्यमान =

$$2 \times \text{हाइड्रोजन का परमाणु द्रव्यमान} + 1 \times \text{ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान}$$

$$= 2 (1.008\text{ u}) + 16\text{ u} = 18.02\text{ u}$$

उदाहरण 1.1

ग्लूकोस ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) अणु का आण्विक द्रव्यमान परिकलित कीजिए।

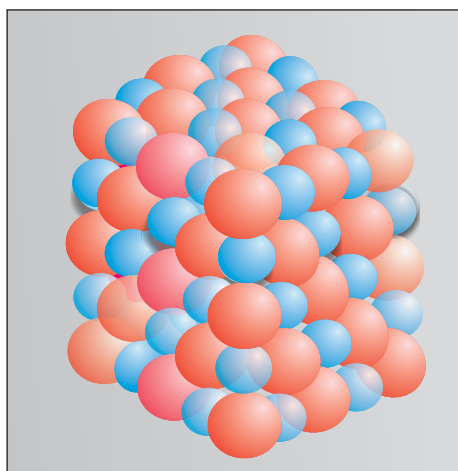
हल

ग्लूकोस ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) का आण्विक द्रव्यमान =

$$\begin{aligned} & 6 (12.011\text{u}) + 12 (1.008\text{ u}) + 6 (16.00\text{ u}) \\ &= (72.066\text{ u}) + 12.096\text{ u}) + (96.00\text{ u}) \\ &= 180.162\text{ u} \end{aligned}$$

1.7.4 सूत्र-द्रव्यमान

कुछ पदार्थों (जैसे – सोडियम क्लोराइड) में उनकी घटक इकाइयों के रूप में विविक्त अणु उपस्थित नहीं होते। ऐसे यौगिकों में धनात्मक (सोडियम) और ऋणात्मक (क्लोराइड)



चित्र 1.10 सोडियम क्लोराइड में Na^+ और Cl^- आयनों की व्यवस्था

कण त्रिविमीय संरचना चित्र 1.10 के अनुसार व्यवस्थित रहते हैं।

इस प्रकार, सूत्र (जैसे – NaCl) का प्रयोग सूत्र-द्रव्यमान परिकलित करने के लिए किया जाता है, न कि आण्विक द्रव्यमान के परिकलन के लिए, क्योंकि ठोस अवस्था में सोडियम क्लोराइड में अणु उपस्थित ही नहीं होते। अतः सोडियम क्लोराइड का सूत्र द्रव्यमान =

$$\begin{aligned} & \text{सोडियम का परमाणु द्रव्यमान} + \text{क्लोरीन का परमाणु द्रव्यमान} \\ &= 23.0\text{ u} + 35.5\text{ u} = 58.5\text{ u} \end{aligned}$$

1.8 मोल-संकल्पना और मोलर द्रव्यमान

परमाणु और अणु आकार में अत्यंत छोटे होते हैं, परंतु किसी पदार्थ की बहुत कम मात्रा में भी उनकी संख्या बहुत अधिक होती है। इतनी बड़ी संख्याओं के साथ काम करने के लिए इतने ही परिमाण के एक मात्रक की आवश्यकता होती है।

जिस प्रकार हम 12 वस्तुओं के लिए ‘एक दर्जन’, 20 वस्तुओं के लिए ‘एक स्कोर’ (Score, समंक) और 144 वस्तुओं के लिए ‘एक ग्रास’ (gross) का प्रयोग करते हैं, उसी प्रकार अतिसूक्ष्म स्तर पर कणों (जैसे- परमाणुओं, अणुओं, कणों, इलेक्ट्रॉनों आदि) को गिनने के लिए मोल की धारणा का उपयोग किया जाता है।

SI मात्रकों में मोल (संकेत- mol) को किसी पदार्थ की मात्रा व्यक्त करने के लिए सात आधार राशियों में सम्मिलित किया गया था।

किसी पदार्थ का एक मोल उसकी वह मात्रा है, जिसमें उतने ही कण उपस्थित होते हैं, जितने कार्बन-12 समस्थानिक के ठीक 12g (या 0.012 kg) में परमाणुओं की संख्या होती है। यहाँ यह ध्यान देने की बात है कि किसी पदार्थ के एक मोल में कणों की संख्या सदैव समान होगी, भले ही वह कोई भी पदार्थ हो। इस संख्या के सही निर्धारण के लिए कार्बन -12 परमाणु का द्रव्यमान, द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमामी द्वारा ज्ञात किया गया, जिसका मान $1.992648 \times 10^{-23}\text{g}$ प्राप्त हुआ। कार्बन के 1 मोल का द्रव्यमान 12 g होता है, अतः कार्बन के 1 मोल में परमाणुओं की संख्या इस प्रकार होगी –

$$\frac{12\text{g/molC}^{12}}{1.992648 \times 10^{-23}\text{ g}/^{12}\text{C}} \text{ परमाणु}$$

$$= 6.0221367 \times 10^{23} \text{ परमाणु प्रति मोल}$$

1 मोल में कणों की संख्या इतनी महत्वपूर्ण है कि इसे एक अलग नाम और संकेत दिया गया, जिसे (आमीदियो आवोगाद्रो

के सम्मान में) 'आवोगाद्रो संख्या' कहते हैं और N_A से व्यक्त करते हैं।

इस संख्या के बड़े परिमाण को अनुभव करने के लिए इसे दस की घात का उपयोग किए बिना आने वाले सभी शून्यों के साथ इस प्रकार लिखें –

$$6\ 022\ 136\ 700\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00$$

अतः किसी पदार्थ के 1 मोल में दी गई पूर्वोक्त संख्या के बराबर कण (परमाणु, अणु या कोई अन्य कण) होंगे। अतः हम यह कह सकते हैं कि

$$1\text{ मोल हाइड्रोजन परमाणु} = 6.022 \times 10^{23}\text{ हाइड्रोजन परमाणु}$$

$$1\text{ मोल जल-अणु} = 6.022 \times 10^{23}\text{ जल-अणु}$$

$$1\text{ मोल सोडियम क्लोराइड} = \text{सोडियम क्लोराइड की}$$

$$6.022 \times 10^{23}\text{ सूत्र इकाइयाँ}$$

चित्र 1.11 में विभिन्न पदार्थों के 1 मोल को दर्शाया गया है।



चित्र 1.11 विभिन्न पदार्थों का एक मोल

मोल को परिभाषित करने के बाद किसी पदार्थ या उसके घटकों के एक मोल के द्रव्यमान को आसानी से ज्ञात किया जा सकता है। किसी पदार्थ के एक मोल के ग्राम में व्यक्त द्रव्यमान को उसका 'मोलर द्रव्यमान' कहते हैं।

ग्राम में व्यक्त मोलर द्रव्यमान संख्यात्मक रूप से परमाणु द्रव्यमान / आण्विक द्रव्यमान / सूत्र द्रव्यमान के बराबर होता है।

$$\text{अतः जल का मोलर द्रव्यमान} = 18.02\text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{सोडियम क्लोराइड का मोलर द्रव्यमान} = 58.5\text{ g mol}^{-1}$$

1.9 प्रतिशत-संघटन

अभी तक हम किसी नमूने में उपस्थित कणों की संख्या के बारे में चर्चा कर रहे थे, परंतु कई बार किसी यौगिक में किसी विशेष तत्व के प्रतिशत की जानकारी की आवश्यकता होती है। मान लीजिए कि आपको कोई अज्ञात या नया यौगिक दिया गया

है। आप पहले यह प्रश्न पूछेंगे कि इसका सूत्र क्या है या इसके घटक कौन-कौन से हैं और वे किस अनुपात में उपस्थित हैं? ज्ञात यौगिकों के लिए भी इस जानकारी से यह पता लगाने में सहायता मिलती है कि क्या दिए गए नमूने में तत्वों का वही प्रतिशत है, जो शुद्ध नमूने में होना चाहिए। दूसरे शब्दों में— इन आँकड़ों के विश्लेषण से यह जानने में सहायता मिलती है कि दिया गया नमूना शुद्ध है या नहीं।

आइए, जल (H_2O) का उदाहरण लेकर इसे समझें। चूँकि जल में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन उपस्थित होती हैं, अतः इन तत्वों का प्रतिशत-संघटन इस प्रकार परिकलित किया जा सकता है— किसी तत्व का द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{\text{यौगिक में उस तत्व का द्रव्यमान} \times 100}{\text{यौगिक का मोलर द्रव्यमान}}$$

$$\text{जल का मोलर द्रव्यमान} = 18.02\text{ g}$$

$$\text{हाइड्रोजन का द्रव्यमान प्रतिशत} = \frac{2 \times 1.008}{18.02} \times 100 = 11.18$$

$$\text{ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत} = \frac{16.00}{18.02} \times 100 = 88.79$$

आइए, एक और उदाहरण लें। एथेनॉल में कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत कितना है?

$$\text{एथेनॉल का आण्विक सूत्र} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

$$\text{एथेनॉल का मोलर द्रव्यमान} = (2 \times 12.01 + 6 \times 1.008 + 16.00)\text{g} = 46.068\text{g}$$

कार्बन का द्रव्यमान प्रतिशत

हाइड्रोजन का द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{6.048\text{g}}{46.068\text{g}} \times 100 = 13.13\%$$

ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{15.9994\text{g}}{46.068\text{g}} \times 100 = 34.728\%$$

द्रव्यमान-प्रतिशत के परिकलनों को समझने के बाद अब हम यह देखें कि प्रतिशत-संघटन आँकड़ों से क्या जानकारी प्राप्त की जा सकती है।

1.9.1 मूलानुपाती सूत्र और आण्विक सूत्र

मूलानुपाती सूत्र किसी यौगिक में उपस्थित विभिन्न परमाणुओं के सरलतम पूर्ण संख्या-अनुपात को व्यक्त करता है,

उदाहरण 1.2

एक यौगिक में 4.07% हाइड्रोजन, 24.27% कार्बन और 71.65% क्लोरीन है। इसका मोलर द्रव्यमान 98.96 g है। इसके मूलानुपाती सूत्र और आण्विक सूत्र क्या होंगे?

हल

चरण-1 द्रव्यमान-प्रतिशत को ग्राम में परिवर्तित करना चूँकि हमारे पास द्रव्यमान-प्रतिशत उपलब्ध है, अतः 100 g यौगिक को मानकर परिकलन करना सुविधाजनक होगा। इस प्रकार, ऊपर दिए गए यौगिक के 100 g प्रतिदर्श में 4.07 g हाइड्रोजन, 24.27 g कार्बन 71.65 g क्लोरीन उपस्थित है।

चरण-2 प्रत्येक तत्त्व को मोलों की संख्या में परिवर्तित करना

ऊपर प्राप्त द्रव्यमानों को क्रमशः प्रत्येक के परमाणु-द्रव्यमान से विभाजित कीजिए।

$$\text{हाइड्रोजन के मोलों की संख्या} = \frac{4.07\text{g}}{1.008\text{g}} = 4.04$$

$$\text{कार्बन के मोलों की संख्या} = \frac{24.27\text{g}}{12.01\text{g}} = 2.021$$

$$\text{क्लोरीन के मोलों की संख्या} = \frac{71.65\text{g}}{35.453\text{g}} = 2.021$$

चरण-3 ऊपर प्राप्त मोलों की संख्या को सबसे छोटी संख्या से विभाजित करना

चूँकि 2.021 सबसे छोटा मान है, अतः 2.021 से

विभाजन करने पर H : C : Cl के लिए 2 : 1 : 1 अनुपात प्राप्त होता है।

यदि ये अनुपात पूर्ण संख्याएँ न हों, तो इन्हें उपयुक्त गुणांक से गुणा करके पूर्ण संख्याओं में परिवर्तित किया जा सकता है।

चरण-4 सभी तत्त्वों के संकेत लिखकर क्रमशः ऊपर प्राप्त संख्याओं को उसके साथ दर्शाकर मूलानुपाती सूत्र लिखिए।

अतः ऊपर दिए गए यौगिक का मूलानुपाती सूत्र CH_2Cl है।

चरण-5 आण्विक सूत्र लिखना

(क) मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान निर्धारित कीजिए।

मूलानुपाती सूत्र में उपस्थित सभी परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों का योग कीजिए।

$$\text{CH}_2\text{Cl के लिए, मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान} = 12.01 + 2 \times 1.008 + 35.453 = 49.48\text{g}$$

(ख) मोलर द्रव्यमान को मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान से विभाजित कीजिए।

मोलर द्रव्यमान

$$\text{मूलानुपाती सूत्र द्रव्यमान} = \frac{98.96\text{g}}{49.48\text{g}} = 2 = (n)$$

(ग) मूलानुपाती सूत्र को ऊपर प्राप्त n से गुणा करने पर आण्विक सूत्र प्राप्त होता है।

मूलानुपाती सूत्र CH_2Cl और $n = 2$ है।

अतः आण्विक सूत्र $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ है।

जबकि आण्विक सूत्र किसी यौगिक के अणु में उपस्थित विभिन्न प्रकार के परमाणुओं की सही संख्या को दर्शाता है।

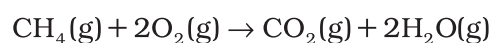
यदि किसी यौगिक में उपस्थित सभी तत्त्वों का द्रव्यमान-प्रतिशत ज्ञात हो, तो उसका मूलानुपाती सूत्र निर्धारित किया जा सकता है। यदि मोलर द्रव्यमान ज्ञात हो, तो मूलानुपाती सूत्र से आण्विक सूत्र ज्ञात किया जा सकता है। इन चरणों को इस उदाहरण द्वारा दर्शाया गया है—

1.10 स्टॉइकियोमीट्री और

स्टॉइकियोमीट्रिक परिकलन

‘स्टॉइकियोमीट्री’ शब्द दो ग्रीक शब्दों – ‘स्ट्रॉकियोन’ (stricheion), जिसका अर्थ ‘तत्त्व’ है और मेट्रोन (metron),

जिसका अर्थ ‘मापना’ है, से मिलकर बना है। अतः ‘स्टॉइकियोमीट्री’ के अंतर्गत रासायनिक अभिक्रिया में अभिक्रियकों और उत्पादों के द्रव्यमानों (या कभी-कभी आयतनों) का परिकलन आता है। यह समझने से पहले कि किसी रासायनिक अभिक्रिया में किसी अभिक्रियक की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी या कितना उत्पाद प्राप्त होगा, यह जान लें कि किसी दी गई रासायनिक अभिक्रिया के संतुलित रासायनिक समीकरण से क्या जानकारी प्राप्त होती है। आइए, मेथेन के दहन पर विचार करें। इस अभिक्रिया के लिए संतुलित समीकरण इस प्रकार है –



यहाँ मेथेन और डाइऑक्सीजन को ‘अभिक्रियक’ या अभिकारक कहा जाता है और कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल

को 'उत्पाद' कहते हैं। ध्यान दीजिए कि ऊपरोक्त अभिक्रिया में सभी अभिक्रियक और उत्पाद गैसों में हैं और इसे उनके सूत्रों के बाद कोष्ठक में g अक्षर को लिखकर व्यक्त किया जाता है। इसी प्रकार, ठोसों और द्रवों के लिए क्रमशः (s) और (l) लिखे जाते हैं।

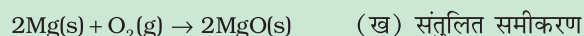
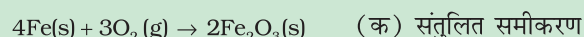
O₂ और H₂O के लिए गुणांक 2 को 'स्टॉइकियोमीट्रिक गुणांक' कहा जाता है। इसी प्रकार CH₄ और CO₂ दोनों के लिए यह गुणांक 1 है। ये गुणांक अभिक्रिया में भाग ले रहे या बनने वाले अणुओं की संख्या (या मोलों की संख्या) को व्यक्त करते हैं।

अतः ऊपर दी गई अभिक्रिया के अनुसार

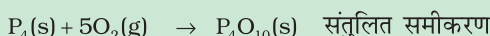
- CH₄(g) का एक मोल O₂(g) के 2 मोलों के साथ अभिक्रिया करके एक मोल CO₂(g) और 2 मोल H₂O(g) देता है।
- CH₄(g) का एक अणु O₂(g) के दो अणुओं के साथ अभिक्रिया करके CO₂(g) का एक अणु और H₂O(g) के दो अणु देता है।
- 22.7LCH₄(g), 45.4 LO₂(g) के साथ अभिक्रिया द्वारा 22.7LCO₂(g) और 45.4LH₂O(g) देती है।
- 16gCH₄(g), 2 × 32g O₂(g) के साथ अभिक्रिया करके 44gCO₂(g) और 2 × 18g H₂O(g) देती

रासायनिक समीकरण संतुलित करना

द्रव्यमान संरक्षण के नियमानुसार, संतुलित रासायनिक समीकरण के दोनों ओर प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या समान होती है। कई रासायनिक समीकरण 'जाँच और भूल-पद्धति' से संतुलित किए जा सकते हैं। आइए, हम कुछ धातुओं और अधातुओं का संयोग कर ऑक्सीजन के साथ ऑक्साइड उत्पन्न करने की अभिक्रियाओं पर विचार करें –

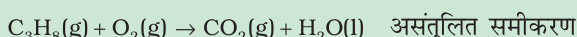


समीकरण (क) और (ख) संतुलित हैं, क्योंकि समीकरणों में तीर के दोनों ओर संबंधित धातु और ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या समान है, परंतु समीकरण (ग) संतुलित नहीं है, क्योंकि इसमें फॉस्फोरस के परमाणु तो संतुलित हैं, परंतु ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या तीर के दोनों ओर समान नहीं है। इसे संतुलित करने के लिए समीकरण में बाईं ओर ऑक्सीजन के पूर्व में 5 से गुणा करने पर ही समीकरण की दाईं ओर ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या संतुलित होगी –

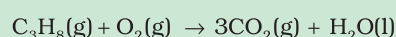


आइए, अब हम प्रोपेन, C₃H₈ के दहन पर विचार करें। इस समीकरण को निम्नलिखित पदों में संतुलित किया जा सकता है –

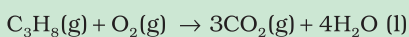
पद 1. अभिक्रियकों और उत्पादों के सही सूत्र लिखिए। यहाँ प्रोपेन एवं ऑक्सीजन अभिक्रियक हैं और कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल उत्पाद हैं :



पद 2. C परमाणुओं की संख्या संतुलित करें : चूँकि अभिक्रियक में तीन C परमाणु हैं, इसलिए दाईं ओर तीन CO₂ अणुओं का होना आवश्यक है।

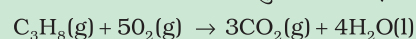


पद 3. H परमाणुओं की संख्या संतुलित करें : बाईं ओर अभिक्रियकों में आठ H परमाणु हैं, जल के हर अणु में दो H परमाणु हैं। इसलिए दाईं ओर H के 8 परमाणुओं के लिए जल के चार अणु होने चाहिए –



पद 4. O परमाणुओं की संख्या संतुलित करें : दाईं ओर दस ऑक्सीजन परमाणु (3 × 2 = 6, CO₂ में तथा 4 × 1 = 4 जल में)

अतः दस ऑक्सीजन परमाणुओं के लिए पाँच O₂ अणुओं की आवश्यकता होगी।



पद 5. जाँच करें कि अंतिम समीकरणों में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या संतुलित है : समीकरण में दोनों ओर 3 कार्बन परमाणु, 8 हाइड्रोजन परमाणु और 10 ऑक्सीजन परमाणु हैं।

ऐसे सभी समीकरणों, जिनमें सभी अभिक्रियकों तथा उत्पादों के लिए सही सूत्रों का उपयोग हुआ हो, संतुलित किया जा सकता है। हमेशा ध्यान रखें कि समीकरण संतुलित करने के लिए अभिक्रियकों और उत्पादों के सूत्रों में पादांक (subscript) नहीं बदले जा सकते।

है। इन संबंधों के आधार पर दिए गए आँकड़ों को एक-दूसरे में इस प्रकार परिवर्तित किया जा सकता है –

$$\begin{aligned} \text{द्रव्यमान} &\rightleftharpoons \text{मोलों की संख्या} \rightleftharpoons \text{अणु की संख्या} \\ &\rightleftharpoons \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}} = \text{घनत्व} \end{aligned}$$

1.10.1 सीमांत अभिकर्मक

कई बार अभिक्रियाओं में संतुलित समीकरण के अनुसार आवश्यक अभिक्रियाकों की मात्राएँ उपस्थित नहीं होतीं। ऐसी

स्थितियों में एक अभिक्रियक दूसरे की अपेक्षा अधिकता में उपस्थित होता है। जो अभिक्रियक कम मात्रा में उपस्थित होता है, वह कुछ देर बाद समाप्त हो जाता है। उसके बाद और आगे अभिक्रिया नहीं होती, भले ही दूसरे अभिक्रियक की कितनी ही मात्रा उपस्थित हो। अतः जो अभिक्रियक पहले समाप्त होता है, वह उत्पाद की मात्रा को सीमित कर देता है। इसलिए उसे 'सीमांत अभिकर्मक' (limiting reagent) कहते हैं। स्टॉइकियोमीट्रिक गणनाएँ करते समय यह बात ध्यान में रखनी चाहिए।

उदाहरण 1.3

16 g मेथेन के दहन से प्राप्त जल की मात्रा (g) का परिकलन कीजिए।

हल

मेथेन के दहन का संतुलित समीकरण इस प्रकार है –



(i) 16g CH₄ एक मोल के बराबर है।

(ii) ऊपर दिए गए समीकरण से 1 मोल CH₄(g) से H₂O(g) के 2 मोल प्राप्त होते हैं।

$$2 \text{ मोल H}_2\text{O} = 2 \times (2 + 16)\text{g} = 2 \times 18\text{g} = 36\text{g}$$

$$1 \text{ मोल H}_2\text{O} = 18\text{g H}_2\text{O} \Rightarrow \frac{18\text{g H}_2\text{O}}{1 \text{ माले H}_2\text{O}} = 1$$

अतः 2 मोल

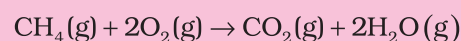
$$\text{H}_2\text{O} \times \frac{18\text{g H}_2\text{O}}{1 \text{ मोल H}_2\text{O}} = 2 \times 18\text{g H}_2\text{O} = 36\text{g H}_2\text{O}$$

उदाहरण 1.4

मेथेन के कितने मोलों के दहन से 22g CO₂(g) प्राप्त की जाती है।

हल

रासायनिक समीकरण के अनुसार –



16g CH₄(g) से 44g CO₂(g) प्राप्त होती है।

($\because$ 1 मोल CH₄(g) से 1 मोल CO₂(g) प्राप्त होती है)

$$\begin{aligned} \text{CO}_2(\text{g}) \text{ के मोल} &= 22\text{g CO}_2(\text{g}) \times \frac{1 \text{ माले CO}_2(\text{g})}{44\text{g CO}_2(\text{g})} \\ &= 0.5 \text{ मोल CO}_2(\text{g}) \end{aligned}$$

अतः 0.5 मोल CH₄(g) के दहन से 0.5 मोल CO₂(g) प्राप्त होगी या 0.5 मोल CH₄(g) से 22g CO₂(g) प्राप्त होगी।

उदाहरण 1.5

50.00 kg N₂(g) और 10.00 kg H₂(g) को NH₃(g) बनाने के लिए मिश्रित किया जाता है। प्राप्त NH₃(g) की मात्रा का परिकलन कीजिए। इन स्थितियों में NH₃ उत्पादन के लिए सीमांत अभिक्रियक को पहचानिए।

हल

ऊपर दी गई अभिक्रिया के लिए संतुलित समीकरण इस प्रकार है – N₂(g) + 3H₂(g) $\rightleftharpoons$ 2NH₃(g)

मोलों का परिकलन

N₂(g) के मोल

$$= 50.0\text{kg N}_2 \times \frac{1000\text{g N}_2}{1\text{kg N}_2} \times \frac{1 \text{ मोल N}_2}{28.0\text{g N}_2}$$

$$= 17.86 \times 10^2 \text{ मोल}$$

H₂(g) के मोल

$$= 10.00\text{kg H}_2 \times \frac{1000\text{g H}_2}{1\text{kg H}_2} \times \frac{1 \text{ मोल H}_2}{2.016\text{g H}_2}$$

$$= 4.96 \times 10^3 \text{ मोल}$$

ऊपर दिए गए समीकरण के अनुसार, अभिक्रिया के 1 मोल N₂(g) के लिए 3 मोल H₂(g) की आवश्यकता होती है। अतः 17.86 $\times$ 10² के लिए आवश्यक H₂(g) के मोलों की संख्या = 17.86 $\times$ 10² मोल

$$N_2 \times \frac{3 \text{ मोल } H_2(g)}{1 \text{ मोल } N_2(g)}$$

$$= 5.36 \times 10^3 \text{ मोल } H_2(g)$$

परंतु केवल 4.96×10^3 मोल $H_2(g)$ उपलब्ध है।

अतः यहाँ $H_2(g)$ सीमांत अभिकर्मक है। अतः

$NH_3(g)$ केवल उपलब्ध $H_2(g)$ की मात्रा

(4.96×10^3 मोल) से ही प्राप्त होगी।

चूँकि 3 मोल $H_2(g)$ से 2 मोल $NH_3(g)$ उपलब्ध

होती है, अतः 4.96×10^3 मोल

$$H_2(g) \times \frac{2 \text{ मोल } NH_3(g)}{3 \text{ मोल } N_2(g)} = 3.30 \times 10^3 \text{ मोल } NH_3(g)$$

इस प्रकार 3.30×10^3 मोल $NH_3(g)$ प्राप्त होगी। यदि इसे ग्राम (g) में परिवर्तित करना हो, तो इस प्रकार किया जाएगा - 1 मोल $NH_3(g) = 17.0 \text{ g } NH_3(g)$

$$\begin{aligned} 3.30 \times 10^3 \text{ मोल } NH_3(g) \times \frac{17.0 \text{ g } NH_3(g)}{1 \text{ मोल } NH_3(g)} \\ = 3.30 \times 10^3 \times 17(g) NH_3(g) \\ = 5.61 \times 10^4 \text{ g } NH_3 = 56.1 \text{ kg } NH_3(g) \end{aligned}$$

1.10.2 विलयनों में अभिक्रियाएँ

प्रयोगशाला में अधिकांश अभिक्रियाएँ विलयनों में की जाती हैं। अतः यह जानना महत्वपूर्ण होगा कि जब कोई पदार्थ विलयन के रूप में उपस्थित होता है, तब उसकी मात्रा किस प्रकार व्यक्त की जाती है। किसी विलयन की सांद्रता या उसके दिए गए आयतन में उपस्थित पदार्थ की मात्रा निम्नलिखित रूप में व्यक्त की जा सकती है -

1. द्रव्यमान - प्रतिशत या भार-प्रतिशत (w/w%)
2. मोल-अंश
3. मोलरता
4. मोललता

आइए, अब इनके बारे में विस्तार से जानें।

1. द्रव्यमान-प्रतिशत

इसे निम्नलिखित संबंध द्वारा ज्ञात किया जाता है-

$$\frac{\text{विलेय का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100$$

2. मोल-अंश

यह किसी विशेष घटक के मोलों की संख्या और विलयन के मोलों की कुल संख्या की अनुपात होता है। यदि कोई पदार्थ A किसी पदार्थ B में घुलता है और उनके मोलों की संख्या क्रमशः n_A और n_B हो, तो उनके मोल अंश इस प्रकार व्यक्त किए जाएँगे -

A का मोल-अंश

$$= \frac{A \text{ के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन के मोलों की संख्या}} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

B का मोल-अंश

$$= \frac{B \text{ के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन के मोलों की संख्या}} = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

उदाहरण 1.6

किसी पदार्थ A के 2g को 18g जल में मिलाकर एक विलयन प्राप्त किया जाता है। विलेय (A) का द्रव्यमान प्रतिशत परिकलित कीजिए।

हल

$$\begin{aligned} A \text{ का द्रव्यमान प्रतिशत} &= \frac{A \text{ का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100 \\ &= \frac{2g}{20g} \times 100 = 10\% \end{aligned}$$

3. मोलरता

यह सबसे अधिक प्रयुक्त मात्रक है। इसे M द्वारा व्यक्त किया जाता है। यह किसी विलेय की 1L विलयन में उपस्थित मोलों की संख्या होती है। अतः

$$\text{मोलरता (M)} = \frac{\text{विलयन के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन (L में)}}$$

मान लीजिए कि हमारे पास किसी पदार्थ (जैसे - NaOH) का 1M विलयन है और हम उससे 0.2 M वाला विलयन प्राप्त करना चाहते हैं।

1 M NaOH का अर्थ है कि विलयन के 1L में 1 मोल NaOH उपस्थित है। 0.2 M विलयन के लिए हमें 1L विलयन में 0.2 मोल NaOH की आवश्यकता होगी। ऐसी गणनाओं में सामान्य सूत्र $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ प्रयोग किया जाता है, जहाँ M तथा V क्रमशः मोलरता तथा आयतन हैं। यहाँ $M_1=0.2$;

$V_1=1000\text{ mL}$ तथा $M_2=1.0$; इन सभी मानों को सूत्र में रखकर V_2 को इस प्रकार ज्ञात किया जा सकता है—

$$.2\text{ M} \times 1000\text{ mL} = 1.0\text{ M} \times V_2$$

$$\therefore V_2 = \frac{0.2\text{M} \times 1000\text{ mL}}{1.0\text{M}} = 200\text{ mL}$$

1 L विलयन में 0.2 मोल NaOH चाहिए।

अतः हमें 0.2 मोल NaOH लेना होगा और विलयन का आयतन 1L बनाना होगा।

अब सांद्र (1M) NaOH का कितना आयतन लिया जाए, जिसमें 0.2 मोल NaOH उपस्थित हो, इसका परिकलन निम्नलिखित रूप में किया जा सकता है –

यदि 1 L या 1000 mL आयतन में 1 मोल उपस्थित है, तब 0.2 मोल उपस्थित होगा—

$$\frac{1000\text{ mL}}{1\text{ मोल}} \times 0.2\text{ मोल} = 200\text{ mL आयतन में}$$

अतः 1 M NaOH के 200 mL लेकर उसमें उतना जल मिलाया जाता है, ताकि आयतन 1L के बराबर हो जाए।

ध्यान दीजिए कि 200 mL में विलय (NaOH) के मोलों की संख्या 0.2 थी और यह तनु करने पर (1000 mL) में भी उतनी ही, अर्थात् (0.2) रही है, क्योंकि हमने केवल विलायक (जल) की मात्रा परिवर्तित की है, न कि NaOH की।

4. मोललता

इस 1 kg विलायक में उपस्थित विलेय के मोलों की संख्या के रूप में परिभाषित किया जाता है। इसे m द्वारा व्यक्त किया जाता है।

$$\text{अतः मोललता (m)} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलायक का द्रव्यमान kg में}}$$

उदाहरण 1.7

NaOH के ऐसे विलयन की मोलरता का परिकलन कीजिए, जिसे 4 g NaOH को जल की पर्याप्त मात्रा में मिलाकर प्राप्त किया गया हो, ताकि विलयन के 250 mL प्राप्त हो जाएँ।

हल

$$\text{चूँकि मोलरता (M)} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन (Lमें)}}$$

$$= \frac{\text{NaOH का द्रव्यमान} / \text{NaOH का मोलर द्रव्यमान}}{0.250\text{L}}$$

$$= \frac{4\text{g} / 40\text{g}}{0.250\text{L}} = \frac{0.1\text{ मोल}}{0.250\text{L}} = 0.4\text{मोल प्रति लिटर}$$

$$= 0.4\text{ mol L}^{-1} = 0.4\text{ M}$$

यह ध्यान रखें कि किसी विलयन की मोलरता ताप पर निर्भर करती है, क्योंकि आयतन ताप पर निर्भर करता है।

उदाहरण 1.8

3 M NaCl विलयन का घनत्व 1.25 g mL^{-1} है इस विलयन की मोललता का परिकलन कीजिए।

$$m = 3\text{ mol L}^{-1}$$

$$1\text{ L विलयन में NaCl का द्रव्यमान} = 3 \times 58.5 \\ = 175.5\text{ g}$$

$$1\text{ L विलयन का द्रव्यमान} = 1000 \times 1.25\text{gm} \\ = 1000 \times 1.25 = 1250\text{ g} = 1250\text{ gm} \\ (\text{क्योंकि घनत्व} = 1.25\text{ g mL}^{-1})$$

$$\text{विलयन में जल का द्रव्यमान} = 1250 - 175.5 \\ = 1074.5\text{ g}$$

$$\text{अब मोललता (m)} = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{kg में विलायक का द्रव्यमान}} \\ = \frac{3\text{mol}}{1.0745\text{kg}} = 2.79\text{m}$$

रासायनिक प्रयोगशालाओं में वांछित सांद्रता का विलयन सामान्यतया अधिक सांद्र विलयन के तनुकरण से बनाया जाता है। अधिक सांद्रता वाले विलयन को 'स्टॉक विलयन' (Stock solution) भी कहते हैं। ध्यान रहे कि विलयन की मोललता तापमान के साथ परिवर्तित नहीं होती, क्योंकि द्रव्यमान तापमान से अप्रभावित रहता है।

सारांश

रसायन विज्ञान का अध्ययन बहुत महत्वपूर्ण है, क्योंकि यह जीवन के सभी पहलुओं को प्रभावित करता है। रसायनज्ञ पदार्थों की संरचना, गुणधर्मों और परिवर्तनों के बारे में अध्ययन करते हैं। सभी पदार्थ द्रव्य द्वारा बने होते हैं। वे तीन भौतिक अवस्थाओं—ठोस, द्रव और गैस के रूप में पाए जाते हैं। इन तीनों अवस्थाओं में घटक-कणों की व्यवस्था भिन्न होती है। इन अवस्थाओं के अभिलाक्षणिक गुणधर्म होते हैं। द्रव्य को तत्त्वों, यौगिकों और मिश्रणों के रूप में भी वर्गीकृत किया जा सकता है। किसी तत्त्व में एक ही प्रकार के कण होते हैं, जो परमाणु या अणु हो सकते हैं। जब दो या अधिक तत्त्वों के परमाणु निश्चित अनुपात में संयुक्त होते हैं, तो यौगिक प्राप्त होते हैं। मिश्रण प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं और हमारे आसपास उपस्थित अनेक पदार्थ मिश्रण हैं।

जब किसी पदार्थ के गुणधर्मों का अध्ययन किया जाता है, तब मापन आवश्यक हो जाता है। गुणधर्मों को मात्रात्मकतः व्यक्त करने के लिए मापन की पद्धति और मात्रकों की आवश्यकता होती है, जिनमें राशियों को व्यक्त किया जा सके। मापन की कई पद्धतियाँ हैं, जिनमें अंग्रेजी पद्धति और मीटरी पद्धति का उपयोग विस्तार में किया जाता है। परंतु वैज्ञानिकों ने पूरे विश्व में एक जैसी पद्धति जिसे, 'SI पद्धति' कहते हैं, का सर्वमान्य प्रयोग करने की सहमति बनाई।

चूँकि मापनों में आँकड़ों को रिकॉर्ड करना पड़ता है और इसमें सदैव कुछ न कुछ अनिश्चितता बनी रहती है, इसलिए आँकड़ों का प्रयोग ठीक से करना बहुत महत्वपूर्ण है। रसायन विज्ञान में राशियों के मापन में 10^{-31} से 10^{23} जैसी संख्याएँ आती हैं। इसलिए इन्हें व्यक्त करने के लिए वैज्ञानिक संकेतन का उपयोग किया जाता है। प्रेक्षणों में सार्थक अंकों की संख्या को बताकर अनिश्चितता का ध्यान रखा जा सकता है। विमीय विश्लेषण से मापी गई राशियों को मात्रकों की एक पद्धति से दूसरी पद्धति में परिवर्तित किया जा सकता है। अतः परिणामों को एक पद्धति के मात्रकों से दूसरी पद्धति के मात्रकों में परिवर्तित किया जा सकता है।

विभिन्न परमाणुओं का संयोजन रासायनिक संयोजन के नियमों के अनुसार होता है। ये नियम हैं – **द्रव्यमान संरक्षण का नियम, स्थिर अनुपात का नियम, गुणित अनुपात का नियम, गै-लुसैक का गैसीय आयतनों का नियम और आवोगाद्रो का नियम**। इन सभी नियमों के परिणामस्वरूप 'डॉल्टन का परमाणु सिद्धांत' प्रस्तुत हुआ, जिसके अनुसार परमाणु द्रव्य के रचनात्मक खंड होते हैं। किसी तत्त्व का परमाणु द्रव्यमान कार्बन के ^{12}C समस्थानिक (जिसे ठीक 12u मान लिया गया है) के सापेक्ष व्यक्त किया जाता है। आमतौर पर किसी तत्त्व के लिए प्रयोग किया जाने वाला परमाणु द्रव्यमान वह परमाणु द्रव्यमान होता है, जिसे सभी समस्थानिकों का प्राकृतिक बाहुल्यताओं को ध्यान में रखकर प्राप्त किया जा सकता है। किसी अणु में उपस्थित विभिन्न परमाणुओं के परमाणु-द्रव्यमानों के योग द्वारा आण्विक द्रव्यमान ज्ञात किया जा सकता है। किसी यौगिक का अणु-सूत्र इसमें उपस्थित विभिन्न तत्त्वों के द्रव्यमान-प्रतिशत को और आण्विक द्रव्यमान को निर्धारित करके परिकलित किया जा सकता है।

किसी निकाय में उपस्थित परमाणुओं, अणुओं या अन्य कणों की संख्या को **आवोगाद्रो स्थिरांक** (6.022×10^{23}) के रूप में व्यक्त किया जा सकता है। इस संख्या को इन कणों का '1 मोल' कहा जाता है।

विभिन्न तत्त्वों और यौगिकों के रासायनिक परिवर्तनों को रासायनिक अभिक्रियाओं के रूप में व्यक्त किया जाता है। एक **संतुलित रासायनिक समीकरण** से काफी जानकारी प्राप्त होती है। किसी विशेष अभिक्रिया में भाग ले रहे मोलों के अनुपात और कणों की संख्या अभिक्रिया के समीकरण के गुणकों से प्राप्त की जा सकती है। आवश्यक अभिक्रियाओं और बने उत्पादों का मात्रात्मक अध्ययन 'स्टॉइकियोमीट्री' कहलाता है। स्टॉइकियोमीट्रिक परिकलनों से किसी उत्पाद की विशिष्ट मात्रा को प्राप्त करने के लिए आवश्यक अभिक्रियाओं की मात्रा या इसके विपरीत निर्धारित किया जा सकता है। दिए गए विलयन के आयतन में उपस्थित पदार्थ की मात्रा को विभिन्न प्रकार से प्रदर्शित किया जाता है। उदाहरणार्थ – द्रव्यमान प्रतिशत, मोल-अंश, मोलरता तथा मोललता।

अभ्यास

- 1.1 निम्नलिखित के लिए मोलर द्रव्यमान का परिकलन कीजिए—
 (i) H_2O (ii) CO_2 (iii) CH_4
- 1.2 सोडियम सल्फेट (Na_2SO_4) में उपस्थित विभिन्न तत्वों के द्रव्यमान प्रतिशत का परिकलन कीजिए।
- 1.3 आयरन के उस ऑक्साइड का मूलानुपाती सूत्र ज्ञात कीजिए, जिसमें द्रव्यमान द्वारा 69.9% आयरन और 30.1% ऑक्सीजन है।
- 1.4 प्राप्त कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा का परिकलन कीजिए। जब
 (i) 1 मोल कार्बन को हवा में जलाया जाता है और
 (ii) 1 मोल कार्बन को 16 g ऑक्सीजन में जलाया जाता है।
- 1.5 सोडियम ऐसीटेट (CH_3COONa) का 500 mL, 0.375 मोलर जलीय विलयन बनाने के लिए उसके कितने द्रव्यमान की आवश्यकता होगी? सोडियम ऐसीटेट का मोलर द्रव्यमान $82.0245 \text{ g mol}^{-1}$ है।
- 1.6 सांद्र नाइट्रिक अम्ल के उस प्रतिदर्श का मोल प्रति लिटर में सांद्रता का परिकलन कीजिए, जिसमें उसका द्रव्यमान प्रतिशत 69% हो और जिसका घनत्व 1.41 g mL^{-1} हो।
- 1.7 100 g कॉपर सल्फेट (CuSO_4) से कितना कॉपर प्राप्त किया जा सकता है?
- 1.8 आयरन के ऑक्साइड का आण्विक सूत्र ज्ञात कीजिए, जिसमें आयरन तथा ऑक्सीजन का द्रव्यमान प्रतिशत क्रमशः 69.9 g तथा 30.1 g है।
- 1.9 निम्नलिखित आँकड़ों के आधार पर क्लोरीन के औसत परमाणु द्रव्यमान का परिकलन कीजिए—
- | % | प्राकृतिक बाहुल्यता | मोलर-द्रव्यमान |
|------------------|---------------------|----------------|
| ^{35}Cl | 75.77 | 34.9689 |
| ^{37}Cl | 24.23 | 36.9659 |
- 1.10 एथेन (C_2H_6) के तीन मोलों में निम्नलिखित का परिकलन कीजिए—
 (i) कार्बन परमाणुओं के मोलों की संख्या
 (ii) हाइड्रोजन परमाणुओं के मोलों की संख्या
 (iii) एथेन के अणुओं की संख्या
- 1.11 यदि 20g चीनी ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) को जल की पर्याप्त मात्रा में घोलने पर उसका आयतन 2L हो जाए, तो चीनी के इस विलयन की सांद्रता क्या होगी?
- 1.12 यदि मेथेनॉल का घनत्व 0.793 kg L^{-1} हो, तो इसके 0.25 M के 2.5 L विलयन को बनाने के लिए कितने आयतन की आवश्यकता होगी?
- 1.13 दाब को प्रति इकाई क्षेत्रफल पर लगने वाले बल के रूप में परिभाषित किया जाता है। दाब का SI मात्रक पास्कल नीचे दिया गया है—

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2}$$
 यदि समुद्रतल पर हवा का द्रव्यमान 1034 g cm^{-2} हो, तो पास्कल में दाब का परिकलन कीजिए।
- 1.14 द्रव्यमान का SI मात्रक क्या है? इसे किस प्रकार परिभाषित किया जाता है?
- 1.15 निम्नलिखित पूर्व-लगनों को उनके गुणांकों के साथ मिलाइए—
- | पूर्व लगन | गुणांक |
|-------------|------------|
| (i) माइक्रो | 10^6 |
| (ii) डेका | 10^9 |
| (iii) मेगा | 10^{-6} |
| (iv) गिगा | 10^{-15} |
| (v) फेम्टो | 10 |

- 1.16 सार्थक अंकों से आप क्या समझते हैं?
- 1.17 पेय जल के नमूने में क्लोरोफॉर्म, जो कैसरजन्य है, से अत्यधिक संदूषित पाया गया। संदूषण का स्तर 15 ppm (द्रव्यमान के रूप में) था।
 (i) इसे द्रव्यमान प्रतिशतता में दर्शाइए।
 (ii) जल के नमूने में क्लोरोफॉर्म की मोललता ज्ञात कीजिए।
- 1.18 निम्नलिखित को वैज्ञानिक संकेतन में लिखिए—
 (i) 0.0048 (ii) 234,000 (iii) 8008
 (iv) 500.0 (v) 6.0012
- 1.19 निम्नलिखित में सार्थक अंकों की संख्या बताइए—
 (i) 0.0025 (ii) 208 (iii) 5005 (iv) 126,000
 (v) 500.00 (vi) 2.0034
- 1.20 निम्नलिखित को तीन सार्थक अंकों तक निकटित कीजिए—
 (i) 34.216 (ii) 10.4107 (iii) 0.04597 (iv) 2808
- 1.21 (क) जब डाइनाइट्रोजन और डाइऑक्सीजन अभिक्रिया द्वारा भिन्न यौगिक बनाती हैं, तो निम्नलिखित आँकड़े प्राप्त होते हैं—
 नाइट्रोजन का द्रव्यमान ऑक्सीजन का द्रव्यमान
 (i) 14 g 16 g
 (ii) 14 g 32 g
 (iii) 28 g 32 g
 (iv) 28 g 80 g
 ये प्रायोगिक आँकड़े रासायनिक संयोजन के किस नियम के अनुरूप हैं? बताइए।
 (ख) निम्नलिखित में रिक्त स्थान को भरिए—
 (i) 1 km = mm = pm
 (ii) 1 mg = kg = ng
 (iii) 1 mL = L = dm³
- 1.22 यदि प्रकाश का वेग $3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ हो, तो 2.00 ns में प्रकाश कितनी दूरी तय करेगा?
- 1.23 किसी अभिक्रिया $A + B_2 \rightarrow AB_2$ में निम्नलिखित अभिक्रिया मिश्रणों में सीमांत अभिकर्मक, (यदि कोई हो, तो) ज्ञात कीजिए—
 (i) A के 300 परमाणु + B के 200 अणु
 (ii) 2 मोल A + 3 मोल B
 (iii) A के 100 परमाणु + B के 100 अणु
 (iv) A के 5 मोल + B के 2.5 मोल
 (v) A के 2.5 मोल + B के 5 मोल
- 1.24 डाइनाइट्रोजन और डाइहाइड्रोजन निम्नलिखित रासायनिक समीकरण के अनुसार अमोनिया बनाती हैं—

$$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$$

 (i) यदि $2.00 \times 10^3 \text{ g}$ डाइनाइट्रोजन $1.00 \times 10^3 \text{ g}$ डाइहाइड्रोजन के साथ अभिक्रिया करती है, तो प्राप्त अमोनिया के द्रव्यमान का परिकलन कीजिए।
 (ii) क्या दोनों में से कोई अभिक्रियक शेष बचेगा?
 (iii) यदि हाँ, तो कौन-सा उसका द्रव्यमान क्या होगा?

- 1.25 $0.5 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$ और $0.50 \text{ M Na}_2\text{CO}_3$ में क्या अंतर है?
- 1.26 यदि डाइहाइड्रोजन गैस के 10 आयतन डाइऑक्सीजन गैस के 5 आयतनों के साथ अभिक्रिया करें, तो जलवाष्प के कितने आयतन प्राप्त होंगे?
- 1.27 निम्नलिखित को मूल मात्रकों में परिवर्तित कीजिए—
 (i) 28.7 pm (ii) 15.15 pm (iii) 25365 mg
- 1.28 निम्नलिखित में से किसमें परमाणुओं की संख्या सबसे अधिक होगी?
 (i) 1 g Au (s)
 (ii) 1 g Na (s)
 (iii) 1 g Li (s)
 (iv) $1 \text{ g Cl}_2 \text{ (g)}$
- 1.29 एथेनॉल के ऐसे जलीय विलयन की मोलरता ज्ञात कीजिए, जिसमें एथेनॉल का मोल-अंश 0.040 है। (मान लें कि जल का घनत्व 1 है।)
- 1.30 एक ^{12}C कार्बन परमाणु का ग्राम (g) में द्रव्यमान क्या होगा?
- 1.31 निम्नलिखित परिकलनों के उत्तर में कितने सार्थक अंक होने चाहिए?
 (i) $\frac{0.02856 \times 298.15 \times 0.112}{0.5785}$
 (ii) 5×5.364
 (iii) $0.0125 + 0.7864 + 0.0215$
- 1.32 प्रकृति में उपलब्ध आर्गन के मोलर द्रव्यमान की गणना के लिए निम्नलिखित तालिका में दिए गए आँकड़ों का उपयोग कीजिए—
- | समस्थानिक | समस्थानिक मोलर द्रव्यमान | प्रचुरता |
|------------------|-------------------------------|----------|
| ^{36}Ar | $35.96755 \text{ mol}^{-1}$ | 0.337% |
| ^{38}Ar | $37.96272 \text{ g mol}^{-1}$ | 0.063% |
| ^{40}Ar | $39.9624 \text{ g mol}^{-1}$ | 99.600% |
- 1.33 निम्नलिखित में से प्रत्येक में परमाणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए—
 (i) 52 मोल Ar (ii) 52 u He (iii) 52 g He
- 1.34 एक वेलिंग ईंधन गैस में केवल कार्बन और हाइड्रोजन उपस्थित हैं। इसके नमूने की कुछ मात्रा ऑक्सीजन से जलाने पर 3.38 g कार्बन डाइऑक्साइड, 0.690 g जल के अतिरिक्त और कोई उत्पाद नहीं बनाती। इस गैस के 10.0L (STP पर मापित) आयतन का भार 11.69 g पाया गया। इसके –
 (i) मूलानुपाती सूत्र
 (ii) अणु द्रव्यमान और
 (iii) अणुसूत्र की गणना कीजिए।
- 1.35 CaCO_3 जलीय HCl के साथ निम्नलिखित अभिक्रिया कर CaCl_2 और CO_2 बनाता है।
 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 0.75M HCl के 25 mL के साथ पूर्णतः अभिक्रिया करने के लिए CaCO_3 की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी?
- 1.36 प्रयोगशाला में क्लोरीन का विरचन मैंगनीज डाइऑक्साइड (MnO_2) को जलीय HCl विलयन के साथ अभिक्रिया द्वारा निम्नलिखित समीकरण के अनुसार किया जाता है—
 $4\text{HCl}(\text{aq}) + \text{MnO}_2(\text{s}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{MnCl}_2(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
 5.0g मैंगनीज डाइऑक्साइड के साथ HCl के कितने ग्राम अभिक्रिया करेंगे?

परमाणु की संरचना STRUCTURE OF ATOM

उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के बाद आप—

- इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन की खोज एवं उनके अभिलक्षणों से परिचित हो सकेंगे;
- थॉमसन, रदरफोर्ड एवं बोर के परमाणु मॉडलों का वर्णन कर सकेंगे;
- परमाणु के क्वांटम यांत्रिकीय मॉडल के महत्वपूर्ण लक्षणों को समझ सकेंगे;
- विद्युत्-चुंबकीय विकिरण की प्रकृति एवं प्लांक के क्वांटम सिद्धांत को समझ सकेंगे;
- प्रकाश विद्युत्-प्रभाव तथा परमाणुओं के स्पेक्ट्रमों के लक्षणों का वर्णन कर सकेंगे;
- दे ब्रॉग्ली संबंध तथा हाइजेनबर्ग अनिश्चितता सिद्धांत को अभिव्यक्त कर सकेंगे;
- परमाणु कक्षक को क्वांटम संख्याओं के रूप में परिभाषित कर सकेंगे;
- ऑफबाऊ सिद्धांत, पाउली का अपवर्जन सिद्धांत तथा हुंड का अधिकतम बहुकता नियम का वर्णन कर सकेंगे;
- परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिख सकेंगे।

विभिन्न तत्त्वों के रासायनिक व्यवहार में प्रचुर विविधता, उनके परमाणुओं की आंतरिक संरचना में निहित विविधता से पथरेखित होती है।

भारतीय एवं यूनानी दार्शनिकों द्वारा बहुत पहले से ही (400 ई.पू.) परमाणुओं के अस्तित्व को प्रस्तावित किया गया था। उनका विचार था कि परमाणु द्रव्य के मूल संरचनात्मक भाग होते हैं। उनके अनुसार पदार्थ के लगातार विभाजन से अंततः परमाणु प्राप्त होते हैं, जिसे और विभाजित नहीं किया जा सकता। ‘परमाणु’ (atom) शब्द ग्रीक भाषा से उत्पन्न हुआ है, जिसमें atomio का अर्थ ‘न काटे जाने वाला (uncuttable) या ‘अविभाज्य’ (non-divisible) होता है। पहले ये विचार केवल कल्पना पर आधारित थे और इनका प्रायोगिक परीक्षण कर पाना संभव नहीं था। बहुत समय तक ये विचार किसी प्रमाण के बिना ऐसे ही चलते रहे, परंतु 18वीं शताब्दी में वैज्ञानिकों ने इन पर फिर से बल देना शुरू कर दिया।

सन् 1808 में जॉन डाल्टन नामक एक ब्रिटिश स्कूल अध्यापक ने पहली बार वैज्ञानिक आधार पर द्रव्य का परमाणु सिद्धांत प्रस्तुत किया। उनका सिद्धांत, जिसे ‘डाल्टन का परमाणु सिद्धांत’ कहा जाता है, ने परमाणु को पदार्थ का मूल कण (एकक-1) माना।

इस एकक को हमने उन प्रायोगिक प्रेक्षणों से आरंभ किया है, जो 19वीं शताब्दी के अंत तथा 20 वीं शताब्दी के आरंभ में वैज्ञानिकों द्वारा किए गए थे। इससे यह स्थापित हुआ कि परमाणुओं को छोटे कणों में, अर्थात् इलेक्ट्रॉनों, प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों में विभाजित किया जा सकता है। यह धारणा डाल्टन की धारणा से बिल्कुल अलग थी। उस समय वैज्ञानिकों के सामने निम्नलिखित मुख्य समस्याएँ थीं—

- परमाणु के अवपरमाण्विक कणों की खोज के बाद उसके स्थायित्व का स्पष्टीकरण;
- भौतिक तथा रासायनिक— दोनों गुणों के पदों में एक तत्व की दूसरे से भिन्नता की तुलना;

- (iii) विभिन्न परमाणुओं के संयोजन से विभिन्न प्रकार के अणुओं के बनने की व्याख्या तथा,
- (iv) परमाणुओं द्वारा अवशोषित अथवा उत्सर्जित विशिष्ट विद्युत् चुंबकीय विकिरण की उत्पत्ति तथा प्रकृति को समझना।

2.1 अवपरमाण्विक कण

डाल्टन के परमाणु सिद्धांत से द्रव्यमान के संरक्षण के नियम, स्थिर संघटन के नियम तथा बहुगुणिता-अनुपात के नियम की सफलतापूर्वक व्याख्या की जा सकी। लेकिन यह कई प्रयोगों के परिणामों को वर्णित करने में विफल रहा। उदाहरण के लिए— काँच अथवा एबोनाइट (ebonite) को रेशम अथवा फर (fur) के साथ घिसने पर विद्युत् की उत्पत्ति होती है। यद्यपि इन परिणामों से विद्युत्-चुंबकीय परिघटना को समझना संभव हुआ, तथापि इससे सीधे तौर पर परमाणुओं तथा अणुओं की विद्युत्-प्रकृति समझने में सहायता नहीं मिली। 20वीं सदी में विभिन्न प्रकार के अनेक अवपरमाण्विक कणों की खोज हुई, तथापि इस खंड में हम केवल दो कणों— इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के बारे में बात करेंगे।

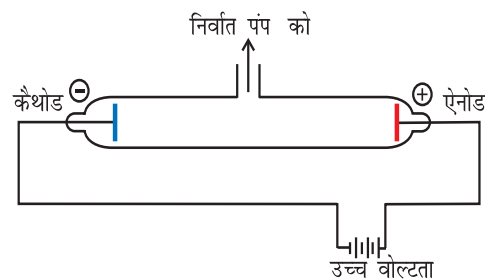
2.1.1 इलेक्ट्रॉन की खोज

सन् 1830 में माइकेल फैराडे ने दर्शाया कि यदि किसी विलयन में विद्युत् प्रवाहित की जाती है, तो इलेक्ट्रोडों पर रासायनिक अभिक्रियाएँ होती हैं, जिनके परिणामस्वरूप इलेक्ट्रोडों पर पदार्थ का विसर्जन और निक्षेपण (deposition) होता है। उसने कुछ नियम बताए, जिनके विषय में आप 12वीं कक्षा में पढ़ेंगे। इन परिणामों से विद्युत् की कणीय प्रकृति के बारे में पता चलता है।

गैसों में विद्युत्-विसर्जन आदि प्रयोगों के परिणामों से परमाणु की संरचना के बारे में और जानकारी प्राप्त हुई। इन परिणामों की चर्चा करने से पहले आवेशित कणों के व्यवहार के बारे में हमें यह मूल नियम ध्यान में रखना होगा कि समान आवेश एक-दूसरे को प्रतिकर्षित तथा विपरीत आवेश एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं।

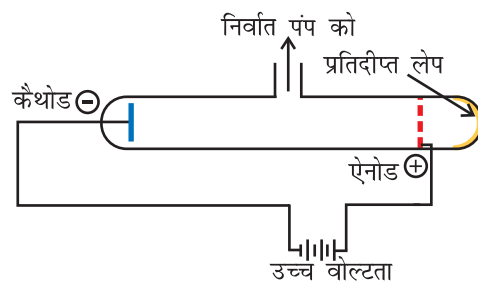
उन्नीसवीं शताब्दी के छठवें दशक में अनेक वैज्ञानिक, विशेषकर फैराडे ने आंशिक रूप से निर्वातित नलिकाओं, जिन्हें **कैथोड किरण नलिकाएँ** कहा जाता है, में विद्युत्-विसर्जन का अध्ययन आरंभ किया। इसे चित्र 2.1 (क) में दर्शाया गया है। कैथोड किरण नलिका काँच की बनी होती है, जिसमें धातु के दो पतले टुकड़े (जिन्हें **इलेक्ट्रोड** कहते हैं) सील किए हुए होते हैं। गैसों में विद्युत्-विसर्जन को सिर्फ निम्न दाब एवं उच्च

विभव पर प्रेक्षित किया जा सकता है। विभिन्न गैसों के दाब को निर्वातन द्वारा नियंत्रित किया गया। इस प्रकार जब इलेक्ट्रोडों पर उच्च वोल्टता लागू की गई, तो नलिका में कणों की धारा के द्वारा ऋणात्मक इलेक्ट्रोड (कैथोड) से धनात्मक इलेक्ट्रोड (ऐनोड) की तरफ विद्युत् का प्रवाह आरंभ हो गया। इनको **कैथोड किरणें** अथवा **कैथोड किरण कण** कहते हैं।



चित्र 2.1 (क) एक कैथोड किरण विसर्जन नलिका

कैथोड से ऐनोड तक विद्युत्-धारा के प्रवाह की अतिरिक्त जाँच के लिए ऐनोड में छिद्र तथा ऐनोड के पीछे नली पर स्फुरदीप्त पदार्थ (जिंक सल्फाइड) का लेप किया जाता है। जब ये किरणें ऐनोड के छिद्र में से गुजरकर जिंक सल्फाइड की परत पर टकराती हैं तथा वहाँ एक चमकीला चिह्न बन जाता है (1V में भी ऐसा ही होता है), चित्र 2.1 (ख)। इस प्रयोग के परिणाम संक्षेप में निम्नलिखित हैं—



चित्र 2.1 (ख) सछिद्र ऐनोडयुक्त एक कैथोड-किरण विसर्जन नलिका

- (i) कैथोड किरणें (cathode rays) कैथोड से आरंभ होकर ऐनोड की ओर गमन करती हैं।
- (ii) ये किरणें स्वयं दिखाई नहीं देती, परंतु इनके व्यवहार को गैसों तथा कुछ निश्चित प्रकार के पदार्थों (स्फुरदीप्त तथा प्रतिदीप्त) की उपस्थिति में देखा जा सकता है। ये पदार्थ इनसे टकरा कर चमकते हैं। टेलीवीजन चित्र नलिका कैथोड किरण नलिका होती है। टी.वी. पर्दा, जो स्फुरदीप्त एवं प्रतिदीप्त पदार्थों से लेपित होता है, पर चित्र प्रतिदीप्त होते हैं।

- (iii) विद्युत् और चुंबकीय क्षेत्रों की अनुपस्थिति में ये किरणें सीधी दिशा में गमन करती हैं।
- (iv) विद्युत् और चुंबकीय क्षेत्रों की उपस्थिति में कैथोड किरणों का व्यवहार ऋणावेशित कणों के अपेक्षित व्यवहार के समान होता है, जो यह सिद्ध करता है कि कैथोड किरणों में ऋणावेशित कण होते हैं, जिन्हें **इलेक्ट्रॉन** कहते हैं।
- (v) कैथोड किरण नलिका के इलेक्ट्रोडों के पदार्थ एवं उपस्थित गैस की प्रकृति पर कैथोड-किरणों (इलेक्ट्रॉन) के लक्षण निर्भर नहीं करते हैं।

उपरोक्त परिणामों से यह निष्कर्ष निकलता है कि इलेक्ट्रॉन सभी परमाणुओं के मूल घटक होते हैं।

2.1.2 इलेक्ट्रॉन का आवेश द्रव्यमान अनुपात

ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी जे.जे. थॉमसन ने सन् 1897 में कैथोड किरण नलिका का उपयोग करके और इलेक्ट्रॉनों के पथ तथा एक दूसरे के लंबवत विद्युत् और चुंबकीय क्षेत्र लागू करके विद्युत् आवेश (e) और द्रव्यमान (m_e) के बीच अनुपात को मापा (चित्र 2.2)। थॉमसन ने यह तर्क दिया कि विद्युत् और चुंबकीय क्षेत्रों की उपस्थिति में इलेक्ट्रॉनों के अपने पथ से विचलन की मात्रा निम्नलिखित बातों पर निर्भर करती है—

- (i) कण पर ऋणावेश का मान अधिक होने पर विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्रों के साथ अन्योन्य क्रिया बढ़ जाती है इस प्रकार विचलन अधिक होता है।
- (ii) कण का द्रव्यमान-कण के हल्का होने से विचलन अधिक होता है।

- (iii) विद्युत् अथवा चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता इलेक्ट्रोडों पर वोल्टता अथवा चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता बढ़ाने से इलेक्ट्रॉनों का मूल पथ से विचलन बढ़ जाता है।

जब केवल विद्युत् क्षेत्र लगाया जाता है, तब इलेक्ट्रॉन अपने पथ से विचलित होकर बिंदु A पर कैथोड किरण नलिका से टकराते हैं। इसी प्रकार जब केवल चुंबकीय क्षेत्र लागू किया जाता है, तब इलेक्ट्रॉन बिंदु C पर कैथोड किरण-नलिका से टकराते हैं। विद्युत् और चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता के सावधानी-पूर्वक संतुलन से इन क्षेत्रों की अनुपस्थिति में अनुपालित पथ पर इलेक्ट्रॉनों को वापस लाया जा सकता है। यह पर्दे पर बिंदु B से टकराता है।

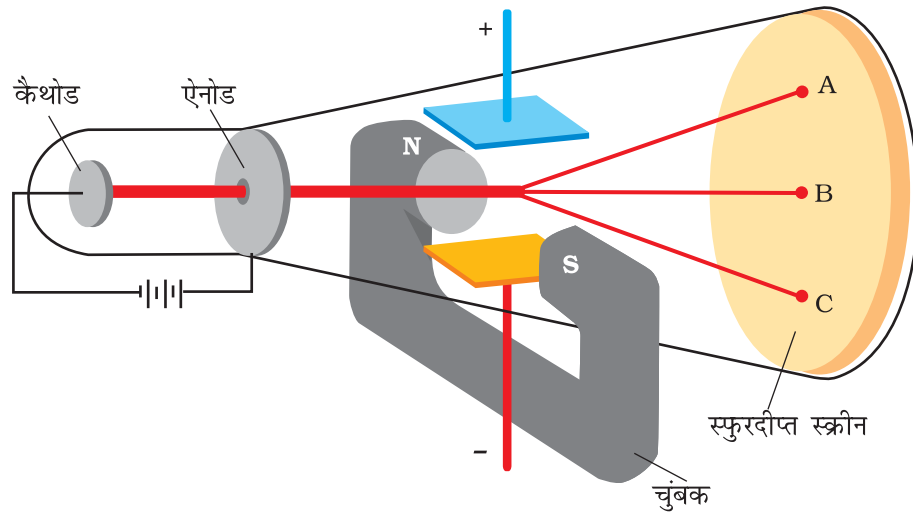
विद्युत् क्षेत्र की प्रबलता या चुंबकीय क्षेत्र की प्रबलता में से किसी एक की उपस्थिति में इलेक्ट्रॉनों के विचलन की मात्रा का सही-सही माप करके और उसके प्रेक्षण से थॉमसन, e/m_e के मान का निर्धारण कर सके—

$$\frac{e}{m_e} = 1.758820 \times 10^{11} \text{ C kg}^{-1} \quad (2.1)$$

जहाँ m_e इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान kg में और उस पर आवेश कूलॉम (C) में है। चूँकि इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित होते हैं, अतः इलेक्ट्रॉन पर वास्तविक (ऋण) आवेश $-e$ है।

2.1.3 इलेक्ट्रॉनों पर आवेश

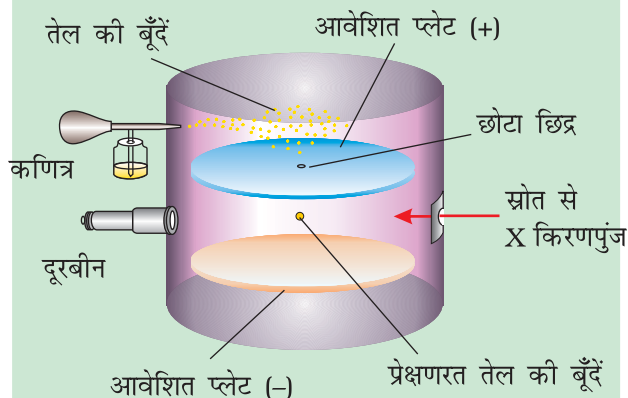
आर.ए. मिलिकन (1868-1953) ने इलेक्ट्रॉन पर आवेश के निर्धारण के लिए एक विधि तैयार की, जो **तेल बूँद प्रयोग** (1906-14) कहलाता है।



चित्र 2.2 इलेक्ट्रॉन के आवेश और द्रव्यमान के बीच अनुपात का निर्धारण करने का उपकरण

मिलिकन की तेल की बूँद विधि

इस विधि में कणित्र (atomizer) द्वारा उत्पन्न कुहासे के रूप में तेल की बूँदों को विद्युत् संचनित्र (condenser) के ऊपर की प्लेट में उपस्थित छोटे से छिद्र से गुजारा जाता है। इन बूँदों के नीचे की ओर गति को माइक्रोमीटरयुक्त दूरबीन के द्वारा देखा गया। इन बूँदों के गिरने की दर को मापकर मिलिकन तेल की बूँदों के द्रव्यमान को मापा सके। कक्षक के अंदर की वायु को X-किरणपुंज प्रवाहित करके आयनित किया गया। गैसीय आयनों तथा तेल बूँदों के संघट्ट से तेल बूँदों पर विद्युत् आवेश उत्पन्न हुआ। तेल की इन बूँदों पर विद्युत् आवेश X-किरणों द्वारा उत्पन्न अधिशोषण वाले आयनों द्वारा अपनाया गया। इन आवेशित तेल की बूँदों का गिरना रोका जा सकता है, त्वरित किया जा सकता है अथवा स्थिर किया जा सकता है। ये बूँदों पर आवेश और प्लेट पर लागू वोल्टता की ध्रुवणता तथा प्रबलता पर निर्भर करता है। तेल की बूँदों की गति पर विद्युत् क्षेत्र प्रबलता के प्रभाव को ध्यानपूर्वक माप कर मिलिकन ने यह निष्कर्ष निकाला कि बूँदों पर विद्युत् आवेश (q) का परिमाण हमेशा विद्युत् आवेश, (e) का गुणांक होता है, अर्थात् $q = ne$, जहाँ $n = 1, 2, 3...$



चित्र 2.3 आवेश 'e' मापन के लिए मिलिकन का तेल की बूँद उपकरण। कक्षक में गतिमान तेल की बूँद पर कार्यकारी बल: गुरुत्वाकर्षण, विद्युत् क्षेत्र के कारण वैद्युत्स्थैतिक तथा श्यानता तलकषण बल

उन्होंने पाया कि इलेक्ट्रॉन पर आवेश $-1.6 \times 10^{-19} \text{C}$, विद्युत् आवेश का नवीनतम मान $1.6022 \times 10^{-19} \text{C}$ है। थॉमसन के e/m_e अनुपात के मान से इन परिणामों को संयुक्त करके इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान (m_e) निर्धारित किया।

$$m_e = \frac{e}{e/m_e} = \frac{1.6022 \times 10^{-19} \text{C}}{1.758820 \times 10^{11} \text{C kg}^{-1}} = 9.1094 \times 10^{-31} \text{kg} \quad (2.2)$$

2.1.4 प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन की खोज

परिवर्तित कैथोड किरण नलिका में किए गए विद्युत् विसर्जन से धनावेशित कणों की खोज हुई, जिन्हें **कैनाल किरणें** भी कहा जाता है। इन धनावेशित कणों के अभिलक्षण निम्नलिखित हैं—

- कैथोड किरणों के विपरीत, धनावेशित कण कैथोड किरण नलिका में उपस्थित गैस की प्रकृति पर निर्भर करते हैं। ये साधारण धनावेशित गैसीय आयन होते हैं।
- कणों के आवेश और द्रव्यमान का अनुपात उस गैस पर निर्भर करता है, जिससे ये उत्पन्न होते हैं।
- कुछ धनावेशित कण विद्युत् आवेश की मूल इकाई के गुणक होते हैं।
- चुंबकीय तथा विद्युत् क्षेत्रों में इन कणों का व्यवहार इलेक्ट्रॉन अथवा कैथोड किरण के लिए प्रेक्षित व्यवहार के विपरीत है।

सबसे छोटा और हल्का धन आयन हाइड्रोजन से प्राप्त हुआ था इसे **प्रोटॉन** कहते हैं। इस धनावेशित कण का पृथक्करण और लक्षण की पुष्टि सन् 1919 में हुई थी। बाद में परमाणु में एक वैद्युत उदासीन कण की आवश्यकता महसूस की गई। इस कण की खोज सन् 1932 में चैडविक ने बेरीलियम पर ∞ कणों के प्रहार से की। जब प्रोटॉन के भार से कुछ अधिक भार वाले विद्युत् उदासीन कण निर्गमित हुए। उन्होंने इन कणों को **न्यूट्रॉन** कहा। इन मूल कणों के महत्वपूर्ण गुण सारणी 2.1 में दिए गए हैं।

2.2 परमाणु मॉडल

पूर्व भागों में बताए गए प्रयोगों से प्राप्त प्रेक्षणों से यह सुझाव मिला कि डाल्टन के अविभाज्य परमाणु में धनात्मक तथा ऋणात्मक आवेशों वाले अव-परमाणु (sub-atomic) कण होते हैं। इन आवेशित परमाणुओं के वितरण की व्याख्या करने के लिए विभिन्न परमाणु मॉडल प्रस्तावित किए गए। यद्यपि इनमें से हर मॉडल द्वारा कणों के स्थायित्व की व्याख्या नहीं की जा सकी। इनमें से दो मॉडल जे.जे. थॉमसन और अर्नेस्ट रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित किए गए थे, जो इस प्रकार हैं—

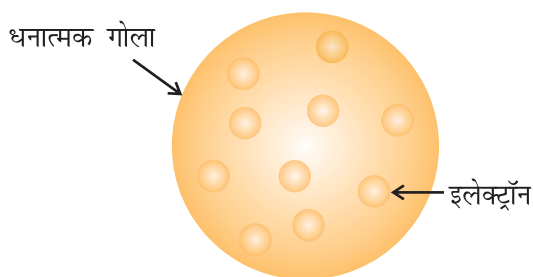
2.2.1 परमाणु का थॉमसन मॉडल

सन् 1898 में जे.जे. थॉमसन ने प्रस्तावित किया कि परमाणु एक समान आवेशित गोला (त्रिज्या लगभग 10^{-10}m) होता है, जिसमें धनावेश समान रूप से वितरित रहता है। इसके ऊपर इलेक्ट्रॉन इस प्रकार स्थित होते हैं कि उससे स्थायी स्थिर वैद्युत व्यवस्था प्राप्त हो जाती है (चित्र 2.4)। इस मॉडल को विभिन्न

सारणी 2.1 मूल कणों के गुण

नाम	चिह्न	परम आवेश C	सापेक्ष आवेश	द्रव्यमान	द्रव्यमान	लगभग द्रव्यमान/ u
इलेक्ट्रॉन	e	-1.6022×10^{-19}	-1	9.10939×10^{-31}	0.00054	0
प्रोटॉन	p	$+1.6022 \times 10^{-19}$	+1	1.67262×10^{-27}	1.00727	1
न्यूट्रॉन	n	0	0	1.67493×10^{-27}	1.00867	1

प्रकार के नाम दिए गए हैं। उदाहरणार्थ— प्लम पुडिंग (plum pudding) रेज़िन पुडिंग (raisin pudding) अथवा तरबूज (watermelon) मॉडल। इस मॉडल में परमाणु के धनावेश को पुडिंग अथवा तरबूज के समान माना गया है, जिसमें इलेक्ट्रॉन क्रमशः प्लम अथवा बीज की तरह उपस्थित हैं। इस मॉडल का एक महत्वपूर्ण लक्षण यह है कि इसमें परमाणु का द्रव्यमान पूरे परमाणु पर समान रूप से बँटा हुआ माना गया है। यद्यपि यह मॉडल परमाणु की विद्युत् उदासीनता को स्पष्ट करता था, किंतु यह भविष्य के प्रयोगों के परिणामों के संगत नहीं पाया गया। थॉमसन को सन् 1906 में भौतिकी में गैसों की विद्युत् चालकता पर सैद्धांतिक एवं प्रायोगिक जाँच के लिए नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया।



चित्र 2.4 परमाणु का थॉमसन मॉडल

19वीं सदी के दूसरे अर्धांश में विभिन्न प्रकार की किरणों की खोज हुई। विल्हेम रॉन्टजेन (Wilhelm Roentgen, 1845-1923) ने सन् 1895 में दर्शाया कि कैथोड किरण नली में उपस्थित पदार्थ से टकराने पर इलेक्ट्रॉन ऐसी किरणें उत्पन्न करते हैं, जो कैथोड किरण नली के बाहर रखे प्रतिदीप्त (fluorescent) पदार्थ में प्रतिदीप्ति उत्पन्न कर सकते हैं। चूँकि रॉन्टजेन को इन

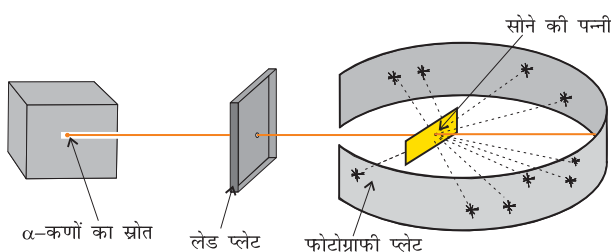
किरणों की प्रकृति का पता नहीं था, अतः उन्होंने इन्हें X-किरणों का नाम दिया, जो आज भी प्रचलित है। ऐसा देखा गया कि इलेक्ट्रॉनों के अधिक घनत्व वाले धातु ऐनोड लक्ष्य से टकराने के कारण प्रभावी X-किरणें उत्पन्न होती हैं। X-किरणें विद्युत् तथा चुंबकीय क्षेत्रों से विक्षेपित (deflect) नहीं होती हैं। इन किरणों के पदार्थ में अति उच्च भेदनशक्ति (penetrating power) होती है। यही कारण है कि वस्तुओं के आंतरिक अध्ययन में इन किरणों का उपयोग होता है। इन किरणों की तरंग-दैर्घ्य (wavelength) बहुत कम होती है (0.1 nm) और वैद्युत-चुंबकीय व्यवहार दर्शाती हैं (खंड 2.3.1)।

हेनरी बैकुरल (Henri Becquerel 1852-1908) ने देखा कि कुछ तत्व विकिरण का उत्सर्जन स्वयं करते हैं। उन्होंने इस परिघटना को रेडियोऐक्टिवता (radioactivity) कहा तथा बताया कि ऐसे तत्व रेडियोऐक्टिव तत्व कहलाते हैं। इस क्षेत्र को मेरी क्यूरी, पियरे क्यूरी रदरफोर्ड तथा फ्रेडरिक सोडी ने विकसित किया। इसमें तीन प्रकार की किरणों, α , β तथा γ का उत्सर्जन देखा गया। रदरफोर्ड ने पाया कि α किरणों में दो इकाई धनात्मक आवेश और चार इकाई परमाणु द्रव्यमान वाले उच्च ऊर्जा कण होते हैं। उन्होंने यह निष्कर्ष निकाला कि α कण हीलियम नाभिक होते हैं, क्योंकि दो इलेक्ट्रॉनों के साथ मिलकर α कण हीलियम गैस प्रदान करते हैं। β किरणें इलेक्ट्रॉनों के समान ऋणात्मक आवेश वाले कण होते हैं। γ किरणें X-किरणों के समान उच्च ऊर्जा विकिरण होती हैं, जिनकी प्रकृति उदासीन होती है और जिनका कोई कण नहीं होता। भेदन क्षमता सबसे कम α किरणों की, उसके बाद β किरणों (α कणों से 100 गुना अधिक) तथा सबसे अधिक γ किरणों की (α कणों से 1000 गुना अधिक) होती है।

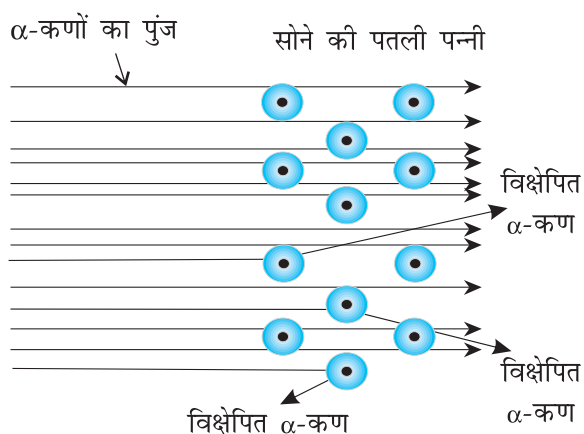
2.2.2 रदरफोर्ड का नाभिकीय परमाणु मॉडल

रदरफोर्ड और उसके विद्यार्थियों ने (हेंस गीगर और अर्नेस्ट मार्सडेन) ने बहुत सोने की पतली पन्नी (gold foil) पर α -कणों की बौछार की। रदरफोर्ड के प्रसिद्ध α -कण प्रकीर्णन प्रयोग को चित्र 2.5 में दिखाया गया है।

सोने की पतली पन्नी (100 nm मोटाई) पर एक रेडियोएक्टिव स्रोत से उच्च ऊर्जा वाले अल्फा कणों को डाला गया। इस पतली पन्नी के आसपास वृत्ताकार प्रतिदीप्तिशील (fluorescent) जिंक सल्फाइड से बना स्क्रीन होता है। जब कोई अल्फा कण इस स्क्रीन से टकराता है, तो प्रकाश की स्फुरक्षणीदीप्ति (flash) उत्पन्न होती है।



(क) रदरफोर्ड का प्रकीर्णन प्रयोग



(ख) सोने की पन्नी का व्यवस्थात्मक चित्र

चित्र 2.5 रदरफोर्ड के प्रकीर्णन प्रयोग का रेखांकित चित्र। जब सोने की एक पतली पन्नी पर अल्फा (α) कणों की बौछार (shot) की जाती है, तो उसमें से अधिकांश कण प्रभावित हुए बिना पत्ती को पार कर जाते हैं, जबकि कुछ का विक्षेपण हो जाता है।

प्रकीर्णन अनुप्रयोग के परिणाम काफी अनपेक्षित थे। थॉमसन के परमाणु मॉडल के अनुसार पत्ती में उपस्थित सोने के प्रत्येक परमाणु का द्रव्यमान पूरे परमाणु पर एक समान रूप से बँटा हुआ होना चाहिए। अल्फा कणों में ऊर्जा इतनी अधिक होती है कि वे द्रव्यमान के ऐसे समान वितरण से भी सीधे पार कर जाएँगे। उन्हें अपेक्षा थी कि पत्ती से टकराने के बाद कणों की गति धीमी हो जाएगी और उनकी दिशा बहुत कम कोण से बदल जाएगी। उन्होंने देखा कि—

- अधिकांश अल्फा कण सोने की पत्ती से विक्षेपित हुए बिना निकल गए।
- अल्फा कणों का कम अंश बहुत कम कोण से विक्षेपित हुआ।
- बहुत ही थोड़े कण (20000 में से 1) पीछे की ओर लौटे अर्थात् लगभग 180° के कोण से उनका विक्षेपण हुआ। इन प्रेक्षणों के आधार पर रदरफोर्ड ने परमाणु की संरचना के बारे में निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले—

- परमाणु के अंदर अधिकांश स्थान रिक्त होता है, क्योंकि अधिकांश अल्फा कण सोने की पन्नी को पार कर जाते हैं।
- कुछ ही धनावेशित α कण विक्षेपित होते हैं। यह विक्षेपण अवश्य ही अत्यधिक प्रतिकर्षण बल (repulsive force) के कारण होगा। इससे यह पता चलता है कि थॉमसन के विचार के विपरीत परमाणु के अंदर धनावेश समान रूप से बँटा हुआ नहीं है। धनावेश बहुत कम आयतन के अंदर संकेंद्रित होना चाहिए, जिससे धनावेशित अल्फा कणों का प्रतिकर्षण और विक्षेपण हुआ हो।
- रदरफोर्ड ने गणना करके दिखाया कि नाभिक का आयतन, परमाणु के कुल आयतन की तुलना में अत्यंत कम (नगण्य) होता है। परमाणु की त्रिज्या लगभग 10^{-10}m होती है, जबकि नाभिक की त्रिज्या लगभग 10^{-15}m होती है। आकार के इस अंतर का अंदाज इस बात से लगाया जा सकता है कि यदि नाभिक को क्रिकेट की गेंद जितना माना जाए, तो परमाणु की त्रिज्या लगभग 5 km होगी।

ऊपर दिए गए प्रेक्षणों और परिणामों के आधार पर रदरफोर्ड ने परमाणु का नाभिकीय मॉडल प्रस्तुत किया। इस मॉडल के अनुसार—

- परमाणु का धनावेश तथा अधिकांश द्रव्यमान एक अति अल्प क्षेत्र में केंद्रित था। परमाणु के इस अति अल्प भाग को रदरफोर्ड ने 'नाभिक' कहा।