$$T = \frac{1}{n} = \frac{1}{300} = 0.0033 \text{ सेकंड}$$

$$\lambda = \frac{v}{n} = \frac{300}{300} = 1 \text{मीटर}$$ उत्तर

प्रश्न 12. एक सरल लोलक 20 सेकंड में 80 दोलन पूरे करता है। दोलनों की आवृत्ति तथा आवर्तकाल ज्ञात कीजिए।

हल: 20 सेकंड में दोलनों की संख्या = 80

अत: 1 सेकंड में दोलनों की संख्या $= \frac{80}{20} = 4$

$\therefore$ आवृत्ति, $n = 4$ हर्ट्ज

$$T = \frac{1}{n} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ सेकंड}$$ उत्तर

प्रश्न 13. एक तरंग की चाल 100 मीटर/सेकंड तथा तरंगदैर्ध्य 50 सेमी है। तरंग की आवृत्ति ज्ञात कीजिए।

हल: $v = 100$ मीटर/सेकंड, $\lambda = 50$ सेमी $= \frac{50}{100}$ मीटर $= 0.5$ मीटर, $n = ?$

$$n = \frac{v}{\lambda} = \frac{100}{0.5} = 200 \text{हर्ट्ज}$$ उत्तर

प्रश्न 14. एक कंपित वस्तु 1 सेकंड में 240 कंपन करती है। बताइए कि इसके द्वारा किए गए 15 कंपनों में ध्वनि कितनी दूर जाएगी? हवा में ध्वनि की चाल 300 मीटर/सेकंड है।

हल: 240 कंपन करने में लगा समय = 1 सेकंड

$\therefore$ 1 कंपन करने में लगा समय $= \frac{1}{240}$

15 कंपन करने में लगा समय $= \frac{1}{240} \times 15 = 0.0625$ सेकंड

$\because$ दूरी = चाल $\times$ समय $= 300 \times 0.0625$

दूरी = 18.75 मीटर उत्तर

प्रश्न 15. एक सरल लोलक 30 सेकंड में 90 दोलन पूर्ण करता है। दोलन की आवृत्ति तथा आवर्तकाल का मान ज्ञात कीजिए।

हल: 30 सेकंड में दोलनों की संख्या = 90

$\therefore$ 1 सेकंड में दोलनों की संख्या $= \frac{90}{30}$

अत: आवृत्ति, $n = 3$ हर्ट्ज

आवर्तकाल, $T = \frac{1}{n} = \frac{1}{30} = 0.33$ सेकंड उत्तर

प्रश्न 16. X- किरणों की तरंगदैर्ध्य 1 ऐंग्स्ट्रॉम है। यदि X- किरणों की चाल 6×10^8 मीटर/सेकंड हो, तो इसकी आवृत्ति ज्ञात कीजिए।

हल: $\lambda = 1$ ऐंग्स्ट्रॉम $= 10^{-10}$ मीटर

$v = 6 \times 10^8$ मीटर/सेकंड, $n = ?$

$$n = \frac{v}{\lambda} = \frac{6 \times 10^8}{10^{-10}} = 6 \times 10^{18} \text{ हर्ट्ज}$$ उत्तर

प्रश्न 17. किसी तरंग की तरंगदैर्ध्य 60 सेमी तथा आवृत्ति 500 हर्ट्ज है। इस तरंग की चाल की गणना कीजिए।

हल: $\lambda = 60$ सेमी $= \frac{60}{100} = 0.6$ मीटर, $n = 500$ हर्ट्ज

$v = n\lambda = 500 \times 0.6 = 300$ मीटर/सेकंड उत्तर

प्रश्न 18. एक स्वरित्र का आवर्तकाल 0.05 सेकंड है। इससे उत्पन्न तरंग की तरंग दैर्ध्य 16 मीटर है। तरंग की चाल ज्ञात कीजिए।

हल: $T = 0.05$ सेकंड, $\lambda = 16$ मीटर

$T = \frac{1}{n}$ या $n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.05} = 20$ हर्ट्ज

$v = n\lambda = 20 \times 16 = 320$ मीटर/सेकंड उत्तर

प्रश्न 19. दो स्वरित्र *A* एवं *B* वायु में कंपन कर रहे हैं। *A* की आवृत्ति 166 हर्ट्ज एवं उसके द्वारा उत्पन्न तरंगों का तरंगदैर्ध्य 200 सेमी है। *B* की आवृत्ति 83 हर्ट्ज है। *B* द्वारा उत्पादित तरंगों का तरंगदैर्ध्य कितना है?

हल: A की आवृत्ति, $n = 166$ हर्ट्ज

A का तरंगदैर्ध्य, $\lambda_A = 200$ सेमी

A की तरंगचाल, $v_A = n\lambda = 166 \times 200 = 33200$ सेमी/सेकंड

B की आवृत्ति, $n_B = 83$ हर्ट्ज

B का तरंगदैर्ध्य, $\lambda_B = ?$

B की तरंग चाल, $v_B = 33200$ सेमी/सेकंड

B का तरंगदैर्ध्य, $\lambda_B = \frac{v_B}{b_B} = \frac{33200}{83} = 400$ सेमी उत्तर

प्रश्न 20. समान आवृत्ति की तरंगों के आयाम का अनुपात 2 : 3 है। इन तरंगों के द्वारा ऊर्जा संचरण का अनुपात ज्ञात कीजिए।

हल: $a_1 = 2x,$ $a_3 = 3x$

$\therefore$ $$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 = \left(\frac{2x}{3x}\right)^2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{9}$$

$\Rightarrow$ $E_1 : E_2 = 4:9$ उत्तर

प्रश्न 21. वायु में ध्वनि का वेग 330 मीटर/सेकंड है। यदि सीमांत श्रव्य तरंगों की आवृत्ति 20 किलोहर्ट्ज है, तो इसकी तरंगदैर्ध्य की गणना कीजिए।

हल: $v = 330$ मीटर/सेकंड, $n = 20$ किलो हर्ट्ज $= 20 \times 1000$ हर्ट्ज $= 20{,}000$ हर्ट्ज

$$\lambda = \frac{v}{n} = \frac{330}{20{,}000} = 0.0165 \text{ मीटर}$$

$\lambda = 1.65 \times 10^2$ मीटर उत्तर

प्रश्न 22. एक ही माध्यम में दो ध्वनि तरंगों की तीव्रता का अनुपात 4 : 9 है। तरंगों के आयामों का अनुपात ज्ञात कीजिए।

हल: $I_1 = 4x,$ $I_2 = 9x$

$$\frac{a_1}{a_2} = \sqrt{\frac{4x}{9x}} = \sqrt{\frac{4}{9}} = \frac{2}{3}$$

$a_1 : a_2 = 2:3$ उत्तर

प्रश्न 23. यदि किसी तरंग का आवर्तकाल 4×10^{-3} सेकंड हो तथा तरंगदैर्ध्य 60 सेमी हो, तो तरंग की आवृत्ति तथा चाल ज्ञात कीजिए।

हल: $T=4\times10^{-3}$ सेकड, $\lambda=60$ सेमी $=\frac{60}{100}=0.6$ मीटर

$$n=\frac{1}{T}=\frac{1}{4\times10^{-3}}=250 \text{ हर्ट्ज}$$

$$v=n\times\lambda=250\times0.6=150 \text{ मीटर/सेकंड}$$ उत्तर

प्रश्न 24. यदि किसी तरंग की तरंग दैर्ध्य 10^{-3} माइक्रोमीटर तथा आवृत्ति 3×10^{14} हर्ट्ज है, तो उस तरंग का वेग ज्ञात कीजिए।

हल: $\lambda=10^{-3}$ माइक्रोमीटर $=10^{-3}\times10^{-6}$ मीटर $=10^{-9}$ मीटर, $n=3\times10^{14}$ हर्ट्ज

$$v=n\lambda=10^{-9}\times3\times10^{14}=3\times10^{5} \text{ मीटर/सेकंड}$$ उत्तर

प्रश्न 25. एक तरंग का वेग 250 मीटर/सेकंड तथा आवृत्ति 500 हर्ट्ज है। तरंग की तरंगदैर्ध्य तथा आवर्तकाल की गणना कीजिए।

हल: $v=250$ मीटर/सेकंड, $n=500$ हर्ट्ज, $T=?$, $\lambda=?$

$$T=\frac{1}{n}=\frac{1}{500}=0.002 \text{ सेकंड}$$

$$\lambda=\frac{v}{n}=\frac{250}{500}=0.50 \text{ मीटर}$$ उत्तर

प्रश्न 26. यदि किसी माध्यम में चलने वाली दो तरंगों की आवृत्तियों का अनुपात 3 : 4 है, तो तरंगदैर्ध्यों का अनुपात क्या होगा? आवर्तकाल में अनुपात ज्ञात कीजिए।

हल: $n_1:n_2=3:4$, $\lambda_2:\lambda_2=?$, $T_1:T_2=?$ $v=n\lambda$ से,

$$n_1\lambda_1=n_2\lambda_2$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{4}{3}$$

अत: तरंगदैर्ध्य का अनुपात $\lambda_1:\lambda_2=4:3$

$$n=\frac{1}{T} \text{ से,}$$

$$n_1=\frac{1}{T_1} \text{ तथा } n_2=\frac{1}{T_2}$$

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{T_2}{T_1}\Rightarrow\frac{T_1}{T_2}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{4}{3}$$

अत: आवर्तकालों का अनुपात $I_1:I_2=4:3$ उत्तर

▶ प्रयोगात्मक कार्य-

प्रश्न 1. एक खींचे हुए तार में उत्पन्न हुए स्पंद का वेग ज्ञात करना।

उत्तर- विद्यार्थी स्वयं करें।

प्रश्न 2. ध्वनि परावर्तन के नियमों का सत्यापन करना।

उत्तर- विद्यार्थी स्वयं करें।

इकाई-2: ऊष्मा

8 तापमापन

▶ दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

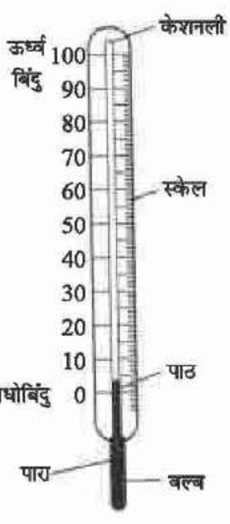
प्रश्न 1. ताप की अभिधारणा क्या है? विस्तृत रूप से समझाइए।

उत्तर- **ताप की अभिधारणा-** किसी वस्तु का ताप वह भौतिक राशि है, जिससे यह पता चलता है कि वस्तु कितनी गरम अथवा कितनी ठंडी है। यदि छूने पर हमें कोई वस्तु A किसी अन्य वस्तु B की अपेक्षा अधिक गरम लगती है, तब हम कहते हैं कि A का ताप B के ताप से ऊँचा है। इस प्रकार, किसी वस्तु का ताप उसकी गर्माहट की माप है।

जिस प्रकार जल सदैव ऊँचे तल से नीचे तल की ओर बहता है, ठीक उसी प्रकार ऊष्मा सदैव ऊँचे ताप वाली वस्तु से नीचे ताप वाली वस्तु की ओर बहती है। माना कि हम दो वस्तुओं A तथा B को, जिनमें B की अपेक्षा A अधिक गरम लगती है, एक-दूसरे के संपर्क में रख देते हैं। तब ऊष्मा वस्तु A से वस्तु B में बहने लगती है तथा कुछ देर पश्चात् दोनों वस्तुएँ एक जैसी गर्म लगने लगती हैं। इसका अर्थ यह है कि ऊष्मा वस्तु A से वस्तु B में तब तक बहती है, जब तक कि दोनों वस्तुओं के ताप बराबर नहीं हो जाते हैं। इसके पश्चात् ऊष्मा का बहना रुक जाता है। इस अवस्था में हम कह सकते हैं कि वस्तुएँ A तथा B एक-दूसरे के 'तापीय-साम्य' में है।

तापीय साम्य की अभिधारणा से हमें ताप की अभिधारणा भी मिलती है। उन सभी वस्तुओं में जो एक-दूसरे के तापीय साम्य में है एक सर्वनिष्ठ गुण होता है, जिसका मान सभी वस्तुओं के लिए एक ही होता है। इसी गुण को हम 'ताप' कहते हैं। इस प्रकार, ताप किसी वस्तु का वह गुण है, जिससे हमें यह पता चलता है कि वह वस्तु किसी अन्य दी गई वस्तु के साथ तापीय साम्य में है या नहीं।

प्रश्न 2. पारे का तापमापी का सचित्र वर्णन कीजिए।



उत्तर- **पारे का तापमापी-**पारे के तापमापी को चित्र में दिखाया गया है। इसके निचले सिरे पर काँच का एक बल्ब होता है, जिसमें पारा भरा होता है। इस बल्ब से जुड़ी हुई एकसमान काँच की एक केशनली होती है।

अंशांकन- ताप का मापक्रम बनाने के लिए तापमापी को अंशांकित करना होता है। इसके लिए दो स्थिर अवस्थाएँ चुनी गई हैं। पहली अवस्था में तापमापी के बल्ब को एक प्रमाणिक वायुमंडलीय दाब पर पिघलती हुई बर्फ में रखते हैं तथा केशनली में पारे के तल पर निशान लगा देते हैं। यह अधोबिंदु अथवा हिमांक कहलाता है। दूसरी अवस्था में तापमापी के बल्ब को उबलते हुए जल के वाष्प में रखते हैं। पारा केशनली में ऊपर चढ़ जाता है। इस स्थिति में भी पारे के तल पर निशान लगा देते हैं। यह उर्ध्वबिंदु अथवा वाष्पबिंदु कहलाता है। प्राप्त दोनों बिंदुओं के तापों को स्वेच्छ मान दिए गए हैं। इन मानों के बीच की दूरी को

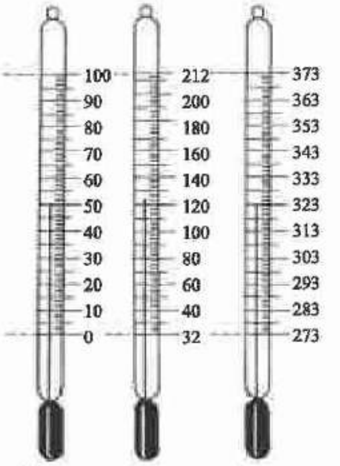
समान भागों में बाँटकर निशान लगा देते हैं। प्रत्येक भाग अंश कहलाता है, जो कि ताप का मात्रक है।

प्रयोग- जिस वस्तु का तापमान ज्ञात करना होता है, उस वस्तु के संपर्क में थर्मामीटर का बल्ब रखते हैं। तापक्रम के अनुसार, पारे का आयतन परिवर्तित होता है और केशनली में पारे का तल एक निश्चित ऊँचाई तक पहुँच जाता है। उस निश्चित ऊँचाई पर लगी अशांकित संख्या उस वस्तु का तापमान कहलाती है।

माना किसी वस्तु का तापमान मापने में पारा 20 की संख्या पर जाकर रुक जाता है, तो उस वस्तु का तापमान 20 डिग्री सेंटीग्रेड होगा। इस प्रकार अलग-अलग वस्तुओं का तापमान, हम पारे के तापमापी से माप सकते हैं।

प्रश्न 3. ताप के पैमाने कितने होते हैं? प्रत्येक का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर- ताप के पैमाने- ताप मापने के लिए तीन पैमाने प्रचलित हैं, जो चित्र में दिखाए गए हैं।



सेल्सियस फारेनहाइट कैल्विन

(i) **सेल्सियस या सेंटीग्रेड पैमाना-** इसे स्वीडन के वैज्ञानिक सेल्सियस ने 1742 में प्रचलित किया था। इसमें एक वायुमंडलीय दाब (0.76 मीटर पारे का स्तंभ) पर हिमांक (अथवा अधोबिंदु) 0°C तथा वाष्प बिंदु (अथवा ऊर्ध्व बिंदु) 100°C होता है। इनके बीच की दूरी को 100 बराबर भागों में बाँटा गया है। प्रत्येक भाग को 1°C (डिग्री सेल्सियस) कहते हैं।

(ii) **फारेनहाइट पैमाना-** इसे जर्मनी के वैज्ञानिक फारेनहाइट ने 1710 में प्रचलित किया था। इस तापमापी में हिमांक अथवा अधोबिंदु 32° तथा वाष्प बिंदु अथवा उर्ध्व बिंदु 212° होता है। इनके बीच की दूरी को (212-32) 180 बराबर भागों में बाँटा गया है। प्रत्येक भाग को 1°F (डिग्री फारेनहाइट) कहते हैं।

(iii) **कैल्विन अथवा परमताप पैमाना-** इस पैमाने को लॉर्ड कैल्विन ने 1852 में प्रचलित किया था। इसमें हिमांक अथवा अधोबिंदु 273 K तथा वाष्प बिंदु अथवा ऊर्ध्व बिंदु 373 K होता है। इनके बीच की दूरी को 100 बराबर भागों में बाँटा गया है। प्रत्येक भाग को 1 K (कैल्विन) कहते हैं।

कैल्विन पैमाने पर मापे गए ताप को परमताप भी कहते हैं। अत: यह पैमाना परमताप पैमाना भी कहलाता हैं।

उपर्युक्त पैमानों में निम्नलिखित संबंध है—

$$\frac{C}{F}=\frac{F-32}{9}=\frac{K-273}{5}$$

जहाँ C = सेल्सिय पैमाने का ताप, F = फारेनहाइट पैमाने का ताप, K = कैल्विन पैमाने पर ताप।

प्रश्न 4. सेल्सियस, फारेनहाइट तथा कैल्विन पैमानों के पारस्परिक संबंध को स्थापित कीजिए।

उत्तर- **सेल्सियस फारेनहाइट व कैल्विन मापों में संबंध-** कैल्विन पैमाने पर जल का हिमांक 273 K तथा सेंटीग्रेड पैमाने पर 0°C है। दोनों पैमानों जल के हिमांक तथा क्वथनांक के मध्य अंतराल को 100 बराबर भागों में विभाजित किया गया है तथा 1 डिग्री सेल्सियस, 1 कैल्विन के बराबर है। अत: सेल्सियस पैमाने पर मापे गए ताप में 273 जोड़कर उसका मान कैल्विन पैमाने पर प्राप्त किया जाता है।

$$K = 273 + °C$$

या

$$°C = K - 273 \quad \dots(1)$$

सेल्सियस व फारेनहाइट मापों में संबंध- सेल्सियस एवं फारेनहाइट पैमानों में हिमांक व क्वथनांक के बीच की दूरी को क्रमश: 100°C तथा 180°C में विभाजित किया जाता है।

अत: तापान्तर $100°C = 180°F$

$$\Rightarrow \quad 1°C = \frac{180}{100}\,°F$$

अथवा

$$1°C = \frac{9}{5}\,°F$$

क्योंकि फारेनहाइट पैमाने में हिमांक 32°F होता है जबकि सेल्सियस में 0°C होता है, इसलिए सेल्सियस पैमाने में यदि कोई ताप C हो, तो फारेनहाइट पैमाने में ताप

$$F = 32 + \frac{9}{5}C$$

अथवा

$$\frac{F-32}{9} = \frac{C}{5}$$

समीकरण (1) व (2) से,

$$\frac{C}{5} = \frac{K-273}{5} = \frac{F-32}{9}$$

▶ लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ताप क्या है?

उत्तर- **ताप-** ताप वह राशि है जो वस्तुओं को संपर्क में रखने पर उनके बीच ऊष्मा के बहने की दिशा को निर्धारित करती है। S.I. प्रणाली में ताप का मात्रक कैल्विन होता है। इसे 'K' से प्रदर्शित करते हैं।

प्रश्न 2. तापमान को परिभाषित कीजिए।

उत्तर- प्राय: हम दो वस्तुओं को छूकर यह बता सकते हैं कि कौन-सी वस्तु अधिक गर्म है अर्थात् कौन-सी वस्तु अधिक ताप पर है। यह बता सकते हैं कि कौन-सी वस्तु अधिक गर्म है अर्थात् कौन अधिक ताप पर है। परंतु यदि दो वस्तुओं के तापों में बहुत कम अंतर हो तब छूने से हम इस अंतर का अनुमान नहीं लगा सकते। अत: किसी वस्तु के ताप को मापने के लिए हम एक यंत्र का उपयोग करते हैं, जिसे तापमापी या थर्मामीटर कहते हैं। वस्तु के ताप को थर्मामीटर द्वारा मापने को तापमापन कहते हैं। सामान्यत: हम अपने दैनिक जीवन में पारा-तापमापी प्रयोग में लाते हैं।

प्रश्न 3. हिमांक तथा भाप-बिंदु से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- तापमान के लिए तापमापी को अंशांकित करना होता है। तापमापी के निचले सिरे पर काँच का एक बल्ब होता है जिसमें पारा भरा होता है। इस बल्ब से जुड़ी हुई एकसमान व्यास की काँच की एक केशनली होती है। पहली अवस्था में तापमापी के बल्ब को प्रमाणिक वायुमंडलीय दाब पर पिघलती हुई बर्फ में रखते हैं तथा केशनली में पारे के तल पर निशान लगा देते हैं। इसे **अधोबिंदु** अथवा **हिमांक** कहते हैं। अब दूसरी अवस्था में तापमापी के बल्ब को उबलते हुए जल की वाष्प में रखते हैं तथा केशनली में पारे के ऊपरी तल पर निशान लगा देते हैं। इसे **उर्ध्व बिंदु** या **भाप बिंदु** कहते हैं। इन दोनों बिंदुओं के बीच की दूरी को समान लंबाई के भागों में बाँटकर निशान लगा देते हैं। ऐसे प्रत्येक भाग को अंश कहते हैं। ये दोनों बिंदु अर्थात् अधोबिंदु अथवा हिमांक तथा उर्ध्व बिंदु अथवा भाप बिंदु कहलाते हैं।

प्रश्न 4. पारे के तापमापी की प्रयोग-विधि समझाइए।

उत्तर- **पारे के तापमापी की प्रयोग-विधि-** जिस वस्तु का तापमान पारे के तापमापी द्वारा ज्ञात करना होता है, उस वस्तु के संपर्क में थर्मामीटर का बल्ब रखते हैं। तापक्रम के अनुसार पारे का आयतन परिवर्तित होता है और केशनली में पारे का तल अधोबिंदु से ऊपर एक निश्चित ऊँचाई पर पहुँच जाता है। उस निश्चित ऊँचाई पर लगी अंशांकित संख्या उस वस्तु का तापमान कहलाती है।

माना किसी वस्तु का तापमान मापने में पारा 40 की संख्या पर जाकर रुक जाता है तो उस वस्तु का तापमान 40 डिग्री सेंटीग्रेड होगा। इस प्रकार अलग-अलग वस्तुओं का तापमान, हम पारे के तापमापी से माप सकते हैं।

प्रश्न 5. फारेनहाइट पैमाने का वर्णन कीजिए।

उत्तर- इस पैमाने को जर्मनी के वैज्ञानिक फारेनहाइट ने सन् 1710 में प्रचलित किया था। इसमें हिमांक को 32°F तथा भाप-बिंदु को 212°F मानकर, उनके अंतर को 180 डिग्रियों में बाँटा गया है। इसका उपयोग ऋतुविज्ञान में तथा डॉक्टरों द्वारा मनुष्य के शरीर का ताप देखने के लिए किया जाता है।

चूँकि 100 सेंटीग्रेड डिग्रियाँ ठीक 180 फारेनहाइट के बराबर हैं, अत: 1 सेंटीग्रेड डिग्री ठीक $\frac{9}{5}$ फारेनहाइट डिग्रियों के बराबर है।

स्पष्ट है कि यदि किसी वस्तु का ताप सेंटीग्रेड तापक्रम पर C हो, तो फारेनहाइट मापक्रम पर उसका मान

$$F = 32 + \frac{9}{5}C$$

या

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

प्रश्न 6. सेल्सियस पैमाने का वर्णन कीजिए।

उत्तर- इस पैमाने को स्वीडन के वैज्ञानिक सेल्सियस ने सन् 1742 में प्रचलित किया था। इसमें हिमांक को 0°C तथा भाप बिंदु को 100°C माना गया है तथा इनके अंतर को 100 समान भागों (डिग्रियों) में बाँटा गया है। साधारण वैज्ञानिक कार्यों में अधिकतर इसी पैमाने का उपयोग होता है।

प्रश्न 7. सेल्सियस और फारेनहाइट पैमाने के परस्पर संबंध को स्थापित कीजिए।

उत्तर- **सेल्सियस और फारेनहाइट पैमाने के परस्पर संबंध-** सेल्सियस पैमाने पर जल के हिमांक तथा वाष्प बिंदु के बीच का भाग 100 बराबर भागों में बँटा होता है, जबकि फारेनहाइट पैमाने पर यह 180 बराबर भागों में बँटा होता है।

अत: सेल्सियस के 100 भाग = फारेनहाइट के 180 भाग

$$\text{सेल्सियस का 1 भाग} = \text{फारेनहाइट का } \frac{180}{100} \text{ भाग}$$

$$= \text{फारेनहाइट का } \frac{9}{5} \text{ भाग}$$

परंतु सेल्सियस का $0°C$ = फारेनहाइट का $32°F$

अत: यदि किसी वस्तु का ताप सेल्सियस पर C तथा फारेनहाइट पर F हो तो

$$F = 32 + \frac{9}{5}C$$

अथवा

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

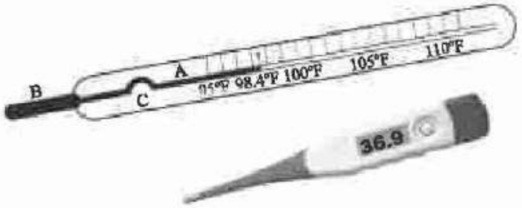
प्रश्न 8. परम पैमाने से आप क्या समझते हैं?

उत्तर– इस पैमाने को लॉर्ड कैल्विन ने 1852 में प्रचलित किया था। इसमें हिमांक 273K तथा वाष्प बिंदु 373 K होता है। इनके बीच की दूरी को 100 बराबर भागों में बाँटा गया है। प्रत्येक भाग को 1K (कैल्विन) कहते हैं।

कैल्विन पैमाने पर मापे गए ताप को परमताप भी कहते हैं; अत: इस पैमाने को परमताप पैमाना भी कहते हैं।

प्रश्न 9. डॉक्टरी थर्मामीटर की कार्यविधि सचित्र समझाइए।

उत्तर– **डॉक्टरी थर्मामीटर–** प्राय: यह एक फारेनहाइट थर्मामीटर ही होता है, जो मनुष्य के शरीर का ताप नापने के काम आता है। इस थर्मामीटर का आकार छोटा होता है। चूँकि स्वस्थ मनुष्य का ताप 98.4°F होता है, इसे तापमापी की नली पर तीर बनाकर प्रदर्शित किया गया है। इस थर्मामीटर में 95°F से 110°F तक निशान लगे होते हैं। मनुष्य के शरीर का ताप 95°F से कम तथा 110°F से अधिक होना संभव नहीं है। आजकल फारेनहाइट के बदले डॉक्टरी थर्मामीटर में सेल्सियस पैमाने का प्रयोग भी होने लगा है, जिस पर स्वस्थ मनुष्य का ताप 36.88 या 37°C (लगभग) होता है।



इस थर्मामीटर में बल्ब के ऊपर C भाग पर केशनली को मोड़कर कुछ संकीर्णित कर देते हैं। जब इस थर्मामीटर को मनुष्य के मुँह में अथवा बगल में लगाया जाता है तो ताप बढ़ते समय पारा ऊपर चढ़ जाता है, परंतु थर्मामीटर को मनुष्य के मुँह से अथवा बगल से निकाल लेने पर जब ताप गिरने लगे तो पारा नीचे नहीं गिरता है। इस प्रकार हम मनुष्य के शरीर का ताप कभी भी ठीक-ठीक पढ़ सकते हैं। थर्मामीटर को झटका देने पर पारा नीचे उतर जाता है।

इस थर्मामीटर की केशनली का छेद अत्यंत बारीक होता है। अत: थर्मामीटर में पारे की स्थिति की माप पढ़ने के लिए थर्मामीटर की नली की एक ओर दीवार को लेंस का आकार देकर पढ़ते हैं। ऐसा करने से पारे की लाइन का आकर बड़ा होकर दिखाई देने लगता है।

▶ अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

(इसके लिए अपनी पाठ्य-पुस्तक में पृष्ठ संख्या 123 देखें।)

▶ आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. यदि किसी रोगी का ताप डॉक्टरी थर्मामीटर से नापने पर आता है, तो सेल्सियस पैमाने पर उसका ताप क्या होगा?

हलः

$$F = 102°F$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{102-32}{9} = \frac{70}{9}$$

$$C = \frac{70\times5}{9} = \frac{350}{9} = 38.9°C$$ उत्तर

प्रश्न 2. दो वस्तुओं के तापों में 63°F का अंतर है। सेल्सियस पैमाने पर यह अंतर कितना होगा? [संकेत- 180°F का अंतर = 100°C]

हलः 180°F का अंतर = 100°C

1°F का अंतर $= \frac{100}{180}$ °C

63°F का अंतर $= \frac{100}{180}\times 63°C = 35°C$ उत्तर

प्रश्न 3. यदि किसी व्यक्ति के शरीर का ताप 98.6°F है, तो सेल्सियस पैमाने पर उसका ताप क्या होगा?

हलः

$$F = 98.6°F, C = ?$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{98.6-32}{9} = \frac{66.6}{9}$$

$$C = \frac{66.6\times5}{9} = \frac{333}{9} = 37°C$$ उत्तर

प्रश्न 4. किस ताप पर सेल्सियस तथा फारेनहाइट तापमापियों का पाठ एक-सा होगा?

हलः माना x ताप पर सेल्सियस तथा फारेनहाइट तापमापियों का पाठ एक-सा होगा।

अतः $C = F = x$

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \Rightarrow \frac{x}{5} = \frac{x-32}{9}$$

$$9x = 5x - 160 \Rightarrow 9x - 5x = -160$$

$$4x = -160 \Rightarrow x = \frac{-160}{4} = -40$$

$$C = F = -40°$$ उत्तर

प्रश्न 5. दो वस्तुओं के तापों में 73°F का अंतर है। सेल्सियस पैमाने पर यह अंतर कितना होगा? [संकेत- 180°F का अंतर = 100°C]

हलः 180°F का अंतर = 100° C

1°F का अंतर $= \frac{100}{180}$ ° C

73°F का अंतर $= \frac{100}{180}\times 73° C = 40.5° C$ उत्तर

प्रश्न 6. 40°C का मान फारेनहाइट पैमाने पर ज्ञात कीजिए।

हलः $C = 40°C, \quad F = ?$

$$F = 32 + \frac{9}{5}C$$

$$F = 32 + \frac{9}{5} \times 40 = 32 + 72 = 104°F$$ उत्तर

प्रश्न 7. 113°F ताप का सेल्सियस पैमाने में क्या मान होगा?

हलः $F = 113°F \quad C = ?$

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{113-32}{9} = \frac{81}{9} = 9$$

$$\frac{C}{5} = 9 \Rightarrow C = 5 \times 9 = 45°$$

$$C = 45°$$ उत्तर

प्रश्न 8. 127°C को कैल्विन में व्यक्त कीजिए।

हलः $C = 127°\,C \quad K = ?$

$$K = 273° + C$$

$$K = 273° + 127° = 400°$$ उत्तर

प्रश्न 9. 100K को °C में व्यक्त कीजिए।

हलः $K = 100°, \quad C = ?$

$$C = K - 273°$$

$$C = 100° - 273° = -173°$$ उत्तर

प्रश्न 10. गणना कीजिए कि किस ताप पर सेल्सियस पैमाने पर मान फारेनहाइट पैमाने के मान का आधा होगा?

हलः माना सेल्सियस पैमाने का ताप °C है, तब फारेनहाइट तापमान $F = 2°\,C$

$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$ में $F = 2°\,C$ रखने पर

$$\frac{C}{5} = \frac{2C-32}{9}$$

$$9C = 10\,C - 160$$

$$C = 160$$

$$F = 2 \times C = 2 \times 160 = 320°\,F$$

अतः $F = 320°\,F$ या $C = 160°\,C$ उत्तर

▶ प्रयोगात्मक कार्य

प्रश्न. सेल्सियस पैमाने की सहायता से प्रयोगशाला के ताप का मापन करना तथा उसे फारनेहाइट में बदलना।

उत्तर– विद्यार्थी स्वयं करें।

▣▣▣

9 ऊष्मीय प्रसार

▶ दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ऊष्मीय प्रसार से आप क्या समझते हैं? इसकी व्याख्या दीजिए।

उत्तर- **ऊष्मीय प्रसार-** सभी वस्तुएँ गर्म करने पर फैल जाती हैं तथा ठंडा करने पर अपनी पूर्वावस्था में आ जाती है। जब किसी पदार्थ को गर्म किया जाता है तो वह गर्मी पाकर फैलने लगता है और उसके आकार में वृद्धि हो जाती है, क्योंकि ताप बढ़ने पर पदार्थ के अणुओं (अथवा परमाणुओं) के बीच की साम्य दूरी बढ़ जाती है, जिससे पदार्थ फैल जाता है। गर्मी पाकर वस्तुओं का फैलना ही 'ऊष्मीय प्रसार' कहलाता है। ठोस, द्रव तथा गैस सभी में ऊष्मीय प्रसार होता है।

आणविक सिद्धांत के अनुसार, "एक ठोस पदार्थ में अणु एक नियमित रूप में बँधे होते हैं तथा वे अपनी माध्य स्थिति के परित: कंपन करते रहते हैं। जब ठोस पदार्थ को गर्म किया जाता है तो उसके अणुओं की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है अर्थात् उसके अणुओं के कंपनो का आयाम बढ़ जाता है तथा उनकी माध्य स्थिति इस प्रकार विस्थापित हो जाती है तो निकटवर्ती अणुओं के बीच औसत दूरी बढ़ जाती है, अत: पदार्थ गर्म करने से फैलता है।" ऊष्मीय प्रसार ठोसों में सबसे कम तथा गैसों में सबसे अधिक होता है।

उदाहरण- धूप में साइकिल खड़ी करने पर कभी-कभी गर्मी पाकर ट्यूब में हवा काफी अधिक फैल जाती है और ट्यूब फट जाती है।

व्याख्या- पदार्थ को गर्म करने पर उसके अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है। इससे अणुओं के मध्य दूरी भी बढ़ती है और पदार्थ का प्रसार हो जाता है।

ठोस को गर्म करने पर उसका प्रसार सबसे कम होता है; क्योंकि इसके अणु बहुत पास-पास होते हैं। जिससे इनके बीच अंतर-आकर्षण बल अधिक होता है। द्रवों का प्रसार ठोसों की अपेक्षा अधिक होता है, क्योंकि इनके अणु ठोसों की अपेक्षा दूर होते हैं जिससे उनमें अंतर-आकर्षण बल कम होता है।

गैसो का प्रसार सबसे अधिक होता है; क्योंकि इनके अणु दूर-दूर होते हैं और उनके मध्य अंतर-आकर्षण बल बहुत कम या शून्य होता है।

प्रश्न 2. ठोसों में ऊष्मीय प्रसार कितने प्रकार से होता है? प्रत्येक को उदाहरण देकर समझाइए।

उत्तर- **ठोसों में ऊष्मीय प्रसार-** ठोसों में ऊष्मीय प्रसार तीन प्रकार के होते हैं—

(i) ठोसों का रेखीय प्रसार अथवा दैर्ध्य प्रसार- जब किसी ठोस पदार्थ को गर्म करते हैं तो ठोस पदार्थ के कणों के बीच की दूरी बढ़ जाती है। जब ठोस पदार्थ को छड़ के रूप में लेकर गर्म करते हैं तो छड़ की मोटाई तथा चौड़ाई में वृद्धि उसकी लंबाई में वृद्धि की अपेक्षा बहुत कम होती है। अत: छड़ को गर्म करने पर यदि केवल छड़ की लंबाई में वृद्धि हो तो इस प्रकार के ऊष्मीय प्रसार को रेखीय प्रसार या दैर्ध्य प्रसार कहते हैं। जैसे- लोहे की छड़ का प्रसार, ठोसों में रेखीय प्रसार, ठोस की प्रारंभिक लंबाई एवं ताप वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होता है।

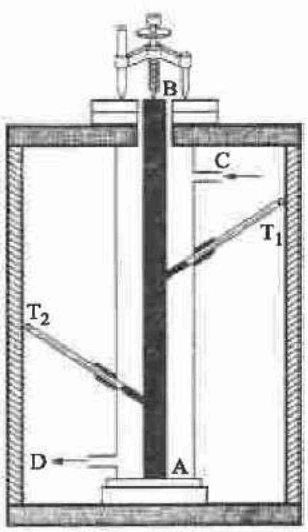
(ii) ठोसों का क्षेत्रीय प्रसार- जब किसी ठोस वस्तु को गर्म किया जाता है तो उसकी लंबाई तथा चौड़ाई दोनों में वृद्धि हो जाती है अर्थात् क्षेत्रफल में वृद्धि हो जाती है।

ताप वृद्धि के कारण ठोस के क्षेत्रफल में हुई वृद्धि को ठोस का क्षेत्रीय प्रसार कहते हैं; जैसे- टीन की चादरों में प्रसार। ठोसों में क्षेत्रीय प्रसार, ठोस के प्रारंभिक क्षेत्रफल एवं ताप-वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होता है।

(iii) **ठोस का आयतन प्रसार-** "ठोसों को गर्म करने पर उनके आयतन में होने वाली वृद्धि को ठोस का आयतन प्रसार कहते हैं।" जैसे- लोहे की ठोस गेंद का प्रसार। ठोसों में आयतन प्रसार, ठोस के प्रारंभिक आयतन तथा ताप-वृद्धि के अनुक्रमानुपाती होता है।

प्रश्न 3. प्रयोग द्वारा किसी वस्तु का रेखीय प्रसार ज्ञात कीजिए।

उत्तर- **प्रयोग द्वारा किसी वस्तु का रेखीय प्रसार ज्ञात करना-** जिस धातु का रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात करना होता है, उस धातु की 1 मीटर लंबी छड़ को एक खोखले बेलन में खड़ी कर देते हैं। इस खोखले बेलन की दीवार में दो छोटी नालियाँ लगी रहती हैं। ऊपरी नली में भाप प्रवेश करती है तथा यह छड़ के चारों ओर फैलकर दूसरी नली से बाहर निकल जाती है। बीच की नली में एक तापमापी इस प्रकार लगा देते हैं कि तापमापी की घुंडी छड़ को ठीक प्रकार से स्पर्श करें। छड़ का एक सिरा एक स्थिर पेंच की सहायता से टिका रहता है तथा दूसरा सिरा फैलने के लिए स्वतंत्र होता है। इस प्रकार छड़ को गर्म करने पर दूसरे सिरे की स्थिति बदल जाती है, जिसे गोलाईमापी की सहायता से ज्ञात कर लेते हैं।

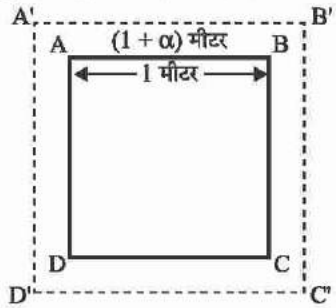


अब गोलाईमापी के पेंच को बाहर की ओर घुमाकर ऊपर उठा लेते हैं और खोखले बेलन में भाप प्रवाहित करते हैं, जिससे छड़ गर्म होने लगती है तथा तापमापी में पाठ्यांक बढ़ने लगता है जब तापमापी का ताप स्थिर हो जाए, तब गोलाईमापी के पेंच को पुनः छड़ के सिरे से स्पर्श कराकर पाठ्यांक नोट कर लेते हैं। गोलाईमापी के दोनों पाठ्यांकों के अंतर से छड़ की लंबाई में वृद्धि (ΔL) ज्ञात हो जाती है। बेलन में लगे तापमापी से प्रारंभिक तथा अंतिम पाठों का अंतर (Δt) भी ज्ञात कर लेते हैं।

अब सूत्र $\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t}$ प्रति °C की सहायता से रेखीय प्रसार गुणांक (α) का मान ज्ञात कर लेते हैं।

प्रश्न 4. रेखीय प्रसार गुणांक (α) तथा क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (β) में संबंध स्थापित कीजिए।

उत्तर- **रेखीय प्रसार गुणांक (α) तथा क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (β) में संबंध-** माना किसी वस्तु का एक वर्गाकार पटल *ABCD* है, जिसकी प्रत्येक भुजा की लंबाई 1 मीटर है। इसका प्रारंभिक क्षेत्रफल 1 मीटर^2 होगा। पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक α है। माना वर्गाकार पटल के ताप में 1°C की वृद्धि की जाती है। तब इस नए ताप पर,



पटल की प्रत्येक भुजा = $(1+\alpha)$ मीटर

पटल का क्षेत्रफल $= (1+\alpha)^2$ मीटर^2

पटल के क्षेत्रफल में वृद्धि, $\Delta A = (1+\alpha)^2 - 1$

$$= 1 + 2\alpha + \alpha^2 - 1$$

$$\Delta A = \alpha^2 + 2\alpha$$

क्योंकि रेखीय प्रसार गुणांक α का मान 1 से बहुत कम होता है, इसलिए α^2 का मान और भी कम होगा। अत: उपर्युक्त समीकरण में 2α की तुलना में α^2 को नगण्य मानकर छोड़ा जा सकता है। तब पटल के क्षेत्रफल में वृद्धि $= 2\alpha$

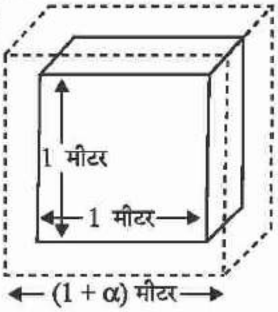
$$\beta = \frac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक क्षेत्रफल} \times \text{ताप - वृद्धि}}$$

$$\beta = \frac{2\alpha}{1\times 1} = 2\alpha$$

स्पष्ट है कि किसी पदार्थ का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक उसके रेखीय प्रसार गुणांक का दुगना होता है।

प्रश्न 5. रेखीय प्रसार गुणांक तथा आयतन प्रसार गुणांक में संबंध स्थापित कीजिए।

उत्तर- **रेखीय प्रसार गुणांक (α) तथा आयतन प्रसार गुणांक (γ) में संबंध-** माना किसी ताप पर किसी घन की प्रत्येक भुजा 1 मीटर लंबी है और घन के पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक α तथा आयतन प्रसार गुणांक γ है। यदि घन को गर्म करके उसका ताप 1° C बढ़ा दिया जाए, तो इसकी प्रत्येक भुजा की लम्बाई $(1+\alpha)$ मीटर हो जाएगी।



प्रारंभिक ताप पर घन का आयतन

$$= 1\times 1\times 1 = 1 \text{ घन मीटर}$$

माना इस घन के ताप में 1° C की वृद्धि की जाती है।

तब नए ताप पर घन की प्रत्येक भुजा

$$= (1+\alpha) \text{ मीटर}$$

$$\text{घन का आयतन} = (1+\alpha)(1+\alpha)(1+\alpha)$$

$$= (1+\alpha)^3 \text{ घन मीटर}$$

घन के आयतन में वृद्धि, $\Delta v = (1+\alpha)^3 - 1$

$$= 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 - 1$$

$$\Delta v = 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3$$

क्यांकि α का मान 1 से बहुत कम होता है; अत: $3\alpha^2$ व α^3 का मान 3α की तुलना में बहुत कम होगा, जोकि नगण्य माने जा सकते हैं।

$\therefore$ घन के आयतन में वृद्धि $= 3\alpha$ घन मीटर

$$\text{आयतन प्रसार गुणांक } (\gamma) = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंम्भिक आयतन} \times \text{ताप - वृद्धि}}$$

$$\gamma = \frac{3\alpha}{1\times 1} = 3\alpha$$

अत: स्पष्ट है कि किसी पदार्थ का आयतन प्रसार गुणांक उसके रेखीय प्रसार गुणांक का तिगुना होता है।

रेखीय, क्षेत्रीय और आयतन प्रसार गुणांकों में संबंध-

हम जानते हैं- $\beta = 2\alpha$ तथा $\gamma = 3\alpha$

अत: $\alpha : \beta : \gamma = \alpha : 2\alpha : 3\alpha = 1 : 2 : 3$

प्रश्न 6. दैनिक जीवन में ठोसों के ऊष्मीय प्रसार का महत्व लिखिए।

उत्तर- **दैनिक जीवन में ठोसों के उष्मीय प्रसार का महत्व-** हमारे दैनिक जीवन में ऊष्मीय प्रसार का बहुत महत्व है। ऊष्मीय प्रसार की महत्ता के कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं-

(i) **कमरे का फर्श -** कमरे में कंकरीट-सीमेंट का फर्श एक खंड में नही बनाया जा सकता है, अपितु उसे काँच की पट्टियों की सहायता से कई छोटे-छोटे भागों में विभाजित कर दिया जाता है। इसका कारण यह है कि ऊष्मीय प्रसार के प्रभाव से फर्श टूटने की संभावना कम हो जाती है।

(ii) **पाइप लाइनों में लूप बनाना-** जब किसी फैक्ट्री में पाइप लाइन में कोई गर्म द्रव प्रवाहित होता है, तो लाइन के गर्म होने से पाइप लाइन का प्रसार होता है। जिसके कारण उसके क्षतिग्रस्त होने का खतरा बना रहता है। इस समस्या से बचने के लिए इसमें थोड़ी-थोड़ी दूरी पर लूप बना दिए जाते हैं, जिससे गर्म होने पर उसकी लम्बाई में वृद्धि के कारण लूप का आकार बदल जाता है और लाइन क्षतिग्रस्त होने से बच जाती है।

(iii) **टेलीफोन तथा विद्युत के तार-** विद्युत के तार खंभों के बीच कुछ ढीले छोड़ दिए जाते हैं, ताकि जाड़े में सिकुड़ने पर तार टूट न जाएँ, क्योंकि तारों का ताप बढ़ाने पर उनका प्रसार होता है। यदि तार कसकर लगाए गए, तो जाड़ो में ताप कम होने पर टूट सकते हैं। इस प्रकार के तार अधिकतर जाड़े के दिनों में लगाए जाते हैं।

(iv) **काँच की बोतल में फँसी कार्क निकालना-** बोतल में फँसी कार्क को निकालने के लिए हम बोतल के मुँह को गर्म पानी में रख देते हैं। बोतल के मुँह को गर्म करने पर उसका मुँह ऊष्मीय प्रसार के कारण कुछ चौड़ा हो जाता है, तब कार्क आसानी से निकल जाती है।

(v) **लकड़ी के पहिए पर लोहे की हाल चढ़ाना-** लोहे की हाल की अंदर की परिधि, लकड़ी के पहिए की बाहरी परिधि से कुछ छोटी लेते हैं। जब लोहे की हाल को गर्म करते हैं, तो लोहे के ऊष्मीय प्रसार के कारण लोहे की हाल फैल जाती है तथा लकडी के पहिए पर फिर बैठ जाती है। ठंडी होने पर सिकुड़ जाने के कारण लकड़ी के पहिए को अच्छी तरह से जकड़ लेती है।

(vi) **रेल-पटरियों का बिछाना-** जब रेल की पटरियाँ बिछाई जाती हैं, तो रेल की दो पटरियों के बीच कुछ रिक्त स्थान छोड़ दिया जाता है, ताकि गर्मी में पटरी के बढ़ने को स्थान मिल सकें। यदि ऐसा न किया जाए, तो गर्मी पाकर पटरियों के बढ़ने से पटरियाँ टेढी-मेढ़ी हो सकती हैं तथा गाड़ी पटरियों से उतर सकती है।

(vii) **काँच के गिलास में गर्म पानी डालने पर टूटना-** किसी काँच के गिलास में गर्म चाय या पानी डालने पर वे चटक जाते हैं। इसका कारण यह है कि काँच ऊष्मा का अच्छा चालक नहीं है और उसमें गर्म पानी डालने से उसकी अंदर की सतह गर्म हो जाती है तथा उसका प्रसार हो जाता है। लेकिन बाहरी सतह का ताप कम होता है, जिससे उसका प्रसार नहीं हो पाता है और आंतरिक सतह के प्रसार के कारण गिलास टूट जाता है।

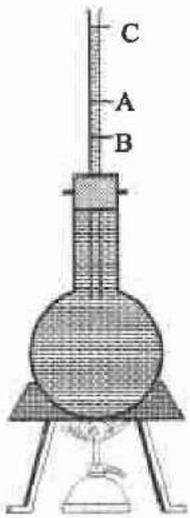
प्रश्न 7. द्रवों में ऊष्मीय प्रसार को प्रयोग द्वारा समझाइए।

उत्तर- **द्रवों मे ऊष्मीय प्रसार-** द्रव भी ऊष्मा पाकर फैलते हैं। द्रवों का अपना कोई निश्चित रूप या आकार नहीं होता। वे जिस बर्तन में रखे जाते हैं उसी का रूप धारण कर लेते हैं। द्रव वाले बर्तन को जब गर्म किया जाता है तो पहले बर्तन का प्रसार होता है फिर द्रव का। अत: द्रवों में केवल आयतन प्रसार ही होता है। यह आयतन प्रसार दो प्रकार का होता है-

(i) आभासी प्रसार (ii) वास्तविक प्रसार

द्रवों के प्रसार को निम्न प्रयोग द्वारा समझ सकते हैं-

प्रयोग- काँच का एक फलास्क लेते हैं, जिसमें एक पतली व लंबी अशांकित नली लगा देते हैं। पूरे फ्लास्क में द्रव भर देते हैं। माना द्रव A तक भरा हुआ है। जब फ्लास्क को धीरे-धीरे गर्म किया जाता है तो द्रव का तल पहले A से B तक नीचे गिरता है तथा फिर B से C तक ऊपर उठता है। इसका कारण यह है कि पहले ऊष्मा फ्लास्क को मिलती है, जिससे फ्लास्क फैलता है तथा तल नीचे गिरता है। फिर ऊष्मा द्रव को मिलती है, जिससे वह फैलकर ऊपर उठने लगता है। यदि द्रव का प्रसार काँच से अधिक है, तो द्रव का तल A से ऊपर उठ जाता है। तलों A, B तथा C की स्थितियाँ नोट कर लेते हैं। इसमें द्रव का आभासी प्रसार A से C तक है। जबकि वास्तविक प्रसार B से C तक हैं। A से B तक बर्तन (फ्लास्क) का प्रसार है। स्पष्टत: द्रवों में दो प्रकार के आयतन प्रसार होते हैं-



(i) द्रव का आभासी प्रसार A से C तक

(ii)द्रव का वास्तविक प्रसार B से C तक

A से B तक बर्तन का प्रसार है।

स्पष्टत: $BC = AC + AB$

अर्थात् द्रव का वास्तविक प्रसार = द्रव का आभासी प्रसार + बर्तन का आयतन प्रसार

प्रश्न 8. द्रवों के आभासी प्रसार गुणांक, वास्तविक प्रसार गुणांक तथा बर्तन के पदार्थ के आयतन प्रसार गुणांक में संबंध स्थापित कीजिए।

उत्तर- **द्रवों के आभारी प्रसार गुणांक, वास्तविक प्रसार गुणांक तथा बर्तन के पदार्थ के आयतन प्रसार गुणांक में संबंध-**माना कि काँच के किसी बर्तन में एक निश्चित ताप पर द्रव भरा है, जिसका आयतन V है। बर्तन को गर्म करने पर उसका ताप Δt बढ़ जाता है। यदि बर्तन का आयतन प्रसार गुणांक द्रव का आभासी प्रसार गुणांक γ_a तथा द्रव का वास्तविक प्रसार गुणांक γ_n हो, तो

द्रव के आयतन में वास्तविक वृद्धि $= \gamma_r V\Delta t$

द्रव के आयतन में आभासी वृद्धि $= \gamma_a V\Delta t$

बर्तन के आयतन में वृद्धि $= \gamma_g V\Delta t$

हम जानते हैं कि द्रव के आयतन में वास्तविक वृद्धि

= द्रव के आयतन में आभासी वृद्धि + बर्तन के आयतन में वृद्धि

$$\gamma_r V\Delta t = \gamma_a V\Delta t + \gamma_g V\Delta t$$

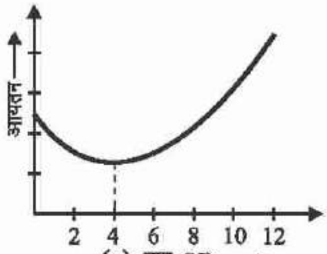
$$\boxed{\gamma_r = \gamma_a + \gamma_g}$$

अत: द्रव का वास्तविक आयतन प्रसार गुणांक, द्रव के आभासी प्रसार गुणांक तथा बर्तन के पदार्थ के आयतन प्रसार गुणांक के योग के बराबर होता है।

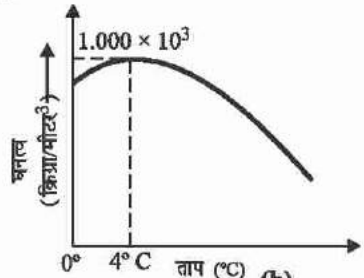
प्रश्न 9. जल का असामान्य प्रसार क्या है? इसके दैनिक जीवन में कुछ उदाहरण लिखिए।

उत्तर- **जल का असामान्य प्रसार-** प्राय: सभी द्रवों का आयतन ताप बढ़ने से बढ़ता है; परंतु जब जल को 0° से 4° C के पश्चात् फिर जल का आयतन बढ़ने लगता है।

4° C पर जल का आयतन न्यूनतम होता है; अत: 4° C पर जल का घनत्व अधिकतम होता है। जल के अधिकतम घनत्व का मान 10000×10^3 किग्रा/मीटर^3 है। जल के घनत्व तथा ताप का ग्राफ चित्र में प्रदर्शित है।



(a)



(b)

स्पष्टत: 0° C से 4° C तक जल का प्रसार असामान्य होता है, परंतु 4° C से ऊपर के तापों पर इसका प्रसार सामान्य होता है।

उदाहरण-

(i) सर्दियों की रातों में जल के पाइप कभी-कभी फट जाते हैं- क्योंकि 0° C पर बर्फ का आयतन जल के आयतन से अधिक होता है; अत: सर्दियों की रातों में जब वायुमंडल का ताप 0° C से कम हो जाता है, तो पाइप में उपस्थित जल जमकर बर्फ में बदल जाता है। बर्फ बनने पर आयतन बढ़ता है, परंतु आयतन प्रसार के लिए स्थान उपलब्ध न होने के कारण पाइप की सतह पर अंदर से दबाव बढ़ता है, जिससे वे फट जाते हैं।

(ii) सर्दियों में पहाड़ी चट्टानें स्वयं फट जाती हैं- पहाड़ी चट्टानों में छिद्रों व दरारों द्वारा जल अंदर प्रवेश कर जाता है। सर्दियों में यह जल जम जाता है, जिससे इसका आयतन बढ़ता है। आयतन प्रसार के कारण चट्टान पर अत्यधिक दाब बढ़ता है तथा ये फट जाती हैं।

(iii) ठंडे प्रदेशों में तालाबों के जम जाने पर भी उसमें मछलियाँ जीवित रहती हैं- ठंडे प्रदेशों में सर्दियों के दिनों में वायुमंडल का ताप 0° C से भी कम रहता है; अत: वहाँ तालाबों में जल जमने लगता है। जब वायु का ताप गिरता है तो तालाब की सतह का जल ठंडा हो जाता है जो भारी होकर नीचे बैठता रहता है तथा नीचे का हल्का जल ऊपर आता रहता है। यह प्रकिया तब तक चलती रहती है जब तक पूरे तालाब का जल 4° C तक नहीं गिर जाता। वायु का ताप 0° C होने पर तालाब की ऊपरी सतह पर बर्फ जम जाती है। बर्फ के संपर्क में जो जल होता है, उसका ताप 0° C रहता है। बर्फ ऊष्मा की कुचालक है; अत: ऊष्मा नीचे से ऊपर की ओर अत्यंत धीरे-धीरे संचरित होती है, फलस्वरूप नीचे का ताप 4° C ही बना रहता है। इस प्रकार जल में मछलियाँ तथा अन्य जल के जंतु जीवित रहते हैं।

▶ लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ऊष्मीय प्रसार क्या है? इसका कोई एक उदाहरण दीजिए।

उत्तर- **ऊष्मीय प्रसार-** जब किसी पदार्थ को गर्म किया जाता है तो वह गर्मी पाकर फैलने लगता है और उसके आकार में वृद्धि हो जाती है, क्योंकि ताप बढ़ने पर पदार्थ के

अणुओं (अथवा परमाणुओं) के बीच की साम्य दूरी बढ़ जाती है, जिससे पदार्थ फैल जाता है। गर्मी पाकर वस्तुओं का फैलना ही ऊष्मीय प्रसार कहलाता है। ठोस, द्रव तथा गैस सभी में ऊष्मीय प्रसार होता है।

उदाहरण- धूप में साइकिल खड़ी करने पर कभी-कभी गर्मी पाकर ट्यूब में भरी हवा काफी अधिक फैल जाती है और ट्यूब फट जाती है।

प्रश्न 2. ठोसों के ऊष्मीय प्रसार से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **ठोसों के ऊष्मीय प्रसार-** जब किसी ठोस को गर्म किया जाता है तो वह गर्मी पाकर फैलने लगता है। इस घटना को ठोसों का ऊष्मीय प्रसार कहते हैं। यह प्रसार ठोसों में सबसे कम तथा गैसों में सबसे अधिक होता है। द्रवों में ऊष्मीय प्रसार ठोसों से अधिक तथा गैसों से कम होता है।

प्रश्न 3. रेखीय प्रसार गुणांक से आप क्या समझते हैं? इसका सूत्र भी लिखिए।

उत्तर- **रेखीय प्रसार गुणांक-** माना किसी छड़ की किसी ताप t पर लंबाई L है तथा इसके ताप में Δt की वृद्धि करने पर इसकी लंबाई $(L+\Delta L)$ हो जाती है, तब छड़ की लंबाई में वृद्धि

$$\Delta L \propto L \times \Delta t$$

अथवा
$$\Delta L = \alpha \times L \times \Delta t \quad \ldots(1)$$

जहाँ α एक नियतांक है, जो छड़ के पदार्थ पर निर्भर करता है। इसे छड़ के पदार्थ का **रेखीय प्रसार गुणांक अथवा दैर्ध्य प्रसार गुणांक** कहते हैं।

समीकरण (1) से,
$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t} = \frac{\text{लंबाई में वृद्धि}}{\text{प्रारंम्भिक लंबाई} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$

यदि $\Delta t = 1^\circ C$ है तो
$$\alpha = \frac{\Delta L}{L}$$

अत: "किसी पदार्थ की छड़ का ताप $1^\circ C$ बढ़ाने पर छड़ की लंबाई में होने वाली वृद्धि तथा छड़ की प्रारंभिक लंबाई के अनुपात को उस पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक कहते हैं।" इसका मात्रक प्रति $^\circ C$ है।

प्रश्न 4. क्षेत्रीय प्रसार गुणांक से आप क्या समझते हैं? इसका सूत्र भी लिखिए।

उत्तर- **क्षेत्रीय प्रसार गुणांक-** "किसी पदार्थ के पटल का ताप $1^\circ C$ बढ़ाने पर पटल के क्षेत्रफल में होने वाली वृद्धि तथा पटल के प्रारंभिक क्षेत्रफल के अनुपात को उस पदार्थ का **क्षेत्रीय प्रसार गुणांक** कहते हैं।

इसे प्राय: ग्रीक अक्षर β (बीटा) से प्रदर्शित करते हैं।

माना किसी पटल का प्रारंभिक क्षेत्रफल A है तथा इसके ताप में Δt की वृद्धि करने पर इसका क्षेत्रफल $A + \Delta A$ हो जाता है। तब पटल के पदार्थ का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक

$$\beta = \frac{\text{क्षेत्रफल में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक क्षेत्रफल} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$

$$\beta = \frac{\Delta A}{A \times \Delta t} \text{ प्रति } ^\circ C$$

प्रश्न 5. आयतन प्रसार गुणांक से आप क्या समझते हैं? इसका सूत्र लिखिए।

उत्तर- **आयतन प्रसार गुणांक-** माना किसी पदार्थ के पिंड का प्रारंभिक आयतन V है तथा इसके ताप में Δt वृद्धि करने पर इसका आयतन $(V + \Delta V)$ हो जाता है। तब पिंड के आयतन में वृद्धि

$$\Delta V \propto V \times \Delta t$$
$$\Delta V = \gamma \times V \times \Delta t$$

जहाँ γ एक नियतांक है। यह ठोस के पदार्थ पर निर्भर करता है। इसे पिंड के पदार्थ का आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं।

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta t} = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$

यदि $\Delta t = 1^\circ C$ है तो,

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V}$$

अत: "किसी पदार्थ के एक पिंड का ताप $1^\circ C$ बढ़ाने पर उसके आयतन में होने वाली वृद्धि तथा पिंड के प्रारंभिक आयतन के अनुपात को उस पदार्थ का आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं।" इसका मात्रक प्रति $^\circ C$ है।

प्रश्न 6. काँच के गिलास में खौलता पानी डालने पर वह क्यों चटक जाता है? पतला गिलास क्यों नही चटकता?

उत्तर– किसी काँच के गिलास में गर्म चाय या पानी डालने पर वे चटक जाते हैं। इसका कारण यह है कि काँच ऊष्मा का अच्छा चालक नहीं है और उसमें गर्म पानी डालने से उसकी अंदर की सतह गर्म हो जाती है तथा उसका प्रसार हो जाता है। लेकिन बाहरी सतह का ताप कम होता है, जिससे उसका प्रसार नहीं हो पाता है। अत: बाहरी व आंतरिक सतह के असमान प्रसार के कारण गिलास चटक जाता है। जबकि पतले गिलास की बाहरी व आंतरिक सतह में समान रूप से प्रसार होने के कारण गिलास नहीं चटकता है।

प्रश्न 7. पाइप लाइनों में लूप क्यों बनाए जाते हैं?

उत्तर– जब किसी फैक्ट्री में पाइप लाइन में कोई गर्म द्रव प्रवाहित होता है, तो लाइन के गर्म होने से पाइप लाइन का प्रसार होता है। जिसके कारण उसके क्षतिग्रस्त होने का खतरा होता है। इस समस्या से बचने के लिए इसमें थोड़ी-थोड़ी दूरी पर लूप बना दिए जाते हैं। जिससे गर्म होने पर उसकी लंबाई में वृद्धि के कारण लूप का आकार बदल जाता है और लाइन क्षतिग्रस्त होने से बच जाती है।

प्रश्न 8. रेल की पटरियों के बीच कुछ रिक्त स्थान क्यों छोड़ा जाता है?

उत्तर– जब रेल की पटरियाँ बिछाई जाती हैं, तो रेल की दो पटरियों के बीच कुछ रिक्त स्थान छोड़ दिया जाता है, ताकि गर्मी से पटरी के बढ़ने को स्थान मिल सके। यदि ऐसा न किया जाए, तो गर्मी पाकर पटरियों के बढ़ने से पटरियाँ टेढ़ी-मेढी हो सकती हैं तथा गाड़ी पटरियों से उतर सकती है।

प्रश्न 9. लोहे की हाल को पहिए पर चढ़ाने से पहले गर्म क्यों किया जाता है? कारण स्पष्ट कीजिए।

उत्तर– लोहे की हाल की अंदर की परिधि, लकड़ी के पहिए की बाहरी परिधि से कुछ छोटी लेते हैं। जब लोहे की हाल को गर्म करते हैं, तो लोहे के ऊष्मीय प्रसार के कारण लोहे की हाल फैल जाती है तथा लकड़ी के पहिए पर फिट बैठ जाती है। ठंडी होने पर सिकुड़ जाने के कारण यह लकड़ी के पहिए को अच्छी तरह से जकड़ लेती है।

प्रश्न 10. द्रवों का ऊष्मीय प्रसार क्या है?

उत्तर– **द्रवों का ऊष्मीय प्रसार–** द्रव भी ऊष्मा पाकर फैलते हैं। द्रवों का अपना कोई निश्चित रूप या आकार नहीं होता। वे जिस बर्तन में रखे जाते हैं, उसी का रूप धारण कर लेते हैं। द्रव वाले बर्तन को जब गर्म किया जाता है तो पहले बर्तन का प्रसार होता है फिर द्रव

का। अत: द्रवों में केवल आयतन प्रसार ही होता है। यह आयतन प्रसार दो प्रकार का होता है-

(i) आभासी प्रसार, (ii) वास्तविक प्रसार

$$\text{आभासी प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में आभासी वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप वृद्धि}} \text{ या } \gamma_a = \frac{\Delta V_a}{V \times \Delta t}$$

$$\text{वास्तविक प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में वास्तविक वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप वृद्धि}} \text{ या } \gamma_r = \frac{\Delta V_r}{V \times \Delta t}$$

प्रश्न 11. द्रव के आभासी प्रसार गुणांक से आप क्या समझते हैं? इसका सूत्र लिखिए।

उत्तर- किसी द्रव का ताप $1°C$ बढ़ाने पर उसके आयतन में होने वाली आभासी वृद्धि तथा द्रव के प्रारंभिक आयतन के अनुपात को द्रव का आभासी प्रसार गुणांक कहते हैं। इसे γ_a से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{आभासी प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में आभासी वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप वृद्धि}}$$

या
$$\gamma_a = \frac{\Delta V_a}{V \times \Delta t}$$

प्रश्न 12. द्रव का वास्तविक प्रसार गुणांक क्या है? इसका सूत्र भी लिखिए।

उत्तर- **द्रव का वास्तविक प्रसार गुणांक-** किसी द्रव का ताप $1°C$ बढ़ाने पर उसके आयतन में होने वाली वास्तविक वृद्धि तथा द्रव के प्रारंभिक आयतन के अनुपात को द्रव का वास्तविक प्रसार गुणांक कहते हैं। इसे γ_r से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{वास्तविक प्रसार} = \frac{\text{आयतन में वास्तविक वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप वृद्धि}}$$

या
$$\gamma_r = \frac{\Delta V_r}{V \times \Delta t}$$

प्रश्न 13. निम्नलिखित के कारण स्पष्ट कीजिए-

(i) ठंडे प्रदेशों में तालाबों के जम जाने पर भी उसमें मछलियाँ जीवित रहती हैं।

(ii) सर्दियों की रातों में जल के पाइप कभी-कभी फट जाते हैं।

(iii) सर्दियों में पहाडी चट्टाने स्वयं फट जाती हैं।

उत्तर- **(i) ठंडे प्रदेशों में तालाबों के जम जाने पर भी उसमें मछलियाँ जीवित रहती हैं।** ठंडे प्रदेशों में सर्दियों के दिनों में वायुमंडल का ताप $0°C$ से भी कम रहता है; अत: वहाँ तालाबों में जल जमने लगता है। जब वायु का ताप गिरता है तो तालाब की सतह का जल ठंडा हो जाता है, जो भारी होकर नीचे बैठता रहता है तथा नीचे का हल्का जल ऊपर आता रहता है। यह प्रकिया तब तक चलती रहती है, जब तक कि पूरे तालाब का जल $4°C$ तक नहीं गिर जाता। वायु का ताप $0°C$ होने पर तालाब की ऊपरी सतह पर बर्फ जम जाती है। बर्फ के संपर्क में जो जल होता है, उसका ताप $0°C$ रहता है। बर्फ ऊष्मा की कुचालक है; अत: नीचे से ऊष्मा ऊपर की ओर अत्यंत धीरे-धीरे संचरित होती है, फलस्वरूप नीचे का ताप $4°C$ ही बना रहता है। इस प्रकार इस जल में मछलियाँ तथा अन्य जल के जंतु जीवित रहते हैं।

(ii) सर्दियों की रातों में जल के पाइप कभी-कभी फट जाते हैं- क्योंकि $0°C$ पर बर्फ का आयतन जल के आयतन से अधिक होता है; अत: सर्दियों की रातों में जब वायुमंडल का ताप $0°C$ से कम हो जाता है, तो पाइप में उपस्थित जल जमकर

बर्फ में बदल जाता है। बर्फ बनने पर आयतन बढ़ता है, परंतु आयतन प्रसार के लिए स्थान उपलब्ध न होने के कारण पाइप की सतह पर अंदर से दबाव बढ़ता है, जिससे वे फट जाते हैं।

(iii) **सर्दियों में पहाड़ी चट्टानें स्वयं फट जाती हैं-** पहाड़ी चट्टानों में छिद्रों व दरारों द्वारा जल अंदर प्रवेश कर जाता है। सर्दियों में यह जल जम जाता है, जिससे इसका आयतन बढ़ता है। आयतन प्रसार के कारण चट्टान पर अत्यधिक दाब बढ़ता है तथा ये फट जाती हैं।

▶ अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

(इसके लिए अपनी पाठ्य-पुस्तक में पृष्ठ संख्या 137 देखें।)

▶ आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. 200 मीटर लंबी एक लोहे की छड़ का ताप 20° C से बढ़ाकर 80° C किया जाता है। छड़ की लंबाई में वृद्धि का परिकलन कीजिए। (लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक $= 2\times10^{-5}$ प्रति °C है)

हलः $\alpha = 2\times10^{-5}$ प्रति °C , $L = 200$ मीटर

$\Delta t = t_2 - t_1 = 80 - 20 = 60°$ C

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L\times\Delta t}$$

$\Delta L = \alpha\times L\times\Delta t$

$\Delta L = 2\times10^{-5}\times200\times60 = 0.24$ मीटर उत्तर

प्रश्न 2. किसी धातु का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक 0.000030 प्रति °C है। इसके रेखीय प्रसार गुणांक की गणना कीजिए।

हलः $\beta = 0.000030$ प्रति °C

$$\alpha = \frac{\beta}{2}$$

$$\alpha = \frac{0.000030}{2} = 0.000015 \text{ प्रति °C}$$ उत्तर

प्रश्न 3. किसी धातु का आयतन प्रसार गुणांक 3.75×10^{-5} प्रति °C है। इस धातु का रेखीय प्रसार गुणांक कितना होगा?

हलः $\gamma = 3.75\times10^{-5}$ प्रति °C, $\alpha = ?$

$$\alpha = \frac{\gamma}{3} = \frac{3.75\times10^{-5}}{3}$$

$\alpha = 1.25\times10^{-5}$ प्रति °C उत्तर

प्रश्न 4. एक धात्वीय छड़ की लंबाई 0° C पर 4 मीटर है, जो 100° C तक गर्म करने पर 4.01 मीटर हो जाती है। धातु के रेखीय प्रसार गुणांक तथा आयतन प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हलः $\Delta t = t_2 - t_1 = 100 - 0 = 100°$ C, $L = 4$ मीटर

$\Delta L = L_2 - L_1 = 4.01 - 4 = 0.01$ मीटर, $\alpha = ?, \gamma = ?$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t} = \frac{0.01}{4 \times 100} = 0.25 \times 10^{-4}$$

$$= 2.5 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C$$

$$\because \quad \alpha = \frac{\gamma}{3}$$

$$\gamma = 3\alpha$$

$$\gamma = 3 \times 2.5 \times 10^{-5}$$

$$\gamma = 7.5 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C$$ उत्तर

प्रश्न 5. ताँबे की एक छड़ की लंबाई 100° C पर ठीक 4 मीटर है। 0° C पर उस छड़ की लंबाई क्या होगी? (ताँबे का रेखीय प्रसार गुणांक = 1.7×10^{-5} प्रति °C)

हल: $\alpha = 1.7 \times 10^{-5}$ प्रति °C, $L = 4$ मीटर,

$\Delta t = t_2 - t_1 = 100 - 0 = 100°$ C

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t} = 1.7 \times 10^{-5}$$

$$= \frac{4 - l_1}{l_1 \times 100}$$

$$\Rightarrow \quad 1.7 \times 10^{-5} \times 100 l_1 = 4 - l_1$$

$$\Rightarrow \quad 1.7 \times 10^{-5} \times 10^2 l_1 = 4 - l_1$$

$$\Rightarrow \quad 1.7 \times 10^{-3} l_1 = 4 - l_1$$

$$\Rightarrow \quad 1.7 \times 10^{-3} l_1 + l_1 = 4$$

$$\Rightarrow \quad (1.7 \times 10^{-3} + 1) l_1 = 4$$

$$\Rightarrow \quad (0.0017 + 1) l_1 = 4$$

$$\Rightarrow \quad l_1 = \frac{4}{1.0017} = 3.993 \text{ मीटर}$$ उत्तर

प्रश्न 6. ताँबे की एक प्लेट का 0° C पर क्षेत्रफल ठीक 3 मीटर² है। प्लेट को 60° C तक गर्म करने पर उसके क्षेत्रफल में कितनी वृद्धि होगी? (ताँबे का रेखीय प्रसार गुणांक = 0.000017 प्रति °C)

हल: $\alpha = 1.7 \times 10^{-5}$ प्रति °C, $A = 3$ मीटर², $\Delta t = (60 - 0) = 60°$ C

$$\beta = 2\alpha = 2 \times 1.7 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C$$

$$\beta = 3.4 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C$$

$$\Delta A = \beta \times A \times \Delta t$$

$$= 3.4 \times 10^{-5} \times 3 \times 60$$

$$\Delta A = 3.4 \times 1.8 \times 10^{-3} = 6.12 \times 10^{-3} \text{ मीटर}^2$$ उत्तर

प्रश्न 7. ताँबे की गेंद का 0° C पर आयतन ठीक 6 सेमी³ है। 100° C पर उसका आयतन 6.030 सेमी³ हो जाता है। ताँबे का आयतन प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हल: $\Delta t = t_2 - t_1 = 100 - 0 = 100°$ C,

$V_1 = 6$ सेमी³, $V_2 = 6.030$ सेमी³

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 6.030 - 6 = 0.030 \text{ सेमी}^3$$

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta t}$$

$$\gamma = \frac{0.030}{6 \times 100} = 5 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C$$ उत्तर

प्रश्न 8. एक लोहे की छड़ की लंबाई 300 सेमी है। छड़ का प्रारंभिक ताप 25° C है। छड़ को किस ताप तक गर्म किया जाए, कि उसकी लंबाई में 0.30 सेमी की वृद्धि हो जाए। लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक 1.9×10^{-5} प्रति °C है।

हल:

$$l_1 = 300 \text{ सेमी}, t_1 = 25^\circ C, t_2 = ?$$

$$\Delta l = 0.30 \text{ सेमी}, \alpha = 1.9 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta L}{L \times (t_2 - t_1)}$$

$$1.9 \times 10^{-5} = \frac{0.30}{300(t_2 - 25)}$$

$$t_2 - 25 = \frac{0.30 \times 10^5}{300 \times 1.9} = \frac{3000}{57}$$

$$t_2 - 25 = 52.63$$

$$t_2 = 52.63 + 25$$

$$t_2 = 77.63^\circ C$$ उत्तर

प्रश्न 9. ताँबे की एक गेंद का 0° C पर आयतन 5 घन सेमी है। 100° C पर उसका आयतन 5.025 घन सेमी हो जाता है। ताँबे का आयतन प्रसार गुणांक तथा रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हल:

$$V_1 = 5 \text{ सेमी}^3, V_2 = 5.025 \text{ सेमी}^3,$$

$$t_1 = 0, t_2 = 100^\circ C$$

$$\Delta V = (V_2 - V_1) = (5.025 - 5) = 0.025 \text{ सेमी}^3$$

$$\Delta t = (t_2 - t_1) = (100 - 0) = 100^\circ C$$

आयतन प्रसार गुणांक $\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta t}$

$$\gamma = \frac{0.025}{5 \times 100} = 5 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C$$

रेखीय प्रसार गुणांक $\gamma = 3\alpha$

या $\alpha = \frac{\gamma}{3}$

$$\alpha = \frac{5 \times 10^{-5}}{3} = 1.7 \times 10^{-5} \text{ प्रति}^\circ C$$ उत्तर

प्रश्न 10. यदि लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक 1.9×10^{-5} प्रति °C हो, तो 0.70 मीटर लंबी छड़ में 70° C ताप वृद्धि होने पर लंबाई में वृद्धि तथा अंतिम लंबाई बताइए।

हल:

$$\alpha = 1.9 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ^\circ C, \Delta t = 70^\circ C$$

$$L_1 = 0.70 \text{ मीटर}, L_2 = ?, \Delta L = ?$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \times (\Delta t)} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 - \Delta t}$$

$$1.9 \times 10^{-5} = \frac{L_2 - 0.70}{0.70 \times 70}$$

$$L_2 - 0.70 = 1.9 \times 10^{-5} \times 0.70 \times 70$$

$$L_2 - 0.70 = 93.1 \times 10^{-5}$$

$$L_2 - 0.70 = 0.000931$$

$$L_2 = 0.000931 + 0.70 = 0.700931 \text{ मीटर}$$

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

$$= 0.700931 - 0.70$$

$$\Delta L = 0.000931 \text{ मीटर}$$ उत्तर

प्रश्न 11. काँच का रेखीय प्रसार गुणांक 1×10^{-6} प्रति °C है। इसका क्षेत्रीय प्रसार गुणांक तथा आयतन प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हलः $\alpha = 1 \times 10^{-6}$ प्रति °C, $\beta = ?, \gamma = ?$

$\beta = 2\alpha = 2 \times 1 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6}$ प्रति °C

$\gamma = 3\alpha = 3 \times 1 \times 10^{-6} = 3 \times 10^{-6}$ प्रति °C उत्तर

प्रश्न 12. 15° C ताप पर धातु की एक छड़ की लंबाई 60 सेमी तथा 90° C पर 60.15 सेमी है। छड़ के पदार्थ का रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हलः $t_1 = 15° C$, $t_2 = 90° C$, $L_1 = 60$ सेमी, $L_2 = 60.15$ सेमी

$\Delta t = (t_2 - t_1) = (90 - 15) = 75° C$

$\Delta L = (L_2 - L_1) = (60 \cdot 15 - 60) = 0.15$ सेमी

$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \times \Delta t} = \frac{0.15}{60 \times 75} = 3.33 \times 10^{-5}$ प्रति °C उत्तर

प्रश्न 13. किसी धातु का रेखीय प्रसार गुणांक 0.000015 प्रति° C है। उस धातु का क्षेत्रीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हलः $\alpha = 0.000015$ °C, $\beta = 3\alpha$

$\alpha = 2 \times 0.000015 = 0.00003$ प्रति °C उत्तर

प्रश्न 14. किसी धातु का रेखीय प्रसार गुणांक 0.000011 प्रति °C है। उस धातु के आयतन प्रसार गुणांक का मान ज्ञात कीजिए।

हलः $\alpha = 0.000011$ प्रति °C, $\gamma = 2\alpha$

$\alpha = 3 \times 0.000011 = 0.000033$ प्रति °C उत्तर

प्रश्न 15. लोहे की 100 मीटर लंबी पटरी का ताप 25° C है। यदि ताप बढ़ाकर 60° C कर दिया जाए, तो पटरी की लंबाई ज्ञात कीजिए।

(लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक = 2.0×10^{-5} प्रति °C)

हलः $L_1 = 100$ मीटर, $t_1 = 25° C$,

$t_2 = 60° C$, $\alpha = 2 \times 10^{-5}$ प्रति °C, $\Delta L = ?$

$\Delta t = (t_2 - t_1) = (60 - 25) = 3.5° C$

$$\Delta L = (L_2 - L_1) = (L_1 - 100)$$

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 \times \Delta t}$$

$$2.0\times10^{-5} = \frac{L_2 - 100}{100\times 35}$$

$$L_2 - 100 = 2.0\times10^{-5}\times100\times35$$

$$L_2 - 100 = 0.07$$

$$L_2 = 0.07 + 100$$

$L_2 = 100.07$ मीटर उत्तर

प्रश्न 16. लोहे की 200 मीटर लंबी पटरी का ताप 25° C है। यदि ताप बढ़ाकर 60° C कर दिया जाए, तो पटरी की लंबाई में वृद्धि ज्ञात कीजिए। (लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक 2.0×10^{-5} है।)

हल: $t_1 = 25°\,C, t_2 = 60°\,C, L_1 = 200$ मीटर, $L_2 = ?$

$\alpha = 2.0\times10^{-6}$ प्रति °C, $\Delta L = ?$

$$\alpha = \frac{L_2 - L_1}{L_1 \times \Delta t}$$

$$2.0\times10^{-5} = \frac{L_2 - 200}{200\times(t_2 - t_1)}$$

$$\frac{L_2 - 200}{200\times(60-25)} = \frac{L_2 - 200}{200\times35}$$

$$L_2 - 200 = 2\times10^{-5}\times200\times35$$

$$L_2 - 200 = 14000\times10^{-5} = 0.14$$

$$L_2 = 0.14 + 200 = 200.14$$

$$\Delta L = (L_2 - L_1)$$

$\Delta L = (200{\cdot}14 - 200) = 0.14$ मीटर उत्तर

प्रश्न 17. यदि लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक 1.9×10^{-5} प्रति °C हो, तो 1.4 मीटर लंबी छड़ में 70° C ताप-वृद्धि होने पर लंबाई में वृद्धि तथा अंतिम लम्बाई लिखिए।

हल: $\alpha = 1.9\times10^{-5}$ प्रति °C, $L_1 = 1.4$ मीटर,

$\Delta t = 70°\,C$, $\Delta L = ?$, $L_2 = ?$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \times \Delta t}$$

$$1.9\times10^{-5} = \frac{\Delta L}{1.4\times70}$$

$\Delta L = 1.9\times10^{-5}\times1.4\times70 = 0.001862$ मीटर

$$\Delta L = (L_2 - L_1)$$

या $L_2 = L_2 + \Delta L = 1.4 + 0.001862$

$L_2 = 1.401862$ मीटर उत्तर

प्रश्न 18. 100° C ताप बढ़ाने पर एक छड़ की लंबाई 0.2% बढ़ जाती है। छड़ के रेखीय प्रसार गुणांक की गणना कीजिए।

हलः $\Delta t = (t_2 - t_1) = (100 - 0) = 100° \text{C}$

माना प्रारंभिक लम्बाई $= x$

ताप बढ़ने पर अंतिम लंबाई $= 0.2\%$ का x

$$\Delta x = \frac{0.2 \times x}{100}$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t} = \frac{0.2 \times x}{x \times 100 \times 100} = \frac{0.2}{10^4}$$

रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha = 2 \times 10^{-5}$ प्रति ° C उत्तर

प्रश्न 19. किसी प्रयोग में 100 सेमी लंबी पीतल की छड़ का ताप 20° C से 100° C तक बढ़ाने पर इसकी लंबाई में 0.144 सेमी की वृद्धि हो जाती है। पीतल का रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हलः $L_1 = 100$ सेमी, $\Delta t = (t_2 - t_1) = (100 - 20) = 80° \text{C}$

$\Delta L = 0.144, \alpha = ?$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \times \Delta t}$$

$$\alpha = \frac{0.144}{100 \times 80} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ प्रति } ° \text{C}$$ उत्तर

प्रश्न 20. एक छड़ की लंबाई 0° C ताप पर 10.0 मीटर है तथा 100° C पर 10.2 मीटर हो जाती है। छड़ की धातु का आयतन प्रसार गुणांक ज्ञात कीजिए।

हलः $\Delta t = (t_2 - t_1) = (100 - 0) = 100° \text{C}, \ \alpha = ?$

$\Delta L = (10.2 - 10.0) = 0.2$ मीटर

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta t} = \frac{0.2}{10 \times 100} = 2 \times 10^{-4} \text{ प्रति } ° \text{C}$$

आयतन प्रसार गुणांक, $\gamma = 3\alpha$

$= 3 \times 2 \times 10^{-4}$

$\gamma = 6 \times 10^{-4}$ प्रति ° C उत्तर

▶ प्रयोगात्मक कार्य

प्रश्न. **प्रयोग द्वारा सिद्ध करना कि द्रव का वास्तविक आयतन प्रसार उसके आभासी आयतन प्रसार तथा बर्तन के आयतन प्रसार के योग के बराबर है।**

(संकेत-किसी फ्लास्क में जल भरकर कोई चिह्नित नली लगाइए तथा फ्लास्क को गर्म करके जल के ऊपर चढ़ने व गिरने का मान नोट कीजिए।)

उत्तर- विद्यार्थी स्वयं करें।

■■■

10 ऊष्मीय विकिरण

▶ दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. 'ऊष्मा का संचरण' को परिभाषित कीजिए। यह मुख्यतः कितनी विधियों द्वारा हो सकता है? विस्तार से समझाइए।

उत्तर- **ऊष्मा का संचरण-** जब दो वस्तुओं, जिनका ताप अलग-अलग है, को एक-दूसरे के संपर्क में लाया जाता है तो कुछ समय पश्चात् दोनों का ताप एक समान हो जाता है। इसका अर्थ है कि ऊष्मा, उच्च ताप की वस्तु से निम्न ताप की वस्तु की ओर प्रवाहित होने लगती है। तापांतर के कारण ऊष्मा एक वस्तु से दूसरी वस्तु में अथवा एक ही वस्तु में एक स्थान से दूसरे स्थान पर स्थानांतरित होती है। यह स्थानांतरण ही ऊष्मा का संचरण कहलाता है। ऊष्मा का संचरण मुख्यतः निम्नलिखित तीन विधियों द्वारा हो सकता है—

चालन- ऊष्मा संचरण की इस विधि के अनुसार, तापांतर के कारण ऊष्मा उच्च ताप वाले कण के पास से अपेक्षाकृत कम ताप वाले कण में जाती है। अतः इस विधि में माध्यम का होना आवश्यक है। इसमें कण अपना स्थान नहीं छोड़ते केवल परस्पर संपर्क से ऊष्मा स्थानांतरित करते हैं।

अतः ऊष्मा संचरण की वह विधि, जिसमें ऊष्मा पदार्थ के एक कण से दूसरे कण में होती हुई, एक स्थान से दूसरे स्थान को जाती है, जबकि कण अपना स्थान नहीं छोड़ते, चालन कहलाती है।

संवहन- ऊष्मा संचरण की इस विधि में पदार्थ के अणु स्वयं ऊष्मा के स्रोत से ऊष्मा लेकर अन्य भागों में चले जाते हैं और उनके स्थान पर दूसरे अणु ऊष्मा लेने स्रोत के पास आ जाते हैं। इस प्रकार एक धारा-सी बन जाती है, जिसे संवहन धारा कहते हैं। संवहन के लिए माध्यम का होना आवश्यक है। अतः ऊष्मा के संचरण की वह विधि, जिसमें पदार्थ के कण ऊष्मा के स्रोत से ऊष्मा लेकर अन्य भागों में चले जाते हैं तथा उनके स्थान पर दूसरे कण ऊष्मा लेने स्रोत के पास आ जाते हैं, संवहन कहलाती है। सभी द्रवों (पारे के अतिरिक्त) तथा गैसों में ऊष्मा का संचरण संवहन विधि द्वारा होता है।

विकिरण- विकिरण विधि में, ऊष्मा बिना किसी माध्यम के सीधी किरणों के रूप में एक स्थान से दूसरे स्थान पर चली जाती है। इस ऊष्मा स्थानांतरण के बीच यदि कोई माध्यम है तो वह गर्म नहीं होता। यह संचरण प्रकाश की भाँति विद्युत चुंबकीय तरंगों द्वारा होता है। इन तरंगों को अवरक्त किरणें भी कहते हैं। सूर्य से पृथ्वी पर ऊष्मा विकिरण द्वारा ही पहुँचती है। चालन एवं संवहन द्वारा यह ऊष्मा स्थानांतरण संभव नहीं है, क्योंकि पृथ्वी-वायुमंडल से ऊपर निर्वात है। इसी प्रकार अँगीठी के समीप हमें गर्मी लगती है, जबकि अँगीठी व हमारे बीच की वायु (माध्यम) गर्म नहीं होती। अतः विकिरण विधि द्वारा, ऊष्मीय ऊर्जा स्थानांतरण के लिए, माध्यम की आवश्यकता नहीं होती।

प्रश्न 2. ऊष्मीय विकिरण तथा प्रकाश को समझाइए। ऊष्मीय विकिरण व प्रकाश में क्या अंतर है?

उत्तर- **ऊष्मीय विकिरण तथा प्रकाश-** वस्तु द्वारा ताप के कारण ऊष्मीय ऊर्जा के उत्सर्जन को ऊष्मीय विकिरण अथवा विकिरण ऊर्जा कहते हैं। जब ठोस वस्तु का ताप बढ़ाया जाता है, तो एक उच्च ताप आने पर वस्तु मंद-लाल होकर चमकने लगती है। इससे स्पष्ट होता है कि अब वस्तु ऊष्मा के साथ-साथ दृश्य प्रकाश की मंद लाल तरंगें भी उत्सर्जित कर रही है, जो यह दर्शाता है कि ऊष्मीय विकिरण प्रकाश का ही एक अवयव है।

ब्रह्मांड में ऊष्मा एवं प्रकाश के बहुत-से स्रोत हैं, जिनमें से सूर्य एक है। सूर्य से ऊष्मीय ऊर्जा तथा प्रकाश ऊर्जा दोनों एक साथ मिलती हैं। विकिरण द्वारा प्राप्त ऊष्मीय ऊर्जा तथा प्रकाश ऊर्जा दोनों ही विद्युत चुंबकीय तरंगें हैं।

ऊष्मीय विकिरण तथा प्रकाश में अंतर-

क्र० सं०	ऊष्मीय विकिरण	प्रकाश
1.	यह कम ताप पर निकलता है।	यह अधिक ताप पर निकलता है।
2.	कम ताप पर ऊष्मीय विकिरण का परिमाण अधिक तथा प्रकाश का परिमाण कम रहता है।	ताप बढ़ने पर प्रकाश का परिमाण अधिक तथा ऊष्मीय विकिरण का परिमाण कम होता है।
3.	ऊष्मीय विकिरण की तरंगदैर्ध्य 8000Å से 3 मिमी तक होती है।	दृश्य प्रकाश की तरंगदैर्ध्य 4000Å से 8000Å तक होती है।

प्रश्न 3. प्रकाश तथा ऊष्मीय विकिरण के समान गुणों का उल्लेख कीजिए।

उत्तर- **प्रकाश तथा ऊष्मीय विकिरण के समान गुण-** ऊष्मीय-विकिरण के मुख्य गुण, जो कि प्रकाश के भी मुख्य गुण हैं, निम्न प्रकार हैं-

(i) ऊष्मीय-विकिरण, निर्वात् में से होकर चल सकते हैं। सूर्य से तथा बल्ब के जलते हुए तंतु से ऊष्मीय-विकिरण निर्वात् में से होकर आते हैं।

(ii) ऊष्मीय-विकिरण, प्रकाश के समान सीधी रेखाओं में चलते हैं। इनके मार्ग में किसी वस्तु के आने पर उसकी छाया बन जाती है।

(iii) ऊष्मीय-विकिरण, प्रकाश की चाल से चलते हैं। यही कारण है कि सूर्य ग्रहण के समय प्रकाश तथा ऊष्मा दोनों एक साथ पृथ्वी पर आने बंद हो जाते हैं।

(iv) ऊष्मीय-विकिरण का परावर्तन प्रकाश के परावर्तन के नियमों के अनुसार होता है। यदि किसी तप्त वस्तु को अवतल दर्पण के फोकस पर रख दें, तो ऊष्मीय-विकिरण दर्पण से परावर्तित होकर समांतर किरण-पुँज के रूप में फैल जाते हैं। यही कारण है कि कमरों को गर्म करने वाले विद्युत हीटर में तापक-तार की कुंडली को एक अवतल दर्पण के फोकस पर रखते हैं।

(v) ऊष्मीय-विकिरण का अपवर्तन प्रकाश के अपवर्तन के नियमों के अनुसार होता है। इसलिए जब एक काले कागज को किसी उत्तल लेंस के फोकस पर रखकर लेंस पर सूर्य की किरणें पड़ने देते हैं तो कागज जल उठता है।

(vi) ऊष्मीय-विकिरण जिस माध्यम से होकर जाते हैं, उसका ताप नहीं बदलता। ऊपर वाले प्रयोग में कागज तो जल जाता है परंतु लेंस स्वयं गर्म नहीं होता।

(vii) ऊष्मीय-विकिरण का प्रकाश के समान प्रिज्म द्वारा स्पेक्ट्रम प्राप्त किया जा सकता है।

प्रश्न 4. 'ऊष्मा के उत्सर्जन' से आप क्या समझते हैं? उत्सर्जन क्षमता को समझाइए।

उत्तर- ऊष्मा का उत्सर्जन- यदि हम जलते हुए बल्ब के ऊपर अपना हाथ रखें तब हमारा हाथ थोड़े ही समय में गर्माहट का अनुभव करता है। ऐसा विद्युत बल्ब द्वारा ऊष्मीय विकिरण के उत्सर्जन के कारण होता है। अत: सभी वस्तुएँ सभी तापों पर ऊष्मीय ऊर्जा का लगातार उत्सर्जन करती रहती हैं। इसे वस्तु द्वारा ऊष्मीय विकिरण का उत्सर्जन कहते हैं। वस्तु द्वारा उत्सर्जित ऊष्मा की दर निम्नलिखित चार कारकों पर निर्भर करती है-

(i) वस्तु एवं वातावरण के तापांतर पर,
(ii) पृष्ठ की प्रकृति पर,
(iii) पृष्ठ के क्षेत्रफल पर,
(iv) विकिरण की तरंगदैर्ध्य पर।

उत्सर्जन क्षमता- किसी स्रोत (वस्तु) के किसी ताप पर उसके प्रति एकांक क्षेत्रफल द्वारा एकांक समय में उत्सर्जित विकिरण की मात्रा को उसकी उत्सर्जन क्षमता कहते हैं। इसे e से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{पृष्ठ की उत्सर्जकता या उत्सर्जन क्षमता} = \frac{\text{पृष्ठ से उत्सर्जित विकिरण की मात्रा (Q)}}{\text{पृष्ठ का क्षेत्रफल (A)} \times \text{समय (t)}}$$

अर्थात्
$$e = \frac{Q}{At}$$

किसी वस्तु द्वारा उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा विभिन्न तरंगदैर्ध्यों का मिश्रण होती है। ऊँचे तापों पर अधिकतर दीर्घ तरंगें (अवरक्त) तथा बहुत ऊँचे ताप पर लघु तरंगें भी उत्सर्जित होती हैं। प्रत्येक तरंगदैर्ध्य के विकिरण के लिए एक ही पिंड की उत्सर्जन क्षमता भिन्न होती है। प्राय: श्वेत व चमकदार तल की उत्सर्जन क्षमता कम होती है तथा खुरदरे एवं काले तल की उत्सर्जन क्षमता अधिक होती है। अधिकतम उत्सर्जन क्षमता वाली वस्तु को आदर्श कृष्ण पिंड कहते हैं। उत्सर्जन क्षमता का मात्रक जूल/मीटर^2-सेकंड अथवा वाट/मीटर^2 है।

स्टीफन का नियम- जब किसी वस्तु का ताप अपने वातावरण के ताप से अधिक हो जाता है तो वह अपनी ऊष्मा का विकिरण के रूप में उत्सर्जन करती है। विकिरण की दर उस वस्तु के पृष्ठ की प्रकृति, क्षेत्रफल एवं ताप पर निर्भर करती है। ताप बढ़ने पर ऊष्मीय विकिरण के उत्सर्जन की दर बढ़ जाती है। वस्तु द्वारा कुल ऊष्मीय विकिरण के उत्सर्जन की दर तथा वस्तु के ताप में संबंध का नियम सन् 1879 में रूसी वैज्ञानिक जोसफ स्टीफेन ने दिया, जिसे स्टीफन का नियम कहते हैं।

स्टीफन के नियमानुसार- किसी वस्तु की उत्सर्जकता E (अर्थात् उसके पृष्ठ के एकांक क्षेत्रफल से उत्सर्जित ऊष्मीय विकिरण की मात्रा) उस वस्तु के परमताप T की चतुर्थ घात के अनुक्रमानुपाती होती है।

अर्थात् $E \propto T^4$ या $\boxed{E = \sigma T^4}$

जहाँ σ को स्टीफेन नियतांक कहते हैं। यह नियम यथार्थ में केवल कृष्णिका के लिए ही सत्य है।

σ का मात्रक जूल-मीटर^2 सेकंड$^{-1}$(कैल्विन)$^{-4}$ अथवा वाट-मीटर$^{-2}$ (कैल्विन)$^{-4}$ होता है तथा इसका मान $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ वाट/मीटर^2 K^4 होता है। इस नियम के अनुसार यदि किसी कृष्ण पिंड का परमताप दोगुना कर दें, तो उससे उत्सर्जित ऊष्मीय विकिरण की दर 2^4 अर्थात् 16 गुनी हो जाएगी।

प्रश्न 5. ऊष्मा का अवशोषण तथा अवशोषण क्षमता पर प्रकाश डालिए।

उत्तर- ऊष्मा का अवशोषण- जब किसी पिंड पर ऊष्मीय विकिरण आपतित होता है, तब उस विकिरण का कुछ भाग परावर्तित हो जाता है, कुछ भाग पिंड द्वारा अवशोषित कर लिया

जाता है तथा शेष भाग पिंड से होकर बाहर चला जाता है। किसी पिंड द्वारा विकिरण ऊर्जा अवशोषित करने की क्रिया को अवशोषण कहते हैं। विकिरण ऊर्जा का अवशोषण करने से पिंड का ताप बढ़ जाता है।

अवशोषण क्षमता- "किसी पिंड के पृष्ठ द्वारा अवशोषित विकिरण ऊर्जा की मात्रा तथा उस पृष्ठ पर आपतित कुल विकिरण ऊर्जा की मात्रा के अनुपात को उस पिंड की अवशोषण क्षमता अथवा अवशोषकता कहते हैं।" इसे 'a' से प्रदर्शित करते हैं। अवशोषण क्षमता एक अनुपात है। अत: इसका कोई मात्रक नहीं है।

$$\text{अत: पिंड की अवशोषण क्षमता, } a = \frac{\text{पिंड के पृष्ठ द्वारा अवशोषित विकिरण ऊर्जा}}{\text{पिंड के पृष्ठ पर आपतित कुल विकिरण ऊर्जा}}$$

प्रश्न 6. 'कृष्ण पिंड' के विषय में विस्तार से समझाइए।

उत्तर- **कृष्ण पिंड-** जो वस्तु अपने पृष्ठ पर आपतित संपूर्ण विकिरण को (चाहे उसकी तरंगदैर्ध्य कुछ भी क्यों न हो) पूर्णत: अवशोषित कर लेती है तथा उसके किसी भी भाग को परावर्तित या पारगम नहीं करती है, कृष्ण पिंड या श्याम पिंड (कृष्णिका) कहलाती है। कृष्ण पिंड के लिए $a = 1$

चूँकि आदर्श कृष्णिका पूर्ण अवशोषक होती है, अत: पूर्ण उत्सर्जक अथवा विकिरण भी होगी। अत: यदि कृष्ण पिंड को उपयुक्त उच्च ताप तक गर्म किया जाता है तो वह संपूर्ण ऊष्मीय विकिरण उत्सर्जित करता है अर्थात् आदर्श कृष्ण पिंड एक पूर्ण उत्सर्जक भी होता है। आदर्श कृष्ण पिंड की उत्सर्जन क्षमता भी अधिक होती है।

व्यवहार में कोई भी वस्तु आदर्श कृष्णिका नहीं है। काजल तथा प्लैटीनम की कालिख को लगभग पूर्ण कृष्ण पिंड माना जाता है, क्योंकि यह आपतित ऊष्मीय विकिरण का अधिकांश भाग (लगभग 96% से 98% तक) अवशोषित कर लेती है। काजल तथा प्लैटीनम की कालिख आपतित विकिरण के सभी दृश्य तथा निकट अवरक्त भागों को अवशोषित कर लेती है तथा केवल दूर अवरक्त भागों को परावर्तित कर देती है। इनके अतिरिक्त काले रंग की वस्तुएँ, काले पेंट से पुते हुए पिंड, चमड़ा आदि भी अच्छे अवशोषक हैं। सूर्य सभी तरंगदैर्ध्य के विकिरणों को उत्सर्जित करता है। अत: इसे कृष्णिका कहा जा सकता है, यद्यपि यह श्वेत दिखाई देता है। ऊष्मारोधित बंद भट्‌टी को भी लगभग कृष्णिका माना जा सकता है, यद्यपि इसके अंदर आग जलती रहती है।

प्रश्न 7. विकिरण ऊर्जा का दैनिक जीवन में क्या महत्व है? विस्तार से समझाइए।

उत्तर- **विकिरण ऊर्जा का दैनिक जीवन में महत्व-**

1. **गर्मी के दिनों में सफेद कपड़े पहनते हैं-** इसका कारण यह है कि सफेद कपड़े ऊष्मीय विकिरण के बुरे अवशोषक होते हैं। सफेद कपड़े अपने ऊपर पड़ने वाले ऊष्मीय विकिरण का अवशोषण न करके उसे परावर्तित कर देते हैं, जिससे इन कपड़ों को पहनकर अधिक गर्मी नहीं लगती। इसके विपरीत, रंगीन कपड़े ऊष्मा के अच्छे अवशोषक होते हैं। जब रंगीन कपड़ों पर धूप पड़ती है तो ये उसे अवशोषित कर लेते हैं; अत: इन्हें पहनकर गर्माहट का अनुभव होता है। अत: जाड़े के दिनों में गहरे रंग के कपड़े अधिक पहने जाते हैं।
2. **रेगिस्तान में दिन बहुत गर्म तथा रातें बहुत ठंडी होती हैं-** इसका कारण है कि रेत ऊष्मा का अच्छा अवशोषक तथा अच्छा उत्सर्जक है। दिन में रेत सूर्य से ऊष्मा को अवशोषित करके शीघ्र गर्म हो जाता है और रात को अच्छा उत्सर्जक होने के कारण अपनी ऊष्मा शीघ्रता से बाहर निकालकर ठंडा हो जाता है।

3. **रसोई में खाना पकाने के लिए ऐसे बर्तन लिए जाते हैं, जिनकी तली खुरदरी व काली हो–** इसका कारण यह है कि ऐसे तल की अवशोषण क्षमता अधिक होती है; अतः अधिक ऊष्मा अवशोषण के कारण खाना शीघ्र पकता है।
4. **चाय की केतली की बाहरी सतह चमकदार बनाई जाती है–** इसका कारण यह है कि चमकदार सतह न तो ऊष्मा को अवशोषित करती है और न अंदर की ऊष्मा को बाहर जाने देती है। इस प्रकार चाय बहुत देर तक गर्म बनी रहती है।
5. **अधिक ठंड होने पर हम अपने शरीर को समेट लेते हैं–** इसका कारण यह है कि विकिरण ऊर्जा क्षेत्रफल के अनुक्रमानुपाती होती है। शरीर समेटने से क्षेत्रफल कम हो जाता है, जिससे शरीर से विकिरण उत्सर्जन की दर कम हो जाती है और हमें ठंड कम लगती है।
6. **जाड़ों में खाना अधिक खाया जाता है–** इसका कारण यह है कि वायुमंडलीय ताप कम हो जाने के कारण हमारे शरीर से ऊष्मा की अधिक हानि होती है (क्योंकि शरीर का ताप उतना ही रहता है)। इसकी पूर्ति के लिए जाड़ों में अधिक खाना खाया जाता है।
7. **पहाड़ों पर गर्मी में भी ठंड रहती है–** इसका कारण यह है कि पहाड़ों की सतह समतल न होने के कारण इसके अधिकतर भाग छाया में रहते हैं। दूसरे, पहाड़ों पर सूर्य की किरणें सीधी न पड़कर तिरछी पड़ती हैं। इससे वे अधिक क्षेत्रफल पर फैल जाती हैं। इस प्रकार समतल की अपेक्षा एकांक क्षेत्रफल को सूर्य से अपेक्षाकृत कम ऊष्मा मिलती है, इसलिए वे मैदानों की अपेक्षा गर्मियों में भी ठंडे रहते हैं।

► लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. चालन क्या है?

उत्तर– इसके लिए दीर्घ उत्तरीय प्रश्न न०–1 देखें।

प्रश्न 2. संवहन से आप क्या समझते हैं?

उत्तर– इसके लिए दीर्घ उत्तरीय प्रश्न न०–1 देखें।

प्रश्न 3. विकिरण के विषय में समझाइए।

उत्तर– इसके लिए दीर्घ उत्तरीय प्रश्न न०–1 देखें।

प्रश्न 4. ऊष्मीय विकिरण और प्रकाश में अंतर लिखिए।

उत्तर– **ऊष्मीय विकिरण और प्रकाश में अंतर–**

क्रं० सं०	ऊष्मीय विकिरण	प्रकाश
1.	ऊष्मीय विकिरण अदृश्य होते हैं।	प्रकाश भी अदृश्य होता है, परंतु वस्तुओं के देखने में सहायक होता है।
2.	यह कम ताप पर निकलता है।	यह अधिक ताप पर निकलता है।
3.	ऊष्मीय विकिरण की तरंगदैर्घ्य अधिक होती है (8000Å से 3 मिमी तक)।	प्रकाश की तरंगदैर्घ्य कम होती है (4000Å से 8000Å तक)।
4.	कम ताप पर ऊष्मीय विकिरण का परिमाण अधिक तथा प्रकाश का परिमाण कम रहता है।	ताप बढ़ने पर प्रकाश का परिमाण अधिक तथा ऊष्मीय विकिरण का परिमाण कम होता है।

प्रश्न 5. ऊष्मा के उत्सर्जन से आप क्या समझते हैं? आदर्श कृष्णिका को समझाइए।

उत्तर- **ऊष्मा के उत्सर्जन-** प्रत्येक वस्तु से, प्रत्येक ताप पर, ऊष्मीय विकिरण चारों ओर के माध्यम में जाता रहता है। इसे वस्तु द्वारा ऊष्मीय विकिरण का उत्सर्जन कहते हैं। किसी दिए हुए ताप पर, उत्सर्जन की दर, वस्तु की सतह की प्रकृति पर निर्भर करती है; जैसे- काली सतह सबसे अच्छी उत्सर्जक तथा चमकीली सतह सबसे कम उत्सर्जक होती है।

कृष्ण पिंड या श्याम पिंड- जो वस्तु अपने पृष्ठ पर आपतित संपूर्ण विकिरण को (चाहे उसकी तरंगदैर्ध्य कुछ भी क्यों न हो) पूर्णत: अवशोषित कर लेती है तथा उसके किसी भी भाग को परावर्तित या पारगत नहीं करती है, कृष्ण पिंड या श्याम पिंड कहलाती है। आदर्श कृष्ण पिंड के लिए

$$a = 1$$

आदर्श कृष्णिका पूर्ण अवशोषक होती है, अत: पूर्ण उत्सर्जक और पूर्ण विकिरक भी होती है (किरचॉफ के नियम के अनुसार, अच्छे अवशोषक, अच्छे उत्सर्जक तथा अच्छे विकिरक भी होते हैं।) अत: यदि कृष्ण पिंड को उपयुक्त उच्च ताप तक गर्म किया जाता है तो वह संपूर्ण ऊष्मीय विकिरण उत्सर्जित करता है, अर्थात् आदर्श कृष्ण पिंड एक पूर्ण उत्सर्जक भी होता है। आदर्श कृष्ण पिंड की उत्सर्जन क्षमता भी अधिक होती है।

प्रश्न 6. उत्सर्जन क्षमता किसे कहते हैं? इसका सूत्र तथा मात्रक लिखिए।

उत्तर- **उत्सर्जन क्षमता-** किसी स्रोत के किसी ताप पर, उसके प्रति एकांक क्षेत्रफल द्वारा एकांक समय में उत्सर्जित विकिरण की मात्रा को उसकी उत्सर्जन क्षमता कहते हैं। इसे e से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{पृष्ठ की उत्सर्जकता या उत्सर्जन क्षमता} = \frac{\text{पृष्ठ से उत्सर्जित विकिरण की मात्रा}}{\text{पृष्ठ का क्षेत्रफल (A)} \times \text{समय (t)}}$$

अर्थात्
$$e = \frac{Q}{At}$$

प्राय: श्वेत व चमकदार तल की उत्सर्जन क्षमता कम होती है तथा खुरदरे एवं काले तल की उत्सर्जन क्षमता अधिक होती है। अधिकतम उत्सर्जन क्षमता वाली वस्तु को आदर्श कृष्ण पिंड कहते हैं। उत्सर्जन क्षमता का मात्रक जूल/मीटर^2-सेकंड अथवा वाट/मीटर^2 होता है।

प्रश्न 7. स्टीफेन के नियम को समझाइए।

उत्तर- **स्टीफेन का नियम-** जब किसी वस्तु का ताप अपने वातावरण के ताप से अधिक हो जाता है तो वह अपनी ऊष्मा का विकिरण के रूप में उत्सर्जन करती है। विकिरण की दर उस वस्तु के पृष्ठ की प्रकृति, क्षेत्रफल एवं ताप पर निर्भर करती है। ताप बढ़ने पर ऊष्मीय-विकिरण के उत्सर्जन की दर बढ़ जाती है। वस्तु द्वारा कुल ऊष्मीय विकिरण के उत्सर्जन की दर तथा वस्तु के ताप में संबंध का नियम सन् 1879 में रूसी वैज्ञानिक जोसफ स्टीफेन ने दिया, जिसे स्टीफेन का नियम कहते हैं।

स्टीफेन के नियमानुसार- किसी वस्तु की उत्सर्जकता E उस वस्तु के परमताप T की चतुर्थ घात के अनुक्रमानुपाती होती है।

$$E \propto T^4 \text{ या } E = \sigma T^4$$

यहाँ σ को स्टीफेन का नियतांक कहते हैं। इसका मान 5.67×10^{-8} वाट/मीटर^2 K^4 होता है।

प्रश्न 8. उत्सर्जन तथा अवशोषकता में क्या संबंध है?

उत्तर- **उत्सर्जन तथा अवशोषकता में संबंध-** एक निश्चित ताप पर किसी पृष्ठ की उत्सर्जकता और अवशोषकता परस्पर अनुक्रमानुपाती होती है। दूसरे शब्दों में, अच्छे उत्सर्जक, अच्छे अवशोषक तथा बुरे उत्सर्जक, बुरे अवशोषक होते हैं।

प्रश्न 9. अवशोषण क्षमता, पारगम्यता तथा परावर्तकता में पारस्परिक संबंध स्थापित कीजिए।

उत्तर– माना किसी पृष्ठ पर आपतित विकिरण की मात्रा Q है। माना इसमें से अवशोषित भाग Q_a, पारगमित भाग Q_t तथा परावर्तित भाग Q_r है। तब

$$Q_a + Q_t + Q_r = Q \qquad ...(1)$$

अर्थात् विकिरण की मात्रा, अवशोषित भाग, पारगमित भाग तथा परावर्तित भाग के योगफल के बराबर होती है।

समीकरण (1) को Q से भाग देने पर,

$$\frac{Q_a}{Q} + \frac{Q_t}{Q} + \frac{Q_r}{Q} = 1$$

उपर्युक्त परिभाषाओं के अनुसार

$$\frac{Q_a}{Q} = a, \qquad \frac{Q_t}{Q} = t, \qquad \frac{Q_r}{Q} = r$$

$$\therefore \qquad \boxed{a + t + r = 1}$$

यदि t का मान नगण्य है, तब $a + r = 1$

अब यदि a कम है तो r अधिक होगा; तथा r कम है तो a अधिक होगा।

अत: जो पदार्थ ऊष्मीय-विकिरण के अच्छे परावर्तक होते हैं, वे उसके बुरे अवशोषक होते हैं; जैसे- सफेद व हल्के रंग की पॉलिशदार वस्तुएँ। इसके विपरीत जो पदार्थ ऊष्मीय-विकिरण के अच्छे अवशोषक होते हैं, वे उसके बुरे परावर्तक होते हैं, जैसे- काले व गहरे रंग की वस्तुएँ।

प्रश्न 10. कृष्णिका से आप क्या समझते हैं?

उत्तर– **कृष्णिका-** कृष्णिका वह वस्तु है, जो अपने ऊपर गिरने वाले संपूर्ण विकिरण का अवशोषण कर लेती है; चाहे वह किसी भी तरंगदैर्ध्य का क्यों न हो। आदर्श कृष्णिका के लिए अवशोषण क्षमता a का मान 1 होता है।

$$a = 1$$

इसे कृष्ण पिंड या श्याम पिंड भी कहते हैं। यद्यपि कोई भी वस्तु आदर्श कृष्णिका नहीं है फिर भी काजल तथा प्लैटिनम की कालिख को लगभग आदर्श कृष्णिका माना जा सकता है।

प्रश्न 11. निम्नलिखित में कारण बताइए-

रेगिस्तान दिन में बहुत गर्म तथा रात्रि में ठंडे रहते हैं।
गर्मी के दिनों में जाड़ों की अपेक्षा सफेद कपड़े सुखदायक होते हैं।
बादलों वाली रात, बिना बादलों वाली रात की अपेक्षा अधिक गर्म होती है।
पहाड़ों पर गर्मी में भी ठंड रहती है।
खाना पकाने के बर्तनों की बाहरी सतह खुरदरी तथा काली रखी जाती है।

उत्तर– **रेगिस्तान दिन में बहुत गर्म तथा रात्रि में ठंडे रहते हैं-** इसका कारण यह है कि रेत ऊष्मा का अच्छा अवशोषक तथा अच्छा उत्सर्जक है। अत: रेत सूर्य की ऊष्मा को शीघ्रता से अवशोषित करके रेगिस्तान को गर्म कर देता है तथा रात्रि में वह अपनी ऊष्मा विकिरण द्वारा शीघ्र खो देता है, जिससे रेगिस्तान बहुत ठंडा हो जाता है।

गर्मी के दिनों में सफेद कपड़े तथा जाड़ों में गहरे रंग के कपड़े सुखदायक होते हैं- इसका कारण यह है कि सफेद कपड़े अपने ऊपर पड़ने वाले ऊष्मीय विकिरण में से अधिकांश भाग को अवशोषित न करके परावर्तित कर देते हैं; जिसके कारण कपड़े गर्म नहीं होते हैं और उन्हें पहनकर हमें गर्मी नहीं लगती है।

इसी कारण हम गर्मी के दिनों में सफेद या हल्के रंग वाले कपड़े पहनना पसंद करते हैं। गहरे रंग के कपड़े अपने ऊपर आपतित ऊष्मा का अधिक अवशोषण करते हैं, अत: उन्हें पहनकर हमें गर्माहट अनुभव होती है। इसी कारण हम जाड़ों में गहरे रंग के कपड़ें पहनना पसंद करते हैं।

बादलों वाली रात, बिना बादलों वाली रात की अपेक्षा अधिक गर्म होती है- इसका कारण यह है कि पृथ्वी दिन में सूर्य की ऊष्मीय ऊर्जा को ग्रहण करके गर्म हो जाती है तथा रात्रि में गर्म पृथ्वी विकिरण द्वारा ऊष्मा वायुमंडल को परिवर्तित कर ठंडी होने लगती है। बादल पृथ्वी द्वारा विकरित ऊष्मा को ऊपर जाने से रोक देते हैं। अत: पृथ्वी तथा बादल के बीच हवा की परत ठंडी नहीं हो पाती है और हमें रात गर्म लगती है।

पहाड़ों पर गर्मी में भी ठंड रहती है- इसका कारण यह है कि पहाड़ों की सतह समतल न होने के कारण इसके अधिकतर भाग छाया में रहते हैं। दूसरे, पहाड़ों पर सूर्य की किरणें सीधी न पड़कर तिरछी पड़ती हैं। इससे वे अधिक क्षेत्रफल पर फैल जाती हैं। इस प्रकार समतल की अपेक्षा एकांक क्षेत्रफल को सूर्य से अपेक्षाकृत कम ऊष्मा मिलती है, इसलिए वे मैदानों की अपेक्षा गर्मियों में भी ठंडे होते हैं।

खाना पकाने के बर्तनों की बाहरी सतह खुरदरी तथा काली रखी जाती है- इसका कारण यह है कि खाना पकाने के बर्तनों की बाहरी सतह खुरदरी एवं काली इसलिए बनाते हैं, जिससे कि वे अपने ऊपर आपतित ऊष्मा के अधिक-से-अधिक भाग को अवशोषित कर लेते हैं तथा खाना शीघ्र पक जाता है।

प्रश्न 12. संवहन धारा से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **संवहन धारा-** ऊष्मा संचरण की इस विधि में पदार्थ के अणु स्वयं ऊष्मा के स्रोत से ऊष्मा लेकर अन्य भागों में चले जाते हैं और उनके स्थान पर दूसरे अणु ऊष्मा लेने स्रोत के पास आ जाते हैं। इस प्रकार एक धारा-सी बन जाती है, जिसे संवहन धारा कहते हैं।

▶ अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

(इसके लिए अपनी पाठ्य-पुस्तक में पृष्ठ संख्या 146 देखें।)

▶ आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. एक पृष्ठ की अवशोषकता 0.7 है। यदि इस पर 35 जूल ऊष्मीय विकिरण आपतित हो, तो कितना विकिरण उस वस्तु द्वारा अवशोषित होगा?

हल: अवशोषकता = 0.7, आपतित विकिरण = 35 जूल, अवशोषित विकिरण = ?

$$\text{अवशोषकता} = \frac{\text{अवशोषित विकिरण}}{\text{आपतित विकिरण}}$$

या अवशोषित विकिरण = अवशोषकता × आपतित विकिरण

$$= 0.7 \times 35 = 24.5 \text{ जूल}$$ उत्तर

प्रश्न 2. किसी वस्तु पर आपतित विकिरण की मात्रा 100 जूल है। इसमें से 40 जूल विकिरण को वस्तु अवशोषित कर लेती है। पृष्ठ की अवशोषण क्षमता ज्ञात कीजिए।

हल: आपतित विकिरण = 100 जूल, अवशोषित विकिरण = 40 जूल,

अवशोषण क्षमता = ?

$$\text{अवशोषण क्षमता} = \frac{\text{अवशोषित विकिरण}}{\text{आपतित विकिरण}} = \frac{40}{100}$$

$$= 0.4$$ उत्तर

प्रश्न 3. किसी वस्तु के 100 वर्ग मीटर क्षेत्रफल से 10 सेकंड में उत्सर्जित विकिरण की मात्रा 100 जूल हो, तो इसकी उत्सर्जन क्षमता क्या होगी?

हल: $Q = 100$ जूल, $A = 100$ मीटर^2, $t = 10$ सेकंड

वस्तु की उत्सर्जनता $= \frac{Q}{A \times t} = \frac{100}{100 \times 10} = \frac{1}{10} = 0.1$

$= 0.1$ जूल/मीटर^2–सेकंड उत्तर

प्रश्न 4. एक पृष्ठ की अवशोषण क्षमता 0.3 है। इस पर आपतित विकिरण 200 जूल हो, तो अवशोषित विकिरण की मात्रा बताइए।

हल: अवशोषण क्षमता = 0.3, आपतित विकिरण = 200 जूल, अवशोषित विकिरण = ?

अवशोषण क्षमता $= \frac{\text{अवशोषित विकिरण}}{\text{आपतित विकिरण}}$

या अवशोषित विकिरण = आपतित विकिरण × अवशोषण क्षमता

$= 200 \times 0.3$

$= 60$ जूल उत्तर

प्रश्न 5. एक पिंड की उत्सर्जन क्षमता 0.6 जूल/मीटर^2-सेकंड है। यदि इसका पृष्ठीय क्षेत्रफल 50 वर्गमीटर हो, तो इससे 5 सेकंड में उत्सर्जित विकिरण की मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल: उत्सर्जन क्षमता = 0.6 जूल/मीटर^2–सेकंड, $t = 5$ सेकंड, $A = 50$ मीटर^2, उत्सर्जित विकिरण = ?

उत्सर्जन क्षमता $= \frac{\text{उत्सर्जित विकिरण}}{\text{क्षेत्रफल (A)} \times \text{समय (t)}}$

या उत्सर्जित विकिरण = उत्सर्जन क्षमता × क्षेत्रफल (A) × समय (t)

$= 0.6 \times 50 \times 5$

$= 150$ जूल उत्तर

प्रश्न 6. किसी वस्तु की सतह का क्षेत्रफल 40 वर्गमीटर है तथा इसकी उत्सर्जकता 0.5 जूल/मीटर^2-सेकंड है। इस पृष्ठ से 10 सेकंड में उत्सर्जित विकिरण की मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल: $A = 40$ मीटर^2, $t = 10$ सेकंड, उत्सर्जकता = 0.5 जूल/मीटर^2–सेकंड, उत्सर्जित विकिरण = ?

उत्सर्जकता $= \frac{\text{उत्सर्जित विकिरण (Q)}}{\text{क्षेत्रफल (A)} \times \text{समय (t)}}$

या उत्सर्जित विकिरण = उत्सर्जकता × क्षेत्रफल × समय

$= 0.5 \times 40 \times 10 = 200$ जूल उत्तर

▶ प्रयोगात्मक कार्य

प्रश्न. ऊष्मा के अच्छे अवशोषक व अच्छे उत्सर्जक पदार्थों का तुलनात्मक अध्ययन करना।

उत्तर- विद्यार्थी स्वयं करें।

▣▣▣

11

ऊष्मीय ऊर्जा

▶ दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. कैलोरीमापी या ऊष्मामापी का सचित्र वर्णन कीजिए तथा कैलोरीमिति का सिद्धांत गणना द्वारा स्पष्ट कीजिए।

उत्तर- **कैलोरीमापी या ऊष्मामापी-** किसी वस्तु में ऊष्मा की मात्रा को मापने के लिए जिस उपकरण का प्रयोग किया जाता है, उसे कैलोरीमापी या ऊष्मामापी कहते हैं।

कैलोरीमापी

रचना- यह ताँबे का बना बेलनाकार बर्तन होता है। इसकी बाहरी सतह चमकदार कर दी जाती है, जिससे विकिरण विधि द्वारा बाहर की ऊष्मा अंदर और अंदर की ऊष्मा बाहर न जा सके। इस बर्तन को लकड़ी से बने डिब्बे में रखते हैं तथा खाली स्थान में ऊष्मा-अवरोधी पदार्थ; जैसे-रूई, नमदा आदि भर देते हैं। इससे चालन एवं संवहन विधि से ऊष्मा के संचरण को रोका जाता है। इसके ऊपर लकड़ी का ढक्कन लगाकर हवा में संवहन द्वारा ऊष्मा का क्षय रोका जाता है। कैलोरीमापी में रखे पदार्थ को हिलाने के लिए एक मुड़े हुए तार (विडोलक) का उपयोग करते हैं।

कैलोरीमापी का प्रयोग विशिष्ट ऊष्मा, बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा, भाप के द्रवण की गुप्त ऊष्मा के मापन में किया जाता है। कैलोरीमापी ताँबे का बनाने का कारण यह है कि ताँबा सुचालक भी है तथा इसकी विशिष्ट ऊष्मा भी काफी कम है, इसलिए वह बहुत शीघ्र तथा कम ऊष्मा लेकर ही अपने अंदर रखे द्रव के ताप पर आ जाता है।

कैलोरीमिति का सिद्धांत- किसी एक वस्तु से दूसरी वस्तु में स्थानांतरित होने वाली ऊष्मा का मापन **कैलोरीमिति** कहलाता है। ऊष्मा मापन का सिद्धांत, जिसे मिश्रण का नियम भी कहते हैं, ऊर्जा के संरक्षण पर आधारित है। अत: कैलोरीमिति के सिद्धांत के अनुसार,

गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = ठंडी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा

माना दो वस्तुएँ हैं, जिनके द्रव्यमान क्रमशः m_1 व m_2 हैं तथा इनके पदार्थों की विशिष्ट ऊष्माएँ क्रमशः s_1 व s_2 हैं। वस्तुओं के ताप क्रमशः t_1 व t_2 इस प्रकार हैं कि $t_1 > t_2$ अर्थात् पहली वस्तु दूसरी वस्तु की अपेक्षा गर्म है। दोनों वस्तुओं को एक-दूसरे के संपर्क में लाया जाता है या मिश्रित किया जाता है; ऐसा करने पर गर्म वस्तु से ऊष्मा का स्थानांतरण ठंडी वस्तु में धीरे-धीरे तब तक होता रहता है, जब तक कि दोनों के ताप समान न हो जाएँ। माना साम्यावस्था में अंतिम ताप t है। ताप t को ज्ञात करने के लिए मिश्रण विधि का प्रयोग करते हैं

गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा $= m_1 \times s_1 \times$ ताप में कमी

$= m_1 s_1 (t_1 - t)$

ठंडी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा $= m_2 \times s_2 \times$ ताप में वृद्धि

$$= m_2 s_2 (t - t_2)$$

मिश्रण विधि से, ली गई ऊष्मा = दी गई ऊष्मा

$$m_1 s_1 (t_1 - t) = m_2 s_2 (t - t_2)$$

$$\boxed{t = \frac{m_1 s_1 t_1 + m_2 s_2 t_2}{m_1 s_1 + m_2 s_2}}$$

प्रश्न 2. ऊष्मामापी के जल-तुल्यांक का क्या अर्थ है? जल तुल्यांक तथा ऊष्माधारिता में क्या अंतर है?

उत्तर- **ऊष्मामापी का जल-तुल्यांक-** जब कैलोरीमापी में कोई गर्म द्रव भरा जाता है तो कैलोरीमापी द्रव के ताप पर आने के लिए द्रव से कुछ ऊष्मा ग्रहण करता है। कैलोरीमापी द्वारा अवशोषित ऊष्मा की मात्रा ज्ञात करने के लिए कैलोरीमापी का जल-तुल्यांक ज्ञात करते हैं।

कैलोरीमापी का जल-तुल्यांक जल के उस द्रव्यमान के बराबर है, जिसका ताप 1°C बढ़ाने के लिए ऊष्मा की उतनी ही मात्रा की आवश्यकता होती है जितनी कि कैलोरीमापी का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक है। अर्थात् जल-तुल्यांक जल का वह द्रव्यमान होता है जिसकी ऊष्माधारिता, ऊष्मामापी की ऊष्माधारिता के बराबर होती है।

माना कैलोरीमापी का द्रव्यमान m है तथा उसके धातु की विशिष्ट ऊष्मा s है। तब

कैलोरीमापी की ऊष्माधारिता $= m \times s \times 1$ कैलोरी

$= ms$ कैलोरी ...(1)

जल की ऊष्माधारिता $= W \times 1 \times 1$ कैलोरी ...(2)

समीकरण 1 व 2 से, $W = ms$

जल-तुल्यांक तथा ऊष्माधारिता में अंतर- जल-तुल्यांक तथा ऊष्माधारिता के संख्यात्मक मान बराबर होते हैं, परंतु इनके मात्रक भिन्न-भिन्न होते हैं। ऊष्माधारिता का मात्रक कैलोरी/°C होता है, जबकि जल-तुल्यांक का मात्रक ग्राम है।

प्रश्न 3. गुप्त ऊष्मा से क्या तात्पर्य है? आणविक मॉडल के आधार पर इसकी व्याख्या कीजिए।

उत्तर- **गुप्त ऊष्मा-** "निश्चित ताप (गलनांक) पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान की अवस्था परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस पदार्थ की गुप्त ऊष्मा कहते हैं।"

यदि किसी पदार्थ का द्रव्यमान m तथा गुप्त ऊष्मा L है तो एक निश्चित ताप पर, उस पदार्थ द्वारा अवस्था परिवर्तन में ली गई अथवा दी गई ऊष्मा $Q = m \times L$

C.G.S. पद्धति में इसका मात्रक कैलोरी प्रति ग्राम तथा M.K.S. पद्धति में जूल प्रति किलोग्राम है।

अवस्था परिवर्तन में प्रत्येक पदार्थ दो बार गुप्त ऊष्मा लेता है, एक तो गलन के समय तथा दूसरे वाष्पन या क्वथन के समय। इसी प्रकार जब इनकी विपरीत प्रतिक्रियाएँ होती हैं तो यह पदार्थ ऊष्मा देता है।

आण्विक मॉडल के आधार पर गुप्त ऊष्मा की व्याख्या- ठोस के अणुओं की ऊर्जा न्यूनतम होती है और वे एक नियमित ज्यामितीय आकृति के अनुरूप व्यवस्थित होते हैं, जबकि द्रव के अणुओं की स्थिति अनिश्चित होती है। जब ठोस का ताप बढ़ाया जाता है तो उसके अणुओं की ऊर्जा बढ़ती जाती है और अंत में एक ऐसी स्थिति आती है, जब

अणुओं की नियमित ज्यामितीय आकृति के अनुरूप व्यवस्था भंग हो जाती है और अणु द्रव की सीमा के भीतर मुक्त रूप से घूमने लगते हैं। अणुओं की नियमित व्यवस्था को भंग करने के लिए प्रति एकांक द्रव्यमान को आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को गलन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

द्रव के अणुओं में इतनी ऊर्जा होती है कि वे द्रव की परिसीमा के भीतर घूम सकें, परंतु इतनी ऊर्जा नहीं होती है कि वे द्रव की सतह को छोड़कर बाहर चले जाएँ। जब द्रव का ताप बढ़ाया जाता है तो एक निश्चित ताप पर उसके अणु एक साथ द्रव की सतह को छोड़कर बाहर जाने लगते हैं। यह घटना जिस ताप पर होती है, उसे क्वथनांक कहते हैं। इस क्रिया के लिए प्रति एकांक द्रव्यमान को आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को क्वथन की अथवा वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

प्रश्न 4. वाष्पन की गुप्त ऊष्मा से क्या तात्पर्य है? वाष्पन की गुप्त ऊष्मा का मान भी लिखिए।

उत्तर- **वाष्पन की गुप्त ऊष्मा-** जब किसी द्रव को ऊष्मा दी जाती है, तो पहले उसका ताप बढ़ता है परंतु एक निश्चित ताप प्राप्त करने के पश्चात् द्रव फिर गैस (अथवा वाष्प) में बदलने लगता है। इस निश्चित ताप को द्रव का क्वथनांक कहते हैं। अर्थात् द्रव के क्वथन पर द्रव को दी गई ऊष्मा उसके अवस्था परिवर्तन में व्यय हो जाती है। द्रव के क्वथनांक पर द्रव के प्रति एकांक द्रव्यमान को पूरी तरह वाष्प में परिवर्तित करने के लिए आवश्यक ऊष्मा को पदार्थ के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इस गुप्त ऊष्मा को L से प्रकट करते हैं। पदार्थ के एकांक द्रव्यमान को वाष्प से द्रव में बदलने के लिए इतनी ही ऊष्मा (गुप्त ऊष्मा के बराबर) वाष्प से निकालनी पड़ती है।

जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 536 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होती है, इसका अभिप्राय यह है कि 100°C पर 1 किलोग्राम जल, वाष्प में बदलने के लिए इतनी ही ऊष्मा 536 किलोकैलोरी ऊष्मा लेता है अथवा 100°C पर 1 किलोग्राम वाष्प द्रवित होने में 536 किलोकैलोरी ऊष्मा देती है।

यदि किसी पदार्थ का द्रव्यमान m तथा गुप्त ऊष्मा L हो, तो एक निश्चित ताप पर उस पदार्थ द्वारा अवस्था परिवर्तन के समय दी गई अथवा ली गई ऊष्मा,

$$\boxed{Q = mL}$$

प्रश्न 5. गलन की गुप्त ऊष्मा से क्या तात्पर्य है? बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा का मान भी लिखिए।

उत्तर- **गलन की गुप्त ऊष्मा-** जब किसी ठोस पदार्थ को ऊष्मा दी जाती है, तो पहले तो ठोस का ताप बढ़ता है, परंतु एक निश्चित ताप पर ठोस, द्रव अवस्था में परिवर्तित होने लगता है अर्थात् इस निश्चित ताप के पश्चात् ठोस को दी गई ऊष्मा उसके अवस्था परिवर्तन में व्यय होती है। इस निश्चित ताप को ठोस का **गलनांक** कहते हैं। किसी पदार्थ के गलन की गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो इस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान को, बिना ताप बदले, ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में परिवर्तन के लिए दी जाती है (अथवा द्रव से ठोस में बदलने के लिए ली जाती है) गुप्त ऊष्मा को L से प्रकट करते हैं।

इसका मात्रक **कैलोरी/ग्राम** अथवा **किलोकैलोरी/किलोग्राम** है तथा S.I. पद्धति में इसका मात्रक **जूल/किलोग्राम** होता है। **बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 80 किलोकैलोरी/किलोग्राम** है। इसका तात्पर्य यह है कि 0°C ताप पर 1 किलोग्राम बर्फ को 0°C के ही एक किलोग्राम जल में बदलने के लिए 80 किलोकैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। इसी प्रकार 1 किलोग्राम जल 0°C पर जमने पर 80 किलोकैलोरी ऊष्मा देता है।

प्रश्न 6. आणविक मॉडल के आधार पर गुप्त ऊष्मा की व्याख्या कीजिए।

उत्तर– आणविक मॉडल के आधार पर गुप्त ऊष्मा की व्याख्या–

पदार्थ के आणविक मॉडल के अनुसार प्रत्येक पदार्थ अणुओं से मिलकर बना है। अणु निरंतर अनियमित गति करते रहते हैं; इस गति के कारण अणुओं में गतिज ऊर्जा होती है। अणु एक-दूसरे पर बल भी आरोपित करते हैं; इसके कारण अणुओं में स्थितिज ऊर्जा होती है।

पदार्थ के अणुओं की प्रति अणु औसत गतिज ऊर्जा उसके ताप को निर्धारित करती है। पदार्थ को ऊष्मा देने पर जब पदार्थ का ताप बढ़ता है, तो उसके अणुओं की प्रति अणु औसत गतिज ऊर्जा बढ़ती है। अवस्था परिवर्तन के समय पदार्थ को दी गई ऊष्मा अणुओं के बीच लगने वाले आणविक बल के विरुद्ध कार्य करती है जिससे उसके अणुओं की स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है, अत: अवस्था परिवर्तन के समय पदार्थ (ठोस अथवा द्रव) को दी जाने वाली ऊष्मा उसकी स्थितिज ऊर्जा बढ़ाने में व्यय होती है।

किसी पदार्थ के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा, उसके गलन की गुप्त ऊष्मा से सदैव अधिक होती है, क्योंकि वाष्पन के दौरान द्रव के अणुओं को बहुत दूर-दूर फैलाना होता है तथा द्रव में सभी अणुओं के परिणामी आकर्षण बल को पार करने के लिए ऊष्मा प्रयुक्त करनी पड़ती है। जबकि ठोस को द्रव में बदलने के लिए इसके अणुओं को इतना दूर नहीं करना पड़ता, केवल कुछ अणुओं के बीच के आकर्षण बल को पार करना होता है, इसलिए वाष्पन की क्रिया में अधिक ऊष्मा की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 7. निम्नलिखित की परिभाषा लिखिए–

(a) जूल, (b) कैलोरी, (c) किलोकैलोरी, (d) विशिष्ट ऊष्मा, (e) ऊष्माधारिता, (f) गुप्त ऊष्मा, (g) ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक

उत्तर– (a) **जूल–** M.K.S. प्रणाली में ऊर्जा का मात्रक जूल होता है, चूँकि ऊष्मा ऊर्जा का ही एक रूप है। अत: ऊष्मा का मात्रक भी जूल होता है।

1 जूल ऊष्मा की वह मात्रा है, जो $\frac{1}{4.2}$ ग्राम जल का ताप 1°C बढ़ाने में व्यय होती है।

(b) **कैलोरी–** 1 ग्राम शुद्ध जल का ताप 14°C से 15°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को 1 कैलोरी कहते हैं।

1 कैलोरी = 4.18 जूल = 4.2 जूल (लगभग)

(c) **किलोकैलोरी–** एक किलोग्राम शुद्ध जल का ताप 14°C से 15°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को 1 किलोकैलोरी कहते हैं।

1 किलोकैलोरी = 1000 कैलोरी

= 4.2×1000 जूल = 4.2×10^3 जूल (लगभग)

(d) **विशिष्ट ऊष्मा–** किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।

जिन पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होती है, वे देर से गर्म होते हैं तथा देर से ठंडे होते हैं। इसी प्रकार जिनकी विशिष्ट ऊष्मा कम होती है, वे जल्दी गर्म होते हैं तथा जल्दी ठंडे होते हैं।

$$\text{विशिष्ट ऊष्मा } (S) = \frac{\text{ऊष्मा } (Q)}{\text{द्रव्यमान } (m) \times \text{ताप परिवर्तन } (\Delta t)}$$

C.G.S. में इसका मात्रक कैलोरी/ग्राम-°C, M.K.S. में इसका मात्रक किलोकैलोरी/किग्रा-°C व S.I. में मात्रक जूल/किग्रा-°C होता है।

(e) **ऊष्माधारिता-** किसी वस्तु के ताप में वृद्धि करने के लिए, ऊष्मा की आवश्यक मात्रा प्रति °C को वस्तु की ऊष्माधारिता कहते हैं।

$$W = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$W \text{ का मात्रक } = \frac{\text{ऊष्मा } (Q) \text{ का मात्रक}}{\text{ताप } (\Delta t) \text{ का मात्रक}}$$

= जूल/°C या कैलोरी/°C है।

(f) **गुप्त ऊष्मा-** किसी पदार्थ की गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान को, बिना ताप में परिवर्तन किए, उसकी अवस्था में परिवर्तन कर देती है। गुप्त ऊष्मा का मात्रक कैलोरी/ग्राम या किलोकैलोरी/किलोग्राम है।

यदि किसी पदार्थ का द्रव्यमान m तथा गुप्त ऊष्मा L हो, तो एक निश्चित ताप पर पदार्थ द्वारा अवस्था परिवर्तन के समय दी गई अथवा ली गई ऊष्मा,

$$Q = mL$$

(g) **ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक-** ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक, संख्यात्मक रूप से उस कार्य के बराबर है, जिसके व्यय होने पर एकांक ऊष्मा उत्पन्न होती है।

$$J = \frac{W}{Q}$$

मात्रक- $$J \text{ का मात्रक} = \frac{W \text{ का मात्रक}}{Q \text{ का मात्रक}}$$

J का मान 4.186×10^3 जूल/किलोकैलोरी होता है।

इसका अर्थ है कि 1 किलोकैलोरी ऊष्मा उत्पन्न करने के लिए 4.186×10^3 जूल कार्य करना पड़ेगा।

प्रश्न 8. आपेक्षिक आर्द्रता से क्या तात्पर्य है? आवश्यक सूत्र सहित व्याख्या कीजिए।

या वायु में आर्द्रता से क्या तात्पर्य है? कुछ प्रयोग देकर समझाइए।

उत्तर- **वायु में आर्द्रता-** वायुमंडल में प्रत्येक स्थान पर तथा हर समय जल वाष्प विद्यमान रहती है। यह जल वाष्प पृथ्वी पर स्थित तालाब, नदी, झील तथा समुद्र के पानी के वाष्प में बदलने के कारण रहती है। किसी ताप पर वायुमंडल में जल वाष्प की उपस्थिति को वायु की आर्द्रता (नमी) कहते हैं। इसे वायु के प्रति घन मीटर में मापते हैं।

प्रयोग 1- बर्फ से भरे गिलास के बाहर जल की बूँदों का एकत्रित होना-बर्फ से भरे गिलास के बाहर जल की बूँदें एकत्रित हो जाती हैं। इसका कारण यह है कि गिलास की सतह के संपर्क में आने वाली वायु की वाष्प संघनित होकर गिलास की सतह पर बूँदों के रूप में जम जाती हैं।

प्रयोग 2- वर्षा ऋतु में नमक का खुले में पसीज जाना-वर्षा के ऋतु में मौसम में नमक खुले में रखने पर पसीज जाता है। यह वायु में उपस्थित जल वाष्प के कारण ही संभव है; क्योंकि वर्षा ऋतु के मौसम में वायुमंडल में जलवाष्प की मात्रा अधिक होती है। यदि जलवाष्प की मात्रा कम है, तो वायुमंडल शुष्क कहलाता है।

आपेक्षिक आर्द्रता- किसी स्थिर ताप वायुमंडल के किसी आयतन में उपस्थित जलवाष्प के द्रव्यमान (m) तथा उसी ताप पर वायुमंडल के उसी आयतन को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प के द्रव्यमान (M) के अनुपात को उसकी आपेक्षिक आर्द्रता कहते हैं। इसे प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है। इसका कोई मात्रक नहीं होता है। अतः अनुपात को 100 से गुणा करके लिखा जाता है।

$$\text{अत: आर्द्रता} = \frac{t°\text{C पर वायु के किसी आयतन में उपस्थित जलवाष्प का द्रव्यमान}}{t°\text{C पर वायु के उसी आयतन को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प का द्रव्यमान}} \times 100$$

$$\text{आपेक्षिक आर्द्रता} = \frac{t°\text{C पर वायु में उपस्थित जलवाष्प का घनत्व}}{t°\text{C पर संतृप्त वाष्प का घनत्व}} \times 100$$

यदि वायु में $t°C$ ताप पर उसके किसी आयतन में उपस्थित जल-वाष्प का द्रव्यमान m है तथा उसी ताप पर उसके आयतन को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जल वाष्प का द्रव्यमान M हो, तो

$$\text{प्रतिशत आपेक्षित आर्द्रता} = \frac{m}{M} \times 100$$

ताप बढ़ने पर संतृप्त आर्द्रता बढ़ जाती है; अत: गर्मी के दिनों में आपेक्षिक आर्द्रता कम हो जाती है। इसलिए गर्मी के दिनों में सर्दी की अपेक्षा अधिक वाष्पन होता है। निश्चित आयतन के लिए द्रव्यमान, घनत्व के अनुक्रमानुपाती होता है।

इसी प्रकार, स्थिर ताप पर जल वाष्प का दाब उसके द्रव्यमान के अनुक्रमानुपाती होता है; अत:

$$\text{आपेक्षिक आर्द्रता} = \frac{t°\text{C पर वायु में उपस्थित जलवाष्प दाब}}{t°\text{C पर संतृप्त वाष्प दाब}} \times 100$$

परंतु ओसांक पर वायु का संतृप्त वाष्प दाब (f) किसी ताप $(t°C)$ पर उसी वायु में उपस्थित वाष्प के दाब (p) के बराबर होता है।

$$\text{अत: } t°C \text{ पर आपेक्षिक आर्द्रता} = \frac{t°\text{C ओसांक पर संतृप्त वाष्पदाब } (f)}{t°\text{C ताप पर संतृप्त वाष्पदाब } (p)} \times 100$$

प्रश्न 9. कार्य तथा ऊष्मा में तुल्यता को समझाइए। जूल ने कार्य तथा ऊष्मा के मध्य क्या संबंध दिया?

उत्तर- **कार्य तथा ऊष्मा में तुल्यता-** दैनिक जीवन में विभिन्न उदाहरणों से स्पष्ट होता है कि किसी वस्तु का ताप दो प्रकार से बढ़ाया जा सकता है- वस्तु को सीधे ऊष्मा देकर (अर्थात् गर्म करके) अथवा वस्तु पर यांत्रिक कार्य करके।

इसी प्रकार किसी वस्तु की अवस्था में परिवर्तन भी वस्तु को ऊष्मा देकर अथवा यांत्रिक कार्य करके किया जा सकता है। इसका अर्थ है कि ऊष्मा तथा कार्य (यांत्रिक ऊर्जा) एक-दूसरे के तुल्य हैं।

संबंध- ब्रिटिश वैज्ञानिक जूल ने ऊष्मा तथा यांत्रिक कार्य में संबंध स्थापित करने के लिए अनेक प्रयोग किए।

प्रयोगों के आधार पर जूल ने यह प्रतिपादित किया कि W अर्ग कार्य करने से Q कैलोरी ऊष्मा उत्पन्न होती है अर्थात् व्यय कार्य (W) तथा उत्पन्न ऊष्मा (Q) परस्पर अनुक्रमानुपाती होते हैं।

अत:
$$W \propto Q$$
$$W = JQ \quad ...(1)$$

जहाँ J एक नियतांक है। इसे ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक (अथवा जूल नियतांक) कहते हैं।

समीकरण (1) से, $\frac{W}{Q} = J$

इससे स्पष्ट है कि जब यांत्रिक कार्य का ऊष्मा में अथवा ऊष्मा का यांत्रिक कार्य में रूपांतर होता है तो कार्य तथा ऊष्मा का सदैव एक निश्चित अनुपात होता है।

यदि $Q = 1$ हो, तो $W = J$

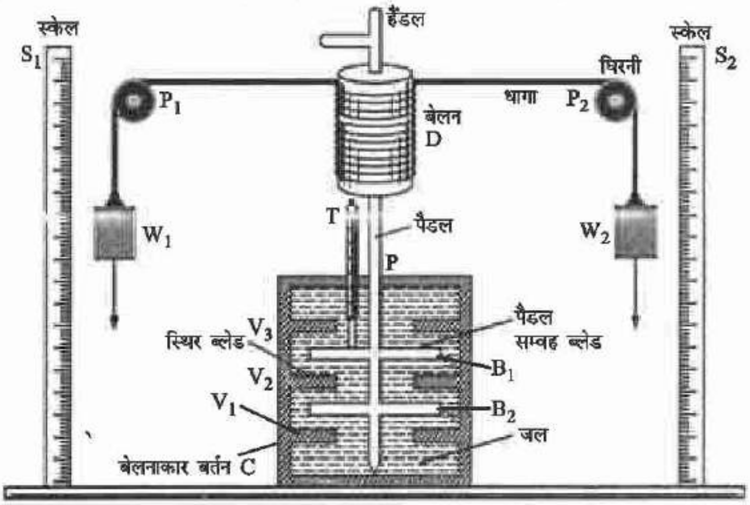
अर्थात् ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक, संख्यात्मक रूप से उस कार्य के बराबर है जिसके व्यय होने पर एकांक ऊष्मा उत्पन्न होती है।

मात्रक एवं मान- इसका प्रचलित मात्रक जूल/किलोकैलोरी है तथा इसका मान 4.186×10^3 जूल/किलोकैलोरी है। इसका अर्थ है कि 1 किलोकैलोरी ऊष्मा उत्पन्न करने के लिए 4.186×10^3 जूल कार्य करना पड़ेगा।

प्रश्न 10. कार्य तथा ऊष्मा की तुल्यता सिद्ध करने के लिए जूल के प्रयोग का वर्णन कीजिए।

उत्तर- *J* का मान ज्ञात करने के लिए जूल का प्रयोग-

इस प्रयोग में यांत्रिक कार्य (ऊर्जा) को ऊष्मा में बदला जाता है।



उपकरण- इसमें एक विशेष रूप से तैयार किया गया धातु का बेलनाकार बर्तन C होता है, जिसे कैलोरीमापी कहते हैं। इसमें कुछ स्थिर ब्लेड $V_1, V_2, V_3 \ldots$ आदि लगे रहते हैं। कैलोरीमापी को ज्ञात द्रव्यमान के पानी से भर देते हैं। इसमें एक पैडल P होता है, जिसमें भी ब्लेड $B_1, B_2, \ldots$ लगे होते हैं। जब पैडल को घुमाया जाता है तो ये ब्लेड स्थिर ब्लेडों के बीच घूम सकते हैं। इन ब्लेडों के घुमाने से पानी को हिलाया जाता है। स्थिर ब्लेडों की उपस्थिति के कारण पानी पूरा घुमता नहीं है, बल्कि केवल बिलोया जाता है। इससे घूमते पैडल की सम्पूर्ण गतिज ऊर्जा पैडल, ब्लेड तथा जल के बीच घर्षण के कारण ऊष्मा में बदल जाती है। पैडल का ऊपरी भाग एक लकड़ी के ड्रम D से संबंधित होता है। ड्रम D पर दो मजबूत धागे इस प्रकार लपेटे जाते हैं कि वे ड्रम के एक ही तल में विपरीत दिशाओं में निकलें। ये धागे दो एक-सी घर्षणहीन घिरनियों P_1 व P_2 से गुजरते हैं तथा इनके मुक्त सिरों पर भार W_1 व W_2 बँधे रहते हैं। जब ये भार नीचे गिरते हैं, तो ड्रम व पैडल घूमते हैं तथा पानी को बिलोते हैं। भारों W_1 व W_2 द्वारा नीचे की ओर चली दूरियों को दो ऊर्ध्वाधर पैमानों S_1 व S_2 की सहायता से नापा जाता है। पानी का ताप पानी में डुबोकर रखे गए तापमापी T द्वारा पढ़ा जाता है।

प्रयोगविधि- कैलोरीमापी C में ज्ञात द्रव्यमान का जल भर देते हैं तथा तापमापी T की सहायता से इसका प्रारंभिक ताप नोट कर लेते हैं। दोनों भारों W_1 व W_2 को एक साथ समान ऊँचाई से गिराया जाता है। जब भार गिरते हैं, तो पैडल घूमता है तथा कैलोरीमापी में भरे जल को बिलोता है। गिरते भारों द्वारा किया गया कार्य ऊष्मा में बदलता है। यह ऊष्मा जल का ताप बढ़ाती है। जब गिरते भार पृथ्वी को स्पर्श करने ही वाले होते हैं, तो तापमापी T का पाठ नोट कर लेते हैं तथा पैमानों S_1 व S_2 की सहायता से गिरते भारों द्वारा तय की गई दूरियाँ भी नोट कर लेते हैं।

सूत्र- माना प्रत्येक भार का द्रव्यमान m_1 है तथा भारों द्वारा तय की दूरी h है। दोनों भारों द्वारा किया गया कार्य, $W = (2m_1gh)$ जूल,

जहाँ g गुरुत्वीय त्वरण है।

माना कैलोरीमापी के जल का द्रव्यमान m_2 है, T_1 तथा T_2 जल के प्रारंभिक व अंतिम ताप हैं, s जल की विशिष्ट ऊष्मा है तथा C (कैलोरीमापी + पैडल) की ऊष्माधारिता है, तो

उत्पन्न ऊष्मा, $$Q = m_2s(T_2 - T_1) + C(T_2 - T_1)$$
$$= (m_2s + C)(T_2 - T_1) \text{ किलोकैलोरी}$$

ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक, $$J = \frac{\text{किया गया कार्य}}{\text{उत्पन्न ऊष्मा}} = \frac{W}{Q}$$
$$= \frac{2m_1gh}{(m_2s + C)(T_2 - T_1)}$$

व्याख्या- जब भार नीचे गिरता है, तो पैडल घूमता है और जल का ताप बढ़ता है। इसे निम्नलिखित विवरण द्वारा समझाया जा सकता है-

गिरते भारों की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा घटती है, यह स्थितिज ऊर्जा पैडल की गतिज ऊर्जा के रूप में बदलती है; जिसके कारण पैडल घूमता है तथा जल को बिलोता है। बिलोने की प्रक्रिया में पैडल की गतिज ऊर्जा ऊष्मा में बदलती है जिससे कैलोरीमापी + पैडल + जल का ताप बढ़ता है। भारों द्वारा व्यय ऊर्जा यांत्रिक (स्थितिज) ऊर्जा है तथा भाप बढ़ाने वाली ऊर्जा ऊष्मीय ऊर्जा है। इस प्रकार जूल के प्रयोग में यांत्रिक ऊर्जा (कार्य) ऊष्मा में बदलती है।

परिणाम- जूल के प्रयोग द्वारा J का मान 4186 जूल/किलो-कैलोरी प्राप्त होता है, इसका अर्थ यह है कि जब 4.186×10^3 जूल यांत्रिक ऊर्जा व्यय होती है, तो 1 किलोकैलोरी ऊष्मा प्राप्त होती है।

▶ लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ऊष्मीय ऊर्जा का मात्रक लिखिए। जूल तथा कैलोरी में क्या संबंध है?

उत्तर- **ऊष्मीय ऊर्जा का मात्रक-** इसके मात्रक निम्न हैं—

जूल- M.K.S. प्रणाली में ऊर्जा का मात्रक जूल होता है, चूँकि ऊष्मा, ऊर्जा का ही एक रूप है, अतः ऊष्मा का मात्रक भी जूल होगा।

एक जूल ऊष्मा की वह मात्रा है, जो $\frac{1}{4.2}$ ग्राम जल का ताप 1°C बढ़ाने में व्यय होती है।

इसके अन्य मात्रक कैलोरी तथा किलाकैलोरी भी होते हैं।

संबंध- 1 किलोकैलोरी $= 1000$ कैलोरी $= 4.2 \times 10^3$ जूल

अतः 1 कैलोरी $= 4.2$ जूल

प्रश्न 2. विशिष्ट ऊष्मा की परिभाषा, सूत्र एवं मात्रक लिखिए।

या किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **विशिष्ट ऊष्मा-** किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। वस्तु द्वारा दी गई अथवा ली गई ऊष्मा की मात्रा निम्न बातों पर निर्भर करती है—

(i) वस्तु के द्रव्यमान (m) पर, $Q \propto m$

(ii) वस्तु के ताप में हुए परिवर्तन पर, $Q \propto \Delta t$

अत: उपर्युक्त तथ्यों के अनुसार,

$$Q \propto m \times \Delta t$$

या

$$Q = m \times s \times \Delta t \quad ...(1)$$

यहाँ s एक समानुपाती नियतांक है, जिसका मान वस्तु की प्रकृति पर निर्भर करता है। इस नियतांक को उस वस्तु के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।

समीकरण (1) से,

$$s = \frac{Q}{m \times \Delta t}$$

इसका मात्रक कैलोरी/ग्राम °C, किलोकैलोरी/ किग्रा-°C अथवा जूल/किग्रा-°C होता है।

प्रश्न 3. विशिष्ट ऊष्मा तथा ऊष्माधारिता में अंतर स्पष्ट कीजिए।

उत्तर- विशिष्ट ऊष्मा तथा ऊष्माधारिता में अंतर—

क्र०सं०	विशिष्ट ऊष्मा	ऊष्माधारिता
1.	विशिष्ट ऊष्मा पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है।	ऊष्माधारिता वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर करती है, क्योंकि ऊष्माधारिता वस्तु का गुण है।
2.	किसी पदार्थ के विभिन्न द्रव्यमानों की वस्तुओं की विशिष्ट ऊष्मा समान होती है।	एक ही पदार्थ के विभिन्न द्रव्यमानों की ऊष्माधारिताएँ भिन्न-भिन्न होती हैं।
3.	इसका मात्रक जूल/किग्रा/K या किलोकैलोरी/किग्रा-°C होता है।	इसका मात्रक जूल/K या कैलोरी/°C होता है।

प्रश्न 4. जल की अधिक विशिष्ट ऊष्मा का दैनिक जीवन में उपयोग समझाइए।

उत्तर- **जल की अधिक विशिष्ट ऊष्मा का दैनिक जीवन में उपयोग-**

(i) जाड़ों में पौधों को पाले से बचाने के लिए किसान खेतों में जल भर देते हैं- दिन के समय खेत में भरा पानी तथा गीली मिट्टी सूर्य से ऊष्मा अवशोषित करते हैं। रात के समय यह पानी तथा गीली मिट्टी धीरे-धीरे शोषित ऊष्मा का उत्सर्जन करते हैं, जिससे खेत के ऊपर की हवा का ताप अधिक कम नहीं हो पाता है और पौधों पर पाले का प्रभाव नहीं पड़ता।

(ii) शरीर की सिकाई के लिए गर्म जल से भरी बोतलों का प्रयोग किया जाता है- जल से मिली ऊष्मा सर्वाधिक होती है, क्योंकि 1 ग्राम जल के ताप को 1°C कम करने से 1 कैलोरी ऊष्मा प्राप्त होती है, जोकि किसी भी अन्य द्रव पदार्थ से अधिक है। अत: रोगी की सिकाई गर्म जल की बोतलों से करते हैं।

(iii) **वाहन के रेडियेटर को ठंडा रखने के लिए जल का प्रयोग किया जाता है-** जल की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होती है और रेडियेटर की अधिक ऊष्मा लेने पर भी जल थोड़ा ही गर्म होता है। इससे रेडियेटर का ताप नियंत्रित रहता है।

(iv) **समुद्र तट के किनारे जलवायु एकसमान रहती है-** जल की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होने के कारण यह धीरे-धीरे गर्म व ठंडा होता है, जिससे समुद्र के किनारे के स्थान का तापमान लगभग एकसमान रहता है। जबकि अन्य स्थानों पर मिट्टी व रेत की विशिष्ट ऊष्मा कम होने के कारण वह जल्दी ही गर्म व ठंडा हो जाता है, जिससे वहाँ के तापमान में काफी अंतर आ जाता है।

प्रश्न 5. कैलोरीमापी ताँबे का क्यों बनाया जाता है?

उत्तर- कैलोरीमापी को ताँबे का बनाने का कारण यह है कि ताँबा ऊष्मा का सुचालक है तथा इसकी विशिष्ट ऊष्मा भी काफी कम है, इसलिए वह बहुत शीघ्र तथा कम ऊष्मा लेकर ही अपने अंदर रखे द्रव के ताप पर आ जाता है।

प्रश्न 6. कैलोरीमापी के जल-तुल्यांक की परिभाषा दीजिए।

उत्तर- **कैलोरीमापी का जल-तुल्यांक-** कैलोरीमापी का जल-तुल्यांक जल के उस द्रव्यमान के बराबर है जिसका ताप 1°C बढ़ाने के लिए ऊष्मा की उतनी ही मात्रा की आवश्यकता होती है जितनी की कैलोरीमापी का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक है। अर्थात् जल-तुल्यांक जल का वह द्रव्यमान होता है जिसकी ऊष्माधारिता, ऊष्मामापी की ऊष्माधारिता के बराबर होती है।

माना कैलोरीमापी का द्रव्यमान m है तथा धातु की विशिष्ट ऊष्मा s है। तब,

$$\text{कैलोरीमापी की ऊष्माधारिता} = m \times s \times 1 \text{ कैलोरी}$$
$$= ms \text{ कैलोरी} \quad ...(1)$$
$$\text{जल की ऊष्माधारिता} = W \times 1 \times 1 \text{ कैलोरी} \quad ...(2)$$

समीकरण (1) व (2) से,

$$W = ms$$

प्रश्न 7. आपेक्षिक आर्द्रता की परिभाषा दीजिए। वायु का ओसांक किसे कहते हैं? आपेक्षिक आर्द्रता, उपस्थित जलवाष्प का दाब तथा ताप पर संतृप्त वाष्प दाब में संबंध लिखिए।

उत्तर- **आपेक्षिक आर्द्रता-** किसी स्थिर ताप पर वायु के किसी आयतन में उपस्थित जलवाष्प के द्रव्यमान तथा उसी ताप पर वायुमंडल के उसी आयतन को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प के द्रव्यमान के अनुपात को उसकी **आपेक्षिक आर्द्रता** कहते हैं। इसे प्राय: प्रतिशत में व्यक्त किया जाता है, इसलिए इस अनुपात को 100 से गुणा करते हैं। आपेक्षिक आर्द्रता का कोई मात्रक नहीं होता।

ओसांक- वह स्थिर ताप जिस पर वायु के किसी आयतन में उपस्थित जल-वाष्प की मात्रा वायु के उसी आयतन को संतृप्त करने के लिए पर्याप्त हो, **ओसांक** कहलाता है।

किसी स्थित ताप पर जलवाष्प का दाब उसके द्रव्यमान के अनुक्रमानुपाती होता है; अत:

$$\text{आपेक्षिक आर्द्रता} = \frac{t^\circ \text{C पर वायु में उपस्थित जलवाष्प दाब}}{t^\circ \text{C पर संतृप्त वाष्प दाब}} \times 100$$

प्रश्न 8. ऊष्मा तथा कार्य की तुल्यता से क्या अभिप्राय है? उदाहरण देकर समझाइए।

उत्तर- **ऊष्मा तथा कार्य की तुल्यता-** किसी वस्तु का ताप दो प्रकार से बढ़ाया जा सकता है। वस्तु को सीधे ऊष्मा देकर (अर्थात् गर्म करके) अथवा वस्तु पर यांत्रिक कार्य करके। इसी प्रकार किसी वस्तु की अवस्था में परिवर्तन भी वस्तु को ऊष्मा देकर अथवा यांत्रिक

कार्य करके किया जा सकता है। इसका अर्थ है कि ऊष्मा तथा कार्य एक-दूसरे के तुल्य हैं।

उदाहरण- किसी कील को ऊष्मा देकर उसका ताप बढ़ाया जा सकता है। इसी कील को हथौड़े से पीटकर अर्थात् कार्य करके भी इसका ताप बढ़ा सकते हैं।

प्रश्न 9. ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक क्या है? इसका मान तथा मात्रक लिखिए।

उत्तर- **ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक-** जब कभी यांत्रिक कार्य का ऊष्मा में अथवा ऊष्मा का यांत्रिक कार्य में रूपांतरण होता है तो कार्य तथा ऊष्मा का सदैव एक निश्चित अनुपात होता है।

यदि Q कैलोरी ऊष्मा से W अर्ग कार्य होता है अथवा W अर्ग कार्य से Q कैलोरी ऊष्मा उत्पन्न होती है तो जूल के नियमानुसार,

$$\frac{W}{Q} = J$$

जहाँ J एक नियतांक है, जिसे ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक कहते हैं।

मात्रक एवं मान- सूत्र $J = \frac{W}{Q}$ से

$$J \text{ का मात्रक} = \frac{\text{जूल}}{\text{कैलोरी}} \text{ या } = \frac{\text{जूल}}{\text{किलोकैलोरी}}$$

$$J \text{ का मान} = 4.18 \times 10^3 \text{ जूल/किलोकैलारी}$$

या $$= 4.2 \times 10^3 \text{ जूल/किलोकैलारी}$$

प्रश्न 10. बर्फ की गुप्त ऊष्मा 80 कैलोरी/ग्राम है। इस कथन से क्या तात्पर्य है?

उत्तर- बर्फ की गुप्त ऊष्मा 80 कैलोरी/ग्राम से अर्थ है कि एक ग्राम बर्फ 0°C पर गलने के लिए 80 कैलोरी ऊष्मा लेता है अथवा 1 ग्राम जल 0°C पर जमने में 80 कैलोरी ऊष्मा देता है।

प्रश्न 11. गलन की गुप्त ऊष्मा तथा वाष्पन की गुप्त ऊष्मा से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **गलन की गुप्त ऊष्मा-** किसी पदार्थ के गलन की गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान को, बिना ताप बदले, ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में परिवर्तन के लिए दी जाती है (अथवा द्रव से ठोस में बदलने के लिए ली जाती है।) गुप्त ऊष्मा को L से प्रकट करते हैं। बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 80 किलोकैलोरी/किग्रा है।

वाष्पन की गुप्त ऊष्मा- द्रव के क्वथनांक पर द्रव के प्रति एकांक द्रव्यमान को पूरी तरह गैस (अथवा वाष्प) में परिवर्तित करने के लिए आवश्यक ऊष्मा को पदार्थ के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इस गुप्त ऊष्मा को भी L से प्रदर्शित करते हैं।

जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 536 किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम होती है।

प्रश्न 12. जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 540 किलोकैलोरी/ग्राम है। इस कथन से क्या तात्पर्य है?

उत्तर- जल के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 540 किलोकैलोरी/ग्राम होती है, इसका अभिप्राय यह है कि 100°C पर 1 किग्रा जल, वाष्प में बदलने के लिए 536 किलोकैलोरी ऊष्मा लेता है अथवा 100°C पर 1 किग्रा वाष्प द्रवित होने में 536 किलोकैलोरी ऊष्मा देती है।

प्रश्न 13. "जल की विशिष्ट ऊष्मा 1 कैलोरी/ग्राम-°C है।" इस कथन से क्या तात्पर्य है?

उत्तर- जल की विशिष्ट ऊष्मा 1 कैलोरी/ग्राम-°C है। इसका अर्थ यह है कि 1 ग्राम जल को 1 कैलोरी ऊष्मा देने पर उसके ताप में 1°C की वृद्धि होगी।

प्रश्न 14. गुप्त ऊष्मा क्या है? सूत्र लिखकर समझाइए।

उत्तर- **गुप्त ऊष्मा**- स्थिर ताप (गलनांक) पर किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान की अवस्था परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस पदार्थ की **गुप्त ऊष्मा** कहते हैं।

यदि किसी पदार्थ का द्रव्यमान m तथा गुप्त ऊष्मा L है तो एक निश्चित ताप पर, उस पदार्थ द्वारा अवस्था परिवर्तन में ली गई अथवा दी गई ऊष्मा

$$Q = m \times L$$

C.G.S. पद्धति में इसका मात्रक कैलोरी/ग्राम तथा M.K.S. पद्धति में जूल/किग्रा है।

प्रश्न 15. गलन की गुप्त ऊष्मा किसे कहते हैं? बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा का मान भी लिखिए।

उत्तर- **गलन की गुप्त ऊष्मा**- किसी पदार्थ के एकांक द्रव्यमान को बिना ताप बदले, ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में अथवा द्रव अवस्था से ठोस अवस्था में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस पदार्थ की गलन (बर्फ) की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इसका मात्रक कैलोरी/ग्राम या किलोकैलोरी/किग्रा अथवा जूल/किग्रा है।

बर्फ की गुप्त ऊष्मा 80 किलोकैलोरी/किग्रा है।

प्रश्न 16. कैलोरीमिति किसे कहते हैं?

उत्तर- **कैलोरीमिति**- "किसी एक वस्तु से दूसरी वस्तु को स्थानांतरित ऊष्मा के प्रायोगिक मापन को कैलोरीमिति कहते हैं।"

सिद्धांत- जब भिन्न-भिन्न ताप पर दो वस्तुएँ एक-दूसरे के संपर्क में लाई जाती हैं अथवा मिश्रित की जाती हैं तो ऊष्मा का स्थानांतरण अधिक ताप वाली वस्तु से कम ताप वाली वस्तु की ओर होता है और यह क्रिया तब तक चलती रहती है, जब तक कि दोनों वस्तुओं को ताप समान न हो जाए। इस स्थिति में,

एक वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = दूसरी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा

प्रश्न 17. ऊष्माधारिता से क्या आशय है?

उत्तर- **ऊष्माधारिता**- "किसी वस्तु के कुल द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की मात्रा को उस वस्तु की ऊष्माधारिता कहते हैं।" यह उस वस्तु के द्रव्यमान तथा वस्तु के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा के गुणनफल के बराबर होती है।

माना किसी वस्तु का द्रव्यमान m तथा वस्तु के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा s है तो

वस्तु की ऊष्माधारिता $= m \times s$

इसका मात्रक कैलोरी/°C अथवा जूल/°C अथवा जूल/°K है।

▶ अति लघु उत्तरीय प्रश्न

(इसके लिए अपनी पाठ्य-पुस्तक में पृष्ठ संख्या 166 देखें।)

▶ आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. ताँबे के एक पिंड का द्रव्यमान 1 किग्रा है। यदि इसका तापक्रम 30°C से 130°C करने के लिए 40000 जूल ऊष्मा की आवश्यकता है तो पिंड की विशिष्ट ऊष्मा की गणना कीजिए।

हल: $Q = 40000$ जूल, $m = 1$ किग्रा, $t_1 = 30°\text{ C}$, $t_2 = 130°\text{ C}$

$$\Delta t = (t_2 - t_1)$$
$$= (130° - 30°) = 100°\text{ C}$$

$$s = \frac{Q}{m \times \Delta t} = \frac{40000}{1 \times 100}$$

$= 400$ जूल/किग्रा-°C उत्तर

प्रश्न 2. 100°C तापक्रम वाली 40 ग्राम वाष्प संघनित होकर 75°C पर जल में परिवर्तित होती है। वाष्प की गुप्त ऊष्मा 540 कैलोरी/ग्राम है। इस क्रिया में वाष्प द्वारा दी गई ऊष्मा की गणना कीजिए। [संकेत- $Q = mL + ms\Delta t$]

हल: $\Delta t = (t_2 - t_1) = (100^\circ - 75^\circ) = 25^\circ$ C

$m = 40$ ग्राम, $s = 1$ ($\because$ ठण्डे जल की विशिष्ट ऊष्मा 1 होती है)

$L = 540$ कैलोरी/ग्राम, $Q = ?$

$$Q = mL + ms\Delta t$$
$$= 40 \times 540 + 40 \times 1 \times 25$$
$$= 21600 + 1000$$

$= 22600$ कैलोरी उत्तर

प्रश्न 3. 100°C ताप के 50 ग्राम पानी को 150 ग्राम ठंडे पानी में मिलाने पर मिश्रण का ताप 50°C हो जाता है। ठंडे पानी का प्रारम्भिक ताप ज्ञात कीजिए।

हल: $m_1 = 50$ ग्राम, $t_1 = 100^\circ$ C,

$m_2 = 150$ ग्राम, $t_2 = ?$, $s_1 = s_2 = 1$ कैलोरी/ग्राम-°C

मिश्रण का ताप, $t = 50$

गर्म पानी द्वारा दी गई ऊष्मा $= m_1 s_1 \Delta t_1 = m_1 s_1 (t_1 - t)$

$$= 50 \times 1 \times (100^\circ - 50^\circ)$$

$= 2500$ कैलोरी

ठंडे पानी द्वारा ली गई ऊष्मा $= m_2 s_2 \Delta t_2 = m_2 s_2 (t - t_2)$

$$= 150 \times 1 \times (50 - t_2)$$
$$= 7500 - 150 t_2$$

मिश्रण के सिद्धान्त से,

$$m_1 s_1 \Delta t_1 = m_2 s_2 \Delta t_2$$
$$2500 = 7500 - 150 t_2$$
$$150t = 7500 - 2500$$
$$150t = 5000$$
$$t = \frac{5000}{150} = 33.33^\circ \text{ C}$$

उत्तर

प्रश्न 4. 40°C के 200 ग्राम जल में 10°C का 100 ग्राम जल मिलाने पर मिश्रण का अंतिम ताप क्या होगा?

हल: माना मिश्रण का अन्तिम ताप $= t^\circ$ C

$m_1 = 200$ ग्राम, $t_1 = 40^\circ$ C,

$m_2 = 100$ ग्राम, $t_2 = 10^\circ$ C, $s_1 = s_2 = 1$ कैलोरी/ग्राम-°C

दी गई ऊष्मा $= m_1 s_1 \Delta t_1 = m_1 s_1 (t_1 - t)$

$$= 200 \times 1 \times (40 - t)$$
$$= 8000 - 200t$$

$$\text{ली गई ऊष्मा} = m_2 s_2 \Delta t_2 = m_2 s_2 (t - t_2)$$
$$= 100 \times 1 \times (t - 10)$$
$$= 100t - 1000$$

मिश्रण के सिद्धांत से,

$$m_1 s_1 \Delta t_1 = m_2 s_2 \Delta t_2$$
$$8000 - 200t = 100t - 1000$$
$$9000 = 300t$$
$$t = \frac{9000}{300} = 30° \text{ C}$$

उत्तर

प्रश्न 5. यदि 8.36 जूल कार्य से 2 कैलोरी ऊष्मा उत्पन्न हो, तो ऊष्मा के यांत्रिक तुल्यांक की गणना कीजिए।

हल: $W = 8.36$ जूल, $Q = 2$ कैलोरी, $J = ?$

$$J = \frac{W}{Q}$$
$$= \frac{8.36}{2}$$
$$= 4.18 \approx 4.2 \text{ जूल/कैलोरी (लगभग)}$$

उत्तर

प्रश्न 6. 1000 किलोकैलोरी ऊष्मा उत्पन्न करने के लिए कितने जूल कार्य करना पड़ेगा? (ऊष्मा का यांत्रिक-तुल्यांक $J = 4.18$ जूल/कैलोरी)

हल: $Q = 1000$ किलोकैलोरी $= 10^3$ किलोकैलोरी $= 10^3 \times 10^3$ कैलोरी $= 10^6$ कैलोरी

$J = 4.18$ जूल/कैलोरी, $W = ?$

$$J = \frac{W}{Q}$$

या $$W = J \times Q = 4.18 \times 10^6 \text{ जूल}$$

उत्तर

प्रश्न 7. 0°C पर 10 ग्राम बर्फ को 100°C की भाप में बदलने के लिए कितना कार्य करना होगा? (बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 80 कैलोरी/ग्राम, भाप की गुप्त ऊष्मा = 540 कैलोरी/ग्राम, ऊष्मा का यांत्रिक-तुल्यांक $J = 4.18$ जूल/कैलोरी)

हल: $m = 10$ ग्राम, $\Delta t = (t_2 - t_1) = (100 - 0) = 100°$ C, बर्फ की गुप्त ऊष्मा (L_1) $= 80$ कैलोरी/ग्राम, भाप की गुप्त ऊष्मा $(L_2) = 540$ कैलोरी/ग्राम,

$J = 4.18$ जूल/कैलोरी, $\Delta t = (t_2 - t_1) = (100 - 0) = 100°$ C

0°C वाली बर्फ को 100°C वाली भाप में परिवर्तित करने के लिए ऊष्मा तीन भागों मे व्यय होती है—

(i) बर्फ से पानी में परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा

$$Q_1 = mL_1$$
$$= 10 \times 80$$
$$= 800 \text{ कैलोरी}$$

(ii) ठंडे पानी को गर्म पानी में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा

$$Q_2 = ms\Delta t$$
$$= 10 \times 1 \times (100 - 0)$$
$$= 1000 \text{ कैलोरी}$$

(iii) गर्म पानी को भाप में बदलने के लिए आवश्यक ऊष्मा,

$$Q_3 = mL_2$$
$$= 10 \times 540 = 5400 \text{ कैलारी}$$

अत: बर्फ को भाप में बदलने के आवश्यक कुल ऊष्मा,

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$
$$= 800 + 1000 + 5400$$
$$= 7200 \text{ कैलारी}$$

अब, बर्फ को भाप में बदलने में किया गया कार्य,

$$W = J \times Q$$
$$= 4.18 \times 7200$$
$$= 30096 \text{ जूल}$$ उत्तर

प्रश्न 8. 10 ग्राम द्रव्यमान वाले ताँबे के एक टुकड़े का ताप 925°C है। यदि उसको 200 ग्राम पानी में जिसका ताप 20.5°C है, डाल दिया जाए और मिश्रण का ताप 25°C हो जाए, तो ताँबे की विशिष्ट ऊष्मा की गणना कीजिए।

हल: $m_1 = 10$ ग्राम, $s_2 = 1$ कैलोरी/ग्राम-°C, $t_1 = 925°$ C

$m_2 = 200$ ग्राम, $s_1 = ?$, $t_2 = 20.5°$ C, $t = 25°$ C

सूत्र $Q = ms\Delta t$ से

ताँबे के टुकड़े द्वारा दी गई ऊष्मा $= 10 \times s_1 \times (925 - 25)$

$$= 9000 s_1$$

जल द्वारा ली गई ऊष्मा $= 200 \times 1 \times (25 - 20.5)$

$$= 900$$

कैलोरीमीति के सिद्धान्त से,

दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा

$$9000 s_1 = 900$$
$$s_1 = \frac{900}{9000} = 0.1 \text{ कैलोरी/ग्राम-°C}$$ उत्तर

प्रश्न 9. 100°C तापक्रम वाली 40 ग्राम भाप संघनित होकर 80°C पर जल में परिवर्तित होती है। भाप की गुप्त ऊष्मा 540 कैलोरी/ग्राम है, तो इस क्रिया में भाप द्वारा दी गई ऊष्मा की गणना कीजिए।

हल: भाप की गुप्त ऊष्मा $(L) = 540$ कैलोरी/ग्राम

100°C ताप वाली भाप द्वारा दी गई ऊष्मा $= mL$

$$= 40 \times 540 = 21600 \text{ कैलोरी}$$

यह जल 100°C पर बनेगा।

अत: जल के 80°C ताप तक आने में दी गई ऊष्मा $= ms\Delta t$

$$= 40 \times 1 \times (100 - 80)$$
$$= 40 \times 20$$
$$= 800 \text{ कैलोरी}$$

अत: कुल दी गई ऊष्मा $= 21600 + 800 = 22400$

$$= 2.24 \times 10^4 \text{ कैलोरी}$$ उत्तर

प्रश्न 10. 100°C ताप वाली 20 ग्राम भाप संघनित होकर 75°C के जल में परिवर्तित होती है। भाप की गुप्त ऊष्मा 540 कैलोरी/ग्राम है, तो इस क्रिया में भाप द्वारा दी गई कुल ऊष्मा की गणना कीजिए।

हल: $t_1 = 100°C$, $m = 20$ ग्राम, $t_2 = 75°C$,

भाप की गुप्त ऊष्मा $(L) = 540$ कैलोरी/ग्राम

100°C ताप वाली 20 ग्राम भाप द्वारा जल में परिवर्तित

होने में दी गई ऊष्मा $= mL$

$= 20 \times 540 = 10800$ कैलोरी

100°C ताप के जल द्वारा 75°C ताप तक आने में दी गई ऊष्मा

$= ms\Delta t$

$= 20 \times 1 \times (100 - 75)$

$= 20 \times 25$

$= 500$ कैलोरी

अत: कुल दी गई ऊष्मा $= 10800 + 500$

$= 11300$

$= 1.13 \times 10^4$ कैलोरी उत्तर

प्रश्न 11. 320 ग्राम धातु का टुकड़ा 36°C तक गर्म करके बर्फ के एक ब्लॉक के छेद में रख दिया जाता है, जिससे 195 ग्राम बर्फ पिघल जाती है। धातु की विशिष्ट ऊष्मा ज्ञात कीजिए। (बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 80 कैलोरी/ग्राम)

हल: $m_1 = 320$ ग्राम, $t_1 = 36°C$, धातु की विशिष्ट ऊष्मा $= s$ (माना)

$m_2 = 195$ ग्राम, $t_2 = 0$, बर्फ की गुप्त ऊष्मा $(L) = 80$ कैलोरी/ग्राम

अत: मिश्रण के नियम से,

धातु के टुकड़े द्वारा दी गई ऊष्मा = बर्फ द्वारा ली गई ऊष्मा

$$m_1 s\Delta t = m_2 L$$

$$320 \times s \times (36 - 0) = 195 \times 80$$

$$320 \times s \times 36 = 15600$$

$$11520 \times s = 15600$$

$$s = \frac{15600}{11520} = 1\frac{17}{48} \text{ कैलोरी/ग्राम}$$ उत्तर

प्रश्न 12. एक कैलोरीमापी में जिसकी ऊष्माधारिता 1 कैलोरी/°C है, 20°C ताप पर 90 ग्राम पानी भरा है। जब इसमें 100°C ताप का 90 ग्राम पारा डाला जाता है तो मिश्रण का ताप 22°C हो जाता है। पारे की विशिष्ट ऊष्मा बताइए।

हल: $W = 1$ कैलोरी°C, $m_1 = 90$ ग्राम, $m_2 = 90$ ग्राम, $t = 22°C$,

$t_1 = 100°C$, $t_2 = 20°C$, $s = ?$

पारे द्वारा दी गई ऊष्मा $Q = m_1 s\Delta t_1$

$= 90 \times s \times (100 - 22)$

$= 90s \times 78$

$= 7020\ s$ कैलोरी

कैलोरीमापी द्वारा ली गई ऊष्मा Q_1 = कैलोरीमापी की ऊष्माधारिता × ताप में कमी

$$= W \cdot \Delta t_2$$
$$= 1 \times (22 - 20)$$
$$= 2 \text{ कैलोरी}$$

पानी द्वारा ली गई ऊष्मा $Q_2 = m_2 s_2 \times \Delta t_2$

$$= 90 \times 1 \times (22 - 20)$$
$$= 90 \times 2$$
$$= 180 \text{ कैलोरी}$$

कुल ली गई ऊष्मा $= Q_1 + Q_2$

$$= 2 + 180$$
$$= 182$$

दी गई ऊष्मा = ली गई ऊष्मा

$$7020s = 182$$

$$s = \frac{182}{7020} = 0.0259 \text{ कैलोरी/ग्राम}^\circ\text{C}$$ उत्तर

प्रश्न 13. 126 जूल कार्य करने पर कितने कैलोरी ऊष्मा पैदा होगी? (ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक = 4.2 जूल/कैलोरी)

हल: $W = 126$ जूल; $J = 4.2$ जूल कैलोरी, $Q = ?$

$$Q = \frac{W}{J}$$
$$= \frac{126}{4.2} = 30 \text{ कैलोरी}$$ उत्तर

प्रश्न 14. 100 कैलारी ऊष्मा द्वारा कितने जूल कार्य किया जा सकता है? (ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक = 4.2 जूल/कैलोरी)

हल: $Q = 100$ कैलोरी, $J = 4.2$ जूल/कैलोरी, $W = ?$

$$W = J \times Q$$
$$= 4.2 \times 100$$
$$= 420 \text{ जूल}$$ उत्तर

प्रश्न 15. 0°C पर 500 ग्राम बर्फ को पूरी तरह पिघलाने के लिए कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी? (बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 80 कैलोरी/ग्राम)

हल: $m = 500$ ग्राम, $L = 80$ कैलोरी/ग्राम, $Q = ?$

$$Q = mL$$
$$= 500 \times 80$$
$$= 40000 \text{ कैलोरी}$$ उत्तर

प्रश्न 16. 100°C ताप के 600 ग्राम जल का वाष्पीकरण करने के लिए आवश्यक ऊष्मा का परिकलन कीजिए। (भाप की गुप्त ऊष्मा 540 कैलोरी/ग्राम)

हल: $m = 600$ ग्राम, $L = 540$ कैलोरी/ग्राम, $Q = ?$

$$Q = mL$$
$$= 600 \times 540$$

$= 324000$

$= 3.24 \times 10^5$ कैलोरी उत्तर

प्रश्न 17. किसी धातु के 10 किग्रा के पिंड को 20°C से 120°C तक गर्म करने के लिए आवश्यक ऊष्मीय ऊर्जा की गणना कीजिए। धातु की विशिष्ट ऊष्मा 400 जूल प्रति किलोग्राम °C है।

हल: $m = 10$ किग्रा, $s = 400$ जूल, $\Delta t = (t_2 - t_1)$

$= (120° - 20°) = 100° \text{ C}$

$Q = m \cdot s \cdot \Delta t$

$= 10 \times 400 \times 100$

$= 4,00,000 = 4 \times 10^5$ जूल उत्तर

प्रश्न 18. 60 ग्राम जल को 30°C से 80°C तक गर्म करने के लिए आवश्यक ऊष्मा की गणना कीजिए। (जल की विशिष्ट ऊष्मा = 1 कैलोरी/ग्राम °C)

हल: $m = 60$ किग्रा, $s = 1$ कैलोरी/ग्राम °C,

$\Delta t = (t_2 - t_1)$

$= (80° - 30°) = 50° \text{ C}$

$Q = m \cdot s \cdot \Delta t$

$= 60 \times 1 \times 50$

$= 3000$ कैलोरी $= 3 \times 10^3$ कैलोरी उत्तर

प्रश्न 19. वायु में उपस्थित वाष्प का 20°C पर वाष्प दाब 20 मिमी है। यदि संतृप्त वाष्प का दाब 35 मिमी हो, तो आपेक्षिक आर्द्रता ज्ञात कीजिए।

हल: वायु में वाष्प दाब = 20 मिमी

संतृप्त वाष्प का दाब = 35 मिमी

$$\text{आपेक्षिक आर्द्रता} = \frac{t°\text{ C पर वायु में उपस्थित जलवाष्प दाब}}{t°\text{ C पर संतृप्त वाष्प दाब}} \times 100$$

$$\text{आपेक्षिक आर्द्रता} = \frac{20}{35} \times 100 = 57.14\%$$ उत्तर

प्रश्न 20. एक गोली लक्ष्य पर 500 मीटर प्रति सेकंड के वेग से टकराती है, टकराने के बाद उसका वेग शून्य हो जाता है परंतु ताप 500°C बढ़ जाता है। *J* का मान ज्ञात कीजिए, जबकि गतिज ऊर्जा का केवल आधा भाग गोली का ताप बढ़ाता है। गोली की विशिष्ट ऊष्मा = 0.03 कैलोरी/ग्राम-°C है।

हल: $v = 500$ मीटर/सेकंड, $s = 0.03$ कैलोरी/ग्राम-°C, $t = 500°$ C

$$J = \frac{\frac{1}{2} mv^2}{mst}$$

$$= \frac{1 \times v^2}{2 \times s \times t} = \frac{500 \times 500}{2 \times 0.03 \times 500} = 8333.33$$

$$= \frac{1}{2} \times 8333.33$$

[∵ गतिज ऊर्जा का आधा भाग ताप बढ़ाता है।]

$$= 4166.66 \text{ जूल/किलोकैलोरी}$$
$$= 4.1666 \times 10^3 \text{ जूल/किलोकैलोरी}$$
$$= 4.17 \times 10^3 \text{ जूल/किलोकैलोरी}$$
$$= 4.17 \times 10^3 \text{ अर्ग/कैलोरी}$$

उत्तर

प्रश्न 21. जल की एक बूँद 100 मीटर की ऊँचाई से पृथ्वी पर गिरती है। यदि बूँद की संपूर्ण ऊर्जा ऊष्मा में परिवर्तित हो जाए, तो अंत में बूँद का ताप कितना बढ़ जाएगा?

($J = 4.18 \times 10^7$ अर्ग/कैलोरी, $g = 980$ सेमी/सेकंड^2)

हल: $J = 4.18 \times 10^7$ अर्ग/कैलोरी, $g = 980$ सेमी, $t = ?$

$h = 100$ मीटर $= 100 \times 100$ सेमी $= 10000$ सेमी

$$J = \frac{mgh}{mst} = \frac{gh}{st}$$

या
$$t = \frac{g \cdot h}{s \cdot J} = \frac{980 \times 10000}{1 \times 4.18 \times 10^7}$$
$$= 0.23^\circ \text{ C}$$

उत्तर

प्रश्न 22. 1000 ग्राम का बर्फ का एक टुकड़ा 100 मीटर की ऊँचाई से गिरता है। पृथ्वी से टकराने पर कितनी बर्फ गल जाएगी? ($J = 4.18 \times 10^7$ अर्ग/कैलोरी, $g = 980$ सेमी/सेकंड^2 तथा बर्फ की गुप्त ऊष्मा = 80 कैलोरी/ग्राम)

हल: $m = 1000$ ग्राम, $h = 100$ मीटर $= 100 \times 100$ सेमी $= 10000$ सेमी

$J = 4.18 \times 10^7$ अर्ग/कैलोरी, $g = 980$ सेमी/सेकंड^2, $L = 80$ कैलोरी/ग्राम

$$Q = mgh$$
$$= 1000 \times 980 \times 10000$$
$$= 9.8 \times 10^9 \text{ कैलोरी}$$
$$J = \frac{W}{H}$$
$$H = \frac{W}{J}$$

या
$$m = \frac{W}{J \cdot L} \quad [\because H = mL]$$

[∵ ऊष्मा ऊर्जा का ही रूप है]

$$m = \frac{9.8 \times 10^9}{4.18 \times 10^7 \times 80} = 2.93 \text{ ग्राम}$$

अतः बर्फ 2.93 ग्राम पिघल जाएगी।

उत्तर

▶ प्रयोगात्मक कार्य

प्रश्न. **किसी गर्म धातु को जल में डालकर धातु की विशिष्ट ऊष्मा का निर्धारण करना तथा जल एवं धातु के परिवर्तित ताप को कैलोरीमीटर (ऊष्मामापी) से मापना।**

उत्तर- विद्यार्थी स्वयं करें।

■■■

12 द्रव्य-अवस्थाएँ व संघटन

▶ दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. द्रव्य किसे कहते हैं? इसकी कितनी भौतिक अवस्थाएँ हैं? इनकी परस्पर तुलना कीजिए।

उत्तर- **द्रव्य-** "द्रव्य वह वस्तु है जो स्थान घेरता है, जिसमें द्रव्यमान तथा भार होता है और जो परिवर्तन का विरोध करता है। द्रव्य का अनुभव ज्ञानेंद्रियों द्वारा किया जा सकता है।" जैसे— गिलास, कुर्सी, दूध, वायु आदि। द्रव्य प्रत्येक वस्तु (ठोस, द्रव व गैस) में विद्यमान होता है।

द्रव्य की अवस्थाएँ- द्रव्य की तीन अवस्थाएँ होती हैं— ठोस, द्रव और गैस।

ठोस- "द्रव्य की वह भौतिक अवस्था, जिसमें आकार एवं आयतन दोनों निश्चित होते हैं, ठोस कहलाती है।" जैसे— लकड़ी, लोहा, पत्थर आदि।

द्रव- "द्रव्य की वह भौतिक अवस्था जिसमें आयतन निश्चित, परंतु आकार अनिश्चित होता है, द्रव कहलाती है।" जैसे— दूध, पानी, पेट्रोल आदि।

गैस- "द्रव्य की वह भौतिक अवस्था जिसमें आकार तथा आयतन दोनों ही अनिश्चित होते हैं, गैस कहलाती है।" जैसे— धुआँ, जलवाष्प, वायु आदि।

ठोस, द्रव तथा गैसों की तुलना

क्र० सं०	गुण	ठोस	द्रव	गैस
1.	आकार	इनका आकार निश्चित होता है।	इनका आकार निश्चित नहीं होता है, परंतु बर्तन के अनुसार यह अपना आकार ग्रहण कर लेता है।	इनका आकार निश्चित नहीं होता है, परंतु बर्तन के अनुसार यह अपना आकार ग्रहण कर लेता है।
2.	आयतन	इनका आयतन निश्चित होता है।	इनका आयतन निश्चित होता है।	इनका आयतन निश्चित नहीं होता है।
3.	बहने का गुण	ये बहते नहीं हैं।	ये ऊपर से नीचे की ओर बहते हैं।	ये प्रत्येक दिशा में बहते हैं।
4.	दाब का प्रभाव	इनको बहुत कम दबाया जा सकता है।	इनको ठोस की अपेक्षा अधिक दबाया जा सकता है।	इनको सबसे अधिक दबाया जा सकता है।
5.	ऊष्मा का प्रभाव	ये गर्म करने पर सबसे कम बढ़ते हैं।	गर्म करने पर ठोस की अपेक्षा अधिक बढ़ते हैं।	ये गर्म करने पर सबसे अधिक फैलती हैं।

6.	कणों में गति	इनके कणों में सबसे कम गति होती है।	ठोस की अपेक्षा अधिक गतिशील होती हैं।	ये बहुत अधिक गतिशील होते हैं।
7.	गलनांक, क्वथनांक तथा क्रांतिक ताप	गलनांक निश्चित होता है।	क्वथनांक निश्चित होता है।	क्रांतिक ताप निश्चित होता है।
8.	अंतराण्विक आकर्षण बल	इनके कणों के बीच प्रबल अन्तराण्विक आकर्षण बल होता है।	इनके कणों के बीच अन्तराण्विक आकर्षण बल ठोसों की अपेक्षा कम होता है।	अन्तराण्विक बल नहीं के बराबर होता है।
9.	हिमांक और घनत्व	इनका हिमांक और घनत्व अधिक होता है।	ठोसों की अपेक्षा कम होता है।	सबसे कम होता है।

प्रश्न 2. द्रव्य के अणुगति सिद्धांत के मुख्य आधारों की व्याख्या कीजिए।

उत्तर– **द्रव्य के अणुगति सिद्धांत के मुख्य आधार**– द्रव्य के अणुगति सिद्धांत के अनुसार मुख्य आधार निम्नलिखित हैं—

(i) द्रव्य अत्यधिक सूक्ष्म कणों से मिलकर बना है, जिन्हें **अणु** कहते हैं। एक ही द्रव्य के सभी अणु सब प्रकार से गुण–धर्मों में समान होते हैं, जबकि विभिन्न द्रव्यों के अणु गुण–धर्मों में भिन्न–भिन्न होते हैं।

(ii) द्रव्य के अणुओं के बीच रिक्त स्थान होता है, जिसे **अंतराअणुक** स्थान कहते हैं।

(iii) अणुओं के बीच परस्पर आकर्षण बल होता है, जिस कारण उनमें स्थितिज ऊर्जा होती है। इस आकर्षण बल को **ससंजक बल या अंतराण्विक बल** कहते हैं। द्रव्य की भौतिक अवस्था बदलने के साथ–साथ अणुओं के बीच आकर्षण बल घटते–बढ़ते रहते हैं।

(iv) द्रव्य के समस्त अणु सदैव गतिशील रहते हैं। अणुओं की गति की चाल अणुओं के द्रव्यमान और ताप पर निर्भर करती है। ताप बढ़ने से चाल में वृद्धि होती है और ताप घटने से चाल कम हो जाती है। इस गति को **आणविक गति** कहते हैं।

(v) अणुओं के द्रव्यमान तथा वेग के कारण उनमें गतिज ऊर्जा होती है। द्रव्य की ऊष्मीय ऊर्जा इसी गतिज ऊर्जा के कारण होती है। ताप बढ़ने पर गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है।

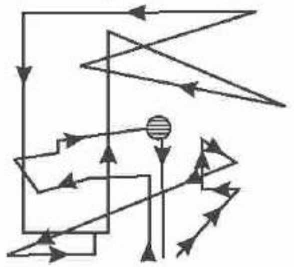
(vi) रासायनिक अभिक्रियाओं के बीच अभिकारक अणुओं के परमाणुओं की आंतरिक व्यवस्था परिवर्तित होने से नए अणु बन जाते हैं, जिनके गुणधर्म मूल अभिकारक अणुओं से भिन्न होते हैं।

(vii) एक ही अणुसूत्र के कई अणु अलग–अलग संरचना के हो सकते हैं। संरचना के परिवर्तन के कारण इन अणुओं के गुणधर्म परस्पर भिन्न होते हैं।

प्रश्न 3. द्रव्य के अणु गतिशील होते हैं, प्रयोग की सहायता से स्पष्ट कीजिए।

उत्तर– द्रव्य के समस्त अणु सदैव गतिशील रहते हैं। अणुओं की गति की चाल अणुओं के द्रव्यमान और ताप पर निर्भर करती है। ताप बढ़ने से चाल में वृद्धि होती है और ताप घटने से चाल कम हो जाती है। इस गति को **आणविक गति** कहते हैं। अणुओं की गतिशीलता निम्नलिखित प्रयोगों से स्पष्ट होती है—

प्रयोग-1- एक वाच ग्लास पर जल की कुछ बूँदें ड्रॉपर से गिराई जाती हैं। इनमें कुछ लाइकोपोडियम चूर्ण मिलाया जाता है। इसे सूक्ष्मदर्शी से देखने पर ज्ञात होता है कि लाइकोपोडियम का प्रत्येक कण तीव्र गति से इधर-उधर भागता दिखाई देता है।



ये कण किसी एक दिशा में चलते-चलते अचानक किसी दूसरी दिशा में जाने लगते हैं। इस प्रकार इनकी गति अव्यवस्थित रहती है। ऐसा लगता है कि जैसे कोई वस्तु कभी एक ओर से कभी दूसरी ओर से धक्का देकर उसका मार्ग बदल देती है। इस घटना का अध्ययन सर्वप्रथम रॉबर्ट ब्राउन ने किया था, इसलिए इस गति को **ब्राउनी गति** कहा जाता है।

प्रयोग-2- काँच के एक लंबे जार की तली में पोटैशियम परमैंगनेट के कुछ क्रिस्टलों को कागज की पुड़िया में बंद रखा जाता है तथा जार में धीरे-धीरे जल भर दिया जाता है। पोटैशियम परमैंगनेट के कुछ क्रिस्टलों के कारण पहले नीचे के जल का रंग गुलाबी होता है और फिर यह रंग ऊपर तक धीरे-धीरे बढ़ता जाता है। इससे स्पष्ट होता है कि द्रव्य के अणु गतिशील होते हैं।

प्रश्न 4. द्रव्य की भौतिक अवस्थाओं की अणुगति सिद्धांत के आधार पर व्याख्या कीजिए।

उत्तर- द्रव्य की तीन भौतिक अवस्थाएँ होती हैं— ठोस, द्रव तथा गैस। अणुगति सिद्धांत के आधार पर इनकी व्याख्या इस प्रकार है—

(i) **द्रव्य की ठोस अवस्था-** द्रव्य की ठोस अवस्था में द्रव्य के अणु एक-दूसरे के बहुत निकट होते हैं अर्थात् इनमें अंतराअणुक स्थान कम होता है। अंतराअणुक स्थान कम होने के कारण इनमें अंतराअणुक आकर्षण बहुत अधिक होता है तथा इनके गति करने की स्वतंत्रता बहुत कम रहती है। इस प्रकार इनकी स्थितिज ऊर्जा बहुत अधिक तथा गतिज ऊर्जा बहुत कम होती है तथा ये अपनी मध्यमान स्थिति के दोनों ओर सीमित स्थान में ही कंपन करते रहते हैं। इस कारण ठोस का आकार तथा आयतन दोनों निश्चित होते हैं।

(ii) **द्रव्य की द्रव अवस्था-** द्रव के अणुओं के बीच अंतराअणुक स्थान ठोस की अपेक्षा अधिक होता है। इस कारण द्रव के अणुओं के मध्य अंतराअणुक आकर्षण कम होता है तथा द्रव के अणुओं को गति करने की स्वतंत्रता अधिक होती है। इस प्रकार द्रव के अणुओं की स्थितिज ऊर्जा कम तथा गतिज ऊर्जा अधिक होती है।

अणुओं की गतिज ऊर्जा अधिक होने के कारण ये परस्पर संघात करते रहते हैं तथा एक-दूसरे के ऊपर फिसलते रहते हैं। अत: यह द्रव के बहने का गुण होता है तथा इनकी कोई निश्चित आकृति नहीं होती है। इस कारण द्रव जिस बर्तन में रखे जाते हैं, उसी का आकार ग्रहण कर लेते हैं।

(iii) **द्रव्य की गैस अवस्था-** गैस के अणुओं के बीच अंतराअणुक स्थान ठोस तथा द्रव की तुलना में बहुत अधिक होता है। इस तथ्य का अनुमान कि गैसों में अंतराअणुक स्थान अधिक होता है, इस उदाहरण से लगाया जा सकता है कि 18 मिली० जल की वाष्पों का आयतन सामान्य ताप तथा दाब पर लगभग 22400 मिली होता है। गैस के अणुओं के मध्य अत्यधिक रिक्त स्थान रहने के कारण उनके मध्य अंतराअणुक आकर्षण बहुत कम होता है तथा उनके अणुओं को गति करने की स्वतंत्रता बहुत अधिक होती है। इस प्रकार गैस के अणुओं की स्थितिज ऊर्जा बहुत कम तथा गतिज ऊर्जा बहुत अधिक होती है तथा वे लगभग पूर्ण-रूपेण स्वतंत्र रहते हैं।

ठोस द्रव गैस

गतिज ऊर्जा अधिक होने के कारण गैस के अणु परस्पर तथा बर्तन की दीवारों से टकराते रहते हैं तथा सभी दिशाओं में अनियमित रूप से तीव्रतापूर्वक गति करते रहते हैं। इस कारण गैसों में भी बहने का गुण पाया जाता है तथा उनकी आकृति निश्चित नहीं होती है। गैस के अणुओं की गतिज ऊर्जा इतनी अधिक होती है कि वे अपना तल छोड़ सकते हैं। अतः गैसों का आयतन भी अनिश्चित होता है।

निष्कर्ष–

अंतराअणुक स्थान–

ठोस < द्रव < गैस

अंतराअणुक आकर्षण (स्थितिज ऊर्जा)–

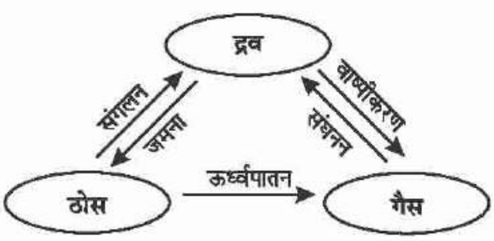
गैस < द्रव < ठोस

अणुओं की गतिज ऊर्जा–

ठोस < द्रव < गैस

प्रश्न 5. द्रव्य के अवस्था परिवर्तन से आप क्या समझते हैं? उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए।

उत्तर– **द्रव्य का अवस्था परिवर्तन–** एक द्रव्य; जैसे– जल, फॉस्फोरस, गंधक आदि तीनों अवस्थाओं में रह सकता है। बर्फ (ठोस), (द्रव) और जलवाष्प (गैस)। एक ही द्रव्य (जल) की भिन्न–भिन्न अवस्थाएँ हो सकती हैं। द्रव्य का अवस्था परिवर्तन अणुओं की गतिज और स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन होने के कारण होता है। ठोस पदार्थ को गरम करने पर उसके अणुओं की गतिज ऊर्जा में वृद्धि होती है। फलतः अणुओं की बंधन ऊर्जा में कमी आ जाती है। अब अणु एक स्थान से दूसरे स्थान तक जाने के लिए अधिक स्वतंत्र हो जाते हैं। इस प्रक्रिया में एक ऐसी अवस्था भी आती है कि जब पूरा ठोस पिघलकर द्रव में परिवर्तित हो जाता है। जिस तापमान पर ठोस पिघलकर द्रव बन जाता है, वह इसका **गलनांक** कहलाता है। द्रव पदार्थ को गर्म करने पर अणुओं की गतिज ऊर्जा में अत्यधिक वृद्धि होती है और अणु अनियमित रूप से एक–दूसरे से दूर–दूर भागने लगते हैं। अणु द्रव की सतह को छोड़कर वायुमंडल में जाने लगते हैं, इस क्रिया को **वाष्पीकरण** कहते हैं। एक निश्चित तापमान पर पहुँचकर कणों में इतनी ऊर्जा आ जाती है कि वे परस्पर आकर्षण बल को तोड़कर स्वतंत्र हो जाते हैं। इस तापमान पर द्रव गैस में बदलना शुरू हो जाता है। वायुमंडलीय दाब पर वह तापमान जिस पर द्रव उबलने लगता है, इसका **क्वथनांक** कहलाता है। ठंडा करने पर इसके विपरीत क्रियाएँ होती हैं, अर्थात् ठंडा करने पर गैस द्रव में तथा द्रव ठोस में परिवर्तित हो जाते हैं। गैस का द्रव में बदलना **संघनन** तथा द्रव का ठोस में बदलना **हिमीकरण** कहलाता है। जिस ताप पर द्रव ठोस में परिणत होता है, वह ताप द्रव का **हिमांक** कहलाता है।



तीनों अवस्थाओं में पदार्थ का अंतरारूपांतरण

जो पदार्थ गर्म किए जाने पर बिना द्रव में बदले सीधे वाष्प बन जाते हैं। ऐसे पदार्थों को **उर्ध्वपातज** और इस गुण को **उर्ध्वपातन** कहते हैं।

प्रश्न 6. मिश्रण तथा यौगिक की परिभाषा देते हुए उनमें प्रमुख अंतर स्पष्ट कीजिए।

उत्तर- **मिश्रण-** "दो या दो से अधिक शुद्ध द्रव्यों को किसी भी अनुपात में मिलाने से जो पदार्थ बनता है, उसे **मिश्रण** कहते हैं।" इसके प्रत्येक भाग के गुणधर्म तथा संघटन समान नहीं होते हैं; जैसे— लोहे का बुरादा तथा रेत का मिश्रण, वायु आदि।

यौगिक- "दो या दो से अधिक तत्वों को एक निश्चित अनुपात में मिलाने से जो पदार्थ बनता है, उसे **यौगिक** कहते हैं।" इसका संघटन निश्चित होता है तथा इसके गुण अवयवी तत्वों के गुणों से भिन्न होते हैं। इसके अणु में दो या दो से अधिक प्रकार के परमाणु होते हैं; जैसे— जल (H_2O), कैल्शियम क्लोराइड ($CaCl_2$) आदि।

मिश्रण तथा यौगिक में अंतर

क्र०सं०	मिश्रण	यौगिक
1.	मिश्रण दो या दो से अधिक शुद्ध द्रव्यों को किसी भी अनुपात में मिलाने से बनता है।	यौगिक दो या दो से अधिक तत्वों को एक निश्चित अनुपात में मिलाने पर बनता है।
2.	इसमें अवयवी द्रव्यों के गुणधर्म विद्यमान रहते हैं।	इसके गुणधर्म तत्वों के गुणधर्मों से भिन्न होते हैं।
3.	इसके अवयवों को भौतिक विधियों द्वारा अलग किया जा सकता है।	इसके अवयवों को भौतिक विधियों द्वारा अलग नहीं किया जा सकता है।
4.	इसके बनने में कोई रासायनिक परिवर्तन नहीं होता।	इसके बनने में रासायनिक परिवर्तन होता है।
5.	यह विषमांग होता है।	यह समांग होता है।
6.	इसके भौतिक स्थिरांक निश्चित नहीं होते हैं।	इसके भौतिक स्थिरांक निश्चित होते हैं।
7.	इसके बनाने में न तो ऊर्जा की आवश्यकता होती है और न ही उसकी उत्पत्ति होती है।	इसके बनाने में ऊर्जा की आवश्यकता होती है और उसकी उत्पत्ति भी होती है।

प्रश्न 7. विलयन क्या है? इसकी विशेषताएँ लिखिए।

उत्तर- **विलयन-** "दो या दो से अधिक पदार्थों का समांग मिश्रण **विलयन** कहलाता है। प्राय: हम एक विलयन को ऐसे तरल पदार्थ के रूप में देखते हैं; जिसमें ठोस, द्रव या गैस मिले हों, लेकिन प्रकृति में इसे ठोस विलयन और गैसीय विलयन भी कहते हैं; जैसे— नींबू-जल, सोडा-जल आदि विलयन के उदाहरण हैं।

किसी विलयन में जो अवयव अपेक्षाकृत अधिक मात्रा में होता है, **विलायक** कहलाता है तथा जो अवयव अल्प मात्रा में होता है, **विलेय** कहलाता है।

विलयन के मुख्य उदाहरण निम्नलिखित हैं–

(i) चीनी और जल का विलयन एक तरल घोल में ठोस का उदाहरण है। इसमें चीनी विलेय है और जल विलायक है।

(ii) वायु, गैस में गैस का विलयन है। यह मुख्यत: दो घटकों ऑक्सीजन (21%) और नाइट्रोजन (78%) का समांगी मिश्रण है।

विशेषताएँ- विलयन की प्रमुख विशेषताएँ निम्नलिखित हैं–

(i) विलयन एक समांगी मिश्रण होता है।

(ii) विलयन में विलायक कणों का आकार अत्यंत सूक्ष्म होता है। इसका व्यास 10^{-10} मीटर होता है।

(iii) विलयन के कणों को सूक्ष्मदर्शी से भी नहीं देखा जा सकता है।

(iv) विलयन के कण अत्यधिक स्थायी होते हैं। स्थिर रखने पर विलेय के कण पृथक् नहीं होते हैं।

(v) वास्तविक विलयन प्रकाश–पुंज का प्रकीर्णन नहीं कर सकता है।

(vi) विलयन में से विलेय के कणों को छानकर पृथक् नहीं किया जा सकता है।

प्रश्न 8. तत्वों का वर्गीकरण कीजिए।

उत्तर- **तत्वों का वर्गीकरण-** तत्वों को धातु, अधातु एवं उपधातु में वर्गीकृत किया जाता है।

(i) **धातु-** समस्त धातुएँ साधारण ताप पर (पारे को छोड़कर) ठोस अवस्था में होती है। ये प्राय: ऊष्मा तथा विद्युत की सुचालक, आघातवर्ध्य तथा तन्य होती हैं। इनमें धात्विक चमक होती है।

उदाहरण- कॉपर, आयरन, सिल्वर आदि। जब दो या दो से अधिक धातुएँ मिश्रित की जाती हैं तो प्राप्त पदार्थ को **मिश्रधातु** कहते हैं।

आधुनिक मतानुसार धातु वे तत्व कहलाते हैं जो सामान्य अभिक्रियाओं में अपने परमाणुओं से एक या अधिक इलेक्ट्रॉन त्यागते हैं; जैसे–

$$\underset{\text{सोडियम परमाणु}}{Na} \longrightarrow \underset{\text{सोडियम आयन}}{Na^+} + \underset{\text{इलेक्ट्रॉन}}{e^-}$$

(ii) **अधातु-** ये तत्व ठोस, द्रव तथा गैस तीनों अवस्थाओं में पाए जाते हैं। ये ऊष्मा तथा विद्युत के कुचालक होते हैं। इनमें (आयोडीन और ग्रेफाइट को छोड़कर) कोई विशेष चमक नहीं होती। **उदाहरण-** गंधक, कार्बन, नाइट्रोजन, आयोडीन आदि।

आधुनिक मतानुसार अधातु वे तत्व कहलाते हैं जो सामान्य अभिक्रियाओं में इलेक्ट्रॉन ग्रहण करते हैं; जैसे–

$$\underset{\text{क्लोरीन परमाणु}}{Cl} + \underset{\text{इलेक्ट्रॉन}}{e^-} \longrightarrow \underset{\text{क्लोराइड आयन}}{Cl^-}$$

(iii) **उपधातु-** वे तत्व जिनमें धातु–अधातु दोनों के ही रासायनिक गुण–धर्म पाए जाते हैं, **उपधातु** कहलाते हैं। आधुनिक मतानुसार वे तत्व जो भिन्न–भिन्न रासायनिक क्रियाओं में इलेक्ट्रॉन ग्रहण भी करें और त्याग भी करें, **उपधातु** कहलाते हैं। **उदाहरण-** आर्सेनिक, ऐन्टिमनी आदि।

प्रश्न 9. निम्नलिखित की उदाहरण सहित व्याख्या कीजिए।

(a) संतृप्त विलयन, (b) शुद्ध पदार्थ, (c) कोलॉइड, (d) निलंबन

उत्तर- (a) **संतृप्त विलयन-** दिये गए निश्चित तापमान पर यदि विलयन में विलेय पदार्थ नहीं घुलता है तो उसे **संतृप्त विलयन** कहते हैं।

उदाहरण- नमक तथा जल का मिश्रण।

(b) **शुद्ध पदार्थ-** शुद्ध पदार्थ द्रव्यों का एक निश्चित संघटन होता है तथा जिनके गुण–धर्म समान होते हैं।

उदाहरण- लोहा, चीनी आदि।

(c) **कोलॉइड-** निलंबन की अपेक्षा कोलॉइडी कणों का आकार छोटा होने के कारण ये विलयन आँखों से तो समांग दिखाई पड़ते हैं, परंतु अति सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखने पर ये विषमांग दिखाई देते हैं।

उदाहरण- दूध।

(d) **निलंबन-** विषमांग घोल जो ठोस द्रव में परिक्षेपित हो जाता है, **निलंबन** कहलाता है। निलंबन एक विषमांगी मिश्रण है, जिसमें विलेय पदार्थ के कण घुलते नहीं हैं, बल्कि माध्यम की समष्टि में निलंबित रहते हैं। ये निलंबित कण आँखों से देखे जा सकते हैं; जैसे— मटमैला-पानी, पेंट विभिन्न द्रवों में रंगीन पदार्थों का निलंबन है।

प्रश्न 10. निम्नलिखित को तत्व, यौगिक तथा मिश्रण में वर्गीकृत कीजिए।

(a) सोडियम, (b) मिट्टी, (c) चीनी का घोल,
(d) चाँदी, (e) कैल्शियम कार्बोनेट, (f) टिन,
(g) सिलिकॉन, (h) कोयला, (i) वायु,
(j) साबुन, (k) मेथेन, (l) कार्बन-डाइ-ऑक्साइड
(m) रक्त

उत्तर- **तत्व-** सोडियम, चाँदी, टिन, सिलिकॉन

यौगिक- कैल्शियम कार्बोनेट, साबुन, कार्बन–डाइ–ऑक्साइड, मेथेन

मिश्रण- मिट्टी, चीनी का घोल, वायु, रक्त, कोयला

प्रश्न 11. कोलॉइडी विलयनों के प्रमुख गुण लिखिए।

उत्तर- कोलॉइडी विलयनों के प्रमुख गुण निम्नलिखित हैं—

(i) **आकार-** कोलॉइडी विलयनों में विलेय के कणों का आकार 10^{-4} से 10^{-7} सेमी के बीच होता है।

(ii) **रंग-** इनका रंग कोलॉइडी विलयन में उपस्थित विलेय के कणों द्वारा प्रकीर्णित प्रकाश की तरंग दैर्घ्य पर निर्भर करता है तथा प्राय: विलेय की मूल अवस्था के रंग से भिन्न होता है।

(iii) **विषमांगी प्रकृति-** ये विषमांग होते हैं तथा इनमें दो प्रावस्थाएँ होती हैं। इनमें एक प्रावस्था सतत होती है, जिसे **परिक्षेपण माध्यम** कहते हैं तथा दूसरी प्रावस्था को परिक्षिप्त प्रावस्था कहते हैं।

(iv) **दृश्यनीयता-** कोलॉइडी विलयन में परिक्षिप्त प्रावस्था के कणों को नग्न आँखों या साधारण सूक्ष्मदर्शी की सहायता से नहीं देखा जा सकता है।

(v) **फिल्टरनीयता-** साधारण फिल्टर पेपर के छिद्र कोलॉइडी कणों के आकार से बड़े होते हैं। अत: कोलॉइडी विलयन को साधारण फिल्टर पेपर में से छानने पर संपूर्ण विलयन फिल्टर पेपर के दूसरी ओर चला जाता है।

(vi) **सतही क्षेत्रफल-** कोलॉइडी विलयन में उपस्थित कोलॉइडी कणों का कुल सतही क्षेत्रफल बहुत अधिक होता है, जिसके कारण कोलॉइडी विलयन उत्तम अधिशोषक की भाँति कार्य करते हैं तथा प्रभावशाली उत्प्रेरक के रूप में प्रयुक्त होते हैं।

(vii) **टिंडल प्रभाव–** जब प्रकाश के किरण–पुंज को अंधेरे कमरे में वास्तविक विलयन में से गुजारते हैं तो विलयन में किरणों का पथ दिखाई नहीं देता है। जब प्रकाश के किरण–पुंज को अंधेरे कमरे में कोलॉइडी विलयन में से गुजारते हैं, तो विलयन में प्रकाश का पथ स्पष्ट दिखाई देता है। इस प्रकाशीय प्रभाव को टिंडल प्रभाव कहते हैं।

▶ लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. द्रव्य की परिभाषा लिखिए।

उत्तर– **द्रव्य–** संसार में असंख्य वस्तुएँ हैं जिनका अनुभव हमें ज्ञानेंद्रियों द्वारा होता है। अपने चारों ओर हम विभिन्न वस्तुएँ; जैसे— लोहा, पत्थर, लकड़ी, पानी, कुर्सी, मिट्टी आदि को देखते हैं। कुछ वस्तुएँ ऐसी भी हैं, जिन्हें हम अनुभव कर सकते हैं, छू नहीं सकते। जैसे— वायु को हम देख या छू नहीं सकते, किंतु जब वह चलती है तो हम उसका अनुभव कर सकते हैं। ये सब वस्तुएँ जिन्हें हम देखते या अनुभव करते हैं, स्थान घेरती हैं तथा द्रव्यमान रखती हैं। इस प्रकार की सभी वस्तुओं को **द्रव्य** या **पदार्थ** कहते हैं।

अत: द्रव्य या पदार्थ वह वस्तु है, जिनमें कुछ आयतन और द्रव्यमान होता है।

प्रश्न 2. परमाणु सिद्धांत पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

उत्तर– **परमाणु सिद्धांत :** द्रव्य अर्थात् पदार्थ अति सूक्ष्म अविभाज्य कणों से बना है। ये सूक्ष्म कण परमाणु हैं, जिनके प्रतिस्थापन या संयोग से नए पदार्थ बनते हैं। द्रव्य की रचना के इस अनुमान को **परमाणु सिद्धांत** कहा जाता है।

प्राचीन काल में भारतीय दार्शनिक महर्षि कणाद (800 ई०पू०) ने बताया कि द्रव्य अति सूक्ष्म अविभाज्य कणों से बना है। ये सूक्ष्म कण परस्पर मिलकर कई बड़े कण द्विअणुक तथा त्रिअणुक बनाते हैं।

बाद में वैज्ञानिकों ने बताया कि ये सूक्ष्म कण परमाणु हैं, जिनके संयोग अथवा प्रतिस्थापन से नए पदार्थ बनते हैं।

प्रश्न 3. द्रव्यमान तथा भार को स्पष्ट कीजिए।

उत्तर– **द्रव्यमान–** किसी वस्तु में विद्यमान द्रव्य के संपूर्ण परिमाण को उस वस्तु का **द्रव्यमान** कहते हैं। द्रव्यमान को **संहति** या **मात्रा** भी कहते हैं। इसका मान सभी स्थानों पर निश्चित रहता है।

भार– जिस बल से पृथ्वी किसी वस्तु को अपनी ओर आकर्षित करती है, वह उसका भार कहलाता है। इसका मान पृथ्वी के विभिन्न स्थानों पर भिन्न होता है।

प्रश्न 4. अणुगति सिद्धांत के आधार पर समझाइए कि ठोस का आकार और आयतन निश्चित क्यों रहता है?

उत्तर– अणुगति सिद्धांत के आधार पर द्रव्य की ठोस अवस्था में द्रव्य के अणु एक–दूसरे के बहुत निकट होते हैं अर्थात् इनमें अंतराअणुक स्थान कम होता है। अंतराअणुक स्थान कम होने के कारण इनमें अंतराअणुक आकर्षण बहुत अधिक होता है तथा इनकी गति करने की स्वतंत्रता बहुत कम रहती है। इस प्रकार इनकी स्थितिज ऊर्जा बहुत अधिक तथा गतिज ऊर्जा बहुत कम होती है तथा ये अपनी मध्यमान स्थिति के दोनों ओर सीमित स्थान में ही कंपन करते रहते हैं। इस कारण ठोस का आकार तथा आयतन निश्चित रहते हैं।

प्रश्न 5. ऊर्ध्वपातन किसे कहते हैं? इसका एक उदाहरण दीजिए।

उत्तर- **ऊर्ध्वपातन-** जो तत्व या पदार्थ गर्म किए जाने पर ठोस अवस्था से सीधे वाष्प या गैस अवस्था में आ जाते हैं व द्रवित नहीं होते हैं, **ऊर्ध्वपातज** कहलाते हैं तथा उनके इस गुण को **ऊर्ध्वपातन** कहते हैं। ये सीधे वाष्प में बदल जाते हैं, क्योंकि गरम किए जाने पर इनकी गतिज ऊर्जा में इतनी अधिक वृद्धि होती है कि इनके अणु स्वतंत्र होकर बहुत दूर-दूर चले जाते हैं और वाष्प बन जाते हैं।

उदाहरण- नौसादर, कपूर, आयोडीन आदि।

प्रश्न 6. किसी भी पदार्थ की अवस्था परिवर्तन के दौरान तापमान स्थिर क्यों रहता है?

उत्तर- किसी भी पदार्थ की अवस्था परिवर्तन के दौरान दी गई ऊष्मा पदार्थ के अणुओं के मध्य आकर्षण बल के विरुद्ध कार्य करने में प्रयुक्त होती है। इसलिए ताप स्थिर रहता है।

प्रश्न 7. वाष्पीकरण व संघनन को स्पष्ट कीजिए।

उत्तर- **वाष्पीकरण-** पदार्थ के कण सदैव गतिशील होते हैं। एक निश्चित तापमान पर गैस, द्रव या ठोस के कणों में विभिन्न मात्रा में अत्यधिक गतिज ऊर्जा होती है। द्रवों में सतह पर स्थित कणों के कुछ अंशों में इतनी गतिज ऊर्जा होती है कि वे दूसरे कणों के आकर्षण बल से मुक्त हो जाते हैं और वाष्प के रूप में द्रव की सतह से अलग हो जाते हैं। क्वथनांक से कम ताप पर ही द्रव के वाष्प में परिवर्तित होने की इस प्रक्रिया को **वाष्पीकरण** कहते हैं।

संघनन- ठंडा करने पर गैस द्रव में परिवर्तित होती है और द्रव ठोस में परिवर्तित हो जाता है। निश्चित ताप के घटने तथा वायुमंडलीय दाब के बढ़ने से गतिज ऊर्जा कम तथा स्थितिज ऊर्जा बढ़ने लगती है। जिस कारण अणु एक-दूसरे के निकट आ जाते हैं। गैस का द्रव में बदलना **संघनन** कहलाता है।

प्रश्न 8. ब्राउनी गति से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **ब्राउनी गति-** द्रव्य के समस्त अणु सदैव गतिशील रहते हैं। अणुओं की गति की चाल अणुओं के द्रव्यमान और ताप पर निर्भर करती है। ताप बढ़ने से चाल में वृद्धि होती है और ताप घटने से चाल कम हो जाती है। इस गति को **आणविक गति** भी कहते हैं। अणुओं की गति अनियमित होती है। इस घटना का अध्ययन सर्वप्रथम रॉबर्ट ब्राउन ने किया था, इसलिए इस गति को **ब्राउनी गति** कहा जाता है।

प्रश्न 9. अणुगति सिद्धांत के आधार पर बताइए कि गैसों का आकार एवं आयतन निश्चित क्यों नहीं रहता है?

उत्तर- गैसों में स्थित स्थितिज ऊर्जा संपूर्ण रूप से गतिज ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। जिस कारण अणुओं के बीच आकर्षण बल नगण्य हो जाता हैं, जिससे अणु एक-दूसरे से बहुत दूर-दूर भागते हैं। इसलिए गैस का कोई आकार नहीं होता है। ये जिस पात्र में भरते हैं, उसी का आकार ग्रहण कर लेती हैं। गतिज ऊर्जा अधिक होने के कारण अणु अपना तल छोड़ सकते हैं। अत: गैसों का आयतन भी निश्चित नहीं होता है।

प्रश्न 10. तत्व की आधुनिक परिभाषा उदाहरण सहित दीजिए।

उत्तर- **तत्व-** तत्व वे द्रव्य हैं, जिनके प्रत्येक परमाणु के नाभिक पर विद्युत आवेश की मात्रा समान होती है। नाभिक के आवेश की मात्रा को धनात्मक मूल कणों अथवा प्रोटॉनों की संख्या से व्यक्त किया जाता है। इस संख्या को परमाणु क्रमांक कहते हैं।

उदाहरण- लोहा, सोना, चाँदी, गन्धक, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, आर्सेनिक आदि।

प्रश्न 11. वाष्पन तथा क्वथन में अंतर लिखिए।

उत्तर– **वाष्पन तथा क्वथन में अंतर–**

क्र०सं०	वाष्पन	क्वथन
1.	वाष्पन की क्रिया प्रत्येक ताप पर होती है।	क्वथन की क्रिया एक निश्चित ताप पर होती है।
2.	वाष्पन की क्रिया में केवल द्रव की सतह पर उपस्थित अणु गैसीय व्यवस्था में पृथक् होते हैं।	क्वथन की क्रिया में द्रव के प्रत्येक भाग में उपस्थित अणु गैसीय अवस्था में पृथक् होते हैं।
3.	यह क्रिया धीरे–धीरे होती है।	यह क्रिया तेजी से होती है।
4.	यह क्रिया वायु के प्रवाह की गति तथा वायु की आर्द्रता से प्रभावित होती है।	यह क्रिया वायु के प्रवाह की गति तथा वायु की आर्द्रता से प्रवाहित नहीं होती है।

प्रश्न 12. तत्व तथा यौगिक में अंतर लिखिए।

उत्तर– **तत्व तथा यौगिक में अंतर–**

क्र०सं०	तत्व	यौगिक
1.	तत्व एक ही प्रकार के परमाणुओं से मिलकर बनता है।	यौगिक के अणु दो या दो से अधिक परमाणुओं से मिलकर बने होते हैं।
2.	तत्व के गुण–धर्म उनके सूक्ष्मतम कण, परमाणु के कारण होते हैं।	यौगिक के गुण–धर्म उसके सूक्ष्मतम कण, अणु के कारण होते हैं तथा ये अवयवी तत्वों के गुणों से सर्वथा भिन्न होते हैं।
3.	तत्व को भौतिक व रासायनिक विधियों द्वारा नए सरल पदार्थों में विघटित नहीं किया जा सकता है, केवल नाभिकीय क्रियाओं द्वारा एक तत्व को दूसरे तत्व में परिवर्तित किया जा सकता है।	यौगिक को वैद्युत अपघटन अथवा अन्य रासायनिक विधियों द्वारा अवयवी सरल पदार्थों में विघटित किया जा सकता है। भौतिक विधियों द्वारा यौगिक को अवयवी तत्वों में विघटित नहीं किया जा सकता है।
4.	कुछ तत्व परमाणुओं के रूप में जबकि कुछ अणुओं के रूप में पाए जाते हैं।	यौगिक अणुओं के रूप में पाए जाते हैं।

प्रश्न 13. समांगी द्रव्य तथा विषमांगी द्रव्य क्या है?

उत्तर– **समांगी द्रव्य–** "वे द्रव्य जिनके प्रत्येक भाग का संघटन तथा गुणधर्म समान होते हैं, समांगी द्रव्य कहलाते हैं।" जैसे— लोहा, चाँदी, ताँबा, वायु, जल, दूध आदि।

विषमांगी द्रव्य– "वे द्रव्य जिनके प्रत्येक भाग के संघटन तथा गुणधर्म समान नहीं होते तथा जो दो या दो से अधिक समांगी द्रव्यों को किसी अनुपात में मिलाने से प्राप्त होते हैं, विषमांगी द्रव्य कहलाते हैं।" जैसे— मिट्टी, पीतल, बारूद, काष्ठ आदि।

प्रश्न 14. धातुओं तथा अधातुओं की उदाहरण सहित व्याख्या कीजिए।

उत्तर– **धातु–** समस्त धातुएँ साधारण ताप पर (पारे के अतिरिक्त) ठोस अवस्था में होती हैं। ये प्राय: ऊष्मा तथा विद्युत की सुचालक, आघातवर्ध्य तथा तन्य होती हैं। इनमें धात्विक

चमक होती है। आधुनिक मतानुसार, धातु वे तत्व कहलाते हैं जो सामान्य अभिक्रियाओं में अपने परमाणुओं से एक या अधिक इलेक्ट्रॉन त्यागते हैं। जैसे—

$$\underset{\text{मैग्नीशियम परमाणु}}{Mg} \longrightarrow \underset{\text{मैग्नीशियम आयन}}{Mg^{++}} + \underset{\text{इलेक्ट्रॉन}}{2e^-}$$

उदाहरण- कॉपर, आयरन, सिल्वर आदि।

अधातु- ये तत्व ठोस, द्रव तथा गैस तीनों अवस्थाओं में पाए जाते हैं। ये ऊष्मा तथा विद्युत के कुचालक होते हैं। इनमें (आयोडीन एवं ग्रेफाइट को छोड़कर) कोई विशेष चमक नहीं होती। आधुनिक मतानुसार अधातु वे तत्व कहलाते हैं, जो सामान्य अभिक्रियाओं में इलेक्ट्रॉन ग्रहण करते हैं। जैसे—

$$\underset{\text{क्लोरीन परमाणु}}{Cl} + \underset{\text{इलेक्ट्रॉन}}{e^-} \longrightarrow \underset{\text{क्लोराइड आयन}}{Cl^-}$$

उदाहरण- ब्रोमीन, हाइड्रोजन, गंधक, कार्बन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन आदि।

प्रश्न 15. यौगिक की प्रमुख विशेषताएँ बताइए।

उत्तर- **यौगिक की प्रमुख विशेषताएँ-** यौगिक की विशेषताएँ निम्नलिखित हैं—

(i) प्रत्येक यौगिक तत्वों के निश्चित अनुपात में संयोग के फलस्वरूप बनता है।

(ii) प्रत्येक यौगिक समांग होता है।

(iii) यौगिक बनने में प्राय: प्रकाश, ऊष्मा, विद्युत आदि अवशोषित या उत्पन्न होते हैं।

(iv) यौगिक के गुण-धर्म अपने मूल तत्वों के गुण-धर्मों से सर्वथा भिन्न होते हैं।

(v) यौगिक को अपने अवयवों में साधारण भौतिक रीतियों द्वारा विभाजित नहीं किया जा सकता।

(vi) यौगिक का निश्चित गलनांक व क्वथनांक होता है।

प्रश्न 16. मिश्रण की विशेषताओं का उल्लेख कीजिए।

उत्तर- (i) **विषमांगता-** प्राय: मिश्रण विषमांग होते हैं; जैसे— गंधक और लोहे के बुरादे के मिश्रण में गंधक के पीले तथा लोहे के काले कण अलग-अलग दिखाई देते हैं।

(ii) **अनिश्चित अनुपात-** मिश्रण के अवयवी पदार्थ अनिश्चित अनुपात में होते हैं अर्थात् इनका संघटन अनिश्चित होता है; जैसे— लोहे के बुरादे तथा गंधक को किसी भी अनुपात में मिलाने पर मिश्रण प्राप्त होता है।

(iii) **विशिष्ट गुणों का अभाव-** मिश्रण का कोई विशिष्ट गुण नहीं होता है। मिश्रण में मिले अवयवों के गुण ही इसके गुण माने जाते हैं, जैसे— लोहे तथा गंधक के मिश्रण में तनु गंधक का अम्ल मिलाने पर हाइड्रोजन गैस निकलती है। यह लोहे का गुण है।

(iv) **पृथक्करण-** मिश्रण के अवयवों को भौतिक विधियों द्वारा अलग-अलग किया जा सकता है। जैसे— लोहे का बुरादा तथा गंधक के मिश्रण में कार्बन-डाइसल्फाइड मिलाने पर गंधक घुल जाता है। मिश्रण में लोहा केवल अविलेय बचता है।

(v) **ऊर्जा परिवर्तन-** सामान्यत: मिश्रण बनाने में कोई ऊर्जा परिवर्तन नहीं होता है।

(vi) **रासायनिक बंधन-** मिश्रण में उपस्थित अवयव कोई नया रासायनिक बंध स्थापित नहीं करते; अत: इनमें नए अणु नहीं बनते हैं।

प्रश्न 17. समांग तथा विषमांग मिश्रण पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

उत्तर- **समांग मिश्रण-** "जिस मिश्रण के प्रत्येक भाग को संघटन और गुण-धर्म समान होता है, उसे **समांगी मिश्रण** कहते हैं।" इसमें उपस्थित अवयवों की सीमाएँ पृथक् रूप से नहीं देखी जा सकती हैं; जैसे— मिश्रधातु, नमक या चीनी का जलीय विलयन, पेट्रोलियम, वायु आदि।

विषमांगी मिश्रण– "जिस मिश्रण के प्रत्येक भाग की रचना और गुणधर्म समान नहीं होते हैं, उसे **विषमांगी मिश्रण** कहते हैं।" इसमें उपस्थित अवयवों की सीमाएँ पृथक् रूप से देखी जा सकती हैं; जैसे– लोहे का बुरादा तथा रेत गंधक का मिश्रण, तेल अथवा पेट्रोल का जलीय मिश्रण, साबुन के झाग आदि।

प्रश्न 18. टिंडल प्रभाव क्या है? समझाइए।

उत्तर– **टिंडल प्रभाव–** जब प्रकाश के किरण-पुंज को अँधेरे कमरे में वास्तविक विलयन में से गुजारते हैं तो विलयन में किरणों का पथ दिखाई नहीं देता है। जब प्रकाश के किरण-पुंज को अँधेरे कमरे में कोलॉइडी विलयन में से गुजारते हैं, तो विलयन में प्रकाश का पथ स्पष्ट दिखाई देता है। इस प्रकाशीय प्रभाव को टिंडल प्रभाव कहते हैं।

जब सूर्य की किरणें किसी अँधेरे कमरे में किसी छिद्र में से होकर आती हैं तो किरणों के पथ में उपस्थित धूल के कणों का दिखाई देना, टिंडल प्रभाव का उदाहरण है।

प्रश्न 19. स्कंदन से आप क्या समझते हैं?

उत्तर– **स्कंदन–** कोलॉइडी विलयनों में कोलॉइडी कण प्राय: धन या ऋण-आवेश युक्त होते हैं। अत: कोलॉइडी विलयन में किसी विद्युत-अपघट्य की अल्प मात्रा मिलाने पर विद्युत-अपघट्य के आयनों द्वारा कोलॉइडी विलयन के कणों का आवेश उदासीन हो जाता है। जिससे वे एक-दूसरे से मिलकर बड़े कण बनाते हैं तथा अवक्षेपित हो जाते हैं। कोलॉइडी विलयन में से कोलॉइडी कणों के अवक्षेपण की क्रिया को स्कंदन या ऊर्णन कहते हैं।

प्रश्न 20. कोलॉइड हमारे दैनिक जीवन में क्या महत्व रखते हैं?

उत्तर– **हमारे दैनिक जीवन में कोलॉइड का महत्व–**

(i) कुछ खाद्य पदार्थ कोलॉइडी रूप में सुलभता से पच जाते हैं; जैसे– दूध, अंडे, जैली, पनीर आदि।

(ii) कुछ उद्योगों में कोलॉइडी उत्प्रेरक के रूप में काम करते हैं।

(iii) कुछ कोलॉइडी औषधियों के रूप में प्रयोग किए जाते हैं।

(iv) धुएँ में से कोयले के छोटे-छोटे कणों को दूर करने में।

(v) कुछ अशुद्धियाँ जल में कोलॉइडी विलयन के रूप में रहती हैं। इन्हें दूर करने के लिए फिटकरी का प्रयोग किया जाता है।

(vi) कोलॉइडी विलयनों के सिद्धांत के आधार पर कपड़ों को साफ भी किया जाता है।

(vii) प्रकृति में कोलॉइडी विलयन के अनेक अनुप्रयोग हैं; जैसे– बादल, आकाश द्वारा नीले रंग का प्रकीर्णन, डेल्टा का निर्माण, रुधिर आदि।

▶ अति लघु उत्तरीय प्रश्न

(इनके लिए अपनी पाठ्य-पुस्तक की पृष्ठ संख्या 180 देखें।)

▶ प्रयोगात्मक कार्य

प्रश्न 1. साधारण नमक, चीनी एवं फिटकरी का जल में अलग-अलग वास्तविक विलयन तैयार करना।

उत्तर– विद्यार्थी स्वयं करें।

प्रश्न 2. मिट्टी, चॉक पाउडर तथा बारीक रेत के निलंबन तैयार करना।

उत्तर– विद्यार्थी स्वयं करें।

▣▣▣

13 परमाणु संरचना एवं रेडियोधर्मिता

▶ दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. डाल्टन के आधुनिक परमाणुवाद पर एक विस्तृत लेख लिखिए।

उत्तर- **डाल्टन का आधुनिक परमाणुवाद-**

(i) तत्व अनेक सूक्ष्मतम कणों से मिलकर बना होता है, जिन्हें परमाणु कहते हैं।

(ii) परमाणु अविभाज्य है अर्थात् परमाणु को किसी भी रीति से अन्य सूक्ष्म कणों में विभाजित नहीं किया जा सकता है।

(iii) परमाणु न तो नष्ट किए जा सकते हैं और न ही उत्पन्न किए जा सकते हैं।

(iv) एक ही तत्व के परमाणु आकार, द्रव्यमान तथा अन्य सभी गुणों में एक-दूसरे से सर्व-समान होते हैं।

(v) विभिन्न तत्वों के परमाणु आकार, द्रव्यमान तथा अन्य सभी गुणें में एक-दूसरे से भिन्न होते हैं।

(vi) दो या दो से अधिक तत्त्वों के दो या दो से अधिक परमाणु सरल गुणित अनुपात (1 : 1 , 1 : 2 या 1 : 3 या 2 : 1 आदि) में रासायनिक संयोग करके यौगिक परमाणु बनाते हैं।

डाल्टन के परमाणुवाद के आधार पर, परमाणु तत्व का वह छोटे से छोटा अविभाज्य कण है, जो किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में भाग ले सकता है।

आधुनिक परमाणुवाद- उन्नीसवी शताब्दी के अंत तथा बीसवीं शताब्दी के प्रारंभ तक थॉमसन, रदरफोर्ड, चैडविक आदि वैज्ञानिकों के प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध हो गया है कि परमाणु तत्व का अविभाज्य सूक्ष्मतम कण नहीं है, बल्कि परमाणु इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन आदि अति सूक्ष्म कणों से मिलकर बना है।

(i) परमाणु अविभाज्य नहीं है बल्कि इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन आदि मूल कणों से बना है और उसमें विभाजित भी हो सकता है।

(ii) एक ही तत्व के परमाणु भिन्न-भिन्न द्रव्यमानों के भी हो सकते हैं। ऐसे परमाणुओं को **समस्थानिक** कहा जाता है। हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक **प्रोटियम, ड्यूटीरियम** तथा **ट्राइटियम** हैं, जिनके परमाणु भार क्रमश: 1, 2 और 3 होते हैं।

(iii) भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणुओं के परमाणु भार समान भी हो सकते हैं। ऐसे परमाणु **समभारिक** कहलाते हैं।

(iv) तत्वों के परमाणु संयुक्त होकर अणु बनाते हैं न कि यौगिक परमाणु।

(v) रासायनिक अभिक्रिया परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों के आदान-प्रदान द्वारा ही होती है।

अत: **परमाणुओं की आधुनिक परिभाषा-** "परमाणु, तत्व का वह छोटे से छोटा कण है जो किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में भाग ले सकता है, परंतु स्वतंत्र अवस्था में नहीं रह सकता है।"

प्रश्न 2. थॉमसन का परमाणु मॉडल क्या है? रदरफोर्ड के α- कणों के प्रकीर्णन के प्रयोग को लिखिए।

उत्तर- **थॉमसन का परमाणु मॉडल-** जे०जे० थामसन ने 1904 में परमाणु का प्रथम मॉडल प्रस्तुत किया। इसे थॉमसन का **तरबूज मॉडल** भी कहते हैं। इसके अनुसार परमाणु इलेक्ट्रॉनों तथा धन आवेशित द्रव्य से मिलकर बना है। परमाणु गोलाकार, अति सूक्ष्म तथा विद्युत-उदासीन कण है। परमाणु में धन आवेशित द्रव्य समान रूप से फैला हुआ है तथा इलेक्ट्रॉन धन आवेशित द्रव्य में इस प्रकार धँसे हुए हैं, जैसे तरबूज में बीज धँसे रहते हैं। रदरफोर्ड के α- कणों के प्रकीर्णन के प्रयोग के बाद यह सिद्ध हो गया कि थॉमसन का यह मॉडल दोषपूर्ण है।

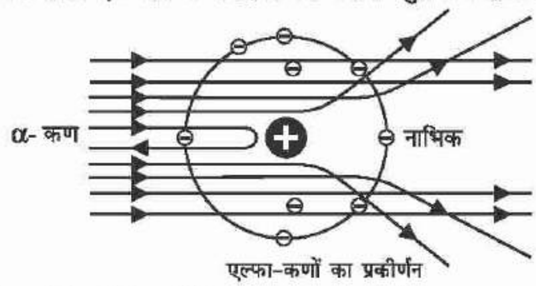
रदरफोर्ड का α- कण का प्रकीर्णन- अरनेस्ट रदरफोर्ड ने सन् 1911 में सोना, चाँदी आदि धातुओं की पतली चादर (लगभग 4×10^{-5} सेमी) पर α – कणों की बमबारी के प्रयोग किए।

प्रयोगों में यह पाया गया है कि अधिकांश α – कणों के मार्ग में धातु की पन्नी में से निकलते समय कोई विचलन नहीं होता है। कुछ α – कण धातु की चादर में से निकलते समय अपने मार्ग से विचलित हो जाते हैं। लगभग 20,000 α – कणों में से केवल एक α कण 90° या उससे अधिक के कोण से विचलित होता है। रदरफोर्ड ने धातु की पतली चादर द्वारा α –कणों के प्रकीर्णन के प्रयोगों से निम्नलिखित निष्कर्ष निकाले—

(i) अधिकांश α – कणों के मार्ग में धातु की पन्नी में से निकलते समय कोई विचलन नहीं होता है अत: परमाणु में अधिकांश स्थान रिक्त होता है।

(ii) कुछ α – कण धातु की पन्नी से प्रतिकर्षित होकर वापस लौट आते हैं। अत: इससे सिद्ध होता है कि परमाणु में कुछ धनावेशित एवं भारी कण होते हैं।

(iii) ऐसे कणों की संख्या, जिनके मार्ग में विचलन हो जाता है, बहुत कम है। अत: धनावेशित एवं भारी कणों द्वारा घेरा स्थान बहुत कम होता है।



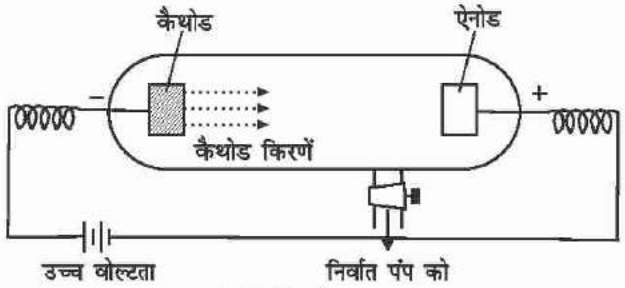
एल्फा-कणों का प्रकीर्णन

उपर्युक्त प्रयोगों एवं निष्कर्षों के आधार पर रदरफोर्ड ने यह सुझाव दिया कि परमाणु का लगभग समस्त भार तथा कुल धनावेश उसके केंद्र में एक सूक्ष्म आयतन में स्थित होता है। परमाणु के इस भाग को उसका केंद्रक या नाभिक कहते हैं।

प्रश्न 3. कैथोड किरणों का उनके गुणों के साथ सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर- **कैथोड किरणें-** कई भौतिक वैज्ञानिकों ने गैसों में विद्युत चालन के संबंध में प्रयोग किए, जिनमें जे० जे० थामॅसन प्रमुख थे। उन्होंने प्रदर्शित किया कि यदि गैसों का दाब कम कर दिया जाए, तो वे विद्युत चालक हो जाती हैं।

उदाहरण- उन्होंने विसर्जन नलिका में निम्न दाब पर भरी हुई गैस में उच्च विभव पर विद्युत को प्रवाहित किया, तो कैथोड की लंब दिशा में एक प्रकार की अदृश्य किरणें निकलीं, जिन्होंने काँच की नली में हरे रंग की प्रतिदीप्ति उत्पन्न की। इन किरणों को कैथोड किरण का नाम दिया।



कैथोड किरणें

कैथोड किरणों के गुण- कैथोड किरणों के मुख्य गुण निम्नलिखित हैं—

(i) कैथोड किरणें सीधी रेखा में चलती हैं। इसकी पुष्टि किसी अपारदर्शी वस्तु को इनके पथ में रखने पर उस वस्तु की बनी छाया से हो जाती है।

(ii) कैथोड किरणें विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्र में विक्षेपित हो जाती हैं। इससे यह सिद्ध होता है कि ये किरणें विद्युत आवेशित कणों से मिलकर बनी हैं। विद्युत क्षेत्र में ये किरणें धन आवेशित प्लेट की ओर झुकती हैं। अत: ये किरणें ऋण आवेशित कणों से बनी हैं।

(iii) ये किरणें यांत्रिक प्रभाव उत्पन्न करती हैं, ये अपने पथ में रखी हल्की वस्तुओं को चला सकती हैं।

(iv) ये किरणें गैस को आयनित कर देती हैं।

(v) इन किरणों में अत्यधिक गतिज ऊर्जा होती है।

(vi) ये किरणें फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं।

(vii) ये किरणें कुछ ठोस पदार्थों; जैसे— काँच एवं जिंक सल्फाइड आदि के पर्दे पर पड़ने पर चमक उत्पन्न करती हैं।

(viii) उच्च गलनांकों की धातु से कैथोड किरणों के टकराने पर एक्स किरणें उत्पन्न होती हैं।

प्रश्न 4. प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन व न्यूट्रॉन पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

उत्तर- **प्रोटॉन-** "प्रोटॉन परमाणु का अनिवार्य घटक है। इस पर इकाई धनात्मक आवेश होता है। इसका द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान के बराबर होता है। इसे p या $_1p^1$ से प्रदर्शित करते हैं।"

रदरफोर्ड ने सन् 1919 ई० में नाइट्रोजन पर एल्फा-किरणों की बौछार से प्रोटॉन प्राप्त किया। ऐल्युमीनियम तथा लीथियम पर भी एल्फा कणों की बौछार से प्रोटॉन प्राप्त हुए। अत: प्रोटान सभी तत्वों के परमाणुओं का दूसरा अनिवार्य घटक है। प्रोटॉन पर विद्युत आवेश का परिमाण $+4.8029 \times 10^{-10}$ e.s.u. अर्थात् इलेक्ट्रॉन के आवेश के बराबर होता है। एक प्रोटॉन का द्रव्यमान 1.672×10^{-27} ग्राम या इलेक्ट्रॉन की अपेक्षा 1837 गुना भारी होता है। इसका द्रव्यमान 1.00727 a.m.u. होता है।

इलेक्ट्रॉन- "इलेक्ट्रॉन परमाणु का अनिवार्य घटक है। इस पर इकाई ऋणात्मक विद्युत आवेश होता है तथा इसका द्रव्यमान हाइड्रोजन के परमाणु द्रव्यमान के 1/1837 भाग के बराबर होता है। इसे e या $_{-1}e^0$ से प्रदर्शित करते हैं। कैथोड कणों का आवेश एवं द्रव्यमान का अनुपात (e/m) अपरिवर्तित रहता है। इन कैथोड कणों को इलेक्ट्रॉन कहा गया।" एक इलेक्ट्रॉन का आवेश -1.6×10^{-19} कूलॉम या -4.8034×10^{-10} e.s.u. होता है। इसका द्रव्यमान 9.13×10^{-31} ग्राम या 0.00548 a.m.u. होता है। किसी भी

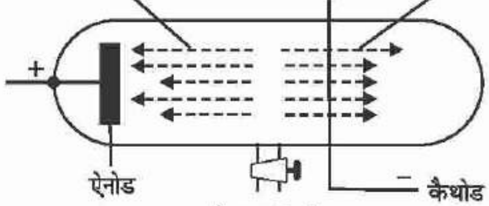
आवेशित कण पर एक इलेक्ट्रॉन के आवेश से कम आवेश नहीं होता। अत: इलेक्ट्रॉन का आवेश विद्युत आवेश की इकाई है। इलेक्ट्रॉन की खोज सर्वप्रथम **जे०जे० थॉमसन** ने 1897 ई० में की थी।

न्यूट्रॉन- "न्यूट्रॉन परमाणु का एक घटक है, यह विद्युत उदासीन कण है, इसका द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान के बराबर होता है। इसे n या ${}_0n^1$ से प्रदर्शित करते हैं।"

सर जेम्स चैडविक ने बेरीलियम पर एल्फा कणों की वर्षा करके देखा कि उसमें से एक प्रकार के कण निकलते हैं। प्रयोगों द्वारा यह ज्ञात हुआ कि इन कणों पर कोई आवेश नहीं होता और इनका द्रव्यमान प्रोट्रॉन के लगभग बराबर होता है। इन कणों को न्यूट्रॉन कहा गया। न्यूट्रॉन भी इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन की तरह पदार्थ का मूल कण होता है। इसका द्रव्यमान 1.6750×10^{-27} ग्राम या 1.00867 a.m.u. है।

प्रश्न 5. धन-किरणों का उनके गुणों के साथ सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर- **धन-किरणें या एनोड किरणें-** परमाणु विद्युत उदासीन होते हैं। **गोल्डस्टीन** (1886) ने ज्ञात किया कि जब छिद्रित कैथोड लगी हुई विसर्जन नली में अल्प दाब पर गैसों में विद्युत विसर्जन कराया जाता है तो कैथोड के पीछे दीप्ति उत्पन्न होती है। उन्होंने प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध किया कि एक प्रकार की किरणें कैथोड के छिद्रों से निकलकर कैथोड के पीछे के क्षेत्र में प्रविष्ट होती है और इस प्रकार कैथोड के पीछे दीप्ति उत्पन्न होती है। गोल्डस्टीन ने इन दीप्ति किरणों का नाम कैनाल किरणें रखा, क्योंकि ये किरणें कैथोड के छिद्रों में से निकलकर दूसरी ओर चली जाती हैं। ये किरणें धनावेशित कणों से मिलकर बनी है। अत: इन्हें धन किरणें या एनोड किरणें भी कहते हैं।



कैनाल किरणें

गुण- इनके गुण निम्नलिखित हैं—

(i) ये किरणें धन आवेशित होती हैं, जो कैथोड किरणों की भाँति ही सीधी रेखा में चलती हैं।

(ii) कैथोड किरणों की भाँति ही ये पिन व्हील को घुमा देती हैं।

(iii) धन किरणें फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं।

(iv) धन किरणें प्रतिदीप्ति और स्फुरदीप्ति उत्पन्न कर सकती हैं।

(v) धन किरणें चुंबकीय अथवा विद्युत क्षेत्र में अपने मार्ग से विचलित हो जाती हैं। इनके विक्षेपित होने की दिशा कैथोड के विपरीत होती है।

(vi) इनका द्रव्यमान, विसर्जन नलिका में ली गई गैस के परमाणुओं के लगभग बराबर होता है।

(vii) धन किरणों का वेग, कैथोड किरणों के वेग से कम होता है।

प्रश्न 6. परमाणु के रदरफोर्ड मॉडल को समझाइए।

उत्तर- **परमाणु का रदरफोर्ड मॉडल-** एल्फा कणों के प्रकीर्णन संबंधी प्रयोग के आधार पर 1919 ई० में रदरफोर्ड ने एक परमाणु मॉडल की रूपरेखा प्रस्तुत की। इसकी विशेषताएँ निम्नलिखित हैं—

(i) परमाणु का संपूर्ण धनावेश और लगभग संपूर्ण द्रव्यमान उसके केंद्र पर स्थिर रहता है, जिसे **नाभिक** कहते हैं।

(ii) नाभिक के चारों ओर रिक्त स्थान होता है, जिसमें आपेक्षिक रूप से इससे बहुत अधिक दूरी पर इलेक्ट्रॉन वितरित रहते हैं।

(iii) परमाणु के नाभिक में स्थित धनावेशित कणों की संख्या, ऋणावेशित इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है; अत: परमाणु विद्युत उदासीन होता है।

(iv) परमाणु के नाभिक की त्रिज्या 10^{-15} से 10^{-14} सेमी होती है, जबकि संपूर्ण परमाणु की त्रिज्या लगभग 10^{-10} सेमी होती है; अत: परमाणु का अधिकांश भाग रिक्त रहता है।

(v) परमाणु के ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन इसके धनावेशित नाभिक के चारों ओर अपेक्षाकृत अधिक दूरी पर रिक्त स्थान में चक्कर लगाते रहते हैं।

(vi) नाभिक तथा उसके चारों ओर रिक्त स्थान में भ्रमण कर रहे इलेक्ट्रॉनों के परिक्रमण से उत्पन्न अपकेंद्र बल नाभिक के स्थिर विद्युत आकर्षण बल को संतुलित कर देता है।

रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल की कमियाँ– रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल की कमियाँ निम्नलिखित हैं–

(i) रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल में प्रमुख कमी यह है कि यह परमाणु के स्थायित्व की व्याख्या नहीं करता है। मैक्सवेल के विद्युत-गतिकी के मूलभूत सिद्धांत के अनुसार, नाभिक की परिक्रमा करता हुआ ऋण आवेश युक्त इलेक्ट्रॉन विद्युत-चुंबकीय तरंगों के रूप में ऊर्जा का सतत् विकिरण करेगा, तो ऊर्जा में निरंतर कमी होने के कारण इलेक्ट्रॉन की चाल कम होती जाएगी और इसके साथ ही इसकी कक्षा की त्रिज्या भी लगातार कम होती जाएगी और अंत में इलेक्ट्रॉन नाभिक में गिरकर नष्ट हो जाएगा। परंतु ऐसा नहीं होता है, क्योंकि परमाणु एक स्थायी निकाय है।

(ii) रदरफोर्ड परमाणु मॉडल में अलग-अलग कक्षाओं में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या निश्चित नहीं की गई थी।

(iii) रदरफोर्ड परमाणु मॉडल के अनुसार, हाइड्रोजन एवं तत्वों का स्पेक्ट्रम सतत् होना चाहिए; परंतु वास्तविकता यह है कि तत्वों के स्पेक्ट्रम रेखीय होते हैं अर्थात् ये स्पेक्ट्रम अलग-अलग रेखाओं के समूह होते हैं।

प्रश्न 7. बोहर के परमाणु मॉडल को विस्तार से समझाइए।

उत्तर– **बोहर का परमाणु मॉडल–** डेनिस वैज्ञानिक नील्स बोहर ने सन् 1913 में रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तुत नाभिकीय मॉडल की कमियों को दूर किया। उन्होंने रदरफोर्ड के नाभिकीय सिद्धांत पर यह दोष लगाया कि ऊर्जा उत्सर्जन के कारण इलेक्ट्रॉन अपनी कक्षा छोटी करते जाएँगे तथा अंत में नाभिक में पहुँचकर अपना अस्तित्व नष्ट कर देंगे। उन्होंने यह दोष क्वांटम सिद्धांत की सहायता से दूर किया। उन्होंने सुझाव दिया कि–

(i) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर स्थिर या अचर कक्षाओं में घूमते हैं।

(ii) प्रत्येक कक्षा की ऊर्जा की मात्रा निश्चित होती है, इसलिए इसको **अचर अवस्था** या **ऊर्जा स्तर** अथवा **स्थायी कक्षा** कहते हैं। स्थायी कक्षाओं को क्रम से $n = 1, 2, 3, 4, ----$ आदि पूर्ण संख्याओं द्वारा या K, L, M, N आदि अक्षरों द्वारा प्रदर्शित करते हैं। नाभिक के निकटतम जो स्थायी कक्षा होती है, उसके लिए $n = 1$ होता है, इस कक्षा को K कक्षा या K कोश भी कहते हैं।

(iii) एक इलेक्ट्रॉन जो किसी निश्चित कक्षा या ऊर्जा स्तर में घूमता है, वह बिना ऊर्जा खोए उसी कक्षा में घूम सकता है, परंतु जब वह एक ऊर्जा स्तर से दूसरे ऊर्जा स्तर पर कूदता है तो ऊर्जा उत्सर्जन केवल क्वान्टा में होता है।

(iv) एक इलेक्ट्रॉन एक निश्चित कक्षा में तब तक लगातार चक्रण करता रहेगा, जब तक उसका कोणीय संवेग उस कक्षा की संख्या के $\frac{h}{2\pi}$ गुणक के समान रहता है।

बोहर के विचार का समर्थन प्लांक के क्वांटम सिद्धांत द्वारा किया गया। इस सिद्धांत के अनुसार ऊर्जा क्वांटम में चलती है।

(v) जब इलेक्ट्रॉन अपनी कक्षा से आगे वाली कक्षा में कूदता है तब ऊर्जा का अवशोषण होता है।

अवशोषित ऊर्जा का मान $= E_2 - E_1 = h\nu$

जहाँ h प्लैंक का नियतांक है, ν अवशोषित ऊर्जा की आवृत्ति है। E_1 व E_2 इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा है।

प्रश्न 8. बोहर के अनुसार इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को समझाइए।

उत्तर- **बोहर के अनुसार इलेक्ट्रॉनिक विन्यास-** बोहर के अनुसार इलेक्ट्रॉन परमाणु के चारों ओर निश्चित वृत्तीय पथों पर चक्कर लगाते रहते हैं। इन निश्चित वृत्तीय पथों को **कक्षाएँ** कहते हैं। परमाणु की कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों के वितरण को परमाणु का **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** भी कहते हैं। परमाणु की कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों का वितरण ज्ञात करने के लिए सन् 1921 में वैज्ञानिकों बोहर तथा बरी ने एक योजना प्रस्तुत की, जिसे बोहर-बरी योजना कहते हैं।

बोहर-बरी योजना के अनुसार—

(i) किसी कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ होती है, जहाँ n उस कक्षा की क्रम संख्या है।

(ii) सबसे बाहर की कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 से अधिक तथा इससे पहले वाली कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 18 से अधिक नहीं हो सकती है।

(iii) प्रथम कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 2 होती है। प्रथम कक्षा में 2 इलेक्ट्रॉन होने के बाद द्वितीय कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरने शुरू हो जाते हैं। इसके बाद किसी भी कक्षा में 8 इलेक्ट्रॉन होने के बाद उससे अगली कक्षा में इलेक्ट्रॉन भरने शुरू हो जाते हैं।

(iv) सबसे बाहर की कक्षा में 2 से अधिक इलेक्ट्रॉन तभी हो सकते हैं, जबकि सबसे बाहर से पहले वाली कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या $2n^2$ नियम के अनुसार अधिकतम हो जाए।

(v) सबसे बाहर से पहले वाली कक्षा में 8 से अधिक इलेक्ट्रॉन तभी हो सकते हैं जबकि उससे पहले वाली कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या $2n^2$ नियम के अनुसार अधिकतम हो जाए।

प्रश्न 9. समस्थानिक व समभारिक को उदाहरण सहित समझाइए।

उत्तर- **समस्थानिक-** डाल्टन के मतानुसार एक तत्व के सभी परमाणु द्रव्यमान आदि की दृष्टि से समान होते हैं, परंतु जे. जे. थॉमसन, फैड्रिक सौडी व विलियम ऑस्टन आदि वैज्ञानिकों ने पाया कि एक ही तत्व के परमाणु भिन्न द्रव्यमान वाले हो सकते हैं। इन्हें **समस्थानिक** कहते हैं। समस्थानिक परमाणुओं के नाभिक में प्रोटॉन की संख्या समान होती है, परंतु न्यूट्रॉनों की संख्या अलग-अलग होती है। अत: किसी तत्व के वे परमाणु जिनकी परमाणु संख्या समान हों किंतु परमाणु भार भिन्न हों, **समस्थानिक** कहलाते हैं।

परमाणु संख्या की समानता के कारण समस्थानिकों के रासायनिक गुण समान होते हैं।

उदाहरण- हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक ज्ञात हैं। तीनों की परमाणु संख्या 1 है, परंतु नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या में विभिन्नता के कारण इनका परमाणु भार 1, 2, 3 होता है। इन्हें क्रमश: प्रोटियम (हाइड्रोजन $_1H^1$), (ड्यूटीरियम $_1H^2$) तथा ट्राइटियम ($_1H^3$) कहते हैं।

हाइड्रोजन के समस्थानिक

समभारिक- कुछ तत्वों के परमाणुओं का परमाणु भार एक ही होता है, परंतु इनकी परमाणु संख्या में भिन्नता होती है। ऐसे तत्व **समभारिक** कहलाते हैं।

उदाहरण- कैल्शियम $_{20}C^{40}$ तथा आर्गन $_{18}Ar^{40}$ समभारिक हैं। इनके रासायनिक गुण भिन्न होते हैं। इनके नाभिक का कुल द्रव्यमान समान होता है, परंतु प्रोट्रॉन एवं न्यूट्रॉन की संख्या में अंतर होता है।

अत: विभिन्न तत्वों के परमाणु जिनका परमाणु भार तो समान होता है, परंतु उनकी परमाणु संख्या में अंतर होता है, **समभारिक** कहलाते हैं।

उदाहरण- $_{28}Ni^{64}$ तथा $_{30}Zn^{64}$, $_{36}Kr^{86}$ तथा $_{38}Sr^{86}$ एवं $_{24}Cr^{54}$ तथा $_{25}Fe^{54}$ समभारिक हैं।

प्रश्न 10. रेडियोधर्मिता क्या है? रेडियोएक्टिव किरणों के गुण लिखिए।

उत्तर- **रेडियोधर्मिता- हेनरी बेकरेल** ने 1896 ई० में देखा कि यूरेनियम तथा इसके लवणों से कुछ अदृश्य किरणें स्वत: ही निकलती हैं, जिनकी बेधन क्षमता अधिक होती है तथा ये फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं। इन अदृश्य किरणों को रेडियोधर्मी किरणें या **बेकरेल किरणें** कहते हैं। जिन पदार्थों से इस प्रकार की किरणें निकलती हैं, उन्हें **रेडियोधर्मी पदार्थ** कहते हैं। अत: किसी पदार्थ से स्वत: ही इस प्रकार की किरणें निकलने की घटना को **रेडियोधर्मिता** कहते हैं।

कुछ पदार्थ; जैसे— यूरेनियम, रेडियम, थोरियम आदि स्वत: एक प्रकार की बेधी किरणें उत्सर्जित करते हैं। ऐसे पदार्थों को **रेडियोएक्टिव पदार्थ** कहते हैं। यह एक नाभिकीय क्रिया है।

वर्तमान शताब्दी में कई नए रेडियोएक्टिव तत्वों की खोज हुई है। जिनमें रेडॉन (Rn), प्रोटोएक्टिनियम (Pa), ऐक्टिनियम (Ac), फ्रान्सियम (Fr) और ऐस्टैटीन (At) प्रमुख हैं।

रेडियोएक्टिवता के क्षेत्र में हुए अध्ययन से यह ज्ञात हुआ है कि परमाणु क्रमांक 83 से आगे के सभी तत्व रेडियोएक्टिव हैं।

रेडियोएक्टिव किरणों के गुण- इनके गुण निम्नलिखित हैं—

(i) एक्स-किरणों के सदृश, कई पदार्थों को बेधने की क्षमता रखती हैं।
(ii) ये गैसों को आयनित कर देती हैं।
(iii) काले कागज से लिपटी फोटोग्राफिक प्लेट को काला कर देती हैं।
(iv) जिंक सल्फाइड जैसे पदार्थों में स्फुरदीप्ति उत्पन्न करती हैं।
(v) ऊष्मा, प्रकाश और रासायनिक संयोग द्वारा प्रभावित नहीं होती हैं।

प्रश्न 11. रेडियोएक्टिव समस्थानिक क्या हैं? उनके उपयोग लिखिए।

उत्तर- **रेडियोएक्टिव समस्थानिक-** अब तक 117 तत्वों की खोज हो चुकी है। लगभग सभी तत्वों के समस्थानिक ज्ञात हैं। 83 से अधिक परमाणु क्रमांक वाले तत्वों के सभी समस्थानिक रेडियोएक्टिवता का गुण प्रदर्शित करते हैं। अन्य तत्वों के सभी समस्थानिक रेडियोएक्टिव नहीं है। किसी तत्व के वे समस्थानिक जो रेडियोएक्टिव होते हैं, रेडियोएक्टिव समस्थानिक कहलाते हैं। रेडियोऐक्टिव समस्थानिक के परमाणुओं के नाभिक अस्थायी होते हैं तथा स्वत: विघटित होकर α, β तथा γ – किरणें उत्सर्जित करते हैं।

उपयोग- रेडियोएक्टिव समस्थानिकों के प्रमुख उपयोग निम्नलिखित हैं—

(i) कोबाल्ट–60 का प्रयोग कैंसर की विकिरण चिकित्सा हेतु किया जाता है।

(ii) आयोडीन–31 का प्रयोग थायराइड के कैंसर तथा थायराइड की अन्य बीमारियों के उपचार में किया जाता है।

(iii) सोडियम–24 का प्रयोग खून के प्रवाह से संबंधित बीमारियों की पहचान व उपचार के लिए किया जाता है।

(iv) थैलियम–201 का प्रयोग दिल की बीमारियों की पहचान व उपचार के लिए किया जाता है।

(v) आयरन–59 का प्रयोग जिगर की तिल्ली उपापचय के अध्ययन के लिए किया जाता है।

(vi) फ्लुओरीन-18 युक्त फ्लुओरो–डीऑक्सी ग्लूकोस का प्रयोग पैट स्कैन तथा न्यूक्लियर मैडिसन स्कैन में किया जाता है। इसकी सहायता से शरीर में कैंसर कोशिकाओं की पहचान की जाती है।

(vii) फॉस्फोरस–32 का प्रयोग रक्त कैंसर के उपचार हेतु किया जाता है।

(viii) कोबाल्ट-60 का प्रयोग धातु के टुकड़े की भीतरी दरारें ज्ञात करने व उनकी मोटाई नापने हेतु भी किया जाता है।

(ix) यूरेनियम–238 के रेडियोएक्टिव गुणों की सहायता से खनिजों, पत्थरों व पृथ्वी की आयु का निर्धारण किया जाता है।

(x) कार्बन–14 के रेडियोएक्टिव गुणों की सहायता से लकड़ी के टुकड़ों व अन्य कार्बनिक पदार्थों जैसे जीवाश्मों की आयु का निर्धारण किया जाता है। लकड़ी के टुकड़ों व अन्य पदार्थों की आयु ज्ञात करने की इस विधि को **रेडियोकार्बन डेटिंग** कहते हैं।

प्रश्न 12. समूह विस्थापन नियम को उदाहरण सहित समझाइए।

उत्तर- **समूह विस्थापन नियम-** सोडी, फजान व रसेल ने सन् 1913 ई० में रेडियोएक्टिव परमाणुओं से α तथा β –कणों के उत्सर्जन के पश्चात् प्राप्त उत्पादों को व्यक्त करने के लिए यह नियम प्रतिपादित किया, जिसे **समूह विस्थापन का नियम** कहते हैं।

(i) किसी रेडियोएक्टिव परमाणु के नाभिक में से एक α –कण के उत्सर्जित होने पर परमाणु क्रमांक में दो इकाई की कमी तथा द्रव्यमान संख्या में चार इकाई की कमी हो जाती है; अत: एक α –कण के उत्सर्जन से प्राप्त नए तत्व की आवर्त सारणी में स्थिति मूल तत्व से दो समूह पीछे अर्थात् बाईं ओर होती है।

उदाहरण- पोलोनियम, आवर्त सारणी में VI समूह में हैं। पोलोनियम के परमाणु में से एक α – कण उत्सर्जित होने पर लेड बनता है, जो आवर्त सारणी में IV समूह में है—

$$_{84}PO^{215} \longrightarrow {}_{86}Pb^{211} + {}_{2}He^{4}$$

पोलोनियम लेड α – कण

(ii) किसी रेडियोऐक्टिव परमाणु के नाभिक में से एक β-कण उत्सर्जित होने पर उसका परमाणु क्रमांक मूल परमाणु के परमाणु क्रमांक से एक इकाई अधिक होता है तथा द्रव्यमान संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता है। अतः एक β-कण के उत्सर्जन से प्राप्त नए तत्व की आवर्त सारणी में स्थिति मूल तत्व की स्थिति से एक समूह आगे अर्थात् दाईं ओर होती है।

उदाहरण- बिस्मथ आवर्त सारणी के *V* समूह में है। इसके परमाणु में से एक β-कण उत्सर्जित होने पर पोलोनियम बनता है, जो आवर्त सारणी के VI समूह में है–

$$_{83}Bi^{213} \longrightarrow {}_{84}Po^{213} + {}_{-1}e^{\circ}$$

बिस्मथ पोलोनियम β–कण

▶ लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. परमाणु किसे कहते है?

उत्तर- **परमाणु** -"परमाणु तत्व का वह छोटे से छोटा कण है, जो किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में भाग ले सकता है, परंतु स्वतंत्र अवस्था में नहीं रह सकता हैं।" परमाणु अविभाज्य नहीं है बल्कि इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन आदि मूल कणों से मिलकर बना है। परमाणुओं को न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है। तत्वों के परमाणु संयुक्त होकर अणु बनाते हैं न कि यौगिक परमाणु।

प्रश्न 2. परमाणु संरचना पर टिप्पणी लिखिए।

उत्तर- **परमाणु संरचना-** 20 वीं शताब्दी में जे० जे० थॉमसन, रदरफोर्ड, चैडविक आदि वैज्ञानिकों ने यह सिद्ध कर दिया कि परमाणु विभाज्य हैं। यह विभिन्न प्रकार के अतिसूक्ष्म कणों से मिलकर बना है, जिनको **मूल कण** कहते हैं। मूल कणों में कुछ कण स्थायी होते हैं और कुछ अस्थायी होते हैं। स्थायी कण परमाणु के बाहर स्वतंत्र अवस्था में रह सकते हैं जबकि अस्थायी कणों का परमाणु के अंदर और परमाणु के बाहर क्षणिक अस्तित्व होता है। इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन परमाणु संरचना के स्थायी मूल कण है। भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणुओं में इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की संख्या भिन्न-भिन्न होती है जिसके कारण तत्वों के गुणों में भिन्नता होती है।

प्रश्न 3. अणु किसे कहते हैं? इनके लक्षण व प्रकार लिखिए।

उत्तर- **अणु-** किसी पदार्थ का वह सूक्ष्मतम कण जो स्वतंत्र अवस्था में रह सकता है तथा जिसका रासायनिक संघटन, पदार्थ के रासायनिक संघटन के समान होता है, उस पदार्थ का अणु कहलाता है।

उदाहरण- जल के एक अणु में हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन परमाणुओं के द्रव्यमानों का अनुपात 1:8 होता है।

लक्षण- अणु के निम्नलिखित दो लक्षण होते हैं–

(i) अणु स्वतंत्र अवस्था में रह सकता है।

(ii) अणुओं का निर्माण परमाणुओं के परस्पर संयोग करने से होता है।

प्रकार- अणु निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं–

(i) समपरमाणुक अणु- एक समान परमाणुओं के संयोजन से बने अणु को समपरमाणुक अणु कहते हैं। सरल पदार्थों के अणु समपरमाणुक होते हैं; जैसे- He, Ne, H_2, N_2 आदि।

(ii) **विषमपरमाणुक अणु-** भिन्न-भिन्न प्रकार के परमाणुओं के संयोजन से बने अणु को विषमपरमाणुक अणु कहते हैं; जैसे- H_2O, CO_2, NO_2 आदि।

प्रश्न 4. इलेक्ट्रॉन के आवेश को इकाई ऋणावेश क्यों कहते हैं?

उत्तर- परमाणु में इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन के द्रव्यमान की तुलना में नगण्य होता है। इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के आवेश परिमाण में समान तथा प्रकृति में विपरीत होते हैं। इलेक्ट्रॉन का आवेश -1.603×10^{-19} कूलाम होता है। चूँकि इससे कम आवेश किसी भी कण पर नहीं पाया गया अत: इलेक्ट्रॉन के आवेश को इकाई ऋणावेश कहा जाता है।

प्रश्न 5. α-कण प्रकीर्णन के प्रयोग से परमाणु संरचना के संबंध में प्राप्त दो जानकारियाँ दीजिए।

उत्तर- α-कण प्रकीर्णन के प्रयोग से परमाणु संरचना के संबंध में दो जानकारियाँ निम्नलिखित हैं-

(i) अधिकांश α-कणों के मार्ग में धातु की पत्री में से निकलते समय कोई विचलन नहीं होता है। अत: परमाणु में अधिकांश स्थान रिक्त होता है।

(ii) कुछ α-कण धातु की पत्री से प्रतिकर्षित होकर वापस लौट आते हैं। अत: इससे सिद्ध होता है कि परमाणु में कुछ धनावेशित एवं भारी कण होते हैं।

प्रश्न 6. परमाणु का नाभिक क्या होता है? इसकी खोज किसने की?

उत्तर- **परमाणु का नाभिक-** परमाणु का लगभग समस्त भार तथा कुल धनावेश उसके केंद्र में एक सूक्ष्म आयतन में स्थित होता है। परमाणु के इस भाग को उसका केंद्रक या **नाभिक** कहते हैं। नाभिक की खोज वैज्ञानिक रदरफोर्ड ने की थी। नाभिक की त्रिज्या 10^{-12} सेमी होती है व परमाणु का आयतन नाभिक की तुलना में 10^{12} गुना अधिक होता है।

प्रश्न 7. परमाणु क्रमांक से आप क्या समझते हैं? इसे तत्वों का प्रमुख गुण क्यों माना गया है?

उत्तर- **परमाणु क्रमांक-** किसी तत्व का परमाणु क्रमांक या परमाणु संख्या परमाणु नाभिक पर स्थित धनावेश की इकाइयों की संख्या के बराबर होता है। इसे Z से निरूपित करते हैं। परमाणु नाभिक पर स्थित धनावेश की इकाइयों की संख्या नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या के बराबर होती है। प्रत्येक तत्व का परमाणु क्रमांक निश्चित और स्थिर होता है जबकि भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु क्रमांक भिन्न-भिन्न होते हैं। यह तत्व का मौलिक गुण है। इसी के आधार पर तत्वों को आवर्त सारणी में स्थान दिया जाता है।

परमाणु संख्या (Z) = प्रोटॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या

प्रश्न 8. द्रव्यमान संख्या की परिभाषा लिखिए।

उत्तर- **द्रव्यमान संख्या-** किसी परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की संख्याओं का योग उस परमाणु की द्रव्यमान संख्या (A) कहलाती है।

परमाणु की द्रव्यमान संख्या (A) = नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या (Z)+ नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या (N)

$$A = Z + N$$

उदाहरण- $_{11}Na^{23}$ परमाणु के नाभिक में 11 प्रोटॉन और 12 न्यूट्रॉन होते हैं, अत: इसकी द्रव्यमान संख्या $= 11 + 12 = 23$ है।

प्रश्न 9. नाभिक के संघटन को समझाइए।

उत्तर- **नाभिक के संघटन-** प्रोटॉन व न्यूट्रॉन भारी कण हैं तथा प्रोटॉन धनावेशित होते हैं। अत: किसी परमाणु में सभी प्रोटॉन व सभी न्यूट्रॉन उसके नाभिक में स्थित होते हैं तथा

इलेक्ट्रॉन नाभिक के बाहर रहते हैं। किसी परमाणु के नाभिक में उपस्थित कणों को **न्यूक्लिऑन** भी कहते हैं। चूँकि परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन होते हैं, अत: न्यूक्लिऑन, प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन का सामुहिक नाम है।

प्रश्न 10. समस्थानिकों से आप क्या समझते हैं? हाइड्रोजन के समस्थानिकों के नाम तथा संरचनाएँ दीजिए।

उत्तर- **समस्थानिक**- डाल्टन के मतानुसार एक तत्व के सभी परमाणु द्रव्यमान आदि की दृष्टि से समान होते हैं, परंतु जे०जे०थॉमसन, फैड्रिक सौडी व विलियम ऑस्टन आदि वैज्ञानिकों ने पाया कि एक ही तत्व के परमाणु भिन्न द्रव्यमान वाले हो सकते हैं। इन्हें **समस्थानिक** कहते हैं। इनके नाभिक में प्रोटॉन की संख्या समान तथा न्यूट्रॉन की संख्या भिन्न-भिन्न हो सकती है। अत: किसी तत्व के वे परमाणु जिनकी परमाणु संख्या समान हों किंतु परमाणु भार अलग हों, **समस्थानिक** कहलाते हैं।

उदाहरण- हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक ज्ञात हुए हैं। तीनों की परमाणु संख्या 1 है, परंतु नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या विभिन्नता के कारण इनका परमाणु भार 1, 2, 3 होता है। इन्हें क्रमश: प्रोटियम ($_1H^1$) ड्यूटीरियम ($_1H^2$) तथा ट्राइटियम ($_1H^3$) कहते हैं।

हाइड्रोजन के समस्थानिक

प्रश्न 11. समभारिक क्या होते हैं? उदाहरण सहित स्पष्ट कीजिए।

उत्तर- **समभारिक**-कुछ तत्वों का परमाणु भार एक ही होता है, परंतु इनकी परमाणु संख्या में भिन्नता होती है। ऐसे तत्व **समभारिक** कहलाते हैं।

उदाहरण- कैल्सियम $_{20}Ca^{40}$ (परमाणु भार 40, परमाणु संख्या 20) तथा ऑर्गन $_{18}Ar^{40}$ (परमाणु भार 40, परमाणु संख्या 18) समभारिक हैं। अत: विभिन्न तत्वों के परमाणु जिनका परमाणु भार तो समान होता है, परंतु उनकी परमाणु संख्या में अंतर होता है, समभारिक कहलाते हैं।

उदाहरण- $_{28}Ni^{64}$ तथा $_{30}Zn^{64}$, $_{24}Cr^{54}$ तथा $_{26}Fe^{54}$ समभारिक हैं।

प्रश्न 12. रेडियोएक्टिव पदार्थों से उत्सर्जित होने वाली भिन्न-भिन्न प्रकार की किरणों के नाम लिखिए तथा प्रत्येक प्रकार की किरण पर उपस्थित आवेश की प्रकृति का उल्लेख कीजिए।

उत्तर- रेडियोएक्टिव पदार्थों से उत्सर्जित होने वाली भिन्न-भिन्न प्रकार की किरणों के नाम निम्नलिखित हैं-

(i) α-किरण, (ii) β-किरण, (iii) γ-किरण

(i) **α-किरण**- α-किरण पर 2 प्रोटॉन व 2 न्यूट्रॉन होते हैं, अत: α-किरण पर दो इकाई धनावेश होता है।

(ii) **β-किरण**- β-किरण, इलेक्ट्रॉन होते हैं, अत: इन पर इकाई ऋणावेश होता है।

(iii) **γ-किरण**- γ-किरण प्रकाश के समान विद्युत चुंबकीय विकिरणें हैं। अत: इनका काई आवेश नहीं होता है।

प्रश्न 13. α-कण तथा हीलियम परमाणु में भेद बताइए।

उत्तर- α-कण तथा हीलियम परमाणु में

क्र०सं०	α-कण	हीलियम परमाणु
1.	यह धनावेशित होता है। इस पर +2 आवेश होता है।	यह विद्युत उदासीन होता है।
2.	इसमें 2 प्रोटॉन तथा 2 न्यूट्रॉन होते हैं।	इसमें 2 प्रोट्रॉन, 2 न्यूट्रॉन और 2 इलेक्ट्रॉन होते हैं।
3.	यह हीलियम परमाणु का नाभिक होता है तथा 2 इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके हीलियम का परमाणु बना लेता है।	यदि हीलियम परमाणु में से दो इलेक्ट्रॉन निकाल दिए जाएँ, तो हीलियम परमाणु का नाभिक अर्थात् एल्फा कण प्राप्त होता है।

प्रश्न 14. सिद्ध कीजिए कि रेडियोएक्टिव β-किरणों के कणों पर ऋण आवेश होता है।

उत्तर- रेडियोऐक्टिव β-किरणों के कणों पर ऋण आवेश होता है क्योंकि β-किरणें ऋणावेशित कणों से मिलकर बनी हैं। इन कणों को β-कण कहते हैं। β-कण इलेक्ट्रॉन होते हैं तथा इनको साधारण तथा β, e या $_{-1}e^{\circ}$ से प्रदर्शित करते हैं। β-कण पर इकाई ऋणावेश होता है तथा इसका द्रव्यमान 1/1837 amu होता है।

प्रश्न 15. α, β तथा γ किरणों में से किसकी बेधन-क्षमता सबसे कम है और क्यों?

उत्तर- α-किरणें 0.01 सेमी मोटी ऐल्युमिनियम की चादर को बेध सकती है। अधिक द्रव्यमान तथा कम वेग के कारण इसकी बेधन क्षमता β तथा γ किरणों से कम होती है।

β-किरणें 0.5 सेमी मोटी ऐल्युमिनियम की चादर को बेध सकती है। इसकी बेधन क्षमता α-किरणों से अधिक तथा γ-किरणों से कम होती है। γ-किरणें 25.0 सेमी मोटी स्टील की चादर को भी बेध सकती हैं। इनके उच्च वेग तथा अद्रव प्रकृति के कारण इनकी बेधन क्षमता सबसे अधिक होती है।

प्रश्न 16. गैसों को आयनित करने की शक्ति α, β तथा γ किरणों में से किसकी सबसे अधिक है और क्यों?

उत्तर- गैसों को आयनित करने की शक्ति α-किरणों की सबसे अधिक होती है क्योंकि α-किरणों की गतिज ऊर्जा सबसे अधिक होती है। इनकी गैसों को आयनित करने की शक्ति β-किरणों से 100 गुना तथा γ-किरणों से 10000 गुना अधिक होती है।

प्रश्न 17. α-किरण तथा β-किरण में क्या अंतर है?

उत्तर- **α-किरण तथा β-किरण में अन्तर**

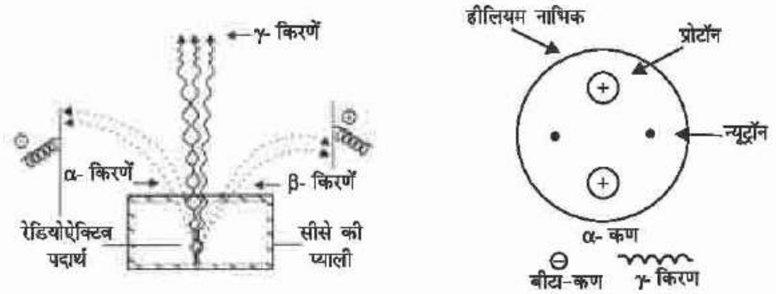
क्र०सं०	गुण	α-किरणें	β-किरणें
1.	प्रकृति	इन पर 2 इकाई धनावेश तथा 4 इकाई द्रव्यमान होता है।	इन पर इकाई ऋणावेश होता है तथा द्रव्यमान नगण्य होता है।
2.	बेधन क्षमता	इनकी बेधन क्षमता बहुत कम होती है।	α-कणों की अपेक्षा बहुत अधिक होती है।
3.	आयनिकृत क्षमता	गैसों को आयनित करने की क्षमता सर्वाधिक होती है।	α-कणों की अपेक्षा आयनित करने की क्षमता कम होती है।
4.	वेग	इन किरणों का वेग प्रकाश के वेग का लगभग 1/10 होता है, अर्थात् 3×10^7 सेमी प्रति सेकंड होता है।	इन किरणों का वेग प्रकाश के वेग के लगभग बराबर होता है, अर्थात् 2.7×10^8 सेमी प्रति सेकंड होता है।

प्रश्न 18. जिंक सल्फाइड की प्लेट पर α, β तथा γ किरणों का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर- α, β तथा γ किरणें जिंक सल्फाइड तथा अन्य कुछ पदार्थों में स्फुरदीप्ति उत्पन्न करती हैं। जब α, β तथा γ किरणें जिंक सल्फाइड की प्लेट से टकराती हैं, तो जिंक सल्फाइड के अणु इन किरणों की ऊर्जा को अवशोषित कर लेते हैं तथा उत्तेजित अवस्था में पहुँच जाते हैं। इसके कुछ समय पश्चात् ये अणु ऊर्जा का उत्सर्जन करते हैं तथा अपनी मूल अवस्था में पहुच जाते हैं। ऊर्जा का उत्सर्जन प्रकाश के रूप में होता है तथा जिंक सल्फाइड की प्लेट पर प्रतिदीप्ति (चमक) उत्पन्न होती है। इस घटना को स्फुरदीप्ति कहते हैं।

प्रश्न 19. रेडियोएक्टिव किरणों पर विद्युतीय क्षेत्र का क्या प्रभाव पड़ता है? नामांकित चित्र की सहायता से स्पष्ट कीजिए।

उत्तर- **रेडियोएक्टिव किरणों पर विद्युतीय क्षेत्र का प्रभाव-** सर्वप्रथम वैज्ञानिक मैडम क्यूरी तथा रदरफोर्ड ने रेडियोधर्मी पदार्थों से निकले विकिरणों की प्रकृति जानने के लिए इन विकिरणों को विपरीत आवेश वाली दो प्लेटों के बीच स्थापित विद्युत-क्षेत्र से होकर गुजारा। ऐसा करने पर कुछ किरणें ऋणावेशित प्लेट की ओर मुड़ जाती हैं, इन्हें एल्फा-किरण कहा गया। कुछ किरणें धनावेशित प्लेट की ओर मुड़ जाती हैं, इन्हें बीटा-किरण कहा गया है तथा कुछ किरणें बिना मुड़े सीधे निकल जाती हैं, इन्हें गामा-किरण कहा गया। अत: रेडियोधर्मी किरणें तीन प्रकार की होती हैं, जिन्हें क्रमश: **एल्फा, बीटा** तथा **गामा** किरणें कहते हैं।



रेडियोधर्मी किरणों पर स्थिर-विद्युत क्षेत्र का प्रभाव

प्रश्न 20. रेडियोएक्टिव समस्थानिकों के किन्हीं दो उपयोगों का उल्लेख कीजिए।

उत्तर- रेडियोएक्टिव समस्थानिकों के दो उपयोग निम्नलिखित हैं-

(i) कोबाल्ट-60 का प्रयोग कैंसर की विकिरण चिकित्सा हेतु किया जाता है।

(ii) आयोडीन-31 का प्रयोग थाइराइड (गले की ग्रंथि) के कैंसर तथा थायराइड की अन्य बीमारियों के उपचार में किया जाता है।

प्रश्न 21. कार्बन-14 तथा यूरेनियम-238 समस्थानिकों का एक-एक उपयोग बताइए।

उत्तर- **कार्बन-14 का उपयोग-** कार्बन-14 के रेडियोएक्टिव गुणों की सहायता से लकड़ी के टुकड़ों तथा अन्य कार्बनिक पदार्थों जैसे जीवाश्मों की आयु का निर्धारण किया जाता है। लकड़ी के टुकड़ों व अन्य पदार्थों की आयु ज्ञात करने की इस विधि को रेडियोकार्बन डेटिंग कहते हैं।

यूरेनियम-238 का उपयोग—यूरेनियम-238 के रेडियोएक्टिव गुणों की सहायता से खनिजों, पत्थरों व पृथ्वी की आयु का निर्धारण किया जाता है।

प्रश्न 22. कृत्रिम रेडियोधर्मिता पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

उत्तर- **कृत्रिम रेडियोधर्मिता-** आइरीन क्यूरी और उनके पति एफ० क्यूरी ने 1939 ई० में यह प्रदर्शित किया कि कुछ हल्के स्थायी तत्वों के नाभिक को रेडियोधर्मी बनाया जा सकता है। ऐल्युमिनियम नाभिक [$_{13}Al^{27}$] पर α-कणों की बौछार करने पर देखा गया कि बौछार बंद होने उपरांत भी कुछ विकिरण उत्सर्जित होते रहते हैं। α-कणों की बौछार से ऐल्युमिनियम नाभिक से एक न्यूट्रॉन निकल जाता है, जिसके फलस्वरूप ऐल्युमिनियम, फास्फोरस [$_{15}P^{30}$] के रेडियो समस्थानिक में बदल जाता है। कृत्रिम समस्थानिक अस्थायी होता है तथा पॉजीट्रॉन ($_1e^0$) खोकर स्थायी सिलिकॉन नाभिक [$_{14}Si^{30}$] में बदल जाता है।

$$_{13}Al^{27} + {}_2He^4 \longrightarrow {}_{15}P^{30} + {}_0n^1$$

$$_{15}P^{30} \longrightarrow {}_{14}Si^{30} + {}_1e^0$$

वह प्रक्रम जिसमें एक स्थायी तत्व कृत्रिम विघटन पर रेडियोधर्मी तत्व उत्पन्न करता है, कृत्रिम रेडियोधर्मिता कहलाता है।

▶ अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

(इसके लिए अपनी पाठ्य-पुस्तक पृष्ठ संख्या 204 देखें।)

▶ आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. किसी तत्व के परमाणु में 13 कक्षीय इलेक्ट्रॉन हैं तथा नाभिक में 14 न्यूट्रॉन हैं। तत्व का परमाणु क्रमांक तथा परमाणु भार ज्ञात कीजिए। तत्व का परमाणु आरेख भी दीजिए।

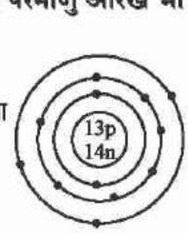
हल: $e = 13, n = 14$

परमाणु क्रमांक = प्रोट्रॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या

परमाणु क्रमांक = 13

परमाणु भार = प्रोटॉनों की संख्या + न्यूट्रॉनों की संख्या

$= 13 + 14 = 27$



प्रश्न 2. $_{92}X^{238}$ परमाणु से एक α-कण निकलने के बाद परमाणु में न्यूट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।

हल: एक α-कण निकलने के बाद परमाणु संख्या में कमी $= 2 \times 1 = 2$ इकाई

अत: नए परमाणु की परमाणु संख्या $= 92 - 2 = 90$

एक α-कण निकलने से परमाणु भार में कमी $= 4 \times 1 = 4$ इकाई

अत: नए परमाणु का परमाणु भार $= 238 - 4 = 234$

अब एक α-कण निकलने के बाद $_{92}X^{238}$ परमाणु में न्यूट्रॉनों की संख्या

= नया परमाणु भार − नई परमाणु संख्या

$= 234 - 90 = 144$ **उत्तर**

प्रश्न 3. $_{92}X^{235}$ वाली रेडियोएक्टिव विघटन श्रेणी का स्थायी अंतिम उत्पाद $_{32}Pb^{207}$ है। श्रेणी में निकलने वाले समस्त α तथा β-कणों की गणना कीजिए।

हल: माना परमाणु $_{92}X^{235}$ से निकलने वाले α कणों की संख्या $= x$

अत: α-कणों के निकलने पर परमाणु क्रमांक में कमी $= 2 \times x = 2x$ इकाई

तथा परमाणु $_{92}X^{235}$ से निकलने वाले β-कणों की संख्या = y

अत: β-कणों के निकलने पर परमाणु क्रमांक में वृद्धि $= 1\times y = y$ इकाई

अत: परमाणु क्रमांक में कमी; $92-2x+y=82$

$$2x-y=10 \quad ...(1)$$

अब α-कण निकलने पर द्रव्यमान में कमी $= 4\times x = 4x$ इकाई

β-कण निकलने से परमाणु के द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

अत: परमाणु के द्रव्यमान में कमी

$$235-4x=207$$
$$4x=28$$
$$x=\frac{28}{4}=7$$

समीकरण (1) में x का मान रखने पर,

$$2x-y=10$$
$$2\times 7-y=10$$
$$y=4$$

अत: 7α-कण व 4β-कण निकलेंगे। **उत्तर**

प्रश्न 4. निम्नलिखित परमाणु नभिकों में से कौन-सा समभारिक तथा कौन समस्थानिक है?

(a) $(17p+18n)$ तथा $(17p+20n)$ (b) $(6p+6n)$ तथा $(7p+7n)$

(c) $(1p+2n)$ तथा $(2p+2n)$ (d) $(18p+22n)$ तथा $(20p+20n)$

हल: परमाणु भार $= p+n$

परमाणु संख्या $= p = e$

समस्थानिक में परमाणु संख्या समान व परमाणु भार भिन्न होते हैं।

और समभारिक में परमाणु भार समान व परमाणु संख्या भिन्न होती हैं।

(a) $(17p+18n)$ तथा $(17p+20n)$

परमाणु संख्या $p=17, p=17$

⇒ परमाणु भार $= p+n=17+18=35$

तथा $p+n=17+20=37$

अत: यह समस्थानिक है।

(b) $(6p+6n)$ तथा $(7p+7n)$

परमाणु संख्या $p=6, p=7$

⇒ परमाणु भार $= p+n=6+6=12$

$= p+n=7+7=14$

अत: न तो समस्थानिक है और न ही समभारिक।

(c) $(1p+2n)$ तथा $(2p+2n)$

परमाणु संख्या $p=1, p=2$

⇒ परमाणु भार $= p+n=1+2=3$

$= p+n=2+2=4$

अत: न तो समस्थानिक है और न ही समभारिक।

(d) $(18p+22n)$ तथा $(20p+20n)$

परमाणु संख्या $p=18,\ p=20$

$\Rightarrow$ परमाणु भार $= p+n=18+22=40$

तथा $p+n=20+20=40$

अत: यह समभारिक है। **उत्तर**

प्रश्न 5. एक तत्व का परमाणु भार 24 है तथा इसके नाभिक में 12 न्यूट्रॉन हैं। तत्व के परमाणु क्रमांक की गणना कीजिए।

हल: परमाणु भार $=24$, न्यूट्रॉन $=12$

परमाणु क्रमांक = प्रोटॉनों की संख्या = परमाणु भार − न्यूट्रॉन

$=24-12=12$ **उत्तर**

प्रश्न 6. एक परमाणु के नाभिक में 20 न्यूट्रॉन और 19 प्रोटॉन हैं। उसकी द्रव्यमान संख्या क्या है तथा उसकी कक्षाओं में कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या कितनी है?

हल: न्यूट्रॉन $=20$, प्रोटॉन $=19$

द्रव्यमान संख्या $=P+n=19+20=39$

कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या

$=19$ **उत्तर**

प्रश्न 7. ऑक्सीजन का परमाणु भार 16 तथा परमाणु संख्या 8 है। इसके परमाणु में कितने प्रोट्रॉन, न्यूट्रॉन एवं इलेट्रॉन होंगे?

हल: परमाणु भार $=16,\ n=?,\ p=?, e=?$

परमाणु संख्या $=8$

परमाणु संख्या = प्रोटॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या

$p=e=8$

$n=$ परमाणु भार − परमाणु संख्या

$n=16-8=8$ **उत्तर**

प्रश्न 8. क्लोरीन परमाणु के नाभिकों में 17 प्रोटॉन और 18 न्यूट्रॉन हैं। क्लोरीन के प्रत्येक परमाणु की परमाणु संख्या, द्रव्यमान संख्या व नाभिक के बाहर इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना कीजिए और क्लोराइड आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या भी लिखिए।

हल: प्रोटॉन $=17$, न्यूट्रॉन $=18$

इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु संख्या = प्रोटॉनों की संख्या $=17$

द्रव्यमान संख्या = प्रोटॉनों की संख्या + न्यूट्रॉनों की संख्या

$=17+18=35$

$$\underset{\text{क्लोरीन}}{Cl} + e^- \longrightarrow \underset{\text{क्लोराइड आयन}}{Cl^-}$$

अत: क्लोराइड आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या $=17+1=18$ **उत्तर**

प्रश्न 9. समान परमाणु भार के दो तत्वों X और Y के परमाणु क्रमांक 19 और 20 हैं। यदि तत्व X के नाभिक में 21 न्यूट्रॉन हैं, तो तत्व Y के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या क्या होगी?

हल: X का परमाणु भार $=Y$ का परमाणु भार

प्रोटॉन + न्यूट्रॉन = प्रोटॉन + न्यूट्रॉन

$19+21 = 20+x$ [$\because$ परमाणु क्रमांक = प्रोटॉनों की संख्या]

$x = 40 - 20$

अत: Y में न्यूट्रॉन $= 20$ **उत्तर**

प्रश्न 10. एक तत्व का परमाणु भार 23 है। इसके नाभिक में 12 न्यूट्रॉन हैं। तत्व की परमाणु संख्या बताइए।

हल: परमाणु संख्या = परमाणु भार – न्यूट्रॉनों की संख्या

$= 23 - 12 = 11$ **उत्तर**

प्रश्न 11. $_{53}I^{127}$ में न्यूट्रॉनों की संख्या बताइए।

हल: परमाणु संख्या = 53 = प्रोट्रॉनों की संख्या, परमाणु भार = 127

न्यूट्रॉनों की संख्या = परमाणु भार – प्रोट्रॉनों की संख्या

$= 127 - 53 = 74$ **उत्तर**

प्रश्न 12. एक तत्व के नाभिक में न्यूट्रॉनों की संख्या 20 तथा द्रव्यमान संख्या 39 है। तत्व का परमाणु क्रमांक कितना है?

हल: न्यूट्रॉन = 20, द्रव्यमान संख्या = 39

परमाणु क्रमांक = द्रव्यमान संख्या – न्यूट्रॉन

$= 39 - 20 = 19$

परमाणु क्रमांक = 19 **उत्तर**

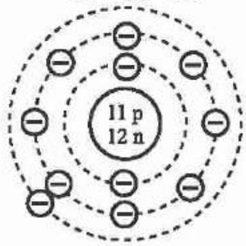
प्रश्न 13. एक तत्व का परमाणु भार 23 तथा परमाणु संख्या 11 है। इसकी परमाणु संरचना आरेख द्वारा दर्शाइए।

हल: परमाणु भार = 23, परमाणु क्रमांक = 11

परमाणु क्रमांक = प्रोटॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 11

न्यूट्रॉनों की संख्या = परमाणु भार – परमाणु संख्या

$= 23 - 11 = 12$ **उत्तर**

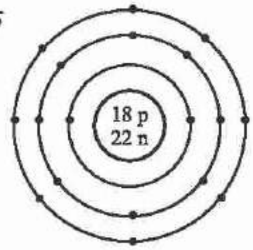


प्रश्न 14. एक तत्व का परमाणु क्रमांक 18 तथा द्रव्यमान संख्या 40 है। इसकी परमाणु संरचना का चित्र बनाइए।

हल: प्रोटॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक = 18

न्यूट्रॉनों की संख्या = द्रव्यमान संख्या – परमाणु क्रमांक

$= 40 - 18 = 22$ **उत्तर**



प्रश्न 15. क्लोरीन के दो समस्थानिकों के परमाणु भार क्रमशः 35 एवं 37 हैं। इन कणों की द्रव्यमान संख्याओं में कितना अंतर होगा?

हल: परमाणु भार = 35 एवं 37

परमाणु भारों में अंतर = $37-35=2$

$\because$ द्रव्यमान संख्या = परमाणु भार

अत: द्रव्यमान संख्याओं में अंतर = $37-35=2$ उत्तर

प्रश्न 16. एक तत्व की द्रव्यमान संख्या 209 तथा परमाणु संख्या 83 है। इस तत्व के परमाणु से क्रमशः एक α तथा एक β-कण निकलते हैं। नए तत्व की द्रव्यमान संख्या अथवा परमाणु संख्या बताइए।

हल: एक α-कण निकलने से परमाणु संख्या में कमी = 2×1

= 2 इकाई

एक β-कण निकलने से परमाणु संख्या में वृद्धि = 1×1

= 1 इकाई

परमाणु संख्या में कुल कमी = $2-1=1$ इकाई

अत: नए परमाणु की परमाणु संख्या = $83-1=82$

एक α-कण निकल जाने से परमाणु भार में कमी = 4 इकाई

β-कण निकल जाने से परमाणु भार में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

अत: नए परमाणु का परमाणु भार = $209-4=205$

नया तत्व = ${}_{82}X^{205}$ उत्तर

प्रश्न 17. 226 परमाणु भार तथा 88 परमाणु क्रमांक वाले एक तत्व से दो α-कण निकलने के बाद प्राप्त तत्व का परमाणु भार और परमाणु क्रमांक क्या होगा?

हल: दो α-कण निकलने से परमाणु संख्या में कमी = $2\times2=4$ इकाई

अत: नए परमाणु की परमाणु संख्या = $88-4=84$ इकाई

दो α-कण निकल जाने से परमाणु भार में कमी = $4\times2=8$ इकाई

अत: नए परमाणु का परमाणु भार = $226-8=218$

अब नया तत्व = ${}_{84}X^{218}$ उत्तर

प्रश्न 18. किसी तत्व के परमाणु में 30 इलेक्ट्रॉन हैं। इस तत्व की बाह्यतम कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना ज्ञात कीजिए।

हल: तत्व के नाभिक में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = प्रोटॉनों की संख्या = 30

बोहर-बरी के अनुसार,

पहली कक्षा या K कोश में = 2 इलेक्ट्रॉन

दूसरी कक्षा या L कोश में = 8 इलेक्ट्रॉन

तीसरी कक्षा या M कोश में = 18 इलेक्ट्रॉन

चतुर्थ कक्षा या N कोश में = 2 इलेक्ट्रॉन

अत: इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 18, 2 होगा

अत: इसकी बाह्यतम कक्षा में 2 इलेक्ट्रॉन होंगे। उत्तर

प्रश्न 19. सोडियम और क्लोरीन की परमाणु संख्याएँ क्रमशः 11 व 17 हैं। इनकी बाह्यतम कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों की संख्याएँ ज्ञात कीजिए।

हल: सोडियम के नाभिक में प्रोट्रॉनों की संख्या = सोडियम की परमाणु संख्या = 11

प्रोट्रॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या

बोहर-बरी के अनुसार,

सोडियम की पहली कक्षा या K कोश में = 2 इलेक्ट्रॉन

सोडियम की दूसरी कक्षा या L कोश में = 8 इलेक्ट्रॉन

सोडियम की तीसरी कक्षा या M कोश में = 1 इलेक्ट्रॉन

अत: सोडियम का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 1 होगा।

क्लोरीन की पहली कक्षा या K कोश में = 2 इलेक्ट्रॉन

क्लोरीन की दूसरी कक्षा या L कोश में = 8 इलेक्ट्रॉन

क्लोरीन की तीसरी कक्षा या M कोश में = 7 इलेक्ट्रॉन

अत: क्लोरीन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 7 होगा।

अत: सोडियम व क्लोरीन की बाह्यतम कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या क्रमश: 1, 7 है।

प्रश्न 20. एक तत्व के परमाणु की तीसरी कक्षा में कुल 4 इलेक्ट्रॉन हैं। इस तत्व का पूर्ण इलेक्ट्रॉनिक विन्यास तथा परमाणु क्रमांक लिखिए।

हल: बोहर-बरी के अनुसार,

पहली कक्षा या K कोश में इलेक्ट्रॉन = 2

दूसरी कक्षा या L कोश में इलेक्ट्रॉन = 8

तीसरी कक्षा या M कोश में इलेक्ट्रॉन = 4 [दिया है।]

अत: इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 4

तत्व का परमाणु क्रमांक = 2 + 8 + 4 = 14 होगा। **उत्तर**

प्रश्न 21. परमाणु क्रमांक 1 से 20 वाले तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।

हल: परमाणु क्रमांक = प्रोट्रॉनों की संख्या = इलेक्ट्रॉनों की संख्या

बोहर-बरी के अनुसार,

परमाणु क्रमांक 1 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 1

परमाणु क्रमांक 2 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2

परमाणु क्रमांक 3 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,1

परमाणु क्रमांक 4 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,2

परमाणु क्रमांक 5 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,3

परमाणु क्रमांक 6 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,4

परमाणु क्रमांक 7 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,5

परमाणु क्रमांक 8 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,6

परमाणु क्रमांक 9 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,7

परमाणु क्रमांक 10 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,8

परमाणु क्रमांक 11 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2,8,1

परमाणु क्रमांक 12 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 2

परमाणु क्रमांक 13का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 3

परमाणु क्रमांक 14 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 4

परमाणु क्रमांक 15 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 5

परमाणु क्रमांक 16 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 6

परमाणु क्रमांक 17 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 7
परमाणु क्रमांक 18 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 8
परमाणु क्रमांक 19 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 8, 1
परमाणु क्रमांक 20 का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास = 2, 8, 8, 2 उत्तर

प्रश्न 22. Na^+ तथा Cl^- में कितने इलेक्ट्रॉन होंगे?

हल: Na परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक = 11
$\therefore$ Na^+ आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 11−1 = 10
Cl परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक = 17
$\therefore$ Cl^- आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 17+1 = 18 उत्तर

प्रश्न 23. K तथा Br की परमाणु संख्याएँ 19 तथा 35 हैं। K^+ तथा Br^- में कितने-कितने इलेक्ट्रॉन होंगे?

हल: K परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक = 19
$\therefore$ K^+ आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 19−1 = 18
Br परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक = 35
$\therefore$ Br^- आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 35+1 = 36 उत्तर

प्रश्न 24. यदि मैग्नीशियम तथा क्लोरीन के परमाणु क्रमांक क्रमशः 12 व 17 हैं, तो निम्नलिखित में से प्रत्येक में कितने इलेक्ट्रॉन होंगे-

(i) Mg^{++}, (ii) Cl^-

हल: Mg परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक = 12
$\therefore$ Mg^{++} आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 12−2 = 10
Cl परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = परमाणु क्रमांक = 17
$\therefore$ Cl^- आयन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 17+1 = 18 उत्तर

प्रश्न 25. C^{12} तथा C^{14} में प्रोटॉनों और इलेक्ट्रॉनों की संख्याएँ बताइए।

संकेत- कार्बन की परमाणु संख्या = 6

हल: C^{12} (कार्बन–12) में परमाणु संख्या = 6 प्रोट्रॉन = इलेक्ट्रॉन = 6
C^{12} का परमाणु भार = 12
C^{12} में न्यूट्रॉनों की संख्या = परमाणु भार − परमाणु संख्या = 12 − 6 = 6
C^{14} (कार्बन–14) में परमाणु संख्या = 6 प्रोट्रॉन = इलेक्ट्रॉन = 6
C^{14} का परमाणु भार = 14
C^{14} में न्यूट्रॉनों की संख्या = परमाणु भार − परमाणु संख्या = 14 − 6 = 8
उत्तर

▶ प्रयोगात्मक कार्य

प्रश्न. दिए गए तत्वों के परमाणु क्रमांकों का अध्ययन करना तथा उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखकर उनके परमाणु संरचना से संबंधित आरेख खींचना।

उत्तर- विद्यार्थी स्वयं करें।

14 रसायन की भाषा

▶ दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. प्रतीक या संकेत को परिभाषित कीजिए। प्रतीक की प्राचीन तथा आधुनिक प्रणाली पर प्रकाश डालिए।

उत्तर– **प्रतीक या संकेत**– सामान्यत: किसी वस्तु के नाम को कम से कम शब्दों में या चिह्न रूप में निरूपित करना, उसे प्रतीक द्वारा निरूपित करना कहलाता है। वर्तमान समय तक 112 से भी अधिक तत्व ज्ञात हैं। इन तत्वों के नामों का कोई भी रासायनिक आधार नहीं है। किसी का नाम उसके आविष्कार की विशेष घटनाओं के ऊपर तो किसी का नाम पौराणिक कथाओं के आधार पर और कभी-कभी तत्वों के विशेष गुणों के आधार पर इनका नाम रखा गया।

उदाहरण— क्लोरीन का नाम उसके हरे रंग के कारण पड़ा। आर्गन का नाम उसके रासायनिक क्रियाओं में अक्रिय होने के कारण पड़ा। यूरेनियम तत्व का नाम यूरेनस तारे की खोज के कारण पड़ा। स्ट्रान्शियम तत्व स्कॉटलैंड में स्ट्रान्शियम नामक स्थान पर पाया जाता है, अत: इस स्थान के नाम पर ही इसका नाम पड़ गया।

प्रतीकों की प्राचीन प्रणाली – सबसे पहले 15वीं शताब्दी में प्राचीन ग्रीक दार्शनिकों ने भिन्न-भिन्न तत्वों के लिए अलग-अलग प्रतीक बनाए। पुराने समय के रसायनज्ञों ने अधिकांश तत्वों के प्रतीक नक्षत्रों के चिह्न को आधार रखकर बनाए; जैसे— चाँदी को चंद्रमा से, सोने को सूर्य से तथा लोहे को शनि से आदि।

1808 ई० में जॉन डाल्टन नामक अंग्रेज वैज्ञानिक ने एक गोले के अंदर भिन्न-भिन्न चिह्न बनाकर विभिन्न तत्वों के प्रतीक बनाए। इसका अर्थ यह है कि तत्व परमाणुओं से बने हैं, परन्तु इनकों लिखने में असुविधा होती है। इसलिए इस विधि को अमान्य ठहराया गया।

प्रतीकों की आधुनिक प्रणाली– स्वीडन के सुप्रसिद्ध वैज्ञानिक जे०जे० बर्जीलियस ने सन् 1814 ई० में तत्वों के प्रतीक लिखने की सरल एवं सुविधाजनक प्रणाली प्रस्तुत की। इन्होंने सर्वप्रथम तत्वों के प्रतीक लिखने के लिए अक्षरों का प्रयोग किया। इस प्रणाली के अनुसार—

(i) तत्वों के परमाणुओं को उनके अंग्रेजी अथवा लैटिन नामों के प्रथम बड़े अक्षर से निरूपित किया जाता है; जैसे— हाइड्रोजन को H तथा नाइट्रोजन को N से निरूपित करते हैं।

(ii) जब कई तत्वों के नाम एक ही अक्षर से प्रारंभ होते हैं तो तत्वों के नामों के प्रथम बड़े अक्षर के साथ एक अन्य प्रमुख उच्चारण का छोटा अक्षर भी लिखा जाता है; जैसे— कार्बन को C, कोबाल्ट को Co आदि।

(iii) कुछ तत्वों के प्रतीक लैटिन नामों से लिए गए है; जैसे—कॉपर के लैटिन नाम (Cuprum) से इसका प्रतीक Cu तथा सोडियम के लैटिन नाम (Natrium) से प्रतीक Na लिया गया है।

अत: अध्ययन की सुविधा की दृष्टि से तत्वों को निरूपित करने के लिए उनके नाम के एक या दो अक्षर प्रयोग किए जाते हैं। यही अक्षर उस तत्व के प्रतीक कहलाते हैं। ये प्रतीक अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर मान्य हैं।

प्रश्न 2. रासायनिक सूत्र कितने प्रकार के होते हैं? प्रत्येक का वर्णन कीजिए।

उत्तर- **रासायनिक सूत्र**- किसी एक ही तत्व के परमाणु या विभिन्न तत्वों के परमाणु आपस में संयोग करके अणु बनाते हैं। इस प्रकार बने अणु को प्रतीकों द्वारा प्रकट करने वाला चिह्न उसका **रासायनिक सूत्र कहलाता** है। किसी एक ही तत्व के परमाणु या विभिन्न तत्वों के परमाणु परस्पर संयोग करके अणु बनाते हैं; जैसे—

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

नाइट्रोजन का एक अणु   हाइड्रोजन के तीन अणु   अमोनिया के दो अणु

(अमोनिया का रासायनिक सूत्र)

$$H + H \longrightarrow H_2$$

हाइड्रोजन परमाणु   हाइड्रोजन परमाणु   हाइड्रोजन अणु

(हाइड्रोजन का रासायनिक सूत्र)

$$Br + Br \longrightarrow Br_2$$

ब्रोमीन परमाणु   ब्रोमीन परमाणु   ब्रोमीन अणु

(ब्रोमीन का रासायनिक सूत्र)

अत: अणुओं को प्रतीकों द्वारा निरूपित करने पर प्राप्त व्यंजक को रासायनिक सूत्र कहते हैं। रासायनिक सूत्र को आणविक सूत्र भी कहते हैं।

रासायनिक सूत्र निम्नलिखित तीन प्रकार के होते हैं—

(i) मूलानुपाती सूत्र, (ii) आणविक या अणुसूत्र, (iii) संरचना सूत्र

(i) **मूलानुपाती सूत्र**- मूलानुपाती सूत्र किसी यौगिक के अणु में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्याओं के सरल अनुपात को प्रदर्शित करता है। **उदाहरण**- ग्लूकोस के अणु में कार्बन, हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन का सरल अनुपात 1 : 2 : 1 है। अत: इसका मूलानुपाती सूत्र CH_2O है। हाइड्रोजन परॉक्साइड (H_2O_2) में हाइड्रोजन व ऑक्सीजन में सरलतम अनुपात 2 : 2 अथवा 1 : 1 है।

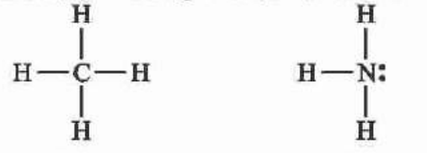
अत: इसका मूलानुपाती सूत्र HO है। एक ही मूलानुपाती सूत्र कई यौगिकों के लिए हो सकता है; जैसे— मूलानुपाती सूत्र CH_2O से फॉर्मेल्डिहाइड का भी बोध होता है।

(ii) **आणविक या अणुसूत्र**- वह रासायनिक सूत्र जो किसी यौगिक के एक अणु में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की वास्तविक संख्या को प्रदर्शित करता है, **अणुसूत्र** कहलाता है। **उदाहरण**- ग्लूकोस का आणविक सूत्र $C_6H_{12}O_6$ है। इससे स्पष्ट होता है कि ग्लूकोस के एक अणु में कार्बन के 6 परमाणु, हाइड्रोजन के 12 तथा ऑक्सीजन के 6 परमाणु उपस्थित हैं। इसी प्रकार हाइड्रोजन परॉक्साइड का अणुसूत्र H_2O_2 है, जिसमें हाइड्रोजन के व ऑक्सीजन के दो- दो परमाणु विद्यमान हैं।

यौगिक का अणुसूत्र व मूलानुपाती सूत्र परस्पर निम्नलिखित प्रकार से संबंधित हैं—

$$\text{अणुसूत्र} = (\text{मूलानुपाती सूत्र})n; \quad \text{जहाँ } n = \frac{\text{अणुभार}}{\text{मूलानुपाती सूत्रभार}}$$

(iii) **संरचना सूत्र–** किसी यौगिक का संरचना सूत्र यह प्रदर्शित करता है कि उस यौगिक के एक अणु में उपस्थित विभिन्न परमाणु एक-दूसरे से किस प्रकार से जुड़े हैं। **उदाहरण– (a)** मेथेन का संरचना सूत्र यह प्रदर्शित करता है कि इसके एक अणु में एक कार्बन परमाणु चार हाइड्रोजन परमाणुओं से एक-एक सह-संयोजक बंधों द्वारा जुड़ा है। **(b)** अमोनिया के एक अणु में एक नाइट्रोजन परमाणु तीन हाइड्रोजन परमाणुओं से एक-एक सह-संयोजक बंधों द्वारा जुड़ा है।



मेथेन **अमोनिया**

प्रश्न 3. अणुसूत्र का महत्व लिखिए।

उत्तर– अणुसूत्र का महत्व– किसी यौगिक के सूत्र से तात्पर्य सामान्यत: उसके आणविक सूत्र से होता है। इससे अग्रलिखित तथ्यों की जानकारी होती है–

(i) पदार्थ के एक अणु का बोध होता है।

(ii) यौगिक में उपस्थित तत्वों का बोध होता है।

(iii) आणविक सूत्र ज्ञात होने पर संयोजी परमाणुओं की संख्या ज्ञात हो जाती है; जैसे– जल के आणविक सूत्र H_2O से ज्ञात होता है कि जल के एक अणु में हाइड्रोजन के 2 परमाणु तथा ऑक्सीजन का 1 परमाणु है।

(iv) यौगिक के एक अणु में द्रव्यमान की दृष्टि से विभिन्न तत्वों के अनुपात का ज्ञान होता है; जैसे– जल (H_2O) में हाइड्रोजन के (द्रव्यमान की दृष्टि से) 2 भाग ऑक्सीजन के 16 भाग से संयोग करते हैं और जल का 18 भाग बनाते हैं।

(v) यदि यौगिक गैस है तो अणुसूत्र एक ग्राम-अणु के आयतन को भी प्रदर्शित करता है, क्योंकि किसी गैस के अणुभार की संख्या के बराबर ग्राम द्रव्यमान की गैस एक ग्राम-अणु कहलाती है। सामान्य दाब और ताप पर प्रत्येक गैस के एक ग्राम अणु का आयतन 22.4 लीटर होता है।

(vi) यदि किसी यौगिक के दाहिनी ओर जल के अणु भी लिखे हों तो उससे यौगिक के एक अणु में उपस्थित क्रिस्टलन जल का भी ज्ञान होता है;

उदाहरण– $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ में क्रिस्टल जल के 7 अणु, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ में क्रिस्टल जल के 10 अणु और $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ में क्रिस्टल जल के 5 अणु हैं।

प्रश्न 4. संयोजकता की उपयोगिता लिखिए।

उत्तर– संयोजकता – किसी तत्व की संयोजकता हाइड्रोजन के परमाणुओं की वह संख्या है, जो उस तत्व के एक परमाणु से संयोग करती है।

उदाहरण– H_2O (जल) में ऑक्सीजन की संयोजकता 2 है।

संयोजकता सदैव पूर्ण संख्या होती है।

संयोजकता की उपयोगिता– यदि कोई यौगिक दो तत्वों x तथा y के संयोग से बना हुआ है और उन तत्वों की संयोजकता ज्ञात है, तो यौगिक का सूत्र निम्न प्रकार से बनाया जा सकता है–

(i) दोनों तत्वों या मूलकों के संकेत पास-पास लिखते हैं। बाईं ओर धात्विक मूलक तथा दाईं ओर अधात्विक मूलक लिखते हैं।

(ii) यदि आवश्यकता हो, तो इन अंकों को उनके महत्तम समापवर्तक से भाग देते हैं।

(iii) मूलकों के संयोजकता अंकों को उनके ऊपर लिख देते हैं।

(iv) अब संयोजकता अंकों को परस्पर एक-दूसरे से बदल देते हैं। इस नियम को **विकर्ण** कहते हैं अर्थात् धनात्मक मूलक की संयोजकता को ऋण मूलक के नीचे और ऋणात्मक मूलक की संयोजकता को धन मूलक के नीचे लिख देते हैं। **जैसे**–

(a) सिल्वर क्लोराइड $\overset{+1}{Ag}\ \overset{-1}{Cl}$ $\quad Ag^{1} \times Cl^{1}$ $\quad AgCl$

(b) कैल्शियम कार्बोनेट $\overset{+2}{Ca}\ \overset{-2}{CO_3}$ $\quad Ca^{2} \times CO_3^{2}$ $\quad CaCO_3$

प्रश्न 5. आयन या मूलक से आप क्या समझते हैं? इनके प्रकार लिखिए।

उत्तर– **आयन या मूलक** - प्रत्येक यौगिक दो या दो से अधिक अवयवों से मिलकर बना होता है। इनमें से कुछ यौगिक जल में घोलने पर अपने अवयवों में विभक्त हो जाते हैं। इन अवयवों पर स्वतंत्र आवेश होता है; जैसे–

$$\underset{\text{सोडियम क्लोराइड}}{NaCl} \rightleftharpoons \underset{\text{सोडियम आयन}}{Na^+} + \underset{\text{क्लोराइड आयन}}{Cl^-}$$

$$\underset{\text{अमोनियम सल्फेट}}{(NH_4)_2SO_4} \rightleftharpoons \underset{\text{अमोनियम आयन}}{2NH_4^+} + \underset{\text{सल्फेट आयन}}{SO_4^{--}}$$

जलीय विलयन में उपस्थित प्रत्येक आवेशित अवयव को **आयन** या **मूलक** कहते हैं अर्थात् यौगिकों के जलीय विलयन में उपस्थित एक या अधिक तत्वों के परमाणुओं के समूह को जिस पर कम से कम एक स्वतंत्र आवेश हो, आयन कहते हैं। आयन यथार्थ में यौगिक का एक भाग होता है तथा इसका संघटन निश्चित होता है। प्रत्येक आयन की संयोजकता भी निश्चित होती है और ये रासायनिक अभिक्रियाओं में एक परमाणु की तरह भाग लेते हैं। जो आयन एक परमाणु से बना होता है, उसे सरल आयन कहते हैं।

उदाहरण– क्लोराइड (Cl^-), सोडियम (Na^+) आदि।

आयन या मूलक कभी स्वतंत्र नहीं रह सकते, ये सदैव दूसरे परमाणुओं अथवा मूलकों के साथ संयुक्त अवस्था में रहते हैं।

मूलकों के प्रकार- लवण, अम्ल व क्षार के प्रयोग से बनते हैं। किसी लवण का वह भाग जो अम्ल से प्राप्त होता है, अम्लीय आयन या मूलक कहलाता है तथा जो भार क्षार से प्राप्त होता है, क्षारीय आयन या मूलक कहलाता है; जैसे– सोडियम क्लोराइड (NaCl) लवण, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) एवं सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH) से बनता है।

$$NaOH + HCl \rightleftharpoons NaCl + H_2O$$

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

सोडियम क्लोराइड में सोडियम आयन (Na^+) क्षार (NaOH) से प्राप्त होता है; अत: इसे **क्षारीय आयन** कहते हैं। क्लोराइड आयन (Cl^-) अम्ल (HCl) से प्राप्त होता है; अत: इसे **अम्लीय आयन** कहते हैं।

अम्लीय आयन ऋण-आवेशित होते हैं, जबकि क्षारीय आयन धन-आवेशित होते हैं। अत: लवणों के जलीय विलयन में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर क्षारीय आयन ऐनोड से चलकर कैथोड की ओर जाते हैं; इन्हें धनायन तथा अम्लीय आयन कैथोड से चलकर ऐनोड की ओर जाते हैं; इन्हें ऋणायन कहते हैं।

प्रश्न 6. परमाणु भार किसे कहते हैं? परमाणु भार ज्ञात करने की कैनिजारों की विधि लिखिए।

उत्तर- **परमाणु भार-** परमाणु भार की आधुनिक परिभाषा के अनुसार, "किसी तत्व का परमाणु भार वह संख्या है जो यह प्रदर्शित करती है कि तत्व का एक परमाणु कार्बन-12 के परमाणु के बारहवें $\left(\frac{1}{12}\right)$ भाग द्रव्यमान से कितने गुना भारी है। यह संख्या तत्व के एक परमाणु के औसत द्रव्यमान तथा कार्बन-12 के परमाणु के $\left(\frac{1}{12}\right)$ भाग द्रव्यमान के अनुपात को प्रकट करती है।"

अत: $\text{तत्व का परमाणु भार} = \dfrac{\text{तत्व के एक परमाणु का द्रव्यमान}}{\text{कार्बन-12 के परमाणु के बारहवें भाग का द्रव्यमान}}$

परमाणु भार एक आपेक्षिक संख्या है, अत: इसकी कोई इकाई नहीं होती है।

परमाणु भार ज्ञात करने की कैनिजारो की विधि – यह विधि निम्नलिखित पदों में पूर्ण की जाती है—

(i) सर्वप्रथम तत्व के अनेक वाष्पशील यौगिकों के अणुभार ज्ञात करते हैं।

(ii) इसके बाद विश्लेषण द्वारा प्रत्येक यौगिक में तत्व की प्रतिशतता ज्ञात कर लेते हैं।

(iii) प्रत्येक यौगिक के अणुभार व उसमें उपस्थित उस तत्व की प्रतिशतता के आधार पर गणना द्वारा यौगिक के मोल में उपस्थित उस तत्व का द्रव्यमान ज्ञात कर लेते हैं।

यौगिक के एक मोल में उपस्थित तत्व का द्रव्यमान

$$= \frac{\text{तत्व की प्रतिशतता}}{100} \times \text{यौगिक का ग्राम-अणुभार}$$

इनमें से सबसे कम द्रव्यमान तत्व का ग्राम-परमाणु भार होता है। इस प्रकार तत्व का परमाणु भार ज्ञात हो जाता है।

प्रश्न 7. अणुभार से आप क्या समझते हैं? अणुभार ज्ञात करने की विक्टर मेयर विधि का सचित्र वर्णन लिखिए।

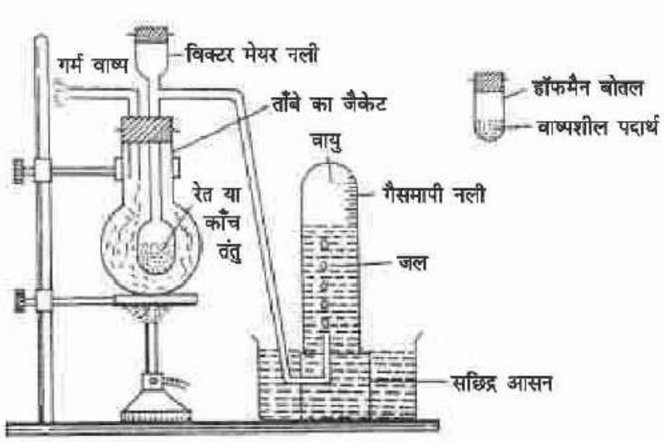
उत्तर- **अणुभार-** अणुभार की आधुनिक परिभाषा के अनुसार, "किसी तत्व या यौगिक का अणुभार वह संख्या है, जो यह प्रदर्शित करती है कि उस तत्व या यौगिक के अणु का औसत भार 12 द्रव्यमान संख्या वाले कार्बन के एक परमाणु के $\frac{1}{12}$ से कितने गुणा भारी है।"

अत: किसी तत्व या यौगिक का अणुभार

$$= \frac{\text{उस तत्व या यौगिक के एक अणु का औसत भार}}{\text{12 द्रव्यमान संख्या वाले कार्बन के एक परमाणु का भार}} \times 12$$

अणुभार ज्ञात करने की विक्टर मेयर विधि- इस विधि में सर्वप्रथम उपकरण को चित्रानुसार समायोजित कर लेते हैं। ताँबे के जैकेट में लिए गए द्रव का क्वथनांक उस वाष्पशील पदार्थ के क्वथनांक से, जिसका अणुभार ज्ञात करना है, 20-30°C अधिक होना चाहिए। हॉफमैन बोतल को अलग से साफ करके तथा सुखाकर तोल लेते हैं। इसमें वाष्पशील पदार्थ की अल्प मात्रा लेकर फिर से तौल लेते हैं। जब ताम्र जैकेट में लिया गया द्रव उबलने लगता है तथा गैसमापी नली के जल में से बुलबुले निकलने बंद हो जाते हैं, तो विक्टर मेयर नली का कार्क खोलकर उसमें हॉफमैन बोतल गिरा देते हैं,

विक्टर मेयर नली के मुँह को कार्क द्वारा पुन: बंद कर देते हैं, सछिद्र आसन के ऊपर रखी गैसमापी नली को हटा देते हैं तथा जल से भरी एक दूसरी गैसमापी नली को सछिद्र आसन के ऊपर रख देते हैं। हॉफमैन बोतल में भरे पदार्थ के वाष्पीकरण के कारण बोतल का कार्क खुल जाता है तथा वाष्पशील पदार्थ की वाष्पें विक्टर मेयर नली में भरी वायु को विस्थापित करती हैं। विस्थापित वायु गैसमापी नली में एकत्रित होने लगती है। जब गैसमापी नली में बुलबुले आने बंद हो जाते हैं तो उसमें एकत्रित वायु का आयतन नोट कर लेते हैं। जल का ताप तथा वायुमंडलीय दाब भी नोट कर लेते हैं। गणना द्वारा पदार्थ का अणुभार ज्ञात कर लेते हैं।



विक्टर मेयर विधि द्वारा अणुभार ज्ञात करना

गणना – सर्वप्रथम प्रयोग की ताप तथा दाब की अवस्थाओं में प्राप्त विस्थापित वायु का आयतन नोट कर लेते हैं। गैस समीकरण की सहायता से पदार्थ की वाष्पों द्वारा विस्थापित वायु का आयतन N.T.P. पर ज्ञात कर लेते हैं। मान लिया कि—

पदार्थ का द्रव्यमान = W ग्राम

पदार्थ की वाष्प द्वारा विस्थापित वायु का N.T.P. पर आयतन = V मिली

अत: पदार्थ की वाष्पों का N.T.P. पर आयतन भी V मिली ही होगा।

$\because$ N.T.P. पर पदार्थ की V मिली वाष्पों का भार = W ग्राम

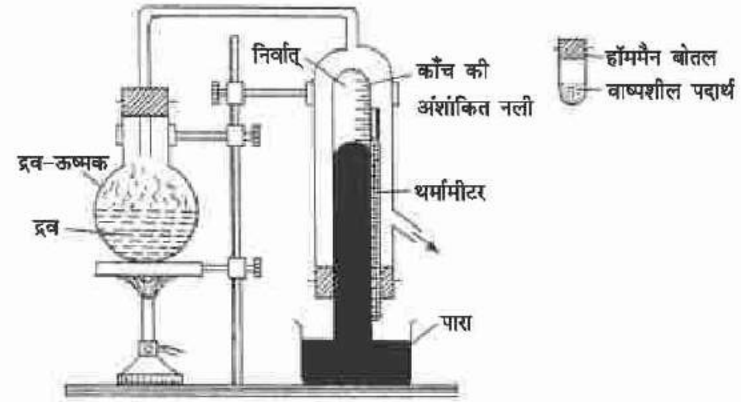
$\therefore$ N.T.P. पर पदार्थ की 22400 मिली वाष्पों का भार = $\frac{W}{V} \times 22400$ ग्राम

N.T.P. पर प्रत्येक गैस के 22400 मिली का भार उसके ग्राम–अणु भार के बराबर होता है।

अत: पदार्थ का अणुभार = $\frac{W}{V} \times 22400$ ग्राम

प्रश्न 8. अणुभार ज्ञात करने की हॉफमैन विधि का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर– **अणुभार ज्ञात करने की हॉफमैन विधि–** विक्टर मेयर विधि से अवाष्पशील तथा उन वाष्पशील पदार्थों के अणुभार ज्ञात नहीं किए जा सकते हैं जो गर्म करने पर अपने क्वथनांक से पूर्व ही अपघटित हो जाते हैं। हॉफमैन विधि से ऐसे वाष्पशील पदार्थों के अणुभार ज्ञात करते हैं, जो गर्म करने पर अपने क्वथनांक से पूर्व ही अपघटित हो जाते हैं। **उदाहरण–** ग्लिसरॉल का अणुभार इस विधि द्वारा ज्ञात करते हैं।



हॉफमैन विधि द्वारा अणुभार ज्ञात करना

इस विधि में प्रयुक्त उपकरण चित्र में प्रदर्शित किया जाता है। लगभग 1 मीटर लंबी काँच की अंशांकित नली को पारे से भरकर पारे से भरी एक द्रोणिका में चित्रानुसार उल्टा लटका देते हैं। नली के ऊपर भाग में लगभग 24 सेमी लंबाई में निर्वात उत्पन्न हो जाता है। यह नली काँच के एक जैकेट द्वारा घिरी होती है। जैकेट में एक ऐसे द्रव की वाष्पें प्रवाहित करते रहते हैं, जिनका क्वथनांक पदार्थ के अपघटन के ताप से लगभग 20-30°C कम होता है। एक साफ एवं शुष्क हॉफमैन बोतल को तौल लेते हैं तथा उसे पदार्थ से पूरी तरह से भरकर फिर तौल लेते हैं। जब जैकेट में लगा थर्मामीटर एक स्थिर ताप प्रदर्शित करने लगे तब हॉफमैन बोतल को काँच की नली में नीचे की ओर से प्रवेश करा देते हैं। पारे का घनत्व अधिक होने के कारण, हॉफमैन बोतल नली में पारे के ऊपर पहुँच जाती है। ताप के प्रभाव में पदार्थ के वाष्पीकरण के कारण बोतल का ढक्कन अलग हो जाता है। निर्वात के कारण पदार्थ का पूर्ण वाष्पीकरण हो जाता है। पदार्थ की वाष्पों का आयतन (मिली में), नली में पारे के तल की ऊँचाई (मिमी में), वायुमंडलीय दाब तथा जैकेट का ताप नोट कर लेते हैं। गणना द्वारा पदार्थ का अणुभार ज्ञात कर लेते हैं।

गणना – मान लिया कि प्रारंभ में काँच की नली में पारे के तल की ऊँचाई H मिमी है। अत: वायुमंडलीय दाब H मिमी पारे के दाब के बराबर है। मान लिया कि प्रयोग के अन्त में काँच की नली में पारे के तल की ऊँचाई h मिमी है। अत: काँच की नली में स्थित पदार्थ की वाष्पों का दाब $(H-h)$ मिमी पारे के दाब के बराबर होगा। थर्मामीटर द्वारा पदार्थ की वाष्पों का ताप भी नोट कर लेते हैं। काँच की नली में स्थित पदार्थ की वाष्पों का आयतन भी नोट कर लेते हैं। गैस समीकरण की सहायता से पदार्थ की वाष्पों का आयतन N.T.P. पर ज्ञात कर लेते हैं। मान लिया कि–

पदार्थ का द्रव्यमान $= W$ ग्राम

पदार्थ की वाष्पों का N.T.P. पर आयतन $= V$ मिली

$\because$ N.T.P. पर पदार्थ की V मिली वाष्पों का भार $= W$ ग्राम

$\therefore$ N.T.P. पर पदार्थ की 22400 मिली वाष्पों का भार $= \frac{W}{V} \times 22400$ ग्राम

N.T.P. पर प्रत्येक गैस के 22400 मिली का भार उसके ग्राम-अणु भार के बराबर होता है।

अत: पदार्थ का अणुभार $= \frac{W}{V} \times 22400$ ग्राम

प्रश्न 9. अम्ल तथा क्षार के तुल्यांकी भार की परिभाषा उदाहरण तथा उनके सूत्र सहित दीजिए।

उत्तर- **अम्ल का तुल्यांकी भार** - किसी अम्ल का तुल्यांकी भार उसके द्रव्यमान भागों की वह संख्या है, जिसमें एक द्रव्यमान भाग विस्थापनीय हाइड्रोजन उपस्थित हैं; **उदाहरण**— हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) के $(1+35.5)=36.5$ द्रव्यमान भाग में एक द्रव्यमान भाग विस्थापनीय हाइड्रोजन है; अत: HCl का तुल्यांकी भार 36.5 है। सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4) के $(2\times1+32+4\times16)=98$ द्रव्यमान भाग में 2 द्रव्यमान भाग विस्थापनीय हाइड्रोजन है। अत: H_2SO_4 का तुल्यांकी भार $\frac{98}{2}=49$ है।

अम्लों में विस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या को अम्ल की क्षारकता या भास्मिकता कहते हैं।

अत: HNO_3 की क्षारकता 1 तथा H_2SO_4 की 2 है। इस प्रकार स्पष्ट है कि—

$$\text{अम्ल का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{अम्ल का अणुभार}}{\text{अम्ल की क्षारकता}}$$

क्षार का तुल्यांकी भार - क्षार का तुल्यांकी भार क्षार के द्रव्यमान भागों की वह संख्या है, जिसमें एक द्रव्यमान भाग विस्थापनीय हाइड्रॉक्सिल (OH^-) आयन उपस्थित हो या जो किसी अम्ल के तुल्यांकी भार को पूर्णत: उदासीन कर सके। जैसे—

$$\underset{(23+16+1=40)}{NaOH} + \underset{(1+35.5=36.5)}{HCl} \longrightarrow NaCl + H_2O$$

36.5 द्रव्यमान भाग HCl को पूर्णत: उदासीन करने के लिए 40 द्रव्यमान भाग NaOH की आवश्यकता होती है इसके अतिरिक्त 40 द्रव्यमान भाग NaOH में एक द्रव्यमान भाग (OH^-) विस्थापनीय है। अत: NaOH का तुल्यांकी भार 40 है।

इस प्रकार Na_2CO_3 तथा HCl की अभिक्रिया में—

$$\underset{(2\times23+12+3\times16=106)}{Na_2CO_3} + \underset{2(1+35.5)=73}{2HCl} \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$$

HCl के दो तुल्यांकी भार 73 द्रव्यमान भाग को पूर्णत: उदासीन करने के लिए 106 द्रव्यमान भाग Na_2CO_3 की आवश्यकता होती है। अत: Na_2CO_3 का तुल्यांकी भार $\frac{106}{2}=53$ है।

किसी क्षार में उपस्थित हाइड्रॉक्सिल (OH^-) मूलकों की संख्या को उस क्षार की अम्लता कहते हैं; जैसे— KOH, NaOH और NH_4OH की अम्लता 1 है, $Ca(OH)_2$ और $Ba(OH)_2$ की अम्लता 2 है तथा $Al(OH)_3$ और $Fe(OH)_3$ की अम्लता 3 है। अत:

किसी क्षार की अम्लता, अणुभार तथा तुल्यांकी भार में निम्नलिखित संबंध होता है—

$$\text{क्षार का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{क्षार का अणुभार}}{\text{क्षार की अम्लता}}$$

प्रश्न 10. मोल धारणा को विस्तार से समझाइए।

उत्तर- **मोल धारणा** - मोल एक संख्या है जो 12 ग्राम कार्बन-12 में उपस्थित परमाणुओं की संख्या के बराबर होती है।

आधुनिक तकनीकों की सहायता से 12 ग्राम कार्बन-12 में उपस्थित परमाणुओं की संख्या ज्ञात की जा चुकी है। इसका मान 6.0220943×10^{23} पाया गया है। सामान्यत: यह मान तीन दशमलव स्थान तक ही प्रयुक्त किया जाता है। अत:

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

इस संख्या को **आवोगाड्रो संख्या** कहते हैं। इसका मान आवोगोड्रो ने ज्ञात नहीं किया था लेकिन आवोगोड्रो के रसायन विज्ञान में योगदान के महत्व को प्रदर्शित करने के लिए इसका मान आवोगोड्रो संख्या रखा गया है। यहाँ यह स्पष्ट कर लेना लाभप्रद रहेगा कि जिस प्रकार दर्जन एक संख्या है, मोल भी एक संख्या ही है।

1 दर्जन आलपिन = 12 आलपिन

1 मोल आलपिन = 6.022×10^{23} आलपिन

1 दर्जन हाइड्रोजन परमाणु = हाइड्रोजन के 12 परमाणु

1 मोल हाइड्रोजन परमाणु = हाइड्रोजन के 6.022×10^{23} परमाणु

1 मोल हाइड्रोजन (H_2) = हाइड्रोजन के 6.022×10^{23} अणु

1 मोल अमोनिया (NH_3) = अमोनिया के 6.022×10^{23} अणु

1 मोल (Cl^-) = क्लोरीन के 6.022×10^{23} ऋणायन

1 मोल इलेक्ट्रॉन = 6.022×10^{23} इलेक्ट्रॉन

स्पष्ट है कि मोल, अणु का लघु रूप नहीं है तथा यह संख्या किसी भी प्रकार के कण (परमाणु, अणु, मूलक, आयन, इलेक्ट्रॉन, प्रोट्रॉन, न्युट्रॉन आदि) के लिए प्रयुक्त की जा सकती है।

उपर्युक्त विवरण के अनुसार, किसी भी प्रकार के कण के लिए–

$$\text{मोलों की संख्या} = \frac{\text{कणों की संख्या}}{6.022 \times 10^{23}}$$

प्रश्न 11. रासायनिक समीकरण क्या है? इसके लिखने की विधि का वर्णन कीजिए।

उत्तर- **रासायनिक समीकरण-** किसी रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले अभिकारकों तथा अभिक्रिया के परिणामस्वरूप प्राप्त होने वाले उत्पादों को प्रतीकों तथा सूत्रों द्वारा निरूपित करने को **रासायनिक समीकरण** कहते हैं।

उदाहरण– सिल्वर नाइट्रेट के विलयन को सोडियम क्लोराइड के विलयन में मिलाने पर सिल्वर क्लोराइड और सोडियम नाइट्रेट प्राप्त होता है। इस रासायनिक अभिक्रिया को संक्षेप में निम्न समीकरण के रूप में व्यक्त करते हैं–

$$AgNO_3 + NaCl \longrightarrow AgCl + NaNO_3$$

सिल्वर नाइट्रेट + सोडियम क्लोराइड ⟶ सिल्वर क्लोराइड + सोडियम नाइट्रेट

रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों को **अभिकारक** तथा अभिक्रिया के परिणामस्वरूप प्राप्त होने वाले पदार्थों को **उत्पाद** कहते हैं।

रासायनिक समीकरण लिखने की विधि– किसी रासायनिक अभिक्रिया को रासायनिक समीकरण लिखने के लिए अभिकारकों व उत्पादों के सूत्रों का ज्ञान आवश्यक है। रासायनिक समीकरण में पदार्थ सदैव अणु के रूप में लिखे जाते हैं। **उदाहरण**– हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, ऑक्सीजन तथा क्लोरीन आदि को क्रमश: H_2, N_2, O_2 तथा Cl_2 लिखते हैं; क्योंकि ये सभी गैसें द्विपरमाणुक हैं। एक परमाणुक तत्वों को उनके प्रतीकों द्वारा लिखा जाता है। **उदाहरण**– सोडियम, मैग्नीशियम तथा कॉपर को

क्रमश: Na, Mg तथा Cu लिखा जाता है। अब निम्नलिखित पदों पर क्रम से चलते हुए रासायनिक समीकरण लिखी जाती है—

(i) रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले अभिकारकों को प्रतीकों अथवा सूत्रों द्वारा सदैव बाईं ओर लिखा जाता है तथा विभिन्न अभिकारकों के बीच धन (+) का चिह्न लगा दिया जाता है। **उदाहरण**— मैग्नीशियम धातु, ऑक्सीजन में जलकर मैग्नीशियम ऑक्साइड बनाती है। अत: इस समीकरण के लिए बायाँ पक्ष $Mg + O_2$ होगा।

(ii) रासायनिक अभिक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त उत्पादों को प्रतीकों अथवा सूत्रों द्वारा दाईं ओर लिखा जाता है तथा विभिन्न उत्पादों के बीच धन (+) का चिह्न लगा दिया जाता है, जैसे— उपर्युक्त अभिक्रिया में उत्पाद मैग्नीशियम ऑक्साइड (MgO) है। इसलिए दाहिने पक्ष में MgO लिख देते हैं।

(iii) अभिकारकों और उत्पादों के बीच बराबर (=) अथवा एक तीर (→) का चिह्न लगा देते हैं; जैसे—

$$Mg + O_2 \longrightarrow MgO \qquad ...(1)$$

(iv) रासायनिक समीकरण के बाईं ओर तथा दाईं ओर प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या बराबर होनी चाहिए, क्योंकि द्रव्य की अविनाशिता के नियम के अनुसार, किसी रासायनिक परिवर्तन में न तो कोई परमाणु नष्ट होता है और न ही बनता है। अत: समीकरण (1) के दोनों पक्षों में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या बराबर होनी चाहिए। यदि ऐसा नहीं है तो इन्हें बराबर किया जाता है। बराबर करने के लिए तार्किक विधि से विचार करना होगा—

इसलिए, $$Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO \qquad ...(2)$$

इसे दो अणु मैग्नीशियम ऑक्साइड बनाने के लिए मैग्नीशियम धातु के दो परमाणु आवश्यक हैं। इसलिए—

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO \qquad ...(3)$$

उपर्युक्त समीकरण को संतुलित रासायनिक समीकरण कहते हैं। क्योंकि इसके दोनों पक्षों में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या बराबर है।

"वह रासायनिक समीकरण, जिसके दोनों पक्षों में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या बराबर होती है, **संतुलित रासायनिक समीकरण** कहलाती है।" **उदाहरण**—

(a) $$\underset{\text{पोटैशियम क्लोरेट}}{2KClO_3} \longrightarrow \underset{\text{पोटैशियम क्लोराइड}}{2KCl} + \underset{\text{ऑक्सीजन}}{3O_2}$$

(b) $$\underset{\text{हाइड्रोजन}}{H_2} + \underset{\text{क्लोरीन}}{Cl_2} \longrightarrow \underset{\text{हाइड्रोक्लोरिक अम्ल}}{2HCl}$$

(c) $$\underset{\text{जिंक}}{Zn} + \underset{\text{सलफ्यूरिक अम्ल}}{H_2SO_4} \longrightarrow \underset{\text{जिंक सल्फेट}}{ZnSO_4} + \underset{\text{हाइड्रोजन}}{H_2}$$

प्रश्न 12. रासायनिक समीकरणों के लाभ तथा कमियाँ लिखिए।

उत्तर- **रासायनिक समीकरणों के लाभ** – रासायनिक समीकरण से रासायनिक अभिक्रियाओं को संक्षेप में निरूपित कर लेते हैं। इसके निम्नलिखित लाभ हैं—

(i) रासायनिक समीकरण द्वारा रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले अभिकारी पदार्थों तथा प्रतिक्रिया स्वरूप बने उत्पाद पदार्थों का ज्ञान होता है।

(ii) रासायनिक समीकरण द्वारा रासायनिक अभिक्रिया के अभिकारकों तथा उत्पादों के परमाणुओं तथा अणुओं की संख्या का बोध होता है या हम यह भी कह सकते हैं

कि अभिकारकों तथा उत्पादों की मोल संख्या का बोध होता है, क्योंकि किसी पदार्थ का संकेत या सूत्र उस पदार्थ को एक मोल का बोध कराता है।

(iii) रासायनिक अभिक्रिया के अभिकारकों तथा उत्पादों की मोल संख्या ज्ञात होने पर उनके द्रव्यमान की जानकारी प्राप्त होती है।

(iv) रासायनिक अभिक्रिया में यदि कोई अभिकारक या उत्पाद गैसीय अवस्था में है तो उसके आयतन की जानकारी प्राप्त होती है, क्योंकि किसी गैस के एक ग्राम-अणुभार का आयतन मानक ताप तथा दाब पर 22.4 लीटर होता है। अत: गैसीय पदार्थों के अणुओं की संख्या में 22.4 लीटर से गुणा करके उसका आयतन ज्ञात कर सकते हैं।

(v) रासायनिक अभिक्रिया के अभिकारकों का कुल द्रव्यमान, उत्पादों के कुल द्रव्यमान के बराबर होता है। अत: पदार्थों के अविनाशिता के नियम की पुष्टि होती है।

रासायनिक समीकरण की कमियाँ – रासायनिक समीकरण की कमियाँ निम्नलिखित हैं–

(i) अभिकारकों तथा उत्पादों की भौतिक अवस्था का ज्ञान नहीं होता है।

(ii) रासायनिक समीकरण से अभिक्रिया के संपादन के लिए आवश्यक ताप, दाब तथा उत्प्रेरक का ज्ञान नहीं होता है।

(iii) अभिकारकों के सांद्रण का ज्ञान नहीं होता है।

(iv) अभिक्रिया में होने वाले ऊष्मा परिवर्तन का ज्ञान नहीं होता है।

(v) रासायनिक क्रिया की गति का ज्ञान नहीं होता है।

(vi) अभिक्रिया के पूर्ण होने में लगने वाले समय का ज्ञान नहीं होता है।

(vii) रासायनिक अभिक्रिया उत्क्रमणीय अथवा अनुत्क्रमणीय है, इसका भी ज्ञान नहीं होता है।

▶ लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. प्रतीक किसे कहते हैं?

उत्तर– **प्रतीक** – "किसी तत्व का वह संक्षिप्त रूप, जो उस तत्व के एक परमाणु को प्रकट करता है तथा तत्व के उस द्रव्यमान की सूचना देता है, जो परमाणु द्रव्यमान के समान है, **प्रतीक** कहलाता है।" जैसे— ऑक्सीजन का प्रतीक O है। जिन प्रतीकों में दो अक्षर होते हैं, उनका पहला अक्षर अंग्रेजी के कैपिटल अक्षर तथा दूसरा अक्षर अंग्रेजी का छोटा अक्षर होता है। तत्वों के प्रतीक उनके लैटिन नामों से लिए गए हैं।

उदाहरण— ऐल्यूमिनियम-Al, लोहा-Fe, कार्बन-C, क्लोरीन-Cl आदि।

प्रश्न 2. प्रतीक का महत्व लिखिए।

उत्तर– **प्रतीक का महत्व**– किसी तत्व के प्रतीक से हमें निम्नलिखित तथ्यों की जानकारी प्राप्त होती है—

(i) प्रतीक से उस तत्व के एक परमाणु का बोध होता है। **उदाहरण**— प्रतीक 'O' ऑक्सीजन के एक परमाणु को प्रदर्शित करता है। चूँकि गैसें अणु रूप में रहती हैं। (कुछ अपवाद छोड़कर) अत: किसी रासायनिक अभिक्रिया में गैस का प्रतीक लिखते समय उसे उसके अणुरूप में लिखना चाहिए; जैसे— ऑक्सीजन-O_2 (अणुरूप), हाइड्रोजन-H_2 (अणुरूप) आदि।

(ii) किसी तत्व का प्रतीक सदैव उस तत्व विशेष के नाम को संक्षेप में दर्शाता है; जैसे— नाइट्रोजन–N।

(iii) प्रतीक से उस तत्व के परमाणु भार के बराबर तत्व के द्रव्यमान का बोध होता है; जैसे— प्रतीक 'O' ऑक्सीजन तत्व के परमाणु द्रव्यमान (16) के बराबर तत्व के द्रव्यमान को प्रदर्शित करता है।

(iv) द्रव्यमान की इकाई ग्राम होने पर तत्व का प्रतीक उस तत्व के एक ग्राम परमाणु को निरूपित करता है।

(v) प्रतीक का अभिप्राय तत्व के एक ग्राम परमाणु भार से होने पर किसी तत्व का प्रतीक उस तत्व के 6.022×10^{23} को निरूपित करता है। (जबकि 6.022×10^{23} आवोगाद्रों की संख्या है।)

प्रश्न 3. रासायनिक सूत्र से आप क्या समझते हैं?

उत्तर– **रासायनिक सूत्र** – "प्रतीकों के उसे संघटन को जो किसी तत्व अथवा यौगिक के एक अणु को निरूपित करता है, रासायनिक सूत्र कहते हैं।"

किसी एक ही तत्व के परमाणु अथवा विभिन्न तत्वों के परमाणु परस्पर संयोग करके अणु बनाते हैं; जैसे—

$$\underset{\text{नाइट्रोजन परमाणु}}{N} + \underset{\text{नाइट्रोजन परमाणु}}{N} \longrightarrow N_2$$ (नाइट्रोजन का रासायनिक सूत्र N_2)

प्रश्न 4. मूलानुपाती सूत्र का क्या अर्थ है?

उत्तर– **मूलानुपाती सूत्र** — किसी यौगिक के अणु में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्याओं के सरल अनुपात को व्यक्त करने वाला सूत्र उस यौगिक का मूलानुपाती या सरल सूत्र कहलाता है। **उदाहरण**— ग्लूकोस के अणु में कार्बन, हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन के परमाणुओं की संख्या का सरल अनुपात 1 : 2 : 1 है; अतः इसका मूलानुपाती सूत्र CH_2O है। एक ही मूलानुपाती सूत्र कई यौगिकों के लिए हो सकता है; जैसे— मूलानुपाती सूत्र CH_2O से फॉर्मेल्डिहाइड का भी बोध होता है।

प्रश्न 5. आण्विक (अणु) सूत्र से आप क्या समझते हैं?

उत्तर– **आण्विक (अणु) सूत्र** – किसी यौगिक के अणु में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की वास्तविक संख्याओं को व्यक्त करने वाला सूत्र उस यौगिक का आण्विक सूत्र या अणुसूत्र कहलाता है।

उदाहरण— ग्लूकोस का आण्विक सूत्र $C_6H_{12}O_6$ है। इससे यह स्पष्ट होता है कि ग्लूकोस के 1 अणु में कार्बन के 6 परमाणु, हाइड्रोजन के 12 परमाणु तथा ऑक्सीजन के 6 परमाणु उपस्थित हैं। फॉर्मेल्डिहाइड का आण्विक सूत्र CH_2O है।

प्रश्न 6. संयोजकता किसे कहते हैं?

उत्तर– **संयोजकता** – संयोजकता शब्द का प्रयोग सर्वप्रथम फ्रैंकलैंड ने 1852 ई० में तत्वों के परमाणुओं की संयोग करने की क्षमता के लिए किया था। अत— किसी तत्व की संयोजकता उसकी रासायनिक संयोग करने की क्षमता अर्थात् संयोजन क्षमता को प्रदर्शित करता है।

"किसी तत्व की संयोजकता हाइड्रोजन के परमाणुओं की वह संख्या है, जो उस तत्व के एक परमाणु से संयोग करती है।"

प्रश्न 7. परिवर्तनीय संयोजकता से आप क्या समझते हैं?

उत्तर– **परिवर्तनीय संयोजकता** – बहुत से तत्व ऐसे होते हैं, जिनकी एक से अधिक प्रकार की संयोजकता होती है। आयरन दो रूपों में यौगिक बनाता है, जिनमें आयरन की संयोजकता

2 और 3 होती है; जैसे— $FeCl_2$ और $FeCl_3$। इसी प्रकार अन्य धातुएँ भी हैं, जो कि दो प्रकार के यौगिक बनाती हैं; जैसे— मरकरी और ताँबा। आयरन की कम संयोजकता वाले यौगिक 'अस' और अधिक संयोजकता वाले यौगिक 'इक' नामों द्वारा जोड़कर लिखे जाते हैं; जैसे— फेरस क्लोराइड ($FeCl_2$) और फेरिक क्लोराइड ($FeCl_3$)।

प्रश्न 8. ग्राम-परमाणु भार किसे कहते हैं?

उत्तर- **ग्राम-परमाणु भार-** जब किसी तत्व के परमाणु भार को ग्रामों में प्रकट करते हैं, तो वह उस तत्व का ग्राम परमाणु भार कहलाता है। **उदाहरण**— कैल्सियम का परमाणु भार 40 है तथा इसका ग्राम परमाणु भार 40 ग्राम है।

प्रश्न 9. अणुभार से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **अणुभार-** किसी पदार्थ का अणुभार वह संख्या है, जो प्रदर्शित करती है कि इस पदार्थ का एक अणु कार्बन-12 (C^{12}) के एक परमाणु के बारहवें अंश $\left(\frac{1}{12}\right)$ से कितने गुना भारी है।

अतः
$$\text{अणुभार} = \frac{\text{पदार्थ के एक अणु का भार}}{\text{कार्बन } (C^{12}) \text{ के } \left(\frac{1}{12}\right) \text{परमाणु का द्रव्यमान}}$$

प्रश्न 10. ग्राम-अणुभार किसे कहते हैं?

उत्तर- **ग्राम-अणुभार** - "जब अणु-भार को ग्राम में प्रकट किया जाता है, तो वह ग्राम अणुभार कहलाता है।" **जैसे**— क्लोरीन का अणुभार 71 है और ग्राम अणुभार 71 ग्राम है।

प्रश्न 11. ग्राम-अणु आयतन किसे कहते हैं?

उत्तर- **ग्राम-अणु आयतन-** "किसी भी पदार्थ के एक ग्राम अणुभार का गैसीय अवस्था में आयतन ग्राम-अणु आयतन कहलाता है।"

N.T.P. पर एक ग्राम-अणुभार गैस का आयतन = 22.4 लीटर

इसके अनुसार N.T.P. पर 22400 मिली हाइड्रोजन का भार = 2 ग्राम

$$1 \text{ मिली हाइड्रोजन का भार} = \frac{2}{22400} \text{ ग्राम} = 0.00009 \text{ ग्राम}$$

प्रश्न 12. तुल्यांकी भार से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **तुल्यांकी भार** - "किसी तत्व का तुल्यांकी भार उस तत्व के भार की वह संख्या है, जो हाइड्रोजन के एक भार भाग से या ऑक्सीजन के 8 भार भागों से अथवा क्लोरीन के 35.5 भार भागों से संयुक्त हो या उनके यौगिकों में से इन भारों को हटा सके।"

प्रश्न 13. ग्राम-तुल्यांकी भार को उसके सूत्रों सहित समझाइए।

उत्तर- **ग्राम-तुल्यांकी भार-** जब किसी पदार्थ के तुल्यांकी भार को ग्राम में व्यक्त करते हैं, तब उसे ग्राम-तुल्यांकी भार कहते हैं; जैसे— ऑक्सेलिक अम्ल का तुल्यांकी भार 63 है, तो 63 ग्राम इसका ग्राम-तुल्यांकी भार हो जाता है। किसी पदार्थ के एक ग्राम-तुल्यांक में उसके ग्राम-तुल्यांकी भार की जितनी मात्रा होती है, उसे ग्राम-तुल्यांकों की संख्या कहते हैं। अतः

$$\text{ग्राम-तुल्यांकों की संख्या} = \frac{\text{पदार्थ का ग्राम में भार}}{\text{पदार्थ का तुल्यांकी भार}}$$

किसी पदार्थ के 1 तुल्यांक में 1000 मिली-तुल्यांक होते हैं।

अत: $$\text{तुल्यांकों की संख्या} = \frac{\text{मिली-तुल्यांकों की संख्या}}{1000}$$

मोल संकल्पना के अनुसार,

$$\text{मोलों की संख्या} = \frac{\text{पदार्थ का ग्राम में भार}}{\text{पदार्थ का अणुभार}}$$

$$\text{मोलों की संख्या} = \frac{\text{तुल्यांकों की संख्या} \times \text{तुल्यांकी भार}}{\text{अणुभार}}$$

मोलों की संख्या × अणुभार = तुल्यांकों की संख्या × तुल्यांकी भार

प्रश्न 14. लवण के तुल्यांकी भार को उदाहरण सहित परिभाषित कीजिए।

उत्तर- **लवण का तुल्यांकी भार-** लवण का तुल्यांकी भार उसके द्रव्यमान भागों की वह संख्या है, जो एक तुल्यांकी भार अम्ल तथा एक तुल्यांकी भार क्षार के उदासीनीकरण से बनता है।

उदाहरण—

$$\underset{(23+16+1=40)}{NaOH} + \underset{(1+35.5=36.5)}{HCl} \longrightarrow \underset{(23+35.5=58.5)}{NaCl} + H_2O$$

जब एक तुल्यांकी भार NaOH (40 ग्राम), एक ग्राम-तुल्यांकी भार HCl (36.5 ग्राम) से अभिक्रिया करता है तो 58.5 ग्राम NaCl बनता है। अत: NaCl का तुल्यांकी भार 58.5 है।

प्रश्न 15. द्रव्य की अविनाशिता का नियम लिखिए।

उत्तर- **द्रव्य की अविनाशिता का नियम-** किसी रासायनिक परिवर्तन में न कोई परमाणु नष्ट होता है और न ही बनता है। अत: रासायनिक समीकरण में दोनों पक्षों में प्रत्येक तत्व की परमाणु संख्या बराबर होनी चाहिए। यदि ऐसा नहीं है तो इन्हें बराबर किया जाता है।

▶ अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

(इनके लिए अपनी पाठ्य-पुस्तक की पृष्ठ संख्या 239 देखें।)

▶ आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. 1.200 ग्राम जिंक को नाइट्रिक अम्ल में घोलने और प्राप्त नाइट्रेट को गर्म करने पर 1.497 ग्राम ऑक्साइड प्राप्त हुआ। धातु का तुल्यांकी भार क्या है?

हल: धातु का भार = 1.200 ग्राम

ऑक्साइड का भार = 1.497 ग्राम

$$\text{धातु का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{धातु का भार} \times 8}{\text{ऑक्सीजन का भार}}$$

ऑक्सीजन का भार = ऑक्साइड का भार − धातु का भार

$= 1.497 - 1.200$

$= 0.297$ ग्राम

$$\text{तुल्यांकी भार} = \frac{1.200 \times 8}{0.297} = \frac{9.6}{0.297} = 32.32$$ उत्तर

प्रश्न 2. 4.250 ग्राम ताँबे को सान्द्र नाइट्रिक अम्ल के आधिक्य में घोला गया और बने हुए नाइट्रेट को गर्म करके ताँबे का ऑक्साइड बनाया गया। ऑक्साइड का द्रव्यमान 5.329 ग्राम था। ताँबे का तुल्यांकी भार ज्ञात कीजिए।

हलः
धातु का भार = 4.250 ग्राम
ऑक्साइड का द्रव्यमान = 5.329 ग्राम
ऑक्सीजन का भार $= 5.329 - 4.250$
= 1.079 ग्राम

$$\text{तुल्यांकी भार} = \frac{\text{धातु का भार} \times 8}{\text{ऑक्सीजन का भार}}$$

$$= \frac{4.250 \times 8}{1.079}$$

$$= 31.51$$ उत्तर

प्रश्न 3. एक तत्व के ऑक्साइड में 28.6% ऑक्सीजन है। तत्व का तुल्यांकी भार ज्ञात कीजिए।

हलः
धातु का भार $= 100 - 28.6$
= 71.4%
ऑक्साइड का भार = 28.6%

$$\text{धातु का तुल्यांकी भार} = \frac{71.4 \times 100 \times 8}{28.6 \times 100}$$

$$= 19.97$$ उत्तर

प्रश्न 4. एक धातु के क्लोराइड में 54.42% धातु है। धातु के तुल्यांकी भार की गणना कीजिए।

हलः
Cl_2 का द्रव्यमान = 54.42 ग्राम
धातु का द्रव्यमान $= 100 - 54.42 = 45.58$ ग्राम

$\because$ 54.42 ग्राम Cl_2 संयुक्त होती है = 45.58 ग्राम धातु से

$\therefore$ 35.5 ग्राम Cl_2 संयुक्त होगी $= \frac{45.58}{54.52} \times 35.5$

= 29.73 ग्राम धातु से

अतः धातु का तुल्यांकी भार = 29.73 उत्तर

प्रश्न 5. एक धातु के क्लोराइड में धातु व क्लोरीन 1 : 2 अनुपात में हैं। धातु का तुल्यांकी भार ज्ञात कीजिए।

हलः

$$\text{धातु का तुल्यांकी भार} = \frac{\text{क्लोरीन का परमाणु भार}}{\text{धातु में क्लोरीन की मात्रा}}$$

$$= \frac{35.5}{2}$$ [$\because$ धातु व क्लोरीन 1 : 2 में हैं]

$$= 17.75$$ उत्तर

प्रश्न 6. किसी तत्व *A* के एक ऑक्साइड का सूत्र A_2O_3 है और तुल्यांकी भार 2.8 है तत्व का परमाणु भार ज्ञात कीजिए।

हलः A_2O_3 में A की संयोजकता = 3