

Chapter-5

द्रव्य की अवस्थाएं

(States of Matter)

पाठ्य-पुस्तक के प्रश्नोत्तर

प्रश्न 5.1. 30°C तथा 1 bar दाब पर वायु के 500 dm^3 आयतन को 200 dm^3 तक संपीड़ित करने के लिए कितने न्यूनतम दाब की आवश्यकता होगी?

हल : $\therefore P_1 = 1\text{ bar}, P_2 = ?$
 और $V_1 = 500\text{ dm}^3$ तथा $V_2 = 200\text{ dm}^3$
 $\therefore 30^{\circ}\text{C}$ स्थिर ताप पर बॉयल के नियम के अनुसार,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

या $1 \times 500 = P_2 \times 200$

या $P_2 = \frac{1 \times 500}{200}\text{ bar} = 2.5\text{ bar}$

अतः अभीष्ट दाब की आवश्यकता होगी $= 2.5\text{ bar}$

उत्तर

प्रश्न 5.2. 35°C ताप तथा 1.2 bar दाब पर 120 mL धारिता वाले पात्र में गैस की निश्चित मात्रा भरी है। यदि 35°C पर गैस को 180 mL धारिता वाले फ्लास्क में स्थानांतरित किया जाता है, तो गैस का दाब क्या होगा?

हल : $P_1 = 1.2\text{ bar}, P_2 = ?$
 $V_1 = 120\text{ mL}$ तथा $V_2 = 180\text{ mL}$
 35°C स्थिर ताप पर बॉयल के नियम के अनुसार,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$\therefore 1.2 \times 120 = P_2 \times 180$

या $P_2 = \frac{1.2 \times 120}{180}\text{ bar}$
 $= 0.8\text{ bar}$

अतः गैस का अभीष्ट दाब $= 0.8\text{ bar}$

उत्तर

प्रश्न 5.3. अवस्था समीकरण का उपयोग करते हुए स्पष्ट कीजिए कि दिए गए ताप पर गैस का घनत्व गैस के दाब के समानुपाती होता है।

हल : $\therefore PV = nRT$
 $w =$ गैस का द्रव्यमान (g में)

$$\therefore P = \frac{w}{mV} RT$$

जहाँ $m =$ गैस का आणविक द्रव्यमान

माना $p =$ घनत्व

$$p \propto \frac{RT}{m}$$

$$\left[\therefore \frac{w}{R} = p \right]$$

$\therefore R, T$ और m स्थिर हैं।

\therefore घनत्व (p) $\propto P$

उत्तर

प्रश्न 5.4. 0°C पर तथा 2 bar दाब पर किसी गैस के ऑक्साइड का घनत्व 5 bar दाब पर डाइनाइट्रोजन के घनत्व के समान है, तो ऑक्साइड का अणु-भार क्या है?

हल : नाइट्रोजन का घनत्व $p = \frac{Pm}{RT}$

जहाँ $p =$ दाब, m आण्विक द्रव्यमान, $R =$ गैस स्थिरांक तथा $T =$ तापमान है।

अब $p = 5 \times 0.987 \text{ atm}$ ($\because 1 \text{ bar} = 0.987 \text{ atm}$)

$m = 28$ तथा $R = 0.0821 \text{ L atm K/mol}$

$\therefore p = \frac{5 \times 0.987 \times 28}{0.0821 \times 273}$ ($\because T = 0\text{K} + 273\text{K} = 273\text{K}$)

\therefore गैसीय ऑक्साइड का घनत्व समान होता है।

$\therefore \frac{5 \times 0.987 \times 28}{0.0821 \times 273} = \frac{2 \times 0.987 \times x}{0.0821 \times 273}$

या $28 \times 5 = 2 \times x$

या $x = \frac{5 \times 28}{2} \text{ g/mol} = 70 \text{ g/mol}$

अतः ऑक्साइड का आण्विक द्रव्यमान = 70 g/mol

उत्तर

प्रश्न 5.5. 27°C पर एक ग्राम आदर्श गैस का दाब 2 bar है। जब समान ताप एवं दाब पर इसमें दो ग्राम आदर्श गैस मिलाई जाती है, तो दाब 3 bar हो जाता है। इन गैसों के अणुभार में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।

हल : 27°C ताप पर 1 g गैस का दाब = 2 bar

दूसरे बर्तन में 2 g गैस मिलाने पर दाब = 3 bar

गैस B का दाब = 3 bar – 2 bar = 1 bar

अब $P = \frac{n}{V} RT$ [$\because PV = nRT$]

या $P = \frac{w}{mV} RT$

या $2 = \frac{1}{m_A V} RT$... (i)

तथा $1 = \frac{2}{m_B V} RT$... (ii)

समीकरण (i) एवं (ii) से,

$\frac{2}{1} = \frac{m_B}{2m_A}$

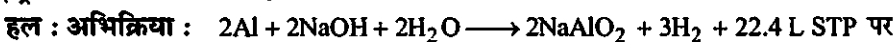
या $M_B = 4M_A$

अतः B का आण्विक द्रव्यमान = $4 \times A$ का आण्विक द्रव्यमान

या $M_B = 4M_A$

उत्तर

प्रश्न 5.6. नाली साफ करने वाले ड्रेनेक्स में सूक्ष्म मात्रा में ऐलुमीनियम होता है। यह कास्टिक सोडा से क्रिया पर डाइहाइड्रोजन गैस देता है। यदि 1 bar तथा 20°C ताप पर 0.15 g ऐलुमीनियम अभिक्रिया करेगा, तो निर्गमित हाइड्राइड्रोजन का आयतन क्या होगा?



$2 \times 27 = 54$

54 g Al प्रदान करता है = 3×22.4 L H₂ गैस

$$\therefore 15 \text{ g Al} = \frac{3 \times 22.4 \times 15}{54} \text{ L H}_2 \text{ गैस}$$

$$= \frac{1008}{54} \text{ L H}_2 \text{ गैस}$$

$$= 18.6 \text{ L H}_2 \text{ गैस}$$

अब

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

तथा

$$P_1 = 1 \text{ bar}, P_2 = 1 \text{ bar}$$

\therefore

$$\frac{1 \times 18.6}{273} = \frac{0.987 \times V_2}{293}$$

या

$$V_2 = \frac{1 \times 18.6 \times 293}{273 \times 0.987}$$

$$= \frac{5449.8}{269.451} \text{ L} = 0.203 \text{ L}$$

$$= 203 \text{ mL}$$

अतः H₂ गैस का आयतन = 203 mL

उत्तर

प्रश्न 5.7. यदि 27°C पर 9 dm³ धारिता वाले फ्लास्क में 3.2 g मेथेन तथा 4.4 g कार्बन डाइऑक्साइड का मिश्रण हो, तो इसका दाब क्या होगा?

हल : \therefore CH₄ का आण्विक द्रव्यमान = 16 g/mol

तथा CO₂ का आण्विक द्रव्यमान = 44 g/mol

$$\therefore \text{CH}_4 \text{ की मोल संख्या} = \frac{3.2}{16} = 0.2$$

$$\text{तथा CO}_2 \text{ की मोल संख्या} = \frac{4.4}{44} = 0.1$$

$$\text{और } V = 9 \text{ dm}^3 = 9 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\therefore p_{\text{CH}_4} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.2 \times 8.314 \times 300}{9 \times 10^{-3}} \text{ Nm}^{-2} \quad [\because T = 273\text{K} + 27\text{K} = 300\text{K}]$$

$$= 0.554 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

$$= 5.54 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\text{तथा } p_{\text{CO}_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.1 \times 8.314 \times 300}{9 \times 10^{-3}} \text{ Nm}^{-2}$$

$$= 0.277 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

$$= 2.77 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\therefore \text{कुल दाब (मिश्रण)} = p_{\text{CH}_4} + p_{\text{CO}_2} = (5.54 + 2.77) \times 10^4 \text{ Pa} = 8.31 \times 10^4 \text{ Pa}$$

अतः अभीष्ट दाब = 8.31×10^4 Pa

उत्तर

प्रश्न 5.8. 27°C ताप पर जब 1 L के फ्लास्क में 0.7 bar पर 2.0 L डाइऑक्साइड तथा 0.8 bar पर 0.5 L डाइहाइड्रोजन को भरा जाता है, तो गैसीय मिश्रण का दाब क्या होगा?

हल : आंशिक दाब H₂ अणु के लिए :

$$V_1 = 0.5 \text{ L}, V_2 = 1 \text{ L}$$

$$P_1 = 0.8 \text{ bar तथा } P_2 = ?$$

बॉयल के नियम के अनुसार,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

यह $0.8 \times 0.5 = P_2 \times 1$

या $P_2 = \frac{0.4}{1} \text{ bar}$

या $P_2 = 0.4 \text{ bar}$

O₂ का आंशिक दाब :

$$V_1 = 2.0 \text{ L}, V_2 = 1 \text{ L}$$

$$P_1 = 0.7 \text{ bar तथा } P_2 = ?$$

बॉयल के नियम के अनुसार,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

या $P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$

या $P_2 = \frac{0.7 \times 2.0}{1} \text{ bar} = 1.4 \text{ bar}$

∴ मिश्रण का कुल आंशिक दाब = 1.4 bar + 0.4 bar = 1.8 bar

अंतः गैसीय मिश्रण का अभीष्ट दाब = 1.8 bar

उत्तर

प्रश्न 5.9. यदि 27°C ताप तथा 2 bar दाब पर एक गैस का घनत्व 5.46 g/dm³ है, तो STP पर इसका घनत्व क्या होगा?

हल : ∴ $\frac{d_1 T_1}{P_1} = \frac{d_2 T_2}{P_2}$

$$T_1 = 27 \text{ K} + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 0 \text{ K} + 273 \text{ K} = 273 \text{ K}$$

$$d_1 = 5.46 \text{ g/dm}^3, d_2 = ?$$

$$T_1 = 300 \text{ K तथा } T_2 = 273 \text{ K}$$

$$P_1 = 2 \text{ bar तथा } P_2 = 1 \text{ bar}$$

∴ $\frac{5.46 \times 300}{2} = \frac{d_2 \times 273}{1}$

या $d_2 = \frac{5.46 \times 300}{273 \times 2} \text{ g/dm}^3 = 3 \text{ g/dm}^3$

अतः STP पर गैस का घनत्व = 3 g/dm³

उत्तर

प्रश्न 5.10. यदि 456°C तथा 0.1 bar दाब पर 34.05 mL फॉस्फोरस वाष्प का भार 0.0625 g है, तो फॉस्फोरस का मोलर द्रव्यमान क्या होगा?

हल : ∴ $P = 0.1 \text{ bar}, V = 34.05 \text{ mL} = 0.03405 \text{ L}$

$$R = 0.0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$T = 546\text{K} + 273\text{K} = 819 \text{ K}$$

तथा

$$PV = nRT$$

∴

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{0.1 \times 0.3405}{0.0821 \times 819} \text{ mol}^{-1} = 0.0005 \text{ mol}^{-1}$$

$$\therefore \text{फॉस्फोरस का आण्विक द्रव्यमान} = \frac{0.0625}{0.0005} \text{ g} = 125 \text{ g}$$

अतः फॉस्फोरस का आण्विक द्रव्यमान = 125g

उत्तर

प्रश्न 5.11. एक विद्यार्थी 27°C पर गोल पेंदे के फ्लास्क में अभिक्रिया-मिश्रण डालना भूल गया तथा उस फ्लास्क को ज्वाला पर रख दिया। कुछ समय पश्चात् उसे अपनी भूल का अहसास हुआ। उसने उच्चापमापी की सहायता से फ्लास्क का ताप 477°C पाया। आप बताइए कि वायु का कितना भाग फ्लास्क से बाहर निकला।

हल :

$$T_1 = 27\text{K} + 273\text{K} = 300 \text{ K}$$

तथा

$$T_2 = 477\text{K} + 273\text{K} = 750 \text{ K}$$

चार्ल्स के नियम के अनुसार,

$$Q = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

या

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$= \frac{300}{750} = \frac{2}{5}$$

$$\therefore \text{बाहर निकला वायु का भाग} = 1 - \frac{2}{5} = \frac{3}{5}$$

$$\text{अतः वायु का फ्लास्क से बाहर निकला भाग} = \frac{3}{5}$$

उत्तर

प्रश्न 5.12. 3.32 bar पर 5 dm³ आयतन घेरने वाली 4.0 mol गैस के ताप की गणना कीजिए।

$$R = 0.083 \text{ bar dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

हल : ∴

$$P = 3.32 \text{ bar}, V = 5 \text{ dm}^3, R = 0.083 \text{ bar dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

तथा

$$n = 4 \text{ mol}$$

और $PV = nRT$

∴

$$T = \frac{PV}{nR}$$

$$= \frac{3.32 \times 5}{4 \times 0.083} \text{ K}$$

$$= \frac{16.6}{0.332} \text{ K}$$

$$= 50 \text{ K}$$

अतः गैस के ताप का अभीष्ट मान = 50 K

उत्तर

प्रश्न 13. 1.4g डाइनाइट्रोजन गैस में उपस्थित कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना कीजिए।

हल : ∴ $28 \text{ g N}_2 \text{ गैस} = 1 \text{ mol}$
 $\therefore 1.4 \text{ g N}_2 \text{ g} = \frac{1}{28} \times 1.4 \text{ mol} = \frac{1}{20} \text{ mol} = 0.05 \text{ mol}$
 $\therefore 1 \text{ mol N}_2 = 6.02 \times 10^{23} \text{ इलेक्ट्रॉन} \times 14$
 $0.05 \text{ mol N}_2 = 0.05 \times 6.04 \times 10^{23} \times 14 \text{ इलेक्ट्रॉन}$
 $= 4.228 \times 10^{23} \text{ इलेक्ट्रॉन}$

अतः इलेक्ट्रॉनों की अभीष्ट संख्या = 4.228×10^{23}

उत्तर

प्रश्न 5.14. यदि एक सेकण्ड में 10^{10} गेहूँ के दाने वितरित किए जाएँ, तो आवोगाद्रो संख्या के बराबर दाने वितरित करने में कितना समय लगेगा?

हल : ∴ 10^{10} दाने वितरण में लगा समय = 1s
 $\therefore 6.02 \times 10^{23}$ दानों में लगा समय = $\frac{6.02 \times 10^{23}}{10^{10} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}$ years
 $= \frac{6.02 \times 10^{13}}{3.5 \times 10^7}$ years
 $= 19 \times 10^6 \text{ years (लगभग)}$

अतः अभीष्ट समय = 1.6×10^6 years

उत्तर

प्रश्न 5.15. 27°C ताप पर 1 dm^3 आयतन वाले फ्लास्क में 8g डाइऑक्सीजन तथा 4g डाइहाइड्रोजन के मिश्रण का कुल दाब कितना होगा?

हल : ∴ O_2 का भार = 8g
 \therefore मोल संख्या = $\frac{8}{32} = 0.25$
 \therefore H_2 का भार = 4g
 \therefore मोल संख्या = $\frac{4}{2} = 2$
 \therefore मिश्रण में कुल मोल = $2 \text{ mol} + 0.25 \text{ mol} = 2.25 \text{ mol}$
 \therefore फ्लास्क का आयतन = $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$
 तथा ताप = $27\text{K} + 273\text{K} = 300\text{K}$
 अब ∴ $PV = nRT$
 या $P \times 1 = 2.25 \times 0.083 \times 300 \text{ bar}$
 $= 56.025 \text{ bar}$

अतः मिश्रण का कुल दाब = 56.025 bar

उत्तर

प्रश्न 5.16. गुब्बारे के भार तथा विस्थापित वायु के भार के अन्तर को पेलोड कहते हैं। यदि 27°C पर 10m त्रिज्या वाले गुब्बारे में 1.66 bar पर 100kg हीलियम भरी जाए, तो पेलोड की गणना कीजिए। (वायु का घनत्व = 1.2 g m^{-3} तथा $R = 0.083 \text{ bar dm}^3 \text{ mol}^{-1}$)।

हल : ∴ गुब्बारे का आयतन $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
 $r = 10 \text{ m}$

∴

$$V = \frac{4}{3} \times 3.14 \times 10^3 \text{ m}^3 \\ = 4187.67 \text{ m}^3 \\ = 4187 \text{ m}^3$$

विस्थापित वायु का भार = $4187 \times 1.2 \text{ kg} = 5024.4 \text{ kg}$

$$T = 27 \text{ K} + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$$

मोल संख्या

$$n = \frac{PV}{RT} \\ = \frac{1.66 \times 4187}{0.083 \times 300} \text{ mol} \\ = \frac{6950.42}{24.9} \text{ mol} \\ = 279.1 \times 10^3 \text{ mol}$$

हीलियम का द्रव्यमान = $279.1 \times 10^3 \times 4 \text{ kg} = 1116.4 \text{ kg}$

भरे गुब्बारे का भार = $100 \text{ kg} + 1116.4 \text{ kg} = 1216.4 \text{ kg}$

∴

$$\text{पेलोड} = \text{विस्थापित गैस का भार} - \text{गुब्बारे का भार} \\ = 5024.4 \text{ kg} - 1216.4 \text{ kg} = 3808 \text{ kg}$$

अतः

पेलोड का अभीष्ट मान = 3808 kg

उत्तर

प्रश्न 5.17. 31.1°C तथा 1 bar दाब पर 8.8 g CO_2 द्वारा घेरे गए आयतन की गणना कीजिए।
($R = 0.083 \text{ bar L mol}^{-1}$)

हल : ∴ $P = 1 \text{ bar}$, $T = 304.1 \text{ K}$, $W_{\text{CO}_2} = 8.8 \text{ g}$ तथा $M_{\text{CO}_2} = 44$

$$T = 31.1 \text{ K} + 273 \text{ K} = 304.1 \text{ K}$$

∴

$$PV = \frac{W}{M} RT$$

या

$$1 \times V = \frac{8.8}{44} \times 0.083 \times 304.1$$

या

$$V = 0.0166 \times 304.1 \text{ L} \\ = 5.04806 \text{ L} = 5.05 \text{ L}$$

अतः

घेरे गए आयतन का मान = 5.05 L

उत्तर

प्रश्न 5.18. समान दाब पर किसी गैस के 2.9 g द्रव्यमान का 95°C तथा 0.184 g डाइहाइड्रोजन का 17°C पर आयतन समान है। बताइए कि गैसों का मोलर द्रव्यमान क्या होगा?

हल : ∴

आदर्श गैस समीकरण $PV = nRT$

माना वायु का आण्विक द्रव्यमान = $M \text{ g/mol}$

तथा

गैस का द्रव्यमान = 2.9 g

∴

$$\text{मोल संख्या } n = \frac{2.9}{M} \text{ mol}$$

तथा

$$T = 273 \text{ K} + 95 \text{ K} = 368 \text{ K}$$

∴

$$PV = \frac{2.9}{M} \times R \times 368$$

और

हाइड्रोजन का द्रव्यमान = 0.184 g

$$H_2 \text{ की मोल संख्या} = \frac{0.184}{2}$$

$$T = 273 \text{ K} + 17 \text{ K} = 290 \text{ K}$$

$$PV = \frac{0.184}{2} \times R \times 290 \quad \dots(ii)$$

समीकरणों (i) एवं (ii) से,

$$\frac{2.9}{M} \times R \times 368 = \frac{0.184}{2} \times R \times 290$$

या

$$M = \frac{2.9 \times 368 \times 2}{0.184 \times 290} \text{ g mol}^{-1}$$

$$= \frac{2134.4}{53.36} \text{ g mol}^{-1}$$

$$= 40 \text{ g mol}^{-1}$$

अतः गैस का मोलर द्रव्यमान = 40 g mol⁻¹

उत्तर

प्रश्न 5.19. एक bar दाब का डाइहाइड्रोजन तथा डाइऑक्सीजन के मिश्रण में 20% डाइहाइड्रोजन (भार से) रखा जाता है, तो डाइहाइड्रोजन का आंशिक दाब क्या होगा?

हल : $P = P_m x$ मोल अंश

$$\therefore P_{H_2} = 1 \text{ bar} \times \frac{20}{100} = 0.2 \text{ bar}$$

अतः आंशिक दाब = 0.2 bar

उत्तर

प्रश्न 5.20. $PV^2 T^2 / n$ राशि के लिए SI इकाई क्या होगी?

$$\text{उत्तर—SI इकाई} = \frac{\text{Pa} \times (\text{m}^3)^2 \text{K}^2}{\text{mol}} = \text{Pa m}^6 \text{K}^2 \text{mol}^{-1}$$

प्रश्न 5.21. चार्ल्स के नियम के आधार पर समझाइए कि न्यूनतम संभव ताप -273°C होता है।

उत्तर—चार्ल्स के नियम के अनुसार,

$$V_t = V_0 \left[1 + \frac{t}{273} \right]$$

$$t = -273^\circ \text{C पर,}$$

$$V_t = V_0 \left[1 - \frac{273}{273} \right]$$

$$\text{या } V_t = V_0 (1 - 1)$$

$$\text{या } V_t = V_0 \times 0 = 0$$

अतः -273°C न्यूनतम संभव ताप है; क्योंकि इससे कम ताप पर आयतन ऋणात्मक हो जाता है, जो कि संभव नहीं है।

प्रश्न 5.22. कार्बन डाइऑक्साइड तथा मेथेन का क्रांतिक ताप क्रमशः 31.1°C एवं -81.9°C है। इनमें से किसमें प्रबल अंतर आण्विक बल है तथा क्यों?

उत्तर—अधिक धूर्णता के कारण कार्बन डाइऑक्साइड में अंतर-आण्विक बल अधिक है।

प्रश्न 5.23. वॉन्डरवाल्स प्राचल की भौतिक सार्थकता को समझाइए।

उत्तर—वॉन्डरवाल्स प्राचल a की सार्थकता— a का मान गैस अणुओं के बीच आकर्षण बल की प्रबलता का बोध करता है। प्राचल a की इकाई $\text{atm L}^2 \text{mol}^{-2}$ है। a का अधिक मान आकर्षण बल की प्रबलता का बोध करता है।

वॉन्डरवाल्स b प्राचल की सार्थकता—प्राचल b सह आयतन स्थिरांक कहलाता है। इनकी इकाई L mol^{-1} है। अणु के वास्तविक आयतन का चार गुना मान होता है।