2 अध्याय

विलयन

Solutions

पाठ्यनिहित प्रश्न

प्रश्न 1. यदि 22 g बेन्जीन में 122 g कार्बन टेट्राक्लोराइड घुली हो, तो बेन्जीन एवं कार्बन टेट्राक्लोराइड के द्रव्यमान प्रतिशत की गणना कीजिए।

हल बेन्जीन का द्रव्यमान = 22 g; CCl_4 का द्रव्यमान = 122 g

विलयन का द्रव्यमान = 22 + 122 = 144 g

बेन्जीन का द्रव्यमान $= \frac{22}{144} \times 100 = 15.28\%$

CCl_4 का द्रव्यमान = 100 − 15.28 = 84.72%

प्रश्न 2. एक विलयन में बेन्जीन, 30% कार्बन टेट्राक्लोराइड में घुली हुआ हो, तो बेन्जीन के मोल-अंश की गणना कीजिए।

हल 100 g विलयन के लिए

बेन्जीन का द्रव्यमान = 30 g

कार्बन टेट्राक्लोराइड का (CCl_4) द्रव्यमान = 100 − 30 = 70 g

बेन्जीन (C_6H_6) का मोलर द्रव्यमान $= (12 \times 6) + (6 \times 1)$

$= 72 + 6 = 78 \text{ g mol}^{-1}$

बेन्जीन के मोलों की संख्या, $n_{C_6H_6} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}} = \frac{30}{78} = 0.385 \text{ mol}$

कार्बन टेट्राक्लोराइड, (CCl_4) का मोलर द्रव्यमान $= 12 + (35.5 \times 4)$

$= 12 + 142.0 = 154 \text{ g mol}^{-1}$

CCl_4, के मोलों की संख्या, $n_{CCl_4} = \frac{70 \text{ g}}{(154 \text{ g mol}^{-1})} = 0.454 \text{ mol}$

बेन्जीन का मोल अंश, $x_{C_6H_6} = \frac{n_{C_6H_6}}{n_{C_6H_6} + n_{CCl_4}} = \frac{0.385 \text{ mol}}{(0.385 + 0.454) \text{ mol}} = 0.459$

प्रश्न 3. निम्नलिखित प्रत्येक विलयन की मोलरता की गणना कीजिए

(i) यदि 30 g, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 4.3 लीटर विलयन में घुला हुआ हो।

(ii) 30 mL 0.5 M H_2SO_4 को 500 mL तनु करने पर।

हल $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ का मोलर द्रव्यमान

$$= (58.7) + 2\,(14 + 48) + (6 \times 18)\ g\ mol^{-1}$$

$$= 58.7 + 124 + 108 = 290.7 \approx 291\ g\ mol^{-1}$$

$CO(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ के मोलों की संख्या $= \dfrac{30\ g}{291\ g\ mol^{-1}} = 0.103\ mol$

विलयन का आयतन = 4.3 L

$$\text{मोलरता } (M) = \frac{0.103\ mol}{4.3\ L} = 0.024\ mol\ L^{-1} = 0.024\ M$$

(b) तनु करने से पूर्व H_2SO_4 विलयन का आयतन $(V_1) = 30\ mL$

तनु करने से पूर्व H_2SO_4 विलयन की मोलरता $(M_1) = 0.5M$

तनु किए गए H_2SO_4 विलयन का आयतन $(V_2) = 500\ mL$

तनुता समीकरण से, $M_1V_1 = M_2V_2$

$$\therefore \quad M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{(0.5\ M) \times (30\ mL)}{500\ mL}$$

$$= 0.03\ M$$

प्रश्न 4. यूरिया (NH_2CONH_2) के 0.25 मोलर, 2.5 kg जलीय विलयन को बनाने के लिए आवश्यक यूरिया के द्रव्यमान की गणना कीजिए।

हल विलयन की मोललता = 0.25 m = 0.25 mol kg^{-1}

यूरिया (NH_2CONH_2) का मोलर द्रव्यमान $= (14 \times 2) + (1 \times 4) + 12 + 16 = 60\ g\ mol^{-1}$

विलायक (जल) का द्रव्यमान = 2.5 kg

$$\text{मोललता} = \frac{\text{यूरिया का द्रव्यमान / यूरिया का मोलर द्रव्यमान}}{\text{जल का द्रव्यमान (kg में)}}$$

$$(0.25\ mol\ kg^{-1}) = \frac{\text{यूरिया का द्रव्यमान}}{(60\ g\ mol^{-1}) \times (2.5\ kg)}$$

$$\text{यूरिया का द्रव्यमान} = (0.25\ mol\ kg^{-1}) \times (60\ g\ mol^{-1}) \times (2.5\ kg) = 37.5\ g$$

प्रश्न 5. 20% (w/w) जलीय KI का घनत्व 1.202 g mL^{-1} हो तो KI विलयन की (a) मोललता, (b) मोलरता, (c) मोल-अंश की गणना कीजिए।

हल (a) **मोललता की गणना**

100 g जल में KI का द्रव्यमान = 20 g

विलयन में जल का द्रव्यमान = 100 − 20 = 80 g = 0.08 kg

KI का मोलर द्रव्यमान = 39 + 127 = 166 g mol^{-1}

$$\text{विलयन की मोललता} = \frac{\text{KI के मोलों की संख्या}}{\text{जल का द्रव्यमान (kg में)}}$$

$$= \frac{(20\ g)/(166\ g\ mol^{-1})}{(0.08\ kg)}$$

$$= 1.506\ mol\ kg^{-1} = 1.506\ m$$

(b) **मोलरता की गणना**

विलयन का द्रव्यमान = 100 g

विलयन का घनत्व = 1.202 g mL^{-1}

$$\text{विलयन का आयतन} = \frac{\text{विलयन का द्रव्यमान}}{\text{घनत्व}}$$

$$= \frac{(100\ g)}{(1.202\ g\ mL^{-1})}$$

$$= 83.19\ mL = 0.083\ L$$

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

$$= \frac{(20\ g)/(166\ g\ mol^{-1})}{(0.083\ L)}$$

$$= 1.45\ mol\ L^{-1}$$

$$= 1.45\ M$$

(c) **KI के मोल-अंश की गणना**

$$\text{KI के मोलों की संख्या, } n_{KI} = \frac{\text{KI का द्रव्यमान}}{\text{KI का मोलर द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{(20\ g)}{(166\ g\ mol^{-1})} = 0.12\ mol$$

जल के मोलों की संख्या, $n_{H_2O} = \dfrac{\text{जल का द्रव्यमान}}{\text{जल का मोलर द्रव्यमान}}$

$$= \frac{(80 \text{ g})}{(18 \text{ g mol}^{-1})} = 4.44 \text{ mol}$$

अतः x_{KI} का मोल अंश, $x_{KI} = \dfrac{n_{KI}}{n_{KI} + n_{H_2O}} = \dfrac{(0.12 \text{ mol})}{(0.12 + 4.44) \text{ mol}}$

$$= \frac{0.12}{4.56} = 0.0263$$

प्रश्न 6. सड़े हुए अंडे जैसी गंध वाली विषैली गैस H_2S गुणात्मक विश्लेषण में उपयोग की जाती है। यदि H_2S गैस की जल में STP पर विलेयता 0.195 m हो तो हेनरी स्थिरांक की गणना कीजिए।

हल (a) **H_2S के मोल-अंश की गणना**

0.195 m का अर्थ है कि 0.194 मोल H_2S, जल के 1000 g में विलेय है।

1000 g विलयन में जल के मोलों की संख्या (n_{H_2O})

$$= \frac{(1000 \text{ g})}{(18 \text{ g mol}^{-1})} = 55.55 \text{ mol}$$ (∵ H_2S के मोल नगण्य है)

H_2S का मोल-अंश $(x_{H_2S}) = \dfrac{n_{H_2S}}{n_{H_2S} + n_{H_2O}}$

$$= \frac{(0.195 \text{ mol})}{(0.195 + 55.55) \text{ mol}} = \frac{(0.195 \text{ mol})}{(55.745 \text{ mol})} = 0.0035$$

(b) **हेनरी स्थिरांक की गणना**

हेनरी नियमानुसार,

$$x_{H_2S} = \frac{\text{STP पर, } H_2S \text{ का आंशिक दाब}}{H_2S \text{ के लिए } K_H}$$

H_2S के लिए, $K_H = \dfrac{H_2S \text{ का आंशिक दाब}}{x_{H_2S}}$

$$= \frac{(0.987 \text{ bar})}{(0.0035)} = 282 \text{ bar}$$

प्रश्न 7. 298 K पर CO_2 गैस की जल में विलेयता के लिए हेनरी स्थिरांक का मान 1.67×10^8 Pa है। 500 mL सोडा जल 2.5 atm दाब पर बंद किया गया। 298 K ताप पर घुली हुई CO_2 की मात्रा की गणना कीजिए।

हल चरण I. CO_2 के मोलों की गणना

हेनरी के नियमानुसार,

$$CO_2 \text{ का मोल-अंश } (x_{CO_2}) = \frac{CO_2 \text{ का आंशिक दाब}}{CO_2 \text{ के लिए } K_H}$$

$$K_H = 1.67 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$= \frac{(1 \text{ atm})}{(101325 \text{ Pa})} \times (1.67 \times 10^8 \text{ Pa})$$

$$= 1.648 \times 10^3 \text{ atm}$$

$$x_{CO_2} = \frac{2.5 \text{ atm}}{(1.648 \times 10^3 \text{ Pa})}$$

$$= 1.52 \times 10^{-3}$$

$$n_{H_2O} = \frac{(500 \text{ g})}{(18 \text{ g mol}^{-1})}$$

$$= 27.78 \text{ mol}$$

$$x_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n_{CO_2} + n_{H_2O}}$$

$$= \frac{n_{CO_2}}{n_{H_2O}} = \frac{n_{CO_2}}{(27.78 \text{ mol})}$$

$$n_{CO_2} = x_{CO_2} \times (27.78 \text{ mol})$$

$$= (1.52 \times 10^{-3}) \times (27.78 \text{ mol})$$

$$= 0.0422 \text{ mol}$$

चरण II. जल में घुली CO_2 के द्रव्यमान की गणना

$$CO_2 \text{ का द्रव्यमान} = CO_2 \text{ के मोलों की संख्या} \times CO_2 \text{ का मोलर द्रव्यमान}$$

$$= (0.0422 \text{ mol}) \times (44 \text{ g mol}^{-1})$$

$$= 1.857 \text{ g}$$

प्रश्न 8. 350 K पर शुद्ध द्रवों *A* एवं *B* के वाष्प दाब क्रमशः 450 एवं 700 mm Hg है। यदि कुल वाष्प दाब 600 mm Hg हो तो द्रव मिश्रण का संघटन ज्ञात कीजिए। साथ ही वाष्प प्रावस्था का संघटन भी ज्ञात कीजिए।

हल चरण I. द्रव अवस्था में संघटन

शुद्ध द्रव *A* का वाष्प दाब $(p_A^\circ) = 450\,\text{mm}$

शुद्ध द्रव *B* का वाष्प दाब $(p_B^\circ) = 700\,\text{mm}$

विलयन का कुल वाष्प दाब $(p) = 600\,\text{mm}$

राउल्ट के नियमानुसार,

$$p = p_A^\circ x_A + p_A^\circ x_B = p_A^\circ x_A + p_B^\circ (1 - x_A)$$

$$(600\,\text{mm}) = 450\,\text{mm} \times x_A + 700\,\text{mm}\,(1 - x_A)$$

$$= 700\,\text{mm} + x_A\,(450 - 700)\,\text{mm}$$

$$= 700 - x_A\,(250\,\text{mm})$$

$$x_A = \frac{(700 - 600)\,\text{mm}}{(250)\,\text{mm}} = 0.40$$

अतः, *A* का मोल-अंश $(x_A) = 0.40$

तथा, *B* का मोल-अंश $(x_B) = 1 - 0.40 = 0.60$

चरण II. वाष्प अवस्था में संघटन

$$p_A = p_A^\circ x_A = (450\,\text{mm}) \times 0.40 = 180\,\text{mm}$$

$$p_B = p_B^\circ x_B = (700\,\text{mm}) \times 0.60 = 420\,\text{mm}$$

वाष्प अवस्था में, *A* का मोल-अंश $= \dfrac{p_A}{p_A + p_B} = \dfrac{(180)\,\text{mm}}{(180 + 420)\,\text{mm}} = 0.30$

वाष्प अवस्था में, *B* का मोल-अंश $= \dfrac{p_B}{p_A + p_B} = \dfrac{(420)\,\text{mm}}{(180 + 420)\,\text{mm}} = 0.70$

प्रश्न 9. 298 K पर शुद्ध जल का वाष्प दाब 23.8 mm Hg है। 850 g जल में 50 g यूरिया (NH_2CONH_2) घोला जाता है। इस विलयन के लिए जल के वाष्प दाब एवं इसके आपेक्षिक अवनमन का परिकलन कीजिए।

हल चरण I इस विलयन के लिए जल के वाष्प दाब की गणना

राउल्ट के नियमानुसार,

$$\frac{p_A^\circ - p_S}{p_A^\circ} = \frac{n_B}{n_A}$$

$$= \frac{W_B/M_B}{W_A/M_A} = \frac{W_B}{M_B} \times \frac{M_A}{W_A} \quad ...(i)$$

प्रश्नानुसार, (शुद्ध जल के लिए) $p_A^\circ = 23.8\,mm$;

W_B (यूरिया) $= 50\,g$; W_A (जल) $= 850\,g$

M_B(यूरिया) $= 60\,g\,mol^{-1}$; M_A (जल) $= 180\,g\,mol^{-1}$

समी (i) में मान रखने पर

$$\frac{p_A^\circ - p_S}{p_A^\circ} = \frac{(50\,g) \times (18\,g\,mol^{-1})}{(60\,g\,mol^{-1}) \times (850\,g)} = 0.01762$$

$$\frac{23.8 - p_S}{23.8} = 0.01762\ ;\ 23.8 - p_s = 0.4194$$

$$p_S = 23.3806 \approx 23.38\,mm\,Hg$$

चरण II वाष्प दाब में आपेक्षिक अवनमन की गणना

वाष्प दाब में आपेक्षिक अवनमन $= \frac{p_A^\circ - p_S}{p_A^\circ} = \frac{(23.8 - 23.38)\,mm}{(23.8\,mm)} = 0.0176$

प्रश्न 10. 750 mm Hg दाब पर जल का क्वथनांक 99.63° C है। 500 g जल में कितना सुक्रोस मिलाया जाए कि इसका 100°C पर क्वथन हो जाए?
[जल के लिए K_b का मान 0.52 K kg mol^{-1} है?]

हल जल का द्रव्यमान $(W_A) = 500\,g = 0.5\,kg$

क्वथनांक में उन्नयन, $(\Delta T_b) = 100°\,C - 99.63°\,C$

$= 0.37°\,C = 0.37\,K$

मोलल उन्नयन स्थिरांक $(K_b) = 0.52\,K\,kg\,mol^{-1}$

$(M_B) = (12 \times 12) + (22 \times 1) + (16 \times 11)$

सुक्रोस $(C_{12}H_{22}O_{11})$ का मोलर द्रव्यमान

$= 342\,g\,mol^{-1}$

अतः,
$$W_B = \frac{M_B \times \Delta T_B \times W_A}{K_b}$$

$$= \frac{(342\,g\,mol^{-1}) \times (0.37\,K) \times (0.5\,kg)}{(0.52\,K\,kg\,mol^{-1})}$$

$= 121.7\,g$

प्रश्न 11. ऐस्कॉर्बिक अम्ल (विटामिन C, $C_6H_8O_6$) के उस द्रव्यमान का परिकलन कीजिए जिसे 75 g ऐसीटिक अम्ल में घोलने पर उसके हिमांक में 1.5°C की कमी हो जाए। $K_f = 3.9\ K\ kg\ mol^{-1}$

हल ऐस्कॉर्बिक अम्ल का द्रव्यमान (W_A) = 75 g = 0.075 kg

हिमांक में कमी (ΔT_f) = 1.5° C = 1.5 K

ऐस्कॉर्बिक अम्ल ($C_6H_8O_6$), का मोलर द्रव्यमान (M_B)

$$= (12 \times 6) + (8 \times 1) + (16 \times 6)$$
$$= 176\ g\ mol^{-1}$$

मोलल अवनमन स्थिरांक (K_f) = 3.9 K kg mol^{-1}

$$W_B = \frac{(176\ g\ mol^{-1}) \times (1.5\ K) \times (0.075\ kg)}{(3.9\ K\ kg\ mol^{-1})}$$
$$= 5.08\ g$$

प्रश्न 12. 185,000 मोलर द्रव्यमान वाले एक बहुलक के 1.0 g को 37°C पर 450 mL जल में घोलने से उत्पन्न विलयन के परासण दाब का पास्कल में परिकलन कीजिए।

हल बहुलक का द्रव्यमान (W_B) = 1.0 g

बहुलक का मोलर द्रव्यमान (M_B) = 185000 g mol^{-1}

विलयन का आयतन (V) = 450 mL = 0.450 L

तापमान (T) = 37 + 273 = 310 K

विलयन नियतांक (R) = 8.314×10^3 Pa L K^{-1} mol^{-1}

परासरण दाब (π) = $CRT = \frac{W_B \times R \times T}{M_B \times V}$

$$\therefore \quad \pi = \frac{(1.0\ g) \times (8.314 \times 10^3\ Pa\ L\ K^{-1}\ mol^{-1}) \times (310\ K)}{(185000\ g\ mol^{-1}) \times (0.450\ L)} = 30.96\ Pa$$

अभ्यास

प्रश्न 1. विलयन को परिभाषित कीजिए। कितने प्रकार के विभिन्न विलयन सम्भव है? प्रत्येक प्रकार के विलयन के सम्बन्ध में एक उदाहरण देकर संक्षेप में लिखिए।

हल विलयन, दो या दो से अधिक पदार्थों का समांगी मिश्रण है। इसका अर्थ है कि पूरे विलयन में अवयवों का संघटन तथा गुण एकसमान रहते हैं। विलयन के दो अवयव विलेय तथा विलायक होते हैं।

विलयन के प्रकार विलेय तथा विलायक की विभिन्न भौतिक अवस्थाओं के आधार पर, विलयन मुख्यतः तीन प्रकार के होते हैं जो पुनः तीन वर्गों में वर्गीकृत होते हैं।

ये वर्ग निम्नलिखित सारणी में प्रदर्शित है

	विलयन के प्रकार		विलेय	विलायक	उदाहरण
A.	गैसीय विलयन	(a)	गैस	गैस	ऑक्सीजन तथा नाइट्रोजन गैसों का मिश्रण
		(b)	द्रव	गैस	नाइट्रोजन गैस में क्लोरोफार्म का मिश्रण
		(c)	ठोस	गैस	नाइट्रोजन गैस में कपूर का मिश्रण
B.	द्रव विलयन	(a)	गैस	द्रव	जल में घुली ऑक्सीजन
		(b)	द्रव	द्रव	जल में घुली ऐथेनॉल
		(c)	ठोस	द्रव	जल में घुला ग्लूकोस
C.	गैस विलयन	(a)	गैस	ठोस	पैलेडियम में हाइड्रोजन का विलयन
		(b)	द्रव	ठोस	मर्करी तथा सोडियम का अमलगम
		(c)	ठोस	ठोस	सोने में घुला ताँबा

प्रश्न 2. **एक ऐसे ठोस विलयन का उदाहरण दीजिए जिसमें विलेय कोई गैस है?**

हल पैलेडियम (विलायक) में हाइड्रोजन (विलेय) का विलयन।

प्रश्न 3. **निम्न पदों को परिभाषित कीजिए**

(a) **मोल-अंश** (b) **मोललता**

(c) **मोलरता** (d) **द्रव्यमान प्रतिशत**

हल (a) **मोल-अंश** मोल-अंश एक अवयव (विलेय या विलायक) के मोलों की संख्या तथा विलयन में उपस्थित सभी अवयवों के मोलों की संख्या का अनुपात होता है।

$$\text{किसी अवयव का मोल-अंश} = \frac{\text{अवयव के मोलों की संख्या}}{\text{सभी अवयवों के मोलों की संख्या}}$$

उदाहरण, एक द्विअंगी विलयन में यदि A व B अवयवों के मोल क्रमशः n_A व n_B हों तो A तथा B के मोल-अंश (x_A तथा x_B) क्रमशः निम्न होंगे।

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}; \quad x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

(चूँकि मोल-अंश एक अनुपात है अतः इसकी कोई इकाई नहीं होती है)

(b) **मोललता** 1 kg विलायक में उपस्थित विलेय के मोलों की संख्या को विलयन की मोललता (m) कहते हैं।

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

मोललता की इकाई $= \text{mol kg}^{-1}$ या m (molal)

(c) **मोलरता** 1 लीटर (1 क्यूबिक डेसीमीटर) विलयन में घुले हुए विलेय के मोलों की संख्या को उस विलयन की मोलरता (M) कहते हैं।

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

मोलरता की इकाई $= \text{mol L}^{-1}$ या M (molar)

(d) **द्रव्यमान प्रतिशत** (% w/w) इसे 100 ग्राम विलयन में उपस्थित विलेय के द्रव्यमान के रूप में परिभाषित कीजिए।

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

प्रश्न 4. **प्रयोगशाला कार्य के लिए प्रयोग में लाया जाने वाला सान्द्र नाइट्रिक अम्ल द्रव्यमान की दृष्टि से नाइट्रिक अम्ल का 68% जलीय विलयन है। यदि इस विलयन का घनत्व 1.504 g mL^{-1} हो तो अम्ल के इस नमूने की मोलरता क्या होगी?**

हल द्रव्यमानानुसार, 68% HNO_3 का अर्थ है कि

HNO_3 का द्रव्यमान = 68 g

तथा विलयन का द्रव्यमान = 100 g

HNO_3 का मोलर द्रव्यमान = (1) + (14) + (16 × 3) = 63 g mol^{-1}

$$HNO_3 \text{ के मोलों की संख्या } (n_{HNO_3}) = \frac{W}{M} = \frac{(68\,g)}{(63\,g/mol)} = 1.079\ mol$$

$$\text{विलयन का आयतन} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{घनत्व}} = \frac{(100\,g)}{(1.504\,g\,mL^{-1})}$$

$$= 66.5\ mL \text{ or } 0.0665\ L$$

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

$$= \frac{(1.079\ mol)}{(0.0665\ L)}$$

$$= 16.23\ mol\ L^{-1} \text{ या } 16.23\ M$$

प्रश्न 5. ग्लूकोस का एक जलीय विलयन 10% (w/w) है। विलयन की मोललता तथा विलयन में प्रत्येक घटक का मोल-अंश क्या है? यदि विलयन का घनत्व 1.2 g mL^{-1} हो तो विलयन की मोलरता क्या होगी?

हल (I) **विलयन की मोललता की गणना**

10% का अर्थ है कि,

W_B = ग्लूकोस (विलेय) का द्रव्यमान = 10 g

विलयन का द्रव्यमान = 100 g

W_A = जल (विलायक) का द्रव्यमान

= 100 − 10 = 90 g

= 0.09 kg

M_B = ग्लूकोस $(C_6H_{12}O_6)$ का मोलर द्रव्यमान

$= (12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6)$

$= 72 + 12 + 96 = 180 \text{ g mol}^{-1}$

विलयन की मोललता $(m) = \frac{W_B/M_B}{W_A} = \frac{(10 \text{ g})/(180 \text{ g mol}^{-1})}{(0.09 \text{ kg})}$

$= \frac{(10 \text{ g})}{(180 \text{ g mol}^{-1}) \times (0.09 \text{ kg})}$

$= 0.617 \text{ mol kg}^{-1}$ या 0.617 m

(II) **विलेय तथा विलायक के मोल-अंश की गणना**

ग्लूकोस के मोलों की संख्या, $(n_B) = \frac{W_B}{M_B} = \frac{(10 \text{ g})}{(180 \text{ g mol}^{-1})} = 0.055 \text{ mol}$

जल के मोलों की संख्या, $(n_A) = \frac{W_A}{M_A} = \frac{(90 \text{ g})}{(18 \text{ g mol}^{-1})} = 5.0 \text{ mol}$

ग्लूकोस का मोल-अंश, $(x_B) = \frac{n_B}{n_B + n_A} = \frac{0.055 \text{ mol}}{(0.055 + 5.0) \text{ mol}} = 0.01$

तथा, जल का मोल-अंश, $(x_A) = \frac{n_A}{n_B + n_A} = \frac{(5.0 \text{ mol})}{(0.055 + 5.0) \text{ mol}} = 0.99$

(III) **विलयन की मोलरता की गणना**

विलयन का द्रव्यमान = 100 g

विलयन का घनत्व = 1.2 g mL^{-1}

विलयन का आयतन = $\frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{घनत्व}} = \frac{(100 \text{ g})}{(1.2 \text{ g mL}^{-1})} = 83.33 \text{ mL} = 0.0833 \text{ L}$

विलयन की मोलरता $(M) = \frac{\text{ग्लूकोस का द्रव्यमान / ग्लूकोस का मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलयन का आयतन (L में)}}$

$= \frac{(10 \text{ g})/(180 \text{ g mol}^{-1})}{(0.08333 \text{ L})}$

$= 0.67 \text{ mol L}^{-1} = 0.67 \text{ M}$

प्रश्न 6. यदि 1 g मिश्रण में Na_2CO_3 एवं $NaHCO_3$ के मोलों की संख्या समान हो तो इस मिश्रण से पूर्णतः क्रिया करने के लिए 0.1 M HCl के कितने mL की आवश्यकता होगी?

हल चरण I Na_2CO_3 तथा $NaHCO_3$ के द्रव्यमान की गणना

मिश्रण का द्रव्यमान = 1.0 g

माना Na_2CO_3 का द्रव्यमान = x g

तब, $NaHCO_3$ का द्रव्यमान = (1 − x) g

$$Na_2CO_3 \text{ के मोलों की संख्या} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{x\,g}{[(23 \times 2) + (12) + (16 \times 3)]\,g\,mol^{-1}}$$

$$= \frac{x}{106}\,mol$$

$$NaHCO_3 \text{ के मोलों की संख्या} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{(1-x)\,g}{[(23) + (1) + (12) + (16 \times 3)]\,g\,mol^{-1}}$$

$$= \frac{(1-x)}{84}\,mol$$

प्रश्नानुसार, मिश्रण में Na_2CO_3 तथा $NaHCO_3$ के मोलों की संख्या समान है। अर्थात्

$$Na_2CO_3 \text{ के मोलों की संख्या} = NaHCO_3 \text{ के मोलों की संख्या}$$

$$\frac{x}{106}\,mol = \frac{(1-x)}{84}\,mol$$

$$84x = 106 - 106\,x;$$

$$106x + 84x = 106$$

$$190x = 106;\ x = \frac{106}{190} = 0.558\,g$$

∴ Na_2CO_3 का द्रव्यमान = 0.558 g

$NaHCO_3$ का द्रव्यमान = (1 − 0.558) = 0.442 g

चरण II आवश्यक HCl के कुल द्रव्यमान की गणना

$$\underset{106\,g}{Na_2CO_3(s)} + \underset{73\,g}{2\,HCl\,(aq)} \longrightarrow 2\,NaCl\,(aq) + H_2O\,(l) + CO_2\,(g)$$

उपरोक्त समीकरण के अनुसार,

∵ 106 g Na_2CO_3 से पूर्णतः क्रिया के लिए आवश्यक HCl = 73 g

∵ 0.558 g Na_2CO_3 से पूर्णतः क्रिया के लिए आवश्यक HCl $= \frac{73 \times 0.558}{106}$ g

$$= 0.384\,g$$

$$\underset{84\,g}{NaHCO_3(s)} + \underset{36.5\,g}{HCl\,(aq)} \longrightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(l) + CO_2(g)$$

$\because$ 84 g $NaHCO_3$ से पूर्णतः क्रिया के लिए आवश्यक HCl = 36.5 g

$\therefore$ 0.442 g $NaHCO_3$ से पूर्णतः क्रिया के लिए आवश्यक HCl = $\frac{36.5 \times 0.442}{84}$ g = 0.192 g

अतः आवश्यक HCl का कुल द्रव्यमान = (0.384 + 0.192) g = 0.576 g

चरण III आवश्यक HCl के आयतन की गणना

HCl का आवश्यक द्रव्मयान = 0.576 g

HCl विलयन की मोलरता = 0.1 M

$\because$ $$\text{मोलरता } (M) = \frac{\text{द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{HCl का लीटर में आयतन}}$$

$\therefore$ $$(0.1 \text{ mol L}^{-1}) = \frac{(0.576 \text{ g})/(36.5 \text{ g mol}^{-1})}{\text{आयतन (L में)}}$$

$$\text{आयतन } (V) = \frac{0.576}{36.5 \times 0.1} = 0.1578 \text{ L} = 157.8 \text{ mL}$$

प्रश्न 7. द्रव्यमान की दृष्टि से 25% विलयन के 300 g एवं 40% के 400 g को आपस में मिलाने पर प्राप्त मिश्रण का द्रव्यमान प्रतिशत सान्द्रण निकालिए।

हल प्रथम विलयन में विलेय का द्रव्यमान = $\frac{25}{100} \times 300 \text{ g} = 75 \text{ g}$

द्वितीय विलयन में विलेय का द्रव्यमान = $\frac{40}{100} \times 400 \text{ g} = 160 \text{ g}$

दोनों विलयनों को मिलाने के पश्चात्,

विलेय का कुल द्रव्यमान = (75 + 160) g = 235 g

विलयन का कुल द्रव्यमान = (300 + 400) g = 700 g

परिणामी विलयन में विलेय का द्रव्यमान % = $\frac{(235 \text{ g})}{(700 \text{ g})} \times 100 = 33.57\%$

अतः, परिणामी विलयन में विलायक का द्रव्यमान % = 100 − 33.57 = 66.43%

प्रश्न 8. 222.6 g एथिलीन ग्लाइकॉल, $C_2H_4(OH)_2$ तथा 200 g जल को मिलाकर प्रतिहिम मिश्रण बनाया गया। विलयन की मोललता की गणना कीजिए। यदि विलयन का घनत्व 1.072 g mL^{-1} हो तो विलयन की मोलरता निकालिए।

हल चरण I विलयन की मोललता की गणना

एथीलीन ग्लाइकॉल का द्रव्यमान = 222.6 g

एथिलीन ग्लाइकॉल $(C_2H_4COH)_2$, का मोलर द्रव्यमान

$$= (12 \times 2) + (1 \times 6) + (16 \times 2)$$

$$= 24 + 6 + 32 = 62 \text{ g mol}^{-1}$$

जल का द्रव्यमान = 200 g = 0.2 kg

∵ $$\text{मोललता } (m) = \frac{\text{एथिलीन ग्लाइकॉल का द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलायक का किग्रा में द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{(222.6 \text{ g}) / (62 \text{ g mol}^{-1})}{0.2 \text{ kg}} = 17.95 \text{ mol kg}^{-1} = 17.95 \text{ m}$$

चरण II विलयन की मोलरता की गणना

विलयन का घनत्व = 1.072 gmL^{-1}

विलयन का द्रव्यमान = विलेय का द्रव्यमान + विलायक का द्रव्यमान

$$= 222.6 \text{ g} + 200 \text{ g} = 422.6 \text{ g}$$

∵ $$\text{आयतन} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{घनत्व}}$$

∴ $$\text{आयतन} = \frac{422.6 \text{ g}}{1.072 \text{ g mL}^{-1}} = 394.2 \text{ mL}$$

$$= 0.3942 \text{ L}$$

$$\text{मोलरता } (M) = \frac{\text{एथिलीन ग्लाइकॉल का द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलायन का आयतन (L में)}}$$

$$= \frac{(222.6 \text{ g}) / (62 \text{ g mol}^{-1})}{0.3942 \text{ L}} = 9.10 \text{ mol L}^{-1}$$

$$= 9.10 \text{ M}$$

प्रश्न 9. एक पेय जल का नमूना क्लोरोफॉर्म $(CHCl_3)$ से, कैंसरजन्य समझे जाने की सीमा तक बहुत अधिक संदूषित है। इसमें संदूषण की सीमा 15 ppm (द्रव्यमान में) हैं

(i) इसे द्रव्यमान प्रतिशत में व्यक्त कीजिए।

(ii) जल के नमूने में क्लोरोफॉर्म की मोललता ज्ञात कीजिए।

हल (i) $CHCl_3$ का द्रव्यमान % में सान्द्रण

$$= \frac{CHCl_3 \text{ का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100$$

$$= \frac{(15.0\,g)}{(10^6\,g)} \times 100$$

$$= 1.5 \times 10^{-3}\,\%$$

(ii) $$\text{विलयन की मोललता} = \frac{CHCl_3 \text{ का द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{जल का किग्रा में द्रव्यमान}} \times 100$$

$$= \frac{15/(12 + 1 + 106.5)}{10^6/1000\,kg}$$

$$= \frac{(15\,g)}{(119.5\,g\,mol^{-1})} \times \frac{1000}{10^6\,kg}$$

$$= 1.25 \times 10^{-4}\,mol\,kg^{-1}$$

$$= 1.25 \times 10^{-4}\,m$$

प्रश्न 10. ऐल्कोहॉल एवं जल के एक विलयन में आण्विक अन्योन्यक्रिया की क्या भूमिका है?

हल ऐल्कोहॉल तथा जल दोनों के अणुओं के मध्य उपस्थित हाइड्रोजन आबंध, अणुओं के मध्य उपस्थित अन्योन्य बलों में से एक होता है। जब ऐल्कोहॉल तथा जल परस्पर मिलाये जाते हैं तो ऐल्कोहॉल तथा जल के अणुओं के मध्य नए हाइड्रोजन आबंध बनते हैं। परन्तु ये आबंध, पूर्व आबंधों की अपेक्षा दुर्बल होते हैं। जिसके कारण आकर्षण बलों का परिणाम क्रमशः घटने लगता है तथा विलयन राउल्ट नियम से धनात्मक विचलन प्रदर्शित करता है। इसके कारण विलयन का वाष्प दाब बढ़ जाता है तथा क्वथनांक घटता है।

प्रश्न 11. ताप बढ़ाने पर गैसों की द्रवों में विलेयता में, हमेशा कमी आने की प्रवृति क्यों होती है?

हल गैस + द्रव $\rightleftharpoons$ विलेय गैस, ΔH = ऋणात्मक

गैस की विलेयता ऊष्माक्षेपी प्रक्रम है। चूँकि ताप में वृद्धि हो रही है अतः ला-शातेलिए सिद्धान्त के अनुसार साम्य प्रतीत दिशा की ओर अग्रसर होगा जिससे ताप में कमी हो जाये। इसके कारण द्रव में गैस की विलेयता में कमी आ जाती है।

प्रश्न 12. **हेनरी का नियम तथा इसके कुछ महत्वपूर्ण अनुप्रयोग लिखिए।**

हल **हेनरी का नियम** इस नियम के अनुसार, स्थिर ताप पर, किसी द्रव में गैस की विलेयता गैस के दाब के समानुपाती होती है।

अथवा किसी गैस की वाष्प अवस्था में आंशिक दाब (p), उस विलयन में गैस के मोल-अंश के समानुपाती होता है। इसे निम्न रूप में व्यक्त कर सकते हैं

$$p = K_H x$$

जहाँ, K_H = हेनरी स्थिरांक

p = वाष्प अवस्था में गैस का आंशिक दाब

x = गैस का मोल-अंश

हेनरी के नियम के अनुप्रयोग

(i) सोडा वाटर तथा मृदु पेयों में CO_2 की विलेयता बढ़ाने के लिए, बोतल को उच्च दाब में सील कीजिए।

(ii) रुधिर में नाइट्रोजन की अत्यधिक सान्द्रता के विषैले प्रभाव से बचने के लिए, गोताखोरों द्वारा श्वसन हेतु प्रयुक्त टैंकों में हीलियम मिलाकर तनु की गई वायु को भरा जाता है (11.7% हीलियम, 56.2% नाइट्रोजन तथा 32.1% ऑक्सीजन)।

(iii) ऊँचाई वाले स्थानों पर आरोहक (पर्वतारोही) के रुधिर में ऑक्सीजन की सान्द्रता कम हो जाती है। इसके कारण आरोहक कमजोर हो जाते हैं तथा स्पष्टतया सोच नहीं पाते। इस प्रकार के लक्षणों को ऐनॉक्सिया कहते हैं।

प्रश्न 13. 6.56×10^{-3} g **एथेन युक्त एक संतृप्त विलयन में एथेन का आंशिक दाब 1 bar है। यदि विलयन में 5.00×10^{-2} g एथेन हो तो गैस का आंशिक दाब क्या होगा?**

हल हेनरी के नियमानुसार, स्थिर ताप पर,

विलयन में विलेय गैस का द्रव्यमान (m) ∝ आंशिक दाब

$$\therefore \quad (6.56 \times 10^{-3}\ \text{g}) \propto 1\ \text{bar} \quad \ldots\text{(i)}$$

$$(5.00 \times 10^{-2}\ \text{g}) \propto p \quad \ldots\text{(ii)}$$

समी (i) को (ii) से भाग देने पर,

या
$$p = \frac{(5.0 \times 10^{-2}\ \text{g})}{(6.56 \times 10^{-3}\ \text{g})}$$

$$= 7.62\ \text{bar}$$

प्रश्न 14. राउल्ट के नियमानुसार, धनात्मक एवं ऋणात्मक विचलन का क्या अर्थ है तथा $\Delta_{\text{मिश्रण}} H$ के चिन्ह इन विचलनों से कैसे संबंधित है?

हल धनात्मक विचलन जब विलयन का वाष्प दाब, राउल्ट के नियम द्वारा प्रागुक्त किए गए वाष्प दाब से अधिक होता है तो वह धनात्मक विचलन कहलाता है। इस दशा में विलेय तथा विलायक के अणुओं (A तथा B) के मध्य अन्योन्यक्रियाएँ, विलेय-विलेय के अणुओं ($A-A$) तथा विलायक-विलायक के ($B-B$) की अन्योन्यक्रियाओं की अपेक्षा दुर्बल होती है। इसके कारण विलयन में से विलेय (A) अथवा विलायक (B) के अणु शुद्ध अवयव की तुलना में अधिक आसानी से पलायन कर सकते हैं। इसके फलस्वरूप वाष्प दाब में वृद्धि होती है।

धनात्मक विचलन प्रदर्शित करने वाले विलयन के गुण

(i) $p_A > p_A^{\circ} x_A$; $p_B > p_B^{\circ} x_B$

(ii) यदि $\Delta H_{mix} > 0$, तब विचलन धनात्मक होता है।

(iii) यदि $\Delta V_{mix} > 0$, तब विचलन धनात्मक होता है।

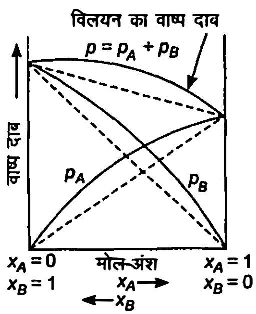
धनात्मक विचलन प्रदर्शित करने वाले विलयनों के उदाहरण

(i) एथिल ऐल्कोहॉल तथा जल

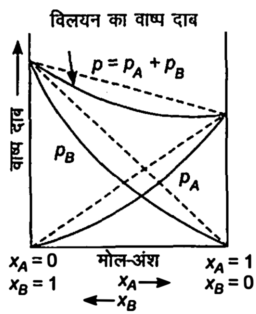
(ii) ऐसीटोन तथा कार्बन डाइसल्फाइड

(iii) कार्बन टेट्राक्लोराइड तथा बेंजीन

(iv) ऐसीटोन तथा बेन्जीन



धनात्मक विचलन प्रदर्शित करने वाला वाष्प दाब ग्राफ



ऋणात्मक विचलन प्रदर्शित करने वाला वाष्प दाब ग्राफ

ऋणात्मक विचलन जब विलयन का वाष्प दाब, राउल्ट के नियम द्वारा प्रागुक्त किए गए वाष्प दाब से कम होता है तो इसे ऋणात्मक विचलन कहते हैं। इस प्रकार के विचलन में $(A-A)$ तथा $(B-B)$ के मध्य अन्योन्यक्रियाएँ, $(A-B)$ के मध्य अन्योन्यक्रियाओं की अपेक्षा दुर्बल होती है। ऋणात्मक विचलन के परिणाम-स्वरूप वाष्प दाब में कमी होती है।

ऋणात्मक विचलन दर्शाने वाले विलयन के गुण

(i) $p_A < \overset{\circ}{p}_A x_A$; $p_B < \overset{\circ}{p}_B x_B$

(ii) यदि $\Delta V_{mix} < 0$; तब विचलन ऋणात्मक होता है। (चूँकि दुर्बल $A-A$ तथा $B-B$ आबन्ध टूटते हैं तथा प्रबल $A-B$ आबन्ध बनते हैं। ऊष्मा लगातार उत्सर्जित होती है।)

(iii) यदि $\Delta V_{mix} < 0$; तब विचलन ऋणात्मक होता है।

ऋणात्मक विचलन दर्शाने वाले विलयनों में उदाहरण

(i) HNO_3 तथा जल

(ii) क्लोरोफार्म तथा ऐसीटोन

(iii) ऐसीटिक अम्ल तथा पिरीडीन

(iv) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल तथा जल

प्रश्न 15. विलायक के सामान्य क्वथनांक पर एक अवाष्पशील विलेय के 2% जलीय विलयन का वाष्प दाब 1.004 bar है। विलेय का मोलर द्रव्यमान ज्ञात कीजिए?

हल वाष्प दाब में आपेक्षिक अवनमन,

$$\frac{\overset{\circ}{p}_A - p_S}{\overset{\circ}{p}_A} = \frac{n_B}{n_A} = \frac{W_B}{M_B} \times \frac{M_A}{W_A} \quad ...(i)$$

प्रश्नानुसार, $\overset{\circ}{p}_A$ (जल) $= 1.013$ bar; $W_B = 2$ g; $M_A = 18 \text{ g mol}^{-1}$

p_S (जल) $= 1.004$ bar; $W_A = (100-2) = 98$ g; $M_B = ?$

समी (i) में मान रखने पर

$$\frac{(1.013 - 1.004) \text{ bar}}{(1.013 \text{ bar})} = \frac{(2 \text{ g}) \times (18 \text{ g mol}^{-1})}{M_B \times (98) \text{g}}$$

$$M_B = \frac{(2 \text{ g}) \times (18 \text{ g mol}^{-1}) \times (1.013 \text{ bar})}{(0.009 \text{ bar}) \times (98) \text{g}}$$

$$= 41.35 \text{ g mol}^{-1}$$

प्रश्न 16. हेप्टेन एवं ऑक्टेन एक आदर्श विलयन बनाते हैं। 372 K पर दोनों द्रव घटकों के वाष्प दाब क्रमशः 105.2 kPa तथा 46.8 kPa हैं। 26.0 g हेप्टेन एवं 35.0 g ऑक्टेन के मिश्रण का वाष्प दाब क्या होगा?

हल ऑक्टेन के मोलों की संख्या $(n_A) = \dfrac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}} = \dfrac{35\text{ g}}{114\text{ g mol}^{-1}}$

$= 0.307\text{ mol}$

[ऑक्टेन (C_8H_{18}) का मोलर द्रव्यमान $= (12 \times 8) + (1 \times 18) = 114\text{ g mol}^{-1}$]

[हेप्टेन के मोलों की संख्या

$$(n_B) = \frac{26\text{ g}}{100\text{ g mol}^{-1}} = 0.26\text{ mol}]$$

[हेप्टेन (C_7H_{16}) का मोलर द्रव्यमान $= (12 \times 7) + 16 = 100\text{ g mol}^{-1}$]

ऑक्टेन का मोल-अंश

$$(x_A) = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{(0.307\text{ mol})}{(0.307 + 0.26)\text{ mol}} = 0.541$$

हेप्टेन का मोल-अंश

$$(x_B) = \frac{n_B}{n_A + n_B} = \frac{(0.26\text{ mol})}{(0.307 + 0.26)\text{ mol}} = 0.458$$

शुद्ध हेप्टेन का वाष्प दाब $(p_B^\circ) = 105.2\text{ kPa}$

शुद्ध ऑक्टेन का वाष्प दाब $(p_A^\circ) = 46.8\text{ kPa}$

26.0 g हेप्टेन तथा 35.0 g ऑक्टेन के मिश्रण में

(i) हेप्टेन का वाष्प दाब $(p_B) = p_B^\circ x_B$

$= (105.2\text{ kPa} \times 0.458) = 48.18\text{ kPa}$

(ii) ऑक्टेन का वाष्प दाब

$(p_A) = p_A^\circ x_A = (46.8\text{ kPa} \times 0.541)$

$= 25.32\text{ kPa}$

(iii) मिश्रण का कुल वाष्प दाब

$(p) = p_A + p_B = 25.32 + 48.18 = 73.5\text{ kPa}$

प्रश्न 17. 300 K पर जल का वाष्प दाब 12.3 kPa है। इसमें बने अवाष्पशील विलेय के एक मोलल विलयन का वाष्प दाब ज्ञात कीजिए।

हल विलयन की मोललता 1 m है। इसका तात्पर्य है कि विलेय का 1 mol, 1000 g जल में घुला है।

अर्थात् विलेय के मोलों की संख्या $(n_B) = 1\,\text{mol}$

जल के मोलों की संख्या, $(n_A) = \dfrac{\text{जल का द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}} = \dfrac{(1000\,\text{g})}{(18\,\text{g mol}^{-1})}$

$= 55.55\,\text{mol}$

$$(x_B) = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

$$= \frac{(1\,\text{mol})}{(55.55 + 1.0)\,\text{mol}} = \frac{1}{56.55}$$

$$= 0.0177$$

$\therefore$ जल का मोल-अंश $(x_A) = 1 - 0.0177 = 0.9823$

विलयन का वाष्प दाब

$$(p_A) = p_A^\circ\, x_A = (12.3\,\text{kPa}) \times 0.9823 = 12.08\,\text{kPa}$$

प्रश्न 18. 114 g ऑक्टेन में किसी अवाष्पशील विलेय (मोलर द्रव्यमान 40 g mol^{-1}) की कितनी मात्रा घोली जाए कि ऑक्टेन का वाष्प दाब घटकर मूल का 80% रह जाए।

हल राउल्ट के नियमानुसार, वाष्प दाब में आपेक्षिक अवनमन

$$\frac{p_A^\circ - p_S}{p_A^\circ} = x_B \quad \ldots\text{(i)}$$

तथा,
$$x_B = \frac{n_B}{n_B + n_A} = \frac{W_B/M_B}{\dfrac{W_B}{M_B} + \dfrac{W_A}{M_A}} \quad \ldots\text{(ii)}$$

प्रश्नानुसार, जब अवाष्पशील विलेय ऑक्टेन में घुल जाता है तो वाष्प दाब 80% घट जाता है इसका अर्थ है कि

यदि $p_A^\circ = 1\,\text{atm}$ तब $p_S = 0.8\,\text{atm}$; $p_A^\circ - p_S = 0.2\,\text{atm}$;

$M_A\,(C_8H_{18}) = 114\,\text{g mol}^{-1}$; $W_A = 114\,\text{g}$;

$M_B = 40\,\text{g mol}^{-1}$; $W_B = ?$

समी (ii) में मान रखने पर

$$0.2 = \frac{W_B/40}{\dfrac{W_B}{40} + \dfrac{114}{114}} = \frac{W_B/40}{\dfrac{W_B}{40} + 1}$$

$$0.2 = \frac{W_B}{W_B + 40}$$

$$0.2W_B + 8 = W_B$$

$$W_B = 10$$

प्रश्न 19. एक विलयन जिसे एक अवाष्पशील ठोस के 30 g को 90 g जल में विलीन करके बनाया गया है। उसका 298 K पर वाष्प दाब 2.8 kPa है। विलयन में 18 g जल और मिलाया जाता है। जिससे नया वाष्प दाब 298 K पर 2.9 kPa हो जाता है। निम्नलिखित की गणना कीजिए।

(i) विलेय का मोलर द्रव्यमान

(ii) 298 K पर जल का वाष्प दाब

हल *चरण*। **विलेय के मोलर द्रव्यमान की गणना**

प्रथम स्थिति विलेय के मोलों की संख्या,

$$(n_B) = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर का द्रव्यमान}} = \frac{(30\,\text{g})}{(M\,\text{g mol}^{-1})} = \frac{30}{M}\,\text{mol}$$

जल के मोलों की संख्या, $(n_A) = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}}$

$$= \frac{(90\,\text{g})}{(18\,\text{g mol}^{-1})}$$

$$= 5\,\text{mol}$$

जल का मोल-अंश, $(x_A) = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{(5\,\text{mol})}{\left(5\,\text{mol} + \frac{30}{M}\,\text{mol}\right)}$

$$= \frac{M}{(6 + M)}$$

प्रश्नानुसार, विलयन का वाष्प दाब $(p_A) = 2.8\,\text{kPa}$

पुनः राउल्ट के नियमानुसार, $p_A = p_A^{\circ} x_A$

या,
$$(2.8\,\text{kPa}) = p_A^{\circ} \times \frac{M}{(6 + M)} \qquad \ldots(i)$$

द्वितीय स्थिति विलेय के मोलों की संख्या, $(n_B) = \frac{30}{M}$ mol

जल के मोलों कीं संख्या, $(n_A) = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर द्रव्यमान}}$

$$= \frac{(108\,g)}{(18\,g\,mol^{-1})} = 6\,mol$$

जल का मोल-अंश, $(x_A) = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{(6\,mol)}{\left(6\,mol + \frac{30}{M}\,mol\right)}$

$$= \frac{M}{(5 + M)}$$

विलयन का वाष्प दाब $(p_A) = 2.9\,kPa$

पुनः राउल्ट के नियमानुसार, $p_A = p_A^\circ x_A$

या, $$(2.9\,kPa) = p_A^\circ \times \frac{M}{(5+M)} \quad \ldots (ii)$$

समी (i) को समी (ii) से भाग देने पर

$$\frac{(2.8\,kPa)}{(2.9\,kPa)} = \frac{(5+M)}{(6+M)}$$

$$0.9655 = \frac{(5+M)}{(6+M)}$$

$$(0.9655 \times 6) + 0.9655\,M = 5 + M$$

$$0.0345\,M = 0.793$$

$$M = \frac{0.793}{0.0345}$$

$$= 23\,g\,mol^{-1}$$

चरण II जल के वाष्प दाब की गणना

राउल्ट के नियमानुसार,

$$p_A = p_A^\circ x_A$$

या $$(2.8\,kPa) = p_A^\circ = \frac{M}{(6+M)} \quad \ldots (iii)$$

M का मान समी (i) में रखने पर

$$2.8\,kPa = p_A^\circ \frac{(23\,g\,mol^{-1})}{(6+23)\,g\,mol^{-1}}$$

$$p_A^\circ = \frac{2.8 \times 29}{23}$$

$$= \frac{81.2}{23} = 3.53\,kPa$$

प्रश्न 20. शक्कर के 5% (द्रव्यमान) जलीय विलयन का हिमांक 271 K है। यदि शुद्ध जल का हिमांक 273.15 K है तो ग्लूकोस के 5% जलीय विलयन के हिमांक की गणना कीजिए।

हल शक्कर के विलयन के लिए

W_b (शक्कर) = 5 g; W_A (जल) = 100 − 5 = 95 g

M_B (शक्कर) = 342 g mol^{-1}; ΔT_f = (273.15 − 271.00) K

= 2.15 K

$$\Delta T_f = \frac{K_f \times W_B}{M_B \times W_A}$$

$$(2.15\text{ K}) = \frac{K_f \times (5\text{ g})}{(342\text{ g mol}^{-1}) \times (95\text{ g})} \quad \text{....(i)}$$

ग्लूकोस के विलयन के लिए

W_B (ग्लूकोस) = 5 g; W_A (जल) = 100 − 5 = 95 g

M_B (ग्लूकोस) = 180 g mol^{-1}; ΔT_f = ?

$$\Delta T_f = \frac{K_f \times (5\text{ g})}{(180\text{ g mol}^{-1}) \times (95\text{ g})} \quad \text{...(ii)}$$

समी (ii) को समी (i) से भाग देने पर

$$\frac{\Delta T_f}{(2.15\text{ K})} = \frac{K_f \times (5\text{ g})}{(180\text{ g mol}^{-1}) \times (95\text{ g})} \times \frac{(342\text{ g mol}^{-1}) \times (95\text{ g})}{(K_f) \times (5\text{ g})}$$

$$\Delta T_f = \frac{342 \times 2.15}{180}\text{ K} = 4.085\text{ K}$$

अत: 5% ग्लूकोस विलयन के लिए हिमांक = (273.15 − 4.085) K

= 269.07 K

प्रश्न 21. दो तत्व A एवं B मिलकर AB_2 एवं AB_4 सूत्र वाले दो यौगिक बनाते हैं। 20 g बेन्जीन में घोलने पर 1 g AB_2 हिमांक को 2.3 K अवनमित करता है। जबकि 1.0 g AB_4 से 1.3 K का अवनमन होता है। बेन्जीन के लिए मोलर अवनमन स्थिरांक 5.1 K kg mol^{-1} है। A एवं B के परमाणवीय द्रव्यमान की गणना कीजिए।

हल चरण I यौगिक AB_2 तथा AB_4 के आण्विक द्रव्यमान की गणना

यौगिक AB_2 के लिए,

$$W_B\,(AB_2) = 1\,g;\ W_A\,(C_6H_6) = 20\,g;\ \Delta T_f = 2.3\,K$$

$$K_f = 5.1\,K\,kgmol^{-1} = 5.1 \times 1000\,Kgmol^{-1}$$

$$M_B = \frac{K_f \times W_B}{\Delta T_f \times W_A}$$

$$= \frac{(5.1 \times 1000\,K\,g\,mol^{-1}) \times (1\,g)}{(2.3\,K) \times (20\,g)}$$

$$= 110.87\,g\,mol^{-1}$$

यौगिक AB_4 के लिए,

$$W_B\,(AB_4) = 1\,g;\ W_A\,(C_6H_6) = 20\,g;\ \Delta T_f = 1.3\,K$$

$$K_f = 5.1\,K\,kg\,mol^{-1}$$

$$M_B = \frac{(5.1\,K\,kg\,mol^{-1}) \times 1000 \times (1\,g)}{(1.3\,K) \times (20\,g)}$$

$$= 196.15\,g\,mol^{-1}$$

चरण II तत्व A तथा B के परमाणवीय द्रव्यमान की गणना

माना तत्व A का परमाणवीय द्रव्यमान $= a$

तथा, तत्व B का परमाणवीय द्रव्यमान $= b$

अतः AB_2 का आण्विक द्रव्यमान $= a + 2b$

अतः AB_4 का आण्विक द्रव्यमान $= a + 4b$

उपलब्ध आँकड़ों के अनुसार,

$$a + 2b = 110.87 \quad \ldots (i)$$

$$a + 4b = 196.15 \quad \ldots (ii)$$

समी (ii) में समी (i) को घटाने पर

$$a + 4b - a - 2b = 196.15 - 110.87$$

$$2b = 85.28$$

$$b = \frac{85.28}{2} = 42.64$$

समी (i) में b का मान रखने पर

$$a + 2 \times 42.64 = 110.87$$

$$a + 85.28 = 110.87;$$

$$a = 110.87 - 85.28$$

$$= 25.59$$

अतः तत्व A का परमाणवीय द्रव्यमान $= 25.59$

तथा तत्व B का परमाणवीय द्रव्यमान $= 42.64$

प्रश्न 22. 300 K पर 36 g प्रति लीटर सान्द्रता वाले ग्लूकोस के विलयन का परासरण दाब 4.98 bar है। यदि इसी ताप पर विलयन का परासरण दाब 1.52 bar हो तो उसकी सान्द्रता क्या होगी?

हल $\pi = CRT = \dfrac{W_B \times R \times T}{M_B \times V}$

दोनों विलयनों के लिए, R, T तथा V के मान समान है।

I विलयन के लिए,

$$(4.98 \text{ bar}) = \frac{(36 \text{ g}) \times R \times T}{(180 \text{ g mol}^{-1}) \times V} \quad \ldots\text{(i)}$$

II विलयन के लिए,

$$(1.52 \text{ bar}) = \frac{W_B \times R \times T}{M_B \times V} \quad \ldots\text{(ii)}$$

समी (ii) को (i) से भाग देने पर,

$$\frac{(1.52 \text{ bar})}{(4.98 \text{ bar})} = \frac{W_B \times R \times T}{M_B \times V} \times \frac{180 \times V}{36 \times R \times T}$$

$$\frac{W_B}{M_B} = \frac{1.52}{4.98 \times 5} = 0.0610 \text{ mol L}^{-1}$$

प्रश्न 23. निम्नलिखित युग्मों में उपस्थित सबसे महत्वपूर्ण अंतराण्विक आकर्षण बलों का सुझाव दीजिए।

(i) n-हेक्सेन व n-ऑक्टेन (ii) I_2 तथा CCl_4

(iii) $NaClO_4$ तथा H_2O (iv) मेथेनॉल तथा ऐसीटोन

(v) ऐसीटोनाइट्राइल (CH_3CN) तथा ऐसीटोन (C_3H_6O)

हल (i) लण्डन बल

(ii) लण्डन बल

(iii) आयन-द्विध्रुव बल

(iv) अन्तराआण्विक हाइड्रोजन आबंधन

(v) द्विध्रुव-द्विध्रुव बल

प्रश्न 24. विलेय-विलायक आकर्षण के आधार पर निम्नलिखित को *n*-ऑक्टेन की विलेयता के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए KCl, CH_3OH, CH_3CN, साइक्लोहेक्सेन।

हल (i) साइक्लोहेक्सेन तथा *n*-ऑक्टेन दोनों अध्रुवीय है। अतः ये सभी अनुपातों में पूर्णतया विलेय होंगे।

(ii) KCl एक आयनिक यौगिक है परन्तु *n*-ऑक्टेन अध्रुवीय यौगिक है। अतः KCl, *n*-ऑक्टेन में विलेय नहीं होगा।

(iii) CH_3OH तथा CH_3CN दोनों ध्रुवीय है परन्तु CH_3OH की अपेक्षा CH_3CN कम ध्रुवीय है। चूँकि विलायक अध्रुवीय है अतः *n*-ऑक्टेन में CH_3OH की अपेक्षा CH_3CN अधिक विलेय होगा।

अतः विलेयता का क्रम निम्न है

$KCl < CH_3OH < CH_3CN <$ साइक्लोहेक्सेन

प्रश्न 25. पहचानिए कि निम्नलिखित यौगिकों में से कौन-से जल में अत्यधिक विलेय, आंशिक रूप से विलेय तथा अविलेय हैं।

(i) फीनॉल	**(ii) टॉलूईन**	**(iii) फार्मिक अम्ल**
(iv) एथिलीन ग्लाइकॉल	**(v) क्लोरोफॉर्म**	**(vi) पेन्टेनॉल**

हल (i) **फीनॉल : आंशिक विलेय** (कारण : फीनॉल में ध्रुवीय —OH समूह तथा अध्रुवीय C_6H_5-समूह उपस्थित होता है)

(ii) **टॉलूईन : अविलेय** (कारण : टॉलूईन अध्रुवीय है जबकि जल ध्रुवीय है)

(iii) **फॉर्मिक अम्ल : अत्यधिक विलेय** (कारण : हाइड्रोजन आबंधन)

(iv) **एथिलीन ग्लाइकॉल : अत्यधिक विलेय** (कारण : हाइड्रोजन आबंधन)

(v) **क्लोरोफॉर्म : अविलेय** (कारण : H–आबंध का निर्माण होता है यद्यपि यौगिक ध्रुवीय है)

(vi) **पेन्टेनॉल : अल्प विलेय** (कारण : —OH समूह ध्रुवीय है परन्तु लम्बा हाइड्रोकार्बन अंश अध्रुवीय है।)

प्रश्न 26. यदि किसी झील के जल का घनत्व $1.25\ g\ mL^{-1}$ है तथा उसमें $92\ g\ Na^+$ आयन प्रति किलो जल में उपस्थित हैं तो झील में Na^+ आयन की मोललता ज्ञात कीजिए।

हल Na^+ आयनों की मोललता $(m) = \dfrac{\text{आयनों के मोलों की संख्या}}{\text{जल का किग्रा में द्रव्यमान}}$

$$= \frac{(92\ g)/(23\ g\ mol^{-1})}{(1\ kg)}$$

$= 4\ mol\ kg^{-1}$ या $4\ m$

प्रश्न 27. यदि CuS का विलेयता गुणनफल 6×10^{-16} हो तो जलीय विलयन में उसकी अधिकतम मोलरता ज्ञात कीजिए।

हल जलीय विलयन में CuS के वियोजन की रासायनिक समीकरण निम्न है

$$CuS(s) \xrightleftharpoons{H_2O} Cu^{2+}(aq) + S^{2-}(aq)$$

मोलर सान्द्रता $\quad [S] \quad [S] \quad [S]$

विलेयता गुणनफल $K_{sp} = [Cu^{2+}][S^{2-}]$

$$= S \times S = S^2$$

$$6 \times 10^{-16} = S^2$$

$$S = \sqrt{6 \times 10^{-16}} \text{ or } (6 \times 10^{-16})^{1/2}$$

$$= 2.45 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$$

या 2.45×10^{-8} M

प्रश्न 28. जब 6.5 g ऐस्पिरीन ($C_9H_8O_4$), को 450 g ऐसिटोनाइट्राइल (CH_3CN), में घोला जाता है तो ऐस्पिरीन का ऐसीटोनाइट्राइल में भार प्रतिशत ज्ञात कीजिए।

हल ऐस्पिरीन का द्रव्यमान = 6.5 g

ऐसिटोनाइट्राइल का द्रव्यमान = 450 g

विलयन का द्रव्यमान = (6.5 + 450) g = 456.5 g

$$\text{द्रव्यमान } \% = \frac{(6.5 \text{ g})}{(456.5 \text{ g})} \times 100 = 1.424\%$$

प्रश्न 29. नैलॉर्फीन, ($C_{19}H_{21}NO_3$), जो कि मॉर्फीन जैसी होती है, का उपयोग स्वापक उपभोक्ताओं द्वारा स्वापक छोड़ने से उत्पन्न लक्षणों को दूर करने में किया जाता है। सामान्यतया नैलॉर्फीन की 1.5 mg खुराक दी जाती है। उपरोक्त खुराक के लिए 1.5×10^{-3} m जलीय विलयन का कितना द्रव्यमान आवश्यक होगा?

हल दिया है, $m = 1.5 \times 10^{-3}$ m या 1.5×10^{-3} mol kg^{-1}

विलेय का द्रव्यमान = 1.5×10^{-3} g या 1.5 mg

विलायक का द्रव्यमान = ?

विलेय, नैलॉर्फीन, ($C_{19}H_{21}NO_3$) का मोलर द्रव्यमान

$$= (12 \times 19) + (1 \times 21) + (14) + (16 \times 3)$$
$$= 311 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{विलेय के मोलों की संख्या} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर का द्रव्यमान}} = \frac{(1.5 \times 10^{-3} \text{ g})}{(311 \text{ g mol}^{-1})}$$

$$\text{मोललता } (m) = \frac{\text{मोलों की संख्या}}{\text{विलायक का किग्रा में द्रव्यमान}}$$

$$\therefore \text{विलायक का द्रव्यमान} = \frac{\text{मोलों की संख्या}}{\text{मोललता}} = \frac{(1.5 \times 10^{-3} \text{ g})}{(311 \text{ g mol}^{-1})} \times \frac{1}{(1.5 \times 10^{-3} \text{ mol kg})}$$

$$= \frac{1}{311} = 0.0032 \text{ kg या } 3.2 \text{ g}$$

प्रश्न 30. बेन्जोइक अम्ल का मेथेनॉल में 0.15 m विलयन बनाने के लिए आवश्यक मात्रा की गणना कीजिए।

हल मोलरता = 0.15 M या 0.15 mol L^{-1}

विलयन का आयतन = 250 mL = 0.25 L

विलेय (C_6H_5COOH) का मोलर द्रव्यमान = (12 × 6) + (1 × 5) + (12) + (16 × 2) + (1)

$$= 122 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{मोलरता} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{मोलर का द्रव्यमान}} \times \frac{1}{\text{आयतन (L में)}}$$

$$(0.15 \text{ mol L}^{-1}) = \frac{W}{(122 \text{ g mol}^{-1})} \times \frac{1}{(0.25 \text{ L})}$$

$$W = (0.15 \times 122 \times 025) \text{ g}$$
$$= 4.575 \text{ g}$$

अतः बेन्जोइक अम्ल की आवश्यक मात्रा = 4.575 g

प्रश्न 31. ऐसीटिक अम्ल, ट्राइक्लोरोऐसीटिक अम्ल एवं ट्राइफ्लुओरो ऐसीटिक अम्ल की समान मात्रा से जल के हिमांक में अवनमन इनके उपरोक्त दिए गए क्रम में बढ़ता है। संक्षेप में समझाइए।

हल जल में किसी विलेय को घोलने पर हिमांक में अवनमन, जलीय विलयन में इसके कणों या आयनों की संख्या अथवा वियोजन की दर (α) के समानुपाती होता है। तीनों अम्ल की अम्लीयता का बढ़ता क्रम निम्नलिखित है

$$CH_3COOH < CCl_3COOH < CF_3COOH$$

फ्लोरीन, क्लोरीन की अपेक्षा अधिक विद्युतऋणात्मक है। अतः ट्राइफ्लोरोऐसीटिक अम्ल, ट्राइक्लोरोऐसीटिक अम्ल की अपेक्षा प्रबल होगा जोकि ऐसीटिक अम्ल से प्रबल है। अतः हिमांक में अवनमन के क्रम समान रहेगा।

प्रश्न 32. $CH_3—CH_2—CHCl—COOH$ **के 10 g को 250 g जल में मिलाने से होने वाले हिमांक के अवनमन को परिकलित कीजिए।** $K_a = 1.4 \times 10^{-3}$; $K_f = 1.86$ K kg mol^{-1}

हल चरण। वियोजन के दर की गणना

विलेय का द्रव्यमान = 10 g

विलेय ($CH_3CH_2CHClCOOH$) का मोलर द्रव्यमान

$$= (12 \times 4) + (1 \times 7) + (35.5) + (16 \times 2)$$
$$= 48 + 7 + 35.5 + 32$$
$$= 122.5 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{विलयन की मोलल सान्द्रता} = \frac{\text{विलेय का द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलायक का किग्रा में द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{(10 \text{ g})}{(122.5 \text{ g mol}^{-1}) \times (0.25 \text{ kg})}$$

$$= 0.326 \text{ m}$$

यदि $CH_3CH_2CHClCOOH$ के वियोजन की दर C हो, तो

$$CH_3CH_2CHClCOOH \rightleftharpoons CH_3CHClCOO^- + H^+$$

प्रारम्भिक सान्द्रता	C	0	0
साम्य पर, सान्द्रता	$C(1-\alpha)$	$C\alpha$	$C\alpha$

$$\therefore \quad K_a = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = C\alpha^2$$

[तनु विलयनों के लिए, $(1-\alpha) \simeq 1$]

$\therefore$ $$\alpha^2 = \frac{K_a}{C} \quad \text{या} \quad \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

अतः, $$\alpha = \sqrt{\frac{1.4 \times 10^{-3}}{0.326}} = \sqrt{42.9 \times 10^{-4}}$$

$$= 6.55 \times 10^{-2} = 0.065$$

***चरण* II वाण्ट हॉफ गुणक (i) की गणना**

$$CH_3CH_2CHClCOOH \rightleftharpoons CH_3CH_2CHCl\,COO^- + H^+$$

प्रारम्भ में मोलों की संख्या	1	0	0
साम्य पर मोलों की संख्या	$1-\alpha$	α	α

वियोजन के पश्चात् मोलों की संख्या

$$= (1-\alpha) + (\alpha) + (\alpha) = (1+\alpha)$$

वाण्ट हॉफ गुणक, $i = \frac{(1+\alpha)}{1} = (1+\alpha) = 1 + 0.065 = 1.065$

***चरण* III हिमांक में अवनमन (ΔT_f) की गणना**

$$\Delta T_f = i\,K_f\,m = (1.065) \times (1.86 \text{ K kg mol}^{-1}) \times (0.326 \text{ mol kg}^{-1})$$

$$\Delta T_f = 0.65 \text{ K}$$

प्रश्न 33. CH_2FCOOH के 19.5 g को 500 g H_2O में घोलने पर जल के हिमांक में 1.0° C का अवनमन देखा गया। फ्लुओरोएसीटिक अम्ल का वाण्ट हॉफ गुणक तथा वियोजन स्थिरांक परिकलित कीजिए। [$K_f = 1.86 \text{ K kg mol}^{-1}$]

हल *चरण* I अम्ल के वाण्ट हॉफ गुणक की गणना

$$\Delta T_f = 1^\circ C = 1 \text{ K};\ K_f = 1.86 \text{ K kg mol}^{-1}$$

$$\Delta T_f = i\,K_f\,m$$

या $$i = \frac{\Delta T_f}{K_f\,m} \quad \text{...(i)}$$

हम जानते हैं कि मोललता $(m) = \frac{W_B}{M_B \times W_A}$

$$= \frac{(19.5 \text{ g})}{(78 \text{ g mol}^{-1}) \times (0.5 \text{ kg})}$$

$$= 0.5 \text{ mol kg}^{-1} \quad \text{...(ii)}$$

समी (i) में मान रखने पर वाण्ट हॉफ गुणाक (i)

$$i = \frac{1}{(1.86 \text{ K kg mol}^{-1}) \times (0.5 \text{ mol kg}^{-1})} \quad 1.0753$$

चरण II अम्ल के वियोजन की दर की गणना

माना दी गई सान्द्रता पर वियोजन की दर α है।

$$CH_2FCOOH \overset{H^+}{\rightleftharpoons} CH_2FCOO^- + H^+$$

प्रारम्भिक सान्द्रता	C	0	0
साम्यावस्था पर	$C(1-\alpha)$	$C\alpha$	$C\alpha$

$$\text{कुल सान्द्रता} = C(1+\alpha)$$

$\therefore$
$$i = \frac{C(1+\alpha)}{C} = 1+\alpha$$

$\Rightarrow$
$$\alpha = i - 1 = 1.0753 - 1$$
$$= 0.0753$$

चरण III अम्ल के लिए वियोजन स्थिरांक की गणना

$$\text{मोललता } C = 0.5\,\text{m}$$ [समी (ii) से]

$\therefore$
$$K_a = \frac{[CH_2FCOO^-][H^+]}{[CH_2FCOOH]} = \frac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{(1-\alpha)}$$

$\therefore$
$$K_a = \frac{(0.5)(0.0753)^2}{(1-0.0753)} \frac{(0.5)\times(0.0753)^2}{(0.9247)}$$
$$= 3.07 \times 10^{-3}$$

प्रश्न 34. 293 K पर जल का वाष्प दाब 17.535 mm Hg है। यदि 25 g ग्लूकोस को 450 g जल में घोलें तो 293 K पर जल का वाष्प दाब परिकलित कीजिए।

हल W_B (विलेय) $= 25\,g$, $M_B = 180\,g\,mol^{-1}$; $p_A^\circ = 17.535\,mm$

$$W_A\ (\text{जल}) = 450\,g;\ M_A = 18\,g\,mol;\ p_S = ?$$

$$n_B = \frac{W_B}{M_B} = \frac{25}{180} = 0.1389$$

$$n_A = \frac{W_A}{M_A} = \frac{450}{18} = 25$$

$$\frac{p_A^\circ - p_S}{p_A^\circ} = x_B = \frac{n_B}{n_B + n_A}$$

$\therefore$
$$\frac{17.535 - p_S}{17.535} = \frac{0.1389}{0.1389 + 25}$$

$$\frac{17.535 - p_S}{17.535} = 0.00552$$

$$p_S = 17.535 - 0.097$$
$$p_S = 17.438\,mm\,Hg$$

प्रश्न 35. 298 K पर मेथेन की बेन्जीन पर मोललता का हेनरी स्थिरांक 4.27×10^5 mm Hg है। 298 K तथा 760 mm Hg दाब पर मेथेन की बेन्जीन में विलेयता परिकलित कीजिए।

हल प्रश्नानुसार, $K_H = 4.27 \times 10^5$ mm Hg (298 K पर)

तथा $p = 760$ mm

हेनरी के नियमानुसार

$$p = K_H \, x \qquad [x = \text{मोल-अंश/मेथेन की विलेयता}]$$

$$\therefore \quad x = \frac{p}{K_H} = \frac{(760 \text{ mm})}{(4.27 \times 10^5 \text{ mm})} = 178 \times 10^{-5} = 1.78 \times 10^{-3}$$

प्रश्न 36. 100 g द्रव A (मोलर द्रव्यमान 140 g mol^{-1}) को 1000 g द्रव B (मोलर द्रव्यमान 180 g mol^{-1}) में घोला गया। शुद्ध द्रव B का वाष्प दाब 500 Torr पाया गया। शुद्ध द्रव A का वाष्प दाब तथा विलयन में उसका वाष्प दाब परिकलित कीजिए यदि विलयन का कुल वाष्प दाब 475 Torr हो।

हल ***चरण I*** **शुद्ध द्रव A के वाष्प दाब (p_A°) की गणना**

द्रव A के मोलों की संख्या,

$$(n_A) = \frac{W_A}{M_A} = \frac{(100 \text{ g})}{(140 \text{ g mol}^{-1})} = 0.7143 \text{ mol}$$

द्रव B के मोलों की संख्या,

$$(n_B) = \frac{W_B}{M_B} = \frac{(1000 \text{ g})}{(180 \text{ g mol}^{-1})} = 5.5556 \text{ mol}$$

A का मोल-अंश,

$$(x_A) = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

$$\frac{(0.7143 \text{ mol})}{(0.7143 + 5.5556) \text{ mol}}$$

$$= \frac{0.7143}{6.2699} = 0.1139$$

$\therefore$ B का मोल-अंश $(x_B) = 1 - 0.1139 = 0.8861$

शुद्ध द्रव B का वाष्प दाब $(p_B^\circ) = 500$ torr

विलयन का कुल वाष्प दाब $(p) = 475$ torr

राउल्ट के नियमानुसार,

$$p = p_A^\circ x_A + p_B^\circ x_B$$

$$475 \text{ torr} = \overset{\circ}{p_A} \times (0.1139) + 500 \text{ torr} \times (0.8861)$$

$$475 \text{ torr} = \overset{\circ}{p_A} \times (0.1139) + 443.05 \text{ torr}$$

$$\therefore \quad \overset{\circ}{p_A} = \frac{(475 - 443.05) \text{ torr}}{(0.1139)}$$

$$= \frac{31.95}{0.1139} \text{ torr}$$

$$= 280.5 \text{ torr}$$

चरण II विलयन में A के वाष्प दाब (p_A) की गणना

राउल्ट के नियमानुसार,

$$p_A = \overset{\circ}{p_A} x_A$$

$$= (280.5 \text{ torr}) \times (0.1139)$$

$$p_A = 32.0 \text{ torr}$$

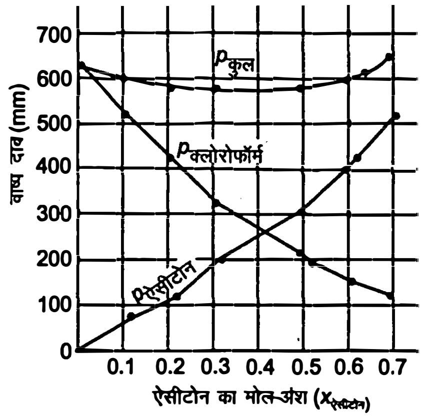
प्रश्न 37. 328 K पर शुद्ध ऐसीटोन एवं क्लोरोफॉर्म के वाष्प दाब क्रमशः 741.8 mm Hg तथा 632.8 mm Hg हैं। यह मानते हुए कि संघटन के सम्पूर्ण परास में ये आदर्श विलयन बनाते हैं, $p_{कुल}$, $p_{क्लोरोफार्म}$ तथा $p_{ऐसीटोन}$ को $x_{ऐसीटोन}$ के फलन के रूप में आलेखित कीजिए। मिश्रण के विभिन्न संघटनों के प्रेक्षित प्रायोगिक आंकड़े निम्नलिखित हैं।

$100 \, x_{ऐसीटोन}$	0	11.8	23.4	36.0	50.8	58.2	64.5	72.1
$p_{ऐसीटोन}$/mm Hg	0	54.9	110.1	202.4	322.7	405.9	454.1	521.1
$p_{क्लोरोफॉर्म}$/mm Hg	632.8	548.1	469.4	359.7	257.7	193.6	161.2	120.7

उपरोक्त आंकड़ों को भी उसी ग्राफ में आलेखित कीजिए और इंगित कीजिए कि क्या इसमें आदर्श विलयन से धनात्मक अथवा ऋणात्मक विचलन है?

हल

$x_{ऐसीटोन}$	0	0.118	0.234	0.360	0.508	0.582	0.645	0.721
$p_{ऐसीटोन}$/mm Hg	0	54.9	110.1	202.4	322.7	405.9	454.1	521.1
$p_{क्लोरोफॉर्म}$/mm Hg	632.8	548.1	469.4	359.7	257.7	193.6	161.2	120.7
$p_{कुल}$	632.8	603.0	579.5	562.1	580.4	599.5	615.3	64.18



चूँकि $p_{कुल}$ का ग्राफ नीचे की ओर झुकता है, अतः विलयन राउल्ट के नियम से ऋणात्मक विचलन प्रदर्शित करता है।

प्रश्न 38. संघटनों के सम्पूर्ण परास में बेन्जीन तथा नैफ्थैलीन आदर्श विलयन बनाते हैं। 300 K पर शुद्ध बेन्जीन तथा नैफ्थैलीन का वाष्प दाब क्रमशः 50.71 mm Hg तथा 32.06 mm Hg है। यदि 80 g बेन्जीन को 100 g नैफ्थैलीन में मिलाया जाये तो वाष्प अवस्था में उपस्थित बेन्जीन के मोल-अंश परिकलित कीजिए।

हल बेन्जीन (C_6H_6), का मोलर द्रव्यमान = 78 g mol^{-1}

नैफ्थैलीन ($C_{10}H_8$) का मोलर द्रव्यमान = 128 g mol^{-1}

अतः $n_{(C_6H_6)}$ बेन्जीन के मोलों की संख्या $= \dfrac{80\text{ g}}{(78\text{ g mol}^{-1})} = 1.026$ mol

तथा $n_{C_{10}H_8}$ (नैफ्थैलीन के मोलों की संख्या) $\dfrac{(100\text{ g})}{(128\text{ g mol}^{-1})} = 0.781$ mol

बेन्जीन का मोल-अंश, $(x_{C_6H_6}) = \dfrac{(1.026\text{ mol})}{(1.026 + 0.781)\text{ mol}}$ 0 568

नैफ्थलीन का मोल-अंश $(x_{C_{10}H_8}) = 1 - 0.568 = 0.432$

राउल्ट के नियमानुसार,

विलयन में बेन्जीन का आंशिक वाष्प दाब $(p_{C_6H_6})$

$$= p^{\circ}_{C_6H_6} \times x_{C_6H_6}$$

$$= (50.71 \text{ mm}) \times (0.568)$$

$$= 28.80 \text{ mm}$$

विलयन में नैफ्थैलीन का आंशिक वाष्प दाब,

$$(p_{C_{10}H_8}) = p^{\circ}_{(C_{10}H_8)} \times x_{C_{10}H_8}$$

$$= (32.06 \text{ mm}) \times (0.432)$$

$$= 13.85 \text{ mm}$$

विलयन का कुल वाष्प दाब $(p) = (28.80 + 13.85)$ mm

$$= 42.65 \text{ mm}$$

वाष्प अवस्था में बेन्जीन का मोल-अंश $= \dfrac{x_{C_6H_6} \times p^{\circ}_{C_6H_6}}{p_{\text{कुल}}}$

$$= 1 - 0.675$$

$$= 0.325$$

वाष्प अवस्था में नैफ्थलीन का मोल-अंश $= 1 - 0.675$

$$= 0.325$$

प्रश्न 39. वायु अनेक गैसों की मिश्रण है। 298 K पर आयतन में मुख्य घटक ऑक्सीजन और नाइट्रोजन लगभग 20% एवं 79% के अनुपात में हैं। 10 वायुमण्डल दाब पर जल वायु के साथ साम्य में है। 298 K पर यदि ऑक्सीजन तथा नाइट्रोजन के हेनरी स्थिरांक क्रमशः 3.30×10^7 mm तथा 6.51×10^7 mm है, तो जल में इन गैसों का संघटन ज्ञात कीजिए।

हल *चरण* I ऑक्सीजन तथा नाइट्रोजन के आंशिक दाब की गणना

O_2 का आंशिक दाब $(p_{O_2}) = (10 \text{ atm}) \times \dfrac{20}{100} = 2 \text{ atm} = 2 \times 760 \text{ mm}$

N_2 का आंशिक दाब $(p_{N_2}) = (10 \text{ atm}) \times \dfrac{79}{100} = 7.9 \text{ atm} = 7.9 \times 760 \text{ mm}$

चरण II जल में घुली O_2 तथा N_2 का संघटन

जल में घुली गैसों की मात्रा इनके मोल-अंशों द्वारा ज्ञात कर सकते हैं।

$$x_{O_2} = \frac{p_{O_2}}{K_H}$$

$$= \frac{(2 \times 760 \text{ mm})}{(3.30 \times 10^7 \text{ mm})}$$

$$= 4.6 \times 10^{-5}$$

$$x_{N_2} = \frac{p_{N_2}}{K_H} = \frac{(7.9 \times 760 \text{ mm})}{(6.51 \times 10^7 \text{ mm})}$$

$$= 9.22 \times 10^{-5}$$

प्रश्न 40. यदि जल का परासरण दाब 27° C पर 0.75 वायुमण्डल हो तो 2.5 लीटर जल में घुले $CaCl_2$ ($i = 2.47$) की मात्रा परिकलित कीजिए।

हल वाण्ट हॉफ समीकरण के अनुसार,

$$\text{परासरण दाब } (\pi) = i\,CRT = \frac{i n_B RT}{V} \Rightarrow n_B = \frac{\pi V}{iRT}$$

प्रश्नानुसार, $i = 2.47$; $V = 2.5$ L; $R = 0.0821$ L atm $K^{-1} mol^{-1}$

$T = 27 + 273 = 300$ K; $\pi = 0.75$ atm

अतः
$$n_B = \frac{(0.75 \text{ atm}) \times (2.5 \text{ L})}{(2.47) \times (0.0821 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}) \times (300 \text{ K})}$$

$$= 0.0308 \text{ mol}$$

अतः विलेय $CaCl_2$ की मात्रा $= n_B \times M_B$

$$= (0.0308 \text{ mol}) \times (111 \text{ g mol}^{-1})$$

$$= 3.42 \text{ g}$$

प्रश्न 41. 2 लीटर जल में 25° C पर K_2SO_4 के 25 mg को घोलने पर बनने वाले विलयन का परासरण दाब, यह मानते हुए ज्ञात कीजिए कि K_2SO_4 पूर्णतः वियोजित हो गया है।

हल प्रश्नानुसार, विलेय K_2SO_4 की मात्रा = 25 mg = 0.025 g

विलयन का आयतन = 2 L

तापमान, $T = 25°C = 25 + 273 K = 298 K$

K_2SO_4 का मोलर द्रव्यमान $= (2 \times 39) + (32) + (4 \times 16) = 174$ g mol^{-1}

चूँकि K_2SO_4 निम्न प्रकार पूर्णतया अपघटित होता है।

$$K_2SO_4 \xrightarrow{aq} 2\,K^+ + SO_4^{2-}$$

अतः प्रति मोल, वियोजन के पश्चात् कुल उत्पन्न आयन = 3

अतः $i = 3$,

$$\because \qquad \pi = iCRT = i \times \frac{n}{V} RT = \frac{i \times W \times R \times T}{M \times V}$$

$$\therefore \qquad \pi = \frac{3 \times (0.025\text{ g}) \times (0.0821\text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}) \times (298\text{ K})}{(174\text{ g mol}^{-1}) \times (2\text{ L})}$$

$$= 5.27 \times 10^{-3}\text{ atm}$$