Chapter-7

साम्यावस्था

(Equilibrium)

पाठ्य-पुस्तक के प्रश्नोत्तर

प्रश्न 7.1. एक द्रव को सीलबन्द पात्र में निश्चित ताप पर इसके वाष्प के साथ साम्य में रखा जाता है। पात्र का आयतन अचानक बढ़ा दिया जाता है।

(क) वाष्प-दाब परिवर्तन का प्रारम्भिक परिणाम क्या होगा?

(ख) प्रारम्भ में वाष्पन एवं संघनन की दर कैसे बदलती है?

(ग) क्या होगा, जबकि साम्य पुन: अन्तिम रूप से स्थापित हो जाएगा, तब अन्तिम वाष्प दाब क्या होगा?

उत्तर—(क) पात्र का आयतन बढ़ाने से द्रव के धरातल का वाष्प दाब कम होगा।

(ख) अचानक पात्र का आयतन बढ़ान से प्रारिम्भक वाष्प दर स्थिर रहेगी; क्योंकि पात्र का आयतन बढ़ता है, संघनन दर घटती है।

(ग) साम्यावास्था पर वाष्पन दर संघनन दर के बराबर होती है, प्रारम्भिक दाब में अन्तिम वाष्प दाब समान होगा।

प्रश्न 7.2. निम्न साम्य के लिए K_c क्या होगा, यदि साम्य पर प्रत्येक पदार्थ की सान्द्रताएँ $[SO_2] = 0.6\ M, [O_2] = 0.82\ M$ एवं $[SO_3] = 1.90\ M$

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

हल :

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

$$\therefore \quad K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{[1.90]^2}{[0.6]^2[0.82]} = \frac{3.61}{0.2952} = 12.229$$

अत: K_c का मान $= 12.229$ उत्तर

प्रश्न 7.3. एक निश्चित ताप एवं कुल दाब 10^5 Pa पर आयोडीन वाष्प में आयतानुसार 40% आयोडीन परमाणु होते हैं।

$$I_2(g) \rightleftharpoons 2I(g)$$

साम्य के लिए K_p की गणना कीजिए।

हल :

$$I_2(g) \rightleftharpoons 2I(g)$$

कुल दाब $= 10^5$ Pa

तथा क्योंकि कुल आयतन का 40% आयोडीन परमाणु होते हैं।

$\therefore$ 60% I_2 अणु हैं।

$$\therefore \quad I \text{ के लिए आंशिक दाब} = \frac{40}{100} \times 10^5 \text{ Pa}$$

तथा

$$I_2 \text{ का आंशिक दाब} = \frac{60}{100} \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\therefore \quad K_P = \frac{(P_I)^2}{PI_2} = \frac{\left(\frac{40}{100} \times 10^5\right)^2}{\left(\frac{60}{100} \times 10^5\right)} = \frac{16 \times 10^8}{6 \times 10^4} = 2.67 \times 10^4$$

अत: K_p का मान $= 2.67 \times 10^4$ उत्तर

प्रश्न 7.4. निम्नलिखित में से प्रत्येक अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक K_c का व्यंजक लिखिए।

(i) $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$

(ii) $2Cu(NO_3)_2(s) \rightleftharpoons 2CuO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g)$

(iii) $CH_3COOC_2H_5(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + C_2H_5OH(aq)$

(iv) $Fe^{3+}(aq) + 3OH^-(aq) \rightleftharpoons Fe(OH)_3(s)$

(v) $I_2 + 5F_2 \rightleftharpoons 2IF_5$

उत्तर—(i) $K_c = \dfrac{[NO]^2[Cl_2]}{[NOCl]^2}$ (ii) $K_c = \dfrac{[CuO]^2[NO_2]^4[O_2]}{[Cu(NO_3)_2]^2}$

(iii) $K_c = \dfrac{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}$ (iv) $K_c = \dfrac{[Fe(OH)_3][O_2]}{[Fe^{3+}][OH^-]^3}$

(v) $K_c = \dfrac{[IF_5]^2}{[I_2][F_2]^5}$

प्रश्न 7.5. K_p के मान से निम्नलिखित में से प्रत्येक साम्य के लिए K_c का मान ज्ञात कीजिए–

(i) $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$; $K_p = 1.8 \times 10^{-2}$, 500 K ताप पर

(ii) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$, $K_p = 167$, 1073 K ताप पर

उत्तर—(i) $2NOCl(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + Cl_2(g)$

500 K ताप पर, $K_P = 1.8 \times 10^{-2}$

$\Delta n = [2 + 1] - 2 = 1$

तथा $R = 0.0821$ atm/K mol

$K_P = K_c \times (RT)^{\Delta n}$

या $1.8 \times 10^{-2} = K_c \times (RT)^1$

या $K_c = \dfrac{1.8 \times 10^{-2}}{0.0821 \times 500} = \dfrac{1.8 \times 10^{-4}}{0.4105} = 4.38 \times 10^{-4}$

अत: **K_c का अभीष्ट मान $= 4.38 \times 10^{-4}$** **उत्तर**

(ii) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

$K_P = 167, 1073$ K ताप

$\Delta n = 1$

$\therefore K_c = \dfrac{K_P}{RT}$

$= \dfrac{167}{0.0821 \times 1073} = \dfrac{167}{88.09} = 1.90$

अत: **K_c का अभीष्ट मान $= 1.90$** **उत्तर**

प्रश्न 7.6. साम्य $NO(g) + O_3(g) \rightleftharpoons NO_2(g) + O_2(g)$ के लिए 1000 K पर $K_c = 6.3 \times 10^{14}$ है। साम्य में अग्र एवं प्रतीप दोनों अभिक्रियाएँ प्राथमिक रूप से द्विअणुक हैं। प्रतीप अभिक्रिया के लिए K_c क्या है?

हल : 1000 K ताप पर, $K_c = 6.3 \times 10^{14}$

$NO(g) + O_3(g) \rightleftharpoons NO_2(g) + O_2(g)$

या $K_c = \dfrac{[NO_2][O_2]}{[NO][O_3]} = 6.3 \times 10^{14}$

उत्क्रमणीय अभिक्रिया के लिए,

$NO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons NO(g) + O_3(g)$

$\therefore K_c = \dfrac{[NO][O_3]}{[NO_2][O_2]} = \dfrac{1}{K_c} = \dfrac{1}{6.3 \times 10^{14}}$

$= 1.59 \times 10^{-15}$

अत: **प्रतीप अभिक्रिया के लिए $K_c = 1.59 \times 10^{-15}$** **उत्तर**

प्रश्न 7.7. साम्य स्थिरांक का व्यंजक लिखते समय समझाइए कि शुद्ध द्रवों एवं ठोसों को उपेक्षित क्यों किया जा सकता है?

उत्तर—शुद्ध ठोस के लिए क्रिया द्रव्यमान स्थिर होता है। यदि शुद्ध द्रव अधिक मात्रा में है, तब इसका क्रिया द्रव्यमान भी स्थिर होगा। इस प्रकार, दोनों कारणों से क्रिया द्रव्यमान एक लिया जाता है।

$$\text{शुद्ध ठोस} = 1 \text{ तथा शुद्ध द्रव्य} = 1$$

$$\text{मोलर सान्द्रता} = \frac{\text{पदार्थ के मोल}}{\text{पदार्थ का आयतन}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थ का द्रव्यमान}}{\text{पदार्थ का आयतन}} \times \frac{1}{\text{आण्विक द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{\text{पदार्थ का घनत्व}}{\text{आण्विक द्रव्यमान}}$$

स्थिर ताप पर पदार्थ का घनत्व स्थिर रहता है और पदार्थ का आण्विक द्रव्यमान स्थिर रहता है।

अत: मोलर सान्द्रता स्थिर कहती है।

प्रश्न 7.8. N_2 एवं O_2 के मध्य निम्नलिखित अभिक्रिया होती है :

$$2N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2O(g)$$

यदि एक 10 L के पात्र में 0.482 मोल N_2 एवं 0.933 मोल O_2 रखे जाएँ तथा एक ताप, जिस पर N_2O बनने दिया जाए, तो साम्य मिश्रण का संघटन ज्ञात कीजिए, $K_c = 2.0 \times 10^{-37}$।

उत्तर—दी गई अभिक्रिया :

$$2N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2O(g)$$

प्रारम्भिक सान्द्रता	0.482 mol	0.933 mol	0
साम्य पर सान्द्रता	$0.482 - x$	$0.933 - \frac{x}{2}$	

जहाँ x मोल संख्या N_2 के लिए एवं $\frac{x}{2}$ मोल संख्या O_2 के लिए

$$\text{आण्विक सान्द्रता} = \frac{0.482 - x}{10} = \frac{0.933 - \frac{x}{2}}{10} = \frac{x}{10}$$

क्योंकि $K_c = 2.0 \times 10^{-37}$ का मान कम है। इसका अर्थ N_2 एवं O_2 के लिए x का मान कम है।

अत: साम्यावस्था में $[N_2] = 0.0482 \text{ mol/L}$

$$[O_2] = 0.0933 \text{ mol/L}, [N_2O] = 0.1x$$

$$K_c = \frac{(0.1x)^2}{(0.0482)^2 (0.0933)} = 2.0 \times 10^{-37}$$

या $$\frac{0.01x^2}{2.17 \times 10^8 \times 10^{-12}} = 2.0 \times 10^{-37}$$

या $$x^2 = \frac{2.17 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-37}}{1 \times 10^{-2}}$$

या $$x^2 = 4.34 \times 10^{-41}$$

या $$x^2 = 43.4 \times 10^{-40}$$

$$x = 6.6 \times 10^{-20}$$

अत: $[N_xO] = 0.1x = 6.6 \times 10^{-21}$ mol/L

अत: $[N_2] = 0.0482$ mol L^{-1}, $[O_2] = 0.0933$ mol L^{-1} एवं $[N_2O] = 6.6 \times 10^{-21}$ mol L^{-1} **उत्तर**

प्रश्न 7.9. निम्नलिखित अभिक्रिया के अनुसार नाइट्रिक ऑक्साइड Br_2 से अभिक्रिया कर नाइट्रोसिल ब्रोमाइड बनाती है–

$$2NO(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2NOBr(g)$$

जब स्थिर ताप पर एक बन्द पात्र में 0.087 मोल NO एवं 0.0437 मोल Br_2 मिश्रित किए जाते हैं, तब 0.0518 मोल NOBr प्राप्त होती है। NO एवं Br_2 की साम्य मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल :	$2NO(g)$ +	$Br_2(g)$ $\rightleftharpoons$	$2NOBr(g)$
प्रारम्भिक सान्द्रता	0.087	0.0437	0
अन्तिम सान्द्रता	?	?	0.0518

$\therefore$ [NO] का साम्य मान $= 0.087$ mol $- 0.0518$ mol $= 0.0352$ mol

तथा $[Br_2]$ का साम्य मान $= 0.0437$ mol $- 0.0259$ mol $= 0.0178$ mol

अत: NO के 0.0352 mol तथा Br_2 के 0.0178 mol प्राप्त होते हैं। **उत्तर**

प्रश्न 7.10. साम्य $2SO_2 + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ के लिए 450 K पर $K_P = 2.0 \times 10^{10}$ bar है। इस ताप पर K_c का मान ज्ञात कीजिए।

हल : दी गई अभिक्रिया :

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

$$\Delta n = 2 - [2 + 1] = -1$$

$\therefore$ $$K_P = K_c \times (RT)^{-1}$$

$$K_c = K_p \times (RT) = 2.0 \times 10^{10} \times 0.0831 \times 450$$

$$= 7.47 \times 10^{11} \text{ mol } L^{-1}$$

$\therefore$ K_c का मान 450 K ताप पर $= 7.47 \times 10^{11}$ mol L^{-1}

अत: 450 K पर K_c का मान $= 7.4 \times 10^{11}$ mol L^{-1} **उत्तर**

प्रश्न 7.11. HI(*g*) का एक नमूना 0.2 atm दाब पर एक फ्लास्क में रखा जाता है। साम्य पर HI(*g*) का आंशिक दाब 0.04 atm है। यहाँ दिए गए साम्य के लिए K_P का मान क्या होगा?

$$2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$$

हल : $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$

साम्य पर, $pHI = 0.04$

$\therefore$ माना $p_{H_2} = p_{I_2} = x$

$\therefore$ $p_{HI} + p_{H_2} + p_2 = 0.2$ atm

$\therefore$ $0.04 + x + x = 0.2$

या $2x = 0.2 - 0.04 = 0.16$

या $x = 0.08$ atm

$\therefore$ $p_{H_2} = p_{I_2} = 0.08$ atm

$$K_P = \frac{P_{H_2} \times p_{I_2}}{p_{HI}} = \frac{0.08 \times 0.08}{(0.04)^2}$$
$$= \frac{8 \times 8}{4 \times 4}$$
$$= 2 \times 2 = 4$$

अत: K_p का मान = 4 उत्तर

प्रश्न 7.12. 500 K ताप पर एक 20 L पात्र में N_2 के 1.57 मोल, H_2 के 1.92 मोल एवं NH_3 के 8.13 मोल का मिश्रण लिया जाता है। अभिक्रिया $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ के लिए K_c का मान 1.7×10^2 है। क्या अभिक्रिया-मिश्रण साम्य में है? यदि नहीं, तो नेट अभिक्रिया की दिशा क्या होगी?

हल : $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

$$K_c = 1.7 \times 10^2$$

सान्द्रता भागफल

$$Q_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{\left(\frac{8.13}{20}\right)^2}{\frac{1.57}{20} \times \left(\frac{1.92}{20}\right)^3}$$
$$= \frac{\frac{8.13}{20} \times \frac{8.13}{20}}{\frac{1.57}{20} \times \frac{1.92}{20} \times \frac{1.92}{20} \times \frac{1.92}{20}}$$
$$= \frac{813 \times 813 \times 20 \times 20}{157 \times 192 \times 1.92 \times 1.92}$$
$$= \frac{2.64 \times 10^8}{1.11 \times 10^5}$$
$$= 2.35 \times 10^3$$

अत: $Q_c = 2.35 \times 10^3$ और $K_c = 1.7 \times 10^2$

∴ $Q_c > K_c$ अभिक्रिया मिश्रण साम्य नहीं है।

∴ Q_c का मान घटकर K_c के बराबर होना चाहिए।

अत: $Q_c = 2.35 \times 10^3$ तथा अभिक्रिया साम्यावस्था में नहीं है। उत्तर

प्रश्न 7.13. एक गैस अभिक्रिया के लिए

$$K_c = \frac{[NH_3]^4 [O_2]^5}{[NO]^4 [H_2O]^6}$$ **है, तो**

इस व्यंजक के लिए सन्तुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।

हल : ∵ NH_3 और O_2 उत्पाद एवं NO तथा H_2O अभिकारक हैं।

∴ सन्तुलित अभिक्रिया

$$4NO + 6H_2O \rightleftharpoons 4NH_3 + 5O_2$$ उत्तर

प्रश्न 7.14. H_2O का एक मोल एवं CO का एक मोल 725 K ताप पर 10 L के पात्र में लिए जाते हैं। साम्य पर 40% जल (भारात्मक) CO के साथ निम्नलिखित समीकरण के अनुसार अभिक्रिया करता है–

$$H_2O(g) + CO(g) \rightleftharpoons H_2(g) + CO_2(g)$$

अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए।

हल :	$H_2O(g)$ +	$CO(g) \rightleftharpoons$	$H_2(g)$ +	$CO_2(g)$
आरम्भिक सान्द्रता	1 mol	1 mol	0 mol	0 mol
साम्य पर क्रियाशील पदार्थ	$\frac{40}{100} \times 1$	$\frac{40}{100} \times 1$		
साम्य पर मात्रा	0.4 mol	0.4 mol	0.4 mol	0.4 mol
	$(1-0.4)$ mol $= 0.6$ mol	$(1-0.4)$ mol $= 0.6$ mol	0.4 mol	0.4 mol
साम्य सान्द्रता	$= \frac{0.6 \text{ mol}}{10 \text{ L}}$,	$\frac{0.6 \text{ mol}}{10 \text{ L}}$,	$\frac{0.4 \text{ mol}}{10 \text{ L}}$,	$\frac{0.4 \text{ mol}}{10 \text{ L}}$
	$= 0.06 \text{ mol L}^{-1}$	$= 0.06 \text{ mol L}^{-1}$	0.04 mol L^{-1}	0.4 mol L^{-1}

$$K_c = \frac{[H_2][CO_2]}{[H_2O][CO]}$$

$$= \frac{0.04 \times 0.04}{0.06 \times 0.06} = \frac{16}{36} = 0.44$$

अत: **साम्य स्थिरांक = 0.44** **उत्तर**

प्रश्न 7.15. 700 K ताप पर अभिक्रिया $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ के लिए साम्य स्थिरांक 54.8 है। यदि हमने शुरु में HI (g) लिया हो, 700 K ताप साम्य स्थापित हो तथा साम्य पर 0.5 mol L^{-1} HI (g) उपस्थित हो, तो साम्य पर $H_2(g)$ एवं $I_2(g)$ की सान्द्रताएँ क्या होंगी?

हल : अभिक्रिया :

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ के लिए साम्य स्थिरांक = 54.8

∴ अभिक्रिया के लिए, $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$

$$K'_c = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{54.8}$$

साम्य पर, $[HI] = 0.5 \text{ mol L}^{-1}$

माना $[H_2] = [I_2] = x \text{ mol L}^{-1}$

∴ $K_C = \frac{1}{54.8} = \frac{x \times x}{(0.5)^2}$

या $x^2 = \frac{0.25}{54.8}$

या $x^2 = 0.00456$

∴ $x = 0.068$

∴ $[H_2] = [I_2] = 0.068 \text{ mol L}^{-1}$ **उत्तर**

प्रश्न 7.16. ICl, जिसकी सान्द्रता प्रारम्भ में 0.78 M है, को यदि साम्य पर आने दिया जाए, तो प्रत्येक की साम्य पर सान्द्रताएँ क्या होंगी?

$$2ICl(g) \rightleftharpoons I_2(g) + Cl_2(g);\ K_c = 0.14$$

हल : अभिक्रिया :

	$2ICl \rightleftharpoons$	$I_2(g) +$	$Cl_2(g);\ K_c = 0.14$
प्रारम्भिक सान्द्रता	0.78 M	0	0
साम्य सान्द्रता	$(0.78 - 2a)$	a	a

$$K_c = \frac{[I_2] \times [Cl_2]}{[ICl]^2}$$

या $$0.14 = \frac{a \times a}{(0.78 - 2a)^2}$$

सरल करने पर,

$$a = 0.167$$

$\therefore$ $$[I_2] = [Cl_2] = 0.167 \text{ M}$$

तथा $$[ICl] = (0.78 - 0.334)\text{M} = 0.446 \text{ M}$$

अत: $[I_2] = [Cl_2] = 0.167\text{M}$ तथा $[ICl] = 0.446$ M उत्तर

प्रश्न 7.17. नीचे दर्शाए गए साम्य में 899 K पर K_P का मान 0.04 atm है। C_2H_6 की साम्य पर सान्द्रता क्या होगी, यदि 4.0 atm दाब पर C_2H_6 को एक फ्लास्क में रखा गया है एवं साम्यावस्था पर आने दिया जाता है?

$$C_2H_6(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g) + H_2(g)$$

उत्तर—अभिक्रिया :

$$C_2H_6(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g) + H_2(g)$$

प्रारम्भिक सान्द्रता	4.0 atm	0	0
साम्य सान्द्रता	$(4-p)$ atm	p atm	p atm

$$K_P = \frac{p_{C_2H_4} \times p_{H_2}}{p_{C_2H_6}}$$

या $$0.04 = \frac{p \times p}{4 - p}$$

या $$25p^2 + p - 4 = 0$$

या $$p = \frac{-1 \pm \sqrt{1^2 + 400}}{50}$$

$$= \frac{20.024}{50} = 0.4$$

$\therefore$ C_2H_6 का साम्य सान्द्रता $= (4.0 - 0.4)$ atm

$= 3.6$ atm

अत: C_2H_6 की साम्य सांद्रता $= 3.6$ atm उत्तर

प्रश्न 7.18. एथेनॉल एवं ऐसीटिक अम्ल की अभिक्रिया से एथिल ऐसीटेट बनाया जाता है एवं साम्य को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है–

$$CH_3COOH(l) + C_2H_5OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O(l)$$

(i) यदि अभिक्रिया के लिए सान्द्रता अनुपात (अभिक्रिया-भागफल) Q_c लिखिए।

टिप्पणी : यहाँ पर जल आधिक्य में नहीं है एवं विलयन भी नहीं है।

(ii) यदि 293 K पर 1.00 मोल ऐसीटिक अम्ल एवं 0.18 मोल एथेनॉल प्रारम्भ में लिए जाएँ, तो अन्तिम साम्य मिश्रण में 0.171 मोल ऐथिल ऐसीटेट है। साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए।

(iii) 0.5 मोल एथेनॉल एवं 1.0 मोल ऐसीटिक अम्ल से प्रारम्भ करते हुए 293 K ताप पर कुछ समय पश्चात् एथिल ऐसीटेट के 0.214 मोल पाए गए, तो क्या साम्य स्थापित हो गया?

हल : (i) अभिक्रिया :

$$CH_3COOH(l) + C_2H_5OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5(l) + H_2O(l)$$

या $$Q_c = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[CH_3COOH][C_3H_5OH]}$$ **उत्तर**

(ii) ∵ $[CH_3COOH] = 1.00\,mol$

$[C_2H_5OH] = 0.18\,mol$

तथा $[CH_3COOC_2H_5] = 0.171\,mol$

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

1.00 मोल 0.18 मोल 0 0

$1-0.171$ $0.18-0.171$ 0.171 0.171

$=0.829$ $=0.009$ $\frac{0.171}{V}$ $\frac{0.171}{V}$

मोलर सान्द्रता $\frac{0.829}{V}$ $\frac{0.009}{V}$

$$K_c = \frac{\frac{0.171}{V} \times \frac{0.171}{V}}{\frac{0.829}{V} \times \frac{0.009}{V}}$$

या $$K_c = \frac{0.171 \times 0.171}{0.829 \times 0.009}$$

या $$K_c = \frac{171 \times 171}{829 \times 9}$$

या $$K_c = \frac{29241}{7461}$$

$$= 3.92$$

अत: **साम्य स्थिरांक = 3.92** **उत्तर**

माना अभीष्ट आयतन = V

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \longleftrightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

प्रारम्भिक सांद्रता $\frac{1.0}{V}$ M $\frac{0.5}{V}$ M 0 0

कुछ समय पश्चात् $\frac{1.0-0.214}{V}$ $\frac{0.5-0.214}{V}$ $\frac{0.214}{V}$ M $\frac{0.214}{V}$ M

$= \frac{0.786}{V}$ M $\frac{0.286}{V}$ M

$$Q_c = \frac{[CH_3COOC_2H_5][H_2O]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}$$

$$= \frac{\frac{0.214}{V} \times \frac{0.214}{V}}{\frac{0.786}{V} \times \frac{0.286}{V}}$$

$$= \frac{0.214 \times 0.214}{0.786 \times 0.286}$$

$$= \frac{214 \times 214}{786 \times 286}$$

$$= \frac{45796}{224796}$$
$$= 0.2037$$
$$= 0204 \text{ (लगभग)}$$

चूँकि $Q_c < K_c$

अत: साम्य प्राप्त नहीं हुआ। उत्तर

प्रश्न 7.19. 437 K ताप पर निर्वात में PCl_5 का एक नमूना एक फ्लास्क में लिया गया। साम्य स्थापित होने पर PCl_5 की सान्द्रता 0.5×10^{-1} mol L^{-1} पाई गई, यदि K_C का मान 8.3×10^{-3} है, तो साम्य पर PCl_3 एवं Cl_2 की सान्द्रताएँ क्या होंगी?

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

हल : $PCl_3(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons PCl_5(g)$

माना PCl_3 और Cl_2 की साम्य सान्द्रता $= x$

क्योंकि PCl_5 का वियोजन PCl_3 और Cl_2 में होता है।

$$\therefore \quad K_C = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{x \times x}{0.5 \times 10^{-1}}$$

या $\quad 8.3 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 10^{-1} = x^2$

या $\quad x^2 = 4.15 \times 10^{-4}$

या $\quad x = 2 \times 10^{-2}$ mol L^{-1}

$= 0.02$ mol L^{-1}

अत: PCl_3 और Cl_2 की सान्द्रता क्रमश: $= 0.02$ mol L^{-1} उत्तर

प्रश्न 7.20. लौह अयस्क से स्टील बनाते समय जो अभिक्रिया होती है, वह आयरन (II) ऑक्साइड का कार्बन मोनोऑक्साइड के द्वारा अपचयन है एवं इससे धात्विक लौह एवं CO_2 मिलते हैं।

$$FeO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Fe(s) + CO_2(g); K_p = 0.265 \text{ atm, } 1050 \text{ K पर}$$

CO एवं CO_2 के साम्य पर आंशिक दाब क्या होंगे, यदि उनके प्रारम्भिक आंशिक दाब हैं–

$p_{CO} = 1.4$ atm एवं $p_{CO_2} = 0.80$ atm

हल : $FeO(s) + CO(g) \rightleftharpoons Fe(s) + CO_2(g)$

$K_P = 0.265$ atm

आरम्भिक सान्द्रता	1.4 atm	0.80 atm	0	0
साम्य सान्द्रता	$(1.4 + x)$	$(0.80 - x)$		

$$\because \quad K_P = \frac{p_{CO_2}}{P_{CO}}; \text{ क्योंकि } FeO(s) \text{ ठोस है।}$$

$$\therefore \quad 0.265 = \frac{0.80 - x}{1.4 + x}$$

या $\quad 0.80 - x = 0.265(1.4 + x)$

या $\quad 0.80 - x = 0.371 + 0.265x$

या $\quad 1.265x = 0.429$

अत: $\quad x = 0.339$

$\therefore$ CO का साम्य आंशिक दाब $= 1.4 \text{ atm} + 0.339 \text{ atm} = 1.739$ atm

एवं CO_2 का साम्य आंशिक दाब $= 0.80$ atm $- 0.339$ atm $= 0.461$ atm

अत: $[P_{CO}] = 1.739$ atm तथा $[P_{CO_2}] = 0.461$ atm उत्तर

प्रश्न 7.21. अभिक्रिया $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ के लिए 500 K ताप पर साम्य स्थिरांक $K_c = 0.061$ है। एक विशेष समय पर मिश्रण का संघटन इस प्रकार है–

3.0 mol L^{-1} N_2, 2.0 mol L^{-1} H_2 एवं 0.5 mol L^{-1} NH_3 क्या अभिक्रिया साम्य में है? यदि नहीं, तो साम्य स्थापित करने के लिए अभिक्रिया किस दिशा में अग्रसित होगी?

हल : अभिक्रिया : $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

$$Q_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$= \frac{[0.5]^2}{[3][2]^3}$$

$$= \frac{0.25}{24} = 0.0104$$

अत: K_c का मान 0.061 है, इसलिए $Q_c < K_c$

अभिक्रिया साम्य नहीं है।

अत: **अभिक्रिया उत्पाद की ओर अग्रसित होगी।** **उत्तर**

प्रश्न 7.22. ब्रोमीन मोनोक्लोराइड BrCl विघटित होकर ब्रोमीन एवं क्लोरीन देता है तथा साम्य स्थापित होता है–

$$2BrCl(g) \rightleftharpoons Br_2(g) + Cl_2(g)$$

इसके लिए 500 K ताप पर $K_c = 32$ है। यदि प्रारम्भ में BrCl की सान्द्रता 3.3×10^{-3} mol L^{-1} हो, तो साम्य पर मिश्रण में इसकी सान्द्रता क्या होगी?

हल : अभिक्रिया :

$$2BrCl(g) \rightleftharpoons Br_2(g) + Cl_2(g)$$

प्रारम्भिक सान्द्रता 3.3×10^{-3} mol L^{-1} $\frac{x}{2}$

साम्य सान्द्रता $(3.3 \times 10^{-3} - x)$ $\frac{x}{2}$

$$\therefore \quad K_c = 32 = \frac{\frac{x}{2} \times \frac{x}{2}}{(3.3 \times 10^{-3} - x)^2} = 32$$

सरल करने पर,

या $x = 3 \times 10^{-3}$ mol L^{-1}

अत: साम्य पर BrCl की सान्द्रता $= 3.3 \times 10^{-3}$ mol $L^{-1} - 3.0 \times 10^{-3}$ mol $L^{-1} = 3.0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1}

अत: **साम्य पर मिश्रण में सान्द्रता $= 3.0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1}** **उत्तर**

प्रश्न 7.23. 1127 K एवं 1 atm दाब पर CO तथा CO_2 के गैसीय मिश्रण में साम्यावस्था पर ठोस कार्बन में 90.55% (भारात्मक) CO है।

$$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$$

उपरोक्त ताप पर अभिक्रिया के लिए K_c के मान की गणना कीजिए।

हल : अभिक्रिया :

$$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$$

यदि मिश्रण CO तथा CO_2 का कुल द्रव्यमान 100 g है, तब

CO = 90.55 g तथा CO_2 = 100g – 90.55g = 9.45 g

$\therefore$ CO की मोल संख्या $= \frac{90.55}{28} = 3.234$

तथा CO_2 की मोल संख्या $= \frac{9.45}{44} = 0.215$

$\therefore$ $p_{CO} = \frac{3.234}{3.234 + 0.215} \times 1\,atm = 0.938\ atm$

तथा $p_{CO_2} = \frac{0.215}{3.234 + 0.215} \times 1atm = 0.062\,atm$

$\therefore$ $K_P = \frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2}} = \frac{(0.938)^2}{0.062} = 14.19$

अब $\Delta n(g) = 2 - 1 = 1$

$\therefore$ $K_P = K_c \times RT^{\Delta n(g)}$

जहाँ $R = 0.0821\,L\,atm\,K^{-1}mol^{-1} T = 1127\,K$

या $K_c = \frac{K_p}{RT} = \frac{14.19}{0.0821 \times 1127} = 0.153$

अत: K_c का मान = 0.153 उत्तर

प्रश्न 7.24. 298 K पर NO एवं O_2 से NO_2 बनती है–

$$NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$$

अभिक्रिया के लिए (क) $\Delta G^\ominus$ एवं (ख) साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए–

$\Delta_f G^\ominus (NO_2) = 52.0$ kJ/mol, $\Delta_f G^\ominus$ (NO) = 87.0 kJ/mol, $\Delta_f G^\ominus (O_2) = 0$ kJ/mol

हल : (क) अभिक्रिया

$$NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$$

अभिक्रिया के लिए, $\Delta G^\ominus f = \Delta\ G^\ominus + (NO_2) - \Delta f\ G^\ominus\ (NO) - \frac{1}{2}\Delta\ G^\ominus{}_f(CO_2)$

$= (52.0 - 87.0 - 0)\,kJ/mol = -35.0\,kJ/mol$

अत: **साम्य स्थिरांक $\Delta_f G^\ominus = -35.0$ kJ mol** उत्तर

(ख) $K_c = -\Delta G^\ominus = 2.303\,RT \log K_c$

या $-(-35.0) = 2.303 \times 0.008314 \times 298 \log K_c$

या $35.0 = 5.7058 \log K_c$

या $\log K_c = \frac{35}{5.7058} = 6.314$

या $K_c = Antilog\ 6.134$

या $K_c = 1.365 \times 10^6$

अत: **साम्य स्थिरांक = 1.365×10^6** उत्तर

प्रश्न 7.25. निम्नलिखित में से प्रत्येक साम्य में जब आयतन बढ़ाकर दाब कम किया जाता है, तब बतलाइए कि अभिक्रिया के उत्पादों के मोलों की संख्या बढ़ती है या घटती है या समान रहती है?

(क) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

(ख) $CaO(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons CaCO_3(s)$

(ग) $3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$

उत्तर—(क) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

चूँकि अभिक्रिया का आयतन घटता है। अत: दाब कम होगा।

साम्य अग्रीय दिशा में अग्रसित होगा, इसलिए PCl_3 और Cl_2 अधिक बनेंगे।

(ख) $CaO(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons CaCO_3(s)$

अभिक्रिया का आयतन घटता है, क्योंकि CO_2 गैस अवशोषित होती है। अत: दाब कम होगा और साम्य प्रतीप दिशा में जाएगा, इसलिए उत्पाद के मोल संख्या घटेंगे।

(ग) $3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2O(g)$

दाब घटने से अभिकारक $Fe(s)$ और Fe_3O_4 का दाब नहीं घटता है। H_2O एवं H_2 का आयतन समान अनुपात में है। अत: दाब घटने का कोई प्रभाव नहीं होगा।

प्रश्न 7.26. निम्नलिखित में से दाब बढ़ाने पर कौन-कौन-सी अभिक्रियाएँ प्रभावित होंगी? यह भी बताएँ कि दाब परिवर्तन करने पर अभिक्रिया अग्र या प्रतीप दिशा में गतिमान होगी?

(i) $\mathbf{COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)}$

(ii) $\mathbf{CH_4(g) + 2S_2(g) \rightleftharpoons CS_2(g) + 2H_2S(g)}$

(iii) $\mathbf{CO_2(g) + C(s) \rightleftharpoons 2CO(g)}$

(iv) $\mathbf{2H_2(g) + CO(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)}$

(v) $\mathbf{CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)}$

(vi) $\mathbf{4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g)}$

उत्तर—उपर्युक्त लिखिए सभी अभिक्रियाओं में अभिक्रिया (ii) में मोल संख्या (उत्पाद एवं अभिकारक) बराबर हैं अर्थात् $n_p = n_r = 3$

∴ यह अभिक्रिया दाब बढ़ने पर प्रभावित नहीं होती है।

तथा दूसरी अभिक्रियाएँ दाब बढ़ने से प्रभावित होती हैं।

(i) $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$

∵ $n_p > n_r$ तथा $n_p = 2$

$n_r = 1$

∴ दाब के बढ़ने पर साम्य बायीं ओर अग्रसित होगा।

(iii) $CO_2(g) + C(s) \rightleftharpoons 2CO(g)$

∵ $n_r = 1$ $n_p > n_r$ तथा $n_p = 2$

∴ दाब के बढ़ने पर साम्य बायीं ओर अग्रसित होगा।

(iv) $2H_2(g) + CO(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$

∵ $n_r = 3$ तथा $n_p = 1$

∴ $n_p < n_r$

∴ दाब के बढ़ने पर साम्य बायीं ओर अग्रसित होगा।

(v) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$

∵ $n_r = 0$ तथा $n_p = 1$

∴ $n_p > n_r$

∴ दाब के बढ़ने पर साम्य बायीं ओर अग्रसित होगा।

(vi) $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g)$

∵ $n_r = 9$ तथा $n_p = 10$

∴ $n_p > n_r$

अत: दाब के बढ़ने पर साम्य बायीं ओर अग्रसित होगा।

प्रश्न 7.27. निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए 1024 K पर साम्य स्थिरांक 1.6×10^5 है।

$$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$$

यदि HBr के 10.0 bar सीलयुक्त पात्र में डाले जाएँ, तो सभी गैसों के 1024 K पर साम्य दाब ज्ञात कीजिए।

हल : $2HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Br_2(g)$

साम्य पर, $10 - p \qquad \frac{p}{2} \qquad \frac{p}{2}$

$$K = \frac{1}{1.6 \times 10^5}$$

प्रारम्भिक दाब $= 10.0$ bar

$$\therefore \quad K_P = \frac{\frac{p}{2} \times \frac{p}{2}}{(10-p)^2}$$

या $$\frac{1}{1.6 \times 10^5} = \frac{p^2}{4(10-p)^2}$$

वर्गमूल लेने पर, $$\frac{1}{4 \times 10^2} = \frac{p}{2(10-p)}$$

या $$4 \times 10^2 p = 2(10-p)$$

या $$402p = 20$$

या $$p = \frac{20}{402} \text{ bar}$$

$$= 4.97 \times 10^{-2} \text{ bar}$$

$$= 5.0 \times 10^{-2} \text{ bar}$$

अत: साम्य पर, $$p_{H_2} = p_{Br_2} = \frac{p}{2} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ bar}$$

$$p_{HBr} = 10 - p = 10 \text{ bar}$$

अत: $$[p_{H_2}]_{eq} = [p_{Br_2}]_{eq}$$

$$= 2.5 \times 10^{-2} \text{ bar}$$

तथा $$[P_{HBr}] = 10.0 \text{ bar}$$ **उत्तर**

प्रश्न 7.28. निम्नलिखित ऊष्माशोषी अभिक्रिया के अनुसार ऑक्सीकरण द्वारा डाइहाइड्रोजन गैस प्राकृतिक गैस से प्राप्त की जाती है—

$$CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$$

(क) उपरोक्त अभिक्रिया के लिए K_P का व्यंजक लिखिए।

(ख) K_P एवं अभिक्रिया मिश्रण का साम्य पर संघटन किस प्रकार प्रभावित होगा, यदि–

(i) दाब बढ़ा दिया जाए, (ii) ताप बढ़ा दिया जाए, (iiii) उत्प्रेरक प्रयुक्त किया जाए।

उत्तर—दी गई अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है।

$$CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$$

यह अभिक्रिया आयतन बढ़ने से अग्रसित होती है।

(क) $$K_P = \frac{p_{CO} \times p^3_{H_2}}{p_{CH_4} \times p_{H_2O}}$$

(ख) (i) ले चैटलियर सिद्धान्त के अनुसार साम्य प्रतीप दिशा में अग्रसित होगा।

(ii) अग्रीय दिशा में अग्रसित होगा।

(iii) साम्य प्रभावित नहीं होगा।

प्रश्न 7.29. साम्य $2H_2\ (g) + CO(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ पर प्रभाव बताइए–

(क) H_2 मिलाने पर

(ख) CH_3OH मिलाने पर

(ग) CO हटाने पर

(घ) CH_3OH हटाने पर।

उत्तर—अभिक्रिया $2H_2(g) + CO(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ में,

(क) H_2 मिलाने पर साम्य अग्रीम दिशा में अग्रसित होगा।

(ख) CH_3OH मिलाने पर साम्य प्रतीप दिशा में अग्रसित होगा।

(ग) CO हटाने पर साम्य प्रतीप दिशा में अग्रसित होगा।

(घ) CH_3OH हटाने पर साम्य अग्रीम दिशा में अग्रसित होगा।

प्रश्न 7.30. 473 K पर फॉस्फोरस पेंटाक्लोराइड PCl_5 के विघटन के लिए K_c का मान 8.3×10^{-3} है। यदि विघटन इस प्रकार दर्शाया जाए, तो

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g) \quad \Delta_r H^{\ominus} = 124.0\ kJ\ mol{-}1$$

(क) अभिक्रिया के लिए K_c का व्यंजक लिखिए।

(ख) प्रतीप अभिक्रिया के लिए समान ताप पर K_c का मान क्या होगा?

(ग) यदि (i) और अधिक PCl_5 मिलाया जाए, (ii) दाब बढ़ाया जाए तथा (iii) ताप बढ़ाया जाए, तो K_c पर क्या प्रभाव होगा?

हल : $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

$\Delta_r H^{\circ} = 24\ kJ\ mol^{-1}$

$K_c = 8.3 \times 10^{-3}$

(क) $K_c = \dfrac{[PCl_3]\,[Cl_2]}{[PCl_5]}$ **उत्तर**

(ख) $K'_c = \dfrac{[PCl_5]}{[PCl_3]\,[Cl_2]} = \dfrac{1}{K_c}$

$= \dfrac{1}{8.3 \times 10^{-3}} = 1.2048 \times 10^{2}$

$= 120.48$

अत: **K_c का मान = 120.48** **उत्तर**

(ग) (i) यदि PCl_5 और अधिक डाला जाएगा, तो साम्य अग्रीम दिशा से अग्रसित होगा।

(ii) यदि दाब बढ़ाया जाएगा, तो K_c का मान घटेगा।

(iii) $K_c = \dfrac{K_f}{K_b}$; क्योंकि अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी है।

$\therefore$ ताप बढ़ने पर K_f बढ़ेगा तथा K_c का मान भी बढ़ेगा। **उत्तर**

प्रश्न 7.31. हॉबर विधि में प्रयुक्त हाइड्रोजन को प्राकृतिक गैस से प्राप्त मेथेन को उच्च ताप की भाप से क्रिया कर बनाया जाता है। दो पदों वाली अभिक्रिया में प्रथम पद में CO एवं H_2 बनती है। दूसरे पद में प्रथम पद में बनने वाली CO और अधिक भाप से अभिक्रिया करती है।

$$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$$

यदि 400° C पर अभिक्रिया पात्र में CO एवं भाप का सममोलर मिश्रण इस प्रकार लिया जाए कि $p_{CO} = p_{H_2O} = 4.0$ bar, H_2 का साम्यावस्था पर आंशिक दाब क्या होगा? 400°C पर $K_p = 10.1$

हल : अभिक्रिया :

$$CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$$

प्रारम्भिक दाब 4 bar 4 bar

साम्य दाब $(4-p)$ bar $(4-p)$ bar p bar p bar

$$\therefore \quad K_P = \frac{p_{CO_2} \times p_{H_2}}{p_{CO} \times p_{H_2O}}$$

$$= \frac{p \times p}{(4-p)(4-p)}$$

या $$10.1 = \frac{p^2}{(4-p)^2}$$

वर्गमूल लेने पर,

$$\frac{p}{(4-p)} = \sqrt{10.1}$$

या $$\frac{p}{(4-p)} = 3.18$$

या $$p = 12.72 - 3.18p$$

या $$p = \frac{12.72}{4.18} = 3.04 \text{ bar}$$

अत: **H_2 का साम्यावस्था पर आंशिक दाब = 3.04 bar** उत्तर

प्रश्न 7.32. बताइए कि निम्नलिखित में से किस अभिक्रिया में अभिकारकों एवं उत्पादों की सान्द्रता सुप्रेक्ष्य होगी–

(क) $Cl_2(g) \rightleftharpoons 2Cl(g), K_c = 5 \times 10^{-39}$

(ख) $Cl_2(g) + 2NO(g) \rightleftharpoons 2NOCl(g), K_c = 3.7 \times 10^8$

(ग) $Cl_2(g) + 2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2Cl(g), K_c = 1.8$

हल : (क) $K_c = 5 \times 10^{-39}$ बहुत कम है।

∵ Cl_2 की सान्द्रता उच्च है।

∴ 2Cl उत्पाद की सान्द्रता कम होगी। उत्तर

(ख) $K_c = 3.7 \times 10^8$

चूँकि K_c का मान उच्च है।

इसलिए NOCl उत्पाद की सान्द्रता उच्च होगी। उत्तर

(ग) चूँकि $K_c = 1.8$

इसलिए NO_2Cl उत्पाद की सान्द्रता अधिक होगी। उत्तर

प्रश्न 7.33. 25°C अभिक्रिया $3O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g)$ के लिए K_1 का मान 2.0×10^{-50} है। यदि वायु में 25°C ताप पर O_2 की साम्यावस्था सान्द्रता 1.6×10^{-2} है, तो O_3 की सान्द्रता क्या होगी?

हल : अभिक्रिया $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$ के लिए $K_c = 2.0\times10^{-50}$

साम्य सान्द्रता 1.6×10^{-2} x

$$\therefore \quad K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3} = 2.0\times 0^{-50}$$

या $$\frac{x^2}{(1.6\times10^{-2})^3} = 2.0\times10^{-50}$$

या $$x^2 = 1.6\times1.6\times1.6\times10^{-6}\times2\times10^{-50}$$

या $$x^2 = 8.192\times10^{-56}$$

या $$x = 2.86\times10^{-28}\ M$$

अत: साम्य सान्द्रता O_3 के लिए $= 2.86\times10^{-28}$ M **उत्तर**

प्रश्न 7.34. $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$ अभिक्रिया एक लीटर फ्लास्क में 1300 K पर साम्यावस्था में है। इसमें CO के 0.3 मोल, H_2 के 0.01मोल, H_2O के 0.02 मोल एवं CH_4 की अज्ञात मात्रा है। दिए गए ताप पर अभिक्रिया के लिए K_c का मान 3.90 है। मिश्रण में CH_4 की मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल : $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$

साम्य सान्द्रता 0.30 mol 0.10 mol ? 0.02 mol

$\because \quad K_c = 3.90$

$$\therefore \quad K_c = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3}$$

या $$3.90 = \frac{[CH_4]\times 0.02}{0.3\times(0.1)^3}$$

या $$[CH_4] = 0.0585$$
$$= 5.85\times10^{-2}$$

या $$[CH_4] = \frac{3.9\times0.3\times1\times10^{-3}}{2\times10^{-2}}$$

या $$[CH_4] = 0.0585\times10^{-2}$$

अत: मिश्रण में CH_4 की सान्द्रता $= 5.85\times10^{-2}$ M **उत्तर**

प्रश्न 7.35. संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म का क्या अर्थ है? निम्नलिखित स्पीशीज के लिए संयुग्मी अम्ल/क्षार बताइए–

HNO_2, CN^-, $HClO_4$, F^-, OH^-, CO_3^{2-} एवं S^{2-}

उत्तर—संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म—एक संयुग्मी अम्ल युग्म और क्षार युग्म में प्रोटोन का अन्तर होता है।

अत: संयुग्मी अम्ल $\rightleftharpoons$ संयुग्मी अम्ल $+ H^+$

HNO_2 का संयुग्मी क्षार $= NO_2^-$

CN^- का संयुग्मी अम्ल $= HCN$

$HClO_4$ का संयुग्मी क्षार $= ClO_4^-$

F^- का संयुग्मी क्षार अम्ल $= HF$

OH^- के संयुग्मी क्षार = H_2O

CO_3^{2-} का संयुग्मी क्षार = HCO_3^-

तथा S^{2-} का संयुग्मी अम्ल = HS^-

प्रश्न 7.36. निम्नलिखित में से कौन-से लुइस अम्ल हैं–

H_2O, BF_3, H^+ तथा NH_4^+

उत्तर—लुइस अम्ल वे पदार्थ होते हैं, जो इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की क्षमता रखते हैं। अत: BF_3, H^+ तथा NH_4^+ लुइस अम्ल हैं।

प्रश्न 7.37. निम्नलिखित में से ब्रान्स्टेड अम्लों के लिए संयुग्मी क्षारकों के सूत्र लिखिए–

HF, H_2SO_4 एवं HCO_3^-

उत्तर—HF का संयुग्मी क्षार = F^-

H_2SO_4 का संयुग्मी क्षार = HSO_4^-

तथा HCO_3^- का संयुग्मी क्षार = CO_3^{2-}

प्रश्न 7.38. ब्रान्स्टेड क्षारकों NH_2^-, NH_3 तथा $HCOO^-$ के संयुग्मी अम्ल लिखिए।

उत्तर—NH_2^- का संयुग्मी अम्ल = NH_3

NH_3 का संयुग्मी अम्ल = NH_4^+

तथा $HCOO^-$ का संयुग्मी अम्ल = HCOOH

प्रश्न 7.39. स्पीशीज H_2O, HCO_3^-, HSO_4^- तथा NH_3 ब्रान्स्टेड अम्ल तथा क्षारक-दोनों की भाँति व्यवहार करते हैं। प्रत्येक के संयुग्मी अम्ल तथा क्षारक बताइए।

उत्तर—H_2O का संयुग्मी अम्ल H_3O^+ है और OH^- संयुग्मी क्षारक है।

HCO_4^- का संयुग्मी अम्ल H_2CO_3 है और CO_3^{2-} क्षार है।

HSO_4^- का संयुग्मी अम्ल H_2SO_4 है और SO_2^{2-} क्षार है।

NH_3 का संयुग्मी अम्ल NH_4^+ और NH_2^- क्षार है।

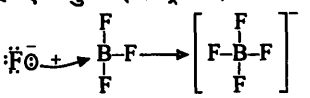
प्रश्न 7.40. निम्नलिखित स्पीशीज को लुइस अम्ल तथा क्षारक में वर्गीकृत कीजिए तथा बताइए कि ये किस प्रकार लुइस अम्ल-क्षारक के समान कार्य करते हैं–

(क) OH^- **(ख)** F^- **(ग)** H^+ **(घ)** BCl_3

उत्तर—(क) OH^- लुइस क्षारक है; क्योंकि एक युग्म इलेक्ट्रॉन दान कर सकता है।

$$:\ddot{O}H^- + H^+ \longrightarrow H_2O$$

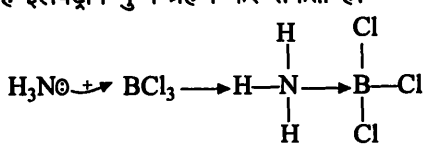
(ख) F^- लुईस क्षारक है; क्योंकि यह एक युग्म इलेक्ट्रॉन दान कर सकता है।



(ग) H^+ लुईस अम्ल है; क्योंकि यह एक इलेक्ट्रॉन युग्म ग्रहण करता है।

$$H_3N\!: + H^+ \longrightarrow [NH_4]^+$$

(घ) BCl_3 लुइस अम्ल है। यह इलेक्ट्रॉन युग्म ग्रहण कर सकता है।



प्रश्न 7.41. एक मृदु पेय के नमूने में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता 3.8×10^{-3} M है। उसकी pH परिकलित कीजिए।

हल : ∵ $pH = -\log [H_3O^+]$

∴ $pH = -\log (3.8 \times 10^{-3})$

या $pH = -(-3)\log 10 - \log 3.8$

या $pH = 3.0 - 0.5798 = 2.42$

अत: **pH का मान = 2.42** उत्तर

प्रश्न 7.42. सिरके के एक नमूने की *p*H, 3.76 है। इसमें हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता ज्ञात कीजिए।

हल : $pH = -\log [H^+]$

या $3.76 = -\log [H^+]$

या $\log [H^+] = -3.76$

या $\log [H^+] = -\bar{4}.24$

∴ $[H^+] = \text{Antilog } \bar{4}.26$

$[H^+] = 1.74 \times 10^{-4}$ M

अत: **pH का मान = 1.74×10^{-4} M** उत्तर

प्रश्न 7.43. HF, HCOOH तथा HCN का 298 K पर आयनन स्थिरांक क्रमश: 6.8×10^{-4}, 1.8×10^{-4} तथा 4.8×10^{-9} है। इनके संगत संयुग्मी क्षारकों के आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

हल : ∵ $K_a \times K_b = K_w$

जहाँ K_a = दुर्बल अम्ल वियोजन स्थिरांक

K_b = आयनन स्थिरांक क्षारक

तथा K_w = जल का आयनिक गुणनफल $= 1.0 \times 10^{-14}$

∴ $HF/F^- \; K_{HF} \times K_{F^-} = 1.0 \times 10^{-14}$

या $6.8 \times 10^{-4} \times K_{F^-} = 1.0 \times 10^{-14}$

$$K_{F^-} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{6.8 \times 10^{-4}} = 1.47 \times 10^{-11} = 1.5 \times 10^{-11}$$

$HCOOH/HCOO^-$

∵ $K_{HCOOH} \times K_{HCOO^-} = 1.0 \times 10^{-14}$

∴ $1.8 \times 10^{-4} \times K_{HCOO} = 1.0 \times 10^{-14}$

या $$K_{HCOO^-} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-4}} = 5.555 \times 10^{-11} = 5.6 \times 0^{-11}$$

∵ $HCN/CN^- \; K_{HCN} \times K_{CN} = 1.0 \times 10^{-14}$

∴ $4.8 \times 10^{-9} \times K_{CN} = 1.0 \times 10^{-4}$

या $$K_{CN^-} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.8 \times 10^{-9}} = 2.08 \times 10^{-6}.$$

अत: $F^- = 1.5 \times 10^{-11}$, $HCOO^- = 5.6 \times 10^{-11}$ तथा $CN^- = 2.08 \times 10^{-6}$ उत्तर

प्रश्न 7.44. फीनॉल का आयनन स्थिरांक 1.0×10^{-10} है। 0.05 M फीनॉल के विलयन में फीनॉलेट आयन की सान्द्रता तथा 0.01 M सोडियम फीनेट विलयन में उसके आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल : फीनॉल का आयनन स्थिरांक $=1.0\times10^{-10}$

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

आयनन की मात्रा

$$\alpha=\sqrt{\frac{K_a}{C}}=\sqrt{\frac{1.0\times10^{-10}}{0.05}}=4.47\times10^{-5}$$

$$[\text{फिनॉल आयन}]=c\alpha=\sqrt{K_aC}=\sqrt{0.05\times4.47\times10^{-5}}$$

$$=2.2\times10^{-6}$$

0.01 M सोडियम बेंजोएट की उपस्थिति में मान y मात्रा फिनॉल की वियोजित होती है, तब साम्य पर

$$[C_6H_5OH]=0.05-y\approx005$$

$$=[C_6H_5O^-]=0.01+y\approx0.01$$

$$[H^+]=y \text{ mol}$$

$\therefore$ $$K_a=\frac{0.01\times y}{0.05}=1.0\times10^{-10}$$

या $$0.01\times y=0.05\times1\times10^{-10}$$

या $$y=5\times10^{-10}$$

$$\alpha=\frac{y}{c}=\frac{5\times10^{-10}}{0.05}=10^{-8}$$

अत: **फीनॉल के विलयन मे फीनालेट आयन की सांद्रता $=2.2\times10^{-6}$, $\alpha=4.47\times10^{-5}$ तथा सोडियम फीनॉलेट विलयन में आयनन की मात्रा $=10^{-8}$** उत्तर

प्रश्न 7.45. H_2S का प्रथम आयनन स्थिरांक 9.1×10^{-8} है। इसके 0.1 M विलयन में HS^- आयनों की सान्द्रता की गणना कीजिए तथा बताइए कि यदि इसके 0.1 M HCl की उपस्थित हो, तो सान्द्रता किस प्रकार प्रभावित होगी, यदि H_2S का द्वितीय वियोजन स्थिरांक 1.2×10^{-13} हो, तो सल्फाइड S^{2-} आयनों की दोनों स्थितियों में सान्द्रता की गणना कीजिए।

हल : प्रथम स्थिति $H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$

$1-\alpha \quad \alpha \quad \alpha$

$C(1-\alpha) \quad \alpha \quad \alpha$ (आयनन डिग्री)

तथा $$K_{a1}=9.1\times10^{-8}$$

$\therefore$ $$K'_a=\frac{C\alpha\times C\alpha}{C(1-\alpha)};\ \text{जहाँ } C=\text{मोलर द्रव्यमान}$$

या $$K'_a=\frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

या $$K'_a=C\alpha^2$$

या $$\alpha=\sqrt{\frac{K'a}{C}}$$

$$[HS^-] = C\alpha = C\sqrt{\frac{K'a}{C}} = \sqrt{K'_a C}$$

या $$[HS^-] = \sqrt{9.1 \times 10^{-8} \times 0.1}$$

$$= 9.54 \times 10^{-5}$$

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$$

$$HCl \rightleftharpoons H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

माना 0.1 M HCl की उपस्थिति में H_2S का y मान वियोजित होता है, तब साम्य पर

$$[H_2S] = (0.1 - y) = y\,[H^+] = (0.1 + y) = 0.1$$

तथा $$[HS^-] = y \text{ mol}$$

$\therefore$ $$9.1 \times 10^{-8} = \frac{0.1 \times [HS^-]}{0.1} = \frac{0.1 \times y}{0.1}$$

या $$y = 9.1 \times 10^{-8} \text{ M}$$

या $[HS^-]$ 0.1 M HCl में $= 9.1 \times 10^{-8}$

$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^- \text{ तथा } K_{a_1} = 9.1 \times 10^{-8}$$

$$[HS^-] \rightleftharpoons H^+ + S^{-2} \text{ तथा } K_{a_2} = 1.2 \times 10^{-13}$$

$\therefore$ $$K_a = K_{a_1} \times K_{a_2} = 9.1 \times 10^{-8} \times 1.2 \times 10^{-13} = 1.092 \times 10^{-20}$$

अत: $[HS^-] = 9.54 \times 10^{-5}$ तथा 0.1 HCl में $[HS^-] = 9.1 \times 10^{-8}$ **उत्तर**

द्वितीय स्थिति

$[S^{2-}]$ गणना के लिए

$$K_a = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[H_2S]}$$

0.1 M HCl की अनुपस्थिति में,

$$[H^+] = 2[S^{2-}]$$

$\therefore$ $[S^{2-}] = x$ तथा $H^+] = 2x$

$\therefore$ $$\frac{(2x)^2 \times x}{0.1} = 1.092 \times 10^{-20}$$

या $$4x^2 = 1.092 \times 10^{-21} \text{ M}$$

या $$4^2 = 2.73 \times 10^{-20}$$

या $$x = 1.65 \times 10^{-10} \text{ M}$$

0.1 M HCl की उपस्थिति में,

माना $[S^{2-}] = y$, तब $[H_2S] = 0.1 - y \approx 0.1 \text{ M}$

$$[H_2S] = 0.1 - y \approx 0.1 \text{ M}$$

तथा $$[H^+] = 0.1 + y \approx 0.1 \text{ M}$$

$\therefore$ $$K_a = \frac{(0.1)^2 \times y}{(0.1)} = 1.09 \times 10^{-20}$$

या $$0.1y = 1.09 \times 10^{-20}$$

या $$y = 1.09 \times 10^{-19} \text{ M}$$

अत: $[S^{2-}] = 1.65 \times 10^{-10}$ M तथा 0.1M HCl में $[S^{2-}] = 1.09 \times 10^{-19}$ M **उत्तर**

प्रश्न 7.46. ऐसिटिक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.74×10^{-5} है। इसके 0.05 M विलयन में वियोजन की मात्रा, ऐसीटेट आयन सान्द्रता तथा *p*H का परिकलन कीजिए।

हल : $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

तथा $K_a = 1.74 \times 10^{-5}$

$[CH_3COOH] = 0.05\ M$

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

$1-\alpha \qquad \alpha \qquad \alpha$

$C(1-\alpha) \qquad C\alpha \qquad C\alpha$

$$\therefore \quad K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

या $K_a = C\alpha^2$

या $$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{1.74 \times 10^{-5}}{0.05}} = 1.86 \times 10^{-2}$$

$$[CHCOO^-] = C\alpha = \sqrt{K_a C}$$

$$= \sqrt{1.74 \times 10^{-5} \times 0.05} = 9.33 \times 10^{-4}\ M$$

$$= 0.00093 M$$

$$\therefore \quad pH = -\log [H^+] = -\log 9.33 \times 10^{-4}$$

$$= +4 - 0.97 = 3.03$$

अत: $[CHCOO^-] = 0.00093$ M तथा pH = 3.03 **उत्तर**

प्रश्न 7.47. 0.01 M कार्बनिक अम्ल (HA) के विलयन pH, 4.15 है। इसके ऋणायन की सान्द्रता, अम्ल का आयनन स्थिरांक तथा pK_a मान परिकलित कीजिए।

हल : कार्बनिक अम्ल $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$pH = 4.15$ तथा $C = [HA] = 0.01\ M$

$$[H^+] = +10^{-pH}$$

या $-\log [H^+] = 4.15$

या $\log [H^+] = -4.15 = \bar{5}.85$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{5}.85 = 7.079 \times 10^{-5} = 7.08 \times 10^{-5}\ M$

ऋणायन की सान्द्रता $= [A^-]$

या $[H^+] = 7.08 \times 10^{-5}\ M$

$$\therefore \quad K_a = \frac{(7.08 \times 10^{-5})^2}{0.01}$$

$$= \frac{7.08 \times 7.08 \times 10^{-10}}{1 \times 10^{-2}} = 5.08 \times 10^{-7}$$

$$pK_a = -\log K_a = -\log 5.08 \times 10^{-7} = 6.29$$

अत: $[A^-] = 7.08 \times 10^{-5}$ M, $K_a = 5.08 \times 10^{-7}$ तथा $pK_a = 6.29$ **उत्तर**

प्रश्न 7.48. पूर्ण वियोजन मानते हुए निम्नलिखित विलयनों के *p*H ज्ञात कीजिए–

(क) 0.003 M HCl **(ख) 0.005 M NaOH**

(ग) 0.002 M HBr **(घ) 0.002 M KOH**

हल : (क) $HCl(aq) \longrightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$

$\because$ $[HCl] = 0.003\ M$

$\therefore$ $[H^+] = [HCl] = 0.003 = 3 \times 10^{-3}\ M$

$\therefore$ $pH = -\log [H^+] = -\log 3 \times 10^{-3} = 2.523 = 2.52$

अत: HCl तथा pH मान = 2.52 **उत्तर**

(ख) $NaOH(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq)$

$\because$ $[NaOH] = 0.005 = 5 \times 10^{-3}\ M$

तथा $[OH] = [NaOH] = 5 \times 10^{-3}\ M$

$\therefore$ $[H^+] = \dfrac{[K_w]}{[OH]} = \dfrac{1.0 \times 10^{-14}}{5.0 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-12}$

$\therefore$ $pH = -\log 2 \times 10^{-21} = 11.70$

अत: NaOH का pH मान = 11.70 **उत्तर**

(ग) $HBr \longrightarrow H^+ Br^-$

$[HBr] = 0.002\ M = [H^+]$

$pH = -\log [H^+] = -\log 2 \times 10^{-3} = 2.70$

अत: HBr का pH मान = 2.70 **उत्तर**

(घ) $KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

$[OH^-] = 0.002\ M$

$[H^+] = \dfrac{K_w}{[OH^-]} = \dfrac{1 \times 10^{-14}}{0.002} = 5 \times 10^{-12}\ M$

$pH = -\log [H^+] = 11.30$

अत: KOH का pH मान = 11.30 **उत्तर**

प्रश्न 7.49. निम्नलिखित विलयनों के pH ज्ञात कीजिए–

(क) 2 ग्राम TlOH को जल में घोलकर 2 लीटर विलयन बनाया जाए।

(ख) 0.3 ग्राम $Ca(OH)_2$ को जल में घोलकर 500 mL बनाया जाए।

(ग) 0.3 ग्राम NaOH को जल में घोलकर 200 mL विलयन बनाया जाए।

(घ) 13.6 M HCl के 1 mL को जल से तनुकरण करके कुल आयतन 1 लीटर किया जाए।

हल : (क) $TlOH \rightleftharpoons Tl^+ + OH^-$

$[TlOH] = \dfrac{2}{221 \times 2} = \dfrac{1}{221}\ mL^{-1}$

$\therefore$ $[OH^-] = \dfrac{1}{221}\ M$ $[\because$ **TlOH = 204 + 16 + 1 = 221]**

$\therefore$ $H^+ = \dfrac{K_w}{[OH^-]}$

$= \dfrac{1.0 \times 10^{-14}}{1/221} = 221 \times 10^{-14}\ M$

$\therefore$ $pH = -\log [H^+]$

$= -\log 221 \times 10^{-14}$

$= 11.65$

अत: TlOH का pH मान = 11.65 **उत्तर**

(ख) $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2OH^-$

आण्विक द्रव्यमान = 74 g

$$[Ca(OH)_2] = \frac{0.3 \times 2}{74}$$

$$= \frac{0.6}{74} = 8.0 \times 10^{-3}$$

तथा $[OH^-] = 2 \times 8.0 \times 10^{-3}$

$$= 16.0 \times 10^{-3}\ M = 1.6 \times 10^{-2}\ M$$

$$\therefore \quad H^+ = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-2}} = 6.25 \times 10^{-13}$$

$$pH = -\log 6.25 \times 10^{-13} = 12.21$$

अत: **Ca (OH)$_2$ का pH मान = 12.21** **उत्तर**

(ग) $NaOH(aq) \rightleftharpoons Na^+(aq) + OH^-(aq)$

तथा आण्विक द्रव्यमान = 40 g

$$[NaOH] = [OH^-] = \frac{0.3 \times 5}{40} = \frac{1.5}{40} = 0.0375$$

$$[H^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{0.0375} = 26.67 \times 10^{-14}$$

$$\therefore \quad pH = -\log 26.67 \times 10^{-14} = 12.57$$

अत: **NaOH का pH मान = 12.57** **उत्तर**

(घ) 1 mL 3.6 M HCl का आयतन 1 L किया जाता है।

HCl में वियोजन में H^+ आयनन बनेंगे।

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

या $$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2} = \frac{1 \times 13.6}{1000}\ M = 0.0136\ M$$

$$\therefore \quad [HCl] = [H^+] = 0.0136\ M$$

$$pH = -\log [H^+] = 1.36 \times 10^{-2} = 1.87$$

अत: **HCl का pH मान = 1.87** **उत्तर**

प्रश्न 7.50. ब्रोमोएसीटिक अम्ल की आयनन की मात्रा 0.132 है। 0.1 M अम्ल की pH तथा pK_a का मान ज्ञात कीजिए।

हल : ब्रोमोएसीटिक अम्ल की आयनन मात्रा $\alpha = 0.132$

C मोलर सान्द्रता = 0.1 M

$$BrCH_2COOH \rightleftharpoons CrCH_2COO^- + H^+$$

प्रारम्भिक सान्द्रता	1	0	0
	$1-\alpha$	α	α
	$C(-\alpha)$	$C\alpha$	$C\alpha$

$$\therefore \quad [H^+] = C \times \alpha = 0.1 \times 0.132 = 0.0132$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log H^+ = -\log 1.32 \times 10^{-2} = 1.88$$

$$pK_a = -\log K_a$$

अब $$K_a \approx C\alpha^2$$

$$K_a = 0.1 \times (0.132)^2 = 1.74 \times 10^{-3}$$

$$pK_a = -\log 1.74 \times 10^{-3}$$

$$= -(-3) - \log 1.74 = 3 - 0.30 = 2.70$$

अत: **अम्ल का pH मान = 1.88 तथा** $_pK_a = 2.70$ **उत्तर**

प्रश्न 7.51. 0.005M कोडिन ($C_{18}H_{21}NO_3$) विलयन की pH, 9.95 है। इसका आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

हल : कोडिन की मोलर सान्द्रता = 0.005 M

तथा $pH = 9.95$

$\therefore$ $\log H^+ = -9.95 = \bar{10}.05$

या $[H^+] = 1.12 \times 10^{-10}$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.12 \times 10^{-10}} = 8.93 \times 10^{-5}$$

$\because$ $[OH^-] = \sqrt{K_b C}$

$\therefore$ $$K_b = \left(\frac{8.93 \times 10^{-5}}{0.005}\right)^2 = 1.59 \times 10^{-6} = 1.6 \times 10^{-6}$$

$$_pK_a = -\log {}_pK_b = -\log 1.6 \times 10^{-6} = 5.8$$

अत: $K_b = 1.6 \times 10^{-6}$ **तथा** $_pK_b = 5.8$ **उत्तर**

प्रश्न 7.52. 0.001 M एनीलीन का pH क्या है? एनीलीन का आयनन स्थिरांक सारणी से ले सकते हैं। इसके संयुग्मी अम्ल का आयतन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

हल : एनीलीन विलयन की सान्द्रता = 0.001 M

$$K_b = 4.2 \times 10^{-10}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}} = \sqrt{\frac{4.2 \times 10^{-10}}{0.001}} = \sqrt{42 \times 10^{-8}}0$$

$$= 6.48 \times 10^{-4}$$

यदि K_a आयनन स्थिरांक संयुग्मी अम्ल के लिए, तब $K_a \times K_b = K_w$

या $$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.2 \times 10^{-10}} = 2.38 \times 10^{-5}$$

अत: $\alpha = 6.48 \times 10^{-4}$ **तथा** $K_a = 2.38 \times 10^{-5}$ **उत्तर**

प्रश्न 7.53. यदि 0.05M ऐसीटिक अम्ल के p^{K_a} **का मान 4.74 है, तो आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए। यदि इसे (अ) 0.01M (ब) 0.1MHCl विलयन में डाला जाए, तो वियोजन की मात्रा किस प्रकार प्रभावित होती है?**

हल : CH_3COOH के लिए $_pK_a = 4.74$

$\therefore$ $4.74 = {}_pK_a = -\log K_a$

$K_a = \text{Antilog } \bar{5}.26 = 1.82 \times 10^{-5}$

एसीटिक अम्ल की मोल सान्द्रता = 0.05 M

$\therefore$ $$\alpha = \sqrt{K_a / C} = \sqrt{\frac{1.82 \times 10^{-5}}{0.05}} = \sqrt{3.64 \times 10^{-4}}$$

$$\alpha = 1.91 \times 10^{-2}$$

(अ) 0.01 M सान्द्रता पर α का मान

$$= \sqrt{\frac{1.82 \times 10^{-5}}{0.01}} = \sqrt{18.2 \times 10^{-4}}$$

$$= 4.27 \times 10^{-2} = 0.0427$$

अत: **0.01M सान्द्रता पर** α **का मान = 0.047** **उत्तर**

(ब) 0.1 M HCl के लिए α का मान

$$= \sqrt{\frac{1.82 \times 10^{-5}}{0.1}} = \sqrt{1.82 \times 10^{-6}}$$

$$= 1.35 \times 10^{-3}$$

$$= 0.00135$$

अत: **0.1 M HCl के लिए α का मान = 0.00135** उत्तर

प्रश्न 7.54. डाइमेथिल एमीन का आयनन स्थिरांक 5.4×10^{-4} है। इसके 0.02 M विलयन की आयनन की मात्रा की गणना कीजिए। यदि यह विलयन NaOH प्रति 0.1 M हो, तो डाइमेथिल एमीन का प्रतिशत आयन क्या होगा?

हल : डाइमेथिल ऐमीन के लिए $K_b = 5.4 \times 10^{-4}$

मोलर सान्द्रता $(C) = 0.02\ M$

आयनन डिग्री $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}}$

$$= \sqrt{\frac{5.4 \times 10^{-4}}{0.02}} = 16.43 \times 10^{-2} = 0.164$$

0.1 M NaOH की उपस्थिति में यदि x मान डाइऐथिल एमीन वियोजित होता है,

तब

$$[MOH] = 0.02 - x = 0.02\ M$$

$\therefore$ $[OH^-] = 0.1 + x \approx 0.1\ M$

या $[M^+] = x M$

$\therefore$ $K_b = \frac{[M^+] \times [OH^-]}{[MOH]}$

या $K_b = \frac{x \times 0.1}{0.02}$

$\because$ $K_b = 5.4 \times 0^{-4}$

$\therefore$ $\frac{x \times 0.1}{0.02} = 5.4 \times 10^{-4}$

या $x = 1.08 \times 10^{-4}\ M$

$\therefore$ $\alpha = \frac{x}{c}$

या $\alpha = \frac{1.08 \times 10^{-4}}{0.02} = 0.0054$

अत: **डाइमेथिल एमीन का प्रतिशत आयन = 0.0054** उत्तर

प्रश्न 7.55. निम्नलिखित जैविक द्रवों, जिनमें *p*H दी गई है, की हाइड्रोजन आयन सान्द्रता परिकलित कीजिए–

(क) मानव पेशीय द्रव, 6.83 **(ख) मानव उदर द्रव, 1.2**

(ग) मानव रुधिर, 7.38 **(घ) मानव लार, 6.4**

हल : (क) $\because$ मानव पेशीय द्रव $pH = 6.83$

$\therefore$ $6.83 = -\log [H^+]$

या $\log [H^+] = -6.83$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{7}.17 = 1.48 \times 10^{-7}\ M$

अत: **हाइड्रोजन आयन सान्द्रता = 1.48×10^{-7} M** उत्तर

(ख) ∵ मानव उदर द्रव का $pH = 1.2$

$\therefore 1.2 = -\log [H^+]$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{2}.8 = 0.063\ M$

अत: हाइड्रोजन आयन सान्द्रता = 0.063 M उत्तर

(ग) ∵ मानव रुधिर का $pH = 7.38$

$\therefore 7.38 = -\log [H^+]$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{8}.62$

$= 4.17 \times 10^{-8}\ M$

अत: हाइड्रोजन आयन सान्द्रता = 4.17×10^{-8} M उत्तर

(घ) ∵ मानव लार का $pH = 6.4$

$\therefore 6.4 = -\log [H^+]$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{7}.6$

$= 3.98 \times 10^{-7}\ M$

अत: हाइड्रोजन आयन सान्द्रता = 3.98×10^{-7} M उत्तर

प्रश्न 7.56. दूध, कॉफी, टमाटर, रस, नींबू रस तथा अंडे की सफेदी के *p*H मान क्रमश: 6.8, 5.0, 4.2, 2.2 तथा 7.8 हैं। प्रत्येक के संगत H^+ आयन की सांद्रता ज्ञात कीजिए।

हल : दूध का $pH = 6.8 = -\log H^+$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{7}.2 = 1.5 \times 10^{-7}\ M$

अत: H^+ आयन की सान्द्रता = 1.5×10^{-7} M उत्तर

कॉफी का *p*H मान $= 5.0 = -\log H^+$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{5}.00 = 10^{-5}\ M$

अत: H^+ आयन की सांद्रता = 10^{-5} M उत्तर

टमाटर का रस $pH = 4.2 = -\log H^+$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{5}.8 = 6.31 \times 10^{-5}\ M$

अत: H^+ आयन की सांद्रता = 6.31×10^{-5} M उत्तर

नींबू का रस $pH = 2.2 = -\log H^+$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{3}.8 = 6.31 \times 10^{-3}\ M$

अत: H^+ आयन की सांद्रता = 6.31×10^{-3} M उत्तर

अंडे की सफेदी का $pH = 7.8 = -\log H^+$

या $[H^+] = \text{Antilog } \bar{8}.2 = 1.5 \times 10^{-8}\ M$

अत: H^+ आयन की सांद्रता = 1.5×10^{-8} M उत्तर

प्रश्न 7.57. 298 K ताप 0.561 g, KOH जल में घोलने पर प्राप्त 200 mL विलयन की है *p*H, पोटैशियम, हाइड्रोजन तथा हाइड्रोक्सिल आयनों की सांद्रताएँ ज्ञात कीजिए।

हल : KOH की सांद्रता $= \dfrac{0.561 \times 1000}{56.1 \times 200}\ M = 0.05\ M$

KOH एक प्रबल विद्युत अपघट्य है। इसका पूर्ण वियोजन होता है।

$\therefore \quad KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

$[KOH] = [K^+] = [OH^-] = 0.05\ M$

अब $[H^+] = \dfrac{K_w}{[OH^-]} = \dfrac{1.0 \times 10^{-14}}{0.05} = 2.0 \times 10^{-13}\ M$

$\therefore \quad pH = -\log [H^+] = -\log 2.0 \times 10^{-13} = 12.7$

अत: $[K^+] = [OH^-] = 0.05$ M तथा $[H^+] = 2.0 \times 10^{-13}$ M उत्तर

प्रश्न 7.58. 298 K पर $Sr(OH)_2$ विलयन की विलेयता 19.23 g/L है। स्ट्रांशियम तथा हाइड्रॉक्सिल आयन की सांद्रता तथा विलयन की *p*H ज्ञात कीजिए।

हल : $Sr(OH)_2$ की 298 K ताप पर विलेयता $= 19.23\, g/L$

$$\text{मोलर सांद्रता} = \frac{19.23}{121.6}\,M = \mathbf{0.1581\ M}$$

$$\therefore \quad Sr(OH)_2 \rightleftharpoons Sr^{2+} + 2OH^-$$

$$[Sr^{2+}] = [Sr(OH)_2] = \mathbf{0.1581\ M}$$

$$[OH^-] = 2 \times 0.1581\,M = \mathbf{0.3162\ M}$$

$$\therefore \quad [H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{0.3162} = M\,3.1625 \times 10^{-14}\ M$$

$$pH = -\log H^+ = -\log 3.1685 \times 10^{-14} = \mathbf{13.50}$$

अत: $[Sr^{2+}] = \mathbf{0.1581\ M}, [OH^-] = \mathbf{0.3162\ M}$ तथा $pH = \mathbf{13.50}$ **उत्तर**

प्रश्न 7.59. प्रोपेनाइन अम्ल का आयन स्थिरांक 1.32×10^{-5} है। 0.05 M अम्ल विलयन के आयनन की मात्रा तथा *p*H ज्ञात कीजिए। यदि विलयन में 0.01 M HCl मिलाया जाए, तो उसके आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल : $CH_3CH_2COOH \rightleftharpoons CH_3CH_2COO^- + H^+$

यदि α = प्रोपेनाइन की आयनन डिग्री $= \sqrt{\frac{K_a}{C}}$

जहाँ K_a आयनन स्थिरांक तथा C = मोलर सान्द्रता है।

अब $\alpha = \sqrt{\frac{1.32 \times 10^{-5}}{0.05}} = \sqrt{2.64 \times 10^{-4}}$

$$\alpha = 1.63 \times 10^{-2}$$

आयनन डिग्री $= 1.63 \times 10^{-2}$

या $[H^+] = c\alpha = 0.05 \times 1.63 \times 10^{-2} = 8.1 \times 0^{-4}$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 8.1 \times 10^{-4} = 3.09$$

0.01 M HCl की उपस्थिति में आयनन डिग्री HCl की उपस्थिति में साम्य प्रतीप दिशा में जाएगा, इसलिए CH_3CH_2COOH की सान्द्रता घटेगी।

यदि प्रारम्भिक सान्द्रता C एवं C_2H_5COOH का x मान वियोजित होता है, तब साम्य पर $[C_2H_5COOH] = C - x$

या $[C_2H_5COO] = x\ [H^+] = 0.01 + x$

$$\therefore \quad K_a = \frac{x(0.01+x)}{C-x} = \frac{x(0.01)}{C}$$

या $$\frac{x}{C} = \frac{K_a}{0.01} = \frac{1.32 \times 10^{-5}}{0.01} = 1.32 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \quad \alpha = \frac{x}{C} = 1.32 \times 10^{-3}$$

अत: $pH = 3.09$ की उपस्थिति में 0.01 M HCl तथा आयनन की मात्रा $= 1.32 \times 10^{-3}$ **उत्तर**

प्रश्न 7.60. यदि साइनिक अम्ल (HCNO) के 0.1 M विलयन की *p*H, 2.34 हो, तो अम्ल के आयनन स्थिरांक तथा आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल : $\because \quad pH = 2.34$

$\therefore$ मोलर सान्द्रता $= 2.34$

$$HCNO \rightleftharpoons H^+ + CNO^-$$

$$-\log [H^+] = 2.34$$

या $$[H^+] = \text{Antilog } \bar{3}.66 = 4.57 \times 10^{-3} \text{ M}$$

या $$[H^+] = \sqrt{K_a C} = 4.57 \times 10^{-3} \text{ M}$$

या $$K_a C = 2.088 \times 10^{-5}$$

या $$K_a = \frac{2.088 \times 0^{-5}}{0.1} = 2.088 \times 10^{-4}$$

या $$K_a = 2.09 \times 10^{-4}$$

तथा आयनन की मात्रा

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{2.088 \times 10^{-4}}{0.1}} = 0.0457$$

अत: **आयनन स्थिरांक = 2.09×10^{-4} तथा आयनन की मात्रा = 0.0457** उत्तर

प्रश्न 7.61. यदि नाइट्रस अम्ल का आयनन स्थिरांक 4.5×10^{-4} है, तो 0.04 M सोडियम नाइट्राइट विलयन की *p*H तथा जलयोजन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

हल : जलयोजन स्थिरांक

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.5 \times 10^{-4}} = 2.22 \times 10^{-11}$$

जलयोजन की मात्रा

$$h = \sqrt{\frac{K_h}{C}} = \sqrt{\frac{2.22 \times 10^{-11}}{0.04}} = \sqrt{5.5 \times 10^{-10}}$$

$$= 2.36 \times 10^{-5}$$

अब $$[OH^-] = \sqrt{K_h C} = \sqrt{2.22 \times 10^{-11} \times 0.04}$$

$$= \sqrt{88.8 \times 10^{-14}}$$

$$= 9.42 \times 0^{-7}$$

$$p\text{OH} = -\log 9.42 \times 10^{-7} = 7 - 0.97 = 6.03$$

तथा $$p\text{H} = 14 - p\text{OH} = 14 - 6.03 = 7.97$$

अत: ***p*H = 7.97 तथा जल वियोजन की मात्रा = 2.36×10^{-5}** उत्तर

प्रश्न 7.62. यदि पीरीडिनीयम हाइड्रोजन क्लोराइड के 0.02 M विलयन का *p*H 3.44 है, तो पीरीडीन का आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

हल : HCl एक प्रबल अम्ल एवं पीरीडियम हाइड्रोजन क्लोराइड दुर्बल क्षार है।

$$\therefore \quad p\text{H} = -\frac{1}{2}[\log K_w - \log K_b + \log C]$$

या $$3.44 = -\frac{1}{2}[-14 - \log K_b + \log 2.0 \times 10^{-2}]$$

या $$6.88 = 14 + \log K_b + 1.70$$

या $$\log K_b = -8.82 = \bar{9}.18$$

$$\therefore \quad K_b = \text{Antilog } \bar{9}.18 = 1.5 \times 10^{-9}.$$

अत: **पीरीडीन का आयनन स्थिरांक = 1.5×10^{-9}** उत्तर

प्रश्न 7.63. निम्नलिखित लवणों के जलीय विलयनों के उदासीन, अम्लीय तथा क्षारीय होने की प्रागुक्ति कीजिए—

NaCl, KBr, NaCN, NH_4NO_3, $NaNO_2$ तथा KF

उत्तर—NaCl का जलीय विलयन उदासीन है।

KBr का जलीय विलयन उदासीन है।

NaCN का जलीय विलयन क्षारक है।

NH_4NO_3 का जलीय विलयन अम्लीय है।

$NaNO_2$ का जलीय विलयन क्षारक है।

KF का जलीय विलयन क्षारक है।

प्रश्न 7.64. क्लोरोएसीटिक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.35×10^{-3} है। 0.1 M अम्ल तथा इसके 0.1 M सोडियम लवण की pH ज्ञात कीजिए।

हल : $CH_2ClCOOH \rightleftharpoons CH_2ClCOO^- + H^+$

$$[H^+] = \sqrt{K_a C}$$

$$= \sqrt{1.35 \times 10^{-3} \times 0.1}$$

$$= 1.16 \times 0^{-2}$$

$$\therefore \quad pH = -\log H^+ = -\log 1.16 \times 10^{-2} = 1.94$$

क्लोरोएसीटिक अम्ल का सोडियम लवण, प्रबल क्षारक NaOH तथा दुर्बल क्लोरोएसीटिक अम्ल $ClCH_2COOH$ है।

$$\therefore \quad pH = -\frac{1}{2}[\log K_w + \log K_a - \log c]$$

या $$pH = -\frac{1}{2}[\log K_w + \log K_a - \log c]$$

या $$pH = \frac{1}{2}[-\log K_w - \log K_a + \log c]$$

$$= \frac{1}{2}[+14 - \log 1.35 \times 10^{-3} + \log 10^{-1}]$$

$$= 7.9$$

अत: $$pH = 7.9$$

अत: **अम्लीय विलयन की $pH = 1.9$ तथा लवण विलियन की $pH = 7.9$** **उत्तर**

प्रश्न 7.65. 310 K पर जल का आयनिक गुणनफल 2.7×10^{-14} है। इसी तापक्रम पर उदासीन जल की pH ज्ञात कीजिए।

हल : 310 K ताप पर जल का आयनन गुणनफल

$$K_w = 2.7 \times 10^{-14}$$

$$\therefore \quad [H^+] \times [OH^-] = 2.7 \times 10^{-4}$$

$\because$ जल उदासीन है।

$$\therefore \quad [H^+] = [OH^-]$$

$$\therefore \quad [H^+]^2 = 2.7 \times 10^{-14}$$

या $$[H^+] = \sqrt{2.7 \times 10^{-14}} = 1.64 \times 10^{-7}\ M$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 1.64 \times 0^{-7} = 6.78$$

अत: उदासीन जल का pH का मान = 6.78 **उत्तर**

प्रश्न 7.66. निम्नलिखित मिश्रणों की pH परिकलित कीजिए–

(क) 0.2 M $Ca(OH)_2$ का 10 ML + 0.1 M HCl का 25 mL

(ख) 0.01 M H_2SO_4 का 10 ML + 0.1 M $Ca(OH)_2$ का 10 mL

(ग) 0.1 M H_2SO_4 का 10 mL + 0.1 M KOH का 10 mL

हल : (क) $\because$ 10 mL 0.2 M $Ca(OH)_2$, 0.4 M OH^- आयन बनाते हैं।

$\because$ 40 mL, 0.1M OH^- आयन

$$25\ mL\ 0.1\ M\ HCl = 25\ mL\ M\ OH^-$$

शेष विलयन 15 mL 0.1 M OH^-

$\therefore$ मोलन सान्द्रता $OH^- = \frac{0.1}{1000} \times 15 = 1.5 \times 10^{-3}$

$$pOH = -\log (OH) = -\log 1.5 \times 10^{-3}$$

$$pH = 14 - 2.8 = 11.2$$

अत: **अभीष्ट pH मान = 11.2** उत्तर

(ख) 10 mL 0.01 M H_2SO_4 अर्थात् 10 mL 0.02 M H^+ आयन

10 mL 0.01 M $Ca(OH)_2$

$\therefore$ 10 mL 0.02 M OH^- आयन प्राप्त मिश्रण उदासीन होगा, जिसमें कोई आयन नहीं होगा।

अत: **pH = 7.00** उत्तर

(ग) 10 mL 0.1 M H_2SO_4 अर्थात् 10 mL 0.2 M H^+ आयन

(10 mL 0.1 M KOH अर्थात् 10 mL 0.1 M OH^- आयन शेष विलयन 0.1 M H^+ 10 mL आयतन में होंगे।

$\therefore$ $H^+ = \frac{0.1 \times 10}{1000} = 1.0 \times 0^{-3}$

$\therefore$ $pH = 3$

अत: **अभीष्ट pH का मान = 3** उत्तर

प्रश्न 7.67. सिल्वर क्रोमेट, बेरियम क्रोमेट, फेरिक हाइड्रॉक्साइड, लेड क्लोराइड तथा मर्क्युरस आयोडाइड विलयन की सारणी में दिए गए विलेयता गुणनफल स्थिरांक की सहायता से विलेयता ज्ञात कीजिए तथा प्रत्येक आयन की मोलरता भी ज्ञात कीजिए।

हल : $Ag_2CrO_4 = 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$

$$K_{sp}(Ag_2CrO_4) = 1.1 \times 10^{-12}$$

माना Ag_2CrO_4 की विलएता = smol L^{-1} mol L^{-1}

$\therefore$ $K_{sp} = [Ag]^{2+}[CrO_4^{2-}]$

$$= (2s)^2 (s) = 4s^3$$

$\therefore$ $s = \sqrt[3]{\frac{K_{st}}{4}} = \left|\frac{1.1 \times 10^{-12}}{4}\right|^{\frac{1}{3}} = \left|0.275 \times 10^{-12}\right|^{\frac{1}{3}}$

$$s = 0.65 \times 10^{-4}\ M$$

Ag^+ की विलेयता = $2s = 2 \times 0.65 \times 10^{-4}$ M = 1.30×10^{-4} M तथा CrO_4^{2-} की मोलरता = 0.65×10^{-4} उत्तर

बेरियम क्रोमेट $BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{2+} + CrO_4^{2-}$

$$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-10}$$

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][CrO_4^{2-}] = s^2 = 1 \cdot 2 \times 10^{-10}$$

$\therefore$ **Ba^{2+} और BrO_4^{2-} की सान्द्रता $s = 1 \cdot 1 \times 10^{-5}$ M** उत्तर

फेरिक हाइड्रॉक्साइड $Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3OH^-$

$$K_{sp} = 1 \cdot 0 \times 0^{-38} = 27s^4$$

या $27s^4 = K_{sp} = 1 \cdot 0 \times 10^{-38}$

या $s = \sqrt[4]{\frac{1.0 \times 10^{-38}}{27}} M = 1.39 \times 10^{-10}$ M

Fe^{3+} आयन की सान्द्रता = [s] = 1.39×10^{-10} M उत्तर

तथा $[OH^-] = 3s = 3.1 \times 1.39 \times 10^{-10} M = 4.17 \times 10^{-10} M$

लेड क्लोराइड $PbCl_2$

$$PbCl_2 \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2Cl^-$$
$$s \qquad s \qquad 2s$$
$$K_{sp} PbCl_2 = 1 \cdot 6 \times 10^{-5}$$
$$K_{sp} [Pb]^{2+} [Cl^-]^{-2} = 4s^3$$
$$a = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 6 \times 10^{-5}}{4}} = 1 \cdot 59 \times 10^{-2} M$$

Pb^{2+} आयन की मोलरता $s = 1 \cdot 59 \times 10^{-2}$ M उत्तर

तथा Cl^- आयन की मोलरता $= 2s = 2 \times 1.59 \times 10^{-2} M = 3 \cdot 18 \times 10^{-2} M$ उत्तर

फैरस आयोडीन : मरक्यूरम आयोडीन

$$Hg_2I_2 \rightleftharpoons 2Hg^+ + 2I^-$$
$$K_{sp} = 4 \cdot 5 \times 10^{-29} \text{ (दिया है)}$$

तथा $K_{sp} = 4s^3$

$$\therefore \quad s = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 5 \times 10^{-29}}{4}} = 2 \cdot 24 \times 10^{-10} M$$

अत: Hg_2^{2+} आयन की सान्द्रता $= 2 \cdot 24 \times 10^{-10}$ M

तथा I^- आयन की सान्द्रता $= 2 \times 2.24 \times 10^{-10} M = 4 \cdot 48 \times 10^{-10} M$ उत्तर

प्रश्न 7.68. Ag_2CrO_4 तथा AgBr का विलेयता गुणनफल स्थिरांक क्रमश: $1 \cdot 1 \times 10^{-12}$ तथा $5 \cdot 0 \times 10^{-13}$ है। उनके संतृप्त विलयन की मोलरता का अनुपात ज्ञात कीजिए।

हल : माना AgBr की विलेयता = 5 M

$$K_{sp}(AgBr) = 5 \cdot 0 \times 10^{-13}$$
$$AgBr \rightleftharpoons Ag^+ + Br^-$$
$$K_{sp} = [Ag^+][Br^-]$$

या $s \times s = s^2 = K_{sp}$

या $4s = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{5.0 \times 10^{-13}} = 0.71 \times 10^{-6} M$

AgBr की विलेयता $= 0.71 \times 10^{-6}$ M

$$AgCrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$$
$$K_{sp} = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-12}$$

या $s^3 = 1.1 \times 10^{-12}$

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}}{4}} + \sqrt[3]{\frac{1.1 \times 10^{-12}}{4}} = 6.5 \times 10^{-5} M$$

अत: Ag_2CrO_4 की विलेयता $= 6.5 \times 10^{-5}$ M

Ag_2CrO_4 की विलेयता AgBr से अधिक है।

अत: **संतृप्त विलयन में इनकी मोलरता 91.9 $Ag_2Cr_2O_4$ के अनुपात में है।** उत्तर

प्रश्न 7.69. यदि 0.002 M सान्द्रता वाले सोडियम आयोडेट तथा क्यूप्रिक क्लोरेट विलयन के समान आयतन को मिलाया जाए, तो कॉपर आयोडेट का उत्प्रेक्षण क्या होगा? (कॉपर आयोडेट के लिए $K_{sp} = 7.4 \times 10^{-8}$)

हल : $2NaIO_3 + Cu(ClO_3)_2 \rightleftharpoons Cu(IO_3)_2 + 2NaClO_3$

मिश्रण से पहले दोनों की सान्द्रता = 0.002

मिश्रण के बाद दोनों की सान्द्रता

$$[IO_3^-] = [Cu^{2+}] = \frac{0.002}{2} M = 0.001 M$$

$$2[IO_3^-] + Cu^{2+} \rightleftharpoons Cu(IO_3)_2$$

$\therefore$ $K_{sp}[CuIO_3]^2 = 7.4 \times 10^{-4}$

या $[Cu^{2+}] = 0.001 M$

तथा $[IO_3^-] = 0.001 M$

$\therefore$ आयनन गुणनफल $= [Cu^{2+}][IO_3^-]^2 = 1.0 \times 10^{-9}$

इसलिए आयनन गुणनफल, विलेयता गुणनफल से कम है।

अत: **कोई अवक्षेप नहीं बनेगा।** **उत्तर**

प्रश्न 7.70. बेन्जोइक अम्ल का आयनन स्थिरांक 6.46×10^{-5} तथा सिल्वर बेन्जोएट का K_{sp} 2.5×10^{-13} है। 3.19 *p*H वाले बफर विलयन में सिल्वर बेन्जोएट जल की तुलना में कितना गुना विलेय होगा?

हल : $C_6H_5COOAg \rightleftharpoons C_6H_5COO^- + Ag^+$

जल में घुलनशीलता

माना सिल्वर बेंजोएट की विलेयता $= x$ mol L^{-1}

तब $[C_6H_5COO^-] = [Ag^+] = x$ mol L^{-1}

$\therefore$ $K_{sp} = [Ag^+][C_6H_3COO^-]$

या $x \times x = x^2 = K_{sp} = 2.5 \times 10^{-13}$

या $x = \sqrt{K_{sp}} = \sqrt{2.5 \times 10^{-13}}$

$= 5.0 \times 10^{-7}$ mol L^{-1}

$\therefore$ बफर में विलेयता, जिसका *p*H मान $= 3.19$

$3.19 = -\log H^+$

या $\log H^+ = 3.19 = \bar{4}.81$

$[H^+] = \text{Antilog } \bar{4}.81 = 6.457 \times 10^{-4}$

बफर विलयन के कारण $C_6H_5COO^-$ आयन H^+ आयन से बन्धकर बेंजोइक अम्ल बनाता है, परन्तु H^+ स्थिर रहता है।

अत: $C_6H_3COOH \rightleftharpoons C_6H_5COO^- + H^+$

$$K_a = \frac{[C_6H_3COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$$

या $$\frac{[C_6H_5COOH]}{[C_6H_5COO^-]} = \frac{H^+}{K_a} = \frac{6.457 \times 10^{-4}}{6.46 \times 10^{-5}} = 10 \quad \text{...(i)}$$

माना बफर विलयन में विलयेता x mol L^{-1} है, तब लगभग सम्पूर्ण बेंजोएट आयन, बेंजोइक अम्ल में बदल जाएगा।

$$Y = [Ag^+] = [C_6H_5COO^-] + [C_6H_5COOH]$$
$$= [C_6H_5COO^-] + 10[C_6H_5COO^-]$$

$\therefore$ $[C_6H_5COO^-] = \frac{y}{11}$

$K_{sp} = [C_6H_5COO^-] = [Ag^+]$

$2.5 \times 10^{-13} = \frac{y}{11} \times y$

या $y^2 = 2.75 \times 10^{-12}$

या $y = 1.66 \times 10^{-6}$

$\therefore \quad \frac{y}{x} = \frac{1.66 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-7}} = 3.317$

अत: **कम *p*H मान पर सिल्वर बेंजोएट 3.317 गुना कम घुलनशील है।** **उत्तर**

प्रश्न 7.71. फैरस सल्फेट तथा सोडियम सल्फाइड के सममोलर विलयनों की अधिकतम सान्द्रता बताइए, जब उनके समान आयतन मिलाने पर आयरन सल्फाइड अवक्षेपित न हो। (आयरन सल्फाइड के लिए, $K_{sp} = 6.3 \times 10^{-18}$)

हल : माना $FeSO_4$ तथा Na_2s की सान्द्रता x mol L^{-1} है।

समान आयतन में मिलाने पर,

$$[FeSO_4] = [Na_2S] = \frac{x}{2} M$$

$\therefore \quad [Fe^{2+}] = [s] = \frac{x}{2} M$

या $K_{sp}[FeS] = 6.3 \times 10^{-18}$

या $K_{sp} = [Fe^{2+}][s^{2-}] = \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} = 6.3 \times 10^{-18}$

या $x^2 = 25.2 \times 10^{-18}$

या $x = 5.02 \times 10^{-9} M$

अत: **विलयन की उच्चतम मोलरता = 2.5×10^{-9} M** **उत्तर**

प्रश्न 7.72. 1 ग्राम कैल्सियम सल्फेट को घोलने के लिए कम-से-कम कितने आयतन जल की आवश्यकता होगी? (कैल्सियम सल्फेट के लिए, $K_{sp} = 9.1 \times 10^{-6}$)

हल : $CaSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

यदि $CaSO_4$ की विलेयता s Mol L^{-1} है, तब

$$K_{sp} = [Cu^{2+}][SO_4^{2-}] = s^2$$

$CaSO_4$ के लिए, $K_{sp} = s^2 = 9.1 \times 10^{-6}$

$\therefore \quad s = 3.02 \times 10^{-3}$ Mol L^{-1}

$CaSO_4$ का आण्विक द्रव्यमान = 136 g

$\therefore \quad s = 3.02 \times 10^{-3} \times 136$ g L^{-1}

$= 0.411$ g L^{-1}

अत: 0.411 g को घोलने के लिए 1 L जल की आवश्यकता हो।

या 1g को 2.43 L लीटर में घोला जा सकता है।

अत: **कैल्सियम सल्फेट को घोलने के लिए कम-से-कम 2.43 लीटर जल की आवश्यकता होगी।** **उत्तर**

प्रश्न 7.73. 0.1 M HCl में हाइड्रोजन सल्फाइड से संतृप्त विलयन की सान्द्रता 1.0×10^{-19} M है। यदि इस विलयन का 10 mL निम्नलिखित 0.04 M विलयन के 5 mL डाला जाए, तो किन विलयनों से अवक्षेप प्राप्त होगा? $FeSO_4$, $MnCl_2$, $ZnCl_2$ एवं $CdCl_2$

हल : यदि आयनिक गुणनफल, विलेयता गुणनफल से अधिक है; तब अवक्षेप बनते हैं, क्योंकि १० स्थ विलयन में (जिसमें s^{2-} आयन हैं) 5 स्थ धातु लवण विलयन डाला है, इसलिए मिश्रण के बाद

$$[s^{2-}] = 1.0 \times 10^{-19} \times \frac{10}{15} = 6.67 \times 10^{-20}$$

$$[Fe^{2+}] = [Mn^{2+}] = [2n^{2+}] = [Ca^{+2}]$$

$$= \frac{5}{15} \times 0.04 = 1.33 \times 10^{-2} M$$

प्रत्येक के लिए आयनन गुणनफल

$$[M^{2+}][s^{2-}] = 8.87 \times 10^{-22}$$

यह आयनन गुणनफल ZnS (1.6×10^{-24}) CdS (80×10^{-27}) के विलेयता गुणनफल से अधिक है; परन्तु [FeS 1.3×10^{-18}] एवं MnS (2.5×10^{-13}) से कम है।

अत: **कुल चार स्पीशीज में केवल $ZnCl_2$ एवं $CdCl_2$ के अवक्षेप बनेंगे।**