



# SOLUTION OF CHEMICAL EQUILIBRIUM

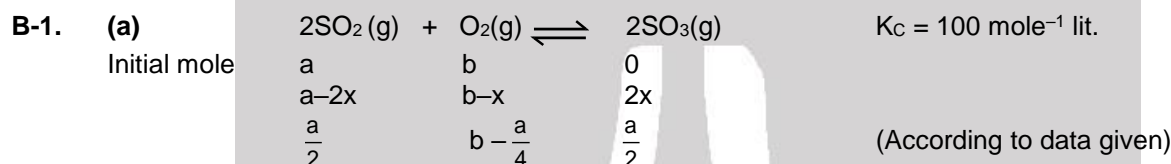
## EXERCISE # 1

### PART - I (भाग - I)

A-1.  $K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{2 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-5}} = 4$

A-2.  $n = \frac{5.6}{22.4} = 0.25$

Active mass (सक्रिय द्रव्यमान) =  $\frac{0.25}{5.6} = 0.044 \text{ M}$ .



But according to question.

No. of mole of  $\text{SO}_2 = \text{No. of mole of } \text{SO}_3$ .

$$= a - 2x = 2x.$$

$$a = 4x.$$

$$x = \frac{a}{4}.$$

Now,  $K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}$

But No. of mole of  $\text{SO}_3$  and  $\text{SO}_2$  are equal at eq. so.

$$K_c = \frac{1}{[\text{O}_2]}$$

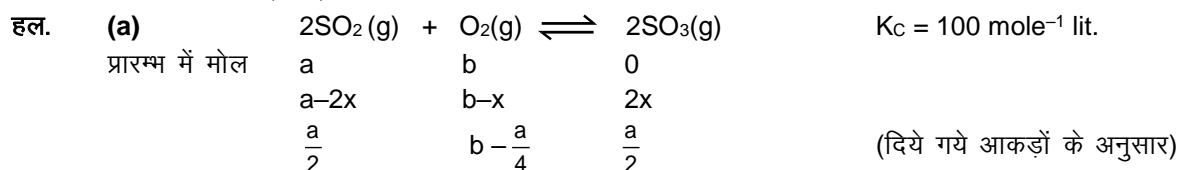
$$[\text{O}_2] = \frac{1}{K_c}; \quad [\text{O}_2] = \frac{1}{100}.$$

But  $[\text{O}_2] = \frac{\text{mole of } \text{O}_2 \text{ at eq.}}{10} = \frac{1}{100}$ .

So No. of mole of  $\text{O}_2 = \frac{1}{10} = 0.1$ .

(b)  $K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{2n_{\text{SO}_2}}{V}\right)^2}{\left(\frac{n_{\text{SO}_2}}{V}\right)^2 \times \left(\frac{n_{\text{O}_2}}{V}\right)}$

$$K_c = \frac{4}{\left(\frac{n_{\text{O}_2}}{V}\right)}; \quad n_{\text{O}_2} = \frac{4 \times V}{K_c} = \frac{4 \times 10}{100} = 0.4.$$



लेकिन प्रश्न के अनुसार

$\text{SO}_2$  की मोल संख्या =  $\text{SO}_3$  की मोल संख्या

$$= a - 2x = 2x$$





$$a = 4x.$$

$$x = \frac{a}{4}.$$

$$\text{अब, } K_C = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}$$

लेकिन साम्य पर  $\text{SO}_3$  तथा  $\text{SO}_2$  की मोल संख्या बराबर है। अतः,

$$K_C = \frac{1}{[\text{O}_2]}$$

$$[\text{O}_2] = \frac{1}{K_C}; \quad [\text{O}_2] = \frac{1}{100}.$$

$$\text{लेकिन } [\text{O}_2] = \frac{\text{साम्य पर } \text{O}_2 \text{ के मोल}}{10} = \frac{1}{100}.$$

$$\text{अतः } \text{O}_2 \text{ की मोल संख्या} = \frac{1}{10} = 0.1.$$

$$(b) \quad K_C = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{2n_{\text{SO}_2}}{V}\right)^2}{\left(\frac{n_{\text{SO}_2}}{V}\right)^2 \times \left(\frac{n_{\text{O}_2}}{V}\right)}$$

$$K_C = \frac{4}{\left(\frac{n_{\text{O}_2}}{V}\right)}; \quad n_{\text{O}_2} = \frac{4 \times V}{K_C} = \frac{4 \times 10}{100} = 0.4.$$



$$\begin{array}{ccc} a & a & 0 \\ a-x & a-x & 2x \end{array}$$

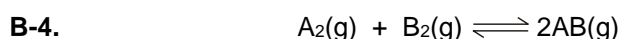
$$\frac{(2x)^2}{(a-x)^2} = 16$$

$$x = \frac{4a}{6}$$

$$n_T = 2a$$

$$\% \text{A}_2 = \frac{\frac{a}{3}}{2a} \times 100 = \frac{100}{6}$$

**B-3.**  $K_C = \frac{\left[\frac{C}{V}\right]^2}{\left[\frac{B}{V}\right] \left[\frac{A}{V}\right]^3} \Rightarrow 9 = \frac{\left[\frac{2}{V}\right]^2}{\left[\frac{2}{V}\right] \left[\frac{2}{V}\right]^3} \Rightarrow V = 6 \text{ L}$

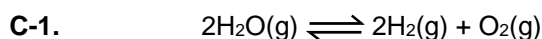


$$\text{Moles at eqm} \quad \begin{array}{ccc} 2-x & 4-x & 2x \end{array}$$

$$\text{साम्य पर मोल} \quad K_C = \frac{4x^2}{(2-x)(4-x)}$$

$$\Rightarrow x = \frac{32}{24} = 1.33 \text{ mole}$$

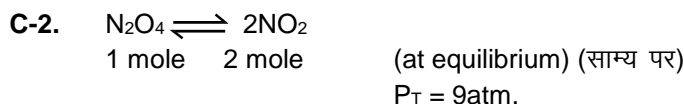
$$[\text{AB}(\text{g})] = \frac{2 \times 1.33}{4} = 0.66 \text{ M}$$



$$\begin{array}{ccccccc} t=0 & n & & n & n & & \\ \text{teq.} & (n-y) & & (n+y) & (n+y/2) & & n_T = (3n+y/2) \end{array}$$



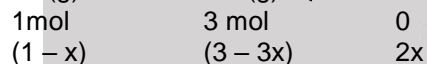
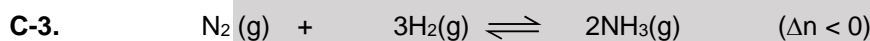
so (इसलिए), 
$$K_p = \frac{(P_{H_2(g)})_{eq}^2 \cdot (P_{O_2(g)})_{eq}}{(P_{H_2O(g)})_{eq}^2} = \frac{(n+y)^2 (n+y/2) P}{(n-y)^2 (3n+y/2) P}$$



$$P_{NO_2} = \frac{2}{3} \times 9 = 6\text{atm}$$

$$P_{N_2O_4} = \frac{1}{3} \times 9 = 3\text{atm}$$

$$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{6 \times 6}{3} = 12 \text{ Ans.}$$



$$P_{eq} = 1 \text{ atm, } T = 400 \text{ K}$$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(2x)^2}{(3-3x)^3(1-x)} = \frac{4}{27}$$

$$\frac{x^2}{(1-x)^4} = 1 \quad \Rightarrow \quad x = (1-x)^2 \quad \Rightarrow \quad x^2 - 3x + 1 = 0$$

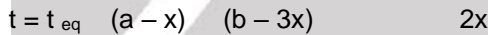
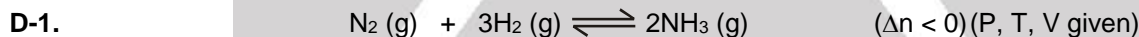
$$\Rightarrow \quad x = \frac{3 \pm \sqrt{9-4}}{2} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{3 \pm \sqrt{5}}{2}$$

$$x = \frac{3+2.24}{2} \quad \text{or} \quad x = \frac{3-2.24}{2}$$

$$x = \frac{5.24}{2} = 2.62 \quad \text{or,} \quad x = \frac{0.76}{2}$$

$$\Rightarrow \quad x = 0.38 \quad (\text{since } x \text{ cannot be greater than } 1) \quad (\text{चूंकि } x \text{ का मान } 1 \text{ से बड़ा नहीं हो सकता है।})$$

$$[NH_3] = 0.38 \times 2 = 0.76$$



$$[N_2] = \frac{a-x}{V}, [H_2] = \frac{b-3x}{V}, [NH_3] = \frac{2x}{V}$$

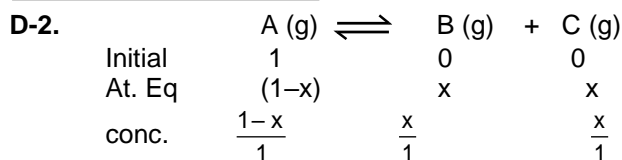
$$K_c = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{a-x}{V}\right)\left(\frac{b-3x}{V}\right)^3} = \frac{4x^2V^2}{(a-x)(b-3x)^3}$$

Total no. of moles at equilibrium (साम्य पर मोलों की कुल संख्या) =  $a + b - 2x$

$$[P_{N_2}] = \frac{(a-x)}{a+b-2x} \cdot P, \quad [P_{H_2}] = \frac{(b-3x)}{a+b-2x} \cdot P, \quad [P_{NH_3}] = \frac{(2x) \cdot P}{a+b-2x}$$

$$\therefore K_p = \frac{[P_{NH_3}]^2}{[P_{N_2}][P_{H_2}]^3} = \frac{\left(\frac{2x}{a+b-2x} \cdot P\right)^2}{\left[\left(\frac{a-x}{a+b-2x}\right) \cdot P\right] \left[\frac{(b-3x)P}{a+b-2x}\right]^3}$$

$$K_p = \frac{4x^2 \cdot P^2}{(a+b-2x)^2} = \frac{(a+b-2x)^2 \cdot 4x^2}{P^2(a-x)(b-3x)^3}$$

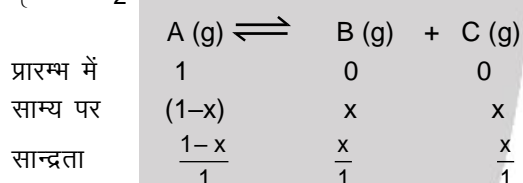


$$K_c = \left( \frac{x^2}{1-x} \right) = \frac{K_f}{K_b} = \frac{1.5 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-2}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{x^2}{1-x} = \frac{1}{2}; \quad x = \frac{1}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [A] = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \\ [B] = \frac{1}{2} \\ [C] = \frac{1}{2} \end{array} \right. ; \quad K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = \frac{1}{2} \times (0.082 \times 300)^1; \quad K_p = 12.3 \text{ atm.}$$

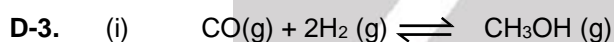
हल.



$$K_c = \left( \frac{x^2}{1-x} \right) = \frac{K_f}{K_b} = \frac{1.5 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-2}}$$

$$\frac{x^2}{1-x} = \frac{1}{2}; \quad x = \frac{1}{2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} [A] = 1 - \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \\ [B] = \frac{1}{2} \\ [C] = \frac{1}{2} \end{array} \right. ; \quad K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = \frac{1}{2} \times (0.082 \times 300)^1; \quad K_p = 12.3 \text{ atm.}$$



0.15	a		
0.15 - x	a - 2x	x	
0.15 - x + a - 2x + x = 0.5			
a - 2x = 0.35			

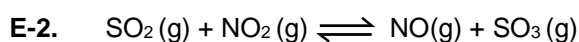
$$\Rightarrow \begin{array}{l} x = 0.08 \\ PV = nRT \\ n = \frac{8.2 \times 2.5}{0.082 \times 500} = 0.5 \end{array}$$

$$K_c = \frac{0.08}{\frac{0.07}{2.5} \times \left( \frac{0.35}{2.5} \right)^2} = \frac{20000}{343} = 58.3$$

$$K_p = 58.3 \times (RT)^{-2} = \frac{58.3}{(0.082 \times 500)^2} = \frac{58.3}{41 \times 41} = 0.035$$

(ii) Total pressure will remain 8.2 atm as catalyst reduces only time taken to achieve equilibrium, does not affect equilibrium condition / concentrations.

कुल दाब 8.2 atm नियत रहेगा लेकिन उत्प्रेरक साम्यावस्था को प्राप्त करने में लगने वाले समय को कम कर देगा। तथा साम्य स्थिति/सान्द्रता को प्रभावित नहीं करेगा।



$$Q_c = \frac{(0.3)^2}{(0.04)^2} = 56.25$$

0.04      0.04      0.3      0.3

Here,  $Q_c < K_c$  hence reaction will proceed in

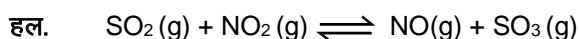




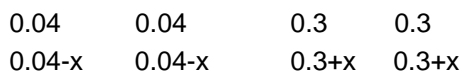
forward direction to reach at state of equilibrium

$$K_c = \frac{(0.3+x)^2}{(0.04-x)^2} = 81$$

$$x = 0.006$$



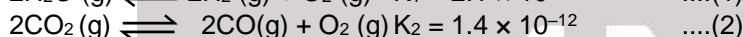
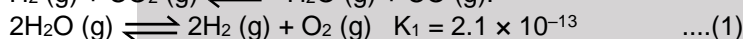
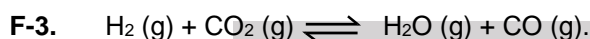
$$Q_c = \frac{(0.3)^2}{(0.04)^2} = 56.25$$



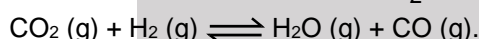
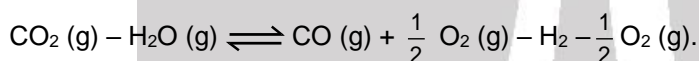
यहाँ,  $Q_c < K_c$  है, इसलिए अभिक्रिया साम्य अवस्था को प्राप्त करने के लिए अग्र दिशा में गति करेगी।

$$K_c = \frac{(0.3+x)^2}{(0.04-x)^2} = 81$$

$$x = 0.006$$

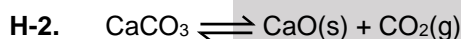


$$\frac{1}{2} \text{ eq. (2)} - \frac{1}{2} \text{ eq. (1)}$$



$$\frac{1}{2} [\text{eq. (2)} - \text{eq. (1)}]$$

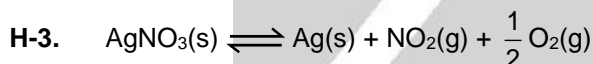
$$K = \left( \frac{K_2}{K_1} \right)^{1/2} = \left( \frac{1.4 \times 10^{-12}}{2.1 \times 10^{-13}} \right)^{1/2} = \left( \frac{14}{2.1} \right)^{1/2} = 2.58. \text{ Ans.}$$



$$K_P = P_{\text{CO}_2} = 1$$

$$x = \text{mole of CO}_2 \text{ (CO}_2 \text{ के मोल)} = \frac{PV}{RT}$$

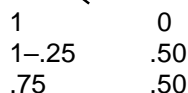
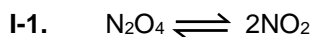
$$\text{Remaining mass of CaCO}_3 \text{ (CaCO}_3 \text{ को शेष द्रव्यमान)} = (0.2 - x) 100\text{g.}$$



Total pressure (कुल दाब) = (given दिया गया है)

$$\therefore p_1 = \frac{2P}{3} \quad \dots\dots\dots(A)$$

$$K_P = P_{\text{NO}_2} \times P_{\text{O}_2}^{1/2} = p_1 \times \left( \frac{p_1}{2} \right)^{1/2} = \frac{2}{3^{3/2}} P^{3/2}$$

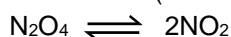


$$n_{\text{total}} = 1.25$$

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \left( \frac{.75}{1.25} \right) ; \quad P_{\text{NO}_2} = \left( \frac{.50}{1.25} \right)$$

$$K_P = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{(P_{\text{N}_2\text{O}_4})} = \frac{(.50/1.25)^2}{(.75/1.25)} = \frac{.50 \times .50}{1.25 \times .75} = \frac{4}{15} = 0.266.$$

At pressure 0.1 atm (0.1 atm दाब पर),





$$\begin{array}{ccc}
 1 & & 0 \\
 (1-\alpha) & & 2\alpha \\
 P_{N_2O_4} = \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\right) \times 0.1 & ; & P_{NO_2} = \left(\frac{2\alpha}{1+\alpha}\right) \times 0.1 \\
 \\ 
 K_P = \frac{\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha} \times 0.1\right)^2}{\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\right) \times 0.1} & ; & K_P = \frac{4\alpha^2 \times 0.1}{(1+\alpha)(1-\alpha)} \\
 \\ 
 0.266 = \frac{0.1 \times 4\alpha^2}{1-\alpha^2} \\
 0.665 = (1 + 0.665) \alpha^2 & \Rightarrow & \alpha = 63.25\%
 \end{array}$$

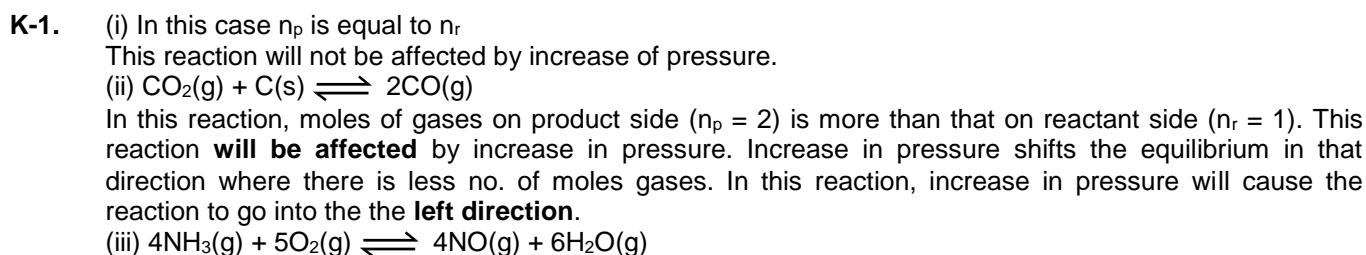
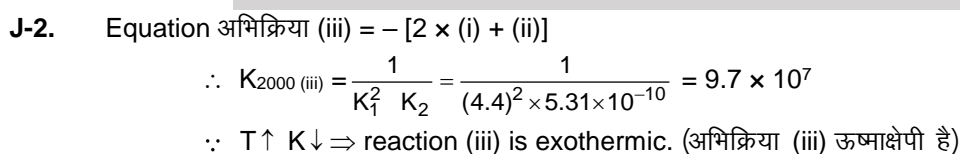
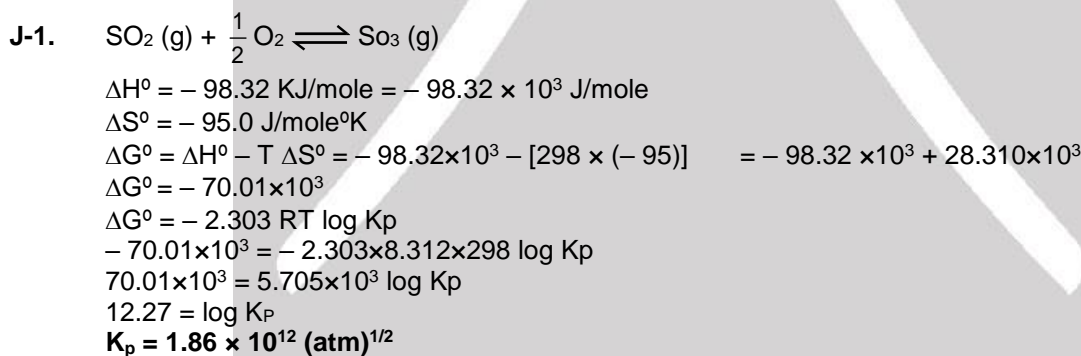
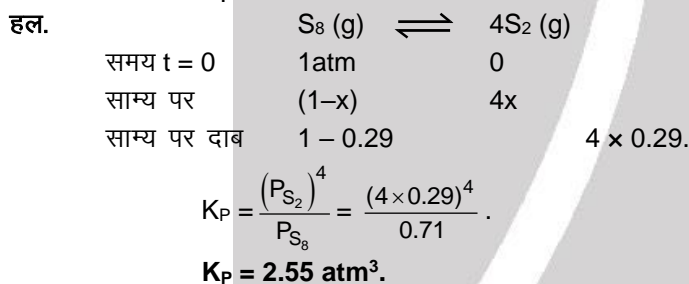
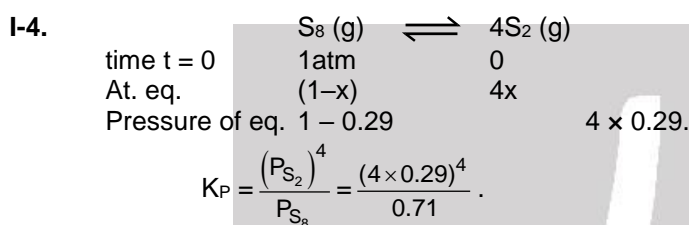
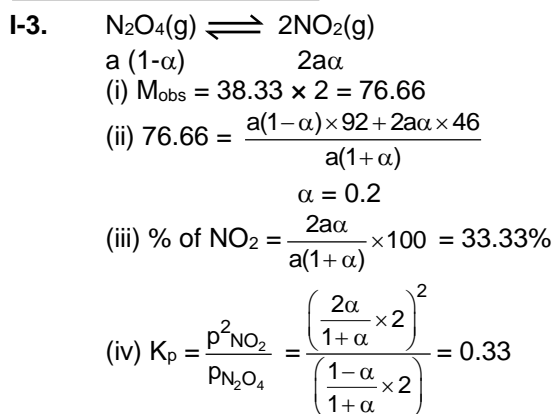
I-2.

$$\begin{array}{ccc}
 2AB_2(g) & \rightleftharpoons & 2AB(g) + B_2(g) \\
 t=0 & a & 0 & 0 \\
 & a(1-\alpha) & (a\alpha) & \frac{(a\alpha)}{2} \\
 \text{Total mole} & = a\left[1 - \alpha + \alpha + \frac{\alpha}{2}\right] & \frac{a[2+\alpha]}{2} \\
 P_{AB_2} = \frac{a(1-\alpha) \times 2}{a(2+\alpha)} \times P & ; & P_{AB} = \frac{a\alpha \times 2}{a(2+\alpha)} \times P \\
 P_{B_2} = \frac{\left(\frac{a\alpha}{2}\right)}{a(2+\alpha)} = \left[\frac{\alpha}{2+\alpha}\right] \times P. \\
 K_P = \frac{\left(\frac{2\alpha}{2+\alpha} \times P\right)^2 \left(\frac{\alpha}{2+\alpha} \times P\right)}{\left(\frac{2(1-\alpha)}{2+P} \times P\right)^2} \\
 \alpha \ll 1. \\
 K_P = \frac{\alpha^3 P}{2} ; & \alpha = \left(\frac{2K_P}{P}\right)^{1/3} & \text{i.e. } x = \left(\frac{2K_P}{P}\right)^{1/3}
 \end{array}$$

हल.

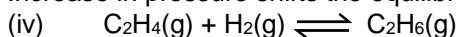
$$\begin{array}{ccc}
 2AB_2(g) & \rightleftharpoons & 2AB(g) + B_2(g) \\
 t=0 & a & 0 & 0 \\
 & a(1-\alpha) & (a\alpha) & \frac{(a\alpha)}{2} \quad (\text{Here } \alpha = x) \\
 \text{कुल मोल} & = a\left[1 - \alpha + \alpha + \frac{\alpha}{2}\right] & \frac{a[2+\alpha]}{2} \\
 P_{AB_2} = \frac{a(1-\alpha) \times 2}{a(2+\alpha)} \times P & ; & P_{AB} = \frac{a\alpha \times 2}{a(2+\alpha)} \times P \\
 P_{B_2} = \frac{\left(\frac{a\alpha}{2}\right)}{a(2+\alpha)} = \left[\frac{\alpha}{2+\alpha}\right] \times P. \\
 K_P = \frac{\left(\frac{2\alpha}{2+\alpha} \times P\right)^2 \left(\frac{\alpha}{2+\alpha} \times P\right)}{\left(\frac{2(1-\alpha)}{2+P} \times P\right)^2} \\
 \alpha \ll 1. \\
 K_P = \frac{\alpha^3 P}{2} ; & \alpha = \left(\frac{2K_P}{P}\right)^{1/3} & \text{अर्थात् } x = \left(\frac{2K_P}{P}\right)^{1/3}
 \end{array}$$





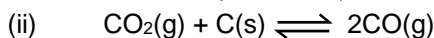


The reaction **would be affected** by increase in pressure because  $n_p$  is different from  $n_r$ . Increase in pressure shifts the equilibrium in **left direction** because  $n_r$  is less than  $n_p$ .

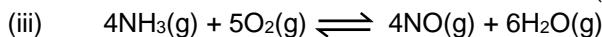


The reaction **would be affected** by increase in pressure. Increase in pressure will shift the equilibrium **towards right** because  $n_p$  is less than  $n_r$ .

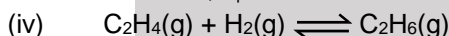
हल. (i) इस परिस्थिति में  $n_p$  तथा  $n_r$  समान है।  
अभिक्रिया पर दाब बढ़ाने पर कोई प्रभाव नहीं होता है।



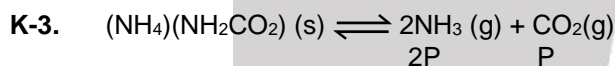
इस अभिक्रिया में उत्पाद के गैसीय मोल ( $n_p = 2$ ) क्रियाकारक के गैसीय मोल ( $n_r = 1$ ) की अपेक्षा अधिक होते हैं। यह अभिक्रिया दाब बढ़ाने पर प्रभावित होगी। साम्यावस्था पर दाब बढ़ाने पर अभिक्रिया उस दिशा में गति करती है। जहाँ गैस के मोलों की संख्या कम हो यह अभिक्रिया दाब बढ़ाने पर पश्च दिशा में गति करती है।



यह अभिक्रिया दाब बढ़ाने पर प्रभावित होगी क्योंकि  $n_p, n_r$  से अलग है, इसलिए दाब बढ़ाने पर अभिक्रिया पश्च दिशा में गति करती है। क्योंकि  $n_r, n_p$  से कम है।



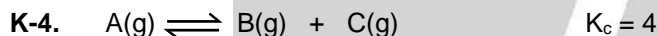
यह अभिक्रिया दाब बढ़ाने पर प्रभावित होगी। दाब बढ़ाने पर अभिक्रिया अग्र दिशा में गति करती है। क्योंकि  $n_p, n_r$  से कम है।



$$\text{Total pressure (कुल दाब)} = 2P + P = 0.3$$

$$P = 0.1 \text{ atm}$$

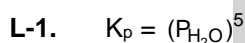
$$K_p = (2P)^2 P = 4P^3 = 4 \times 10^{-3} \text{ atm}^3$$



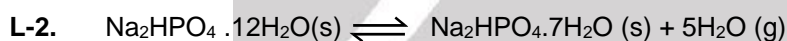
$$\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 2 \\ 0.5 & 1 & 1 \end{array} \quad Q_c = 2 < K_c$$

$$\begin{array}{ccc} 0.5 - x & 1 + x & 1 + x \\ 4 = \frac{(1+x)^2}{0.5-x} \end{array}$$

$$x = 0.162 \quad [A] = 0.338 \quad [B] = [C] = 1.162$$



$$\text{R.H.} < \frac{P_{H_2O}}{4.56} \quad (P_{H_2O} \text{ in torr})$$



$$K_p = (P_{H_2O})^5$$

$$(P_{H_2O})^5 = 31.25 \times 10^{-13}$$

$$(P_{H_2O}) = (3125)^{1/5} \times (10^{-15})^{1/5}$$

$$(P_{H_2O}) = 5 \times 10^{-3}$$



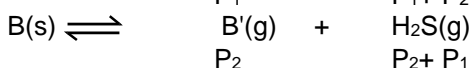
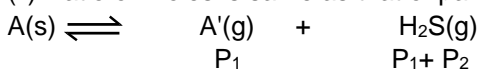
$$A(s) \rightleftharpoons A'(g) + H_2S(g) \quad P = 50 \text{ mm} \Rightarrow P_{H_2S} = P_{A'} = P/2 = 25 \text{ mm}$$

$$B(s) \rightleftharpoons B'(g) + H_2S(g) \quad P = 60 \text{ mm} \Rightarrow P_{H_2S} = P_{B'} = P/2 = 30 \text{ mm}$$

$$(i) \quad K_{p_1} = (25)^2 = 625 \text{ mm}^2$$

$$K_{p_2} = (30)^2 = 900 \text{ mm}^2$$

(ii) Ratio of moles is same as that of partial pressure so (मोल का अनुपात आंशिक दाबों के अनुपातों के समान है),



$$K_{p_1} = P_{A'} \times P_{H_2S} = P_1(P_1 + P_2) \quad \dots\dots\dots (i)$$





$$K_{P_2} = P_{H_2S} = P_2(P_1 + P_2) \quad \dots\dots (ii)$$

$$\frac{K_{P_1}}{K_{P_2}} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{25}{36}$$

(iii) total pressure (कुल दाब) =  $P_1 + P_2 + (P_1 + P_2) = 2(P_1 + P_2)$

$$(i) + (ii) = (P_1 + P_2)^2$$

$$\sqrt{K_{P_1} + K_{P_2}} = P_1 + P_2$$

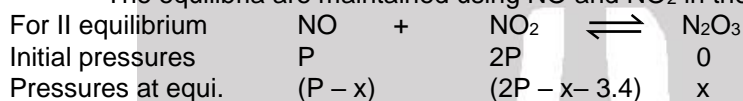
$$P_T = 2 \times (\sqrt{K_{P_1} + K_{P_2}}) = 79.33 \text{ mm.}$$

**M-2.** For I equilibrium  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$

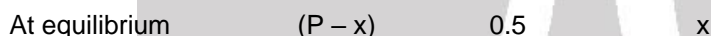
$$K_p = \frac{P_{N_2O_4}}{(P_{NO_2})^2} = 6.8 \quad \dots (1)$$

$$\therefore P_{N_2O_4} = 1.7 \text{ atm} \quad \therefore \text{By Eq. (1); } P_{NO_2} = 0.5 \text{ atm}$$

The equilibria are maintained using NO and NO<sub>2</sub> in the ratio 1 : 2



$\therefore$  3.4 atm of NO<sub>2</sub> are used for I equilibrium to have  $P_{N_2O_4} = 1.7 \text{ atm}$



( $\therefore P_{NO_2}$  is same for both the equilibria since both reactions are at equilibrium at a time.)

Total pressure at equilibrium (Given 5.05 atm)

$$= P_{NO} + P_{NO_2} + P_{N_2O_3} + P_{N_2O_4}$$

$$= P - x + 0.5 + x + 1.7$$

$$\therefore 5.05 = P + 2.20$$

$$\therefore P = 5.05 - 2.20$$

$$\therefore P = 2.85 \text{ atm}$$

$$\therefore 2P - x - 3.4 = 0.5$$

$$2 \times 2.85 - x - 3.4 = 0.5$$

$$\therefore x = 5.70 - 3.90$$

$$\therefore x = 1.80 \text{ atm}$$

$$\therefore P_{NO} = 2.85 - 1.80 = 1.05 \text{ atm}$$

Now  $K_p$  for  $NO + NO_2 \rightleftharpoons N_2O_3$

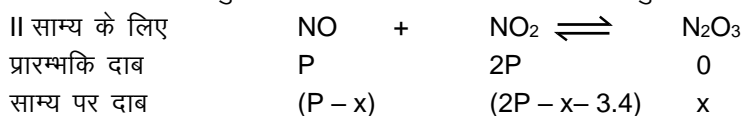
$$K_p = \frac{P_{N_2O_3}}{P_{NO} \times P_{NO_2}} = \frac{1.80}{1.05 \times 0.5} = 3.43 \text{ atm}^{-1}$$

**Sol.** I साम्य के लिए  $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$

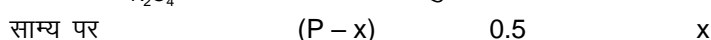
$$K_p = \frac{P_{N_2O_4}}{(P_{NO_2})^2} = 6.8 \quad \dots (1)$$

$$\therefore P_{N_2O_4} = 1.7 \text{ atm} \quad \therefore \text{By Eq. (1); } P_{NO_2} = 0.5 \text{ atm}$$

1 : 2 के अनुपात में NO तथा NO<sub>2</sub> लेने पर साम्य संतुलित रहता है।



$\therefore P_{N_2O_4} = 1.7 \text{ atm}$  प्राप्त करने हेतु I साम्य में NO<sub>2</sub> के 3.4 atm दाब का उपयोग होता है।



( $\therefore P_{NO_2}$  दोनों साम्य में समान है इसलिए दोनों अभिक्रियाएँ एक ही समान साम्य पर होगी)

साम्य पर कुल मोल (दिया हुआ है 5.05 atm)

$$= P_{NO} + P_{NO_2} + P_{N_2O_3} + P_{N_2O_4}$$

$$= P - x + 0.5 + x + 1.7$$



$$\begin{aligned} \therefore & 5.05 = P + 2.20 \\ \therefore & P = 5.05 - 2.20 \\ \therefore & P = 2.85 \text{ atm} \\ \therefore & 2P - x - 3.4 = 0.5 \\ & 2 \times 2.85 - x - 3.4 = 0.5 \\ \therefore & x = 5.70 - 3.90 \\ \therefore & x = \mathbf{1.80 \text{ atm}} \\ \therefore & P_{\text{NO}} = 2.85 - 1.80 = \mathbf{1.05 \text{ atm}} \end{aligned}$$

अब  $K_P$  के लिए  $\text{NO} + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_3$

$$K_P = \frac{P_{\text{N}_2\text{O}_3}}{P_{\text{NO}} \times P_{\text{NO}_2}} = \frac{1.80}{1.05 \times 0.5} = \mathbf{3.43 \text{ atm}^{-1}}$$

### PART - II (भाग - II)

**A-3.** Molar conc. =  $\frac{\text{no. of moles of O}_2}{\text{volume (in litre)}} = \frac{96}{32} \times \frac{1}{2} = 1.5 \text{ M}$

**हल.** मोलर सान्द्रता =  $\frac{\text{O}_2 \text{ के मोलों की संख्या}}{\text{आयतन (लीटर में)}} = \frac{96}{32} \times \frac{1}{2} = 1.5 \text{ M}$

**A-4.** At equilibrium rates of backward and forward reactions become equal.

**Sol.** साम्य पर अग्र और पश्च अभिक्रियाओं की दर बराबर हो जाती है।

**A-5.** These will be formed

$\text{N}_2$	$\text{NHD}_2$	}	= 8
$\text{H}_2$	$\text{NH}_2\text{D}$		
$\text{D}_2$	$\text{HD}$		
$\text{NH}_3$			
$\text{NO}_3$			

**हल.** यह निर्मित होंगे—

$\text{N}_2$	$\text{NHD}_2$	}	= 8
$\text{H}_2$	$\text{NH}_2\text{D}$		
$\text{D}_2$	$\text{HD}$		
$\text{NH}_3$			
$\text{NO}_3$			

**B-1.**  $\text{A} \xrightleftharpoons[K_2]{K_1} \text{B}$

$a - x$      $b + x$

$$K_c = \frac{K_1}{K_2} = \frac{b+x}{a-x}$$

$$x = \frac{K_1 a - K_2 b}{K_1 + K_2}$$

Therefore, (A) option is correct.

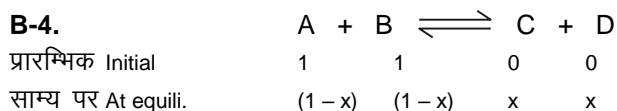
इसलिए, (A) विकल्प सही है।

**B-2.**  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$

$3n$	$n$	$0$	$0$	$t = 0$
$(3n-x)$	$(n-x)$	$x$	$x$	$t = \text{teq.}$
	$(n-x) = x$			
	$n = 2x$			
		$x = \frac{n}{2}$		

**B-3.**  $K_c = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{(0.4)^2}{0.1} = 1.6$





$$\therefore K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]} = 9$$

$$\therefore \frac{x \cdot x}{(1-x)^2} = 9$$

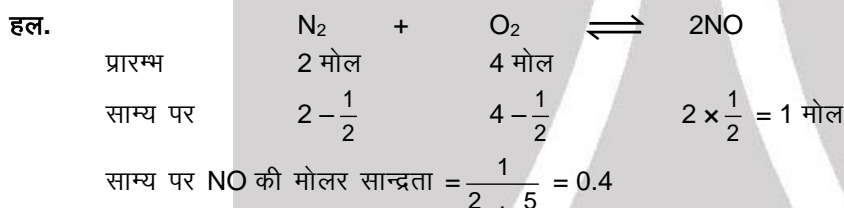
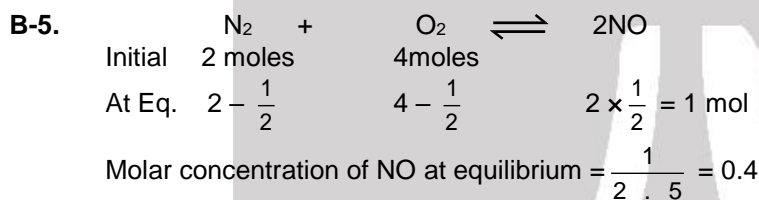
or या  $x^2 = 9 + 9x^2 - 18x$

or या  $8x^2 - 18x + 9 = 0$

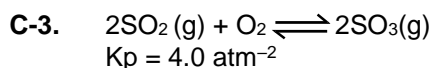
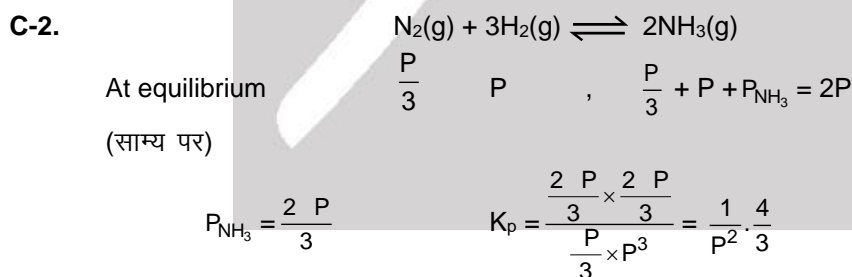
$$\therefore x = \frac{3}{2} \text{ or } \frac{3}{4}$$

Hence, among the given options, the option (C) i.e., 0.75 is correct.

अतः दिये गये विकल्पों में से विकल्प (C) अर्थात् 0.75 सही है।



**B-6.**  $K_c = \frac{\left(\frac{0.2}{2}\right)^2 \times \left(\frac{0.8}{2}\right)}{\left(\frac{1}{2}\right)} = \frac{0.2^2 \times 0.8}{1^2} \times \left(\frac{1}{2}\right)^1 = 0.04 \times 0.4 = 0.016$

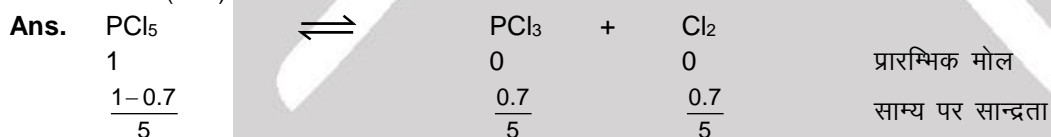
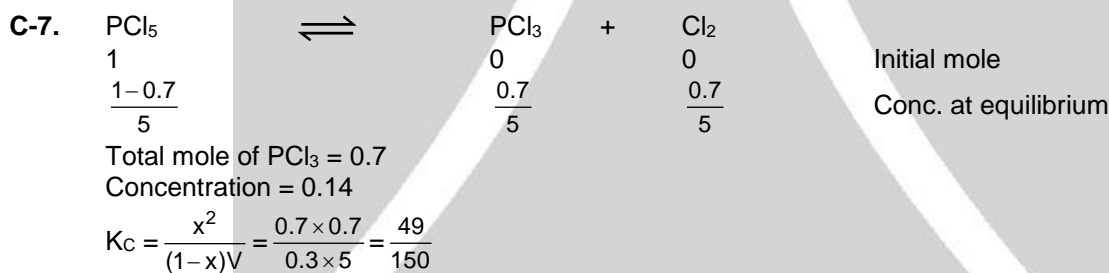
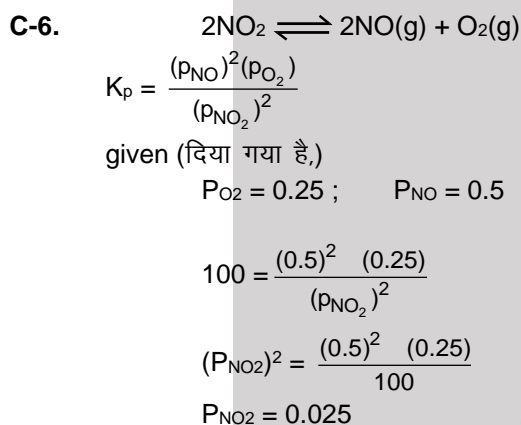
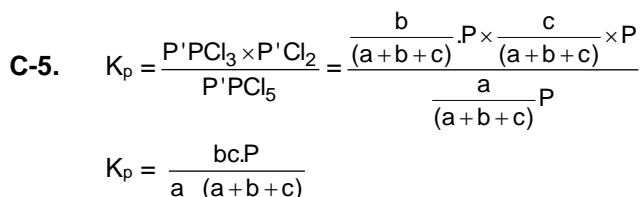
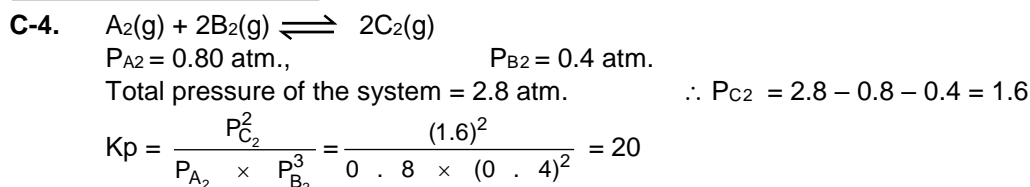


$$K_p = \frac{(SO_3)^3}{(SO_2)^2(O_2)}$$

Given that at equilibrium the amount of  $SO_2$  and  $SO_3$  is the same so दिया गया है, साम्य पर  $SO_2$  तथा  $SO_3$  की मात्रा समान है। अतः

$$\frac{(SO_3)^3}{(SO_2)^2(O_2)} = 4 \Rightarrow [O_2] = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ atm.}$$

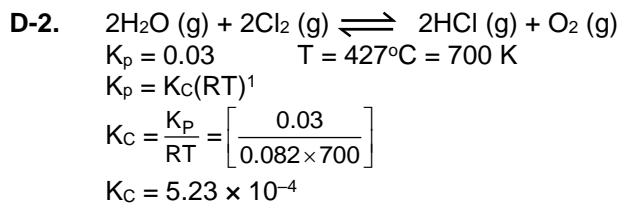




$PCl_3$  के कुल मोल = 0.7

सान्द्रता = 0.14

$$K_c = \frac{x^2}{(1-x)V} = \frac{0.7 \times 0.7}{0.3 \times 5} = \frac{49}{150}$$

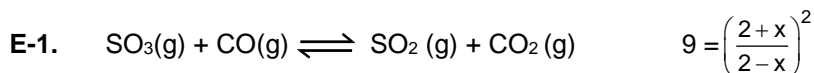




**D-3.** Using (उपयोग करते हुए)  $K_P = K_C (RT)^{\Delta n_g}$

so (इसलिए),  $\log \frac{K_P}{K_C} = \Delta n_g \log RT$

so (इसलिए),  $\Delta n_g = -1$ .



$\begin{matrix} 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2+x & 2+x & 2-x & 2-x \end{matrix}$

$x = 1$

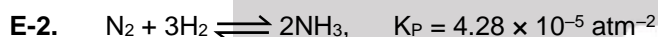
$n_{eq} = 3 + 3 + 1 + 1 = 8$

$n(SO_3) + n(CO_2) = 4$

$\frac{n(SO_2)}{n(CO)} = \frac{1}{2} < 1$

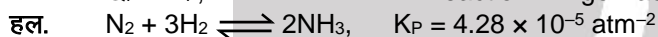
Therefore, (D) option is correct.

इसलिए, (D) विकल्प सही है।



Reaction Quotient,  $Q_P = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2}(P_{H_2})^3} = \frac{3^2}{1 \times (2)^3} = \frac{9}{8}$

$Q_P > K_P$ ,  $\therefore$  Reaction will go Backward.



अभिक्रिया गुणांक,  $Q_P = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2}(P_{H_2})^3} = \frac{3^2}{1 \times (2)^3} = \frac{9}{8}$

$Q_P > K_P$ ,  $\therefore$  अभिक्रिया पश्च दिशा में गति करेगी।

**E-3.** From given information,  $Q = \tan 75^\circ = \frac{\text{conc. of isobutane}}{\text{conc. of n-butane}} > K_C = \sqrt{3}$

so backward reaction

**Sol.** दी गई सूचना के आधार पर,  $Q = \tan 75^\circ = \frac{\text{आइसो ब्यूटेन की सान्द्रता}}{\text{n-ब्यूटेन की सान्द्रता}} > K_C = \sqrt{3}$

अतः अभिक्रिया पश्च दिशा में जायेगी।

**E-4.** When  $Q > K_C$ , the reaction will proceed in backward direction to attain equilibrium.

जब  $Q > K_C$ , अभिक्रिया साम्य प्राप्ति के लिए पश्च दिशा में होगी।

**E-5.**  $Q = \frac{[C]^3}{[A]^2[B]} = \frac{(3/3)^3}{(2/3)^2(1/3)} = 6.75$

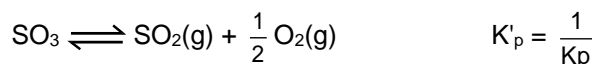
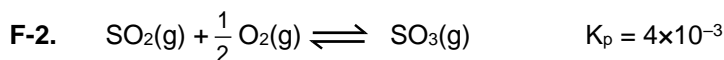
$Q < K_C$

The reaction will proceed in forward direction to attain equilibrium.

अभिक्रिया अग्र दिशा में होगी तथा साम्य स्थापित होगा।

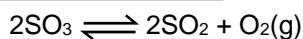
**E-6.**  $Q_C = \frac{[C][D]}{[A][B]}, < K_C$

$\therefore Q_C \uparrow$  with time (समय के साथ)



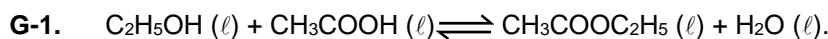
$K'_p = \left(\frac{1}{4 \times 10^{-3}}\right)$





$$K''_p = (K'_p)^2 = \left[ \frac{1}{4 \times 10^{-3}} \right]^2 = \left[ \frac{1000}{4} \right]^2 = 6250 = 625 \times 10^2 \quad \mathbf{6.25 \times 10^4 \text{ atm.}}$$

- F-3.** (i)  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$   
 (ii)  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + \text{NO}$   
 (iii)  $2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$   
 Now,  $-2(\text{ii}) = (\text{i}) + (\text{iii})$   
 so,  $K_{C_3} \times K_{C_1} = 1/K^2_{C_2}$



a	a	0	0
0.33a	a - 0.33a	0.33a	0.33a

$$K_C = \frac{(0.33a) \times (0.33a)}{(0.67a) \times (0.67a)} = K_C = 1/4.$$

- H-1.**  $K_C = [\text{CO}_2] = 0.05 \text{ mole/litre}$   
 so moles of  $\text{CO}_2 = 6.50 \times 0.05 \text{ moles} = 0.3250 \text{ moles}$   
 $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$   
 1 mole of  $\text{CO}_2 = 1 \text{ mole of CaCO}_3$   
 $0.3250 \text{ moles of CO}_2 = 0.3250 \text{ moles of CaCO}_3 = 0.3250 \times 100 \text{ g of CaCO}_3 = 32.5 \text{ gm of CaCO}_3$

- हल.**  $K_C = [\text{CO}_2] = 0.05 \text{ mole/litre}$   
 इसलिए  $\text{CO}_2$  के मोल =  $6.50 \times 0.05 \text{ moles} = 0.3250 \text{ moles}$   
 $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$   
 $\text{CO}_2$  का 1 mole =  $\text{CaCO}_3$  का 1 mole  
 $\text{CO}_2$  का 0.3250 moles =  $\text{CaCO}_3$  का 0.3250 moles =  $0.3250 \times \text{CaCO}_3$  का 100 gm =  $\text{CaCO}_3$  का 32.5 gm

- H-2.**  $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$   
 $P - P/2 \qquad P = \frac{3P}{2} = 12$   
 so (इसलिए)  $K_P = \frac{P^2}{(P/2)} = 2P = 2 \times 8 = 16 \text{ atm.}$

- H-3.** Gas product concentration increases while that of solid reactant is constant.  
 गैस उत्पाद की सान्द्रता बढ़ती है जबकि ठोस उत्पाद की सान्द्रता स्थिर रहती है।

- H-4.**  $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$   
 $\qquad \qquad \qquad P \qquad \qquad P$   
 $2P = 1.2$   
 $P = 0.6$   
 $K_p = P_2 = (0.6)^2 = 0.36 \text{ atm}^2$

- H-5.**  $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$   
 Since flask already contain  $\text{NH}_3(\text{g})$ , the equilibrium pressure of  $\text{NH}_3$  and  $\text{H}_2\text{S}$  will not be equal.  
 चूंकि फ्लास्क में  $\text{NH}_3(\text{g})$  पहले से ही उपस्थित है इसलिए  $\text{NH}_3$  तथा  $\text{H}_2\text{S}$  के साम्य दाब समान नहीं होंगे।

$$p_{\text{NH}_3} = 2 + p_{\text{H}_2\text{S}}$$

$$\Rightarrow K_P = (p_{\text{NH}_3}) \times (p_{\text{H}_2\text{S}}) = 3$$

$$\Rightarrow (p_{\text{H}_2\text{S}} + 2) (p_{\text{H}_2\text{S}}) = 3$$

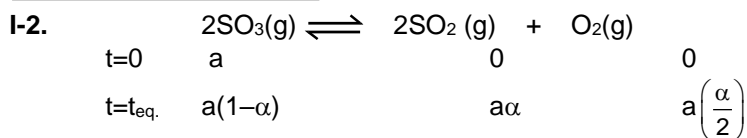
$$p_{\text{H}_2\text{S}}^2 + 2p_{\text{H}_2\text{S}} - 3 = 0$$

$$p_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{-2 \pm \sqrt{4+12}}{2} = \frac{-2 \pm 4}{2} \Rightarrow 1, -3$$

$$p_{\text{H}_2\text{S}} = 1 \text{ atm}$$

$$p_{\text{NH}_3} = 2 + 1 = 3 \text{ atm}$$





Total mole at eq. (साम्य पर कुल मोल) =  $a\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)$

$$P_{\text{SO}_3} = \left(\frac{1-\alpha}{1+(\alpha/2)}\right) P_0 = \left[\frac{2(1-\alpha)}{2+\alpha}\right] \times P_0 ; \quad P_{\text{SO}_2} = \left(\frac{\alpha}{1+(\alpha/2)}\right) P_0 = \left(\frac{2\alpha}{2+\alpha}\right) \times P_0$$

$$P_{\text{O}_2} = \left(\frac{\alpha/2}{1+(\alpha/2)}\right) P_0$$

$$K_P = \frac{\frac{4\alpha^2(P_0)^2}{(2+\alpha)^2} \times \left(\frac{\alpha}{2+\alpha}\right) \times P_0}{\left[\frac{4(1-\alpha)^2}{(2+\alpha)^2} \times (P_0)^2\right]} = \left[\frac{\alpha^3 P_0}{(2+\alpha)(1-\alpha)^2}\right]$$



$$1-\alpha \quad 2\alpha \quad M_{\text{mix}} = \frac{92}{1+\alpha}$$

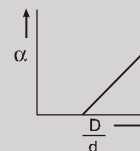
$$\frac{D}{d} = \frac{46}{46/(1+\alpha)} = (1+\alpha).$$

Therefore, (A) option is correct. अतः (A) विकल्प सही है।

I-4.  $\alpha = \left[\frac{D-d}{d}\right] ; \quad \alpha = \left[\frac{D}{d} - 1\right] ; \quad \left(\frac{D}{d}\right) = \alpha + 1.$

$$\alpha = \frac{D-d}{(n-1)d} ; \quad \alpha = \frac{D-d}{d} ; \quad \alpha = \left(\frac{D}{d}\right) - 1.$$

The point at which  $\alpha = 0$ . (वह बिन्दु जिस पर  $\alpha = 0$  है।)



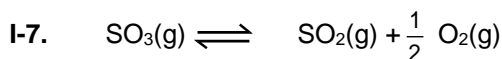
$$\left[\frac{D}{d} - 1\right] = 0 ; \quad \text{So (अतः), } \left(\frac{D}{d}\right) = 1.$$

I-5.  $(VD)_{\text{mix}} = \frac{M_{\text{mix}}}{2} = \frac{M}{2(1+\alpha)}$

so, as  $\alpha$  increases  $(VD)_{\text{mix}}$  decreases. (जैसे-जैसे  $\alpha$  बढ़ेगा  $(VD)_{\text{mix}}$  घटेगी।)

I-6.  $K_P = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} P \approx \alpha^2 P.$

so (इसलिए),  $\alpha \approx \sqrt{\frac{K_P}{P}}.$



$$M_{\text{mix}} = \frac{0.9 \times 0.082 \times 1000}{1.23} = 60$$

$$1-\alpha \quad \alpha \quad \frac{\alpha}{2}$$

$$M_{\text{mix}} = \frac{\alpha \cdot M_{\text{SO}_2} + \frac{\alpha}{2} \cdot M_{\text{O}_2} + (1-\alpha)M_{\text{SO}_3}}{1 + \frac{\alpha}{2}}$$

$$1 + \frac{\alpha}{2} = \frac{80}{60} \quad \frac{\alpha}{2} = \frac{20}{60}$$

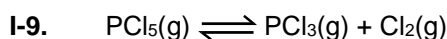
$$\alpha = \frac{2}{3}$$





$$\text{I-8. } \alpha = \frac{D-d}{(n-1)d}$$

$$n = \frac{1}{2}$$



$$\begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 1-0.5 & 0.5 & 0.5 \end{array}$$

At equilibrium total mole साम्य पर कुल मोल =  $1 - 0.5 + 0.5 + 0.5 = 1.5$

$$m_{\text{mix}} = m_0 = \frac{M_{\text{Initial}}}{1+(n-1)\alpha}$$

$$m_0 = \frac{208.5}{1+(2-1)\times 0.5} = \frac{208.5}{1+0.5} = \frac{208.5}{1.5} = 139 \text{ g}$$

$$\text{Density} = \frac{\text{Weight}}{V} = \frac{Pm_0}{RT} = \frac{2 \times 139}{0.0821 \times 800} = 4.232 \text{ g/L}$$

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{भार}}{V} = \frac{Pm_0}{RT} = \frac{2 \times 139}{0.0821 \times 800} = 4.232 \text{ g/L}$$

$$\text{I-10. } d_0 = \frac{D}{1+(n-1)\alpha} \quad n = 1 + \frac{1}{2} = 1.5$$

$$35 = \frac{40}{1+0.5\alpha}$$

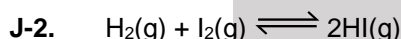
$$1 + 0.5\alpha = \frac{40}{35}$$

$$0.5\alpha = 1.14 - 1$$

$$0.5\alpha = 0.14$$

$$\alpha = 0.28$$

**J-1.** From thermodynamics. (ऊष्मागतिकी से)



$$\log \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H}{2.303R} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]; \quad \log \frac{50}{66.9} = \frac{\Delta H}{2.303R} \left[ \frac{1}{623} - \frac{1}{721} \right]$$

After calculation negative value of  $\Delta H$  is obtained. (गणना से  $\Delta H$  का ऋणात्मक मान प्राप्त होता है।)

**J-3.**  $T \uparrow K_c \uparrow \Rightarrow$  Endothermic ऊष्माशोषी

$$\text{J-7. } \log K_2 / \log K_1 = \frac{-\Delta H}{2.303} \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$\Delta H =$  Positive धनात्मक

**K-1.** On adding any reactant equilibrium shifts in forward direction, so amount of product increases.  
साम्य अवस्था पर किसी अभिकारक को मिलाने पर साम्य अग्र दिशा में जाता है, इसलिए उत्पाद की मात्रा बढ़ती है।

**K-2.** On adding inert gas at constant pressure effect on equilibrium will be similar to as if volume of container has been increased.

**हल.** नियत दाब पर अक्रिय गैस मिलाने पर साम्य उसी दिशा में विस्थापित होता है जैसा कि पात्र के आयतन को बढ़ाने पर होता है।

**K-3.** Addition of inert gas at constant volume has no effect on equilibrium concentrations.

**Sol.** नियत आयतन पर पात्र में अक्रिय गैस मिलाने से साम्य अवस्था पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

**K-4.** High temperature will favour backward reaction as reaction is exothermic. While on increasing pressure reaction will shift in direction higher density.







**Sol.** उच्च तापमान पर अभिक्रिया में सहायक होगा क्योंकि अभिक्रिया उष्माक्षेपी है तथा दाब बढ़ाने पर अभिक्रिया उच्च घनत्व वाली दिशा में अग्रसित होगी।

**K-5.** For constant volume, reaction quotient (Q) will remain constant.  
For constant pressure, reaction quotient (Q) will remain constant when  $\Delta n_g = 0$ .

**Sol.** समान आयतन पर, अभिक्रिया गुणांक (Q) नियत रहेगा है।  
समान दाब पर, अभिक्रिया गुणांक (Q) नियत रहेगा है जब  $\Delta n_g = 0$ .

**K-6.** For any physical equilibrium on increasing pressure equilibrium shifts in the direction of higher density.  
**Sol.** किसी भी भौतिक साम्य पर दाब बढ़ाने से साम्य ज्यादा घनत्व वाली दिशा में अग्रसर होता है।

**K-7.**  $2A(s) + 3B(g) \rightleftharpoons 3C(g) + D(g) + O_2$   
If pressure on system is reduced to half its original value then equilibrium will shift in forward direction to increase no. of moles of gas to compensate reduction of pressure.

∴ Amounts of C & D will increase.

**हल.**  $2A(s) + 3B(g) \rightleftharpoons 3C(g) + D(g) + O_2$   
यदि तंत्र के दाब को वास्तविक मान का आधा कर दिया जाये तो साम्य अवस्था अग्र दिशा में गति करेगी। क्योंकि मोलों की संख्या अधिक है।  
∴ C तथा D की मात्रा बढ़ती है।

**L-1.**  $\frac{19.355 \text{ mmHg}}{55.3} \times 100$

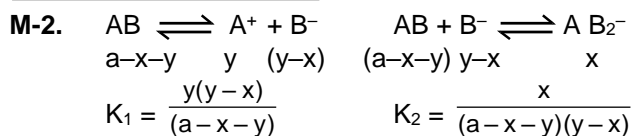
**L-2.**  $K_{P_1} = 4 \times 10^{-4} = (P_{H_2O})^2$   
 $P_{H_2O} = 2 \times 10^{-2}$   
 $K_{P_2} = 243 \times 10^{-10} = (P_{H_2O})^5$   
 $P_{H_2O} = 3 \times 10^{-2}$   
 $K_{P_3} = 6.4 \times 10^{-5} = (P_{H_2O})^3$   
 $P_{H_2O} = 4 \times 10^{-2}$   
Order of V.P.  $c > b > a$   
(V.P. का क्रम  $c > b > a$ )  
and same as for RH  $c > b > a$   
(RH के लिए समान  $c > b > a$ )

**L-3.**  $K_P = (P_{H_2O})^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ atm}$   
 $P_{H_2O} = 2 \times 10^{-2} \text{ atm} = 2 \times 10^{-2} \times 760 \text{ torr} = 15.2 \text{ torr}$   
% relative humidity =  $\frac{\text{Parital pressure}}{\text{Vapour pressure}} \times 100 = \frac{15.2}{22.4} \times 100 = 67.85\%$   
% आपेक्षिक आर्द्रता =  $\frac{\text{आंशिक दाब}}{\text{वाष्प दाब}} \times 100 = \frac{15.2}{22.4} \times 100 = 67.85\%$

**M-1.**  $AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$        $AB + B^- \rightleftharpoons AB_2^-$   
 $K_1 = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$        $K_2 = \frac{[AB_2^-]}{[AB][B^-]}$   
 $K_1/K_2 = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} \cdot \frac{[AB][B^-]}{[AB_2^-]} = \frac{[A^+]}{[AB_2^-]} \cdot [B^-]^2$        $\Rightarrow \frac{[A^+]}{[AB_2^-]} = \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{1}{[B^-]^2}$

Therefore, (D) option is correct. (इसलिए, (D) विकल्प सही है।)





$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{y(y-x)}{(a-x-y)}}{\frac{x}{(a-x-y)(y-x)}} \Rightarrow \frac{K_1}{K_2} = \frac{y}{x} (y-x)^2$$

**M-3.**  $Cl_2$  (g) will get consumed and  $PCl_5$  will furnish  $Cl_2$  in the first reaction.

**Sol.**  $Cl_2$  (g) की खर्च होगी तथा  $PCl_5$  प्रथम अभिक्रिया में  $Cl_2$  का उत्पादन करेगा।

### PART – III (भाग - III)

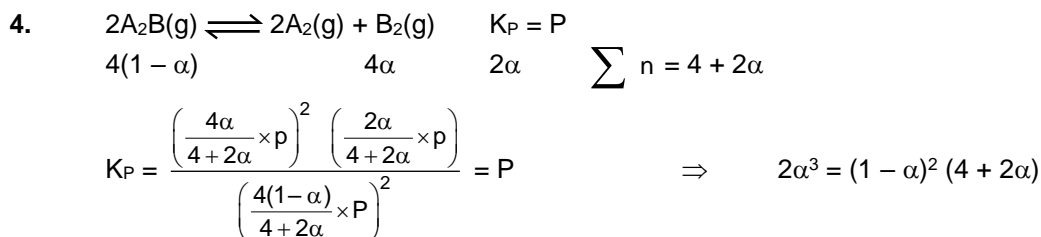
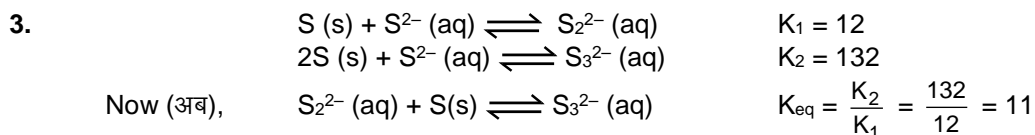
- (A)  $\Delta n_g = 2 - 4 = -2$       and (तथा)       $K_P = K_C (RT)^{\Delta n_g}$   
 (B)  $\Delta n_g = 2 - 1 = 1$       and (तथा)       $K_P = K_C (RT)^{\Delta n_g}$   
 (C)  $\Delta n_g = 2 - 1 = 1$       and (तथा)       $K_P = K_C (RT)^{\Delta n_g}$   
 (D)  $K_P$  is not defined. ( $K_P$  परिभाषित नहीं किया जा सकता।)
  - (A)  $\Delta n_g$  is +ve so as P is increased, backward shifting will take place. Total pressure even after shifting will remain same.  
 (B)  $\Delta n_g$  is -ve so as V is increased, backward shifting will take place. But  $P_{final} < P_{initial}$ .  
 (C) No change but  $P_{final} < P_{initial}$  as volume has increased.  
 (D) Forward shifting will take place and  $P_{final} < P_{initial}$ .
- Sol.** (A)  $\Delta n_g$  धनात्मक है इसलिए P बढ़ाने पर अभिक्रिया पश्च दिशा में अग्रसित होगी। लेकिन  $P_{final} = P_{initial}$ .  
 (B)  $\Delta n_g$  ऋणात्मक है इसलिए V बढ़ाने पर अभिक्रिया पश्च दिशा में अग्रसित होगी। लेकिन  $P_{final} < P_{initial}$ .  
 (C) कोई परिवर्तन नहीं होगा लेकिन  $P_{final} < P_{initial}$  क्योंकि आयतन बढ़ गया है।  
 (D) अग्र दिशा में अग्रसित होगी तथा  $P_{final} < P_{initial}$ .

## EXERCISE # 2

### PART – I (भाग - I)

- $A + D \rightleftharpoons AD$  ;  $K_1$   
 $AD + D \rightleftharpoons AD_2$  ;  $K_2$   
 $AD_2 + D \rightleftharpoons AD_3$  ;  $K_3$   
 $A + 3D \rightleftharpoons AD_3$  ;  $K$   
 As we know that  $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$   
 Or,  $\log K = \log K_1 + \log K_2 + \log K_3$
  - $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$        $K_p = 4 \times 10^{14}$        $p_{O_2} \gg p_{O_3}$   
 $K_p = \frac{p_{O_2}^3}{p_{O_3}^2}$        $p_{O_2} + p_{O_3} = 8$        $\Rightarrow p_{O_2} \approx 8 \text{ atm.}$   
 $4 \times 10^{14} = \frac{8^3}{p_{O_3}^2}$        $p_{O_3}^2 = 11.3 \times 10^{-7}$       Therefore, (B) option is correct.
- हल.**  $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$        $K_p = 4 \times 10^{14}$        $p_{O_2} \gg p_{O_3}$   
 $K_p = \frac{p_{O_2}^3}{p_{O_3}^2}$        $p_{O_2} + p_{O_3} = 8$        $\Rightarrow p_{O_2} \approx 8 \text{ atm.}$   
 $4 \times 10^{14} = \frac{8^3}{p_{O_3}^2}$        $p_{O_3}^2 = 11.3 \times 10^{-7}$       इसलिए, (B) विकल्प सही है।

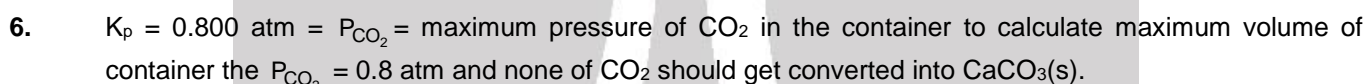




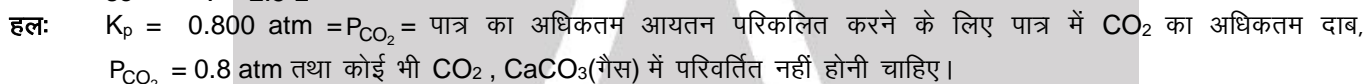
$$2\alpha^3 = (1 + \alpha^2 - 2\alpha)(4 + 2\alpha)$$

$$2\alpha^3 = 4 + 2\alpha + 4\alpha^2 + 2\alpha^3 - 8\alpha - 4\alpha^2$$

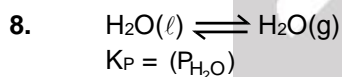
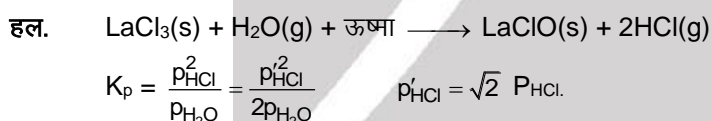
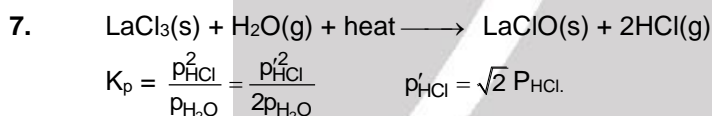
$$\alpha = \frac{2}{3}$$



so  $V(0.800 \text{ atm}) = (10 \text{ L})(0.2 \text{ atm})$   
 so  $V = 2.5 \text{ L}$



इसलिए  $V(0.800 \text{ atm}) = (10 \text{ L})(0.2 \text{ atm})$   
 इसलिए  $V = 2.5 \text{ L}$



When neon is added at constant pressure, we have to increase volume of the container. So more water will evaporate to maintain equilibrium.

(नियत दाब पर निऑन मिलाने पर पात्र के आयतन में वृद्धि आवश्यक है, इसलिए साम्य स्थापित करने के लिए और अधिक जल को वाष्पीकृत होना ही चाहिये।)

9.  $\log \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H^\circ}{2.303R} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$

$$\log \frac{K_2}{0.0118} = \frac{597.4 \times 10^3}{2.303 \times 8.314} \left[ \frac{1}{1300} - \frac{1}{1200} \right]$$

$$\log K_2 = -2 + \log(0.0118) = -3.928 \Rightarrow K_2 = 1.18 \times 10^{-4}$$

Therefore, (A) option is correct. (इसलिए, (A) विकल्प सही है।)





10. (A) False –  $P_{H_2O}$  remains same but pressure in container =  $P_{H_2O} + P_{inert}$ .  
 (B) True – Equilibrium will have  $P_{H_2O} =$  vapour pressure.  
 (C) False – Temperature of system will change but relative humidity remains same.  
 (D) False –  $P_{H_2O(g)}$  doesnot remain same on changing temperature.

- Sol. (A) असत्य –  $P_{H_2O}$  समान रहता है किन्तु पात्र का दाब =  $P_{H_2O} + P_{inert}$   
 (B) सत्य – साम्य पर है  $P_{H_2O} =$  वाष्प दाब  
 (C) असत्य – निकाय का ताप परिवर्तित होगा किन्तु आपेक्षिक आद्रता अपरिवर्तित होगी।  
 (D) असत्य – ताप परिवर्तन पर  $P_{H_2O(g)}$  समान नहीं रहता है।

11. On increasing temperature though reaction equilibrium shifts in the backward direction but for rate of reaction to be higher, higher temperature is required and particle  $500^\circ C$  is found to be optimum temperautre.

- Sol. तापमान बढ़ाने पर भले ही अभिक्रिया का साम्य पश्च दिशा में अग्रसित होता है परन्तु अभिक्रिया की गति बढ़ाने के लिए उच्च तापमान आवश्यक है। वास्तविकता में  $500^\circ C$  तापमान सबसे अनुकूल पाया गया है।

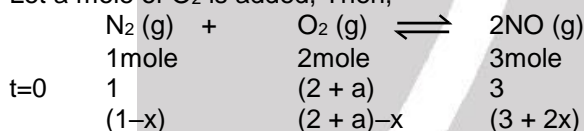
13. Since inert gas addition has no effect at const. volume.

- हल. चूंकि अक्रिय गैस को मिलाने पर नियत आयतन पर कोई प्रभाव नहीं होता है।



$$K_C = \frac{(3)^2}{1 \times 2} = \left(\frac{9}{2}\right)$$

Let a mole of  $O_2$  is added, Then,



$$[NO] = \left[ \frac{3+2x}{100} \right] = 0.04 \quad ; \quad (3+2x) = 4.$$

$$2x = 1, \quad x = 0.5.$$

$$K_C = \frac{(3+2x)^2}{(1-x)(2+a-x)} = \frac{9}{2}$$

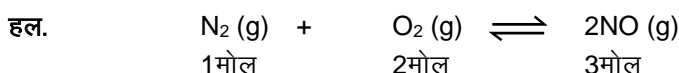
$$K_C = \frac{(4)^2}{0.5[(1.5)-a]} = \frac{9}{2}$$

$$= \frac{16}{0.5(1.5+a)} = \frac{9}{2}$$

$$= \frac{35}{4.5} = [1.5 + a]$$

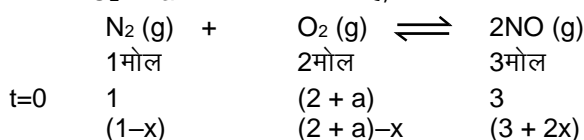
$$7.11 = 1.5 + a$$

$$a = \frac{101}{18} = 5.61$$



$$K_C = \frac{(3)^2}{1 \times 2} = \left(\frac{9}{2}\right)$$

मानाकि  $O_2$  के  $a$  मोल मिलाये जाते हैं, तो





$$[\text{NO}] = \left[ \frac{3+2x}{100} \right] = 0.04 \quad ; \quad (3+2x) = 4.$$

$$K_C = \frac{(3+2x)^2}{(1-x)(2+a-x)} = \frac{9}{2}$$

$$K_C = \frac{(4)^2}{0.5[(1.5)-a]} = \frac{9}{2}$$

$$= \frac{16}{0.5(1.5+a)} = \frac{9}{2}$$

$$= \frac{35}{4.5} = [1.5 + a]$$

$$7.11 = 1.5 + a$$

$$a = \frac{101}{18} = 5.61$$

15. Equilibrium partial pressure of  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = (24 \times 10^{-18}) = 2 \times 10^{-3} \text{ atm} = 1.52 \text{ torr}$   
 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  का साम्य आंशिक दाब  $= (24 \times 10^{-18}) = 2 \times 10^{-3} \text{ atm} = 1.52 \text{ torr}$

16.  $\text{A}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$   $\text{X}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g}) + \text{E}(\text{g})$
- |  |        |   |       |   |         |   |         |   |
|--|--------|---|-------|---|---------|---|---------|---|
|  | t = 0  | - | 0     | 0 | t = 0   | - | 0       | 0 |
|  | at eq. | - | x + y | x | t = eq. | - | (x + y) | y |

$$K_{P_1} = P_B \cdot P_C$$

$$40 = (x + y)(x)$$

$$40 = 10x$$

$$x = 4 \text{ atm}$$

$$y = 6 \text{ atm}$$

$$\therefore K_{P_2} = P_B \cdot P_E$$

$$= (10)(6)$$

$$K_P = 60 \text{ atm}$$

$$\Delta G_2 = -RT \ln K_2$$

$$= -(2)(300)(2.303) \log 60$$

$$= -(2)(300)(2.303)(1.78)$$

$$= 2488 \text{ cal/mol}$$

### PART - II (भाग - II)

1. Homogenous reactions are those in which reactants and products are present in same phase.  
 संमागी अभिक्रियाओं में अभिकारक तथा उत्पाद समान प्रावस्था में उपस्थित होते हैं।

2.  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$
- |  |                     |        |       |   |   |
|--|---------------------|--------|-------|---|---|
|  | t = 0               | 2a     | a     | 0 | 0 |
|  | t = t <sub>eq</sub> | 2a - x | a - x | x | x |
- $$a - x = x \Rightarrow x = \frac{a}{2}$$

$$\Rightarrow K_C = \frac{\frac{a}{2} \times \frac{a}{2}}{\left(2a - \frac{a}{2}\right) \times \frac{a}{2}} = \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{K_C} = 3 \quad \text{Ans. 3}$$

3.  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$

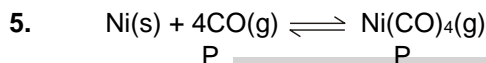
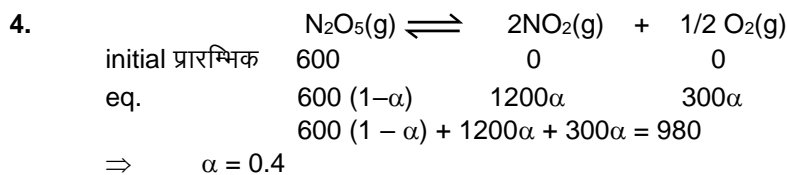
$$K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \quad \text{if } [\text{H}_2] = [\text{I}_2]$$





$$K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2]^2} \quad [HI]^2 = K_c \times [I_2]^2$$

$$\text{or } \frac{[HI]^2}{[I_2]^2} = K_c \quad \text{or } \frac{[HI]}{[I_2]} = \sqrt{K_c} = \sqrt{49} = 7$$



For backward reaction (पश्च अभिक्रिया के लिए)

$$Q_p \geq K_p$$

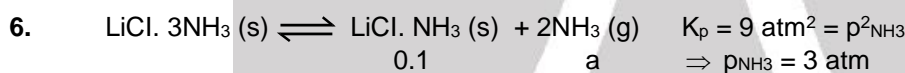
$$\frac{P}{P^4} \geq K_p$$

$$\therefore \frac{1}{P^3} \geq 0.125 \text{ atm}^{-3}$$

$$P^3 \leq 8 \text{ atm}^3$$

$$P \leq 2 \text{ atm}$$

$$P_{\text{Total}} = 2 P_T = 4 \text{ atm.}$$



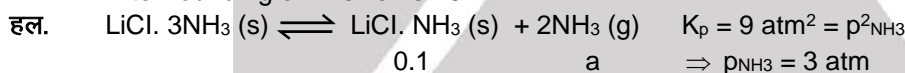
$$\text{no. of moles of } NH_3 \text{ at equilibrium} = \frac{3 \times 5}{0.082 \times 313} = 0.5844$$

For 0.1 mol of  $LiCl \cdot NH_3$  to convert 0.2 mol of  $NH_3$  must be needed.

Total number of mol of  $NH_3$  req. = 0.7844

Answer : 0.7844  $\times$  100 = 78.44

After rounding of Answer is 78.



$$\text{साम्य पर } NH_3 \text{ की मोल संख्या} = \frac{3 \times 5}{0.082 \times 313} = 0.5844$$

0.2 मोल  $NH_3$  प्राप्त करने के लिए 0.1 मोल  $LiCl \cdot NH_3$  की आवश्यकता होगी।

आवश्यक  $NH_3$  की कुल मोल संख्या = 0.7844.

उत्तर : 0.7844  $\times$  100 = 78.44

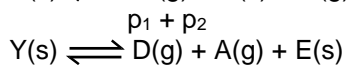
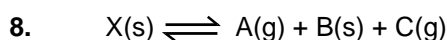
After rounding of Answer is 78.

निकटतम पूर्णांक में परिवर्तन के पश्चात् उत्तर 78 है।

7. (a) decrease (b) increase (c) decrease (d) increase (e) increase (f) no change (g) increase (h) increase (i) no change (j) no change

(a) घटता है। (b) बढ़ता है। (c) घटता है। (d) बढ़ता है। (e) बढ़ता है।

(f) कोई परिवर्तन नहीं (g) बढ़ता है। (h) बढ़ता है। (i) कोई परिवर्तन नहीं (j) कोई परिवर्तन नहीं



$$(p_1 + p_2)p_1 = 500 \quad \dots(i)$$

$$(p_1 + p_2)p_2 = 2000 \quad \dots(ii)$$





eq.  $\frac{(i)}{(ii)}$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{4} \Rightarrow p_2 = 4p_1$$

$$p_T = (p_1 + p_2) + p_1 + p_2 = 10 + 40 + 10 + 40 = 100 \text{ atm}$$

$$\frac{p_T}{25} = \frac{100}{25} = 4 \text{ atm}$$

9.  $\alpha = \frac{D-d}{(n-1)d}$   
 $\alpha = \frac{\frac{92}{2} - 40}{(2-1) \cdot 40} = 0.15$

10.  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$   
 $922 = (1 + \alpha) \times 61.33$   
 $1 + \alpha = \frac{92}{61.33}$   
 $\alpha = 0.5$

11.  $NH_2COONH_4(s) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + CO_2(g)$

$2P_o$	$P_o$	$K_p = (2P_o)^2 \times P_o = 4P_o^3$
$3P_o$	$P'$	

$$P' = \frac{4}{9} P_o$$

$$\frac{P^f}{P^i} = \frac{3P_o + \frac{4}{9}P_o}{3P_o} = \frac{31}{27}$$

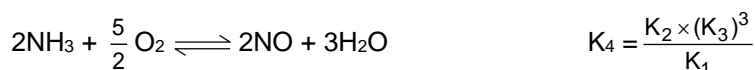
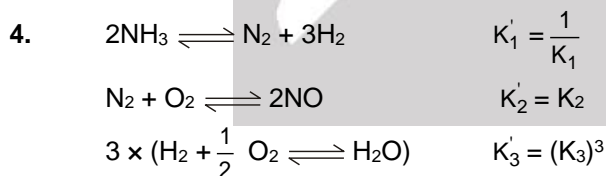
### PART – III (भाग - III)

2. Equilibrium const. is temp. dependent only.

**हल.** साम्य स्थिरांक केवल ताप पर निर्भर करता है।

3. At equilibrium all properties solution (i.e. chemical composition of eq. mixture) becomes constant.

साम्य पर विलयन के सभी गुण (अर्थात् साम्य मिश्रण का रासायनिक संगठन) नियत हो जाते हैं।



5.  $\log \frac{k_c}{k_p} = \log \frac{1}{(RT)^{\Delta n}}$   
 $\Rightarrow k_p = k_c (RT)^{\Delta n} \Rightarrow \Delta n = 1$

6. For  $K_P = K_C$





7. (A)  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$   $K_c = 4$   
at point — A

$$Q = \frac{[\text{Product}]}{[\text{Reactant}]} = 0$$

So, Q have minimum value at point A.

- (B) at point  $[N_2O_4] = [NO_2] = 0.1$  M

$$Q = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{0.1 \times 0.1}{0.1} = 0.1$$

$$Q < K_c$$

So, reaction proceeds left to right

- (C)  $K_c = Q$  at point [D & F].

- हल. (A)  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$   $K_c = 4$

बिन्दु — A पर

$$Q = \frac{[\text{उत्पाद}]}{[\text{अभिकर्मक}]} = 0$$

अतः, बिन्दु A पर Q का न्यूनतम मान प्राप्त होगा।

- (B) इस बिन्दु पर  $[N_2O_4] = [NO_2] = 0.1$  M

$$Q = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{0.1 \times 0.1}{0.1} = 0.1$$

$$Q < K_c$$

अतः अभिक्रिया बाँयी से दायी ओर अग्रसर हो जायेगी।

- (C)  $K_c = Q$  [D तथा F] बिन्दु पर।

8. 
$$\frac{A}{\frac{1-x}{5}} + \frac{B}{\frac{1-x}{5}} \rightleftharpoons \frac{C}{\frac{x}{5}} + \frac{D}{\frac{x}{5}} \quad t = eq$$

$K_c$  to question

$$K_F = 9 K_b$$

$$K_c = \frac{K_F}{K_b} = \frac{9}{1}$$

$$K_c = \frac{(K/5)^2}{\left(\frac{1-x}{5}\right)^2} = \frac{9}{1}$$

$$\frac{x}{1-x} = 3$$

$$x = 3 - 3x$$

$$4x = 3$$

$$x = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$[A] = \frac{0.25}{5 \times 100} = 5 \times 10^{-2} \text{ mole L}^{-1} [B] = [A]$$

$$C = \frac{0.75}{500} = 15 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

9. For given reaction  $\Delta n_g = 0$   
दि गयी अभिक्रिया के लिए  $\Delta n_g = 0$

10. For given reactions  $\Delta n_g = +ve$ ,  $\Delta H = -ve$ , high temperature & low pressure favours forward reaction which increases number of moles.

- हल. दी गयी अभिक्रिया के लिए  $\Delta n_g = +ve$ ,  $\Delta H = -ve$  है। उच्च ताप तथा निम्न दाब अग्र अभिक्रिया के लिए अनुकूल स्थिति है जो मोलों की संख्या बढ़ाते है।

11.  $10^{-10} \text{ atm} = P_{H_2O}^5 \Rightarrow P_{H_2O} = 10^{-2} \text{ atm.}$   $n = \frac{PV}{RT} = \frac{10^{-2} \times 2.5}{\frac{1}{12} \times 300} = 10^{-3}$







12. (A)  $K_P = (P_{H_2O})^2$   
 $= 0.4 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-4} \text{ atm}^2$   
 $(P_{H_2O})_{\text{equi}} = 2 \times 10^{-2} \text{ atm}$   
 $= 2 \times 10^{-2} \text{ atm}$   
 $= 2 \times 10^{-2} \times 760 = 15.2 \text{ torr}$
- (B) Relative humidity  $= \frac{15.2}{15.2} \times 100 = 100\%$  (If V.P. = 15.2 torr)
- (C) When  $P_{H_2O} > (P_{H_2O})_{\text{equi}}$  backward shift so at 24 torr pressure reaction shift backward.
- (D) In dry atmosphere and open container reaction shift completely in forward.

- हल. (A)  $K_P = (P_{H_2O})^2 = 0.4 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-4} \text{ atm}^2$   
 $(P_{H_2O})_{\text{equi}} = 2 \times 10^{-2} \text{ atm}$   
 $= 2 \times 10^{-2} \text{ atm}$   
 $= 2 \times 10^{-2} \times 760 = 15.2 \text{ torr}$
- (B) आपेक्षिक आर्द्रता  $= \frac{15.2}{15.2} \times 100 = 100\%$  (यदि वाष्प दाब = 15.2 torr)
- (C) जब  $P_{H_2O} > (P_{H_2O})_{\text{equi}}$  पश्च दिशा में अग्रसित है इसलिए 24 टोर दाब पर अभिक्रिया पश्च दिशा में होगी।
- (D) शुष्क वायुमण्डल तथा खुले पात्र में अभिक्रिया पूर्ण रूप से अग्र दिशा में होगी।

13.  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$
- (A) For changing pressure volume has to be changed, though number of moles of HI(g) do not get changed but its concentration will get changed.
- (B) Temperature change will change  $K_P$  and hence concentration.
- (C) Volume change will change concentration, not the number of moles.
- (D) Same equilibrium will be attained from either direction.
- (E) Catalyst does not change equilibrium concentrations.

- Sol.  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$
- (A) दाब बदलने के लिए आयतन बदलना पड़ेगा और आयतन बदलने पर HI(g) की सान्द्रता बदल जायेगी भले ही इसके मोलों की संख्या नहीं बदलेगी।
- (B) तापमान बदलने पर  $K_P$  बदल जायेगा इसलिए HI(g) की सान्द्रता भी बदल जायेगी।
- (C) आयतन बदलने पर HI(g) की सान्द्रता बदल जायेगी भले ही इसके मोलों की संख्या नहीं बदलेगी।
- (D) किसी भी दिशा से वही साम्य अवस्था स्थापित होगी।
- (E) उत्प्रेरक साम्य सान्द्रतायें नहीं बदल सकता।

14. According to  $K_P = \frac{P_{PCl_3}(g) \times P_{Cl_2}(g)}{P_{PCl_5}(g)} = \frac{(n_{PCl_3}(g))_{\text{eq}} \times (n_{Cl_2}(g))_{\text{eq}}}{V \times (n_{PCl_5}(g))_{\text{eq}}}$
- and on adding inert gas at constant pressure effect on equilibrium will be similar to as if volume of container has been increased.

- Sol.  $K_P$  के अनुसार  $= \frac{P_{PCl_3}(g) \times P_{Cl_2}(g)}{P_{PCl_5}(g)} = \frac{(n_{PCl_3}(g))_{\text{eq}} \times (n_{Cl_2}(g))_{\text{eq}}}{V \times (n_{PCl_5}(g))_{\text{eq}}}$
- नियत दाब पर अक्रिय गैस मिलाने पर साम्य उसी दिशा में विस्थापित होता है जैसा कि पात्र के आयतन को बढ़ाने पर होता है।

16. (A) As reaction is endothermic therefore it will go in the forward direction hence moles of CaO will increase.
- (B) With the increase or decrease of volume partial pressure of the gases will remain same.
- (C) Due to the addition of inert gas at constant pressure reaction will proceed in the direction in which more number of gaseous moles are formed.

- Sol. (A) जैसा कि अभिक्रिया ऊष्माशोषी है जिससे यह अग्र दिशा में होगी इसलिए CaO के मोलों में वृद्धि होगी।
- (B) आयतन के घटने या बढ़ने के साथ गैस का आंशिक दाब समान रहता है।
- (C) अभिक्रिया में नियत दाब पर अक्रिय गैस मिलाने के कारण अभिक्रिया उस दिशा में होती है जहां गैस के मोलों की संख्या ज्यादा होती है।





17. (A) Backward shifting will take place. (B) Forward shifting will take place.  
 (C) Backward shifting will take place. (D) Forward shifting will take place.  
 Sol. (A) पश्च दिशा में अग्रसित होगा। (B) अग्र दिशा में अग्रसित होगा।  
 (C) पश्च दिशा में अग्रसित होगा। (D) अग्र दिशा में अग्रसित होगा।

### PART – IV (भाग - IV)

1. Solubility of gas is favourable at high pressure and this process is exothermic hence solubility will be more at low temperature.  
 Sol. उच्च दाब पर गैस की विलेयता बढ़ती है, और यह प्रक्रिया ऊष्माक्षेपी है। इसलिए कम ताप पर इसकी विलेयता अधिक होगी।
2. Since density of gold decreases after melting therefore it is favourable at low pressure and high temperature.  
 Sol. पिघलने के बाद सोने का घनत्व कम होगा इसलिए कम दाब तथा अधिक ताप इसके लिए अनुकूल होगा।
- 3.\* Number of moles will remain unchanged but due to decreased volume pressure will get increased and also the concentrations.  
 Sol. मोलों की संख्या समान रहेगी परन्तु आयतन में कमी के कारण कुल दाब बढ़ जायेगा एवं सान्द्रतायें भी बढ़ जायेंगी।
4. Slope (ढाल) =  $\frac{-\Delta H^\circ}{2.3 R} = -\frac{230}{2.3 \times 2} = -50$
5. Using equation (समीकरण का उपयोग करते हुए),  $\log K = -\frac{\Delta H^\circ}{2.3RT} + \frac{\Delta S^\circ}{2.3 R}$
6. Using equation (समीकरण का उपयोग करते हुए),  $\log \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H^\circ}{2.30 R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

## EXERCISE # 3

### PART – I (भाग - I)

1. Equilibrium is affected by pressure and temperature but not by catalyst.  
 हल. साम्य पर दाब व ताप का प्रभाव पड़ता है लेकिन उत्प्रेरक का नहीं।
2.  $K_P = K_C (RT)^{\Delta ng} \Rightarrow K_C = \frac{K_P}{(RT)^{\Delta ng}} = \frac{1.44 \times 10^{-5}}{(0.082 \times 773)^{-2}}$
3.  $Q_C = \frac{[C][D]}{[A][B]}, < K_C$   
 ∴  $Q_C$  with time (समय के साथ)
4. (D) With change of pressure, x will change in such a way that  $K_P$  remains a constant.  
 हल. (D) दाब में परिवर्तन के साथ x इस तरह परिवर्तित होता है कि  $K_P$  नियत रहें।
5. 
$$\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2.$$

moles t=0,	1	0
moles at eq.	1- $\alpha$	2 $\alpha$

$$K_P = \frac{\left( \frac{2\alpha}{1+\alpha} \times P \right)^2}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \times P} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \times P.$$

Let total pressure at eq. = P.



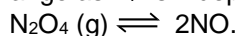


or  $K_P = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \times P.$

When volume is halved, P is double.

∴ α will change as  $K_P$  is independent of pressure change.

हल.



मोल t = 0,            1                    0  
 साम्यावस्था पर मोल            1-α                    2α

$$K_P = \frac{\left(\frac{2\alpha}{(1+\alpha)} \times P\right)^2}{\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \times P} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \times P.$$

माना साम्यावस्था पर कुल दाब = P.

या  $K_P = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} \times P.$

जब आयतन आधा होगा, P दुगना होगा।

∴ α परिवर्तित होगा क्योंकि  $K_P$  दाब परिवर्तन से स्वतंत्र है।

7.\*

(A)  $\Delta H_2 - \Delta H_1 = C_{P(rxn)}(T_2 - T_1)$

and  $C_p$  depends on temperature. Hence enthalpy also depends on temperature.

(B)  $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$              $K_p = (P_{CO_2})_{at\ equilibrium}$

For a given reaction.

Keq. depends only on temperature.

(C) Keq depends only on temperature.

(D) Enthalpy of reaction is independent of the catalyst. Catalyst generally changes activation energy.

Sol.

(A)  $\Delta H_2 - \Delta H_1 = C_{P(rxn)}(T_2 - T_1)$

$C_p$  तापमान पर निर्भर करती है अतः एन्थैल्पी भी तापमान पर निर्भर करेगी।

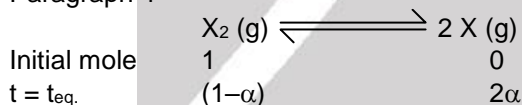
(B)  $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$              $K_p = (P_{CO_2})_{साम्य\ पर}$

अभिक्रिया के लिए Keq केवल तापमान पर निर्भर करता है

(C) Keq केवल तापमान पर निर्भर करता है।

(D) अभिक्रिया की एन्थैल्पी उत्प्रेरक के प्रभाव से मुक्त होती है। सामान्यतः उत्प्रेरक सक्रियण ऊर्जा में परिवर्तन करता है।

8. Paragraph-1



Given  $2\alpha = \beta_{equilibrium}$

So  $\alpha = \frac{\beta_{equilibrium}}{2}$

Total mole at equilibrium =  $(1 + \alpha) = \left(1 + \frac{\beta_{eq}}{2}\right)$

$$P_{X_2} = \left[ \frac{1 - \frac{\beta_{eq}}{2}}{1 + \frac{\beta_{eq}}{2}} P_{total} \right] = \left[ \frac{2 - \beta_{eq}}{2 + \beta_{eq}} P_{total} \right] = \left[ \frac{2 - \beta_{eq}}{2 + \beta_{eq}} P_{total} \right]$$

$$P_{X(g)} = \left[ \frac{\beta_{eq}}{1 + \frac{\beta_{eq}}{2}} P_{total} \right] = \left[ \frac{2\beta_{eq}}{2 + \beta_{eq}} \right] P_{Total}$$

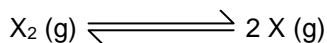


$$\text{So } K_P = \frac{(P_X)^2}{(P_{X_2})} = \frac{\left[ \frac{2\beta_{\text{eq.}}}{2 + \beta_{\text{eq.}}} \times P_{\text{total}} \right]^2}{\left[ \frac{2 - \beta_{\text{eq.}}}{(2 + \beta_{\text{eq.}})} \times P_{\text{total}} \right]}$$

$$K_P = \frac{4\beta_{\text{eq.}}^2}{4 - \beta_{\text{eq.}}^2} \times P_{\text{Total}} = \left( \frac{8\beta_{\text{eq.}}^2}{4 - \beta_{\text{eq.}}^2} \right)$$

So Ans. is = B

हल अनुच्छेद-1



प्रारम्भिक मोल 1 0

$t = t_{\text{eq.}}$  (1- $\alpha$ ) 2 $\alpha$

दिया है : 2 $\alpha = \beta_{\text{साम्य}}$

$$\text{अतः } \alpha = \frac{\beta_{\text{साम्य}}}{2}$$

$$\text{साम्य पर कुल मोल} = (1 + \alpha) = \left( 1 + \frac{\beta_{\text{eq}}}{2} \right)$$

$$P_{X_2} = \left[ \frac{1 - \frac{\beta_{\text{eq.}}}{2}}{1 + \frac{\beta_{\text{eq.}}}{2}} P_{\text{total}} \right] = \left[ \frac{2 - \beta_{\text{eq.}}}{2 + \beta_{\text{eq.}}} P_{\text{total}} \right] = \left[ \frac{2 - \beta_{\text{eq.}}}{2 + \beta_{\text{eq.}}} P_{\text{total}} \right]$$

$$P_{X(g)} = \left[ \frac{\beta_{\text{eq.}}}{1 + \frac{\beta_{\text{eq.}}}{2}} P_{\text{total}} \right] = \left[ \frac{2\beta_{\text{eq.}}}{2 + \beta_{\text{eq.}}} P_{\text{Total}} \right]$$

$$\text{अतः } K_P = \frac{(P_X)^2}{(P_{X_2})} = \frac{\left[ \frac{2\beta_{\text{eq.}}}{2 + \beta_{\text{eq.}}} \times P_{\text{कुल}} \right]^2}{\left[ \frac{2 - \beta_{\text{eq.}}}{(2 + \beta_{\text{eq.}})} \times P_{\text{कुल}} \right]}$$

$$K_P = \frac{4\beta_{\text{eq.}}^2}{4 - \beta_{\text{eq.}}^2} \times P_{\text{Total}} = \left( \frac{8\beta_{\text{eq.}}^2}{4 - \beta_{\text{eq.}}^2} \right) \quad \text{अतः Ans. is = B}$$

9. (A) Correct statement.

As on decrease in pressure reaction move indirection where no. of gaseous molecules increase.

(B) Correct statement

At the start of reaction  $Q_P < K_P$  so dissociation of  $X_2$  take place spontaneously.

$$\text{(C) Incorrect statement as } K_P = \frac{8\beta_{\text{eq.}}^2}{4 - \beta_{\text{eq.}}^2} = \frac{8 \times (0.7)^2}{4 - (0.7)^2} > 1, \text{ but}$$

(D) Correct statement.

$$\text{As } \Delta G^0 > 0 \quad \& \quad \Delta G^0 = -RT \ln K_P$$

$\Delta G^0 > 1$ , So  $K_P$  should be less than 1.

$$\text{So } K < 1$$

$$K_P - K_C(RT)^{\Delta n_g} \quad (RT > 1)$$





$$K_C = \frac{K_P}{RT}$$

$$K_C < K_P \quad \text{So } K_C < 1$$

- Sol.** (A) सही कथन : जैसे-जैसे दाब कम होता जाता है अभिक्रिया गैसीय अणुओं की संख्या में वृद्धि की तरफ बढ़ती है  
(B) सही कथन : अभिक्रिया की शुरुआत में  $Q_P < K_P$  अतः  $X_2$  का वियोजन स्वतः प्रवर्तित होता है।

(C) गलत कथन क्योंकि  $K_P = \frac{8\beta_{eq}^2}{4 - \beta_{eq}^2} = \frac{8 \times (0.7)^2}{4 - (0.7)^2} > 1$ ,

(D) सही कथन :

इस तरह  $\Delta G^0 > 0$  &  $\Delta G^0 = -RT \ln K_P$

$\Delta G^0 > 0$ , अतः  $K_P$  का मान 1 से कम होना चाहिए।

अतः  $K < 1$

$$K_P = K_C(RT)^{\Delta n} \quad (RT > 1)$$

$$K_C = \frac{K_P}{RT}$$

$$K_C < K_P \quad \text{So } K_C < 1$$

## PART – II (भाग - II)

### JEE(MAIN) OFFLINE PROBLEMS

1. In this reaction the ratio of number of moles of reactants to products in same i.e., 2 : 2, hence change in volume will not alter the number of moles.

**हल.** इस अभिक्रिया में, अभिकर्मकों एवम् उत्पादों की मोल संख्या का अनुपात समान होता है, अर्थात् 2 : 2 है। अतः आयतन परिवर्तन से मोलों की संख्या प्रभावित नहीं होती है।

3.  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ ;  $\Delta n = 1 - \left(1 + \frac{1}{2}\right) = 1 - \frac{3}{2} = -\frac{1}{2}$ .  $\therefore \frac{K_c}{K_p} = (RT)^{1/2}$ .

4. The conversion of  $SO_2$  to  $SO_3$  is an exothermic reaction, hence there is no need to increase the temperature. There is also a decrease in volume or moles in product side. Thus the reaction is favoured by low temperature and high pressure. (Le-Chatelier's principle).

**हल.**  $SO_2$  का  $SO_3$  में रूपान्तरण एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है, अतः इसके लिए ताप बढ़ाने की कोई आवश्यकता नहीं है। चूँकि उपरोक्त अभिक्रिया में उत्पाद की ओर (दाँयी ओर) आयतन या मोलों की संख्या में कमी हो रही है। अतः ली-शतलिए नियम के अनुसार निम्न ताप एवम् उच्च दाब इस अभिक्रिया के लिए अनुकूल दशा होगी।

5.  $C_{[N_2O_4]} = 4.8 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ,  $C_{[NO_2]} = 1.2 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{1.2 \times 10^{-2} \times 1.2 \times 10^{-3}}{4.8 \times 10^{-2}} = 0.3 \times 10^{-2} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

6.  $P_4(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons P_4O_{10}(g)$   $K_c = \frac{[P_4O_{10}(s)]}{[P_4(s)][O_2(g)]^5}$

7.  $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$   
 $\Delta n = 1 - 2 = -1$ ;  $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$   $\therefore \frac{K_p}{K_c} = (RT)^{-1} = \frac{1}{RT}$

8.  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ ;  $K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} = 4 \times 10^{-4}$   
 $NO(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2} N_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g)$ ;  $K_c = \frac{[N_2]^{1/2}[O_2]^{1/2}}{[NO]} = \frac{1}{\sqrt{K_c}} = \frac{1}{\sqrt{4 \times 10^{-4}}} = \frac{1}{2 \times 10^{-2}} = \frac{100}{2} = 50$





9.  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$   $\Delta n = 3 - 2 = 1$ .  
 $K_p = K_c (0.0821 \times 457)^1$ .  $K_p > K_c$ .

10.  $Cl_2(g) + 3F_2(g) \rightleftharpoons 2ClF_3(g)$ ;  $\Delta H = -329$  kJ. Favourable conditions:  
 (i) Decrease in temperature, (ii) Addition of reactants, (iii) Increase in pressure i.e., decrease in volume.

हल.  $Cl_2(g) + 3F_2(g) \rightleftharpoons 2ClF_3(g)$ ;  $\Delta H = -329$  kJ. अनुकूल परिस्थिति।  
 (i) ताप में कमी, (ii) अभिकर्मक मिलाने पर, (iii) दाब में वृद्धि या आयतन में कमी।

11.  $NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$

Initial presens	0	0.5	0
At equi.	0	0.5+x	x

Total pressure =  $0.5 + 2x = 0.84$   $\therefore x = 0.17$  atm  
 $K_p = P_{NH_3} \times P_{H_2S} = 0.11$  atm<sup>2</sup>.

हल.  $NH_4HS(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + H_2S(g)$

प्रारम्भ में दाब	0	0.5	0
साम्य पर	0	0.5+x	x

कुल दाब =  $0.5 + 2x = 0.84$   $\therefore x = 0.17$  atm  
 $K_p = P_{NH_3} \times P_{H_2S} = 0.11$  atm<sup>2</sup>.

12. Given :  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

t = 0	1	0	0
t <sub>eq</sub>	1-x	x	x

Total number of moles =  $1 - x + x + x = 1 + x$   
 Thus partial pressure of  $PCl_3 = \left(\frac{x}{1+x}\right)P$ .

हल. दिया हुआ है :  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

t = 0	1	0	0
t <sub>eq</sub>	1-x	x	x

कुल मोल संख्या =  $1 - x + x + x = 1 + x$   
 अतः  $PCl_3$  का आंशिक दाब =  $\left(\frac{x}{1+x}\right)P$ .

13.  $SO_3(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

$$\frac{[SO_2][O_2]^{1/2}}{[SO_3]} = K_c = 4.9 \times 10^{-2} \dots\dots(i)$$

$SO_3(g) + 1/25 O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) \dots\dots(ii)$

$$\frac{[SO_3]}{[SO_2][O_2]^{1/2}} = K'_c = \frac{1}{4.9 \times 10^{-2}}$$

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

$$\frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = K_c^2 = \frac{1}{4.9 \times 4.9 \times 10^{-4}} = \frac{10000}{24.01} = 416.49$$

14.  $c = a + b$

15.  $X \rightleftharpoons 2Y$   $Z \rightleftharpoons P + Q$

$1 - \alpha$	$2\alpha$	$1 - \alpha$	$\alpha$	$\alpha$
--------------	-----------	--------------	----------	----------

$$K_{p_1} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha} P_{T_1}\right)^2}{\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} P_{T_1}\right)}$$

$$K_{p_2} = \frac{\left(\frac{\alpha}{1+\alpha} P_{T_2}\right) \left(\frac{\alpha}{1+\alpha} P_{T_2}\right)}{\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} P_{T_2}\right)}$$





## JEE(MAIN) ONLINE PROBLEMS

4.  $\frac{M_{Th}}{M_{Ob}} = 1 + (2 - 1) \alpha = 1.2.$

$\Rightarrow M_{Ob} = \frac{92}{1.2}$  and  $d = \frac{PM}{RT} = \frac{1 \times 92}{1.2 \times 0.082 \times 300} = 3.116 \text{ g/L}$

5. On increasing pressure, reaction shifts in the direction of increasing density. Water has higher density than ice. So reaction shifts in forward direction.

हल. दाब बढ़ाने पर अभिक्रिया उस दिशा में विस्थापित होगी। जहाँ घनत्व बढ़ेगा जल का घनत्व बर्फ की तुलना में उच्च होता है। इसलिए अभिक्रिया अग्र दिशा में विस्थापित होगी।

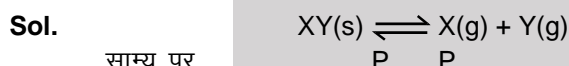


At eq.

Total pressure =  $2P = 10 \text{ bar}$

$\Rightarrow P = 5$

Now,  $K_P = (P_X)(P_Y) = P^2 = 25$



साम्य पर

कुल दाब =  $2P = 10 \text{ bar}$

$\Rightarrow P = 5$

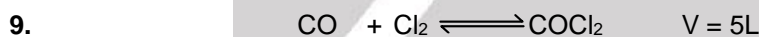
अब,  $K_P = (P_X)(P_Y) = P^2 = 25$

7. Addition/ removal of a solid component from an equilibrium system causes no shift in equilibrium (Both Q & K remain unaffected)

Sol. साम्य तंत्र में ठोस को मिलाने या निकालने पर साम्य में कोई विस्थापन नहीं होता है। (अतः Q तथा K दोनों अप्रभावित रहते हैं।)

8. Volume  $\uparrow$  P  $\downarrow$  reaction proceeds in which direction where number of gases mole increases.

आयतन  $\uparrow$  P  $\downarrow$  अभिक्रिया उस ओर अग्रसर होती है जिस ओर गैस के मोलों की संख्या बढ़ती है।



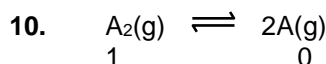
Mol

Mol At eq.

साम्य पर मोल

	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{5}$
--	---------------	---------------	---------------

$$K_C = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{5} \times \frac{2}{5}} = \frac{5}{2} = 2.5$$



1

0

$1 - 1 \times \frac{20}{100}$   $2 \times \frac{20}{100}$

0.8

0.4

$P_{A_2} = \frac{0.8}{1.2} \times 1 = \frac{2}{3}$

$P_A = \frac{0.4}{1.2} \times 1 = \frac{1}{3}$

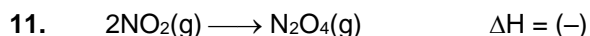




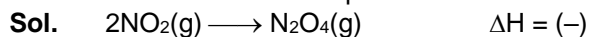


$$K_p = \frac{(p_A)^2}{(p_{A_2})} = \frac{1/3 \times 1/3}{2/3} = \frac{1}{6}$$

$$\Delta G^\circ = -2.303 \times 8.314 \times 320 \log_{10} \frac{1}{6} = 4763 \text{ J/mole}$$



By addition of an inert gas at constant pressure, volume increases, so reaction moving in backward direction and decomposition of  $\text{N}_2\text{O}_4$  increases.



नियत दाब पर अक्रिय गैस मिलाने पर आयतन बढ़ता है, अतः अभिक्रिया पश्च दिशा में विस्थापित होती है तथा  $\text{N}_2\text{O}_4$  का वियोजन बढ़ता है।

12.  $(2) = 3 \times (-1)$

$$\therefore K_2 = \left(\frac{1}{K_1}\right)^3 \Rightarrow K_2 = K_1^{-3}$$

13.  $k_p/k_c = (RT)^{\Delta n_g}$

(1)  $\Delta n_g = 0$  ;  $\frac{k_p}{k_c} = 1$

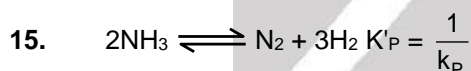
(2)  $\Delta n_g = 2 - 1 = 1$  ;  $\frac{k_p}{k_c} = (RT)^1 = (24.62)^1$

(3)  $\Delta n_g = 2 - 4 = -2$  ;  $\frac{k_p}{k_c} = (RT)^{-2} = (24.62)^{-2} = 1.65 \times 10^{-3}$



$$K_c = \frac{0.03}{3} \times \frac{0.03}{3} = 10^{-4}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = 10^{-4} \times (0.0821 \times 600)^2 = 0.242$$



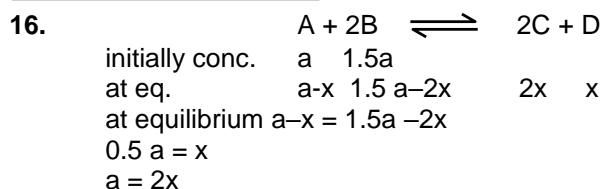
$$P_{\text{Total}} = P = P_{\text{N}_2} + P_{\text{H}_2} + P_{\text{NH}_3}$$

$$P_{\text{N}_2} = \frac{P}{4}$$

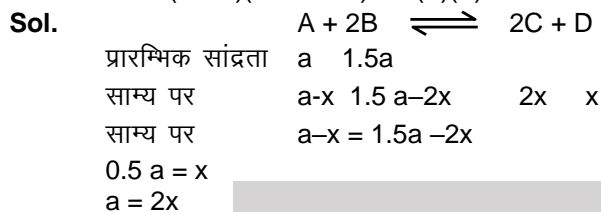
$$P_{\text{H}_2} = \frac{3P}{4}$$

$$\frac{1}{k_p} = \frac{\left(\frac{P}{4}\right)\left(\frac{3P}{4}\right)^3}{(P_{\text{NH}_3})^2}$$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{3^{\frac{3}{2}} P^2}{16} (k_p)^{1/2}$$



$$K_c = \frac{(2x)^2(x)}{(a-x)(1.5a-2x)^2} = \frac{4x^2 \cdot x}{(x)(x)^2} = 4$$



$$K_c = \frac{(2x)^2(x)}{(a-x)(1.5a-2x)^2} = \frac{4x^2 \cdot x}{(x)(x)^2} = 4$$

