

Bihar Board 11th Chemistry Subjective Answers

Chapter 7 साम्यावस्था

अभ्यास के प्रश्न एवं उनके उत्तर

प्रश्न 7.1

एक द्रव्य 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

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

उत्तर:

(क) चूंकि इस स्थिति में वाष्पों की समान मात्रा अधिक स्थान पर वितरित होती है, अतः पात्र का आयतन बढ़ाने पर वाष्प दाब प्रारम्भिक रूप से घटेगा।

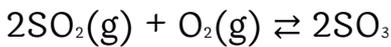
(ख) पात्र के आयतन की वृद्धि से प्रारम्भ में वाष्पन की दर घटेगी क्योंकि अधिक स्थान मिलेगा।

(ग) जब अग्रगामी तथा पश्चगामी प्रक्रमों की दर समान होती है तो अन्त में साम्य पुनः स्थापित हो जाता है। चूंकि यह ताप पर निर्भर करता है, अतः वाष्पदाब अपरिवर्तित रहेगा।

प्रश्न 7.2

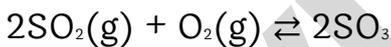
निम्न साम्य के लिए K_c क्या होगा, यदि साम्य पर प्रत्येक पदार्थ की सांद्रताएँ हैं –

$[SO_2] = 0.60M$, $[O_2] = 0.82 M$ एवं $[SO_3] = 1.90M$



उत्तर:

दी हुई अभिक्रिया,



$$\begin{aligned} K_c &= \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]} \\ &= \frac{(1.9M) \times (1.9M)}{(0.6M) \times (0.6M) \times (0.82M)} \\ &= 12.229M = 12.229 \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

प्रश्न 7.3

एक निश्चित ताप एवं कुल दाब 10^5 Pa पर आयोडीन वाष्प में आयतनानुसार 40% आयोडीन परमाणु होते हैं। साम्य के लिए K_p की गणना कीजिए।

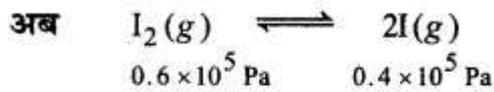
उत्तर:

एक निश्चित ताप एवं कुल दाब = 10^5 Pa

आयोडीन परिमाणों (I_2) आंशिक दाब = $40 \times 10^5 / 100$

= 0.4×10^5

आयोडीन परिमाणों (l) आंशिक दाब = 60100×10^5
 $= 0.6 \times 10^5 \text{ Pa}$

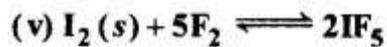
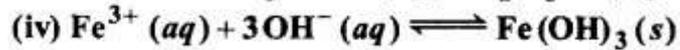
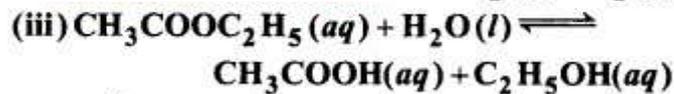
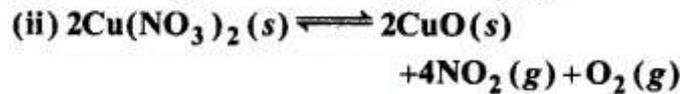


$$\therefore K_p = \frac{P_{\text{I}}^2}{P_{\text{I}_2}}$$

$$= \frac{(0.4 \times 10^5 \text{ Pa})^2}{(0.6 \times 10^5 \text{ Pa})} = 2.67 \times 10^4 \text{ Pa}$$

प्रश्न 7.4

निम्नलिखित में से प्रत्येक अभिक्रिया के लिए K_c समान्य स्थिरांक का व्यंजक लिखिए -



उत्तर:

(i) $K_c = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2}$

(ii) $K_c = [\text{NO}_2]^4 [\text{O}_2]$

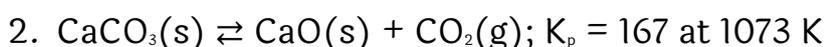
(iii) $K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}$

(iv) $K_c = \frac{1}{[\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3}$

(v) $K_c = \frac{[\text{IF}_5]^2}{[\text{F}]^2}$

प्रश्न 7.5

K_p के मान की गणना निम्नलिखित प्रकार में से प्रत्येक साम्य के लिए K_c का मान ज्ञात कीजिए।



उत्तर:

K_p तथा K_c परस्पर संबंधित होते हैं -

$$K_p = K_c(\text{RT})^{\Delta n}$$

K_c के मान की गणना निम्नलिखित प्रकार की जा सकती है -



$$K_p = 1.8 \times 10^{-2} \text{ atm}$$

$$\Delta n = 3 - 2 = 1$$

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

$$T = 500 \text{ K}$$

$$\therefore K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$= \frac{(1.8 \times 10^{-2} \text{ atm})}{(0.0821 \text{ L-atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 500 \text{ K})^1}$$

$$= 4.4 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$



$$K_p = 167 \text{ atm}$$

$$\Delta n = 1 - 0 = 1$$

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

$$T = 1073 \text{ K}$$

$$\therefore K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$= \frac{167 \text{ atm}}{(0.0821 \text{ Latm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 1073 \text{ K})^1}$$

$$= 1.9 \text{ mol L}^{-1}$$

प्रश्न 7.6

साम्य $\text{NO}(g) + \text{O}_3(g) \rightleftharpoons \text{NO}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 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?

उत्तर:

प्रतीप अभिक्रिया के लिए,

$$K_c = 1/K_c$$

$$= 1/6.34 \times 10^{14} = 1.59 \times 10^{-15}$$

प्रश्न 7.7

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

उत्तर:

साम्य स्थिरांक का व्यंजक लिखते समय, अभिक्रिया में प्रयुक्त स्पीशीज की मोलर सान्द्रताएँ ली जाती हैं। हम जानते हैं कि किसी पदार्थ की मोलर सान्द्रता उसके प्रति इकाई आयतन में मोलों की संख्या को व्यक्त करती है। अर्थात्

$$\text{पदार्थ की मोलर सान्द्रता} = \frac{\text{मोल}}{\text{आयतन}} \text{ या } \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$$

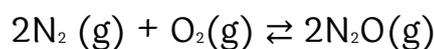
चूँकि द्रव्यमान/आयतन, पदार्थ का घनत्व व्यक्त करता है; अतः पदार्थ की मोलर सान्द्रता उसके घनत्व के समानुपाती होती हैं।

$$\text{मोलर सान्द्रता} = \frac{\text{मोलों की संख्या}}{\text{आयतन}} \propto \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}} (\propto \text{घनत्व})$$

हम जानते हैं कि घनत्व एक गहन गुण (Intensive property) है तथा पदार्थ के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। इसके अतिरिक्त एक शुद्ध पदार्थ (ठोस या द्रव) की मोलर सान्द्रता के मान सदैव समान रहते हैं तथा इन्हें साम्य स्थिरांक का मान लिखते समय उपेक्षित किया जा सकता है। यद्यपि गैसीय अवस्था या जलीय विलयन में, पदार्थों के लिए, दिए गए आयतन में उनकी मात्रा परिवर्तनीय हो सकती है तथा उनकी मोलर सान्द्रता स्थिर नहीं रहती जिससे साम्य स्थिरांक के लिए व्यंजक लिखते समय इसे उपेक्षित नहीं किया जा सकता।

प्रश्न 7.8

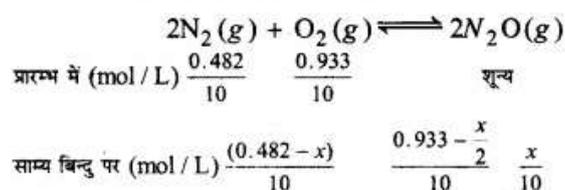
N_2 एवं O_2 के मध्य निम्नलिखित अभिक्रिया होती है –



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

उत्तर:

माना $N_2(g)$ के x mol अभिक्रिया में भाग लेते हैं। अभिक्रिया के अनुसार, O_2 के $x/2$ mol अभिक्रिया करके $N_2O(g)$ के x mol बनाएँगे। इन स्पीशीज की अभिक्रिया से पहले तथा समय बिन्दु पर प्रति लीटर मोलर सान्द्रता है –



साम्य स्थिरांक का मान (2.0×10^{-37}) अत्यन्त कम है।

इसका अर्थ है कि अभिकारकों की केवल कुछ मात्रा ही अभिकृत हुई है। इसलिए x अत्यन्त कम होगा तथा अभिकारकों के सम्बन्ध में इसे उपेक्षणीय माना जा सकता है।

रासायनिक साम्य का नियम लागू करने पर,

$$K_c = \frac{[N_2O(g)]^2}{[N_2(g)]^2 [O_2(g)]}$$

$$2.0 \times 10^{-37} = \frac{\left(\frac{x}{10}\right)^2}{\left(\frac{0.482}{10}\right)^2 \times \left(\frac{0.933}{10}\right)}$$

$$2.0 \times 10^{-37} = \frac{0.01x^2}{2.1676 \times 10^{-4}}$$

$$x^2 = \frac{2.0 \times 2.1676 \times 10^{-37} \times 10^{-4}}{0.01}$$

$$= 4.3352 \times 10^{-39}$$

$$\therefore x = \sqrt{43.352 \times 10^{-40}}$$

$$= 6.58 \times 10^{-20}$$

अतः साम्य मिश्रण में

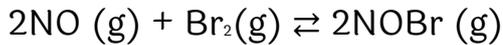
N_2 की मोलर सांद्रता = $0.0482 \text{ mol L}^{-1}$

O_2 की मोलर सांद्रता = $0.0933 \text{ mol L}^{-1}$

N_2O की मोलर सांद्रता = $6.58 \times 10^{-21} \text{ mol L}^{-1}$

प्रश्न 7.9

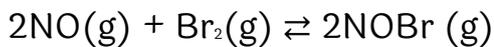
निम्नलिखित अभिक्रिया के अनुसार नाइट्रिक ऑक्साइड Br_2 से अभिक्रिया का नाइट्रोसिल ब्रोमाइड बनाती है –



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

उत्तर:

अभिक्रिया के लिए सन्तुलित रासायनिक समीकरण निम्नवत् है –



समीकरण के अनुसार, $NO(g)$ के 2 mol , $Br_2(g)$ के 1 mol से अभिक्रिया करके, $2 \text{ mol NOBr}(g)$ बनाते हैं।

साम्य-मिश्रण के संघटन की गणना निम्नवत् की जा सकती है –

साम्य पर निर्मित $NOBr(g)$ के मोलों की संख्या = 0.0518 mol (दिया है)

अभिक्रिया में भाग लेने वाले $NO(g)$ के मोलों की संख्या = 0.0518 mol साम्यावस्था पर $NO(g)$ के शेष मोलों की संख्या

$$= 0.087 - 0.0518$$

$$= 0.0352 \text{ mol}$$

अभिक्रिया में भाग लेने वाले $Br_2(g)$ के मोलों की संख्या

$$= 12 \times 0.0518$$

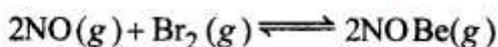
$$= 0.0259$$

साम्यावस्था पर $Br_2(g)$ के शेष मोलों की संख्या

$$= 0.437 - 0.0259$$

$$= 0.0178 \text{ mol}$$

विभिन्न स्पीशीज की प्रारम्भिक मोलर सांद्रताएँ तथा साम्य मोलर सांद्रताएँ निम्नवत् व्यक्त की जा सकती है –



प्रारम्भिक मोल 0.087 0.0437 0

साम्य बिन्दु पर मोल 0.0352 0.0178 0.0518

प्रश्न 7.10

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

उत्तर:

K_p तथा K_c में सम्बन्ध निम्नवत् है -

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

या
$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$K_p = 2.0 \times 10^{10} \text{ Bar}^{-1}$$

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

$$T = 450 \text{ K}$$

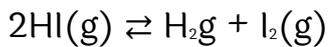
$$\Delta n = 2 - 3 = -1$$

मान रखने पर,

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{(2.0 \times 10^{10} \text{ bar}^{-1})}{[(0.0821 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (450 \text{ K})]^{-1}} \\ &= 7.389 \times 10^{11} \text{ mol}^{-1} \text{ L} \\ &= 7.38 \times 10^{11} \text{ M}^{-1} \end{aligned}$$

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 दिये गये साम्य के लिए K_p का मान क्या होगा?



उत्तर:

प्रश्नानुसार,

$$P_{\text{HI}} = 0.04 \text{ atm}, P_{\text{H}_2} = 0.08 \text{ atm}, P_{\text{I}_2} = 0.08 \text{ atm}$$

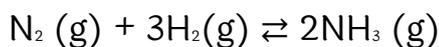
$$\begin{aligned} K_p &= \frac{P_{\text{H}_2} \times P_{\text{I}_2}}{P_{\text{HI}}^2} \\ &= \frac{0.08 \times 0.08}{0.04 \times 0.04} = 4 \end{aligned}$$

प्रश्न 7.12

500K ताप पर एक 20 L पात्र में N_2 के 1.57 mol, H_2 के 1.92 mol एवं NH_3 के 8.13 mol का मिश्रण लिया जाता है। अभिक्रिया $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$ के लिए $K_c \times 10^2$ का मान 1.7×10^2 है। क्या अभिक्रिया-मिश्रण साम्य में है? यदि नहीं तो नेट अभिक्रिया की दिशा क्या होगी?

उत्तर:

दी हुई अभिक्रिया



प्रश्नानुसार,

$$[N_2] = \frac{157 \text{ mol}}{20 \text{ L}} = 0.0785 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[H_2] = \frac{1.92 \text{ mol}}{20 \text{ L}} = 0.096 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[NH_3] = \frac{8.13 \text{ mol}}{20 \text{ L}} = 0.4065 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{अभिक्रिया भागफल } (Q_c) = \frac{[NH_3(g)]^2}{[N_2(g)][H_2(g)]^3}$$

$$= \frac{(0.4065)^2}{(0.0758) \times (0.096)^3}$$

$$Q_c = 2.37 \times 10^3$$

तथा

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

चूँकि $Q > K_c$ अतः अभिक्रिया विपरीत दिशा में होगी।

प्रश्न 7.13

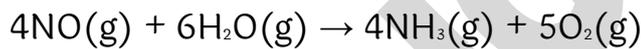
एक गैस अभिक्रिया के लिए –

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

इस व्यंजक के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।

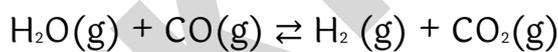
उत्तर:

उपर्युक्त व्यंजक के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण निम्नवत् है –



प्रश्न 7.14

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



अभिक्रिया के लिए साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए।

उत्तर:

वास्तविक रूप से उपस्थित जल के मोलों की संख्या = 1 mol

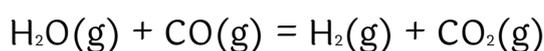
तथा अभिकृत जल से प्रतिशत = 40%

अभिकृत जल के मोलों की संख्या = $1 \times 40/100 = 0.4 \text{ mol}$

शेष जल के मोलों की संख्या = $(1.0 - 0.4) = 0.6 \text{ mol}$

अतः अभिक्रिया के आरम्भ में तथा साम्यावस्था पर अभिकारकों तथा उत्पादों की मोलर सान्द्रता प्रति लीटर निम्नवत् है

–



$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$	0	0	(आरम्भ mol)
$\frac{(1-0.4)}{10}$	$\frac{(1-0.4)}{10}$	$\frac{0.4}{10}$	$\frac{0.4}{10}$	(साम्यावस्था पर mol)
.06	0.06	0.04	0.04	

$$\text{साम्यावस्था स्थिरांक } (K_c) = \frac{[\text{H}_2(\text{g})][\text{CO}_2(\text{g})]}{[\text{H}_2\text{O}(\text{g})][\text{CO}(\text{g})]}$$

$$= \frac{0.04 \text{ mol L}^{-1} \times 0.04 \text{ mol L}^{-1}}{0.06 \text{ mol L}^{-1} \times 0.06 \text{ mol L}^{-1}}$$

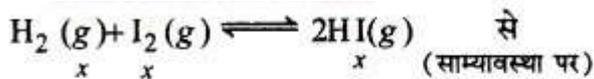
$$= 0.44$$

प्रश्न 7.15

700 K ताप पर अभिक्रिया $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ के लिये साम्य स्थिरांक 54.8 है। यदि हमने शुरू में $\text{HI}(\text{g})$ लिया हो, 700K ताप साम्य स्थापित हो तथा साम्य पर $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ HI}(\text{g})$ उपस्थित हो, तो साम्य पर $\text{H}_2(\text{g})$ एवं $\text{I}_2(\text{g})$ की सांद्रताएँ क्या होंगी?

उत्तर:

माना $\text{H}_2(\text{g})$ तथा $\text{I}_2(\text{g})$ की साम्यावस्था पर सांद्रता $x \text{ mol L}^{-1}$ है; तब अभिक्रिया,



$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

$$= \frac{(0.5 \text{ mol L}^{-1})^2}{(x \text{ mol L}^{-1}) \times (x \text{ mol L}^{-1})}$$

$$\text{या } 54.8 = \frac{0.25}{x^2} \quad (\because K_c = 54.8)$$

$$\text{या } x^2 = \frac{0.25}{54.8} = (4.56 \times 10^{-3})$$

$$x = (4.56 \times 10^{-3})^{1/2}$$

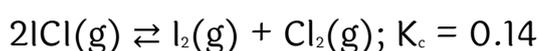
$$= 0.068 \text{ mol L}^{-1}$$

अतः साम्यावस्था पर $[\text{H}_2(\text{g})] = 0.068 \text{ mol L}^{-1}$

तथा $[\text{I}_2(\text{g})] = 0.068 \text{ mol L}^{-1}$

प्रश्न 7.16

ICl , जिसकी सांद्रता प्रारम्भ में 0.78 M है, को यदि साम्य पर आने दिया जाए तो प्रत्येक की साम्य पर सांद्रताएँ क्या होंगी?

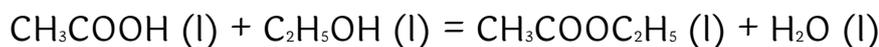


उत्तर:

$$\begin{aligned} \text{अतः } C_2H_6 \text{ की साम्य पर सान्द्रता} &= 4 - a \\ &= 4 - 0.78 \\ &= 3.22 \end{aligned}$$

प्रश्न 7.18

एथेनॉल एवं ऐसीटिक अम्ल की अभिक्रिया से एथिल ऐसीटेट बनाया जाता है एवं साम्य को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है -

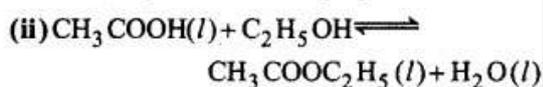


1. इस अभिक्रिया के लिए सान्द्रता अनुपात (अभिक्रिया-भागफल) Q_c लिखिए (टिप्पणी; यहाँ पर जल आधिक्य में नहीं है एवं विलायक भी नहीं है)
2. यदि 293 K पर 1.00 mol ऐसीटिक अम्ल एवं 0.18 mol एथेनॉल प्रारम्भ में लिए जाएँ तो अन्तिम साम्य मिश्रण में 0.171 mol एथिल ऐसीटेट है। साम्य स्थिरांक की गाना पीना।
3. 0.5 mol एथेनॉल एवं 1.0 mol ऐसीटिक अम्ल से प्रारम्भ करते हुए 293K ताप पर कुछ समय पश्चात् एथिल ऐसीटेट के 0.214 mol पाए गए तो क्या साम्य स्थापित हो गया?

उत्तर:

1. अभिक्रिया के लिए सान्द्रता अनुपात ' Q_c ' है -

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



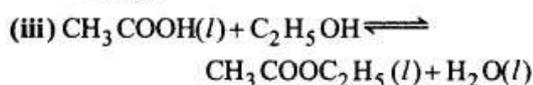
प्रारम्भिक मोलर सान्द्रता 1.0 mol 0.18 mol 0 0

साम्य बिन्दु पर मोलर सान्द्रता (1 - 0.171)(0.18 - 0.171) 0.171 mol 0.171 mol

$$= 0.829 \text{ mol} \quad = 0.009 \text{ mol}$$

रासायनिक साम्यावस्था नियम लागू करने पर,

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{[CH_3COOC_2H_5(l)][H_2O(l)]}{[CH_3COOH(l)][C_2H_5OH(l)]} \\ &= \frac{(0.171 \text{ mol}) \times (0.171 \text{ mol})}{(0.829 \text{ mol}) \times (0.009 \text{ mol})} \\ &= 3.92 \end{aligned}$$



प्रारम्भिक मोलर सान्द्रता 1.0 mol 0.18 mol 0 0

साम्य बिन्दु पर मोलर सान्द्रता (1 - 0.214)(0.5 - 0.214) 0.214 0.214
mol mol

$$= 0.786 \text{ mol} = 0.286 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= \frac{[CH_3COOC_2H_5(l)][H_2O(l)]}{[CH_3COOH(l)][C_2H_5OH(l)]} \\ &= \frac{(0.214 \text{ mol}) \times (0.214 \text{ mol})}{(0.786 \text{ mol}) \times (0.286 \text{ mol})} \\ &= 0.204 \end{aligned}$$

चूँकि Q_c का मान K_c से कम है ($Q_c < K_c$); अतः साम्यावस्था प्राप्त नहीं होगी। परन्तु अभिकारक अभिक्रिया में भाग लेने तथा उत्पाद बनाएँगे।

प्रश्न 7.19

437K ताप पर निर्वात में PCl_5 , का एक नमूना एक फ्लास्क में लिया गया। साम्य स्थापित होने पर PCl_5 , की सांद्रता $0.5 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$

पाई गई, यदि K_c का मान 8.3×10^{-3} है तो साम्य पर PCl_3 एवं Cl_2 की सांद्रताएँ क्या होंगी?



उत्तर:

माना PCl_5 की मोलर सांद्रता प्रति लीटर = $x \text{ mol}$

साम्यावस्था पर, PCl_5 की मोलर सांद्रता = 0.05 mol L^{-1}

$\therefore PCl_5$ के वियोजित मोल = $(x - 0.05) \text{ mol L}^{-1}$

PCl_3 के प्राप्त मोल = $(x - 0.05) \text{ mol L}^{-1}$

Cl_2 के प्राप्त मोल = $(x - 0.05) \text{ mol L}^{-1}$

अभिक्रिया से पहले तथा साम्य बिन्दु पर अभिकारकों तथा उत्पादों की मोलर सांद्रता प्रति लीटर निम्नवत् है -

	PCl_5	PCl_3	Cl_2
प्रारम्भिक मोलर सांद्रता	x	0	0
साम्य बिन्दु पर मोलर सांद्रता	0.05	$(x - 0.05)$	$(x - 0.05)$

साम्य स्थिरांक (K_c) = $8.3 \times 10^{-2} = 0.0083$

रासायनिक साम्य का नियम लागू करने पर,

$$K_c = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

$$0.0083 = \frac{(x-0.05)(x-0.05)}{0.05}$$

$$(x-0.05)^2 = 0.0083 \times 0.05 = 4.15 \times 10^{-4}$$

$$x-0.05 = (4.15 \times 10^{-4})^{1/2} = 0.02 \text{ mol L}^{-1}$$

$$x = 0.05 + 0.02 = 0.07 \text{ mol L}^{-1}$$

साम्य बिन्दु पर PCl_3 की मोलर सांद्रता = $(0.07 - 0.05) = 0.02 \text{ mol L}^{-1}$

साम्य बिन्दु पर Cl_2 की मोलर सांद्रता = $(0.07 - 0.05) = 0.02 \text{ mol L}^{-1}$

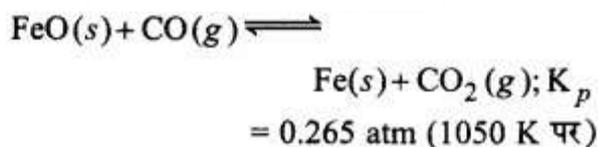
प्रश्न 7.20

लौह अयस्क से स्टील बनाते समय जो अभिक्रिया होती है, वह आयरन (II) ऑक्साइड का कार्बन मोनोक्साइड 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 K एवं CO_2 के साम्य पर आंशिक दाब क्या होंगे, यदि उनके प्रारम्भिक आंशिक दाब हैं -

$P_{CO} = 1.4 \text{ atm}$ एवं $P_{CO_2} = 0.80 \text{ atm}$

उत्तर:



प्रारम्भिक दाब 1.4 atm 0.80 atm

$$Q_p = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}} = \frac{0.80}{1.40} = 0.571$$

$$K_p = 0.265$$

चूंकि $Q_p < K_p$ से अधिक है; अतः अभिक्रिया पश्चगामी दिशा में अग्रसरित होगी अर्थात् CO_2 , का दाब घटेगा तथा CO का दाब बढ़ेगा। जिससे साम्यावस्था प्राप्त हो सके। अतः यदि CO_2 , के दाब में होने वाली कमी p है तो CO के दाब में वृद्धि p होगी।

साम्यावस्था पर,

$$P_{\text{CO}_2} = (0.80 - p) \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}} = (1.4 + p) \text{ atm}$$

$$K_p = P_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}}$$

$$\Rightarrow 0.265 = 0.80 - p \cdot 1.4 + p$$

$$\text{या } 0.265 (1.4 + p) = 0.80 - p$$

$$0.371 + 0.265 p = 0.80 - p$$

$$1.265 p = 0.429$$

$$p = 0.429 / 1.265 = 0.339 \text{ atm}$$

अतः साम्यावस्था पर,

$$P_{\text{CO}} = 1.4 + 0.339 = 1.739 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 0.80 - 0.339$$

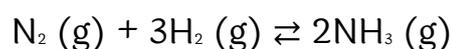
$$= 0.461 \text{ atm}$$

प्रश्न 7.21

अभिक्रिया $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$ के लिए (500 K पर) साम्य स्थिरांक $K_c = 0.061$ है। एक विशेष समय पर मिश्रण का संघटन इस प्रकार है - $3.0 \text{ mol L}^{-1} \text{ N}_2$, $2.0 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2$ एवं $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ NH}_3$ क्या अभिक्रिया साम्य में है? यदि नहीं, तो साम्य स्थापित करने के लिए अभिक्रिया किस दिशा में अग्रसर होगी?

उत्तर:

दी गई अभिक्रिया है -



प्रश्नानुसार,

$$[\text{N}_2] = 3.0 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2] = 2.0 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{NH}_3] = 0.5 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{अतः } Q_c &= \frac{[\text{NH}_3(g)]}{[\text{N}_2(g)][\text{H}_2(g)]} \\ &= \frac{(0.5)^2}{(3.0)(2.0)^3} \\ &= \frac{0.25}{(3.0)(2.0)^3} = \frac{0.25}{24} \end{aligned}$$

चूँकि Q_c का मान K_c के मान (0.061) से कम है; अतः अभिक्रिया साम्यावस्था में नहीं है। यह तब अग्रगामी दिशा में होगी जब तक कि Q_c का मान K_c के समान न हो जाए।

प्रश्न 7.22

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



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

उत्तर:

माना साम्यावस्था प्राप्त करने के लिए BrCl के $x \text{ mol}$ वियोजित होते हैं। विभिन्न स्पीशीज की अंक तथा साम्य बिन्दु पर मोलर सान्द्रताएँ निम्नवत् प्रदर्शित की जा सकती है –

	$2\text{BrCl}(g) \rightleftharpoons \text{Br}_2(g) + \text{Cl}_2(g)$		
प्रारम्भिक मोलर सान्द्रता	0.0033	0	0
साम्य बिन्दु पर मोलर सान्द्रता	$0.0033 - x$	$x/2$	$x/2$

रासायनिक साम्यावस्था नियम से,

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{[\text{Br}_2][\text{Cl}_2]}{[\text{BrCl}]^2} \\ 32 &= \frac{(x/2)(x/2)}{(0.0033 - x)^2} \end{aligned}$$

वर्गमूल होने पर,

$$5.657 = \frac{x/2}{(0.0033 - x)}$$

$$\frac{x}{(0.0033 - x)} = 11.31$$

या $x = 11.31(0.0033 - x)$

या $x = 0.037 - 11.31x$

$$12.31x = 0.037$$

$$x = \frac{0.037}{12.31} = 3.0 \times 10^{-3}$$

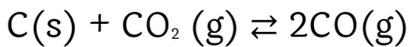
साम्य बिन्दु पर BrCl की मोलर सान्द्रता

$$= 3.3 \times 10^{-3} - 3.0 \times 10^{-3}$$

$$= 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

प्रश्न 7.23

1127K एवं 1atm दाब पर CO तथा CO₂, के गैसीय मिश्रण में साम्यावस्था पर ठोस कार्बन में 90.55% (भारात्मक) CO है।



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

उत्तर:

अभिक्रिया के लिए K_p की गणना -

माना गैसीय मिश्रण का कुल द्रव्यमान = 100 g

मिश्रण में CO का द्रव्यमान = 90.55g

मिश्रण में CO₂, का द्रव्यमान = (100 - 90.55) = 9.45g

CO के मोलों की संख्या = $90.55\text{g} / 28\text{g mol}^{-1} = 3.234 \text{ mol}$

CO₂ मोलों की संख्या = $9.45\text{g} / 44\text{g mol}^{-1} = 2.058 \text{ mol}$

मिश्रण में CO का आंशिक दाब,

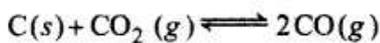
$$P_{\text{CO}} = \frac{3.234}{(3.234 + 2.058)} \times 1\text{atm}$$

$$= \frac{3.234}{5.292} = 0.611\text{atm}$$

मिश्रण में CO₂, का आंशिक दाब,

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{2.058}{(3.234 + 2.058)} \times 1\text{atm}$$

$$= \frac{2.058}{5.292} = 0.389\text{atm}$$



साम्य-दाब 0.389atm 0.611atm

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} = \frac{(0.611)^2}{(0.389)} = 0.959\text{atm}$$

अभिक्रिया के लिए K_c की गणना -

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$K_p = 0.959\text{atm}, R = 0.082\text{Latm K}^{-1} \text{ mol}^{-1},$$

$$T = 1127\text{K}$$

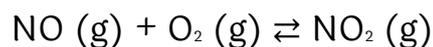
$$\Delta n = 2 - 1 = 1$$

$$K_c = \frac{(0.959 \text{ atm})}{[(0.082 \text{ Latm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (1127 \text{ K})]^1}$$

$$= 0.010 \text{ mol L}^{-1}$$

प्रश्न 7.24

298K पर NO एवं O₂ से NO₂ बनती है -



अभिक्रिया के लिए (क) ΔG° एवं (ख) साम्य स्थिरांक की गणना कीजिए -

$$\Delta_f G^\circ (\text{NO}_2) = 52.0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_f G^\circ (\text{NO}) = 87.0 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta_f G^\circ (\text{O}_2) = 0 \text{ KJ/mol}$$

उत्तर:

$$1. \Delta G^\circ = \Delta_f G^\circ (\text{NO}_2)$$

$$-[\Delta_f G^\circ (\text{NO}) + \Delta_f G^\circ (1/2 \text{ O}_2)]$$

$$= 52.0 - (87.0 + 0)$$

$$\therefore \Delta G^\circ = -35 \text{ KJ mol}^{-1}$$

2. हम जानते हैं कि

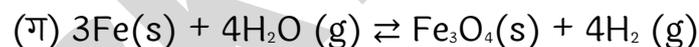
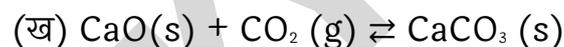
$$\Delta G^\circ = -2.303RT \log K_c$$

$$\begin{aligned} \text{या } \log K_c &= -\frac{\Delta_f G^\circ}{2.303RT} \\ &= -\frac{(-35 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1})}{2.303 \times (8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ Mol}^{-1}) \times (298 \text{ K})} \\ &= 6.134 \end{aligned}$$

$$\therefore K_c = \text{Antilog } 6.134 = 1.36 \times 10^6$$

प्रश्न 7.25

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



उत्तर:

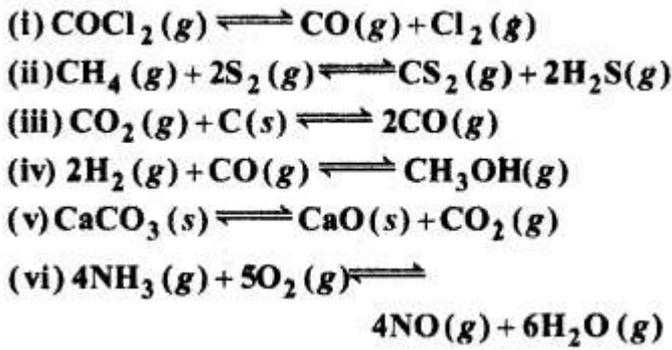
(क) दाब में कमी अग्रगामी अभिक्रिया को बढ़ायेगी और उत्पादों के मोलों की संख्या में वृद्धि होगी।

(ख) दाब की कमी से पश्चगामी अभिक्रिया बढ़ेगी और उत्पादों के मोलों की संख्या घटेगी।

(ग) चूँकि साम्य स्थिरांक पर दाब का कोई प्रभाव नहीं पड़ता, अतः उत्पादों के मोलों की संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होगा।

प्रश्न 7.26

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



उत्तर:

- मोलों की संख्या में अन्तर, $\Delta n = 1 + 1 - 1 - 1$ दाब में वृद्धि पश्चगामी अभिक्रिया का समर्थन करेगी, चूंकि पश्चगामी दिशा में गैसीय घटकों के मोलों की संख्या प्रति इकाई आयतन (अर्थात् दाब) में कमी हो रही है।
- मोलों की संख्या में अन्तर, $\Delta n = (1 + 2) - (1 + 2) = 0$ दाब में वृद्धि साम्यावस्था को प्रभावित नहीं करती, चूंकि अभिक्रिया के परिणामस्वरूप मोलों की संख्या में कोई परिवर्तन नहीं हो रहा है।
- मोलों की संख्या में अन्तर, $\Delta n = 2 - 1 = 1$, दाब में वृद्धि पश्चगामी अभिक्रिया का समर्थन करेगी, चूंकि पश्चगामी दिशा में गैसीय घटकों के मोलों की संख्या प्रति इकाई आयतन (अर्थात् दाब) में कमी हो रही है।
- मोलों की संख्या में अन्तर, $\Delta n = 1 - (2 + 1) = -2$, दाब में वृद्धि अग्रगामी अभिक्रिया का समर्थन करेगी, चूंकि अग्रगामी दिशा में गैसीय घटकों के मोलों की संख्या प्रति इकाई आयतन (अर्थात् दाब) में कमी हो रही है।
- मोलों की संख्या में अन्तर, $\Delta n = 1$; दाब में वृद्धि पश्चगामी अभिक्रिया का समर्थन करेगी, कि पश्चगामी दिशा में गैसीय घटकों के मोलों की संख्या प्रति इकाई आयतन (अर्थात् दाब) में कमी हो रही है।
- मोलों की संख्या में अन्तर,
 $\Delta n = (4 + 6) - (4 + 5) = 1$

दाब में वृद्धि पश्चगामी अभिक्रिया का समर्थन करेगी, चूंकि पश्चगामी दिशा में गैसीय घटकों के मोलों की संख्या प्रति इकाई आयतन (अर्थात् दाब) में कमी हो रही है।

प्रश्न 7.27

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



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

उत्तर:

k_p की गणना -

$$\begin{aligned} \text{H}_2(g) + \text{Br}_2 &\rightleftharpoons 2\text{HBr}(g) \\ K_p &= K_c (RT)^{\Delta n} = K_c (RT)^0 \\ &= K_c = 1.6 \times 10^5 \end{aligned}$$

गैसों के आंशिक दाब की गणना -

	$2\text{HBr}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g)$		
प्रारम्भिक दाब	10 bar	0	0
साम्य दाब	$(10 - p)$ bar	$p/2$	$p/2$

$$K_p = \frac{P_{\text{H}_2} \times P_{\text{Br}_2}}{P_{2\text{HBr}}}$$

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

$$\frac{p}{2(10-p)} = \left(\frac{1}{1.6 \times 10^5} \right)^{1/2}$$

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

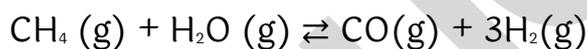
$$20 - 2p = 4 \times 10^2 \quad p = 400 p$$

$$p = \frac{20}{402} = 0.050 \text{ bar}$$

अतः $P_{\text{H}_2} = 0.050/2 = 0.025 \text{ bar}$
 $P_{\text{Br}_2} = 0.025 \text{ bar}$
 $P_{\text{HBr}} = (10 - 0.050) = 9.95 \text{ bar}$

प्रश्न 7.28

निम्नलिखित ऊष्माशोषी अभिक्रिया के अनुसार ऑक्सीकरण द्वारा डाइहाइड्रोजन गैस प्राकृतिक गैस से प्राप्त की जाती है -



(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?

1. दाब बढ़ा दिया जाए।
2. ताप बढ़ा दिया जाए।
3. उत्प्रेरक प्रयुक्त किया जाए।

उत्तर:

(क) दी हुई अभिक्रिया के लिए K_p का व्यंजक,

$$K_p = \frac{(P_{\text{CO}}) \times (P_{\text{H}_2})^3}{(P_{\text{CH}_4}) \times (P_{\text{H}_2\text{O}})}$$

(ख)

- चूंकि दाब बढ़ाने से मोलों की संख्या प्रति इकाई आयतन बढ़ेगी, अतः दाब बढ़ाने से साम्यावस्था पश्चगामी अर्थात् बाईं ओर स्थानान्तरित होगी जिससे अभिकारकों का सान्द्रण बढ़ेगा और K_p का मान घटेगा।
- चूंकि वह ऊष्माशोपी अभिक्रिया है, अतः ला-शातेलिए नियम ताप बढ़ाने से अग्रगामी अभिक्रिया बढ़ेगी। अतः साम्यावस्था अग्रगामी अर्थात् दाईं ओर की स्थानान्तरित होगी, जिससे K_p का मान घट जायेगा।
- चूंकि उत्प्रेरक अग्रगामी तथा पश्चगामी दोनों अभिक्रियाओं को समान रूप से प्रभावित करता है, अतः इसकी उपस्थिति से साम्यावस्था अपरिवर्तित रहेगी।

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:

- (क) साम्यावस्था अग्रगामी दिशा में स्थानान्तरित हो जाएगी।
- (ख) साम्यावस्था पश्चगामी दिशा में स्थानान्तरित हो जाएगी।
- (ग) साम्यावस्था पश्चगामी दिशा में स्थानान्तरित हो जाएगी।
- (घ) साम्यावस्था अग्रगामी दिशा में स्थानान्तरित हो जाएगी।

प्रश्न 7.30

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



- (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

- और अधिक PCl_5 मिलाया जाए,
- दाब बढ़ाया जाए तथा
- ताप बढ़ाया जाए तो K_c पर क्या प्रभाव होगा?

उत्तर:

(क) K_c के लिए व्यंजक

$$= \frac{[PCl_3(g)][Cl_2(g)]}{[PCl_5(g)]}$$

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

$$K_c = \frac{[PCl_5(g)]}{[PCl_3(g)][Cl_2(g)]}$$

(ग)

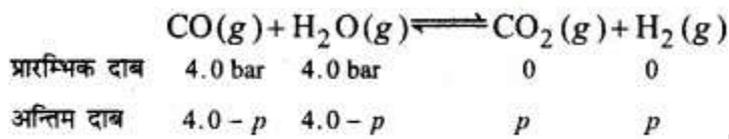
- चूँकि ताप में कोई परिवर्तन नहीं हुआ है, अतः PCl_5 , और मिलाने पर K_c का मान वहीं रहेगा।
- दाब बढ़ाने से अभिक्रिया कम आयतन की दिशा में अग्रसर होगी अर्थात् अभिक्रिया पश्चगामी दिशा में विस्थापित हो जायेगी जिससे K_c का मान घटेगा।
- चूँकि अभिक्रिया ऊष्माशोषी है, अतः ताप बढ़ाने पर अग्रगामी अभिक्रिया की ओर होगी। अतः K_c बढ़ जायेगा।

प्रश्न 7.31

हाबर 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 हैं। 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 $400^\circ C$ पर अभिक्रिया पात्र में CO एवं भाप का सममोलर मिश्रण इस प्रकार लिया जाए कि $P_{CO} = P_{H_2} = 4.0 \text{ bar}$, H_2 का साम्यावस्था पर आंशिक दाब क्या होगा? $400^\circ C$ पर $K_p = 10.1$

उत्तर:



$$K_p = \frac{(P_{CO_2}) \times (P_{H_2})}{(P_{CO}) \times (P_{H_2O})} = \frac{p \times p}{(4-p)^2}$$

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

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

$$3.17 = \frac{p}{4-p}$$

$$12.68 - 3.17p = p$$

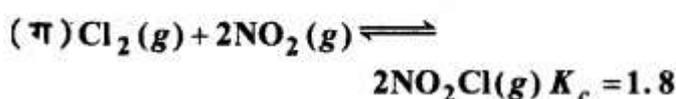
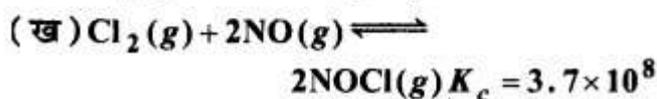
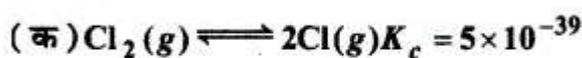
$$4.17p = 12.68$$

$$p = \frac{12.68}{4.17} = 3.04 \text{ bar}$$

अतः साम्यावस्था पर H_2 का आंशिक दाब = 3.04 bar

प्रश्न 7.32

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



उत्तर:

(क) चूँकि K_c का मान बहुत कम है, अतः साम्यावस्था पर अभिकारकों की मात्रा बहुत अधिक है।

(ख) चूँकि K_c का मान अत्यधिक है, अतः साम्यावस्था पर उत्पादों की मात्रा बहुत अधिक निकट है अर्थात् अभिक्रिया पूर्णता के निकट है।

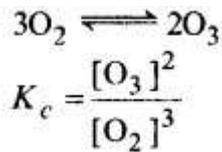
(ग) चूँकि K_c का मान एक से अधिक है, अतः अभिकारकों की मात्रा उत्पादों की मात्रा से कम होगी जिससे अभिक्रिया में अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रता सुप्रेक्ष्य होगी।

प्रश्न 7.33

25°C पर अभिक्रिया $3\text{O}_2(\text{g}) = 2\text{O}_3(\text{g})$ के लिए K_c 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?

उत्तर:

अभिक्रिया



या $2.0 \times 10^{-50} = \frac{[\text{O}_3]^2}{(1.6 \times 10^{-2})^3}$

या $[\text{O}_3]^2 = 2.0 \times 10^{-50} \times 1.6 \times 10^2$
 $= 8.19 \times 10^{-56}$

या $[\text{O}_3] = 2.9 \times 10^{-28} \text{ mol L}^{-1}$

प्रश्न 7.34

$\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ अभिक्रिया एक लीटर फ्लास्क में 1300 K पर साम्यावस्था में है। इसमें CO के 0.3 mol , H_2 के 0.01 mol , H_2O के 0.02 mol एवं CH_4 की अज्ञात मात्रा है। दिये गये ताप पर अभिक्रिया के लिए K_c का मान 3.90 है। मिश्रण में CH_4 की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

अभिक्रिया



$$K_c = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$$

या $3.90 = \frac{[\text{CH}_4] \times 0.02}{0.3 \times (0.01)^3}$

या $[\text{CH}_4] = \frac{3.90 \times 3 \times (0.01)^3}{0.02}$
 $= 5.85 \times 10^{-5} \text{ M}$

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_2 -3 एवं S^{2-} क्षार है।

उत्तर:

ऐसे अम्ल तथा क्षार के युग्मों को जो क्रमशः एक प्रोटॉन की उपस्थिति या अनुपस्थिति में परस्पर भिन्न होते हैं, संयुग्मी अम्ल-क्षारक युग्म कहते हैं। दिये हुए स्पीशीज में HNO_2 , CN^- , HClO_4 , F^- , OH^- , CO_2 -3 एवं S^{2-} क्षार है।

इनके क्रमशः संगत संयुग्मी अम्ल/क्षार निम्नवत् है –

संयुग्मी क्षार – NH_2^- ClO_4^-

संयुग्मी अम्ल – HCN , HF , H_2O , HCO_3^- , HS^-

प्रश्न 7.36

निम्नलिखित में से कौन-से लूईस अम्ल हैं?

H_2O , BF_3 , H^+ एवं NH_4^+

उत्तर:

उपर्युक्त में से BF_3 , H^+ लूईस अम्ल हैं।

प्रश्न 7.37

निम्नलिखित ब्रान्स्टेड अम्लों के लिए संयुग्मी क्षारकों के सूत्र लिखिए –

HF , H_2SO_4 एवं HCO_3^-

उत्तर:

ब्रान्स्टेड अम्ल	संयुग्मी क्षारक
HF	F^-
H_2SO_4	HSO_4^-
HCO_3^-	CO_3^{2-}

प्रश्न 7.38

ब्रान्स्टेड क्षारकों NH_2^- , NH_3 तथा HCOO^- के संयुग्मी अम्ल लिखिए –

उत्तर:

ब्रान्स्टेड क्षारक	संयुग्मी अम्ल
NH_2^-	NH_3
NH_3	NH_4^+
HCOO^-	HCOOH

प्रश्न 7.39

स्पीशीज H_2O , HCO_3^- , HSO_4^- तथा NH_3 ब्रान्स्टेड अम्ल तथा क्षारक दोनों की भांति व्यवहार करते हैं।

प्रत्येक के संयुग्मी अम्ल तथा क्षारक बताइए।

उत्तर:

स्पीशीज	संयुग्मी अम्ल	संयुग्मी क्षार
H ₂ O	H ₃ O ⁺	OH ⁻
HCO ₃ ⁻	H ₂ CO ₃	CO ₃ ²⁻
HSO ₄ ⁻	H ₂ SO ₄	SO ₄ ²⁻
NH ₃	NH ₄ ⁺	NH ₂ ⁻

प्रश्न 7.40

निम्नलिखित स्पीशीज को लूईस अम्ल तथा क्षारक में वर्गीकृत कीजिए तथा बताइए कि ये किस प्रकार लूईस अम्ल-क्षारक के समान कार्य करते हैं -

- (क) OH⁻
- (ख) F⁻
- (ग) H⁺
- (घ) BCl₃

उत्तर:

- (क) चूँकि यह एक इलेक्ट्रॉन-युग्मदाता है, अतः यह लूईस क्षारक है।
- (ख) चूँकि यह एक असहभागित इलेक्ट्रॉन-युग्म-दान कर सकता है, अतः यह लूईस क्षारक है।
- (ग) चूँकि यह एक इलेक्ट्रॉन-युग्म ग्रहण करने की क्षमता रखता है, अतः यह लूईस अम्ल है।
- (घ) चूँकि यह एक इलेक्ट्रॉन-युग्म ग्रहण करने की क्षमता रखता है, अतः यह लूईस अम्ल है।

प्रश्न 7.41

एक मृदु पेय के नमूने में हाइड्रोजन आयन की सांद्रता $3.8 \times 10^{-3}M$ है। उसकी pH परिकल्पित कीजिए।

उत्तर:

हम जानते हैं कि

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[\text{H}^+] \\ &= -\log 3.8 \times 10^{-3} \\ &= 2.4202 \end{aligned}$$

प्रश्न 7.42

सिरके के एक नमूने की pH 3.76 है। इसमें हाइड्रोजन आयन की सांद्रता ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

या $\text{pH} = \frac{1}{\log [\text{H}^+]}$

या $3.76 = \frac{1}{\log [\text{H}^+]}$

या $\frac{1}{[\text{H}^+]} = \text{Antilog } 3.76 = 57544$

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

प्रश्न 7.43

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

उत्तर:

हम जानते हैं कि -

$$K_a \times K_b = K_w = 10^{-14}$$

HF के लिए— $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{6.8 \times 10^{-4}} = 1.47 \times 10^{-11}$$

HCOOH के लिए— $K_a = 1.8 \times 10^{-4}$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a}$$

$$= \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-4}}$$

$$= 5.55 \times 10^{-11}$$

HCN के लिए— $K_a = 4.8 \times 10^{-9}$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a}$$

$$= \frac{10^{-14}}{4.8 \times 10^{-9}}$$

$$= 2.08 \times 10^{-6}$$

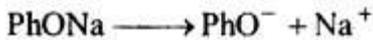
प्रश्न 7.44

फीनोल का आयनन स्थिरांक 1.0×10^{-10} है। 0.05 M फीनोल के विलयन में फीनोलेट आयन की सांद्रता तथा 0.01M सोडियम फीनेट विलयन में उसके आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

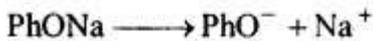
प्रथम स्थिति:

माना फीनोल के Cmol जल में घुलकर विलयन बनाते हैं तथा फीनोल के वियोजन की मात्रा a है। साम्य बिन्दु पर विभिन्न स्पीशीज की सान्द्रता इस प्रकार होगी –



द्वितीय स्थिति:

जब फीनोल (PhOH) को 0.01M सोडियम फीनेट विलयन में मिलाया जाता है, तब आयनन निम्नांकित प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता है –



सोडियम फीनेट के आयनन के कारण PhO⁻ की सान्द्रता (पूर्ण आयनन) = 0.01M

माना PhOH से PhO⁻ आयनों की सान्द्रता = xM

∴ PhO⁻ आयनों की कुल सान्द्रता अर्थात् [PhO⁻] = 0.01 + x ~ 0.01M (x अत्यन्त कम होने के कारण नगण्य है)

अनायनित PhOH की सान्द्रता = 0.05 – x = 0.05M

PhOH के लिए आयनन स्थिरांक –

$$(K_a) = \frac{[\text{PhO}^-][\text{H}^+]}{[\text{PhOH}]}$$

$$1 \times 10^{-10} = \frac{(0.01M) \times [\text{H}^+]}{0.05M}$$

या
$$[\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-10} \times 0.05}{0.01}$$

$$= 5.0 \times 10^{-10}$$

$$\text{फीनोल के आयनन की मात्रा (a)} = \frac{5.0 \times 10^{-10}}{5.0 \times 10^{-2}} = 10^{-8}$$

प्रश्न 7.45

H₂S का प्रथम आयनन स्थिरांक 9.1×10^{-8} है। इसके 0.1M विलयन में HS⁻ आयनों की सान्द्रता की गणना कीजिए तथा बताइए कि यदि इसमें 0.1M HCl भी उपस्थित हो तो सान्द्रता किस प्रकार प्रभावित होगी? यदि H₂S का द्वितीय वियोजन स्थिरांक 1.2×10^{-13} हो तो सल्फाइड S²⁻ आयनों की दोनों स्थितियों में सान्द्रता की गणना कीजिए।

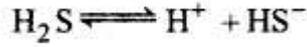
उत्तर:

प्रथम स्थिति:

0.1M H₂S विलयन में [HS⁻] की गणना:

माना H₂S के वियोजन की मात्रा = a

माना H_2S के वियोजन की मात्रा = a



प्रारम्भिक मोलर सान्द्रता $0.1M$ 0 0

साम्य बिन्दु पर मोलर सान्द्रता $(0.1-a)$ a a

ओस्टवाल्ड तनुता नियम के अनुसार,

$$K_{a_1} = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]}$$
$$= \frac{(a) \times (a)}{(0.1-a)} = \frac{a^2}{0.1} \quad [\because (0.1-a \approx 0.1)]$$
$$9.1 \times 10^{-8} = \frac{a^2}{0.1}$$

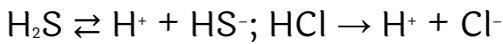
या

$$a^2 = 9.1 \times 10^{-9}$$
$$= 91 \times 10^{-10}$$
$$a = (91 \times 10^{-10})^{1/2}$$
$$= 9.54 \times 10^{-5}$$

अतः $[HS^-] = 9.54 \times 10^{-5}$

द्वितीया स्थिति - $0.1M$ HCl विलयन में $[HS^-]$ की सान्द्रता:

जब $0.1M$ HCl विलयन में H_2S विलयन मिलाया जाता है, तब वियोजन निम्नवत् प्रदर्शित किया जा सकता है -



HCl (प्रबल अम्ल) के वियोजन के कारण $[H^+] = 0.1M$

माना H_2S (दुर्बल अम्ल) के वियोजन के कारण $[H^+] = xM$

H^+ आयनों की कुल सान्द्रता अर्थात्

$$[H^+] = 0.1 + x \sim 0.1M \quad (x \text{ आत्यन्त कम होने के कारण उपेक्षणीय है})$$

विलयन में $[HS^-] = xM$

अवियोजित H_2S की सान्द्रता

$$= [H_2S] = 0.1 - x \sim 0.1M$$

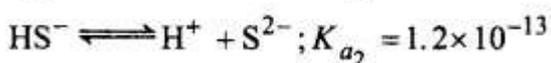
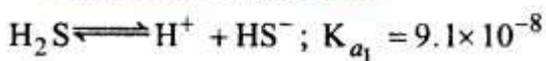
$$K_{a_1} = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]}$$

या

$$9.1 \times 10^{-8} = \frac{(0.1) \times x}{(0.1)} = x$$

या $[HS^-] = x = 9.1 \times 10^{-8}$

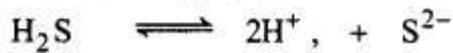
तृतीय स्थिति - $0.1M$ HCl की अनुपस्थिति में $[S^{2-}]$ की गणना:



सम्पूर्ण अभिक्रिया के लिए K_a की गणना हेतु दोनों समीकरणों से,

$$K_a = K_{a_1} \times K_{a_2} = (9.1 \times 10^{-8}) \times (1.2 \times 10^{-18}) \\ = 1.092 \times 10^{-20}$$

H₂S का वियोजन निम्नवत् प्रदर्शित किया जा सकता है—



$$0.1 - y \approx 0.1 \quad 2y \quad y \\ \text{[माना } (\text{S}^{2-}) = y]$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$1.092 \times 10^{-20} = \frac{4y^2 \times y}{0.1}$$

$$4y^3 = 1.092 \times 10^{-21}$$

$$y^3 = \frac{1.092 \times 10^{-21}}{4}$$

$$= (273 \times 10^{-24})$$

$$[\text{S}^{2-}] = y = 6.49 \times 10^{-8} \text{ M} \approx 6.5 \times 10^{-8} \text{ M}$$

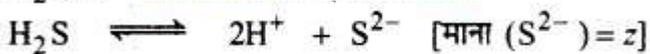
चतुर्थ स्थिति:

0.1M HCl की उपस्थिति में [S²⁻] की गणना:

माना H₂S के वियोजन के कारण [S²⁻] = zM

H₂S का वियोजन निम्नवत् दर्शाया जा सकता है—

H₂S का



$$(0.1 - z) \approx 0.1 \quad 2z \quad z$$

H⁺ आयनों की कुल सांद्रता [H⁺] = 0.1 + 2z = 0.1M

विलयन में [S²⁻] = z

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

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

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

$$= 1.092 \times 10^{-19} \text{ M}$$

प्रश्न 7.46

ऐसीटिक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.74×10^{-5} है। इसके 0.05 M विलयन में वियोजन की मात्रा, ऐसीटेट आयन सांद्रता तथा pH का परिकलन कीजिए।

उत्तर:

प्रश्नानुसार,

$$K_a = 1.74 \times 10^{-5}$$

$$a = ?$$

$$c = 0.05M$$

$$[CH_3COO^-] = ? \text{ pH} = ?$$



प्रारम्भिक सांद्रता	1	0	0
	$1 - a$	a	a
अन्तिम सांद्रता	$(1 - a)c$	ca	ca

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$= \frac{ca \times ca}{c(1-a)}$$

$$K_a = \frac{ca^2}{(1-a)} \quad (\text{चूँकि } a \ll 1, 1-a=1)$$

$$K_a = ca^2$$

$$\begin{aligned} \text{या } a &= \left(\frac{K_a}{c} \right)^{1/2} = \left(\frac{1.74 \times 10^{-5}}{0.05} \right)^{1/2} \\ &= (3.48 \times 10^{-4})^{1/2} \\ &= 1.86 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$a = 1.86\%$$

$$\begin{aligned} [CH_3COO^-] &= [H_3O^+] = ca \\ &= 0.05 \times 1.86 \times 10^{-2} \\ &= 9.3 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [H_3O^+] \\ &= -\log (9.3 \times 10^{-4}) \end{aligned}$$

$$\text{pH} = 3.03$$

प्रश्न 7.47

0.01M कार्बनिक अम्ल [HA] के विलयन की PH, 4.15 है। इसके ऋणायन की सांद्रता, अम्ल का आयनन स्थिरांक तथा PK_a मान परिकल्पित कीजिए।

उत्तर:

ऋणायन की सांद्रता ज्ञात करना -

$$\text{pH} = 4.15$$

$$c = 0.01$$

$$\text{pH} = -\log[H_3O^+] = 4.15$$

$$\log [H_3O^+] = -4.15 + 1 - 1 = 5^{-.85}$$

$$[H_3O^+] = \text{Antilog} (5^{-.85})$$

$$= 7.08 \times 10^{-5}$$

$$[\text{ऋणायन}] = [H_3O^+] = 7.08 \times 10^{-5} \text{ M}$$

अम्ल का आयनन स्थिरांक ज्ञात करना

$$K_a = \frac{[H_3O^+][\text{ऋणायन}]}{[\text{कार्बनिक अम्ल}]}$$
$$= \frac{7.08 \times 10^{-5} \times 7.08 \times 10^{-5}}{0.01(1-a)} = 5.08 \times 10^{-7}$$

चूँकि a अत्यन्त कम है; अतः $0.01 - 0.01a = 0.01$

$$K_a = \frac{5.01 \times 10^{-9}}{0.01} = 5.01 \times 10^{-7}$$

$$pK_a = -\log K_a = -\log (5.01 \times 10^{-7})$$
$$= 6.30$$

प्रश्न 7.48

पूर्ण वियोजन मानते हुए निम्नलिखित विलयनों के pH ज्ञात कीजिए –

(क) 0.003 M HCl

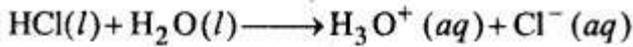
(ख) 0.005 M NaOH

(ग) 0.002 M HBr

(घ) 0.002 M KOH

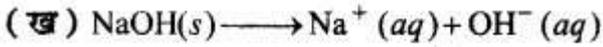
उत्तर:

(क) अभिक्रिया



$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

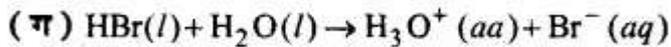
$$\begin{aligned} \therefore [\text{H}_3\text{O}^+] &= 0.003 M \\ &= 2.52 \end{aligned}$$



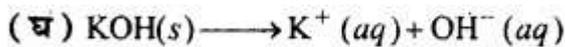
$$\therefore [\text{OH}^-] = 0.005 M = 5 \times 10^{-3} M$$

$$\begin{aligned} \therefore [\text{H}_3\text{O}^+] &= \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} \\ &= \frac{(10^{-14} M^2)}{(5 \times 10^{-3} M)} = 2 \times 10^{-12} M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \\ &= -\log(2 \times 10^{-12}) = 11.70 \end{aligned}$$



$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(2 \times 10^{-3}) = 2.70$$



$$0.002 M$$

$$[\text{OH}^-] = 0.002 M = 2 \times 10^{-3} M$$

तथा
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{(10^{-14} M^2)}{(2 \times 10^{-3} M)}$$

$$= 5 \times 10^{-12} M$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \\ &= -\log(5 \times 10^{-12}) \\ &= 11.30 \end{aligned}$$

प्रश्न 7.49

निम्नलिखित विलयनों के pH ज्ञात कीजिए -

(क) 2g TIOH को जल में घोलकर 2L विलयन बनाया जाए।

(ख) 0.3g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ को जल में घोलकर 500 mL विलयन बनाया जाए।

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

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

उत्तर:

(क) 2L विलयन में 2g TIOH का pH का मान -

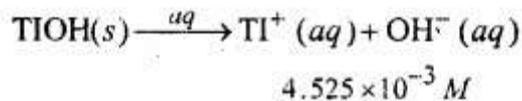
TIOH विलयनक की मोलरता

$$= \frac{\text{TIOH का द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलयन का L में आयतन}}$$

$$= \frac{(2g) / (221g \text{ mol}^{-1})}{(2L)}$$

$$= 4.525 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$= 4.525 \times 10^{-3} M$$



$$[\text{OH}^-] = 4.525 \times 10^{-3} M$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{4.525 \times 10^{-3} M}$$
$$= \frac{(10^{-14} M^2)}{4.525 \times 10^{-3} M}$$

$$= 2.21 \times 10^{-12} M$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$= -\log (2.21 \times 10^{-12})$$

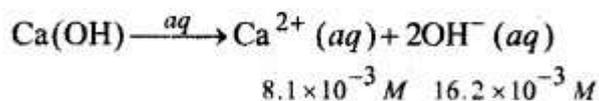
$$= \mathbf{11.656}$$

(ख) 500 mL विलयन में 0.3g Ca(OH)₂ का pH मान -

$$\text{Ca(OH)}_2 = \frac{\text{Ca(OH)}_2 \text{ का द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलयन का लीटर में आयतन}}$$

$$= \frac{(0.3g) / (74g \text{ mol}^{-1})}{(0.5L)}$$

$$= 8.1 \times 10^{-3} M$$



$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$= -\log (16.2 \times 10^{-3})$$

$$= 1.79$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1.79 = \mathbf{12.21}$$

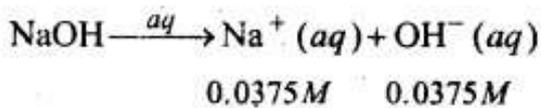
(ग) 200 mL विलयन में 0.3g NaOH का pH मान –
NaOH विलयन की मोलरता

NaOH विलयन की मोलरता

$$= \frac{\text{NaOH का द्रव्यमान / मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलयन का लीटर में आयतन}}$$

$$= \frac{(0.3\text{g}) / (40\text{g mol}^{-1})}{(0.2\text{L})}$$

$$= 0.0375\text{mol L}^{-1} = 0.0375\text{M}$$



$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$= -\log (3.75 \times 10^{-2})$$

$$= 1.426$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

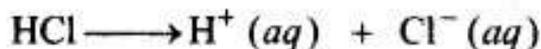
$$= 14 - 1.426 = 12.574$$

(घ) 13.6M HCl विलयन के 1mL को 12 तक तनु करने पर PH मान –
तनु विलयन की मोलरता निम्नवत् ज्ञात की जा सकती है –

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$(13.6\text{M}) \times (1\text{mL}) = M_2 \times (1000\text{mL})$$

$$\text{या } M_2 = \frac{13.6}{1000} = 1.36 \times 10^{-2}\text{M}$$



$$1.36 \times 10^{-2}\text{M} \quad 1.36 \times 10^{-2}\text{M}$$

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

$$= 1.866$$

प्रश्न 7.50

ब्रोमोऐसीटिक अम्ल की आयनन की मात्रा 0.132 है। 0.1M अम्ल की pH तथा pK_a का मान ज्ञात कीजिए।
उत्तर:

प्रश्नानुसार,

ब्रोमोऐसीटिक अम्ल की आयनन की मात्रा (α) = 0.132

तथा अम्ल की सांद्रता = 0.1M

$$\therefore [\text{H}^+] = c \times \alpha$$

$$= 0.1 \times 0.132$$

$$= 0.0132M$$

$$\text{तथा } \text{PH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$= -\log 0.0132$$

$$= -\log (1.32 \times 10^{-2}) = 1.88$$

अब

$$\text{pK}_a = -\log K_a$$

$$= -\log(2.01 \times 10^{-3}) = 2.70$$

प्रश्न 7.51

0.005 M कोडीन ($\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}_3$) विलयन का pH 9.95 है। इसका आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

प्रश्नानुसार,

$$\text{pH} = 9.95$$

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

$$\therefore \log[\text{H}^+] = -9.95 + 1 - 1 \\ = \bar{10}.05$$

$$\text{या } [\text{H}^+] = \text{Antilog}(\bar{10}.05)$$

$$\text{या } [\text{H}^+] = 1.12 \times 10^{-10} M$$

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

$$\text{या } K_b = \frac{[\text{M}^+][\text{OH}^-]}{[\text{MOH}]}$$

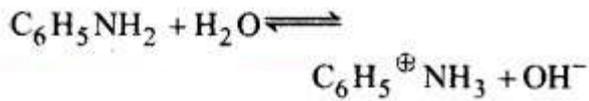
$$= \frac{(8.93 \times 10^{-5})^2}{0.005}$$

$$= 1.6 \times 10^{-6}$$

प्रश्न 7.52

0.001M ऐनिलीन विलयन का pH क्या है? ऐनिलीन का आयनन स्थिरांक सारणी 7.7 से ले सकते हैं। है। इसके संयुग्मी अम्ल का आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

उत्तर:



$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$= -\log ca = -\log \sqrt{K_b \times c}$$

($\because [\text{OH}^-] = ca$ तथा $K_b = ca^2$)

$$= -\log \sqrt{4.27 \times 10^{-10} \times 0.001}$$

$$= -\log \sqrt{4.27 \times 10^{-13}}$$

$$= -\log \sqrt{42.7 \times 10^{-14}}$$

$$= -\log 6.5 - \log 10^{-7}$$

$$= -\log (6.5 \times 10^{-7})$$

$$= -\log 6.5 + 7.00$$

$$= -0.8129 + 7.00$$

$$\text{pOH} = 6.1871$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$= 14 - 6.1871$$

$$= 7.8129$$

हम जानते हैं कि

$$K_a \times K_b = K_w$$

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4.27 \times 10^{-10}}$$

संयुग्मी अम्ल के लिए, $K_a = 2.34 \times 10^{-5}$

प्रश्न 7.53

यदि 0.05 M ऐसीटिक अम्ल के PK_a का मान 4.74 है तो आयनन की मात्रा कीजिए। यदि इसे (अ) 0.01M (ब) 0.1M HCl विलयन में डाला जाए तो वियोजन की मात्रा किस प्रकार प्रभावित होती है?

उत्तर:

हम जानते हैं कि

$$\text{pK}_a = -\log K_a$$

$$4.74 = -\log K_a$$

$$\log K_a = -4.74 + 1 - 1$$

$$\log K_a = 5.26$$

$$K_a = \text{Antilog}(5.26)$$

$$= 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\text{अब, } K_a = ca^2$$

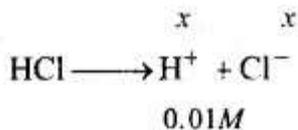
$$\text{या } a = \sqrt{K_a c} = \sqrt{(1.8 \times 10^{-5}) \times 0.05}$$

$$= 3.6 \times 10^{-4} \sqrt{}$$

$$= 1.92 \times 10^{-2} = 0.019$$

$$= 1.9\%$$

(अ) 0.01M HCl विलयन में डालने पर,



$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$= \frac{(0.01+x) \times (x)}{0.05}$$

$$= \frac{0.01x + x^2}{0.05}$$

(x^2 नगण्य माना जा सकता)

$$K_a = \frac{0.01x}{0.05}$$

या $1.8 \times 10^{-5} = \frac{0.01x}{0.05} = \frac{x}{5}$

$$x = 5 \times 1.8 \times 10^{-5} = 9.0 \times 10^{-5}$$

$$a = \frac{x}{c} = \frac{9.0 \times 10^{-5}}{0.05}$$

$$= 1.8 \times 10^{-5+2} = 1.8 \times 10^{-3}$$

(ब) 0.1M HCl विलयन में डालने पर, उपर्युक्त की भाँति,

$$x = 0.05 \times 1.8 \times 10^{-5} \times 0.1$$

$$= 9.0 \times 10^{-6} \text{M}$$

$$a = \frac{x}{c} = \frac{9 \times 10^{-6}}{0.05}$$

$$= 1.8 \times 10^{-4}$$

स्पष्ट है कि इस स्थिति में वियोजन की मात्रा 0.01M HCl से 10 गुना कम हो जाती है।

प्रश्न 7.54

डाइमेथिल ऐमीन 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 0.1M हो तो डाइमेथिल ऐमीन का प्रतिशत आयनन क्या होगा?

उत्तर:

प्रश्नानुसार,

$$K_b = 5.4 \times 10^{-4}$$

$$K_b = \frac{ca^2}{1-a} = \frac{0.02a^2}{1-a}$$

($\because a \ll 1, 1-a=1$)

$$K_b = \frac{0.02a^2}{1}$$

$$a = \left(\frac{K_b}{0.02} \right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{5.4 \times 10^{-4}}{0.02} \right)^{1/2} = 0.164$$

यदि यह विलयन NaOH प्रति 0.1M हो तो

$$K_b = 5.4 \times 10^{-4} = \frac{x(0.1+x)}{c-x} = \frac{0.1x}{0.02}$$

$$x = \frac{5.4 \times 10^{-4} \times 0.02}{0.1} = 1.08 \times 10^{-4}$$

$$a = \frac{x}{c} = \frac{1.08 \times 10^{-4}}{0.02} = 0.0054$$

यह NaOH की अनुपस्थिति में वियोजन की मात्रा 0.164 से अत्यन्त कम है।

प्रश्न 7.55

निम्नलिखित जैविक द्रवों, जिनमें PH दी गई है, की हाइड्रोजन आयन सांद्रता परिकल्पित कीजिए –

(क) मानव पेशीय द्रव, 6.83

(ख) मानव उदर द्रव, 1.2

(ग) मानव रुधिर, 7.38

(घ) मानव लार, 6.4

उत्तर:

(क) प्रश्नानुसार, PH = 6.83

$$\therefore \log_1 [H^+]$$

$$\text{या } \log_1 [H^+] = 6.83$$

$$1[H^+] = \text{Antilog } 6.83$$

$$\text{या } [H^+] = \text{Antilog } (-6.83)$$

$$= 1.48 \times 10^{-7}$$

(ख) मानव उदर द्रव $[H^+]$ सांद्रता

$$\therefore \text{PH} = 1.2$$

$$\therefore \log_1 [H^+] = \text{Antilog } (1.2)$$

$$\begin{aligned} \text{या } [H^+] &= \text{Antilog} (-1.2) \\ &= 6.309 \times 10^{-2} \text{ M} \end{aligned}$$

(ग) मानव रुधिर $[H^+]$ सांद्रता

$$\therefore \text{PH} = 7.38$$

$$\therefore \log_1[H^+] = 7.38$$

$$\text{या } [1H^+] = \text{Antilog} (7.38)$$

$$\text{या } [H^+] = \text{Antilog} (-7.38)$$

$$= 4.168 \times 10^{-8}$$

(घ) मानव लार का $[H^+]$

$$\therefore \text{PH} = 6.4$$

$$\therefore \log_1[H^+] = 6.4$$

$$\text{या } \log_1[H^+] = \text{Antilog} (6.4)$$

$$\text{या } [H^+] = \text{Antilog} (-6.4)$$

$$= 3.981 \times 10^{-7}$$

प्रश्न 7.56

दूध, कॉफी, टमाटर रस, नींबू रस तथा अण्डे की सफेदी के pH का मान क्रमशः 6.8, 5.0, 4.2, 2.2 तथा 7.8 है। प्रत्येक के संगत H^+ आयन की सांद्रता ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

(क) दूध की $[H^+]$

$$\text{pH} = 6.8 \text{ या } \log [1H^+] = 6.8$$

$$[1H^+] = \text{Antilog} (6.8)$$

$$\text{या } [H^+] = \text{Antilog} (-6.8)$$

$$= 1.585 \times 10^{-7}$$

(ख) मानव उदर द्रव $[H^+]$

$$\text{pH} = 1.2 \text{ या } \log [1H^+] = 5.0$$

$$[1H^+] = \text{Antilog} (5.0)$$

$$\text{या } [H^+] = \text{Antilog} (-5.0)$$

$$= 1.0 \times 10^{-5} \text{ M}$$

(ग) मानव रुधिर की $[H^+]$

$$\text{pH} = 7.38 \text{ या } \log [1H^+] = 4.2$$

$$[1H^+] = \text{Antilog} (4.2)$$

$$\begin{aligned} \text{या } [H^+] &= \text{Antilog } (-4.2) \\ &= 6.309 \times 10^{-5} \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(घ) मानव लार का } [H^+] \\ \text{pH} &= 2.2 \text{ या } \log [H^+] = 2.2 \\ [H^+] &= \text{Antilog } (2.2) \\ \text{या } [H^+] &= \text{Antilog } (-2.2) \\ &= 6.309 \times 10^{-3} \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(डं) अण्डे की सफेदी की } [H^+] \\ \text{PH} &= 7.8 \text{ या } \log [H^+] = 7.8 \\ [H^+] &= \text{Antilog } (7.8) \\ \text{या } [H^+] &= \text{Antilog } (-7.8) \\ &= 1.585 \times 10^{-8} \text{ M} \end{aligned}$$

प्रश्न 7.57

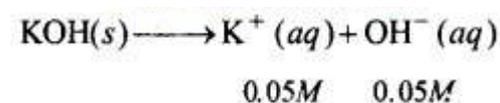
298K पर 0.561g, KOH जल में घोलने पर प्राप्त 200 mL विलयन की PH, पोटेशियम, हाइड्रोजन तथा हाइड्रॉक्सिल आयनों की सान्द्रताएं ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

विलयन की मोलर सान्द्रता

$$\begin{aligned} \text{विलयन की मोलर सान्द्रता} \\ &= \frac{\text{KOH की मात्रा / विलयन का लीटर में आयतन}}{\text{KOH का मोलर द्रव्यमान}} \\ &= \frac{0.561 / 0.2}{56} = 0.05 \text{ M} \end{aligned}$$

क्योंकि KOH एक प्रबल विद्युत-अपघट्य है, यह जलीय विलयन में पूर्णतया वियोजित हो जाता है –



$$[K^+] = 0.05M = 5.0 \times 10^{-2}M$$

$$[OH^-] = 0.05M = 5 \times 10^{-2}M$$

विलयन के pH की गणना निम्नलिखित प्रकार की जा सकती है –

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{(10^{-14} M^2)}{(5 \times 10^{-2} M)} = 2 \times 10^{-13} M$$

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] = -\log (2 \times 10^{-13})$$

$$= 12.70$$

$$= 12.70$$

प्रश्न 7.58

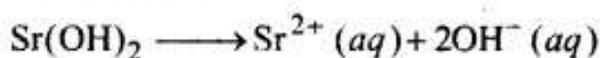
298K पर $\text{Sr}(\text{OH})_2$ विलयन की विलेयता 19.23 g/L है। स्ट्रॉशियम तथा हाइड्रॉक्सिल आयन की सान्द्रता तथा विलयन की pH ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

विलयन की मोलरता

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Sr}(\text{OH})_2 \text{ का द्रव्यमान} / \text{मोलर द्रव्यमान}}{\text{विलयन का लीटर में आयतन}} \\ &= \frac{(19.23 \text{ g}) / (87.6 + 34) \text{ g mol}^{-1}}{1 \text{ L}} \end{aligned}$$

$$= 0.1581 \text{ mol L}^{-1}$$



$$\begin{array}{ccc} 1.581 \text{ M} & & 2 \times 0.1581 \\ & & = 0.3162 \text{ M} \end{array}$$

$$[\text{Sr}^{2+}] = 0.1581; [\text{OH}^{-}] = 0.3162 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} \text{pOH} &= -\log [\text{OH}^{-}] = -\log (3.162 \times 10^{-1}) \\ &= 0.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 - \text{pOH} = 14 - 0.50 \\ &= 13.50 \end{aligned}$$

प्रश्न 7.59

प्रोपेनोइक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.32 है। $0.05 \times 10^{-5} \text{ M}$ अम्ल विलयन के आयनन की मात्रा तथा pH ज्ञात कीजिए। यदि विलयन में 0.01M HCl मिलाया जाए तो आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

प्रोपेनोइक अम्ल की आयनन की मात्रा (a) ज्ञात करना -
ओस्टवाल्ड तनुता नियम के अनुसार,

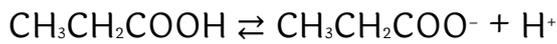
$$K_a = ca^2$$

$$\begin{aligned} \text{या } a &= \sqrt{\frac{K_a}{c}} = \sqrt{\left(\frac{1.32 \times 10^{-5}}{0.05} \right)} \\ &= \sqrt{(2.64 \times 10^{-4})} = 1.62 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

विलयन के pH की गणना -

$$\begin{aligned}
 [H^+] &= (K_a \times c)^{1/2} \\
 &= (1.32 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-2})^{1/2} \\
 &= (6.6 \times 10^{-7})^{1/2} \\
 &= 8.124 \times 10^{-4} \\
 \text{pH} &= -\log [H^+] = -\log (8.124 \times 10^{-4}) \\
 &= 3.09
 \end{aligned}$$

0.01M HCl विलयन में प्रोपेनोइक अम्ल के आयनन की मात्रा का परिकलन –



HCl की उपस्थिति में $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ का आयतन कम होगा। यदि c , अम्ल की प्रारम्भिक होती है तथा साम्यावस्था पर वियोजित मात्रा x है, तब

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} &= c - x, \\
 [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-] &= x, \\
 [\text{H}^+] &= 0.01 + x \\
 K_a &= \frac{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}]} \\
 &= \frac{(x) \times (0.01 + x)}{(c - x)} = \frac{x(0.01)}{c}
 \end{aligned}$$

या

$$\begin{aligned}
 \frac{x}{c} &= \frac{K_a}{0.01} \\
 &= \frac{1.32 \times 10^{-5}}{10^{-2}} = 1.32 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{x}{c} = 1.32 \times 10^{-3}$$

प्रश्न 7.60

यदि साइनिक अम्ल (HCNO) के 0.1M विलयन की PH, 2.34 हो तो अम्ल के आयनन स्थिरांक तथा आयनन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

विलयन में आयनन की मात्रा का परिकलन –

$$\text{pH} = 2.34 \quad \text{या} \quad \log \left[\frac{1}{[\text{H}^+]} \right] = 2.34$$

$$\left[\frac{1}{[\text{H}^+]} \right] = \text{Antilog } 2.34$$

या $[\text{H}^+] = \text{Antilog } (-2.34)$
 $= 4.571 \times 10^{-3} \text{ M}$

अब $a = \frac{[\text{H}^+]}{c} = \frac{(4.571 \times 10^{-3} \text{ M})}{(0.1 \text{ M})}$
 $= 4.571 \times 10^{-2} = 0.04571 \text{ M}$

अम्ल के आयनन स्थिरांक का परिकलन -

$$[\text{H}^+] = (K_a \times c)^{1/2} \quad \text{या} \quad [\text{H}^+]^2 = K_a \times c$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{c}$$

$$= \frac{(4.571 \times 10^{-3})^2}{0.1}$$

$$= \frac{20.89 \times 10^{-6}}{0.1} = 20.89 \times 10^{-5}$$

$$K_a = 2.089 \times 10^{-4} \approx 2.09 \times 10^{-4}$$

प्रश्न 7.61

यदि नाइट्रस अम्ल का आयनन स्थिरांक 4.5×10^{-4} है तो 0.04M सोडियम नाइट्राइट विलयन की pH तथा जलयोजन की मात्रा ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

सोडियम नाइट्राइट (NaNO_2), प्रबल क्षार (NaOH) तथा दुर्बल अम्ल (HNO_2) का एक लवण है।

प्रश्नानुसार,

तथा $K_w = 1 \times 10^{-14}$
 $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
 $\therefore K_h = \frac{K_w}{K_a}$
 $= \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.5 \times 10^{-4}} = 2.22 \times 10^{-11}$

\therefore जलयोजन की मात्रा (h) = $\sqrt{\frac{K_h}{c}}$
 $= \sqrt{\frac{2.22 \times 10^{-11}}{0.04}}$
 $= \sqrt{5.55 \times 10^{-10}}$
 $= 2.36 \times 10^{-5}$

जलीय विलयन में NaNO_2 का जलयोजन निम्न प्रकार से व्यक्त कर सकते हैं -



$$c(1-h) \qquad \qquad \qquad ch \qquad \qquad \qquad ch$$

या $[\text{OH}^-] = c \times h = 0.4 \times 2.36 \times 10^{-5}$
 $= 9.44 \times 10^{-7}$

या $[\text{H}^+] = \frac{K_w}{9.44 \times 10^{-7}}$
 $= \frac{1.0 \times 10^{-14}}{9.44 \times 10^{-7}} = 1.06 \times 10^{-8} \text{ M}$

$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (1.06 \times 10^{-8})$
 $= 7.975$

प्रश्न 7.62

यदि पिरोडिनीयम हाइड्रोजन क्लोराइड के 0.02M विलयन का pH 3.44 है तो पिरोडीन का आयनन स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

पिरोडिनीयम हाइड्रोजन क्लोराइड ($\text{C}_6\text{H}_5\text{N}^+\text{HCl}^-$) प्रबल अम्ल तथा दुर्बल क्षारक का लवण है। विलयन का pH

निम्नवत् है -

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

प्रश्नानुसार,

$$pH = 3.44, K_w = 1.0 \times 10^{-14}, c = 0.02 M$$

$$\therefore 3.44 = -\frac{1}{2}[\log (1.0 \times 10^{-14})$$

$$- \log K_b + \log (2 \times 10^{-2})]$$

$$3.44 = -\frac{1}{2}[-14 - \log K_b - 1.70]$$

$$6.88 = 14 + \log K_b + 1.70$$

$$\log K_b = 6.88 - 14 - 1.70 = -8.82$$

$$K_b = \text{Antilog}(-8.82) = 1.51 \times 10^{-9}$$

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:

उदासीन:

NaCl, KBr

क्षारीय:

NaCN, NaNO_2 , KF

अम्लीय:

NH_4NO_3

प्रश्न 7.64

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

उत्तर:

0.1M क्लोरोऐसीटिक अम्ल विलयन के pH की गणना

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

$$c = 0.1 M$$

$$[H^+] = (K_a \times c)^{1/2}$$

$$= (1.35 \times 10^{-3} \times 0.1)^{1/2}$$

$$= 1.16 \times 10^{-2} M$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log (1.16 \times 10^{-2})$$

$$= 1.94$$

0.01M अम्ल के सोडियम लवण के pH की गणना -

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.35 \times 10^{-3}} = 7.4 \times 10^{-12}$$

$$\begin{aligned} \text{जलयोजन की मात्रा } (h) &= \sqrt{\frac{K_h}{c}} \\ &= \sqrt{\frac{(7.4 \times 10^{-12})}{0.1}} = 8.6 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

अम्ल का सोडियम लवण जलयोजन होने पर क्षारीय विलयन
ता है।

$$\begin{aligned} \therefore [OH^-] &= ch = 0.1 \times 8.6 \times 10^{-6} \\ &= 8.6 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [H^+] &= \frac{K_w}{[OH^-]} \\ &= \frac{1.0 \times 10^{-14}}{8.6 \times 10^{-7}} = 1.16 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} pH &= -\log [H^+] = -\log (1.16 \times 10^{-8}) \\ &= 7.94 \end{aligned}$$

प्रश्न 7.65

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

उत्तर:

प्रश्नानुसार, चूँकि जल उदासीन है;

$$[H_3O^+] = [OH^-]$$

हम जानते हैं कि

$$[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_w = 2.7 \times 10^{-14}$$

$$\therefore [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 2.7 \times 10^{-14}$$

$$\text{या } [\text{H}_3\text{O}^+] = (2.7 \times 10^{-14})^{1/2} \\ = 1.643 \times 10^{-7}$$

$$\text{जल का pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \\ = \log (1.643 \times 10^{-7}) \\ = 6.78$$

प्रश्न 7.66

निम्नलिखित मिश्रणों की pH परिकलित कीजिए -

(क) 0.2 M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ का 10 mL + 0.1M HCl का 25 mL

(ख) 0.01M H_2SO_4 का 10 mL + 0.01M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ at 10 mL

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

उत्तर:

(क) 0.2M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ के 10 mL तथा 0.1M HCl के 25 mL के विलयन का pH -
मिश्रित करने पर, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ विलयन की मोलरता -

$$= (0.2\text{M}) \times (10\text{mL}) / (35\text{mL}) = 0.057\text{M}$$

$$\text{विलयन में } [\text{OH}^-] = 2 \times 0.057\text{M} = 0.114\text{M}$$

मिश्रित करने पर, HCl विलयन की मोलरता

$$= (0.1\text{M}) \times (25\text{mL}) / (35\text{mL}) = 0.071\text{M}$$

$$\text{विलयन में } [\text{H}^+] = 0.071\text{M}$$

उदासीनीकरण के पश्चात् विलयन में

$$[\text{OH}^-] = (0.114 - 0.071)$$

$$= 0.043\text{M}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$= -\log (4.3 \times 10^{-2})$$

$$= 1.367 \sim 1.37$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$= 14 - 1.37$$

$$= 12.63$$

(ख) 0.01M H_2SO_4 के 10 mL तथा 0.01M $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10 mL as factera at pH -

मिश्रित करने पर, H_2SO_4 विलयन की मोलरता

$$= (0.01\text{M} \times 10\text{mL}) / (20\text{mL})$$

$$= 0.005\text{M}$$

विलयन में $[H^+] = 0.005 \times 2 = 0.01M$

मिश्रित करने पर, $Ca(OH)_2$ विलयन की मोलरता

$$= (0.01M \times 10mL)(20mL)$$

$$= 0.005M$$

विलयन में $[OH^-] = 0.005 \times 2 = 0.01M$

चूँकि विलयन में $[H^+]$ तथा $[OH^-]$ समान है; अतः यह उदासीन प्रवृत्ति का है।

∴ विलयन का $pH = 7$

(ग) $0.1M H_2SO_4$ के $10 mL$ तथा $0.1M KOH$ के $10 mL$ के विलयन का $pH -$

मिश्रित करने पर, H_2SO_4 विलयन की मोलरता

$$= (0.01M \times 10mL)(20mL) = 0.05 M$$

विलयन में $[H^+] = 0.05 M \times 2 = 0.10 M$

मिश्रित करने पर, KOH विलयन की मोलरता

$$= (0.01M \times 10mL)(20mL) = 0.05M$$

विलयन में $[OH^-] = 0.05 M$

उदासीनीकरण के पश्चात् विलयन में

$$[H^+] = 0.1 - 0.05 = 0.05M$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log (5 \times 10^{-2})$$

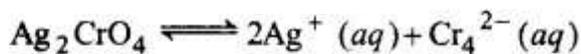
$$= 1.301$$

प्रश्न 7.67

सिल्वर क्रोमेट, बेरियम क्रोमेट, फेरिक हाइड्रॉक्साइड, लेड क्लोराइड तथा मयूरस आयोडाइड विलयन की सारणी 7.9 में दिए गए विलेयता गुणनफल स्थिरांक की सहायता से विलेयता ज्ञात कीजिए तथा प्रत्येक आयन की मोलरता भी ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

1. सिल्वर क्रोमेट (Ag_2CrO_4) के लिए -



माना जल में लवण की विलेयता = s

$$[Ag^+ (aq)] = 2s \text{ तथा } [CrO_4^{2-} (aq)] = s$$

$$K_{sp} = [Ag^+ (aq)]^2 [CrO_4^{2-} (aq)]$$

$$1.1 \times 10^{-12} = (2s)^2 \times (s) = 4s^3$$

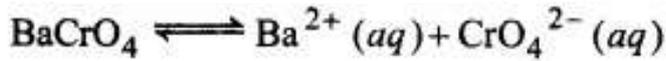
$$\text{या } s = \left(\frac{1.1 \times 10^{-12}}{4} \right)^{1/3} = 6.5 \times 10^{-5} M$$

$$Ag^+ \text{ आयनों की मोलरता} = 2s = 2 \times 6.5 \times 10^{-5} M$$

$$= 1.3 \times 10^{-4} M$$

$$CrO_4^{2-} \text{ आयनों की मोलरता} = s = 6.5 \times 10^{-5} M$$

2. बेरियम क्रोमेट (BaCrO_4) के लिए – बेरियम क्रोमेट जल में निम्नानुसार वियोजित होता है –



माना जल में लवण की विलेयता = s

$$[\text{Ba}^{2+} (aq)] = s \quad \text{तथा} \quad [\text{CrO}_4^{2-} (aq)] = s$$

$$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+} (aq)][\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$1.2 \times 10^{-10} = s \times s = s^2$$

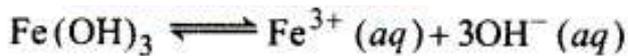
$$s = (1.2 \times 10^{-10})^{1/2}$$

$$= 1.10 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{Ba}^{2+} (aq) \text{ आयनों की मोलरता} = 1.1 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{CrO}_4^{2-} (aq) \text{ आयनों की मोलरता} = 1.1 \times 10^{-5} \text{ M}$$

3. फेरिक हाइड्रॉक्साइड [$\text{Fe}(\text{OH})_3$] विलयन के लिए – फेरिक हाइड्रॉक्साइड जल में निम्नानुसार वियोजित होता है –



माना जल में हाइड्रॉक्साइड की विलेयता = s

$$[\text{Fe}^{3+} (aq)] = s \quad \text{तथा} \quad [\text{OH}^- (aq)] = 3s$$

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{3+} (aq)][\text{OH}^- (aq)]^3$$

$$1.0 \times 10^{-38} = (s) \times (3s)^3 = 27s^4$$

$$s = \left(\frac{1.0 \times 10^{-38}}{27} \right)^{1/4}$$

$$= 1.387 \times 10^{-10} \text{ M}$$

$$\text{Fe}^{3+} (aq) \text{ आयनों की मोलरता} = 1.387 \times 10^{-10} \text{ M}$$

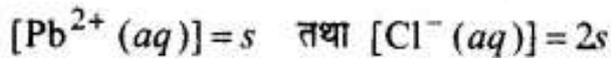
$$\text{OH}^- (aq) \text{ आयनों की मोलरता} = 3 \times 1.387 \times 10^{-10}$$

$$= 4.16 \times 10^{-10} \text{ M}$$

4. लेड क्लोराइड (PbCl_2) विलयन के लिए लेड क्लोरोइड जल में निम्नानुसार वियोजित होता है –



माना लवण की जल में विलेयता = s



$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+} (aq)][\text{Cl}^{-} (aq)]^2$$

$$1.6 \times 10^{-5} = (s) \times (2s)^2 = 4s^3$$

$$s^3 = \frac{1.6 \times 10^{-5}}{4} = 4.0 \times 10^{-6}$$

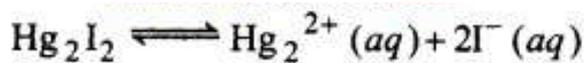
$$s = (4.0 \times 10^{-6})^{1/3}$$

$$= 1.58 \times 10^{-2} \text{ M}$$

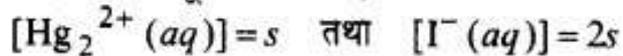
$\text{Pb}^{2+} (aq)$ आयनों की मोलरता = $1.58 \times 10^{-2} \text{ M}$

$\text{Cl}^{-} (aq)$ आयनों की मोलरता = $3.16 \times 10^{-2} \text{ M}$

5. मयूरस आयोडाइड (Hg_2I_2) विलयन के लिए मयूरस आयोडाइड जल में निम्नानुसार वियोजित होता है -



माना जल में मयूरस आयोडाइड की विलेयता = s



$$K_{sp} = [\text{Hg}_2^{2+} (aq)][\text{I}^{-} (aq)]^2$$

$$4.5 \times 10^{-29} = (s) \times (2s)^2 = 4s^3$$

$$s^3 = \frac{4.5 \times 10^{-29}}{4} = 1.125 \times 10^{-29}$$

$$s = (1.125 \times 10^{-29})^{1/3}$$

$$= 2.24 \times 10^{-10} \text{ M}$$

$\text{Hg}_2^{2+} (aq)$ आयनों की मोलरता = $2.24 \times 10^{-10} \text{ M}$

$\text{I}^{-} (aq)$ आयनों की मोलरता = $2 \times 2.24 \times 10^{-10}$

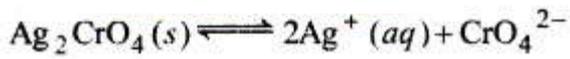
$$= 4.48 \times 10^{-10} \text{ M}$$

प्रश्न 7.68

Ag_2CrO_4 तथा AgBr का विलेयता गुणनफल स्थिरांक क्रमशः 1.1×10^{-12} तथा 5.0×10^{-13} है। उनके संतृप्त विलयन की मोलरता का अनुपात ज्ञात कीजिए।

उत्तर:

Ag_2CrO_4 विलयन की मोलर विलेयता (मोलरता) ज्ञात करना:



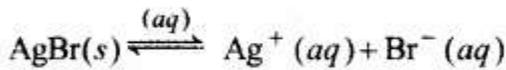
यदि लवण की जल में विलेयता s हो तो

$$[\text{Ag}^+(aq)] = 2s \text{ तथा } [\text{CrO}_4^{2-}(aq)] = s$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+(aq)]^2 [\text{CrO}_4^{2-}(aq)] \\ = (2s)^2 \times (s) = 4s^3$$

$$\text{या } s = \left(\frac{K_{sp}}{4} \right)^{1/3} = \left(\frac{1.1 \times 10^{-12}}{4} \right)^{1/3} \\ = 0.65 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

AgBr विलयन की मोलर विलेयता (मोलरता) ज्ञात करना: AgBr के वियोजित होने की अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण निम्नवत् है -



$$[\text{Ag}^+(aq)] = s \text{ तथा } [\text{Br}^-(aq)] = s$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+(aq)][\text{Br}^-(aq)] = s \times s = s^2$$

$$s = (K_{sp})^{1/2}$$

$$= (5.0 \times 10^{-12})^{1/2}$$

$$= (0.5 \times 10^{-12})^{1/2}$$

$$= 0.707 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

अतः संतृप्त विलयनों की मोलरताओं के अनुपात

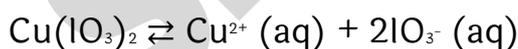
$$= \frac{(0.65 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1})}{(0.707 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1})} = 91.9$$

प्रश्न 7.69

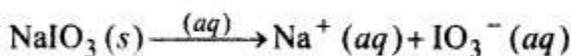
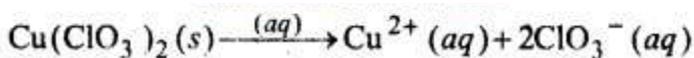
यदि 0.002 M सान्द्रता वाले सोडियम आयोडेट तथा क्यूप्रिक क्लोरेट विलयन के समान आयतन को मिलाया जाए तो क्या कॉपर आयोडेट का अवक्षेपण होगा? (कॉपर आयोडेट के लिए $K_{sp} = 7.4 \times 10^{-8}$)

उत्तर:

कॉपर आयोडेट का विलेयता साम्य निम्नवत् प्रदर्शित किया जा सकता है -



$\text{Cu}^{2+}(aq)$, कॉपर क्लोरेट विलयन से तथा $\text{IO}_3^-(aq)$ आयन सोडियम आयोडेट विलयन से प्राप्त होंगे।



बैंकि विलयनों के समान आयतनों को मिलाया जाता है, - इसलिए $\text{Cu}^{2+}(aq)$ तथा $\text{IO}_3^-(aq)$ आयनों की विलयन में मिलाने के पश्चात् सान्द्रता कम होकर आधी रह जाएगी अर्थात् $(0.02\text{M} \div 2 = 0.01\text{M})$

$$\text{आयनिक गुणनफल} = [\text{Cu}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2$$

$$= (0.001) \times (0.001)^2$$

$$= 1.0 \times 10^{-9}$$

$\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$ का K_{sp} का मान = 7.4×10^{-8} (दिया है)

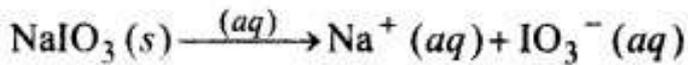
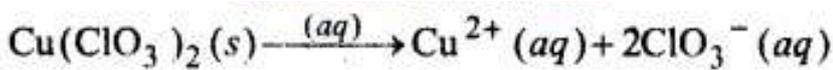
चूँकि आयनिक गुणनफल, K_{sp} से कम है; अतः $(\text{Cu}(\text{IO}_3)_2)$, अवक्षेपित नहीं होगा।

प्रश्न 7.70

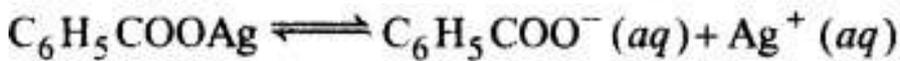
बेन्जोइक अम्ल का आयनन स्थिरांक 6.46×10^{-5} तथा सिल्वर बेन्जोएट का K_{sp} 2.5×10^{-13} है। 3.19 pH वाले बफर विलयन में सिल्वर बेन्जोएट जल की तुलना में कितना गुना विलेय होगा?

उत्तर:

जल में सिल्वर बेन्जोएट की विलेयता की गणना



3.19 वाले बफर में सिल्वर बेन्जोएट की विलेयता की गणना:



$$[K_{sp} = [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(aq)] [\text{Ag}^+(aq)]]$$

$$\text{या } [\text{Ag}(aq)] \times [\text{Ag}(aq)] = 2.5 \times 10^{-13}$$

$$\text{या } [\text{Ag}(aq)] = \sqrt{25 \times 10^{-13}}$$
$$= 5.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

बेन्जोइक अम्ल के लिए,

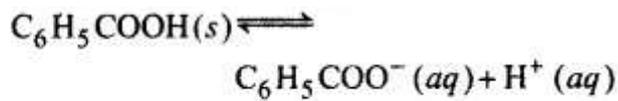
$$\therefore \text{pH} = 3.19$$

$$\therefore \log \left[\frac{1}{[\text{H}^+]} \right] = 3.19$$

$$\text{या } \left[\frac{1}{[\text{H}^+]} \right] = \text{Antilog}(3.19)$$

$$\text{या } [\text{H}^+] = \text{Antilog}(-3.19)$$
$$= 6.457 \times 10^{-4}$$

पुनः माना बफर में सिल्वर बेन्जोएट की विलेयता $y \text{ mol L}^{-1}$ है। तब



$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(aq)][\text{H}^+(aq)]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$$

$$= [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]$$

$$6.46 \times 10^{-5} = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-] \times 6.457 \times 10^{-4}}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$$

$$\text{या } [\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}] = 10[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]$$

अतः बफर तथा जल में सिल्वर बेन्जोएट की विलेयताओं का गुणनफल

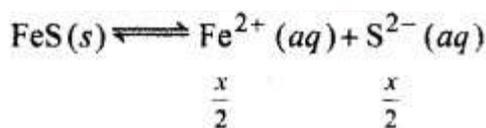
$$= \frac{1.66 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}}{5.9 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}} = 3.32$$

प्रश्न 7.71

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

उत्तर:

माना FeSO_4 तथा Na_2S दोनों विलयनों की सांद्रताएँ (मिलाने से पहले) $x \text{ mol L}^{-1}$ या XM हैं। चूंकि विलयनों के समान आयतन मिलाए जाते हैं; अतः मिलाने पर विलयन तथा आयनों की सांद्रताएँ घटकर आधी अर्थात् $\times 2$ रह जाती हैं। FeS के लिए, विलेयता गुणनफल (K_{sp}) = 6.3×10^{-18} (दिया है)



$$\frac{x}{2} \times \frac{x}{2} = 6.3 \times 10^{-18}$$

$$\text{या } x^2 = 4 \times 6.3 \times 10^{-18} = 25.2 \times 10^{-18}$$

$$x = (25.2 \times 10^{-18})^{1/2}$$

$$= 5.02 \times 10^{-9} \text{ M}$$

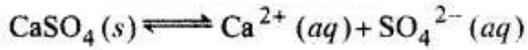
दोनों विलयनों की अधिकतम सांद्रताएँ $5.02 \times 10^{-9} \text{ M}$ हैं।

प्रश्न 7.72

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

उत्तर:

कैल्सियम सल्फेट का वियोजन निम्नवत् होता है -



माना जल में लवण की विलेयता

$$[\text{Ca}^{2+} (aq)] = s \quad \text{तथा} \quad [\text{SO}_4^{2-} (aq)] = s$$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+} (aq)][\text{SO}_4^{2-} (aq)]$$

$$9.1 \times 10^{-6} = s \times s$$

$$s = (9.1 \times 10^{-6})^{1/2}$$

$$= 3.02 \times 10^{-3} M$$

$$= 3.02 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

पुनः CaSO_4 का मोलर द्रव्यमान

$$= 40 + 32 + 64 = 136 \text{ g mol}^{-1}$$

CaSO_4 का द्रव्यमान

$$= (3.02 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}) \times (136 \text{ g mol}^{-1})$$

$$= 0.411 \text{ g L}^{-1}$$

0.411 g CaSO_4 को घोलने के लिए आवश्यक जल का आयतन = 1L

अतः 1.0 g CaSO_4 को घोलने के लिए आवश्यक जल का आयतन

$$= \frac{(1\text{L}) \times (1.0\text{g})}{(0.411\text{g})} = 2.43 \text{ L}$$

प्रश्न 7.73

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

उत्तर:

प्रश्नानुसार,

सल्फाइड (S^{2-}) आयनों की सांद्रता $= 1.0 \times 10^{-19} M$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_1 = 1.0 \times 10^{-19} M, \quad M_2 = ?$$

$$V_1 = 10 \text{ mL} \quad V_2 = 15 \text{ mL}$$

$$1.0 \times 10^{-19} M \times 10 \text{ mL} = M_2 \times 15 \text{ mL}$$

$$M_2 = \frac{2}{3} \times 1.0 \times 10^{-19}$$

$$= 0.67 \times 10^{-19}$$

$$= 6.7 \times 10^{-20}$$

धातु आयनों $[M^{2+}]$ की सांद्रता

$$= 5 \times 0.04 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$= 2 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_1 = 2 \times 10^{-4} M; \quad M_2 = ?$$

$$V_1 = 5 \text{ mL} \quad V_2 = 15 \text{ mL}$$

$$2 \times 10^{-4} \times 5 = M_2 \times 15$$

$$M_2 = \frac{1}{3} \times 2 \times 10^{-4}$$

$$= 0.67 \times 10^{-4}$$

$$= 6.7 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{आयनिक गुणनफल} = [M^{2+}][S^{2-}]$$

$$= 6.7 \times 10^{-5} \times 6.7 \times 10^{-20}$$

$$= 44.89 \times 10^{-25}$$

$$= 4.5 \times 10^{-24}$$

चूँकि ZnS का K_{sp} 2.0×10^{-23} है तो आयनिक गुणनफल से अधिक है; अतः यह अवक्षेपित नहीं होगा। F का K_p , 6.3×10^{-18} है, Cds का K_{sp} , 2.5×10^{-13} तथा CdS का K_{sp} 8.0×10^{-27} है। चूँकि CdS का K_{sp} आयनिक गुणनफल से कम है, इसलिए CaCl_2 में अवक्षेपण हो जाएगा।