



SOLUTION OF IONIC EQUILIBRIUM (ELEMENTARY)

IONIC EQUILIBRIUM-I

आयनिक साम्य-I

EXERCISE # 1

PART – I (भाग - I)

- A-1.** Polyprotic Arrhenius acids produce more than one H^+ ion per acid molecule when dissolved in water. On removal of one H^+ from an acid, we get its conjugate base. On addition of one H^+ to a base, we get its conjugate acid.
- हल.** बहुप्रोटिक आरेनियस अम्ल प्रति अम्ल अणु एक H^+ आयन की अपेक्षा अधिक आयन उत्पन्न करता है, जब जल में इसे घोलते हैं।
अम्ल से एक H^+ आयन को निकालने पर हमें संयुग्मी क्षार प्राप्त होता है। क्षार में एक H^+ आयन मिलाने पर हमें संयुग्मी अम्ल प्राप्त होता है।
- A-2.** Acidic – NH_4^+ , $CH_3COOH_2^+$ (can donate H^+ forming NH_3 & CH_3COOH , cant accept H^+ due to existing positive charge).
Basic – $H_2PO_2^-$, HPO_3^{2-} (can accept H^+ forming H_3PO_2 and $H_2PO_3^-$, but cannot donate H^+ as H is not directly attached to O, so non-acidic).
Amphiprotic – $H_2PO_3^-$, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} (can accept H^+ forming H_3PO_3 , H_3PO_4 and $H_2PO_4^-$ & can donate H^+ forming HPO_3^{2-} , HPO_4^{2-} & PO_4^{3-} respectively).
- हल.** अम्लीय – NH_4^+ , $CH_3COOH_2^+$ (H^+ आयन दान करके NH_3 तथा CH_3COOH बना सकते हैं, उत्तेजित धनावेश के कारण H^+ ग्रहण नहीं कर सकते हैं।)
क्षारीय – $H_2PO_2^-$, HPO_3^{2-} (H^+ आयन ग्रहण करके H_3PO_2 तथा $H_2PO_3^-$ बना सकते हैं, लेकिन H^+ दान नहीं कर सकते हैं क्योंकि H, O से सीधा जुड़ा हुआ नहीं है, अतः अनअम्लीय).
उभयप्रोटिक – $H_2PO_3^-$, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} (H^+ आयन ग्रहण करके क्रमशः H_3PO_3 , H_3PO_4 तथा $H_2PO_4^-$ बना सकते हैं तथा H^+ दान करके क्रमशः HPO_3^{2-} , HPO_4^{2-} तथा PO_4^{3-} बना सकते हैं).
- A-3.** H_2O upon dissociation produces both H^+ and OH^- ions ; both donates and accepts H^+ forming OH^- and H_3O^+ respectively ; can donate lone pair but cannot accept lone pair due to non-availability of vacant orbitals on it.
- हल.** H_2O वियोजन पर H^+ तथा OH^- दोनों आयन उत्पन्न करता है; दोनों H^+ दान करके तथा ग्रहण करके क्रमशः OH^- तथा H_3O^+ बनाता है ; यह एकाकी युग्म दान कर सकता है लेकिन इस पर रिक्त कक्षकों की अनुपलब्धता के कारण एकाकी युग्म ग्रहण नहीं कर सकता है।
- B-1.** $K = [NH_4^+][NH_2^-] = 10^{-30}$
 $[NH_2^-] = [NH_4^+] = 10^{-15} M$ ($\because 2NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + NH_2^-$)
No. of NH_2^- ions (NH_2^- आयनों की संख्या) = $\left(\frac{10^{-15} \text{ mole}}{L}\right) \left(\frac{1 L}{10^6 \text{ mm}^3}\right) \left(\frac{6 \times 10^{23} \text{ ions}}{\text{mole}}\right) = 600 \text{ ions / mm}^3$
- C-1.** $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-10}} = 2.5 \times 10^{-5}$
 $pK_a = 5 - \log 2.5 = 4.6$
- C-2.** (i) $HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$; $K_{eq} = K_{a_3}$ of $H_3PO_4 = 10^{-12}$
(ii) $K_a(H_2PO_4^-) \times K_b(HPO_4^{2-}) = K_w = 10^{-14}$. So, $10^{-8} \times K_b(HPO_4^{2-}) = 10^{-14}$. Therefore, $K_b(HPO_4^{2-}) = 10^{-6}$.
(iii) $K_a(H_3PO_4) \times K_b(H_2PO_4^-) = K_w = 10^{-14}$. So, $10^{-3} \times K_b(H_2PO_4^-) = 10^{-14}$. Therefore, $K_b(H_2PO_4^-) = 10^{-11}$.



$$(iv) K_b \text{ of } PO_4^{3-} (K_{b_3}) = \frac{K_w}{K_{a_3}}, K_b \text{ of } HPO_4^{2-} (K_{b_2}) = \frac{K_w}{K_{a_2}} \text{ and } K_b \text{ of } H_2PO_4^- (K_{b_1}) = \frac{K_w}{K_{a_1}}.$$

Since order of K_a is $K_{a_1} > K_{a_2} > K_{a_3}$, so order of K_b is $K_{b_1} < K_{b_2} < K_{b_3}$.

हल.

$$(i) HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}; K_{eq} = K_{a_3} \text{ of } H_3PO_4 = 10^{-12}$$

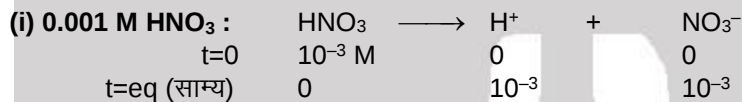
$$(ii) K_a (H_2PO_4^-) \times K_b (HPO_4^{2-}) = K_w = 10^{-14}. \text{ अतः, } 10^{-8} \times K_b (HPO_4^{2-}) = 10^{-14}. \text{ इस प्रकार, } K_b (HPO_4^{2-}) = 10^{-6}.$$

$$(iii) K_a (H_3PO_4) \times K_b (H_2PO_4^-) = K_w = 10^{-14}. \text{ अतः, } 10^{-3} \times K_b (H_2PO_4^-) = 10^{-14}. \text{ इस प्रकार, } K_b (H_2PO_4^-) = 10^{-11}.$$

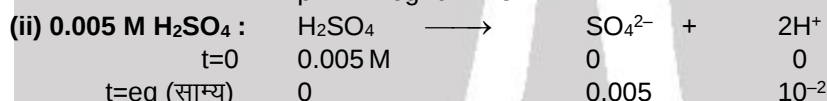
$$(iv) K_b, PO_4^{3-} (K_{b_3}) = \frac{K_w}{K_{a_3}}; K_b, HPO_4^{2-} (K_{b_2}) = \frac{K_w}{K_{a_2}} \text{ तथा } K_b, H_2PO_4^- (K_{b_1}) = \frac{K_w}{K_{a_1}}.$$

चूँकि K_a का क्रम $K_{a_1} > K_{a_2} > K_{a_3}$ है, अतः K_b का क्रम $K_{b_1} < K_{b_2} < K_{b_3}$ है।

D-1.



$$\therefore pH = -\log 10^{-3} = 3.$$



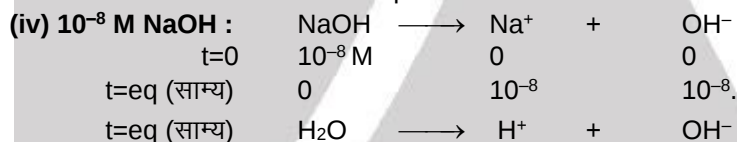
$$\therefore pH = -\log(10^{-2}) = 2.$$



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

$$pOH = 2$$

$$pH = 14 - 2 = 12.$$

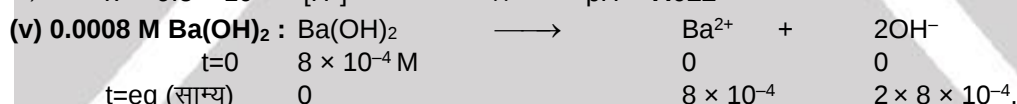


So, in solution, $[OH^-] = (10^{-8} + x) \text{ M}$ and $[H^+] = x$

अतः विलयन में, $[OH^-] = (10^{-8} + x) \text{ M}$ तथा $[H^+] = x$

$$K_w = 10^{-14} = [H^+][OH^-] \Rightarrow x(10^{-8} + x) = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow x = 9.5 \times 10^{-8} = [H^+] \therefore pH = 7.022$$



$$\therefore [OH^-] = 16 \times 10^{-4} \text{ M}.$$

$$\therefore pOH = 2.8.$$

$$\therefore pH = 11.2.$$

D-2.

$$(i) [TlOH] = \frac{2.21}{221 \times 2} = 5.0 \times 10^{-3}. \quad (\text{mol. wt. } TlOH = 221).$$

$$\therefore pOH = \log[OH^-] = -\log 5.0 \times 10^{-3} = 2.3;$$

$$\therefore pH = 11.7.$$

$$(ii) [H^+] = 2 \times [H_2SO_4] = 2 \times \frac{0.49 \times 10}{98} = 0.1 \text{ M}$$

$$\therefore pH = 1.$$

$$(iii) [OH^-] = 2 \times [Sr(OH)_2] = 2 \times \frac{1/1000}{4} = 5 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\therefore pOH = 4 - \log 5 = 3.3$$

$$\therefore pH = 14 - 3.3 = 10.7.$$



$$(iv) \quad [HCl] \text{ formed (निर्मित } [HCl]) = \frac{1 \times 12}{1000} = 12 \times 10^{-3} \text{ M. (} M_1V_1 = M_2V_2 \text{)}$$

$$\therefore [H^+] = 12 \times 10^{-3} \text{ M ; pH} = \mathbf{1.92}.$$

D-3. Millimoles of H^+ (H^+ के मिलीमोल) = $10 \times 0.2 + 40 \times 0.1 \times 2 = 10$.

$$\text{So, } [H^+] = \frac{10}{50} \text{ M.}$$

$$\therefore \text{pH} = \mathbf{0.7}.$$

D-4. (a) Millimoles of OH^- = $20 \times 0.2 \times 2 = 8$.

$$\text{Millimoles of } H^+ = 30 \times 0.1 \times 1 = 3$$

$$\therefore \text{Millimoles of } OH^- \text{ left} = 8 - 3 = 5$$

$$\therefore [OH^-] = \frac{5}{50} = \frac{1}{10} \text{ M.}$$

$$\therefore \text{pOH} = \log 10 = 1.$$

$$\therefore \text{pH} = \mathbf{13}.$$

(b) Millimoles of H^+ = $2 \times 0.1 = 0.2$.

$$\therefore \text{Millimoles of } OH^- = 10 \times 0.01 \times 2 = 0.2.$$

Solution is neutral and $\text{pH} = \mathbf{7}$.

(c) Millimoles of H^+ = $10 \times 0.1 \times 2 = 2$.

$$\text{Millimoles of } OH^- = 10 \times 0.1 \times 1 = 1$$

$$\therefore \text{Millimoles of } H^+ \text{ left} = 1$$

$$\therefore [H^+] = 1/20 = 5 \times 10^{-2} \text{ M.}$$

$$\therefore \text{pH} = \mathbf{1.3}.$$

हल. (a) OH^- के मिलीमोल = $20 \times 0.2 \times 2 = 8$.

$$H^+ \text{ के मिलीमोल} = 30 \times 0.1 \times 1 = 3$$

$$\therefore \text{शेष बचे } OH^- \text{ के मिलीमोल} = 8 - 3 = 5$$

$$\therefore [OH^-] = \frac{5}{50} = \frac{1}{10} \text{ M.}$$

$$\therefore \text{pOH} = \log 10 = 1.$$

$$\therefore \text{pH} = \mathbf{13}.$$

(b) H^+ के मिलीमोल = $2 \times 0.1 = 0.2$.

$$\& \quad OH^- \text{ के मिलीमोल} = 10 \times 0.01 \times 2 = 0.2.$$

अतः, विलयन उदासीन होता है तथा $\text{pH} = \mathbf{7}$ होती है

(c) H^+ के मिलीमोल = $10 \times 0.1 \times 2 = 2$.

$$OH^- \text{ के मिलीमोल} = 10 \times 0.1 \times 1 = 1$$

$$\therefore \text{शेष बचे } H^+ \text{ के मिलीमोल} = 1$$

$$\therefore [H^+] = 1/20 = 5 \times 10^{-2} \text{ M.}$$

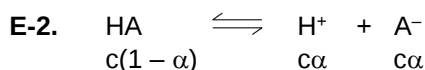
$$\therefore \text{pH} = \mathbf{1.3}.$$

$$\mathbf{E-1.} \quad K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \quad \& \quad \alpha = \frac{1.3}{100} = 0.013$$

$$C = 0.1 \text{ M}$$

$$\alpha < 0.1 \text{ therefore (अतः) } K_a = C\alpha^2$$

$$= 0.1 \times (0.013)^2 = 1.69 \times 10^{-5}$$



$$[H^+] = K_a \times \frac{[HA]}{[A^-]}$$

$$\therefore \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} = \text{p}K_a + \log \frac{c\alpha}{c(1-\alpha)}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = \text{p}K_a + \log \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) = \text{p}K_a - \log \left(\frac{1-\alpha}{\alpha} \right)$$

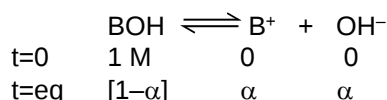


$$\Rightarrow \log\left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) = pK_a - pH.$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) = 10^{(pK_a - pH)}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{1 + 10^{(pK_a - pH)}}$$

E-3.



$$\therefore \frac{\alpha^2}{1-\alpha} = K_b \quad \text{Expecting } \alpha \ll 1 \quad \therefore \alpha^2 = 2.5 \times 10^{-5} \Rightarrow \alpha = 5 \times 10^{-3}$$

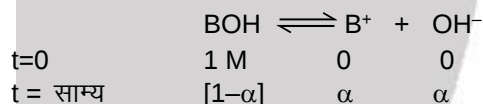
$$\therefore [OH^-] = 5 \times 10^{-3} M \Rightarrow pOH = 3 - \log 5 \Rightarrow pOH = 2.3 \Rightarrow pH = 11.7$$

Note :

(i) Volume of solution given in question has no significance.

 (ii) After getting α value as negligible, direct relation : $pOH = \frac{1}{2}(pK_b - \log C)$ could also be used.

हल.



$$\therefore \frac{\alpha^2}{1-\alpha} = K_b \quad \text{Expecting (आपेक्षिक रूप से) } \alpha \ll 1 \therefore \alpha^2 = 2.5 \times 10^{-5} \Rightarrow \alpha = 5 \times 10^{-3}$$

$$\therefore [OH^-] = 5 \times 10^{-3} M \Rightarrow pOH = 3 - \log 5 \Rightarrow pOH = 2.3 \Rightarrow pH = 11.7$$

टिप्पणी :

(i) प्रश्न में दिये गये विलयन का आयतन सार्थक नहीं है।

 (ii) α का मान नगण्य मानने के पश्चात् सीधा सम्बन्ध : $pOH = \frac{1}{2}(pK_b - \log C)$ भी प्रयुक्त हो सकता है।

E-4. Because HCl is strong acid. (क्योंकि HCl प्रबल अम्ल है।)

F-1.

- (a) $C_2H_5O^- + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH + OH^-$. (Basic solution क्षारीय विलयन)
 (b) $Cu^{+2} + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 \downarrow + 2H^+$. (Acidic solution अम्लीय विलयन)
 (c) $SO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HSO_3^- + OH^-$. (Basic solution क्षारीय विलयन)
 (d) $F^- + H_2O \rightleftharpoons HF + OH^-$. (Basic solution क्षारीय विलयन)
 (e) $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O + H^+$. (Acidic solution अम्लीय विलयन)
 (f) $CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + Na^+ + OH^-$. (Basic solution क्षारीय विलयन)
 (g) $KNO_3 + H_2O \rightleftharpoons K^+ + NO_3^- + H_2O$. (Neutral solution उदासीन विलयन)
 (h) $NaOCl + H_2O \rightleftharpoons HOCl + Na^+ + OH^-$. (Basic solution क्षारीय विलयन)
 (i) $Na_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + 2Na^+ + OH^-$. (Basic solution क्षारीय विलयन)
 (j) $ZnCl_2 + 2H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_2 \downarrow + 2Cl^- + 2H^+$. (Acidic solution अम्लीय विलयन)

 F-2. Salt of WASB, Expecting $h \ll 1$, $h = \sqrt{\frac{K_h}{C}} = \sqrt{\frac{10^{-14}/2 \times 10^{-5}}{0.2}} = 5 \times 10^{-5}$ (negligible)

$$\therefore \text{Using direct formula, } pH = \frac{1}{2}(pK_w + pK_a + \log C) = 9.$$

$$\text{WASB का लवण, आपेक्षिक रूप से } h \ll 1, h = \sqrt{\frac{K_h}{C}} = \sqrt{\frac{10^{-14}/2 \times 10^{-5}}{0.2}} = 5 \times 10^{-5} \text{ (नगण्य)}$$

$$\therefore \text{सीधा सूत्र प्रयुक्त करने पर, } pH = \frac{1}{2}(pK_w + pK_a + \log C) = 9.$$



- F-3.** $C_5H_5NH^+Cl^-$ It is salt of SAWB
Pyridinium ion on hydrolysis will produce H_3O^+ .
 $\therefore [H_3O^+] = \text{antilog}(-2.75) = Ch = 0.25$
 h comes negligible (< 0.1)

$$\therefore pH = 7 - \frac{1}{2} pK_b - \frac{1}{2} \log C \Rightarrow pH = 7 - \frac{1}{2} pK_b - \frac{1}{2} \log 0.25$$

$$\Rightarrow pK_b = 9.1$$

$$K_b = \text{Antilog}(-9.1) = 8 \times 10^{-10}$$

- हल** $C_5H_5NH^+Cl^-$ यह SAWB का लवण है।
पिरीडिनीयम आयन, जलअपघटन पर H_3O^+ बनाएगा।

$$\therefore [H_3O^+] = \text{प्रतिलघुगुणक}(-2.75) = Ch = 0.25$$

h नगण्य आ जाता है (< 0.1)

$$\therefore pH = 7 - \frac{1}{2} pK_b - \frac{1}{2} \log C \Rightarrow pH = 7 - \frac{1}{2} pK_b - \frac{1}{2} \log 0.25$$

$$\Rightarrow pK_b = 9.1$$

$$K_b = \text{प्रतिलघुगुणक}(-9.1) = 8 \times 10^{-10}$$

- F-4.** $pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} pK_b$
 $K_a = 1.6 \times 10^{-5}$ and $K_b = 1.6 \times 10^{-5}$

$$\therefore pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} pK_b = 7$$

$$\text{Now degree of hydrolysis} = h = \sqrt{\frac{K_w}{K_a K_b}} = 6.25 \times 10^{-3} \text{ (expecting } h < 1 \text{ \& it comes the same)}$$

$$\% \text{ hydrolysis} = 0.625\%$$

- हल.** $pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} pK_b$
 $K_a = 1.6 \times 10^{-5}$ तथा $K_b = 1.6 \times 10^{-5}$

$$\therefore pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} pK_b = 7$$

$$\text{जल अपघटन की मात्रा} = h = \sqrt{\frac{K_w}{K_a K_b}} = 6.25 \times 10^{-3} \text{ (} h < 1 \text{ मानते हुए और प्राप्त भी यही होता है)}$$

$$\% \text{ जल अपघटन} = 0.625\%$$

PART – II (भाग - II)

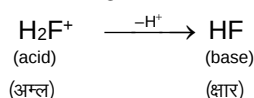
- A-1.** The molecule shows three H atoms are replaceable, i.e., basicity of acid.
हल. अणु दर्शाता है कि तीन H परमाणु प्रतिस्थापित होते हैं अर्थात् अम्ल की क्षारकता कहलाती है।

- A-2.** $NH_3.H_2O$ is a weak monoacidic base.
 $NH_3.H_2O$ दुर्बल एकल अम्लीय क्षार है।

- A-3.** $HC_2O_4^-(aq) + PO_4^{3-}(aq) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq)$
Acid-1 base-2 base-1 acid-2

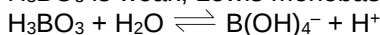
- हल.** $HC_2O_4^-(aq) + PO_4^{3-}(aq) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq)$
अम्ल-1 क्षार-2 क्षार-1 अम्ल-2

- A-4.** Conjugate acid base pair are differ by an proton (H^+).
संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म एक प्रोटोन (H^+) द्वारा विभेदित होते हैं।

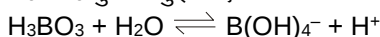




A-5. H_3BO_3 is weak, Lewis monobasic acid and shows the given equilibrium.



हल. H_3BO_3 दुर्बल लुईस एकक्षारीय अम्ल है तथा दिये गये साम्य को दर्शाता है।



B-1. Fact based (तथ्यात्मक)।

B-2. $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_w}$ in pure water.

So as temperature increases K_w increases $\Rightarrow [\text{OH}^-]$ increases $\Rightarrow \text{pOH}$ decreases

हल. शुद्ध जल में, $[\text{OH}^-] = \sqrt{K_w}$

अतः ताप बढ़ने पर K_w बढ़ेगा $\Rightarrow [\text{OH}^-]$ बढ़ेगा $\Rightarrow \text{pOH}$ कम होगी।

B-3. $\text{p}K_w = -\log K_w = -\log 1 \times 10^{-12} = 12$.

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-12}$$

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

$\Rightarrow [\text{H}^+]^2 = 10^{-12}$; $[\text{H}^+] = 10^{-6}$; $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-6} = 6$.

H_2O is neutral because $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ at 373 K even when $\text{pH} = 6$.

(D) is not correct at 373 K. Water cannot become acidic.

हल. $\text{p}K_w = -\log K_w = -\log 1 \times 10^{-12} = 12$.

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-12}$$

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

$\Rightarrow [\text{H}^+]^2 = 10^{-12}$; $[\text{H}^+] = 10^{-6}$; $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-6} = 6$.

H_2O उदासीन है क्योंकि 373 K पर $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ जबकि $\text{pH} = 6$ है।

(D) 373 K पर सही नहीं है। जल अम्लीय नहीं हो सकता है।

B-4. $K = [\text{HCOOH}_2^+][\text{HCOO}^-] = 10^{-3} \times 10^{-3} = 10^{-6}$

C-1. $K_a = K_a$ of HF & $K_b = K_b$ of F^- .

$K_a \cdot K_b = K_w$ (since HF and F^- are conjugate acid-base pair)

$K_a \cdot K_b = K_w$ (चूंकि HF तथा F^- संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म है)

C-2. $K_a \cdot K_b = K_w$ (Valid only for conjugate acid-base pair, not for any weak acid and weak base).

हल. $K_a \cdot K_b = K_w$ (केवल संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म के लिये मान्य, किसी भी दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार के लिये मान्य नहीं).

D-1. $[\text{H}^+] = 0.016 \text{ M}$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{100 \times 10^{-16}}{16 \times 10^{-3}} = 6.25 \times 10^{-13} \text{ M}$$

D-2.

Initial
 $\text{pH} = 12$

$$[\text{H}^+] = 10^{-12} \text{ M}$$

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

Initial No. of mole of $\text{OH}^- = 10^{-2}$

So number of mole of OH^- removed = $[.01 - 0.001] = 0.009$

Final

$\text{pH} = 11$

$$[\text{H}^+] = 10^{-11} \text{ M}$$

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

Final No. of mole of $\text{OH}^- = 10^{-3}$

हल

प्रारम्भ

$\text{pH} = 12$

$$[\text{H}^+] = 10^{-12} \text{ M}$$

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

OH^- आयन के प्रारम्भिक मोलो की संख्या = 10^{-2}

इसलिए OH^- निष्कासित मोलो की संख्या = $[.01 - 0.001] = 0.009$

अन्तिम

$\text{pH} = 11$

$$[\text{H}^+] = 10^{-11} \text{ M}$$

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

OH^- आयन के अन्तिम मोलो की संख्या = 10^{-3}

D-3. Factual. (तथ्यात्मक)



D-4. $[H^+] = \frac{10^{-2} + 10^{-4}}{2} = \frac{0.01010}{2} = 0.00505 \text{ M}$
 $\therefore \text{pH} = 3 - \log 5.05 \approx 2.3$ (Taking (लीजिए) $\log 5.05 \approx \log 5 \approx 0.7$)

D-5. Initial (प्रारम्भ में) $\Rightarrow [OH^-] = \frac{2}{200} = 10^{-2} \text{ M} \therefore \text{pH} = 12$
 Final (अन्त में) $\Rightarrow [OH^-] = 10^{-2} + \frac{0.04}{40 \times 0.1} = 2 \times 10^{-2} \therefore \text{pH} = 12.3$
 So, change (अतः परिवर्तन) = $12.3 - 12 = +0.3$

D-6. pH may have any value, depending upon the concentration of the acid and base. Nothing can be said definitely.

हल. pH का कोई भी मान हो सकता है, यह अम्ल तथा क्षार की सान्द्रता पर निर्भर करता है। निश्चित रूप से कुछ नहीं कह सकते हैं।

D-7. (a) HCl NaOH
 No. of mili eq. = $\frac{1}{10} \times 100 = 10$ $\frac{1}{10} \times 100 = 10$
 So solution is Neutral
 (b) $\frac{1}{10} \times 55 = 5.5$ $\frac{1}{10} \times 45 = 4.5$
 $[H^+] = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ M}, \text{ pH} = 2$
 (c) $\frac{1}{10} \times 10 = 1$ $\frac{1}{10} \times 90 = 9$ Basic
 (d) $\frac{1}{5} \times 75 = 15$ $\frac{1}{5} \times 25 = 5$
 $[H^+] = 0.1 \text{ M}, \text{ pH} = 1$

हल (a) HCl NaOH
 मिली तुल्यांक की संख्या = $\frac{1}{10} \times 100 = 10$ $\frac{1}{10} \times 100 = 10$
 इसलिए विलयन उदासीन है।
 (b) $\frac{1}{10} \times 55 = 5.5$ $\frac{1}{10} \times 45 = 4.5$
 $[H^+] = \frac{1}{100} = 10^{-2} \text{ M}, \text{ pH} = 2$
 (c) $\frac{1}{10} \times 10 = 1$ $\frac{1}{10} \times 90 = 9$ क्षारीय
 (d) $\frac{1}{5} \times 75 = 15$ $\frac{1}{5} \times 25 = 5$
 $[H^+] = 0.1 \text{ M}, \text{ pH} = 1$

E-1. As concentration of solution decreases, degree of dissociation of weak electrolyte increases.

हल. विलयन की सान्द्रता घटने पर दुर्बल विद्युत अपघट्य के वियोजन की मात्रा बढ़ती है।

E-2. Relative strengths of weak acids = $\sqrt{\frac{K_{a_1}}{K_{a_2}}}$

Assume C_1 and C_2 are same (Although not given).



$$\therefore \text{Relative strength} = \sqrt{\frac{K_{a_1}}{K_{a_2}}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-4}}{1.8 \times 10^{-5}}}$$

Relative strength for HCOOH to CH₃COOH = $\sqrt{10} : 1$

हल. दुर्बल अम्ल का आपेक्षिक सामर्थ्य = $\sqrt{\frac{K_{a_1}}{K_{a_2}}}$

माना कि C₁ व C₂ समान है (यद्यपि दिया गया नहीं है।)

$$\therefore \text{आपेक्षिक सामर्थ्य} = \sqrt{\frac{K_{a_1}}{K_{a_2}}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-4}}{1.8 \times 10^{-5}}}$$

HCOOH तथा CH₃COOH के लिए आपेक्षिक सामर्थ्य = $\sqrt{10} : 1$

E-3. $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_a - \log C) \Rightarrow 9 = \text{pK}_a + 1 \Rightarrow \text{pK}_a = 8 \Rightarrow K_a = 10^{-8}$

F-1. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$ (Acidic solution due to hydrolysis of NH_4^+ ion).

हल. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$ (NH_4^+ आयन के जल अपघटन के कारण अम्लीय विलयन)

F-2. $h = .03$ $C = 0.1 \text{ M}$
 $K_h = Ch^2 = 9 \times 10^{-5}$
 $K_h = \frac{K_w}{K_a} = 9 \times 10^{-5} \Rightarrow K_a = \frac{10^{-14}}{9 \times 10^{-5}} = 1.11 \times 10^{-10} \approx 1 \times 10^{-10}$

F-3. Solution of HCl & NH₄Cl will be acidic, solution of NaCl neutral whereas solution of NaCN will be basic.

हल. HCl व NH₄Cl का विलयन अम्लीय होगा, NaCl का विलयन उदासीन जबकि NaCN का विलयन क्षारीय होगा।

F-4. The degree of hydrolysis of a salt of weak acid and weak base is independent of concentration of salt solution.

हल. एक दुर्बल अम्ल व दुर्बल क्षार के लवण के जल अपघटन की मात्रा लवण विलयन की सान्द्रता पर निर्भर नहीं करती है।

EXERCISE # 2

PART – I (भाग - I)

1. Given density of formic acid = 1.15 g/cm³
 $\therefore$ Weight of formic acid in 1 litre solution = $1.15 \times 10^3 \text{ g}$
 Thus, $[\text{HCOOH}] = \frac{1.15 \times 10^3}{46} = 25 \text{ M}$
 Since in case of auto ionisation
 $[\text{HCOOH}_2^+] = [\text{HCOO}^-]$ and $[\text{HCOO}^-][\text{HCOOH}_2^+] = 10^{-6} \Rightarrow [\text{HCOO}^-] = 10^{-3}$
 Now % dissociation of HCOOH = $\frac{[\text{HCOO}^-] \times 100}{[\text{HCOOH}]} = \frac{10^{-3}}{25} \times 100 = 0.004\%$.

- हल. फॉर्मिक अम्ल का घनत्व = 1.15 g/cm³
 $\therefore$ 1 लीटर विलयन में फॉर्मिक अम्ल का भार = $1.15 \times 10^3 \text{ g}$
 इस प्रकार, $[\text{HCOOH}] = \frac{1.15 \times 10^3}{46} = 25 \text{ M}$
 चूंकि स्वआयनन की परिस्थिति में
 $[\text{HCOOH}_2^+] = [\text{HCOO}^-]$ अथवा $[\text{HCOO}^-][\text{HCOOH}_2^+] = 10^{-6} \Rightarrow [\text{HCOO}^-] = 10^{-3}$
 अब HCOOH का % वियोजन = $\frac{[\text{HCOO}^-] \times 100}{[\text{HCOOH}]} = \frac{10^{-3}}{25} \times 100 = 0.004\%$.



2. $K_a = 10^{-6}$ for $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ Thus K for reverse reaction is $\frac{1}{10^{-6}} = 10^6$

हल. $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ के लिए $K_a = 10^{-6}$ इस प्रकार विपरीत अभिक्रिया के लिए K , $\frac{1}{10^{-6}} = 10^6$ होगा।

3. New concentration of $HCl = \frac{10^{-6}}{100} = 10^{-8} M$

$[H^+] = 10^{-7} + 10^{-8}$ (approximately)
(Little less than 10^{-7} from water).

हल. HCl की नयी सांद्रता $= \frac{10^{-6}}{100} = 10^{-8} M$

$H^+ = 10^{-7} + 10^{-8}$ (लगभग)
(जल से 10^{-7} से थोड़ा कम)।

4. (A) At $25^\circ C$, $[H^+]$ in a solution of $10^{-8} M HCl > 10^{-7} M$. ($25^\circ C$ पर, $10^{-8} M HCl$ के विलयन में $[H^+] > 10^{-7} M$)
(B) $[H^+] = 10^{-8} M$.
(C) $[OH^-] = 4 \times 10^{-6} M \Rightarrow [H^+] = 2.5 \times 10^{-9} M$.
(D) $[H^+] = 10^{-9} M$.

5. $[H^+]$ after mixing $= \frac{10^{-2} \times 10 + 10^{-4} \times 990}{1000} = \frac{0.1 + 0.0990}{1000} = \frac{0.1990}{1000} = 1.99 \times 10^{-4}$.

$\therefore pH = 4 - 0.3 = 3.7$

हल. मिश्रण के पश्चात् $[H^+] = \frac{10^{-2} \times 10 + 10^{-4} \times 990}{1000} = \frac{0.1 + 0.0990}{1000} = \frac{0.1990}{1000} = 1.99 \times 10^{-4}$.

$\therefore pH = 4 - 0.3 = 3.7$

6. $2 \times 10^{-3} = \frac{2.4 \times 10^{-2} \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow 12\alpha^2 + \alpha - 1 = 0 \Rightarrow \alpha = 0.25$

7. $BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$
 $t=0$ 10^{-4} 0 0
 $t=eq$ $10^{-4}(1-\alpha)$ $10^{-4}\alpha$ $10^{-4}\alpha$

$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} = \frac{10^{-4}\alpha \cdot 10^{-4}\alpha}{10^{-4}(1-\alpha)} \dots (1)$$

Expecting $\alpha < 1$, $10^{-4} = 10^{-4} \alpha^2 \therefore \alpha = 1$ (not negligible)

So, solve quadratic (1):

$$10^{-4} = \frac{10^{-4}\alpha \cdot 10^{-4}\alpha}{10^{-4}(1-\alpha)} \Rightarrow \alpha^2 + \alpha - 1 = 0$$

$$\alpha = \frac{-1 \pm \sqrt{1+4}}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \approx 0.62.$$

$\therefore [OH^-] = C\alpha = 10^{-4} \times 0.62 = 6.2 \times 10^{-5} M$

$\therefore pOH = 4.21 \therefore pH = 9.79$.

हल. $BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$

$t=0$ 10^{-4} 0 0
 $t= \text{साम्य}$ $10^{-4}(1-\alpha)$ $10^{-4}\alpha$ $10^{-4}\alpha$

$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} = \frac{10^{-4}\alpha \cdot 10^{-4}\alpha}{10^{-4}(1-\alpha)} \dots (1)$$

अपेक्षाकृत रूप से $\alpha < 1$, $10^{-4} = 10^{-4} \alpha^2 \therefore \alpha = 1$ (नगण्य नहीं)



अतः, द्विघात समीकरण (1) को हल करने पर :

$$10^{-4} = \frac{10^{-4} \alpha \cdot 10^{-4} \alpha}{10^{-4} (1 - \alpha)} \Rightarrow \alpha^2 + \alpha - 1 = 0$$

$$\alpha = \frac{-1 \pm \sqrt{1+4}}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\sqrt{5} - 1}{2} \approx 0.62.$$

$$\therefore [\text{OH}^-] = C\alpha = 10^{-4} \times 0.62 = 6.2 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\therefore \text{pOH} = 4.21 \quad \therefore \text{pH} = 9.79.$$

8. Lesser the pH of solution of sodium salts, less is the hydrolysis of anion, stronger is the acid.
 हल. सोडियम लवणों के विलयन की pH कम होने पर ऋणायन का जल अपघटन कम होता है, अतः अम्ल प्रबल होता है।

PART – II (भाग - II)

1. $\text{HA (aq)} + \text{B}^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HB (aq)} + \text{A}^- (\text{aq})$ $K_{\text{eq.}} = 10^{-4}$
 $K_{\text{eq.}}$ is very small, So reaction shift in backward direction.
 (1) HB is more stronger acid than HA.
 (2) A^- is more stronger base than B^- .
 (3) B^- and HB are conjugate acid-base pair.

- हल. $\text{HA (जलीय)} + \text{B}^- (\text{जलीय}) \rightleftharpoons \text{HB (जलीय)} + \text{A}^- (\text{जलीय})$ $K_{\text{साम्य}} = 10^{-4}$
 $K_{\text{साम्य}}$ बहुत छोटा है, इसलिए अभिक्रिया पश्च दिशा में विस्थापित होगी।
 (1) HA की तुलना में HB अधिक प्रबल अम्ल है।
 (2) B^- की तुलना में A^- अधिक प्रबल क्षार है।
 (3) B^- और HB संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म है।

2. $[\text{OH}^-] = \frac{2 \times 10^{-12}}{10^{-2}} = 2 \times 10^{-10} \text{ M}$
 $\text{pOH} = 10 - \log 2 = 9.7.$

3. $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$
 $t = 0$ C
 t_{eq} C (1 - α) C α C α
 So, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = C\alpha = \frac{1000}{18} \times 3.6 \times 10^{-9}$
 $\therefore \text{pH} = 7 - \log 2 = 6.7$ and $K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 4 \times 10^{-14}$

- हल. $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$
 $t = 0$ C
 t_{eq} C (1 - α) C α C α
 इसलिए, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = C\alpha = \frac{1000}{18} \times 3.6 \times 10^{-9}$
 $\therefore \text{pH} = 7 - \log 2 = 6.7$ तथा $K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 4 \times 10^{-14}$

4. As $V \rightarrow \infty$, effect of water dominates, so pH become 7.

- हल. $V \rightarrow \infty$ पर, जल अपना प्रभाव दर्शाता है, अतः **pH 7** होगी।

5. For H_2O , $\text{pK}_a = \text{pK}_b$ & H_2O is the conjugate base of H_3O^+ . So for the conjugate acid base pair, $\text{pK}_a + \text{pK}_b = 14$. (at 25°C)

- हल. H_2O के लिए, $\text{pK}_a = \text{pK}_b$ व H_2O , H_3O^+ का संयुग्मी क्षार है। इसलिए संयुग्मी अम्ल क्षार युग्म के लिए $\text{pK}_a + \text{pK}_b = 14$. (25°C पर)

6. $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \sqrt{\frac{0.1}{0.1(1+V)}} \Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{1}{1+V} \Rightarrow V = 8 \text{ L}$



$$7. \quad \frac{\text{pH}_{50\%}}{\text{pH}_{10\%}} = \frac{-\log\left(\frac{1}{2}\right)}{-\log\left(\frac{1}{10}\right)} = \frac{\log 2}{\log 10} = 0.3$$



$$K_{\text{eq.}} = 10^9 = \frac{1}{K_h} \quad (\because \text{Hydrolysis is reverse of neutralization})$$

($\because$ जल अपघटन, उदासीनीकरण का विपरीत होता है)



$$[\text{OH}^-] = \text{Ch} = C \sqrt{\frac{K_h}{C}} = \sqrt{C K_h} = \sqrt{0.1 \times 10^{-9}} = 10^{-5} \text{ M}$$

$$\therefore [\text{H}^+] = 10^{-9} \text{ M} \therefore \text{pH} = 9$$

$$9. \quad [\text{CH}_3\text{COOH}] = \text{Ch} = 10^{-2} \sqrt{\frac{10^{-14}}{(1.8 \times 10^{-5})^2}} = \frac{10^{-2} \times 10^{-7}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{10^{-4}}{1.8}$$

$$\text{So, answer अतः उत्तर} = \frac{9 \times 10^5 \times 10^{-4}}{1.8} = 50.$$

PART – III (भाग - III)

1. Bronsted bases are proton acceptor and each Lewis base contain one or more electron pair and thus accept proton. On the other hand Bronsted acids are proton donor and may or may not be capable of accepting lone pair of electron, e.g., H_2SO_4 is Bronsted acid but not Lewis acid BF_3 is Lewis acid but not Bronsted acid. Most cations are acids and most anions are bases.

हल. ब्रॉन्स्टेड क्षार प्रोटोन ग्राही होते हैं तथा प्रत्येक लुईस क्षार एक अथवा एक से अधिक इलेक्ट्रॉन युग्म रखता है तथा इस प्रकार प्रोटोन ग्रहण करता है। दूसरी ओर ब्रॉन्स्टेड अम्ल प्रोटोन दाता होते हैं तथा इलेक्ट्रॉनों के एकाकी युग्म को रखने का सामर्थ्य रख भी सकते हैं और नहीं भी। उदाहरण के लिए H_2SO_4 ब्रॉन्स्टेड अम्ल हैं लेकिन लुईस अम्ल नहीं है। BF_3 लुईस अम्ल हैं लेकिन ब्रॉन्स्टेड अम्ल नहीं है। साथ ही अधिकांश धनायन अम्ल व अधिकांश ऋणायन क्षार होता है।

2. (A) It is weak acid. यह दुर्बल अम्ल है।
(C) It is a strong base. यह प्रबल क्षार है।

3. On heating pure water the value of ionic product of water increases i.e., $K_w = 10^{-14}$ at 25°C and at 100°C

$K_w = 10^{-12}$. Thus pH and pOH both becomes 6 at 100°C (pH and pOH = 7 at 25°C).

हल. शुद्ध जल को गर्म करने पर जल के आयनिक गुणांक का मान बढ़ता है अर्थात् 25°C पर $K_w = 10^{-14}$ तथा 100°C पर $K_w = 10^{-12}$ हो जाता है। इस प्रकार 100°C पर pH व pOH दोनों 6 हो जाते हैं। (25°C पर pH व pOH = 7).

4. In this solution, source of OH^- is water

$$\therefore C\alpha = [\text{OH}^-]$$

$$\alpha = \frac{10^{-9}}{1000/18} = 1.8 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$\% \text{ ionisation} = 1.8 \times 10^{-9} \%$$

हल. इस विलयन में, OH^- का स्रोत जल है।

$$\therefore C\alpha = [\text{OH}^-]$$

$$\alpha = \frac{10^{-9}}{1000/18} = 1.8 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$\text{प्रतिशत आयनन} = 1.8 \times 10^{-9} \%$$



$h \propto \sqrt{K_h}$ जितना अधिक जल अपघटन नियतांक होगा उतना h अधिक होगा (जल अपघटन की मात्रा)

$h \propto \frac{1}{\sqrt{K_b}}$ K_b जितना अधिक h उतना ही कम होगा

जलअपघटन ऊष्माशोषी होता है ताप बढ़ने के साथ K_h बढ़ता है तथा साथ ही ताप बढ़ने के साथ h में भी वृद्धि होती है।

$h \propto \sqrt{V}$ V = लवण विलयन का आयतन अतः तनुता के साथ h में वृद्धि होगी. $K_h = \frac{K_w}{K_b}$

K_w व K_b तापमान के साथ परिवर्तित होते हैं, अतः K_h तापमान के साथ परिवर्तित हो जाता है.

अतः कथन (B) सही है। h में वृद्धि होती है यदि K_b कम होता है अतः कथन (C) सही है

यह ज्ञात होता है कि तापमान वृद्धि के साथ K_w व K_b में वृद्धि होती है K_w में वृद्धि K_b में वृद्धि से अधिक होती है अतः h में वृद्धि के साथ तापमान में वृद्धि होती है।

अतः कथन (D) सही है।

(D), (B) की सही व्याख्या नहीं करता है।

8. (A) $[H^+] = 10^{-2}$ and $[OH^-] = 10^{-2}$
 $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$
 This leads complete neutralisation (इसके कारण पूर्णतः उदासीनीकरण होता है।)

so (अतः), $pH = 7 = \frac{2+12}{2}$

- (D) $[H^+] = 10^{-5}$ and $[OH^-] = 10^{-5}$
 $[H^+] + [OH^-] \longrightarrow H_2O$
 This leads complete neutralisation (इसके कारण पूर्णतः उदासीनीकरण होता है।)

so (अतः), $pH = 7 = \frac{5+9}{2}$

PART – IV (भाग - IV)

1. Initial pH = 4
 $[H^+] = 10^{-4}$
 $N_1V_1 = N_2V_2 \Rightarrow 10^{-4} = N_2 \times \left[1 + \frac{7}{3}\right]$
 $10^{-4} = N_2 \times \frac{10}{3} \Rightarrow N_2 = 3 \times 10^{-5} > 10^{-6}$
 So $[H^+]$ of water is not consider
 $[H^+] = 3 \times 10^{-5}$ So $pH = 5 - \log 3 = 5 - 0.48 = 4.52$

- हल. प्रारम्भ pH = 4
 $[H^+] = 10^{-4}$
 $N_1V_1 = N_2V_2 \Rightarrow 10^{-4} = N_2 \times \left[1 + \frac{7}{3}\right]$
 $10^{-4} = N_2 \times \frac{10}{3} \Rightarrow N_2 = 3 \times 10^{-5} > 10^{-6}$

इसलिए जल के $[H^+]$ नहीं माने जायेगी।

$[H^+] = 3 \times 10^{-5}$ इसलिए $pH = 5 - \log 3 = 5 - 0.48 = 4.52$

2. $pH = 6$
 $[H^+] = 10^{-6}$
 $N_1V_1 = N_2V_2 \Rightarrow 10^{-6} \times 1 = N_2 \times \left[1 + \frac{7}{3}\right] \Rightarrow 10^{-6} = N_2 \times \frac{10}{3}$



$$N_2 = \frac{3}{10} \times 10^{-6} \Rightarrow N_2 = 3 \times 10^{-7}$$

$$[H^+] < 10^{-6}$$

So $[H^+]$ of water is also added. As common ion effect on H_2O is neglected so (इसलिए जल की $[H^+]$ भी जोड़ी जायेगी क्योंकि जल का समआयन प्रभाव नगण्य है। इसलिए)

$$[H^+] = 3 \times 10^{-7} + 10^{-7} = 4 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = 7 - \log 4 = 7 - 0.60 = 6.4$$

3. Facutal (तथ्यात्मक)

4. Since K_a of CH_3COOH & K_b of $NH_3 \cdot H_2O$ are same so degree of hydrolysis of CH_3COO^- & NH_4^+ are exactly same.

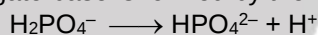
हल. चूंकि CH_3COOH का K_a तथा $NH_3 \cdot H_2O$ का K_b समान है इसलिए जल अपघटन के वियोजन की मात्रा CH_3COO^- तथा NH_4^+ के लिए बिल्कुल समान है।

EXERCISE # 3

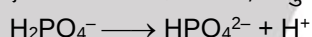
PART - I (भाग - I)

JEE(MAIN) OFFLINE PROBLEMS

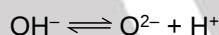
1. Conjugate base is formed by the removal of one H^+ from acid :



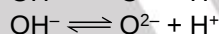
हल. अम्ल से एक H^+ आयन हटाने पर, संयुग्मी क्षार का निर्माण होता है :



2. Conjugate base of OH^-



हल. OH^- का संयुग्मी क्षार



3. $\text{pH} = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = \text{antilog}(-\text{pH}) = \text{antilog}(-5.4) = 3.98 \times 10^{-6}$

हल. $\text{pH} = -\log[H^+] \Rightarrow [H^+] = \text{प्रतिलघुगुणक}(-\text{pH}) = \text{प्रतिलघुगुणक}(-5.4) = 3.98 \times 10^{-6}$

4. $H_2A \rightleftharpoons H^+ + HA^-$; $K_1 = \frac{[H^+][HA^-]}{[H_2A]} = 1 \times 10^{-5}$

$HA^- \rightleftharpoons H^+ + A^{2-}$; $K_2 = 5 \times 10^{-10} = \frac{[H^+][A^{2-}]}{[HA^-]}$

$$K = \frac{[H^+]^2[A^{2-}]}{[H_2A]} = K_1 \times K_2 = 1 \times 10^{-5} \times 5 \times 10^{-10}$$

5. $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \text{p}K_a - \frac{1}{2} \text{p}K_b = 7 + \frac{4.8}{2} - \frac{4.78}{2} = 7.01$

6. In II^{nd} equation $H_2PO_4^-$ gives one H^+ ion to H_2O therefore in the II^{nd} equation it act as an acid.

हल. II^{nd} समीकरण में $H_2PO_4^-$, H_2O को H^+ आयन देता है, इसलिए II^{nd} समीकरण में यह अम्ल के समान कार्य करता है।

7. $HQ \rightleftharpoons H^+ + Q^-$

$$0.1$$

$$0.1 - x \quad \quad \quad x \quad \quad \quad x$$

$$\text{pH} = 3, [H^+] = 10^{-3}, \quad x = 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{(x) \times (x)}{(0.1 - x)} = \frac{(10^{-3})^2}{0.1 - 10^{-3}} \approx \frac{10^{-6}}{0.1} = 10^{-5}$$



8. $\text{pH} = 1 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-1} = 0.1 \text{ M}$
 $\text{pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-2} = 0.01 \text{ M}$
 for dilution of HCl, (HCl की तनुता के लिए) $M_1V_1 = M_2V_2$
 $0.1 \times 1 = 0.01 \times V_2$
 $V_2 = 10 \text{ L}$
 Volume of water added = $10 - 1 = 9 \text{ litre}$
 (मिलाये गये जल का आयतन = $10 - 1 = 9 \text{ लीटर}$)

9. Salt of weak acid and weak base
 दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार का लवण

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{pK}_w + \text{pK}_a - \text{pK}_b) = \frac{1}{2}(14 + 3.2 - 3.4) = 6.9$$

10. Most basic salt in aq. solution is CH_3COOK it is salt of WASB

and have $\text{pH} = 7 + \frac{(\text{pK}_a + \log c)}{2}$ i.e. $\text{pH} > 7$

- हल. जलीय विलयन में सर्वाधिक क्षारीय लवण (CH_3COOK) है, यह WASB लवण है।

तथा इस प्रकार $\text{pH} = 7 + \frac{(\text{pK}_a + \log c)}{2}$ i.e. $\text{pH} > 7$

JEE(MAIN) ONLINE PROBLEMS

3. Let volume of 1st solution = Vml

∴ Volume of 2nd solution = $(800 - V) \text{ mL}$

Amount of acid in 1st solution + Amount of acid in 2nd solution = Amount of acid in obtained solution.

$$\therefore \frac{45V}{100} + \frac{20(800 - V)}{100} = \frac{29.875(800)}{100}$$

∴ $V = 316$

- हल. माना कि प्रथम विलयन का आयतन = Vml

∴ द्वितीय विलयन का आयतन = $(800 - V) \text{ mL}$

प्रथम विलयन में अम्ल की मात्रा + द्वितीय विलयन में अम्ल की मात्रा = प्राप्त होने वाले विलयन में अम्ल की मात्रा

$$\therefore \frac{45V}{100} + \frac{20(800 - V)}{100} = \frac{29.875(800)}{100}$$

∴ $V = 316$

4. $[\text{H}^+]_{\text{final अन्तिम}} = \frac{N_A V_A - N_B V_B}{V_A + V_B}$

$$\text{Final (अन्तिम) } [\text{H}^+] = \frac{75 \times \frac{1}{5} - 25 \times \frac{1}{5}}{75 + 25} = \frac{15 - 5}{100} = \frac{10}{100}$$

$[\text{H}^+]_f = 0.1 \text{ M}$

$[\text{PH}]_f = 1$



IONIC EQUILIBRIUM-II

आयनिक साम्य-II

EXERCISE # 1

PART – I (भाग - I)

B-1. (a)
$$\text{pH} = -\log K_a + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$\therefore \text{pH} = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{4.1 \times 60}{82 \times 4} = 4.74 + \log \frac{3}{4} = 4.62$

(b)
$$\text{pOH} = -\log K_b + \log \frac{[\text{B}^+]}{[\text{BOH}]}$$

$\therefore \text{pOH} = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{2.5}{0.5} = 4.74 + \log 5 = 5.44$

$\therefore \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 8.56$

हल. (a) हम रखते हैं
$$\text{pH} = -\log K_a + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$\therefore \text{pH} = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{4.1 \times 60}{82 \times 4} = 4.74 + \log \frac{3}{4} = 4.62$

(b)
$$\text{pOH} = -\log K_b + \log \frac{[\text{B}^+]}{[\text{BOH}]}$$

$\therefore \text{pOH} = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{2.5}{0.5} = 4.74 + \log 5 = 5.44$

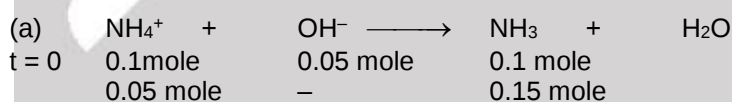
$\therefore \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 8.56$

B-2.
$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \left[\frac{50 \times C}{50 \times 0.2} \right] \Rightarrow 4 = 5 + \log \frac{50 \times C}{50 \times 0.2}$$

$\Rightarrow \log \frac{C}{0.2} = -1 \Rightarrow \frac{C}{0.2} = 0.1 \Rightarrow C = 0.02 \text{ M}$

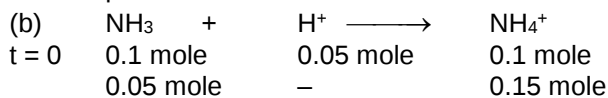
B-3.
$$\text{pOH} = 4.74 + \log \frac{0.1}{0.1} = 4.74$$

$\therefore \text{pH} = 9.26$



$$\text{pOH} = 4.74 + \log \frac{0.05}{0.15} = 4.26$$

$\therefore \text{pH} = 9.74$



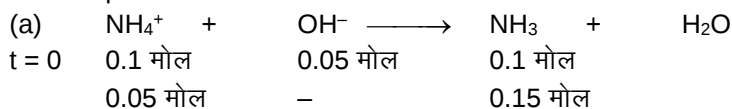
$$\text{pOH} = 4.74 + \log \frac{0.15}{0.05} = 5.22$$

$\therefore \text{pH} = 8.78$



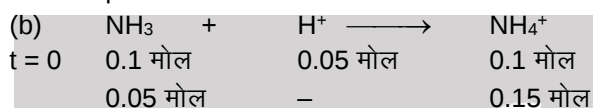
हल. $\text{pOH} = 4.74 + \log \frac{0.1}{0.1} = 4.74$

$\therefore \text{pH} = 9.26$



$\text{pOH} = 4.74 + \log \frac{0.05}{0.15} = 4.26$

$\therefore \text{pH} = 9.74$

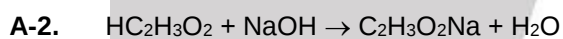


$\text{pOH} = 4.74 + \log \frac{0.15}{0.05} = 5.22$

$\therefore \text{pH} = 8.78$

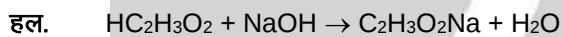
PART – II (भाग - II)

A-1. Factual (तथ्यात्मक)



n_i	1	0.5	0	0
n_f	0.5	0	0.5	0.5

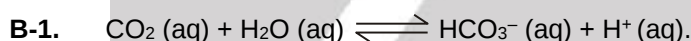
This solution contains weak acid & its salt with strong base. and thus acts as buffer.



1	0.5	0	0
0.5	0	0.5	0.5

यह विलयन, दुर्बल अम्ल व प्रबल क्षार के साथ इसका लवण रखता है, अतः बफर की तरह कार्य करता है।

A-3. Weak base should be in excess. दुर्बल क्षार आधिक्य में होना चाहिए।



B-2. $\text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{Salt}]}{[\text{Base}]} = 4 + \log \frac{0.2}{0.1} \quad \therefore \text{pOH} = 4 + \log 2 \text{ and } \text{pH} = 10 - \log 2$

हल. $\text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{लवण}]}{[\text{क्षार}]} = 4 + \log \frac{0.2}{0.1} \quad \therefore \text{pOH} = 4 + \log 2 \text{ तथा } \text{pH} = 10 - \log 2$

B-3. $K_a = 5 \times 10^{-10} \quad \text{pK}_a = 10 \log 5 = 9.3$

$\text{pH} = \text{pK}_b + \log \left[\frac{[\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} \right]$

$9 = 9.3 + \log \left[\frac{5 \times V_{\text{ml}}}{10 \times 2} \right] \Rightarrow -0.3 = \log \left[\frac{V_{\text{ml}}}{4} \right]$

$0.3 = \log \left[\frac{4}{V_{\text{ml}}} \right] \Rightarrow \frac{4}{V_{\text{ml}}} = 2 \Rightarrow V_{\text{ml}} = 2 \text{ ml}$

B-4. $\text{pOH} = -\log K_b + \log \frac{[\text{Salt}]}{[\text{Base}]}$

Let a mol litre⁻¹ be concentration of salt, then concentration of base = (0.29 – a) mol/L



$$4.4 = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{a}{(0.29 - a)}$$

$$\therefore a = 0.09$$

$$[\text{Salt}] = 0.09 \text{ M}$$

$$\& [\text{Base}] = 0.29 - 0.09 = 0.20 \text{ M}$$

हल. $\text{pOH} = -\log K_a + \log \frac{[\text{लवण}]}{[\text{क्षार}]}$

माना a मोल लीटर⁻¹ लवण की सान्द्रता हैं तो क्षार की सान्द्रता = $(0.29 - a)$ मोल/लीटर।

$$4.4 = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{a}{(0.29 - a)}$$

$$\therefore a = 0.09$$

$$[\text{लवण}] = 0.09 \text{ M}$$

$$[\text{क्षार}] = 0.29 - 0.09 = 0.20 \text{ M}$$

EXERCISE # 2

PART - I (भाग - I)

1. For the buffer solution of NH_3 & NH_4^+

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow 8.26 = 9.26 + \log \frac{(500 \times 0.01)}{\text{m. moles of } \text{NH}_4^+}$$

$$\Rightarrow \text{m. moles of } \text{NH}_4^+ = 50$$

$$\therefore \text{moles of } (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \text{ required} = \mathbf{0.025}$$

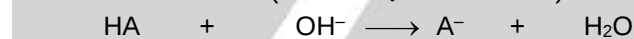
- हल. NH_3 व NH_4^+ के बफर विलयन के लिए

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \Rightarrow 8.26 = 9.26 + \log \frac{(500 \times 0.01)}{\text{NH}_4^+ \text{ के मिलीमोल}}$$

$$\Rightarrow \text{NH}_4^+ \text{ के मिली मोल} = 50$$

$$\therefore (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \text{ के आवश्यक मोल} = \mathbf{0.025}$$

2. m. moles of HA taken (HA के लिए गये मिली मोल) = $27 \times 0.1 = 2.7$



$$t=0 \quad 2.7 \quad 1.2$$

$$t_{\text{eq}} \quad 1.5 \quad - \quad 1.2$$

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 5 = \text{pK}_a + \log \left(\frac{1.2}{1.5} \right) = \text{pK}_a + \log \frac{4}{5}$$

$$\therefore \text{pK}_a = 5.1 \Rightarrow K_a = \mathbf{8 \times 10^{-6}}$$

PART - II (भाग - II)

1. (i) to (v) are correct सही है।

$$2. \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} \Rightarrow 4.5 = 4.2 + \log \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$\therefore \text{volume of } \text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} \text{ required} = V_2 = 62 \text{ mL}$$

$$\text{volume of } \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \text{ required} = V_1 = \mathbf{31 \text{ mL}}$$

हल. $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]} \Rightarrow 4.5 = 4.2 + \log \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2$

$$\therefore \text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} \text{ का आवश्यक आयतन} = V_2 = 62 \text{ mL}$$

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \text{ का आवश्यक आयतन} = V_1 = \mathbf{31 \text{ mL}}$$



PART – III (भाग - III)

1. Sodium acetate and acetic acid solution and ammonia and ammonium chloride solution are the examples of acidic buffer.
 हल. अम्लीय बफर के उदाहरण सोडियम एसीटेट व एसिटिक अम्ल विलयन तथा अमोनिया व अमोनियम क्लोराइड विलयन है।

EXERCISE # 3

PART – I (भाग - I)

JEE(MAIN) OFFLINE PROBLEMS

1. For acidic buffer, $\text{pH} = \text{pK}_a + \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$
 When the acid is 50% ionised, $[\text{A}^-] = [\text{HA}]$ or $\text{pH} = \text{pK}_a + \log 1$ or $\text{pH} = \text{pK}_a$
 given, $\text{pK}_a = 4.5$ $\therefore \text{pH} = 4.5$ $\therefore \text{pOH} = 14 - 4.5 = 9.5$
- हल. अम्लीय बफर के लिए, $\text{pH} = \text{pK}_a + \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$
 जब अम्ल 50% तक आयनित होता है, $[\text{A}^-] = [\text{HA}]$ या $\text{pH} = \text{pK}_a + \log 1$ or $\text{pH} = \text{pK}_a$
 दिया है, $\text{pK}_a = 4.5$ $\therefore \text{pH} = 4.5$ $\therefore \text{pOH} = 14 - 4.5 = 9.5$

JEE(MAIN) ONLINE PROBLEMS

2. For acidic buffer (अम्लीय बफर के लिए)
 $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{Salt}]}{[\text{Acid}]}$
 $6 = 5 + \log \frac{[\text{Salt}]}{[\text{Acid}]}$ or $\frac{[\text{Salt}]}{[\text{Acid}]} = \frac{10}{1}$
3. $\text{NH}_3 + \text{HCl} \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
 Millimoles मिलिमोल 10 5 0
 finally अन्ततः 5 0 5
 Resulting solution will be buffer
 परिणामी विलयन बफर होगा
 $\therefore \text{pOH} = \text{pK}_a + \log_{10} \frac{[\text{NH}_4\text{Cl}]}{[\text{NH}_3]} = 4.75 + \log_{10} \frac{5}{5} = 4.75$ $\therefore \text{pH} = 14 - 4.75 = 9.25$
4. $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 2m.m 6m.m.
 – 2mm 2mm
 $\text{pOH} = 4.7 + \log \frac{4}{2} = 5$
 $\text{pH} = 14 - 5 = 9$



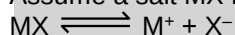
IONIC EQUILIBRIUM-III

आयनिक साम्य-III

EXERCISE # 1

PART – I (भाग - I)

A-1. Assume a salt MX is x mol/L.



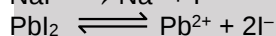
$$K_{sp} = x_2 = 3 \times 10^{-10} \Rightarrow x = 1.73 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

A-2. $MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2F^-$

$$K_{sp} = 4s^3 = 4 \times (2 \times 10^{-3})^3 = 3.2 \times 10^{-8}$$

A-4. $Hg_2SO_4 \rightleftharpoons Hg_2^{2+} + SO_4^{2-}$

B-1. $NaI \longrightarrow Na^+ + I^-$

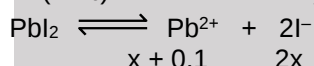


$$K_{sp} = x(0.1 + 2x)^2 = 8 \times 10^{-9} \text{ M}^3$$

$$\Rightarrow x \times 0.01 = 8 \times 10^{-9}$$

$$\Rightarrow x = 8 \times 10^{-7} \text{ M}$$

B-2. $Pb(NO_3)_2 \longrightarrow Pb^{2+} + NO_3^-$



$$K_{sp} = (x + 0.1)(2x)^2 = 8 \times 10^{-9}$$

$$\Rightarrow 4x^2 = 8 \times 10^{-8}$$

$$\Rightarrow x = 1.4 \times 10^{-4} \text{ M}$$

B-3. Because of hydrolysis of CO_3^{2-} .

PART – II (भाग - II)

A-1. $K_{sp} = 4 \times 10^{-12} = [M^+][OH^-]^x = [10^{-4}][x \cdot 10^{-4}]^x = x^x \cdot (10^{-4})^{1+x}$

$$\therefore x = 2$$

हल. $K_{sp} = 4 \times 10^{-12} = [M^+][OH^-]^x = [10^{-4}][x \cdot 10^{-4}]^x = x^x \cdot (10^{-4})^{1+x}$

$$\therefore x = 2$$

A-2. (a) $Li_3Na_3[AlF_6]_2 \longrightarrow 3Li^+ + 3Na^+ + 2[AlF_6]^{3-}$

$$K_{sp} = (3s)^3 (3s)^3 (2s)^2 = 2916 s^8.$$

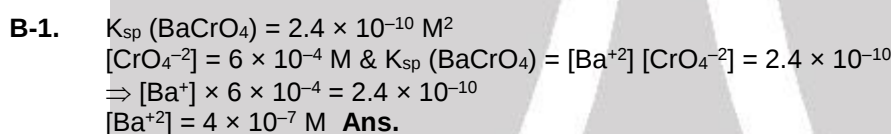
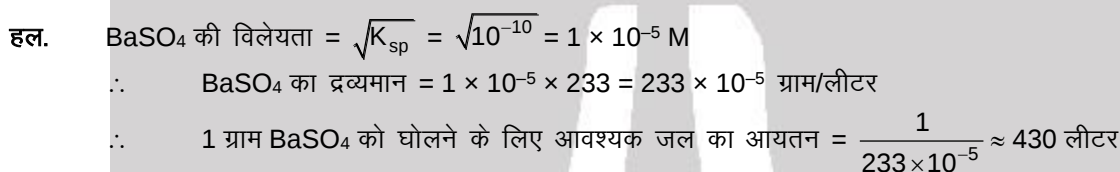
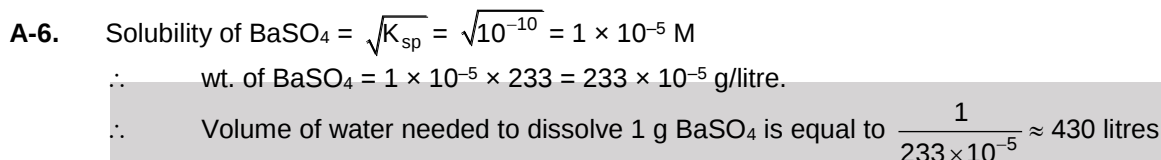
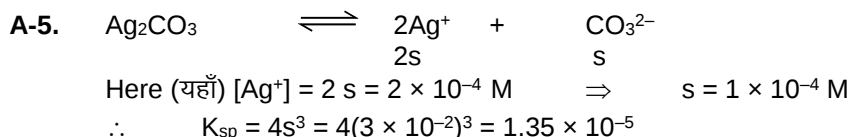
A-3. Find solubility for each separately by $s^2 = K_{sp}$ for MnS and ZnS, $108s^5 = K_{sp}$ for Bi_2S_3 and $4s^3 = K_{sp}$ for Ag_2S .

हल. MnS तथा ZnS के लिए $s^2 = K_{sp}$, Bi_2S_3 के लिए $108s^5 = K_{sp}$ तथा Ag_2S के लिए $4s^3 = K_{sp}$ द्वारा प्रत्येक के लिए पृथक् विलेयता ज्ञात कीजिए।

A-4. For different salts such as AB, AB_2 , AB_3 ,etc. $K_{sp} = s^2$, $4s^3$, $27s^4$, respectively. If K_{sp} is same for different salts, then s is more for the salt in which produces more number of ions.



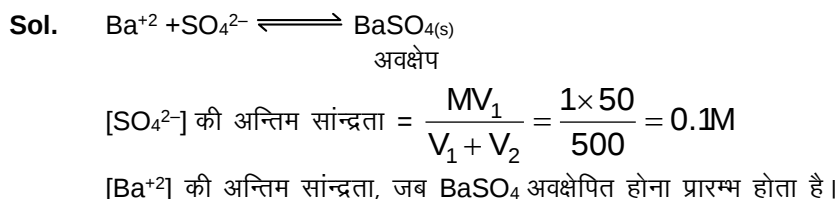
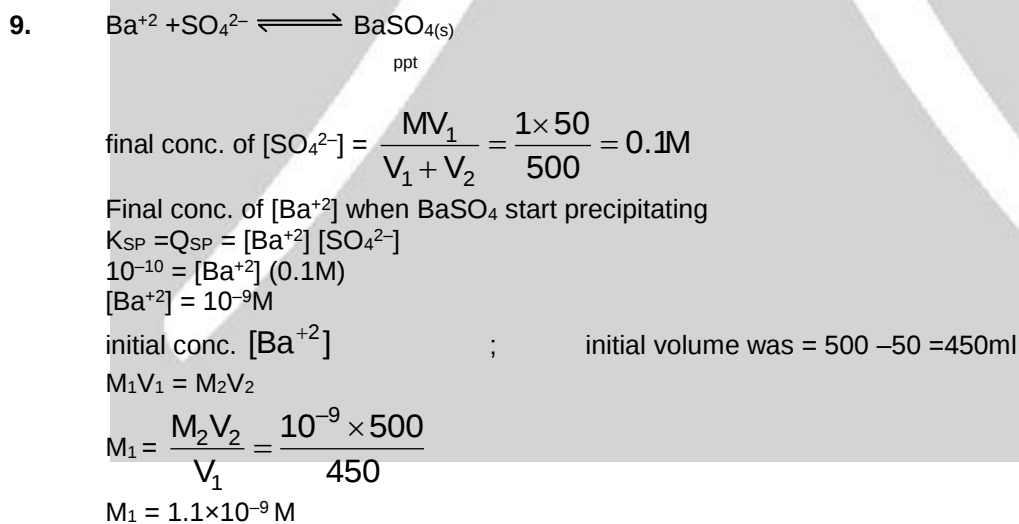
हल. AB, AB₂, AB₃,इत्यादि जैसे विभिन्न लवणों के लिए $K_{sp} = s^2, 4s^3, 27s^4$ होते हैं। यदि भिन्न लवणों के लिए K_{sp} समान होता है, तब s उस लवण के लिए अधिक होगा, जिसके लिए आयनों की संख्या अधिक हो।



EXERCISE # 3

PART – I (भाग - I)

JEE(MAIN) OFFLINE PROBLEMS





$$K_{SP} = Q_{SP} = [Ba^{+2}] [SO_4^{2-}]$$

$$10^{-10} = [Ba^{+2}] (0.1M)$$

$$[Ba^{+2}] = 10^{-9}M$$

$[Ba^{+2}]$ की प्रारम्भिक सांद्रता

;

प्रारम्भिक आयतन = $500 - 50 = 450ml$

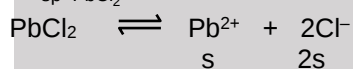
$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$M_1 = \frac{M_2V_2}{V_1} = \frac{10^{-9} \times 500}{450}$$

$$M_1 = 1.1 \times 10^{-9} M$$

JEE(MAIN) ONLINE PROBLEMS

2. $(K_{sp})_{PbCl_2} = 32 \times 10^{-9}$



$$K_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2$$

$$K_{sp} = 4s^3 = 32 \times 10^{-9}$$

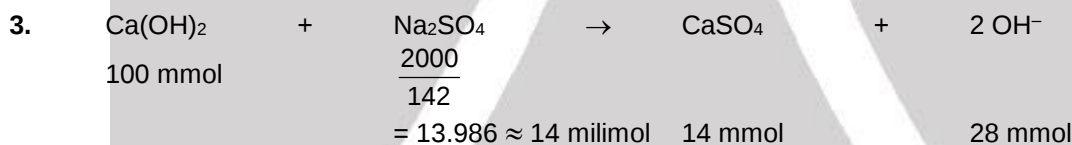
$$s^3 = 8 \times 10^{-9}$$

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

$$\frac{w}{M.w.} \times \frac{1}{V_L} = 2 \times 10^{-3}$$

$$\frac{0.1}{278} \times \frac{1}{V_L} = 2 \times 10^{-3}$$

$$V_L = \frac{0.1 \times 1000}{278 \times 2} = 0.18 L$$



$$\text{mass of } CaSO_4 = \frac{14 \times 136}{1000} = 1.9 g$$

$$CaSO_4 \text{ का द्रव्यमान} = \frac{14 \times 136}{1000} = 1.9 g$$

$$[OH^-] = \frac{28}{100} = 0.28 M$$

4. $8 \times 10^{-12} = (2S' + 0.1)^2 S'$

Or $S' = 8 \times 10^{-10} M$