आयनिक साम्य

प्राक्कथन

दुर्बल विद्युत अपघट्य तथा उसके आयनों के मध्य साम्यावस्था को आयनिक साम्य कहा जाता है। इस अध्याय में हम विद्युत अपघट्य तथा उनके प्रकार, आरहीनियस का आयनन सिद्धान्त, ओस्टवाल्ड का तनुता नियम, आयनन स्थिरांकों तथा उनमें परस्पर सम्बंध, जल का आयनिक गुणनफल, pH तथा pOH पैमानों, लवणों के प्रकार तथा उनका जल अपघटन, बफर विलयन तथा अल्प विलेय लवण की विलेयता एवं विलेयता गुणनफल का अध्ययन करेंगे।

यह पुस्तिका इस अध्याय में उपयोग होने वाली सभी संकल्पनात्मक (theory) तथा प्रायोगिक व्याख्याओं को सम्मिलित रखती है। प्रत्येक टॉपिक की थ्योरी के साथ उदाहरण दिये गये हैं। प्रत्येक टॉपिक के थ्योरी भाग के अन्त में सभी तरह के मिश्रित (miscellaneous) साधित (solved) उदाहरण दिये हुए हैं, जो इस अध्याय की सभी संकल्पनाओं के अनुप्रयोग को स्पष्ट करते हैं।

विद्यार्थियों को सलाह दी जाती है, कि प्रत्येक विद्यार्थी इन सभी हल किये उदाहरणों को अवश्य पढ़ें तथा समझें ऐसा करने से इनसे सम्बन्धित टॉपिक को अच्छी तरह समझने में मदद मिलेगी।

आयनिक साम्य में कुल प्रश्नों की संख्या है :

अध्याय में उदाहरण 29

दृष्टान्तीय उदाहरण 40

कुल प्रश्नों की संख्या 69

1. वैद्युत–चालकता

ऐसे पदार्थ जो स्वयं में से वैद्युत धारा को प्रवाहित होने देते हैं, वैद्युत चालक कहलाते हैं तथा यह गुण वैद्युत चालकता कहलाता है।

वैद्युत चालकता के आधार पर पदार्थ दो प्रकार के होते हैं

1.1 कुचालक

वे यौगिक को द्रवित अथवा गलित अवस्था में विद्युत धारा का चालन नहीं कर सकते, कुचालक कहलाते हैं।

उदा. सभी सहसंयोजी यौगिक व अधातु

1.2 चालक

ऐसे पदार्थ जो स्वयं से वैद्युत धारा को प्रवाहित होने देते हैं।

उदा. सभी धातु, उपधातु, सभी अम्ल तथा क्षार, लवण तथा ग्रेफाइट आदि।

चालक दो प्रकार के होते हैं।

1.2.1धात्विक या वैद्युत चालक

ऐसे चालकों से मुक्त तथा गतिशील इलेक्ट्रॉनों के कारण धारा प्रवाहित होती है तथा जो एक वैद्युत यूनिट के रूप में काम करते हैं।

उदा. धातु, उपधातु, ग्रेफाइट, गैस, कार्बन आदि।

1.2.2 आयनिक चालक या वैद्युत अपघट्य

यौगिक जो आयन युक्त होते हैं तथा शुद्ध गलित या द्रवित अवस्था में विद्युत का चालन करते हैं, वास्तविक विद्युत अपघट्य कहलाते हैं।

आयनिक चालक दो प्रकार के होते हैं।

(a) **प्रबल वैद्युत अपघट्य**

(i) ऐसे यौगिक जो लगभग आयनों में पूर्णतया आयनीकृत हो जाते हैं। प्रबल वैद्युत अपघट्य कहलाते हैं।

(ii) ऐसे योगिकों के आयनन की मात्राा एक होती है।

i.e. $\alpha \cong 1$.

उदा.HCl, H_2SO_4, NaCl. HNO_3, KOH, NaOH, HNO_3, $AgNO_3$, $CuSO_4$, इत्यादि अर्थात सभी प्रबल अम्ल, प्रबल क्षार व लवण।

(b) **दुर्बल वैद्युत अपघट्य**

(i) ये पदार्थ बहुत कम मात्राा में आयनित होते हैं। अतः इनके विलयन में बहुत कम मात्रा में विद्युत का चालन होता है। अर्थात दुर्बल चालक होते हैं। सभी दुर्बल अम्ल व दुर्बल क्षार, दुर्बल विद्युत अपघट्य हैं।

उदा. दुर्बल अम्लः H_2CO_3, CH_3COOH, CH_3CH_2COOH, C_6H_5COOH, HCOOH, HCN तथा अन्य कार्बनिक अम्ल।

उदा. दुर्बल क्षार : $Zn(OH)_2$, NH_4OH

(ii) ऐसे यौगिकों के आयनन की मात्रा $\alpha <<< 1$ होती है।

2. दुर्बल वैद्युत अपघट्य का आयनीकरण

2.1 आयनीकरण

वह प्रक्रम जिसमें अम्ल, क्षार अथवा लवणों के अणु संगलित या जल वियोजित अवस्था में आयनों में विघटित हो जाते हैं। आयनीकरण प्रक्रम कहलाता है।

2.1.1 आयनिक साम्य

जलीय अवस्था में दुर्बल वैद्युत अपघट्य कम आयनित होते हैं तथा आयनित व अआयनित अणुओं के बीच एक साम्य स्थापित हो जाता है जिसे आयनिक साम्य कहते हैं।

एक अम्ल HA पर विचार करते हैं जिसे जल में वियोजित करने पर आयनित एवं अआयनित अणुओं के बीच निम्न साम्य स्थापित हो जाता है।

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

द्रव्यानुपाती क्रिया नियम लगाने पर

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA][H_2O]}$$

चूंकि जलीय अवस्था में जल की आण्विक सान्द्रता स्थिर है। अर्थात $[H_2O]$ = स्थिरांक। अतः $K[H_2O]$ को एक नया स्थिरांक K_a माना जा सकता है। जिसे अम्ल वियोजन स्थिरांक कहते हैं।

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

'K_a' प्रत्येक अम्ल के लिए लाक्षणिक होता है। उपरोक्तानुसार K_a, $[H^+]$ के समानुपाती है। अतः K_a का मान अधिक होने पर अम्लता अधिक होगी।

माना कि प्रारम्भिक सांद्रता C मोल/लीटर है तथा α आयनन की मात्राा है तब

	$HA + H_2O \rightleftharpoons$	H^+	+	A^-
प्रारम्भिक सान्द्रता	C	0		0
साम्य सान्द्रता	$(1-\alpha)C$	$C\alpha$		$C\alpha$

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

चूंकि अम्ल दुर्बल है $\alpha <<< 1$ अतः $1 - \alpha = 1$

$$\text{अतः } K_a = \alpha^2 c$$

$$\alpha^2 = \frac{K_a}{C}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \quad \because \frac{1}{C} = V$$

$$\text{अतः } \alpha = \sqrt{K_a \times V}$$

उपरोक्त समीकरण **ओस्टवाल्ड तनुता समीकरण** कहलाता है। इसी तरह दुर्बल क्षार के लिए

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}} \quad \because \frac{1}{C} = V$$

अतः $\alpha = \sqrt{K_b \times V}$

जहां

K_b दुर्बल क्षार का वियोजन स्थिरांक है।

C प्रारम्भिक सांद्रता है।

α दुर्बल क्षार की वियोजन मात्रा है।

अतः ओस्टवाल्ड के तनुता नियमानुसार दुर्बल अपघट्य के आयनीकरण की मात्रा आयतन के वर्गमूल के अनुक्रमानुपाती होती है तथा मोलर सांद्रता के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

Examples based on दुर्बल अपघट्य के वियोजन पर आधारित

उदा.1 CH_3COOH विलयन के 0.02 M के वियोजन की मात्राा (K_a: 1.8×10^{-5}) है–

(A) 3% (B) 0.03%
(C) 2% (D) 0.02%

(Ans. A)

हल. $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$

$= \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-5}}{0.02}}$

$= 0.03$

उदा.2 CH_3COOH का वियोजन स्थिरांक 1.8×10^{-5} है। 25°C पर एसिटिक अम्ल के 0.01M विलयन की H^+ आयन सान्द्रता ज्ञात कीजिए –

(A) 5.5×10^{-5} (B) 1.8×10^{-5}
(C) 4.24×10^{-4} (D) 1.01×10^{-4}

[उत्तर. C]

हल. हम जानते हैं कि

$H^+ = \alpha C$ एवं $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$

$H^+ = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \times C = \sqrt{K_a \times C}$

दिया है C = 0.01 M एवं $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$

$H^+ = \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 10^{-2}} = \sqrt{18 \times 10^{-8}}$

$= \mathbf{4.24 \times 10^{-4}}$

3. वैद्युत–अपघटनी वियोजन का आरेनियस सिद्धान्त

(a) जब एक वैद्युत अपघट्य को जल में वियोजित किया जाता है तो यह दो प्रकार के आवेशित कण देता है जो आयन कहलाते हैं।

(b) विद्युत धारा प्रवाहित करने पर आयन विपरीत आवेशित इलेक्ट्रोडों पर गमन करते हैं। धनायन, कैथोड़ की ओर तथा ऋणायन ऐनोड की ओर गमन करते हैं। इस कारण इन्हें क्रमशः कैटायन तथा ऐनायन कहते हैं।

(c) विलयन विद्युत उदासीन होता है।

(d) वैद्युत अपघट्य का वह भाग जो आयनों में वियोजित हो जाता है आयनन की मात्रा कहलाता है।

(e) अपघट्य जो जलीय विलयन में H^+ आयन देता हो, अम्ल तथा OH^- आयन देता हो, क्षार कहलाता है।

(f) अम्लता, वियोजन स्थिरांक से सीधा समानुपाती होती है।

$k_a = -\log k_a = pk_a$

अतः अम्लीय सामर्थ्य $\propto k_a$

$\propto \frac{1}{pk_a}$

$\propto pk_b$

$\propto \frac{1}{k_b}$

(g) इसी प्रकार क्षारकता k_b के समानुपाती होती है।

$k_b = -\log k_b = pk_b$

क्षारीय सामर्थ्य $\propto k_b$

$\propto \frac{1}{pk_b}$

$\propto pk_a$

$\propto \frac{1}{k_a}$

(h) चालकता विलयन में उत्पन्न आयनों के समानुपाती होती है।

विलयन की चालकता ∝ वैद्युत अपघट्य द्वारा उत्पन्न आयन

(i) प्रबल वैद्युत अपघट्य की वैद्युत चालकता दुर्बल वैद्युत अपघट्य से अधिक होती है।

(j) ओस्टवाल्ड का तनुता नियम केवल दुर्बल वैद्युत अपघट्यों पर लागू होता है।

(k) जब वैद्युत अपघट्य विलयन में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तो आवेशित आयन इलेक्ट्रोडों की ओर गमन करते हैं।

(l) आयनों की चालकता आयनों के अणुभार अथवा परमाणु भार के विलोमानुपाती होती है।

Examples based on **आरेनियस सिद्धान्त पर आधारित**

उदा.3 एक यौगिक के आयनीकरण की मात्रा निर्भर करती है–

(A) विलेय का आकार

(B) विलेय की प्रकृति

(C) पात्रा की प्रकृति

(D) प्रवाहित विद्युत की मात्रा

[उत्तर. B]

हल. समान सान्द्रता पर, प्रबल विद्युत अपघट्य के लिए $\alpha \approx 100\%$ व दुर्बल विद्युत अपघट्य के लिए $\alpha \approx 1 - 10\%$

उदा.4 $BaCl_2$ का विलयन उदासीन होता है क्योंकि –

(A) बेरियम आयनों की संख्या = क्लोराइड आयनों की संख्या

(B) बेरियम आयनों की संख्या = 2 × क्लोराइड आयनों की संख्या

(C) 2 × बेरियम आयनों की संख्या = क्लोराइड आयनों की संख्या

(D) Ba^{+2} आयनों की संख्या = ½ × Cl^- आयनों की संख्या

[उत्तर. D]

हल. चूंकि कुल आवेश समान होता है अतः विलयन विद्युत उदासीन होता है।

$$BaCl_2 \qquad Ba^{+2} + 2Cl^-$$

उदा.5 अधिकतम सामर्थ्य युक्त अम्ल के pK_a का मान है–

(A) 30 (B) 4.5

(C) 1.0 (D) 2.0

[उत्तर. C]

हल. अम्लीय सामर्थ्य $\propto K_a \propto \frac{1}{pK_a}$

3.1 आरेनियस सिद्धान्त की सीमाएं

(a) H^+ तथा OH^- आयन जलयोजित आयनों के रूप में रहते हैं।

(b) इस आधार पर CO_2, SO_2 आदि के अम्लीय सामर्थ्य की व्याख्या तथा NH_3, CaO, Na_2CO_3 की क्षारकता की व्याख्या नहीं की जा सकती।

(c) यह सिद्धान्त जल की अनुपस्थिति में अम्ल क्षार अभिक्रिया को समझाने में असमर्थ हैं।

$$SO_3(g) + CaO(s) \rightarrow CaSO_4(g)$$

3.2 आयनन की मात्रा को प्रभावित करने वाले कारक

(a) **तापमान** – तापमान बढ़ने के साथ वियोजन बढ़ता है। अतः वियोजन की मात्रा ∝ तापमान

(b) **तनुता** – दुर्बल विद्युत अपघट्य विलयन में तनुता को बढ़ाया जाए तो आयनन की मात्रा बढ़ जाती है तथा अनन्त तनुता पर कोई भी पदार्थ शत प्रतिशत आयनीकृत हो जाता है।

(c) **विलयन की सान्द्रता –**

वियोजन की मात्रा

$$\propto \frac{1}{\text{Concentration of solution}}$$

$$\propto \frac{1}{\text{Amount of solute in given volume or wt. of solution}}$$

∝ विलायक की मात्रा

(d) **विलायक की प्रवृत्ति :** – विलायक के परावैद्युत स्थिरांक का मान उच्च होने पर आयनन की मात्रा अधिक होगी।

आयनन की मात्रा या वियोजन की मात्रा

∝ विलायक का परावैद्युत स्थिरांक

परावैद्युत स्थिरांक : – विलायक के अणु आयनों के मध्य आकर्षण बल को दुर्बल कर देते हैं जिससे वे पृथक हो जाते हैं। किसी विलायक द्वारा आयनों के मध्य आकर्षण बल को दुर्बल करने की प्रवृत्ति को डाइइलेक्ट्रिक स्थिरांक कहा जाता है। विलायक अणु जितना अधिक ध्रुविय होगा उसका डाईइलेक्ट्रिक स्थिरांक उतना की उच्च होगा तथा आयनन की मात्राा उतनी ही अधिक होगी।

नोट : – जल इसकी परावैद्युत स्थिरांक की उच्चता के कारण अतिशक्तिशाली आयनीकृत विलायक है।

(e) **समआयनों की उपस्थिति :** – जब किसी प्रबल विद्युत अपघट्य विलयन में कोई दुर्बल विद्युत अपघट्य मिलाया जाय जिससे कि प्राप्त एक आयन दोनों विद्युत अपघट्य से प्राप्त आयनों में सम हो तो समआयन प्रभाव कार्य करता है तथा दुर्बल विद्युत अपघट्य के आयनन में कमी आ जाती है।

उदा. जैसे HCl विलयन में CH_3COOH का आयनन कम हो जाता है।

(f) **वैद्युत अपघट्य की प्रकृति :** – प्रबल विद्युत अपघट्य अधिक मात्रा में आयनित होंगे क्योंकि इनमें आयनिक या प्रबल ध्रुविय सहसंयोजक बंध होता है। तथा दुर्बल विद्युत अपघट्य कम मात्रा में आयनित होते हैं।

4. BRONSTED AND LOWRY CONCEPT OF ACIDS & BASES

4.1 परिकल्पनाएँ :-

(1) अम्ल - प्रोट्रॉन (H^+) दाता

(2) क्षार - प्रोट्रॉन (H^+) ग्राही

उदा.

$HCl(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons H_2O^+(aq) + Cl^-(aq)$

अम्ल क्षार

$HCl(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$

अम्ल क्षार

$HCl(aq) + CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COOH_2^+(aq) + Cl^-(aq)$

अम्ल क्षार

नोट :- यहां CH_3COOH, की H^+ त्यागने की प्रवृत्ति HCl की तुलना में कम होती है अतः CH_3COOH एक दुर्बल क्षार की तरह कार्य करता है।

4.2 संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म (CABP) :-

एक अम्ल क्षार अभिक्रिया में

अम्ल $\longrightarrow H^+$ + संयुग्मी क्षार

क्षार + $H^+ \longrightarrow$ संयुग्मी अम्ल

उदा.

$HCl(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$

$Acid_1$ $Base_2$ $Acid_2$ $Base_1$

CABP

CABP

नोट :- एक CABP केवल एक प्रोट्रॉन द्वारा एक दूसरे से भिन्नता रखते है।

उदा.

HSO_4^- , H_2SO_4 का संयुग्मी क्षार है परन्तु SO_4^{2-} नहीं

4.3 अम्ल/क्षारों की आपेक्षिक सामर्थ्य :-

किसी स्पीशीज तथा इसके संयुग्मी की प्रबलता एक दूसरे के विपरीत होती है अर्थात्

अम्ल (या क्षार)	*संयुग्मी क्षार (या अम्ल)*
(i) दुर्बल	प्रबल
(ii) प्रबल	दुर्बल

उदा.

अम्लों का सामर्थ्यक्रम

$HClO_4 > H_2SO_4 > HCl > CH_3COOH$

संयुग्मी क्षारों का सामर्थ्य क्रम

$ClO_4^- < HSO_4^- < Cl^- < CH_3COO^-$

Examples based on Bronsted and Lowry concept of Acids and Bases

उदा.6 HCO_3^- का संयुग्मी क्षार है -

(A) H_2CO_3 (B) CO_2

(C) H_2O (D) CO_3^-

[उत्तर. D]

हल. $HCO_3^- \longrightarrow H^+ + CO_3^{2-}$

अम्ल संयुग्मी क्षार

उदा.7 HSO_3^- का संयुग्मी अम्ल है -

(A) SO_3^{2-} (B) SO_4^{2-}

(C) H_2SO_4 (D) H_2SO_3

[उत्तर. D]

हल. $HSO_3^- + H^+ \longrightarrow H_2SO_3$

क्षार संयुग्मी अम्ल

उदा.8 निम्न अभिक्रिया में H_2SO_4 का संयुग्मी क्षार है -

$H_2SO_4 + H_2O$ $H_3O^+ + HSO_4^-$

(A) H_2O (B) H_3O^+

(C) HSO_4^- (D) SO_4^{2-}

[उत्तर. C]

उदा.9 निम्न में से कौनसा ब्रॉस्टेड क्षार व ब्रास्टेड अम्ल की तरह कार्य कर सकता है ?

(A) CH_3COO^- (B) CO_3^{2-}

(C) HPO_4^{2-} (D) H_3PO_4

[उत्तर. C]

हल. $PO_4^{3-} \xleftarrow{-H^+} HPO_4^{2-} \xrightarrow{+H^+} H_2PO_4^-$

5. IONIC PRODUCT OF WATER

शुद्ध जल दुर्बल वैद्युत अपघट्य होता है।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

द्रव्यानुपाती क्रियानुसार

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

या $[H^+]\ [OH^-] = K[H_2O]$

चूंकि आयनीकरण बहुत कम होता है। अतः अआयनित जल की सांद्रता को स्थिर माना जा सकता है। अतः $K[H_2O]$ को एक नया स्थिरांक K_w कह सकते हैं।

अतः $[H^+]\ [OH^-] = K_w$

जल में निश्चित ताप पर H^+ और OH^- आयनों की सांद्रता का गुणनफल आयनिक गुणनफल कहलाता है।

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

$K_w = 10^{-14}$

नोट : – K_w का मान ताप के साथ बढ़ता है। अतः जल का आयनन भी बढ़ता है तथा H^+ व OH^- आयनों की सांद्रता बढ़ती है।

(a) K_w का तापमान के साथ परिवर्तन : –

	तापमान (°C)	K_w का मान
(1)	0	0.11×10^{-14}
(2)	10	0.31×10^{-14}
(3)	20-35 or 25° (Room temp.)	1×10^{-14}
(4)	60	2.9×10^{-14}
(5)	80	5.6×10^{-14}
(6)	90	1.0×10^{-12}

$K_W = [H^+]\ [OH^-]$

$-\log K_W = -\log[H^+] + (-)\log [OH^-]$

$pK_W = pH + pOH$

$$\boxed{14 = pH + pOH}$$

अम्लता या क्षारकता H^+ व OH^- आयनों की सांद्रता पर निर्भर करती है।

यदि $[H^+] > [OH^-]$ = अम्लीय विलयन

$[OH^-] > [H^+]$ = क्षारीय विलयन

$[OH^-] = [H^+]$ = उदासीन विलयन

याद रखने योग्य कुछ महत्वपूर्ण बिन्दु : –

(a) 1 लीटर जल का भार = 997 gm

(b) जल की मोलर सांद्रता =55.5 ग्राम मोल / लीटर

(c) 1 लीटर उदासीन जल में कुल अणु
$= 55.5 \times 6.023 \times 10^{23} = 3.34 \times 10^{25}$

(d) 1 लीटर उदासीन जल में H^+ आयन सांद्रता
$= 10^{-7}$ मोल / लीटर

(e) 1 लीटर उदासीन जल में OH^- आयन सांद्रता
$= 10^{-7}$ मोल / लीटर

(f) 1 लीटर उदासीन जल में H^+ आयनों की संख्या
$= 6.023 \times 10^{16}$

(g) 1 लीटर उदसीन जल में OH^- आयनों की संख्या
$= 6.023 \times 10^{16}$

(h) जल अपघटन स्थिरांक –

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$= \frac{10^{-7} \times 10^{-7}}{55.5} = 1.8 \times 10^{-16}$$

Examples based on Ionic product of water

उदा.10 HCl के 0.175 M विलयन में H^+ आयन की सांद्रता ज्ञात करो –

(A) 5.7×10^{-14} M (B) 6.75×10^{-12} M
(C) 5.75×10^{-10} M (D) 6.75×10^{-14} M

[उत्तर. A]

हल. $K_w = [H^+]\ [OH^-]$. $[H^+] = 0.175$ (चूंकि HCl प्रबल अम्ल है।)

$$\therefore [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.175} = 5.7 \times 10^{-14} \text{ M}$$

उदा.11 $Ca(OH)_2$ के 0.01 विलयन में H^+ आयन सांद्रता ज्ञात करो –

(A) 5×10^{-13} M (B) $5\ 5 \times 10^{-16}$
(C) 5×10^{-10} (D) कोई नहीं

[उत्तर. A]

हल. $K_W = [H^+]\ [OH^-]$

$[OH^-] = 0.02$ M [चूंकि प्रति मोल $Ca(OH)_2$ में दो मोल OH^- आयन हैं।]

$$\therefore [H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{0.02} = \mathbf{5 \times 10^{-13}\ M}$$

उदा.12 जल का आयनिक गुणनफल 37ºC पर $1\times10^{-13.6}$ है। इस ताप पर H_3O^+ व OH^- की सांद्रता क्या होगी –

(A) 3.75×10^{-8} (B) 1.75×10^{-8}
(C) 1.58×10^{-7} (D) 1.85×10^{-8}

[उत्तर. C]

हल. $K_w = [H^+]\,[OH^-] = 1 \times 10^{-13.6}$

$[H^+]\,[OH^-] = \sqrt{1\times10^{-13.6}} = 1.58 \times 10^{-7}$

6. NEUTRALISATION

अम्ल क्षार की क्रिया जिसमें जल तथा लवण बनते हैं, उदासीनीकरण अभिक्रिया कहलाती है। इस क्रिया में अम्ल H^+ तथा क्षार OH^- आयन देता है।

6.1 लवण :

(a) अम्ल क्षार उदासीनीकरण के फलस्वरूप बनी स्पीशीज लवण कहलाती है।

(b) 1 ग्राम तुल्यांक अम्ल की 1 ग्राम तुल्यांक क्षार से क्रिया के दौरान उत्सर्जित ऊष्मा उदासीनीकरण ऊष्मा कहलाती है।

(c) इस ऊष्मा का मान 13.6 किलो कैलोरी होता है।

(d) लवण सामान्यतः क्रिस्टलीय ठोस होते हैं।

(e) लवण सामान्यतः निम्न चार तरह के होते हैं।

6.1.1सामान्य लवण

ये तीन तरह के होते हैं।

(a) नॉर्मल लवण : – सामान्य क्षार व सामान्य अम्ल जैसे NaCl, NH_4Cl, CH_3COONa, KNO_3 आदि इसके अन्तर्गत आते हैं।

(b) अम्लीय लवण : – किसी क्षार तथा अम्ल की अपूर्ण अभिक्रिया से अम्लीय लवण का निर्माण होता है तथा यह जलीय विलयन में प्रोटॉन देता है। जैसे – $NaHCO_3$, $NaHSO_4$, Na_2HPO_4.

उदा. $H_2SO_4 + NaOH \longrightarrow NaHSO_4$
(द्विक्षारीय) 1 मोल ↓ $H^{\oplus}$

(c) क्षारीय लवण : – किसी अम्ल तथा क्षार की अपूर्ण अभिक्रिया से क्षारीय लवण का निर्माण होता है। तथा यह जलीय विलयन में OH^- आयन देता है।

जैसे –$Zn(OH)Cl$, $Mg(OH)Cl$, $Fe(OH)_2Cl$ आदि।

उदा. $Ca(OH)_2 + HCl \longrightarrow Ca(OH)Cl + OH^-$
1मोल क्षारीय लवण

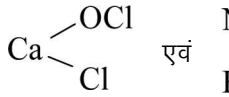
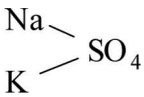
उदा. $Mg(OH)_2 + HNO_3 \longrightarrow Mg(OH)NO_3$
1मोल क्षारीय लवण

उदा.$Al(OH)_3 + HCl \longrightarrow Al(OH)_2Cl \rightarrow Al(OH)Cl_2$
1मोल क्षारीय लवण

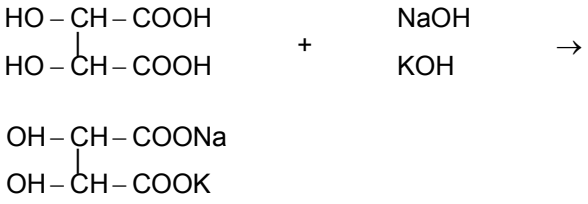
6.1.2 मिश्रित लवण : –

दो से अधिक अम्लों तथा क्षारों के उदासीनीकरण अभिक्रिया के फलस्वरूप बने लवण मिश्रित लवण कहलाते हैं या ऐसे लवण जो एक से अधिक धनायन या एक से अधिक ऋणायन का निर्माण करते हैं वे भी मिश्रित लवण कहलाते हैं।

जैसे – **रोशेल लवण**


एवं

आदि

उदा.



दो क्षार

उदा.$Ca(OH)_2 + HOCl / HCl \rightarrow CaOCl_2$

दो अम्ल

6.1.3 द्विक लवण : –

दो या अधिक सामान्य लवणों के मिश्रण से बने लवण को द्विक लवण कहते हैं।

उदा.$K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O \rightarrow$ पोटाश एलम

उदा.$FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O \rightarrow$ मोहर लवण इत्यादि

6.1.4 जटिल लवण : –

(a) ऐसे लवण लिगेंड अणु द्वारा धात्विक आयन को e^- युग्म के दान से बनते हैं। ऐसे लवण आण्विक यौगिकों या सामान्य लवणों के मिश्रण से भी बनते हैं।

(b) जटिल लवण ठोस अवस्था में स्थाई होते हैं।

(c) जलयोजन से ऐसे लवण कम से कम एक जटिल आयन देते हैं।

उदा. $K_4[Fe(CN)_6$, $[Cu(NH_3)_4\,SO_4$
या सभी उपसहसंयोजी यौगिक
$K_4\,[Fe(CN)_6 \rightarrow 4K^+ + [Fe(CN)_6]^4$

7. pH मापन ∷

(i) किसी विलयन में H^+ आयन सांद्रता एक बड़ी परास 1 mol dm^{-3} से 10^{-14} mol dm^{-3} तक परिवर्तित हो सकती है। अतः इन मात्राओं के मापक्रम हेतु सन् **1909** में वैज्ञानिक **सोरेन्सन** द्वारा लघुगुणक मापक्रम दिया गया ।

(ii) उपरोक्त सूचक को pH मापक्रम कहते हैं। मापक्रम के अनुसार किसी विलयन की हाइड्रोजन आयन सांन्द्रता $[H^+]$ को 10 की घातांक (ऋणात्मक pH) के रूप में दर्शा सकते हैं।

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

or $pH = -\log [H^+] = \log\left(\frac{1}{[H^+]}\right)$

टिप्पणी :

(i) $[H^+]$ को हमेशा मोल dm^{-3} या mol ℓ^{-1} में लिखा जाना चाहिए।

(ii) इसी तरह $[OH^-]$ को $pOH = -\log [OH^-]$ के रूप में लिखा जाना चाहिए।

चूँकि हम जानते हैं कि $[H^+][OH^-] = K_w = 10^{-14}$ या **pH + pOH=14, 25ºC** पर

(iii)

$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH	विलयन का प्रकार
$10^0=1$	10^{-14}	0	14	प्रबल अम्लीय
10^{-2}	10^{-12}	2	12	अम्लीय
10^{-5}	10^{-9}	5	9	दुर्बल अम्लीय
10^{-7}	10^{-7}	7	7	उदासीन
10^{-9}	10^{-5}	9	5	दुर्बल क्षारीय
10^{-11}	10^{-3}	11	3	क्षारीय
10^{-14}	$10^0=1$	14	0	प्रबल क्षारीय

(iv) विलयनों का pH मान एक साथ अम्लों की सामर्थ्य नहीं बताता है,

उदा–

(a) pH = 1 का विलयन pH = 3 वाले विलयन से 100 गुना $[H^+]$ की सांद्रता रखता है (न कि तीन गुना)

(b) एक 4×10^{-5} N HCl विलयन की सांद्रता 2×10^{-5} N HCl से दुगुनी है लेकिन उनके pH मान क्रमशः 4.4 व 4.7 है (दुगुने नहीं)

(v) एक अम्लीय विलयन जिसकी सांद्रता बहुत कम है, माना 10^{-8} N HCl की pH का मान 8 नहीं हो सकता (परिभाषानुसार) लेकिन 7 से कम हो सकता है।

7.1 pH के अनुप्रयोग

(a) एक प्रबल अम्ल या प्रबल क्षार की pH

(i) चूंकि ये पूर्णतः आयनित होते हैं अतः इनकी pH सीधे इनकी नॉर्मलता से ज्ञात की जा सकती है।

उदा–

(a) 10^{-2} M HCl हेतु $\equiv 10^{-2}$ N HCl

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

(b) 10^{-3} M NaOH हेतु $\equiv 10^{-3}$ N NaOH

$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = 10^{-11}$

या $pH = -\log (10^{-11}) = 11$

(c) 10^{-2} M H_2SO_4 के लिए $\equiv 2 \times 10^{-2}$ N H_2SO_4

$[H^+] = 2 \times 10^{-2}$M

या $pH = -\log (2 \times 10^{-2}) = 1.699$

(d) 10^{-3}M $Mg(OH)_2$ के लिए $\equiv 2 \times 10^{-3}$ N $Mg(OH)_2$

$[H^+] = \frac{10^{-4}}{2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-12}$ M

या $pH = -\log(5 \times 10^{-12}) = 11.3$

टिप्पणी: नॉर्मलता = अम्लता या क्षारकता × मोलरता

(b) दुर्बल अम्ल या दुर्बल क्षार की pH

(i) दुर्बल अम्ल या क्षार के लिए $[H^+]$ सांद्रता सीधे उसकी सांद्रता से ज्ञात नहीं की जा सकती क्योंकि वे आंशिक आयनित होते हैं।

(ii) सांद्रता (C) के अलावा $[H^+]$ मापन हेतु K_a (या K_b) या वियोजन की मात्राा आवश्यक होती है।

(iii) चूंकि हम जानते हैं कि दुर्बल अम्लों हेतु $[H^+] = \sqrt{K_a \cdot C}$ या $[H^+] = C\alpha$

अतः $\mathbf{pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C)}$

(iv) दुर्बल क्षारों हेतु $[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot C}$ या $[OH^-] = C\alpha$

अतः $\mathbf{pOH = \frac{1}{2}(pk_b - \log C)}$

8. जल–अपघटन :

लवण की जल से वह क्रिया जिसमें अम्ल तथा क्षार का मिश्रण प्राप्त होता है, जल अपघटन कहलाती है।

(a) यह उदासीनीकरण का विलोम है।

लवण + जल $\rightleftharpoons$ अम्ल + क्षार

(b) इस अभिक्रिया में विलयन उदासीन रहता है यदि अम्ल तथा क्षार दोनों प्रबल हो।

(c) अम्ल क्षार से प्रबल होने पर विलयन अम्लीय होता है तथा विलोम स्थिति में क्षारीय होता है।

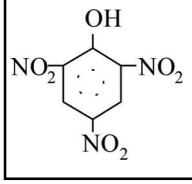
(d) अम्लों तथा क्षारों की प्रकृति के आधार पर लवण चार प्रकार के होते हैं।

(i) प्रबल अम्ल तथा प्रबल क्षार से मिलकर बना लवण

(ii) प्रबल अम्ल तथा दुर्बल क्षार से मिलकर बना लवण

(iii) दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार से मिलकर बना लवण

(iv) दुर्बल अम्ल तथा प्रबल क्षार से मिलकर लवण

प्रबल अम्ल HCl	दुर्बल अम्ल CH_3COOH	प्रबल क्षार NaOH	दुर्बल क्षार NH_4OH
H_2SO_4	HCN	KOH	LiOH
HNO_3	H_2CO_3	RbOH	$Ca(OH)_2$
$HClO_4$	H_3PO_4	CsOH	$Be(OH)_2$
HI	H_3PO_3	$Ba(OH)_2$	$Zn(OH)_2$
H_2SO_3	HOCl		$Al(OH)_3$
	COOH | COOH	$Fe(OH)_2$	$Fe(OH)_3$ RNH_2 NH_3

8.1 प्रबल अम्ल तथा प्रबल क्षार से बने लवण का जल अपघटन :

$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

प्रबल अम्ल प्रबल क्षार लवण

जल अपघटन पर

$NaCl + H_2O \rightarrow NaOH + HCl$

$Na^+ + Cl^- + H_2O \rightarrow Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^-$

परिणाम→ $H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$

अतः जल अपघटन नहीं होगा। अतः विलयन उदासीन होगा।

नोट : – संयुग्मी अम्लों तथा क्षारों के कारण भी जल अपघटन नहीं होगा क्योंकि वे दुर्बल है।

8.2 प्रबल अम्ल तथा दुर्बल क्षार से बने लवण का जल अपघटन :

$HCl + NH_4OH \rightarrow NH_4Cl + H_2O$

प्रबल अम्ल दुर्बल क्षार लवण

जल अपघटन पर

$NH_4Cl + H_2O \rightarrow NH_4OH + HCl$

लवण दुर्बल क्षार प्रबल अम्ल

$NH_4^+ + Cl^- + H_2O \rightarrow NH_4OH + H^+ + Cl^-$

परिणामी अभिक्रया

$NH_4^+ + H_2O \rightarrow NH_4OH + H^+$

परिणाम:

(i) उपरोक्त जल अपघटन "धनायनिक जल अपघटन" कहलाता है।

(ii) चूंकि परिणामी अभिक्रिया में H^+ बनता है अतः विलयन अम्लीय होगा।

(iii) विलयन नीले लिटमस को लाल कर देता है।

(iv) विलयन का pH, 7 से कम होगा।

A. जल अपघटनांक (K_h), दुर्बल क्षार वियोजन स्थिरांक (K_b) व आयनिक गुणनफल (K_w) के बीच संबंध :

एक लवण BA लेते हैं

$H_2O + BA \rightleftharpoons BOH + HA$

लवण दुर्बल क्षार प्रबल अम्ल

$B^+ + A^- \rightleftharpoons BOH + H^+ + A^-$

परिणामी समीकरण

$B^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+$

द्रव्यानुपाती क्रिया नियम से

$$K = \frac{[BOH][H^+]}{[B^+][H_2O]}$$

$[H_2O]$ की सांद्रता लगभग स्थिर रहती है क्योंकि 55 करोड़ जल के अणुओं में से एक जल का अणु आयनित होता है।

अतः $$K[H_2O] = \frac{[BOH][H^+]}{[B^+]}$$

$$K_h = \frac{[BOH][H^+]}{[B^+]} \quad \text{----(1)}$$

जल का कुछ हिस्सा तो आयनित होता है नहीं तो अभिक्रिया अनुत्क्रमणीय रहेगी।

$\therefore \quad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K[H_2O] = [H^+][OH^-]$$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} \quad \text{----(2)}$$

इसी प्रकार कुछ हिसा BOH का भी आयनित होगा

$\therefore \quad BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$

$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$$

$$[B^+] = \frac{K_b \times [BOH]}{[OH^-]} \quad \text{----(3)}$$

समीकरण (2) व (3) से (1) में मान रखने पर

$$K_h = \frac{K_W}{K_b}$$

B. जल अपघटन की मात्रा का मापन :

माना कि लवण की वास्तविक सांद्रता C मोल प्रति लीटर है तथा h जल अपघटन की मात्रा है तो

	$B^+ + H_2O \rightleftharpoons$	BOH +	H^+
प्रारम्भिक मोलर सांद्रता	C	0	0
मोलर साम्य सांद्रता	(1 – h)C	hC	hC
$\therefore$	$\frac{1-h}{V}$	$\frac{h}{V}$	$\frac{h}{V}$

$$K = \frac{[BOH][H^+]}{[B^+][H_2O]}$$

$$K[H_2O] = \frac{[BOH][H^+]}{[B^+]}$$

$$K_h = \frac{\frac{h}{V} \times \frac{h}{V}}{\frac{1-h}{V}} = \frac{h^2}{(1-h)V}$$

चूंकि, h << 1, अतः 1 – h = 1,

$$K_h = \frac{h^2}{V}$$

$$h^2 = K_h \times V$$

$$h = \sqrt{K_h V}$$

$\therefore \quad K_h =$ जल अपघटनांक

तब, $h \propto \sqrt{V}$

अतः जल अपघटन की मात्राा आयतन के वर्गमूल के समानुपाती है या सांद्रता के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती है।

$\therefore h^2 = K_h \times V$

$\because V = 1 / C$

$$h^2 = \frac{K_h}{C}$$

$$\boxed{h = \sqrt{\frac{K_h}{C}}}$$

उपरोक्त समीकरण में K_h का मान रखने पर

$$\boxed{h = \sqrt{\frac{K_W}{K_b \times C}}}$$

C. H^+ आयन सांद्रता या pH का मापन :

चूंकि, $[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]}$ तथा $[OH^-] = hC$

$\therefore \quad [H^+] = \frac{K_W}{hC}$ लेकिन $h = \sqrt{\frac{K_W}{K_b.C}}$

$$[H^+] = C\sqrt{\frac{K_W}{K_b.C}} = \sqrt{\frac{K_W C}{K_b}} = \left(\frac{K_W C}{K_b}\right)^{1/2}$$

चूंकि, $pH = -\log [H^+]$

$$pH = -\log \left(\frac{K_W C}{K_b}\right)^{1/2}$$

$$pH = -\frac{1}{2}\log K_w + \frac{1}{2}\log K_b - \frac{1}{2}\log C$$

$$pH = \frac{1}{2}pK_w - \frac{1}{2}pK_b - \frac{1}{2}\log C$$

$$\boxed{pH = 7 - \frac{1}{2}pK_b - \frac{1}{2}\log C}$$

उपरोक्त समीकरण का विश्लेषण यह दर्शाता है कि प्रबल अम्ल तथा दुर्बल क्षार से बने लवण की pH 7 से कम होती है।

8.3 दुर्बल अम्ल तथा प्रबल क्षार से बने लवण का जल अपघटन :

$CH_3COOH + NaOH \quad CH_3COONa + H_2O$

जल अपघटन पर

$CH_3COONa + H_2O \quad CH_3COOH + NaOH$

लवण दुर्बल अम्ल प्रबल क्षार

$CH_3COO^- + Na^+ + H_2O$

$CH_3COOH + Na^+ + OH^-$

परिणाम :

(i) उपरोक्त जल अपघटन ऋणायनिक जल अपघटन कहलाता है।

(ii) उपरोक्त विलयन क्षारीय होता है चूंकि परिणामी अभिक्रिया OH^- आयन बनते हैं।

(iii) उपरोक्त विलयन लाल लिटमस को नीला कर देता है।

(iv) चूंकि विलयन क्षारीय है अतः pH 7 से अधिक होगी।

A. K_h, K_w तथा K_a में संबंध :

एक लवण BA लेते हैं

$$H_2O + BA \qquad BOH + HA$$

लवण प्रबल क्षार दुर्बल अम्ल

$$B^+ + A^- \qquad B^+ + OH^- + HA$$

परिणामी समीकरण :

$$A^- + H_2O \qquad OH^- + HA$$

द्रव्यानुपाती क्रिया नियम से

$$K = \frac{[HA]\,[OH^-]}{[A^-]\,[H_2O]}$$

$[H_2O]$ की सांद्रता स्थिर रहती है क्योंकि 55 करोड़ जल के अणुओं में से एक अणु जल का आयनित होता है।

$$\text{अतः } K[H_2O] = \frac{[HA]\,[OH^-]}{[A^-]}$$

$$K_h = \frac{[HA]\,[OH^-]}{[A^-]} \qquad \text{----(1)}$$

कुल हिस्सा जल का आयनित होता है अन्यथा अभिक्रिया उत्क्रमणीय नहीं होगी

$$\therefore \quad H_2O \qquad H^+ + OH^-$$

$$K = \frac{[H^+]\,[OH^-]}{[H_2O]}$$

$$K[H_2O] = [H^+]\ [OH^-]$$

$$K_w = [H^+]\ [OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{K_W}{[H^+]} \qquad \text{----(2)}$$

कुछ भाग HA भी निम्न प्रकार आयनित होता है

$$\therefore \quad HA \qquad H^+ + A^-$$

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

$$[A^-] = \frac{K_a \times [HA]}{[H^+]} \qquad \text{----(3)}$$

समीकरण (1) में (2) तथा (3), से मान रखने पर

$$\boxed{K_h = \frac{K_W}{K_a}}$$

B. जल अपघटन की मात्रा का मापन –

माना लवण की प्रारम्भिक सांद्रता C मोल / ली है व h जल अपघटन की मात्रा है, तब

$$A^- + H_2O \qquad OH^- + HA$$

प्रारम्भिक मोलर सांद्रता	C	0	0
मोलर साम्य सांद्रता	(1 – h)C	hC	hC

$$\therefore \quad K_h = \frac{[OH^-]\,[HA]}{[A^-]} = \frac{hC \times hC}{(1-h)C} = \frac{h^2C}{(1-h)}$$

चूंकि h का मान 1 से बहुत कम है। अतः (1 – h) को 1 माना जा सकता है। तब उपरोक्त समीकरण से

$$K_h = h^2C$$

$$h = \sqrt{\frac{K_h}{C}} \qquad \because C = \frac{1}{V}$$

$$\therefore \quad h = \sqrt{K_h \times V}$$

अतः दुर्बल अम्ल व प्रबल क्षार से बने लवण के जल अपघटन की मात्रा सांद्रता के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती तथा आयतन के वर्गमूल के समानुपाती होती है।

K_h का मान रखने पर $h = \sqrt{\frac{K_W}{K_aC}}$

C. H^+ आयन सांद्रता या pH का मापन : -

चूंकि, $[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]}$ व $[OH^-] = hC$

$$\therefore \quad [H^+] = \frac{K_W}{hC} \qquad \text{लेकिन } h = \sqrt{\frac{K_W}{K_aC}}$$

$$\therefore \quad [H^+] = \frac{K_W}{C} \times \sqrt{\frac{K_aC}{K_W}} = \sqrt{\frac{K_W K_a}{C}}$$

चूंकि, $pH = -\log [H^+]$

$$= -\log\sqrt{\frac{K_w \cdot K_a}{C}} = -\log\left(\frac{K_w \cdot K_a}{C}\right)^{1/2}$$

$$= -\frac{1}{2}\log K_w - \frac{1}{2}\log K_a + \frac{1}{2}\log C$$

$$= \frac{1}{2}pK_W + \frac{1}{2}pK_a + \frac{1}{2}\log C$$

$$\boxed{pH = 7 + \frac{1}{2}pK_a + \frac{1}{2}\log C}$$

उपरोक्त समीकरण से निष्कर्ष निकलता है कि प्रबल क्षार व दुर्बल अम्ल की pH का मान 7 से अधिक होता है। अतः विलयन क्षारीय होगा।

8.4 दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार से बने लवण का जल अपघटन –

$CH_3COOH + NH_4OH \quad CH_3COONH_4 + H_2O$

जल अपघटन पर

$CH_3COONH_4 + H_2O \quad CH_3COOH + NH_4OH$

लवण दुर्बल अम्ल दुर्बल क्षार

$CH_3COO^- + NH_4^+ + H_2O \quad CH_3COOH + NH_4OH$

परिणाम : –

(i) $CH_3COO^- + NH_4^+ + H_2O \quad CH_3COOH + NH_4OH$

इस प्रकार के जल अपघटन को धनायनिक–ऋणायनिक जल अपघटन कहते हैं।

शर्तें –

(a) यदि $pK_a = pK_b$, तब pH = 7 होगा तथा विलयन उदासीन होगा।

(b) यदि $pK_a > pK_b$, तब pH > 7 व विलयन क्षारीय होगा क्योंकि अम्ल क्षार से दुर्बल है।

(c) यदि $pK_a < pK_b$, तब pH < 7 व विलयन अम्लीय होगा क्योंकि क्षार अम्ल से दुर्बल होगा।

A. K_h, K_w, K_a व K_b में संबंध : –

एक लवण BA लेने पर

$BA + H_2O \quad HA + BOH$

दुर्बल अम्ल दुर्बल क्षार

$B^+ + A^- + H_2O \quad HA + BOH$

नोट : – यहां उपरोक्त विलयन में HA व BOH दुर्बल अम्ल तथा क्षार है। अतः लगभग अआयनित रहते हैं। द्रव्यानुपाती क्रिया नियम लगाने पर

$$K = \frac{[HA][BOH]}{[B^+][A^-][H_2O]}$$

$[H_2O]$ की सांद्रता लगभग स्थिर रहती है

अतः $K[H_2O] = \frac{[HA][BOH]}{[B^+][A^-]}$

$$K_h = \frac{[HA][BOH]}{[B^+][A^-]} \quad \text{----(1)}$$

अतः दुर्बल स्पीशीज HA व BOH के वियोजन पर विचार करते हैं –

$HA \quad H^+ + A^-$

$BOH \quad B^+ + OH^-$

$$\therefore \quad K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \quad \text{----(2)}$$

तथा $$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} \quad \text{----(3)}$$

हम जानते हैं कि, $K_W = [H^+][OH^-]$ ----(4)

समी. (4) को (2) तथा (3) से विभाजित करने पर

$$\frac{K_W}{K_a \times K_b} = \frac{[H^+][OH^-][HA][BOH]}{[H^+][A^-][B^+][OH^-]} = \frac{[HA][BOH]}{[B^+][A^-]} \quad \text{----(5)}$$

समी. (1) तथा (5) से -

$$K_h = \frac{K_W}{K_a \times K_b} \quad \text{----(6)}$$

B. जल अपघटन की मात्राा का मापन –

माना लवण की प्रारम्भिक सांद्रता C मोल / लीटर है तथा h जल अपघटन की मात्राा है। तब,

	$B^+ + A^- + H_2O$		$HA + BOH$	
प्रारम्भिक मोलर सांद्रता	C	C	0	0
मोलर साम्य सांद्रता	(1 – h)C	(1 – h)C	hC	hC

$$\therefore \quad K_h = \frac{[HA][BOH]}{[B^+][A^-]} = \frac{hC \times hC}{(1-h)C \times (1-h)C}$$

$$K_h = \frac{h^2}{(1-h)^2}$$

यदि h एक से बहुत कम है तो (1 – h) = 1 माना जा सकता है। अतः

$K_h = h^2$

या $h = \sqrt{K_h}$

अतः जल अपघटन की मात्राा सांद्रता अथवा तनुता पर निर्भर नहीं करती है। समी. (6) से K_h का मान रखने पर

$$h = \sqrt{\frac{K_W}{K_a \times K_b}}$$

C. H^+ आयन सांद्रता अथवा pH का मापन : –

इस तरह की स्थिति में H^+ आयन सांद्रता का निम्न प्रकार मापन करते हैं।

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

इस प्रकार, $K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[HA]}$

या $[H^+] = \frac{K_a[HA]}{[A^-]}$

$$[H^+] = K_a \frac{hC}{(1-h)C} = K_a \frac{h}{(1-h)}$$

चूंकि $h << 1$ तब $(1 - h) = 1$

$[H^+] = K_a \times h$

h का मान रखने पर

$$[H^+] = K_a \sqrt{\frac{K_W}{K_a.K_b}} = \sqrt{\frac{K_W.K_a}{K_b}}$$

हम जानते हैं कि

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

$$= -\log \sqrt{\frac{K_W.K_a}{K_b}}$$

$$= -\log \left(\frac{K_W.K_a}{K_b}\right)^{1/2}$$

$$= -\frac{1}{2}\log K_w - \frac{1}{2}\log K_a + \frac{1}{2} pK_B$$

$$= \frac{1}{2}pK_w + \frac{1}{2} pK_A - \frac{1}{2}pK_b$$

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

Examples based on hydrolysis of different types of salts

उदा.13 0.01M विलयन HCN 0.01% आयनित होता है आयनिक स्थिरांक होगा

(A) 10^{-4} (B) 10^{-6}

(C) 10^{-10} (D) 10^{-8}

[उत्तर. C]

हल. ओस्टवाल्ड तनुता नियम से

$$K_a = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} . C = \alpha^2 C$$

K_a = आयनिक स्थिरांक

α = वियोजन की मात्राा

C = मोलर सांद्रता

HCN के लिए C = 0.01 M

$\alpha = 10^{-4}$

$\therefore$ $K_a = (10^{-4})^2 . (0.01) = \mathbf{10^{-10}}$

उदा.14 ताजा बने $Al(OH)_3$ व $Mg(OH)_2$ विलयनों को एक बफर विलयन (0.25 M NH_4Cl व 0.05 M NH_4OH) में जोर से हिलाया जाता है। विलयन में Al^{+3} आयनों की सांद्रता ज्ञात कीजिए –

(A) 0.986×10^{-15} M (B) 1.286×10^{-15} M

(C) 2.286×10^{-15} M (D) 3.286×10^{-15}M

[उत्तर.B]

[दिया है [K_b $NH_4OH = 1.8 \times 10^{-5}$ K_{SP} $Al(OH)_3$ $= 6 \times 10^{-32}$]

हल. $p(OH) = pK_b + \log \frac{[Salt]}{[Base]}$

$$= 4.74 + \log \frac{0.25}{0.05}$$

$= 5.44$

$\therefore$ $[OH^-] = 3.6 \times 10^{-6}$ M

K_{SP} $Al(OH)_3 = 6 \times 10^{-32} = [Al^{+3}][OH^-]^3$

$\therefore$ $[Al^{+3}] = \frac{6 \times 10^{-32}}{(3600 \times 10^{-6})^3}$

$= 1.29 \times 10^{-15}$ M

उदा.15 उस विलयन का pH क्या होगा जिसमें H^+ आयन सान्द्रता 0.052 मोल/लीटर है –

(A) 2.28 (B) 3.28

(C) 1.28 (D) 4.28

[उत्तर. C]

हल. $[H^+]$ आयन सान्द्रता = 0.052 मोल/लीटर

$\therefore$ pH = – log $[H^+]$

= – log 0.052 = –log 5.2×10^{-2}

= – (–2 +0.716)

= 1.284

≅ **1.28**

उदा.16 1.0 M अमोनियम फॉर्मेट के जलीय विलयन का pH क्या होगा जबकि पूर्णतयः वियोजन होता है। (फॉर्मिक अम्ल का pK_a = 3.8 व अमोनिया का pK_b = 4.8)

(A) 8.5 (B) 6.5

(C) 9.5 (D) 5.5

[उत्तर. B]

हल. लवण $HCOONH_4$ (दुर्बल अम्ल + दुर्बल क्षार से बना लवण) का pH निम्नानुसार होगा –

$HCOONH_4 + H_2O \quad HCOOH + NH_4OH$

pH = 1/2 [log K_b – log K_a – logK_w]

$\therefore$ pH = 1/2 [pK_a + pK_w – pK_b]

pH = 1/2 [3.8 + 14 – 4.8] = **6.5**

उदा.17 0.10 M CH_3COONa विलयन का pH क्या होगा यदि जल अपघटनांक 5.6×10^{-10} है–

(A) 8.874 (B) 88.74

(C) 887.4 (D) 0.88

[उत्तर. A]

हल. जल अपघटन को निम्न प्रकार से दर्शाया जा सकता है।

$CH_3COO^- + Na^+ + H_2O$

$CH_3COOH + Na^+ + OH^-$

या $CH_3COO^- + H_2O \quad CH_3COOH + OH^-$

t = 0 पर C 0 0

साम्य पर $C(1-\alpha)$ $C\alpha$ $C\alpha$

$$K_h = \frac{C^2\alpha^2}{C(1-\alpha)} = C\alpha^2 \text{ तब } \alpha < 1$$

$$\alpha = \sqrt{\left(\frac{K_h}{C}\right)} = \sqrt{\left(\frac{5.6\times10^{-10}}{0.10}\right)}$$

$= 7.5 \times 10^{-5}$

$[OH^-] = C\alpha = 0.10 \times 7.5 \times 10^{-5}$

pOH = – log (7.5×10^{-6}) = 5.126

pH = 14 – pOH = 14 – 5.126

= **8.874**

उदा.18 0.1 M NH_4Cl के जलीय विलयन का pH क्या होगा (दिया है pK_{NH_4OH} = 4.73)

(A) 37.8 (B) 378

(C) 3.78 (D) कोई नहीं

[उत्तर. C]

हल. NH_4CN एक दुर्बल अम्ल, दुर्बल क्षार लवण है इसकी pH को निम्न प्रकार से ज्ञात कर सकते हैं।

$$pH = \frac{1}{2}[pK_w + pK_a - pK_b]$$

$$= \frac{1}{2}[14 + 9.04 - 4.73]$$

= 9.155

उदा.19 0.1 M NH_4Cl विलयन का pH 5.13 है। NH_4OH के वियोजन स्थिरांक की गणना करो –

(A) 1.8×10^{-7} (B) 1.8×10^{-9}

(C) 1.8×10^{-5} (D) कोई नहीं

[उत्तर. C]

हल. NH_4Cl एक दुर्बल क्षार व प्रबल अम्ल युक्त लवण है। इसका pH निम्न प्रकार से ज्ञात कर सकते हैं।

$$pH = \frac{1}{2}[pK_w - pK_b - \log C] \text{ ---- (A)}$$

जहां pH = 5.13

pK_W = – log K_W

= – log 10^{-14} = 14

log C = log 0.1 = – 1

समीकरण (A) में मान रखने पर

$$5.13 = \frac{1}{2}[14 - pK_b + 1]$$

$10.26 = 15 - pK_b$

$pK_a = 4.74$

$\therefore \quad -\log K_b = pK_b = 4.74$

$K_b = \text{antilog}\ (-4.74)$

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

उदा.20 एक दुर्बल अम्ल का वियोजन स्थिरांक 1×10^{-4} है। इसकी प्रबल क्षार के साथ अभिक्रिया का साम्य स्थिरांक होगा –

(A) 10^{-1} (B) 10^{-10}

(C) 10^{10} (D) 10^{14}

[उत्तर. 3]

हल. दुर्बल अम्ल + प्रबल क्षार

लवण + जल ----(1)

लवण + जल

दुर्बल अम्ल + प्रबल क्षार ---- (2)

जल अपघटन उदासीनीकरण का विलोम है। अतः समीकरण (1) के लिए साम्य स्थिरांक $1/K_h$ होगा जहां K_h अभिक्रिया का (2) का जल अपघटनांक है।

$$K_{eq} = \frac{1}{K_h} = \frac{1}{K_w / K_a}$$

$$= \frac{K_a}{K_w} = \frac{10^{-4}}{10^{-14}} = 10^{10}$$

9. बफर विलयन ::

(i) रसायन विज्ञान व बायो रसायन के कुछ अनुप्रयोगों में हम स्थिर pH विलयन चाहते हैं ऐसे विलयन बफर विलयन कहलाते हैं।

(ii) किसी अम्ल (H^+ आयन) या क्षार (OH^- आयन) की अल्प मात्राा मिलने पर किसी विलयन की pH में परिवर्तन नहीं हो, ऐसा विलयन बफर कहलाता है।

(iii) बफर विलयन उभय प्रतिरोधी विलयन भी कहलाता है।

(iv) बफर विलयन के निम्न लाक्षणिक गुण हैं

(a) इसका **pH** स्थिर होना चाहिए।

(b) इसका **pH** दीर्घकाल तक परिवर्तित नहीं होना चाहिए।

(c) इसका **pH** तनुता परिवर्तन पर परिवर्तित नहीं होना चाहिए।

(d) कम मात्राा में अम्ल अथवा क्षार को मिलाने पर **pH** अधिक मात्राा में परिवर्तित नहीं होना चाहिए।

(v) बफर विलयन दो प्रकार के होते हैं–

(A) साधारण बफर

(B) मिश्रित बफर

9.1 साधारण बफर

(i) यह एक यौगिक का विलयन होता है उदा– दुर्बल अम्ल व दुर्बल क्षार का लवण WA + WB (देखें लवण जल अपघटन)

(ii) ऐसे विलयनों की बफर क्रियाशीलता निम्न प्रकार दर्शाई जाती है,

CH_3COONH_4 के विलयन में निम्न साम्य होंगे,

(a) CH_3COO^+(जलीय) + NH_4^+ (जलीय) + H_2O

CH_3COOH(जलीय) + NH_4OH(जलीय)

(लवण जल अपघटन)

(b) NH_4OH $NH_4^+ + OH^-$ (दुर्बल क्षार)

(c) CH_3COOH $CH_3COO^- + H^+$ (दुर्बल अम्ल)

(d) $H_2O + H_2O$ $H_3O^+ + OH^-$ (कम आयनित)

अम्ल कम मात्राा में मिलाने पर विलयन में $[H^+]$ की सांद्रता बढ़ेगी

$CH_3COO^- + H^+$ CH_3COOH

(अम्ल से) (बहुत कम आयनित)

साम्य आगे विस्थापित होगा। इसी प्रकार कम मात्राा में क्षार मिलाने पर $[OH^-]$ सांद्रता बढ़ेगी।

$NH_4^+ + OH^-$ NH_4OH

(क्षार से) (बहुत कम आयनित)

साम्य आगे विस्थापित होगा अतः हम अनुमान लगा सकते हैं कि pH लगभग अपरिवर्तनीय रहेगी।

(iii) साधारण बफर विलयन कम महत्वपूर्ण होते हैं चूंकि $pH = 7 + \frac{1}{2}pK_a - \frac{1}{2}pK_b$ अतः इच्छानुसार pH विलयन नहीं बनाया जा सकता है।

9.2 मिश्रित बफर :

मिश्रित बफर एक से अधिक यौगिकों के मिश्रण होते हैं, वह पुनः निम्न प्रकार वर्गीकृत किए जा सकते हैं–

(a) अम्लीय बफर

(b) क्षारीय बफर

(c) एक पॉलीप्रोटिक अम्ल तथा इसके अम्लीय लवण का मिश्रण

(d) एम्फोलाइट या एम्फोटेरिक इलेक्ट्रोलाइट का विलयन जैसे प्रोटीन व एमीनो अम्ल

टिप्पणी: एम्फोलाइट अथवा उभयधर्मी वैद्युत अपघट्य वे हैं, जो अम्ल व क्षार दोनों के गुण दर्शाते हैं।

9.2.1 अम्लीय बफर :

(i) दुर्बल अम्ल व इसका प्रबल क्षार के साथ बने लवण का मिश्रण कहलाता है।

उदा–

(a) $CH_3COOH + CH_3COONa$

(b) बोरिक अम्ल (H_3BO_3) + बोरेक्स ($Na_2 B_4O_7$)

(c) ○ + ○

थैलिक अम्ल सोडियम थैलेएट

(ii) अम्लीय बफर की क्रियाशीलता निम्न साम्य से प्रदर्शित है–

(a) $CH_3COOH \quad H^+ + CH_3COO^-$
(कम आयनित)

(b) $CH_3COONa \longrightarrow Na^+ + CH_3COO^-$
(पूर्ण आयनित)

(c) $H_2O \quad H^+ + OH^-$

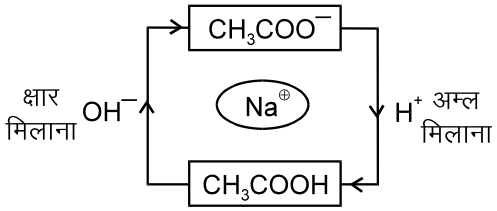
जब विलयन में प्रबल अम्ल मिलाते हैं तो $[H^+]$ बढ़ता है जो कि CH_3COO^- के साथ मिल कर दुर्बल आयनित CH_3COOH, बना देता है, जिसका आयनन समायन प्रभाव के कारण निरूद्ध है।

$CH_3COO^- + H^+$ (अम्ल से)
CH_3COOH (दुर्बल अम्ल)

जब विलयन में प्रबल क्षार मिलाते हैं तो यह आयनित CH_3COOH पर आक्रमण कर दुर्बल H_2O अणु बनाएगा

$CH_3COOH + OH^-$ (क्षार से)
$CH_3COO^- + H_2O$

(iii) अम्लीय बफर की बफर क्रियाशीलता निम्न से समझाई जा सकती है–



(iv) ऐसे अम्लीय बफर विलयनों की pH निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है

(a) $CH_3COOH \quad CH_3COO^- + H^+$ (Ka)

(b) $CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^- + Na^+$
(जलीय) (जलीय)

CH_3COOH दुर्बल आयनित है तथा इसका आयनीकरण, समायन (CH_3COO^-) के कारण अवरूद्ध हो जाता है। अतः माना जा सकता है कि $[CH_3COO^-]$ = [लवण] तथा $[CH_3COOH]$ = [अम्ल]

$$\text{अतः } Ka = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$\text{या } [H^+] = \frac{Ka[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$\log [H^+] = \log K_a + \log [CH_3COOH] - \log [CH_3COO^-]$$

$$-\log [H^+] = -\log K_a - \log [CH_3COOH] + \log [CH_3COO^-]$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{Conjugate base}]}{[\text{Acid}]}$$

$$\text{या } pH = pK_a + \log \frac{\textbf{[Salt]}}{\textbf{[Acid]}}$$

हेण्डरसन– हेसेलबाल्व समीकरण कहलाती है।

* यदि हम अम्लीय बफर में दिए लवण की सांद्रता बढ़ाते हैं, तो pH भी बढ़ती है।
* यदि हम अम्लीय बफर में दिए अम्ल की सांद्रता बढ़ाते हैं, तो pH घटती है।
* यदि लवण व अम्ल की सांद्रता व आयतन दिए हों तो निम्न प्रकार pH ज्ञात करते हैं–

$$pH = pK_a + \log \frac{[N_2V_2]}{[N_1V_1]}$$

जहाँ N_2V_2 = लवण की सांद्रता व आयतन

N_1V_1 = अम्ल की सांद्रता व आयतन

टिप्पणी : दुर्बल अम्ल व प्रबल क्षार का मिश्रण भी अम्लीय बफर की भांति व्यवहार कर सकता है यदि दुर्बल अम्ल के N_1V_1

9.2.2 क्षारीय बफर :

(i) ये दुर्बल क्षार व इसके प्रबल अम्ल के साथ बने लवण का मिश्रण होते हैं।

उदा–

(a) $NH_4OH + NH_4Cl$

(b) $(NH_2CH_2COOH) + (Cl\overset{+}{N}H_3CH_2COOH)$

ग्लाइसीन ग्लाइसीन हाइडोक्लोराइड

(ii) क्षारीय बफर की बफर क्रियाशीलता निम्न साम्य से दर्शाई जाती है

(a) $NH_4OH \quad NH_4^+ + OH^- \quad (K_b)$

(b) $NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

(c) $H_2O \quad H^+ + OH^- \quad (Kw)$

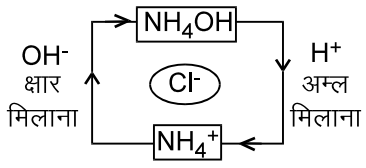
विलयन में प्रबल क्षार मिलाने पर $[OH^-]$ सांद्रता बढ़ती है जो NH_4^+ के साथ संयोजित होकर दुर्बल आयनित NH_4OH, बनाती है जो कि समायन प्रभाव के कारण कम आयनित रहता है।

$NH_4^+ + OH^-$ (क्षार से) $\quad NH_4OH$ (दुर्बल क्षार)

पुनः जब विलयन में प्रबल अम्ल मिलाते हैं तो यह अआयनित क्षार NH_4OH पर आक्रमण करता है व अआयनित H_2O अणु बनाता है।

$NH_4OH + H^+$ (अम्ल से) $\quad NH_4^+ + H_2O$

(iii) क्षारीय बफर को निम्न से समझाया जा सकता है–



(iv) ऐसे क्षारीय बफर की pH हेण्डरसन– हेसेलबाल्च समीकरण से निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है।

(A) $NH_4OH \quad NH_4^+ + OH^- \quad (K_b)$

(b) $NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ (aq.) + Cl^- (aq.)$

NH_4OH दुर्बल आयनित है व असका आयनन समायन(NH_4^+) के प्रभाव के कारण निरूद्ध हो जाता है अतः यह माना जा सकता है कि $[NH_4^+]$ = [लवण] तथा $[NH_4OH]$ = [क्षार] बफर विलयन में प्राथमिक स्तर पर लिया जाता है

अतः $K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_4OH]}$

या $[OH^-] = \frac{K_b[NH_4OH]}{[NH_4^+]} = \frac{K_a[Base]}{[Salt]}$

या $pOH = pK_b + \log \frac{\mathbf{[Salt]}}{\mathbf{[Base]}}$

या $pH = 14 - pOH$

9.3 बफर क्षमता :

(i) किसी बफर विलयन की pH परिवर्तन का विरोध उसकी बफर क्षमता कहलाती है।

(ii) किसी अम्ल अथवा क्षार की एक लीटर में मोलों की वह संख्या जो pH को इकाई से बढ़ा सके, बफर क्षमता कहलाती है।

उदा– बफर क्षमता (ϕ) =

$$\frac{\text{Number of moles acid or base added to 1l sol.}}{\text{Change in pH}}$$

या $\phi = \frac{\partial b}{\partial (pH)}$ जहाँ ∂b अम्ल अथवा क्षार के जोड़े गए अणु हैं तथा ∂(pH), pH में परिवर्तन है।

9.4 विश्लेषणात्मक रसायन में बफर विलयनों के अनुप्रयोग:

(i) द्वितीय समूह से PO_4^{3-} आयनों को निकालने हेतु $CH_3COOH + CH_3COONa$ बफर काम में लेते हैं।

(ii) गेलवेनीमीट्रिक विश्लेषण में लेड क्रोमेट के विस्थापन हेतु $CH_3COOH + CH_3COO\,Na$ बफर काम में लेते हैं।

(iii) IIIrd समूह के हाइड्रॉक्साइडों को अवक्षेपित करने के लिए $NH_4Cl + NH_4OH$ बफर काम में लेते हैं।

(iv) V समूह के कार्बोनेटों के अवक्षेपण हेतु NH_4Cl, NH_4OH और $(NH_4)_2\,CO_3$ बफर विलयन काम में लेते हैं।

Examples based on buffer solution

उदा.21 बफर विलयन जिसमें 0.15 मोल NH_4OH व 0.25 मोल NH_4Cl. उपस्थित है, का pH क्या होगा। NH_4OH का $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ है –

(A) 9.08 (B) 10.03
(C) 9.05 (D) 9.03

हल चूंकि यह क्षारीय बफर है अतः

$pOH = pK_b + \log$ [लवण]/[क्षार]

$pOH = -\log K_b + \log$ [लवण/क्षार]

$= -\log (1.8 \times 10^{-5}) + \log (0.25/0.15)$

$= 4.74 + 0.22 = 4.96$

या $pOH = 4.97$

$pH = 14 - pOH$

$= 14 - 4.97 = 9.03$ **उत्तर (D)**

उदा.22 300cc, 0.3 M NH_3 तथा 500cc, 0.5M NH_4Cl के मिश्रण से बफर बनाया गया। NH_3 का $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ है pH ज्ञात कीजिए–

(A) 8.11 (B) 9.81
(C) 8.82 (D) इनमें से कोई नहीं

हल बफर विलयन का कुल आयतन

= 300 cc + 500 cc = 800 cc

NH_3 के मिली मोल = 300 x 0.3 = 90

बफर में NH_3 (क्षार) की मोलरता = 90/800 M

NH_4Cl के मिली मोल = 500 x 0.5 = 250.0

बफर में [लवण] की मोलरता = 250/800 M

क्षारीय बफर के लिए हेण्डरसन समीकरण है :

$$pOH = -\log K_b \log \frac{[Salt]}{[Base]}$$

$$= -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{250/800}{90/800}$$

$= 4.74 + \log 250/90$

$= 4.74 + 0.44$

$= 5.18$

$pH = 14 - pOH = 14 - 5.18$

$= 8.82$

उत्तर (C)

उदा.23 एक बफर विलयन जिसमें 0.15 मोल NH_4OH व 0.25 मोल NH_4Cl है। NH_4OH का $K_b = 1.98 \times 10^{-5}$ है। pH ज्ञात कीजिए–

(A) 7.034
(B) 9.04
(C) 8.043
(D) इनमें से कोई नहीं।

हल समीकरण लगाने पर

$$pOH = \log \frac{[Salt]}{[Base]} - \log K_b$$

$$= \log \frac{0.25}{0.15} - \log 1.8 \times 10^{-5}$$

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

$= 4.96$

$pH = (14 - 4.96) = 9.04$

उत्तर (B)

उदा.24 500 cm^3, 0.2 m पिरीडीन विलयन में 0.15 मोल पिरिडियम क्लोराइड मिलाया गया। हाइड्रक्सिल आयनों की सान्द्रता ज्ञात कीजिए यह मानते हुए कि परिणामी विलयन के आयतन में कोई परिवर्तन नहीं होता है– (पिरीडीन का $K_b = 1.5 \times 10^{-9}$ M)

(A) 4 (B) 9 (C) 5 (D) 8

हल पिरिडियम क्लोराइड की सांद्रता = 0.15x2=0.3 M.

$$pOH = \log \frac{[Salt]}{[Base]} - \log K_b$$

$$= \log \frac{0.3}{0.2} - \log 1.5 \times 10^{-9}$$

$= 9$

$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-9}$

$pH = (14 - pOH) = (14 - 9) = 5$ **उत्तर (C)**

10. विलेयता (s)

स्थिर ताप पर 100 gm विलायक के संतृप्त विलयन में विलेय अथवा वैद्युत अपघट्य का द्रव्यमान विलेयता कहलाता है या स्थिर ताप पर एक लीटर जल में विलेय के ग्राम मोलों की मात्राा उस विलेय की विलेयता कहलाती है।

मोल / लीटर में विलेयता

$$= \frac{\text{Solubility of solute in gm / litre}}{\text{molecular weight of the solute}}$$

10.1 विलेयता गुणनफल (K_{SP}) –

किसी भी संतृप्त विलयन में निश्चित ताप पर आयनों की सांद्रता के गुणनफल को विलेयता गुणनफल कहते हैं।

(a) माना एक यौगिक $A_x B_y$ की विलेयता s mole ℓ^{-1} है अर्थात् यदि s से ज्यादा मोल घोले जाएं (1 लीटर विलयन में) तो केवल s मोल विलेय होंगे, शेष अविलेय रहेंगे, निम्न साम्य स्थापित होता है –

AB	AB	$A^+ + B^-$
अविलेय	अआयनित	आयन
	(संतृप्त विलयन)	

(b) द्रव्यानुपाती क्रिया नियम से -

$$K_1 = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$$

या $K_1 [AB] = [A^+] [B^-] = K_{SP}$

K_{SP} विलेयता गुणनफल कहलाता है।

(c) एक निश्चित तापक्रम पर विलेयता गुणनफल स्थिर रहता है अर्थात आयन इस तरह बनते हैं कि उनकी सांद्रताओं का गुणनफल स्थिर रहता है। बल्कि यह प्रतीत होता है कि यदि कोई आयन (A^+ या B^-) बाहर से विलयन में डाला जाए तो यह K_{SP} को बढ़ाएगा किन्तु यह आयन अन्य विपरीत आयन से क्रिया कर लेगा तथा अवक्षेपित हो जाएगा।

(d) तापमान बढ़ने के साथ K_{SP} बढ़ता है।

(e) संतृप्त विलयन में

$K_{SP} = [A^+] [B^-]$

(f) असंतृप्त विलयन में

$K_{SP} > [A^+] [B^-]$

अर्थात् विलेय को ओर घोला जा सकता है।

(g) अतिसंतृप्त विलयन में

$K_{SP} < [A^+] [B^-]$

अर्थात् अवक्षेपण होगा

10.2 विलेयता व विलेयता गुणनफल के बीच संबंध –

लवण $A_x B_y$ के संतृप्त विलयन के मध्य साम्य निम्न प्रकार दर्शाया जा सकता है।

$$A_x B_y \quad xA^{y+} + yB^{x-}$$

अतः विलेयता गुणनफल $K_{SP} = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y$

माना लवण $A_x B_y$ की निश्चित तापक्रम पर विलेयता 's' मोल प्रति लीटर है तब –

$$A_x B_y \quad xA^{y+} + yB^{x-}$$
$$\quad\quad xs \quad\quad ys$$

अतः $K_{SP} = [xs]^x [ys]^y$

$K_{SP} = x^x . y^y (s)^{x+y}$

(a) 1 : 1 प्रकार के AB लवण –

eg. AgCl, AgI, $BaSO_4$, $PbSO_4$, etc.

$AB \quad A^+ + B^-$

माना AB की विलयेता s मोल प्रति लीटर है।

अतः $K_{SP} = [A^+] [B^-] = s \times s = s^2$

$s = \sqrt{K_{SP}}$

(b) 1 : 2 या 2 : 1 प्रकार के लवण या AB_2 अथवा A_2B प्रकार के लवण –

eg. Ag_2CrO_4, PbI_2, Ag_2CO_3, CaF_2, $CaCl_2$ etc.

(i) $AB_2 \quad A^{2+} + 2B^-$
$\quad\quad s \quad\quad 2s$

माना AB_2 की विलेयता 's' मोल प्रति लीटर है

अतः $K_{SP} = [A^{2+}] [B^-]^2$

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

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{SP}}{4}}$$

(ii) $A_2B \quad 2A^+ + B^{2-}$

माना s, A_2B की विलेयता है

अतः $A_2B \quad 2A^+ + B^{2-}$
$\quad\quad 2s \quad\quad s$

$K_{SP} = [A^+]^2 [B^{-2}]$

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

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{SP}}{4}}$$

(c) 1 : 3 प्रकार के लवण AB_3 या A_3B प्रकार के लवण -

AB_3 = A की संयोजकता = 3 × B की संयोजकता

eg. $FeCl_3$, $AlCl_3$, PCl_3, $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ etc.

A_3B = 3 × A की संयोजकता = B की संयोजकता

eg. Na_3BO_3, Na_3PO_4, H_3PO_4 etc.

(i) $AB_3 \quad A^{3+} + 3B^-$

माना A_3B की विलेयता 's' मोल / लीटर है।

$AB_3 \quad A^{3+} + 3B^-$

s 3s

$K_{SP} = [A^{3+}][B^-]^3 = s \times (3s)^3 = 27\ s^4$

$s = 4\sqrt{\frac{K_{SP}}{27}}$

(ii) $A_3B \quad 3A^+ + B^{-3}$

माना A_3B की विलेयता 's' मोल / लीटर है

$A_3B \quad 3A^+ + B^{-3}$

3s s

$K_{SP} = [A^+]^3 [B^{-3}] = (3s)^3 \times s = 27s^4$

$s = 4\sqrt{\frac{K_{SP}}{27}}$

(d) 2 : 3 या A_2B_3 प्रकार के लवण –

eg. $Al_2(SO_4)_3$

$A_2B_3 \quad 2A^{+3} + 3B^{-2}$

माना A_2B_3 की विलेयता 's' है -

अतः $A_2B_3 \quad 2A^{+3} + 3B^{-2}$

2s 3s

$K_{SP} = [A^{+3}]^2 [B^{-2}]^3$

$= (2s)^2 \times (3s)^3$

$= 4s^2 \times 27\ s^3$

$K_{SP} = 108\ s^5$

$s = 5\sqrt{\frac{K_{SP}}{108}}$

Examples based on solubility and solubility product

उदा.25 CaF_2 की 20ºC पर विलयेता 15.6 mg per dm^3 है। CaF_2 का विलेयता गुणनफल ज्ञात कीजिए –

(A) 4.0×10^{-4} (B) 8.0×10^{-8}

(C) 32.0×10^{-12} (D) कोई नहीं

[उत्तर. C]

हल. moles per dm^3 में विलेयता

$= \frac{15.6 \times 10^{-3}}{78\,g/mole} = 2.0 \times 10^{-4}$

$\because CaF_2 \quad Ca^{+2} + 2F^-$

$\therefore [Ca^{+2}] = 2.0 \times 10^{-4}$

और $[F^-] = 2 \times 2.0 \times 10^{-4}$

अतः विलेयता गुणनफल $K_{SP} = [Ca^{+2}][F^-]^2$

$= [2.0 \times 10^{-4}][4.0 \times 10^{-4}]$

$= 32 \times 10^{-12}$

उदा.26 F_3B_2 का विलेयता गुणनफल 2×10^{-30} है। मोल/लीटर में विलेयता होगी–

(A) $(1.85 \times 10^{-32})^{1/5}$ (B) $\left(\frac{2 \times 10^{-3}}{108}\right)^{1/5}$

(C) $\left(\frac{10-28}{5400}\right)^{1/5}$ (D) सभी

[उत्तर. B]

हल. A_3B_2 का $K_{SP} = 2 \times 10^{-30}$

$A_3B_2 \quad 3A^{+2} + 2B^{-3}$

माना कि A_3B_2 की विलेयता s है

तो $K_{SP} = (3s)^3\ (2s)^2$

$= 108\ s^5$

$s = 5\sqrt{\frac{K_{SP}}{108}}$

$s = \left(\frac{2 \times 10^{-30}}{108}\right)^{1/5}$

उदा.27 AgBr के कितने मिलीग्राम प्रति लीटर जल में विलेय होंगे। AgBr (अणुभार 188) का $K_{SP} = 5.0 \times 10^{-13}\ M^2$ है –

(A) 7.071×10^{-7} मोल प्रति लीटर

(B) 70.71×10^{-7} मोल प्रति लीटर

(C) 707.1×10^{-7} मोल प्रति लीटर

(D) इनमें से कोई नहीं

[उत्तर. A]

हल. $AgBr \quad Ag^+ + Br^-$ मोल प्रति लीटर

$K_{SP} = [Ag^+][Br^-] = 5.0 \times 10^{-13}$

$= s \times s = s^2$

$s^2 = 50 \times 10^{-14}$

or $s = 7.071 \times 10^{-7}$ मोल प्रति लीटर

उदा.28 18ºC पर AgCl की विलेयता 0.014g प्रति लीटर है। 18ºC पर विलेयता गुणनफल क्या होगा जबकि AgCl का अणुभार 143.5 है –

(A) 3.952×10^{-10} (B) 0.0952×10^{-10}

(C) 1.952×10^{-10} (D) 0.952×10^{-10}

[उत्तर. D]

हल. मोल में विलेयता = $\frac{0.0014}{143.5} = 0.9757 \times 10^{-5}$

विलेयता गुणनफल $K_{SP} = [Ag^+]\ [Cl^-]$

$= s \times s = s^2 = (0.9757 \times 10^{-5})^2$

$\mathbf{= 0.952 \times 10^{-10}}$

उदा.29 Ag^+ आयनों की कितनी सांद्रता एक संतृप्त विलयन जिसमें Ag_2CrO_4 व CrO_4^{--} आयनों की सांद्रता 0.40 मोल प्रति लीटर हो, के साथ साम्य में होगी। दिया है $K_{SP}\ Ag_2CrO_4 = 1.1 \times 10^{-11}$ –

(A) 5.2×10^{-6} moles per litre

(B) 2.5×10^{-6} moles per litre

(C) 7.5×10^{-6} moles per litre

(D) 5.9×10^{-6} moles per litre

[उत्तर. A]

हल. $K_{SP}\ [Ag^+]^2\ [CrO_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-11}$

$= [Ag^+]^2\ [CrO_4^{2-}] = [Ag^+]^2\ [0.40]$

or $[Ag^+]^2 = \frac{1.1 \times 10^{-11}}{0.40} = 27.5 \times 10^{-12}$

or $[Ag^+]$ **$= 5.2 \times 10^{-6}$ moles per litre**

10.3 विलेयता गुणनफल के अनुप्रयोग –

A. लवण के शुद्धिकरण में : NaCl व अशुद्धियों के संतृप्त विलयन में HCl गैस प्रवाहित करने पर Cl^- आयनों की सांद्रता बढ़ती है तथा साम्य

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ बायें स्थापित होता है तथा NaCl का अवक्षेपण हो जाता है।

B. सॉल्वे विधि द्वारा $NaHCO_3$ का निर्माण : $NaHCO_3$ के संतृप्त विलयन से इसका अवक्षेपण NH_4HCO_3, HCO_3^- आदि मिलाकर समायन प्रभाव द्वारा कराया जाता है।

C. आयनिक अभिक्रियाओं में अवक्षेपण का निर्धारण : आयनिक अभिक्रियाओं में आयनिक सांद्रताओं व K_{SP} के मानों की तुलना से अवक्षेपण का निर्धारण किया जाता है।

D. साबुन का अवक्षेपण : जब NaCl को साबुन (RCOONa) के संतृप्त विलयन में मिलाया जाता है तो Na^+ सांद्रता बढ़ती है व साबुन का अवक्षेपण होता है चूंकि इस स्थिति में $[Na^+]\ [RCOO^-] > K_{SP}$ हो जाता है।

E. गुणात्मक विश्लेषण : गुणात्मक विश्लेषण सिद्धान्त विलेयता गुणनफल पर आधारित है। कुछ महत्वपूर्ण अनुप्रयोग निम्न हैं

(a) I समूह मूलकों का अवक्षेपण : अभिकर्मक तनु HCl होता है। तनु HCl की उपस्थिति में क्लोराइड की उपस्थिति के कारण आयनिक गुणनफल अधिक हो जाता है। अतः I समूह के मूलक अपने क्लोराइडों के रूप में अवक्षेपित हो जाते हैं।

(b) II समूह मूलकों का अवक्षेपण : अभिकर्मक H_2S होता है। तनु HCl की उपस्थिति में H_2S का वियोजन समायन (H^+) के कारण निरुद्ध हो जाता है। तथा केवल II समूह के मूलकों के सल्फाइडों का आयनिक गुणनफल विलेयता गुणनफल से अधिक हो जाता है व अवक्षेपण हो जाता है।

(c) III समूह मूलकों का अवक्षेपण : NH_4Cl की उपस्थिति में अभिकर्मक NH_4OH होता है। NH_4Cl की उपस्थिति में NH_4OH का आयनन निरुद्ध हो जाता है। अतः III समूह के मूलकों के हाइड्रॉक्साइडों का आयनिक गुणनफल बढ़ जाता है। अतः अवक्षेपण हो जाता है।

(d) IV समूह मूलकों का अवक्षेपण : NH_4OH की उपस्थिति में अभिकर्मक H_2S होता है। NH_4OH की उपस्थिति में H_2S का वियोजन बढ़ जाता है। अतः H_2S का आयनन बढ़ने पर S^{-2} आयनों की सांद्रता बढ़ती है तथा IV समूह मूलकों के सल्फाइडों का आयनिक गुणनफल विलेयता गुणनफल से अधिक हो जाता है तथा अवक्षेपण होता है।

(e) V समूह मूलकों का अवक्षेपण : NH_4Cl की उपस्थिति में समूह अभिकर्मक अमोनियम कार्बोनेट होता है। समायन NH_4^+ $(NH_4)_2CO_3$ के आयनन को निरुद्ध कर देता है अतः केवल V समूह के कार्बोनेट अवक्षेपित हो जाते हैं।

11. समायन प्रभाव ::

(a) कोई दुर्बल वैद्युत अपघट्य CH_3COOH,निम्न प्रकार आयनित होता है।

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

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

(b) इस साम्य तथा साम्य स्थिरांक से हम क्या समझते हैं। एक स्थिति आती है जब CH_3COOH, CH_3COO^- व H^+ की सांद्रता परिवर्तित होना बंद हो जाती है। एक निश्चित गणितीय आंकलन से एक स्थिरांक प्राप्त होता है जो साम्य स्थिरांक कहलाता है जो कि समान ताप पर स्थिर रहता है। इसका आशय यह नहीं होता कि अभिक्रिया रुक जाती है। आयन अणु में तथा अणु पुनः आयनों में परिवर्तित होता रहता है तथा यह स्थिति **"गतिक साम्य"** की स्थिति कहलाती है।

(c) अब माना कि विलयन में CH_3COO^- आयन डाले जाते हैं जिससे CH_3COO^- आयन सांद्रता बढ़ जाती है तथा साम्य स्थिरांक परिवर्तित होता है। चूंकि K_a एक स्थिरांक है तथा उसे स्थिर रहना है। अतः (CH_3COOH) का आयनन रुक जाता है। इससे $[CH_3COOH]$ की सांद्रता बढ़ जाती है। $[H^+]$ सांद्रता कम हो जाती है तथा K_a स्थिर रहता है।

(d) यह समायन प्रभाव कहलाता है जिसके अनुसार यदि किसी दुर्बल अपघट्य में समायन युक्त प्रबल अपघट्य मिलाया जाए तो दुर्बल अपघट्य का आयनन कम हो जाता है।

11.1 समायन का विलेयता पर प्रभाव –

हम जानते हैं कि किसी संतृप्त विलयन में आयनों की सांद्रता का गुणनफल विलेयता गुणनफल कहलाता है। अब माना कि आयनों की सांद्रता बढ़ाने के लिए हम कोई समायन मिलाते हैं ताकि स्थिरांक का मान बढ़ जाए किन्तु ऐसा नहीं होता क्योंकि आयन क्रिया कर अणु देता है व अवक्षेपण होता है।

उदा. माना AB की विलेयता (जल में) s मोल L^{-1} है। इसे विलयन CB में विलेय करते हैं जिसमें समायन B^- है तथा CB की सांद्रता C है।

$$AB \qquad A^+ + B^-$$
$$s \qquad s \quad s$$
$$K_{SP} = s^2 = [A^+]\,[B^-] \quad \text{-----(1)}$$

(गुणनफल s^2 से अधिक नहीं होना चाहिए अन्यथा अवक्षेपण नहीं होगा) अब माना AB की CB में विलेयता s_1 है।

$$CB \qquad C^+ + B^-$$
$$C \qquad C \quad C$$
$$AB \qquad A^+ + B^-$$
$$s_1 \qquad s_1 \quad s_1$$
$$[A^+] = s_1\,; \qquad [B^-] = s_1 + C$$
$$K_{SP} = (s_1) \qquad (s_1 + C)$$
$$\text{यदि } s_1 <<< C$$
$$K_{SP} = s_1 C = s^2, \text{ समी. (1) से}$$

या $s_1 = \dfrac{s^2}{C}$

अतः विलेयता कम हो जाती है।

हल सहित उदाहरण

उदा.1 1 ml विलयन जिसका pH =13 है, में कितने हाइड्रोजन आयन उपस्थित होंगे –

(A) 6.02×10^{13} (B) 6.02×10^{12}
(C) 6.02×10^{7} (D) 6.02×10^{5}

[उत्तर. C]

हल. pH = 13

$-\log [H^+] = 13$

या $[H^+] = 10^{-13}$ मोल/लीटर

1 ml में $[H^+] = 10^{-16}$ मोल

H^+ के 1 मोल में 6.023×10^{23} H^+ आयन देते हैं।

$\therefore$ 10^{-16} मोल में H^+ आयनों की संख्या

$6.023 \times 10^{23} \times 10^{-16}$

$= \mathbf{6.023 \times 10^{7}}$

उदा.2 H_2SO_4 का जल में 0.05M विलयन का pH लगभग होता है –

(A) 0.05 (B)1 (C) –1 (D) 0

[उत्तर. B]

हल. $pH = -\log_{10} H^+$

H^+ आयन की सांद्रता को ग्राम तुल्यांक में प्रदर्शित करते हैं।

H_2SO_4 की मोलरता = 0.05

$\therefore$ नार्मलता = $0.05 \times 2 = 0.1$

$\therefore$ pH = –log 0.1 या **pH = 1**

उदा.3 एक लवण M_2X_3 जल में इस प्रकार विलेय होता है कि इसकी विलेयता xg मोल/लीटर है। इसके K_{SP} का मान है –

(A) x^5 (B) $6x^2$ (C) $108\ x^5$ (D) $6x^5$

[उत्तर. C]

हल. M_2X_3 की विलेयता = x ग्राम मोल/लीटर

$M_2X_3 \quad 2M^{+3} + 3X^{-2}$

$\because$ $[M^{+3}] = 2x$

$[X^{-2}] = 3x$

विलेयता गुणांक $K_{SP} = (2x)^2.\ (3x)^3 = 108\ x^5$

उदा.4 AgCl की जल, 0.02 M $CaCl_2$, 0.01M NaCl एवं 0.05 M $AgNO_3$ में विलेयता क्रमशः S_0, S_1,S_2,S_3 है। उपरोक्त मात्राओं के मध्य निम्न लिखित में से कौनसा संबंध सही है –

(A) $S_0 > S_1 > S_2 > S_3$ (B) $S_0 > S_2 > S_1 > S_3$
(C) $S_0 > S_1 = S_2 > S_3$ (D) $S_0 > S_2 > S_3 > S_1$

[उत्तर. B]

हल. विलेयता = $\dfrac{\text{Solubility Product}}{\text{Concentration of Common ion}}$

$\therefore \quad S_1 = \dfrac{K_{SP}}{0.02} = 50\ K_{SP}$

$S_2 = \dfrac{K_{SP}}{0.01} = 100\ K_{SP}$

$S_3 = \dfrac{K_{sp}}{0.05} = 20\ K_{SP}$

अतः $S_2 > S_1 > S_3$; पुनः जल में विलेयता सर्वाधिक होगी। अतः $S_0 > S_2 > S_1 > S_3$

उदा.5 एक क्षारीय अम्ल के 0.01M विलयन का pH = 4 है। निम्नलिखित में से कौनसा कथन अम्ल के लिए असत्य है –

(A) जब NaOH की कम मात्राा को मिश्रित किया जाता है तो यह बफर विलयन बनाएंगे
(B) यह दुर्बल अम्ल है
(C) इसका सोडियम लवण अम्लीय होगा
(D) इसका सोडियम लवण क्षारीय होगा

[उत्तर. C]

हल. एकल क्षारीय अम्ल की सांद्रता = 0.01 M

pH = 4

यदि अम्ल पूर्णतयः आयनिक है तो अम्ल का pH का मान होगा

pH = –log 0.01 = –log 10^{-2} = 2

अतः यह दुर्बल अम्ल है। जब दुर्बल अम्ल के सोडियम लवण घुलते हैं तो ऋणायन जलयोजित होकर OH^- आयन सांद्रण बढ़ा देते हैं व विलयन क्षारीय होगा। अतः कथन (C) असत्य है।

उदा.6 एकल क्षारीय अम्ल जिसका 3.5% 20°C पर $\dfrac{N}{20}$ विलयन में घुलनशील है, का वियोजन स्थिरांक होगा –

(A) 3.5×10^{-2} (B) 5×10^{-3}
(C) 6.34×10^{-5} (D) 6.75×10^{-2}

[उत्तर. C]

हल. अम्ल की सांद्रता = $\dfrac{N}{20}$ = 0.05 N

100 अणुओं 3.5 अणु वियोजित होते हैं।

$\therefore$ 1 अणु में से वियोजित अणुओं की संख्या

$= \frac{35}{100} = 0.035 = \alpha$

$K_a = \frac{C\alpha^2}{(1-\alpha)} = \frac{0.05 \times (0.035)^2}{1-0.035}$ **= 6.34 × 10^{-5}**

उदा.7 AgCl का 25ºC पर विलेयता गुणनफल 2.8×10^{-10} है तो 0.1 M $AgNO_3$ विलयन में लवण की विलेयता होगी –

(A) 2.8×10^{-9} मोल/लीटर
(B) 2.8×10^{-10} मोल/लीटर
(C) 3.2×10^{-9} मोल/लीटर
(D) 3.2×10^{-12} मोल/लीटर

[उत्तर. A]

हल. 0.1 M $AgNO_3$ में

$AgNO_3 \quad Ag^+ + NO_3^-$

$AgCl \quad Ag^+ + Cl^-$

$K_{SP} = [Ag^+]\,[Cl^-]$

अब $[Ag^+]$ को $[AgNO_3]$ के रूप में ले सकते हैं जबकि $[Cl^-]$ AgCl की विलेयता है।

$\therefore \quad Cl = \frac{K_{SP}}{[Ag^+]} = \frac{2.8 \times 10^{-10}}{0.1}$

$\therefore$ AgCl की विलेयता = **2.8 × 10^{-9} मोल/लीटर**

उदा.8 25ºC पर जल में Ni^{+2} आयनों की अधिकतम सांद्रता क्या होगी जो कि 25ºC पर 0.1M H_2S के साथ संतृप्त है एवं HCl के साथ pH = 3 पर संतुलित है। NiS का K_{SP} 3 x 10^{-21} है। H_2S दो पदों में वियोजित होती है जिनमें प्रत्येक के साम्य नियतांक निम्न हैं –

$H_2S \quad H^+ + HS^- \quad Ka_1 = 9.1 \times 10^{-8}$

$HS^- \quad H^+ + S^{-2} \quad Ka_2 = 1.1 \times 10^{-12}$

(A) 3×10^{-7} M (B) 4×10^{-7} M
(C) 5×10^{-7} M (D) 6×10^{-7} M

[उत्तर. A]

हल. H_2S के पूर्ण वियोजन में K_{a_1} व K_{a_2} का गुणांक होगा

$K_a = K_{a_1} \times K_{a_2}$

$= (9.1 \times 10^{-8}) \times (1.1 \times 10^{-12}) = 1 \times 10^{-19}$

संतृप्त H_2S लगभग 0.1 M है तथा H_2S का वियोजन बहुत धीरे होता है

अतः $[H^+]^2\,[S^{-2}] = 1 \times 10^{-19} \times 10^{-1} = 10^{-20}$

जबकि, pH, 3 है , $[H^+] = 10^{-3}$ M

$[S^{-2}] = \frac{[H^+]^2[S^{-2}]}{[H^+]^2} = \frac{10^{-20}}{10^{-6}} = 10^{-14}$ M

जब NiS अवक्षेपित होगा, यदि विलेयता गुणांक का उच्चमान जो $[Ni^{+2}]$ की अधिकतम सांद्रता रख सकता है। वह है,

$[Ni^{+2}] = \frac{3 \times 10^{-21}}{10^{-14}} = 3 \times 10^{-7}$ M

उदा.9 5×10^{-4} मोल/लीटर सांद्रता वाले H^+ आयन रखने वाले विलयन का pH ज्ञात कीजिए –

(A) 3.3 (B) 2.26
(C) 1.26 (D) 0.26

[उत्तर. A]

हल. $[H^+]$ आयन की सांद्रता = 5×10^{-4} मोल/लीटर

pH $= -\log [5 \times 10^{-4}]$

$= -(\log 5 + \log 10^{-4})$

$= -0.7 + 4$

= 3.3

उदा.10 कल्पना कीजिए कि परिवर्तन $HC_2O_4^- + Cl_2 \rightarrow CO_3^{-2} + Cl^-$ क्षारीय विलयन में पूर्ण होते हैं। प्रारम्भ में OH के 0.1 मोल, $HC_2O_4^-$ के 0.1 मोल तथा Cl_2 के 0.05 मोल लेते हैं तो परिणामी विलयन में Cl^- के कितने मोल प्राप्त होंगे –

(A) 3.04 (B) 2.04
(C) 1.04 (D) 0.04

[उत्तर. D]

हल. अभिक्रिया के लिए समीकरण है

$HC_2O_4^- + Cl_2 + 5OH^- \rightarrow 2Cl^- + CO_3^{-2} + 3H_2O$

यहां OH^- सीमान्त अभिकर्मक है तथा पूर्णतयः प्रयुक्त होता है।

$\because$ OH^- के 5 मोल Cl^- के 2 मोल बनाते हैं

OH^- के 0.1 मोल Cl^- के 0.04 मोल बनाएंगे

$\therefore$ परिणामी विलयन में Cl^- के मोलों की संख्या = 0.04

उदा.11 दुर्बल अम्ल HA का वियोजन स्थिरांक 4.9×10^{-8} है। आवश्यक गणना के बाद 0.1M अम्ल में pH की गणना करो –

(A) 1.155 (B) 2.155 (C) 3.155 (D) 4.155

[उत्तर. D]

हल. दुर्बल अम्ल के लिए $K_a = \alpha^2 .C$

$\therefore \quad \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{4.9 \times 10^{-8}}{0.1}}$

$= 7 \times 10^{-4}$

pH $= -\log H^+ = -\log \alpha C$

$= -\log 7 \times 10^{-4} \times 10^{-1} = 4.1549$

= 4.155

Ex.12 सायनोएसीटिक अम्ल के लिए K_a का मान 4×10^{-3} है। 0.4 M सोडियम सायनों एसीटेट विलयन के जल अपघटन की मात्राा क्या होगी–

(A) 4.5×10^{-6} (B) 5.5×10^{-6}
(C) 2.5×10^{-6} (D) 3.5×10^{-6}

(Ans. C)

Sol. $K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-3}}$

$= 0.25 \times 10^{-11}$

$h = \sqrt{\frac{K_h}{c}} = \sqrt{\frac{0.25 \times 10^{-11}}{0.4}}$

$= 2.5 \times 10^{-6}$

उदा.13 0.2M H_2SO_4 के 40ml एवं 0.1M HCl के 10 ml के मिश्रण से प्राप्त विलयन के pH की गणना करो –

(A) 0.3685 (B) 0.4685 (C) 1.3685 (D) 1.4684

[उत्तर. B]

हल. HCl से H^+ का मिली तुल्यांक $= 10 \times 0.1 = 1$

H_2SO_4 से H^+ का मिली तुल्यांक

$= 40 \times 0.2 \times 2 = 16$

विलयन में H^+ का कुल मिली तुल्यांक

$= 1 + 16 = 17$

$[H^+] = \frac{17}{50} = 3.4 \times 10^{-1}$

$\left[\because [H^+] = \frac{\text{Meq}}{\text{V in ml}}\right]$

pH = - log $[H^+]$ = - log [0.34] = **0.4685**

उदा.14 25ºC एनिलीन, एसिटिक अम्ल एवं जल का वियोजन का गुणांक क्रमशः 4×10^{-10}, 2×10^{-5} व $\times 10^{-14}$ हैं। डेसीनॉर्मल विलयन एनिलीन एसिटेट के जल अपघटन की मात्राा की गणना करो –

(A) 0.025 (B) 0.015
(C) 0.035 (D) 0.045

(Ans. C)

हल. एनिलीन+एसिटेट$^-$+H_2O एनिलीन+एसिटिक अम्ल

जल अपघटन से पहले

1 1 0 0

जल अपघटन के बाद

1-h 1-h h h

माना सांद्रित लवण C मोल लीटर$^{-1}$ है

$K_h = \frac{Ch \,.\, Ch}{C(1-h) \,.\, C(1-h)} = \frac{h^2}{(1-h)^2}$

$\frac{h}{1-h} = \sqrt{\frac{K_w}{K_a \,.\, K_b}}$

$= \sqrt{\frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-10}}}$

% hydrolysis = 54.95 %

h = 0.035

उदा.15 जब 0.1M एसिटिक अम्ल के विलयन को 0.1M NaOH, K_a के विलयन से अनुमापित करते हैं तो साम्यबिन्दु पर pH की गणना करो। अम्ल के लिए $K_a = 1.9 \times 10^{-5}$ है –

(A) 5.7 (B) 6.7
(C) 7.7 (D) 8.7

(Ans. D)

हल. माना अम्ल एवं NaOH दोनों की प्रयुक्त सांद्रता अम्ल के Vml व NaOH के V ml समान हैं।

$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$

अभिक्रिया से पूर्व सांद्रता

$\frac{0.1 \times V}{2V}$ $\frac{0.1 \times V}{2V}$ 0 0

अभिक्रिया के बाद सांद्रता

0 0 $\frac{0.1 \times V}{2V}$ $\frac{0.1 \times V}{2V}$

$[CH_3COONa] = \frac{0.1}{2} = 0.05$ M

अब CH_3COONa के जल अपघटन से pH की गणना करते हैं।

$CH_3COONa + H_2O$ $CH_3COOH + NaOH$

$[OH^-] = C.h = \sqrt{\frac{K_w \,.\, C}{K_a}}$

$= \sqrt{\frac{10^{-14} \times 0.05}{2 \times 10^{-5}}}$

$= 5 \times 10^{-6}$

p[OH] = $6 \times 0.699 = 5.301$

pH = [14 – 5.301] **= 8.699 ≈ 8.7**

उदा.16 $(NH_4)_2SO_4$ के मात्राा की गणना ग्राम में कीजिए जिसका pH = 9 वाला विलयन बनाने के लिए 0.2 M NH_3 के 500ml मिलाए जाते हैं। NH_3 के लिए $K_b = 2 \times 10^{-5}$–

(A) 3.248 g (B) 4.248 g
(C) 1.320 g (D) 6.248 g

(Ans. C)

हल. $pOH = -\log K_b + \log \frac{[NH_4^+]}{[NH_4OH]}$

माना NH_4^+ के a मिली मोल विलयन में मिलाए जाते हैं।

NH_4OH के मिली मोल होंगे = 500 × 0.2 = 100

$\therefore \quad [NH_4^+] = [\text{लवण}] = \frac{a}{500}$

और $[NH_4OH] = [\text{क्षार}] = \frac{100}{500}$

दिया गया है कि NH_4OH के लिए

$K_b = 2 \times 10^{-5}$ व pH = 9

$\therefore \quad 5 = -\log 2 \times 10^{-5} + \log \frac{a/500}{100/500}$

$\therefore \quad$ a = 200 मिली मोल = 0.2 mol

$(NH_4)_2 SO_4$ के प्राप्त मोल

$= \frac{a}{2} = 0.1$ mol

$\therefore \quad W_{(NH_4)_2 SO_4} = \mathbf{0.1 \times 132}$

$= 1.32$

उदा.17 फॉर्मिक अम्ल एवं एसिटिक अम्ल के लिए K_a के मान क्रमशः 2×10^{-4} व 2×10^{-5} है। अम्लों की समान मोलर सान्द्रता के साथ आपेक्षिक सामर्थ्यता ज्ञात कीजिए –

(A) $\sqrt{10}$ (B) $\sqrt{7}$

(C) $\sqrt{8}$ (D) $\sqrt{5}$

(Ans. A)

हल. दुर्बल अम्ल की आपेक्षिक सामर्थ्यता

$= \sqrt{\left(\frac{K_{a_1}}{K_{a_2}} \times \frac{C_1}{C_2}\right)}$

∴ आपेक्षिक सामर्थ्यता

$= \sqrt{\left(\frac{K_{a_1}}{K_{a_2}}\right)} (\because C_1 = C_2) = \sqrt{\left(\frac{2\times10^{-4}}{2\times10^{-5}}\right)}$

HCOOH से CH_3COOH की आपेक्षिक सामर्थ्यता

$= = \sqrt{10} : 1$

उदा.18 HCl के 0.5 M विलयन के 25ml, 0.5M NaOH के 10ml व जल के 15ml से बने मिश्रण का pH ज्ञात कीजिए –

(A) 0.8239 (B) 1.0029

(C) 1.0239 (D) 1.8239

[उत्तर. A]

हल. HCl तथा NaOH के लिए हम जानते हैं कि m.e. = m.m.

∴ HCl का m.e. = 0.5 × 25 = 12.5

NaOH का m.e. = 0.5 × 10 = 5.0

प्राप्त परिणामी मिश्रण में HCl का m.e.

= 12.5 – 5.0 = 7.5

कुल आयतन = (25 + 10 + 15) ml = 50 ml

$\therefore$ HCl की नॉर्मलता $= \frac{\text{m.e.}}{\text{Vol(ml)}} = \frac{7.50}{50}$

$\therefore$ मोलरता $= \frac{7.50}{50}$

$\therefore \quad [H^+] = [HCl] = \frac{7.50}{50}$

$\therefore \quad pH = -\log \frac{7.50}{50} = \mathbf{0.8239}$

उदा.19 चॉक का विलेयता गुणांक 9.3×10^{-8} है। इसकी विलेयता ग्राम प्रति लीटर में ज्ञात कीजिए –

(A) 0.3040 ग्राम प्रति लीटर

(B) 0.0304 ग्राम प्रति लीटर

(C) 2.0304 ग्राम प्रति लीटर

(D) 4.0304 ग्राम प्रति लीटर

[उत्तर. B]

हल. $CaCO_3 \qquad Ca^{2+} + CO_3^{2-}$

माना कि $CaCO_3$ की विलेयता s मोल प्रति लीटर है।

$\therefore \quad K_{SP} = [Ca^{2+}] [CO_3^{2-}] = s.s$

$\therefore \quad s = \sqrt{K_{SP}} = \sqrt{9.3\times10^{-8}}$

$= 0.000304$ मोल / लीटर

g / ℓ में विलेयता = मोल / लीटर × $CaCO_3$ का आण्विक भार

= 0.000304×100 = 0.03040 ग्राम/ लीटर

उदा.20 अधिकतम चालकता होती है –

(A) $K_3Fe(CN)_6$ [0.1 M विलयन]

(B) $K_2Ni(CN)_4$ [0.1M विलयन]

(C) $FeSO_4.Al_2(SO_4)_3.24H_2O$ [0.1 M विलयन]

(D) $Na[Ag(S_2O_2)_3]$ [0.1 M विलयन]

[उत्तर. C]

हल. द्वितीयक लवण आयनीकरण पर अधिक आयन देते हैं। लवण का एक अणु Fe^{+2}, $2Al^{+3}$, $4SO_4^{-2}$ आयन देते हैं। अतः इसकी चालकता अधिकतम होगी।

उदा.21 0.02 मोल प्रोपेनोइक अम्ल के एक लीटर जलीय विलयन जिसका 25ºC पर $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ है में सोडियम प्रोपेनोएट की कितनी मात्राा मिलाई जाए कि यह विलयन 6 pH का बफर विलयन बन जाए –

(A) 0.1 M (B) 0.2 M
(C) 0.3 M (D) 1.3 M

[उत्तर B]

हल :– व्यंजक का प्रयोग करते हुए

$$pH = pK_a + \log \frac{[Salt]}{[Acid]}$$

हम प्राप्त करते है–

$$6 = -\log(1.0 \times 10^{-5}) + \log \frac{[Salt]}{[0.02\,M]}$$

$$= 6 = 5 + \log \frac{[Salt]}{[0.02\,M]}$$

या $$\frac{[Salt]}{[0.02\,M]} = 10 \text{ or [लवण]} = \mathbf{0.2\ M}$$

उदा.22 एक बफर विलयन जिसमें 0.03 मोल प्रोपेनोइक अम्ल ($K_a = 1.0 \times 10^{-5}$) तथा 0.02 मोल लवण विद्यमान है। यदि इसमें 0.01 मोल HCl 25ºC पर घोला जाए तो विलयन की pH होगी –

(A) 3.4 (B) 4.4
(C) 5.4 (D) 6.4

[उत्तर B]

हल :– $$pH = pKa + \log \frac{[Salt]}{[Acid]}$$

$$= -\log(1.0 \times 10^{-5}) + \log \frac{(0.02-0.01)}{(0.03+0.01)}$$

$$= 5 + \log\left(\frac{1}{4}\right) = 5 - 0.6$$

$$= \mathbf{4.4}$$

उदा.23 0.2M NaOH के 20 ml तथा 0.2M CH_3COOH के 50 ml को मिलाने पर 70ml विलयन बनता है विलयन की pH क्या होगी यदि एसिटिक अम्ल का आयनन स्थिरांक 2×10^{-5} है –

(A) 4.522 (B) 5.568
(C) 6.522 (D) 7.568

[उत्तर A]

हल :– NaOH मिलाने पर एसिटिक अम्ल की समान मात्रा को सोडियम एसीटेट में बदलता है।

अतः NaOH मिलाने के बाद एसिटिक अम्ल की सान्द्रता $= \frac{30}{70} \times 0.2M$

NaOH मिलाने के बाद CH_3COONa की सान्द्रता $= \frac{20}{70} \times 0.2M$

अतः निम्न व्यंजक का प्रयोग करते हुए

$$pH = p\,Ka + \log \frac{[Salt]}{[Acid]}$$

$$= -\log(2 \times 10^{-5}) + \log\left(\frac{20}{30}\right)$$

$$= 4.699 - 0.177 = \mathbf{4.522}$$

उदा.24 0.2 M HCOOH विलयन में H^+ आयन की सान्द्रता 6.4×10^{-3} मोल/लीटर है इस विलयन में HCOONa इतना मिलाया जाता है कि HCOONa की सान्द्रता 1मोल प्रति लीटर हो जाए। इस विलयन की pH क्या होगी जबकि HCOOH के लिए $Ka = 2.4 \times 10^{-4}$ तथा HCOONa के वियोजन की मात्राा 0.75 हो –

(A) 3.19 (B) 4.19
(C) 5.19 (D) 6.19

[उत्तर B]

हल माना HCOONa मिलाने पर HCOOH का आयनन कम होता हैं।

हम निम्न व्यंजक को प्रयुक्त कर सकते हैं

$$pH = pK_a + \log \frac{[Salt]}{[Acid]}$$

चूंकि लवण 75% वियोजित है अतः विलयन की pH ज्ञात करने के लिए

$$pH = -\log(2.4 \times 10^{-4}) + \log \frac{0.75}{0.2}$$

$$= 3.62 + 0.57 = \mathbf{4.19}$$

उदा.25 NaCN तथा HCN युक्त बफर विलयन जिसकी pH 10.4 हो का एक लीटर विलयन बनाने के लिए 0.01 मोल NaCN को प्रयुक्त करते हुए HCl की कितनी मात्राा की आवश्यकता होगी। दिया गया है

K_{ion} (HCN) = 4.1 x 10^{-10}.-
(A) 8.55 x 10^{-4} मोल
(B) 8.65 x 10^{-4} मोल
(C) 8.75 x 10^{-4} मोल
(D) 9.9 x 10^{-4} मोल

[उत्तर D]

हल :– HCl मिलाने पर NaCN, HCN. में बदलता है। माना HCl की X मात्रा मिलायी जाती है तब

[NaCN] = 0.01 M - X

[HCN] = X

pH तथा K_a वाले व्यजंक में इन मानों को प्रति. स्थापित करने पर

$$pH = - \log K_a + \log \frac{[Salt]}{[Acid]}$$

We get $10.4 = -\log[4 \times 10^{-10}] + \log \frac{0.01 - x}{x}$

or $10.4 = 9.4 + \log \frac{0.01 - x}{x}$

or $\log \frac{0.01 - x}{x} = 1$

or $\frac{0.01 - x}{x} = 10 \Rightarrow 11x = 10^{-2}$

or $x = \mathbf{9.9 \times 10^{-4}\ M}$

उदा.26 पूर्ण वियोजित 1.0M $HCOONH_4$ जलीय विलयन की pH ज्ञात कीजिए–
(HCOOH का pK_a = 3.8 तथा NH_3 का pK_b = 4.8)
(A) 3.5 (B) 4.5
(C) 5.5 (D) 6.5

[उत्तर D]

हल :– अमोनियम फार्मेट का जलअपघटन निम्न प्रकार होता है–

$NH_4^+ + HCOO^- + H_2O \quad NH_4OH + HCOOH$

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

इसके अलावा विलयन में

$[NH_4OH] = [HCOOH]$

अतः $K_h = \frac{[HCOOH]^2}{[HCOO^-]^2}$

या $\frac{K_w}{K_a K_b} = \frac{[H^+]^2}{[k_a]^2}$

या $[H^+]^2 = \frac{K_w}{K_a K_b}$

या $2pH = pK_w + pK_a - pK_b$

या $pH = \frac{1}{2}[pK_w + pK_a - pK_b]$

$= 1/2\ [14 + 3.8 - 4.8]$

$= \mathbf{6.5}$

उदा.27 एक विलयन जिसमें 1 M HCl के 10 ml तथा 2 M NaOH के 10 ml है की pH ज्ञात कीजिए–
(A) 11.7 (B) 12.7
(C) 13.7 (D) 10.7

[उत्तर C]

हलः– $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

अभिक्रिया में पहले मोलर तुल्यांक	10 × 1 =10	10 × 2 =20	0	0
अभिक्रिया के बाद मोलर तुल्यांक	0	10	10	10

$[OH^-]$ left from NaOH= $\frac{10}{20}$ = 0.5 M

$pOH = -\log OH^- = -\log 0.5$

pOH = 0.3

pH = 13.7

उदा.28 0.1मोल CH_3COOH तथा 0.2 मोल CH_3COONa के मिश्रण के 100 ml विलयन की pH ज्ञात कीजिए जबकि $K_a = 2 \times 10^{-8}$ हो-
(A) 4.6 (B) 5.6
(C) 6.6 (D) 7.6

(Ans. A)

हल :– हम जानते है–

$$pH = -\log K_a + \log \frac{[Salt]}{[Acid]}$$

[लवण] = $\frac{2 \times 1000}{60 \times 100}$ M = 0.333

$$= -\log 2 \times 10^{-5} + \log \frac{\frac{0.2 \times 1000}{100}}{\frac{0.1 \times 1000}{1000}}$$

$= \mathbf{4.6}$

उदा.29 1 M HCl के 80 ml जलीय विलयन में Na_2CO_3 के 10.6 g को घोलकर बनाये गये बफर विलयन की pH क्या होगी HCO_3^- के लिए $K_a = 6 \times 10^{-11}$ है–
(A) 8.6 (B) 9.6
(C) 11.6 (D) 12.6

(Ans. B)

हल. $Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaCl + NaHCO_3$

अभिक्रिया से पहले मोलर तुल्यांक	$\frac{10.6}{106}$ x1000 =100	80x1 80	0	0
अभिक्रिया के बाद मोलर तुल्यांक	20	0	80	80

विलयन में Na_2CO_3 तथा HCO_3^- है तथा बफर की तरह कार्य करता है।

$$pH = -\log K_a + \log \frac{[CO_3^{-2}]}{[HCO_3^-]}$$

$$= -\log 6 \times 10^{-11} + \log \frac{20}{80}$$

$$= \mathbf{9.6}$$

उदा.30 0.05 M फार्मिक अम्ल के 50 ml में 0.1M HCOONa विलयन का कितना आयतन मिलाया जाए कि यह pH = 4.0 वाला बफर विलयन बन जाए। फार्मिक अम्ल का $pK_a = 3.7$ है–

(A) 50 ml (B) 40 ml
(C) 30 ml (D) 60 ml

[उत्तर A]

हलः– माना 0.1 M HCOONa का V ml 0.05 M HCOOH के 50 ml में मिलाया गया ।

मिश्रण में

$$[HCOONa] = \frac{0.1 \times V}{(V+50)}$$

$$[HCOOH] = \frac{50 \times 0.05}{(V+50)}$$

$$\therefore \quad pH = -\log K_a + \log \frac{[Salt]}{[Acid]}$$

$$4.0 = 3.7 + \log \frac{(0.1 \times V)/(V+50)}{2.5/(V+50)}$$

$$V = \mathbf{50\ ml}$$

उदा.31 सेकरीन ($K_a = 2 \times 10^{-12}$) एक दुर्बल अम्ल है जिसका सूत्रा HSaC है सेकरीन के 4×10^{-4} मोल pH 3 वाले 200 सेमी^{3} जल में घोले जाते हें माना आयतन में कोई परिवर्तन नहीं होता है। साम्यावस्था पर परिणामी विलयन में Sac^- आयनो की सान्द्रता ज्ञात कीजिए –

(A) 2×10^{-12} M (B) 3×10^{-12} M
(C) 4×10^{-12} M (D) 5×10^{-12} M

[उत्तर C}

हलः– $[HSaC] = \frac{4 \times 10^{-4}}{200/1000} = 2 \times 10^{-3}$ M

$[H^+] = 10^{-3}$ की उपस्थिति मे HSaC वियोजित होता है।

	HSaC	H^+	+ SaC^-
वियोजन से पूर्व सान्द्रता	2×10^{-3}	10^{-3}	0

H^+ की उपस्थिति में HSaC का वियोजन समआयन प्रभाव के कारण नगण्य होता है इस प्रकार साम्य पर $[HSaC] = 2 \times 10^{-3}$, $H^+ = 10^{-3}$

$$Ka = \frac{[H^+][SaC^-]}{[HSaC]}$$

$$\therefore \quad 2 \times 10^{-2} = \frac{[10^{-3}][SaC^-]}{2 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \quad [SaC^-] = \mathbf{4 \times 10^{-12}\ M}$$

उदा.32 एक दुर्बल अम्ल का $K_a = 1.0 \times 10^{-4}$ है। इसकी प्रबल क्षार के साथ अभिक्रिया के लिए साम्य नियतांक ज्ञात कीजिए–

(A) 10^9 (B) 10^{10}
(C) 10^{11} (D) 10^{12}

[उत्तर B]

हलः– दुर्बल प्रबल

$$HA + BOH \quad BA + H_2O$$

या $HA + B^+ + OH^- \quad B^+ + A^- + H_2O$

या $HA + OH^- \quad A^- + H_2O$

$$\therefore \quad K = \frac{[A^-]}{[HA][OH^-]}$$

दुर्बल अम्ल HA के लिए भी

$$HA \quad H^+ + A^-$$

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

$$\frac{K_a}{K} = K_w \text{ or } K = \frac{K_a}{K_w} = \frac{10^{-4}}{10^{-14}} = \mathbf{10^{10}}$$

उदा.33 एक विलयन जिसके 100 ml में 0.2 gm. NaOH घुला हुआ है। विलयन की pH ज्ञात कीजिए–

(A) 10.699 (B) 11.699
(C) 12.699 (D) 13.699

[उत्तर C]

हलः– NaOH के 100 ml में NaOH के 0.2 ग्राम उपस्थित है।

$\therefore$ NaOH के 1000 ml में NaOH के 2 ग्राम उपस्थित होंगे –

विलयन की नार्मलता = $\frac{2}{40} = 0.05$ N

$$\therefore \quad [H^+] = \frac{10^{-14}}{0.05}$$

$\therefore \quad -\log[H^+] = -\log\left[\frac{10^{-14}}{0.05}\right]$

$= -[-14 + 2 - 0.6990]$

$= \mathbf{12.699}$

उदा.34 एक विलयन के प्रतिलीटर में 1 मोल CH_3COONa तथा 1 मोल HCl है। एक अन्य विलयन के प्रति लीटर में 1 मोल CH_3COONa तथा 1 मोल एसिटिक अम्ल हैं। तो इन विलयनों की pH का अनुपात होगा –

(A) 1 : 1 (B) 2 : 1
(C) 1 : 2 (D) 2 : 3

[उत्तर C]

हल :– स्थिति I - एक मोल CH_3COONa तथा 1 मोल HCl वाले विलयन की pH

$$CH_3COONa + HCl \rightarrow CH_3COOH + NaCl$$

अभिक्रिया से पहले	1	1	0	0
वियोजन के बाद	0	0	1	1

$[CH_3COOH] = 1M$

$\therefore \quad [H^+] = C\alpha = C\sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{C.K_a}$

$= \sqrt{K_a} \quad \because C = 1$

$\therefore \quad pH_1 = -\frac{1}{2} \log K_a$

स्थिति II - एक मोल CH_3COONa तथा एक मोल CH_3COOH वाले बफर विलयन की pH

$\therefore \quad pH_2 = -\log K_a + \log \frac{[Salt]}{[Acid]} = -\log K_a$

$\therefore$ [लवण] = [अम्ल] = 1M

$\therefore \quad \frac{pH_1}{pH_2} = \frac{1}{2}$

or $pH_1 : pH_2 = \mathbf{1 : 2}$

उदा.35 2% वियोजित 0.002 N NH_4OH विलयन की pH ज्ञात कीजिए–

(A) 7.6 (B) 8.6
(C) 9.6 (D) 10.6

[उत्तर C]

हल :– NH_4OH एक दुर्बल क्षार है तथा आंशिक वियोजित है।

	NH_4OH	NH_4^+	+ OH^-
वियोजन से पहले सान्द्रता	1	0	0
वियोजन पश्चात सान्द्रता	1 - α	α	α

$\therefore \quad [OH^-] = C\alpha = 2 \times 10^{-3} \times \frac{2}{100}$

$= 4 \times 10^{-5}$ M

$pOH = -\log[OH^-]$

$= -\log 4 \times 10^{-5} = 4.4$

$pH = 14 - 4.4$

$= \mathbf{9.6}$

उदा.36 NaOH से उदासीनीकृत HCl के परिणामी विलयन में उपस्थित स्पीशीज है –

(A) Na^+, Cl^-, H_3O^+ (B) Na^+, Cl^-, H_2O
(C) Na^+, Cl^-, OH^- (D) H^+, H_3O^+

[उत्तर B]

हल. $Na^+, OH^- + H^+ Cl^- \qquad Na^+ Cl^- + H_2O$

उदा.37 निम्नलिखित में से किसके pH का मान लगभग एक के बराबर है –

(A) 100 ml $\frac{M}{10}$HCl + 100ml $\frac{M}{10}$NaOH

(B) 55 ml $\frac{M}{10}$HCl + 44 ml $\frac{M}{10}$NaOH

(C) 10 ml $\frac{M}{10}$HCl + 90 ml $\frac{M}{10}$NaOH

(D) 75 ml $\frac{M}{5}$HCl + 25ml $\frac{M}{5}$NaOH

[उत्तर D]

हल. 25 ml $\frac{M}{5}$ NaOH, 25 ml $\frac{M}{5}$ HCl से उदासीनीकृत होंगे। अतः 50 ml $\frac{M}{5}$ HCl और दोनों विलयनों को मिलाने पर कुल 100 ml आयतन होगा।

$N_1V_1 = N_2V_2$

$50 \times \frac{N}{5} = N_2 \times 100$

$N_2 = \frac{50 \times N}{5 \times 100} = .1$ अतः **pH = 1**

उदा.38 0.20 M NH_3, 0.40M NH_4Cl के बफर विलयन के लिए pOH–pK_b की गणना कीजिए। अमोनिया के लिए $K_b = 10$ –

(A) 0.50 (B) 0.60

(C) 0.30 (D) 0.75

[उत्तर C]

हल. $pOH = pK_b + \log \frac{[Salt]}{[Base]}$;

$pOH - pK_b = \log \frac{0.4}{0.2} = \mathbf{0.30}$

उदा.39 0.01 M HS^- का pH होगा –

(A) $pH = 7 + \frac{pK_a}{2} + \frac{\log C}{2}$

(B) $pH = 7 - \frac{pK_a}{2} - \frac{\log C}{2}$

(C) $pH = \frac{pK_1 + pK_2}{2}$

(D) $pH = 7 + \left(\frac{pK_a - pK_b}{2}\right)$

[उत्तर A]

हल. $HS^- + H_2O \rightleftharpoons H_2S + OH^-$

$\therefore \quad [OH^-] = Ch = \sqrt{\frac{K_w . C}{K_a}}$

$\therefore \quad [H^+] = \frac{K_w}{\sqrt{\frac{K_w . C}{K_a}}} = \sqrt{\frac{K_w . K_a}{C}}$

या $\quad pH = \frac{1}{2}$ **$[pK_w + pK_a + \log C]$**

उदा.40 दुर्बल अम्ल के प्रतिशत आयनन को ज्ञात करने का सूत्रा है –

(A) $100\sqrt{\frac{K_a}{C}}$ (B) $\frac{100}{1+10^{(pK_a - pH)}}$

(C) (A) व (B) दोनों (D) कोई भी नहीं

[उत्तर C]

हल. दुर्बल अम्ल वियोजन साम्य के लिए, वियोजन की मात्राा α निम्न प्रकार दी जाती है –

$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \quad \therefore \quad \% \alpha = 100\sqrt{\frac{K_a}{C}}$

$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+].C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{[H^+].\alpha}{(1-\alpha)}$

तथा $\quad \log K_a = \log H^+ + \log \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$

या $\quad pK_a = pH + \log \frac{(1-\alpha)}{\alpha}$

$pK_a - pH = \log \frac{(1-\alpha)}{\alpha}$

$\therefore \quad \frac{1-\alpha}{\alpha} = 10^{pK_a - pH}$

या $\quad \frac{1}{\alpha} = 10^{pK_a - pH} + 1$

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