हाइड्रोजन व इसके यौगिक

प्राक्कथन

रसायन शास्त्र के संदर्भ में हाइड्रोजन व इसके यौगिकों की भूमिका महत्वपूर्ण है, बहुत सी रासायनिक अभिक्रियाओं में हाइड्रोजन गैस निकलती है।

इस अध्याय के सफलतापूर्ण अध्ययन के पश्चात् आप आवर्त सारणी में हाइड्रोजन की स्थिति, इसके बनाने की विधियाँ तथा भौतिक गुणों को जानेंगे, इसके रासायनिक गुणों को जानेंगे, हाइड्रोजन के विभिन्न रूप, इसके समस्थानिक तथा हाइड्राइडो का अध्ययन करेंगे, जल, भारी पानी व ओजोन के गुणों को जानेगें।

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, समझें ऐसा करने से इसे सम्बन्धित टॉपिक को अच्छी तरह समझने में मदद मिलेगी।

हाइड्रोजन एवं इसके यौगिक में कुल प्रश्नों की संख्या है :

अध्याय में उदाहरण 05

दृष्टान्तीय उदाहरण 05

कुल प्रश्नों की संख्या **10**

हाइड्रोजन एवं इसके यौगिक

1. हाइड्रोजन

1.1 आवर्त सारणी में हाइड्रोजन की स्थिति

यह क्षार धातुओं साथ ही साथ हैलोजनों से समानता रखता है। अतः यह दोनों प्रकार के गुण दर्शाता है।

1.2 डाईहाइड्रोजन (H_2) के निर्माण की विधियाँ

(A) प्रयोगशाला विधि

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

(B) जल पर हाइड्रोलिथ की क्रिया द्वारा

$$CaH_2 + 2H_2O \xrightarrow{Fe_2O_3 \text{ or } Cr_2O_3} Ca(OH)_2 + 2H_2.$$

(C) जल के विद्युत अपघटन से

सल्फ्यूरिक अम्ल युक्त जल - आयन है, H^+, OH^- & SO_4^{-2} विद्युत धारा गुजरने पर H^+ आयन कैथोड़ की ओर गति करते हैं, जबकि OH^- & SO_4^{-2} आयन ऐनोड की ओर गति करते हैं।

कैथोड़ पर क्रिया $2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H \rightarrow H_2$

एनोड पर क्रिया $OH^- \rightarrow OH + e^-$

$4OH \rightarrow 2H_2O + O_2$

महत्वपूर्ण- SO_4^{-2} आयन एनोड पर निरावेशित नहीं होते हैं क्योंकि इनका निरावेश विभव (discharge potential) OH^- आयनों की अपेक्षा अधिक होता है।

(D) अम्लों से हाइड्रोजन

(i) $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

(ii) $Mg + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2$

(E) क्षारों से हाइड्रोजन - (Zn, Al, Sn, Pb, Si)

$Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2\uparrow$

सो0 जिंकेट

$2Al + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow 2NaAlO_2 + 3H_2$

सो0. मेटा एलुमिनेट

(F) प्राकृतिक गैस से –

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow{Ni \text{ or } Cr} CO + 3H_2.$$

(G) लैने की विधि (Lane's Process) –

$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2.$

(H) बोश विधि - CO की अभिक्रिया आयरन क्रोमेट (एक उत्प्रेरक के रूप में) की उपस्थिति में भाप के साथ कराने पर $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_{2(g)}$

1.3 भौतिक गुण

(i) इसका क्रान्तिक ताप बहुत निम्न (–236.9°C) होता है, अतः इसे द्रवीभूत करना कठिन है।

(ii) यह कुछ धातुओं जैसे Fe, Au, Pt व Pd द्वारा अधिशोषित होता है। पैलेडियम चूर्ण अवस्था में स्वयं के आयतन से 1000 गुना अधिक हाइड्रोजन अधिधारित कर सकती है। यह गुण हाइड्रोजन के परिशोधन में प्रयुक्त होता है क्योंकि जब उन्हे निर्वात में गर्म किया जाता है तो इन धातुओं द्वारा केवल शुद्ध हाइड्रोजन ही अधिशोषित होती है तथा निष्कासित की जाती है।

अधिशोषण - यह केवल सतह पर अवशोषण करने की विधि है, जबकि अवशोषण पदार्थ द्वारा पूरे द्रव्यमान में सोखनें की विधि है।

1.4 रासायनिक अभिक्रियाएँ

(i) धातुओं से क्रिया

(a) $2Na + H_2 \rightarrow NaH$

(b) $Ca + H_2 \rightarrow CaH_2$

(c) $Be + H_2 \rightarrow$ कोई क्रिया नहीं

(ii) अधातुओं से क्रिया - निम्न ताप व अंधेरे में भी फ्लोरीन तीव्रता से हाइड्रोजन से संयुक्त होती है। जबकि क्लोरीन के साथ दहन सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में होता है। इसी प्रकार ब्रोमीन के साथ गर्म करने पर संयुक्त होती है, जबकि आयोडीन के साथ उत्प्रेरक की उपस्थिति में गर्म करने पर संयुक्त होती है।

$H_2 + X_2 \rightarrow 2HX$

(iii) अपचायक प्रकृति

(a) $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$

(b) $Fe_3O_4 + 4H_2 \rightarrow 3Fe + 4H_2O$

(c) असंतृप्त वसा + $H_2 \xrightarrow{Ni}$ संतृप्त वसा

(तेल) (वनस्पति घी)

(iv) संश्लेषित पेट्रोल - दाब तथा उत्प्रेरक की उपस्थिति में चूर्णित कोयले के पेस्ट की कच्चे तेल में हाइड्रोजन से क्रिया कराने पर पेट्रोल का प्रतिस्थापी प्राप्त होता है।

(v) ऑक्सी-हाइड्रोजन ज्वाला- यह 2800°C का ताप उत्पन्न करती है जबकि ऑक्सी-परमाण्वीय हाइड्रोजन ज्वाला 4000°C का ताप उत्पन्न करती है। उत्पन्न ऊष्मा को उच्च गलनांक वाले पदार्थो को गलाने में प्रयुक्त किया जाता है। जैसे कि क्वार्ट्ज, Pt आदि व वेल्डिंग में भी।

1.5 हाइड्रोजन के विभिन्न रूप

(i) नवजात हाइड्रोजन-

(a) निर्माण की विधि -

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + 2H$

(b) गुणधर्म - नवजात हाइड्रोजन, साधारण हाइड्रोजन से अधिक क्रियाशील व प्रबल अपचायक है।

(A) यह जलीय $FeCl_3$ का पीला रंग उड़ा देती है।

$$(H) + FeCl_3 \rightarrow FeCl_2 + HCl$$

(पीला) (रंगहीन)

(B) $KMnO_4$ का बैंगनी रंग समाप्त कर देती है।

(C) $K_2Cr_2O_7$ (नारंगी) विलयन को हरे में परिवर्तित कर देती है।

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 6H \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

नारंगी हरा

(ii) अधिशोषित हाइड्रोजन या अधिधारित हाइड्रोजन

हाइड्रोजन Pt ब्लैक की सतह पर अधिशोषित हो जाती है तथा बहुत से रासायनिक परिवर्तन जैसे अपचयन व हाइड्रोजनीकरण कर सकने में सक्षम हो जाती है। इस प्रकार की हाइड्रोजन अधिशोषित हाइड्रोजन कहलाती है। जबकि Pt पर अधिधारित हाइड्रोजन बहुत प्रबल अपचायक है तथा अंधेरे तक में हैलोजनों से संयुक्त हो सकती है। अधिधारण ताप बढ़ने के साथ–साथ घटता है।

(iii) परमाण्वीय हाइड्रोजन –

(a) विद्युत आर्क में से साधारण हाइड्रोजन को गुजारना परमाण्वीय हाइड्रोजन प्राप्त करने की सर्वोत्तम विधि है।

$$H_2 \xrightarrow[(200°C)]{\text{Electric Arc}} 2H ;$$

$\Delta H = + 104.5$ Kcal. (उष्माशोषी)

(b) परमाण्वीय हाइड्रोजन की आयु सेकण्ड की एक तिहाई होती है।

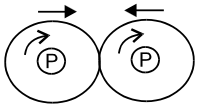
(c) हाइड्रोजन का यह रूप अत्यधिक क्रियाशील होता है, चूंकि इसमें हाइड्रोजन परमाणु उत्तेजित अवस्था में होता है।

(iv) ऑर्थो व पैरा हाइड्रोजन –

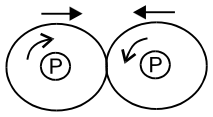
(a) वॉनहॉफर तथा हर्टेक ने यह दर्शाया कि साधारण हाइड्रोजन ऑर्थो व पैरा हाइड्रोजनों का मिश्रण होती है।

(b) एक हाइड्रोजन अणु दो परमाणुओं का बना होता है। प्रत्येक परमाणु में एक प्रोटोन व एक इलेक्ट्रोन होता है। इलेक्ट्रोन तथा प्रोटॉन दोनों अपनी धुरी पर चक्रण कर सकते है।

(A) ऑर्थो हाइड्रोजन - प्रोटॉनों या नाभिक का चक्रण समान दिशा में।



ऑर्थो हाइड्रोजन



(B) पैरा हाइड्रोजन - प्रोटॉन या नाभिक का चक्रण विपरित दिशा में।

(C) कमरे के ताप पर 75% ऑर्थो व 25% पैरा हाइड्रोजन अर्थात् अनुपात 3 : 1 में उपस्थित रहती है। निम्न ताप पर पैरा रूप में वृद्धि होती है।

(d) ऑर्थो व पैरा हाइड्रोजन में अंतर –

(i) ऑर्थो, पैरा से अधिक स्थाई है।

(ii) ऑर्थो व पैरा हाइड्रोजन को नाभिकीय चक्रण समावयवी कहते हैं क्योंकि ये इनके चक्रण के संदर्भ में भिन्न होते है।

(iii) ऑर्थो की चालकता पैरा के कम होती है।

(iv) पैरा का चुंबकीय आघूर्ण शून्य होता है, जबकि ऑर्थो का प्रोटॉन से दुगना होता है।

1.6 हाइड्राइड

कम विद्युतऋणता वाले तत्वों के साथ हाइड्रोजन के यौगिक हाइड्राइड कहलाते है।

(a) आयनिक या लवणीय हाइड्राइड - ये IA व II A (उच्च क्रियाशील धातु) के साथ हाइड्रोजन के संयोग से बनते हैं।

eg. LiH, NaH, KH, MgH_2, CaH_2 etc.

$CaH_2 \rightarrow$ हाइड्रोलिथ $\rightarrow$ हाइड्रोजन का उत्तम स्रोत।

C.Q.– जब गलित NaH का विद्युत अपघटन कराया जाता है, तो –

(A) कैथोड़ पर H_2 निकलती है।

(B) एनोड पर H_2 निकलती है

(C) कैथोड़ पर Na निक्षेपित होती है

(D) 2 व 3 दोनों

उत्तर (D)

(b) सहसंयोजक हाइड्रोजन –

ये कम विद्युतऋणी अधातुओं जैसे B व Si के साथ हाइड्रोजन के संयोग से बने यौगिक है।

eg. SiH_4, B_2H_6

(c) अंतराकाशी हाइड्रोजन - हाइड्रोजन + संक्रमण धातु

हाइड्रोजन वान्डरवाल बंधों द्वारा बंधी रहती है। ये हाइड्राइड असमीकरणमितीय होते हैं।

Ti : H_2

1 : 1.67

1.7 हाइड्रोजन के समस्थानिक

	प्रोटियम	ड्येटेरियम	ट्रिटियम
(a)	$_1H^1$ or H	$_1H^2$ or D	$_1H^3$ or T
(b)	p = 1, e = 1, n = 0	p = 1, e = 1, n = 1	p = 1, e = 1, n = 2
(c)	प्रचुरता - 99%	.01%	10^{-15} %
(d)	साधारण हाइड्रोजन	भारी हाइड्रोजन	रेडियोसक्रिय
(e)			r × n क्रियाविधि के अध्ययन में ट्रेसर के रूप में प्रयुक्त होता है

Examples based on Hydrogen

उदा.1 ड्यूटेरियम, हाइड्रोजन का एक समस्थानिक है, जो कि है-

(A) रेडियोसक्रिय (B) अरेडियोसक्रिय

(C) सबसे भारी (D) सबसे हल्का

Ans. [B]

हल. $_1D^2$ के लिए $\frac{n}{p} = \frac{1}{1} = 1$ अतः यह स्थायी नाभिक है।

उदा.2 ऑर्थो तथा पेरा हाइड्रोजन के बीच अन्तर है-

(A) ऑर्थो पेरा की अपेक्षा अधिक स्थायी है

(B) ऑर्थो की चालकता पेरा की अपेक्षा अधिक होती है

(C) ऑर्थो का चुम्बकीय आघूर्ण शून्य होता है

(D) उपरोक्त सभी

Ans. [A]

हल. कमरे ताप पर o-H_2 व p-H_2 का अनुपात 3 : 1 होता है

2. हाइड्रोजन परॉक्साइड (H_2O_2)

2.1 हाइड्रोजन परॉक्साइड (H_2O_2) के निर्माण की विधियाँ

खोजकर्त्ता- **एल.जे. थेनार्ड**

(a) प्रयोगशाला विधि - जल में BaO_2 के ठण्डे पेस्टी विलयन में से CO_2 प्रवाहित करने पर H_2O_2 प्राप्त होती है।

$$BaO_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow H_2O_2 + BaCO_3$$

(b) Na_2O_2 की H_2SO_4 के साथ क्रिया –

(A) $Na_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O_2$

(B) हिमशीत जल में Na_2O_2 की थोड़ी सी मात्रा मिलाने पर भी –

$$Na_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2O_2$$

(c) औद्योगिक विधि – 50% H_2SO_4 का 0°C पर Pt इलेक्ट्रोड का उपयोग करते हुए विद्युत अपघटन द्वारा –

$2H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + 2HSO_4^-$

कैथोड (Cu) पर - $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

एनोड (Pt) पर - $2HSO_4^- \rightarrow H_2S_2O_8 + 2e^-$

$H_2S_2O_8 + 2H_2O \rightarrow H_2O_2 + 2H_2SO_4$

(d) अमोनियम हाइड्रोजन सल्फेट का विद्युत अपघटन : अमोनियम हाइड्रोजन सल्फेट के विद्युत अपघटन से अमोनियम परसल्फेट प्राप्त होता है। इसको अलग कर लिया जाता है तथा उसमें तनु H_2SO_4 मिलाकर आसवन कर लिया जाता है। इससे हाइड्रोजन परॉक्साइड का 30 - 40% जलीय विलयन प्राप्त हो जाता है।

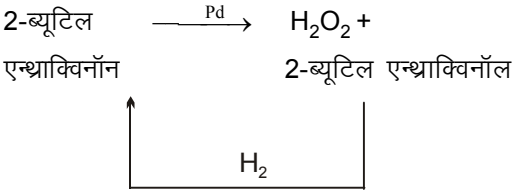
$NH_4HSO_4 \Leftrightarrow NH_4SO_4^- + H^+$

कैथोड़ पर : $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$(अपचयन)

एनोड़ पर : $2NH_4SO_4^- \rightarrow (NH_4)_2S_2O_8 + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

आसवन:$(NH_4)S_2O_8 + 2H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} 2NH_4HSO_4 + H_2O_2$

(e) 2-ब्युटिल ऐन्थ्रेक्विनॉल के स्वतः ऑक्सीकरण द्वारा : यह H_2O_2 के औद्योगिक निर्माण की आधुनिक विधि है। इसमें H_2, वायुमण्डलीय ऑक्सीजन तथा जल मुख्य क्रिया कारक होते है।



सर्वप्रथम 2-ब्युटिल एन्थ्रेक्वीनॉन का पैलेडियम उत्प्रेरक की उपस्थिति में हाइड्रोजन गैस द्वारा अपचयन करने पर 2-ब्युटिल ऐन्थ्रेक्विनॉल बनता है।

2-ब्युटिल ऐन्थ्रेक्वीनॉल का वायु द्वारा ऑक्सीकरण कराने पर 2-ब्युटिल ऐन्थ्रेक्वीनॉन तथा H_2O_2 बनते है। हाइड्रोजन परॉक्साइड का जल द्वारा निष्कर्षण करने पर उसका 20% विलयन प्राप्त होता है।

इस प्रकार 2-ब्युटिल ऐन्थ्रेक्वीनॉन का पुनः प्रयोग किया जाता है। यह चक्रीय प्रक्रम लगातार चलता रहता है और हाइड्रोजन परॉक्साइड बनती रहती है।

2.2 H_2O_2 के भौतिक गुण

(a) शुद्ध H_2O_2 दुर्बल अम्लीय प्रकृति की होती है तथा हाइड्रोजन बंधन के कारण संगुणित द्रव के रूप में अस्तित्व रखती है।

(b) H_2O_2 की गंध नाइट्रिक अम्ल की गंध से समानता रखती है।

(c) यह त्वचा पर छाले उत्पन्न कर सकती है।

(d) स्थायित्व प्रदान करने वाले पदार्थ (stabilizers) मिला कर इसे प्लास्टिक के कन्टेनरों में संग्रहित किया जाता है।

(e) H_2O_2 के तनु विलयन को निर्वात आसवन या कम दाब पर आसवन द्वारा सांद्रित किया जा सकता है।

2.3 रासायनिक अभिक्रिया

(a) विघटन $-2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

Pt, Au, Ag इसके विघटन को त्वरित करते हैं जबकि एसिटएनिलाइड, एल्कोहल H_2O_2 के विघटन को कम करने के लिए ऋणात्मक उत्प्रेरक की तरह कार्य करते है।

(b) H_2O_2, अम्लीय व क्षारीय माध्यम आक्सीकारक व अपचायक की तरह कार्य करता –

(i) ऑक्सीकारक क्रियाएँ

(1) काले लैड सल्फाइड से सफेद लैड सल्फाइड –

$$Pbs + 4H_2O_2 \rightarrow PbSO_4 + 4H_2O$$

(काला) (सफेद)

(2) अम्लीय पोटेशियम डाईक्रोमेट क्रोमियम के नीले परॉक्साइड में ऑक्सीकृत होता है जोकि H_2O_2 का एक निश्चितता परीक्षण है।

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 4H_2O_2 \rightarrow 2CrO_5 + K_2SO_4 + 5H_2O$$

(नीला रंग)

(3) विरंजन क्रिया –

रंगीन पदार्थ + (O) → रंगहीन

यह बालों, रेशम, कपास, ऊन आदि को विरंजित कर देता है।

(ii) अपचायक क्रियाएँ –

(1) यह Ag_2O को सिल्वर में अपचयित करता है –

$$Ag_2O + H_2O_2 \rightarrow 2Ag + H_2O + O_2$$

(2) अम्लीय $KMnO_4$, H_2O_2 द्वारा रंगहीन हो जाता है।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(3) यह पोटेशियम फेरीसायनाइड को पोटेशियम फेरोसायनाइड में अपचयित कर देता है।

$$2K_3[Fe(CN)_6] + 2KOH + H_2O_2 \rightarrow 2K_4[Fe(CN)_6] + 2H_2O + O_2$$

2.4. हाइड्रोजन परॉक्साइड के उपयोग

(1) ऑक्सीकारी गुण के कारण यह कीटाणुनाशक व एन्टीसेप्टिक के रूप में प्रयोग होता है।

(2) रॉकेट के लिए ईधन के रूप में

(3) काले PbS के निर्माण के कारण बिगड़ी हुई व पुरानी पेन्टिंग को फिर से ठीक करने में H_2O_2 इसे सफेद $PbSO_4$ में परिवर्तित कर देता है

$$PbO + H_2S \rightarrow PbS + H_2O$$

(सफेद) (काला)

$$PbS + 4H_2O_2 \rightarrow PbSO_4 + 4H_2O$$

(सफेद)

2.5 H_2O_2 के लिए परीक्षण

(1) टाइटेनियम लवण के अम्लीय विलयन की क्रिया जब H_2O_2 के साथ कराई जाती है तो पराटाइटैनिक अम्ल के निर्माण के कारण पीला या नारंगी रंग उत्पन्न होता है।

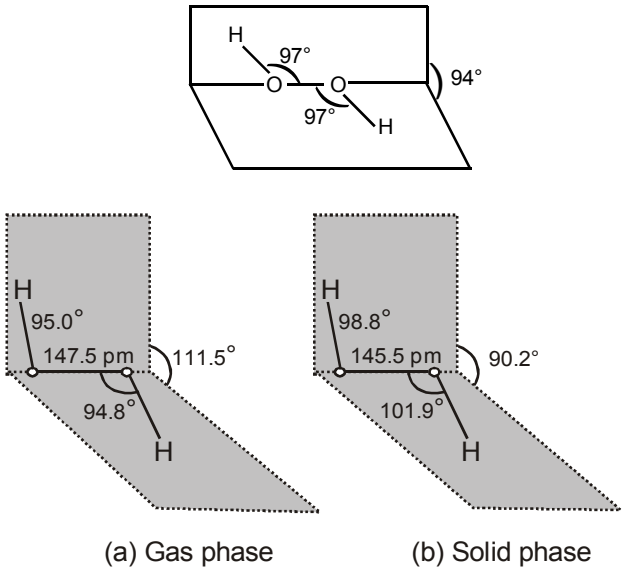
$$Ti(SO_4)_2 + H_2O_2 + 2H_2O \rightarrow H_2TiO_4 + 2H_2SO_4$$

(2) यह KI विलयन से आयोडीन मुक्त करता है जोकि स्टार्च विलयन के साथ नीला रंग देती है।

(3) अम्लीय $K_2Cr_2O_7$ व ईथर के साथ हिलाने पर H_2O_2 नीला रंग देता है।

2.6 H_2O_2 की संरचना

H_2O_2 में चारों परमाणु असमतलीय होते हैं। H_2O_2 की संरचना खुली किताब के समान होती है, जिसमें दोनों सिरे 90° पर होते है। प्रत्येक कोर (core) में एक H - परमाणु होता है। H - O बंध O - O बंध के साथ 101.5° का कोण बनाता है।



(a) Gas phase (b) Solid phase

Examples based on Hydrogen Peroxide

उदा.3 H_2O_2 की संरचना है -

(A) असममित

(B) सममित

(C) समतलीय

(D) सीधी श्रृंखला

Ans.[A]

हल. H_2O_2 की संरचना खुली किताब की तरह होती है

उदा.4 H_2O_2 को किसके द्वारा बनाया जा सकता है -

(A) 2-एथिल एन्थ्राक्विनॉल के ऑक्सीकरण

(B) जल में BaO_2 की पेस्ट में CO_2 गुजार कर

(C) H_2SO_4 का विद्युत अपघटन

(D) इनमें से कोई भी

Ans.[D]

हल. H_2O_2 बनाने के लिए सभी विधियाँ उपयुक्त है।

3 मृदु एवं कठोर जल ::

(i) वह जल जो कि साबुन के साथ आसानी से झाग देता है, मृदु जल कहलाता है। यदि जल मुश्किल से झाग देता है, तो कठोर जल कहलाता है

(ii) जल की कठोरता घुलित Ca, Mg लवणों के बाईकार्बोनेट, क्लोराइड व सल्फेट के कारण होती है।

(iii) साधारण साबुन वसा अम्लों (RCOONa) के सोडियम लवण होते है। कठोर जल में घोलने पर साबुन विलेय अशुद्धियों से क्रिया कर Ca व Mg के अविलेय वसा अम्ल लवण देते हैं। अतः साबुन का झाग उत्पन्न करने का गुण तभी उत्पन्न होता है जब कठोर जल से सभी विलेय अशुद्धियाँ पूर्णतः दूर कर ली जाएँ। अतः कठोर जल में अधिक साबुन प्रयुक्त होता है।

$RCOONa + CaCl_2 \rightarrow (RCOO)_2Ca + 2NaCl$

(iv) जल की कठोरता दो प्रकार की होती है –

[A] अस्थाई कठोरता–

(1) Ca व Mg के विलेय बाईकार्बोनेटों के कारण।

(2) इसे, उबाल कर या बुझे हुए चूने की निश्चित मात्रा मिला कर दूर किया जा सकता है।

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

क्लार्क विधि–

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 + 2H_2O$$

[B] स्थाई कठोरता –

(i) Ca व Mg के विलेय सल्फेटों, क्लोराइडों व नाइट्राइटों के कारण।

(ii) इसे निम्न विधियों द्वारा दूर किया जा सकता है।

[a] परम्यूटिट (permutit) विधि द्वारा –

परम्यूटिट, सोडियम

एलुमिनों सिलिकेट ($Na_2Al_2SiO_3 . x H_2O$) या सोडियम जियोलाइट (Na_2Z) है, जहाँ $Z = Al_2 SiO_3 . xH_2O$ हैं। यह जल में अविलेय होता है व मृदुकारी जल की सहायता से क्षारीय मूलक के विनिमय का इसमें गुण होता है।

$$Na_2Z + CaSO_4 \rightarrow CaZ + Na_2SO_4$$

[b] वाशिंग सोडा (Na_2CO_3) द्वारा -

$MgCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3 + 2NaCl$; $CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$

सोडियम कार्बोनेट के स्थान पर, कास्टिक सोडा या सोडियम फॉस्फेट भी प्रयोग किया जा सकता है।

$$MgCl_2 + 2NaOH \rightarrow \underset{\text{अविलेय}}{Mg(OH)_2} + 2NaCl$$

$$3MgSO_4 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Mg_3(PO_4)_2 + 3Na_2SO_4$$

(c) केलगॉन विधि (Calgon's method) : सोडियम हेक्सामेटा फॉस्फेट (Sodium hexametaphosphate $Na_6P_6O_{18}$) को व्यापारिक रूप में 'केलगॉन' कहते हैं। जब यह कठोर जल में मिलाया जाता है, तब निम्नलिखित अभिक्रिया देता है :

$$N_6P_6O_{18} \rightarrow 2Na^+ + Na_4P_6O_{18}^{2-}$$

$$M^{2+} + Na_4P_6O_{18}^{2-} \rightarrow [Na_2MP_6O_{18}]^{2-} + 2Na^+$$

(M = Mg, Ca)

यह ऋणायन संकुल Mg^{2+} एवं Ca^{2+} आयन को विलयन में रखता है।

(d) संश्लेषित रेजिन विधि (Resins method) : आजकल कठोर जल का मृदुकरण मुख्य रूप से संश्लेषित धनायन विनिमयक द्वारा किया जाता है। यह विधि जीओलाइट की तुलना में अधिक दक्ष है। धनायन विनिमयक रेजिन - SO_3H समूहयुक्त बृहद् कार्बनिक अणु होते हैं तथा जल में अविलेय होते हैं।

आयन विनिमय रेजिन (RSO_3H) को NaCl से उपचार करके R-Na परिवर्तित किया जाता है। रेजन Na^+ आयन का जल में उपस्थित Ca^{2+} एवं Mg^{2+} आयन से विनिमय करके कठोर जल को मृदु बना देता है, जहाँ (R = रेजिन ऋणायन है) –

$$2RNa(s) + M^{2+}(aq) \rightarrow R_2M(s) + 2Na^+(aq)$$

रेजिन का पुनर्जनन (Regeneration) सोडियम क्लोराइड विलयन मिलाकर किया जाता है।

जल को उत्तरोत्तर (Successively) धनायन–विनिमयक (H^+ आयन के रूप में) तथा ऋणायन–विनिमयक (OH^- के रूप में) रेजिन से प्रवाहित करने पर शुद्ध विखनिजित (Demineralised) तथा विआयनित (Deionised) जल प्राप्त किया जाता है –

$$2RH(s) + M^{2+}(aq) \rightleftharpoons MR_2(s) + 2H^+ aq).$$

धनायन विनिमय के इस प्रक्रम में, H^+ का विनिमय जल के उपस्थित Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} एवं अन्य धनायनों द्वारा हो जाता है। फलन : प्रोटान का निष्कासन होता है तथा जल अम्लीय हो जाता है।

ऋण आयन विनिमय के दूसरे प्रक्रम में –

$$RNH_2(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons RNH_3^+.OH^-(s)$$

$$RNH_3^+.OH^-(s) + X^-(aq) \rightleftharpoons RNH_3^+.X^-(s) + + OH^-(aq)$$

OH^- का विनिमय जल में उपस्थित ऋणायन (जैसे – (Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-}) द्वारा होता है। इस प्रकार मुक्त OH^- आयन धनायन विनिमय से मुक्त H^+ आयन से अभिक्रिया करके जल को उदासीन कर देता है

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

धनायन तथा ऋणायन विनिमयकों के रेजिन तल (Resin bed) का उपयोग जब पूर्ण रूप से हो जाता है, तब इन्हें क्रमशः तनु अम्ल तथा तनु क्षारक विलयनों से अभिक्रिया कराकर पुनर्जनित कर लिया जाता है।

Examples based on Hardness of Water

उदा.5 केलगॉन, एक जल मृदुकारक है -

(A) सोडियम एल्यूमिनो सिलिकेट

(B) सोडियम हैक्सामेटाफॉस्फेट

(C) सोडियम जिओलाइट

(D) सोडियम बाइकार्बोनेट

Ans.[B]

हल. केलगॉन कठोर जल से Ca व Mg आयन को घुलनशील संकुल बनाकर पृथक कर देता है।

$$2Ca^{++} + Na_2[Na_4(PO_3)_6] \rightarrow Na_2[Ca_2(PO_3)_6] + 2Na^+$$

कठोर जल केलगॉन घुलनशील संकुल

दृष्टान्तीय उदाहरण

Q.1 निम्न में से कौन हाइड्रोजन का सर्वाधिक अधिशोषण करेगा -

(A) पेलेडियम का कोलाइडी विलयन

(B) सूक्ष्म विभाजित निकिल

(C) कोलायडी फेरिक हाइड्रॉक्साइड

(D) सूक्ष्म विभाजित प्लेटिनम

Sol. **[A]**

हाइड्रोजन की मात्रा के अनुसार अधिधारित्र (occluded) धातु का घटता क्रम है

कोलायडी Pd > Pd > Pt > Au > Ni

Q.2 आयनिक हाइड्राइड जल के साथ क्रिया करके देते है -

(A) अम्लीय विलयन (B) क्षारीय विलयन

(C) हाइड्राइड आयन (D) प्रोटॉन

Sol. **[B]**

S-ब्लॉक तत्व आयनिक हाइड्रॉक्साइड बनाते है। जो जल के साथ क्षारीय हाइड्रॉक्साइड बनाते है उदाहरण – NaOH

Q.3 H_2O_2, $K_3[Fe(CN)_6]$ को किसमें अपचयित करता है

(A) उदासीन विलयन (B) अम्लीय विलयन

(C) क्षारीय विलयन (D) अध्रुवीय-माध्यम

Sol. **[C]**

$2\ K_3[Fe(CN)_6] + 2\ KOH + H_2O_2 \rightarrow 2K_4[Fe(CN)_6] + 2H_2O + O_2$

Q.4 खराब परम्यूटिट् को सामान्यतया कौनसे विलयन से उपचारित कर पुनःनिर्मित किया जाता है -

(A) सोडियम क्लोराइड

(B) कैल्शियम क्लोराइड

(C) मैग्नीशियम क्लोराइड

(D) पोटेशियम क्लोराइड

Sol. **[A]**

$CaZ + 2NaCl \rightarrow Na_2Z + CaCl_2$

Q.5 जल की स्थायी कठोरता को केलगॉन $(NaPO_3)_n$ मिलाकर दूर किया जाता है। यह किसका उदाहरण है -

(A) अधिशोषण (B) आयन–विनिमय

(C) अवक्षेपण (D) इनमें से कोई नहीं

Sol. **[B]**

$(NaPO_3)n$ को केलगॉन विधि में प्रयुक्त किया जाता है। यह Ca^{2+} व Mg^{2+} आयन के साथ विलेयशील संकुल बनाता है।