हाइड्रोजन
(Hydrogen)

9 Chapter

INSIDE THIS CHAPTER

9.1 आवर्त सारणी में हाइड्रोजन का स्थान
9.2 हाइड्रोजन के समस्थानिक
9.3 हाइड्रोजन बनाने की विधियाँ
9.3.1 हाइड्रोजन के विभिन्न रूप
9.3.2 आर्थो एवं पैरा हाइड्रोजन
9.3.3 डाइहाइड्रोजन के भौतिक गुण
9.3.4 हाइड्रोजन के उपयोग
9.4 हाइड्राइड
9.5 जल (Water)
9.6 हाइड्रोजन परॉक्साइड
9.7 भारी जल, D_2O
✦ *प्रमुख प्रश्न एवं उत्तर*
✦ *पाठ्य पुस्तक के प्रश्न एवं उत्तर*

- ब्रह्मांड में पाया जाने वाला अतिबाहुल तत्त्व **हाइड्रोजन** है।
- अति बाहुलता के क्रम में हाइड्रोजन का पृथ्वी पर तीसरा स्थान है।
- हाइड्रोजन को भविष्य में ऊर्जा के प्रमुख स्त्रोत के रूप में जाना जायेगा।
- हाइड्रोजन की परमाणु संरचना सरल है।
- हाइड्रोजन के परमाणु में एक प्रोटॉन तथा एक इलेक्ट्रॉन उपस्थित होता है।
- हाइड्रोजन का अस्तित्व द्विपरमाणुक [H_2] के रुप में हैं जिसे **डाइ-हाइड्रोजन** कहते हैं।
- हाइड्रोजन आवर्त सारणी का प्रथम सदस्य है इसे **प्रोटियम** भी कहते हैं। जिसका अर्थ 'प्रथम' से है।
- हाइड्रोजन एक प्रारूपिक अधातु है।
- हाइड्रोजन का आविष्कार **हेनरी केवेण्डिश** ने सन् 1766 में लोहे की तनु H_2SO_4 के साथ क्रिया कर, प्राप्त किया था।
- वैज्ञानिक **हैनरी केवेण्डिश** ने इनकी ज्वलन प्रकृति के कारण इसे **ज्वलनशील वायु** (Inflammable air) कहा।
- वैज्ञानिक **लेंबोशियर** ने इसे हाइड्रोजन नाम दिया क्योंकि यह हवा में जलकर पानी का निर्माण करता है। [ग्रीक में हाइड्रो = जल, जन = बनना]
- संयुक्त अवस्था में हाइड्रोजन जल, क्षार, पेट्रोलियम प्राकृतिक गैस जीव जन्तु व वनस्पति में पायी जाती है।
- सूर्य में सर्वाधिक मुक्त हाइड्रोजन पाई जाती है।
- पृथ्वी पर उत्पन्न ज्वालामुखी तथा पेट्रोलियम के कुंओं से निकलने वाली गैसों में, मुख्य रूप से हाइड्रोजन गैस होती है।

नोट-हाइड्रोजन गुणों में क्षार धातु व हैलोजन से कुछ समानताएँ और कुछ असमानताएँ दर्शाती है। जिसके आधार पर इसकी आवर्त सारणी में स्थिति के निर्धारण की कोशिश की गई।

9.1 आवर्त सारणी में हाइड्रोजन की स्थिति (Position of H in Periodic Table)

H तत्व को आवर्त सारणी में प्रथम आवर्त में, प्रथम वर्ग में क्षार धातुओं व 17वें वर्ग में हैलोजन के साथ रखा जा सकता है।

9.1.1 H की क्षार धातुओं के साथ समानताएँ तथा प्रथम आवर्त व प्रथम वर्ग में रखने का औचित्य

- हाइड्रोजन का परमाणु क्रमांक 1 है।
- हाइड्रोजन का इलेक्ट्रोनिक विन्यास $1s^1$ है।
- हाइड्रोजन (Z = 1) को आवर्त सारणी के प्रथम आवर्त में रखा गया है।

वर्ग	IA (1)	....	VIIA(17)
आवर्त			
1.	H_1	....	H_1
2.	Li_3	....	F_9
3.	Na_{11}	....	Cl_{17}
4.	K_{19}	....	Br_{35}
5.	Rb_{37}	....	I_{53}
6.	Cs_{55}	....	At_{85}
7.	Fr_{87}	....	

- हाइड्रोजन और क्षार धातुओं के परमाणुओं के बाह्य कोष में एक s-इलेक्ट्रॉन होता है। अत: हाइड्रोजन को आवर्त सारणी के वर्ग IA(1) में क्षार धातुओं के ऊपर स्थान दिया गया है।
- हाइड्रोजन और हैलोजनों के परमाणुओं को अक्रिय गैस की स्थायी संरचना प्राप्त करने के लिये बाह्य कोश में एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है। अत: हाइड्रोजन को हैलोजनों के साथ वर्ग VIIA(17) में रखा जा सकता हैं।
- हाइड्रोजन क्षार धातुओं (Li, Na, K आदि) और हैलोजनों (F, Cl, Br आदि) दोनों से गुणों में समानताएँ प्रदर्शित करती हैं।

- एक तत्त्व को दो भिन्न वर्गों में रखना अनुचित है।
- हाइड्रोजन को आवर्त सारणी के किस वर्ग में स्थान दिया जाये यह विवादास्पद है।
- आवर्त *सारणी में हाइड्रोजन के लिए एक उचित स्थान का न होना आवर्त सारणी का दोष है।*

हाइड्रोजन की क्षार धातुओं से समानताएँ

- हाइड्रोजन निम्नलिखित गुणों में क्षार धातुओं से समानताएँ प्रदर्शित करती है। इन समानताओं के आधार पर हाइड्रोजन को वर्ग IA(1) में क्षार धातुओं के साथ स्थान दिया जा सकता है।
- **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास**—
  H(1) : $1s^1$; Li(3): $1s^2 2s^1$; Na(11): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
  हाइड्रोजन परमाणु का बाह्य कोष 1s उपकोश है, तथा हाइड्रोजन और क्षार धातुओं दोनों में बाह्य कोश में एक s- इलेक्ट्रॉन है। अत: हाइड्रोजन को प्रथम आवर्त में s- ब्लॉक के वर्ग IA(1) में क्षार धातुओं के ऊपर स्थान दिया जा सकता है।
- **संयोजकता**— हाइड्रोजन और क्षार धातुएँ दोनों एक संयोजक तत्व है।
- **ऑक्सीकरण अवस्था**— हाइड्रोजन और क्षार धातुएँ अपने यौगिक में +1 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करती है।
- **धन विद्युत लक्षण**— हाइड्रोजन क्षार धातुओं के समान एकसंयोजक धनायन बनाती है।

$$H \rightarrow H^+ + e^-$$
$$Na \rightarrow Na^+ + e^-$$
$$H^+, Li^+, Na^+, K^+, Rb^+ \text{ and } Cs^+$$

5. **अपचायक गुण**— हाइड्रोजन और क्षार धातुएँ दोनों अपचायक है। ये दोनों यौगिकों की ऑक्सीकरण को घटाते हैं।

$$B_2O_3 + 6H \xrightarrow{\Delta} 3H_2O + 2B$$
$$Fe_3O_4 + 4H_2 \rightarrow 4Fe + H_2O$$

6. **अधातुओं से संयोग**— हाइड्रोजन, क्षार धातुओं की भाँति ऑक्सीजन, सल्फर, क्लोरीन आदि के साथ समान सूत्र के ऑक्साइड, सल्फाइड, क्लोराइड आदि यौगिक बनाती है।

ऑक्साइड	H_2O	Na_2O
सल्फाइड	H_2S	Na_2S
क्लोराइड	HCl	NaCl

7. **यौगिकों के गुण**—

(क) क्षार धातुओं के हैलाइड (जैसे NaCl) और हाइड्रोजन हैलाइड (जैसे HCl) जलीय विलयन में आयनीकृत हो जाते हैं।

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$
$$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$$

(ख) हाइड्रोजन क्लोराइड के जलीय विलयन का विद्युत-अपघटन करने पर हाइड्रोजन गैस कैथोड पर मुक्त होती है।

$$2H^+ + e^- \longrightarrow H_2 \quad \text{(कैथोड अभिक्रिया)}$$

गलित सोडियम क्लोराइड का विद्युत-अपघटन करने पर सोडियम भी कैथोड़ पर जमा होता है।

$$Na^+ + e^- \longrightarrow Na \quad \text{(कैथोड अभिक्रिया)}$$

हाइड्रोजन और क्षार धातु का यह व्यवहार उनके धन विद्युती गुण को प्रदर्शित करता है।

क्षार धातुओं से भिन्नता

हाइड्रोजन क्षार धातुओं से निम्न गुणों में भिन्नता भी प्रदर्शित करती है—

1. क्षार धातु प्रारूपिक धातु है जबकि हाइड्रोजन अधातु है।
2. क्षार धातु ठोस है जबकि हाइड्रोजन गैस है।
3. हाइड्रोजन द्विपरमाण्विक है जबकि क्षार धातुएँ एक परमाण्विक है।
4. हाइड्रोजन की आयनन ऊर्जा क्षार धातुओं से बहुत अधिक है।
5. क्षार धातुओं के यौगिक आयनिक होते हैं जबकि हाइड्रोंजन यौगिक सामान्यत: सहसंयोजक होते हैं।

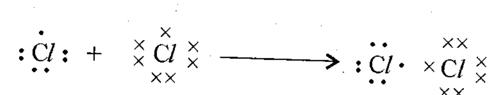
9.1.2 हाइड्रोजन की हैलोजन के साथ समानाएँ तथा प्रथम आवर्त के सत्रहवें वर्ग में रखने का औचित्य

हाइड्रोजन की हैलोजनों से समानताएँ

- हाइड्रोजन निम्नलिखित गुणों में हैलोजनों से समानताएँ प्रदर्शित करती है। इन समानताओं के आधार पर हाइड्रोजन को वर्ग VIIA(17) में हैलोजनों के साथ स्थान दिया जा सकता है।

1. **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास**— अक्रिय गैस की स्थायी संरचना प्राप्त करने के लिये हाइड्रोजन परमाणु और हैलोजन परमाणु दोनों को एक-एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है।
   H_1 $1s^1$[He, $1s^2$]
   F_9 $1s^2 2s^2 2p^5$[Ne_{10} $1s^2$ $2s^2 2p^6$]
   Cl_{17} $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$[Ar_{18} $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2 3p^6$]
2. **अधात्विक प्रकृति**— हैलोजनों की भाँति हाइड्रोजन अधातु हैं।
3. **भौतिक अवस्था**— फ्लुओरीन और क्लोरीन के समान हाइड्रोजन गैस है।
4. **द्वि-परमाणुक अणु बनाने की प्रवृत्ति**— हाइड्रोजन अणु (H_2) और हैलोजन अणु (Cl_2, Br_2) द्वि-परमाणुक है।
5. **सह-संयोजकता**— हाइड्रोजन और हैलोजन एकसंयोजक तत्त्व है। हाइड्रोजन परमाणु एक इलेक्ट्रॉन युग्म का साझा करके हीलियम की स्थायी संरचना प्राप्त कर लेता है। हैलोजन परमाणु एक इलेक्ट्रॉन युग्म का साझा करके अक्रिय गैस की स्थायी संरचना प्राप्त कर लेता है।

$$\bullet H + \times H \rightarrow H \dot{\times} H$$



6. **ऑक्सीकरण अवस्था**— हैलोजेनों के समान, हाइड्रोजन क्षार धातुओं के साथ बने यौगिकों (जैसे— NaH, CaH_2, NaCl, $CaCl_2$) में −1 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करती है।

7. **आयनन विभव**— हैलोजेनों की भाँति हाइड्रोजन का आयनन विभव $[I_1]$ ऊँचा है—

तत्त्व	H	F	Cl
I_1(eV)	13.6	17.4	13.0

8. **ऋणायन बनाने की प्रवृत्ति**— हाइड्रोजन परमाणु के बाह्य कोश में एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके हाइड्रॉइड आयन (H^-) बनाता है। हैलोजेन परमाणु (X) बाह्य कोश में एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके हैलाइड आयन X^- बनाता है।

$$H + e^- \longrightarrow H^-$$
$$X + e^- \longrightarrow X^-$$

9. **धातओं और अधातुओं से यौगिक बनाने की प्रवृत्ति**— हैलोजेनों की भाँति हाइड्रोजन, धातुओं और अधातुओं दोनों के साथ यौगिक बनाती है।

CaH_2, $\quad$ $CaCl_2$
PH_3 $\quad$ PCl_3

10. **यौगिकों की प्रकृति**—

(i) गलित सोडियम क्लोराइड का विद्युत-अपघटन करने पर क्लोरीन एनोड पर मुक्त होती है।

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^- \quad \text{(एनोड अभिक्रिया)}$$

गलित कैल्शियम हाइड्रॉइड का विद्युत-अपघटन करने पर हाइड्रोजन एनोड पर मुक्त होती है।

$$2H^- \longrightarrow H_2 + 2e^- \quad \text{(एनोड अभिक्रिया)}$$

क्लोरीन और हाइड्रोजन का यह एक जैसा व्यवहार उनकी ऋण विद्युती प्रकृति को प्रदर्शित करता है।

(ii) क्षार धातुओं के साथ हाइड्रोजन और हैलोजन दोनों वैद्युत संयोजक यौगिक बनाते हैं जिनके सूत्र मिलते-जुलते हैं। जैसे— NaH, NaCl आदि।

(iii) अधातुओं के साथ हाइड्रोजन और हैलोजन दोनों सहसंयोजक यौगिक बनाते हैं जिनके सूत्र मिलते-जुलते होते हैं। जैसे—CH_4, CCl_4, NH_3; PH_3, PCl_3 आदि।

(iv) क्लोरीन संतृप्त हाइड्रोकार्बनों से हाइड्रोजन को विस्थापित करती है।

$$\underset{\text{मेथेन}}{CH_4} + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$$

हाइड्रोजन की हैलोजनों से निम्न गुणों में भिन्नता दर्शाता हैं—

1. हैलोजन आसानी से हैलाइड आयन (X^-) बनाता हैं जबकि हाइड्रोजन केवल क्षार धातुओं व क्षारीय मृदा धातुओं के साथ बने यौगिकों में ही हाइड्राइड (H^-) बनाता है।
2. हाइड्रोजन की ऑक्सीकरण अवस्था केवल +1 व −1 होती है, जबकि हैलोजन (F के अतिरिक्त) −1 से +7 तक विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्थाएँ दर्शाते हैं।
3. आण्विक अवस्था में हाइड्रोजन परमाणुओं पर कोई असहभाजित इलेक्ट्रॉन युग्म नहीं होता है जबकि हैलोजन में तीन असहभाजित इलेक्ट्रॉन युग्म होते हैं। उदाहरण

$$H{-}H,\ :\ddot{\underset{..}{Cl}}{-}\ddot{\underset{..}{Cl}}:$$

4. हैलोजनों के ऑक्साइड सामान्यतया अम्लीय होते हैं। (उदाहरण Cl_2O_7) जबकि हाइड्रोजन का ऑक्साइड उदासीन होता है। (उदाहरण H_2O) उदासीन होता है।
5. हाइड्रोजन के बाह्यतम कोश में एक इलेक्ट्रॉन होता है जबकि हैलोजन के बाह्यतम कोश में सात इलेक्ट्रॉन होते हैं।

9.1.3 H का आवर्त सारणी में विशिष्ट स्थान

आवर्त सारणी में हाइड्रोजन का स्थान विवादास्पद है, क्योंकि हाइड्रोजन की क्षार धातुओं व हैलोजन से समानताओं व भिन्नताओं के आधार पर आवर्त सारणी में इसे एक निश्चित स्थान देना बहुत कठिन है। इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर आधारित आवर्त सारणी में हाइड्रोजन को प्रथम वर्ग में रखना उचित प्रतीत होता है। परन्तु यह न्यायोचित नहीं है, अतः इसके अद्वितीय व्यवहार के कारण इसे आवर्त सारणी में अलग से रखा गया है।

अभ्यास 9.1

प्र.1. सूर्य में कौनसा तत्त्व अधिक मात्रा में उपस्थित है?
प्र.2. ज्वालामुखी एवं पेट्रोलियम कुओं से निकलने वाली गैसों में मुख्य रूप से कौनसी गैस है।
प्र.3. धातुओं पर अम्लों की क्रिया से निकलने वाली गैस का हाइड्रोजन नाम किस वैज्ञानिक ने दिया?
प्र.4. H का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास दीजिये।
प्र.5. H तत्त्व आवर्त सारणी के किस आवर्त का सदस्य है?
प्र.6. H तत्त्व व क्षार धातुओं की ऑक्सीकरण अवस्था क्या है?
प्र.7. H तत्त्व व हेलोजन तत्त्वों की ऑक्सीकरण अवस्था क्या है?
प्र.8. दो उदाहरण दीजिये जिसमें H का ऑक्सीकरण अंक +1 हो।
प्र.9. दो उदाहरण दीजिये जिसमें H का ऑक्सीकरण अंक −1 हो।
प्र.10. H का आयनन विभव किन तत्त्वों के अधिक निकट है।
प्र.11. H का धन विद्युती गुण किन तत्त्वों से समानता रखता है?
प्र.12. H का ऋण विद्युती गुण किन तत्त्वों से समानता रखता है?
प्र.13. हाइड्रोजन की परमाणुकता कितनी है?

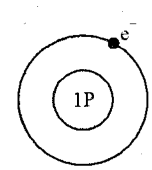
उत्तर की स्वयं जांच करें

1. Hydrogen (हाइड्रोजन)	2. हाइड्रोजन
3. लेवाशिये ने	4. $1s^1$
5. प्रथम आवर्त का	6. +1
7. −1	8. HCl, H_2O
9. NaH, CaH_2	10. हेलोजन तत्त्वों के
11. क्षार धातुओं से	12. हैलोजन तत्त्वों से
13. दो (H_2)	

9.2 हाइड्रोजन के समस्थानिक (Isotopes of Hydrogen)

- हाइड्रोजन परमाणु के तीन समस्थानिक ज्ञात है।
  (i) प्रोटियम (ii) ड्यूटीरियम (iii) ट्राइटियम

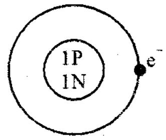
(i) प्रोटियम् (Protium)



- इसे ${}_1^1H$ या H से प्रदर्शित करते हैं।

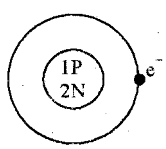
- इस समस्थानिक में एक प्रोटॉन एवं एक इलेक्ट्रॉन होता है।
- इस समस्थानिक में न्यूट्रॉन अनुपस्थित होता है।
- इसकी द्रव्यमान संख्या 1 है।
- साधारण हाइड्रोजन में 99.98% हल्की हाइड्रोजन (या प्रोटियम) उपस्थित होती है।
- यह समस्थानिक स्थायी है।
- यह रंगहीन, स्वादहीन व गंधहीन गैस है।
- यह द्विपरमाणुक गैस है।

(iii) ड्यूटीरियम (Deuterium)



- इसे भारी हाइड्रोजन भी कहते हैं।
- ड्यूटीरियम की खोज 1931 में **यूरे, ब्रिकवैड** और **मर्फी** ने की।
- इसे $^{2}_{1}H$ या D से प्रदर्शित करते हैं।
- इस समस्थानिक में एक प्रोटॉन, एक इलेक्ट्रॉन व एक न्यूट्रॉन उपस्थित होता है।
- इसकी द्रव्यमान संख्या 2 है।
- इसका परमाणु भार 2.014 है।
- साधारण हाइड्रोजन में ड्यूटीरियम की प्रतिशत मात्रा .0156% है।
- यह समस्थानिक स्थायी है।
- यह द्विपरमाणुक है।
- यह रंगहीन, गंधहीन तथा स्वादहीन गैस है।
- इसका उपयोग तत्त्वों के कृत्रिम तत्त्वान्तरण में किया जाता है।

(iii) ट्राइटियम (Tritium)



- इसकी खोज 1934 में **लोजिअर, ब्लीक** ने व **स्मिथ** ने की।
- इस समस्थानिक को $^{3}_{1}H$ या T से प्रदर्शित करते हैं।
- इस समस्थानिक में एक प्रोटॉन, एक इलेक्ट्रॉन व दो न्यूट्रॉन होते हैं।
- इसकी द्रव्यमान संख्या 3 है।
- इसका परमाणु भार 3.016 है।
- यह समस्थानिक रेडियोऐक्टिव है।
- यह समस्थानिक अस्थायी है।
- प्रकृति में ट्राइटियम की अति अल्प मात्रा में $[10^{-17}\%]$ पायी जाती है।
- इस समस्थानिक की अर्द्धआयु 12.3 वर्ष है।
- यह द्विपरमाणुक अणु है।
- ट्राइटियम को लीथियम पर मन्द न्यूट्रॉनों के प्रहार से बनाया जाता है।

$$^{6}_{3}Li + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{3}_{1}H + ^{4}_{2}He$$

इस विधि को **गेल्डहेबर** विधि कहते हैं।

- ट्राइटियम का उपयोग जल विज्ञान में भूमिगत जल के प्रवाह का पता लगाने के लिये ट्रेसर के रूप में किया जाता है।

अभ्यास 9.2

प्र.1. हाइड्रोजन परमाणु के कितने समस्थानिक होते हैं? इनके नाम बताइये।

प्र.2. हाइड्रोजन के कौनसे समस्थानिक में न्यूट्रॉन अनुपस्थित है?

प्र.3. हाइड्रोजन के कौनसे समस्थानिक को हल्की हाइड्रोजन के नाम से पुकारते हैं?

प्र.4. वैज्ञानिक यूरे, ब्रिकवैड व मर्फी ने हाइड्रोजन के कौनसे समस्थानिक की खोज की?

प्र.5. वैज्ञानिक लोजिअर, ब्लीकनें व स्मिथ ने हाइड्रोजन के कौनसे समस्थानिक की खोज की?

प्र.6. ड्यूटीरियम समस्थानिक में प्रोटॉन, न्यूट्रॉन एवं इलेक्ट्रॉन की संख्या होगी?

प्र.7. ट्राइटियम में प्रोट्रॉन, न्यूट्रॉन एवं इलेक्ट्रॉन की संख्या होगी?

प्र.8. H का कौनसा समस्थानिक सबसे भारी है?

प्र.9. ट्राइटियम को Li पर मन्द न्यूट्रॉनों के प्रहार से बनाया जाता है इस विधि को क्या कहते हैं?

प्र.10. भूमिगत जल के प्रवाह का पता हाइड्रोजन के किस समस्थानिक से करते हैं?

प्र.11. ड्यूटीरियम की खोज किस वैज्ञानिक ने की?

प्र.12. ट्राइटियम की खोज किस वैज्ञानिक ने की?

प्र.13. गोल्ड हेबर विधि की समीकरण लिखिये।

उत्तर की स्वयं जांच करें

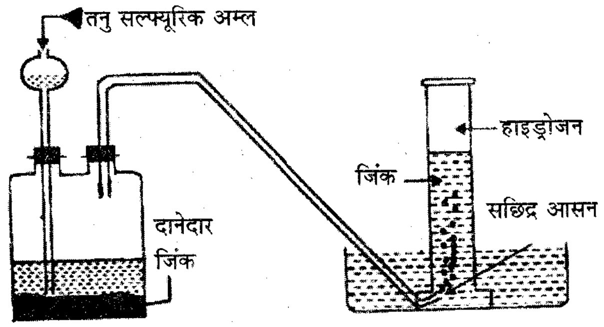
1. तीन समस्थानिक होते हैं, प्रोटियम, ड्यूटीरियम एवं ट्राइटियम
2. प्रोटियम में
3. प्रोटियम को
4. ड्यूटीरियम की
5. ट्राइटियम की
6. प्रोटॉन 1, न्यूट्रॉन 1 एवं इलेक्ट्रॉन 1 है।
7. प्रोटॉन 1, न्यूट्रॉन 2 एवं इलेक्ट्रॉन 1 है।
8. ट्राइटियम
9. गेल्ड हेबर विधि
10. ट्राइटियम
11. यूरे, ब्रिकवेड एवं मर्फी
12. लोजियर ब्लीकने एवं स्मिथ
13. $^{6}_{3}Li + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{3}_{1}H + ^{4}_{2}He$

9.3 डाइहाइड्रोजन बनाने की विधियाँ (Method of Preparation of Dihydrosis)

प्रयोगशाला में हाइड्रोजन बनाने की विधि

- प्रयोगशाला में चित्र में दिखाये गये उपकरण की सहायता से दानेदार जिंक पर तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की क्रिया द्वारा हाइड्रोजन बनाई जाती है।

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$



चित्र: हाइड्रोजन बनाने की प्रयोगशाला विधि

- इस उपकरण में दो मुँह वाली एक वुल्फ बोतल होती है।
- एक मुख में थिसेल कीप लगा दी जाती है, जिसकी नली बोतल के तल तक रखी जाती है। दूसरे मुख में निकास नली लगी होती है जो द्रोणिका में सछिद्र आसन पर रखे जल से भरे जार के अन्दर तक जाती है।
- थिसेल कीप द्वारा तनु सल्फ्यूरिक अम्ल, दानेदार जिंक के टुकड़ों पर धीरे-धीरे डालने पर हाइड्रोजन गैस उत्पन्न होती है और जल के अधोमुखी विस्थापन से जार में एकत्रित की जाती है।
- इस विधि द्वारा हाइड्रोजन बनाने के लिए *शुद्ध जिंक का प्रयोग नहीं करना चाहिए* क्योंकि शुद्ध जिंक और सल्फ्यूरिक अम्ल में बहुत धीरे अभिक्रिया होती है। सामान्य दानेदार जिंक में कुछ अशुद्धियाँ मिली रहती है, जिनके कारण तीव्र क्रिया होती है और हाइड्रोजन वेग से निकलती है।

सावधानियाँ—

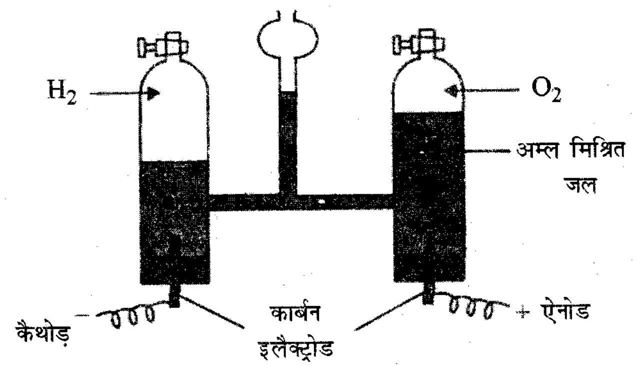
- वायु और हाइड्रोजन का मिश्रण जलने पर विस्फोट करता है, इसलिए यह आवश्यक है कि उपकरण वायुरोधी हो।
- निकास नली के मुंह पर हाइड्रोजन तब तक नहीं जलानी चाहिए जब तक परीक्षण द्वारा यह मालूम नहीं हो जाये कि शुद्ध हाइड्रोजन ही आ रही है।
- परीक्षण के लिए एक परखनली में जल भर कर जल के अधोमुखी विस्थापन से हाइड्रोजन गैस भर कर फिर गैस को दियासलाई द्वारा जलाना चाहिए। जब गैस बिना आवाज किये जलने लगे तब समझना चाहिए कि शुद्ध गैस आने लगी है। परखनली या जार में कोई बुलबुला नहीं रहना चाहिए।
- उपकरण के समीप किसी प्रकार की लौ नहीं लानी चाहिए वर्ना विस्फोट होने का भय रहता है।

अशुद्धियाँ दूर करना— इस प्रकार बनी गैस में आर्सीन (AsH_3), फॉस्फीन (PH_3) हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), नाइट्रोजन डाई ऑक्साइड (NO_2) तथा जल नमी की अशुद्धियाँ पाई जाती है। इन अशुद्धियाँ को दूर करने के लिए हाइड्रोजन गैस को नीचे दिये गये पदार्थों से भरी U नलियों में से क्रमश: गुजारते हैं—

- *सिल्वर नाइट्रेट ($AgNO_3$) विलयन से भरी नली में से गुजारने पर (AsH_3) और (PH_3) की अशुद्धियाँ दूर हो जाती है।*
- *लैड नाइट्रेट ($Pb(NO_3)_2$) विलयन से भरी नली में से प्रवाहित करने पर H_2S की अशुद्धि दूर हो जाती है।*
- *पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) विलयन से भरी नली में से प्रवाहित करने पर SO_2, CO_2, NO_2 की अशुद्धियाँ दूर हो जाती है।*
- *निर्जल कैल्शियम क्लोराइड ($CaCl_2$) अथवा फॉस्फोरस पेण्टाआक्साइड (P_2O_5) से भरी नली में से गुजारने पर जल की नमी दूर हो जाती है।*

हाइड्रोजन का औद्योगिक निर्माण

(1) जल के विद्युत अपघटन द्वारा— आसुत जल विद्युत का कुचालक है। इसमें कुछ मात्रा में अम्ल मिलाकर विद्युत अपघटन करने पर कैथोड़ पर दो आयतन हाइड्रोजन तथा एनोड पर एक आयतन ऑक्सीजन मुक्त होती है।



चित्र: जल के विद्युत अपघटन द्वारा हाइड्रोजन बनाना

$$4H_2O \rightarrow 4H^+ + 4OH^-$$

(अम्लीय माध्यम में)

9.3.1 हाइड्रोजन के विभिन्न रूप

1. अधिशोषित हाइड्रोजन (Adsorbed Hydrogen)

- कुछ धातुएँ जैसे Ni, Pd, Pt, Au आदि की सतह पर हाइड्रोजन की पर्याप्त मात्रा अधिशोषित हो जाती हैं, इसे अधिशोषित या **अधिधारण** हाइड्रोजन कहते हैं।

2. परमाण्विक हाइड्रोजन (Atomic Hydrogen)

आण्विक हाइड्रोजन के उच्च ताप तथा निम्न दाब पर तापीय विघटन से परमाण्विक हाइड्रोजन बनती है।

परमाण्विक हाइड्रोजन, डाइहाइड्रोजन को विद्युत आर्क में प्रवाहित करने से उत्पन्न होती है।

$$H_2 \xrightarrow[\text{विद्युत आर्क}]{\text{उच्च ताप}} 2H \qquad \Delta H = +4.36\ KJ/mol$$

(नोट: यह अभिक्रिया ऊष्माशोषी है तथा ऊष्मा परमाणुओं में संचित होती है।)

3. नवजात हाइड्रोजन (Narcent Hydrogen)

अभिकर्मकों के संयोग के क्षण पर उत्पन्न हाइड्रोजन को नवजात हाइड्रोजन कहते हैं।

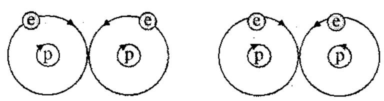
नवजात हाइड्रोजन सामान्य हाइड्रोजन की तुलना में अधिक अभिक्रियाशील व प्रबल अपचायक है।

9.3.2 आर्थो एवं पैरा हाइड्रोजन (Ortho & Para Hydrogen)

हाइड्रोजन के एक अणु में दो हाइड्रोजन परमाणु होते हैं। प्रत्येक परमाणु में एक प्रोटॉन व एक इलेक्ट्रॉन होता है। इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन दोनों ही अपने अक्ष के सापेक्ष चक्रण का गुण रखते हैं। जब दो हाइड्रोजन परमाणु आपस में संयोग कर एक अणु बनाते हैं, तो इनका चक्रण या तो समान दिशा में या विपरीत दिशा में हो सकता है। प्रोटॉन के चक्रण के आधार पर हाइड्रोजन दो प्रकार के होते हैं।

ऑर्थो हाइड्रोजन (Ortho Hydrogen)

जब प्रोटॉन या नाभिक का चक्रण एक ही दिशा में हो तो इस प्रकार के हाइड्रोजन को आर्थोहाइड्रोजन कहते है।



पैरा हाइड्रोजन (Para Hydrogen)

जब प्रोटॉन या नाभिक का चक्रण विपरीत दिशा में हो तो इस प्रकार की हाइड्रोजन को पैरा हाइड्रोजन कहते हैं।

- कमरे के ताप पर हाइड्रोजन में 75 प्रतिशत ऑर्थो व 25 प्रतिशत पैरा रूप होता है।
- लेकिन ताप कम करने पर आर्थो रूप कम होता जाता है, जबकि पैरा रूप बढ़ता हैं। प्रायोगिक रूप से –253°C पर शुद्ध पैरा रूप प्राप्त होता है।

ऑर्थो व पैरा रूप में अन्तर

1. ऑर्थो रूप पैरा रूप की तुलना में अधिक स्थायी होता है।
2. ऑर्थो रूप की चालकता पैरा रूप से कम होती है।
3. ऑर्थो रूप का चुम्बकीय आघूर्ण प्रोटॉन की तुलना में दुगुना होता है, जबकि पैरा रूप शून्य होता है।

कैथोड पर $4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2$

एनोड़ पर . $4OH^- \longrightarrow 4OH + 4e^-$

$4OH \longrightarrow 2H_2O + O_2$

औद्योगिक स्तर पर हाइड्रोजन प्राप्त करने की यह एक प्रमुख विधि है।

(2) **रक्त-तप्त लोहे पर से**— भाप अंगार गैस प्रवाहित करने से, हाइड्रोजन गैस प्राप्त होती है और लोहे का *मैग्नेटिक ऑक्साइड* बनता है (ऑक्सीकरण प्रावस्था)।

$$3Fe + 4H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$$

अब भाप-अंगार गैस प्रवाहित करने पर आयरन ऑक्साइड अपचयित होकर पुनः लोहा प्राप्त हो जाता है (अपचयन प्रावस्था)।

$$Fe_3O_4 + 4CO \longrightarrow 3Fe + 4CO_2$$

$$Fe_3O_4 + 4H_2 \longrightarrow 3Fe + 4H_2O$$

(3) **भाप-अंगार गैस से**— उच्च ताप पर लाल दहकते कोयलों पर से जल की भाप को प्रवाहित करने से भाप-अंगार गैस प्राप्त होती है।

$$C + H_2O \xrightarrow{900°C} CO + H_2$$

भाप अंगार गैस में से कार्बन मोनोऑक्साइड को पृथक् कर दिया जाता है।

(4) **हाइड्रोकार्बन से**— उच्च ताप और Ni उत्प्रेरक के प्रयोग से हाइड्रोजन प्राप्त होती है।

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow[900°C]{Ni} CO + 3H_2$$

$$C_6H_{12} \xrightarrow[500°C, 10-50]{Pt/Al_2O_3} C_6H_6 + 3H_2$$

साइक्लोहैक्सेन बेंजीन

- धातुओं पर अम्लों की अभिक्रिया द्वारा वे धातुएँ (जैसे- Li. Na. Ca. Mg, Al, Zn, Fe, Sn आदि) जो विद्युत रासायनिक श्रेणी में हाइड्रोजन से ऊपर होती है अम्लों के साथ अभिक्रिया कर डाइहाइड्रोजन गैस मुक्त करती है।

$$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$$

$$Mg + 2HNO_3 \longrightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2$$

धातुओं पर क्षार की अभिक्रिया उभयधर्मी प्रकृति की धातुएँ (जैसे (Zn, Al, Pb, Sn As, Sb आदि) क्षारक से अभिक्रिया कर डाइहाइड्रोजन गैस मुक्त करती है।

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

सक्रिय धातुओं पर जल की अभिक्रिया ठण्डे जल से

(अ) सक्रिय धातुएँ जैसे Na व K कमरे के ताप पर ही जल से अभिक्रिया कर डाइहाइड्रोजन गैस उत्पन्न करती है।

(ब) गर्म जल से-Mg, Zn, Al आदि धातुएँ गर्म जल से अभिक्रिया कर डाइहाइड्रोजन गैस उत्पन्न करती हैं।

$$Mg + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2$$

9.3.3 डाइहाइड्रोजन के भौतिक गुण (Pysical Properties of Dihydrogen)

(i) यह रंगहीन, गंधहीन तथा स्वादहीन गैस तथा जल में अल्प विलेय है।

(ii) यह ज्वलनशील और कम क्रियाशील गैस है, परन्तु जलने में सहायक नहीं है।

(iii) डाइहाइड्रोजन ज्ञात तत्त्वों में सबसे हल्की गैस है तथा यह वायु से हल्की होती है। इसका घनत्व वायु की अपेक्षा 0.0695 होता है।

(iv) इसका घनत्व 0.08987 ग्राम प्रति मिलीलीटर है। यह कुछ धातुओं जैसे Fe, Au, Pt तथा Pd द्वारा अधिशोषित होती है।

(v) इसका क्रान्तिक ताप बहुत कम (–236.9°C) है।

(vi) इसका गलनांक (13.96K) व क्वथनांक (20.4K) बहुत कम होता है। जो दुर्बल अन्तराण्विक आकर्षण को दर्शाता है। द्रवीय हाइड्रोजन का उपयोग क्रायोजेनिक द्रव के रूप में किया जाता है।

9.4.2 रासायनिक गुण

हाइड्रोजन की प्रमुख रासायनिक अभिक्रियाएँ निम्नानुसार हैं—

(i) **धातुओं के साथ अभिक्रियाएँ**— सक्रिय धातुएं जैसे लीथियम, सोडियम, कैल्शियम आदि हाइड्रोजन से संयोग कर उनके हाइड्राइड बनाते हैं।

$$2Li + H_2 \longrightarrow 2LiH$$
$$Ca + H_2 \longrightarrow CaH_2$$
$$Mg + H_2 \longrightarrow MgH_2$$
$$2Na + H_2 \longrightarrow 2NaH$$

ये हाइड्राइड जल से अभिक्रिया कर पुनः हाइड्रोजन देते हैं।

$$LiH + H_2O \longrightarrow LiOH + H_2$$
$$CaH_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2$$

(ii) **अधातुओं के साथ अभिक्रियाएँ**—

(अ) ऑक्सीजन के साथ— हाइड्रोजन, ऑक्सीजन के साथ संयोग कर जल बनाती है। 673K से कम ताप पर हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन का संयोग बहुत मन्द गति से होता है, किन्तु 873K से ऊपर यह क्रिया बहुत तीव्र गति से होती है। हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन का मिश्रण, अत्यन्त तीव्र विस्फोट के साथ जलता है।

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O + \text{ऊष्मा}$$

(ब) हैलोजन तत्त्वों से अभिक्रिया— हाइड्रोजन फ्लुओरीन के साथ अंधेरे में ही कमरे के ताप पर अभिक्रिया कर हाइड्रोजन फ्लुओराइड बनाती है।

$$H_2 + F_2 \longrightarrow 2HF$$

हाइड्रोजन, क्लोरीन के साथ कमरे के ताप पर सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में अभिक्रिया कराने पर HCl बनती है।

$$H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$$

- हाइड्रोजन ब्रोमीन के साथ गर्म करने पर HBr बनती है।

$$H_2 + Br_2 \longrightarrow 2HBr$$

- हाइड्रोजन, आयोडीन के साथ प्लेटिनम सर्पिल उत्प्रेरक की उपस्थिति में गर्म करने पर अभिक्रिया करके HI देती है। यह अभिक्रिया धीमी गति से होती है तथा उत्क्रमणीय भी है।

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

(स) नाइट्रोजन के साथ अभिक्रिया— उच्च ताप तथा उच्च दाब पर लोह चूर्ण तथा मॉलिब्डेनम की उपस्थिति में नाइट्रोजन तथा हाइड्रोजन की परस्पर क्रिया कराने पर अमोनिया गैस बनती है।

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{Fe/Mo}]{\text{200 वायुदाब / 723 K}} 2NH_3 + \text{ऊष्मा}$$

(द) सल्फर के साथ अभिक्रिया— हाइड्रोजन, सल्फर के साथ उच्च ताप पर अभिक्रिया करके हाइड्रोजन सल्फाइड बनाती है।

$$H_2 + S \longrightarrow H_2S$$

(iii) **हाइड्रोजनीकरण**—

(अ) निकल चूर्ण की उपस्थिति में तेल में हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करने पर वह वनस्पति घी में बदल जाता है। इसे **वनस्पति तेलों का हाइड्रोजनीकरण** कहते हैं। [असंतृप्त से संतृप्त]

(ब) Ni चूर्ण की उपस्थिति में असंतृप्त हाइड्रोकार्बन, हाइड्रोजन से संयोग करके संतृप्त हाइड्रोकार्बन में बदल जाता है।

[Ethene] $C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6$

[Ethyne] $C_2H_2 + 2H_2 \longrightarrow C_2H_6$

[Propene] $CH_3-CH=CH_2 + H_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_3$

(iv) **लिटमस पर क्रिया**— हाइड्रोजन से भरी परखनली में गीले लाल या नीले लिटमस पत्र डालने पर कोई प्रभाव नहीं होता, अतः यह गैस लिटमस के प्रति उदासीन है।

(v) **अपचायक गुण**— हाइड्रोजन बहुत से धात्विक ऑक्साइडों का अपचयन कर देती है। गर्म ताँबे के ऑक्साइड पर H_2 प्रवाहित करने से ऑक्साइड का अपचयन हो जाता है एवं Cu प्राप्त होता है।

$$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$$
$$CaO + H_2 \longrightarrow Ca + H_2O$$

(vi) हाइड्रोजन वायु या ऑक्सीजन से मिलकर एक मिश्रण बनाती है जो जलने पर विस्फोट करता है।

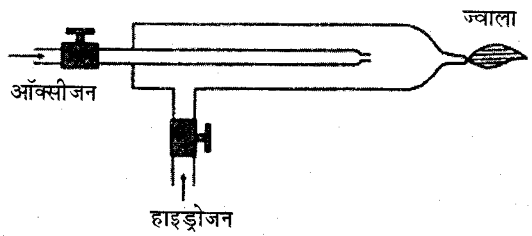
(vii) यदि जेट द्वारा लगातार निकलती हाइड्रोजन को जलाया जाये और उसके ठीक ऊपर एक लम्बी नली को धीरे-धीरे नीचे की ओर लाया जाये तो नली में से एक मधुर ध्वनि आने लगती है। इसे **रासायनिक हारमोनियम या गायक ज्वाला** कहा जाता है। इसका कारण यह है कि हाइड्रोजन के वायु में जलने से जो जल वाष्प बनती है, उसके नली के अन्दर संघनित होने पर थोड़ी-थोड़ी दूर पर निर्वात हो जाता है, जिसके कारण नली की वायु में कम्पन पैदा हो जाता है इसी कम्पन्न के फलस्वरूप ध्वनि उत्पन्न होती है।

(viii) कार्बन मोनो ऑक्साइड और हाइड्रोजन गैस जिंक ऑक्साइड और ताँबे के कणों की उपस्थिति में संयुक्त होकर मैथिल ऐल्कोहॉल बनाते हैं—

$$CO + 2H_2 \rightarrow \underset{\text{मेथिल ऐल्कोहॉल}}{CH_3OH}$$

9.3.4 हाइड्रोजन के उपयोग

- वनस्पति घी बनाने में हाइड्रोजन का प्रयोग किया जाता है। उबलते हुए तिल या मूंगफली के तेल में निकल धातु की उपस्थिति में हाइड्रोजन प्रवाहित करने पर तेल, घी के रूप में प्राप्त होता है। इस अभिक्रिया को **हाइड्रोजनीकरण** कहते हैं।
- बहुत हल्की होने के कारण वायुमण्डल में परीक्षण के लिए छोड़े जाने वाले गुब्बारों में हाइड्रोजन भरी जाती है। परन्तु आजकल हाइड्रोजन के स्थान पर ऐसे गुब्बारों में हाइड्रोजन और हीलियम गैसों का अज्वलनशील मिश्रण प्रयुक्त होने लगा है।
- हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के मिश्रण के जलने पर बहुत ऊष्मा उत्पन्न होती है और ताप 2800°C तक हो जाता है। यह गुण उद्योगों में काम आता है। उदाहरणार्थ, इसका उपयोग **ऑक्सी-हाइड्रोजन टॉर्च** में होता है जिसके द्वारा वेल्डिंग किया जाता है।



ऑक्सी-हाइड्रोजन टॉर्च

- अमोनिया, मेथिल ऐल्कोहॉल आदि को बनाने के लिए हाइड्रोजन का उपयोग किया जाता है।
- हाइड्रोजन द्वारा भट्टियों में अपचायक वातावरण पैदा किया जाता है।
- यह गैस, पत्थर के कोयले से पैट्रोल बनाने के काम आती है।
- यह काँच को धीरे-धीरे ठण्डा करने के काम आती है।
- NH_3 के संश्लेषण में।
- वनस्पति तेलों से वनस्पति वसा के उत्पादन में, CH_3OH के उत्पादन में

$$CO + 2H_2(g) \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{CO} CH_3OH$$

- धात्विक हाइड्राइड के निर्माण में।
- HCl के निर्माण में।
- परमाण्विक हाइड्रोजन तथा ऑक्सी हाइड्रोजन टार्च में।
- अन्तरिक्ष अनुसन्धान में रॉकेट ईंधन के रूप में।

हाइड्रोजन की पहचान—

हाइड्रोजन, ऑक्सीजन या वायु में कठिनाई से देखने वाली हल्के नीले रंग की लौ से जलती है। इसके जलाने से केवल जल बनता है। यही हाइड्रोजन का परीक्षण हैं।

प्र.9.1. द्रव डाइहाइड्रोजन को ईंधन के रूप में प्रयुक्त करने के क्या लाभ है? पाठ्यपुस्तक उदाहरण

उत्तर-डाइहाइड्रोजन गैस को द्रव रूप में परिवर्तित करना कठिन हैं तथापि डाइहाइड्रोजन गैस को संपीडित करके अधिक ठण्डा करने पर यह 20.38K पर द्रवित हो जाती है।

द्रव डाइहाइड्रोजन के ईंधन के रूप में निम्नलिखित लाभ हैं-

इसका दहन हमेशा पूर्ण होता है तथा कोई अज्वलित कण नहीं बचते हैं। अत: प्रदूषण समस्याओं का हल हो सकता है।

डाइहाइड्रोजन का कैलोरी मान पेट्रोल तथा अन्य ईंधनों की अपेक्षा अधिक होता है।

अन्तरिक्ष रॉकेटों में द्रव डाइहाइड्रोजन अन्य ईंधनों की अपेक्षा ऊपर की ओर अधिक धक्का देता है।

अभ्यास 9.3

प्र.1. हाइड्रोजन को सर्वप्रथम किस वैज्ञानिक ने तैयार किया?

प्र.2. हाइड्रोजन का नाम ज्वलनशील वायु किस वैज्ञानिक ने रखा।

प्र.3. H_2 का नाम हाइड्रोजन किस वैज्ञानिक ने रखा।

प्र.4. Na की जल के साथ अभिक्रिया की रासायनिक समीकरण दीजिए।

प्र.5. लाल दहकते हुए लोहे पर भाप प्रवाहित की जाती है, तो कौनसा पदार्थ बनता है?

प्र.6. CaH_2 की जल के साथ अभिक्रिया का समीकरण दीजिये।

प्र.7. Al धातु की NaOH के साथ अभिक्रिया समीकरण दीजिए।

प्र.8. Zn धातु की NaOH के साथ अभिक्रिया समीकरण दीजिए।

प्र.9. प्रयोगशाला में शुद्ध जिंक का प्रयोग नहीं करते। क्यों?

प्र.10. H_2 गैस में अशुद्धियां कौन-कौन सी हैं?

प्र.11. AsH_3 व PH_3 अशुद्धियों को दूर करने के लिये H_2 को किस विलयन में से गुजारना होगा?

प्र.12. H_2S की अशुद्धि को दूर करने के लिये H_2 को किस विलयन में से गुजारना होगा?

प्र.13. SO_2, NO_2 व CO_2 अशुद्धियों को दूर करने के लिये H_2 गैस को किस विलयन में से गुजारना होगा?

प्र.14. हाइड्रोजन का अधिधारण किसे कहते हैं?

प्र.15. वनस्पति तेलों का हाइड्रोजनीकरण किसे कहते हैं?

प्र.16. गायक ज्वाला किसे कहते हैं? समझाइये।

उत्तर की स्वयं जांच करें

1. राबर्ट बॉयल ने
2. हैनरी कैवेन्डिश ने
3. वैज्ञानिक लाब्वाज्ये ने
4. $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$
5. $3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$ (लोहे का चुम्बकीय ऑक्साइड)
   फेरसो-फेरिक ऑक्साइड
6. $CaH_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + H_2$
7. $2Al + 2NaOH + 2H_2O \longrightarrow 2NaAlO_2 + 3H_2$
   (सोडियम मेटाऐल्युमिनेट)
8. $Zn + 2NaOH \longrightarrow Na_2ZnO_2 + H_2$
   (सोडियम जिंकेट)
9. शुद्ध जिंक और H_2SO_4 में अभिक्रिया बहुत ही धीरे होती है।
10. AsH_3, PH_3, H_2S, SO_2, CO_2, NO_2 जल की नमी की अशुद्धियाँ होती है।
11. $AgNO_3$ विलयन में से गुजारते हैं।
12. $Pb(NO_3)_2$ विलयन में से गुजारते हैं।
13. KOH विलयन में से गुजारते हैं।
14. प्लेटिनम ब्लैक या Pd धातु द्वारा H_2 गैस का अधिशोषण होता है, तो इसे हाइड्रोजन का अधिधारण कहते हैं।
15. Ni चूर्ण की उपस्थिति में तेल में H_2 गैस प्रवाहित करने पर वनस्पति घी बनता है इसे वनस्पति तेलों का **हाइड्रोजनीकरण** कहते हैं।
16. यदि जेट द्वारा लगातार निकलती हाइड्रोजन को जलाया जाये और उसके ठीक ऊपर एक लम्बी नली को धीरे-धीरे नीचे की ओर लाया

जाये तो नली में से एक मधुर ध्वनि आने लगती है। इसे गायक ज्वाला या **रासायनिक हारमोनियम** कहते हैं।

9.4 हाइड्राइड (Hydrides)

- तत्त्वों के हाइड्रोजन के संयोग से बने द्विअंगी यौगिकों को, **हाइड्राइड** कहते हैं। हाइड्राइडों को तीन पर्याप्त स्पष्ट वर्गों में विभक्त किया जा सकता है, इन्हें EH_x व E_mH_n से प्रदर्शित करते हैं।

1. आयनिक अथवा लवण-समान हाइड्राइड।
2. सहसंयोजक अथवा आण्विक हाइड्राइड।
3. धात्विक अथवा अन्तराकाशी हाइड्राइड।

9.4.1 आयनिक या लवण-समान हाइड्राइड

- इन हाइड्राइडों को लवणीय हाइड्राइड भी कहते हैं।
- क्षार धातुएँ, Ca, Sr तथा Ba ही (संभवतया अधिक विद्युत-धनीय लैन्थेनाइड और ऐक्टिनाइड तत्व) लवण-समान हाइड्राइड बनाते हैं।
- साधारणतया शुद्ध धातु और हाइड्रोजन में, 150–700°C तापक्रम के मध्य सीधी अभिक्रिया द्वारा लवण-समान हाइड्राइड बनते हैं। कैल्शियम 150°C पर ही हाइड्रोजन से अभिक्रिया कर लेता है लेकिन लीथियम को 700°C तक गर्म करना पड़ता है।

$$Ca + H_2 \xrightarrow{150°C} CaH_2$$

$$2Li + H_2 \xrightarrow{700°C} 2LiH$$

- पिघली अवस्था में हाइड्राइड विद्युत का चालन करते हैं और ऐनोड पर हाइड्रोजन मुक्त होती है। इससे यह सिद्ध होता है कि इनमें ऋणीय हाइड्राइड आयन (H^-) होता है जो धातु द्वारा इलेक्ट्रॉन, हाइड्रोजन परमाणु को स्थानान्तरण कर देने से बनता है।
- जल की उपस्थिति में लवण-समान हाइड्राइड तेजी से अभिक्रिया करते हैं और निम्न समीकरण के अनुसार हाइड्रोजन मुक्त होती है—

$$LiH + H_2O \longrightarrow H_2 + LiOH$$

- इस प्रकार मुक्त हाइड्रोजन का आयतन तदनुरूप धातु की जल से सीधी अभिक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त हाइड्रोजन से दुगुना होता है। अत: लवण समान हाइड्राइड (विशेषत: लीथियम और कैल्शियम के हाइड्राइड) हाइड्रोजन गैस के लिए हल्के भार के और अच्छे स्त्रोत है। लीथियम, सोडियम और कैल्शियम के हाइड्राइडों का साधारणतया सबसे अधिक उपयोग किया जाता है। मुक्त धातुओं की प्राप्ति, हाइड्रोजन गैस के उत्पादन और कई प्रकार के कार्बनिक यौगिकों के बनाने में इन हाइड्राइडों को प्रयुक्त किया जाता है।

9.4.2 सहसंयोजक या आण्विक हाइड्राइड

- p- ब्लॉक के तत्व इस प्रकार के हाइड्राइड बनाते हैं, इनमें तत्त्व, हाइड्रोजन से इलेक्ट्रॉन्स का साझा करके **सहसंयोजक बंध** बनाते हैं।
- कुछ हाइड्राइड असाधारण है। इनमें इलेक्ट्रॉनों की संख्या भी अपूर्ण होती है अर्थात् इनमें सहसंयोजक बन्धों की संख्या के अनुसार पर्याप्त संयोजक इलेक्ट्रॉन नहीं होते। इस प्रकार डाइबोरेन B_2H_6 में बारह संयोजक इलेक्ट्रॉन है, तीन प्रत्येक बोरॉन परमाणु के और छ: हाइड्रोजन परमाणुओं के होते हैं। चित्र में डाइबोरेन का अणु प्रदर्शित किया गया है।
- किनारे के B–H बंध साधारण सहसंयोजक प्रारूपी बंध है जिनमें दो इलेक्ट्रॉन का समावेश रहता है। लेकिन हाइड्रोजन सेतु के बंध की प्रकृति भिन्न है क्योंकि इसमें प्रत्येक सेतु बनाने वाले बोरॉन से प्राप्त केवल एक इलेक्ट्रॉन का ही समावेश है। इन विशिष्ट बन्धों को चित्र में ठोस वृत्तों से दर्शाया गया है।

```
H.  H  .H
  B::B
H   H   H
```

- सहसंयोजक हाइड्राइड, मुक्त तत्व के हाइड्रोजन से सीधे संयोग द्वारा, कुछ यौगिकों के हाइड्रोजन द्वारा अपचयन से या किसी धातु के बोराइड, सिलिसाइड, कार्बाइड आदि का जल या जल और अम्ल से अभिक्रिया द्वारा बनाए जाते हैं।
- ठोस सहसंयोजक हाइड्राइड बहुधा नर्म होते हैं और उनका गलनांक भी अपेक्षाकृत कम होता है। द्रव सहसंयोजक हाइड्राइड का क्वथनांक कम होता है।
- साधारणतया सब सहसंयोजक हाइड्राइड वाष्पशील होते हैं।
- द्रव अवस्था में सहसंयोजक हाइड्राइड कुचालक होते हैं। आवर्तीय परिवार में हल्के तत्त्वों के हाइड्राइडों की अपेक्षा भारी तत्त्वों के हाइड्राइड कम स्थायी होते हैं।
- आण्विक हाइड्राइड का पुन: वर्गीकरण उनके लुईस संरचना में आपेक्षिक इलेक्ट्रॉन की संख्या व आबन्धों की संख्या पर किया गया।
  (i) इलेक्ट्रॉन न्यून [Electron defecient]
  (ii) इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध [Electron precise]
  (iii) इलेक्ट्रॉन समृद्ध [Electron rich]

(i) इलेक्ट्रॉन न्यून हाइड्राइड्स

- इन हाइड्राइडस के केन्द्रीय तत्व पर इलेक्ट्रॉन की संख्या अपर्याप्त [अर्थात् 8 e^- से कम] होती है।
- जैसे–डाइबोरेन [B_2H_6]
- आवर्त सारणी के 13वें वर्ग के सभी तत्व **इलेक्ट्रॉन न्यून हाइड्राइड्स** बनाते हैं जो त्रिकोणीय समतलीय ज्यामिति के होते हैं।
- ये सभी हाइड्राइड लूईस अम्ल की भाँति व्यवहार प्रदर्शित करते हैं।

(ii) इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध हाइड्राइड्स

- इन हाइड्राइडस के केन्द्रीय तत्व पर इलेक्ट्रॉन की संख्या पर्याप्त [अर्थात् $8e^-$] होती है, **इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध हाइड्राइडस** कहते हैं।
- CH_4, SiH_4 आदि इसके उदाहरण हैं।
- 14वें वर्ग के सभी तत्व इस प्रकार के हाइड्राइडस बनाते हैं जो चतुष्फलकीय ज्यामिति के होते हैं।

(iii) इलेक्ट्रॉन समृद्ध हाइड्राइड्स

- इन हाइड्राइडस के केन्द्रीय तत्व पर इलेक्ट्रॉन की आधिक्य संख्या एकांकी इलेक्ट्रॉनों के युग्म के रूप में उपस्थित होती है।
- NH_3, H_2O, H-F आदि इलेक्ट्रॉन समृद्ध हाइड्राइड है।
- आवर्त सारणी के 15वें, 16वें व 17वें वर्ग के तत्व इलेक्ट्रॉन समृद्ध हाइड्राइडस का निर्माण करते हैं।
- ये लुईस क्षार की भाँति व्यवहार करते हैं।
- ये जल के साथ H-बन्धक बनाकर, विलेय हो जाते हैं।

9.4.3 धात्विक या अन्तराकाशी हाइड्राइड

- धातुओं द्वारा हाइड्रोजन का अवशोषण या अभिधारण भली प्रकार ज्ञात है। इनमें H परमाणु, धातु क्रिस्टल के अन्तराकोश में स्थान ग्रहण कर लेते हैं।
- पैलेडियम अपने आयतन से एक हजार गुना अधिक आयतन की हाइड्रोजन को अवशोषित कर लेता है।
- बहुत-सी धातुएं मामूली या उच्च ताप पर सीधे ही हाइड्रोजन का अवशोषण कर लेती है। निर्वात में गर्म करने पर इस प्रकार अवशोषित हाइड्रोजन पृथक की जा सकती है लेकिन हाइड्रोजन गैस की कुछ मात्रा का धातु मजबूती से अपने अन्दर जकड़े रहती है।
- धातु के हाइड्रोजन को इस प्रकार अपने अन्दर ले लेने से जो उत्पाद प्राप्त होता है उसे **धात्विक या अन्तरकाशी हाइड्राइड** कहते हैं।
- संक्रमण तत्त्व (d- ब्लॉक) यदि हाइड्रोजन से अभिक्रिया करते हैं तो धात्विक हाइड्राइड बनाते हैं।
- धात्विक हाइड्राइड नॉन-स्टाइकियोमीट्री होते हैं और उनका रासायनिक संगठन परिवर्तनशील होता है। $ZrH_{1.92}$ और $NbH_{0.72}$ इस प्रकार के उदाहरण है।
  इन हाइड्राइडों में प्रबल अपचायक के गुण होते हैं। क्योंकि इनमें हाइड्रोजन परमाण्वीय अवस्था में होती है।

प्रश्न-9.2 धात्विक हाइड्राइड किस प्रकार हाइड्रोजन भण्डारण के लिए उपयोगी है? समझाइये। **Text Book**

उत्तर-कुछ संक्रमण धातुएँ जैसे पैलेडियम (Pd), प्लैटिनम (Pt) आदि अपनी सतह पर हाइड्राइड बनाती हैं। वास्तव में हाइड्रोजन परमाणुओं के रूप में धातु के पृष्ठ पर वियोजित हो जाती है इन परमाणुओं के समायोजन के कारण धातु जालक फैलकर अधिक अस्थायी हो जाता है। धात्विक हाइड्राइड हाइड्रोजन मुक्त करके पुन: धात्विक अवस्था में परिवर्तित हो जाता है। इस गुण के कारण हाइड्रोजन ईंधन की तरह उपयोगी हो सकता है। धात्विक हाइड्राइड हाइड्रोजन अर्थ व्यवस्था के लिए बहुत महत्त्वपूर्ण है।

9.5 जल (Water)

- विश्व में उपस्थित सभी जीवों का एक वृहद् भाग जल द्वारा निर्मित होता है।
- मानव शरीर में लगभग 65% जल होता है।
- पौधों में लगभग 95% भाग जल होता है।
- सजीवों को जीवित रखने के लिये जल एक महत्वपूर्ण यौगिक है।
- जल एक महत्वपूर्ण विलायक भी है।
- पृथ्वी की सतह पर जल का वितरण एकसमान नहीं है।

स्त्रोत	संपूर्ण % मात्रा
महासागर (Oceans)	97.33
खारी झील (Saline Lakes)	0.008
ध्रुवीय बर्फ (Polarice)	2.04
हिमानी (Glaciers)	
भौम जल (Ground water)	0.61
झील (Lakes)	0.009
मृदा आर्द्रता (Soil Moisture)	0.005
वायुमण्डल जल वाष्प	0.001
नदियाँ (Rivers)	0.0001

9.5.1 भौतिक गुण

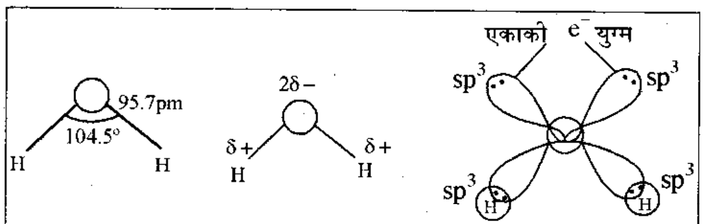
- कमरे के ताप पर जल रंगहीन, गंधहीन, स्वादहीन द्रव है। तनु परतों में यह रंगहीन दिखाई देता है लेकिन मोटी परतों (जैसे— समुद्र, गहरी झल आदि) में हरा नीला दिखता है।
- जल उदासीन होता है। यह एक अच्छा विलायक है।
- हाइड्रोजन बंध के कारण, जल का क्वथनांक उच्च होता है। जल का क्वथनांक 373 K तथा गलनांक 273 K होता है।
- जल के अणु ध्रुवीय और संगुणित होते हैं। जिससे इसका परावैद्युतांक (dielectric constant) उच्च होता है। जल का परावैद्युतांक 80 होता है अत: यह एक अच्छा विलायक है।
- सामान्यतया जल विद्युत तथा ऊष्मा का अचालक है।
- जल का घनत्व 277K ताप पर अधिकतम 1.00 होता है।

H_2O व D_2O के भौतिक गुण

गुण	H_2O	D_2O
1. आण्विक द्रव्यमान - ग्राम/मोल	18.0151	20.0276
2. गलनांक – Kelvin में	273.0	276.8
3. क्वथनांक Kelvin में	373.0	374.4
4. विरचन एन्थैल्पी- K.J. मोल	–285.9	–297.6
5. वाष्पन एन्थैल्पी –KJ मोल	40.66	41.61
6. संलयन एन्थैल्पी – KJ मोल	6.01	–
7. घनत्व – g/cm^3	1.0000	1.1059
8.श्यानता	0.8903	1.107
9. पैरावैद्युतांक	78.39	78.06
10. विद्युत चालकता	5.7×10^{-8}	

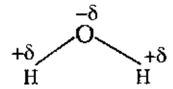
9.5.2 जल की संरचना

- जल के केन्द्रीय परमाणु ऑक्सीजन की संकरण अवस्था sp^3 होती है। इसका अर्थ ऑक्सीजन का एक s- कक्षक व तीन p- कक्षक आपस में मिश्रित होकर चार नये sp^3 संकरित कक्षक बनाते हैं।
- चार sp^3 संकरित कक्षकों में से दो sp^3 संकरित कक्षकों में प्रत्येक में एकएक एकांकी इलेक्ट्रॉन युग्म (Lone pair of e^-) रहते हैं। जबकि दो sp^3 संकरित कक्षक H परमाणुओं के s- कक्षकों के साथ अतिव्यापन कर दो सिग्मा बंध बनाते हैं।

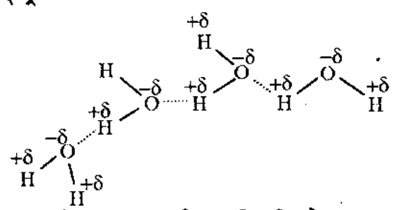


जल में sp^3 संकरण

- H_2O के अणु की आकृति 'V' के समान या कोणीय होती है।
- HOH में बंध कोण 104.5° होता है।
- HOH में O–H बंध लम्बाई 95.7 pm होती है।
- हाइड्रोजन की विद्युतऋणता [2.1] ऑक्सीजन की विद्युत ऋणता [3.5] से काफी कम है। अत: O – H के बन्धित इलेक्ट्रॉन ऑक्सीजन की ओर अधिक विस्थापित हो जाते हैं इसके फलस्वरूप ऑक्सीजन पर आंशिक ऋण आवेश व H पर आंशिक धन आवेश आ जाता है और इस प्रकार जल का अणु आंशिक ध्रुवीय हो जाता है।



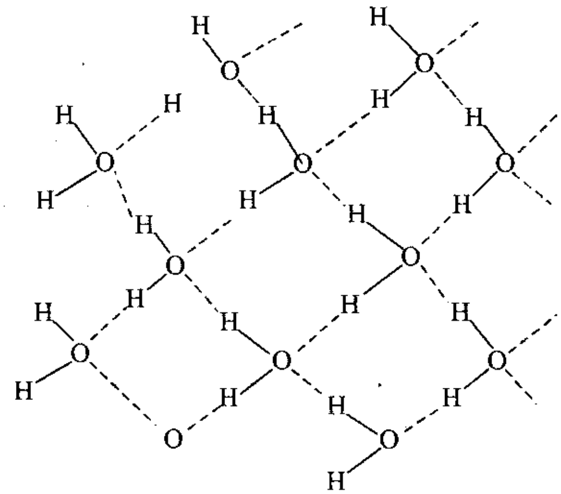
- जल में से अनेक अणु पास-पास रहते हैं, तो जल के एक अणु का धनावेशित हाइड्रोजन जल के दूसरे अणु के ऋण आवेशित ऑक्सीजन की ओर आकृषित होकर एक नये प्रकार का अति दुर्बल बंध बनाता है जिसे **हाइड्रोजन बंध** कहते हैं।



- H_2O में हाइड्रोजन बंध की उपस्थिति के कारण, जल में आण्विक संगुणन होता है।
- जल में H_2O - - - HOH प्रकार के अणु झुण्ड या गुच्छे उपस्थित होते हैं जो आपस में बनते व बिगड़ते रहते हैं। इन्हें **जल अणु पुंज** कहते हैं।

9.5.3 बर्फ की संरचना (Structure of Ice)

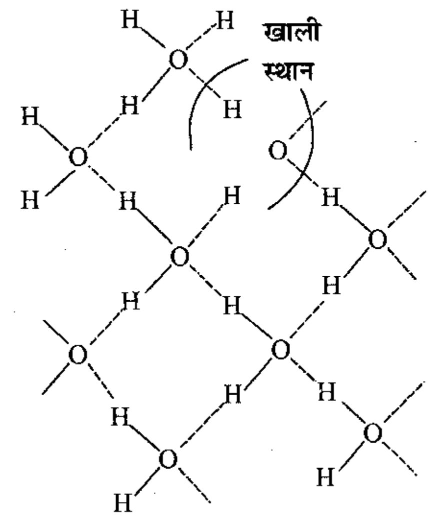
- बर्फ में जल के अणु अति व्यवस्थित त्रिविम हाइड्रोजन बन्धों द्वारा बन्धित है।



H_2O के अणुओं की चतुष्फलकीय संरचना

- X- किरणों द्वारा परिक्षण से मालूम हुआ कि बर्फ क्रिस्टल में ऑक्सीजन परमाणु चार अन्य हाइड्रोजन परमाणुओं से 276 pm दूरी पर चतुष्फलकीय रूप से घिरा होता है।
- जल का अणु द्रव जल तथा बर्फ दोनों में अन्तराण्विक हाइड्रोजन बन्ध दर्शाता है।

(a) बर्फ जल में तैरती है (Ice Floats over water)— बर्फ (ठोस अवस्था) में जल के अणु आकाश (Space) में चतुष्फलकीय रूप से व्यवस्थित रहते हैं। प्रत्येक जल के अणु में ऑक्सीजन दो हाइड्रोजन के साथ सहसंयोजक बंध द्वारा जुड़ा रहता है। ठीक इसी समय यह पड़ोसी जल अणु के हाइड्रोजन के साथ हाइड्रोजन बंध द्वारा जुड़ा रहता है। इससे एक पिंजरेनुमा (Cage like) संरचना बन जाती है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। यह संरचना खाली स्थानों (Voids or empty space) के छूट जाने के कारण संरन्ध्र भी होती है।



H_2O के अणुओं की चतुष्फलकीय संरचना

जैसे ही बर्फ द्रव जल में बदलती है, दी गई ऊष्मा ऊर्जा जल अणु में उपस्थित कुछ हाइड्रोजन बंधों को तोड़ती है। जिसके परिणामस्वरूप चतुष्फलकीय विन्यास समाप्त होने लगता है व द्रव जल में H_2O के अणु एक दूसरे के नजदीक आने लगते हैं। खाली छूटे स्थानों की संख्या भी कम होने लगती है। अत: जल का घनत्व बर्फ की तुलना में अधिक होता है अत: बर्फ हमेशा जल के ऊपर तैरती है।

(b) जल का अधिकतम घनत्व 4°C पर होता है (Water has maximum density at 4°C)— 273K (0°C) पर बर्फ तथा जल दोनों सह अस्तित्व में (coexist) होते हैं। जैसे-जैसे ताप बढ़ता है दी गई ऊष्मा ऊर्जा चतुष्फलकीय विन्यास को तोड़ती है, क्योंकि हाइड्रोजन बंधों की संख्या में कमी होती है। अत: जल का घनत्व बढ़ना चाहिए परन्तु तापक्रम में वृद्धि के कारण सम्भवतया प्रत्येक जल का अणु की औसत गतिज ऊर्जा में वृद्धि होती है। जिसके परिणामस्वरूप आयतन में वृद्धि (अथवा घनत्व में कमी) होती है। परन्तु यह प्रभाव 4°C तक नगण्य रहता है। अत: जल का घनत्व बढ़ता है। परन्तु यदि तापक्रम 4°C से ऊपर बढ़ाया जाये तो घनत्व में वृद्धि में प्रभाव की अपेक्षा गतिज ऊर्जा में वृद्धि का प्रभाव अधिक हो जाता है, जिससे जल के आयतन में वृद्धि तथा घनत्व में कमी होती है। अत: हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि 4°C तक जल का घनत्व बढ़ता है तथा इस तापक्रम से ऊपर घनत्व घटता है। दूसरे शब्दों में जल का अधिकतम घनत्व तथा निम्नतम आयतन 4°C पर होता है।

- जल का यह गुण उन जन्तुओं के लिये अत्यधिक उपयोगी है जो समुद्री जल में रहते हैं। अत्यधिक ठण्ड में जल की सतह लगभग जम जाती है परन्तु सतह से नीचे तापक्रम लगभग 4°C होता है तथा जलीय जन्तु

इस तापमान पर आसनी से जीवित रह सकते हैं।

प्रश्न-9.3 जल का गलनांक एवं क्वथनांक H_2S की अपेक्षा अधिक होता है। समझाइए। **Text Book**

उत्तर-जल में अन्तराणुक हाइड्रोजन बंध के कारण जल में आण्विक संगुणन होता है, इन्हें तोड़ने के लिए अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है जबकि H_2S में नगण्य अन्तराणुक हाइड्रोजन बंध होते हैं परिणामस्वरुप जल के गलनांक एवं क्वथनांक दोनों H_2S की तुलना में अधिक होते है।

9.5.4 रासायनिक गुण

(i) **ऑक्सीकरण अभिक्रियाएँ**— जल सक्रिय धातुएँ जैसे-लीथियम, सोडियम, पोटेशियम, कैल्शियम आदि को ऑक्सीकृत कर देता है तथा हाइड्रोजन गैस मुक्त होती है।

$$2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$$
$$Ca + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + H_2$$

(ii) **अपचयन अभिक्रियाएँ**— जल अधिक सक्रिय अधातुओं जैसे फ्लुओरीन, क्लोरीन आदि का अपचयन करता है और ऑक्सीजन मुक्त करता है।

$$2F_2 + 2H_2O \longrightarrow 2HF + O_2$$
$$2Cl_2 + 2H_2O \longrightarrow 4HCl + O_2$$

(iii) **जल द्वारा लवणों का विच्छेदन** (decomposition of salts by water)— जल, हैलाइड, हाइड्राइड, नाइट्राइड, फॉस्फाइड, कार्बाइड आदि यौगिकों को विच्छेदित कर देता है।

$$SiCl_4 + 2H_2O \longrightarrow SiO_2 + 4HCl$$
$$CaH_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2$$
$$Mg_3N_2 + 6H_2O \longrightarrow 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$
$$Ca_3P_2 + 6H_2O \longrightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$
$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$
$$Al_4C_3 + 12H_2O \longrightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4$$

(iv) **जल अपघटन (hydrolysis)**—

- यदि लवण को जल में घोलने पर जलीय विलयन अम्लीय अथवा क्षारीय प्रकृति का हो जाता है तो इस घटना को **जल अपघटन** कहते हैं।
- यदि लवण का धनायन प्रबल क्षार से आता है तो विलयन क्षारीय प्रकृति का होता है। जैसे— सोडियम कार्बोनेट (Na_2CO_3) का जलीय विलयन में OH^- आयन मुक्त अवस्था में रहते हैं, अत: विलयन क्षारीय प्रकृति का होता है।

$$Na_2CO_3 + 2H_2O \longrightarrow H_2CO_3 + 2Na^+ + 2OH^-$$

- $CuSO_4 + 2H_2O \longrightarrow Cu(OH)_2 + 2H^+ + SO_4^{2-}$

$CuSO_4$ के विलयन में H^+ आयन मुक्त अवस्था में रहते हैं, अत: विलयन अम्लीय प्रकृति का होता है।

(v) **अम्ल-क्षार अभिक्रिया**— जल स्थायी यौगिक है। यह बहुत अल्प मात्रा में लगभग 0.02 प्रतिशत ही आयनित होता है।

$$H_2O + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + OH^-$$

उपरोक्तानुसार यह अम्ल और क्षार दोनों प्रकार से कार्य कर सकता है। अत: यह **उभयप्रोटिक** है अर्थात् यह प्रोटोन (H^+) दे सकता है एवं ग्रहण भी कर सकता है। *तीव्र क्षार से क्रिया करते समय यह अम्ल जैसा व्यवहार करता है* जैसे—

$$H_2O + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

प्रबल अम्ल से क्रिया करते समय यह क्षार जैसा व्यवहार करता है। जैसे-

$$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

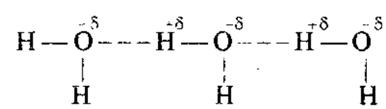
(vi) **क्रिस्टलीय जल**— यदि जल के अणु निश्चित अनुपात में किसी क्रिस्टलीय पदार्थ के साथ रासायनिक प्रक्रम द्वारा जुड़ते हैं तो जल का यह रूप क्रिस्टलीय जल कहलाता है। जैसे— $CuSO_4 . 5H_2O$, $FeSO_4 . 7H_2O$, $BaCl_2 . 2H_2O$ etc.

अभ्यास 9.4

प्र.1. जल में उपस्थित ऑक्सीजन तत्त्व पर संकरण अवस्था क्या है?
प्र.2. जल में बन्ध कोण कितना है?
प्र.3. जल में O–H की बन्ध लम्बाई क्या है?
प्र.4. हाइड्रोजन बन्ध किसे कहते हैं?
प्र.5. जल अणु पुंज किसे कहते हैं?
प्र.6. जल का घनत्व बर्फ की अपेक्षाकृत अधिक होता है। क्यों?
प्र.7. जल का क्वथनांक उच्च कौनसे कारण से होता है।
प्र.8. जल का पैरा विद्युतांक उच्च होने का कारण बताइये।
प्र.9. Na_2CO_3 जलीय विलयन कैसा है?
प्र.10. $CuSO_4$ का जलीय विलयन कैसा है?
प्र.11. क्रिस्टलीय जल किसे कहते हैं? समझाइये।

उत्तर की स्वयं जांच करें

1. sp^3 2. 104'5°
3. 95.7 pm.
4. जब H तत्त्व दो प्रबल विद्युतऋणीय तत्त्वों के मध्य स्थित होता है, तो वह एक अतिरिक्त बन्ध बनाता है जिसे H बन्ध कहते हैं।



5. जल में H_2O - - - HOH प्रकार के अणु झुण्ड या गुच्छे उपस्थित होते हैं, इन्हें **जल अणु पुंज** कहते हैं।
6. जल अणु पुंजों के कारण जल के हिमांक के निकट 277K पर जल का घनत्व बर्फ की अपेक्षा अधिक होता है।
7. H बन्ध के कारण
8. जल के अणु ध्रुवीय व संगुणित होने के कारण जल का पैराविद्युतांक अधिक होता है।
9. क्षारीय है। $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH$
10. अम्लीय है। $Cu^{2+} + H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + H^+$
11. जब जल के अणु निश्चित अनुपात में किसी क्रिस्टलीय पदार्थ के साथ रासायनिक प्रक्रम द्वारा जुड़ते हैं तो जल का यह रूप क्रिस्टलीय जल कहलाता है। जैसे— $CuSO_4, 5H_2O$

9.5.5 मृदु और कठोर जल

- वह जल जो साबुन के साथ आसानी से झाग देता है **मृदु जल** (Soft water) कहलाता है और जो कठिनाई से झाग देता है **कठोर जल** (hard water) कहलाता है।
- जल की कठोरता उसमें कैल्शियम और मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट

क्लोराइड, सल्फेट, नाइट्रेट आदि लवणों के घुले होने के कारण होती है।

- साधारण साबुन, स्टिऐरिक अम्ल ($C_{17}H_{35}COOH$) का सोडियम लवण होता है। सोडियम स्टिऐरेट (साबुन) जल में विलेय है।
- कैल्शियम और मैग्नीशियम के स्टिऐरेट जल में अविलेय है।
- कठोर जल साबुन के साथ झाग बनाने के स्थान पर कैल्शियम और मैग्नीशियम के अविलेय स्टिऐरेट बनाता रहता है।

$$2C_{17}C_{35}COONa + CaCl_2 \longrightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2Ca + 2NaCl$$

सोडियम स्टिऐरेट (साबुन)   कैल्शियम क्लोराइड (कठोर जल में उपस्थित)   कैल्शियम स्टिऐरेट (अवक्षेप)   सोडियम क्लोराइड

- कठोर जल में उपस्थित कैल्शियम और मैग्नीशियम आयनों का जब तक पूर्णरूप से अवक्षेपण नहीं हो जाता है तब तक कठोर जल साबुन के साथ झाग नहीं बनाता है। इस क्रिया में काफी साबुन व्यर्थ में खर्च हो जाता है। **इसलिए कठोर जल कपड़े धोने के लिए उपयुक्त नहीं है।**
- जल की कठोरता दो प्रकार की होती है—(1) अस्थायी कठोरता (temporary hardness) और (2) स्थायी कठोरता (Permanent hardness)

9.5.6 अस्थायी कठोरता

- यदि जल की कठोरता जल को उबालने से दूर हो जाती है तो इस प्रकार की कठोरता, **अस्थायी कठोरता** कहलाती है।
- **जल की अस्थायी कठोरता उसमें कैल्शियम और मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट घुले रहने के कारण होती है।**
- अस्थायी कठोरता जल को उबालने से या जल में बुझा चूना अथवा दूधिया चूना डालने से दूर हो जाती है।

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

कैल्शियम बाइकार्बोनेट (जल में विलेय)   कैल्शियम कार्बोनेट (जल में अविलेय)

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{गर्म}} MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

मैग्नीशियम बाइकार्बोनेट (जल में विलेय)   मैग्नीशियम कार्बोनेट (जल में अविलेय)

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

जल में विलेय   बुझा चूना   अवक्षेप   जल

प्रश्न-9.4 मृदु जल साबुन के साथ झाग देता है जबकि कठोर जल नहीं, कारण स्पष्ट कीजिए। **Text Book**

उत्तर–कठोर जल में Ca^{2+} तथा Mg^{2+} आयन होते हैं जो साबुन के Na^+ आयन के साथ विनिमय करके संगत कैल्शियम तथा मैग्नीशियम के अघुलनशील लवण बनाते हैं ये अवक्षेपित हो जाते हैं इसलिए झाग उत्पन्न नहीं करते हैं।

$$2RCOONa + Ca^{2-} \rightarrow (RCOO)_2Ca + 2Na^+$$

साबुन

$$2RCOONa + Mg^{2+} \rightarrow (RCOO)_2Ma + 2Na^+$$

9.5.7 स्थायी कठोरता

1. यदि जल की कठोरता जल को उबालने से दूर नहीं होती है तो इस प्रकार की कठोरता, **स्थायी कठोरता** कहलाती है।
2. **जल की स्थायी कठोरता उसमें कैल्शियम और मैग्नीशियम के सल्फेट, क्लोराइड, नाइट्रेट आदि लवणों के घुले रहने के कारण होती है।**

- जल में सोडियम कार्बोनेट डालकर उबालने से स्थायी और अस्थायी दोनों प्रकार की कठोरता दूर हो जाती है।

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$$

विलेय   अविलेय

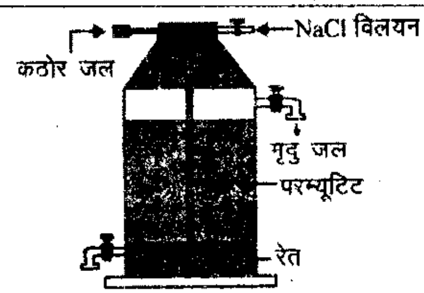
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow MgCO_3 + Na_2SO_4$$

विलेय   अविलेय

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

विलेय   अविलेय

- जल की स्थायी कठोरता दूर करने की मुख्य विधि **परम्युटिट विधि** (Permutit process) है। परम्युटिट **सोडियम जीओलाइट** ($Na_2Al_2Si_2O_8.xH_2O$; sodium aluminosilicate) को कहते हैं।
- सुविधा के लिए सोडियम जीओलाइट (परम्यूटिट), $Na_2Al_2Si_2O_8.xH_2O$. को Na_2Z द्वारा प्रदर्शित करते हैं।
- परम्यूटिट जल में अविलेय ठोस पदार्थ है और उसमें बेसिक मूलकों, (धनायनों) का विनिमय (exchange of basic radicals) करने का गुण होता है।
- कठोर जल को एक स्तम्भ में जमो हुई सोडियम परम्यूटिट की परतों में से प्रवाहित करने पर उसमें उपस्थित कैल्शियम और मैग्नीशियम लवणों की परम्युटिट से क्रिया होती है, जिसमें कैल्शियम और मैग्नीशियम के परम्यूटिट और सोडियम लवण बन जाते हैं और इस प्रकार स्थायी और अस्थायी दोनों प्रकार की कठोरता दूर हो जाती है।



परम्युटिट विधि

$$Na_2Z^* + CaSO_4 \longrightarrow CaZ + Na_2SO_4$$

सोडियम परम्यूटिट   कैल्शियम सल्फेट   कैल्शियम परम्युटिट   सोडियम सल्फेट

$$Na_2Z + MgSO_4 \longrightarrow MgZ + Na_2SO_4$$

सोडियम परम्यूटिट   मैग्नीशियम सल्फेट   मैग्नीशियम परम्युटिट   सोडियम सल्फेट

$$Na_2Z + CaCl_2 \longrightarrow 2NaCl + CaZ$$

$$Na_2Z + Ca(NO_3)_2 \longrightarrow 2NaNO_3 + CaZ$$

- प्रयुक्त किये हुये परम्यूटिट का पुनर्योजन (regeneration) करने के लिये, सोडियम क्लोराइड का सान्द्र विलयन (brine) प्रवाहित किया जाता है।

$$CaZ + 2NaCl \longrightarrow Na_2Z + CaCl_2$$

सान्द्र विलयन

$$MgZ + 2NaCl \longrightarrow Na_2Z + MgCl_2$$

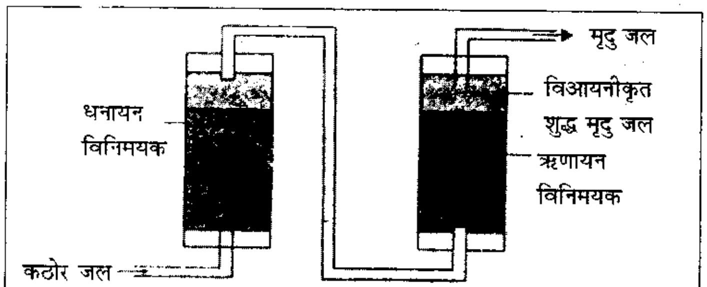
सान्द्र विलयन

- कठोर जल पीने, कपड़े धोने, खाना पकाने आदि के योग्य नहीं होता है। कठोर जल बॉयलर (boiler) में उपयोग नहीं किया जा सकता है क्योंकि उसे उबालने पर बॉयलर $CaSO_4$, $MgSO_4$ आदि लवणों की पपड़ी (scales) जमा हो जाती है, जिसके कारण जल को उबालने में अधिक ऊष्मा व्यय होती है।

(ii) आयन विनिमय विधि—

- जल की कठोरता दूर करने के लिए इस विधि में दो प्रकार के आयन विनिमय रेजिन प्रयोग में लाये जाते हैं।

- जिनमें एक धनायन विनियम रेजिन होता है तथा दूसरा ऋणायन विनियम रेजिन होता है।
- धनायन विनिमय रेजिन अम्लीय रेजिन (RSO_3H) होते हैं जबकि ऋणायन विनिमय रेजिन क्षारकीय रेजिन (RNH_2) होते हैं।
- प्रयुक्त उपकरण में एक स्तम्भ में **धनायन विनिमयक** तथा दूसरे स्तम्भ में **ऋणायन विनिमयक** भर दिया जाता है।
- कठोर जल को धनायन विनिमयक के ऊपर प्रवाहित करने से उसमें उपस्थित कैल्शियम (Ca^{2+}) मैग्नीशियम, (Mg^{2+}) आदि धनायन रेजिन के हाइड्रोजन आयन को विस्थापित करके उसका स्थान ले लेते हैं।
- हाइड्रोजन आयन के कारण जल अम्लीय हो जाता है। उपरोक्त अम्लीय जल को दूसरे स्तम्भ में भरे जलयुक्त क्षारकीय विनिमयक ($RNH_3^+OH^-$) से गुजारते हैं।
- जल में उपस्थित क्लोराइड (Cl^-), सल्फेट (SO_4^{2-}) बाइकार्बोनेट (HCO_3^-) ऋण आयन रेजिन के OH^- आयन विस्थापित कर देते हैं।
- ये हाइड्रॉक्सिल (OH^-) आयन जल में उपस्थित हाइड्रोजन आयन (H^+) को उदासीन कर देते हैं। इस प्रकार मृदु जल प्राप्त हो जाता है।



आयन विनिमय विधि

- इस विधि द्वारा शुद्ध किया हुआ जल आसुत जल के समान होता है।

9.6 भारी पानी [D_2O] (Heavy Water)

- सन् 1932 में यूरे ने भारी जल की खोज की।
- इसे भारी हाइड्रोजन (D) का ऑक्साइड भी कहते हैं।
- साधारण जल के 6000 भाग में D_2O का एक भाग उपस्थित होता है।
- भारी जल का निर्माण निम्नलिखित विधियों द्वारा किया जाता है।

1. **आंशिक द्रवण द्वारा**-भारी जल को सामान्य जल से आंशिक द्रवण द्वारा पृथक्करण किया जाता है।
2. **सामान्य जल के प्रभाजी आसवन द्वारा**-सामान्य जल का आंशिक आसवन एक लम्बे प्रभाजित स्तम्भ में किया जाता है।

- इस प्रक्रम को बार-बार दोहराने पर पात्र में हल्का भाग (H_2O) पहले आसवित होता है, जबकि भारी भाग (D_2O) बाद में आसवित होता है।

भारी जल के गुणधर्म

9.6.1 भौतिक गुण-

- भारी जल का गलनांक, क्वथनांक, वाष्पन एन्थैल्पी, घनत्व तथा श्यानता तथा मान साधारण जल से अधिक से होता है।
- भारी जल रंगहीन, गंधहीन व स्वादहीन द्रव होता है।

9.6.2 रासायनिक गुण

- भारी जल तथा साधारण जल के रासायनिक गुणधर्म लगभग समान होते हैं।
- भारी जल में उपस्थित O–D बन्ध, साधारण जल के O–H बंध की तुलना में प्रबल होता है।
- जिसके कारण भारी जल की अभिक्रियाएँ, साधारण जल की तुलना में धीमी होती है।

धातुओं से क्रिया

- भारी जल धातुओं के साथ अभिक्रिया कर ड्यूटीरियम गैस उत्पन्न करता है।

$$2Na + 2D_2O \rightarrow 2NaOD + D_2$$

धात्विक ऑक्साइड के साथ अभिक्रिया-भारी जल सोडियम ऑक्साइड से अभिक्रिया कर सोडिरूम ड्यूटीरोऑक्साइड बनाता है।

$$Na_2O + D_2O \rightarrow 2NaOD$$

अधात्विक ऑक्साइड के साथ अभिक्रिया-भारी जल सल्फर ट्राइ ऑक्साइड के साथ अभिक्रिया कर ड्यूटीरोसल्फ्यूरिक अम्ल का निर्माण करता है।

$$SO_3 + D_2O \rightarrow D_2SO_4$$

धात्विक कार्बाइड के साथ अभिक्रिया- भारी जल धात्विक कार्बाइड के साथ अभिक्रिया कर ड्यूटीरोमेथेन देता है।

$$Al_4C_3 + 12D_2O \rightarrow 4Al(OD)_3 + 3CD_4$$

9.6.3 भारी जल के उपयोग

1. भारी जल नाभिकीय रिएक्टर में न्यूट्रॉन की गति को कम करने के लिए मन्दक के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।
2. भारी जल विभिन्न रासायनिक अभिक्रियाओं तथा जैवतंत्र के अध्ययन में ट्रेसर के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।
3. भारी जल का ड्यूटीरियम (D_2) बनाने में उपयोग किया जाता है।
4. भारी जल का उपयोग आयनित तथा अनआयनित हाइड्रोजन के विभेदन में किया जाता है।
5. भारी जल का उपयोग ड्यूटीरियम के अनेक यौगिक बनाने में किया जाता है।

अभ्यास 9.5

प्र.1. मृदु जल किसे कहते हैं?

प्र.2. कठोर जल किसे कहते हैं?

प्र.3. जल में कठोरता किन यौगिकों के जल में घुले होने के कारण होती है?

प्र.4. किस धातु का स्टिऐरेट जल में विलेय है?

प्र.5. किस धातु का स्टिऐरेट जल में अविलेय है?

प्र.6. जल की कठोरता कितने प्रकार की होती है?

प्र.7. जल में अस्थायी कठोरता, कौनसे यौगिकों की उपस्थिति के कारण होती है?

प्र.8. जल में स्थायी कठोरता, कौनसे यौगिकों की उपस्थिति के कारण होती है?

प्र.9. जल में उपस्थित अस्थायी कठोरता को कैसे दूर करते हैं?

प्र.10. जल में उपस्थित स्थायी कठोरता को कैसे दूर करते हैं?

प्र.11. Na_2Z को कैसे प्रदर्शित करते हैं?

प्र.12. बॉयलर में किस रासायनिक पदार्थ की पपड़ी जमती है?

उत्तर की स्वयं जांच करें

1. वह जल जो साबुन के साथ आसानी से झाग देता है, *मृदु जल* कहते हैं।
2. वह जल जो साबुन के साथ आसानी से झाग नहीं देता है, *कठोर जल* कहते हैं।
3. जल में कठोरता उसमें उपस्थित कैल्शियम मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट, क्लोराइड, सल्फेट, नाइट्रेट, आदि लवणों के घुले होने के कारण होती है।
4. सोडियम स्टिऐरेट जल में विलेय है।
5. मैग्नीशियम व कैल्शियम के स्टिऐरेट जल में अविलेय है।
6. दो प्रकार की–अस्थाई व स्थाई कठोरता।
7. जल में अस्थायी कठोरता कैल्शियम और मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट धुले होने के कारण होती है।
8. जल में स्थायी कठोरता कैल्शियम और मैग्नीशियम के सल्फेट, क्लोराइड, नाइट्रेट आदि लवणों के धुले होने के कारण होती है।
9. जल में उपस्थित अस्थायी कठोरता को, जल के उबालने या जल में बुझा चूना डालकर दूर किया जाता है।

$$\underset{\text{विलेय}}{Ca(HCO_3)_2} \xrightarrow{\text{उबालने पर}} \underset{\text{अविलेय}}{CaCO_3} + H_2O + CO_2$$

$$\underset{\text{विलेय}}{Ca(HCO_3)_2} + \underset{\text{बुझा चूना}}{Ca(OH)_2} \longrightarrow \underset{\text{अविलेय}}{2CaCO_3} + 2H_2O$$

10. जल में उपस्थित स्थायी कठोरता को दूर करने के लिए सोडियम जी ओलाइट का प्रयोग करते हैं।
11. Na_2Z को $Na_2Al_2Si_2O_8$ से प्रदर्शित करते हैं।
12. $CaSO_4$, $MgSO_4$ लवण के कारण पपड़ी जमती है।

9.7 हाइड्रोजन परॉक्साइड (Hydrogen Peroxide)

- सन् 1818 में इसकी खोज एल.जे.थेनार्ड ने की।
- इसे ऑक्सीजन युक्त जल भी कहते हैं।
- इसका आण्विक सूत्र H_2O_2 है।
- यह एक महत्त्वपूर्ण रसायन है जिसका उपयोग पर्यावरण नियन्त्रण में तथा औद्योगिक बहि:स्राव के उपचार के रूप में किया जाता है।

9.7.1 बनाने की विधियाँ (Method of Preparation)

हाइड्रोजन परॉक्साइड के निर्माण की विभिन्न प्रयोगशाला एवं व्यावसायिक विधियाँ निम्नवत् हैं—

1. **प्रयोगशाला निर्माण** (Laboratory Preparation)— प्रयोगशाला में हाइड्रोजन परॉक्साइड का निर्माण निम्न में से किसी भी विधि द्वारा किया जा सकता है—

(a) सोडियम परॉक्साइड से (मर्क विधि) (From sodium peroxide) (Merck's Process)— सल्फ्यूरिक अम्ल का तनु (20%) विलयन एक पात्र में लिया जाता है, जो चारों ओर बर्फ से घिरा होता है। अब इसमें सोडियम परॉक्साइड को थोड़ी मात्रा में धीरे-धीरे लगातार हिलाते हुए मिलाया जाता है। विलयन को और अधिक ठण्डा करने पर $Na_2SO_4.10H_2O$ के क्रिस्टल प्राप्त होते हैं, जिन्हें छानकर पृथक् किया जा सकता है। प्राप्त विलयन H_2O_2 का 30% जलीय विलयन होता है।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O_2$$

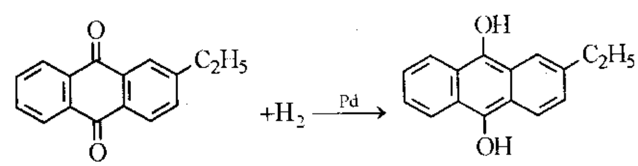
(b) बेरियम परॉक्साइड से (From barium peroxide)— इस विधि में जलीय बेरियम परॉक्साइड ($BaO_2.8H_2O$) का बर्फ जैसे ठण्डे जल के साथ पेस्ट (Paste) तैयार करके इसकी 20% बर्फ जैसे ठण्डे सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ अभिक्रिया कराते हैं। बेरियम सल्फेट के श्वेत अवक्षेप को छानकर पृथक् किया जाता है एवं शेष बचा विलयन 5% H_2O_2 होता है। यह ध्यान रखा जाना चाहिए कि इस विधि में **निर्जल बेरियम परॉक्साइड उपयोग में नहीं लाया जाता है, क्योंकि बेरियम सल्फेट धीरे-धीरे इसके चारों ओर एक सुरक्षात्मक आवरण बना देता है एवं उसे रासायनिक अभिक्रिया में और आगे भाग लेने से रोकता है।**

$$BaO_2.8H_2O + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{श्वेत अवक्षेप}}{BaSO_4} + H_2O_2 + 8H_2O$$

हाइड्रोजन परॉक्साइड को बेरियम परॉक्साइड के जल में ठण्डे पेस्ट (Paste) में से CO_2 की धारा गुजार कर भी प्राप्त किया जा सकता है। बेरियम कार्बोनेट के श्वेत अवक्षेप को छान लिया जाता है एवं शेष बचा विलयन हाइड्रोजन परॉक्साइड का 15–20% जलीय विलयन होता है।

$$BaO_2 + CO_2 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{अवक्षेप}}{BaCO_3} + H_2O_2$$

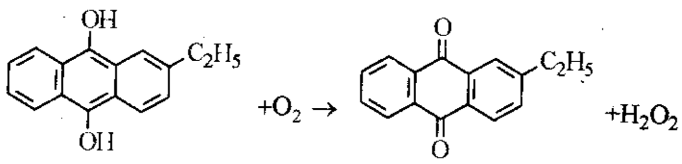
2-एथिल एन्थ्राक्विनोन से (From - 2 ethyl anthraquinone)— इस यौगिक को बेंजीन में घोलकर पैलेडियम उत्प्रेरक की उपस्थिति में इसमें से H_2 गैस प्रवाहित करते हैं तो यह यौगिक अपचयित होकर 2-एथिल एन्थ्राक्विनॉल देता है।



2-एथिल एन्थ्राक्विनोन   2-एथिल एन्थ्राक्विनोल

निर्मित उत्पाद को बेंजीन एवं साइक्लोहैक्सेनॉल के मिश्रण में घोला

जाता है एवं उसमें से वायु प्रवाहित करते हैं तो यह पुन: 2-एथिल एन्थ्राक्वीनोन एवं हाइड्रोजन परॉक्साइड में ऑक्सीकृत हो जाता है।



यह एकान्तर (Alternate) अपचयन एवं ऑक्सीकरण का एक उदाहरण है। इसे **स्व-ऑक्सीकरण** (Auto-oxidation) कहते हैं।

अत: इस क्रिया में 2-एथिल एन्थ्राक्विनोन की उपस्थिति में केवल ऑक्सीजन एवं हाइड्रोजन जुड़ता है तथा हाइड्रोजन परॉक्साइड बनता है।

3. BaO_2 विलयन पर CO_2 गैस प्रवाहित करने पर बेरियम कार्बोनेट तथा H_2O_2 प्राप्त किया जाता है। अविलेय बेरियम कार्बोनेट को छानकर पृथक कर लेते हैं।

$$BaO_2(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2O_2(aq) + BaCO_3(s)$$

4. **सल्फ्यूरिक अम्ल के विद्युत अपघटन द्वारा**–50 प्रतिशत सल्फ्यूरिक अम्ल के विद्युत उत्पादन द्वारा परऑक्सीडाइसल्फ्यूरिक अम्ल ($H_2S_2O_8$) देता है। जो आसवन पर 30 प्रतिशत हाइड्रोजन ऑक्साइड विलयन देता है।

$$2H_2SO_4(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + 2HSO_4^-(aq)$$

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

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

$$2HSO_4(aq) \rightarrow H_2S_2O_8(aq)$$

$$H_2S_2O_8(aq) + 2H_2O \xrightarrow{\text{जल अपघटन}} H_2O_2(aq) + 2H_2SO_4$$

9.7.2 H_2O_2 के भौतिक गुण (Physical Properties of H_2O_2)

भौतिक गुण (Physical Properties)

(i) शुद्ध रूप में हाइड्रोजन परऑक्साइड एक गाढ़ा द्रव (Thick Syrupy liquid) होता है तथा यह हल्के नीले रंग (Pale blue colour) का होता है।

(ii) यह स्वाद में कुछ कड़वा होता है।

(iii) हाइड्रोजन परॉक्साइड का घनत्व 1.44 cm^{-3} होता है जो जल के घनत्व (1.0 g cm^{-3}) से अधिक होता है।

(iv) H_2O_2 के अणु जल के अणुओं की अपेक्षा अधिक संगुणित होते हैं क्योंकि इनमें हाइड्रोजन आबंध होते हैं।

(v) इसका गलनांक 272.4 K होता है परन्तु इसका क्वथनांक सही रूप में निर्धारित नहीं किया जा सकता, क्योंकि यह उस तापक्रम से पहले ही विघटित हो जाता है। फिर भी वर्हिकलन (extrapolation) विधि द्वारा इसका क्वथनांक लगभग 423.0 K प्राप्त किया जाता है।

(vi) हाइड्रोजन आबन्धन के कारण यह जल, एल्कोहॉल तथा ईथर के साथ सभी अनुपातों में मिश्रणीय है।

9.7.3 रासायनिक गुण (Chemical Properties)

1. **विघटन (Decomposition)**— शुद्ध हाइड्रोजन परॉक्साइड प्रकृति में अस्थायी होता है तथा लम्बे समय तक रखने पर या गर्म करने पर यह जल तथा ऑक्सीजन में विघटित हो जाता है तथा साथ में ऊष्मा भी निकलती है।

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2;\ \Delta H = -196.0 kJ$$

2. **अम्लीय लक्षण** (Acidic Character)— शुद्ध हाइड्रोजन परॉक्साइड प्रकृति में दुर्बल अम्लीय होता है तथा यह नीले लिटमस को लाल कर देता है।

3. **ऑक्सीकारक एवं अपचायक प्रकृति (Oxidising and Reducing nature)**— जब हाइड्रोजन परॉक्साइड विघटित होकर जल बनाता है, तो H_2O_2 में ऑक्सीजन परमाणु का ऑक्सीकरण अंक बढ़ने के साथ-साथ घट भी जाता है। अत: हाइड्रोजन परॉक्साइड ऑक्सीकारक और अपचायक दोनों की तरह व्यवहार कर सकता है।

ऑक्सीकरण अंक में वृद्धि (ऑक्सीकरण)

$$\overset{+1}{H_2}\overset{-1}{O_2} \rightarrow \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O} + 1/2\overset{0}{O_2}$$

ऑक्सीकरण अंक में कमी (अपचयन)

4. **ऑक्सीकारक प्रकृति** (Oxidising nature)— हमने देखा कि हाइड्रोजन परॉक्साइड तुरन्त विघटित होकर ऑक्सीजन मुक्त करता है। अत: यह एक ऑक्सीकारक की तरह कार्य करता है तथा यह ऑक्सीकरण उदासीन, अम्लीय और क्षारीय माध्यम में भी हो सकता है।

(a) **उदासीन माध्यम में (In neutral medium)**— कुछ ऑक्सीकरण अभिक्रियाएँ निम्नवत् हैं—

(i) यह धातुओं के सल्फाइड़ों को सल्फेटों में ऑक्सीकृत करता है:

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$$
$$Na_2SO_3 + O \rightarrow Na_2SO_4$$
$$H_2O_2 + Na_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

या $SO_3^{2-} + H_2O_2 \rightarrow SO_4^{2-} + H_2O$

(ii) यह हाइड्रोजन सल्फाइड को सल्फर में ऑक्सीकृत करता है:

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$$
$$H_2S + O \rightarrow H_2O + S$$
$$H_2S + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + S$$

या $S^{2-} + 2H^+ + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + S$

(iii) यह लेड सल्फाइड को लेड सल्फेट में ऑक्सीकृत करता है।

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O \times 4$$
$$PbS + 4[O] \rightarrow PbSO_4$$
$$PbS + 4H_2O_2 \rightarrow PbSO_4 + 4H_2O$$
(काला) (श्वेत)

या $$S^{2-} + 4H_2O_2 \rightarrow SO_4^{2-} + 4H_2O$$

वातावरण में हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) की कुछ मात्रा सदैव उपस्थित रहती है। यह सीसे की पेंटिंग (Lead painting) को धीरे-धीरे काला कर देता है, जिसमें कि लेड ऑक्साइड (PbO) होता है। यह कालापन लेड सल्फाइड के निर्माण के कारण होता है। पेंटिंग का रंग पुन: प्राप्त करने के लिए इसे हाइड्रोजन परॉक्साइड के जलीय विलयन में डालते हैं, जिससे लेड सल्फाइड, लेड सल्फेट (सफेद रंग) में बदल जाता है।

(b) अम्लीय माध्यम में (In acidic medium)— अम्ल की उपस्थिति में इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण कर H_2O_2 ऑक्सीकारक की तरह कार्य करता है।

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$$

(i) यह अम्लीकृत KI विलयन से आयोडीन मुक्त करता है।

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$$
$$2KI + H_2SO_4 + O \rightarrow K_2SO_4 + I_2 + H_2O$$
$$2KI + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O + I_2$$

या $$2I^- + 2H^+ + H_2O_2 \rightarrow I_2 + 2H_2O$$

(ii) यह अम्लीकृत फेरस सल्फेट को फेरिक सल्फेट में ऑक्सीकृत कर देता है:

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$$
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$$
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

या $$2Fe^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

(iii) यह अम्लीकृत पोटैशियम फेरोसायनाइड को पोटैशियम फेरीसायनाइड में ऑक्सीकृत कर देता है:

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$$
$$2K_4[Fe(CN)_6] + H_2SO_4 + O \rightarrow 2K_3[Fe(CN)_6] + K_2SO_4 + H_2O$$
$$2K_4[Fe(CN)_6] + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow 2K_3[Fe(CN)_6] + K_2SO_4 + 2H_2O$$

(iv) जब हाइड्रोजन परॉक्साइड को ईथर में घोला जाता है तो यह अम्लीकृत पोटैशियम डाइक्रोमेट के ठण्डे विलयन को ऑक्सीकृत कर क्रोमियम पेण्टॉक्साइड बनाता है।

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O \times 4$$
$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 4[O] \rightarrow K_2SO_4 + 2CrO_5 + H_2O$$
$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 4H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2CrO_5 + 5H_2O$$
क्रोमियम पेण्टॉक्साइड

ईथर की परत, जिसमें CrO_5 होती है, नीली हो जाती है।

(c) क्षारीय माध्यम में (In alkaline medium)— क्षारीय माध्यम में इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके हाइड्रोजन परॉक्साइड भी एक ऑक्सीकारक की तरह कार्य करता है।

$$H_2O_2 + 2e^- \longrightarrow 2OH^-$$

(i) H_2O_2 क्षार की उपस्थिति में मैंगनीज सल्फेट को मैंगनीज डाइऑक्साइड में ऑक्सीकृत कर देता है।

$$MnSO_4 + H_2O_2 + 2NaOH \longrightarrow MnO_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O$$
मैंगनीज सल्फेट

या $$Mn^{2+} + H_2O_2 + 2OH^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

(ii) H_2O_2 क्षारीय माध्यम में क्रोमियम लवणों को क्रोमेटों में ऑक्सीकृत कर देता है।

$$Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O_2 + 10NaOH \rightarrow 2Na_2CrO_4 + 3Na_2SO_4 + 8H_2O$$
क्रोमियम सल्फेट सोडियम क्रोमेट

$$2Cr^{3+} + 3H_2O_2 + 10OH^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 8H_2O$$

5. अपचायक प्रकृति (Reducing nature)— हाइड्रोजन परॉक्साइड कई प्रबल ऑक्सीकारकों से ऑक्सीजन को ग्रहण कर अपचायक की तरह कार्य करता है।

$$H_2O_2 + O \longrightarrow H_2O + O_2$$

(a) उदासीन माध्यम में (In neutral medium)— कुछ उदाहरण निम्न प्रकार हैं—

(i) हैलोजन, हैलोजन अम्लों में अपचयित हो जाते हैं।

$$Cl_2 + H_2O_2 \longrightarrow 2HCl + O_2$$

यह विरंजन क्रिया में प्रयुक्त अनाभिकृत (Unreacted) क्लोरीन को हटा सकता है। अत: इसे एन्टीक्लोर (Antichlor) (वह पदार्थ जो क्लोरीन को नष्ट कर दे) कहते हैं।

(ii) धातु के ऑक्साइड, धातु में अपचयित हो जाते हैं—

$$Ag_2O + H_2O_2 \longrightarrow 2Ag + H_2O + O_2$$
सिल्वर ऑक्साइड सिल्वर

$$PbO_2 + H_2O_2 \longrightarrow PbO + H_2O + O_2$$
लेड डाइऑक्साइड लेड मोनोऑक्साइड

6. परॉक्साइड का निर्माण–निर्जल हाइड्रोजन परॉक्साइड अम्लीय है, अत: क्षारक के साथ अभिक्रिया कर लवण बनाते हैं।

$$Na_2CO_3 + H_2O_2 \rightarrow Na_2O_2 + H_2O + CO_2$$
क्षारक अम्ल लवण

7. विरंजन क्रिया– हाइड्रोजन परऑक्साइड एक मृदु विरंजक पदार्थ के रूप में कार्य करता है। ऑक्सीकरण अभिक्रिया के कारण इसकी विरंजन क्रिया होती है।

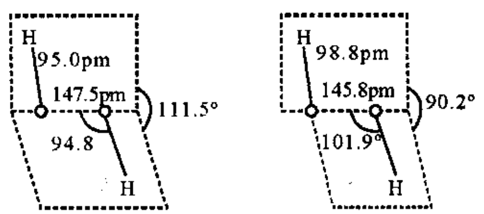
$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + [O]$$
रंगीन पदार्थ +[O] → रंगहीन

8. योगात्मक अभिक्रिया–हाइड्रोजन परॉक्साइड स्वयं एथोलीनिक श्रृंखला से जुड़ने में सक्षम है।

$$\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{matrix} + H_2O_2 \rightarrow \begin{matrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{matrix}$$
एथाइलीन ग्लाइकॉल

9.7.4 हाइड्रोजन परॉक्साइड की संरचना

- H_2O_2 एक डाइहाइड्रॉक्सी यौगिक है H–O–O–H है तथा O–O आबन्ध को परॉक्साइड आबन्ध कहते हैं।
- यह एक असमतलीय अणु है क्योंकि दोनों O–H आबन्ध अलग-अलग तलों में स्थित है।
- तलों के मध्य अन्तरासमतलीय या द्वितल कोण गैसीय अवस्था में 111.5° होता है।
- क्रिस्टलीय अवस्था में हाइड्रोजन आबन्धन के कारण घटकर 90.2° हो जाता है।



गैसीय अवस्था ठोस अवस्था

9.7.5 H_2O_2 का भण्डारण

- प्रकाश के मंद प्रभाव से H_2O_2 अपघटित होता है।

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

- किसी धातु की सतह तथा क्षार की सूक्ष्म मात्रा (जो कांच में स्थित होती है) की उपस्थिति में उपरोक्त अभिक्रिया उत्प्रेरित हो जाती है।
- अत: H_2O_2 के भण्डारण में मोम के स्तर से युक्त कांच की बोतल। प्लास्टिक पात्रों में अन्धेरे में रखते हैं।
- H_2O_2 में कुछ मात्रा यूरिया की मिलाते हैं जो H_2O_2 की स्थायी बनाये रखता है।
- H_2O_2 को धूल के कणों से दूर रखा जाता है क्योंकि धूल के कण H_2O_2 के विस्फोटी अपघटन को प्रेरित करती है।

9.7.6 हाइड्रोजन परॉक्साइड के उपयोग (Uses of Hydrogen Peroxide)

हाइड्रोजन परॉक्साइड निम्न काम में आता है—

(i) यह मुलायम एवं सूक्ष्म पदार्थों के विरंजन के लिए एक विरंजक की तरह काम में आता है।

(ii) यह सीसे की पेंटिंग (Lead Painting) के रंग को पुन: प्राप्त करने के लिए काम में आता है।

(iii) यह घावों, कान एवं दाँतों को धोने वाली पूर्तिरोधी की तरह **परहाइड्रॉल** (Perhydrol) के नाम से काम में आता है।

(iv) यह दूध, शराब (Wine) एवं अन्य द्रवों के संरक्षण में काम में आता है।

(v) यह वस्त्र उद्योग में विरंजन के लिए एन्टीक्लोर की भाँति कार्य करता है क्योंकि यह अनाभिकृत क्लोरीन को हटा सकता है।

(vi) बहुत से कार्बनिक एवं अकार्बनिक परॉक्साइडों के निर्माण में प्रयुक्त होता है।

(vii) रॉकेट के ईंधन के रूप में प्रयुक्त होता है।

प्र. हाइड्रोजन परॉक्साइड का उपयोग प्राचीन लैड पेंटिंग के कालेपन को दूर करने में क्यों किया जाता है?

उत्तर– प्राचनी लैड पेंटिंग को वातावरण में जब लम्बे समय तक रखा जाता है तो वायुमण्डल में उपस्थित H_2S की अल्पमात्रा लैड ऑक्साइड (PbO) को लैड सल्फाइड (PbS) में बदल देती है। जिससे पेंटिंग काली पड़ जाती है। इनके कालेपन को दूर करने के लिए इन्हें कुछ समय तक H_2O_2 विलयन में रखा जाता है, जिसके परिणामस्वरूप लैड सल्फाइड, लैड सल्फेट के रूप में ऑक्सीकृत हो जाता है।

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

अभ्यास 9.6

प्र.1. हाइड्रोजन परऑक्साइड की खोज किस वैज्ञानिक ने की थी।

प्र.2. प्रयोगशाला में H_2O_2 को कैसे बनाते हैं?

प्र.3. H_2O_2 का भण्डारण कैसे करते हैं?

प्र.4. H_2O_2 के भण्डारण में स्थायी कारक पदार्थ मिलाते हैं। इनके नाम बताइये।

प्र.5. H_2O_2 के भौतिक गुणों का वर्णन कीजिये।

प्र.6. H_2O_2 के क्वथनांक का सही मान ज्ञात नहीं है। क्यों?

प्र.7. H_2O_2 की उदासीन माध्यम में रासायनिक अभिक्रियायें दीजिए।

प्र.8. H_2O_2 की अम्लीय माध्यम में रासायनिक अभिक्रियायें दीजिए।

प्र.9. H_2O_2 की क्षारीय माध्यम में रासायनिक अभिक्रियायें दीजिए।

प्र.10. सीसे की पेन्टिंग कुछ समय बाद काली हो जाती है। इस कालेपन को कैसे दूर किया जाता है?

प्र.11. H_2O_2 को रंगीन बोतलों में क्यों रखा जाता है?

प्र.12. H_2O_2 की अपचायक गुणों का वर्णन कीजिये।

प्र.13. H_2O_2 की संरचना का वर्णन कीजिये।

प्र.14. H_2O_2 के उपयोग बताइये।

प्र.15. H_2O_2 की गैसीय अवस्था एवं क्रिस्टलीय अवस्था में बन्ध कोण कितना है?

उत्तर की स्वयं जाँच करें

1. **थेनार्ड** नामक फ्रैंच रसायनज्ञ ने की थी।
2. बिन्दु 9.7.1 का (a) व (b) भाग देखें। [पृष्ठ सं 9.15]
3. बिन्दु 9.7.5 देखें। [पृष्ठ सं 9.18]
4. फॉस्फोरिक अम्ल, ग्लिसरॉल, एसीटानिलाइड।
5. बिन्दु 9.7.2 देखें। [पृष्ठ सं 9.16]
6. H_2O_2 का क्वथनांक सही रूप से निर्धारित नहीं किया जा सकता, क्योंकि वह उस तापक्रम से पहले ही विघटित हो जाता है।
7. बिन्दु 9.7.3 (a) भाग देखें। [पृष्ठ सं 9.17]
8. बिन्दु 9.7.3 (b) भाग देखें। [पृष्ठ सं 9.17]
9. बिन्दु 9.7.3 (c) भाग देखें। [पृष्ठ सं 9.17]
10. पेन्टिंग का कालापन PbS के निर्माण के कारण होता है। अत:

पेन्टिंग को H_2O_2 के जलीय विलयन में डालने पर PbS, $PbSO_4$ में बदल जाने के कारण कालापन गायब हो जाता है।

11. प्रकाश द्वारा H_2O_2 का विघटन रोकने के लिये।
12. बिन्दु 9.7.3 के (5) वाँ भाग देखें। [पृष्ठ सं 9.17]
13. बिन्दु 9.7.4 देखें। [पृष्ठ सं 9.18]
14. बिन्दु 9.7.6 देखें। [पृष्ठ सं 9.18]
15. 111.5° व 90.2°.

प्रमुख प्रश्न एवं उत्तर

प्र.1. हाइड्रोजन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर आवर्त सारणी में इसकी स्थिति को युक्तिसंगत ठहराइए।

उत्तर- बिन्दु संख्या 9.1 देखें। [पृष्ठ से 9.1]

प्र.2. हाइड्रोजन के समस्थानिकों के नाम लिखिए तथा बताइए कि इन समस्थानिकों का द्रव्यमान अनुपात क्या है?

उत्तर- हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक है— प्रोटियम (^1_1H) ड्यूटीरियम (^2_1H या D) और ट्राइटियम (^3_1H या T)। तीनों समस्थानिकों का द्रव्यमान अनुपात है—

$^1_1H : ^2_1H : ^3_1H :: 1.008 : 2.014 : 3.016$ या $1 : 2 : 3$

प्र.3. सामान्य परिस्थितियों में हाइड्रोजन एक परमाण्विक की अपेक्षा द्विपरमाण्विक रूप में क्यों पाया जाता है?

उत्तर- एक परमाणुक रूप में हाइड्रोजन के प्रथम कोश में एक इलेक्ट्रॉन ($1s^1$) होता है जबकि द्विपरमाणुक अवस्था का प्रथम कोश पूर्ण ($1s^2$) होता है। इसका तात्पर्य है कि द्विपरमाणुक रूप में हाइड्रोजन (H_2) उत्कृष्ट गैस हीलियम का विन्यास प्राप्त कर लेता है। अत: यह काफी स्थायी होती है।

प्र.4. कोल गैसीकरण से प्राप्त डाइहाइड्रोजन का उत्पादन कैसे बढ़ाया जा सकता है?

उत्तर- कोल गैसीकरण अभिक्रिया में, जल की वाष्प को प्रवाहित करके CO और H_2 का मिश्रण बनाया जाता है जिसे **सिन गैस** भी कहा जाता है।

$$C(s) + H_2O(g) \rightarrow \underbrace{CO(g) + H_2(g)}_{\text{सिन गैस}}$$

डाइहाइड्रोजन का उत्पादन सिन गैस में उपस्थित CO(g) की आयरन क्रोमेट उत्प्रेरक की उपस्थिति में भाप के साथ क्रिया द्वारा बढ़ाया जा सकता है।

$$CO(g) + H_2O(g) \xrightarrow[673K]{FeCrO_4(\text{उत्प्रेरक})} CO_2(g) + H_2(g)$$

CO(g) या $CO_2(g)$ के निकलने के साथ ही अभिक्रिया अग्र दिशा में विस्थापित हो जाती है।

प्र.5. विद्युत-अपघटन विधि द्वारा डाइहाइड्रोजन बृहद् स्तर पर किस प्रकार बनाई जा सकती है? इस प्रक्रम में वैद्युत-अपघट्य की क्या भूमिका है?

उत्तर- बिन्दु 9.3 का भाग देखें। [पृष्ठ से 9.6]

प्र.6. निम्नलिखित समीकरणों को पूरा कीजिए-

(i) $H_2(g) + M_mO_o(s) \xrightarrow{\Delta}$ (ii) $CO(g) + H_2(g) \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{\Delta}$

(iii) $C_3H_8(g) + 3H_2O(g) \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{\Delta}$

(iv) $Zn(s) + NaOH(aq) \xrightarrow{\text{उष्मा}}$

उत्तर- (i) $M_mO_o(s) + H_2(g) \xrightarrow{\text{उष्मा}} mM(s) + oH_2O(l)$

(ii) $CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow[\text{उष्मा}]{\text{Co उत्प्रेरक}} \underset{\text{मेथिल एल्कोहॉल}}{CH_3OH(l)}$

(iii) $C_3H_8(g) + 3H_2O(g) \xrightarrow[1270K]{\text{Ni- उत्प्रेरक}} 3CO(g) + 7H_2(g)$

(iv) $Zn(s) + 2NaOH(aq) \xrightarrow{\text{उष्मा}} \underset{\text{सोडियम जिंकेट}}{Na_2ZnO_2} + (aq) + H_2(g)$

प्र.7. डाइहाइड्रोजन की अभिक्रियाशीलता के पदों में H–H बन्ध की उच्च एन्थैल्पी के परिणामों की विवेचना कीजिए।

उत्तर- डाइहाइड्रोजन (H_2) की आबन्ध एन्थैल्पी या आबन्ध वियोजन एन्थैल्पी बहुत उच्च ($\Delta H = 435.9$ kJ mol^{-1}) होती है। ऐसा इसके छोटे परमाणु आकार तथा छोटी आबन्ध लम्बाई (74 pm) के आधार पर होता है। परिणामस्वरूप आबन्ध विखण्डन अत्यन्त कठिन होता है तथा आण्विक हाइड्रोजन या डाइहाइड्रोजन मात्र विशेष दशाओं में ही रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेती है।

प्र 8. हाइड्राइडस के (i) इलेक्ट्रॉन न्यून, (ii) इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध तथा (iii) इलेक्ट्रॉन समृद्ध यौगिकों से आप क्या समझते हैं?

उत्तर- **(i) इलेक्ट्रॉन न्यून हाइड्राइड**- इन हाइड्राइड्स की लुइस संरचना लिखने पर, इनमें इलेक्ट्रॉन की संख्या अपर्याप्त है, इसका उदाहरण डाइबोरेन [B_2H_6] हैं। अत: आवर्त सरणी के 13वें वर्ग के सभी तत्वों के हाइड्राइड **इलेक्ट्रॉन न्यून** यौगिक बनाते हैं, BH_3, AlH_3. GaH_3 InH_3. TlH_3 से लुइस अम्ल की भाँति कार्य करते हैं।

(iii) इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध हाइड्राइड-इन हाइड्राइड की लुइस संरचना में इनमें इलेक्ट्रॉन की संख्या पर्याप्त होती है। [8es] आवर्त सारणी के वर्ग 14 के तत्वों के हाइड्राइड इसके अन्तर्गत आते हैं। इनकी आकृति चतुष्फलकीय होती है।

उदाहरण- CH_4. SiH_4, GeH_4 SnH_4, PbH_4

(iii) इलेक्ट्रॉन समृद्ध हाइड्राइड-

- इन हाइड्राइड्स में उपस्थित केन्द्रिय परमाणु पर इलेक्ट्रॉन आधिक्य एकांकी इलेक्ट्रॉन युग्म उपस्थित होते हैं।
- आवर्त सारणी के वर्ग 15, वर्ग 16 व वर्ग 17 के तत्वों के हाइड्राइड **इलेक्ट्रॉन समृद्ध हाइड्राइडस** कहलाते हैं।

जैसे- $\ddot{N}H_3$, $H_2\ddot{O}$: $H-\ddot{F}$:

प्र.9. संरचना एवं रासायनिक अभिक्रिया के आधार पर बताइए कि इलेक्ट्रॉन न्यून हाइड्राइड के कौन-कौन से अभिलक्षण होते हैं?

उत्तर- इसे लूइस अम्ल माना जाता है। उदाहरण के लिए, डाइबोरेन B_2H_6 (BH_3 का द्वितीय) LiH के साथ संकुल बनाता है जो H^- आयन (लूइस क्षार) देता है।

$$\underset{\text{लीथियम}}{2LiH} + \underset{\text{डाइबोरेन}}{B_2H_6} \longrightarrow \underset{\text{लीथियम बोरोहाइड्राइड}}{2Li^+[BH_4]^-}$$

प्र.10. क्या आप आशा करते हैं कि (C_nH_{2n-2}) कार्बनिक हाइड्राइड लूइस अम्ल या क्षार की भाँति कार्य करेंगे? अपने उत्तर को युक्तिसंगत ठहराइए।

उत्तर- यह न तो लूइस अम्ल होते है और न ही लूइस क्षार। इस प्रकार के सभी हाइड्राइडों में कार्बन परमाणुओं के अष्टक पूर्ण होते हैं। अत: ये हाइड्राइड सामान्य सहसंयोजी हाइड्राइडों की भाँति व्यवहार करते हैं। इनको **इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध हाइड्राइड** भी कहा जाता है।

प्र.11. अरससमीकरणमितीय हाइड्राइड (Non stochiometric hydride) से आप क्या समझते हैं? क्या आप क्षारीय धातुओं से ऐसे यौगिकों की आशा करते हैं? अपने उत्तर को न्यायसंगत ठहराइए।

उत्तर- अरससमीकरणमितीय हाइड्राइड के लिए बिन्दु 9.5.3 देखें। क्षारीय धातुएँ इस प्रकार के हाइड्राइड नहीं बनाती हैं, क्योंकि इनके क्रिस्टल जालकों में हाइड्रोजन के परमाणु, जो बहुत छोटे आकार के होते हैं, उपयुक्त नहीं होते हैं।

प्र.12. हाइड्रोजन भण्डारण के लिए धात्विक हाइड्राइड किस प्रकार उपयोगी है? समझाइए।

उत्तर- कुछ धातुएँ जैसे पैलेडियम (Pd), प्लेटिनम (Pt) आदि अपनी हाइड्राइड बनाने वाली सतह पर हाइड्रोजन के विशाल आयतन को अवशोषित करने की क्षमता रखती हैं। वास्तव में हाइड्रोजन (H) परमाणुओं के रूप में धातु के पृष्ठ पर वियोजित हो जाता है। इन परमाणुओं को समायोजित करने के लिए धातु जालक फैल जाता है और गर्म करने पर अधिक अस्थायी हो जाता है। हाइड्राइड हाइड्रोजन मुक्त करके पुन: धात्विक अवस्था में परिवर्तित हो जाता है। इसी तरीके से उत्पन्न हाइड्रोजन ईंधन की तरह प्रयुक्त हो सकता है। उपर्युक्त सूचीबद्ध धातुएँ ईंधन के रूप में प्रयुक्त हाइड्रोजन के संग्रहण एवं परिवहन में प्रयुक्त की जा सकती है। अत: धातु हाइड्राइड हाइड्रोजन अर्थ-व्यवस्था में बहुत उपयोगी भूमिका निभाता है।

प्र.13. बर्तन और वेल्डिंग में परमाण्विय हाइड्रोजन अथवा ऑक्सी हाइड्रोजन टॉर्च किस प्रकार कार्य करती है? समझाइए।

उत्तर- परमाण्विक हाइड्रोजन टॉर्च-

- जब आण्विक हाइड्रोजन को टंगस्टन विद्युत आर्क (2000 – 3000°C) से प्रवाहित किया जाता है तो यह वियोजित होकर हाइड्रोजन परमाणु बनाती है जिसे परमाण्विक हाइड्रोजन कहा जाता है।

$$\underset{\text{आण्विक हाइड्रोजन}}{H_2} \xrightarrow[\text{आर्क}]{\text{विद्युत}} \underset{\text{परमाण्विक हाइड्रोजन}}{2H}; \Delta H = 435.9\ kJ\ mol^{-1}$$

- परमाण्विक हाइड्रोजन अत्यंत अस्थायी (जीवनकाल लगभग 0.3 सेकण्ड) होती है। अत: हाइड्रोजन परमाणु तुरन्त एकत्रित होकर आण्विक हाइड्रोजन बनाते हैं तथा यह कार्य ऊष्मीय ऊर्जा की विशाला मात्रा की मुक्ति द्वारा किया जाता है। ताप 4000–5000°C तक बढ़ जाता है। यही परमाण्विक हाइड्रोजन टॉर्च का सिद्धान्त है जिसे वेल्डिंग कार्यों में प्रयुक्त किया जाता है।

ऑक्सी हाइड्रोजन टॉर्च (पेज 9.8 पर देखें।)

- जब हाइड्रोजन को ऑक्सीजन में जलाया जाता है तो यह अभिक्रिया अत्यधिक ऊष्माक्षेपी प्रकृति की होती है। तापमान 2800°C से 4000° के मध्य परास वाला हो जाता है। यह तापमान ऑक्सी-हाइड्रोजन टॉर्च के रूप में वेल्डिंग उद्देश्यों हेतु प्रयुक्त किया जा सकता है।

प्र.14. NH_3, H_2O तथा HF में से किसका हाइड्रोजन बन्ध का परिमाण उच्चतम अपेक्षित है और क्यों?

उत्तर- हाइड्रोजन बन्ध द्विध्रुवीय आकर्षण को प्रदर्शित करता है। इसका स्थायित्व आबन्ध की ध्रुवता के परिमाण पर निर्भर करता है। चूँकि H–F आबन्ध अधिकतम ध्रुवीय होता है (F सर्वाधिक वैद्युतऋणात्मक तत्त्व), हाइड्रोजन बन्ध HF अणुओं में अधिकतम होता है।

प्र.15. लवणीय हाइड्राइड जल के साथ प्रबल अभिक्रिया करके झाग उत्पन्न करती है। क्या इसमें CO_2 (जो एक सुपरिचित अग्निशामक है) का उपयोग हम कर सकते हैं? समझाइए।

उत्तर- जल लवणीय हाइड्राइड (NaH या CaH_2) जल के साथ क्रिया करता है तो अभिक्रिया इतनी ज्यादा ऊष्माक्षेपी होती है कि उत्पन्न हाइड्रोजन आग पकड़ लेती है। उदाहरण के लिए,

$$NaH(s) + H_2O(aq) \longrightarrow NaOH(aq) + H_2(g) + \text{ऊष्मा}$$

$$CaH_2(s) + 2H_2O(aq) \longrightarrow Ca(OH)_2(aq) + 2H_2(g)$$

- प्राय: अग्निशामक के रूप में प्रयोग की जाने वाली CO_2 को इस स्थिति में प्रयुक्त नहीं किया जा सकता है, क्योंकि यह अभिक्रिया में निर्मित हाइड्रोजन के साथ अभिक्रिया करके कार्बोनेट बनाएगी। इससे अग्र अभिक्रिया की दर बढ़ जाएगी।

$$2NaOH(aq) + CO_2(g) \longrightarrow Na_2CO_3(aq) + H_2O(aq)$$

प्र.16. निम्नलिखित को व्यवस्थित कीजिए:

(i) **CaH_2, BeH_2 तथा TiH_2 को उनकी बढ़ती हुई विद्युत चालकता के क्रम में**

(ii) **LiH, NaH तथा CsH आयनिक गुण के बढ़ते हुए क्रम में**

(iii) **H–H, D – D तथा F – F को उनके बन्ध-वियोजन एन्थैल्पी के बढ़ते हुए क्रम में**

(iv) **NaH, MgH_2 तथा H_2O को बढ़ते हुए अपचायक गुण के क्रम में।**

उत्तर-(i) $BeH_2 < CaH_2 < TiH_2$

(ii) बढ़ता हुआ आयनिक गुण LiH < NaH < CsH

कारण— आयनन एन्थैल्पी Li > Na > Cs क्रम में घटता है। यह आयनिक गुण पर विपरीत प्रभाव डालता है अर्थात् उपर्युक्त के अनुसार बढ़ जाता है।

(iii) बढ़ती हुई बन्ध वियोजन एन्थैल्पी : F – F < H – H < D – D

कारण— फ्लोरीन की बन्ध–वियोजन एन्थैल्पी दो F परमाणुओं पर उपस्थित इलेक्ट्रॉनों के एकांकी युग्मों में प्रतिकर्षण के कारण बहुत कम ($242.6\ kJ\ mol^{-1}$) होता है। H_2 और D_2 में से H–H की बन्ध–वियोजन एन्थैल्पी ($435.88\ kJ\ mol^{-1}$) D – D ($443.35 kJ\ mol^{-1}$) की अपेक्षा कम होती है।

(iv) बढता हुआ अपचायक गुण $H_2O < MgH_2 < NaH$

कारण— NaH आयनिक प्रकृति का होता है। अत: यह प्रबल अपचायक होता है। H_2O और MgH_2 सहसंयोजी प्रकृति के होते हैं। परन्तु H_2O की आबन्ध वियोजन ऊर्जा अत्यधिक होती है। अत: यह MgH_2 से अधिक दुर्बल अपचायक है।

प्र.17. H_2O तथा H_2O_2 की संरचनाओं की तुलना कीजिए।

उत्तर- उत्तर हेतु पाठ्य भाग देखें।

प्र. 18. जल के स्वत: प्रोटोनीकरण से आप क्या समझते हैं? इसका क्या महत्व है?

उत्तर- जल के स्वत: प्रोटोनीकरण का अर्थ स्व–आयनन है जो कि निम्न प्रकार से होता है—

$$\underset{\text{अम्ल–I}}{H_2O(l)} + \underset{\text{क्षार–II}}{H_2O(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{अम्ल–II}}{H_3O^+(aq)} + \underset{\text{क्षार–I}}{OH^-(aq)}$$

स्वत: प्रोटोनीकरण के कारण जल ब्रॉन्सटेड अम्ल और ब्रॉन्सटेड क्षार दोनों की ही भाँति व्यवहार करता है अर्थात् यह उभयधर्मी प्रकृति का हाता है।

$$\underset{\text{अम्ल–I}}{H_2O(l)} + \underset{\text{क्षार–II}}{NH_3(l)} \rightleftharpoons \underset{\text{अम्ल–II}}{NH_4^+(aq)} + \underset{\text{क्षार–I}}{OH^-(aq)}$$

प्र.19. F_2 के साथ जल की अभिक्रिया में ऑक्सीकरण तथा अपचयन के पदों पर विचार कीजिए एवं बताइए कि कौनसी स्पीशीज ऑक्सीकृत/अपचयित होती है?

उत्तर- ऑक्सीकरण अंक में वृद्धि (ऑक्सीकरण)

$$2\overset{0}{F_2} + 2\overset{-1}{H_2}\overset{-2}{O} \rightarrow [4\overset{+1}{H}]^+ + [4\overset{-1}{F}]^- + \overset{0}{O_2}$$

ऑक्सीकरण अंक में कमी (अपचयन)

- जल (H_2O), O_2 में ऑक्सीकृत हो जाता है।
- फ्लोरीन (F_2), F^- आयन या HF में अपचयित हो जाती है।

प्र.20. निम्नलिखित अभिक्रियाओं को पूर्ण कीजिए-

(i) $PbS(s) + H_2O_2(aq) \rightarrow$

(ii) $MnO_4^?(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow$

(iii) $CaO(s) + H_2O(g) \rightarrow$

(iv) $AlCl_3(s) + H_2O(l) \rightarrow$

(v) $Ca_3N_2(s) + H_2O(l) \rightarrow$

उपरोक्त को (क) जल–अपघटन, (ख) अपचयोपचय (Redox) तथा (ग) जलयोजन अभिक्रियाओं में वर्गीकृत कीजिए।

उत्तर- (i) $PbS_{(s)} + 4H_2O_2(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + 4H_2O\ (aq)$

अपचयोपचय अभिक्रिया

(ii) $2MnO_4^-(aq) + 6H^+(aq) + 5H_2O_2(aq) \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l) + 5O_2(g)$

अपचयोपचय अभिक्रिया

(iii) $CaO(s) + H_2O\ (g) \longrightarrow Ca(OH)_2$

जल योजन अभिक्रिया

(iv) $AlCl_3\ (g) + 3H_2O(l) \longrightarrow Al\ (OH)_3(s) + 3HCl\ (l)$

जल अपघटन अभिक्रिया

(v) $Ca_3N_2(s) + 6H_2O(l) \longrightarrow 3Ca(OH)_2(s) + 2NH_3(g)$

जल अपघटन अभिक्रिया

प्र.21. बर्फ के साधारण रूप की संरचना का उल्लेख कीजिए।

उत्तर- उत्तर हेतु पाठ्य भाग देखें। (पेज 9.12)

प्र.22. जल की अस्थायी एवं स्थायी कठोरता के क्या कारण है? वर्णन कीजिए।

उत्तर- बिन्दु 9.6.6 व 9.6.7 देखें।

प्र.23. संश्लेषित आयन विनिमयक विधि द्वारा कठोर जल के मृदुकरण के सिद्धान्त एवं विधि की विवेचना कीजिए।

उत्तर- बिन्दु 9.6.7 देखें।

प्र.24. जल के उभयधर्मी स्वभाव को दर्शाने वाले रासायनिक समीकरण लिखिए।

उत्तर- जल अम्ल व क्षार दोनों रूपों में व्यवहार करता है अत: यह उभयधर्मी है।

- H_2O अम्ल के रूप में NH_3 से संयोग कर NH_4OH बनाते हैं।

  $$H_2O + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$$

  H_2O क्षार के रूप में H_2S से संयोग कर HS^- व H_3O^+ देता है।

  $$H_2O + H_2S \longrightarrow HS^- + H_3O^+$$

- $$\underset{\text{क्षार}}{H_2O} + \underset{\text{अम्ल}}{H_2O} \longrightarrow H_3O^+ + OH$$

प्र.25. हाइड्रोजन परॉक्साइड के ऑक्सीकारक एवं अपचायक रूप को अभिक्रियाओं द्वारा समझाइए।

उत्तर- H_2O_2 के विघटन में ऑक्सीकरण अंक में निम्नवत् परिवर्तन होता है—

ऑक्सीकरण अंक में वृद्धि = (ऑक्सीकरण)

$$\overset{+1}{H_2}\overset{-1}{O_2} \rightarrow \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O} + 1/2\overset{0}{O_2}$$

ऑक्सीकरण अंक में कमी = (अपचयन)

चूँकि H_2O_2 में ऑक्सीजन परमाणु की ऑक्सीकरण अंक में वृद्धि एवं कमी दोनों हो सकती हैं, अत: यह अपचायक एवं ऑक्सीकारक दोनों की भाँति कार्य कर सकता है। इसका समर्थन निम्नलिखित अभिक्रिया द्वारा किया जाता है—

अपचायक के रूप में—

$$\overset{+1}{Ag_2}O + \underset{\text{अपचायक}}{H_2\overset{-1}{O_2}} \rightarrow 2\overset{0}{Ag} + H_2O + \overset{0}{O_2}$$

इस अभिक्रिया में H_2O_2 अपचायक की भाँति कार्य करता है तथा Ag_2O को धात्विक Ag में अपचयित कर दिया है।

ऑक्सीकारक के रूप में—

$$\overset{-2}{PbS} + 4H_2\overset{-1}{O_2} \rightarrow Pb\overset{+6}{S}O_4 + 4H_2\overset{-2}{O}$$

ऑक्सीकारक

इस अभिक्रिया में, H_2O_2 ने PbS को $PbSO_4$ में ऑक्सीकृत कर दिया है।

प्र.26. विखनिजित जल से क्या तात्पर्य है? यह कैसे प्राप्त किया जा सकता है?

उत्तर- कठोरता के लिए जिम्मेदार धनायनों (Ca^{2+}, Mg^{2+} आदि) और ऋणायनों (Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- आदि), से मुक्त जल को विआयनित अथवा विखनिजित जल कहा जाता है। जल को धनायन एवं ऋणायन विनिमयकों से बार-बार प्रवाहित करके इसे बनाया जाता है।

प्र.27. क्या विखनिजित या आसुत जल पेय-प्रयोजनों में उपयोगी है? यदि नहीं, तो इसे उपयोगी कैसे बनाया जा सकता है?

उत्तर- नहीं, विखनिजित जल हमेशा पेय उद्देश्यों के लिए उपयोगी नहीं होता है। यह प्रमुखत: स्वादहीन होता है। इसके अतिरिक्त कुछ आयन, जैसे Na^+, K^+ और Mg^{2+} आदि, शरीर के लिए अनिवार्य होते हैं। विखनजित जल को अधिक उपयोगी बनाने के लिए इसमें सोडियम, पोटेशियम आदि के कुछ उपयोगी लवणों को घोलना चाहिए।

प्र.28. जीवमण्डल एवं जैव प्रणालियों में जल की उपादेयता को समझाइए।

उत्तर- जल निम्नलिखित गुणों के कारण अधिक उपयोगी तथा उत्तम विलायक होता है—

(i) इसकी वाष्पन एन्थैल्पी तथा ऊष्मा धारिता उच्च होती है।

(ii) यह ताप के व्यापक परास (0 से 100°C) पर द्रव होता है।

(iii) यह ध्रुवीय प्रकृति का होता है तथा उच्च परावैद्युतांक (78.39) का होता है।

(iv) यह हाइड्रोजन आबन्ध के कारण ध्रुवीय पदार्थों तथा कुछ कार्बनिक यौगिकों को घोल सकता है।

(v) जल ऑक्साइड, हैलाइड, फॉस्फाइड, नाइट्राइड आदि को जलअपघटित कर सकता है।

प्र.29. जल का कौनसा गुण इसे विलायक के रूप में उपयोगी बनाता है? यह किस प्रकार के यौगिक (i) घोल सकता है और (ii) जल-अपघटन कर सकता है?

उत्तर- उत्तर हेतु, पाठ्य भाग देखें।

प्र.30. H_2O एवं D_2O के गुणों को जानते हुए क्या आप मानते हैं कि D_2O का उपयोग पेय-प्रयोजनों के रूप में लाया जा सकता है?

उत्तर- भारी जल (D_2O) जीवित प्राणी, पादप तथा जन्तुओं के लिए काफी खतरनाक होता है, क्योंकि यह उनमें होने वाली अभिक्रियाओं की दरों को मन्द कर देता है। यह जीवन का समर्थन करने में असफल होता है तथा इसकी जैवमण्डल में कोई उपयोगिता नहीं होती है।

प्र.31. जल-अपघटन (Hydrolysis) तथा जलयोजन (Hydration) पदों में क्या अन्तर है?

उत्तर- जलअपघटन एक रासायनिक अभिक्रिया है जिसमें कोई पदार्थ उदासीन, अम्लीय या क्षारीय दशाओं में जल के साथ क्रिया करता है। उदाहरण के लिए, ऐलुमिनियम क्लोराइड निम्न प्रकार से जल द्वारा जल अपघटित हो जाता है—

$$AlCl_3 + 3H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + 3HCl$$

- दूसरी ओर जलयोजन किसी रासायनिक यौगिक की विशेषता है जो क्रिस्टलीय जल के अणुओं को ग्रहण करता है तथा जलयोजित हो जाता है। उदाहरण के लिए, सफेद रंग का निर्जल कॉपर सल्फेट $(CuSO_4)5H_2O$ जल के चार अणु ग्रहण करके नीले रंग का जलयोजित कॉपर सल्फेट $[Cu(H_2O)_4]SO_4.H_2O$ बनाता है।

प्र.32. लवणीय हाइड्राइड किस प्रकार कार्बनिक यौगिकों से अति सूक्ष्म जल की मात्रा को हटा सकते हैं।

उत्तर- लवणीय हाइड्राइड (उदाहरण NaH, CaH_2 आदि) जल को अवशोषित कर लेते हैं तथा इसके साथ निम्न प्रकार से क्रिया करते हैं—

$$NaH(s) + H_2O(l) \longrightarrow NaOH(aq) + H_2(g)$$
$$CaH_2(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2(g)$$

हाइड्रोजन मुक्त होता है तथा धातु हाइड्रॉक्साइड शेष बचता है। इस प्रकार, हाइड्राइड कार्बनिक यौगिकों से जल के सूक्ष्म अंशों को हटाने के लिए प्रयुक्त होते हैं।

प्र.33. परमाणु क्रमांक 15, 19, 23 तथा 44 वाले तत्त्व यदि डाइहाइड्रोजन से अभिक्रिया कर हाइड्राइड बनाते हैं, तो उनकी प्रकृति से आप क्या आशा करेंगे? जल के प्रति इनके व्यवहार की तुलना कीजिए।

उत्तर- (i) परमाणु क्रमांक (Z) = 15 वाला तत्त्व P है और संगत हाइड्राइड फॉस्फीन $[PH_3]$ है। यह सहसंयोजी प्रकृति का होता है।

(ii) परमाणु क्रमांक (Z) = 19 वाला तत्त्व K है और संगत पोटैशियम हाइड्राइड (K^+H^-) है। यह आयनिक प्रकृति का होता है।

(iii) परमाणु क्रमांक (Z) = 23 वाला तत्त्व V (वैनेडियम) है। यह संक्रमण तत्त्व है। यह अन्तराकाशी हाइड्राइड ($VH_{1.6}$) बनाता है।

(iv) परमाणु क्रमांक (Z) = 44 वाला तत्त्व Rh (रुथेनियम) है। यह भी संक्रमण तत्त्व है परन्तु हाइड्राइड अन्तराल के कारण कोई हाइड्राइड नहीं बनाता है।

इन हाइड्राइडों में से मात्र आयनिक हाइड्राइड ही जल से अभिक्रिया करके हाइड्रोजन गैस उत्पन्न करते हैं।

$$2K^+H^-(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2KOH\,(aq) + H_2(g)$$

प्र.34. जल ऐलुमिनियम (III) क्लोराइड एवं पोटैशियम क्लोराइड को अलग-अलग (i) सामान्य जल, (ii) अम्लीय जल एवं (iii) क्षारीय जल से अभिकृत कराया जाएगा, तो आप किन-किन विभिन्न उत्पादों की आशा करेंगे? जहाँ आवश्यक हो, वहाँ रासायनिक समीकरण दीजिए।

उत्तर- दोनों यौगिक लवण हैं और ये जल के साथ भिन्न-भिन्न तरीके से

अभिक्रिया करते हैं।

(क) ऐलुमिनियम (III) क्लोराइड या $AlCl_3$ जल के साथ निम्न प्रकार से क्रिया करेगा-

$$AlCl_3 + 3H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + 3HCl$$

इस अभिक्रिया को जल अपघटन कहा जाता है।

- **साधारण जल में,** $Al(OH)_3$ और HCl दोनों उपस्थित होंगे।
- **क्षारीय जल में,** HCl को मिलाए गए क्षार द्वारा उदासीन कर दिया जाएगा। अत: इसमें मुख्यत: $Al(OH)_3$ होगा जो क्षारीय प्रकृति का होगा।
- **अम्लीय जल में,** $Al(OH)_3$ को अम्ल द्वारा उदासीन कर दिया जाएगा। अत: इसमें मुख्यत: HCl होगा जो कि अम्लीय प्रकृति का होता है।

(ख) पोटैशियम क्लोराइड प्रबल अम्ल और प्रबल क्षार का लवण होता है। यह सभी दशाओं में ऐसा ही रहेगा तथा कोई रासायनिक अभिक्रिया नहीं करेगा।

प्र.35. H_2O_2 विरंजन कारक के रूप में कैसे व्यवहार करता है? लिखिए।

उत्तर- हाइड्रोजन परॉक्साइड की विरंजक प्रकृति ऑक्सीकरण के कारण होती है।

$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + [O]$$

रंगीन पदार्थ + O ⟶ रंगहीन (विरंजित)

प्र.36. निम्नलिखित पदों से आप क्या समझते हैं?

(i) हाइड्रोजन अर्थव्यवस्था, (ii) हाइड्रोजनीकरण, (iii) सिन-गैस, (iv) भाप अंगार गैस सृति अभिक्रिया तथा (v) ईंधन सेल।

उत्तर- उत्तर हेतु पाठ्य भाग देखें।

पाठ्य पुस्तक के प्रश्न एवं उत्तर

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. अतिशुद्ध डाइहाइड्रोजन किसके विद्युत अपघटन से प्राप्त होती है-

(a) H_2SO_4 युक्त जल से (b) NaOH युक्त जल से
(c) $Ba(OH)_2$ युक्त जल से (d) KOH युक्त जल से

Ans. (c)

2. भारी जल का अणुभार होगा-

(a) 10 (b) 12
(c) 18 (d) 20 **Ans. (d)**

3. निम्नलिखित में से कौनसा गुण हाइड्रोजन पराऑक्साइड नहीं दर्शाता है-

(a) अपचायक (b) ऑक्सीकारक
(c) निर्जलीकारक (d) विरंजक **Ans. (c)**

4. आर्थो तथा पेरा हाइड्रोजन किस कारण एक दूसरे से भिन्नता दर्शाता है-

(a) प्रोटॉन की संख्या (b) अणुभार
(c) इलेक्ट्रॉन के चक्रम की दिशा में
(d) प्रोटॉन के चक्रम की दिशा में **Ans. (d)**

5. भारी जल का सूत्र है-

(a) D_2O (b) D_2O_2
(c) H_2O (d) H_2O_2 **Ans. (a)**

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न-

प्र 1. हाइड्रोजन परमाणु की खोज किसने की थी?

उत्तर- हेनरी केवेण्डिश ने

प्र 2. इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर हाइड्रोजन को किस वर्ग में रखना चाहिये?

उत्तर- H व 1 वर्ग के तत्वों की बाधतम कक्षा में s' विन्यास है। अत: H परमाणु को इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर 1 वर्ग में रखना होगा।

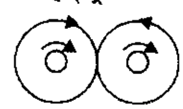
प्र 3. हाइड्रोजन के समस्थानिकों के नाम लिखिये तथा उनमें प्रोटॉन, न्यूट्रॉन एवं इलेक्ट्रॉन की संख्या बताइये।

उत्तर- Hydrogen के तीन समस्थानिक है।

(i) प्रोटियम $p = 1, n = 0, e = 1$
(ii) ड्यूटीरियम $p = 1, n = 1, e = 1$
(iii) ट्राइटियम $p = 1, n = 2, e = 1$

प्र 4. आर्थो हाइड्रोजन किसे कहते हैं?

उत्तर- जब प्रोटॉन या नाभिक का चक्रम एक ही दिशा में हो तो इस प्रकार के हाइड्रोजन को **आर्थो हाइड्रोजन** कहते हैं।



आर्थो हाइड्रोजन

प्र 5. हाइड्रोजन का कौनसा समस्थानिक रेडियो सक्रिय है?

उत्तर- हाइड्रोजन का ट्राइटियम समस्थानिक रेडियो सक्रिय है।

प्र 6. हाइड्रोजन के स्थान पर गुब्बारों में हीलियम गैस भरी जाती है क्यों?

उत्तर- He का अज्वलनशील प्रवृति के कारण।

प्र 7. जल में Oxygen तत्व की संकरण अवस्था क्या है?

उत्तर- sp^3 संकरण।

प्र 8. जल के अणु में बन्ध कोण का मान क्या होता है?

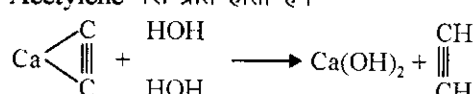
उत्तर- 104.5°

प्र 9. जल के उच्च क्वथनांक का क्या कारण है?

उत्तर- H-बंधन

प्र 11. केल्शियम कार्बाइड पर जल की क्रिया से कौनसी गैस बनती है?

उत्तर- Acetylene गैस प्राप्त होती है।



प्र 12. जल की अस्थायी कठोरता का क्या कारण है?

उत्तर- जल की अस्थायी कठोरता, उसके केल्शियम व मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट घूले होने के कारण होती है।

प्र 13. कोल गैस का रासायनिक सूत्र लिखिये-

उत्तर- कोल गैस में H_2 47%, CH_4 32%, CO 72%, N_2 (4%), C_2H_4 3%, C_2H_2 2% CO_3 1% व अन्य गैसे 4%.

प्र 14. H_2O_2 में ऑक्सीजन का ओ. अंक क्या है?

उत्तर-
$$H_2O_2 = 2[+1] + 2[x] = 0$$
$$2 + 2x = 0$$
$$x = -1$$

प्र 15. H_2O_2 की संरचना किस प्रकार की होती है?

उत्तर- बिन्दु 9.7.4 पृष्ठ संख्या 9.18 देखें।

लघूत्तरात्मक प्रश्न-

प्र 16. हाइड्रोजन की क्षार धातुओं से समानता लिखिये?

उत्तर- बिन्दु 9.1.1 पृष्ठ संख्या 9.1 देखें।

प्र 17. हाइड्रोजन की हैलोजन से समानतायें लिखिये?

उत्तर- बिन्दु 9.7.2 पृष्ठ संख्या 9.2 देखें।

प्र 18. बर्फ पानी पर तैरती है स्पष्ट कीजिये?

उत्तर- बिन्दु 9.5.3 का (A) भाग पृष्ठ 9.11 पर देखें।

प्र 19. जल की स्थायी कठोरता को दूर करने के लिये धावक सोडा विधि का वर्णन कीजिए?

उत्तर- बिन्दु 9.5.7 पृष्ठ संख्या 9.13 देखें।

प्र 20. हाइड्रोजन सामान्य ताप व दाब पर एक परमाण्विक की अपेक्षा द्विपरमाण्विक अवस्था में क्यों पाया जाता है?

उत्तर- H परमाणु की बाधतम कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन उपस्थित होता है जो कि अस्थायी है, अत: दो H परमाणु संयुक्त होकर, स्थायी व्यवस्था [2 e] हो जाने के कारण H परमाणु द्विपरमाण्विक के रूप में पायी जाती है।

प्र 21. भारी जल की अभिक्रिया मन्द क्यों होती है?

उत्तर- भारी जल में उपस्थित O – D बन्ध प्रबल होने के कारण इसकी अभिक्रिया मन्द होती है।

प्र 22. H_2O_2 की कोई चार उपयोग लिखिये?

उत्तर- बिन्दु 9.7.6 पृष्ठ संख्या 9.18 देखें।

प्र 23. डाइ हाइड्रोजन बनाने की प्रयोगशाला विधि का वर्णन कीजिये?

उत्तर- पृष्ठ संख्या 9.4 देखें।

प्र 24. परम्युरिट किसे कहते हैं?

उत्तर- सोडियम जीओलाइट $Na_2Al_2Si_2O_8 \cdot xH_2O$ को कहते है।

प्र 25. भारी जल किसे कहते है?

उत्तर- वह जल जो साबुन के साथ आसानी से झाग नहीं देता उसे भारी जल कहते है।

प्र 26. प्राचिन लैड पेन्टिंग को H_2O_2 के तनु विलयन में क्यों रखा जाता है?

उत्तर- पृष्ठ संख्या 9.18 देखें।

प्र 27. H_2O_2 की विरंजक क्रिया को समझाइये?

उत्तर- हाइड्रोजन परऑक्साइड एक मृदु विरंजक पदार्थ के रूप में काम करता है। H_2O_2 की ऑक्सीकरण अभिक्रिया के कारण इसकी विरंजक क्रिया होती है-

$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + O$$

रंगीन पदार्थ + (O) ⟶ रंगहीन

प्र 28. कोल गैसीकरण किसे कहते है?

उत्तर- कोक या कोल सिनगैस बनाने की विधि को कोल गैसीकरण कहते है।

प्र 29. जल की अस्थायी और स्थायी कठोरता के क्या कारण है?

उत्तर- जल की अस्थायी कठोरता, केल्शियम व मैग्नेशियम के बाइकार्बोनेट का जल में घुला होने के कारण व स्थायी कठोरता केल्शियम व मैग्नीशियम के सल्फेट क्लोराइड व नाइट्रेट के घूले होने के कारण होती है।

प्र 30. H_2O_2 का भंडारण क्यों व कैसे किया जाता है?

उत्तर- बिन्दु 9.7.5 पृष्ठ संख्या 9.18 देखें।

निबंधात्मक प्रश्न-

प्र 31. आवर्त सारणी में हाइड्रोजन को एक पृथक स्थान देना तर्कसंगत है। इस कथन को स्पष्ट कीजिये?

उत्तर- बिन्दु 9.1 देखें।

प्र 32. हाइड्राइडस किसे कहते है? ये कितने प्रकार के होते है? उदाहरण सहित समझाइये?

उत्तर- बिन्दु 9.4 देखें।

प्र 33. जल की कठोरता से क्या तात्पर्य है? जल की स्थायी कठोरता को दूर करने के लिये परक्यूटिट विधि का वर्णन कीजिये?

उत्तर- बिन्दु 9.5.7 पृष्ठ संख्या 9.13 देखें।

प्र 34. जल की आण्विक संगठन से क्या तात्पर्य है जल के अणु की संरचना को सचित्र समझाइये? बर्फ के साधारण रूप की संरचना का भी उल्लेख कीजिये?

उत्तर- बिन्दु 9.5.2 तथा 9.5.3 देखें।

प्र 35. H_2O_2 के संदर्भ में निम्नलिखित अभिक्रियाओं को समझाइये?

(a) ऑक्सीकारक एवं अपचायक गुण

(b) योगात्मक अभिक्रियाओ

(c) परॉऑक्साइड का निर्माण

(d) विघटन

उत्तर-(a) बिन्दु 9.7.3 देखें।

(b) बिन्दु 9.7.3 (8वीं अभिक्रिया) देखें।

(c) बिन्दु 9.7.1 देखें।

(d) बिन्दु 9.7.3 (1वीं अभिक्रिया) देखें।