એકમ 9

હાઈડ્રોજન (Hydrogen)

"હાઈડ્રોજન બ્રહ્માંડમાં વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. તે પૃથ્વીની સપાટી પર ત્રીજા ક્રમે વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવે છે. તે ભવિષ્યમાં ઊર્જાના મુખ્ય સ્રોત તરીકે જોવા મળશે."

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- આવર્તકોષ્ટકમાં હાઈડ્રોજનના સ્થાન માટેની જ્ઞાત ધારણાઓ કરી શકશો.
- ડાયહાઈડ્રોજનના સ્રોતના સ્વરૂપો અને તેના નાના પાયે તથા વ્યાપારિક ધોરણે બનાવટની પદ્ધતિઓ જણાવી શકશો તથા હાઈડ્રોજનના સમસ્થાનિકો વર્ણવી શકશો.
- હાઈડ્રોજન કેવી રીતે વિભિન્ન તત્ત્વો સાથે જોડાઈને આયનીય, આણ્વીય અને બિનતત્ત્વયોગમિતિય સંયોજનો બનાવી શકે છે તે સમજાવી શકશો.
- તેના ગુણધર્મોની સમજના આધારે ઉપયોગી પદાર્થો તથા નવી ટેક્નોલૉજીના ઉત્પાદનનું વર્ણન કરી શકશો.
- પાણીનું બંધારણ સમજી શકશો અને તે જ્ઞાનના આધારે પાણીના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો સમજાવી શકશો.
- વાતાવરણીય પાણીની ગુણવત્તા કેવી રીતે વિભિન્ન ઓગળેલા પદાર્થો પર આધારિત છે તે સમજાવી શકશો. કઠિન અને નરમ પાણી વચ્ચેનો તફાવત કહી શકશો તથા પાણીને નરમ કરવાનું શીખી શકશો.
- ભારે પાણી અને તેના મહત્ત્વ સંબંધિત જ્ઞાન મેળવી શકશો.
- હાઈડ્રોજન પેરૉક્સાઈડનું બંધારણ સમજી શકશો. તેની બનાવટની પદ્ધતિઓ અને તેના ગુણધર્મોના આધારે ઉપયોગી રસાયણોના ઉત્પાદન અને પર્યાવરણની સ્વચ્છતાને સમજી શકશો.
- ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપ, ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ, ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક, હાઈડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા અને હાઈડ્રોજનીકરણ વગેરે શબ્દો સમજી શકશો અને તેનો ઉપયોગ કરી શકશો.

કુદરતમાં આપણી આસપાસ રહેલા બધા તત્ત્વો પૈકી હાઈડ્રોજન તત્ત્વનું પરમાણ્વીય બંધારણ અતિ સાદું છે. તેના પરમાણુમાં એક પ્રોટોન અને એક ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે. જોકે તત્ત્વીય હાઈડ્રોજનનું અસ્તિત્વ દ્વિપરમાણ્વીય અણુ (H_2) સ્વરૂપે હોય છે. જેને ડાયહાઈડ્રોજન (H_2) કહે છે. અન્ય તત્ત્વોની સરખામણીમાં હાઈડ્રોજન તત્ત્વ વધારે સંયોજનો બનાવે છે. શું તમે જાણો છો ? કે હાઈડ્રોજનનો ઉપયોગ ઊર્જાના સ્રોત તરીકે કરીને વૈશ્વિક સ્તરે ઊર્જાની પૂર્તિ કરી શકાય. આ એકમમાં તમે હાઈડ્રોજનના ઔદ્યોગિક મહત્ત્વ વિશે અભ્યાસ કરી શકશો.

9.1 આવર્તકોષ્ટકમાં હાઈડ્રોજનનું સ્થાન (Position of Hydrogen in the Periodic Table)

હાઈડ્રોજન આવર્તકોષ્ટકનું પ્રથમ તત્ત્વ છે. તેમ છતાં આવર્તકોષ્ટકમાં તેનું સ્થાન ચર્ચાનો વિષય બની રહ્યો હતો. તમે જાણો છો તે મુજબ હાલમાં આવર્તકોષ્ટકમાં તત્ત્વોને તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના મુજબ ગોઠવવામાં આવે છે.

હાઈડ્રોજનની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $1s^1$ છે. એક બાજુ તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના આલ્કલી ધાતુઓ કે જે પ્રથમ સમૂહના તત્ત્વો છે. તેની બાહ્યતમ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના(ns^1)ને સમાન છે. બીજી બાજુ હાઈડ્રોજનમાં હેલોજનની જેમ (આવર્તકોષ્ટકમાં સત્તરમા સમૂહના તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રાનીય રચના ns^2np^5) હિલિયમ ઉમદા વાયુ તત્ત્વની ઇલેક્ટ્રૉન રચના ($1s^2$) કરતાં એક ઇલેક્ટ્રૉન ઓછો છે. તેથી હાઈડ્રોજન આલ્કલી ધાતુઓની જેમ એક ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને એક ધનવીજભારિત આયન બનાવે છે, સાથે સાથે હેલોજન તત્ત્વોની જેમ એક ઇલેક્ટ્રૉન મેળવીને એક ઋણવીજભારિત આયન બનાવે છે. આલ્કલી ધાતુની જેમ હાઈડ્રોજન ઑક્સાઇડ, હેલાઈડ અને સલ્ફાઇડ બનાવે છે. આલ્કલી ધાતુઓની વિરુદ્ધ અતિ ઊંચી આયનીકરણ એન્થાલ્પી ધરાવે છે અને સામાન્ય સ્થિતિમાં ધાત્વીય લાક્ષણિકતા ધરાવતો નથી. વાસ્તવમાં આયનીકરણ એન્થાલ્પીના સંદર્ભમાં હાઈડ્રોજન હેલોજન સાથે વધુ સામ્યતા દર્શાવે છે. Liની $\Delta_i H$નું મૂલ્ય 520 kJ mol^{-1}, Fનું મૂલ્ય 1680 kJ mol^{-1} અને Hનું મૂલ્ય 1312 kJ mol^{-1} છે. હેલોજનની જેમ તે દ્વિપરમાણ્વીય અણુ

બનાવે છે. તે વિભિન્ન તત્ત્વો સાથે જોડાઈને હાઇડ્રાઇડ અને અનેક સહસંયોજક સંયોજનો બનાવે છે. તેમ છતાં હાઇડ્રોજનની પ્રતિક્રિયાત્મકતા હેલોજન કરતાં ઘણી ઓછી છે.

કેટલીક હદ સુધી હાઇડ્રોજન આલ્કલી ધાતુઓ અને હેલોજન સાથે સમાનતા દર્શાવતો હોવા છતાં તેમની સાથે અસમાનતા પણ દર્શાવે છે. હવે પ્રાસંગિક પ્રશ્ન એ છે કે તેને આવર્તકોષ્ટકમાં ક્યાં મૂકવો જોઈએ ? હાઇડ્રોજન પરમાણુમાંથી એક ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થવાથી કેન્દ્ર (H^+)નું કદ ~1.5×10^{-3} pm જેટલું થાય છે. તે સામાન્ય પરમાણ્વીય અને આયનીય કદ 50થી 200 pm કરતાં અતિ નાનું છે. પરિણામે H^+ મુક્તપણે અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી, પરંતુ તે હંમેશાં અન્ય પરમાણુઓ કે અણુઓ સાથે જોડાયેલો હોય છે. આમ તેની વર્તણૂક અદ્વિતીય હોવાથી તેને આવર્તકોષ્ટમાં (એકમ 3) અલગ રીતે દર્શાવાય છે.

9.2 ડાયહાઇડ્રોજન (Dihydrogen) (H_2)

9.2.1 પ્રાપ્તિ (Occurrence)

ડાયહાઇડ્રોજન બ્રહ્માંડમાં વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે (બ્રહ્માંડના કુલ દળના 70 %) તથા સૌર વાતાવરણનું મુખ્ય તત્ત્વ છે. મોટા ગ્રહો ગુરુ અને શનિમાં હાઇડ્રોજન વધુ પ્રમાણમાં હોય છે, પરંતુ તેની વજનમાં હલકી પ્રકૃતિના કારણે તે પૃથ્વીના વાતાવરણમાં બહુ જ ઓછા પ્રમાણમાં (દળના 0.15 %) હોય છે. તે સંયોજિત અવસ્થામાં પૃથ્વીના પોપડા અને મહાસાગરના 15.4 % જેટલા ભાગનું નિર્માણ કરે છે. તે પાણી ઉપરાંત વનસ્પતિ અને પ્રાણી પેશીઓ, કાર્બોદિત પદાર્થો, પ્રોટીન, હાઇડ્રાઇડ, હાઇડ્રોકાર્બન અને ઘણા અન્ય સંયોજનોમાં સંયોજિત અવસ્થા સ્વરૂપે મળે છે.

9.2.2 હાઇડ્રોજનના સમસ્થાનિકો (Isotopes of Hydrogen)

હાઇડ્રોજનના ત્રણ સમસ્થાનિકો **પ્રોટિયમ** (^1_1H), **ડ્યુટેરિયમ** (^2_1H અથવા D) અને **ટ્રિટિયમ** (^3_1H અથવા T) છે. શું તમે અનુમાન લગાવી શકો છો કે આ સમસ્થાનિકો એકબીજાથી કેવી રીતે જુદા પડે છે ? આ ત્રણ સમસ્થાનિકો ન્યુટ્રોનની સંખ્યાના આધારે એકબીજાથી જુદા પડે છે. સામાન્ય હાઇડ્રોજનના (પ્રોટિયમ) કેન્દ્રમાં કોઈ ન્યુટ્રોન હોતા નથી, ડ્યુટેરિયમના (ભારે હાઇડ્રોજન તરીકે જાણીતો છે) કેન્દ્રમાં એક ન્યુટ્રોન અને ટ્રિટિયમના કેન્દ્રમાં બે ન્યુટ્રોન હોય છે. વર્ષ 1934માં અમેરિકન વૈજ્ઞાનિક હેરોલ્ડ સી. યૂરેને (Harold C. Urey) 2 પરમાણ્વીય દળવાળા હાઇડ્રોજનના સમસ્થાનિકોને ભૌતિક પદ્ધતિઓ વડે અલગ કરવાના કાર્ય માટે નૉબેલ પારિતોષિક પ્રાપ્ત થયું હતું.

હાઇડ્રોજનનો મુખ્ય સમસ્થાનિક પ્રોટિયમ છે. પૃથ્વીના હાઇડ્રોજનમાં ડ્યુટેરિયમ 0.0156 % સુધી મુખ્યત્વે HD સ્વરૂપે હોય છે. ટ્રિટિયમની સાંદ્રતા લગભગ 10^{18} પ્રોટિયમ પરમાણુમાં એક ટ્રિટિયમ પરમાણુની છે. આ સમસ્થાનિકોમાંથી માત્ર ટ્રિટિયમ રેડિયોસક્રિય ($t_{\frac{1}{2}}$ = 12.33 વર્ષ) છે તથા તે ઓછી ઊર્જાવાળા β કણોને ઉત્સર્જિત કરે છે.

કોષ્ટક 9.1 હાઇડ્રોજન પરમાણુના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મ	પ્રોટિયમ	ડ્યુટેરિયમ	ટ્રિટિયમ
સાપેક્ષ પ્રચૂરતા (%)	99.985	0.0156	10^{-15}
સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ ($gmol^{-1}$)	1.008	2.014	3.016
ગલનબિંદુ (K)	13.96	18.73	20.62
ઉત્કલનબિંદુ (K)	20.39	23.67	25.0
ઘનતા (gL^{-1})	0.09	0.18	0.27
ગલન એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	0.117	0.197	–
બાષ્પન એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	0.904	1.226	–
બંધ વિયોજન એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1} at 298 K)	435.88	443.35	–
આંતરકેન્દ્રીય અંતર (pm)	74.14	74.14	–
આયનીકરણ એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	1312	–	–
ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્તિ એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	-73	–	–
સહસંયોજક ત્રિજ્યા (pm)	37	–	–
આયનીય ત્રિજ્યા (H^-)(pm)	208	–	–

સમસ્થાનિકો સમાન ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ધરાવે છે તેથી તેમના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે. તેઓમાં મુખ્યત્વે બંધવિયોજન એન્થાલ્પીમાં (કોષ્ટક 9.1) તફાવતના કારણે માત્ર પ્રક્રિયાના વેગમાં તફાવત જોવા મળે છે. જ્યારે સમસ્થાનિકોના દળના તફાવતના કારણે તેઓના ભૌતિક ગુણધર્મોમાં તફાવત જોવા મળે છે.

9.3 ડાયહાઇડ્રોજનની બનાવટ (Preparation of Dihydrogen) (H_2)

ધાતુઓ અને ધાતુ હાઇડ્રાઇડમાંથી ડાયહાઇડ્રોજન બનાવવાની અનેક પદ્ધતિઓ છે.

9.3.1 પ્રયોગશાળામાં ડાયહાઇડ્રોજનની બનાવટ (Laboratory Preparation of Dihydrogen)

(i) સામાન્ય રીતે દાણાદાર ઝિંકની મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ડાયહાઇડ્રોજન બનાવી શકાય છે.

$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$

(ii) ઝિંકની જલીય આલ્કલી સાથેની પ્રક્રિયાથી પણ ડાયહાઇડ્રોજન બનાવી શકાય છે.

$$Zn + 2NaOH \rightarrow \underset{\text{સોડિયમ ઝિંકેટ}}{Na_2ZnO_2} + H_2$$

9.3.2 ડાયહાઇડ્રોજનનું વ્યાપારિક ઉત્પાદન (Commercial Production of Dihydrogen)

સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવાતી પદ્ધતિઓની રૂપરેખા નીચે દર્શાવેલી છે :

(i) પ્લેટિનમ વિદ્યુતધ્રુવના ઉપયોગથી ઍસિડિક પાણીનું વિદ્યુતવિભાજન ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે :

$$2H_2O(l) \xrightarrow[\text{અલ્પમાત્રામાં એસિડ / બેઇઝ}]{\text{વિદ્યુતવિભાજન}} 2H_2(g) + O_2(g)$$

(ii) નિકલ વિદ્યુતધ્રુવો વચ્ચે ગરમ બેરિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના જલીય દ્રાવણના વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા અતિશુદ્ધતાવાળો (> 99.95 %) ડાયહાઇડ્રોજન મળે છે.

(iii) ક્ષારવાળા પાણીના (દરિયાનું પાણી) (brine) વિદ્યુતવિભાજનથી સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને ક્લોરિનના ઉત્પાદન દરમિયાન ઉપપેદાશ તરીકે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. વિદ્યુતવિભાજન દરમિયાન નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ થાય છે.

ઍનોડ : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

કૅથોડ : $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

એકંદર પ્રક્રિયા,

$$2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) + 2H_2O(l) \downarrow$$

$$Cl_2(g) + H_2(g) + 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq)$$

(iv) ઊંચા તાપમાને હાઇડ્રોકાર્બન અથવા કોકની પાણીની વરાળ સાથે ઉદ્દીપકની હાજરીમાં પ્રક્રિયા થવાથી ડાયહાઇડ્રોજન નીપજ મળે છે.

$$C_nH_{2n+2} + nH_2O \xrightarrow[Ni]{1270\ K} nCO + (2n+1)H_2$$

દા.ત.,

$$CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow[Ni]{1270\ K} CO(g) + 3H_2(g)$$

CO અને H_2 વાયુના મિશ્રણને જળવાયુ કહે છે. CO અને H_2નું આ મિશ્રણ મિથેનોલ અને અનેક હાઇડ્રોકાર્બનના સંશ્લેષણમાં ઉપયોગી થાય છે. તેથી તેને સાંશ્લેષિત વાયુ અથવા **'સિનગૅસ (Syngas)'** કહે છે. હાલના સમયમાં સિનગૅસ સુએઝ, લાકડાના બારિક ભૂકા, લાકડાના ટુકડા, સમાચારપત્રના કાગળ વગેરેમાંથી બને છે. કોલસામાંથી સિનગૅસ બનાવવાની પ્રક્રિયાને 'કોલગેસિફીકેશન' કહે છે.

$$C(s) + H_2O(g) \xrightarrow{1270\ K} CO(g) + H_2(g)$$

આયર્ન ક્રોમેટ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં સિનગૅસ મિશ્રણમાંના કાર્બન મોનોક્સાઇડની પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉત્પાદન વધારી શકાય છે.

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

આ પ્રક્રિયાને જળવાયુ સ્થાનાંતર પ્રક્રિયા (Watergas shift reaction) કહે છે. આ જળવાયુને સોડિયમ આર્સેનાઇટના દ્રાવણમાંથી પસાર કરી કાર્બન ડાયોક્સાઇડને દૂર કરવામાં આવે છે.

હાલમાં ~77 % ઔદ્યોગિક ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉત્પાદન પેટ્રોરસાયણમાંથી, 18 % કોલસામાંથી, 4 % જલીય દ્રાવણના વિદ્યુતવિભાજનથી અને 1 % અન્ય સ્રોતમાંથી થાય છે.

9.4 ડાયહાઇડ્રોજનના ગુણધર્મો (Properties of Dihydrogen)

9.4.1 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

ડાયહાઇડ્રોજન રંગવિહીન, વાસવિહીન, સ્વાદવિહીન, દહનશીલ વાયુ છે. તે હવા કરતાં હલકો અને પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે. ડાયહાઇડ્રોજન અને ડ્યુટેરિયમના ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 9.1માં આપેલા છે.

9.4.2 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties)

ડાયહાઇડ્રોજનની (કોઈ પણ અણુ) રાસાયણિક વર્તણૂક મોટા ભાગે બંધવિયોજન એન્થાલ્પી દ્વારા નક્કી કરવામાં આવે છે. H–H બંધવિયોજન એન્થાલ્પી કોઈ તત્ત્વના બે પરમાણુઓ વચ્ચેના એકલબંધ માટે ઉચ્ચતમ હોય છે. આ તથ્ય પરથી તમે શું તારણ કાઢશો ? આ તે પરિબળના કારણે છે કે ડાયહાઇડ્રોજનનું તેના પરમાણુઓમાં વિયોજન 2000 K

તાપમાને માત્ર લગભગ 0.081 % જ થાય છે, જ્યારે 5000 K તાપમાને તે વધીને 95.5 % સુધી પહોંચી જાય છે. ઊંચી H–H બંધ એન્થાલ્પીના કારણે તે ઓરડાના તાપમાને સાપેક્ષ રીતે નિષ્ક્રિય હોય છે. આમ, વિદ્યુતચાપ અથવા પારજાંબલી વિકિરણો દ્વારા ઊંચા તાપમાને પરમાણ્વીય હાઇડ્રોજનનું ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. તે અપૂર્ણ ભરાયેલી ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $1s^1$ ધરાવે છે, તેથી તે મોટા ભાગે બધા તત્ત્વો સાથે જોડાઈ શકે છે. ડાયહાઇડ્રોજન પ્રક્રિયાઓમાં (i) એક ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને H^+ આપે છે. (ii) એક ઇલેક્ટ્રૉન મેળવીને H^- બનાવે છે અને (iii) ઇલેક્ટ્રૉનની ભાગીદારી કરીને એકલ સહસંયોજક બંધ બનાવે છે.

ડાયહાઇડ્રોજનનું રસાયણવિજ્ઞાન નીચે દર્શાવેલી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા સમજાવી શકાય છે.

હેલોજન સાથે પ્રક્રિયા : ડાયહાઇડ્રોજન હેલોજન (X_2) સાથે પ્રક્રિયા કરીને હાઇડ્રોજન હેલાઇડ (HX) બનાવે છે.

$$H_2(g) + X_2(g) \rightarrow 2HX(g) \ (X = F, Cl, Br, I)$$

ફ્લોરિન સાથેની પ્રક્રિયા અંધારામાં પણ થઈ શકે છે. આયોડિન સાથેની પ્રક્રિયા માટે ઉદ્દીપકની જરૂર પડે છે.

ડાયઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા : તે ડાયઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા કરીને પાણી બનાવે છે. આ પ્રક્રિયા પ્રબળ ઉષ્માક્ષેપક છે.

$$2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow[\text{ગરમી}]{\text{ઉદ્દીપક અથવા}} 2H_2O(l)$$

$$\Delta H^\ominus = -285.9 \text{ kJmol}^{-1}$$

ડાયનાઇટ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા : તે ડાયનાઇટ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા કરીને એમોનિયા બનાવે છે.

$$3H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow[Fe]{673 \text{ K, } 200 \text{ વાતા.}} 2NH_3(g)$$

$$\Delta H^\ominus = -92.6 \text{ kJmol}^{-1}$$

આ પ્રક્રિયા હેબર પદ્ધતિથી એમોનિયાના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે.

ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા : તે ઊંચા તાપમાને ઘણી ધાતુઓ સાથે સંયોજાઈને ધાતુના અનુવર્તી હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. (મુદ્દા નં. 9.5)

$$H_2(g) + 2M(g) \rightarrow 2MH(s)$$

જ્યાં, M આલ્કલી ધાતુઓ છે.

ધાતુ આયન અને ધાતુ ઑક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયાઓ : ડાયહાઇડ્રોજન કેટલાક ધાતુ આયનોના જલીય દ્રાવણ અને ધાતુઓના ઑક્સાઇડનું (આયર્ન ધાતુથી ઓછી સક્રિય) તેની અનુવર્તી ધાતુઓમાં રિડક્શન કરે છે.

$$H_2(g) + Pd^{2+}(aq) \rightarrow Pd(s) + 2H^+(aq)$$

$$yH_2(g) + M_xO_y(s) \rightarrow xM(s) + yH_2O(l)$$

કાર્બનિક સંયોજનો સાથે પ્રક્રિયા : ડાયહાઇડ્રોજન ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ઘણા કાર્બનિક સંયોજનો સાથે પ્રક્રિયા કરી ઉપયોગી ઔદ્યોગિક મહત્ત્વ ધરાવતી હાઇડ્રોજનીકૃત નીપજ બનાવે છે. દા.ત.,

(i) વનસ્પતિ તેલનું નિકલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં હાઇડ્રોજનીકરણ (Hydrogenation) કરતાં ખાદ્ય ચરબી (માર્ગેરીન અને વનસ્પતિ ઘી) બને છે.

(ii) ઓલીફીનનું હાઇડ્રોફોર્મિલીકરણ (Hydroformylation) કરવાથી આલ્ડિહાઇડ બને છે. જેનું પછીથી રિડક્શન થઈ આલ્કોહોલ બને છે.

$$H_2 + CO + RCH = CH_2 \rightarrow RCH_2CH_2CHO$$

$$H_2 + RCH_2CH_2CHO \rightarrow RCH_2CH_2CH_2OH$$

કોયડો 9.1

ડાયહાઇડ્રોજનની નીચે જણાવેલા પ્રક્રિયકો સાથેની પ્રક્રિયા અંગેની ટીપ્પણી કરો : (i) ક્લોરિન (ii) સોડિયમ અને (iii) કૉપર (II) ઑક્સાઇડ

ઉકેલ :

(i) ડાયહાઇડ્રોજન ક્લોરિનનું રિડક્શન ક્લોરાઇડ આયન (Cl^-)માં કરે છે અને પોતે ક્લોરિન વડે H^+માં ઑક્સિડેશન પામી હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ બનાવે છે. H અને Cl વચ્ચે એક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મની ભાગીદારી થઈ એક સહસંયોજક અણુ બને છે.

(ii) ડાયહાઇડ્રોજનનું સોડિયમ વડે રિડક્શન થઈ NaH બને છે. Na માંથી એક ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર H પર થઈ આયનીય સંયોજન Na^+H^- બને છે.

(iii) ડાયહાઇડ્રોજન કૉપર (II) ઑક્સાઇડનું શૂન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળા કૉપરમાં રિડક્શન કરે છે અને પોતે ઑક્સિડેશન પામી H_2O બનાવે છે. જે સહસંયોજક અણુ છે.

9.4.3 ડાયહાઇડ્રોજનના ઉપયોગો (Uses of Dihydrogen)

- ડાયહાઇડ્રોજનનો એક મોટો ઉપયોગ એમોનિયાના સંશ્લેષણમાં થાય છે જે નાઇટ્રિક ઍસિડ અને નાઇટ્રોજનયુક્ત ખાતરોના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.
- ડાયહાઇડ્રોજન સોયાબીન, કપાસના બીજ વગેરેમાંથી મળતા બહુઅસંતૃપ્તીય વનસ્પતિ તેલના હાઇડ્રોજનીકરણથી વનસ્પતિ ચરબીના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગમાં આવે છે.
- તે કાર્બનિક સંયોજનોની બનાવટમાં મુખ્યત્વે મિથેનોલના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.

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

- તેનો ધાતુ હાઇડ્રાઇડના ઉત્પાદનમાં બહોળો ઉપયોગ થાય છે (મુદ્દા નં. 9.5).
- તે વધુ ઉપયોગી રસાયણ હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.

- તે ધાતુકર્મ પ્રક્રમમાં ભારે ધાતુ ઑક્સાઇડનું ધાતુમાં રિડક્શન કરવા માટે ઉપયોગી છે.
- પરમાણ્વીય હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિહાઇડ્રોજન ટોર્ચ, કાપવાના અને વેલ્ડિંગના કામમાં વપરાય છે. પરમાણ્વીય હાઇડ્રોજન પરમાણુઓના (જે વિદ્યુત ચાપ દ્વારા ડાયહાઇડ્રોજનના વિયોજન દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે.) પુનર્જોડાણથી વેલ્ડિંગ કરવાની ધાતુઓની સપાટી પર લગભગ 4000 K તાપમાન પેદા થાય છે.
- તેનો ઉપયોગ અવકાશ સંશોધનમાં રોકેટના બળતણ તરીકે થાય છે.
- ડાયહાઇડ્રોજનનો ઉપયોગ બળતણકોષમાં વિદ્યુતશક્તિના ઉત્પાદન માટે થાય છે. પરંપરાગત અશ્મિગત ઇંધણ અને વિદ્યુતશક્તિની સરખામણીમાં ડાયહાઇડ્રોજનનો ઇંધણ તરીકેનો ઉપયોગ અનેક લાભ આપે છે. તે કોઈ પણ પ્રકારનું પ્રદૂષણ ફેલાવતું નથી. ડાયહાઇડ્રોજન ગૅસોલીન અને અન્ય ઇંધણના એકમ દ્રવ્યમાને ઉત્પન્ન થતી શક્તિની સરખામણીમાં વધુ શક્તિ ઉત્પન્ન કરે છે.

9.5 હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો (Hydrides)

ડાયહાઇડ્રોજન નિશ્ચિત પ્રક્રિયા પરિસ્થિતિમાં ઉમદા વાયુ તત્ત્વો સિવાય લગભગ બધા તત્ત્વો સાથે જોડાઈને દ્વિઅંગી સંયોજન બનાવે છે. જેને **હાઇડ્રાઇડ** કહે છે. જો તત્ત્વને 'E' વડે દર્શાવીએ તો હાઇડ્રાઇડને EH_x વડે દર્શાવી શકાય છે. (દા.ત., MgH_2) અથવા E_mH_n (દા.ત., B_2H_6)

હાઇડ્રાઇડને ત્રણ વિભાગમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે :

(i) આયનીય અથવા ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ
(ii) સહસંયોજક અથવા આણ્વીય હાઇડ્રાઇડ
(iii) ધાત્વીય અથવા બિનતત્ત્વયોગમિતિય હાઇડ્રાઇડ

9.5.1 આયનીય અથવા ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો (Ionic or Saline Hydrides)

મોટા ભાગના *s*-વિભાગના તત્ત્વો જે વિદ્યુતધન હોય છે તેઓ ડાયહાઇડ્રોજન સાથે તત્ત્વયોગમિતિય સંયોજન બનાવે છે. LiH, BeH_2 અને MgH_2 જેવા હલકા ધાતુ હાઇડ્રાઇડમાં સાર્થક સહસંયોજક લાક્ષણિકતા જોવા મળે છે. વાસ્તવમાં BeH_2 અને MgH_2 પોલિમર જેવા બંધારણ ધરાવે છે. આયનીય હાઇડ્રાઇડ ઘન અવસ્થામાં સ્ફટિકમય, અબાષ્પશીલ અને અવાહક હોય છે. આ હાઇડ્રાઇડ પિગલિત અવસ્થામાં વિદ્યુતનું વહન કરે છે અને વિદ્યુતવિભાજન દરમિયાન ઍનોડ પર ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે. જે હાઇડ્રાઇડમાં H^- આયનની હાજરી પુરવાર કરે છે.

$$2H^-(\text{પિગલિત}) \xrightarrow{\text{ઍનોડ}} H_2(g) + 2e^-$$

ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ પાણીની સાથે વિસ્ફોટકીય રીતે પ્રક્રિયા કરી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ આપે છે.

$$NaH(s) + H_2O(aq) \rightarrow NaOH(aq) + H_2(g)$$

લિથિયમ હાઇડ્રાઇડ સામાન્ય તાપમાને O_2 અથવા Cl_2 સાથે અપ્રતિક્રિયાત્મક છે. તેથી તે ઉપયોગી હાઇડ્રાઇડના સંશ્લેષણમાં વપરાય છે. દા.ત.,

$$8LiH + Al_2Cl_6 \rightarrow 2LiAlH_4 + 6LiCl$$
$$2LiH + B_2H_6 \rightarrow 2LiBH_4$$

9.5.2 સહસંયોજક અથવા આણ્વીયહાઇડ્રાઇડ (Covalent or Molecular Hydrides)

ડાયહાઇડ્રોજન મોટા ભાગના *p*-વિભાગના તત્ત્વો સાથે આણ્વીય સંયોજનો બનાવે છે. આ સંયોજનોના વધુ પ્રચલિત ઉદાહરણો CH_4, NH_3, H_2O અને HF છે. અનુકૂળતા માટે અધાતુ તત્ત્વોના હાઇડ્રોજન સાથેના સંયોજનોને પણ હાઇડ્રાઇડ માનવામાં આવે છે. સહસંયોજક હોવાના કારણે તેઓ બાષ્પશીલ સંયોજનો છે.

આણ્વીય હાઇડ્રાઇડને તેઓના લુઇસ બંધારણમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનની સાપેક્ષ સંખ્યા અને બંધની સાપેક્ષ સંખ્યા મુજબ પુનઃવર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે.

(i) ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઇડ્રાઇડ
(ii) ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ હાઇડ્રાઇડ
(iii) ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક હાઇડ્રાઇડ

ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઇડ્રાઇડનું નામ સૂચવે છે કે તેનું પરંપરાગત લુઇસ બંધારણ લખવામાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા અપૂરતી હશે. તેનું ઉદાહરણ ડાયબોરેન (B_2H_6) છે. વાસ્તવમાં સમૂહ 13ના બધા તત્ત્વો ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. તમે તેઓની વર્તણૂક સંદર્ભે શું અપેક્ષા રાખો છો ? તેઓ લુઇસ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે એટલે કે ઇલેક્ટ્રૉનગ્રાહી તરીકે વર્તે છે.

ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ હાઇડ્રાઇડના પરંપરાગત લુઇસ બંધારણ લખવા માટે પૂરતા ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે. સમૂહ 14ના બધા તત્ત્વો આવા સંયોજનો (દા.ત., CH_4) બનાવે છે, જે સમચતુષ્ફલકીય આકાર ધરાવે છે.

ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક હાઇડ્રાઇડમાં વધારાના ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે જે અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ તરીકે રહેલા હોય છે. સમૂહ 15થી 17ના તત્ત્વો આવા સંયોજનો (NH_3 એક અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ, H_2O બે અને HF ત્રણ અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મો ધરાવે છે) બનાવે છે. તમે આવા સંયોજનોની વર્તણૂક સંદર્ભે કેવી અપેક્ષા રાખો છો ? તેઓ લુઇસ બેઇઝ તરીકે વર્તે છે એટલે કે ઇલેક્ટ્રૉનદાતા તરીકે વર્તે છે. હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં વધુ વિદ્યુતઋણમય પરમાણુઓ જેવા કે N, O અને F પર રહેલા અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મોને કારણે અણુ-અણુ વચ્ચે હાઇડ્રોજન બંધ રચાય છે જેથી અણુઓનું સુયોજન (association) થાય છે.

કોયડો 9.2
તમે એવી અપેક્ષા રાખો છો કે N, O અને Fના હાઇડ્રાઇડના ઉત્કલનબિંદુ તે જ સમૂહના અન્ય સભ્યોના હાઇડ્રાઇડના ઉત્કલનબિંદુથી નીચાં હોય છે ? કારણ આપો.

ઉકેલ :

NH_3, H_2O અને HFના આણ્વીયદળના આધારે કહી શકાય કે તેઓના ઉત્કલનબિંદુ તે જ સમૂહના અન્ય તત્ત્વોના હાઇડ્રાઇડ સંયોજનના ઉત્કલનબિંદુ કરતાં નીચા હોવા જોઈએ, પરંતુ N, O, Fની વધુ વિદ્યુતઋણતાના કારણે તેઓના હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન બંધ બનાવવાની ક્ષમતા વધારે હોય છે. તેથી NH_3, H_2O અને HFના ઉત્કલનબિંદુ તે જ સમૂહના અન્ય તત્ત્વોના હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોના ઉત્કલનબિંદુથી ઊંચા હોય છે.

9.5.3 ધાત્વીય અથવા બિનતત્ત્વયોગમિતિય (અથવા આંતરાલીય) હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો (Metallic or Non-stoichiometric (or interstitial) Hydrides)

મોટા ભાગે *d*-વિભાગ અને *f*-વિભાગના તત્ત્વો આવા સંયોજનો બનાવે છે. જોકે સમૂહ 7, 8, 9ના ધાતુ તત્ત્વો હાઇડ્રાઇડ બનાવતા નથી. જ્યારે સમૂહ 6માંથી માત્ર ક્રોમિયમ જ CrH સંયોજન બનાવે છે. આ હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો ઉષ્મા અને વિદ્યુતનું વહન કરે છે, પરંતુ તેઓની વાહકતા તેઓના જનક ધાતુઓ જેટલી કાર્યક્ષમ હોતી નથી. આ સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજનની ઊણપને કારણે ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ વિપરિત તેઓ હંમેશાં બિનતત્ત્વયોગમિતિય સ્વરૂપમાં હોય છે. દા.ત., $LaH_{2.87}$, $YbH_{2.55}$, $TiH_{1.5\text{-}1.8}$, $ZrH_{1.3\text{-}1.75}$, $VH_{0.56}$, $NiH_{0.6\text{-}0.7}$, $PdH_{0.6\text{-}0.8}$ વગેરે. આવા હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં નિશ્ચિત સંરચનાનો નિયમ પળાતો નથી.

અગાઉ એમ વિચારવામાં આવ્યું હતું કે હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન ધાતુના સ્ફટિક લેટિસના આંતરાલીય સ્થાનમાં સ્થાન મેળવે છે ત્યારે તેના પ્રકારમાં કોઈ પણ ફેરફાર વિનાની વિકૃતિ ઉત્પન્ન થાય છે. આથી તેઓને આંતરાલીય હાઇડ્રાઇડ કહેવામાં આવે છે. જોકે હાલનો અભ્યાસ દર્શાવે છે કે Ni, Pd, Ce અને Acના હાઇડ્રાઇડ સિવાયના આ વર્ગના અન્ય હાઇડ્રાઇડ તેઓના જનક ધાતુતત્ત્વોથી અલગ સ્ફટિક લેટિસ ધરાવે છે. સંક્રાંતિ ધાતુઓ પર હાઇડ્રોજનના અધિશોષણનો ગુણધર્મ વધુ સંખ્યામાં સંયોજનોની બનાવટ માટેની ઉદ્દીપકીય રિડક્શન/હાઇડ્રોજનીકરણ પ્રક્રિયાઓમાં વધુ ઉપયોગી થાય છે. કેટલીક ધાતુઓ (દા.ત., Pd, Pt) ઘણા મોટા કદના હાઇડ્રોજનને સમાવી શકે છે તેથી તેઓને સંગ્રહ-માધ્યમ તરીકે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. આ ગુણધર્મ **હાઇડ્રોજન સંગ્રહમાં** અને **ઊર્જા સ્રોત** તરીકે ઉપયોગી થઈ શકે છે.

કોયડો 9.3

ફોસ્ફરસ તેની બાહ્યતમ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $3s^2 3p^3$ ના આધારે PH_5 સંયોજન બનાવી શકશે ?

ઉકેલ :

ફોસ્ફરસ +3 અને +5 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે, પરંતુ તે PH_5 બનાવી શકતો નથી. કેટલાક અન્ય તથ્યોને કારણે ડાયહાઇડ્રોજનનું ઊંચું $\Delta_d H$ મૂલ્ય અને $\Delta_{eg} H$ મૂલ્ય Pની ઉચ્ચતમ ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવવાનું અને પરિણામસ્વરૂપ PH_5 બનવાનું સમર્થન કરતા નથી.

9.6 પાણી (Water)

બધા સજીવોનો એક મોટો ભાગ પાણીનો બનેલો છે. માનવશરીરમાં લગભગ 65 % અને કેટલીક વનસ્પતિઓમાં લગભગ 95 % ભાગ પાણી હોય છે. સજીવોને જીવિત રહેવા માટે પાણી એક અગત્યનું સંયોજન છે. તે અતિ અગત્યનો દ્રાવક છે. પૃથ્વીની સપાટી પર પાણીનું વિતરણ એક સમાન થયેલું હોતું નથી. વિશ્વમાં પાણીનો અંદાજિત પુરવઠો કોષ્ટક 9.2માં દર્શાવેલો છે.

કોષ્ટક 9.2 વિશ્વમાં પાણીનો અંદાજિત પુરવઠો

સ્રોત	કુલ જથ્થાના ટકા
સમુદ્ર/મહાસાગર	97.33
ક્ષારયુક્ત તળાવ અને ટાપુના દરિયા	0.008
ધ્રુવીય બરફ અને હિમનદીઓ	2.04
ભૌમજળ	0.61
સરોવરો અથવા તળાવ	0.009
જમીનમાંનો ભેજ	0.005
વાતાવરણીય પાણીની બાષ્પ	0.001
નદીઓ	0.0001

9.6.1 પાણીના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Water)

પાણી રંગવિહીન અને સ્વાદવિહીન પ્રવાહી છે. કોષ્ટક 9.3માં પાણીના અને ભારે પાણીના ભૌતિક ગુણધર્મો દર્શાવેલા છે.

સંઘનિત અવસ્થામાં (પ્રવાહી અને ઘન અવસ્થા) પાણીનો અસામાન્ય ગુણધર્મ પાણીના અણુઓ વચ્ચે રહેલા વિસ્તૃત હાઇડ્રોજન બંધને કારણે હોય છે. આ વર્ગના અન્ય તત્ત્વોના હાઇડ્રાઇડ H_2S અને H_2Seની સરખામણીમાં પાણીના ઉચ્ચ ઠારબિંદુ, ઉચ્ચ ઉત્કલનબિંદુ, ઉચ્ચ બાષ્પન ઉષ્મા અને ઉચ્ચ ગલન ઉષ્મા પાણીમાં રહેલા હાઇડ્રોજન બંધને આભારી છે. અન્ય પ્રવાહીઓ સાથેની સરખામણીમાં પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા, ઉષ્માવાહકતા, પૃષ્ઠતાણ, દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રા અને ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંક (પરાવૈદ્યુત અચળાંક) વગેરેના મૂલ્યો ઊંચા હોય છે. આ ગુણધર્મોને કારણે જીવાવરણમાં પાણી અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે.

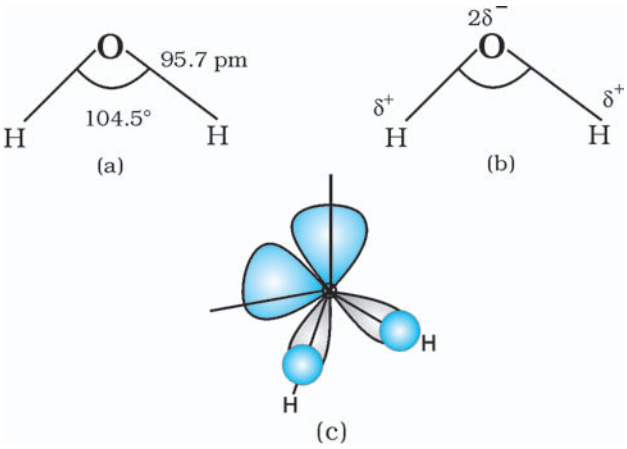
કોષ્ટક 9.3 H_2O અને D_2Oના ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મ	H_2O	D_2O
આણ્વિયદળ ($g\ mol^{-1}$)	18.0151	20.0276
ગલનબિંદુ / K	273.0	276.8
ઉત્કલનબિંદુ / K	373.0	374.4
સર્જન એન્થાલ્પી / $kJ\ mol^{-1}$	–285.9	–294.6
બાષ્પન એન્થાલ્પી (373 K) / $kJ\ mol^{-1}$	40.66	41.61
ગલન એન્થાલ્પી / $kJ\ mol^{-1}$	6.01	–
મહત્તમ ઘનતાનું તાપમાન / K	276.98	284.2
ઘનતા (298 K) / $g\ cm^{-3}$	1.0000	1.1059
સ્નિગ્ધતા / centipoise	0.8903	1.107
ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંક / $C^2 / N{\cdot}m^2$	78.39	78.06
વિદ્યુતવાહકતા (293 K/$ohm^{-1}cm^{-1}$)	5.7×10^{-8}	–

પાણીની ઊંચી બાષ્પન ઉષ્મા અને ઉષ્માધારિતા સજીવોના શરીરના તાપમાન અને વાતાવરણના સામાન્ય તાપમાનને જાળવી રાખે છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓની ચયાપચય ક્રિયા માટે જરૂરી આયનો અને અણુઓના પરિવહન માટે પાણી અગત્યના દ્રાવક તરીકે વર્તે છે. પાણી ધ્રુવીય અણુઓ સાથે હાઇડ્રોજન બંધ બનાવે છે, તેથી આલ્કોહોલ અને કાર્બોહાઇડ્રેટ જેવા સહસંયોજક સંયોજનો પાણીમાં દ્રાવ્ય થાય છે.

9.6.2 પાણીનું બંધારણ (Structure of Water)

વાયુ અવસ્થામાં પાણી કોણીય આકાર ધરાવે છે. આકૃતિ 9.1(a)માં દર્શાવ્યા મુજબ તેનો બંધકોણ 104.5° અને O–H બંધલંબાઈ 95.7 pm છે.



પાણીનો અણુ

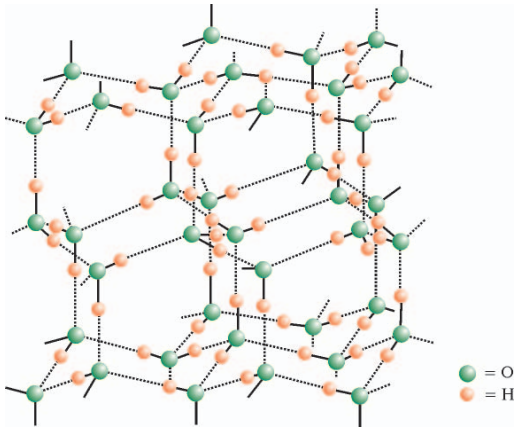
આકૃતિ 9.1 (a) પાણીનું કોણીય બંધારણ (b) દ્વિધ્રુવ તરીકે પાણીનો અણુ (c) પાણીના અણુમાં કક્ષકીય સંમિશ્રણ આકૃતિ

તે અત્યંત ધ્રુવીય અણુ (આકૃતિ 9.1(b)) છે. તેનું કક્ષકીય સંમિશ્રણ આકૃતિ 9.1(c)માં દર્શાવેલું છે. પ્રવાહી અવસ્થામાં પાણીના અણુઓ એકબીજા સાથે હાઇડ્રોજન બંધથી જોડાયેલા હોય છે.

બરફ પાણીનું સ્ફટિકીય સ્વરૂપ છે. વાતાવરણના દબાણે બરફ ષટકોણીય સ્વરૂપે સ્ફટિકીકરણ પામે છે, પરંતુ ખૂબ જ નીચા તાપમાને તે સમઘન સ્વરૂપે સંઘનિત થાય છે. બરફની ઘનતા તે પાણીની ઘનતા કરતાં ઓછી હોવાથી બરફ પાણી પર તરે છે. શિયાળામાં તળાવની સપાટી પર બરફ જામી જાય છે જે ઉષ્મા અવરોધન પ્રદાન કરે છે, જેથી જલીય જીવસૃષ્ટિ સુરક્ષિત રહે છે. ઉપરોક્ત બાબત પરિસ્થિતિકીય દૃષ્ટિએ ખૂબ યથાર્થ છે.

9.6.3 બરફનું બંધારણ (Structure of Ice)

બરફ સુવ્યવસ્થિત ત્રિપરિમાણીય હાઇડ્રોજન બંધ ધરાવતું બંધારણ છે, જેને આકૃતિ 9.2માં દર્શાવવામાં આવ્યું છે. X-કિરણો દ્વારા અભ્યાસ કરવાથી માલૂમ પડ્યું કે બરફના



આકૃતિ 9.2 બરફનું બંધારણ

સ્ફટિકમાં ઑક્સિજન પરમાણુ ચાર હાઇડ્રોજન પરમાણુઓથી 276 pm ના અંતરે સમચતુષ્ફલકીય સ્વરૂપે ઘેરાયેલો છે.

હાઇડ્રોજન બંધ બરફમાં વિશાળ છિદ્રોવાળું ખુલ્લું બંધારણ બનાવે છે. આ છિદ્રો યોગ્ય કદના કેટલાક અન્ય અણુઓને આંતરાલયમાં સ્થાન આપે છે.

9.6.4 પાણીના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Water)

પાણી અનેક પદાર્થો સાથે પ્રક્રિયા કરે છે. કેટલીક અગત્યની પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવેલી છે.

(1) ઉભયધર્મી સ્વભાવ : પાણી ઍસિડ તેમજ બેઇઝ તરીકે વર્તવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. એટલે કે ઉભયધર્મી પદાર્થ છે. બ્રોન્સ્ટેડ સંકલ્પના મુજબ પાણી NH_3 સાથે ઍસિડ તરીકે અને H_2S સાથે બેઇઝ તરીકે વર્તે છે.

$$H_2O(l) + NH_3(aq) \rightleftharpoons OH^-(aq) + NH_4^+(aq)$$

$$H_2O(l) + H_2S(aq) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HS^-(aq)$$

પાણીના સ્વયં પ્રોટોવિભાજનને (auto-protolysis) (સ્વ-આયનીકરણ) નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય.

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

ઍસિડ-1 બેઇઝ-2 ઍસિડ-2 બેઇઝ-1

(ઍસિડ) (બેઇઝ) (સંયુગ્મી ઍસિડ) (સંયુગ્મી બેઇઝ)

(2) પાણીની રેડોક્ષ પ્રક્રિયા : પાણી વધુ વિદ્યુતધનમય ધાતુ દ્વારા ડાયહાઇડ્રોજનમાં સરળતાથી રિડક્શન પામી શકે છે.

$$2H_2O(l) + 2Na(s) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

આમ, તે ડાયહાઇડ્રોજનનો મહત્ત્વનો સ્રોત છે.

પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન પાણી O_2માં ઑક્સિડેશન પામે છે.

$$6CO_2(g) + 12H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6H_2O(l) + 6O_2(g)$$

ફ્લોરિન સાથે પણ તે O_2માં ઑક્સિડેશન પામે છે.

$$2F_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + 4F^-(aq) + O_2(g)$$

(3) જળવિભાજન પ્રક્રિયા : પાણીના ઊંચા ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંકના કારણે તે પ્રબળ જલીયકરણ ગુણ ધરાવે છે. તે ઘણા આયનીય સંયોજનોને દ્રાવ્ય કરે છે. આમ કેટલાક સહસંયોજક અને આયનીય સંયોજનો પાણીમાં જળવિભાજન પામે છે.

$$P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \rightarrow 4H_3PO_4(aq)$$

$$SiCl_4(l) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4HCl(aq)$$

$$N^{3-}(s) + 3H_2O(l) \rightarrow NH_3(g) + 3OH^-(aq)$$

(4) જળયુક્ત સંયોજનોનું નિર્માણ : જલીય દ્રાવણમાંથી ઘણા ક્ષારોનું તેના જળયુક્ત ક્ષાર તરીકે સ્ફટિકિકરણ કરી શકાય છે. પાણીનું આવું જોડાણ જુદા જુદા પ્રકારે જોવા મળે છે. જેમકે,

(i) સવર્ગ સહસંયોજિત પાણી દા.ત., $[Cr(H_2O)_6]^{3+}\ 3Cl^-$

(ii) આંતરાલીય પાણી દા.ત., $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

(iii) હાઇડ્રોજન બંધિત પાણી દા.ત., $CuSO_4 \cdot 5H_2O$માં $[Cu(H_2O)_4]^{2+}\ SO_4^{2-} \cdot H_2O$

કોયડો 9.4

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ માં કેટલા પાણીના અણુઓ હાઇડ્રોજન બંધથી જોડાયેલા છે ?

ઉકેલ :

માત્ર પાણીનો એક અણુ. જે મોટા કૌંસની બહાર (સહસંયોજક ક્ષેત્ર) છે તે હાઇડ્રોજન બંધ દ્વારા જોડાયેલો છે. બાકીના ચાર પાણીના અણુઓ સવર્ગ સહસંયોજિત છે.

9.6.5 કઠિન અને નરમ પાણી (Hard and Soft Water)

સામાન્ય રીતે વરસાદનું પાણી લગભગ શુદ્ધ હોય છે (વાતાવરણના કેટલાક વાયુઓ ઓગળેલા હોય છે). પાણી ઉત્તમ દ્રાવક હોવાથી જ્યારે તે જમીન પરથી પસાર થાય છે ત્યારે ઘણા ક્ષારો તેમાં ઓગળે છે. પાણીમાં રહેલા કેલ્શિયમ અને મેગ્નેશિયમના હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટ, ક્લોરાઇડ અને સલ્ફેટ ક્ષારોના કારણે પાણી **કઠિન** બને છે. **કઠિન પાણી** સાબુના દ્રાવણ સાથે ફીણ આપતું નથી. દ્રાવ્ય કેલ્શિયમ અને મેગ્નેશિયમના ક્ષારોથી મુક્ત પાણીને **નરમ પાણી** કહે છે. તે સાબુના દ્રાવણ સાથે સરળતાથી ફીણ આપે છે.

કઠિન પાણી સાબુ સાથે અવક્ષેપ ઉત્પન્ન કરે છે. સાબુ સોડિયમ સ્ટીઅરેટ ($C_{17}H_{35}COONa$) ધરાવે છે તે કઠિન પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી Ca/Mg સ્ટીઅરેટના અવક્ષેપ ઉત્પન્ન કરે છે.

$$2C_{17}H_{35}COONa(aq) + M^{2+}(aq) \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2M\downarrow + 2Na^+(aq);$$

જ્યાં, M = Ca/Mg

આમ, કઠિન પાણી ધોલાઈ કાર્ય માટે અનુકૂળ હોતું નથી. તે બોઈલર માટે નુકસાનકારક છે, કારણ કે તેનાથી બોઈલરમાં ક્ષારનું સ્તર જામતું જાય છે, જે બોઈલરની ક્ષમતા ઘટાડે છે.

પાણીમાં બે પ્રકારની કઠિનતા જોવા મળે છે : (i) અસ્થાયી કઠિનતા (ii) સ્થાયી કઠિનતા

9.6.6 અસ્થાયી કઠિનતા (Temporary Hardness)

પાણીમાં અસ્થાયી કઠિનતા કેલ્શિયમ અને મેગ્નેશિયમના હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટની હાજરીના કારણે હોય છે. પાણીમાં રહેલી અસ્થાયી કઠિનતા નીચેની રીતો દ્વારા દૂર કરી શકાય છે.

(i) ઉકાળવું : ઉકાળવાની પ્રક્રિયા દરમિયાન દ્રાવ્ય $Mg(HCO_3)_2$, અદ્રાવ્ય $Mg(OH)_2$ માં અને દ્રાવ્ય $Ca(HCO_3)_2$ અદ્રાવ્ય $CaCO_3$ માં રૂપાંતર પામે છે. $MgCO_3$ કરતાં $Mg(OH)_2$ ના દ્રાવ્યતા ગુણાકારનું મૂલ્ય વધુ હોવાથી $Mg(OH)_2$ અવક્ષેપિત થાય છે. આ અવક્ષેપને ગાળણક્રિયાથી દૂર કરવામાં આવે છે. મળતું ગાળણ નરમ પાણી હશે.

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{ગરમી}} Mg(OH)_2\downarrow + 2CO_2\uparrow$$

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{ગરમી}} CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

(ii) ક્લાર્ક પદ્ધતિ : આ પદ્ધતિમાં ગણતરી કરેલા જથ્થા મુજબ ફોડેલા ચૂનાને કઠિન પાણીમાં ઉમેરવામાં આવે છે તેથી કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ અને મેગ્નેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના અવક્ષેપ ઉત્પન્ન થાય છે, જેને ગાળણ દ્વારા દૂર કરવામાં આવે છે.

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

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

9.6.7 કાયમી કઠિનતા (Permanent Hardness)

કાયમી કઠિનતા પાણીમાં રહેલા કેલ્શિયમ અને મેગ્નેશિયમના ક્લોરાઇડ અને સલ્ફેટ સ્વરૂપના દ્રાવ્ય ક્ષારોને કારણે હોય છે. કાયમી કઠિનતાને ઉકાળવાની ક્રિયાથી દૂર કરી શકાતી નથી. તેને નીચે દર્શાવેલી પદ્ધતિઓ દ્વારા દૂર કરી શકાય છે.

(i) ધોવાના સોડાના (સોડિયમ કાર્બોનેટ) ઉપચારથી : ધોવાના સોડા કઠિન પાણીમાં રહેલા દ્રાવ્ય કેલ્શિયમ અને મેગ્નેશિયમના સલ્ફેટ અને ક્લોરાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરી અદ્રાવ્ય કાર્બોનેટ બનાવે છે.

$$MCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MCO_3\downarrow + 2NaCl \quad (M = Mg, Ca)$$

$$MSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow MCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

(ii) કાલગૉન પદ્ધતિ : સોડિયમ હેક્ઝામેટાફોસ્ફેટ ($Na_6P_6O_{18}$) જેને વ્યાપારિક રીતે 'કાલગૉન' કહેવામાં આવે છે. તેને કઠિન પાણીમાં ઉમેરતાં નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણેની પ્રક્રિયાઓ થાય છે.

$$Na_6P_6O_{18} \rightarrow 2Na^+ + Na_4P_6O_{18}^{2-}$$

$$M^{2+} + Na_4P_6O_{18}^{2-} \rightarrow [Na_2MP_6O_{18}]^{2-} + 2Na^+ \quad (M = Mg, Ca)$$

આ સંકીર્ણ ઋણઆયન Mg^{2+} અને Ca^{2+} ને દ્રાવણોમાં રાખે છે.

(iii) આયન વિનિમય પદ્ધતિ : આ પદ્ધતિને ઝીઓલાઇટ/પરમ્યૂટિટ પદ્ધતિ પણ કહે છે. જળયુક્ત સોડિયમ એલ્યુમિનિયમ સિલિકેટને ઝીઓલાઇટ/પરમ્યૂટિટ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. સરળતા માટે સોડિયમ એલ્યુમિનિયમ સિલિકેટને ($NaAlSiO_4$) NaZ તરીકે લખી શકાય છે, જ્યારે આ પદાર્થને કઠિન પાણીમાં ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે વિસ્થાપન પ્રક્રિયા થાય છે.

$$2NaZ(s) + M^{2+}(aq) \rightarrow MZ_2(s) + 2Na^+(aq) \quad (M = Mg, Ca)$$

પરમ્યૂટિટ/ઝીઓલાઇટમાંથી બધો સોડિયમ વપરાઈ જાય છે ત્યારે તે બિનકાર્યક્ષમ બને છે, પરંતુ તેનો જલીય સોડિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણ દ્વારા ઉપચાર કરવામાં આવે તો તે પુનર્જીવિત એટલે કે ફરીથી કાર્યક્ષમ બની શકે છે.

$$MZ_2(s) + 2NaCl(aq) \rightarrow 2NaZ(s) + MCl_2(aq)$$

(iv) સાંશ્લેષિત રેઝિન પદ્ધતિ : પ્રવર્તમાન સમયમાં કઠિન પાણીને નરમ બનાવવામાં સાંશ્લેષિત ધનાયન વિનિમયકર્તાનો (Synthetic cation exchanger) ઉપયોગ થાય છે. આ પદ્ધતિ ઝીઓલાઇટ પદ્ધતિ કરતાં વધુ અસરકારક છે. ધનાયન વિનિમય રેઝિન $-SO_3H$ સમૂહ ધરાવતો મોટો કાર્બનિક અણુ છે, જે પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. આયન વિનિમય રેઝિનની (RSO_3H) સોડિયમ ક્લોરાઇડ સાથેની પ્રક્રિયાથી RNa બને છે. આ રેઝિન કઠિન પાણીમાં રહેલા Ca^{2+} અને Mg^{2+} આયનોનું Na^+ વડે વિસ્થાપન કરી પાણીને નરમ બનાવે છે. અહીં R રેઝિન ઋણાયન છે.

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

આ રેઝિનને જલીય સોડિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણની મદદથી પુનઃ કાર્યક્ષમ બનાવી શકાય છે.

કઠિન પાણીને ક્રમાનુસાર ધનાયન વિનિમય રેઝિન (H^+ સ્વરૂપમાં) અને ઋણાયન વિનિમય રેઝિનમાંથી (OH^- સ્વરૂપમાં) પસાર કરવાથી પાણીમાં રહેલા બધા દ્રાવ્ય ખનિજ ક્ષારો દૂર થઈ શુદ્ધ વિખનિજિત પાણી (de-mineralised water) અથવા વિઆયનીકૃત પાણી (de-ionized water) મળે છે.

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

ધનાયન વિનિમય પદ્ધતિમાં H^+ આયનનો વિનિમય પાણીમાં રહેલા Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} અને અન્ય ધનાયનો દ્વારા થાય છે. આમ આ પદ્ધતિમાં પ્રોટોન મુક્ત થાય છે તેથી પાણી ઍસિડિક બને છે. ઋણાયન વિનિમય પદ્ધતિમાં :

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

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

OH^- આયનનો વિનિમય પાણીમાં રહેલા Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-} વગેરે ઋણાયનો દ્વારા થાય છે. આ રીતે ઉત્પન્ન થયેલો OH^- ધનાયન વિનિમયથી ઉત્પન્ન થયેલા H^+ સાથે પ્રક્રિયા કરી પાણીને તટસ્થ બનાવે છે.

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

આમ બિનકાર્યક્ષમ બનેલા ધનાયન અને ઋણાયન વિનિમય રેઝિનને અનુક્રમે મંદ ઍસિડ અને મંદ આલ્કલીના દ્રાવણની મદદથી પુનઃકાર્યક્ષમ બનાવી શકાય છે.

9.7 હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ (Hydrogen Peroxide) (H_2O_2)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ ઘરેલુ અને ઔદ્યોગિક એકમોમાંથી બહાર છોડવામાં આવતા નકામા પ્રવાહીના (effluents) પ્રદૂષણમુક્ત ઉપચારમાં વપરાતું અગત્યનું રસાયણ છે.

9.7.1 બનાવટ (Preparation)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડને નીચેની પદ્ધતિઓ દ્વારા બનાવી શકાય છે :

(i) બેરિયમ પેરૉક્સાઇડને ઍસિડિક બનાવી તથા પાણીના વધારાના જથ્થાનું નીચા દબાણે બાષ્પીભવન કરી હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ મેળવી શકાય છે.

$BaO_2 \cdot 8H_2O(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + H_2O_2(aq) + 8H_2O(l)$

(ii) ઊંચી વિદ્યુતપ્રવાહ ઘનતાએ ઍસિડિક સલ્ફેટ દ્રાવણનું વિદ્યુતવિઘટનીય ઑક્સિડેશન થઈ પેરૉક્સોડાયસલ્ફેટ મળે છે, જેનું જળવિભાજન થઈ હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ મળે છે.

$2HSO_4^-(aq) \xrightarrow{\text{વિદ્યુતવિભાજન}} HO_3SOOSO_3H(aq)$

$\xrightarrow{\text{જળ વિભાજન}} 2HSO_4^-(aq) + 2H^+(aq) + H_2O_2(aq)$

હાલમાં પ્રયોગશાળામાં D_2O_2 ની બનાવટ માટે આ પદ્ધતિ ઉપયોગમાં લેવાય છે.

$K_2S_2O_8(s) + 2D_2O(l) \rightarrow 2KDSO_4(aq) + D_2O_2(l)$

(iii) ઔદ્યોગિક રીતે હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ 2-આલ્કાઇલ એન્થ્રાક્વીનોલના સ્વનિયંત્રિત ઑક્સિડેશન (autoxidation) દ્વારા બને છે.

2-ઇથાઇલએન્થ્રાક્વીનોલ $\underset{H_2/Pd}{\overset{O_2\ (હવા)}{\rightleftharpoons}}$ H_2O_2 + (ઑક્સિડેશન પામેલી નીપજ)

આ કિસ્સામાં 1 % H_2O_2 બને છે, તેને પાણી સાથે નિષ્કર્ષિત કરવામાં આવે છે. ત્યારબાદ તેને નીચા દબાણે નિસ્યંદન દ્વારા 30 % (દળ પ્રમાણે) સુધી સાંદ્ર બનાવવામાં આવે છે. તેને નીચા દબાણે નિસ્યંદન દ્વારા વધુ કાળજીપૂર્વક 85 % સુધી સાંદ્ર બનાવી શકાય છે. બાકીના પાણીને બરફ બનાવીને શુદ્ધ H_2O_2 મેળવી શકાય છે.

9.7.2 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

શુદ્ધ અવસ્થામાં H_2O_2 લગભગ રંગવિહીન (અતિ આછો વાદળી) પ્રવાહી છે. તેના અગત્યના ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 9.4માં દર્શાવેલા છે.

H_2O_2 દરેક પ્રમાણમાં પાણી સાથે મિશ્રિત થઈ શકે છે અને જળયુક્ત $H_2O_2 \cdot H_2O$ (ગલનબિંદુ 221 K) બનાવે છે. H_2O_2નું 30 % વાળું દ્રાવણ બજારમાં '100 કદ' તરીકે વેચાય છે. તેનો અર્થ એ થાય કે 30 % H_2O_2 વાળા દ્રાવણનું 1 મિલિલિટર જેટલું કદ STP એ 100 V જેટલો ઑક્સિજન આપે છે. વ્યાપારિક ધોરણે જે 10 V તરીકે વેચાય છે તે 3 % H_2O_2 સાંદ્રતા ધરાવે છે.

કોયડો 9.5

10 કદવાળા હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ દ્રાવણની પ્રબળતાની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

10 કદવાળા H_2O_2ના દ્રાવણનો અર્થ STP એ H_2O_2નું 1 L દ્રાવણ 10 L ઑક્સિજન આપે છે.

$2H_2O_2(l) \rightarrow O_2(g) + H_2O(l)$

2×34 g STP એ

68 g 22.4 L

STP એ 22.4 L O_2 68 g H_2O_2 માંથી ઉત્પન્ન થાય છે.

STP એ 10 L O_2 $\frac{68 \times 10}{22.4}$ g H_2O_2 માંથી ઉત્પન્ન થાય છે.

$H_2O_2 = \frac{68 \times 10}{22.4}$ g $= 30.36$ g

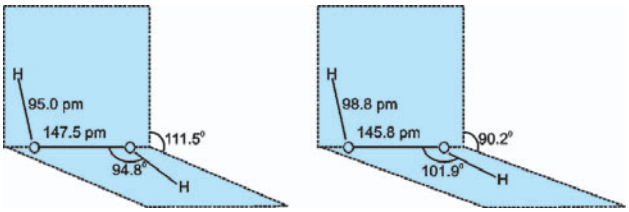
તેથી 10 કદના H_2O_2 માં H_2O_2 ની પ્રબળતા $= 30.36$ g/L

કોષ્ટક 9.4 હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડના ભૌતિક ગુણધર્મો

ગલનબિંદુ / K	272.4	ઘનતા (298 K તાપમાને પ્રવાહી) / g cm^{-3}	1.44
ઉત્કલનબિંદુ (અનુમાનિત) / K	423	સ્નિગ્ધતા (290 K) / centipoise	1.25
બાષ્પદબાણ (298 K) / mmHg	1.9	ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંક (298 K) / C^2 / N m^2	70.7
ઘનતા (268.5 K તાપમાને ઘન) / g cm^{-3}	1.64	વિદ્યુતવાહકતા (298 K) / Ω^{-1} cm^{-1}	5.1×10^{-8}

9.7.3 બંધારણ (Structure)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ અસમતલીય બંધારણ ધરાવે છે. વાયુ અવસ્થા અને ઘન અવસ્થામાં તેના આણ્વીય પરિમાણોને આકૃતિ 9.3માં દર્શાવ્યા છે.



(a) વાયુ અવસ્થા (b) ઘન અવસ્થા

આકૃતિ 9.3 (a) વાયુ અવસ્થામાં H_2O_2નું બંધારણ, દ્વિતલ ખૂણો 111.5° છે. (b) ઘન અવસ્થામાં H_2O_2નું બંધારણ, દ્વિતલ ખૂણો 90.2° છે.

9.7.4 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ ઍસિડિક અને બેઝિક બંને માધ્યમમાં ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા તરીકે વર્તે છે. કેટલીક સાદી પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવી છે :

(i) ઍસિડિક માધ્યમમાં ઑક્સિડેશન અસર

$$2Fe^{2+}(aq) + 2H^+(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2H_2O(l)$$

$$PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 4H_2O(l)$$

(ii) ઍસિડિક માધ્યમમાં રિડક્શન અસર

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

$$HOCl + H_2O_2 \rightarrow H_3O^+ + Cl^- + O_2$$

(iii) બેઝિક માધ્યમમાં ઑક્સિડેશન અસર

$$2Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow 2Fe^{3+} + 2OH^-$$

$$Mn^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Mn^{4+} + 2OH^-$$

(iv) બેઝિક માધ્યમમાં રિડક્શન અસર

$$I_2 + H_2O_2 + 2OH^- \rightarrow 2I^- + 2H_2O + O_2$$

$$2MnO_4^- + 3H_2O_2 \rightarrow 2MnO_2 + 3O_2 + 2H_2O + 2OH^-$$

9.7.5 સંગ્રહ (Storage)

H_2O_2 પ્રકાશના સંપર્કમાં આવતા ધીરે ધીરે વિઘટન પામે છે.

$$2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

ધાતુની સપાટી અથવા અલ્પમાત્રામાં રહેલા બેઇઝ (કાચના પાત્રમાં રહેલા) ઉપરની પ્રક્રિયાને ઉદ્દીપિત (catalysed) કરે છે. તેથી તેને મીણનું સ્તર ચઢાવેલ કાચ કે પ્લાસ્ટિકના પાત્રમાં અંધારામાં રાખવામાં આવે છે. યુરિયાને તેમાં સ્થાયીકારક તરીકે ઉમેરવામાં આવે છે. તેને ધૂળના કણોથી દૂર રાખવામાં આવે છે. કારણ કે ધૂળ હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડના વિસ્ફોટકીય વિઘટનને પ્રેરિત કરે છે.

9.7.6 ઉપયોગો (Uses)

H_2O_2ના બહોળા ઉપયોગના કારણે તેના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનમાં વધારો થતો રહે છે. તેના કેટલાક ઉપયોગો નીચે દર્શાવ્યા છે :

(i) રોજિંદા જીવનમાં H_2O_2નો ઉપયોગ વાળના રંગનાશક (hair bleach) તરીકે અને મંદ સંક્રમણહારક (disinfectant) તરીકે થાય છે. તે જીવાણુનાશી (antiseptic) તરીકે બજારમાં પરહાઇડ્રોલના (perhydrol) નામે વેચાય છે.

(ii) તે સોડિયમ પરબોરેટ અને સોડિયમ પરકાર્બોનેટ જેવા રસાયણોના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે. આવા રસાયણો ઊંચી ગુણવત્તાવાળા પ્રક્ષાલકોની બનાવટમાં વપરાય છે.

(iii) તે હાઇડ્રોક્વીનોન, ટાર્ટરિક ઍસિડ અને કેટલાક ખાદ્ય પદાર્થો તથા ઔષધો (સિફેલોસ્પોરિન) વગેરેના સંશ્લેષણમાં ઉપયોગી છે.

(iv) ઉદ્યોગોમાં તેનો ઉપયોગ કાપડ, કાગળનો માવો, ચામડું, તેલ, ચરબી વગેરે માટે રંગનાશક તરીકે થાય છે.

(v) પ્રવર્તમાન સમયમાં તે પર્યાવરણીય (હરિયાળુ) રસાયણ-વિજ્ઞાનમાં પણ ઉપયોગી બને છે. દા.ત., ઘરેલુ અને ઔદ્યોગિક એકમોમાંથી બહાર છોડવામાં આવતા નકામા પ્રવાહીના પ્રદૂષણમુક્ત ઉપચારમાં, સાયનાઇડ સંયોજનોના ઑક્સિડેશનમાં, સુએઝ કચરામાં જારક પરિસ્થિતિના પુનઃસ્થાપનમાં H_2O_2 ઉપયોગી છે.

9.8 ભારે પાણી (Heavy Water) (D_2O)

ભારે પાણીનો બહોળા પ્રમાણમાં ઉપયોગ ન્યુક્લિયર રિએક્ટરમાં ન્યુટ્રોન મંદક તરીકે અને વિનિમય પ્રક્રિયાઓની ક્રિયાવિધિના અભ્યાસમાં થાય છે. તેનું ઉત્પાદન પાણીના સંપૂર્ણ વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા અથવા કેટલાક ખાતરના ઉદ્યોગમાં ઉપપેદાશ તરીકે થાય છે. તેના ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 9.3માં દર્શાવેલા છે. તે અન્ય ડ્યુટેરિયમ સંયોજનોની બનાવટમાં વપરાય છે. દા.ત.,

$$CaC_2 + 2D_2O \rightarrow C_2D_2 + Ca(OD)_2$$

$$SO_3 + D_2O \rightarrow D_2SO_4$$

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

9.9 ઇંધણ તરીકે ડાયહાઇડ્રોજન (Dihydrogen as a Fuel)

ડાયહાઇડ્રોજન દહન દરમિયાન અધિક માત્રામાં ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરે છે. ડાયહાઇડ્રોજન, મિથેન, LPG વગેરે ઇંધણના

સમાન જથ્થાના (મૉલમાં, દળમાં અને કદમાં) દહનથી મુક્ત થતી ઊર્જાના મૂલ્યોને કોષ્ટક 9.5માં દર્શાવ્યા છે.

કોષ્ટક 9.5 પરથી સ્પષ્ટ છે કે ડાયહાઈડ્રોજન તેને સમાન દ્રવ્યમાનવાળા પેટ્રોલ કરતાં (ત્રણ ગણું) વધારે ઊર્જા મુક્ત કરી શકે છે. વધુમાં ડાયહાઈડ્રોજનના દહન દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં પ્રદૂષકોનું પ્રમાણ પેટ્રોલના દહન દરમિયાન ઉત્પન્ન થતા પ્રદૂષકો કરતાં ઓછું હોય છે. ડાયહાઈડ્રોજન દ્વારા ઉત્પન્ન થતા પ્રદૂષકમાં માત્ર ડાયનાઈટ્રોજનના ઑક્સાઇડ જ હોય છે. (ડાયહાઈડ્રોજનની સાથે ડાયનાઈટ્રોજનની અશુદ્ધિઓ રહેલી હોય છે.) ગૅસના સિલિન્ડરમાં થોડા પ્રમાણમાં પાણીને દાખલ કરવાથી તાપમાન ઘટવાને કારણે ડાયનાઈટ્રોજન અને ડાયઑક્સિજન વચ્ચે પ્રક્રિયા થતી નથી. જો કે ડાયહાઈડ્રોજન વાયુને જે પાત્રમાં રાખવામાં આવે છે તેના દળને ધ્યાનમાં લેવું જોઈએ. સંકોચિત ડાયહાઈડ્રોજન વાયુના પાત્રનું વજન સમાન જથ્થામાં ઊર્જા પ્રાપ્ત થાય તેટલા પ્રમાણમાં પેટ્રોલની ટાંકીના વજન કરતાં 30 ગણુ વધારે હોય છે. ડાયહાઈડ્રોજન વાયુ 20 K તાપમાને ઠંડો પડી પ્રવાહીમાં રૂપાંતર પામે છે. તેથી મોંઘી અવાહક ટાંકીઓની આવશ્યકતા રહે છે. $NaNi_5$, $Ti\text{-}TiH_2$, $Mg\text{-}MgH_2$ વગેરે જેવી મિશ્રધાતુઓની બનેલી ટાંકીઓનો ઉપયોગ ડાયહાઈડ્રોજનના ઓછા જથ્થાને સંગ્રહ કરવામાં થાય છે. આ મર્યાદાઓએ સંશોધનકર્તાઓને ડાયહાઈડ્રોજનનો કાર્યક્ષમ રીતે ઉપયોગ કરવા માટેના વિકલ્પો શોધવા પ્રોત્સાહિત કર્યા.

આ સંદર્ભે ભાવિ વિકલ્પ **હાઈડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા** છે. હાઈડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થાનો મૂળ સિદ્ધાંત પ્રવાહી અથવા વાયુ સ્વરૂપના ડાયહાઈડ્રોજન સ્વરૂપની ઊર્જાનું પરિવહન અને સંગ્રહ છે. હાઈડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થાનો ફાયદો એ છે કે ઊર્જાનું સંચરણ વિદ્યુતઊર્જાના સ્વરૂપે નહીં પણ ડાયહાઈડ્રોજન સ્વરૂપે થાય છે. આપણા દેશના ઇતિહાસમાં પહેલી વાર ઑક્ટોબર 2005માં સ્વયંસંચાલિત વાહનોમાં ડાયહાઈડ્રોજનનો બળતણ તરીકે ઉપયોગ કરવાનો નાના પાયા પરનો પ્રોજેક્ટ શરૂ કર્યો. શરૂઆતમાં ચાર પૈડાંવાળા વાહનો માટે 5 % ડાયહાઈડ્રોજન મિશ્રિત CNGનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો. ત્યારબાદ ડાયહાઈડ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ ધીરે ધીરે વધારી અનુકૂળ પ્રમાણ સુધી પહોંચી શકાશે.

પ્રવર્તમાન સમયમાં ડાયહાઈડ્રોજનનો ઉપયોગ બળતણ-કોષમાં વિદ્યુતઊર્જાના ઉત્પાદન માટે થાય છે. એવી અપેક્ષા છે કે આવનારા વર્ષોમાં ડાયહાઈડ્રોજન આર્થિક રીતે પોષાય તેવું અને સુરક્ષિત ઊર્જા સ્રોત તરીકે ઓળખાશે.

કોષ્ટક 9.5 વિભિન્ન ઈંધણના (મોલમાં, દળમાં, કદમાં) દહનથી મૂક્ત થતી ઊર્જા

દહનથી મુક્ત થતી ઊર્જા kJ માં	ડાયહાઈડ્રોજન (વાયુ અવસ્થામાં)	ડાયહાઈડ્રોજન (પ્રવાહી અવસ્થામાં)	LPG	CH_4 વાયુ	ઑક્ટેન (પ્રવાહી અવસ્થામાં)
પ્રતિ મોલ	286	285	2220	880	5511
પ્રતિ ગ્રામ	143	142	50	53	47
પ્રતિ લિટર	12	9968	25590	35	34005

સારાંશ

હાઈડ્રોજન માત્ર એક ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવતો સૌથી હલકો પરમાણુ છે. તે ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને મૂળભૂત કણ પ્રોટોન બનાવે છે. આ તેનું વિશિષ્ટ લક્ષણ છે. તેના ત્રણ સમસ્થાનિકો **પ્રોટિયમ** (^1_1H), **ડ્યુટેરિયમ** (D અથવા ^2_1H) અને **ટ્રિટિયમ** (T અથવા ^3_1H) છે. આ ત્રણેમાં માત્ર ટ્રિટિયમ રેડિયોસક્રિય છે. આલ્કલી ધાતુઓ અને હેલોજન તત્ત્વો સાથે સામ્યતા હોવા છતાં તેના વિશિષ્ટ ગુણધર્મોના કારણે આવર્તકોષ્ટકમાં તેનું સ્થાન અદ્વિતીય જોવા મળે છે.

બ્રહ્માંડમાં હાઈડ્રોજન વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. મુક્ત અવસ્થામાં તે પૃથ્વીના વાતાવરણમાં જોવા મળતું નથી, પરંતુ સંયોજિત અવસ્થામાં પૃથ્વીની સપાટી પર વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતા તત્ત્વોના ક્રમમાં હાઈડ્રોજનનું સ્થાન ત્રીજું છે.

પેટ્રોરસાયણમાંથી **જળવાયુ સ્થાનાંતર** પ્રક્રિયા દ્વારા ડાયહાઈડ્રોજનનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. તે ક્ષારવાળા પાણીના વિદ્યુતવિભાજનથી ઉપપેદાશ તરીકે ઉત્પન્ન થાય છે.

ડાયહાઈડ્રોજનની H–H **બંધ વિયોજન એન્થાલ્પી** (435.88 kJ mol^{-1}) કોઈ તત્ત્વના બે પરમાણુઓ વચ્ચેના એકલબંધ માટે ઉચ્ચતમ હોય છે. આ ગુણધર્મના આધારે ડાયહાઈડ્રોજનનો ઉપયોગ પરમાણ્વીય ટોર્ચમાં થાય છે. પરિણામે તાપમાન ~4000 K સુધી પહોંચે છે જે ઊંચા ગલનબિંદુવાળી ધાતુઓના વેલ્ડિંગ માટે આદર્શ તાપમાન છે.

ઓરડાના તાપમાને ડાયહાઈડ્રોજનની ઘણી ઊંચી ઋણ વિયોજન એન્થાલ્પીના કારણે તે નિષ્ક્રિય હોય છે. તે અનુકૂળ પરિસ્થિતિમાં લગભગ બધા તત્ત્વો સાથે જોડાઈને **હાઈડ્રાઈડ** બનાવે છે. બધા હાઈડ્રાઈડને ત્રણ વિભાગમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે : આયનીય અથવા ક્ષારીય હાઈડ્રાઈડ, સહસંયોજક અથવા આણ્વીય હાઈડ્રાઈડ અને ધાત્વીય અથવા બિનતત્ત્વયોગમિતિય હાઈડ્રાઈડ. અન્ય હાઈડ્રાઈડ સંયોજનો બનાવવા માટે આલ્કલી ધાતુ હાઈડ્રાઈડ ઉપયોગી પ્રક્રિયક છે. આણ્વીય હાઈડ્રાઈડ (દા.ત., B_2H_6, CH_4, NH_3, H_2O) રોજિંદા જીવનમાં અતિ મહત્ત્વના સંયોજનો છે. ધાત્વીય હાઈડ્રાઈડનો ઉપયોગ ડાયહાઈડ્રોજનના અતિશુદ્ધીકરણ માટે અને ડાયહાઈડ્રોજનના સંગ્રહ માધ્યમ તરીકે થાય છે.

ડાયહાઈડ્રોજનની અન્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ પૈકી **રિડક્શન પ્રક્રિયા** દ્વારા હાઈડ્રોજન હેલાઈડ, પાણી, એમોનિયા, મિથેનોલ, વનસ્પતિ ઘી વગેરે અતિ મહત્ત્વના સંયોજનોનું નિર્માણ થાય છે. ધાતુકર્મ પ્રક્રમમાં તે ધાતુ ઑક્સાઈડના રિડક્શન માટે ઉપયોગી છે. અવકાશ કાર્યક્રમોમાં તે રોકેટના બળતણ તરીકે ઉપયોગી છે. ભવિષ્યમાં તે પ્રદૂષણમુક્ત ઈંધણ સ્વરૂપે મહત્ત્વ ધરાવશે (**હાઈડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા**).

પાણી અતિ સામાન્ય, વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતો પદાર્થ છે. તે રાસાયણિક અને જૈવિક દૃષ્ટિએ અતિ મહત્ત્વનું છે. પાણીનું પ્રવાહી અવસ્થામાંથી ઘન અવસ્થા તથા પ્રવાહી અવસ્થામાંથી વાયુ અવસ્થામાં સરળતાથી રૂપાંતરણ થાય છે, જે **જીવાવરણ**માં અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે. પાણીનો અણુ તેના કોણીય બંધારણના કારણે વધુ ધ્રુવીય પ્રકૃતિ ધરાવે છે. આ ગુણધર્મના કારણે બરફમાં મહત્તમ હાઈડ્રોજન બંધ અને પાણીની બાષ્પમાં ન્યૂનતમ હાઈડ્રોજન બંધ હોય છે. પાણીની ધ્રુવીય પ્રકૃતિના કારણે – (a) તે આયનીય અને આંશિક આયનીય સંયોજનો માટે ઉત્તમ દ્રાવક તરીકે વર્તે છે. (b) તે ઊભયધર્મી (ઍસિડ અને બેઇઝ) પદાર્થ તરીકે વર્તે છે. (c) તે વિભિન્ન પ્રકારના જળયુક્ત સંયોજનો બનાવે છે. પાણીના ઘણા ક્ષારોને ઓગાળવાના ગુણધર્મને કારણે પાણી કઠિન બને છે જે ઉદ્યોગો માટે નુકસાનકારક હોય છે. ઝીઓલાઇટ અને સાંશ્લેષિત આયન વિનિમયકર્તા દ્વારા પાણીની અસ્થાયી અને સ્થાયી **કઠિનતા**ને દૂર કરી શકાય છે.

ભારે પાણી (D_2O) અગત્યનું સંયોજન છે જેનું ઉત્પાદન સામાન્ય પાણીના વિદ્યુતવિઘટન દ્વારા કરવામાં આવે છે. તે આવશ્યક રીતે ન્યુક્લિયર રિએક્ટરમાં ન્યુટ્રોન મંદક તરીકે ઉપયોગી છે.

હાઈડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ (H_2O_2) અસમતલીય બંધારણ ધરાવે છે. તે ઔદ્યોગિક રંગનાશક અને ઔષધોમાં તથા ઘરેલુ અને ઔદ્યોગિક એકમો દ્વારા છોડવામાં આવતા નકામા પ્રવાહીના પ્રદૂષણમુક્ત ઉપચારમાં બહોળા પ્રમાણમાં વપરાય છે.

સ્વાધ્યાય

9.1 આવર્તકોષ્ટકમાં હાઈડ્રોજન તત્ત્વના સ્થાનનું વાજબીપણું તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાના આધારે નક્કી કરો.

9.2 હાઈડ્રોજનના સમસ્થાનિકોના નામ લખો. આ સમસ્થાનિકોના દળ ગુણોત્તર શું છે ?

9.3 સામાન્ય સ્થિતિમાં હાઈડ્રોજન એક પરમાણ્વીય સ્વરૂપ કરતાં દ્વિપરમાણ્વીય સ્વરૂપમાં શા માટે જોવા મળે છે?

9.4 'કોલ ગેસિફીકેશન' દ્વારા થતું ડાયહાઈડ્રોજનનું ઉત્પાદન કેવી રીતે વધારી શકાય ?

9.5 વિદ્યુતવિભાજન પદ્ધતિ દ્વારા મોટા પાયે ડાયહાઈડ્રોજનની બનાવટ વર્ણવો. આ પ્રક્રમમાં વિદ્યુતવિભાજયની શું ભૂમિકા રહેલી છે ?

9.6 નીચે જણાવેલી પ્રક્રિયાઓ પૂર્ણ કરો :

(i) $H_2(g) + M_mO_o(s) \xrightarrow{\Delta}$

(ii) $CO(g) + H_2(g) \xrightarrow[\text{ઉદ્દીપક}]{\Delta}$

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

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

9.7 ડાયહાઈડ્રોજનની રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતાના સ્વરૂપે H–H બંધની ઊંચી એન્થાલ્પીના પરિણામોની ચર્ચા કરો.

9.8 હાઈડ્રોજનના (i) ઈલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા (ii) ઈલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ અને (iii) ઈલેક્ટ્રૉન ધનિક સંયોજનો અંગે તમારી સમજ શું છે ? તમારા ઉત્તરનું વાજબીપણું યોગ્ય ઉદાહરણ દ્વારા સમજાવો.

9.9 ઈલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઈડ્રાઈડ સંયોજનોના બંધારણ અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓના આધારે તેની લાક્ષણિકતાઓ અંગે તમારી શું અપેક્ષાઓ છે ?

9.10 શું તમે એવી અપેક્ષા રાખો છો કે C_nH_{2n+2} પ્રકારના કાર્બન હાઈડ્રાઈડ સંયોજનો લુઈસ ઍસિડ કે બેઇઝની જેમ વર્તશે ? તમારા ઉત્તરનું વાજબીપણું જણાવો.

9.11 ''બિનતત્ત્વયોગમિતિય હાઈડ્રાઈડ'' અંગે તમારી સમજ શું છે ? શું તમે એવી અપેક્ષા રાખો છો કે આલ્કલી ધાતુઓ આ પ્રકારના હાઈડ્રાઈડ બનાવી શકે ? તમારા ઉત્તરનું વાજબીપણું આપો.

9.12 હાઈડ્રોજન સંગ્રહ માટે ધાત્વીય હાઈડ્રાઈડ કેવી રીતે ઉપયોગી છે ? સમજાવો.

9.13 પરમાણ્વીય હાઈડ્રોજન અથવા ઑક્સિ-હાઈડ્રોજન ટોર્ચ કાપવાના અને વેલ્ડિંગના કામમાં કેવી રીતે ઉપયોગી બને છે સમજાવો.

9.14 તમે NH_3, H_2O અને HF પૈકી કોના હાઈડ્રોજન બંધના ઊંચા પરિમાણની અપેક્ષા રાખો છો ? શા માટે ?

9.15 ક્ષારીય હાઈડ્રાઈડ પાણી સાથે વિસ્ફોટકીય પ્રક્રિયા કરી આગ ઉત્પન્ન કરે છે. આ કિસ્સામાં અગ્નિશામક તરીકે જાણીતા CO_2નો ઉપયોગ કરી શકાય ? સમજાવો.

9.16 નીચે દર્શાવેલાની ગોઠવણી કરો :

(i) CaH_2, BeH_2 અને TiH_2ને વિદ્યુત વાહકતાના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

(ii) LiH, NaH અને CsHને આયનીય લાક્ષણિકતાના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

(iii) H–H, D–D અને F–Fને બંધવિયોજન એન્થાલ્પીના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

(iv) NaH, MgH_2 અને H_2Oને રિડક્શન કરવાના ગુણધર્મના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

9.17 H_2O અને H_2O_2ના બંધારણોની તુલના કરો.

9.18 પાણીના 'સ્વયં પ્રોટોવિભાજન' શબ્દ અંગે તમારી સમજ શું છે ? તેની સાર્થકતા શું છે ?

9.19 પાણીની F_2 સાથેની પ્રક્રિયાને ધ્યાને લઈ ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન સંદર્ભે જણાવો કે કઈ સ્પીસિઝનું ઑક્સિડેશન/રિડક્શન થશે ?

9.20 નીચે દર્શાવેલી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ પૂર્ણ કરો :

(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) $AlCl_3(g) + H_2O(l) \rightarrow$

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

ઉપર દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓને (a) જળવિભાજન (b) રેડોક્ષ અને (c) જલીયકરણ પ્રક્રિયાઓમાં વર્ગીકૃત કરો.

9.21 બરફના સામાન્ય સ્વરૂપના બંધારણનું વર્ણન કરો.

9.22 કયા કારણોને લીધે પાણી અસ્થાયી અને સ્થાયી કઠિનતા ધરાવે છે ?

9.23 સાંશ્લેષિત આયન વિનિમય રેઝિન દ્વારા કઠિન પાણીને નરમ બનાવવાની પદ્ધતિ અને સિદ્ધાંતની ચર્ચા કરો.

9.24 પાણીના ઉભયધર્મી સ્વભાવ દર્શાવતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ લખો.

9.25 હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા તરીકે કાર્ય કરે છે તેવું વાજબીપણું દર્શાવતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ લખો.

9.26 વિખનિજિત પાણી એટલે શું ? તે કેવી રીતે મેળવી શકાય છે ?

9.27 શું વિખનિજિત પાણી અથવા નિસ્યંદિત પાણીનો ઉપયોગ પીવા માટે કરી શકાય ? જો ના, તો તેને પીવાલાયક બનાવવા શું કરવું જોઈએ ?

9.28 જીવાવરણ અને જૈવપ્રણાલીમાં પાણીની ઉપયોગિતા વર્ણવો.

9.29 પાણીનો કયો ગુણધર્મ તેને દ્રાવક તરીકે ઉપયોગી બનાવે છે ? તે કયા પ્રકારના સંયોજનોને (i) દ્રાવ્ય કરી શકે છે અને (ii) જળવિભાજિત કરી શકે છે ?

9.30 H_2O અને D_2Oના ગુણધર્મો જાણીએ છીએ તે પ્રમાણે શું તમે માનો છો કે D_2Oને પીવા માટે ઉપયોગમાં લઈ શકાય ?

9.31 'જળવિભાજન' અને 'જલીયકરણ' શબ્દો વચ્ચે શું તફાવત રહેલો છે ?

9.32 ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ કેવી રીતે કાર્બનિક સંયોજનોમાંથી પાણીની અલ્પમાત્રાને દૂર કરી શકે છે ?

9.33 પરમાણ્વીયક્રમાંક 15, 19, 23 અને 44વાળા તત્ત્વો જો ડાયહાઇડ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા કરીને હાઇડ્રાઇડ બનાવતા હોય તો તમે તેમની પ્રકૃતિ વિષે શું અપેક્ષા રાખો છો ? પાણી સાથેની તેમની વર્તણૂકની તુલના કરો.

9.34 જ્યારે એલ્યુમિનિયમ (III) ક્લોરાઇડ અને પોટેશિયમ ક્લોરાઇડની જુદી જુદી (i) સામાન્ય પાણી (ii) ઍસિડિક પાણી અને (iii) બેઝિક પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરવામાં આવે તો તમે તે દ્રાવણમાં કઈ નીપજોની અપેક્ષા રાખો છો ? જ્યાં જરૂરી લાગે ત્યાં રાસાયણિક સમીકરણો લખો.

9.35 H_2O_2 કેવી રીતે રંગનાશક તરીકે વર્તે છે ?

9.36 નીચે દર્શાવેલા શબ્દો અંગે તમારી સમજ શું છે ?

(i) હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા (ii) હાઇડ્રોજનીકરણ (iii) સિનગૅસ (iv) જળવાયુ સ્થાનાંતર પ્રક્રિયા
(v) બળતણ કોષ