Chapter-9

हाइड्रोजन

(Hydrogen)

पाठ्य-पुस्तक के प्रश्नोत्तर

प्रश्न 9.1. हाइड्रोजन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर आवर्त सारणी में इसकी स्थिति को युक्तिसंगत ठहराइए।

उत्तर—हाइड्रोजन आवर्त सारणी का प्रथम तत्त्व है। हाइड्रोजन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^1$ है। इसका बाह्यतम इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्षार धातुओं (ns^1) के समान है, जो आवर्त सारणी के प्रथम वर्ग से सम्बन्धित है। दूसरी ओर हैलोजनों की भाति ($ns^2 np^5$) है, जो आवर्त सारणी के सत्रहवें वर्ग से सम्बन्धित है। इलेक्ट्रॉनिक विन्यास में एक इलेक्ट्रॉनिक कम होने के कारण हाइड्रोजन क्षार धातुओं के समानता दर्शाता है, जो एक इलेक्ट्रॉन व्यागम एकधनीय आयन बनाते हैं। साथ ही यह हैलोजन की भांति एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर एक ऋणीय आयन बनाता है। हैलोजन की भांति यह सहसंयोजी आबन्ध बनाता है। अत: हम कह सकते हैं कि आवर्त सारणी में हाइड्रोजन के उचित स्थान के लिए विवेचना का विषय रहा है।

हाइड्रोजन के अद्वितीय गुणों के कारण इसे आवर्त सारणी में अलग रखा गया है।

प्रश्न 9.2. हाइड्रोजन के समस्थानिकों के नाम लिखिए तथा बताइए कि इन समस्थानिकों का द्रव्यमान अनुपात क्या है?

उत्तर—हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक हैं—

प्रोटीयम ^1_1H, ड्यूटीरियम ^2_1H या D तथा ट्रिटीयम ^3_1H या T

समस्थानिकों का द्रव्यमान अनुपात = 1.008 : 2.014 : 3.016 = 1 : 2 : 3 (लगभग)

प्रश्न 9.3. सामान्य परिस्थितियों में हाइड्रोजन एक परमाण्विक की अपेक्षा द्विपरमाण्विक रूप में क्यों माना जाता है?

उत्तर—एक तत्त्व के दो परमाणुओं के बीच H–H आबन्ध ऊर्जा उच्चतम होती है। इसलिए 2000 K ताप पर डाइहाइड्रोजन की वियोजन ऊर्जा (आबन्ध ऊर्जा) ~0.081% है।

प्रश्न 9.4. 'कोल गैसीकरण' से प्राप्त डाइहाइड्रोजन का उत्पादन कैसे बढ़ाया जा सकता है?

उत्तर—कोल में सिन्गैस का उत्पादन करने की प्रक्रिया को **कोलगैसीकरण** कहते हैं :

$$C + H_2O(g) \longrightarrow CO(g) + H_2(g)$$

CO एवं H_2 के मिश्रण को वाटर गैस कहते हैं। यह सिन्गैस भी कहलाती है।

सिन्गैस में उपस्थित कार्बन मोनोऑक्साइड को आयरन क्रोमेट उत्प्रेरक की उपस्थिति में भाप से क्रिया कराने पर डाइहाइड्रोजन का उत्पादन बढ़ाया जा सकता है :

$$CO + H_2O(g) \xrightarrow[\text{अल्प मात्रा में अम्ल या क्षार}]{\text{विद्युत अपघ न}} CO_2(g) + H_2(g)$$

प्रश्न 9.5. विद्युत-अपघटन विधि द्वारा डाइहाइड्रोजन बृहद् स्तर पर किस प्रकार बनाई जा सकती है? इस प्रक्रम में वैद्युत अपघट्य की क्या भूमिका है?

उत्तर—जल का विद्युत अपघटन में 15–25% अम्ल या क्षार माध्यम रखा जाता है। इससे विलयन की चालकता बढ़ जाती है। प्रक्रम में प्लैटिनम इलेक्ट्राड का उपयोग किया जाता है।

$$2H_2O(l) \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{673\ K} 2H_2(g) + O_2(g)$$

प्रश्न 9.6. निम्न 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) $Zn(s) + NaOH(aq) \xrightarrow{\text{ऊष्मा}}$

उत्तर—(i) $H_2(g) + M_mO_o(s) \xrightarrow{\Delta} mM(s) + oH_2O$

(ii) $CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow[\text{ऊष्मा}]{\Delta} CH_3OH(l)$

(iii) $C_3H_8\ (g) + 3H_2O(g) \xrightarrow[\text{ऊष्मा}]{\Delta} 3CO(g) + 7H_2(g)$

(iv) $Zn(s) + 2NaOH(aq) \xrightarrow{\text{ऊष्मा}} Na_2ZnO_2 + H_2$

प्रश्न 9.7. डाइहाइड्रोजन की अभिक्रियाशीलता के पदों में H–H बन्ध की उच्च एन्थैल्पी के परिणामों की विवेचना कीजिए।

उत्तर—डाइहाइड्रोजन की H–H बन्ध की उच्च एन्थैल्पी (435.88 kJ/mol) होने के कारण यह स्थाई है। किसी भी तत्त्व के एकल आबन्ध दो परमाणुओं के बीच यह अधिकतम है। अत: 2000 K ताप पर डाइहाड्रोजन का परमाणुओं में वियोजन केवल 0.081% है। यह 5000 K ताप पर बढ़कर 95.5% हो जाता है। कक्ष ताप पर H–H आबन्ध एन्थैल्पी के कारण डाइहाइड्रोजन उदासीन है।

प्रश्न 9.8. हाइड्रोजन के (i) इलेक्ट्रॉन न्यून, (ii) इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध तथा (iii) इलेक्ट्रॉन समृद्ध यौगिकों से आप क्या समझते हैं? उदाहरणों द्वारा समझाइए।

उत्तर—हाइड्रोजन के दूसरे दूसरे तत्त्वों के साथ मिलकर बने यौगिक **हाइड्राइड** कहलाते हैं।

ये (i) इलेक्ट्रॉन न्यून, (ii) इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध तथा (iii) इलेक्ट्रॉन समृद्ध होते हैं।

(i) इलेक्ट्रॉन न्यून हाइड्राइड में इसकी लुइस संरचना लिखते समय इलेक्ट्रॉन कम होते हैं।

उदाहरण—डाइबोरेन B_2H_6 आवर्त सारणी के 13 वें वर्ग के सभी तत्त्व इलेक्ट्रॉन न्यून यौगिक बनाते हैं। ये लुइस अम्ल की भांति कार्य करते हैं। ये इलेक्ट्रॉनग्राही होते हैं।

(ii) इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध हाइड्राइड में परम्परागत लुइस संरचना के लिए आवश्यक इलेक्ट्रॉन की संख्या होती है। आवर्त सारणी के 14 वें वर्ग के सभी तत्त्व इस प्रकार के यौगिक बनाते हैं, जो चतुष्फलकीय ज्यामिति के होते हैं।

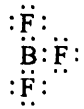
(iii) इलेक्ट्रॉन समृद्ध हाइड्राइड इलेक्ट्रॉन आधिक्य एकाकी इलेक्ट्रॉन युग्म के रूप में उपस्थित होते हैं। आवर्त सारणी के 15 वें से 17 वें वर्ग तक के तत्त्व इस प्रकार के यौगिक बनाते हैं (NH_3 में 1 एकाकी युग्म, H_2O में 2 तथा HF में 3 एकाकी युग्म होते हैं। ये इलेक्ट्रॉनदाता होते हैं।

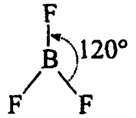
प्रश्न 9.9. संरचना एवं रासायनिक अभिक्रियाओं के आधार पर बताइए कि इलेक्ट्रॉनिक न्यून हाइड्राइड के कौन-कौन से अभिलक्षण होते हैं?

उत्तर—इलेक्ट्रॉन न्यून हाइड्राइड में तत्त्व का एक ऐसा परमाणु होता है, जो अपनी अष्टक पूर्ण नहीं करता है।

उदाहरण—

B_2H_6 में B परमाणु अर्थात्



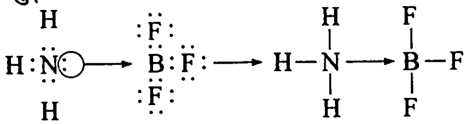


त्रिकोण समतल अणु sp^2 संकरण अवस्था।

इस अणु का प्रयास होता है कि इलेक्ट्रॉन ग्रहण करे।

कोई पदार्थ जो इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है, लुइस सिद्धान्त के अनुसार **अम्ल** कहलाता है। अत: 13 वें वर्ग के यौगिक जैसे—BCl_3, BF_3 एवं $AlCl_3$ यदि **लुइस अम्ल** कहलाते हैं।

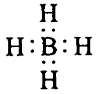
अत:

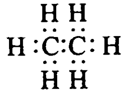


इलेक्ट्रॉन दाता इलेक्ट्रॉन ग्राही

प्रश्न 9.10. 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—C_nH_{2n+2} अर्थात् CH_4, C_2H_6 जैसे कार्बन हाइड्राइड जिनकी लूइस संरचना सम्भव है। अत: केन्द्रीय परमाणु अष्टक पूर्ण करता है; **इलेक्ट्रॉन परिशुद्ध यौगिक** कहलाते हैं।





यहाँ कार्बन न अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन रखता है और न ही कम; इसलिए ऐसे यौगिक न तो लूइस अम्ल और न ही लूइस क्षार की भाति कार्य करते हैं।

प्रश्न 9.11. अरससमीकरणमितीय हाइड्राइड (Nonstochiometric 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 या जालक हाइड्राइस $LaH_{2.87}$, $YbH_{2.55}$, $TiH_{1.5-1.8}$, $ZrH_{1.3-1.75}$, $VH_{0.56}$ आदि जैसे होते हैं। इन यौगिकों हाइड्रोजन की कमी होती है। ये d एवं f ब्लॉक तत्त्वों से बने होते हैं।

ये तत्त्व क्षारीय धातुओं से नहीं बने होते। क्षारीय धातु हाइड्राइड अरससमीकरणमितीय हाइड्राइड होते हैं। d तथा f ब्लॉक तत्त्वों के d या f कक्षक आंशिक भरे होते हैं, यहाँ H परमाणु जालक स्थान पर अपनी स्थिति पाता है।

प्रश्न 9.12. हाइड्रोजन भण्डारण के लिए धात्विक हाइड्राइड किस प्रकार उपयोगी है? समझाइए।

उत्तर—संक्रमण धातुओं के हाइड्राइड हाइड्रोजन का अवशोषण करते हैं, धात्विक हाइड्राइड हाइड्रोजनीकरण अभिक्रियाओं में उत्प्रेरक अपचयन कर बहुत संख्या में यौगिक बनाते हैं। कुछ धातु जैसे Pd, Pt बहुत संख्या में हाइड्रोजन का अवशोषण कर उनको भण्डारण करने में सहयोग करते हैं। यह गुणधर्म हाइड्रोजन के भण्डारण में सहायता करते हैं।

प्रश्न 9.13. कर्तन और वेल्डिंग के परमाण्विय हाइड्रोजन अथवा ऑक्सी हाइड्रोजन टॉर्च किस प्रकार कार्य करती है? समझाइए।

उत्तर—परमाण्विय एवं ऑक्सी हाइड्रोजन कर्तन और वेल्डिंग में उपयोग होता है।

परमाण्विय हाइड्रोजन $H_2(g) \xrightarrow{\text{ऊष्मा}} 2H(g)$

हाइड्रोजन अणु के वियोजन से विद्युत आर्क उत्पन्न होता है। यह विद्युत ऊर्जा धातुओं को जोड़ने का कार्य करता है; क्योंकि इसमें 4000 K ताप उत्पन्न होता है।

प्रश्न 9.14. NH_3, H_2O तथा HF में से किसका हाइड्रोजन बन्ध का परिमाण उच्चतम अपेक्षित है और क्यों?

उत्तर—NH_3, H_2O तथा HF में HF का हाइड्रोजन बन्ध उच्चतम है; क्योंकि N, O, F में फ्लोरीन उच्च विद्युत ऋणात्मक है।

प्रश्न 9.15. लवणीय हाइड्राइड जल के साथ प्रबल अभिक्रिया करके आग उत्पन्न करती है। क्या इसमें CO_2 (जो एक सुपरिचित अग्निशामक है) का उपयोग हम कर सकते हैं? समझाइए।

उत्तर—लवणीय हाइड्राइड जैसे NaH जल से प्रबल अभिक्रिया दर्शाते हैं और H_2 उत्पन्न करते हैं।

$$NaH(s) + H_2O(l) \longrightarrow NaOH(aq) + H_2(g); \Delta H = -Q$$

क्योंकि यह अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी है, उत्पन्न हाइड्रोजन दहन दर्शाती है। उत्पन्न ज्वाला CO_2 से कम नहीं होती क्योंकि CO_2 गैस गर्म धातु के उपचयन का कार्य करती है।

प्रश्न 9.16. निम्नलिखित को व्यवस्थित कीजिए–

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

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

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

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

उत्तर—(i) विद्युत चालकता का बढ़ता क्रम निम्न है–

$$BeH_2 < CaH_2 < TiH_2$$

(ii) आयनिक गुण का बढ़ता क्रम निम्न है–

$$LiH < NaH < CsH$$

(iii) एन्थैल्पी का बढ़ता क्रम निम्न है–

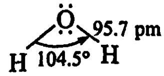
$$F-F < H-H < D-D$$

(iv) बढ़ते हुए अपचायक गुण निम्न हैं–

$$H_2O < MgH_2 < NaH$$

प्रश्न 9.17. H_2O तथा H_2O_2 की संरचनाओं की तुलना कीजिए।

उत्तर—H_2O अणु की संरचना : गैस अवस्था में जल एक कोणीय आकृति (*v*- आकृति) बनाता है; जिसमें H–O–H आबन्ध कोण 104.5° तथा O–H आबन्ध दूरी 95.7 pm है। यह ध्रुवीय प्रकृति का है।



H_2O अणु की संरचना

H_2O_2 की संरचना : इस अणु की आकृति समतल नहीं है। गैसे और ठोस अवस्था में अणु की संरचना चित्र में दिखाई गई है। दोनों ऑक्सीजन परमाणु एकल आबन्ध से जुड़े हैं।

H_2O_2 अणु की संरचना (i) गैसीय अवस्था, (ii) ठोस अवस्था।

प्रश्न 9.18. जल के स्वतः प्रोटोनीकरण से आप क्या समझते हैं? इसका क्या महत्त्व है?

उत्तर—जल अम्ल तथा क्षार दोनों तरह का व्यवहार प्रकट करता है। अतः जल उभयधर्मी है।

उदाहरण—जल NH_3 के साथ अम्ल तथा H_2S के साथ क्षार के रूप में, सामान्यतः जल प्रबल अम्ल के साथ क्षार एवं प्रबल क्षार के साथ अम्ल के गुणधर्म प्रकट करता है। अतः उभयधर्मी प्रकृति के कारण जल का स्वतः प्रोटोनीकरण निम्न प्रकार से दर्शाया जाता है— जल के दो अणु आपस में क्रिया करके एक अणु प्रोटॉन ग्रहण करता है तथा दूसरा प्रोटॉन दान करता है।

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

प्रोटॉन दान करने वाला जल का अणु OH^- आयन में बदल जाता है तथा प्रोटॉन ग्रहण करने वाला अणु H_3O^+ आयन में बदल जाता है।

प्रश्न 1.19. F_2 के साथ जल की अभिक्रिया में ऑक्सीकरण तथा अपचयन के पदों पर विचार कीजिए एवं बताइए कि कौन-सी स्पीशीज ऑक्सीकृत/अपचयित होती है।

उत्तर— $\underset{\text{ऑक्सीकारक}}{2F_2(g)} + \underset{\text{अपचायक}}{2H_2O(l)} \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4F^-(aq)$

या $3F_2(g) + 3H_2O(l) \longrightarrow O_3(g) + 6F^-(aq) + 6H^+(aq)$

इन अभिक्रियाओं में जल अपचायक के रूप में होता है और स्वयं को ऑक्सीकृत कर O_2 या O_3 बनाता है। $F_2(g)$ दूसरी ओर अपचियत होकर F^- आयन बनाता है।

प्रश्न 9.20. निम्नलिखित अभिक्रियाओं को पूर्ण कीजिए-

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

(ii) $MnO_4^-(aq) + H_2O_2(g) \longrightarrow$

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

(iv) $AlCl_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow$

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

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

उत्तर—(i) $PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \longrightarrow PbSO_4 + 4H_2O$

यह अपचयोपचय अभिक्रिया है।

इसमें PbS ऑक्सीकृत होकर $PbSO_4$ तथा H_2O_2 अपचयित होकर H_2O बनाता है।

(ii) $2MnO_4^- + 3H_2O_2 \longrightarrow 2MnO_2 + 2H_2O + 2OH^- + 3O_2$

$2MnO_4^-$ अपचयित होकर MnO_2 बनाता है। यह अपचायक क्रिया है।

$$2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2O_2 \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$$

MnO_4^- का आचयन Mn^{2+} में H_2O_2 के कारण अम्ल माध्यम में होता है।

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

यह जलयोजन अभिक्रिया है। CaO का जलयोजन होकर$Ca(OH)_2$ बनता है।

(iv) $AlCl_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow [Al(H_2O)_6]^{3+} + 3Cl^-(aq)$

यह एक जल योजन अभिक्रिया है।

$AlCl_3$ का जलयोजन होकर $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ आयन बनता है।

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

यह जल अपघटन अभिक्रिया का उदाहरण है।

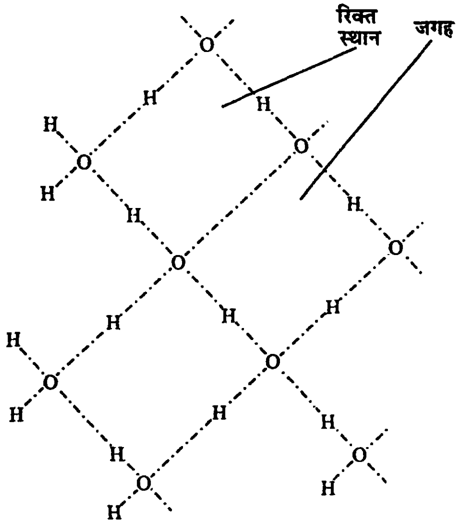
Ca_3N_2 का जल अपघटन के कारण $Ca(OH)_2$ और NH_3 बनता है।

अत: अभिक्रिया (i) एवं (ii) अपचयोपचयन, (iii) एवं (iv)जल अपघटन एवं (v) जलयोजन क्रिया के उदाहरण हैं।

प्रश्न 9.21. बर्फ के साधारण रूप की संरचना का उल्लेख कीजिए।

उत्तर—वायुमण्डलीय दाब पर बर्फ एक त्रिविम हाइड्रोजन आबन्धित संरचना है। बर्फ में प्रत्येक ऑक्सीजन परमाणु चतुष्फलकीय रूप में चार ऑक्सीजन परमाणुओं से जुड़ा है अर्थात् प्रत्येक ऑक्सीजन युग्म में एक हाइड्रोजन परमाणु होता है।

इस कारण बर्फ एक खुले पिंजरे की आकृति बनाती है। प्रत्येक ऑक्सीजन परमाणु चार हाइड्रोजन परमाणु से घिरा रहता है। इनमें से दो हाइड्रोजन परमाणु सहसंयोजी आबन्ध से एवं दो हाइड्रोजन परमाणु हाइड्रोजन आबन्ध से जुड़े होते हैं। क्रिस्टल जालक में रिक्त जगह होती है। अत: बर्फ का घनत्व जल से कम होता है।



बर्फ में ऑक्सीजन के परमाणुओं की चतुष्फलकीय व्यवस्था

प्रश्न 9.22. जल की अस्थायी एवं स्थायी कठोरता के क्या कारण हैं? वर्णन कीजिए।

उत्तर—वर्षा जल शुद्ध रूप है (हालांकि इसमें कुछ गैस घुली होती है)। अच्छा विलायक होने के कारण जब यह पृथ्वी धरातल पर बहाव करता है, तब बहुत-से लवण इसमें घुल जाते हैं। हाइड्रोजन कार्बोनेट के रूप में कैल्सियम और मैग्नीशियम के लवण, क्लोराइड तथा सल्फेट इसे कठोर बनाते हैं।

$Ca(HCO_3)$ और $Mg(HCO_3)$ की उपस्थिति के कारण यह अस्थायी कठोर बन जाता है। कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के क्लोराइड एवं सल्फेट [$CaCl_2$, $CaSO_4$, $MgSO_4$, $MgCl_2$] जल को स्थायी कठोर बनाते हैं।

प्रश्न 9.23. संश्लेषित आयन विनिमयक विधि द्वारा कठोर जल के मृदुकरण के सिद्धान्त एवं विधि की विवेचना कीजिए।

उत्तर—कठोर जल का मृदुकरण मुख्य रूप से संश्लेषित धनायन विनिमयक द्वारा किया जाता है। यह विधि जीओलाइट की तुलना में अधिक दक्ष है। धनायन विनिमय रेजिन—SO_3H समूहयुक्त वृहद् कार्बनिक अणु होते हैं तथा जल में अविलेय होते हैं। आयन विनिमय रेजिन ($R-SO_3H$) को NaCl से उपचार करके R−Na में परिवर्तित किया जाता है। रेजन Na^+ आयन का जल में उपस्थित Ca^{2+} एवं Mg^{2+} आयन से विनिमय करके कठोर जल को शुद्ध बना देता है; जहाँ R = रेजिन ऋणायन है

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

रेजिन का पुनर्जनन सोडियम क्लोराइड विलयन मिलाकर किया जाता है।

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

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

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

ऋण आयन विनिमय के दूसरे प्रक्रम में

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

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

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

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

प्रश्न 9.24. जल के उभयधर्मी स्वभाव को दर्शाने वाले रासायनिक समीकरण लिखिए।

उत्तर—कोई पदार्थ उभयधर्मी कहलाएगा, यदि यह अम्ल और क्षार के गुणधर्म को प्रकट करता है। जल एक उभयधर्मी पदार्थ है। जल अम्ल और क्षार दोनों के गुणों को दर्शाता है।

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

यह H_2S के साथ क्षार के रूप में दर्शाता है।

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

प्रश्न 9.25. हाइड्रोजन परॉक्साइड के ऑक्सीकारक एवं अपचायक रूप को अभिक्रियाओं द्वारा समझाइए।

उत्तर—अम्ल और क्षार माध्यम में हाइड्रोजन परॉक्साइड ऑक्सीकारक एवं अपचायक दोनों का व्यवहार दर्शाता है। हालांकि H_2O_2 एक प्रबल ऑक्सीकारक है; परन्तु दुर्बल अपचायक भी है।

ऑक्सीकारक के गुणधर्म : अम्ल और क्षार माध्यम में H_2O_2 एक ऑक्सीकारक के गुणों को दर्शाता है।

अम्लीय माध्यम में,

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

क्षारीय माध्यम में,

$$H_2O_2 + OH^- + 2e^- \longrightarrow 3OH^-$$

(i) अम्लीय माध्यम : $FeSO_4$ को ऑक्सीकृत करता है।

$Fe_2(SO_4)_3$ में,

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

KI से I_2 मुक्त करता है,

$$2KI + H_2SO_4 + H_2O_2 \longrightarrow K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O$$

लैड सल्फाइड को ऑक्सीकृत कर $PbSO_4$ बनाता है।

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

(ii) क्षारीय माध्यम में : सल्फाइट को ऑक्सीकृत कर सल्फेट बनाता है।

$$Na_2SO_3 + H_2O_2 \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

नाइट्राइट को ऑक्सीकृत कर नाइट्रेट बनाता है।

$$KNO_2 + H_2O_2 \longrightarrow KNO_3 + H_2O$$

बेंजीन को ऑक्सीकृत कर फिनॉल बनाता है।

$$C_6H_6 + H_2O_2 \longrightarrow C_6H_5-OH + H_2O$$

अपचायक गुणधर्म : अम्ल तथा क्षार माध्यम में H_2O_2 अपचायक गुणों को दर्शाता है।

(i) **अम्लीय माध्यम में :** $KMnO_4$ को Mn^{2+} में अपचयित करता है।

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

या $$MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2O_2 \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$$

$K_2Cr_2O_7$ विलयन को अपचयित करता है। सन्तरी रंग से हरा रंग बदलता है।

$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2O_2 + 4H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3O_2$$

या $$Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + 3H_2O_2 \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3O_2$$

Cl_2 और Br_2 अपचयित होकर HCl और HBr बनाते हैं।
H_2O_2 का यह गुण अन्टिकलोर कहलाता है।

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

$$H_2O_2 + Br_2 \longrightarrow 2HBr + O_2$$

(ii) क्षारीय माध्यम में : अपचायक गुण (H_2O_2) के रूप में,
(a) $KMnO_4$ को ऑक्सीकृत MnO_2 बनाता है।

$$2KMnO_4(aq) + 3H_2O_2(aq) \longrightarrow 2MnO_2 + 2KOH + 3O_2 + 2H_2O$$

(b) फेरिक लवण को अपचयित कर फैरस लवण बनाता है।

$$2Fe^{3+}(aq) + H_2O_2(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2Fe^{3+} + O_2 + 2H_2O(l)$$

क्षारीय फेरिसायनाइड को अपचयित कर फेरोसायनाइड बनाता है।

$$2K_3[Fe(CN)_6] + 2KOH \longrightarrow 2K_2Fe(CN)_6 + 2H_2O(l) + O_2 + H_2O_2$$

या $2[Fe(CN)_6] + 2OH^-(aq) + H_2O_2 \longrightarrow 2[Fe(CN)_6]^{4-} + 2H_2O + O_2$

धात्विक ऑक्साइड को अपचयित कर धातु बनाता है।

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

प्रश्न 9.26. विखनिजित जल से क्या अभिप्राय है? यह कैसे प्राप्त किया जा सकता है?

उत्तर—वह जल जिसमें धनायन का ऋणायन न हो, वह **जल विखनिजित या आसुत जल** कहलाता है। यह मृदु जल है। विखनिजित जल को भी उसी विधि द्वारा प्राप्त करते हैं, जिससे मृदु जल प्राप्त किया जाता है। कठोर जल को आयन विनिमय संश्लेषित रेजिन के साफ करके **मृदु जल** या **विखनिजित जल** को प्राप्त किया जाता है। (RCOOH या RSO_3H) तथा (RN^+H_3OH) कठोर जल में उपस्थित धनायन एवं ऋणायन हटा लिए जाते हैं।

प्रश्न 9.27. क्या विखनिजित या आसुत जल पेय-प्रयोजनों में उपयोग है? यदि नहीं, तो इसे उपयोगी कैसे बनाया जा सकता है?

उत्तर—नहीं विखनिजित या आसुत जल पीने योग्य नहीं होता है। इसका उपयोग रसायन विज्ञान में होता है। इसे पीने योग्य रासायनिक विधि द्वारा बनाया जा सकता है।

प्रश्न 9.28. जीवमण्डल एवं जैव प्रणालियों में जल की उपादेयता को समझाइए।

उत्तर—पौधों में कार्बनडाइऑक्साइड (CO_2) एवं जल (H_2O) की सहायता से सूर्य के प्रकाश में क्लोरोफिल पदार्थ की उपस्थिति में कार्बोहाइड्रेट का निर्माण होता है ओर जल में ऑक्सीजन की उपस्थिति बहुत आवश्यक है।

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

इसी प्रकार शरीर के जैव प्रक्रम में ग्लूकोज में CO_2 एवं H_2O बनता है। साथ में ऊर्जा मुक्त होती है।

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + H_2O; \Delta H = -Q$$

ऊपर वर्णित अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी है।

प्रश्न 9.29. जल का कौन-सा गुण इसे विलायक के रूप में उपयोगी बनाता है? यह किस प्रकार के यौगिक (i) घोल सकता है और (ii) अपघटन कर सकता है?

उत्तर—जल के उच्च परावैद्युतांक (78.39) होने के कारण यह लगभग सभी अकार्बनिक पदार्थों को घोल लेता है, इसलिए यह सार्वत्रिक विलायक कहलाता है। आयनिक यौगिक द्विध्रुव आकर्षण के कारण जल में घुल जाते हैं। ऐल्कोहॉल, एमाइन, यूरिया, ग्लूकोज एवं चीनी आदि हाइड्रोजन आबन्ध के कारण जल में घुलते हैं।

(i) जल में आयनिक यौगिकों के साथ सहसंयोजी यौगिक भी घुल जाते हैं; क्योंकि ये यौगिक हाइड्रोजन आबन्ध बनाते हैं।

(ii) वे आयनिक यौगिक जिनकी जालक ऊर्जा मान, जलयोजन ऊर्जा से कम हो, जल में घुलनशील होते हैं।

(iii) बहुत-से ऑक्साइड जल का अपघटन करते हैं। इनके साथ हाइड्राइड, कार्बाइड, नाइट्राइट, फास्फाइड और दूसरे लवण भी।

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

$$SO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$$

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

$$SiCl_4(l) + 2H_2O(l) \longrightarrow SiO_2.2H_2O + 4HCl(aq)$$

$$Al_4C_3 + 12H_2O \longrightarrow Al(OH)_3 + 3CH_4$$

$$Ca_3P_4(s) + 6H_2O \longrightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

प्रश्न 9.30. 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)सामान्य जल (H_2O) के गुण रखते हुए भी जहरीला है। यह मानव पौधों या जानवरों में उपापचय क्रियाओं को धीमा कर देता है। अत: सामान्य जल की भाँति यह जीवन का आधार नहीं हो सकता और यह पीने योग्य नहीं है।

प्रश्न 9.31. जल अपघटन (Hydrolysis) तथा जलयोजन (Hydration) पदों में क्या अन्तर है?

उत्तर—जल द्वारा उत्पन्न H^+ आयन एवं OH^- आयन द्वारा लवणों के ऋणायन एवं धनायनों में आकर्षण अम्ल और क्षार उत्पन्न होता है।

$$\underset{\text{लवण}}{M^+A^-} + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{अम्ल}}{HA} + \underset{\text{क्षार}}{MOH}$$

जल सरलता से ऑक्साइड, अधातु हैलाइड का जल अपघटन करता है।

$$Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4$$

$$Ca_3N_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

$$P_4O_{10} + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$$

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

जलयोजन में जल धातु लवणों में संयोग करके यौगिक बनाता है, जो हाइड्रेट कहलाते हैं।

(i) $[Cr(H_2O)_6]^{3+} 3Cl^-$ (ii) $BaCl_2 2H_2O$ (iii) $[Cu(H_2O)_4]^{2+} SO_4^{2-} H_2O$

प्रश्न 9.32. लवणीय हाइड्राइड किस प्रकार कार्बनिक यौगिकों से अति सूक्ष्म जल की मात्रा को हटा सकते हैं?

उत्तर—लवणीय हाइड्राइड M^+H^- में उपस्थित H^+ आयन प्रबल ब्रोन्सीड क्षार होते हैं। कार्बनिक यौगिक में उपस्थित अल्प मात्रा में जल के साथ क्रिया करके H_2 गैस बनाते हैं।

$$H_2O(l) + H^-(s) \longrightarrow H_2(g) + OH^-$$

प्रश्न 9.33. 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—परमाणु क्रमांक 15 वाला तत्त्व फास्फोरस B-ब्लॉक का तत्त्व है, जो pH_3 हाइड्राइड बनाता है। यह आण्विक या सहसंयोजी हाइड्राइड है। ये हाइड्राइड सहसंयोजी आबन्ध से बने होते हैं तथा इनके अणु वाण्डरवाल्स आबन्ध से जुड़े होते हैं। परिणामस्वरूप सहसंयोजी आण्विक हाइड्राइड कहलाते हैं। तत्त्व जिसका परमाणु क्रमांक 19 होता है। s ब्लॉक का तत्त्व है और यह पोटैशियम है। यह लवणीय हाइड्राइड K^+H^- बनाता है। जल से क्रिया करके H_2 गैस बनाता है।

$$KH(s) + H_2O(l) \longrightarrow KOH(aq) + H_2(g)$$

ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया होने के कारण उत्पन्न H_2 गैस आग पकड़ लेती है।

23 परमाणु क्रमांक वाला तत्त्व संक्रमण तत्त्व या d-ब्लॉक का तत्त्व है। यह धात्विक या जालक हाइड्राइड बनाता है। यह असमीकरणमितीय हाइड्राइड $VH_{1.6}$ है। इस यौगिक में हाइड्रोजन का अनुपात धातु के साथ निश्चित नहीं है, बल्कि ताप और दाब के साथ बदलता रहता है। जालक हाइड्राइड बनाने के कारण ये धातु अपने धरातल पर हाइड्रोजन गैस का अवशोषण कर लेती है।

परमाणु क्रमांक 44 वाला तत्त्व वर्ग 8 से सम्बन्धित है। यह हाइड्राइड नहीं बनाता है। 7–9 वर्ग के तत्त्व किसी प्रकार के हाइड्राइड नहीं बनाते हैं और हाइड्राइड रिक्त स्थान के नाम से जाने जाते हैं। V के हाइड्राइड जल में अघुलनशील हैं।

प्रश्न 9.34. जल ऐलुमिनियम (III) क्लोराइड एवं पोटैशियम क्लोराइड को अलग-अलग (i) सामान्य जल, (ii) अम्लीय जल, (iii) क्षारीय जल से अभिकृत कराया जाएगा, तो आप किन-किन विभिन्न उत्पादों की आशा करेंगे? जहाँ आवश्यक हो पोटेशियम, वहाँ रासायनिक समीकरण दीजिए।

उत्तर—पोटैशियम क्लोराइड (KCl) प्रबल अम्ल एवं क्षार का लवण होने के कारण विलयन में K^+ आयन तथा Cl^- आयन बनाता है। Al (III) क्लोराइड का जल अपघटन होकर यह विभिन्न उत्पाद बनाता है।

प्रश्न 9.35. H_2O_2 विरंजक कारक के रूप में कैसे व्यवहार करता है? लिखिए।

उत्तर—एकल ऑक्सीजन (नेसन्ट ऑक्सीजन) के कारण H_2O_2 विरजंक कारक का कार्य करता है। एकल ऑक्सीजन वियोजन के कारण उत्पन्न होती है।

एकल ऑक्सीजन (ऑक्सीजन परमाणु) रंगीन पदार्थ से क्रिया करके उन्हें ऑक्सीकृत करता है।

$$\text{एमीन पदार्थ} + [O] \longrightarrow \text{रंगहीन पदार्थ}$$

सिल्क, ऊन एवं चमड़ा आदि को भी विरजीत करता है।

प्रश्न 9.36. निम्नलिखित पदों से आप क्या समझते हैं–

(i) हाइड्रोजन अर्थव्यवस्था, (ii) हाइड्रोजनीकरण, (iii) सिन्गैस, (iv) भाप अंगर गैस सृति अभिक्रिया तथा (v) ईंधन सेल।

उत्तर—(i) हाइड्रोजन अर्थव्यवस्था : हाइड्रोजन अर्थव्यवस्था का मूल सिद्धान्त ऊर्जा का द्रव हाइड्रोजन अथवा हाइड्रोजन के रूप में अभिगमन तथा भण्डारण है। हाइड्रोजन अर्थव्यवस्था का मुख्य ध्येय तथा लाभ-ऊर्जा का संचरण विद्युत ऊर्जा के रूप में न होकर हाइड्रोजन के रूप में होता है।

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O$$

डाइहाइड्रोजन के दहन से किसी प्रकार का कोई प्रदूषण उत्पन्न नहीं होता है।

(ii) **हाइड्रोजनीकरण :** उत्प्रेरक की उपस्थिति में किसी यौगिक के साथ हाइड्रोजन का जुड़ना **हाइड्रोजनीकरण** कहलाता है।

उदाहरण :

$$H_2C{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni} H_3C{-}CH_3$$

$$\text{तेल} + H \xrightarrow[\Delta]{Ni} \text{वसा}$$

(iii) **सिन्गैस :** कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) तथा हाइड्रोजन (H_2) का मिश्रण **सिन्गैस** कहलाती है। सिन्गैस को कचरे, लकड़ी का बुरादा एवं कागड़ा से बनाया जाता है। आजकल सिन्गैस वाहित मल एवं अखबार आदि से प्राप्त किया जाता है। कोल में सिन्गैस का उत्पादन **कोल गैसीकरण** कहलाता है।

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

(iv) **भाप अंगार गैस सृति अभिक्रिया :** आयरन क्रोमेट उत्प्रेरक की उपस्थिति में कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) को भाप से क्रिया करके डाइहाइड्रोजन का बनना **अंगार गैस सृति अभिक्रिया** कहलाती है।

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

कार्बन डाइऑक्साइड को सोडियम आर्सेनेट विलयन से दूर किया जाता है।

(v) ईंधन सेल : ईंधन सेल वह प्रक्रम है; जिसमें हाइड्रोजन गैस के दहन को विद्युत ऊर्जा में बदलता जाता है। एक ऐसी ईंधन सेल हाइड्रोजन-ऑक्सीजन ईंधन सेल है।

ईंधन सेल में निम्न अभिक्रिया सम्पन्न होती है—

कैथोड पर :

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$$

$$\underline{2H_2 + 4OH^-(aq) \rightarrow 4H_2O + 4e^-}$$

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$$

ऊष्मागतिकी योग्यता ईंधन सेल की लगभग 95% होती है।