Chapter-8 अपचयोपचय अभिक्रियाएँ

पाठ के अन्तर्गत दिए गए प्रश्नोत्तर

प्रश्न 1.

निम्नलिखित स्पीशीज में प्रत्येक रेखांकित तत्व की ऑक्सीकरण संख्या का निर्धारण कीजिए-

- (**क)** NaH₂<u>P</u>O₄
- **(ख)** Na H<u>S</u>O₄
- (ग) H₄<u>P</u>₂O₇
- (घ) K₂MnO₄
- (ङ) CaO₂
- **(च)** Na<u>B</u>H₄
- **(ড)** H₂S₂O₇
- (ज) KAI(<u>S</u>O₄).12H₂O

उत्तर

(क) माना P की ऑक्सीकरण संख्या x है। अणु में उपस्थित सभी तत्त्वों की ऑक्सीकरण +1 +1 x-2संख्या लिखने पर Na H2 PO4

किसी एक उदासीन अंगु में उपस्थित सभी तत्त्वों की ऑक्सीकरण संख्याओं का योग शून्य होता है। अत:

$$(+1)+[(+1)\times 2]+(x)+[(-2)\times 4]=0$$

अथवा

$$x = +8 - 3 = +5$$

इस प्रकार, NaH2PO4 में P की ऑक्सीकरण संख्या + 5 है।

$$(+1)+(+1)+(x)+[(-2)\times 4]=0$$

अथवा

$$x = +8-2=+6$$

अत: NaHSO₄ में S की ऑक्सीकरण संख्या + 6 है।

$$(7) \ \ H_4^{+1} \ \ P_2^{-2} \ O_7^{-2}$$

$$[(+1)\times 4] + [(x)\times 2] + [(-2)\times 7] = 0$$

अथवा

$$2x = +14 - 4 = +10$$

अथवा

$$x = +5$$

.. H₂P₂O₂ में P की ऑक्सीकरण संख्या +5 है।

(된)
$$K_2^{+1} Mn O_4^{-2}$$

$$[(+1)\times 2]+(x)+[(-2)\times 4]=0$$

अथवा

$$x = +8 - 2 = +6$$

∴K₂MnO₄ में Mn की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

(ङ) Ca O₂

$$(+2)+2(x)=0$$

अथवा

$$x = 1$$

∴ CaO₂ में O की ऑक्सीकरण संख्या – 1 है।

(च) NaBH4 में, हाइड्रोजन H आयनिक अवस्था में पाई जाती है क्योंकि यह एक हाइड्राइड है। अत: NaBH4 में H की ऑक्सीकरण संख्या -1 है।

$$\frac{7}{1}$$
 $x - 1$ No RH.

$$(+1) + (x) + [(-1) \times 4] = 0$$

$$x = +4 - 1 = +3$$

∴ NaBH₄ में B क़ी ऑक्सीकरण संख्या +3 है।

$$[(+1)\times 2] + [(x)\times 2] + [(-2)\times 7] = 0$$

अथवा

$$2x = +14 - 2 = +12$$

अथवा

$$x = +6$$

∴ H₂S₂O₇ में S की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

$$(+1)+(+3)+[(x)+(-2)\times 4]\times 2+[(+1)\times 2+(-2)]\times 12$$

अथवा

$$+4-2x-16+24-24=0$$

अथवा

$$2x = +16 - 4 = +12$$

अथवा

$$x = +6$$

∴ KAl(SO₄)₂ ·12H₂O में S की ऑक्सीकरण संख्या + 6 है।

प्रश्न 2.

निम्नलिखित यौगिकों के रेखांकित तत्वों की ऑक्सीकरण संख्या क्या है तथा इन परिणामों को आप कैसे प्राप्त करते हैं?

- (क) Kl₃
- (ख) H₂S₄O₆
- (ग) <u>Fe</u>₃O₄
- (**घ)** <u>C</u>H₂CH₂OH
- (ङ) <u>C</u>H₃<u>C</u>OOH

उत्तर

(क) KI_3 में K की ऑक्सीकरण संख्या +1 है। अतः I की औसत ऑक्सीकरण संख्या $-\frac{1}{3}$ होगी। चूँिक औसत ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक है, अतः इसकी निम्न संरचना पर विचार करना आवश्यक है—

$$K^+[I-I \leftarrow I]^-$$

उपर्युक्त संरचना के अनुसार I_2 अणु और I^- आयन के मध्य उप-सहसंयोजक बन्ध बनता है। चूँिक I_2 एक उदासीन अणु है, I_2 अणु में उपस्थित प्रत्येक I परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होगी। I^- आयन में I की ऑक्सीकरण संख्या -1 है। अत:

$$\mathbf{K}^{+} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ \mathbf{I} - \mathbf{I} & \leftarrow & \mathbf{I} \end{bmatrix}^{-}$$

(ख) H₂S₄O₆ में S की औसत ऑक्सीकरण संख्या x निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है— H₂ S₄ O₆

$$[(+1) \times 2] + [(x) \times 4] + [(-2) \times 6] = 0$$

अथवा
$$x = +\frac{12-2}{4} = +\frac{5}{2} = +25$$

चूँकि S की औसत ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक है, अत: इसकी निम्न संरचना पर विचार करना आवश्यक है—

यदि ${
m H_2S_4O_6}$ की संरचना पर विचार किया जाये तो दिखाये गये S परमाणु (2) और (3) में प्रत्येक की ऑक्सीकरण संख्या शून्य है क्योंकि ये दोनों ओर से समान परमाणुओं से जुड़े हैं। यदि उपरोक्त प्रकार से गणना की जाये तो संरचना में दर्शाये गये S परमाणु (1) और (4) में प्रत्येक की ऑक्सीकरण संख्या +5 होगी।

(ग) Fe₃O₄ में Fe की औसत ऑक्सीकरण संख्या निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—

$$[(x) \times 3] + [(-2) \times 4] = 0$$

$$x = +\frac{8}{3}$$

अथवा

चूँकि Fe की औसत ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक है, अत: हमें अणु की स्ट्रॉइकियोमीटरी पर विचार करना होगा।

Fe₃O₄ एक मिश्रित ऑक्साइड है। यह दो ऑक्साइडों (FeO, Fe₂O₃) का मिश्रण है। FeO में Fe की ऑक्सीकरण संख्या + **2** तथा Fe₂O₃ में Fe की ऑक्सीकरण संख्या + **3** है।

(घ) CH3CH2OH में C की औसत ऑक्सीकरण संख्या निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—

$$(x)+[(+1)\times 3]+x+[(+1)\times 2]+(-2)+(+1)=0$$

अथवा $2x+3+2-2+1=0$

अथवा

$$x = -2$$

यदि CH3CH2OH की नीचे दी गई संरचना पर विचार किया जाये,

तो संरचना में दिखाया गया कार्बन परमाणु (2) तीन ओर से H परमाणु से जुड़ा है जिनकी वैद्युत ऋणात्मकता (electronegativity) C परमाणु से कम है तथा एक ओर से CH_2OH ग्रुप (O.N.=-1) से जुड़ा है इसकी वैद्युत ऋणात्मकता कार्बन परमाणु से अधिक है। अत: इस कार्बन के लिए

$$[3 \times (+1)] + x + (-1) = 0$$

अथवा

$$x = -2$$

संरचना में दिखाया गया कार्बन परमाणु (1) एक ओर से —OH ग्रुप (O.N.=-1) तथा दूसरी ओर से एक —CH3 ग्रुप (O.N.=+1) से जुड़ा है। अत: इस कार्बन के लिए

$$(+1)+[(+1)\times 2]+(x)+(-1)=0$$

अथवा

$$x = -2$$

 (ङ) CH₃COOH में C की औसत ऑक्सीकरण संख्या निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—
 x +1 x -2 -2+1 CH₃ COOH

$$(x)+[(+1)\times 3]+(x)+[(-2)\times 2]+(+1)=0$$

या

$$c = 0$$

यदि CH3COOH की निम्न संरचना पर विचार किया जाये,

तो संरचना में दिखाया गया कार्बन परमाणु (2) तीन H परमाणु (O.N. = +1) तथा एक —COOH ग्रुप (O.N. = -1) से जुड़ा है।

∴ इस कार्बन के लिए
$$[(+1) \times 2] + (x) + (-1) = 0$$

अथवा

$$x = -2$$

कार्बन परमाणु (1) एक —OH ग्रुप (O.N. = -1) एक O परमाणु (O.N. = -2) और एक —CH₃ ग्रुप (O.N. = +1) से जुड़ा है।

 \therefore इस कार्बन के लिए (+1)+(x)+(-2)+(-1)=0

$$x = +2$$

प्रश्न 3.

निम्निलिखित अभिक्रियाओं का अपचयोपचय अभिक्रियाओं के रूप में औचित्य स्थापित करने का प्रयास कीजिए—

(ক)
$$CuO(s) + H_2(g) + Cu(s) + H_2O(g)$$

(ख)
$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \longrightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$$

(ग)
$$4BCI_3(g) + 3LiAlH_4(s) \rightarrow 2B_2H_6(g) + 3LiCl(s) + 3AlCl_3(s)$$

(ਬ)
$$2K(s) + F_2(g) \rightarrow 2K^+F^-(s)$$

(**s**)
$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

उत्तर

(雨)
$$Cu O(s) + H_2(g) \longrightarrow Cu(s) + H_2(g)$$

इस अभिक्रिया में, Cu की ऑक्सीकरण अवस्था +2(CuO में) से घटकर शून्य (Cu में) हो जाती है जबिक H की ऑक्सीकरण अवस्था शून्य (H₂ में) से बढ़कर +1(H₂O में) हो जाती है। इसलिए अभिक्रिया में CuO का अपचयन तथा H का ऑक्सीकरण हो रहा है। अतः यह एक अपचयोपचय अभिक्रिया है।

(ख)
$$Fe_2 O_3 + 3CO(g)$$
 → $2Fe(s) + 3CO_2(g)$

इस अभिक्रिया में, Fe_2O_3 का अपचयन हो रहा है क्योंकि Fe की ऑक्सीकरण अवस्था $+3(Fe_2O_3 \dot{H})$ से घटकर शून्य (Fe में) हो जाती है। Fe0 का ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि Fe0 की ऑक्सीकरण अवस्था Fe1 (Fe0 में) से बढ़कर Fe4 (Fe1 हो जाती है। अत: यह एक अपचयोपचय अभिक्रिया (Fe1 है। है।

$$(7)$$
 $^{+3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{+1}_{-1}$ $^{-3}_{-3}$ $^{+1}_{-1}$ $^{+1}_{-1}$ $^{+3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{+3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{+3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{+1}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$ $^{-1}_{-1}$ $^{-3}_{-1}$

इस अभिक्रिया में, BCI_3 का अपचयन हो रहा है क्योंकि B की ऑक्सीकरण अवस्था +3 (BCI_3 में) से घटकर -3 (B_2H_6 में) हो जाती है तथा $LiAlH_4$ का ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि H की ऑक्सीकरण अवस्था -1($LiAlH_4$ में) से बढ़कर +1 (B_2H_6 में) हो जाती है। अतः यह एक अपचयोपचय (redox) अभिक्रिया है।

(a)
$$2K(s) + F_2(g) \longrightarrow 2K^+ F^-(s)$$

इस अभिक्रिया में, K का ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि इसकी ऑक्सीकरण अवस्था शून्य से बढ़कर +1 हो जाती है तथा F को अपचयन हो रहा है क्योंकि इसकी ऑक्सीकरण अवस्था। शून्य से घटकर -1 हो जाती है। अत: यह एक अपचयोपचय अभिक्रिया है।

(₹)
$$4NH_3(g) + 5O_2(g)$$
 \longrightarrow $4NO(g) + 6H_2O(g)$

इस अभिक्रिया में, NH_3 को ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि इसकी ऑक्सीकरण अवस्था -3 से बढ़कर +2 हो जाती है तथा O_2 का अपचयन हो रहा है क्योंकि इसकी ऑक्सीकरण अवस्था शून्य से घटकर -2 $(H_2O \ \text{में})$ हो जाती है। अतः यह एक अपचयोपचय (redox) अभिक्रिया है।

प्रश्न 4.

फ्लुओरीन बर्फ से अभिक्रिया करके यह परिवर्तन लाती है $H_2O(s) + F_2(g) \rightarrow HF(g) + HOF(g)$ इस अभिक्रिया का अपचयोपचय औचित्य स्थापित कीजिए।

उत्तर

 $H_2O(s) + F(g) \rightarrow HF(g) + HOF(g)$

इस अभिक्रिया में, F₂ का अपचयन के साथ-साथ ऑक्सीकरण भी हो रहा है क्योंकि यह H (वैद्युत धनात्मक तत्त्व) को जोड़कर HF बनाती है तथा 0 (एक वैद्युत ऋणात्मक तत्त्व) को जोड़कर HOF बनाती है। अत: यह एक ऑक्सीकरण अपचयन अभिक्रिया (redox reaction) है।

प्रश्न 5.

 H_2SO_5 , Cr_2O^2 , तथा NO^3 में सल्फर, क्रोमियम तथा नाइट्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या की गणना कीजिए। साथ ही इन यौगिकों की संरचना बताइए तथा इसमें हेत्वाभास | (fallacy) का स्पष्टीकरण दीजिए।

उत्तर

(i) H₂SO₅ में S की ऑक्सीकरण संख्या :

S की ऑक्सीकरण संख्या +8 सम्भव नहीं है क्योंकि s के बाहय कोश में 6 इलेक्ट्रॉन होते हैं और उसकी अधिकतम ऑक्सीकरण संख्या +6 हो सकती है। अतः H, SO में दो ऑक्सीकरण परमाणुओं को एक-दूसरे से जुड़ा होना चाहिए। इस हेत्वाभास (fallacy) को H₂SO₄ की निम्नलिखित संरचना द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है

उपर्युक्त संरचना के अनुसार, S की ऑक्सीकरण अवस्था निम्न होगी— $(+1)+(-2)+x+[(-2)\times 2]+[(-1)\times 2]+(+1)=0$ अथवा -1+x-4-2+1=0 अथवा x=+6

(ii) Cr₂O²-, में Cr की ऑक्सीकरण संख्या :

$$Cr_{2}^{x} O_{7}^{-2}$$
 $Cr_{2} O_{7}^{2-}$
 $2x + 7(-2) = -2$
 $2x - 14 = -2$
 $2x = 12$
 $x = +6$

प्राप्त ऑक्सीकरण संख्या का मान सही है। $\operatorname{Cr}_2\operatorname{O}_7^{2-}$ की संरचना निम्न प्रकार है—

(iii) NO⁻₃ में N की ऑक्सीकरण संख्या :

$$(x)+[(-2)\times 3]=-1$$
 (artificial NO₃ पर -1 आवेश होता है)

अथवा

$$x = +5$$

NO3 की संरचना निम्न प्रकार है-

$$^{-2}O = N$$
 $O = N$
 $O = N$

उपर्युक्त संरचना के अनुसार, N की O.S. (ऑक्सीकरण अवस्था) निम्न है—

$$[(-2) \times 2] + (x) + (-1) = 0$$
 अथवा $x = +5$

अत: यह संरचना NO3 में N की सामान्य ऑक्सीकरण-संख्या प्रदर्शित करती है। अत: कोई हेत्वाभास नहीं है।

प्रश्न 6.

निम्नलिखित यौगिकों के सूत्र लिखिए-

- (क) मर्करी (II) क्लोराइड
- (ख) निकिल (II) सल्फेट
- (ग) टिन (IV) ऑक्साइड
- (घ) थैलियम (I) सल्फेट
- (ङ) आयरन (II) सल्फेट
- (च) क्रोमियम (III) ऑक्साइड

उत्तर

(**क)** HgCl₂

- (**ख)** NiSO₄
- **(ग)** SnO₂
- (घ) Th₂SO₄
- (野) Fe₂(SO₄)₃
- (च) Cr₂O₇

प्रश्न 7.

उन पदार्थों की सूची तैयार कीजिए जिनमें कार्बन-4 से +4 तक की तथा नाइट्रोजन-3 से +5 तक की ऑक्सीकरण अवस्था होती है।

उत्तर

कार्बन के यौगिक (Compounds of Carbon)	कार्बन की ऑक्सीकरण अवस्था (O.S. of C)	नाइट्रोजन के यौगिक (Compounds of Nitrogen)	N की ऑक्सीकरण अवस्था (O.S. of N)
CH ₄	·	NH ₃	-3
CH_3 — CH_3	;-3.	NH ₂ —NH ₂	-2
CH ₃ Cl	-2	NH ₂ OH	-1
CH = CH	-1	N ₂	0
CH_2Cl_2	0	N ₂ O	+1
CHCl ₃	+2	NO	+ 2
CC1 ₄	+4	N_2O_3	+ 3
		NO ₂	+4
		N ₂ O ₅	+ 5

प्रश्न 8.

अपनी अभिक्रियाओं में सल्फर डाइऑक्साइड तथा हाइड्रोजन परॉक्साइड ऑक्सीकारक तथा अपचायक-दोनों ही रूपों में क्रिया करते हैं, जबिक ओजोन तथा नाइट्रिक अम्ल केवल ऑक्सीकारक के रूप में ही। क्यों?

उत्तर

 SO_2 में S की ऑक्सीकरण संख्या +4 होती है। S अपनी अभिक्रियाओं में -2 और +6 के बीच की कोई भी ऑक्सीकरण-संख्या दर्शा सकता है। अतः SO_2 में S की ऑक्सीकरण संख्या घट सकती है और बढ़ भी सकती है; अर्थात् इसका ऑक्सीकरण तथा अपचयन दोनों सम्भव है। इस कारण SO_2 ऑक्सीकारक तथा अपचायक दोनों अभिकर्मकों की तरह व्यवहार करती है। H_2O_2 की स्थिति भी समान प्रकार की है। H_2O_2 में, O की ऑक्सीकरण अवस्था -1 होती है। ऑक्सीजन -2 और O (शून्य) के बीच की कोई भी ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाता है (+2 भी जब F से जुड़ा होता है) अतः H_2O_2 में ऑक्सीजन अपनी

ऑक्सीकरण संख्या घटा तथा बढ़ा सकता है। इस कारण H₂O₂ ऑक्सीकारक तथा अपचायक दोनों अभिकर्मकों की तरह व्यवहार करता है।

O₃ में, ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण अवस्था शून्य है। यह अपनी ऑक्सीकरण-अवस्था को -1 तथा -2 तक घटा सकता है परन्तु अपनी ऑक्सीकरण-अवस्था को बढ़ा नहीं सकता। अत: O₃ केवल एक ऑक्सीकारक की तरह व्यवहार करती है। H₂O₂ की स्थिति भी समान प्रकार की है। HNO₃ में, N की ऑक्सीकरण-अवस्था +5 होती है जो N की अधिकतम ऑक्सीकरण अवस्था है। अत: N केवल अपनी ऑक्सीकरण अवस्था घटा सकता है। इस कारण HNO₃ केवल ऑक्सीकारक की तरह व्यवहार करता है। प्रश्न 9.

इन अभिक्रियाओं को देखिए

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

(ख)
$$O_3(g) + H_2O_2(I) \rightarrow H_2O(I) + 2O_2(g)$$

बताइए कि इन्हें निम्नलिखित ढंग से लिखना ज्यादा उचित क्यों है?

(क)
$$6CO_2(g) + 12H_2O(I) \rightarrow C_2H_{12}O_6$$
 (aq) $+ 6H_2O(I) + 6O_2(g)$

(ख)
$$O_2(g) + H_2O_2(I) \rightarrow H_2O(I) + O_2(g) + O_2(g)$$

उपर्युक्त अपचयोपचय अभिक्रियाओं (क) तथा (ख) के अन्वेषण की विधि स्झाइए।

उत्तर

(क) यह प्रकाश संश्लेषण (photosynthesis) की अभिक्रिया है जो कि एक बहुत ही जिटल प्रक्रिया है और अनेक चरणों में सम्पन्न होती है। इस अभिक्रिया में, $12H_2O$ अणु क्लोरोफिल (chlorophyll) की उपस्थित में पहले अपघटित होकर H_2 तथा O_2 देते हैं। इस प्रकार निर्मित H_2CO_2 को अपचित कर $C_2H_{12}O_6$ का निर्माण करती है। अतः अभिक्रिया को एक सरल रूप में अभिक्रिया निम्न प्रकार दिखाया जा सकता है|

$$12H_2O(l) \longrightarrow 12H_2(g) + 6O_2(g)$$
 ...(i)

$$6CO2(g) + 12H2(l) \longrightarrow C6H12O6(s) + 6H2O(l) \qquad ...(ii)$$

$$\overline{6CO_2(g) + 12H_2O(l)} \longrightarrow C_6H_{12}O_6(s) + 6H_2O(l) + 6O_2(g)$$
 ...(iii)

इसलिए इस अभिक्रिया को समीकरण (iii) की भाँति लिखना ज्यादा उचित है। इस निरूपण में 12H₂O अणु भाग लेते हैं तथा 6H₂O अणु उत्पन्न होते हैं।

(ख) दी गई अभिक्रिया का वास्तविक प्रारूप निम्न प्रकार है-

$$O_3(g) \longrightarrow O_2(g) + O(g)$$
 ...(i)

$$H_2O_2(l) + O(g) \longrightarrow H_2O(l) + O_2(g)$$
 ...(ii)

$$O_3(g) + H_2O_2(l) \longrightarrow H_2O(l) + O_2(g) + O_2(g)$$
 ...(iii)

समीकरण (iii) प्रदर्शित करती है कि O₂ का एक अणु O₃ से प्राप्त होता है, जबकि दूसरा H₂O₂ से प्राप्त

होता है। इसलिए, समीकरण को प्रदर्शित करने की यह विधि अधिक उपयुक्त है। समीकरण (क) तथा (ख) का अन्वेषण ट्रेसर तकनीक (tracer technique) के द्वारा किया जा सकता है। समीकरण (क) में H_2O^{18} तथा समीकरण (ख) में H_2O^{18} (या O^{18}_3) का प्रयोग कर अभिक्रिया के पथ को निर्धारित किया जा सकता है।

प्रश्न 10.

AgF₂ एक अस्थिर यौगिक है। यदि यह बन जाए तो यह यौगिक एक अति शक्तिशाली ऑक्सीकारक की भाँति कार्य करता है। क्यों?

उत्तर

AgF₂ में, Ag की ऑक्सीकरण-अवस्था +2 होती है जो Ag की अत्यधिक अस्थायी अवस्था है। इसलिए, यह एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने के बाद शीघ्रता से अपचयित होकर स्थायी ऑक्सीकरण-अवस्था +1 प्राप्त कर लेता है।

$$Ag^{2+} + e^{-} \longrightarrow Ag^{+}$$

आक्सीकरण-अवस्था = $+2$ ऑक्सीकरण-अवस्था = $+1$
(अस्थायी) (स्थायी)

इसी कारण AgF₂ (यदि प्राप्त हो जाये) एक अत्यन्त प्रबल ऑक्सीकारक की भाँति व्यवहार करता है। **प्रश्न 11.**

"जब भी एक ऑक्सीकारक तथा अपचायक के बीच अभिक्रिया सम्पन्न की जाती है, तब अपंचायक के आधिक्य में निम्नतर ऑक्सीकरण अवस्था का यौगिक तथा ऑक्सीकारक के आधिक्य में उच्चतर ऑक्सीकरण अवस्था का यौगिक बनता है। इस वक्तव्य का औचित्य तीन उदाहरण देकर दीजिए। उत्तर

दिये गये वक्तव्य का औचित्य निम्नलिखित उदाहरणों दवारा स्पष्ट किया जा सकता है

(季)
$$2C(s) + O_2(g) \longrightarrow 2CO(g)$$
 ...(i)
(reducing oxidising compound of lower O.S.
Excess
$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$
 ...(ii)
(reducing oxidising compound of agent) agent) Excess higher O.S

अभिक्रिया (i) में अपचायक (reducing agent) कार्बन अधिकता में है, जबिक अभिक्रिया (ii) में ऑक्सीकारक (oxidising agent) O₂ अधिकता में है। अभिक्रिया (i) में CO (कार्बन की O.S.= +2) तथा अभिक्रिया (ii) में CO2 (कार्बन की O.S. = +4) का निर्माण होता है।

(ख)
$$\begin{array}{c} 4\mathrm{Na}(s) + \mathrm{O}_2(g) & \longrightarrow \mathrm{Na}_2\mathrm{O}(g) \\ (\mathrm{reducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{agent}) & \mathrm{lower} \, \mathrm{O.S.} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} -2 \\ \mathrm{Na}(s) + \mathrm{O}_2(g) & \longrightarrow \mathrm{Na}_2\mathrm{O}_2 \\ (\mathrm{reducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{agent}) \, \mathrm{Excess} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} -1 \\ \mathrm{Na}_2\mathrm{O_2} \\ (\mathrm{reducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{Excess} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} +3 \\ \mathrm{P_4}(s) + 6\mathrm{Cl}_2(g) & \longrightarrow 4\mathrm{PCl}_3(l) \\ (\mathrm{reducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{agent}) & \mathrm{lower} \, \mathrm{O.S.} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} +5 \\ \mathrm{P_4}(s) + 10\mathrm{Cl}_2(g) & \longrightarrow 4\mathrm{PCl}_5(s) \\ (\mathrm{reducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{agent}) \, \mathrm{Excess} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} +5 \\ \mathrm{P_4}(s) & \mathrm{e} \, \mathrm{O.S.} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} +5 \\ \mathrm{Creducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{agent}) \, \mathrm{Excess} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} +5 \\ \mathrm{Creducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{Excess} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} +5 \\ \mathrm{Creducing} & (\mathrm{oxidising} \\ \mathrm{agent}) & \mathrm{Excess} \end{array}$$

प्रश्न 12.

इन प्रेक्षणों की अनुकूलता को कैसे समझाएँगे?

- (क) यद्यपि क्षारीय पोटैशियम परमैंगनेट तथा अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट दोनों ही ऑक्सीकारक हैं। फिर भी टॉलूईन से बेन्जोइक अम्ल बनाने के लिए हम ऐल्कोहॉलिक पोटैशियम परमैंगनेट का प्रयोग ऑक्सीकारक के रूप में क्यों करते हैं? इस अभिक्रिया के लिए सन्तुलित अपचयोपचय समीकरण दीजिए।
- (ख) क्लोराइडयुक्त अकार्बनिक यौगिक में सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल डालने पर हमें तीक्ष्ण गन्ध वाली HCI गैस प्राप्त होती है, परन्तु यदि मिश्रण में ब्रोमाइड उपस्थित हो तो हमें ब्रोमीन की लाल वाष्प प्राप्त होती है, क्यों?

उत्तर

(क) यदि टॉल्ईन का ऑक्सीकरण क्षारीय अथवा अम्लीय KMnO₄ द्वारा किया जाये तो ऑक्सीकरण को नियन्त्रित करना कठिन होगा। इसमें मुख्य उत्पाद बेंजोइक ऐसिड (benzoic acid) के साथ-साथ सह अभिक्रियाओं (side reactions) द्वारा दूसरे उत्पाद भी प्राप्त होंगे। इसलिए टॉल्ईन के ऑक्सीकरण के लिये क्षारीय अथवा अम्लीय KMnO₄ के स्थान पर ऐल्कोहॉलिक KMnO₄ को वरीयता दी जाती है। अपचयोपचय (redox reaction) अभिक्रिया नीचे दी गई है–

$$C_6H_5CH_3 + 2KMnO_4 \longrightarrow 2KOH + 2MnO_2 + C_6H_5COOH$$
Toluene

Toluene

Toluene

· Average O.S. of
$$C = -\frac{8}{7}$$
 Average O.S. of $C = -\frac{2}{7}$

(ख) जब सान्द्र H₂SO₄ को क्लोराइडयुक्त एक अकार्बनिक मिश्रण में मिलाया जाता है, तो कम वाष्पशील अम्ल H₂SO₄ अधिक वाष्पशील अम्ल HCI को विस्थापित करता है और HCI गैस की तीक्ष्ण गन्ध आती है।

$$2NaCl(5) + H_2SO_4(I) \rightarrow 2NaHSO_4(s) + 2HCl(g)$$

HCI एक दुर्बल अपचायक है। यह H₂SO₄ को SO₂ में अपचयित करने में असमर्थ है। जब मिश्रण में ब्रोमाइड उपस्थित होता है तो अधिक उड़नशील अम्ल HBr विस्थापित होता है। HBr एक अधिक प्रबल अपचायक है और H₂SO₄ को SO₂ में अपचयित कर देता है। यह स्वयं ऑक्सीकृत होकर ब्रोमीन देता है जो लाल वाष्प के रूप में प्राप्त होती है।

$$2\text{NaBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{NaHSO}_4 + 2\text{HBr}$$

 $2\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2(g)$
eiler all q

प्रश्न 13.

निम्नलिखित अभिक्रियाओं में ऑक्सीकृत, अपचयित, ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थ पहचानिए-

- (क) $2AgBr(s) + C_6H_6O_2(aq) \rightarrow 2Ag(s) + 2HBr(aq) + C_6H_4O_2(aq)$
- **(ख)** HCHO(7) +2[Ag(NH₃)₂]⁺ (aq) + 3OH⁻ (aq) \rightarrow 2Ag(s)+ HCOO⁻7 (aq) +4NH₃(aq) +2H₂O(7)
- (ग) $HCHO(1) + 2Cu^{2+}(aq) + 5OH^{-}(aq) \rightarrow Cu_2O(s) + HCOO^{-}(aq) + 3H_2O(l)$
- (घ) $N_2H_4(I) + 2H_2O(I) \rightarrow N_2(g) + 4H_2O(I)$
- (ま) $Pb(s) + PbO_2(s) + 2HSO_4(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$

उत्तर

	ऑक्सीकृत पदार्थ	अपचयित पदार्थ	ऑक्सीकारक	अपचायक
(क)	$C_6H_6O_2(aq)$	AgBr (s)	AgBr(s)	$C_6H_6O_2(aq)$
(碅)	HCHO(aq)	$[Ag(NH_3)_2]^+$	$\left[\operatorname{Ag(NH}_3)_2\right]^+$	HCHO(aq)
(ग)	HCHO(aq)	Cu ²⁺ (aq)	$Cu^{2+}(aq)$	HCHO(aq)
(ঘ)	$N_2H_4(l)$	$H_2O_2(l)$	$H_2O_2(l)$	$N_2H_4(l)$
(ङ)	Pb(s)	$PbO_2(s)$	PbO ₂ (s)	Pb (s)

प्रश्न 14.

निम्नलिखित अभिक्रियाओं में एक ही अपचायक थायोसल्फेट, आयोडीन तथा ब्रोमीन से अलग-अलग

प्रकार से अभिक्रिया क्यों करता है?

$$\begin{array}{l} 2S_{2}O^{2\text{-}_{3}}\left(aq\right)+I_{2}(s)\to S_{4}O^{2\text{-}_{6}}(aq)+2I^{\text{-}}\left(aq\right)\\ S_{2}O^{2\text{-}_{3}}\left(aq\right)+2Br_{2}(I)+5H_{2}O(I)\to 2SO^{2\text{-}_{4}}\left(aq\right)+4Br^{\text{-}}(aq)+10H^{\text{+}}\left(aq\right) \end{array}$$

उत्तर

प्रस्तुत स्पीशीज (species) में S की ऑक्सीकरण संख्या निम्न है-

$$S_2O^{2-}_3 = +2$$
, $S_4O^{2-}_6 = 2.5$, $SO^{2-}_4 = +6$

ब्रोमीन, आयोडीन से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है। इसिलये यह S_2O^2 (S की 0.S. = +2) को SO^2 (S की O.S. = +6) में ऑक्सीकृत कर देता है; जिसमें S उच्च-ऑक्सीकरण अवस्था में है। I_2 एक दुर्बल ऑक्सीकारक की तरह व्यवहार करता है। यह S_2O^2 को S_4O^2 (S की S_4O^2 (S की S_4O^2 के S_4O^2 की S_4O^2 के S_4O^2 के

प्रश्न 15.

अभिक्रिया देते हुए सिद्ध कीजिए कि हैलोजनों में फ्लुओरीन श्रेष्ठ ऑक्सीकारक तथा हाइड्रोहैलिक यौगिकों में हाइड्रोआयोडिक अम्ल श्रेष्ठ अपचायक है।

उत्तर

हैलोजनों की ऑक्सीकारक क्षमता का घटता हुआ क्रम निम्न है- $F_2 > Cl_2$, $> Br_2 > I_2$ । F_2 एक प्रबल ऑक्सीकारक है तथा यह Cl^- , Br^- तथा l^- आयनों का ऑक्सीकर कर देती है। Cl_2 केवल Br^- तथा l^- आयनों को और Br_2 केवल I^- आयनों को ही ऑक्सीकृत कर पाती है। I_2 इनमें से किसी को भी ऑक्सीकृत करने में असमर्थ है। अभिक्रियायें नीचे दी गई हैं-

F, की ऑक्सीकारक अभिक्रियाएँ-

$$F_2(g) + 2Cl^-(aq) - \rightarrow 2F^-(aq) + Cl_2(g)$$

 $F_2(g) + 2Br^-(aq) 2F^-(aq) + Br_2(1)$
 $F_2(g) + 2l^-(aq) \rightarrow 2F^-(aq) + I(s)$

CI2 की ऑक्सीकारक अभिक्रियाएँ-

$$Cl_2(g)+ 2Br^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + Br (1)$$

 $Cl_2(g) + 2l^-(aq) \longrightarrow 2C^-(aq) + l_2(l),$

l2 की ऑक्सीकारक अभिक्रियाएँ-

$$Br_2(I) + 2I^-(aq) \rightarrow 2Br^-(aq) + I_2(s)$$

इस प्रकार F₂ सबसे अच्छा ऑक्सीकारक है। हाइड्रोलिक अम्लों की अपचायक क्षमता का घटता हुआ क्रम निम्न प्रकार है-

HI> HBr> HCI> HF

HI और HBr सल्फ्यूरिक अम्ल (H₂SO₄) को SO₂ में अपचयित कर देते हैं, जबकि HCI व HF ऐसा नहीं कर पाते।

$$2HBr + H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + 2H_2O + Br_2$$

 $2HI + H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + 2H_2O + I_2$

HCI, MnO2 को Mn2+ में अपचयित कर देता है परन्तु HF ऐसा करने में असमर्थ है। यह दर्शाता है। कि HCI की ऑक्सीकृत क्षमता HBr से अधिक है।

अतः हाइड्रोलिक अम्लों में HI प्रबलतम अपचायक है।

प्रश्न 16.

निम्नलिखित अभिक्रिया क्यों होती है?

$$XeO^{4-}_{6}(aq) + 2F^{-}(aq) + 6H^{+}(aq) \rightarrow XeO_{3}(g) + F_{2}(g) + 3H_{2}O(I)$$

यौगिक Na₄XeO₅ (जिसका एक भाग XeO⁴₅ है) के बारे में आप इस अभिक्रिया में क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

उत्तर

$$XeO_4^{+8}(aq) + 2F^-(aq) + 6H^+(aq) \longrightarrow XeO_3(s) + F_2(g) + 3H_2O(l)$$

इस अभिक्रिया में XeO, को XeO, में अपचयन तथा F- का F2 में ऑक्सीकरण हो रहा है। यह अभिक्रिया इसिलये सम्पन्न होती है क्योंकि XeO, F2 से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है। चूंकि XeO F2 की तुलना में अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है, अत: Na4XeO, एक प्रबल ऑक्सीकारक होगा।

प्रश्न 17.

निम्नलिखित अभिक्रियाओं में-

- (क) $H_3PO_2(aq) + 4AgNO_3(aq) + 2H_2O(I) \rightarrow H_2PO_4(aq) + 4Ag(s) + 4HNO_3(aq)$
- (ख) $H_3PO_2(aq) + 2CuSO_4(aq) + 2H_2O(I) \rightarrow H_3PO_4(aq) + 2Cu(s) + 2H_2SO_4(aq)$
- (ग) $C_2H_5CHO(I) + 2[Ag(NH_3)_2]^+(aq) + 3OH^-(aq) \rightarrow C_6H_5COO^-(aq) + 2Ag(s) + 4NH_3(aq) + 2H_2O(I)$
- (घ) C₆H₅CHO(I) +2Cu²+ (aq) + 5OH⁻ (aq) कोई परिवर्तन नहीं। इन अभिक्रियाओं से A⁺ तथा Cu²+ के व्यवहार के विषय में निष्कर्ष निकालिए।

उत्तर

ये अभिक्रिया दर्शाती है कि Ag+,Cu²+ से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है। यह निम्न तथ्यों से स्पष्ट है-

 अभिक्रिया (क) और (ख) दर्शाती है कि Ag₂व Cu²⁺ दोनों आयने H₃PO₂ को H₃PO₄ में ऑक्सीकृत कर सकते हैं। अत: दोनों ऑक्सीकारक हैं।। 2. अभिक्रिया (ग) दर्शाती है कि [Ag(NH₃)₂]⁺ आयन C₅H₅CHO को C₅H₂COOH में ऑक्सीकृत कर सकता है, परन्तु अभिक्रिया (घ) के अनुसार Cu²⁺ आयन ऐसा करने में असमर्थ है।
अतः यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि यद्यपि Ag⁺a Cu²⁺ दोनों ऑक्सीकारक अभिकर्मक हैं, परन्तु Ag⁺,Cu²⁺ से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है।

प्रश्न 18.

आयन-इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा निम्नलिखित रेडॉक्स अभिक्रियाओं को सन्तुलित कीजिए-

(क) $MnO_4^-(aq) + I^-(aq) \rightarrow MnO_2(s) + I_2(s)$ (क्षारीय माध्यम)

(ख)
$$MnO_{4}(aq) + SO_{2}(8) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + HSO_{4}(aq)$$
 (अम्लीय माध्यम)

(ग)
$$H_2O_2(aq) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + H_2O(I)$$
 (अम्लीय माध्यम)

(घ)
$$\operatorname{Cr_2O^{2-}_7} + \operatorname{SO_2}(g) \to \operatorname{Cr^{3+}}(aq) + \operatorname{SO^{2-}_4}(aq)$$
 (अम्लीय माध्यम)

उत्तर

(क) पद 1. पहले हम ढाँचा समीकरण लिखते हैं—

$$MnO_4^-(aq) + I^-(aq) \longrightarrow MnO_2(s) + I_2(s)$$

पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं---

-1 0

(i) ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया : $I^- \longrightarrow I_2$

(ii) अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $MnO_4^-(aq) \longrightarrow MnO_2(s)$

पद 3. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया में 1 परमाणु का सन्तुलन करने पर हम लिखते हैं-

 $2I^{-}(aq) \longrightarrow I_{2}(s)$

पद 4. O परमाणु के सन्तुलन के लिए हम अपचयन अभिक्रिया में दाईं ओर 2 जल-अणु जोड़ते हैं—

$$MnO_4^-(aq) \longrightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$$

H परमाणु के सन्तुलन के लिए हम बाईं ओर चार H⁺ आयन जोड़ देते हैं—

$$\operatorname{MnO}_{4}^{-}(aq) + 4\operatorname{H}_{2}^{+}(aq) \longrightarrow \operatorname{MnO}_{2}(s) + 2\operatorname{H}_{2}\operatorname{O}(l)$$

क्योंकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है, इसलिए $4H^+$ के लिए समीकरण के दोनों ओर हम $4OH^-$ जोड़ देते हैं।

 $MnO_{4}^{-}(aq) + 4H^{+}(aq) + 4OH^{-}(aq) \longrightarrow MnO_{2}(s) + 2H_{2}O(l) + 4OH^{-}(aq)$ H^{+} आयन तथा OH^{-} आयन के योग को $H_{2}O$ से बदलने पर परिणामी समीकरण निम्नवत् है—

$$MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) \longrightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं में आवेश का सन्तुलन दर्शाई गई विधि द्वारा करते हैं। 🗈

$$2I^{-}(aq) \longrightarrow I_{2}(s) + 2e^{-}$$

 $\operatorname{MnO}_{4}^{L}(aq) + 2\operatorname{H}_{2}\operatorname{O}(l) + 3e^{-} \longrightarrow \operatorname{MnO}_{2}(s) + 4\operatorname{OH}^{-}(aq)$

इलेक्ट्रॉनों की संख्या की एकसमान बनाने के लिए ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया को 3 से तथा अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया को 2 से गुणा करते हैं—

$$6I^{-}(aq) \longrightarrow 3I_{2}(s) + 6e^{-}$$

 $2MnO_{4}^{-}(aq) + 4H_{2}O(l) + 6e^{-} \longrightarrow 2MnO_{2}(s) + 8OH^{-}(aq)$

पद 6. दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं को जोड़ने पर-

 $6I^-(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 4H_2O(l) \longrightarrow 3I_2(s) + 2MnO_2(s) + 8OH^-(aq)$ अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि दोनों ओर के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से समीकरण सन्तुलित है।

(ख) पद 1. पहले हम ढाँचा समीकरण लिखते हैं-

$$\operatorname{MnO}_{4}^{-}(aq) + \operatorname{SO}_{2}(g) \longrightarrow \operatorname{Mn}^{2+}(aq) + \operatorname{HSO}_{4}^{-}(aq)$$

पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं-

(i) ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया : $SO_2(g) \longrightarrow HSO_4^-(aq)$

(ii) अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $MnO_4^-(aq) \longrightarrow Mn^{2+}(aq)$

पद 3. ऑक्सीजन परमाणु के सन्तुलन के लिए हम ऑक्सीकरण अभिक्रिया में बाईं ओर 2 जल अणु जोड़ते हैं—

 $SO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow HSO_4(aq)$

हाइड्रोजन परमाणु के सन्तुलन के लिए हम ऑक्सीकरण अभिक्रिया में दाईं ओर 3H⁺ आयन जोड़ देते हैं—

$$SO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow HSO_4^-(aq) + 3H^+(aq)$$

पद 4. ऑक्सीजन परमाणु के सन्तुलन के लिए हम अपचयन अभिक्रिया में दाईं ओर चार जल-अणु जोड़ते हैं—

 $\operatorname{MnO}_{4}^{+}(aq) \longrightarrow \operatorname{Mn}^{2+}(aq) + 4\operatorname{H}_{2}\operatorname{O}(l)$

हाइड्रोजन परमाणु के सन्तुलन के लिए हम अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया में बाईं ओर 8H + आयन जोड़ देते हैं—

 $MnO_{4}^{-}(aq) + 8H^{+}(aq) \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_{2}O(l)$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं में आवेश का सन्तुलन दर्शाई गई विधि द्वारा करते हैं।

$$SO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow HSO_4^-(aq) + 3H^+(aq) + 2e^-$$

 $MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$

इलेक्ट्रॉनों की संख्या एकसमान बनाने के लिए ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया को 5 से तथा अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया को 2 से गुणा करते हैं—

$$5SO_2(g) + 10H_2O(l) \longrightarrow 5HSO_4^-(aq) + 15H^+(aq) + 10e^-$$

 $2MnO_4^-(aq) + 16H^+(aq) + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$

पद 6. दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं को जोड़ने पर---

 $2 \text{MnO}_4^-(aq) + 5 \text{SO}_2(g) + 2 \text{H}_2 \text{O}(l) + \text{H}^+(aq) \longrightarrow 5 \text{HSO}_4^-(aq) + 2 \text{Mn}^{2+}(aq)$ अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि दोनों ओर के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से समीकरण सन्तुलित है।

(ग) पद 1. पहले हम ढाँचा समीकरण लिखते हैं-

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

पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं---

. (i) ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया :
$$\stackrel{+2}{\text{Fe}}^{2+}(aq) \longrightarrow \stackrel{+3}{\text{Fe}}^{3+}(aq)$$

(ii) अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $\mathrm{H}_2\mathrm{O}_2(aq)$ \longrightarrow $\mathrm{H}_2\mathrm{O}(l)$

पद 3. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया में Fe परमाणु का सन्तुलन करने पर हम लिखते हैं—

$$\operatorname{Fe}^{2+}(aq) \longrightarrow \operatorname{Fe}^{3+}(aq)$$

पद 4. अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया में O परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम समीकरण को इस प्रकार लिखते हैं—

$$H_2O_2(aq) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

H परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम बाई और दो H+ आयन जोड़ देते हैं-

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं में आवेश का सन्तुलन दर्शाई गई विधि द्वारा करते हैं—

$$Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^{-}$$

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^{-} \longrightarrow 2H_2O(l)$$

इलेक्ट्रॉन की संख्या को एकसमान बनाने के लिए ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया को 2 से गुणा करते हैं—

$$2\text{Fe}^{2+}(aq) \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+}(aq) + 2e^{-}$$

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$$

पद 6. दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं को जोड़ने पर-

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

अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि दोनों ओर के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से समीकरण सन्तुलित है।

(घ) पद 1. पहले हम ढाँचा समीकरण लिखते हैं—

$$\operatorname{Cr}_2 \operatorname{O}_7^{2-}(aq) + \operatorname{SO}_2(g) \longrightarrow \operatorname{Cr}^{3+}(aq) + \operatorname{SO}_4^{2-}(aq)$$

पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं---

(i) ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया : $SO_2(g) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq)$

(ii) अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $Cr_2O_7^{2-}(aq) \longrightarrow Cr^{3+}(aq)$

पद 3. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया में O परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम बाईं ओर दो जल अणु जोड़ते हैं---

 ${
m SO}_2(g) + 2{
m H}_2{
m O}(l) \longrightarrow {
m SO}_4^{\ 2^-}(aq)$ H परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम दाईं ओर $4{
m H}^+$ आयन जोड़ देते हैं—

$$SO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq)$$

 $SO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{\ 2^-}(aq) + 4H^+(aq)$ पद 4. अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया में O परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम दाईं ओर सात जल अणु' जोड़ते हैं तथा Cr परमाणु को भी सन्तुलित करते हैं-

$$\operatorname{Cr}_2 \operatorname{O}_7^{2-}(aq) \longrightarrow 2\operatorname{Cr}^{3+}(aq) + 7\operatorname{H}_2 \operatorname{O}(l)$$

 ${
m Cr}_2{
m O}_7^{\ 2-}(aq)$ \longrightarrow $2{
m Cr}^{3+}(aq)+7{
m H}_2{
m O}(l)$ ${
m H}$ परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम बाईं ओर चौदह ${
m H}^+$ आयन जोड़ देते हैं—

$$\operatorname{Cr}_2 \operatorname{O}_7^{2-}(aq) + 14\operatorname{H}^+(aq) \longrightarrow 2\operatorname{Cr}^{3+}(aq) + 7\operatorname{H}_2 \operatorname{O}(l)$$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं में आवेश का सन्तुलन इस प्रकार करते हैं—

$$SO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^-$$

 $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

इलेक्ट्रॉनों की संख्या एकसमान बनाने के लिए ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया को 3 से गुणा करते

$$3SO_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow 3SO_4^{2-}(aq) + 12H^+(aq) + 6e^-$$

$${
m Cr}_2{
m O}_7^{\;2-}(aq) + 14{
m H}^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2{
m Cr}^{\;3+}(aq) + 7{
m H}_2{
m O}(l)$$
 पद 6. दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं को जोड़ने पर—

 ${
m Cr}_2{
m O}_7^{\;2-}(aq) + 3{
m SO}_2(g) + 2{
m H}^+(aq) \longrightarrow 2{
m Cr}^{\;3+}(aq) + 3{
m SO}_4^{\;2-}(aq) + {
m H}_2{
m O}(l)$ अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि दोनों ओर के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से समीकरण सन्तुलित है।

प्रश्न 19.

निम्नलिखित अभिक्रियाओं के समीकरणों को आयन-इलेक्ट्रॉन तथा ऑक्सीकरण संख्या विधि (क्षारीय

माध्यम में) द्वारा सन्तुलित कीजिए तथा इनमें ऑक्सीकारक और अपचायकों की पहचान कीजिए-

(क)
$$P_4(s) + OH^-(aq) \rightarrow PH_3(g) + H^-PO_{27}(aq)$$

(ख)
$$N_2H_4(I) + CIO^-_3(aq) \rightarrow NO(g) + CI^-(g)$$

(ग)
$$Cl_2O_7(g) + H_2O_2(aq) \rightarrow ClO_2^-(aq) + O_2(g) + H^+(aq)$$

उत्तर

(क) आयन इलेक्ट्रॉन विधि से समीकरण सन्तुलित करना—

पद 1. पहले ढाँचा समीकरण लिखते हैं-

$$P_4(s) + OH^-(aq) \longrightarrow PH_3(g) + H_2PO_2^-(aq)$$

पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं---

+1

(i) ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया :
$$P_4(s) \longrightarrow H_2 PO_2^-(aq)$$

(ii) , अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $P_4(s) \longrightarrow PH_3(g)$

(P ऑक्सीकारक तथा अपचायक दोनों की भाँति कार्य करता है)

पद 3. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया में पहले P परमाणुओं को सन्तुलित करके O परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम बाईं ओर आठ जल अणु जोड़ते हैं।

$$P_4(s) + 8H_2O(l) \longrightarrow 4H_2PO_2(aq)$$

इस अभिक्रिया में H-परमाणु सन्तुलित करने के लिए आठ H - आयन दाईं ओर जोड़ते हैं।

$$P_4(s) + 8H_2O(l) \longrightarrow 4H_2PO_2^{-1}(aq) + 8H^{+1}(aq)$$

अब चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है; अत: दोनों ओर OH - आयन जोड़ते हैं----

$$P_4(s) + 8H_2O(l) + 8OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2PO_2^-(aq) + 8H^+(aq) + 8OH^-(aq)$$

या
$$P_4(s) + 8H_2O(l) + 8OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2PO_2^-(aq) + 8H_2O(l)$$

या
$$P_4(s) + 8OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2PO_2^-(aq)$$

पद 4. अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया में P परमाणुओं को सन्तुलित करते हैं—

$$P_4(s) \longrightarrow 4PH_3(g)$$

H-परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम उपर्युक्त अभिक्रिया में बाईं ओर बारह H⁺ आयन जोड़ देते हैं—

 $P_4(s) + 12H^+(aq) \longrightarrow 4PH_3(g)$

क्योंकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है; अत: 12H + आयनों के लिए 12OH - आयन समीकरण के दोनों ओर जोड़ते हैं—

$$P_4(s) + 12H^+(aq) + 12OH^-(aq) \longrightarrow 4PH_3(g) + 12OH^-(aq)$$

 ${
m H}^+$ तथा ${
m OH}^-$ के संयोग से जल अणु बनने के कारण परिणामी समीकरण निम्नलिखित प्रकार होगी—

$$P_4(s) + 12H_2O(l) \longrightarrow 4PH_3(g) + 12OH^-(aq)$$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं में आवेश का सन्तुलन निम्नवत् करते हैं-

$$P_4(s) + 8 OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2PO_2^-(aq) + 4e^-$$

$$P_4(s) + 12H_2O(l) + 12e^- \longrightarrow 4PH_3(g) + 12OH^-(aq)$$

पद 6. उपर्युक्त दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं को जोड़ने पर-

$$4P_4(s) + 12H_2O(l) + 12OH^-(aq) \longrightarrow 4PH_3(g) + 12H_2PO_2^-(aq)$$

 $P_4(s) + 3H_2O(l) + 3OH^-(aq) \longrightarrow PH_3(g) + 3H_2PO_2^-(aq)$

अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि समीकरण में दोनों ओर के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से समीकरण सन्तुलित है।

ऑक्सीकरण संख्या विधि से समीकरण सन्तुलित करना—

पद 1. अभिक्रिया का ढाँचा इस प्रकार है-

$$P_4(s) + OH^-(aq) \longrightarrow PH_3(g) + H_2PO_2^-(aq)$$

पद 2. अभिक्रिया में P की ऑक्सीकरण संख्या लिखते हैं—

$$\overset{0}{P_4}(s) + OH^-(aq) \longrightarrow \overset{-3}{PH_3}(g) + H_2 \overset{+1}{PO_2}(aq)$$

यह इस बात का सूचक है कि P **ऑक्सीकारक** तथा **अपचायक** दोनों रूपों में कार्य करता है। **पद 3.** P की ऑक्सीकरण अवस्था 3 घटती है तथा 1 बढ़ती है। अत: हमें $H_2PO_2^-$ की गुणा 3 से करनी होगी।

 $P_4(s) + OH^-(aq) \longrightarrow PH_3(g) + 3H_2PO_2^-(aq)$

पद 4. चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में हो रही है तथा दोनों और के आँयनों का आवेश एकसमान नहीं है। अतः हम बाईं ओर दो OH 'आयन जोड़ेंगे जिससे आवेश एकसमान हो जाए।

 $P_4(s) + 3OH^-(aq) \longrightarrow PH_3(g) + 3H_2PO_2(aq)$

पद 5. इस पद में हाइड्रोजन आयनों को सन्तुलित करने के लिए हम तीन जल अणुओं को बाईं ओर जोड़ते हैं—

 $P_4(s) + 3OH^-(aq) + 3H_2O(l) \longrightarrow PH_3(g) + 3H_2PO_2^-(aq)$ यह सन्तुलित अभिक्रिया है। (ख) आयन-इलेक्ट्रॉन विधि से समीकरण सन्तुलित करना— पद 1. पहले ढाँचा समीकरण लिखते हैं- $N_2H_4(l) + ClO_3^-(aq) \longrightarrow NO(g) + Cl^-(g)$ पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं— (i) ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया : $N_2H_4(l) \longrightarrow NO(g)$ (ii) अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $ClO_3^-(aq) \longrightarrow Cl^-(g)$ $(N_2H_4$ अपचायक तथा ClO_3 ऑक्सीकारक की भाँति कार्य करता है।) पद 3. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया में N-परमाणुओं को सन्तुलित करते हैं— ' $N_2H_4(l) \longrightarrow 2NO(g)$ अब O परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए समीकरण में बाईं ओर दो जल अणु जोड़ते हैं--- $N_2H_4(l) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NO(g)$ अब H परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए समीकरण में दाईं ओर 8H+ जोड़ते हैं— $N_2H_4(l) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NO(g) + 8H^+(aq)$ चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में हो रही है; अत: समीकरण के दोनों ओर 8 OH - आयन जोड़ते

 $N_2H_4(l) + 2H_2O(l) + 8OH^-(aq) \longrightarrow 2NO(g) + 8H^+ + 8OH^-(aq)$ H+ तथा OH. आयनों के संयोग पर जल अणु बनने के कारण समीकरण निम्नवत् होगी---

 $N_2H_4(l) + 8OH^-(aq) \longrightarrow 2NO(g) + 6H_2O(l)$

पद 4. अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया में O परमाणुओं के सन्तुलन के लिए समीकरण के दाईं ओर तीन जल अणु जोड़ते हैं—

 $ClO_3^-(aq) \longrightarrow Cl^-(g) + 3H_2O(l)$

H-परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए समीकरण के बाईं ओर छह H+ आयन जोड़ते हैं—

 $ClO_3^-(aq) + 6H^+(aq) \longrightarrow Cl^-(g) + 3H_2O(l)$

चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है; अत: समीकरण में दोनों ओर छह OH^- आयन जोडते हैं---

 $ClO_3^-(aq) + 6H^+(aq) + 6OH^-(aq) \longrightarrow Cl^-(g) + 3H_2O(l) + 6OH^-(aq)$ H^+ तथा OH^- के संयोग से जल अण बनने पर.

 $ClO_3^-(aq) + 3H_2O(l) \longrightarrow Cl^-(g) + 6OH^-(aq)$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं के आवेश का सन्तुलन निम्नवत् करते हैं-

$$N_2H_4(l) + 8OH^-(aq) \longrightarrow 2NO(g) + 6H_2O(l) + 8e^-$$

$$ClO_3^-(aq) + 3H_2O(l) + 6e^- \longrightarrow Cl^-(g) + 6OH^-(aq)$$

इलेक्ट्रॉनों की संख्या समान करने के लिए ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया को 3 से तथा अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया को 4 से गुणा करते हैं---

 $3N_2H_4(l) + 24OH^-(aq) \longrightarrow 6NO(g) + 18H_2O(l) + 24e^-$

 $4ClO_3^-(aq) + 12H_2O(l) + 24e^- \longrightarrow 4Cl^-(g) + 24OH^-(aq)$

पद 6. दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं की जोड़ने पर---

 $3N_2H_4(l) + 4ClO_3^-(aq) \longrightarrow 6NO(g) + 4Cl^-(g) + 6H_2O(l)$

अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि उपर्युक्त समीकरण परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से सन्तुलित है।

ऑक्सीकरण संख्या विधि से समीकरण सन्तुलित करना---

पद 1. अभिक्रिया का ढाँचा इस प्रकार है-

$$N_2H_4(l) + ClO_3^-(aq) \longrightarrow NO(g) + Cl^-(g)$$

पद 2. अभिक्रिया में N तथा Cl की ऑक्सीकरण संख्या लिखते हैं-

$$^{-2}$$
 $^{+5}$ $^{+2}$ $^{-1$

स्पष्ट है कि N_2H_4 अपचायक तथा CIO_3 ऑक्सीकारक के रूप में कार्य करते हैं। पद 3. ऑक्सीकरण संख्या में होने वाली वृद्धि तथा कमी की गणना करते हैं तथा इन्हें एकसमान बनाते हैं।

$$3N_2H_4(l) + 4ClO_3^-(aq) \longrightarrow 6NO(g) + 4Cl^-(g)$$

पद 4. चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में हो रही है तथा अभिक्रिया आवेश की दृष्टि से सन्तुलित है; अत: O तथा H परमाणुओं के सन्तुलन के लिए अभिक्रिया में दाईं ओर 6 जल अणु जोड़ देने पर पूर्णतया सन्तुलित समीकरण प्राप्त हो जाएगी।

$$3N_2H_4(l) + 4ClO_3^-(aq) \longrightarrow 6NO(g) + 4Cl^-(g) + 6H_2O(l)$$

यह सन्तुलित समीकरण है।

(ग) आयन-इलेक्ट्रॉन विधि से समीकरण सन्तुलित करना—

पद 1. पहले ढाँचा समीकरण लिखते हैं-

$$Cl_2O_7(g) + H_2O_2(aq) \longrightarrow ClO_2^-(aq) + O_2(g) + H^+(aq)$$

पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं-

-1 0

(i) ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया : $H_2O_2(aq) \longrightarrow O_2(g)$

(ii) अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $\operatorname{Cl}_2\operatorname{O}_7(g)$ \longrightarrow $\operatorname{ClO}_2^-(aq)$ ($\operatorname{H}_2\operatorname{O}_2$ अपचायक तथा $\operatorname{Cl}_2\operatorname{O}_7$ ऑक्सीकारक की भाँति कार्य करते हैं।)

पद 3. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया में H परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम दो H⁺ दाईं ओर जोड़ते हैं—

 $H_2O_2(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H^+(aq)$

चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में सम्पन्न होती है; अत: दोनों ओर OH आयन जोड़ने पर—

 $2OH^{-}(aq) + H_2O_2(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H^{+}(aq) + 2OH^{-}(aq)$

H+ तथा OH- आयन के संयोग से जल अणु बनने पर परिणामी समीकरण निम्नवत् होगी---

 $H_2O_2(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O(l)$

पद 4. अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया में सर्वप्रथम CI परमाणुओं को सन्तुलित करते हैं---

 $Cl_2O_7(g) \longrightarrow 2ClO_2^-(aq)$

O परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम दाईं ओर तीन जल-अणु जोड़ते हैं---

 $Cl_2O_7(g) \longrightarrow 2ClO_2^-(aq) + 3H_2O(l)$

H परमाणुओं के सन्तुलन के लिए हम 6H+ बाई ओर जोड़ते हैं—

 $Cl_2O_7(g) + 6H^+(aq) \longrightarrow 2ClO_2^-(aq) + 3H_2O(l)$

चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में सम्पन्न होती है; अत: 6H⁺ के लिए दोनों ओर 6OH⁻ जोड़ते हैं—

$$Cl_2O_7(g) + 6H^+(aq) + 6OH^-(aq) - \longrightarrow 2ClO_2^-(aq) + 3H_2O(l) + 6OH^-(aq)$$

H⁺ तथा OH⁻ के संयोग से जल अणु बनने पर परिणामी समीकरण निम्नवत् होगी—

$$Cl_2O_7(g) + 3H_2O(l) \longrightarrow 2ClO_2^-(aq) + 6OH^-(aq)$$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं में आवेश का सन्तुलन निम्नवत् करते हैं---

$$H_2O_2(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow O_2(g) + 2H_2O(l) + 2e^-$$

$$Cl_2O_7(g) + 3H_2O(l) + 8e^- \longrightarrow 2ClO_2(aq) + 6OH^-(aq)$$

इलेक्ट्रॉनों की संख्या एकसमान करने के लिए ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया की गुणा 4 से करते हैं।

$$4H_2O_2(aq) + 8OH^-(aq) \longrightarrow 4O_2(g) + 8H_2O(l) + 8e^-$$

 $Cl_2O_7(g) + 3H_2O(l) + 8e^- \longrightarrow 2ClO_2^-(aq) + 6OH^-(aq)$

पद 6. उपर्युक्त दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं को जोड़ने पर---

 $\text{Cl}_2\text{O}_7(g) + 4\text{H}_2\text{O}_2(aq) + 2\text{OH}^-(aq) \longrightarrow 2\text{ClO}_2^-(aq) + 4\text{O}_2(g) + 5\text{H}_2\text{O}(l)$ अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि समीकरण में दोनों ओर के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से समीकरण सन्तुलित है।

ऑक्सीकरण संख्या विधि से समीकरण सन्तुलित करना—

पद 1. अभिक्रिया का ढाँचा इस प्रकार है-

$$\operatorname{Cl}_2\operatorname{O}_7(g) + \operatorname{H}_2\operatorname{O}_2(aq) \longrightarrow \operatorname{ClO}_2^-(aq) + \operatorname{O}_2(g) + \operatorname{H}^+(aq)$$

पद 2. अभिक्रिया में Cl तथा O की ऑक्सीकरण संख्या लिखते हैं—

$$^{+7}$$
 $\text{Cl}_2\text{O}_6(g) + \text{H}_2\text{O}_2(aq) \longrightarrow \text{ClO}_2^-(aq) + \text{O}_2(g) + \text{H}^+(aq)$

स्पष्ट है कि H_2O_2 अपचायक तथा Cl_2O_7 ऑक्सीकारक के रूप में कार्य करते हैं।

पद 3. ऑक्सीकरण संख्या में होने वाली कमी तथा वृद्धि की गणना करते हैं तथा इन्हें एकसमान बनाते हैं—

$$Cl_2O_7(g) + 4H_2O_2(aq) \longrightarrow 2ClO_2^-(aq) + 4O_2(g)$$

पद 4. चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में हो रही है तथा दोनों और के आयनों का आवेश एकसमान नहीं है; अत: हम दो OH – आयन बाईं ओर जोड़ देते हैं—

$$Cl_2O_7(g) + 4H_2O_2(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2ClO_2(aq) + 4O_2(g)$$

H परमाणुओं के सन्तुलन के लिए दाईं ओर पाँच जल-अणु जोड़ते हैं।

$$Cl_2O_7(g) + 4H_2O_2(aq) + 2OH^-(aq) \longrightarrow 2ClO_2^-(aq) + 4O_2(g) + 5H_2O(l)$$
 यह सन्तुलित समीकरण है।

प्रश्न 20.

निम्नलिखित अभिक्रिया से आप कौन-सी सूचनाएँ प्राप्त कर सकते हैं- $(CN)_2(g) + 2OH^-(aq) \rightarrow CN^-(aq) + CNO^-(aq) + H_2O(I)$

उत्तर

यह एक असमानुपातन (disproportionation) अभिक्रिया है। इसमें (CN)₂ एक ही समय में CN⁻ में अपचयित और CNO- में ऑक्सीकृत होता है। यह अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है।

प्रश्न 21.

Mn³+ आयन विलयन में अस्थायी होता है तथा असमानुपातन द्वारा Mn²+, MnO₂ और H+ आयन देता है। इस अभिक्रिया के लिए सन्त्लित आयनिक समीकरण लिखिए।

उत्तर

उपर्युक्त अभिक्रिया को निम्न प्रकार सन्तुलित किया जा सकता है-

(i) सभी परमाणुओं पर ऑक्सीकरण-संख्या लिखने पर, यह स्पष्ट हो जाता है, कि Mn^{3+} का एक ही समय में Mn²⁺ में अपचयन तथा MnO₂ में ऑक्सीकरण हो रहा है।

$${\rm Mn}^{+3}(aq) \longrightarrow {\rm Mn}^{2+}(aq) + {\rm MnO}(s) + {\rm H}^{+}(aq)$$

(ii) अभिक्रिया को ऑक्सीकरण तथा अपचयन दो अर्द्ध अभिक्रियाओं के रूप में लिखने पर—

$$\operatorname{Mn}^{3+}(aq) \longrightarrow \operatorname{Mn}^{2+}(aq)$$
 (अपचयन अर्द्धक्रिया) $\operatorname{Mn}^{3+}(aq) \longrightarrow \operatorname{MnO}_2(s)$ (ऑक्सीकरण अर्द्धक्रिया)

(iii) अपचयन अर्द्धक्रिया को सन्तुलित करना-

- (क) अभिक्रिया में दोनों ओर Mn परमाण की संख्या समान है।
- (ख) अभिक्रिया में कोई भी O परमाण नहीं है।
- (ग) इलेक्ट्रॉन जोड़कर आवेश को सन्तुलित करने पर

$$\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + e^{-} \longrightarrow \operatorname{Mn}^{2+}(aq)$$
 (अपचयन अर्द्धक्रिया)

(iv) ऑक्सीकरण अर्द्धक्रिया को सन्तुलित करना—

- (क) अभिक्रिया में दोनों ओर Mn परमाणु की संख्या समान है।
- (ख) चूँकि अभिक्रिया अम्लीय माध्यम में होती है, इसलिए ऑक्सीजन-परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए बायीं ओर दो (H2O) अणु जोड़कर O परमाणुओं को सन्तुलित किया जा सकता है।

$$\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + 2\operatorname{H}_2\operatorname{O}(l) \longrightarrow \operatorname{MnO}_2(s)$$

H परमाणु को सन्तुलित करने पर

$$\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + 2\operatorname{H}_2\operatorname{O}(l) \longrightarrow \operatorname{MnO}_2(s) + 4\operatorname{H}^+$$

 $\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + 2\operatorname{H}_2\operatorname{O}(l) \longrightarrow \operatorname{MnO}_2(s) + 4\operatorname{H}^+$ (ग) इलेक्ट्रॉन जोड़कर आवेश को सन्तुलित करने पर

$$\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + 2\operatorname{H}_2\operatorname{O}(l) \longrightarrow \operatorname{MnO}_2(s) + 4\operatorname{H}^+ + e^-$$

(सन्तुलित ऑक्सीकरण अर्द्धक्रिया)

$$\frac{\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + e^{-} \longrightarrow \operatorname{Mn}^{2+}(aq)}{\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + 2\operatorname{H}_{2}\operatorname{O}(l) \longrightarrow \operatorname{MnO}_{2}(s) + 4\operatorname{H}^{+} + e^{-}}{2\operatorname{Mn}^{3+}(aq) + 2\operatorname{H}_{2}\operatorname{O}(l) \longrightarrow \operatorname{Mn}^{2+}(aq) + \operatorname{MnO}_{2}(s) + 4\operatorname{H}^{+}}$$

यह दी गई अभिक्रिया के लिये सन्तुलित आयनिक समीकरण है।

प्रश्न 22.

Cs, Ne, I तथा F में ऐसे तत्व की पहचान कीजिए, जो

- (क) केवल ऋणात्मक ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।
- (ख) केवल धनात्मक ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।
- (ग) ऋणात्मक तथा धनात्मक दोनों ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।
- (घ) न ऋणात्मक और न ही धनात्मक ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।

उत्तर

- (क) F: यह सर्वाधिक वैद्युत ऋणात्मक तत्त्व है और सदैव -1 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।
- (ख) Cs : यह एक क्षार धातु है जो अत्यधिक वैद्युत धनात्मक है। यह सदैव +1 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।
- (ग) I: यह एक हैलोजन है। इसके संयोजक कोश में सात इलेक्ट्रॉन पाये जाते हैं। इसिलये यह -1 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है। 4-कोश (orbitals) की उपस्थिति के कारण यह +1, +3, +5, और +7 ऑक्सीकरण अवस्थाएँ भी प्रदर्शित करता है।
- (घ) Ne: यह एक उत्कृष्ट गैस (noble gas) है तथा किसी रासायनिक अभिक्रिया में भाग नहीं लेती है। इसलिए, यह न तो धनात्मक ऑक्सीकरण-अवस्था में पाई जाती है और न ही ऋणात्मक ऑक्सीकरण अवस्था में।

प्रश्न 23.

जल के शुद्धिकरण में क्लोरीन को प्रयोग में लाया जाता है। क्लोरीन की अधिकता हानिकारक होती है। सल्फर डाइऑक्साइड से अभिक्रिया करके इस अधिकता को दूर किया जाता है। जल में होने वाले इस अपचयोपचय परिवर्तन के लिए सन्तुलित समीकरण लिखिए।

उत्तर

क्लोरीन तथा सल्फर डाइऑक्साइड की अभिक्रिया निम्नलिखित समीकरण द्वारा व्यक्त की जा सकती है

$$Cl_2 + SO_2 \rightarrow Cl^- + SO^{2-}_4$$

इस अपचयोपचय अभिक्रिया को आयन-इलेक्ट्रॉन विधि से निम्नांकित पदों में सन्तुलित करते हैं-पद 1. पहले ढाँचा समीकरण लिखते हैं-

$$Cl_2 + SO_2 \rightarrow Cl^- + SO^{2-}_4$$

पद 2. दो अर्द्ध-अभिक्रियाएँ निम्नवत् हैं-

- 1. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया : $SO_2 \to SO^{2-4}$
- 2. अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया : $Cl_2 \rightarrow Cl^-$

पद 3. ऑक्सीकरण अर्द्ध-अभिक्रिया में 0 परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए समीकरण में बाईं ओर दो जल अणु जोड़ते हैं-

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow SO^{2-}_4 + 4H^+$$

पद 4. सन्तुलित अपचयन अर्द्ध-अभिक्रिया निम्नवत् होगी ।-

$$Cl_2 \rightarrow 2Cl^-$$

पद 5. इस पद में हम दोनों अर्द-अभिक्रियाओं में आवेश का सन्तुलन इस प्रकार करेंगे-

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow SO^{2-}_4 + 4H^+ + 2e^-$$

 $CI_2 + 2e^- \rightarrow 2CI^-$

पद 6. उपर्युक्त दोनों अर्द्ध-अभिक्रियाओं को जोड़ने पर-

$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2Cl^- + SO^{2-}_4 + 4H^+$$

अन्तिम सत्यापन दर्शाता है कि समीकरण परमाणुओं की संख्या एवं आवेश की दृष्टि से सन्तुलित है।

प्रश्न 24.

आवर्त सारणी की सहायता से निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए-

- (क) सम्भावित अधातुओं के नाम बताइए, जो असमानुपातन की अभिक्रिया प्रदर्शित कर सकती हों।
- (ख) किन्हीं तीन धातुओं के नाम बताइए, जो असमानुपातन अभिक्रिया प्रदर्शित कर सकती हों। उत्तर
- (क) P₄, Cl₂ और S हैं।
- (ख) Cu, Ga और In| इनकी असमानुपातन की अभिक्रियाएँ निम्न हैं-

$$2Cu^+$$
 (aq) $-\rightarrow Cu^{2+}$ (aq) + Cu (s)

$$3Ga^+(aq) \rightarrow Ga^{3+}(aq) + 2Ga(s)$$

$$3ln^{+}(aq) \rightarrow ln^{3+}(aq) + 2ln(3)$$

ये धातु तीन ऑक्सीकरण अवस्थाओं में पायी जाती हैं, जो निम्न हैं-

प्रश्न 25.

नाइट्रिक अम्ल निर्माण की ओस्टवाल्ड विधि के प्रथम पद में अमोनिया गैस के ऑक्सीजन गैस दवारा

ऑक्सीकरण से नाइट्रिक ऑक्साइड गैस तथा जलवाष्प बनती है। 10.0 ग्राम अमोनिया तथा 20.00 ग्राम ऑक्सीजन द्वारा नाइट्रिक ऑक्साइड की कितनी अधिकतम मात्रा प्राप्त हो सकती है?

उत्तर

प्रक्रम की रासायनिक समीकरण निम्न है-

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

 $17 \times 4 = 68 \text{ g}$ $32 \times 5 = 160 \text{ g}$ $30 \times 4 = 120 \text{ g}$

समीकरण के अनुसार 68 ग्राम NH3 के ऑक्सीकरण के लिए 160 ग्राम O2 की आवश्यकता होती है। .: 10 ग्राम NH3 के ऑक्सीकरण के लिए होगी $\frac{160}{68} \times 10 = 23.53 g$ O2 की आवश्यकता। प्रक्रम में केवल 20g O2 का प्रयोग किया गया है। अत: O2 सीमान्त अभिकर्मक है।

- 160g O₂ से प्राप्त होती है, NO= 120g
- \therefore 20g O₂ से प्राप्त होगी, NO= $\frac{120}{160} \times 20 = 15.00g$

प्रश्न 26.

पाठ्य-पुस्तक की सारणी 8:1 में दिए गए मानक विभवों की सहायता से अनुमान लगाइए कि क्या इन अभिकारकों के बीच अभिक्रिया सम्भव है?

- (क) Fe³⁺ तथा।(aq)
- (ख) Ag⁺ तथा Cu(s)
- (ग) Fe³⁺(aq) तथा Br (aq)
- (घ) Ag(s) तथा Fe³+(aq)
- (**ङ)** Br₂(aq) तथा Fe²⁺

उत्तर

- (क) सम्भव है- 2Fe³+(aq) + 2l⁻ (aq) → 2Fe²+ (aq) + l₂(s)
- (ख) सम्भव है- Cu (s) + 2Ag+ (aq) Cu2+ (aq) + 2Ag (s)
- (ग) सम्भव है- Cu (s) + 2Fe³+(aq) → Cu²+ (aq) + 2Fe²+ (aq)
- (घ) सम्भव नहीं है।
- (ङ) सम्भव है— Br₂ (aq) +2Fe²+(aq) 2Br⁻ (aq) + 2Fe³+(aq)

प्रश्न 27.

निम्नलिखित में से प्रत्येक के विद्युत-अपघटन से प्राप्त उत्पादों के नाम बताइए-

- (क) सिल्वर इलेक्ट्रोड के साथ AgNO का जलीय विलयन
- (ख) प्लैटिनम इलेक्ट्रोड के साथ AgNO का जलीय विलयन
- (ग) प्लैटिनम इलेक्ट्रोड के साथ H,SO4 का तन् विलयन।
- (घ) प्लैटिनम इलेक्ट्रोड के साथ CuCl2 का जलीय विलयन।

उत्तर

- (क) कैथोड पर Ag प्राप्त होती है। ऐनोड घुलकर Ag+ आयन देगा।
- (ख) कैथोड पर Ag, ऐनोड पर O2।
- (ग) कैथोड पर H2, ऐनोड पर O2
- (घ) कैथोड पर Cu, यदि विलयन सान्द्र है तो ऐनोड पर Cl2 अन्यथा O2 I

प्रश्न 28.

निम्नलिखित धातुओं को उनके लवणों के विलयन में से विस्थापन की क्षमता के क्रम में लिखिए-Al, Cu, Fe, Mg तथा Zn

उत्तर

Mg > Al> Zn > Fe>Cu

प्रश्न 29.

नीचे दिए गए मानक इलेक्ट्रोड विभवों के आधार पर धातुओं को उनकी बढ़ती अपचायक क्षमता के क्रम में लिखिए-

 $K^{+}/K =$ -2.93V, $Ag^{+}/Ag =$ 0.80 V, $Hg^{2+}/Hg =$ 0.79V $Mg^{2+}/Mg =$ -2.37 V, $Cr^{3+}/Cr =$ -0-74V

उत्तर

Ag < Hg < Cr < Mg < K

प्रश्न 30.

उस गैल्वेनी सेल कों चित्रित कीजिए, जिसमें निम्नलिखित अभिक्रिया होती है Zn(s) +2Ag⁺ (aq) → Zn²⁺ (aq) + 2Ag(s) अब बताइए कि-

- (क) कौन-सा इलेक्ट्रोड ऋण आवेशित है?
- (ख) सेल में विद्युत-धारा के वाहक कौन हैं?
- (ग) प्रत्येक इलेक्ट्रोड पर होने वाली अभिक्रियाएँ क्या हैं?

उत्तर

 $Zn (s)|Zn^{2+} (aq)||Ag^{+} (aq)|Ag (5)$

- (क) Zn/ Zn²+ इलेक्ट्रोड ऋण आवेशित है।
- (ख) बाह्य परिपथ में वैद्युत धारा के वाहक इलेक्ट्रॉन हैं जिनका प्रवाह Zn इलेक्ट्रोड से Ag इलेक्ट्रोड की ओर होता है।

(ग) ऐनोड पर : Zn (s) → Zn²+ (aq) +2e-कैथोड पर : 2Ag+ (aq) + 2e- → 2Ag (s)

> परीक्षोपयोगी प्रश्नोत्तर बहुविकल्पीय प्रश्न

प्रश्न 1.

CHC2 में कार्बन की ऑक्सीकरण संख्या है

- (i) 0
- (ii) + 2
- (iii) -2
- (iv) +4

उत्तर

(ii) +2

प्रश्न 2.

NaOCI तथा NaCIO3 में क्लोरीन की ऑक्सीकरण संख्या है-

- (i) + 1, +2
- (ii) +1, +5
- (iii) -1, +5
- (iv) -1,-5

उत्तर

(ii) +1, +5

प्रश्न 3.

OF2 एवं H2O2 में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या है

- (i) -2,-1
- (ii) + 2, -1
- (iii) + 2, + 1
- (iv) 2, + 1

उत्तर

(ii) +2,-1

प्रश्न 4.

 $S_4O^{2-}_{6}$ एवं $S_2O^{2-}_{8}$ में S की ऑक्सीकरण संख्या है-

- (i) + 2.5, + 6
- (ii) + 2.5, +7
- (iii) -2.5, +6
- (iv) + 2.5, -6

उत्तर

(ii) + 2.5, + 7

प्रश्न 5.

CH2O में कार्बन की ऑक्सीकरण संख्या है-

- **(i)** -2
- (ii) +2
- (iii) 0
- (iv) +4

उत्तर

(iii) 0

प्रश्न 6. CH2Cl2 में कार्बन की ऑक्सीकरण संख्या है-(ii) +1(iii) 0 (iv) +4उत्तर **(iii)** 0 प्रश्न 7. H₂S₂O₈ में s की ऑक्सीकरण संख्या है-(i) +4(ii) +5(iii) +6(iv) +7उत्तर (iii) +6प्रश्न 8. ऑक्सीजन की सर्वाधिक ऑक्सीकरण संख्या प्रदर्शित करने वाला यौगिक है (i) H₂O₂ (ii) F₂O (iii) Cl₂O²-7 (iv) NaOCI उत्तर (ii) F₂O प्रश्न 9. H_2SO_4 , H_2SO_4 तथा SO_2CI_2 में s की ऑक्सीकरण संख्याएँ क्रमशः हैं-(i) +6, +4, +6(ii) +6, +6, +4 (iii) +6, -6 +4 (iv) -4, +6, +6 उत्तर (i) +6, +4, +6प्रश्न 10. निम्नलिखित यौगिकों में से किसमें Mn की ऑक्सीकरण संख्या अधिकतम है?-(i) Mn_2O_3 (ii) KMnO₄ (iii) K₂MnO₄ (iv) MnO₂

उत्तर

(ii) KMnO₄

प्रश्न 11.
Mn की ऑक्सीकरण संख्या K₂MnO₄ तो MSO₄ में क्रमशः है-
(i) +7 और 12
(ii) +6 और +2
(iii) + 5 और +2
(iv) +2 और +6
उत्तर
(ii) +6 और +2
प्रश्न 12.
पोटैशियम डाइक्रोमेट में क्रोमियम की ऑपलीकरण संख्या है-
(i) +2
(ii) + 3
(iii) +4 (iv) +6
उत्तर
(iv) + 6
प्रश्न 13.
निम्नलिखित में से किसमें नाइट्रोजन की औसीकरण संख्या भिन्नात्मक है?
(i) N_2H_4
(ii) Ca₃N₂ (iii) HN₃
(iv) N_2F_2
उत्तर
(ii) HN ₃
प्रश्न 14.
एक अभिक्रिया में एक धातु आयन M²+ से दो इलेक्ट्रॉनों के निष्कासित होने के बाद ऑक्सीकरण संख्य
हो जाती है-
(i) शून्य
(ii) +2
(iii) +1 (iv) +4
उत्तर
(iv) +4
प्रश्न 15.
क्लोरीन की सर्वाधिक ऑक्सीकरण संख्या प्रदर्शित करने वाला यौगिक है—

(i) CIO₂ (ii) CI₂O

```
(iii) Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
(iv) NaClO<sub>3</sub>
उत्तर
(iii) Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>
प्रश्न 16.
Sg, S2F2 और H2S में सल्फर की ऑक्सीकरण संख्या के मान क्रमशः हैं।
(i) + 2, + 1 तथा -2
(ii) -2,-1 तथा + 2
(iii) 0, + 1 तथा + 2
(iv) 0, + 1 तथा – 2
उत्तर
(iv) 0, + 1 तथा – 2
प्रश्न 17.
Cl₂ NaOCl तथा ClO⁻₃ में Cl की क्रमशः ऑक्सीकरण संख्याओं के मान हैं-
(i) +2, 0, +5
(ii) 0, + 2, +5
(iii) +2, +, +5
(iv) 0, + 1, +5
उत्तर
(iv) 0, +1, +5
प्रश्न 18.
Na₂S₄O₅ की ऑक्सीकरण संख्या है-
(i) + 2
(ii) + 3
(iii) + 15
(iv) + 2.5
उत्तर
(iv) + 2.5
प्रश्न 19.
Ni(CO)₄ में Ni की ऑक्सीकरण संख्या है-
(i) 0
(ii) 4
(iii) 8
(iv) 2
उत्तर
```

(i) 0

प्रश्न 20.

सोडियम नाइट्रोप्साइड में आयरन (Fe) की ऑक्सीकरण संख्या है-

- (i) +3
- (ii) +2
- (iii) +4
- (iv) 0

उत्तर

(ii) +2

प्रश्न 21.

निम्नलिखित में Mn की न्यूनतम ऑक्सीकरण संख्या वाला यौगिक है-

- (i) KMnO₄
- (ii) MnO₂
- (iii) KaMnO₄
- (iv) Mn₂O₃

उत्तर

(iv) Mn₂O₃

प्रश्न 22.

O3 तथा H2O2में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या के मान क्रमशः हैं-

- (i) 0, -1
- (ii) 0, +1
- (iii) 0-2
- (iv) -2,-1

उत्तर

(i) 0, -1

प्रश्न 23.

निम्न में कौन-सी रेडॉक्स अभिक्रिया है?

- (i) AgNO₃ + HCl → AgCl + HNO₃
- (ii) $BaO_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + H_2O_2$
- (iii) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 2H_2O + 3s$
- (iv) $CaC_2O_4 + 2HCI \rightarrow CaCl_2 + H_2C_2O_4$

उत्तर

(iii) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 2H_2O + 3s$

प्रश्न 24.

निम्नलिखित अभिक्रिया में ऑक्सीकारक है-

$$2CrO^{2-}_{2} + 2H^{+} \rightarrow Cr_{2}O^{2-}_{7} + H_{2}O$$

- (i) H⁺
- (ii) CrO² ₄
- (iii) Cr⁺³
- (iv) इनमें से कोई नहीं

(iv) इनमें से कोई नहीं

प्रश्न 25.

निम्न अभिक्रिया में अपचयित होने वाला पदार्थ है-

 $2CusO_4 + 4KI \rightarrow Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$

- (i) CuSO₄
- (ii) KI
- (iii) Cu₂l₂
- (iv) l₂

उत्तर

(i) CuSO₄

प्रश्न 26.

हाइड्रोजन दवारा अपचयित होने वाला ऑक्साइड है

- (i) MnO₂
- (ii) MgO
- (iii) CaO
- (iv) CoO

उत्तर

(iv) CoO

प्रश्न 27.

 $4Fe + 3O_2 \rightarrow 4Fe^{3+} + 6O^2$ अभिक्रिया में निम्न में कौन-सा कथन सही नहीं है?

- (i) रेडॉक्स अभिक्रिया है।
- (ii) Fe अपचायक है।
- (iii) Fe का अपचयन Fe³⁺ में हुआ है।
- (iv) ऑक्सीजन का अपचयन हुआ है।

उत्तर

(iii) Fe का अपचयन Fe3+ में हुआ है।

प्रश्न 28.

298 K पर अर्द्ध अभिक्रियाओं के मानक अपचयन विभव हैं

- (i) $zn^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Zn$ (s); -0.762
- (ii) $Cr^{3+} + 3e^{-} \rightarrow Cr(3); -0.740$
- (iii) $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (g); 0.000
- (iv) $Fe^{3+} + e^{-} \rightarrow Fe^{3+}(aq); + 0.770$

कौन-सा प्रबलतम अपचायक है।

- (i) Zn (s)
- (ii) Cr (s)
- (iii) H₂ (g)
- (iv) Fe²⁺ (aq)

(i) Zn (s)

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

रेडॉक्स अभिक्रिया की व्याख्या एक उदाहरण सहित कीजिए।

उत्तर

परमाणु या आयन जिस अभिक्रिया में इलेक्ट्रॉन त्यागता है, उसे ऑक्सीकरण और जिसमें इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है, उसे अपचयन कहते हैं। ऑक्सीकरण तथा अपचयन क्रियाएँ साथ-साथ चलती हैं क्योंकि जब कोई परमाणु या आयन एक इलेक्ट्रॉन त्यागेगा तो उसको ग्रहण करने वाला कोई अन्य परमाणु या आयन ही होगा अर्थात् जब किसी अभिक्रिया में एक पदार्थ का ऑक्सीकरण होता है। तो दूसरे किसी अन्य पदार्थ का अपचयन भी होता है। स्पष्ट है कि ऑक्सीकरण व अपचयन क्रियाएँ साथ-साथ होती हैं। इन ऑक्सीकरण व अपचयन अभिक्रियाओं को सिम्मिलित रूप से ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रिया या रेडॉक्स अभिक्रिया कहते हैं।

उदाहरणार्थ-

2HgCl₂ + SnCl₂ → Hg₂Cl₂ + SnCl₄ उपर्युक्त अभिक्रिया में HgCl₂ का Hg₂Cl₂ में अपचयन होता है और HgCl₂, SnCl₂ को SnCl₄ में ऑक्सीकृत कर देता है।

प्रश्न 2.

ऑक्सीकरण संख्या के आधार पर ऑक्सीकारक तथा अपचायक की पहचान किस प्रकार की जाती है? एक उदाहरण से स्पष्ट कीजिए।

उत्तर

ऑक्सीकरण संख्या के आधार पर, ऑक्सीकारक वह पदार्थ है जिसकी ऑक्सीकरण संख्या घटती है, जबिक अपचायक पदार्थ की ऑक्सीकरण संख्या बढ़ती है। उदाहरणार्थ-ऑ॰सं. प्रति परमण् लिखने पर,

$$+2-1$$
 $SnCl_2$
 $+3-1$
 $SnCl_3$
 $+4-1$
 $+2-1$
 $SnCl_4$
 $+2FeCl_2$

अपचायक ऑक्सीकारक

उपर्युक्त अभिक्रिया में SnCl₂ में Sn की ऑक्सीकरण संख्या +2 है तथा उत्पाद SnCl₄ में +4 है। Sn की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि हो रही है।

∴ SnCl₂ अपचायक है जबिक FeCl₃ में Fe की ऑक्सीकरण संख्या +3 व FeCl₂ में Fe की ऑक्सीकरण संख्या +2 है, अत: FeCl₃ ऑक्सीकारक है।

प्रश्न 3.

निम्नलिखित अभिक्रिया की दो अर्द्ध अभिक्रियाएँ लिखिए। यह भी उल्लेख कीजिए कि कौन-सी अर्द्ध अभिक्रिया ऑक्सीकरण व कौन-सी अपचयन अभिक्रिया है? $SnCl_2 + 2HgCl_2 \rightarrow SnCl_4 + Hg_2Cl_2$

उत्तर

प्रश्न में उल्लिखित अभिक्रिया को दो अर्द्ध अभिक्रियाओं में निम्नलिखित प्रकार से व्यक्त कर सकते हैं-

- 1. $SnCl_2 + Cl_2 \rightarrow SnCl_2$ (ऑक्सीकरण अभिक्रिया)
- 2. 2HgCl₂ → Hg₂Cl₂ + Cl₂ ↑ (अपचयन अभिक्रिया) इस अभिक्रिया में HgCl₂ में Hg की ऑक्सीकरण संख्या +2 है तथा Hg₂Cl₂ में Hg की ऑक्सीकरण संख्या 0 है। चूंिक ऑक्सीकरण संख्या में कमी हो रही है, अतः Hg₂Cl₂ ऑक्सीकारक है|

प्रश्न 4.

कारण सिहत बताइए कि निम्नलिखित अभिक्रिया में कौन ऑक्सीकारक तथा कौन अपचायक है? $2KI + CI_2 \rightarrow 2KCI + I_2$

उत्तर

$$2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCI + I_2$$

चूंकि KI में 1 की ऑक्सीकरण संख्या -1 तथा I2 में 0 है, अर्थात् I की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि हो रही है, अतः KI अपचायक है। इसके विपरीत, CI2 में CI की ऑक्सीकरण संख्या 0 है तथा KCI में -1 है। चूंकि ऑक्सीकरण संख्या में कमी हो रही है, अतः CI2 ऑक्सीकारक है।

प्रश्न-5.

ऑक्सीकरण संख्या को उदाहरण सहित समझाइए।

या

ऑक्सीकरण संख्या पर टिप्पणी लिखिए।

उत्तर

किसी यौगिक या आयन में तत्त्व के एक परमाणु पर स्थित धन या ऋण आवेशों की संख्या उस तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या कहलाती है, जबिक उस अणु या आयन में उपस्थित अन्य परमाणुओं को उनके सम्भावित आयनों के रूप में पृथक् कर दिया जाता है। यह संख्या धनात्मक व ऋणात्मक दोनों प्रकार की हो सकती है। उदाहरणार्थ-NaCl में Na की ऑक्सीकरण संख्या +1 और Cl की ऑक्सीकरण संख्या -1 है, क्योंकि Na पर इकाई धनावेश तथा Cl पर इकाई ऋणावेश है।

प्रश्न 6.

शून्य, -1 तथा +1 ऑक्सीकरण संख्या से क्या तात्पर्य है?

उत्तर

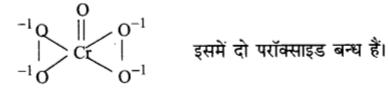
एक यौगिक में किसी तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या शून्य (0) से तात्पर्य है कि तत्त्व के परमाणु पर धन या ऋण आवेश नहीं है अर्थात् परमाणु विद्युत उदासीन है। तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या +1 से तात्पर्य यह है कि तत्त्व के परमाणु पर इकाई धन आवेश है, जिसे उदासीन करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की आवश्यकता होती है। तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या -1 से तात्पर्य है कि तत्त्व के " परमाणु पर इकाई ऋणावेश है, जिसे उदासीन करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन त्यागने की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 7.

ब्लू परक्रोमेट में Cr की ऑ॰सं॰ ज्ञात कीजिए।

उत्तर

ब्लू परक्रोमेट की संरचना



माना Cr की ऑ०सं० x है, तब

$$x + 4(-1) - 2 = 0$$

 $x = +6$

प्रश्न 8.

सम्बन्धित तत्त्वों की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए

- (i) KMnO₄ में Mn की
- (ii) ClO⁻₃में Cl की
- (iii) NaOCl में Cr की
- (iv) H₂S₂O₆ में S की
- (v) Cl₂ में Cl की

प्रश्न 9.

निम्नलिखित यौगिकों में s (सल्फर) की ऑक्सीकरण संख्या बताइए-

- (i) $Na_2S_4O_6$,
- (ii) SO₂Cl₂

उत्तर

(i) Na₂S₄O₅-माना S की ऑक्सीकरण संख्या x है। अत:

$$\begin{array}{ccc}
 & +1 & x & -2 \\
 & \text{Na}_2 & \text{S}_4 & \text{O}_6 \\
 & 2(+1) + 4(x) + 6(-2) = 0 \\
 & 2 + 4x - 12 = 0 \\
 & 4x = 10 \\
 & x = 2.5
\end{array}$$

(ii) SO₂CI₂-माना S की ऑक्सीकरण संख्या x है। अत:

$$x - 2 - 1$$

 $SO_2 Cl_2$
 $x + 2(-2) + 2(-1) = 0$
 $x - 4 - 2 = 0$
 $x = +6$

प्रश्न 10.

K₂FeO₄ में Fe तथा NH⁻₄ में N की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए।

उत्तर

माना
$$K_2FeO_4$$
 में Fe की ऑक्सीकरण संख्या x है। \vdots K_2FeO_4 \vdots $2(+1)+x+4(-2)=0$ या $2+x-8=0$ या $x=+6$ पुन: माना NH_4^+ में N की ऑक्सीकरण संख्या x है, तब $x+1$ NH_4 $x+4(+1)=+1$ या $x+4=1$ या $x=-3$

प्रश्न 11.

I—CI में ci तथा H—H में H की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए। कारण भी दीजिए।

उत्तर

I—CI में CI की ऑक्सीकरण संख्या -1 होगी; क्योंकि CI की विद्युत ऋणात्मकता I से अधिक है, जबिक H—H में H की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होगी क्योंकि समान परमाणु वाले यौगिक के अणुओं में तत्त्वों के परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होती है।

प्रश्न 12.

S₈ अणु में s की संयोजकता तथा ऑक्सीकरण संख्या क्या है?

उत्तर

Sa में S की संयोजकता 2 है, जबिक ऑक्सीकरण संख्या शून्य है।

प्रश्न 13.

निम्नलिखित समीकरण को सन्तुलित एवं पूर्ण कीजिए- SO_2 + MnO^{-}_4 +..... → SO^{2-}_4 + Mn^{2+} +.....

दी गई आयनिक अभिक्रियाः समीकरण को अर्द्ध-अभिक्रिया समीकरण के रूप में लिखने पर,

$$SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$$
 ...(i)
 $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$...(ii)

$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$$
 ...(ii)

समी० (i) से,

$$SO_2 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$$
 ...(iii)

समी० (ii) से,

$$8H^{+} + MnO_{4}^{-} + 5e^{-} \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_{2}O$$
 ...(iv)

समी॰ (iii) \times 5 तथा समी॰ (iv) \times 2 करके जोड़ने पर,

$$5SO_2 + 10H_2O + 16H^+ + 2MnO_4^- + 10e^- \longrightarrow$$

$$5SO_4^{2-} + 20H^+ + 10e^- + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

 $5SO_2 + 2H_2O + 2MnO_4^- \longrightarrow 5SO_4^{2-} + 4H^+ + 2Mn^{2+}$ यही सन्तुलित समीकरण है।

प्रश्न 14.

आयनिक समीकरण Br₂ + OH⁻ → Br⁻ + BrO⁻₃ + H₂O को सन्त्लित कीजिए तथा ऑक्सीकारक और अपचायक बताइए।

उत्तर

दी गई आयनिक अभिक्रिया समीकरण को अर्द्ध अभिक्रिया समीकरण के रूप में लिखने पर,

$$Br_2 \rightarrow Br^- ...(i)$$

 $Br_2 \rightarrow BrO_3^- ...(ii)$

समी॰ (i) से,

 $[Br_2 +2e \rightarrow 2Br]x 5$

समी० (ii) से,

$$\begin{array}{c} . & Br_2 + 12OH^- \longrightarrow 2BrO_3^- + 6H_2O + 10e^- \\ \hline 5Br_2 + 10e^- + Br_2 + 12OH^- \longrightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 6H_2O + 10e^- \\ & 6Br_2 + 12OH^- \longrightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 6H_2O \\ & 3Br_2 + 6OH^- \longrightarrow 5Br^- + BrO_3^- + 3H_2O \end{array}$$

Br2 ही ऑक्सीकारक एवं अपचायक दोनों का कार्य करता है।

प्रश्न 15.

- (i) Cl2O7 में Cl की ऑक्सीकरण संख्या की गणना कीजिए।
- (ii) $2FeCl_3 + H_2S \rightarrow 2FeCl_2 + 2HCl+S$ इस अभिक्रिया में ऑक्सीकारक और अपचायक का नाम लिखिए।

प्रश्न 16.

निम्न में से किसमें Mn की ऑक्सीकरण संख्या सबसे अधिक है और क्यों? Mn_2O_3 , MnO_2 , MnO_4

उत्तर

K₂MnO₄ में Mn की ऑक्सीकरण संख्या सबसे अधिक (+6) है, क्योंकि इसमें ऑक्सीजन परमाणुओं का आपेक्षिक अनुपात बाकी अणुओं से अधिक है।

प्रश्न 17.

निम्नलिखित समीकरण को सन्तुलित कीजिए। Fe²+ + NO⁻₃ + H+ —> Fe²+ + H₂O उत्तर

ऑक्सीकरण की अर्द्ध-अभिक्रिया

$$[Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^{-}] \times 3$$

अपचयन की अर्द्ध-अभिक्रिया

$$[NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O] \times 1$$
∴ सन्तुलित समीकरण है
$$3Fe^{2+} + NO_3^- + 4H^+ \longrightarrow 3Fe^{3+} + NO + 2H_2O$$

प्रश्न 18.

विद्युत रासायनिक श्रेणी के आधार पर F, CI, Br तथा I की ऑक्सीकारक क्षमता को समझाइए।

या

कारण देते हुए समझाइए कि हैलोजन ऑक्सीकारक के रूप में क्यों कार्य करते हैं?

हैलोजनों की ऑक्सीकारक क्षमता उनके इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति पर निर्भर करती है। जिस हैलोजन की इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति अधिक होती है वह अधिक प्रबल ऑक्सीकारक होता है। अधिक प्रबल ऑक्सीकारक के रेडॉक्स युग्म का मानक अपचयन विभव अधिक धनात्मक होता है। हैलोजनों (X2) की ऑक्सीकारक क्षमता उनके रेडॉक्स युग्मों (X2/X-) के मानक अपचयन विभवों के मान बढ़ने के क्रम में बढ़ती है।

हैलोजन
$$(X_2)$$
 F_2 Cl_2 Br_2 I_2 मानक अपचयन, विभव $+2.87$ $+1.36$ $+1.06$ $+0.54$ ऑक्सीकारक क्षमता बढ़ने का क्रम

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

इलेक्ट्रॉनिक सिद्धान्त के आधार पर ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रिया को उदाहरण देकर समझाइए। उत्तर

ऑक्सीकरण—िकसी परमाणु, अणु या आयन के इलेक्ट्रॉनों का पृथक् होना ऑक्सीकरण कहलाता है। इसके फलस्वरूप धनात्मक संयोजकता बढ़ती है तथा ऋणात्मक संयोजकता घटती है जो कि त्यागे गये इलेक्ट्रॉन संख्या के बराबर होती है। चूंकि इस क्रिया में इलेक्ट्रॉन त्यागे जाते हैं अत: इसे इलेक्ट्रॉन वियोजन भी कहते हैं।

उदाहरणार्थ-

- (i) $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^{-}$ (धनात्मक संयोजकता का बढ़ना)
- (ii) 2Cl⁻ → Cl₂ + 2e⁻ (ऋणात्मक संयोजकता का घटना)

अपचयन-किसी परमाणु, अणु या आयन से इलेक्ट्रॉनों का जुड़ना अपचयन कहलाता है। इसके फलस्वरूप धनात्मक संयोजकता घटती है तथा ऋणात्मक संयोजकता बढ़ती है जो कि ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉन संख्या के बराबर होती है। चूंकि इस विभव में इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते हैं अतः इसे इलेक्ट्रॉनीकरण भी कहते हैं।

उदाहरणार्थ- (i) Fe³+ + e⁻ → Fe²+ (धनात्मक संयोजकता का घटना)

(iii) Cl₂ +2e⁻ → 2Cl⁻ (ऋणात्मक संयोजकता का बढ़ना)

प्रश्न 2.

ऑक्सीकरण संख्या तथा संयोजकता में क्या अन्तर है? उदाहरण देकर समझाइए।

उत्तर

- किसी तत्त्व की संयोजकता उसके एक परमाणु द्वारा स्थानान्तरित या साझे में प्रयुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या को कहते हैं, जबिक किसी तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या उसे तत्त्व के किसी यौगिक में उसके एक परमाणु पर उपस्थित आवेश को कहते हैं।
- 2. किसी तत्त्व की संयोजकता सदैव पूर्णाक होती है, जबिक किसी तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक भी हो सकती है।

प्रश्न 3.

निम्निलिखित समीकरण को ऑक्सीकरण संख्या के आधार पर सन्तुलित कीजिए। सूत्रों के ऊपर सम्बन्धित तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या प्रदर्शित है।

$$\overset{0}{\text{Cu}} \overset{+}{\longrightarrow} \overset{2}{\text{Cu}} (\text{NO}_3)_2 \; ; \; \overset{+}{\text{HNO}}_3 \overset{+}{\longrightarrow} \overset{+}{\text{NO}}_2$$

उत्तर

इस अभिक्रिया में कॉपर और नाइट्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन हुआ है। कॉपर की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि = 2 यूनिट प्रति परमाणु Cu नाइट्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या में कमी = 1 यूनिट प्रति अणु HNO3 सन्तुलित समीकरण में ऑक्सीकरण संख्या में हुई कुल वृद्धि और कुल कमी दोनों का बराबर होना आवश्यक है, अत: समीकरण में HNO3 को 2 से तथा Cu को 1 से गुणा करना आवश्यक है। ऐसा करने पर निम्नलिखित समीकरण प्राप्त होती है

 $Cu+2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$

Cu(NO₃)₂ में एक कॉपर परमाणु से दो नाइट्रेट मूलक संयुक्त हैं, अत: समीकरण को सन्तुलित करने के लिए HNO₃ के दो और अणुओं की आवश्यकता पड़ेगी तथा हाइड्रोजन और ऑक्सीजन परमाणुओं की संख्या सन्तुलित करने के लिए H₂O अणु को 2 से गुणा करना आवश्यक है।
Cu+4HNO₃ →Cu(NO₃)₂ + 2NO₂ + 2H₂O यह समीकरण सन्तुलित है।

प्रश्न 4.

निम्नलिखित अभिक्रिया को ऑक्सीकरण अंक विधि द्वारा पूर्ण एवं संतुलित कीजिए I_2 + $HNO_3 \rightarrow NO_2$ + HIO_3

$$I_2 + HNO_3 \longrightarrow NO_2 + HIO_3$$

ऑ॰सं॰ प्रति परमाणु लिखने पर
ऑ॰सं॰ में कमी = 1
 $0 + 1 + 5 - 2 + 4 - 2 + 1 + 5 - 2$
 $I_2 + HNO_3 \longrightarrow NO_2 + HIO_3$

ऑ॰सं॰ में वृद्धि = 5

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि = 5 प्रति परमाणु $I = 5 \times 2$ प्रति अणु I_2 ऑ॰ सं॰ में हुई कमी तथा वृद्धि को बराबर करने पर

$$I_2 + 10HNO_3 \longrightarrow 10NO_2 + HIO_3$$

 $I_2 + 10HNO_3 \longrightarrow 10NO_2 + 2HIO_3$

परमाणुओं की संख्या दोनों ओर बराबर करने पर

$$10\text{HNO}_3 + I_2 \longrightarrow 10\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{HIO}_3$$

यही सन्तुलित समीकरण है।

प्रश्न 5.

निम्नलिखित अभिक्रिया को सन्तुलित कीजिए- $Zn + HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$ उत्तर

$$Z_{n}^{0} + H \stackrel{+_{1}}{N} \stackrel{-_{2}}{O_{3}} \longrightarrow Z_{n}^{+_{2}} \stackrel{+_{3}}{N} \stackrel{-_{2}}{O_{3}} \stackrel{-_{3}}{} + H \stackrel{+_{1}}{N} \stackrel{-_{2}}{O_{3}} + H_{2} \stackrel{+_{1}}{N} \stackrel{-_{1}}{O_{3}} + H_{2} \stackrel{+_{1}}{N} \stackrel{+_{1}}{O_{3}} + H_{2}$$

दी हुई समीकरण को अर्द्ध समीकरणों में लिखने पर

$$Z_n^0 \xrightarrow{+2} Z_n(NO_3)_2$$

 $H N O_3 \longrightarrow NH_4 NO_3$

ऑo संo में कमी तथा वृद्धि को बराबर करने के लिए Zn को 4 से गुणा करने पर

$$[Zn \longrightarrow ZnNO_3]_4$$

$$HNO_3 \longrightarrow NH_4NO_3 + H_2O$$

$$4Zn + HNO_3 \longrightarrow 4Zn (NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$$

प्रश्न 6.

आयन-इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा अम्लीय माध्यम में निम्न अभिक्रिया की समीकरण सन्तुलित कीजिए $MnO_4 + Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + Mn^{2+} + H_2O$

सर्वप्रथम समीकरण के ऑक्सीकारकों तथा अपचायकों की अर्द्ध-अभिक्रियाएँ पृथक्-पृथक् सन्तुलित की जाती हैं; जैसे-

प्रथम अर्द्ध-अभिक्रिया।

ऑक्सीजन सन्तुलित करने के लिए 4H₂O दाईं तरफ जोड़े जाते हैं। अतः

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

फिर हाइड्रोजन सन्त्लित करने के लिए 8H⁺ बाईं तरफ जोड़े जाते हैं। अत:

$$MnO_{-4}^{-} + 8H^{+} \rightarrow Mn^{2+} + 4H_{2}O$$

अब समीकरण में दोनों तरफ आवेश सन्तुलित करने के लिए 5e- बाईं तरफ जोड़ने पर निम्नलिखित समीकरण मिलती है-

$$MnO_{4}^{-} +8H^{+} +5e^{-} \rightarrow Mn^{2+} +4H_{2}O \dots (i)$$

दूसरी अर्द्ध-अभिक्रिया

आवेश सन्त्लित करने के लिए दाईं तरफ le- जोड़ने पर,

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^{-} ...(ii)$$

अब समीकरण (ii) में 5 की गुणा करके, इसे समीकरण (i) में जोड़ने पर निम्नलिखित समीकरण प्राप्त होती है-

$$MnO_{4}^{-} + 8H^{+} + 5Fe^{2+} + 5e^{-} \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_{2}O + 5e^{-}$$

इस समीकरण में दोनों तरफ से 5e² कट जाते हैं। अतः

$$MnO_{4}^{-} + 8H^{+} + 5Fe^{2+} \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_{2}O$$

यही सन्तुलित समीकरण है।

प्रश्न 7.

निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रिया की समीकरण को आयन-इलेक्ट्रॉन विधि से सन्तुलित कीजिए-

 $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + FeSO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O_4$ उत्तर

प्रश्न में उल्लिखित समीकरण को आयनिक रूप में लिखने पर.

$$Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} \longrightarrow Cr^{3+} + Fe^{3+}$$

ऑक्सीकरण की अर्द्ध-अभिक्रिया

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+}$$

दायों ओर एक e⁻ जोड़ने पर दोनों ओर कुल आवेश बराबर हो जाता है।

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^{-}$$
 ...(i)

अपचयन की अर्द्ध-अभिक्रिया

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow \text{Cr}^{3+}$$

1. Cr परमाणुओं को दोनों और सन्तुलित करने पर,

$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+}$$

 ${\rm Cr_2O_7^{2-}} \longrightarrow 2{\rm Cr^{3+}}$ 2. ऑक्सीजन परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए दायीं ओर $7{\rm H_2O}$ जोड़ते हैं।

$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

3. H⁺ को सन्तुलित करने के लिए बायीं ओर 14H⁺ जोड़ते हैं।

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

दोनों ओर कुल आवेश बराबर करने के लिए बायीं ओर 6e - जोड़ते हैं।

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
 ...(ii)

दोनों अर्द्ध समीकरणों में इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या बराबर करने के लिए समी० (i) को 6 से और (ii) को 1 से गुणा करके जोड़ने पर,

$$\begin{array}{c} 6\text{Fe}^{2+} & \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 6e^{-} \\ \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^{-} & \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} \\ \hline 6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ & \longrightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} \end{array}$$

इस सन्तुलित आयनिक समीकरण को निम्नांकित प्रकार से आणविक समीकरण में परिवर्तित कर सकते हैं---

$$K_2Cr_2O_7 + 6FeSO_4 + 7H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

विस्तृत उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.

ऑक्सीकरण संख्या को निर्धारित करने के नियम लिखिए।

उत्तर

ऑक्सीकरण संख्या को निर्धारित करने के नियम किसी यौगिक/आयन में किसी तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या का मान जानने के लिए कुछ नियम बनाए गए हैं। ये नियम निम्नवत् हैं-

- स्वतन्त्र अथवा तात्त्विक अवस्था में उपस्थित किसी तत्त्व के प्रत्येक परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या सदैव शून्य होती है।
 उदाहरणार्थ- He, H₂, O₂, Cl₂, O₃, P₄, S₅, Na, Mg तथा Al में प्रत्येक परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या शून्य है।
- 2. किसी तत्त्व के अपररूपों की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होती है। उदाहरणार्थ-C के अपररूप हीरा तथा ग्रेफाइट दोनों की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होती है।
- 3. किसी एकपरमाणुक आयन (monoatomic ion) की ऑक्सीकरण संख्या उस पर उपस्थित आवेश के बराबर होती है। उदाहरणार्थ-Na⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, Cl²,O²⁻ आयनों की ऑक्सीकरण संख्याएँ क्रमशः 1, 2, 3, -1 तथा -2 हैं।
- 4. अधातुओं के साथ यौगिकों में हाइड्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या +1 होती है। धात्विक हाइड्राइडों | (जैसे-NaH,MgH2, LiH, CaH2 आदि) में हाइड्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या -1 होती है।
- 5. अधिकांश यौगिकों में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या -2 होती है। परॉक्साइडों (जैसे H2O2, BaO2 आदि) में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या -1 होती है। सुपर ऑक्साइडों (जैसे-KO2, RbO2 आदि) में प्रत्येक ऑक्सीजन परमाणु के लिए ऑक्सीकरण संख्या -92 निर्धारित की गई है। एक अन्य अपवादस्वरूप ऑक्सीजन डाइफ्लुओराइड (OF2) तथा डाइऑक्सीजन डाइफ्लुओराइड (O2F2) जैसे यौगिकों में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या क्रमशः +2 तथा +1 है।
- 6. सभी क्षार धातुओं की अनेक यौगिकों में ऑक्सीकरण संख्या +1 होती है तथा सभी क्षारीय मृदा धातुओं की ऑक्सीकरण संख्या +2 होती है। ऐलुमिनियम की उसके यौगिकों में ऑक्सीकरण संख्या सामान्यतः +3 होती है।
- 7. सभी यौगिकों में फ्लुओरीन की ऑक्सीकरण संख्या -1 होती है। यौगिकों में क्लोरीन, ब्रोमीन तथा आयोडीन की ऑक्सीकरण संख्या साधारणत: -1 होती है, परन्तु जिन यौगिकों में ये तत्त्व ऑक्सीजन से जुड़े होते हैं उन यौगिकों में इन तत्वों की ऑक्सीकरण संख्या कोई धनात्मक संख्या होती है।
- 8. दो अधातु परमाणुओं वाले यौगिकों में अधिक विद्युत ऋणात्मक तत्त्व के परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या ऋणात्मक होती हैं जबिक कम विद्युत ऋणात्मक तत्त्व के परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या धनात्मक होती है। उदाहरणार्थ-NH2 तथा NI2 में N कम विद्युत ऋणात्मक

- परमाणु से जुड़ा है इसीलिए इसको -3 ऑक्सीकरण संख्या दी जाती है, परन्तु जब यह NF2 में अधिक विद्युत ऋणात्मक परमाणु से जुड़ा होता है, तब इसे +3 ऑक्सीकरण संख्या दी जाती है।
- उदासीन यौगिकों में सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजीय योग शून्य होता है।
 उदाहरणार्थ-CH₄ में सभी परमाणुओं का बीजीय योग शून्य है।
- 10. जटिल तथा बहुपरमाणुक आयनों में, आयन के सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजीय योग आयन पर उपस्थित आवेश के बराबर होता है।

धात्विक तत्त्वों की ऑक्सीकरण संख्या धनात्मक होती है तथा अधात्विक तत्त्वों की ऑक्सीकरण संख्या धनात्मक या ऋणात्मक होती है। संक्रमण धातु तत्त्व अनेक धनात्मक ऑक्सीकरण संख्या दर्शाते। हैं। -ब्लॉक के तत्त्वों के लिए उनकी उच्चतम धनात्मक ऑक्सीकरण संख्या उनकी वर्ग संख्या के बराबर होती है। 2-ब्लॉक के तत्त्वों (उत्कृष्ट गैसों को छोड़कर) के लिए उच्चतम धनात्मक ऑक्सीकरण संख्या उनकी वर्ग संख्या में से 10 घटाकर प्राप्त की जाती है। यद्यि p-ब्लॉक के तत्त्वों के लिए उच्चतम ऋणात्मक ऑक्सीकरण संख्या 8 में से संयोजी कोश में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या घटाकर प्राप्त की जा सकती है। इसका अर्थ है कि आवर्त सारणी के किसी आवर्त में उच्चतम धनात्मक ऑक्सीकरण संख्या सामान्यत: बढ़ती है। आवर्त सारणी के तीसरे आवर्त में ऑक्सीकरण संख्या +1 से +7 तक बढ़ती है।