ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ

(OXIDATION - REDUCTION REACTIONS)

8 Chapter

INSIDE THIS CHAPTER

8.1 ऑक्सीकरण-अपचयन की धारणाएँ
- 8.1.1 प्राचीन अभिधारणा
- 8.1.2 इलेक्ट्रॉनीय अवधारणा

8.2 ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ या रिडॉक्स अभिक्रियाएँ
- 8.2.1 ऑक्सीकारक पदार्थ
- 8.2.2 अपचाचक पदार्थ
- 8.2.3 स्वत: ऑक्सीकारक-अपचयन अभिक्रियाएँ

8.3 ऑक्सीकरण अंक संकल्पना
- 8.3.1 ऑक्सीकरण अंक के मान ज्ञात करने के स्वेच्छ नियम
- 8.3.2 ऑक्सीकरण अंकों के आधार पर ऑक्सीकरण-अपचयन
- 8.3.3 ऑक्सीकरण अंक के अनुप्रयोग
- 8.3.4 विशेष बिन्दु
- 8.3.5 ऑक्सीकरण अंक पर आधारित विशेष प्रश्न

8.4 ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाओं को संतुलित करने की विधियाँ
- 8.4.1 आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा संतुलन
- 8.4.2 आँ अंक विधि द्वारा संतुलन

8.5 रेडॉक्स अभिक्रियाओं के अनुप्रयोग
- 8.5.1 विद्युतीय रासायनिक सेल
- 8.5.2 विलयनों में ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाओं की संभावना
- 8.5.3 मानक इलेक्ट्रोड का महत्व

✦ *पाठ्यपुस्तक के प्रश्न-उत्तर*

✦ *प्रमुख प्रश्न-उत्तर*

- हमारे दैनिक जीवन में विभिन्न प्रकार की भौतिक एवं रासायनिक एवं जैविक परिघटनाएँ अपचयोपचय अभिक्रियाओं से संबधित है।
- अपचयोपचय अभिक्रियाओं का उपयोग औषधि विज्ञान जीव विज्ञान, औद्योगिक क्षेत्र, धातु निर्माण क्षेत्र तथा कृषि क्षेत्र में लिया जाता है।

8.1 ऑक्सीकरण अपचयन की धारणायें

- ऑक्सीकरण-अपचयन की धारणायें निम्न प्रकार होती है, जिसमें किसी तत्व या यौगिक में

(i) ऑक्सीजन एवं H_2 से संयोग करें या इन्हें विस्थापित करें।

(ii) धन विद्युती तत्व व ऋण विद्युती तत्वों के साथ संयोग या विस्थापित करें।

(iii) धन एवं ऋण संयोजकता में वृद्धि या कमी हो।

(iv) इलेक्ट्रॉन ग्रहण करें या निष्कासित करें।

(v) ऑक्सीकारक अंक में वृद्धि या कमी हो।

8.1.1 प्राचीन अवधारणा

- प्रारम्भ में ऑक्सीकरण उन अभिक्रियाओं को कहा गया, जिसमें तत्व / यौगिक ऑक्सीजन के साथ सहयोग करे, जबकि अपचयन उन अभिक्रियाओं को कहा गया, जिसमें यौगिकी में से ऑक्सीजन का निष्कासन होता है।

(a) ऑक्सीकरण [Oxidation]

- वह रासायनिक अभिक्रिया जिसमें किसी पदार्थ का ऑक्सीजन अथवा ऋण विद्युती तत्व (या मूलक) के साथ संयोग होता है, **ऑक्सीकरण** या **उपचयन अभिक्रिया** कहलाती है। जैसे—
- किसी तत्त्व या यौगिक में ऑक्सीजन की वृद्धि हो—

$$\left.\begin{array}{l} C + O_2 \rightarrow CO_2 \\ 2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO \\ 2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO \end{array}\right\} \text{ऑक्सीजन का संयोग}$$

उपरोक्त क्रिया में तत्व [C, Mg व Zn] में ऑक्सीजन का योग हो रहा है तथा तत्त्व, ऑक्साइड में ऑक्सीकृत हो रहा है।

- किसी तत्व या यौगिक में ऋण विद्युती तत्व [Cl, Br, I, F, S] की वृद्धि हो।

$$\left.\begin{array}{l} Fe + Cl_2 \rightarrow FeCl_2 \\ FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow FeCl_3 \end{array}\right\} \text{ऋण विद्युती तत्व Cl का संयोग}$$

उपरोक्त दोनों अभिक्रियायें ऑक्सीकरण की हैं। यहाँ Fe में ऋणविद्युती तत्व Cl की वृद्धि हो रही है।

- किसी यौगिक में से हाइड्रोजन की कमी हो।

$$CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CHO + H_2$$ [हाइड्रोजन का विस्थापन]

उपरोक्त अभिक्रिया में C_2H_5OH का CH_3CHO में ऑक्सीकरण हो रहा है, क्योंकि Hydrogen की कमी हो रही हैं।

- किसी यौगिक में से धन विद्युती तत्व की कमी हो।

$$2KI + H_2O_2 \rightarrow 2KOH + I_2$$ [धन विद्युती तत्व का निष्कासन K]

- उपरोक्त अभिक्रिया में KI का I_2 में ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि इसमें से धन विद्युती तत्व K की कमी हो रही है।

(b) अपचयन [Reduction]

वह रासायनिक अभिक्रिया जिसमें किसी तत्व या पदार्थ के साथ हाइड्रोजन या धन विद्युती तत्व (या मूलक) का संयोग होता है अथवा उनमें से ऑक्सीजन या ऋण विद्युती तत्व (या मूलक) बाहर निकलता है, **अपचयन** कहलाती है।

- किसी तत्व या यौगिक में हाइड्रोजन की वृद्धि हो—

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

यहाँ Cl_2, HCl में अपचयित होती है।

- किसी तत्व या यौगिक में धनविद्युती तत्व की वृद्धि हो।

$$Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$$

$$Hg + I_2 \rightarrow HgI_2$$ (धन विद्युती Hg का संयोग)

- उपरोक्त अभिक्रिया में Cl_2, $MgCl_2$ में अपचयित होती है क्योंकि Cl_2 में धातु Mg का योग होता है।
- किसी यौगिक में से ऑक्सीजन की कमी हो

$$C_6H_5OH + Zn \rightarrow C_6H_6 + ZnO$$

यहाँ C_6H_5OH बेंजीन में अपचयित होता है ऑक्सीजन की कमी होने के कारण।

- किसी यौगिक में से ऋण विद्युत तत्व की कमी हो।

$$2FeCl_3 \rightarrow 2FeCl_2 + Cl_2$$

$$2Hg_2Cl_2 \rightarrow 2HgCl_2 + Cl_2$$

उपरोक्त अभिक्रिया में ऋण विद्युती तत्व की कमी हो रही है।

नोट– *उपरोक्त सभी अभिक्रियाओं में जहाँ एक पदार्थ का ऑक्सीकरण होता है, वहीं दूसरे पदार्थ का अपचयन भी होता है, अतः ऑक्सीकरण व अपचयन दोनों अभिक्रियायें एक साथ सम्पन्न होती है। ऐसी रासायनिक अभिक्रियाओं को रेडॉक्स (Redox) अभिक्रियायें भी कहते हैं।*

8.1.2 ऑक्सीकरण-अपचयन की इलेक्ट्रॉनीय अभिधारणा

- ऑक्सीकरण अपचयन की पूर्व संकल्पना के अतिरिक्त निम्न दो आधुनिक संकल्पनाएँ अधिक प्रचलित है—

(a) इलेक्ट्रोनीय संकल्पना

(b) ऑक्सीकरण अंक संकल्पना-

(A) इलेक्ट्रोनीय संकल्पना (Concept of Electron)

- **ऑक्सीकरण**— वह रासायनिक क्रिया जिसमें कोई तत्व, परमाणु, आयन इलेक्ट्रॉन का त्याग करता है, अर्थात् इलेक्ट्रॉन की संख्या में कमी होती है, **ऑक्सीकरण या विइलेक्ट्रोनिकरण** कहलाती है। इलेक्ट्रॉन का त्याग निम्न दो प्रकार से समझाया जा सकता है—

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

अथवा $Mg - 2e^- \longrightarrow Mg^{2+}$

वह पदार्थ जो रासायनिक क्रिया में इलेक्ट्रॉन का त्याग करता है, **अपचायक पदार्थ** (Reducing Agent) कहलाता है। ऑक्सीकरण को निम्न प्रकार स्पष्ट किया जा सकता है–

(a) परमाणु से धनायन में बदलना—

$$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$$

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

$$Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^-$$

(b) अस आयन का इक आयन में बदलना एवं धनावेश में वृद्धि—

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

$$Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e^-$$

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

$$Pb^{2+} \longrightarrow Pb^{4+} + 2e^-$$

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

(c) ऋण संयोजकता में कमी—

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$$

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

$$2O^{2-} \longrightarrow O_2 + 4e^-$$

$$MnO_4^{2-} \longrightarrow MnO_4^- + e^-$$

Manganante *Permanganate*

$$[Fe(CN)_6]^{4-} \longrightarrow [Fe(CN)_6]^{3-} + e^-$$

Ferrocyanide *Ferricyanide*

(d) अणु—

$$H_2S \longrightarrow 2H^+ + S + 2e^-$$

$$H_2O_2 \longrightarrow 2H^+ + O_2 + 2e^-$$

- उपरोक्त अभिक्रिया में H_2S व H_2O_2 **अपचायक** कहलाते हैं इन अभिक्रियाओं से यह निष्कर्ष निकलता है कि धन आवेश का बढ़ना या आ. अंक में बीजीय वृद्धि या ऋणावेश का घटना **ऑक्सीकरण** कहलाता है।

अपचयन— वह रासायनिक अभिक्रिया जिसमें कोई परमाणु, आयन या अणु इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है **अपचयन** कहलाती है, इलेक्ट्रॉन की वृद्धि **इलेक्ट्रॉनीकरण** कहलाती है।

अपचयन में क्रिया कारक **ऑक्सीकारक पदार्थ** (Oxidising agent) कहलाता है। यह **इलेक्ट्रॉनग्राही** होता है।

उदाहरण—

(a) उदासीन परमाणु का ऋणायन में बदलना—

$$Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$$
$$S + 2e^- \longrightarrow S^{2-}$$
$$N + 3e^- \longrightarrow N^{3-}$$

(b) धनावेश का उदासीन परमाणु में बदलना—

$$Na^+ + e^- \longrightarrow Na^o$$
$$Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg^o$$

(c) ईक आयन का अस आयन में बदलना या धनावेश में कमी—

$$Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$$
$$Sn^{4+} + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}$$
$$Pb^{4+} + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+}$$
$$Cu^{2+} + e^- \longrightarrow Cu^+$$
$$Hg^{2+} + e^- \longrightarrow Hg^+$$

(d) ऋणआयन—

$$[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \longrightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$$
$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

(e) अणु—

$$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$$
$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$
$$O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$$

उपरोक्त अभिक्रिया में यह निष्कर्ष निकलता है अपचयन अभिक्रियाओं में धन आवेश घटता है, या ऑक्सीकरण अंक में कमी होती है या ऋण आवेश बढ़ता है।

$$Cl \longrightarrow Cl^-$$
$$(0) \longrightarrow (-1)$$
$$Fe^{3+} \longrightarrow Fe^{2+}$$
$$(+3) \longrightarrow (+2)$$
$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^-$$
$$(+5) \longrightarrow (+3)$$
$$PO_4^{3-} \longrightarrow PO_3^{3-}$$
$$(+5) \longrightarrow (+3)$$
$$Cu^{2+} \longrightarrow Cu$$
$$(+2) \longrightarrow (0)$$

अपचयन		ऑक्सीकरण
(1) ऑक्सीकरण अंक में बीजीय कमी (2) इलेक्ट्रॉन का ग्रहण	+7 ↑ +6 +5 +4 +3 +2 +1 0 −1 −2 −3 −4 −5 −6 ↓ −7	(1) ऑक्सीकरण अंक में बीजीय वृद्धि (2) इलेक्ट्रॉन का त्याग

(B) ऑक्सीकरण अंक संकल्पना (Concept of Oxidation Number)

ऑक्सीकरण— वह रासायनिक अभिक्रिया जिसमें किसी तत्व, परमाणु, अणु, या आयन के ऑक्सीकरण अंक में बीजीय वृद्धि हो **ऑक्सीकरण** कहलाती है। उस पदार्थ को **अपचायक पदार्थ** कहते हैं, जो ऑक्सीकृत होता है।

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+}$$

आ. अंक = 0 (आ. अंक = +2)

$$Pb^{2+} \longrightarrow Pb^{4+}$$
$$(+2) \qquad (+4)$$
$$Mg \longrightarrow MgO$$
$$(0) \qquad (+2)$$
$$SO_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$$
$$(+4) \qquad (+6)$$
$$Cl^- \longrightarrow Cl$$
$$(-1) \qquad (0)$$

अपचयन— वह रासायनिक क्रिया जिसमें किसी परमाणु, तत्व या अणु का आयन के ऑक्सीकरण अंक में बीजीय कमी हो, **अपचयन** कहलाती है। उस पदार्थ को **ऑक्सीकारक पदार्थ** कहते हैं, जो अपचयित होता है।

8.2 ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ या रेडॉक्स अभिक्रियाएँ (Oxidation-Reduction Reactions / Redox Reaction)

1. जिन रासायनिक क्रियाओं में इलेक्ट्रॉन का आदान-प्रदान होता है अर्थात् जब कोई पदार्थ अणु या आयन इलेक्ट्रॉन त्याग करता है, तो दूसरा पदार्थ परमाणु या आयन उसे ग्रहण करता है अत: त्याग व ग्रहण दोनों साथ-साथ होते हैं, एक के बिना दूसरी अभिक्रिया असंभव है। इन्हें **रिडॉक्स अभिक्रियाएँ** कहते हैं।
2. ये दोनों अभिक्रियाएँ एक दूसरे की पूरक अभिक्रियाएँ हैं। जैसे—
$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$
इस अभिक्रिया को निम्न दो अर्द्ध समीकरणों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है—
$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^- \quad \text{(ऑक्सीकरण)}$$
$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu^o \quad \text{(अपचयन)}$$
3. इस अभिक्रिया में Fe ने दो इलेक्ट्रॉन का त्याग किया अत: यह **ऑक्सीकरण** अभिक्रिया कहलाती है। Fe को **अपचायक पदार्थ** कहते हैं। Cu^{2+} ने दो इलेक्ट्रॉन को ग्रहण किया है अत: यह **अपचयन** अभिक्रिया है। Cu^{2+} को **ऑक्सीकारक** पदार्थ कहते हैं।

8.2.1 ऑक्सीकारक पदार्थ (Oxidising Agents)

ऑक्सीकारक पदार्थ [ऑक्सीडेंट] (Oxidising agent)

(i) किसी रासायनिक अभिक्रिया में वह परमाणु, अणु या आयन जो इलेक्ट्रॉन ग्रहण करे **ऑक्सीकारक पदार्थ** कहलाता है।

(ii) जो दूसरे पदार्थ का ऑक्सीकरण करे और स्वयं अपचयित हो जावे।

(iii) जिसके ऑक्सीकरण अंक में कमी हो।

(iv) धन संयोजकता में कमी हो।

(v) ऋण संयोजकता में वृद्धि हो।

कुछ प्रमुख ऑक्सीकारक पदार्थ— $K_2Cr_2O_7$, $HClO_4$, $CuSO_4$, $KMnO_4$, HNO_3, Cl_2, Br_2, I_2, H_2O_2, KIO_4 उदाहरण

$$\overset{+7}{Mn}O_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}} + 4H_2O$$ (अम्लीय माध्यम)

$$\overset{+7}{Mn}O_4^- + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow \overset{+4}{Mn}O_2 + 4OH^-$$ (क्षारीय माध्यम)

$$\overset{+7}{Cr_2}O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow \overset{+3}{2Cr^{3+}} + 7H_2O$$

$$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$$

$$IO_3^- + 6H^+ + 6e^- \longrightarrow I^- + 3H_2O$$

8.2.2 अपचायक पदार्थ (Reducing Agent or Reductant)

1. वे पदार्थ जो रासायनिक क्रिया में इलेक्ट्रॉन का त्याग करें।
2. वे पदार्थ जो दूसरों को अपचयित कर दें एवं स्वयं ऑक्सीकृत हो जावे।
3. इनके ऑक्सीकरण अंक में बीजीय वृद्धि हो।
4. इनकी घन संयोजकता में वृद्धि हो।
5. इनकी ऋण संयोजकता में कमी हो।

उदाहरण—

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$$
$$H_2O_2 \rightarrow 2H^+ + O_2 + 2e^-$$
$$H_2S \rightarrow 2H^+ + S + 2e^-$$
$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$$
$$C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$$
$$2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$$

कुछ प्रमुख अपचायक पदार्थ–

$SnCl_2$, Hg_2Cl_2, HNO_2, $FeCl_2$, H_2SO_3, HBr, HI, HCl, $(COOH)_2$, $Na_2S_2O_3$, KI, $FeSO_4$, SO_2, H_2S.

8.2.3 ऑक्सीकारक अपचायक पदार्थ

वे पदार्थ जो ऑक्सीकारक व अपचायक दोनों के रूप में कार्य करते हों उन्हें **ऑक्सीकारक अपचायक पदार्थ** कहते हैं इनके ऑक्सीकरण अंक में कमी या वृद्धि दोनों ही संभव हैं

उदाहरण— HNO_2, SO_2, H_2SO_3, HClO, $HClO_2$

8.3 ऑक्सीकरण अंक संकल्पना (Oxidation Number concept)

- पदार्थ के अणु तथा आयन में किसी तत्व के एक परमाणु पर प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से विद्यमान प्रभावी आवेशों की संख्या को उस तत्व का ऑक्सीकरण अंक कहा जाता है।
- आयनिक यौगिकों में आयनों की संयोजकता व आवेश समान ही होते हैं। यदि किसी तत्व का परमाणु, आयन अवस्था में है, तो इन पर जो आवेश संख्या है, वहीं उनकी ऑक्सीकरण अवस्था होती है।
  जैसे– Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+}, Sn^{4+}, Cl^-, O^{2-}, N^{3-} आयनों का ऑक्सीकरण अंक क्रमशः +1, +2, +3, +4, –1, –2 तथा –3 होगा।
- लेकिन सहसंयोजक यौगिकों अथवा संयुक्त आयनों में परमाणु पर आवेश व इसकी संयोजकता भिन्न–भिन्न संभव है। परमाणु पर जितना आवेश होता है, उतने ही आवेश के आयन प्राप्त होना आवश्यक नहीं है।
  जैसे– यौगिक CH_4, CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$, CCl_4 में कार्बन की संयोजकता 4 है, जबकि कार्बन का ऑक्सीकरण अंक क्रमशः –4, –2, 0, +2 तथा +4 होगा।
- किसी परमाणु पर उपस्थित आवेश को उस परमाणु का ऑक्सीकरण अवस्था (Oxidation State) कहते हैं। ऑक्सीकरण अवस्था, प्रति परमाणु ऑक्सीकरण अंक है, जबकि ऑक्सीकरण अंक उस यौगिक में उपस्थित एक ही प्रकार के परमाणुओं की ऑक्सीकरण अवस्थाओं के योग का औसत होता है। ऑक्सीकरण अवस्था के मान धन पूर्णांक, ऋण पूर्णांक, शून्य व भिन्नों में संभव है।

8.3.1 ऑक्सीकरण अंक के मान ज्ञात करने के स्वेच्छ नियम–

1. 1A वर्ग के तत्वों (Li, Na, K, Rb, Cs) का ऑक्सीकरण अंक अपने यौगिकों में हमेशा +1 होता है।
2. IIA वर्ग के तत्वों (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra) का ऑक्सीकरण अंक अपने यौगिकों में हमेशा +2 होता है।
3. तत्व में प्रत्येक परमाणु का ऑक्सीकरण अंक हमेशा शून्य होता है।
   P_4 में P, S_8 में S, O_2 में O, N_2 में N के ऑक्सीकरण अंक शून्य होते हैं।
4. यौगिक का ऑक्सीकरण अंक, यौगिकों में उपस्थित सभी तत्वों के ऑक्सीकरण अंक का बीजगणितीय योग के बराबर होता है जो कि शून्य होता है।
   $KMnO_4$ का ऑक्सीकरण अंक शून्य होता है।
   K का ऑक्सीकरण अंक +Mn का ऑक्सीकरण अंक +4(O) का ऑक्सीकरण अंक = 0
5. H तत्व का अपने यौगिकों में ऑक्सीकरण अंक +1 होता है। जैसे— (HCl, H_2O, NH_3, CH_4)
   अपवाद—
   (i) H_2 अणु में, हाइड्रोजन का ऑक्सीकरण अंक शून्य होता है।
   (ii) हाइड्राइड्स में हाइड्रोजन का ऑक्सीकरण अंक –1 होता है। क्योंकि हाइड्रोजन की विद्युतऋणता बंधित परमाणु की विद्युतऋणता से अधिक होती है। उदाहरण NaH, KH, CaH_2 व $LiAlH_4$
6. ऑक्सीजन तत्व का ऑक्सीकरण अंक प्रायः अपने यौगिकों में –2 होता है।
   अपवाद—
   (i) OF_2 में ऑक्सीजन का ऑक्सीजन अंक +2 होता है।

(ii) परऑक्साइड में ऑक्सीजन का ऑक्सीकरण अंक –1 होता है।

(iii) O_2F_2 में ऑक्सीजन का ऑक्सीकरण अंक + 1 होता है।

(iv) O_2 अणु में ऑक्सीजन का ऑक्सीकरण अंक शून्य होता है।

7. शून्य वर्ग के तत्वों का ऑक्सीकरण अंक शून्य होता है।

8. साधारण आयन का ऑक्सीकरण अंक आयन पर उपस्थित आवेश के बराबर होता है, अर्थात्

Cl^- = –1

O^{-2} = –2

N^{-3} = –3

Mg^{2+} = +2

Al^{3+} = +3

9. जटिल आयन में उपस्थित सभी तत्वों के ऑक्सीकरण अंक का बीजगणितीय योग जटिल आयन पर उपस्थित आवेश के बराबर होता है।

$Cr_2O_7^{2-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$ $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

$Cr_2O_7^{-2}$ के लिए

2(Cr) का ऑ. अंक +7(O) का ऑ. अंक =–2

10. जटिल यौगिक या आयन में परमाणु के बजाय एक मूलक का ऑक्सीकरण अंक लिखा जाना अधिक सुविधाजनक होता है। जैसे—

PO_4^{3-}, AsO_4^{3-}, BO_3^{3-} का अंक = –3

11. NH_3, H_2O, R_3N, PR_3, Py (पिरीडीन) en (ऐथिलीन डाइऐमीन) का ऑक्सीकरण अंक शून्य है।

12. निम्न आयनों का ऑ. अं. याद रखे।

HO^-	=	–1	NH_4^+	=	+1
NO_3^-	=	–1	NO^+	=	+1
NO_2^-	=	–1	NO^-	=	–1
CN^-	=	–1	SO_3^{2-}	=	–2
SO_4^{2-}	=	–2	$C_2O_4^{2-}$	=	–2
CO_3^{-2}	=	–2			

13. किसी तत्व की **अधिकतम धनात्मक ऑक्सीकरण** संख्या उसकी वर्ग संख्या (n) के बराबर होती है। उदाहरणत-

Li का ऑक्सीकरण अंक +1 के बराबर होता है।

Be का ऑक्सीकरण अंक +2 के बराबर होता है।

B का ऑक्सीकरण अंक +3 के बराबर होता है।

C का ऑक्सीकरण अंक +4 के बराबर होता है।

P का ऑक्सीकरण अंक + 5 के बराबर होता है।

S का ऑक्सीकरण अंक +6 के बराबर होता है।

Cl का ऑक्सीकरण अंक +7 के बराबर होता है।

14. किसी तत्व की **अधिकतम ऋणात्मक** ऑक्सीकरण अंक (n – 8) के बराबर होती है। यहाँ n = वर्ग संख्या है।

Cl, Br का अंक = 7– 8 = –1

O, S का अंक = 6 – 8 = –2

N, P का अंक = 5 – 8 = – 3

15. किसी तत्व का ऑक्सीकरण अंक वर्ग संख्या व (n – 8) के बीच में होता है। उदाहरण—

(i) हैलोजन परमाणुओं के ऑक्सीकरण अंक –1 व +7 के बीच में होते हैं।

(ii) O व S परमाणुओं के ऑक्सीकरण अंक–2 व +6 के बीच में होते हैं।

16. धातुओ के ऑक्सीकरण अंक हमेशा धनात्मक होते हैं। जबकि अधात्विक तत्वों के ऑक्सीकरण अंक धनात्मक एवं ऋणात्मक होते हैं।

17. ऑक्सीकरण अंक कभी भी भिन्न संख्या में नहीं होती है। यदि ऐसा होता है तो वह तत्व की परिणामी ऑक्सीकरण अंक होती है। **उदाहरण**— Fe_3O_4 में Fe का ऑक्सीकरण अंक +8/3 होता है। इसमें तीन Fe का ऑक्सीकरण अंक +3, +3 एवं +2 होते हैं तो परिणामी ऑक्सीकरण अंक होगा (3 + 3 + 2)/ 3= 8/3

18. यौगिकों में हैलोजन के आक्सीकरण अंक –1 होते हैं।

अपवाद-

Cl_2 में Cl का ऑक्सीकरण अंक शून्य होता है।

Cl_2O, HClO में Cl का ऑक्सीकरण अंक +1 होता है।

ClF_3, $HClO_2$ में Cl का ऑक्सीकरण अंक +3 होता है।

$HClO_3$ में $KClO_3$ में Cl का ऑक्सीकरण अंक +5 होता है।

Cl_2O_6 में Cl का ऑक्सीकरण अंक +6 होता है।

Cl_2O_7 में $HClO_4$ में Cl का ऑक्सीकरण अंक +7 होता हैं।

नोट– *उपर्युक्त नियमों के आधार पर, किसी भी अणु में विद्यमान परमाणु का ऑक्सीकरण अंक को ज्ञात कर सकते हैं।*

पाठ्यपुस्तक के उदाहरण

उदाहरण–8.1 निम्न यौगिकों में तत्व S का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात कीजिये–[पाठ्यपुस्तक]

(i) H_2S (ii) SO_2

(iii) H_2SO_3 (iv) H_2SO_4

हल–कल्पना कीजिये की सल्फर का ऑक्सीकरण अंक X है।

(i) H_2S में

$$2[+1] + 1[x] = 0,$$
$$2 + x = 0$$
$$x = -2$$

अत: H_2S में S का ऑ. अंक –2 है।

(ii) SO_2 में

$$1[x] + 2[-2] = 0,$$
$$x - 4 = 0$$
$$x = 4$$

अत: SO_2 में S का ऑ. अंक +4 है।

(iii) H_2SO_3 में

$$2[+1] + 1[x] + 3[-2] = 0,$$
$$2 + x - 6 = 0$$
$$x = 4$$

अत: H_2SO_3 में S का आँ. अंक 6 है।

उदाहरण–8.2 निम्न यौगिकों में Mn तत्व का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात कीजिये। [पाठ्यपुस्तक]

(i) MnO_2 (ii) K_2MnO_4

हल–माना Mn का आँ. अंक यौगिकों में x है।

(i) MnO_2

$$1[x] + 2[-2] = 0;$$
$$x - 4 = 0;$$
$$x = 4$$

अत: MnO_2 में Mn का आँ. अंक 4 है।

(ii) K_2MnO_4

$$2[+1] + 1[x] + 4[-2] = 0;$$
$$2 + x - 8 = 0;$$
$$x = 6$$

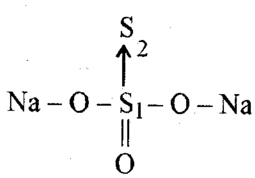
अत: K_2MnO_4 में Mn का आँ. अंक 6 है।

उदाहरण–8.3 निम्न यौगिकों में S तत्व का आँ. अंक ज्ञात कीजिये। [Most Important] [पाठ्यपुस्तक]

(i) $Na_2S_2O_3$ (ii) H_2SO_5

हल–उपरोक्त यौगिकों में S तत्व का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात करने के लिये इनकी संरचना का ज्ञान होना आवश्यक है।

(i) $Na_2S_2O_3$ की संरचना



S_1 का आँ. अंक = +1 +1 +2 +2 = 6 है।

S_2 का आँ. अंक = –2 है।

अत: S का परिणामी आँ. अंक = $\frac{+2-2}{2} = 2$ है।

(ii) H_2SO_5 में दो ऑक्सीजन पर ऑक्साइड के रूप में स्थित है। अत: दो ऑक्सीजन का आँ. अंक –1 होगा व बाकी ऑक्सीजन तत्व का आँ. अंक –2 होगा।

$$H_2SO_5 = H_2SO_3\ [-O-O-]$$
$$2[+1]+1[x]+3[-2]+2[-1] = 0$$
$$2 + x - 6 - 2 = 0$$
$$x = 6$$

अत: H_2SO_5 में S का आँ. अंक +6 है।

उदाहरण–8.4 निम्न में इंगित तत्व का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात करना। [पाठ्यपुस्तक]

(i) $Cu(NH_3)_4SO_4$ में Cu का–

$$x + 4(0) + (-2) = 0 \quad (NH_3 \text{ का आ. अंक} = 0$$
$$x - 2 = 0\ (SO_4^{2-} \text{ का आ. अंक} = -2)$$
$$\therefore \quad x = +2$$

अत: Cu का ऑक्सीकरण अंक = +2

(ii) $[PtCl_6]^{2-}$ में Pt का –

$$x + 6(-1) = -2$$
या $$x = +6 - 2$$
$$\therefore \quad x = +4$$

अत: Pt का का ऑक्सीकरण अंक = +4

(iii) $Ni(CO)_4$ में Ni का –

$$x + 4(0) = 0 \quad (CO \text{ का आ. अंक} = 0)$$
$$\therefore \quad x = 0$$

अत: Ni का आ. अंक = 0

(iv) $K_2Cr_2O_7$ में Cr का–

(2 x K का आ. अंक) + (2 x Cr का आ. अंक) + (7 x O का आ. अंक) = 0

$$2 \times (+1) + 2x(x) + 7x(-2) = 0$$
$$2 + 2x - 14 = 0$$
या $$2x = +12$$
$$\therefore \quad x = +6$$

अत: Cr का ऑक्सीकरण अंक = +6

(v) CH_4 में C का–

$$\therefore \quad x + 4(1) = 0$$
$$x = -4$$

अत: C का ऑक्सीकरण अंक = –4

(vi) $BrCl_3$ में Br का–

$$x + 3(-1) = 0$$
$$x = +3$$

अत: Br का आ. अंक = +3

(vii) $C_6H_{12}O_6$ में C का–

$$6(x) + 12(+1) + 6(-2) = 0$$
या $$6x + 12 - 12 = 0$$
या $$x = 0$$

अत: C का ऑक्सीकरण अंक = 0

(viii) Pb_3O_4 एक मिश्रित ऑक्साइड है।

$2PbO + PbO_2$

अत: Pb_3O_4 में दो Pb का ऑक्सीकरण अंक +2 है। [2PbO में] व एक Pb का आ. अंक +4 है।

Pb का परिणामी आ. अंक = $\frac{+2+2+4}{3} = \frac{8}{3}$ है।

8.3.2 ऑक्सीकरण अंक के आधार पर ऑक्सीकरण व अपचयन–

ऑक्सीकरण–वह रासायनिक अभिक्रिया जिसमें तत्व के ऑक्सीकरण अंक में वृद्धि हो।

अपचयन–वह रासायनिक अभिक्रिया जिसमें तत्व के ऑक्सीकरण अंक में कमी हो।

- चूँकि जिस पदार्थ का ऑक्सीकरण होता है, वह अपचायक कहलाता है। अत: अपचायक पदार्थ के ऑक्सीकरण अंकों में वृद्धि होती है।
- इसी प्रकार जिस पदार्थ का अपचयन होता है, वह ऑक्सीकारक कहलाता है। अत: ऑक्सीकारक पदार्थ के ऑक्सीकरण अंकों में कमी होती है।
- सम्पूर्ण प्रक्रिया में कुल ऑक्सीकरण अंकों में कमी तथा कुल ऑक्सीकरण अंकों में वृद्धि समान होती है।
- रासायनिक अभिक्रिया में ऑक्सीकरण अंक के आधार पर ऑक्सीकरण तथा अपचयन का पता निम्न प्रकार लगाया जायेगा–

(i) यौगिकों में उपस्थित परमाणुओं के ऑक्सीकरण अंक ज्ञात करें।

(ii) सभी तत्वों के ऊपर उनके ऑक्सीकरण अंक लिखे।

(iii) तत्वों के ऑक्सीकरण अंकों में परिवर्तन के आधार पर निष्कर्ष निकालें।

उदाहरण– $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

तत्वों के ऑक्सीकरण अंक प्रति परमाणु लिखने पर –

ऑक्सीकरण

$$\overset{+4\ -2}{MnO_2} + 4\overset{+1\ -1}{HCl} \rightarrow \overset{+2\ -1}{MnCl_2} + \overset{0}{Cl_2} + 2\overset{+1\ -2}{H_2O}$$

अपचयन

उक्त अभिक्रिया में Mn का ऑक्सीकरण अंक +4 (MnO_2 में) से +2 ($MnCl_2$ में) हो रहा है अत: MnO_2 का $MnCl_2$ में अपचयन हो रहा है, जबकि क्लोरीन का ऑक्सीकरण अंक –1 (HCl) से 0(Cl_2 में) हो रहा है, अर्थात् वृद्धि हो रही है। अत: HCl का Cl_2 में ऑक्सीकरण हो रहा है। यहाँ MnO_2 ऑक्सीकारक है तथा HCl अपचायक।

8.3.3 ऑक्सीकारक अंक के उपयोग

1. **किसी अम्ल की प्रबलता ज्ञात करना**–किसी अम्ल की प्रबलता, अम्ल में उपस्थित केन्द्रीय परमाणु की ऑक्सीकरण अंक बढ़ने पर प्रबलता बढ़ती है।

अम्ल की सामर्थ्य ∝ ऑक्सीकरण अंक

$HClO < HClO_2 < HClO_3 < HClO_4$

+1   +3   +5   +7

- उपरोक्त अम्लों में HClO दुर्बलतम अम्ल है व $HClO_4$ एक प्रबलतम अम्ल है।
- $HBrO < HBrO_2 < HBrO_3 < HBrO_4$
- $HIO < HIO_2 < HIO_3 < HIO_4$
- $H_2S < H_2SO_3 < H_2SO_4$

  [–2]   [+4]   [+6]
- $H_3PO_3 < H_3PO_4$

  +3   +5
- $HNO_2 < HNO_3$

  +3   +5
- $HNO < H_2NO_2 < HNO_2 < HNO_3$

  +1   +2   +3   +5

2. **क्षारों की सामर्थ्य**—

- क्षारों का सामर्थ्य $\propto \frac{1}{\text{ऑक्सीकरण अंक}}$
- $Al(OH)_3 < Ca(OH)_2 < NaOH$ (सामर्थ्य)

  +3   +2   +1
- अत: NaOH एक प्रबलतम क्षार है जबकि $Al(OH)_3$ एक दुर्बल क्षार है।

3. **ऑक्सीकारक व अपचायक पदार्थों के तुल्यांक भार**—

- किसी पदार्थ (ऑक्सीकारक या अपचायक) का तुल्यांक भार रेडोक्स अभिक्रिया में किसी पदार्थ के एक अणु या आयन द्वारा दिये या लिये गये इलेक्ट्रॉन की संख्या का अणुभार में भाग देने पर प्राप्त होने वाली संख्या के बराबर होता है या ये किसी ऑक्सीकारक/अपचायक के अणुभार में जो कि ऑक्सीकरण अंक में होने वाले अन्तर से भाग देने पर प्राप्त होता है।

$$\text{ऑक्सीकारक पदार्थ का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अणु सूत्र का सूत्र भार}}{\text{ऑक्सीकरण अंक प्रति मोल में होने वाला अन्तर}}$$

$$\text{अपचायक पदार्थ का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अणु सूत्र का सूत्र भार}}{\text{ऑक्सीकरण अंक प्रति मोल में होने वाला अन्तर}}$$

$$\text{ऑक्सीकारक पदार्थ का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अणु सूत्र का सूत्र भार}}{\text{अणु द्वारा प्राप्त किये गये इलेक्ट्रॉन की संख्या}}$$

$$\text{अपचायक पदार्थ का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अणु सूत्र का सूत्र भार}}{\text{अणु द्वारा खोये गये इलेक्ट्रॉन की संख्या}}$$

4. **यौगिकों का सूत्र निकालना**—

- यदि किसी यौगिक के सभी तत्वों के ऑक्सीकरण अंक ज्ञात हों तो यौगिक का सूत्र निकाल सकते हैं।
- किसी उदासीन अणु में सभी तत्वों के ऑक्सीकरण अंक का योग शून्य होता है।

8.3.4 विशेष बिन्दु (Special Point)

1. Fe_3O_4, में FeO व Fe_2O_3 का मिश्रण है।
2. Fe_3O_4 में Fe का ऑक्सीकरण अंक 8/3 है।
3. C की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—
   - (i) CCl_4 में +4
   - (ii) $K_2C_2O_4$ में +3
   - (iii) $CHCl_3$ में +2
   - (iv) CH_2Cl_2, $C_6H_{12}O_6$ हीरा एवं ग्रेफाईट में शून्य है।
   - (v) $CH \equiv CH$ में −1
   - (vi) CH_3Cl में −2
   - (vii) $CH_3–CH_3$ में −3
   - (viii) CH_4 में −4
4. **Mn की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—**
   - (i) MnO में +2
   - (ii) Mn_2O_3 में +3
   - (iii) MnO_2 में +4
   - (iv) K_2MnO_4 में +6
   - (v) $KMnO_4$ में +7
5. **Cr की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—**
   - (i) $CrCl_3$, $Cr_2(SO_4)$ में +3
   - (ii) $K_2Cr_2O_7$, CrO_2Cl_2, K_2CrO_4 में +6
6. **N की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—**
   - (i) N_2O में +1
   - (ii) NO में +2
   - (iii) HNO_2 में +3
   - (iv) NO_2 में +4
   - (v) N_2O_5 में +5
   - (vi) N_2 में शून्य
   - (vii) NH_2OH में −1
   - (viii) $NH_2–NH_2$ में −2
   - (ix) NH_3 में −3
7. **S की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—**
   - (i) H_2S में −2
   - (ii) SO_2 व H_2SO_3 में +4
   - (iii) SO_3, H_2SO_4, $H_2S_2O_7$, H_2SO_5, $H_2S_2O_8$ में +6
   - (iv) $(CH_3)_2SO$ में शून्य
8. **O की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—**
   - (i) H_2O में −2
   - (ii) H_2O_2 में −1
   - (iii) O_2, O_3 में शून्य
   - (iv) O_2F_2 में +1
   - (v) OF_2 में +2
9. **Cl की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—**
   - (i) HCl में −1
   - (ii) Cl_2 में शून्य
   - (iii) Cl_2O व HClO में +1
   - (iv) ClF_3, $HClO_2$, Cl_2O_3 में +3
   - (v) $KClO_3$, $HClO_3$, Cl_2O_5 में +5
   - (v) Cl_2O_6 में +6
   - (vi) Cl_2O_7, $KClO_4$, $HClO_4$ में +7
10. **H की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्था—**
    - (i) $LiAlH_4$, LiH, NaH में −1
    - (ii) H_2 में शून्य
    - (iii) HCl, H_2O, NH_3 में +1
11. Pb_3O_4 में Pb की ऑक्सीकरण अवस्था 8/3 होती है।
    Pb_3O_4, $2PbO + PbO_2$ का मिश्रित ऑक्साइड है।
12. Mn_3O_4 में Mn की ऑक्सीकरण अवस्था 8/3 होती है।
    Mn_3O_4, $2MnO + MnO_2$ का मिश्रित ऑक्साइड है।
13. अम्ल का सामर्थ्य $\propto$ ऑक्सीकरण अंक

    $$\text{क्षार का सामर्थ्य} \propto \frac{1}{\text{ऑक्सीकरण अंक}}$$

14. $\text{ऑक्सीकारक पदार्थ का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अणुभार}}{\text{ऑक्सीकरण अंक में अन्तर}}$
15. $\text{अपचायक पदार्थ का तुल्यांक भार} = \frac{\text{अणुभार}}{\text{ऑक्सीकरण अंक में अन्तर}}$
16. $\text{अपचायक गुण} \propto \text{इलेक्ट्रॉन देने की प्रवृत्ति} \propto \frac{1}{\text{विद्युत ऋणता}}$
17. ऑक्सीकारक गुण $\rightarrow$ इलेक्ट्रॉन लेने की प्रवृत्ति
18. $I^- > Br^- > Cl^- > F^-$
    (अपचायक गुण का क्रम)
    I^- तीव्र अपचायक पदार्थ है।
    F^- मन्द अपचायक पदार्थ है।
19. ऑक्सीकरण गुण $\propto$ इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति $\propto$ विद्युत ऋणता
    $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ (ऑक्सीकारक गुण का क्रम)
20. विद्युत अपघटन में, एनोड पर ऑक्सीकरण व कैथोड़ पर अपचयन होता है।
21. **ऑक्सीकारक पदार्थों की पहचान—**
    - वे पदार्थ जिनमें तत्व की ऑक्सीकरण अवस्था अधिकतम हो, **ऑक्सीकारक पदार्थ** कहलाते हैं।
    - $KMnO_4$ [Mn का ऑ. अंक + 7] $K_2Cr_2O_7$ [Cr का ऑ. अंक +6], $HClO_4$, $HBrO_4$, HIO_4 [हैलोजन का ऑ. अंक +7]
22. **अपचायक पदार्थों की पहचान—**
    - वे पदार्थ जिनमें तत्व की ऑक्सीकरण अवस्था निम्नतम हो, **अपचायक पदार्थ** की तरह कार्य करते हैं।
    - सभी धातुएँ Na, Li, Mg, Zn, Al [ऑ. अंक शून्य] H_2S [S का ऑ. अंक−2] हैलोजन अम्ल HX [हैलोजन का ऑ. अंक −1]

23. यौगिक जो ऑक्सीकरण व अपचायक दोनों का कार्य कर सकते हैं—

वे यौगिक जिनमें उपस्थित तत्व की ऑक्सीकरण अवस्था निम्नतम व अधिकतम के मध्य हो **Redox पदार्थ** कहलाते हैं।

$HNO_2, H_2O_2, SO_2, Cl_2, Br_2, I_2, CO, Cu^+, KClO_3$.

8.3.5 आक्सीकरण अंक पर आधारित विशेष प्रश्न

प्र.1. पौटैशियम सुपर ऑक्साइड में ऋणायन पर आवेश व ऑक्सीकरण अंक ऑक्सीजन में होगा—

उत्तर- KO_2 पौटेशियम का सुपर ऑक्साइड है।

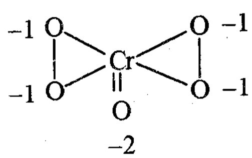
$$KO_2 \rightarrow K^+ + O_2^-$$

ऋणायन पर आवेश −1 होगा।

ऑक्सीजन पर ऑक्सीकरण अंक $-\frac{1}{2}$ होगा।

प्र.2. CrO_5 में Cr का ऑक्सीकरण अंक बताइये।

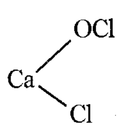
उत्तर-



उपरोक्त क्रोमियम पेन्टाऑक्साइड CrO_5 में चार ऑक्सीजन परमाणु परऑक्साइड अवस्था में होते हैं और इस प्रकार प्रत्येक अपनी −1, ऑक्सीकरण अवस्था में होते हैं। जबकि एक ऑक्सीजन ऑक्साइड के रूप में −2 अवस्था में होती है। इस प्रकार CrO_5 में Cr की ऑक्सीकरण अवस्था +6 है।

प्र.3. ब्लीचिंग पाउडर में Cl की ऑक्सीकरण अवस्था निकालिये-

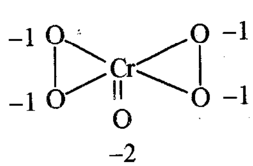
उत्तर-



ब्लीचिंग पाउडर में एक Cl परमाणु कम विद्युतऋणी तत्व Ca से जुड़ा है इसलिये उसका ऑक्सीकरण अंक −1 होगा व दूसरा क्लोरीन परमाणु अधिक विद्युतऋणी तत्व oxygen से जुड़ा है तो उसका ऑक्सीकरण अंक +1 होगा।

प्र.4. CrO_5 में ऑक्सीजन का परिणामी ऑक्सीकरण अंक बताइये-

उत्तर-



चार ऑक्सीजन परमाणुओं का ऑ. अंक = −1

एक ऑक्सीजन परमाणु का ऑ. अंक = −2

इसलिये ऑक्सीजन का परिणामी ऑक्सीजन अंक

$$= \frac{-4-2}{5} = -\frac{6}{5}$$

प्र.5. KI_3 में I का परिणामी ऑक्सीकरण अंक बताइये-

उत्तर- KI_3 में I, I_3^- के रूप में है।

I_3^- आयन की संरचना

$$I_{(1)} - \overset{\ominus}{I}_{(2)} - I_{(3)}$$

$I_{(1)}$ का ऑक्सीकरण अंक शून्य है।

$I_{(2)}$ का ऑक्सीकरण अंक −1 है।

$I_{(3)}$ का ऑक्सीकरण अंक शून्य है।

इसलिये आयोडीन का परिणामी ऑक्सीकरण अंक = −1/3 है।

प्र.6. $Fe(CO)_5$ व $Ni(CO)_4$ में Fe व Ni की ऑक्सीकरण अवस्था क्या होगी?

उत्तर- $Fe(CO)_5$ व $Ni(CO)_4$ में उपस्थित CO समूह का ऑक्सीकरण अंक शून्य होता है। अत: Fe व Ni के ऑक्सीकरण अंक भी शून्य हैं।

प्र.7. $Fe_{.94}O$ में Fe का ऑक्सीकरण अंक होगा?

उत्तर- $Fe_{.94}O$

$$x(.94) + 1[-2] = 0$$
$$.94x - 2 = 0$$
$$x = \frac{200}{94} \quad \text{उत्तर}$$

प्र.8. निम्न यौगिकों में S का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात कीजिये-

(a) $(CH_3)_2SO$ (b) $Na_2S_2O_3$

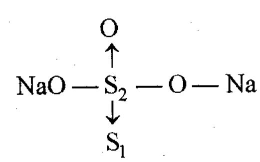
उत्तर- (a) $(CH_3)_2SO$

$$2[+1] + x - 2 = 0$$
$$x = 0 \quad [CH_3 \text{ समूह का ऑ. अंक } +1]$$

(b) $Na_2S_2O_3$

$$2 + 2x - 6 = 0$$
$$\therefore x = +2$$

यहाँ दो सल्फर है, अलग-अलग S का ऑ. अंक अलग-अलग है। उपरोक्त उत्तर S का परिणामी ऑ. अंक है।



S_1 का ऑ. अंक = −2

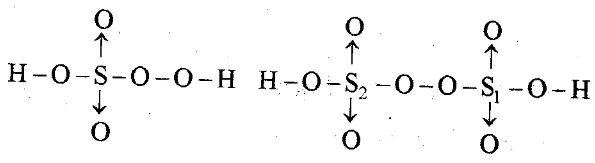
S_2 आ ऑ. अंक = 6

परिणामी S ऑ. अंक = $\frac{-2+6}{2} = +2$

प्र.9. निम्न यौगिकों में S का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात कीजिए।

(a) H_2SO_5 **(b) $H_2S_2O_8$**

उत्तर- उपरोक्त दोनों यौगिकों में दो ऑक्सीकरण परमाणु परऑक्साइड के रूप में स्थित है अत: दो ऑक्सीजन का ऑक्सीकरण अंक −1 होगा व बाकी ऑक्सीजन का ऑ. अंक −2 होगा।



परऑक्साइड परऑक्साइड

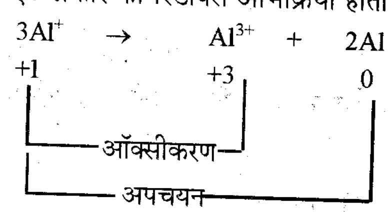
(a) $H_2SO_5 = H_2SO_3$ [–O–O–]
$2 + x - 6 - 2 = 0 \therefore x = +6$

(b) $H_2S_2O_8 = H_2S_2O_6$ [–O–O–]
$2 + 2x - 12 - 2 = 0 \therefore x = 6$

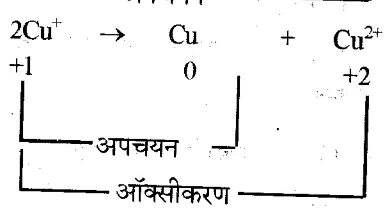
प्र.10. विषमीकरण या असमानुपात किसे कहते हैं। उदाहरण सहित समझाइये।

उत्तर- वे रासायनिक अभिक्रिया जिनमें आनुपातिक विभाजन के कारण एक साथ, एक ही यौगिक ऑक्सीकारक अपचायक दोनों का कार्य करता है **विषमीकरण या आनुपातिक विभाजन** कहलाता है। यहाँ पदार्थ का कुछ भाग ऑक्सीकृत व बचा कुछ भाग अपचयित होता है। यह भी एक प्रकार की रिडोक्स अभिक्रिया होती है जैसे-

(i)



(ii)



(iii) $H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

यहाँ, H_2O_2 असमानुपातन करता है। H_2O_2 में ऑक्सीजन का ऑक्सीकरण अंक −1 है। उत्पाद की तरफ से, ऑक्सीजन का ऑक्सीकरण अंक शून्य या −2 है।

(iv) $2KClO_3 \rightarrow 2KClO_4 + KCl$

यहाँ $KClO_3$ असमानुपातन कर रहा है।

(v) $3Cl_2 + 6NaOH \rightarrow 5NaCl + NaClO_3 + H_2O$

यहाँ, Cl_2 असमानुपातन कर रहा है।

8.4 रेडॉक्स अभिक्रियाओं को संतुलित करना

8.4.1 आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा संतुलित करना

आयन-इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा समीकरण को संतुलित करने के विभिन्न पद निम्न हैं—

नियम नं. 1-

अभिकारक तथा क्रियाफलों को निश्चित कर ऑक्सीकारक तथा अपचायक दोनों के लिए पृथक्-पृथक् अर्द्ध अभिक्रियाएँ लिखते हैं और उन्हें निम्न प्रकार से संतुलित करते हैं। अर्ध अभिक्रिया लिखते समय H^+, OH^- व H_2O के अणु नहीं लिखते।

नियम नं. 2-

(a) **तत्व संतुलित करना**— प्रत्येक अर्द्ध अभिक्रिया में ऑक्सीजन व हाइड्रोजन के अतिरिक्त अन्य तत्वों के परमाणुओं को गुणांकों द्वारा संतुलित किया जाता है।

(b) **ऑक्सीजन संतुलित करना**— समीकरण के दोनों ओर में से जिस और जितनी ऑक्सीजन की कमी हो, उतने ही H_2O जोड़ देते हैं।

(c) **हाइड्रोजन संतुलित करना**—

(i) समीकरण के दोनों ओर हाइड्रोजन परमाणुओं का संतुलन करने के लिये जिस और जितने हाइड्रोजन परमाणु कम हो, उधर उतने ही हाइड्रोजन आयन (H^+) जोड़ते हैं।

(ii) यदि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है तो अर्द्ध अभिक्रिया में दोनों ओर H^+ आयनों की संख्या के बराबर OH^- आयन जोड़ते हैं। जिससे वहाँ उपस्थित H^+ तथा OH^- को संयुक्त करके जल बनाते हैं। समीकरण में जल दो स्थानों पर नहीं आना चाहिये।

(d) **आवेश संतुलित करना**— समीकरण के दोनों ओर विद्युत आवेश बराबर करने के लिये इलेक्ट्रॉन जोड़ते हैं अथवा घटाते हैं। (अपचायक की अर्द्ध अभिक्रिया में बायी ओर इलेक्ट्रॉन घटाते हैं अथवा दांयी ओर इलेक्ट्रॉन जोड़ते हैं तथा ऑक्सीकारक की अर्द्ध अभिक्रिया में बांयी ओर इलेक्ट्रॉन जोड़ते हैं।)

आवेश को संतुलित करने का तरीका (इलेक्ट्रॉन के द्वारा)

(i) $+5 = +7$

समान आवेश होने पर अंतर लेंगे, यहाँ अंतर 2 का है, अत: उपर्युक्त अभिक्रिया में दो e^- जोड़ेंगे। उधर जोड़ेंगे जिधर धन आवेश अधिक है, अत: यहाँ $2e^-$ दाँयी ओर अर्थात् क्रियाफल की तरफ जोड़ेंगे।

$$+5 = +7 + 2e^-$$

(ii) $-3 = -7$

समान आवेश होने पर अंतर लेंगे, यहाँ अंतर 4 का है, अत: उपर्युक्त अभिक्रिया में $4e^-$ जोड़ेंगे। उधर जोड़ेंगे जिधर ऋण आवेश कम है, अत: यहाँ $4e^-$ बाँयी ओर अर्थात् क्रियाकारक की तरफ जोड़ेंगे।

$$4e^- - 3 = -7$$

(iii) $-3 = +4$

असमान आवेश होने पर योग करे, अर्थात् यहाँ हम $7e^-$ जोड़ेंगे, e को सदैव + की ओर जोड़ेंगे अर्थात् $7e^-$ दायी ओर जोड़ेंगे।

$$-3 = +4 + 7e^-$$

नियम नं. 3.

(a) प्रत्येक अर्द्ध अभिक्रिया को ऐसी उचित संख्या से गुणा करते हैं जिससे दोनों अर्द्ध अभिक्रिया के बांयी ओर उपस्थित इलेक्ट्रॉन दूसरी अर्द्ध

ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ

अभिक्रिया के दांयी ओर उपस्थित इलेक्ट्रॉन के बराबर हो जाए।

अब दोनों अर्द्ध अभिक्रियाओं के समीकरणों को जोड़ते हैं।

(b) प्राप्त समीकरण के दोनों ओर के समान इलेक्ट्रॉन को अब काट देते हैं। कोई अन्य सार्व पद हो तो उसे एक ही ओर लाकर जोड़ या घटा देते हैं।

(c) अन्त में यह जाँच कर लेते हैं कि समीकरण में दोनों ओर विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश समान है।

यही संतुलित समीकरण है।

पाठ्यपुस्तक के उदाहरण

उदाहरण 8.5—

$$Br_2 + H_2O_2 \longrightarrow BrO_3^- + H_2O \quad \text{(अम्लीय माध्यम)}$$

प्रथम अर्द्ध अभिक्रिया

(i) $Br_2 \longrightarrow BrO_3^-$ (**Br_2 अपचायक है**)

(ii) Br को संतुलित करना

$$Br_2 \longrightarrow 2BrO_3^-$$

(iii) ऑक्सीजन को संतुलित करने के लिये H_2O जोड़ते हैं।

$$Br_2 + 6H_2O \longrightarrow 2BrO_3^-$$

(iv) हाइड्रोजन को संतुलित करने के लिये H^+ जोड़ते हैं।

$$Br_2 + 6H_2O \longrightarrow 2BrO_3^- + 12H^+$$

(v) आवेश संतुलित करने के लिये दांयी तरफ इलेक्ट्रॉन जोड़ते हैं।

$$\underset{0}{Br_2} + \underset{0}{6H_2O} \longrightarrow \underset{-2}{2BrO_3^-} + \underset{+12}{12H^+}$$

$$= 0 \qquad\qquad = 10$$

अतः हम $10e^-$ दाँयी ओर जोड़ेंगे।

$$Br_2 + 6H_2O \longrightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^-$$

उपरोक्त आंशिक समीकरण संतुलित है।

द्वितीय अर्द्ध अभिक्रिया-

(i) $H_2O_2 \longrightarrow H_2O$ (**H_2O_2 ऑक्सीकारक है**)

(ii) H व O के अतिरिक्त यहाँ कोई अन्य परमाणु उपस्थित नहीं है। अतः ऑक्सीजन को संतुलित करने के लिये H_2O अणु जोड़ते हैं।

$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + H_2O$$

अथवा $H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O$

(iii) हाइड्रोजन को संतुलित करने के लिये H^+ जोड़ते हैं।

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

(iv) आवेश संतुलित करने के लिए बांयी तरफ इलेक्ट्रॉन जोड़ते हैं।

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

$$= +2 \qquad\qquad = 0$$

अतः हम $2e^-$ बाँयी ओर जोड़ेंगे।

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O \qquad ...(2)$$

उपरोक्त आंशिक समीकरण संतुलित है।

दोनों समीकरणों में इलेक्ट्रॉनों की संख्या बराबर करने के लिये समीकरण (2) को 5 से गुणा कर जोड़ते हैं।

$$Br_2 + 6H_2O \longrightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^- \qquad ...(3)$$

$$5H_2O_2 + 10H^+ + 10e^- \longrightarrow 10H_2O \qquad ...(4)$$

समीकरण (3) व (4) को जोड़ने पर

$$Br_2 + 5H_2O_2 + 6H_2O + 10H^+ + 10e^- \longrightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 10H_2O + 10e^-$$

या $$Br_2 + 5H_2O_2 \longrightarrow 2BrO_3^- + 4H_2O + 2H^+ \qquad ....(5)$$

यह समीकरण परमाणुओं तथा आवेश दोनों ही दृष्टियों से संतुलित है।

उदा.8.6 निम्न समीकरण को संतुलित करो–

$$MnO_4^- + H_2O_2 \rightarrow MnO_2 + O_2 + OH^-$$

हल– इस अभिक्रिया में, क्षारीय विलयन H_2O_2 परमैंगनेट आयन का अपचयन करके MnO_2 का अवक्षेप बनाती है।

(i) ऑक्सीकारक पदार्थ के लिए अर्ध–अभिक्रिया लिखने पर,

$$MnO_4^- \rightarrow MnO_2$$

(ii) ऑक्सीजन परमाणुओं के संतुलन हेतु दाहिनी ओर $2H_2O$ लिखने पर,

$$MnO_4^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

(iii) हाइड्रोजन परमाणुओं के संतुलन हेतु बायीं ओर $4H^+$ लिखने पर,

$$MnO_4^- + 4H^+ \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

(iv) विद्युत आवेश को बराबर करने हेतु बायीं ओर 3 इलेक्ट्रॉन जोड़ने पर

$$MnO_4^- + 4H^+ + 3e \rightarrow MnO_2 + 2H_2O \qquad ...(1)$$

इसी प्रकार, अपचायक पदार्थ के लिए दूसरी अर्ध अभिक्रिया लिखने पर,

$$H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^- \qquad ...(2)$$

अर्ध अभिक्रिया (1) को 2 तथा (2) को 3 से गुणा करके दोनों को जोड़ने पर पूर्ण अभिक्रिया निम्न होगी–

$$2MnO_4^- + 6e^- + 8H^+ \rightarrow 2MnO_2 + 4H_2O$$

$$3H_2O_2 \rightarrow 3O_2 + 6H^+ + 6e^-$$

$$\overline{2MnO_4^- + 3H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2MnO_2 + 3O_2 + 4H_2O}$$

चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में हो रही है अतः H^+ को विस्थापित कर जल जोड़े जाते हैं तथा दूसरी दिशा में उतने ही $\bar{O}H$ जोड़कर जल के आधिक्य को हटाते हैं।

$$2MnO_4^- + 3H_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2MnO_2 + 3O_2 + 4H_2O + 2OH^-$$

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

- **कृपया कुछ प्रमुख अपचायक व ऑक्सीकारक पदार्थों की संतुलित अर्ध अभिक्रियाओं को ध्यान में रखकर, याद करें।**

अपचायक पदार्थ–

(1) स्टैनस क्लोराइड, $SnCl_2$

$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$

(2) नाइट्रस अम्ल, HNO_2

$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$

(3) सल्फ्यूरस अम्ल, H_2SO_3

$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$

(4) हाइड्रोजन परॉक्साइड, H_2O_2

$H_2O_2 \rightarrow 2H^+ + O_2 + 2e^-$

(5) ऑक्सेलिक अम्ल, $H_2C_2O_4$

$C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$

ऑक्सीकारक पदार्थ–

(1) अम्लीय $K_2Cr_2O_7$

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

(2) अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट का विलयन

$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

(3) पोटैशियम आयोडेट, KIO_3

$IO_3^- + 6H^+ + 6e^- \rightarrow I^- + 3H_2O$

(4) सोडियम हाइपोक्लोराइट, NaClO

$ClO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2OH^-$

(5) हाइड्रोजन परॉक्साइड, H_2O_2

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

(6) नाइट्रेट आयन

$NO_3^- + 2H^+ + e^- \rightarrow NO_2 + H_2O$

8.4.2 ऑक्सीकरण अंक विधि द्वारा रिडोक्स अभिक्रिया संतुलित करना

ऑक्सीकरण अंक विधि

- ऑक्सीकरण अंक संकल्पना भी ऑक्सीकरण अपचयन समीकरणों को संतुलित करने में सहायक है।
- यह विधि इस सिद्धान्त पर आधारित है कि अभिक्रिया में किसी एक अथवा अधिक तत्वों के ऑक्सीकरण अंकों में कुल वृद्धि उतनी ही होती है जितनी अन्य तत्वों में कमी अर्थात्

  ऑक्सीकरण अंकों में कुल वृद्धि = ऑक्सीकरण अंकों में कुल कमी।
- इस विधि में प्रयुक्त विभिन्न पद निम्नलिखित हैं—

नियम नं. 1— अभिक्रिया का असंतुलित समीकरण लिखकर तत्वों का ऑक्सीकरण अंक प्रति परमाणु (उसके ऊपर) दर्शाते हैं।

नियम नं. 2— जिन पदार्थों में तत्वों के ऑक्सीकरण अंकों में परिवर्तन हुआ है उनकी ऑक्सीकरण और अपचयन क्रियाओं की आंशिक समीकरणें लिखते हैं तथा यह ज्ञात करते हैं कि ऑक्सीकारक तथा अपचायक के प्रति अणु ऑक्सीकरण अंकों में कितनी वृद्धि अथवा कमी हुई है।

नियम नं. 3— ऑक्सीकारक तथा अपचायक को उचित गुणांकों से इस प्रकार गुणा करते हैं कि ऑक्सीकरण अंकों में कुल वृद्धि, इसमें कुल कमी के बराबर हो जाये। इसके लिये ऑक्सीकारक को ऑक्सीकरण अंक में परिवर्तन के आंकिक मान से अपचायक को गुणा करते हैं तथा अपचायक के ऑक्सीकरण अंक में परिवर्तन के आंकिक मान से ऑक्सीकारक को गुणा करते हैं।

नियम नं. 4— दोनों आंशिक समीकरणों को जोड़ करते हैं।

नियम नं. 5— हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के अतिरिक्त अन्य परमाणुओं को संतुलित करते हैं।

नियम नं. 6— यदि अभिक्रिया अम्लीय माध्यम में होती है तो जिस और धन आवेश की मात्रा कम हो, उस और आवश्यक संख्या में H^+ जोड़ कर आवेश को संतुलित करते हैं। यदि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है तो जिस और ऋण आवेश की मात्रा कम हो (अथवा घनआवेश अधिक हो) उस और आवश्यक संख्या में OH^- जोड़कर आवेशों को संतुलित कर ले जाते हैं।

नियम नं. 7— समीकरण को संतुलित करने के लिये उचित पक्ष में जल के अणु जोड़ लेते हैं।

नियम नं. 8— अंतिम समीकरण की जांच कर लेते हैं कि दोनों पक्षों में परमाणुओं की तथा आवेशों की संख्या बराबर है।

उदा.8.8 पोटैशियम डाइक्रोमेट (VI) $K_2Cr_2O_7$ की सोडियम सल्फाइट Na_2SO_3 से अम्लीय माध्यम में क्रोमियम III आयन तथा SO_4^{2-} आयन देने वाली नेट आयानिक अभिक्रिया लिखिये।

हल–उपरोक्त प्रश्न की अभिक्रिया निम्न है–

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + SO_3^{2-}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

- Cr व S की ऑक्सीकरण अंक लिखिए।

$$\overset{+6}{Cr_2}O_7^{2-} + \overset{+4}{S}O_3^{2-} \rightarrow \overset{+3}{Cr}^{3+} + \overset{+6}{S}O_4^{2-}$$

- यहाँ डाइक्रोमेट आयन ऑक्सीकारक है व SO_3^{2-} आयन अपचायक हैं।
- यहाँ Cr के ऑँ अंक में कुल कमी 6 है, अत: S की कुल ऑँ अंक में वृद्धि भी 6 होनी चाहिये।
- हम SO_3^{2-} को 3 से गुणा करेंगे।

$$\overset{+6}{Cr_2}O_7^{2-} + 3\overset{+4}{S}O_3^{2-} \rightarrow 2\overset{+3}{Cr}^{3+} + 3\overset{+6}{S}O_4^{2-}$$

- उपरोक्त अभिक्रिया अम्लीय माध्यम में सम्पन्न हो रही है और दोनों ओर आयनों का आवेश एक समान नहीं है। [बांयी ओर–8 आवेश है जबकि दांयी ओर शुन्य है।] अत: बांयी ओर –8 आवेश को सन्तुलित करने के लिये हम $8H^+$ जोडेंगे।

$$Cr_2O_7^{2-} + 3SO_3^{2-} + 8H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-}$$

- अन्त में हाइड्रोजन परमाणुओं की गणना करते हैं। सन्तुलित अपचयोपचय अभिक्रिया प्राप्त करने के लिये दांई और उपयुक्त संख्या में जल जोडेंगे अत: यहां $4H_2O$ जोंडेगे।

$$Cr_2O_7^{2-} + 3SO_3^{2-} + 8H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_3^{2-} + 4H_2O$$

उदा. 8.9. क्षारीय माध्यम में परमैग्नेट आयन ब्रोमाइड आयन से सन्तुलित आयनिक अभिक्रिया समीकरण लिखिये।

हल– $MnO_4^- + Br^- \rightarrow MnO_2 + BrO_3^-$

- Mn व Br की ऑक्सीकरण अंक लिखिये।

$$\overset{+7}{MnO_4^-} + \overset{-1}{Br^-} \rightarrow \overset{+4}{MnO_2} + \overset{+5}{BrO_3^-}$$

3 की कमी

+6 की वृद्धि

- यहाँ परमेग्नेट आयन ऑक्सीकारक है क्योंकि आँ अंक में कमी हो रही है। Br^- अपचायक पदार्थ है क्योंकि आं अंक में वृद्धि हो रही है।
- ऑक्सीकरण अंक में कुल वृद्धि, कुल कमी के बराबर होनी चाहिये, अत: इन्हें बराबर करने के लिए हम MnO_4^- को 2 से गुणा करेंगे।

$$2\overset{+7}{MnO_4^-} + \overset{-1}{Br^-} \rightarrow 2\overset{+4}{MnO_2} + \overset{+5}{BrO_3^-}$$

- अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में हो रही है, आयनिक आवेश दोनों तरफ समान नहीं है। बांयी ओर (–3) दांयी ओर (–1) अत: आवेश समान बनाने के लिये दांयी ओर $2OH^-$ आयन जोडेंगे।

$$2MnO_4^- + Br^- \rightarrow 2MnO_2 + BrO_3^- + 2OH^-$$

- अन्त में हाइड्रोजन परमाणुओं की गणना कीजिये तथा बांई ओर H_2O के अणुओं की संख्या जोडिये।

$$2MnO_4^- + Br^- + H_2O \rightarrow 2MnO_2 + BrO_3^- + 2OH^-$$

यह एक सन्तुलित अपचयोपचय अभिक्रिया है।

उदा. 8.10. परमैंगनेट (VII) आयन क्षारीय माध्यम में आयोडाइड आयन, I^- आण्विक आयोडीन I_2 तथा मैंग्नीज (IV) ऑक्साइड (MnO_2) में ऑक्सीकृत करता है। इस अपचयोपचय अभिक्रिया को दर्शाने वाली संतुलित आयनिक अभिक्रिया लिखिए।

हल– पद 1 : पहले हम ढाँचा समीकरण लिखते हैं–

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

पद 2 : दो अर्द्ध अभिक्रियाएँ इस प्रकार हैं–

ऑक्सीकरण अर्द्ध–अभिक्रिया $\overset{-1}{I^-}(aq) \rightarrow \overset{0}{I_2}(s)$

अपचयन अर्द्ध–अभिक्रिया $\underset{+7}{Mn}O_4^-(aq) \rightarrow \underset{+4}{Mn}O_2(s)$

पद 3 : ऑक्सीकरण अर्द्ध–अभिक्रिया में I परमाणु का संतुलन करने पर हम लिखते हैं–

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

पद 4 : O परमाणु के संतुलन के लिए हम उपचयन अभिक्रिया में दाईं ओर 2 जल–अणु जोड़ते हैं–

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

H परमाणु के संतुलन के लिए हम बाईं ओर चार H^+ आयन जोड़ देते हैं।

$$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$$

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

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

H^+ आयन तथा OH^- आयन के योग को H_2O से बदलने पर परिणामी समीकरण बन गए–

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

पद 5 : इस पद में हम दोनों अर्द्ध अभिक्रियाओं में आवेश का संतुलन दर्शाई गई विधि द्वारा करते हैं।

$$2I^-(aq) \rightarrow I_2(s) + 2e^-$$
$$MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) + 3e^- \rightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$$

इलेक्ट्रॉनों की संख्या एक समान बनाने के लिए ऑक्सीकरण अर्द्ध–अभिक्रिया को 3 से तथा अपचयन अर्द्ध–अभिक्रिया को 2 से गुणा करते हैं।

$$6I^-(aq) \rightarrow 3I_2(s) + 6e^-$$
$$2MnO_4^-(aq) + 4H_2O(l) + 6e^- \rightarrow 2MnO_2(s) + 8OH^-(aq)$$

पद 6 : दोनों अर्द्ध–अभिक्रियाओं को जोड़कर दोनों ओर के इलेक्ट्रॉनों को निरस्त करने पर यह समीकरण प्राप्त होता है–

$$6I^-(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 4H_2O(l) \rightarrow 3I_2(s) + 2MnO_2(s) + 8OH^-(aq)$$

पद 7 : अंतिम सत्यापन दर्शाता है कि दोनों ओर के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश की दृष्टि से समीकरण संतुलित है।

पाठ्यपुस्तक के उदाहरण

उदाहरण–8.7 निम्नलिखित अभिक्रिया को अम्लीय माध्यम में संतुलित करो। [पाठ्यपुस्तक]

$$MnO_4^- + Fe^{2+} + H^+ \rightarrow Mn^{2+} + Fe^{3+}$$

हल–

(i) अभिक्रिया की असंतुलित समीकरण निम्न है–

$$\overset{+7}{MnO_4^-} + \overset{+2}{Fe^{2+}} + H^+ \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}} + \overset{+3}{Fe^{3+}} \quad ...(1)$$

(ii) अभिक्रिया में Mn का ऑक्सीकरण अंक +7 से घटकर +2 हो रहा है। अत: MnO_4^- का Mn^{2+} में अपचयन हो रहा है तथा Fe का ऑक्सीकरण अंक +2 से बढ़कर +3 हो रहा है। अत: Fe^{2+} का Fe^{3+} में ऑक्सीकरण हो रहा है। अत: आंशिक समीकरणें निम्न होंगी–

$$\overset{+7}{MnO_4^-} \rightarrow \overset{+2}{Mn^{2+}} \quad ....(2)$$

Mn के आं. अंक में 5 की कमी अत: अपचयन–

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} \quad ...(3)$$

Fe के आं अंक में 1 की वृद्धि अत: ऑक्सीकरण

समीकरण (2) को 1 से तथा समीकरण (3) को 5 से गुणा करने पर–

$$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} \quad ...(4)$$

$$5\,Fe^{2+} \longrightarrow 5\,Fe^{3+} \quad ...(5)$$

समीकरण (4) व (5) को जोड़ने पर –

आवेश

$$MnO_4^- + 5\,Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+}$$

आवेश $-1 \quad +10 \qquad +2 \quad +15 \quad ...(6)$

$+9 \qquad +17$

(iii) O की कमी वाली दिशा में आवश्यक जल के अणु जोड़े जाऐंगे–

$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$$

(iv) हाइड्रोजन संतुलित करने के लिए बांयी तरफ $8H^+$ (अम्लीय माध्यम) जोड़ने पर–

$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$$

यह अभिष्ठ संतुलित समीकरण है।

उदाहरण–8.8 निम्नलिखित अभिक्रिया को संतुलित कीजिये (आं. अंक विधि द्वारा)–

$$Br_2 + OH^- \rightarrow BrO_3^- + Br^- + H_2O$$

हल– अभिक्रिया का असंतुलित समीकरण निम्न है–

आं. अंक

$$\overset{0}{Br_2} + \overset{-2\,+1}{OH^-} \rightarrow \overset{+5\,-2}{BrO_3^-} + \overset{-1}{Br^-} + \overset{+1\,-2}{H_2O}$$

इस अभिक्रिया में केवल ब्रोमीन के ऑक्सीकरण अंकों में ही परिवर्तन हुआ है।

अत: आंशिक समीकरण निम्न होंगे।

(i) $\overset{0}{Br_2} \rightarrow \overset{+5}{BrO_3^-} \quad ...(1)$

2Br में $5 \times 2 = 10$ की वृद्धि अत: ऑक्सीकरण

(ii) $\overset{0}{Br_2} \rightarrow \overset{-1}{Br^{-1}} \quad ...(2)$

2Br में $1 \times 2 = 2$ की कमी अत: अपचयन

समीकरण (1) को 1 से तथा (2) को 5 से गुणा करने पर

$$Br_2 \rightarrow BrO_3^- \quad ...(3)$$

$$5Br_2 \rightarrow 5Br^- \quad ...(4)$$

(iii) समीकरण (3) व (4) में Br को संतुलित करने पर –

$$Br_2 \rightarrow 2BrO_3^- \quad ...(5)$$

$$5Br_2 \rightarrow 10Br^- \quad ...(6)$$

समीकरण (5) व (6) को जोड़ने पर –

$$6Br_2 \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^-$$

(iv) ऑक्सीजन की कमी वाली दिशा में आवश्यक संख्या में जल के अणु जोड़े जायेंगे–

$$6H_2O + 6Br_2 \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^-$$

(v) हाइड्रोजन को संतुलित करने के लिए दांयी ओर $12H^+$ आयन जोड़े जायेंगे–

$$6H_2O + 6Br_2 \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 12H^+$$

(vi) चूँकि अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में है अत: $12H^+$ को $12H_2O$ से विस्थापित करते हैं तथा उसके विपरीत दिशा में उतने ही OH^- जोड़ते हैं।

$$12OH^- + 6H_2O + 6Br_2 \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 12H_2O$$

अब अनावश्यक जल को हटाते हैं।

$$12OH^- + 6Br_2 \rightarrow 10Br^- + 2BrO_3^- + 6H_2O$$

यही अभिष्ठ संतुलित समीकरण है।

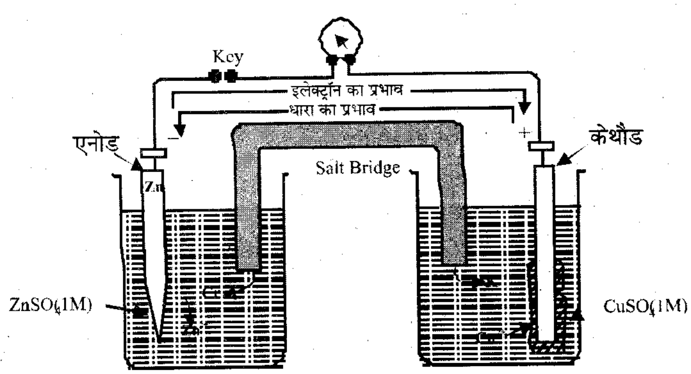
8.5 रेडॉक्स अभिक्रियाओं के अनुप्रयोग (Applications of Redox Reactions)

8.5.1 विद्युत रासायनिक सैल (Electrochemical Cell)

- वह विद्युत रासायनिक युक्ति जिसके द्वारा विद्युत ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा और रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्ज़ा में परिवर्तित किया जाता है, **विद्युत रासायनिक सैल** कहलाते हैं।
- जिस युक्ति से विद्युत ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है, उसे **विद्युत अपघटनी सैल (Electrolytic Cell)** कहते हैं।
- जिस युक्ति से रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है, उसे **गैल्वनी सैल (Galvanic Cell)** कहते हैं। दोनों ही

सैलों में रेडॉक्स अभिक्रियायें होती है। गैल्वनी सैल की कार्य विधि को डेनियल सैल द्वारा समझा जा सकता है।

- **डेनियल सैल (Daniell's Cell) :** इस सैल को बनाने के लिए Zn धातु की छड़ $ZnSO_4$ के 1 M विलयन में तथा Cu धातु की छड़ $CuSO_4$ 1 M विलयन में रख कर उनको कुचालक द्वारा लेपित तार (Connecting wire) द्वारा ऐमीटर से जोड़ दिया जाता है। साथ ही परिपथ में एक कुंजी में लगा लेते हैं।
- दोनों विलयन लवण सेतु द्वारा जोड़ देते हैं। लवण सेतु U आकार की काँच की नली होती है, जिसमें अगर–अगर जैल जिसको KCl तथा KNO_3 अथवा NH_4NO_3 द्वारा संतृप्त किया जाता है, भरा होता है। नली के दोनों सिरों पर कॉटन या काँच की ऊन (Glass wool) के प्लवा लगा होता है। इसे दोनों विलयनों में उल्टा रख कर जोड़ा जाता है। चित्र में डेनियल सैल का प्रारूप दिखाया गया है।



डेनियल सैल (गैल्वेनिक सेल)

- बंद परिपथ में किसी भी प्रकार की क्रिया नहीं होती है, जिससे धात्विक तार में भी धारा प्रवाहित नहीं होती है।
- परिपथ चालू करने पर निम्न प्रेक्षण किये जाते हैं–

(i) बाहरी परिपथ में विद्युत धारा बह रही है।

(ii) Zn की छड़ का द्रव्यमान घट रहा है, जबकि Cu की छड़ का द्रव्यमान बढ़ रहा है।

(iii) $ZnSO_4$ विलयन की सान्द्रता बढ़ रही है, जबकि $CuSO_4$ विलयन की सान्द्रता घट रही है।

(iv) दोनों बीकरों के विलयन उदासीन ही रहते हैं।

उपरोक्त प्रेक्षणों के आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है, कि अभिक्रिया के दौरान Zn का Zn^{2+} में ऑक्सीकरण हो रहा है।

$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(q)} + 2e^- \text{ (ऑक्सीकरण)}$$

- Zn^{2+} आयन विलयन में चले जाते हैं और मुक्त इलेक्ट्रॉन बाहरी परिपथ द्वारा Cu की छड़ की ओर जाते हैं। यहाँ ये इलेक्ट्रॉन $CuSO_4$ के Cu^{2+} द्वारा ग्रहण किये जाते हैं, परिणाम स्वरूप Cu^{2+} का $Cu_{(s)}$ में अपचयन होता है और $Cu_{(s)}$ धातु की छड़ (Cu) पर जमा हो जाता है।

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)} \text{ (अपचयन)}$$

यह कारण है, कि Zn की छड़ का द्रव्यमान घटता है और Cu की छड़ का द्रव्यमान बढ़ता है।

- धारा प्रवाहित होने पर सम्पूर्ण अभिक्रिया इस प्रकार

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

- ऑक्सीकरण और अपचयन की अभिक्रियाएँ **अर्द्ध सैल** (Half Cell) और सम्पूर्ण अभिक्रिया **सैल अभिक्रिया** कहलाती है। धातु की छड़ इलेक्ट्रोड कहलाती है।
- *परिपथ में इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह Zn इलेक्ट्रॉड से Cu इलेक्ट्रॉड की ओर होता है और परिपाटी के अनुसार धारा का प्रवाह इसकी विपरीत दिशा अर्थात् Cu इलेक्ट्रॉड से Zn इलेक्ट्रॉड की ओर होता है।*
- *Zn इलेक्ट्रॉड एनोड या ऋण इलेक्ट्रॉड होता है, जबकि Cu इलेक्ट्रॉड कैथोड़ या धन इलेक्ट्रॉड होता है।*
- गैल्वनी सैल (Galvanic Cell) को निरूपित करने के लिए कुछ नियम और परिपाटियाँ प्रचलित हैं–

1. गैल्वनी सेल में इलेक्ट्रॉडों को निम्न प्रकार से व्यक्त किया जाता है।

$Zn_{(s)} \mid Zn^{2+}_{(aq)}$	जिंक इलेक्ट्रोड
$Cu_{(s)} \mid Cu^{2+}_{(aq)}$	कॉपर इलेक्ट्रोड
$Ag_{(s)} \mid Ag^{2+}_{(aq)}$	सिल्वर इलेक्ट्रोड
$Pt \mid H_{2(g)}(1bar) \mid H^{+}_{(aq)}$	हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड

दो रासायनिक स्पीशीज के मध्य एक खड़ी रेखा उनके मध्य सीधे सम्पर्क को प्रदर्शित करती है।

2. सेल निरूपित करते समय एनोड को बांयी ओर तथा कैथोड़ को दाहिनी ओर लिखा जाता है।
3. एनोड़ को दर्शाने के लिए पहले धातु तथा फिर विद्युत अपघट्न से प्राप्त धातु आयन को लिखते हैं और दोनों को एक खड़ी रेखा या अर्द्ध विराम द्वारा पृथक करते हैं। जैसे– $Zn|Zn^{+2}$ या $Zn; Zn^{+2}$

- विलयन की मोलर सान्द्रता को आयन के सूत्र के पश्चात् कोष्ठक में लिखते हैं। जैसे– $Zn|Zn^{+2}$ (1M) या Z; Zn^{+2}(1M)

4. कैथोड़ को दर्शाने के लिए पहले धातु आयन और फिर धातु को लिखते हैं तथा इन्हें खड़ी रेखा या अर्द्धविराम द्वारा पृथक करते हैं। जैसे– $Cu^{+2} \mid Cu$ या $Cu^{+2}; Cu$ या Cu^{+2} (1M) / Cu
5. दोनों अर्द्ध सैलों को पृथक करने वाले लवण सेतु को दो समानान्तर खड़ी रेखाओं द्वारा दर्शाते हैं।

उदाहरण के लिये डेनियल सेल को निम्न प्रकार दर्शाया जाता है।

$$Zn_{(s)} \mid Zn^{2+}_{(aq)}(1M) \parallel Cu^{2+}_{(aq)}(1M) \mid Cu_{(s)}$$

यह सैल का **सैल डायग्राम** या **सैल आरेख** कहलाता है।

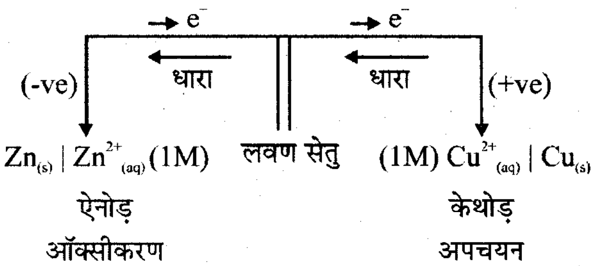
- गैल्वेनिक सेल के दोनों इलेक्ट्रॉडों के मध्य उत्पन्न विभवांतर सेल विभव अथवा विद्युत वाहक बल (इलेक्ट्रॉमोटिव फोर्स) बल (e.m.f.) कहलाता है।

$$E_{\text{सेल}} = E_{\text{कैथोड़}} - E_{\text{एनोड़}}$$

या

$$E_{\text{सेल}} = E_{\text{दायां}} - E_{\text{बायाँ}}$$

डेनियल सैल को निम्न प्रकार भी दर्शाया जाता है–



8.5.2 विलयन में ऑक्सीकरण–अपचयन अभिक्रियाओं की संभवना

- किसी समीकरण द्वारा प्रदर्शित ऑक्सीकरण, अपचयन अभिक्रिया संभव है या नहीं इस बात का निर्णय उस अभिक्रिया के दोनों अर्द्ध–सैल अभिक्रियाओं के मानक इलेक्ट्रॉड विभवों के आधार पर किया जा सकता है।
- यदि दोनों इलेक्ट्रॉडों (कैथोड़ व ऐनोड़ पर) के मानक इलेक्ट्रॉड विभवों का बीजीय अंतर E^0 धनात्मक आता है, तो अभिक्रिया समीकरण के अनुसार अग्रिम दिशा में होगी और यदि बीजीय अंतर ऋणात्मक आता है, तो अभिक्रिया समीकरण के अनुसार नहीं होगी।

इलेक्ट्रॉड विभव (Electrode Protential)

- रेडॉक्स अभिक्रिया में एक तत्व का ऑक्सीकरण तथा दूसरे तत्व का अपचयन होता है। यदि सक्रिय धातु को विलयन में रखा जाए तो धातु की ऑक्सीकृत होने की अर्थात् इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति बहुत अधिक होगी, तो धातु छड़ अथवा इलेक्ट्रॉड पर इलेक्ट्रॉनों की संख्या बढ़ जायेगी और विलयन की तुलना में धातु (इलेक्ट्रॉड) पर ऋणात्मक विभव उत्पन्न हो जायेगा, इसके विपरीत यदि धातु आयनों की इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति बहुत अधिक होगी, तो विलयन की तुलना में इलेक्ट्रॉड पर कुछ धनात्मक विभव उत्पन्न हो जायेगा। **इस प्रकार धातु व उसके आयनों के मध्य उत्पन्न हुए विभव को इलेक्ट्रॉड विभव कहा जाता है।**
- धातु जितनी अधिक सक्रिय होती है, उतनी ही उसकी आयन बनाने की प्रवृत्ति अधिक होती है और विलयन के प्रति उसका विभव उतना ही अधिक ऋणात्मक होता जाता है।

मानक इलेक्ट्रॉड विभव (Standard Electrode Protential)

- एक अर्द्धसैल में यदि धातु की छड़ को 298 K पर 1 मोल प्रति लीटर सान्द्रता के धातु आयन विलयन में रखा जाता है, तो धातु और विलयन के मध्य विभवांतर को उस धातु का **मानक इलेक्ट्रॉड विभव** कहते हैं। इसे E^0 द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।
  अत: मानक अवस्था में
  $$E^0_{\text{सेल}} = E^0_{\text{कैथोड़}} - E^0_{\text{एनोड़}}$$
- मानक इलेक्ट्रॉड विभव की सहायता से यदि एक इलेक्ट्रॉड का मानक इलेक्ट्रॉड विभव ज्ञात हो, तो दूसरे इलेक्ट्रॉड का ज्ञात किया जा सकता है।
- इसके लिए एक संदर्भ इलेक्ट्रॉड मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रॉड बनाया गया, जिसके मानक इलेक्ट्रॉड विभव का मान स्वेच्छा से शून्य माना गया है। यदि दिया गया इलेक्ट्रॉड मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रॉड (Standard Hydrogen Electrode SHE) के सापेक्ष ऋणात्मक इलेक्ट्रॉड (ऋणाग्र) बनाता है, तो उसका इलेक्ट्रॉड विभव ऋणात्मक होगा। यदि इलेक्ट्रॉड SHE के संदर्भ में धनात्मक होता है, तो उसका इलेक्ट्रॉड विभव धनात्मक (धनाग्र) होता है। इसी आधार पर धातुओं और अधातुओं के इलेक्ट्रॉड विभव तथा मानक इलेक्ट्रॉड विभव ज्ञात किये गये हैं। इन ज्ञात किये गये मानक इलेक्ट्रॉड विभवों को एक क्रम में रखा गया है। इस प्रकार जो श्रेणी प्राप्त होती है, उसे **विद्युत रासायनिक श्रेणी (Electrochemical series)** कहते हैं।

सारणी 8.1
मानक इलेक्ट्रॉड (अपचयन) विभव के अनुसार विद्युत रासायनिक श्रेणी

इलेक्ट्रॉड	अर्द्ध–सेल अभिक्रिया (अपचयन)	E^0(वोल्ट)
Li^+/Li	$Li^+ + e \rightarrow Li$	- 3.05
M^+/M (M=K, Rb or Cs)	$M^+ + e \rightarrow M$	- 2.93
Ba^{2+}/Ba	$Ba^{2+} + 2e \rightarrow Ba$	- 2.90
Ca^{2+}/Ca	$Ca^{2+} + 2e \rightarrow Ca$	- 2.87
Na^+/Na	$Na^+ + e \rightarrow Na$	- 2.71
Mg^{2+}/Mg	$Mg^{2+} + 2e \rightarrow Mg$	- 2.38
Be^{2+}/Be	$Be^{2+} + 2e \rightarrow Be$	- 1.70

Al^{3+}/Al	$Al^{3+} + 3e \rightarrow Al$	- 1.66
Zn^{2+}/Zn	$Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$	- 0.76
Cr^{3+}/Cr	$Cr^{3+} + 3e \rightarrow Cr$	- 0.74
Fe^{2+}/Fe	$Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$	- 0.44
Cd^{2+}/Cd	$Cd^{2+} + 2e \rightarrow Cd$	- 0.40
Co^{2+}/Co	$Co^{2+} + 2e \rightarrow Co$	- 0.28
Ni^{2+}/Ni	$Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$	- 0.25
Sn^{2+}/Sn	$Sn^{2+} + 2e \rightarrow Sn$	- 0.14
Pb^{2+}/Pb	$Pb^{2+} + 2e \rightarrow Pb$	- 0.13
$H^{+}/ ½H_2$ (SHE)	$H^{+} + e \rightarrow ½H$	0.00
Sn^{4+}/Sn^{2+}	$Sn^{4+} + 2e \rightarrow Sn^{2+}$	+ 0.15
Cu^{2+}/Cu	$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$	+ 0.34
$½I_2/I^-$	$½I_2 + e \rightarrow I^-$	+ 0.54
Fe^{3+}/Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$	+ 0.77
Ag^{+}/Ag	$Ag^{+} + e \rightarrow Ag$	+ 0.80
$\frac{1}{2}Br_2/Br^-$	$½Br_2 + e \rightarrow Br^-$	+ 1.07
$½Cl_2/Cl^-$	$½Cl_2 + e \rightarrow Cl^-$	+ 1.36
Au^{3+}/Au	$Au^{3+} + 3e \rightarrow Au$	+ 1.50
$½F_2/F^-$	$½F_2 + e \rightarrow F^-$	+ 2.87

8.5.3 मानक इलेक्ट्रॉड का महत्व (Importance of Standard electrode Potential)

1. श्रेणी में ऊपर से नीचे चलने पर इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति घटती है, अतः उनकी अपचयन करने की क्षमता घटती है। इस प्रकार लीथियम एक प्रबलतम अपचायक है। इसी प्रकार श्रेणी में ऊपर से नीचे चलने पर इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति बढ़ती है, अतः धातुओं की ऑक्सीकरण करने की क्षमता बढ़ती है। अतः फ्लोरीन प्रबलतम ऑक्सीकारक है।
2. किसी धातु का मानक इलेक्ट्रॉड विभव जितना अधिक ऋणात्मक होगा, वह उतना ही अधिक सक्रिय होगा और उतना ही अधिक प्रबल अपचायक भी। इसी कारण यदि किसी अधिक क्रियाशील धातु (सारणी में ऊपर वाला तत्व) को कम क्रियाशील धातु के (सारणी में नीचे वाला तत्व) लवण विलयन में डाल दिया जावे तो वह कम क्रियाशील धातु को विलयन में प्रतिस्थापित कर देता है।
3. सारणी में ऊपर आने वाले धातु प्रबल अपचायक होने के कारण उनके धनायनों का धातु रूप में रासायनिक विधि से अपचयन नहीं किया जा

सकता। यही कारण है, कि क्षार धातुओं, क्षार मृदा धातुओं तथा ऐलुमिनियम आदि का निष्कर्षण विद्युत अपघटनीय अपचयन द्वारा किया जाता है। उदाहरण के लिए Na धातु का निष्कर्षण, पिघले हुए NaCl का विद्युत अपघटन ग्रेफाइट इलेक्ट्रॉडों के मध्य करके किया जाता है। कैथोड़ पर Na धातु और एनोड़ पर Cl_2 गैस मुक्त होती है।

4. हाइड्रोजन से ऊपर जाने वाले धातु हाइड्रोजन आयनों का हाइड्रोजन में अपचयन कर देते हैं। यही कारण है, कि धातु अम्लों में क्रियाकर H_2 गैस मुक्त करते है। उदाहरण के लिए–

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

$$Mg + 2H^+ \longrightarrow Mg^{2+} + H_2$$

5. कोई भी धातु अपने से ऊपर आने वाले तत्वों को उनके लवण विलयन से विस्थापित कर देती है। उदाहरण के लिए–

$$Cl_2 + 2Br^- \longrightarrow 2Cl^- + Br_2$$

6. वे तत्व जो श्रेणी में नीचे की ओर आते हैं, उनकी इलेक्ट्रॉन त्यागने की तुलना में इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की शक्ति अधिक होती है, अर्थात् वे अच्छे ऑक्सीकारक होते हैं। उदाहरण के लिये उन धातुओं के धनात्मक आयन H_2 का H^+ आयनों में ऑक्सीकरण कर देते है।

$$2Au^{3+} + 3H_2 \longrightarrow 2Au + 6H^+$$

8.6 पाठ्यपुस्तक के प्रश्न–उत्तर–

वस्तुनिष्ठ प्रश्न–

1. ऑक्सीकरण है–

(a) जिसमें आं. अंक में कमी हो।

(b) जिसमें विद्युत ऋणी तत्व का योग होता है।

(c) जिसमें विद्युत धनी तत्व का योग होता है।

(d) जिसमें ऑक्सीकरण का निष्कासन होता है। Ans.(b)

2. निम्नलिखित में से कौनसे यौगिकों के युग्म में क्रोमियम का ऑक्सीकरण अंक समान है–

(a) K_2CrO_4 तथा $KCrO_2$

(b) $KCrO_2$ तथा $Cr(CO)_6$

(c) $K_2Cr_2O_7$ तथा $Cr(CO)_6$

(d) $K_2Cr_2O_7$ तथा K_2CrO_4 Ans.(d)

3. हीरे में कार्बन का ऑक्सीकरण अंक है–

(a) शून्य (b) +4

(c) –4 (d) +2 Ans.(a)

4. निम्न अभिक्रिया में

$$2FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow 2FeCl_2 + SnCl_4$$

अपचयित होने वाला पदार्थ है–

(a) Sn^{+2} (b) Fe^{+2}

(c) Sn^{+4} (d) Fe^{+3} Ans.(d)

5. निम्न में रेडॉक्स अभिक्रिया है–

(a) $SnCl_2 + 2FeCl_3 \rightarrow SnCl_4 + 2FeCl_2$

(b) $AsNO_3 + HCl \rightarrow AsCl + HNO_3$

(c) $2KI + Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2KNO_3 + PbI_2$

(d) $BaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2HCl$ Ans.(a)

अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न–

6. सैल विभव किसे कहते हैं?

Ans. सैल के कैथोड़ और एनोड के विभवों (अपचयन) का अंतर, सैल का सैल विभव कहलाता है।

$$E_{सेल} = E_{कैथोड़} - E_{एनोड़}$$

7. F तथा I में से कौनसा तत्व धनात्मक व ऋणात्मक दोनों ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है?

Ans. F सिर्फ ऋणात्मक अवस्था प्रदर्शित करता है।

I धनात्मक व ऋणात्मक दोनों अवस्था प्रदर्शित करता है।

8. समीकरण $ClO^- + H_2O + xe^- \longrightarrow Cl^- + 2OH^-$ में x का मान ज्ञात कीजिये।

Ans. $ClO^- + H_2\underset{-1}{O} \longrightarrow Cl^- + 2\underset{-3}{O}H^-$

$$ClO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Cl^- + 2OH^-$$

अत: x का मान 2 है।

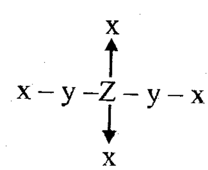
9. अभिक्रिया $5H_2O + Br_2 \longrightarrow 2HBrO_3 + 4H_2O$ में अपचायक पदार्थ कौनसा है?

Ans. $5H_2\underset{-1}{O_2} + \underset{0}{Br_2} \longrightarrow 2H\underset{+5}{Br}O_3 + 4H_2\underset{-2}{O}$

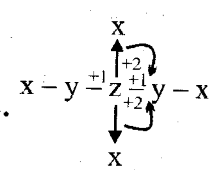
आ. अंक में कमी

आ. अंक में वृद्धि

यहाँ H_2O_2 एक अपचायक पदार्थ है, क्योंकि इसके ऑक्सीकरण अंक में कमी है।

10. 

संरचना में y की विद्युत ऋणता Z से अधिक है। Z का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात कीजिए।

Ans. 

Z का ऑक्सीकरण अंक +6 है।

11. अमोनियम नाइट्रेट में नाइट्रोजन का ऑक्सीकरण अंक लिखिये।

Ans. NH_4NO_3 अमोनियम नाइट्रेट में NH_4^+ व NO_3^- के रूप में स्थित है।

NH_4^+ में N का ऑं. अंक = x + 4 = –1, x = –3

NO_3^- में N का ऑं. अंक = x – 6 = –1, x = +5

अत: NH_4NO_3 में एक N का अंक –3 व दूसरे का आ. अंक +5 है।

12. निम्नलिखित में Mn की बढ़ती ऑक्सीकरण अवस्था के क्रम में लिखिये–

K_2MnO_4, MnO_2, $KMnO_4$

Ans.

K_2MnO_4	MnO_2	$KMnO_4$
+2 + x –8 = 0	x – 4 = 0	1 + x – 8 = 0
x = 6	x = 4	x = 7

अत: $MnO_2 < K_2MnO_4 < KMnO_4$

13. रेडॉक्स अभिक्रिया किसे कहते है?

Ans. वे रासायनिक अभिक्रियाऐं जिनमें ऑक्सीकरण व अपचयन दोनों क्रियाऐं साथ–साथ चलती हो, उन्हें **रेडॉक्स अभिक्रियाऐं** कहते हैं।

$$SnCl_2 + FeCl_3 \longrightarrow SnCl_4 + FeCl_2$$

14. $LiAlH_4$ में Al का ऑं. अंक ज्ञात कीजिए।

Ans. $LiAlH_4$ में Al का आ. अंक

$$1 + x - 4 = 0$$
$$x = +3$$

अत: Al का आ. अंक +3 है।

15. $K_4[Fe(CN)_6]$ में Fe का ऑं. अंक बताइये।

Ans. $K_4[Fe(CN)_6]$

$$4 + x - 6 = 0$$
$$x = 2$$

Fe का आ. अंक +2 है।

16. सल्फर का निम्नतम व उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था लिखिये।

Ans. S की निम्नतम आ. अवस्था –2 एवं अधिकतम ऑक्सीकरण अवस्था +6 है।

लघुत्तरात्मक प्रश्न–

17. आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा क्षारीय माध्यतम में होने वाली अभिक्रिया किस प्रकार संतुलित की जायेगी, समझाइए।

Ans. उपर्युक्त प्रश्न को निम्न अभिक्रिया लेकर समझ सकते हैं–

$$Br_2 + OH^- \longrightarrow BrO_3^- + Br^- + H_2O$$

- सर्वप्रथम हम दो अर्धअभिक्रियायें लिखेंगे, एक ऑक्सीकारक के लिये व दूसरी अपचायक पदार्थ के लिये

अपचायक पदार्थ के लिये–

$$Br_2 \longrightarrow BrO_3^-$$

प्रत्येक को अलग–अलग संतुलित करेंगे–

$$Br_2 \longrightarrow 2BrO_3^- \quad ...(i)$$

$$Br_2 + 6H_2O \longrightarrow 2BrO_3^- \quad ...(ii)$$

$$Br_2 + 6H_2O \longrightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ \quad ...(iii)$$

H^+ को हटाने के लिये दोनों तरफ OH^- का जोड़ेंगे–

$$12OH^- + Br_2 + 6H_2O \longrightarrow 2BrO_3^- + 12H^+ + 12OH^- \quad ...(iv)$$

$$12OH^- + Br_2 \longrightarrow 2BrO_3^- + 6H_2O \quad ...(v)$$

–12   –2

$$12OH^- + Br_2 \longrightarrow 2BrO_3^- + 6H_2O + 10e^- \quad ...(vi)$$

ऑक्सीकारक पदार्थ के लिये–

$$Br_2 \longrightarrow 2Br^- \quad ...(vii)$$

0   –2

$$2e^- + Br_2 \longrightarrow 2Br^- \quad ...(viii)$$

समीकरण (viii) को 5 से गुणा कर (vi) में जोड़ने पर

$$12OH^- + Br_2 \longrightarrow 2BrO_3^- + 6H_2O + 10e^-$$
$$10e^- + 5Br_2 \longrightarrow 10Br^-$$
$$\overline{12OH^- + 6Br_2 \longrightarrow 2BrO_3^- + 10Br^- + 6H_2O}$$

18. तत्व की ऑक्सीकरण अवस्था तथा संयोजकता में भिन्नता को स्पष्ट कीजिये।

Ans. सहसंयोजक यौगिकों में परमाणु पर आवेश [ऑक्सीकरण अवस्था] व इसकी संयोजकता भिन्न–भिन्न संभव हो सकती है।

- किसी भी तत्व की अपने विभिन्न यौगिकों में संयोजकता का मान निश्चित होता है, लेकिन ऑक्सीकरण अवस्था भिन्न–भिन्न हो सकती है। जैसे– CH_4, CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$ व CCl_4 सभी यौगिकों में संयोजकता 4 है, लेकिन C की ऑक्सीकरण अवस्था क्रमश: –4, –2, 0, +2 व +4 है।

19. $2KI + Cl_2 \longrightarrow 2KCl + I_2$ अभिक्रिया में अपचायक पदार्थ बताइये।

Ans. अपचायक पदार्थ वे हैं, जिनकी ऑक्सीकरण अवस्था में वृद्धि हो

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

+1–1   0   +1–1   0

अत: इस अभिक्रिया में KI एक अपचायक पदार्थ है।

20. निम्न यौगिकों में तत्व का ऑक्सीकरण अंक ज्ञात कीजिये–

(1) $(NH_4)_2\ M_0O_4$

यहाँ NH_4 का आ. अंक +1 व Oxygen का –2 है।

$$2[+1] + 1[x] + 4[-2] = 0$$
$$2 + x - 8 = 0$$
$$x = +6$$

(2) $[Ni(CN)_4]$

यहाँ CN का आ. अंक = –1 होता है।

$$x + 4[-1] = -2$$
$$x - 4 = -2$$
$$x = +2$$

21. निम्नलिखित धातुओं को उनके लवणों के विलयन में से विस्थापन की क्षमता के क्रम में लिखिए।

Cr, Cu, Mg, Zn, Fe, Al

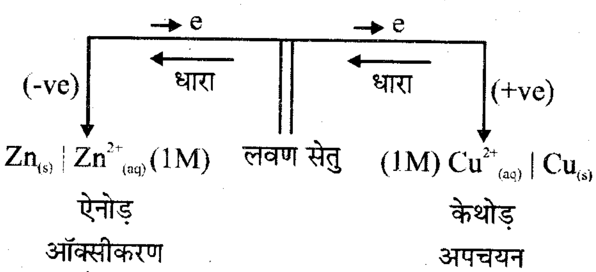
Ans. $Mg > Al > Zn > Cr > Fe > Cu$

22. Zn तथा $CuSO_4$ विलयन के मध्य अप्रत्यक्ष रेडॉक्स अभिक्रिया प्रदर्शित करने वाले विद्युत रासायनिक सैल को चित्रित कीजिए।

Ans. रेडॉक्स सैल अभिक्रिया है–

$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

$$Zn_{(s)} | Zn^{2+}_{(aq)} || Cu^{2+}_{(aq)} | Cu$$



23. ऑक्सीकरण एवं अपचयन को परिभाषित कीजिये–
(i) इलेक्ट्रॉन संकल्पना के आधार पर
(ii) ऑक्सीकरण संकल्पना के आधार पर

Ans. (i) इलेक्ट्रॉन संकल्पना के आधार पर–

- ऑक्सीकरण वह अभिक्रिया है, जिसमें किसी परमाणु, आयन द्वारा e^- का त्याग किया जाता है।
- अपचयन वह अभिक्रिया है, जिसमें किसी परमाणु, आयन द्वारा e^- का ग्रहण किया जाता है।

$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ *(ऑक्सीकरण)*

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

$Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$ *(अपचयन)*

(ii) ऑक्सीकरण संकल्पना के आधार पर

- ऑक्सीकरण वह अभिक्रिया है, जिसमें किसी तत्व के आ. अंक में वृद्धि होती है।
- अपचयन वह अभिक्रिया है, जिसमें किसी तत्व के आ. अंक में कमी होती है।

$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + Ze^-$ *(ऑक्सीकरण)*

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

$Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$ *(अपचयन)*

24. निम्न अभिक्रियाओं में ऑक्सीकारक व अपचायक पदार्थ बताइये।

(i) $H_2O_2 + O_3 \longrightarrow H_2O + 2O_2$

(ii) $2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$

Ans. (i) $H_2O_2 + O_3 \longrightarrow H_2O + 2O_2$

$-1 \quad -2 \qquad\qquad -2 \quad 0$

आ. अंक में कमी

आ. अंक में वृद्धि

O_3 अपचायक पदार्थ है।

H_2O_2 ऑक्सीकारक पदार्थ है।

(ii) $2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$

$2Na_2S_2O_3 + I_2 \qquad Na_2S_4O_6 + 2NaI$

$+2 \quad 0 \qquad\qquad 2.5 \quad -1$

आ. अंक में कमी

आ. अंक में वृद्धि

I_2 ऑसीकारक के पदार्थ है।

$Na_2S_2O_3$ अपचायक पदार्थ है।

25. सिल्वर नाइट्रेट विलयन में लोहे की छड़ डालने पर चमकीली हो जाती है, कारण बताइए।

Ans. लोहे (Fe) का मानक अपचयन विभव सिल्वर (Ag) से अधिक ऋणात्मक है, अत: Fe, सिल्वर आयनों को Ag में अपचयित कर देता है, जो कि चमकीले कणों के रूप में Fe की छड़ पर जमा हो जाती है, इसलिए लोहे की छड़ चमकीली हो जाती है।

26. KO_2 में ऑक्सीजन का ऑक्सीकरण अंक बताओ?

Ans. $KO_2 \longrightarrow K^+ + O_2^-$

$$O_2^-$$

$$2[x] = -1$$

$$x = -\frac{1}{2}$$

अत: KO_2 में ऑक्सीजन का आ. अंक $-\frac{1}{2}$ है।

27. नाइट्रेट के भूरे वलय परीक्षण में संकुल $[Fe(H_2O)_5NO]SO_4$ बनता है, इसमें Fe का आ. अंक ज्ञात कीजिये।

Ans. $[Fe(H_2O)_5NO]SO_4$ में NO का आ. अंक −1 व H_2O का शून्य व SO_4 का −2 है।

$$1[x] + 5[0] + 1[-1] + 1[-2] = 0$$

$$x + 0 - 1 - 2 = 0$$

$$x = 3$$

28. निम्नलिखित यौगिकों को आयोडीन की बढ़ती ऑक्सीकरण अवस्था के क्रम में लिखिये।
I_2, HI, HIO_4, ICl

Ans. $HI[-1] < I_2[0] < ICl\ [+1] < HIO_4\ [+7]$

29. ऑक्सीकरण अंक किसे कहते हैं, ऑक्सीकरण अंक के परिवर्तन के आधार पर ऑक्सीकरण अपचयन कैसे ज्ञात करते हैं। ऑक्सीकरण अंक विधि द्वारा समीकरण संतुलित करने के विभिन्न पद लिखिये।

Ans. पाठ्य सामग्री देखें।

30. मानक इलेक्ट्रॉड विभव किसे कहते हैं? मानक इलेक्ट्रॉड विभव का रासायनिक अभिक्रियाओं में क्या महत्व है? उदाहरण देकर समझाइए।

Ans. पाठ्य सामग्री देखिए।

ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ

31. निम्नलिखित समीकरणों को आ. अंक विधि द्वारा संतुलित कीजिये तथा उनमें ऑक्सीकारक भी बताइये।

(i) $H_2S + MnO_4^- \longrightarrow S + Mn^{2+} + H_2O$ **अम्लीय माध्यम**

(ii) $Cl_2O_7 + H_2O_2 \longrightarrow ClO_2^- + O_2$ **क्षारीय माध्यम**

Ans. (i) $H_2S + MnO_4^- \longrightarrow S + Mn^{2+} + H_2O$ **अम्लीय माध्यम**

उपर्युक्त अभिक्रिया में MnO_4^- एक ऑक्सीकारक व H_2S एक अपचायक पदार्थ है।

$$5H_2S + 2MnO_4^- \longrightarrow 5S + 2Mn^{2+} + H_2O$$

आ. अंक में वृद्धि

आ. अंक में कमी

Ionic changes on LHS is –2 and RHS +4

We add $6H^+$ on LHS

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5S + H_2O$$

$$5H_2S + 2MnO_4^- + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5S + 8H_2O$$

उपर्युक्त समीकरण को अम्लीय माध्यम में आं. अंक से संतुलित करते हैं।

(ii) $Cl_2O_7 + H_2O_2 \longrightarrow ClO_2^- + O_2$ **क्षारीय माध्यम**

The ON of Cl is decreased from +7 to +3

& ON of O is increased from –1 to 0

$$Cl_2O_7 + 8H_2O_2 \longrightarrow 2ClO_2^- + O_2$$

$$Cl_2O_7 + 8H_2O_2 + 2OH^- \longrightarrow 2ClO_2^- + O_2$$

$$Cl_2O_7 + 8H_2O_2 + 2OH^- \longrightarrow 2ClO_2^- + 6O_2 + 9H_2O$$

उपर्युकत समीकरण को क्षारीय माध्यम में आं. अंक से संतुलित करें।

32. आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा समीकरण संतुलित करने की विधि के विभिन्न पद लिखिये, निम्न को संतुलित कीजिये।

(i) $Al + NO_3^- \longrightarrow Al(OH)_4 + NH_3$ **(क्षारीय)**

(ii) $MnO_4^- + Br^- \longrightarrow Mn^{2+} + Br_2$ **(अम्लीय)**

(iii) $Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$ **(अम्लीय)**

Ans. (i) $Al + NO_3^- \longrightarrow Al(OH)_4 + NH_3$ (क्षारीय)

$Al \rightarrow [Al(OH)_4]^-$	$NO_3^- \rightarrow NH_3$
$Al + 4H_2O \rightarrow [Al(OH)_4]^-$	$NO_3^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$
$Al + 4H_2O \rightarrow [Al(OH)_4]^- + 4H^+$	$NO_3^- + H^+ \rightarrow NH_3 + 3H_2O$
$Al + 4H_2O + 4OH^- \rightarrow Al(OH)_4^- + 4H^+ 4OH^-$	$NO_3^- + 9H^+ + 9OH^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O + 9OH^-$
$Al + 4OH^- \rightarrow [Al(OH)_4]^-$	$NO_3^- + 6H_2O \rightarrow NH_3 + 9OH^-$
$Al + 4OH^- \rightarrow [Al(OH)_4]^- + 3e^- 8e^-$	$NO_3^- \rightarrow NH_3 + 9OH^-$

$$8Al + 32OH^- \longrightarrow 8[Al(OH)_4]^- + 24e^-$$

$$24e^- + 3NO_3^- + 18H_2O \longrightarrow 3NH_3 + 27OH^-$$

$$\overline{8Al + 3NO_3^- + 18H_2O + 5OH^- \longrightarrow 8[Al(OH)_4]^- + 3NH_3}$$

(ii) $MnO_4^- + Br^- \longrightarrow Mn^{2+} + Br_2$ (अम्लीय)

$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	$Br^- \rightarrow Br_2$
$MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	$2Br^- \rightarrow Br_2$
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$

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

$$10Br^- \longrightarrow 5Br_2 + 10e^-$$

$$\overline{2MnO_4^- + 10Br^- \longrightarrow 16H^+ + 2Mn^{2+} + 5Br_2 + 8H_2O}$$

(iii) $Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$ (अम्लीय)

$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+}$	$Fe^2 \rightarrow Fe^{3+}$
$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e$
$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	

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

$$6Fe^{3+} \longrightarrow 6Fe^{3+} + 6e$$

$$\overline{Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O}$$

33. निम्न अभिक्रियाओं को प्रदर्शित करने वाले गेल्वेनिक सेल का चित्र बनाइए।

$$Zn + 2Ag^+ \longrightarrow Zn^{2+} + 2Ag$$

इसके आधार पर निम्न उत्तर भी दीजिए–

(i) प्रत्येक इलेक्ट्रॉड पर होने वाली अभिक्रिया का समीकरण दीजिए।

(ii) बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह किस ओर होगा?

(iii) एनोड तथा केथोड़ बताइए।

(iv) यदि $E^0 Zn^{2+}/Zn = -0.76$ तथा $E^0 Ag^{1+}/Ag = +.80$ वोल्ट हो, तो क्या $E^0 = 1.56$ वोल्ट होगा।

Ans. अभिक्रिया $Zn + 2Ag^+ \longrightarrow Zn^{2+} + 2Ag$

सैल आरेख $\underset{\text{एनोड़}}{Zn_{(s)} | Zn^{2+}_{(aq)}} || \underset{\text{कैथोड़}}{Ag^+_{(aq)} | Ag_{(s)}}$

(i) $Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ एनोड़ पर

$2Ag^+_{(aq)} + 2e \longrightarrow 2Ag_{(s)}$ कैथोड़ पर

(ii) बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह Zn इलेक्ट्रॉड से Ag इलेक्ट्रॉड की ओर होगा।

(iii) Zn इलेक्ट्रॉड एनोड है, जबकि Ag इलेक्ट्रॉड कैथोड़ है।

(iv)
$$E_{\text{सेल}} = E_{\text{कैथोड़}} - E_{\text{एनोड़}}$$
$$= 0.80 - (-0.76)$$
$$= 1.56 \text{ volt}$$

$E^0_{\text{सैल}}$ 1.56 V ही होगा।

34. विद्युत रासायनिक श्रेणी किसे कहते हैं?

धात्विक तत्व A, B, C तथा D का इलेक्ट्रॉड अपचयन विभव

क्रमशः +0.76, –0.74, 1.08 तथा –0.31 वोल्ट है। इन्हें बढ़ती क्रियाशीलता के क्रम में जमाइये। 1M HCl अम्ल को रखने के लिए ऐलुमिनियम तथा चाँदी के पात्रों में से कौन अधिक उपयुक्त होगा?

$E^0 Al^{3+}/Al = -1.66$ V तथा $E^0 Ag^+/Ag = +0.80$v

Ans. मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रॉड (SHE) विभव जिसका मान स्वेच्छा से शून्य माना गया है, के सापेक्ष अन्य तत्वों के मानक इलेक्ट्रॉड विभव ज्ञात किये गये हैं। इन्हें ज्ञात किये गये मानक इलेक्ट्रॉड विभवों को एक क्रम में व्यवस्थित किया गया है। इस प्रकार प्राप्त श्रेणी को **विद्युत रासायनिक श्रेणी** कहते हैं।

घटते हुए मानक अपचयन विभव बढ़ती हुई क्रियाशीलता दर्शाती है। इस आधार पर A, B, C, D क्रियाशीलता का बढ़ता क्रम होगा–

$$\underset{+1.08}{C} < \underset{+0.79}{A} < \underset{-0.31}{D} < \underset{-0.74}{B}$$

1 M HCl को रखने के लिये चाँदी का पात्र उपयुक्त होगा। क्योंकि Al का $E^0 = -1.66$ V जो कि मानक हाइड्रोजन विभव (शून्य) से कम है अत: Al, 1 M HCl विलयन से H^+ आयनों का अपचयन H_2 गैस में कर देगा।

जबकि Ag का मानक इलेक्ट्रॉड विभव (+0.80) हाइड्रोजन के मानक इलेक्ट्रॉड विभव से अधिक है, अत: यह H^+ आयनों का H_2 में अपचयन नहीं कर सकता, इसलिये Ag पात्र उपयुक्त है।

35. निम्नलिखित समीकरणों को आयन–इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा संतुलित कीजिये–

(i) $MnO_4^- + SO_3^{2-} \longrightarrow Mn^{2+} + SO_4^{2-}$

ऑक्सीकरण के लिये अर्ध अभिक्रिया–

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

$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ ...(ii)

$MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ ...(iii)

–1 +8 +2

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

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$SO_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$ ...(v)

$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-}$ ...(vi)

$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$ ...(vii)

–2

$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$ ....(viii)

समी. (iv) को 2 से व समी. (viii) को 5 से गुणा कर, जोड़ देने पर

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$
$$5SO_3^{2-} + 5H_2O \longrightarrow 5SO_4^{2-} + 10H^+ + 10e^-$$
$$\overline{2MnO_4^- + 5SO_3^{2-} + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 3H_2O}$$

(ii) $Cr_2O_7^{2-} + H^+ + I^- \longrightarrow Cr^{3+} + H_2O + I_2$

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$ ...(i)

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

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

–2 +14 +6

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

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$I^- \longrightarrow I_2$ ...(v)

$2I^- \longrightarrow I_2$ ...(vi)

$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$ ...(vii)

समी. (vii) को 3 से गुणा कर व समी. (iv) में जोड़ने पर

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$6I^- \longrightarrow 3I_2 + 6e^-$$
$$\overline{Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O}$$

(iii) $Cl_2 + OH^- \longrightarrow Cl^- + ClO_3^-$

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$Cl_2 \longrightarrow 2ClO_3^-$ ...(i)

$Cl_2 + 6H_2O \longrightarrow 2ClO_3^-$ ...(ii)

$Cl_2 + 6H_2O \longrightarrow 2ClO_3^- + 12H^+$ ...(iii)

$12OH^- + Cl_2 + 6H_2O \longrightarrow 2ClO_3^- + 12H^+ + 12OH^+$ ...(iv)

$12OH^- + Cl_2 \longrightarrow 2ClO_3^- + 6H_2O$ ...(v)

–12 –2

$12OH^- + Cl_2 \longrightarrow 2ClO_3^- + 6H_2O + 10e^-$ ...(vi)

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$Cl_2 \longrightarrow Cl^-$ ...(vii)

$Cl_2 \longrightarrow 2Cl^-$ ...(viii)

$Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ ...(ix)

समी. (ix) को 5 से गुणा कर समी. (vi) में जोड़ दें

$$12OH^- + Cl_2 \longrightarrow 2ClO_3^- + 6H_2O + 10e^-$$
$$5Cl_2 + 10e^- \longrightarrow 10Cl^-$$
$$\overline{6Cl_2 + 12OH^- \longrightarrow 10Cl^- + 2ClO_3^- + 6H_2O}$$

(iv) $N_2H_4 + ClO_3^- \longrightarrow NO + Cl^-$ **(अम्लीय माध्यम में)**

ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$N_2H_4 \longrightarrow NO$ ...(i)

$N_2H_4 \longrightarrow 2NO$ ...(ii)

$N_2H_4 + 2H_2O \longrightarrow 2NO$ ...(iii)

$N_2H_4 + 2H_2O \longrightarrow 2NO + 8H^+$ ...(iv)

$N_2H_4 + 2H_2O \longrightarrow 2NO + 8H^+ + 8e^-$ ...(v)

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$ClO_3^- \longrightarrow Cl^-$ ...(vi)

$ClO_3^- \longrightarrow Cl^- + 3H_2O$ ...(vii)

$ClO_3^- + 6H^+ \longrightarrow Cl^- + 3H_2O$ ...(viii)

$ClO_3^- + 6H^+ + 6e^- \longrightarrow Cl^- + 3H_2O$ ...(ix)

समी. (ix) को 4 से गुणा कर समी. (v) को 3 से गुणा कर जोड़ने पर

$$N_2H_4 + 6H_2O \longrightarrow 6NO + 24H^+ + 8e^-$$
$$2ClO_3^- + 3H^+ + 8e^- \longrightarrow 2Cl^- + 6H_2O$$
$$\overline{N_2H_4 + 2ClO_3^- + 4H^+ \longrightarrow 2NO + 2Cl^- + 4H_2O}$$

निम्न को आयन e^- विधि द्वारा संतुलित कीजिये।

$$3N_2H_4 + 6H_2O \longrightarrow 6NO + 24H^+ + 24e^-$$
$$4ClO_3^- + 24H^+ + 24e^- \longrightarrow 4Cl^- + 12H_2O$$
$$\overline{3N_2H_4 + 4ClO_3^- \longrightarrow 6NO + 4Cl^- + 6H_2O}$$

36. निम्न को आयन e^- विधि द्वारा संतुलित कीजिये–

(i) $NO_3^- + H^+ + I^- \longrightarrow NO + I_2 + H_2O$

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$ ...(i)

$NO_3^- + 4H^+ \longrightarrow NO + 2H_2O$ ...(ii)

$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O$ ...(iii)

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$I^- \longrightarrow I_2$ ...(iv)

$2I^- \longrightarrow I_2$ ...(v)

$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$ ...(vi)

समी. (vi) को 3 से व समी. (iii) को 2 से गुणा कर जोड़ने पर

$$2NO_3^- + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 2NO + 4H_2O$$
$$6I^- \longrightarrow 3I_2 + 6e^-$$
$$\overline{2NO_3^- + 6I^- + 8H^+ \longrightarrow 2NO + 3I_2 + 4H_2O}$$

(ii) $CrO_4^{2-} + OH^- + SO_3^- \longrightarrow CrO_2^- + SO_4^{2-}$ (क्षारीय माध्यम में)

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$CrO_4^{2-} \longrightarrow CrO_2^-$ ...(i)

$CrO_4^{2-} \longrightarrow CrO_2^- + 2H_2O$ ...(ii)

$CrO_4^{2-} + 4H^+ \longrightarrow CrO_2^- + 2H_2O$ ...(iii)

$CrO_4^{2-} + 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow CrO_2^- + 2H_2O + 4OH^-$ ...(iv)

$CrO_4^{2-} + 2H_2O \longrightarrow CrO_2^- + 4OH^-$ ...(v)

$CrO_4^{2-} + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow CrO_2^- + 4OH^-$ ...(vi)

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$SO_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$ ...(vii)

$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-}$ ...(viii)

$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$ ...(ix)

$2OH^- + SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2OH^-$ ...(x)

$SO_3^{2-} + 2OH^- \longrightarrow SO_4^{2-} + H_2O$ ...(xi)

$SO_3^{2-} + 2OH^- \longrightarrow SO_4^{2-} + H_2O + 2e^-$ ...(xii)

समी. (vi) को 2 से व समी. (xii) को 3 से गुणा कर जोड़ने पर–

$$2CrO_4^{2-} + 4H_2O + 6e^- \longrightarrow 2CrO_2^- + 8OH^-$$
$$3SO_3^{2-} + 6OH^- \longrightarrow 3SO_4^{2-} + 3H_2O + 6e^-$$
$$\overline{2CrO_4^{2-} + 3SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow 2CrO_2^- + 3SO_4^{2-} + 2OH^-}$$

(iii) $MnO_4^- + Fe_3O_4 + OH^- \longrightarrow Fe_2O_3 + MnO_2$

(क्षारीय माध्यम में)

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$ ...(i)

$MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$ ...(ii)

$MnO_4^- + 4H^+ \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$ ...(iii)

$MnO_4^- + 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$ ...(iv)

$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$ ...(v)

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$Fe_3O_4 \longrightarrow Fe_2O_3$ ...(vi)

$2Fe_3O_4 \longrightarrow 3Fe_2O_3$ ...(vii)

$2Fe_3O_4 + H_2O \longrightarrow 3Fe_2O_3$ ...(viii)

$2Fe_3O_4 + H_2O \longrightarrow 3Fe_2O_3 + 2H^+$ ...(ix)

$2Fe_3O_4 + H_2O + 2OH^- \longrightarrow 3Fe_2O_3 + 2H^+ + 2OH^-$ ...(x)

$2Fe_3O_4 + 2OH^- \longrightarrow 3Fe_2O_3 + H_2O^-$ ...(xi)

$2Fe_3O_4 + 2OH^- \longrightarrow 3Fe_2O_3 + H_2O^- + 2e^-$ ...(xii)

समी. (v) को 2 से व समी. (xii) को 3 से गुणा कर जोड़ने पर

$$2MnO_4^- + 4H_2O + 6e^- \longrightarrow 2MnO_2 + 8OH^-$$
$$6Fe_3O_4 + 6OH^- \longrightarrow 9Fe_2O_3 + 3H_2O + 6e^-$$
$$2MnO_4^- + 6Fe_3O_4 + H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 9Fe_2O_3 + 2OH^-$$

(iv) $P_4 + OH^- \longrightarrow PH_3 + HPO_2^-$ (क्षारीय माध्यम में)

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$P_4 \longrightarrow PH_3$ ...(i)

$P_4 \longrightarrow 4PH_3$ ...(ii)

$P_4 + 12H^+ \longrightarrow 4PH_3$ ...(iii)

$P_4 + 12H^+ + 12OH^- \longrightarrow 4PH_3 + 12OH^-$ ...(iv)

$P_4 + 12H_2O \longrightarrow 4PH_3 + 12OH^-$ ...(v)

$P_4 + 12H_2O + 12e^- \longrightarrow 4PH_3 + 12OH^-$ ...(vi)

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$P_4 \longrightarrow HPO_2^-$ ...(vii)

$P_4 \longrightarrow 4HPO_2^-$ ...(viii)

$P_4 + 8H_2O \longrightarrow 4HPO_2^-$ ...(ix)

$P_4 + 8H_2O \longrightarrow 4HPO_2^- + 12H^+$ ...(x)

$P_4 + 8H_2O + 12OH^- \longrightarrow 4HPO_2^- + 12H^+ + 12OH^-$ ...(xi)

$P_4 + 12HO^- \longrightarrow 4HPO_2^- + 4H_2O$ ...(xii)

$P_4 + 12HO^- \longrightarrow 4HPO_2^- + 4H_2O + 8e^-$ ...(xiii)

समी. (vi) को 2 से व समी. (xii) को 3 से गुणा कर, जोड़ने पर

$$2P_4 + 24H_2O + 24e^- \longrightarrow 8PH_3 + 24OH^-$$
$$3P_4 + 36OH^- \longrightarrow 12HPO_2^- + 12H_2O + 24e^-$$
$$5P_4 + 12OH^- + 12H_2O \longrightarrow 8PH_3 + 12HPO_4^-$$

37. (i) $MnO_4^- + H_2O_2 \longrightarrow MnO_2 + O_2 + OH^-$

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$MnO_4^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$ ...(i)

$MnO_4^- + 4H^+ \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$ ...(ii)

$MnO_4^- + 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$ ...(iii)

$MnO_4^- + 2H_2O \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$ ...(iv)

$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$ ...(v)

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$H_2O_2 \longrightarrow O_2$ ...(vi)

$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2H^+$ ...(vii)

$H_2O_2 + 2OH^- \longrightarrow O_2 + 2H^+ + 2OH^-$ ...(viii)

$H_2O_2 + 2OH^- \longrightarrow O_2 + 2H_2O$ ...(ix)

$H_2O_2 + 2OH^- \longrightarrow O_2 + 2H_2O + 2e^-$ ...(x)

समी. (v) को 2 से व समी. (x) को 3 से गुणा कर, जोड़ने पर

$$2MnO_4^- + 4H_2O + 6e^- \longrightarrow 2MnO_2 + 8OH^-$$
$$3H_2O_2 + 6OH^- \longrightarrow 3O_2 + 6H_2O + 6e^-$$
$$2MnO_4^- + 3H_2O_2 \longrightarrow 2MnO_2 + 3O_2 + 2H_2O + 2OH^-$$

(ii) $ASO_3^{3-} + I_2 + H_2O \longrightarrow ASO_3 + H^+ + I^-$

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$AsO_3^{3-} \longrightarrow ASO_4^{3-}$ ...(i)

$AsO_3^{3-} + H_2O \longrightarrow AsO_4^{3-}$ ...(ii)

$AsO_3^{3-} + H_2O \longrightarrow AsO_4^{3-} + 2H^+$ ...(iii)

$AsO_3^{3-} + H_2O \longrightarrow AsO_4^{3-} + 2H^+ + 2e^-$ ...(iv)

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$I_2 \longrightarrow 2I^-$ ...(v)

$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$ ...(vi)

समी. (iv) व (vi) को जोड़ने पर –

$$AsO_3^{3-} + H_2O \longrightarrow AsO_4^{3-} + 2H^+ + 2e^-$$
$$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$$
$$AsO_3^{3-} + I_2 + H_2O \longrightarrow AsO_4^{3-} + 2I^- + 2H^+$$

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

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$Cl_2O_7 \longrightarrow ClO_2^-$ ...(i)

$Cl_2O_7 \longrightarrow 2ClO_2^- + 3H_2O$ ...(ii)

$Cl_2O_7 + 6H^+ \longrightarrow 2ClO_2^- + 3H_2O$ ...(iii)

$4e^- + Cl_2O_7 + 6H^+ \longrightarrow 2ClO_2^- + 3H_2O$ ...(iv)

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$H_2O_2 \longrightarrow O_2$ ...(v)

$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2H^+$ ...(vi)

$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$ ...(vii)

समी. (vii) को 2 से गुणा कर समी. (iv) में जोड़ दें

$$4e^- + Cl_2O_7 + 6H^+ \longrightarrow 2ClO_2^- + 3H_2O$$
$$2H_2O_2 \longrightarrow 2O_2 + 4H^+ 4e$$
$$Cl_2O_7 + 2H_2O_2 + 2H^+ \longrightarrow 2ClO_2^- + 2O_2 + 3H_2O$$

(iv) $Cr_2O_7^{2-} + SO_2 \longrightarrow Cr^{3+} + SO_4^{2-}$

ऑक्सीकारक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+}$ ...(i)

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

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

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

अपचायक के लिये अर्ध अभिक्रिया–

$SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-}$ ...(v)

$SO_2 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-}$ ...(vi)

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

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

समी. (viii) को 3 से गुणा कर समी. (iv) में जोड़ने पर–

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$3SO_2 + 6H_2O \longrightarrow 3SO_4^{2-} + 12H^+ + 6e^-$$
$$\overline{Cr_2O_7^{2-} + 3SO_2 + 2H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + H_2O}$$

38. निम्नलिखित यौगिकों में ऑक्सीकरण अंक ज्ञात कीजिये–

(i) $FeSO_4$ में Fe का

$$x - 2 = 0; \quad x = +2,$$

Fe का आ. अंक +2 है।

(ii) $Fe(CO)_5$ में Fe का

$$x + 5[0] = 0; \quad x = 0$$

$Fe(CO)_5$ में Fe का आ. अंक 0 है।

(iii) H_3PO_3 में P का

$$3[+1] + [x] + 3[-2] = 0$$
$$3 + x - 6 = 0;$$
$$x = +3$$

H_3PO_3 में P का आ. अंक +3 है।

(iv) $H_2S_2O_7$ में S का

$$2[+1] + 2[x] + 7[-2] = 0$$
$$2 + 2x - 14 = 0$$
$$x = +6$$

$H_2S_2O_7$ में S का आ. अंक +6 है।

(v) $C_{12}H_{22}O_{11}$ में C का

$$12[x] + 22[+1] + 1[-2] = 0$$
$$12x + 22 - 22 = 0$$
$$x = 0$$

अत: $C_{12}H_{22}O_{11}$ में C का आ. अंक 0 (zero) है।

(vi) NaH_2PO_2 में P का

$$1[+1] + 2[+1] + 1[x] + 2[-2] = 0$$
$$1 + 2 + x - 4 = 0$$
$$x = +1$$

NaH_2PO_2 में P का अंतर +1 है।

39. निम्नलिखित में से ऑक्सीकारक तथा अपचायक पहचानिये–

(i) $\underset{0}{3I_2} + 6NaOH \longrightarrow \underset{+5}{NaIO_3} + \underset{-1}{5NaI} + 3H_2O$

Ans. इस अभिक्रिया में I_2 के कुछ अणु ऑक्सीकारक व कुछ अणु अपचायक है।

(ii) $\underset{+3}{AlCl_3} + \underset{0}{3K} \longrightarrow \underset{0}{Al} + \underset{+1}{3KCl}$

इसमें $AlCl_3$ ऑक्सीकारक व K अपचायक है।

(iii) $\underset{+4}{SO_2} + \underset{-2}{2H_2S} \longrightarrow \underset{0}{3S} + 2H_2O$

SO_2 एक ऑक्सीकारक व H_2S अपचायक है।

(iv) $\underset{+2}{SnCl_2} + \underset{+3}{2FeCl_3} \longrightarrow \underset{+4}{SnCl_4} + \underset{+2}{2FeCl_2}$

$FeCl_3$ एक ऑक्सीकारक व $SnCl_2$ अपचायक है।

(v) $\underset{-1}{H_2O_2} + \underset{-1}{H_2O_2} \longrightarrow \underset{-2}{2H_2O} + \underset{0}{O_2}$

H_2O_2 ऑक्सीकारक व अपचायक होगा।

40. निम्नलिखित अभिक्रियाओं में H_2O_2 किसमें ऑक्सीकारक तथा किसमें अपचायक का कार्य करता है–

(i) $2KI + H_2O_2 \longrightarrow 2KOH + I_2$

(ii) $Cl_2 + \underset{(-1)}{H_2O_2} \longrightarrow 2HCl + \underset{(0)}{O_2}$

Ans. (i) अभिक्रिया में H_2O_2 ऑक्सीकारक

(ii) अभिक्रिया में H_2O_2 अपचायक है।

8.7 प्रमुख प्रश्न–उत्तर

प्र.1. निम्नलिखित में रेखांकित तत्वों की ऑक्सीकरण संख्याएँ क्या है? तथा आप अपने परिणामों को कैसे तर्कसंगत ठहराते हैं?

(क) $K\underline{I}_3$ (ख) $H_2\underline{S}_4O_6$ (ग) $\underline{Fe}_3O_4$ (घ) $\underline{C}H_3\underline{C}H_2OH$

(ङ) $\underline{C}H_3\underline{C}OOH$

उत्तर- (क) KI_3 में आयोडीन की ऑक्सीकरण संख्या

$$\overset{+1}{K}\overset{x}{I_3};\ 1 + 3x = 0 \text{ या } x = -1/3$$

स्पष्टीकरण— आयोडीन की ऑक्सीकरण संख्या भिन्नतात्मक आती है, जो कि सम्भव प्रतीत नहीं होती है। अब हम I_3^- की संरचना पर विचार करते हैं। इसमें आयोडीन के दो परमाणु सहसंयोजक आबन्ध (I – I) से जुड़े होते हैं। आयोडीन आयन (I^-) इस अणु से उप-सहसंयोजक आबन्ध $[I - I \leftarrow I]^-$ से जुड़ा होता है। इस अणु को $K^+[I - I \leftarrow I]^-$ के रूप में निरूपित किया जा सकता है। अब इस ऋणायन में दो I परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या शून्य एवं I^- आयन की ऑक्सीकरण संख्या –1 है। अत: I_3^- आयन की कुल ऑक्सीकरण संख्या है:

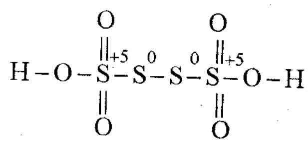
$$1/3[\overset{0}{I} - \overset{0}{I} \leftarrow \overset{-1}{I}] = -1/3$$

(ख) $H_2S_4O_6$ में S की ऑक्सीकरण संख्या

$$\overset{+1}{H_2}\overset{x}{S_4}\overset{-2}{O_6}$$

$$2+4x+6(-2)=0 \text{ या } 4x=12-2=10 \text{ या } x=5/2$$

स्पष्टीकरण— भिन्नात्मक मान के स्पष्टीकरण हेतु अम्ल के संरचनात्मक सूत्र में प्रत्येक सल्फर परमाणु की ऑक्सीकरण व्याख्या निर्धारित करते हैं। दो मध्यवर्ती सल्फर परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होती है जबकि सीमान्त स्थिति में स्थित सल्फर परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या +5 होती है।



∴ S की औसत ऑक्सीकरण संख्या = $\frac{1}{4}[5+0+0+5]=5/2$

(ग) Fe_3O_4 में Fe की ऑक्सीकरण संख्या: परम्परागत विधि से Fe की ऑक्सीकरण संख्या की गणना निम्नवत् की जा सकती हैं—

$$\overset{x}{Fe_3}\ \overset{-2}{O_4}$$

$$3x+4(-2)=0 \text{ या } x=8/3$$

स्पष्टीकरण— Fe_3O_4 एक मिश्रित ऑक्साइड है और यह $\overset{+2}{Fe}\overset{-2}{O}$ और $\overset{+3}{Fe_2}\ \overset{-2}{O_3}$ का सममोलर मिश्रण होता है।

∴ Fe की औसत ऑक्सीकरण संख्या = 1/3 (2 + 3 + 3)) = 8/3

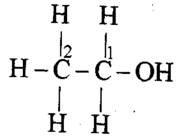
(घ) CH_3CH_2OH में C की ऑक्सीकरण संख्या: परम्परागत विधि से एथेनॉल में कार्बन की ऑक्सीकरण संख्या की गणना निम्नवत् की जा सकती है:

$$CH_3CH_2OH \text{ या } \overset{x}{C_2}\overset{+1}{H_6}\overset{-2}{O}$$

$$2x+6(+1)+(-2)=0 \text{ या } 2x+6-2=0 \text{ या } 2x=-4 \text{ या } x=-2$$

स्पष्टीकरण— अब हम C_1 एवं C_2 दोनों परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात करेंगे।

C_2 : यह कार्बन परमाणु तीन H परमाणुओं (कार्बन से कम वैद्युत ऋणात्मक) एवं एक CH_2OH समूह (कार्बन से अधिक वैद्युत ऋणात्मक) से जुड़ा होता है।



अत: C_2 की ऑक्सीकरण संख्या

$$3(+1)+x-1=0$$

या $$x=-2$$

C_1: यह कार्बन परमाणु एक OH समूह (ऑक्सीकरण संख्या=−1), दो H परमाणु (ऑक्सीकरण संख्यसा = +1) एवं एक CH_3 समूह (ऑक्सीकरण संख्या = +1) से जुड़ा होता है।

∴ C_1 की ऑक्सीकरण संख्या

$$=(+1)+x+2(+1)+1(-1)=0 \text{ या } x=-2$$

∴ C की औसत ऑक्सीकरण संख्या $=\frac{1}{2}[-2+(-2)]=-2$

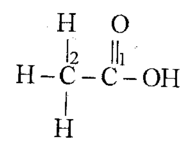
(ङ) CH_3COOH में C की ऑक्सीकरण संख्या: परम्परागत विधि से कार्बन की ऑक्सीकरण संख्या की गणना निम्नवत् की जा सकती है:

$$CH_3COOH \text{ या } \overset{x}{C_2}\overset{+1}{H_4}\overset{-2}{O_2}$$

$$2x+4(+1)+2(-2)=0 \text{ या } x=0$$

स्पष्टीकरण— अब हम C_1 एवं C_2 दोनों परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात करेंगे।

C_2 : यह कार्बन परमाणु तीन H परमाणुओं (कार्बन से कम वैद्युत ऋणात्मक) एवं एक COOH समूह (कार्बन से अधिक वैद्युत ऋणात्मक) से जुड़ा होता है।



∴ C_2 की ऑक्सीकरण संख्या = $3(+1)+x+1(-1)=0$ या $x=-2$

C_1 : यह कार्बन परमाणु एक OH समूह (ऑक्सीकरण संख्या = −1) से, द्वि आबन्ध द्वारा एक ऑक्सीजन परमाणु (ऑक्सीकरण संख्या = −2) से तथा एक CH_3 समूह (ऑक्सीकरण संख्या = +1) से जुड़ा होता है।

C_1 की ऑक्सीकरण संख्या

$$=1(+1)+x+1(-2)+1(-1)=0 \text{ या } x=+2$$

∴ कार्बन की औसत ऑक्सीकरण संख्या = 1/2 [+2 + (−2)] = 0

प्र.2. आप कैसे औचित्य स्थापित करेंगे कि निम्नलिखित अभिक्रियाएँ प्रकृति में रिडॉक्स अभिक्रियाएँ होती हैं?

(क) $CuO(s)+H_2(g)\rightarrow Cu(s)+H_2O(g)$

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

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

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

उत्तर- किसी रासायनिक अभिक्रिया को रिडॉक्स अभिक्रिया तब माना जाता है, जब अभिकारी स्पिशीज में किसी एक की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि (ऑक्सीकरण) हो रही हो तथा दूसरे की ऑक्सीकरण संख्या में कमी (अपचयन) हो रही हो। इस आधार पर हम इन अभिक्रियाओं की प्रकृति का औचित्य स्थापित करने का प्रयास करेंगे।

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि (ऑक्सीकरण)

(क) $\overset{+2}{Cu}\overset{-2}{O}(s) + \overset{0}{H_2}(g) \rightarrow \overset{0}{Cu}(s) + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}(g)$

ऑक्सीकरण संख्या में कमी (अपचयन)

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि (ऑक्सीकरण)

(ख) $\overset{+3}{Fe_2}\overset{-2}{O_3}(s) + 3\overset{+2}{C}\overset{-2}{O}(g) \rightarrow 2\overset{0}{Fe}(s) + 3\overset{+4}{C}\overset{-2}{O_2}$

ऑक्सीकरण संख्या में कमी (अपचयन)

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि (ऑक्सीकरण)

(ग) $2\overset{0}{K}(s) + \overset{0}{F_2}(g) \rightarrow 2\overset{+1}{K}\overset{-1}{F}(s)$

ऑक्सीकरण संख्या में कमी (अपचयन)

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि (ऑक्सीकरण)

(घ) $4\overset{-3}{N}\overset{+1}{H_3}(g) + 5\overset{0}{O_2}(g) \rightarrow 4\overset{+2}{N}\overset{-2}{O}(g) + 6\overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}(g)$

ऑक्सीकरण संख्या में कमी (अपचयन)

प्र.3. फ्लोरीन बर्फ के साथ निम्न प्रकार से अभिक्रिया करता है:

$$H_2O(s) + F_2(g) \rightarrow HF(g) + HOF(g)$$

रिडॉक्स अभिक्रिया के रूप में इसका औचित्य स्थापित कीजिए।

उत्तर-

ऑक्सीकरण अंक में वृद्धि (ऑक्सीकरण)

$$\overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O} + \overset{0}{F_2} \rightarrow \overset{+1}{H}\overset{-1}{F} + \overset{+1}{H}\overset{0}{O}\overset{-1}{F}$$

ऑक्सीकरण अंक में कमी (अपचयन)

उपरोक्त अभिक्रिया में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण अवस्था में वृद्धि हो रही है [−2 से 0] व F तत्व की ऑक्सीकरण अवस्था में कमी हुई है [0 से −1] अत: यह अभिक्रिया Redox अभिकिया है।

प्र.4. निम्नलिखित यौगिकों के सूत्र लिखिए:

(क) मरकरी (II) क्लोराइड (ख) निकल (II) सल्फेट (ग) टिन (IV) ऑक्साइड (घ) थैलियम (I) सल्फेट (ङ) आयरन (III) सल्फेट (च) क्रोमियम (III) ऑक्साइड।

उत्तर- (क) $HgCl_2$ (ख) $NiSO_4$ (ग) SnO_2 (घ) Tl_2SO_4 (ङ) $Fe_2(SO_4)_3$ (च) Cr_2O_3

प्र.5. उन पदार्थों की सूची बनाइए जिसमें कार्बन −4 से +4 तक की तथा नाइट्रोजन −3 से +5 तक की ऑक्सीकरण अवस्था में पाये जाते है?

उत्तर- कार्बन की परिवर्ती ऑक्सीकरण अवस्थाएँ

Al_4C_3	CH_3CH_3	CH_3Cl	$CH\equiv CH$	HCHO	CO	$K_2C_2O_4$	CO_2
(−4)	(−3)	(−2)	(−1)	(0)	(+2)	(+3)	(+4)

नाइट्रोजन की परिवर्ती ऑक्सीकरण अवस्थाएँ

NH_3	NH_2NH_2	NH_2OH	N_2	N_2O	NO	N_2O_3	NO_2	N_2O_5
(−3)	(−2)	(−1)	(0)	(+1)	(+2)	(+3)	(+4)	(+5)

प्र.6. सल्फर डाइऑक्साइड और हाइड्रोजन परॉक्साइड अपनी अभिक्रियाओं में ऑक्सीकारक एवं अपचायक की भांति कार्य कर सकते हैं जबकि ओजोन और नाइट्रिक अम्ल मात्र ऑक्सीकारक की भांति कार्य करते हैं। क्यों?

उत्तर- सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) और हाइड्रोजन परॉक्साइड (H_2O_2) में सल्फर और ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण अवस्थाएँ क्रमश: +4 और −1 हैं। चूंकि ये बढ़ एवं घट तभी सकते हैं जब ये यौगिक रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लें। इसलिए ये ऑक्सीकारक एवं अपचायक की भांति कार्य करते हैं। उदाहरण के लिए

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि

$$\overset{+4}{S}O_2 + Br_2 + 2H_2O \rightarrow 2HBr + H_2\overset{+6}{S}O_4$$

(अपचायक)

ऑक्सीकरण संख्या में कमी

$$\overset{+4}{S}O_2 + 2H_2S^{-2} \rightarrow 2H_2O + 3\overset{0}{S}$$

(ऑक्सीकारक)

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि

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

(ऑक्सीकरण संख्या में कमी)

अपचायक एवं ऑक्सीकारक दोनों

ओजोन (O_3) में, ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण अवस्था शून्य होती है जबकि नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) में नाइट्रोजन की ऑक्सीकरण अवस्था +5 होती है। चूँकि इन दोनों की ऑक्सीकरण संख्या में कमी हो सकती है किन्तु इनके मान में वृद्धि नहीं हो सकती है, इसलिए ये मात्र ऑक्सीकारकों की भाँति कार्य कर सकते हैं, अपचायकों की भाँति नहीं।

ऑक्सीकरण संख्या में कमी

$$\overset{0}{O_3} + 2\overset{0}{Ag} \rightarrow \overset{-1}{Ag_2}\overset{-2}{O} + \overset{0}{O_2}$$

(ऑक्सीकारक)

ऑक्सीकरण संख्या में कमी

$$10H\overset{+5}{N}O_3 + I_2 \rightarrow 2HIO_3 + 10\overset{+4}{N}O_2 + 4H_2O$$

ऑक्सीकारक

प्र.7. यौगिक AgF_2 एक अस्थायी यौगिक है। फिर भी यदि यह बन जाए तो यह बहुत प्रबल ऑक्सीकारक की भाँति कार्य करता है? क्यों?

उत्तर- Ag^{2+} [d^9] की अपेक्षा Ag^+[d^{10}] अधिक स्थायी है जिससे F^- अपचायक Ag^{2+} का Ag^+ में अपचयन कर देता है।

$2AgF_2 \rightleftharpoons 2Ag^{2+} + 4F^-$

$2F^- \longrightarrow F_2 + 2e^-$

अपचायक

$2Ag^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2Ag^+$ (अधिक स्थायी)

$2Ag^+ + 2F^- \longrightarrow 2AgF$

$\boxed{2AgF_2 \longrightarrow 2AgF + F_2}$

चूंकि AgF_2 का AgF में अपचयन होता है इसलिए AgF_2 प्रबल ऑक्सीकारक पदार्थ है।

प्र.8. अभिक्रियाएँ देकर प्रमाणित कीजिए कि हैलोजनों में फ्लोरीन सबसे अच्छा ऑक्सीकारक और हाइड्रोहैलिक यौगिकों में हाइड्रोआयोडिक अम्ल सबसे अच्छा अपचायक होता है।

उत्तर- हैलोजन (X_2) में इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति प्रबल होती है। अत: ये शक्तिशाली ऑक्सीकारक होते हैं। हैलोजन की ऑक्सीकारक क्षमताओं का सापेक्षिक क्रम निम्ववत् है—

X_2:	F_2	>	Cl_2	>	Br_2	>	I_2
E°	2.87V		1.36V		1.09V		0.54V

फ्लोरीन सबसे प्रबल ऑक्सीकारक है, इसे इस तथ्य द्वारा प्रमाणित किया जा सकता है कि यह अन्य हैलोजनों को अपने संगत यौगिकों से मुक्त कर सकता है। उदाहरण के लिए,

$$2KCl + F_2 \rightarrow 2KF + Cl_2$$
$$2KBr + F_2 \rightarrow 2KF + Br_2$$
$$2KI + F_2 \rightarrow 2KF + I_2$$

हैलोजन अम्लों (HX) के मध्य HI सबसे प्रबल अपचायक होता है क्योंकि इसकी आबन्ध वियोजन एन्थैल्पी न्यूनतम ($200\ kJ\ mol^{-1}$) होती है।

हैलोजन अम्ल	HF	HCl	HBr	HI
आबन्ध वियोजन एन्थैल्पी ($kJ\ mol^{-1}$)	566	431	366	299

मेथन का आयोडीनीकरण उत्क्रमणीय प्रकृति वाला होता है क्योंकि अभिक्रिया में निर्मित HI बहुत प्रबल अपचायक होने के कारण आयोडो मेथेन को वापस मेथेन में बदल देता है।

$$CH_4 + I_2 \rightarrow CH_3I + HI$$
$$CH_3I + HI \rightarrow CH_4 + I_2$$

सम्पूर्ण अभिक्रिया $CH_4 + I_2 \rightarrow CH_3I + HI$

प्र.9. निम्नलिखित अभिक्रिया के बारे में कौनसी जानकारी प्राप्त कर सकते हैं-

$(CN)_2(g) + 2OH^-(aq) \rightarrow CN^-(aq) + CNO^-(aq) + H_2O(l)$

उपरोक्त अभिक्रिया से हम निम्न जानकारियाँ प्राप्त कर सकते हैं।

उत्तर-(i) अभिक्रिया में क्षारीय माध्यम में सायनोजन $(CN)_2$ का विघटन होता है।

(ii) सायनोजन का अभिक्रिया में असमानुपातन (disproportionation) होता है। $(CN)_2$ में N की ऑक्सीकरण संख्या −3 है जबकि CN^- में −2 तथा CNO^- में −5 होती है।

(iii) यह रिडॉक्स अभिक्रिया का एक उदाहरण है।

प्र.10. निम्न तत्वों पर विचारों करो: Cs, Ne, I, F

(i) उस तत्व की पहचान करो जो मात्र ऋणात्मक ऑक्सीकरण अवस्था में पाया जाता है।

(ii) उस तत्व को पहचानिए जो मात्र धनात्मक ऑक्सीकरण अवस्था में पाया जाता है।

(iii) उस तत्व को पहचानिए जो धन एवं ऋण दोनों ऑक्सीकरण अवस्थाओं में पाया जाता है।

(iv) उस तत्व की पहचान कीजिए जो धनात्मक एवं ऋणात्मक ऑक्सीकरण अवस्थाओं में से किसी में भी नहीं पाया जाता।

उत्तर- (i) (फ्लोरीन) अपने यौगिकों में मात्र ऋणात्मक ऑक्सीकरण अवस्था में पाया जाता है क्योंकि यह सर्वाधिक वैद्युतऋणात्मक तत्व होता है।

(ii) Cs (सीजियम) अपने यौगिकों में मात्र धनात्मक ऑक्सीकरण अवस्था में पाया जाता है क्योंकि सर्वाधिक वैद्युतधनात्मक तत्त्व होता है।

(iii) आयोडीन के संयोजी कोश में सात इलेक्ट्रॉन होने के साथ ही उसमें रिक्त 5d कक्षक भी होता है जिसमें 5p एवं 5s कक्षकों से इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरित हो सकते हैं। अत: इस तत्व की ऑक्सीकरण अवस्था −1 है और साथ ही साथ यह अपने यौगिकों में +1, +3, +5 एवं +7 की परिवर्ती धनात्मक ऑक्सीकरण अवस्था भी दर्शाता है।

(iv) Ne (निऑन) न तो +ve और न ही −ve ऑक्सीकरण अवस्था में पाया जाता है क्योंकि यह एक उत्कृष्ट गैस है जिसमें कक्षक ($1s^22s^22p^6$) पूर्णतया भरे होते हैं। इससे भी अधिक, इसमें कोई रिक्त कक्षक नहीं होता है।

प्र.11. सारणी 8.1 में दिये गये मानक इलेक्ट्रोड विभवों का प्रयोग करते हुए बताइए कि क्या इनके मध्य अभिक्रिया सम्भव है?

(क) Fe^{3+} (aq) और I^- (aq) (ख) Ag^+ (aq) और Cu(s)

(ग) Fe^{3+} (aq) और Br^-(aq) (घ) Ag(s) और Fe^{3+} (aq)

(ङ) Br_2 (aq) और Fe^{2+}(aq)

उत्तर- यदि E° मानों पर आधारित सेल का वि. वा. बल धनात्मक हो तो अभिक्रिया सम्भव होती है। अब हम इस बात को ध्यान में रखकर अभिक्रियाओं की सम्भावना को व्यक्त करेंगे।

(क) $I^-(aq) + Fe^{3+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 1/2 I_2(g)$

$E^\circ_{cell} = 0.77 - 0.54 = 0.23V$ (सम्भव)

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

$E^\circ_{cell} = (0.80 - 0.34) = 0.46V$ (सम्भव)

(ग) $Br^-(Aq) + Fe^{3+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 1/2 Br_2(g)$

$E^\circ_{cell} = 0.77 - (1.08) = -0.31V$ (असम्भव)

(घ) $3Ag(s) + Fe^{3+}(aq) \rightarrow 3Ag^+(aq) + Fe(s)$

$E^{\circ}_{cell} = (0.77 - 0.80) = -0.03V$ (असम्भव)

(ङ) $Fe^{2+}(aq) + Br_2(g) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + 2Br^-(aq)$

$E^{\circ}_{cell} = 1.08 - 0.77 = 0.31V$ (सम्भव)

प्र.12. निम्नलिखित में प्रत्येक के वैद्युत अपघटन के उत्पाद की प्रागुक्ति कीजिए:

(क) सिल्वर इलेक्ट्रोडों का प्रयोग करते हुए $AgNO_3$ का जलीय विलयन

(ख) प्लेटिनम इलेक्ट्रोडो का प्रयोग करते हुए $AgNO_3$ का जलीय विलयन

(ग) प्लेटिनम इलेक्ट्रोडो का प्रयोग करते हुए H_2SO_4 का तनु विलयन।

(घ) प्लेटिनम इलेक्ट्रोडों का प्रयोग करते हुए $CuCl_2$ का जलीय विलयन

उत्तर- (क) सिल्वर इलेक्ट्रोडों का प्रयोग करते हुए $AgNO_3$ का जलीय विलयन

जलीय विलयन में $AgNO_3$ और जल आयनित होंगे।

$$AgNO_3(s) \xrightarrow{(aq)} Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

$$H_2O \xrightarrow{(aq)} H^+(aq) + HO^-(aq)$$

कैथोड़ पर: H^+ आयनों की तुलना में कम डिस्चार्ज विभव वाले Ag^+ आयन अपचयित हो जाते हैं, जबकि H^+ आयन विलयन में रह जाते हैं। परिणामस्वरूप कैथोड़ पर सिल्वर जमा होगा।

$$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag \text{ (निक्षेपित)}$$

एनोड पर: सिल्वर की समान मात्रा इलेक्ट्रॉन मुक्त करके Ag^+ आयनों में ऑक्सीकृत होगा।

$$Ag(s) \xrightarrow{(aq)} Ag^+(aq) + e^-$$

इस प्रकार, विलयन की सान्द्रता अप्रभावित रहेगी।

(ख) प्लेटिनम इलेक्ट्रोडो का प्रयोग करते हुए $AgNO_3$ का जलीय विलयन

इस स्थिति में प्लेटिनम इलेक्ट्रोड ऐसा इलेक्ट्रोड है, जिस पर आक्रमण नहीं किया जा सकता है। धारा प्रवाहित करने पर इलेक्ट्रोडों पर निम्नलिखित परिवर्तन होंगे।

कैथोड़ पर: Ag^+ आयन Ag में अपचयित होकर कैथोड पर जमा (निक्षेपित) होगा।

एनोड पर: NO_3^- और OH^- दोनों आयन स्थानान्तरित हो जाएंगे। परन्तु अल्प डिस्चार्ज विभव वाला OH^- आयन NO_3^- आयनों की तुलना में ऑक्सीकृत होकर विलयन में रह जाएगा।

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

इस प्रकार, वैद्युत अपघटन के परिणामस्वरूप कैथोड पर सिल्वर जमा हो जाता है, जबकि एनोड पर O_2 निकलती है। HNO_3 की उपपस्थिति के कारण विलयन अम्लीय होगा।

(ग) प्लेटिनम इलेक्ट्रोडों का प्रयोग करते हुए H_2SO_4 का तनु विलयन

धारा प्रवाहित करने पर अम्ल और जल दोनों निम्नवत् आयनित होंगे:

$$H_2SO_4(l) \xrightarrow{(aq)} 2H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$$H_2O \xrightarrow{(aq)} H^+(aq) + OH^-(aq)$$

कैथोड़ पर: H^+ (aq) आयन कैथोड की ओर स्थानान्तरित होकर H_2 में अपचयित हो जाएंगे।

$$H^+(aq) + e^- \rightarrow H, H + H \rightarrow H_2(g)$$

इस प्रकार, कैथोड पर $H_2(g)$ मुक्त होगा।

एनोड पर: SO_4^{2-} आयनों की तुलना में OH^- आयन निर्मुक्त होंगे क्योंकि इनका डिस्चार्ज विभव कम होता है। ये निम्न प्रकार से ऑक्सीकृत होंगे—

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

इस प्रकार, एनोड पर $O_2(g)$ मुक्त होगी। विलयन अम्लीय होगा और इसमें H_2SO_4 होगा।

(घ) प्लेटिनम इलेक्ट्रोडो का प्रयोग करते हुए $CuCl_2$ का जलीय विलयन

यह वैद्युत अपघटन भी ठीक उसी प्रकार का होता है, जैसा कि — $AgNO_3$ विलयन की स्थिति में होता है। $CuCl_2$ और H_2O निम्न प्रकार से आयनित होंगे—

$$CuCl_2 \xrightarrow{(aq)} Cu^{2+}(aq) + 2Cl^{-1}(aq)$$

$$H_2O \xrightarrow{(aq)} H^+(aq) + OH^-(aq)$$

कैथोड़ पर: H^+ आयनों की अपेक्षा Cu^{2+} आयन अपचयित होंगे और कैथोड़ पर कॉपर जमा हो जाएगा।

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu \text{ (निक्षेपित)}$$

एनोड पर: OH^- आयनों की अपेक्षा Cl^- आयन मुक्त होंगे जो कि विलयन में रह जाएंगे।

$$Cl^- \rightarrow Cl^- + e^-, Cl + Cl \rightarrow Cl_2(g)$$

इस प्रकार, एनोड़ पर Cl_2 मुक्त होगा।

प्र.13. निम्नलिखित धातुओं को उस क्रम में व्यवस्थित कीजिए जिसमें ये अपने लवणों से एक-दूसरे को विस्थापित करते हैं।

Al, Cu, Fe, Mg और Zn

उत्तर- यह वैद्युत रासायनिक श्रेणी में इनकी सापेक्ष स्थिति पर निर्भर करता है। श्रेणी में नीचे स्थित धातु श्रेणी में ऊपर स्थित धातु को उसके लवण से विस्थापित कर सकता है। इस आधार पर सही क्रम निम्नवत् है:

Mg, Al, Zn, Fe, Cu

प्र.14. निम्न मानक इलेक्ट्रोड विभव दिया गया है:

$K^+/K = -2.93V, Ag^+/Ag = 0.80V$

$Hg^{2+}/Hg = 0.79V, Mg^{2+}/Mg = -2.37V, Cr^{3+}/Cr = -0.74V$

इन धातुओं को अपचायक क्षमता के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

उत्तर- हम जानते हैं कि किसी इलेक्ट्रोड के लिए E° मान जितना कम होगा, उसकी अपचायक क्षमता उतनी ही अधिक होगी। अत: अपचायक

क्षमता का बढ़ता हुआ क्रम निम्नवत् है—

$Ag < Hg < Cr < Mg < K$

प्र.15. उस गैल्वानी सेल को चित्रित कीजिए जिसमें अभिक्रिया $Zn(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$ सम्पन्न होती है।

(क) कौन-सा इलेक्ट्रोड ऋणावेशित है

(ख) सेल में धारावाहक क्या है?

(ग) प्रत्येक इलेक्ट्रोड पर होने वाली अभिक्रियाएँ क्या है?

उत्तर- इस अभिक्रिया के लिए गैल्वानी सेल है:

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

(क) जिंक इलेक्ट्रोड (एनोड) ऋणावेशित है।

(ख) बाह्य परिपथ में धारा सिल्वर से जिंक की ओर प्रवाहित होती है।

(ग) एनोड: $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ (ऑक्सीकरण)

कैथोड: $2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$ (अपचयन)

प्र.16. जब जिंक छड़ को $CuSO_4$ विलयन में डाला जाता है तो विलयन का नीला रंग लुप्त हो जाता है। व्याख्या कीजिए।

उत्तर- वैद्युत रासायनिक श्रेणी में जिंक कॉपर से ऊपर आता है, इसीलिए Zn, Cu^{2+} आयन को आसानी से इलेक्ट्रॉन दे देता है। जिसके फलस्वरूप विलयन में Cu^{2+} आयनों की सान्द्रता कम हो जाती है तथा विलयन का नीला रंग धीरे-धीरे समाप्त हो जाता है।

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

प्र.17. अपचयन के बिना ऑक्सीकरण क्यों नहीं होता है?

उत्तर- ऑक्सीकरण में इलेक्ट्रॉनों की हानि होती है जबकि अपचयन में इलेक्ट्रॉनों की प्राप्ति होती है। जब कोई स्पीशीज इलेक्ट्रॉन को निकालती है तो ऊर्जा की आवश्यकता होती है तथा जब इसके द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते हैं तो ऊर्जा मुक्त होती है। दूसरे शब्दों में इसका अर्थ यह है कि ऑक्सीकरण, अपचयन के बिना नहीं हो सकता है या ऑक्सीकरण एवं अपचयन साथ-साथ होते हैं।

प्र.18. लोहे के पात्रों पर सामान्यतया जिंक की परत चढ़ाई जाती है। व्याख्या कीजिए।

उत्तर- नम वायु की उपस्थिति में लोहे पर आसानी से जंग लग जाता है। जंग ($Fe_2O_3.xH_2O$) का निर्माण एक रिडॉक्स अभिक्रिया होती है, जिसमें Fe ऑक्सीकृत होकर Fe^{3+} आयन बनाता है। जब लोहे के ऊपर जिंक की परत चढ़ा देते हैं तो लोहे के अधिक क्रियाशील होने के कारण अभिक्रिया में यही भाग लेता है, जबकि लोहे की सतह अप्रभावित रहती है।

प्र.19. वैद्युत रासायनिक सेल में एनोड ऋणावेशित क्यों होता है?

उत्तर- वैद्युत रासायनिक सेल में एनोड ऋणावेशित होता है क्योंकि एनोड पर इलेक्ट्रॉन मुक्त होते हैं।

प्र.20. मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड को उत्क्रमणीय इलेक्ट्रोड क्यों कहते हैं?

उत्तर- मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड उत्क्रमणीय इलेक्ट्रोड कहलाते हैं क्योंकि वैद्युत रासायनिक सेल में यह एनोड तथा कैथोड दोनों की तरह व्यवहार करता है।

प्र.21. वैद्युत रासायनिक श्रेणी की सहायता से निम्न अभिक्रिया की â Öå¯ý æ(Feasibility) का पता लगाइए।

$$Ni(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Ni^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

उत्तर- Ni^{2+}/Ni का E° मान -0.25 V जबकि Ag^+/Ag का E° मान $+0.80$V होता है इसका अर्थ यह है कि निकल श्रेणी में सिल्वर से ऊपर स्थित होता है तथा आसानी से Ag^+ आयनों को इलेक्ट्रॉन त्याग कर Ag में अपचयित कर देता है। इसलिए यह अभिक्रिया संभव होगी।

प्र.22. क्या होता है जब पोटैशियम ब्रोमाइड के जलीय विलयन में से क्लोरीन को प्रवाहित किया जाता है?

उत्तर- ब्रोमीन की वाष्प के निकलने के कारण विलयन का रंग नारंगी हो जाता है। वास्तव में क्लोरीन, ब्रोमीन की तुलना में प्रबल ऑक्सीकारक है। इस कारण से क्लोरीन, ब्रोमाइड आयनों (Br^-) को Br_2 में ऑक्सीकृत कर देती है तथा स्वयं Cl^- आयनों में अपचयित हो जाती है।

$$2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$$

प्र.23. गैल्वानी सेल में वैद्युत ऊर्जा का स्रोत क्या होता है?

उत्तर- गैल्वानी सेल में, रिडॉक्स अभिक्रिया स्वतः प्रकृति की होती है। अभिक्रिया में मुक्त ऊर्जा (ΔG) के रूप में ऊर्जा निकलती है। यही ऊर्जा वैद्युत ऊर्जा में रूपान्तरित हो जाती है।

प्र.24. दिया गया है—

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s).\ E^\circ = +0.34V$$

$$2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s);\ E^\circ = +0.80V$$

बताइए कि क्या 1M सिल्वर नाइट्रेट विलयन को कॉपर पात्र में रखा जा सकता है या क्या 1M कॉपर सल्फेट विलयन को सिल्वर पात्र में रखा जा सकता है?

उत्तर- किसी वैद्युत अपघट्य के विलयन को केवल किसी पात्र में तभी रखा जा सकता है, जब कि यह विलयन उस पात्र की धातु से कोई अभिक्रिया न करें।

अब यदि सिल्वर नाइट्रेट विलयन को कॉपर पात्र में रखा जाता है तो निम्न अभिक्रिया सम्भव होगी:

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

चूँकि सक्रियता श्रेणी में कॉपर, सिल्वर से ऊपर स्थित होता है, इसका अर्थ यह है कि यह Ag^+ आयनों को इलेक्ट्रॉन दे सकता है तथा यह रासायनिक अभिक्रिया सम्भव होगी। अतः सिल्वर नाइट्रेट विलयन को कॉपर पात्र में नहीं रखा जा सकता। लेकिन अब कॉपर सल्फेट विलयन को सिल्वर पात्र में रखने पर निम्न रासायनिक अभिक्रिया होगी–

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

चूँकि सक्रियता श्रेणी में Ag, Cu के नीचे स्थित होता है अतः रासायनिक अभिक्रिया नहीं होगी। अतः परिणामस्वरूप कॉपर सल्फेट को सिल्वर के पात्र में आसानी से रखा जाता है।

प्र.25. इलेक्ट्रॉनिक संकल्पना के अनुसार ऑक्सीकरण क्या है?

उत्तर- अभिक्रिया के दौरान ऑक्सीकरण में किसी स्पीशीज द्वारा एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन का निष्कासन होता है।

प्र.26. अपचायक की परिभाषा दीजिए।

उत्तर- वह स्पीशीज जो ऑक्सीकरण के परिणामस्वरूप इलेक्ट्रॉनों का निष्कासन करता है, अपचायक कहलाता है।

प्र.27. निम्नलिखित को आयोडीन की बढ़ती हुई ऑक्सीकरण संख्या के क्रम में व्यवस्थित कीजिए:

$I_2, HI, HIO_2, KIO_3, ICl$

उत्तर- $\overset{0}{I_2}, H\overset{-1}{I}, H\overset{+3}{I}O_2, K\overset{+5}{I}O_3, \overset{+1}{I}Cl$

बढ़ता हुआ क्रम है: $HI < I_2 < ICl < HIO_2 < KIO_3$

प्र.28. $LiAlH_4$ में हाइड्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या क्या है? किसी एक यौगिक का नाम लिखिए जिसमें हाइड्रोजन समान ऑक्सीकरण अवस्था में हो?

उत्तर- $\overset{+1}{Li}\overset{+3}{Al}\overset{x}{H} : 1 + 3 + 4x = 0$ या $x = -1$

सोडियम क्लोराइड (NaH) में, H की ऑक्सीकरण संख्या = −1

प्र.29. N_2O, O_2 में बदल जाता है। ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या में प्रति परमाणु परिवर्तन क्या है?

उत्तर- $\overset{+1}{N_2}\overset{-1}{O} \rightarrow \overset{0}{O_2}$

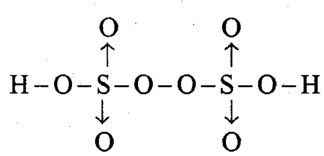
प्रति परमाणु ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन=1 इकाई

प्र.30. $(CN)^-$ आयन में कार्बन की ऑक्सीकरण संख्या क्या है?

उत्तर- $(CN)^- : (x-3) = -1$ या $x = +2$

प्र.31. $H_2S_2O_8$ में सल्फर की ऑक्सीकरण अवस्था छः है। संरचना द्वारा इसकी व्याख्या कीजिए।

उत्तर- अम्ल की संरचना है-



परॉक्साइड आबन्धन (–O–O–) के लिए, प्रत्येक परमाणु की ऑक्सीकरण अवस्था −1 होती है। सल्फर की ऑक्सीकरण अवस्था निम्न प्रकार से ज्ञात की जा सकती है-

2x + 2 (दो H के लिए) − 12 (छः O के लिए)−2 (परॉक्साइड आबन्धन)=0

$2x + 2 - 12 - 2 = 0$ या $x = 6$ प्रति सल्फर परमाणु

प्र.32. N_2O, NO और N_2O_5 में से कौन-सा HNO_3 का एनहाइड्राइड हैं?

उत्तर- HNO_3 का एनहाइड्राइड N_2O_5 है और यह निम्न प्रकार से बनता है:

$2HNO_3 \rightarrow N_2O_5 + H_2O$

प्र.33. $(HSO_4)^-$ और $(HSO_3)^-$ में से कौन-सा अधिक प्रबल क्षार है?

उत्तर- ये ऋणायन (संयुग्मी क्षार) संगत अम्लों से निम्नवत् बनते हैं:

$$H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightleftharpoons (HSO_4)^- + H^+$$

$$H_2\overset{+4}{S}O_3 \rightleftharpoons (HSO_3)^- + H^+$$

कृपया ध्यान दें कि ऑक्सीकरण संख्या जितनी कम होती है, संयुग्मी क्षार उतना ही अधिक प्रबल होता है। अत: HSO_3^- अधिक प्रबल क्षार है।

प्र.34. निम्नलिखित रिडॉक्स अभिक्रिया में ऑक्सीकारक एवं अपचायक पहचानों:

$$\mathbf{2K_2MnO_4 + Cl_2 \rightarrow 2KCl + 2KMnO_4}$$

उत्तर-

ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि

$$2\overset{+1}{K_2}\overset{+6}{Mn}\overset{-2}{O_4} + \overset{0}{Cl_2} \rightarrow 2\overset{+1}{K}\overset{+7}{Mn}\overset{-2}{O_4} + 2\overset{+1}{K}\overset{-1}{Cl}$$

ऑक्सीकरण संख्या में कमी

क्लोरीन एक ऑक्सीकारक है क्योंकि इसकी ऑक्सीकरण संख्या में कमी होती है। K_2MnO_4 एक अपचायक है क्योंकि इसकी ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि होती है।

प्र.35. असमानुपात अभिक्रिया का एक उदाहरण दीजिए।

उत्तर- $H_3\overset{+1}{P}O_2 \xrightarrow{\text{उष्मा}} \overset{-3}{P}H_3 + H_3\overset{+5}{P}O_4$

चूँकि P की ऑक्सीकरण संख्या में कमी के साथ-साथ वृद्धि भी हो रही है, इसलिए यह एक असमानुपातन अभिक्रिया का उदाहरण है।