इकाई – 10

अध्याय – 10

ऑक्सीकरण – अपचयन

(Oxidation – Reduction)

परिभाषा (Definition)

ऑक्सीकरण (Oxidation)

ऑक्सीकरण उन अभिक्रियाओं को कहते हैं, जिनमें किसी तत्त्व या यौगिक या पदार्थ से (i) ऑक्सीजन का संयोग हो या (ii) किसी ऋणविद्युती तत्त्व या मूलक का संयोग हो, या (iii) हाइड्रोजन का निष्कासन हो, या (iv) किसी धनविद्युती तत्त्व या मूलक का निष्कासन हो। ऑक्सीकरण को उपचयन अभिक्रिया भी कहते हैं। उदाहरणार्थ –

(i) ऑक्सीजन का संयोग – यह दो प्रकार से हो सकता है–

(अ) $2\,Mg + O_2 \rightarrow 2\,MgO$

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

$S + O_2 \rightarrow SO_2$

उपरोक्त उदाहरणों में तत्त्वों को ऑक्सीजन (वायु) की उपस्थिति में जलाने पर उनके ऑक्साइड बनते है।

(ब) $CHCl_3 + [0] \rightarrow COCl_2 + HCl$

क्लोरोफॉर्म फास्जीन

$CH_3CHO + [0] \rightarrow CH_3COOH$

एथेनैल एथेनोइक अम्ल

उपरोक्त ऑक्सीकरण अभिक्रियाओं में वायुमण्डलीय ऑक्सीजन का अवशोषण हो रहा है।

(ii) ऋणविद्युती तत्त्व या मूलक का संयोग –

$SnCl_2 + Cl_2 \longrightarrow SnCl_4$

स्टेनस क्लोराइड स्टेनिक क्लोराइड

$2FeCl_2 + Cl_2 \longrightarrow 2FeCl_3$

फैरस क्लोराइड फेरिक क्लोराइड

(iii) हाइड्रोजन का निष्कासन –

$H_2S + Cl_2 \longrightarrow 2HCl + S$ (H_2S से H_2 विस्थापन)

$2HI + H_2O_2 \longrightarrow I_2 + 2H_2O$

(iv) धन विद्युती तत्त्व या मूलक का निष्कासन –

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

$Hg_2Cl_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HgCl_2$

(Hg_2Cl_2 से Hg का निष्कासन)

अपचयन (Reduction)

अपचयन उन अभिक्रियाओं को कहते हैं, जिनमें किसी तत्त्व या यौगिक या पदार्थ से (i) हाइड्रोजन का संयोग होता है या (ii) धनविद्युती तत्त्व अथवा मूलक का संयोग होता है, या (iii) ऑक्सीजन का निष्कासन होता है, या (iv) ऋणविद्युती तत्त्व अथवा मूलक बाहर निकलता है।

उदाहरणार्थ –

(i) हाइड्रोजन का संयोग –

$2\,Na + H_2 \longrightarrow 2\,NaH$

$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$

(ii) धनविद्युती तत्त्व अथवा मूलक का संयोग –

$I_2 + Hg \longrightarrow HgI_2$

$I_2 + 2Na \longrightarrow 2NaI$

(iii) ऑक्सीजन का निष्कासन

$ZnO + H_2 \longrightarrow Zn + H_2O$

$ZnO + C \longrightarrow Zn + CO$

(iv) ऋणविद्युती तत्त्व या मूलक का निष्कासन

$CuSO_4 + Fe \longrightarrow Cu + FeSO_4$

$2\,FeCl_3 + H_2S \longrightarrow 2\,FeCl_2 + 2\,HCl + S$

अगर उपरोक्त सभी ऑक्सीकरण तथा अपचयन के उदाहरणों को देखा जाए तो उपरोक्त सभी अभिक्रियाओं में जहाँ एक पदार्थ या तत्त्व का ऑक्सीकरण होता है वही दूसरे क्रियाशील पदार्थ का अपचयन होता है। क्योंकि यदि किसी भी अभिक्रिया में जब एक पदार्थ में किसी तत्त्व या आयन की कमी या वृद्धि होती है तो दूसरे पदार्थ में उसी तत्त्व या आयन की वृद्धि या कमी अवश्य होगी।

ऑक्सीकरण तथा अपचयन अभिक्रियाएं एक साथ सम्पन्न होती है अतः इन्हें रेडाक्स अभिक्रियाएं (Redox = Reduction + Oxidation) कहते हैं।

ऑक्सीकरण, अपचयन की आयन इलेक्ट्रॉन अवधारणा (Electronic Concept of Oxidation and Reduction)

ऑक्सीकरण व अपचयन की उपरोक्त सभी धारणाएँ या परिभाषाएँ, परम्परागत धारणाएँ है जो आज भी सत्य और स्वीकार्य है। लेकिन ऑक्सीकरण–अपचयन की आधुनिक धारणा इन अभिक्रियाओं को क्रमशः इलेक्ट्रॉन त्यागने तथा ग्रहण करने के रूप में परिभाषित करती है। ऑक्सीकरण–अपचयन की दो आधुनिक धारणाएँ हैं–

(i) ऑक्सीकरण अंक संकल्पना (Oxidation number concept)

(ii) इलेक्ट्रॉन संकल्पना (Electron concept)

ऑक्सीकरण (Oxidation)

ऑक्सीकरण–अपचयन की आयन इलेक्ट्रॉन संकल्पना (अवधारणा) के अनुसार ऑक्सीकरण वह अभिक्रिया है जिसमें कोई अणु या परमाणु या आयन एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है। यानी ऑक्सीकरण में इलेक्ट्रॉनों का निष्कासन होता है। जिससे उस अणु या परमाणु या आयन के धनावेश में वृद्धि या ऋणावेश में कमी हो जाती है।

उदाहरणार्थ –

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

(ii) $H_2S \longrightarrow 2H^+ + S + 2e^-$

(अणु द्वारा इलेक्ट्रॉन निष्कासन)

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

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

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

(परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉन निष्कासन)

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

(फेरस) (फैरिक)

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

(प्लम्बस) (प्लम्बिक)

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

(स्टेनस) (स्टेनिक)

(धनायन द्वारा इलेक्ट्रॉन निष्कासन)

(v) $2\,Br^- \longrightarrow Br_2 + 2e^-$

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

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

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

(ऋणायन द्वारा इलेक्ट्रॉन निष्कासन)

अपचयन (Reduction)

ऑक्सीकरण अपचयन की आयन इलेक्ट्रॉन अवधारणा के अनुसार अपचयन वह अभिक्रिया है जिसमें कोई अणु या परमाणु या आयन एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है। अपचयन में उस अणु या परमाणु या आयन के ऋणावेश में वृद्धि या धनावेश में कमी हो जाती है।

उदाहरणार्थ –

(i) $2\,H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2\,OH^-$

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

(अणु द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण)

(ii) $S + 2e^- \longrightarrow S^{2-}$

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

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

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

(परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण)

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

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

(धनायन द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण)

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

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

(ऋणायन द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण)

ऑक्सीकरण–अपचयन अभिक्रिया या रेडाक्स अभिक्रिया (Oxidation-Reduction Reaction or Redox Reaction)

इलेक्ट्रॉन अवधारणा के अनुसार ऑक्सीकरण प्रक्रिया में इलेक्ट्रॉन त्यागे जाते हैं तथा अपचयन में इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते हैं। ऐसी अभिक्रिया जिसमें एक पदार्थ से दूसरे पदार्थ में इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण (Electron transfer) होता है, रेडॉक्स अभिक्रिया कहलाती है। ऑक्सीकरण–अपचयन अभिक्रियाएं साथ–साथ होती है तथा एक–दूसरे की पूरक होती है। रेडॉक्स अभिक्रिया या ऑक्सीकरण अपचयन अभिक्रिया दो अर्द्ध अभिक्रियाओं (i) ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया तथा (ii) अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया का योग होती है।

उदाहरणार्थ –

कॉपर सल्फेट ($CuSO_4$) के विलयन में जिंक / जस्ता (Zn) डालने पर जिंक सल्फेट ($ZnSO_4$) तथा कॉपर (Cu) बनता है।

$CuSO_4 + Zn \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$

इस अभिक्रिया में दो अर्द्ध अभिक्रियाएं निम्नलिखित है–

ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया

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

अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया

$CuSO_4$ में Cu^{2+} तथा SO_4^{2-} आयन है।

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

(ये दो इलेक्ट्रॉन Zn द्वारा त्यागे जाते है)

इसी प्रकार –

$FeSO_4 + Zn \longrightarrow ZnSO_4 + Fe$

(फेरस सल्फेट) (जिंक) (जिंक सल्फेट) (लोहा)

$Zn - 2e^- \longrightarrow Zn^{2+}$ (ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया)

$Fe^{2+} + 2e \longrightarrow Fe$ (अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया)

ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थ

(Oxidant and Reductant)

ऑक्सीकारक – ऑक्सीकरण में इलेक्ट्रॉन त्यागे जाते हैं। अर्थात् कोई भी अणु, परमाणु या आयन जो रेडॉक्स अभिक्रिया में इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है ऑक्सीकारक कहलाता है। ऑक्सीकारक इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर अपचयित हो जाता है।

उपरोक्त उदाहरणों में – $Cu^{2+}(CuSO_4)$ तथा $Fe^{2+}(FeSO_4)$ ऑक्सीकारक है।

अपचायक – ऑक्सीकरण अभिक्रिया की पूरक अपचयन अभिक्रिया में इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते है। अर्थात् कोई भी अणु, परमाणु या आयन जो इलेक्ट्रॉन परित्याग करता है अपचायक कहलाता है। अपचायक इलेक्ट्रॉन परित्याग करके ऑक्सीकृत हो जाते है।

उपरोक्त उदाहरणों में – Zn (जस्ता) अपचायक है।

कुछ अन्य ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थ –

ऑक्सीकारक पदार्थ – ऑक्सीजन (O_2), क्लोरीन (Cl_2), ब्रोमीन (Br_2), आयोडीन (I), पोटेशियम डाइक्रोमेट ($K_2Cr_2O_7$), मैग्नीज डाइ ऑक्साइड (MnO_2), नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) आदि।

अपचायक पदार्थ – सोडियम (Na), पोटेशियम (K), एल्यूमिनियम (Al) आदि धातुएं, कार्बन (C), हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S), हाइड्रोआयोडिक अम्ल (HI), हाइड्रोब्रोमिक अम्ल (HBr) आदि।

उभय गुण वाले पदार्थ

कुछ पदार्थ परिस्थितियों के अनुसार ऑक्सीकारक या अपचायक दोनों की तरह व्यवहार करते हैं। ये ऑक्सीकारक एवं अपचायक उभय गुण वाले पदार्थ कहलाते हैं।

उदाहरणार्थ –

(i) $H_2S + 2HNO_2 \longrightarrow S + 2H_2O + 2NO$
(यहां HNO_2 ऑक्सीकारक है जिसका NO में अपचयन हो रहा है।)

(ii) $2\,Br_2 + 2\,HNO_2 + 2H_2O \longrightarrow 2\,HNO_3 + 4HBr$
(यहां HNO_2 अपचायक है, जिसका HNO_3 में ऑक्सीकरण हो रहा है।)

(ii) $2\,KI + H_2O_2 \longrightarrow 2\,KOH + I_2$
(यहां H_2O_2 ऑक्सीकारक जिसका KOH में अपचयन)
$Ag_2O + H_2O_2 \longrightarrow 2\,Ag + H_2O + O_2$
(H_2O_2 अपचायक है जिसका O_2 में ऑक्सीकरण)

ऑक्सीकरण–अपचयन की आयन इलेक्ट्रॉन विधि से समीकरण संतुलित करना

ऑक्सीकरण–अपचयन अभिक्रियाओं को संतुलित करने की दो विधियां प्रचलित हैं –(i) आयन इलेक्ट्रॉन विधि (ii) ऑक्सीकरण अंक विधि।

यहां आयन इलेक्ट्रॉन विधि से समीकरण संतुलन के विभिन्न पद निम्नलिखित हैं–

पद–1 = सबसे पहले अभिक्रिया के ऑक्सीकारक तथा अपचायक पता किये जाते हैं।

पद–2 = अभिक्रिया के अभिकारक तथा क्रियाफलों को निश्चित कर ऑक्सीकारक तथा अपचायक के लिए अर्द्ध अभिक्रिया लिखते हैं।

पद–3 = अर्द्ध अभिक्रियाओं को निम्नलिखित प्रकार से संतुलित करते हैं–

(अ) प्रत्येक अर्द्ध अभिक्रिया में सर्वप्रथम ऑक्सीजन व हाइड्रोजन के अतिरिक्त अन्य सभी तत्वों के परमाणुओं को गुणांकों द्वारा संतुलित किया जाता है।

(ब) समीकरण में फिर ऑक्सीजन संतुलित करने के लिए जिस ओर जितनी ऑक्सीजन की कमी हो उतने ही H_2O जोड़ देते हैं। उसी तरह हाइड्रोजन परमाणुओं का संतुलन करने के लिए जिस ओर जितने हाइड्रोजन परमाणु कम हो, उधर उतने ही हाइड्रोजन आयन (H^+) जोड़ते हैं।

(स) रेडॉक्स अभिक्रिया तीनों माध्यम यानी अम्लीय, क्षारीय या उदासीन में से किसी में भी हो सकती है। यदि समीकरण के किसी भी ओर (H^+) हाइड्रोजन आयन प्रकट हो तो अभिक्रिया अम्लीय माध्यम में होती है तथा (OH^-) आयन प्रकट हो तो क्षारीय माध्यम में सम्पन्न होती है। H^+ या OH^- की अनुपस्थिति अभिक्रिया के उदासीन माध्यम में सम्पन्न होना दर्शाता है। अर्द्ध अभिक्रिया में इन्हें भी संतुलित करते है। H^+ तथा OH^- को संयुक्त कर जल बनाते है। समीकरण में जल दो स्थानों पर नहीं आना चाहिए।

(द) समीकरण के दोनों ओर विद्युत आवेश बराबर करने के लिए इलेक्ट्रॉन जोड़ते या घटाते है। ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया

या अपचायक की अर्द्ध अभिक्रिया में बांयी ओर इलेक्ट्रॉन घटाते हैं या दांयी ओर इलेक्ट्रॉन जोड़ते है। उसी तरह अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया या ऑक्सीकारक की अर्द्ध अभिक्रिया में बांयी ओर इलेक्ट्रॉन जोड़ते है या दांयी ओर इलेक्ट्रॉन घटाते है।

पद–4 = दोनों अर्द्ध अभिक्रियाओं को जोड़ा जाता है तथा प्रत्येक अर्द्ध अभिक्रिया को ऐसी उचित संख्या से गुणा करते हैं जिससे दोनों अर्द्ध अभिक्रियाओं के इलेक्ट्रॉन बराबर हो जाए।

पद–5 = प्राप्त समीकरण के दोनों ओर के समान इलेक्ट्रॉनों या अन्य भी कोई सार्व उभयनिष्ठ पद हो तो उसे भी काट देते हैं।

पद–6 = अंत में यह जांच लेते हैं कि समीकरण में दोनों ओर विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्या तथा आवेश समान है।

उदाहरण–1

$Br_2 + H_2O_2 \longrightarrow BrO_3^- + H_2O$

पद–1 = अपचायक = Br_2

ऑक्सीकारक = H_2O_2

पद–2 = ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया – $Br_2 \longrightarrow BrO_3^-$

पद–3 = अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया – $H_2O_2 \longrightarrow H_2O$

ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया

$Br_2 \longrightarrow BrO_3^-$

(अ) Br_2 को संतुलित करना

$Br_2 \longrightarrow 2\ BrO_3^-$

(ब) ऑक्सीजन संतुलित करना

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

(स) हाइड्रोजन संतुलित करना

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

(द) आवेश संतुलित करना (दांयी तरफ इलेक्ट्रॉन जोड़ते है)

$Br_2 + 6\ H_2O \longrightarrow 2\ BrO_3^- + 12H^+ + 10e^-$ ... (1)

अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया

(अ) $H_2O_2 \longrightarrow H_2O$

(ब) यहां H व O के अतिरिक्त कोई अन्य परमाणु उपस्थित नहीं है अतः ऑक्सीजन को संतुलित करने H_2O जोड़ते है।

$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + H_2O$

या

$H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O$

(स) हाइड्रोजन संतुलित करना

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

(द) आवेश संतुलित करना (बांयी तरफ इलेक्ट्रॉन जोड़ते है)।

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

समीकरण (1) व (2) आंशिक संतुलित है।

पद–4 = समीकरण (1) व (2) में इलेक्ट्रॉनों की संख्या बराबर करने के लिए समीकरण (1) को 1 से तथा समीकरण (2) को 5 से गुणा करते है।

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

$5\ H_2O_2 + 10\ H^+ + 10e^- \longrightarrow 10\ H_2O$

उपरोक्त दोनों समीकरण जोड़ने पर–

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

पद–5 =

$Br_2 + 5H_2O_2 \longrightarrow 2\ BrO_3^- + 4\ H_2O + 2H^+$

पद–6 = यह समीकरण परमाणुओं तथा आवेश दोनों ही दृष्टियों से संतुलित है।

उदाहरण–2

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

1. ऑक्सीकारक – $Cr_2O_7^{2-}$

   अपचायक – Fe^{2+}

2. ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया संतुलित करना –

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

   $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$ ... (1)

3. अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया संतुलित करना –

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

   $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2\ Cr^{3+}$ [परमाणु गुणांक संतुलित]

   $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$ [ऑक्सीजन संतुलित]

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

   [हाइड्रोजन संतुलित]

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

   [विद्युत आवेश संतुलित]

   समीकरण (1) को 6 से तथा (2) को 1 से गुणा करने पर–

   $6\ Fe^{2+} \longrightarrow 6\ Fe^{3+} + 6e^-$

4. दोनों अर्द्ध अभिक्रिया जोड़ने पर

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

या

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

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

महत्वपूर्ण बिन्दु

1. ऑक्सीकरण–अपचयन आयन इलेक्ट्रॉन अवधारणा के अनुसार –

(अ) वह प्रक्रिया जिसमें एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन त्यागे जाते हैं, ऑक्सीकरण कहलाती है।

(ब) वह प्रक्रिया जिसमें एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते हैं, अपचयन कहलाती है।

(स) वह पदार्थ जो इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर स्वयं अपचयित होता है, ऑक्सीकारक कहलाता है।

(द) वह पदार्थ जो इलेक्ट्रॉन त्याग कर स्वयं ऑक्सीकृत होता है, अपचायक कहलाता है।

2. ऑक्सीकरण तथा अपचयन अभिक्रियाएं साथ–साथ होती है तथा एक–दूसरे की पूरक होती है।

अभ्यासार्थ प्रश्न

वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1. ऑक्सीकरण वह प्रक्रिया है–
   (अ) जिसमें इलेक्ट्रॉन त्यागे जाते हैं।
   (ब) जिसमें इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते हैं।
   (स) जिसमें हाइड्रोजन का संयोग होता है।
   (द) जिसमें ऑक्सीजन का निष्कासन होता है।

2. निम्नलिखित में अपचायक पदार्थ नहीं है–
   (अ) O_2 (ब) Na
   (स) K (द) Al

3. पूर्णतया संतुलित रासायनिक अभिक्रिया है–
   (अ) $Fe_3O_4 + H_2O + 2OH^- \rightarrow Fe_2O_3 + H_2O + 2e$
   (ब) $2\ Fe_3O_4 + H_2O + 2OH^- \rightarrow 3\ Fe_2O_3 + 2\ H_2O + 2e$
   (स) $2\ Fe_3O_4 + H_2O + 2OH^- \rightarrow 3\ Fe_2O_3 + 2\ H_2O - 2e$
   (द) $2\ Fe_3O_4 + H_2O + 2OH^- \rightarrow Fe_2O_3 + 2\ H_2O$

4. संतुलित अर्द्ध अभिक्रिया कौनसी है–
   (अ) $2\ S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} - 2e$
   (ब) $P_4 + 8\ H_2O \rightarrow 4\ H_3PO_2 + 4H^+$
   (स) $MNO_4^- + 2\ H_2O \rightarrow MNO_2 + 4\ OH^- + 3e$
   (द) $C_2O_4^{2-} \rightarrow 2\ CO_2 + 2e$

अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न

5. उभयधर्मी गुण वाले पदार्थ का एक उदाहरण दीजिये।
6. ऑक्सीकारक को परिभाषित कीजिये।
7. $FeSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Fe$ अभिक्रिया में अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया लिखिये।
8. ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थ के एक–एक उदाहरण दीजिये।

लघुत्तरात्मक प्रश्न

9. अपचयन अभिक्रिया किसे कहते हैं, उदाहरण सहित समझाये।
10. रेडॉक्स अभिक्रिया किसे कहते हैं? $CuSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Cu$, अभिक्रिया में ऑक्सीकरण तथा अपचयन अर्द्ध अभिक्रिया लिखिये।
11. निम्नलिखित अभिक्रिया में ऑक्सीकारक तथा अपचायक बताइये–
    (अ) $H_2O_2 + Br_2 \rightarrow 2\ H\ BrO_3 + 4\ H_2O$
    (ब) $H_2O_2 + O_3 \rightarrow 2\ H_2O + 2O_2$

निबन्धात्मक प्रश्न

12. आयन इलेक्ट्रॉन विधि से निम्नलिखित अभिक्रिया संतुलित कीजिये–
    $Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} + H^+ \rightarrow Cr^{3+} + Fe^{3+} + H_2O$

उत्तरमालाः 1 (अ) 2 (अ) 3 (ब) 4 (द)