

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

Redox Reactions (Oxidation-Reduction Reactions)

ऑक्सीकरण और अपचयन की अवधारणा, ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ, ऑक्सीकरण संख्या, ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाओं की रासायनिक समीकरण को सन्तुलित करना (इलेक्ट्रॉन संख्या एवं ऑक्सीकरण संख्या के आधार पर), रिडॉक्स अभिक्रिया के अनुप्रयोग।

पाठ्य के अन्तर्गत

- 8.1 परिचय
- 8.2 ऑक्सीकरण-अपचयन की अवधारणा
- 8.3 रिडॉक्स अभिक्रियाएँ
- 8.4 रिडॉक्स अभिक्रियाओं के प्रकार
- 8.5 ऑक्सीकरण संख्या एवं तत्त्वों के नामकरण
- 8.6 रिडॉक्स अभिक्रियाओं को सन्तुलित करना
- 8.7 रिडॉक्स अभिक्रियाओं की स्टॉयशियोमिति
- 8.8 अनुमापन के आधार के रूप में रिडॉक्स अभिक्रियाओं के अनुप्रयोग

8.1 परिचय (Introduction)

ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ एक विशिष्ट प्रकार की अत्यन्त महत्वपूर्ण रासायनिक अभिक्रियाएँ हैं। इन्हें प्रायः रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (redox reactions) भी कहा जाता है। इस प्रकार की अभिक्रियाएँ न केवल रासायनिक प्रक्रमों के लिए महत्वपूर्ण हैं अपितु ये हमारे सामान्य जीवन के लिए भी महत्वपूर्ण हैं। कोयला या अन्य किसी ज्वलनशील पदार्थ का वायु में जलना, कपड़ों के रंग का उड़ना, लोहे पर जंग लगना, तैल के बर्तनों पर हरी परत का जमा होना, बैटरी से विद्युत धारा का उत्पन्न होना, आदि रिडॉक्स अभिक्रियाओं पर आधारित हैं। अनेक औद्योगिक प्रक्रम; जैसे—अम्लों से धातुओं का निष्कर्षण, कास्टिक सोडा का औद्योगिक उत्पादन, क्लोरिन की औद्योगिक उत्पादन, धातुओं का वैद्युत-रासायनिक शोधन, आदि में भी रिडॉक्स अभिक्रियाओं का उपयोग निहित है। अनेक प्रकार के विद्युत रासायनिक सैल; जैसे—डैनिशेल सैल, लेक्वांशे सैल, लैड संचायक सैल, आदि भी विद्युत धारा के निर्माण के लिये रिडॉक्स अभिक्रियाओं का उपयोग करते हैं। वैद्युत लेपन, वैद्युत टाइपिंग, वैद्युत शोधन, आदि में प्रयुक्त वैद्युत-अपचयन सैलों में भी इसी प्रकार की अभिक्रियाओं का प्रयोग किया जाता है।

यही कारण है कि रिडॉक्स अभिक्रियाओं को रासायनिक अभिक्रियाओं की एक महत्वपूर्ण श्रेणी में रखा गया है। निम्न विवरण में हम रिडॉक्स अभिक्रियाओं के विभिन्न महत्वपूर्ण पक्षों का अध्ययन करेंगे।

8.2 ऑक्सीकरण-अपचयन की अवधारणा

[A] पारम्परिक अवधारणा (Classical Concept)

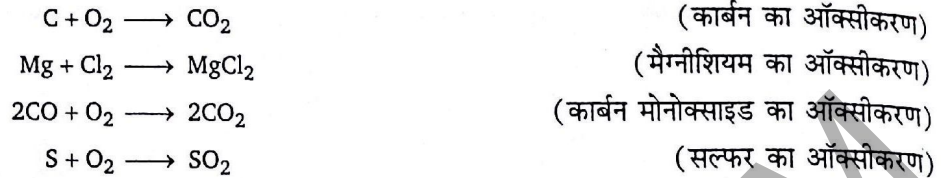
पारम्परिक (classical) रूप में ऑक्सीकरण तथा अपचयन की व्याख्या ऑक्सीजन के योग अथवा निष्कासन के रूप में की गई है। पारम्परिक मत के अनुसार ऑक्सीकरण वह अभिक्रिया है जिसमें कोई पदार्थ ऑक्सीजन अथवा किसी विद्युत ऋणात्मक तत्त्व से संयोग करता है अथवा हाइड्रोजन या किसी विद्युत धनात्मक तत्त्व को त्यागता है जबकि अपचयन वह

अभिक्रिया है जिसमें कोई पदार्थ हाइड्रोजन अथवा किसी विद्युत धनात्मक तत्त्व से संयोग करता है अथवा ऑक्सीजन या किसी विद्युत ऋणात्मक तत्त्व को त्यागता है।

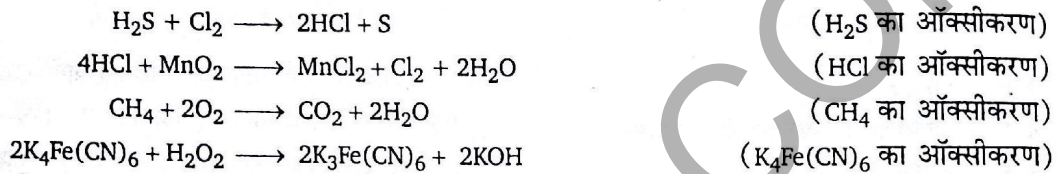
निम्न उदाहरणों से ऑक्सीकरण तथा अपचयन की पारम्परिक परिभाषा को आसानी से समझा जा सकता है—

(i) ऑक्सीकरण

ऑक्सीजन/विद्युत ऋणात्मक तत्त्व का योग—



हाइड्रोजन/विद्युत धनात्मक तत्त्व का निष्कासन—



जो पदार्थ ऑक्सीजन देता है अथवा हाइड्रोजन को निष्कासित करता है, उसे ऑक्सीकारक (oxidising agent) कहा जाता है। जैसे— अभिक्रिया $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ में O_2 एक ऑक्सीकारक है क्योंकि यह ऑक्सीजन उपलब्ध कराता है। इसी प्रकार अभिक्रिया, $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl} + \text{S}$, में Cl_2 एक ऑक्सीकारक है क्योंकि यह H_2S से हाइड्रोजन निष्कासित करता है।

(ii) अपचयन

हाइड्रोजन/विद्युत धनात्मक तत्त्व का योग—

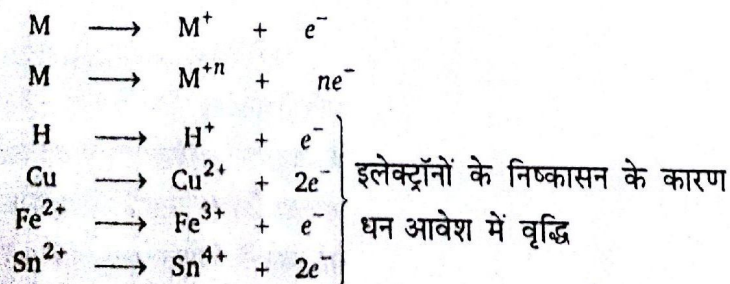


जो पदार्थ हाइड्रोजन उपलब्ध कराता है अथवा ऑक्सीजन को निष्कासित करता है, उसे अपचायक कहा जाता है। जैसे—अभिक्रिया $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl} + \text{S}$ में हाइड्रोजन सल्फाइड एक अपचायक है क्योंकि यह क्लोरिन को हाइड्रोजन उपलब्ध कराता है। इसी प्रकार अभिक्रिया $\text{CuO} + \text{C} \rightarrow \text{Cu} + \text{CO}$ में कार्बन एक अपचायक है क्योंकि यह क्यूप्रिक ऑक्साइड से ऑक्सीजन को निष्कासित करता है।

[B] ऑक्सीकरण तथा अपचयन की इलेक्ट्रॉनिक संकल्पना

(Electronic Concept of Oxidation and Reduction)

ऑक्सीकरण—इस संकल्पना के अनुसार, ऑक्सीकरण वह प्रक्रम है जिसमें कोई परमाणु, अणु अथवा आयन एक या अधिक इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है। इलेक्ट्रॉनों का त्याग करने के पश्चात् प्राप्त स्पीशीज में या तो धनावेश की वृद्धि होती है अथवा ऋणावेश की कमी। जैसे—



रिडॉक्स अभिक्रिया

अपचयन
कहलाता है।
जैसे—

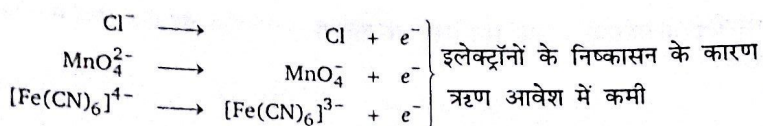
8.3

[A] इ

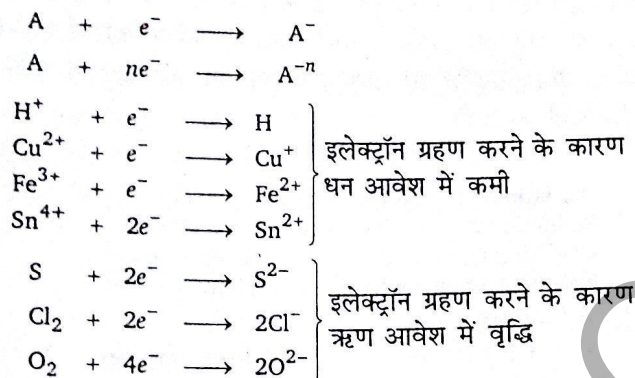
अ
अपचय
इलेक्ट्रॉ
हो या
निम्न

में मै
अभि
है ज

है



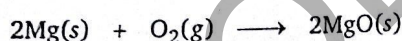
अपचयन—वह प्रक्रम जिसमें कोई परमाणु, अणु अथवा आयन एक या अधिक इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करता है, अपचयन कहलाता है। इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करने के उपरान्त प्राप्त स्पीशीज में या तो धनावेश कम हो जाता है अथवा ऋणावेश में वृद्धि होती है। जैसे—



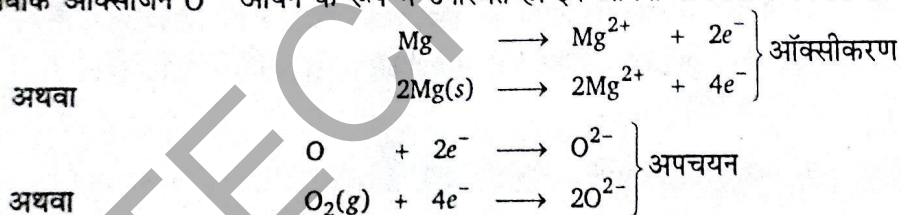
8.3 रिडॉक्स अभिक्रियायें (Redox Reactions)

[A] इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण संकल्पना (Electron Transfer Concept)

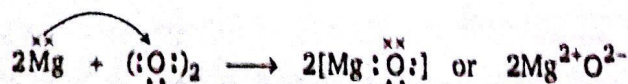
ऑक्सीकरण तथा अपचयन पूरक प्रक्रम (complementary processes) हैं। ऑक्सीकरण प्रक्रम में इलेक्ट्रॉन त्यागे जाते हैं जबकि अपचयन प्रक्रम में इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते हैं। कोई पदार्थ इलेक्ट्रॉन तभी त्याग सकता है जबकि कोई अन्य पदार्थ त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करने के लिये उपस्थित हो। अतएव कोई पदार्थ तभी ऑक्सीकृत होगा जबकि कोई अन्य पदार्थ अपचयित हो रहा हो या उसका व्युत्क्रम प्रक्रम। अतएव ऑक्सीकरण तथा अपचयन एक साथ सम्पन्न होते हैं और एक-दूसरे के पूरक होते हैं। जैसे—



में मैग्नीशियम ऑक्सीजन से संयोग करता है। पारम्परिक संकल्पना के अनुसार इस अभिक्रिया में मैग्नीशियम ऑक्सीकृत होता है। अब इस अभिक्रिया पर इलेक्ट्रॉनिक संकल्पना के अनुसार विचार करते हैं। मैग्नीशियम ऑक्साइड में मैग्नीशियम Mg^{2+} आयन के रूप में उपस्थित है जबकि ऑक्सीजन O^{2-} आयन के रूप में उपस्थित है। इन आयनों के निर्माण को निम्न प्रकार समझा जा सकता है—



इस प्रकार मैग्नीशियम के ऑक्सीजन से संयोग से प्राप्त मैग्नीशियम ऑक्साइड के निर्माण को निम्न प्रकार निरूपित किया जा सकता है—



स्पष्ट है कि इस अभिक्रिया में मैग्नीशियम परमाणु ने अपने दो इलेक्ट्रॉनों को ऑक्सीजन परमाणु पर स्थानान्तरित किया है।

इस प्रकार मैग्नीशियम परमाणु ऑक्सीकृत हो रहा है जबकि ऑक्सीजन परमाणु अपचयित हो रहा है। इस प्रकार इस अभिक्रिया में इलेक्ट्रॉनों के स्थानान्तरण के कारण ऑक्सीकरण तथा अपचयन दोनों प्रक्रम एक साथ सम्पन्न हो रहे हैं। इस प्रकार की अभिक्रिया को

ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रिया अथवा रिडॉक्स अभिक्रिया कहा जाता है। एक रिडॉक्स अभिक्रिया को निम्न प्रकार लिखा जाता है—

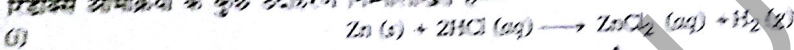
यह अभिक्रिया जिसमें एक अभिकारक से किसी दूसरे अभिकारक को इलेक्ट्रॉनों का स्थानान्तरण किया जाता है, ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रिया अथवा रिडॉक्स अभिक्रिया कहानी है।

जो पदार्थ ऑक्सीकृत होता है वह किसी अन्य पदार्थ को इलेक्ट्रॉन देकर उसे अपचयित होने के लिये बाध्य करता है। अतएव यह ऑक्सीकृत होने वाला कोई पदार्थ एक अपचायक (reducing agent) की भूमिका करता है। इस प्रकार जो पदार्थ अपचयित होने है, वह किसी अन्य पदार्थ से इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर उसे ऑक्सीकृत होने के लिये बाध्य करता है। इस प्रकार, अपचयित होने वाला पदार्थ एक ऑक्सीकारक (oxidising agent) की भूमिका करता है। दूसरी ओर से, ऑक्सीकारक वह पदार्थ है, जो इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करता है एवं अपचायक वह पदार्थ है, जो इलेक्ट्रॉनों को त्यागता है। उपरोक्त अभिक्रिया में मैग्नीशियम एक अपचायक है जबकि ऑक्सीजन एक ऑक्सीकारक की भूमिका करता है।

इस प्रकार,

Oxidation : process involving loss of electrons
Reduction : process involving gain of electrons
Oxidising agent : substance which gains electrons
Reducing agent : substance which loses electrons

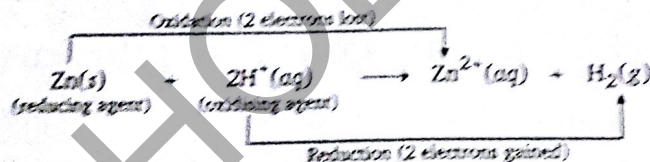
रिडॉक्स अभिक्रिया के कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं—



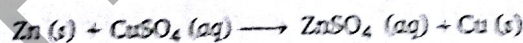
आयनिक रूप में इस अभिक्रिया को निम्न प्रकार लिखा जा सकता है—



इस अभिक्रिया में एक जिंक परमाणु दो इलेक्ट्रॉन त्यागकर $\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)}$ आयन बनाता है। त्याग गये इलेक्ट्रॉनों को दो $\text{H}^+ \text{ (aq)}$ आयनों द्वारा ग्रहण किया जाता है, जिससे H_2 गैस प्राप्त होता है। इस प्रकार जिंक स्वयं ऑक्सीकृत होकर एक अपचायक की भूमिका व्यवहार करता है जबकि $\text{H}^+ \text{ (aq)}$ आयन स्वयं अपचयित होकर एक ऑक्सीकारक की भूमिका व्यवहार करते हैं। इस प्रकार यह एक रिडॉक्स अभिक्रिया है और इसे निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जा सकता है—



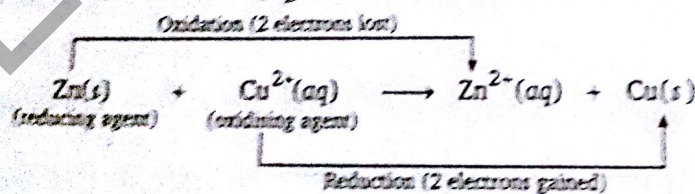
(ii)



या



इस अभिक्रिया में जिंक, $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$ को दो इलेक्ट्रॉनों का स्थानान्तरण करता है। इस प्रकार जिंक स्वयं ऑक्सीकृत होकर एक अपचायक की भूमिका व्यवहार करता है जबकि $\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$ स्वयं अपचयित होकर एक ऑक्सीकारक की भूमिका व्यवहार करता है।

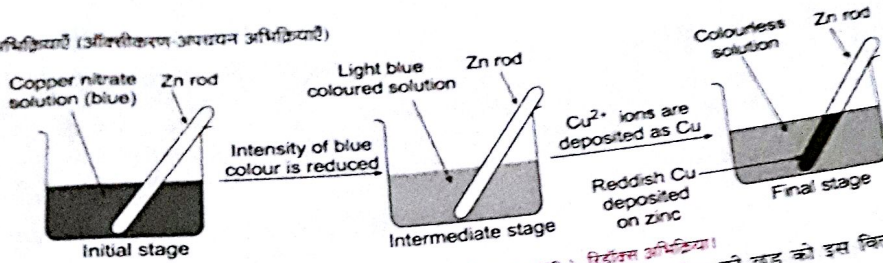


[B] प्रतिस्पर्धी इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण अभिक्रियाएँ (Competitive Electron Transfer Reactions)

प्रतिस्पर्धी इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण अभिक्रियाओं को समझने के लिये हम निम्न दो प्रक्रमों पर विचार करेंगे—

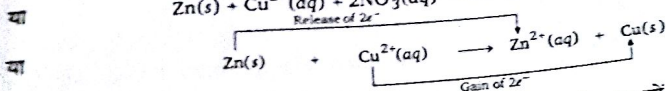
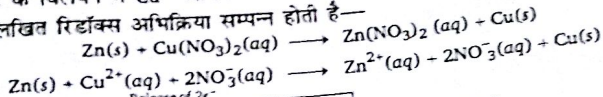
प्रक्रम 1—माना कि एक पूर्णरूपेण स्वच्छ जिंक की छड़ को चित्र 8.1 के अनुसार आंशिक रूप में कॉपर नाइट्रेट के जलीय विलयन में डुबोया जाता है। लगभग एक घण्टे के पश्चात् ज्ञात होता है कि जिंक की छड़ पर धात्विक कॉपर की एक लाल परत जमा हो जाती है जब विलयन का नीला रंग उड़ जाता है। ये परिवर्तन विलयन में सम्पन्न होने वाली एक स्वतः स्फूर्त अभिक्रिया के होने के कारण होते हैं।

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)



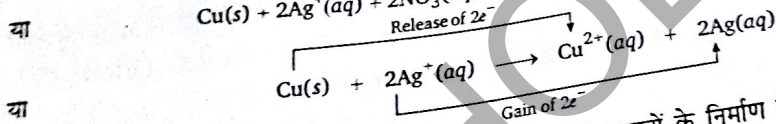
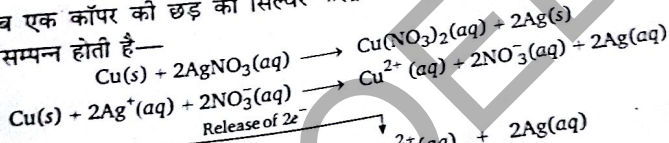
चित्र 8.1 एक बीकर में सम्पन्न हो रही $Zn-Cu(NO_3)_2$ रिडॉक्स अभिक्रिया।

कॉपर नाइट्रेट के विलयन में Cu^{2+} आयन तथा NO_3^- आयन उपस्थित रहते हैं। जब एक जिंक की छड़ को इस विलयन में डुबाया जाता है, तो निम्नलिखित रिडॉक्स अभिक्रिया सम्पन्न होती है—

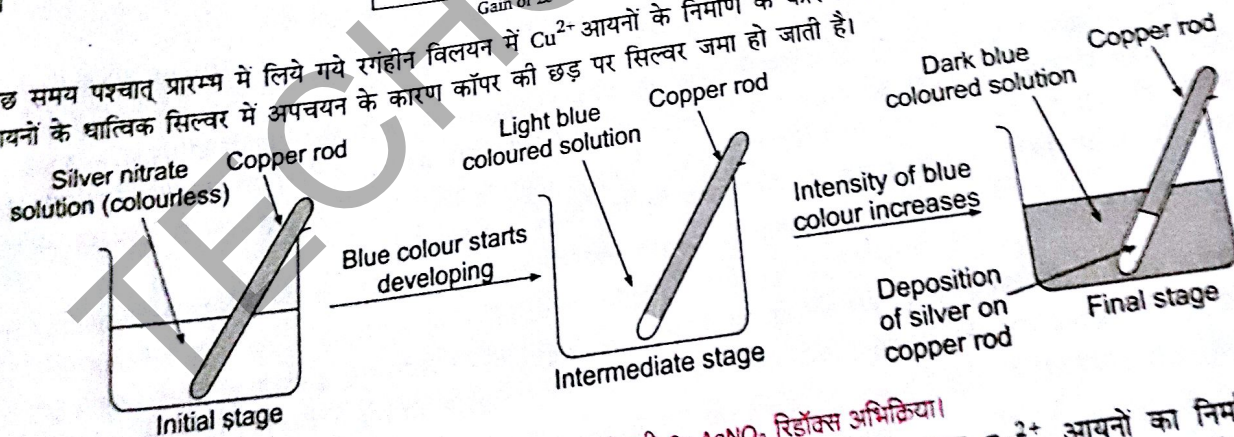


छड़ के जिंक परमाणु इलेक्ट्रॉन त्यागकर ऑक्सीकृत होते हैं और Zn^{2+} आयनों के रूप में विलयन में चले जाते हैं। इसे विलयन में H_2S प्रवाहित कर सुनिश्चित किया जा सकता है क्योंकि उपरोक्त विलयन में अमोनिया की उपस्थिति में जिंक सल्फाइड का अवक्षेप प्राप्त होता है। दूसरी ओर विलयन में उपस्थित Cu^{2+} आयन इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर कॉपर परमाणुओं में अपचयित हो जाते हैं और जिंक की छड़ पर लाल परत के रूप में जमा हो जाते हैं। इस प्रकार Cu^{2+} आयनों के कॉपर परमाणुओं में परिवर्तन के कारण विलयन का नीला रंग उड़ जाता है।

प्रक्रम 2—जब एक कॉपर की छड़ को सिल्वर नाइट्रेट विलयन में चित्र 8.2 के अनुसार डुबाया जाता है तो निम्न स्वतः स्फूर्त रिडॉक्स अभिक्रिया सम्पन्न होती है—



कुछ समय पश्चात् प्रारम्भ में लिये गये रंगहीन विलयन में Cu^{2+} आयनों के निर्माण के कारण एक नीला रंग उत्पन्न हो जाता है। Ag^+ आयनों के धात्विक सिल्वर में अपचयन के कारण कॉपर की छड़ पर सिल्वर जमा हो जाती है।



चित्र 8.2 एक बीकर में सम्पन्न हो रही $Cu-AgNO_3$ रिडॉक्स अभिक्रिया।

अब हम उपरोक्त दोनों प्रक्रमों पर मनन करते हैं। प्रक्रम 1 में जिंक दो इलेक्ट्रॉन त्यागकर Zn^{2+} आयनों का निर्माण करता है और इस प्रकार ऑक्सीकृत हो जाता है। जिंक द्वारा त्यागे गये इलेक्ट्रॉन Cu^{2+} आयनों के द्वारा ग्रहण किये जाते हैं और इस प्रकार Cu^{2+} आयन अपचयित हो जाते हैं। प्रक्रम 2 में कॉपर दो इलेक्ट्रॉन त्यागकर Cu^{2+} आयनों का निर्माण करता है और Ag^+ आयन इन इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण कर Ag परमाणुओं में अपचयित हो जाते हैं।

उपरोक्त दोनों प्रक्रमों का बारीकी से अध्ययन करने से ज्ञात होता है कि जिंक की उपस्थिति में Cu^{2+} आयन अपचयित होते हैं अर्थात् इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करते हैं जबकि Ag^+ आयनों की उपस्थिति में कॉपर की प्रवृत्ति ऑक्सीकृत होने की होती है अर्थात् इलेक्ट्रॉन त्यागने की होती है। इस प्रकार किसी धातु/धातु आयन की इलेक्ट्रॉन त्यागने अथवा ग्रहण करने प्रवृत्ति किसी अन्य धातु आयन/धातु की उपस्थिति पर निर्भर करती है। इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि किसी रिडॉक्स प्रक्रम में इलेक्ट्रॉन त्यागने अथवा ग्रहण करने के प्रति एक प्रतिस्पर्धा होती है। इस आधार पर धातुओं तथा उनके आयनों को इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति के अनुसार एक सुनिश्चित क्रम या सारणी में व्यवस्थित किया जा सकता है।

उपरोक्त से स्पष्ट है कि जिंक में कॉपर को इलेक्ट्रॉन देने की प्रवृत्ति होती है जबकि कॉपर में सिल्वर को इलेक्ट्रॉन देने की प्रवृत्ति पायी जाती है। अतएव इन धातुओं की इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ag}$ के क्रम में होगी।

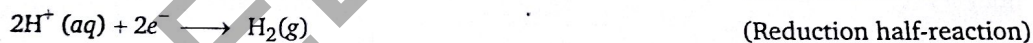
इसी प्रकार अन्य धातुओं की रिडॉक्स अभिक्रियाओं का अध्ययन कर इन सभी धातुओं को एक धातु सक्रियता श्रेणी (metal activity series) अथवा विद्युत रासायनिक श्रेणी (electrochemical series) में व्यवस्थित किया जा सकता है। इस आधार पर एक विशेष प्रकार के सैल का निर्माण किया गया, जिन्हें गैल्वेनिक सैल (galvanic cells) कहा जाता है। इन सैलों में रिडॉक्स अभिक्रिया की रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है और इस प्रकार ये सैल विद्युत ऊर्जा के स्रोत के रूप में कार्य करते हैं।

[C] ऑक्सीकरण तथा अपचयन अर्द्धअभिक्रियाएँ (Oxidation and Reduction Half-reactions)

चूँकि एक रिडॉक्स अभिक्रिया में ऑक्सीकरण तथा अपचयन प्रक्रम एक साथ सम्पन्न होते हैं अतएव रिडॉक्स अभिक्रिया को व्यक्त करने वाली रासायनिक समीकरण को दो अर्द्धसमीकरणों में विभाजित किया जा सकता है। एक अर्द्धसमीकरण ऑक्सीकरण प्रक्रम को तथा दूसरी अर्द्धसमीकरण अपचयन प्रक्रम को निरूपित करती है। इस प्रकार प्रत्येक समीकरण एक अर्द्धअभिक्रिया को निरूपित करती है।

ऑक्सीकरण अर्द्धसमीकरण इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन को तथा अपचयन अर्द्धसमीकरण इलेक्ट्रॉनों के ग्रहीत किये जाने को इंगित करती है। दोनों अर्द्धसमीकरणों में निहित इलेक्ट्रॉनों की संख्या सदैव समान रहती है क्योंकि किसी भी निकाय में मुक्त इलेक्ट्रॉन प्राप्त नहीं होते हैं। दोनों अर्द्धसमीकरणों को जोड़कर सम्पूर्ण रिडॉक्स अभिक्रिया की समीकरण प्राप्त की जा सकती है। इसके कुछ उदाहरण निम्न हैं—

(i) रिडॉक्स अभिक्रिया, $\text{Zn} (s) + 2\text{H}^+(aq) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + \text{H}_2 (g)$ को निम्न प्रकार से दो अर्द्धसमीकरणों में विभाजित किया जाता है—



इन दोनों अर्द्धसमीकरणों को जोड़कर उपरोक्त सम्पूर्ण रिडॉक्स अभिक्रिया प्राप्त की जा सकती है।

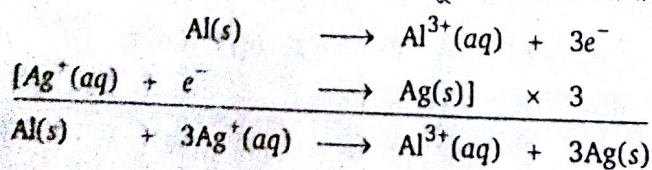
(ii) रिडॉक्स अभिक्रिया, $\text{Zn} (s) + \text{Cu}^{2+}(aq) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + \text{Cu} (s)$ की दो अर्द्धसमीकरण निम्न हैं—



चूँकि ऑक्सीकरण प्रक्रम में त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या अपचयन प्रक्रम में ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होनी चाहिए अतएव इलेक्ट्रॉनों की संख्या को समान करने के लिए कभी-कभी एक अर्द्धसमीकरण को किसी उपयुक्त कारक से गुणा करना आवश्यक हो जाता है। जैसे—जब एक एल्युमीनियम की छड़ को Ag^+ आयन के जलीय विलयन में रखा जाता है तो सिल्वर विस्थापित हो जाता है। इस अभिक्रिया में निहित प्रक्रमों को निम्न प्रकार निरूपित किया जा सकता है—



ऑक्सीकरण प्रक्रम में तीन इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन हो रहा है जबकि अपचयन प्रक्रम में केवल एक इलेक्ट्रॉन ही सिल्वर आयन द्वारा ग्रहण किया जा रहा है। अतएव दिये गये एवं ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या को समान करने के लिये समी० (8.2) को 3 से निम्न प्रकार गुणा किया जाना आवश्यक है ताकि रिडॉक्स अभिक्रिया की सम्पूर्ण समीकरण प्राप्त हो सके—



रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

553

8.4 रिडॉक्स अभिक्रियाओं के प्रकार (Types of Redox Reactions)

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ निम्न प्रकार की होती हैं—

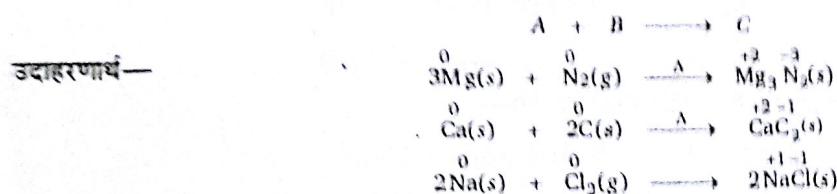
[A] अन्तरा-अणुक रिडॉक्स अभिक्रियाएँ

किसी अभिक्रिया में जब एक क्रियाकारक (reactant) ऑक्सीकारक (oxidant) तथा दूसरा क्रियाकारक अपचायक का कार्य करता है तो ये अभिक्रियाएँ अन्तरा-अणुक रिडॉक्स अभिक्रियाएँ कहलाती हैं। उदाहरणार्थ—

1. संयोजन रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (Combination Redox Reactions)

जिन अभिक्रियाओं में दो समान या भिन्न प्रकार के तत्व परस्पर संयोग करते हैं, उन्हें संयोजन अभिक्रियाएँ कहा जाता है।

सामान्य रूप में एक संयोगी अभिक्रिया को निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता है—



तात्त्विक डाइऑक्सीजन द्वारा सम्पन्न दहन अभिक्रियाएँ भी रिडॉक्स अभिक्रियाएँ होती हैं। जैसे—



इन अभिक्रियाओं में निहित स्पीशीज की ऑक्सीकरण संख्याओं से स्पष्ट है कि उपरोक्त सभी अभिक्रियाएँ रिडॉक्स अभिक्रियाएँ हैं। जैसे—Mg तथा N₂ की अभिक्रिया में Mg ऑक्सीकृत होता है तथा N₂ अपचयित होती है।

2. विस्थापन अभिक्रियाएँ (Displacement Reactions)

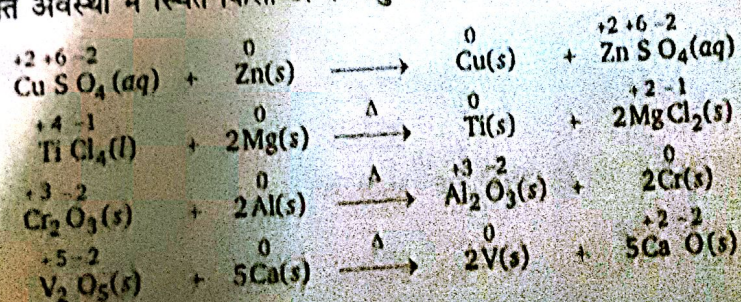
जब किसी अभिक्रिया में एक यौगिक में उपस्थित परमाणु अथवा आयन किसी अन्य तत्व के परमाणु अथवा आयन से प्रतिस्थापित हो जाता है तो इस प्रकार की अभिक्रिया को विस्थापन अभिक्रिया कहा जाता है।

सामान्य रूप में एक विस्थापन अभिक्रिया को निम्न प्रकार से निरूपित किया जा सकता है—



विस्थापन अभिक्रियाओं को निम्न दो श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है।

1. धातु विस्थापन अभिक्रियाएँ (Metal displacement reactions)—इस प्रकार की विस्थापन अभिक्रियाओं में किसी यौगिक में उपस्थित एक धातु को असंयुक्त अवस्था में स्थित किसी अन्य धातु से प्रतिस्थापित किया जाता है। जैसे—



इन सभी अभिक्रियाओं में अपचायक धातु अपचयित होने वाली धातु की तुलना में अधिक प्रबल अपचायक है। धातु विस्थापन क्रिया धातुकर्म में अत्यन्त महत्वपूर्ण है क्योंकि अनेक धातुओं का उनके अवस्थाओं से निष्कर्षण इस प्रकार की अभिक्रियाओं पर आधारित होता है।

2. अधातु विस्थापन अभिक्रियाएँ (Non-metal displacement reactions)—अधातु रिडॉक्स विस्थापन अभिक्रियाओं में मुख्य रूप से हाइड्रोजन का विस्थापन और यदा-कदा ऑक्सीजन का विस्थापन निहित होता है।

हाइड्रोजन विस्थापन अभिक्रियाओं के कुछ उदाहरण निम्न हैं—

(a) सभी क्षार धातुएँ तथा कुछ क्षारीय मृदा धातुएँ (Ca, Sr तथा Ba) ठंडे जल से हाइड्रोजन विस्थापित करती हैं। जैसे—



(b) अपेक्षाकृत कम सक्रिय धातुएँ; जैसे—मैग्नीशियम तथा आयरन भाप से क्रिया कर हाइड्रोजन गैस उत्सर्जित करती हैं। जैसे—



(c) अनेक धातुएँ अम्लों से क्रिया कर हाइड्रोजन विस्थापित करती हैं। जैसे—

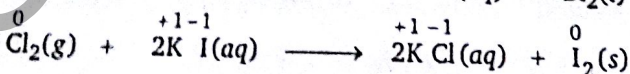
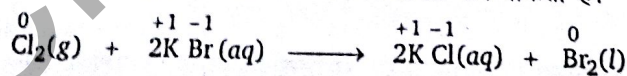


अधातु विस्थापन अभिक्रियाओं की सहायता से हैलोजनों की एक सक्रियता श्रेणी का निर्माण किया जा सकता है। हैलोजनों की ऑक्सीकारक क्षमता समूह 17 में ऊपर से नीचे जाने पर अर्थात् फ्लोरीन से आयोडीन की ओर जाने पर क्रमशः कम होती है। फलस्वरूप फ्लोरीन इतना अधिक क्रियाशील होता है कि यह विलयन से Cl^- , Br^- तथा I^- आयनों को विस्थापित कर देता है। यह जल से क्रिया कर उसकी ऑक्सीजन को भी विस्थापित कर देता है।

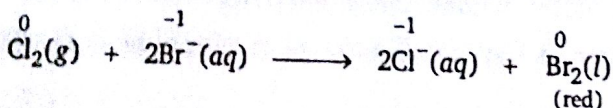


चूँकि फ्लोरीन जल से क्रिया करता है, अतएव फ्लोरीन के द्वारा की जाने वाली क्लोरीन, ब्रोमीन तथा आयोडीन की विस्थापन अभिक्रियाएँ जलीय विलयन में सम्पन्न नहीं की जा सकती हैं।

क्लोरीन जलीय विलयन में ब्रोमाइड तथा आयोडाइड आयनों को विस्थापित कर सकता है।



चूँकि मुक्त ब्रोमीन तथा आयोडीन के रंग भिन्न तथा स्पष्ट होते हैं तथा ये CHCl_3 तथा CCl_4 में विलेय हैं अतएव उपरोक्त अभिक्रियाओं का उपयोग प्रयोगशाला में परत परीक्षण (Layer test) द्वारा Br^- तथा I^- आयनों के परीक्षण के लिए किया जाता है।

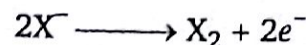


ब्रोमीन विलयन में आयोडाइड आयनों को विस्थापित कर सकता है।



रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

उपरोक्त हैलोजन विस्थापन अभिक्रियाओं के उद्योग जगत में अनेक महत्वपूर्ण उपयोग हैं। किसी हैलाइड से संगत हैलोजन का निष्कर्षण निम्न ऑक्सीकरण प्रक्रम पर आधारित है—



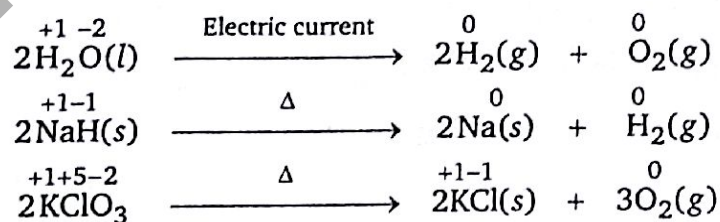
Cl^- , Br^- तथा I^- आयनों को आसानी से रासायनिक विधियों द्वारा ऑक्सीकृत किया जा सकता है लेकिन F^- आयनों का रासायनिक विधियों द्वारा F_2 में ऑक्सीकरण सम्भव नहीं है क्योंकि फ्लोरीन प्रबलतम ऑक्सीकारक है। अतएव F^- आयनों का फ्लोरीन में ऑक्सीकरण केवल विद्युत अपघटन प्रक्रम द्वारा ही सम्भव है।

[B] अन्तःअणुक रिडॉक्स अभिक्रियायें (Intermolecular Redox Reactions)

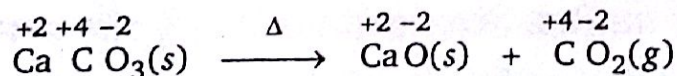
किसी अभिक्रिया में जब एक ही यौगिक का कोई एक परमाणु अपचयन तथा दूसरा कोई परमाणु ऑक्सीकरण दिखाता है। तब उन अभिक्रियाओं को अन्तःअणुक रिडॉक्स अभिक्रिया कहते हैं।

जब किसी अभिक्रिया में एक यौगिक दो या अधिक यौगिकों में अपघटित होता है तो इस प्रकार की अभिक्रिया को अपघटन अभिक्रिया कहा जाता है। यदि प्राप्त उत्पादों में कम-से-कम एक उत्पाद तात्त्विक अवस्था में है तो यह अपघटन अभिक्रिया एक रिडॉक्स अभिक्रिया होती है।

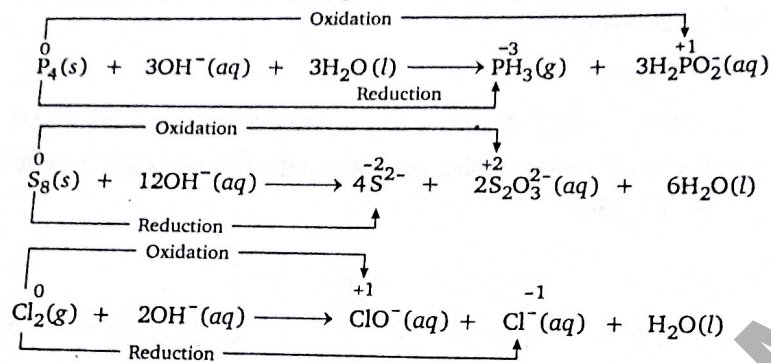
अपघटन अभिक्रियाएँ वास्तव में संयोजन अभिक्रियाओं की विपरीत अभिक्रियाएँ होती हैं। इनके कुछ उदाहरण निम्न हैं—



टिप्पणी— ध्यान देने योग्य है कि सभी अपघटन अभिक्रियाएँ रिडॉक्स अभिक्रियाएँ नहीं होती हैं; जैसे—

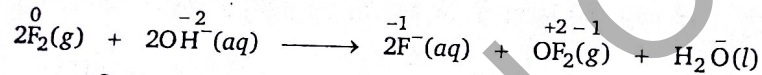


फॉस्फोरस, सल्फर तथा क्लोरीन क्षारीय माध्यम में विअनुपातीकरण प्रदर्शित करते हैं। इनकी संगत अभिक्रियाएँ निम्न हैं—



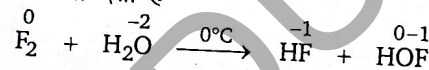
क्षारीय माध्यम में क्लोरीन की विअनुपातीकरण अभिक्रिया में हाइपोक्लोराइट आयनों (ClO^-) का निर्माण होता है। हाइपोक्लोराइट का उपयोग एक घरेलू अपमार्जक (detergent) के रूप में किया जाता है क्योंकि ये रंगीन धब्बेयुक्त पदार्थों को ऑक्सीकृत कर देते हैं।

टिप्पणी— 1. ब्रोमीन तथा आयोडीन भी क्लोरीन की भाँति ही विअनुपातीकरण अभिक्रियाएँ प्रदर्शित करते हैं लेकिन क्षारीय माध्यम में फ्लोरीन का व्यवहार भिन्न प्रकार का होता है।



उपरोक्त अभिक्रिया अन्तःअणुक रिडॉक्स अभिक्रिया का उदाहरण है।

2. F_2 जल में बर्फ के तापमान पर निम्न अभिक्रिया देता है—



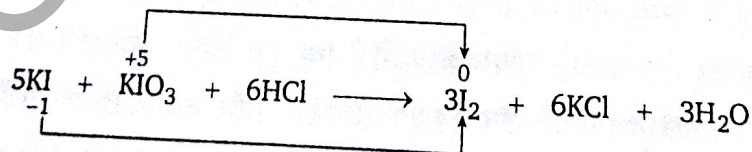
उपरोक्त अभिक्रिया भी अन्तराअणुक रिडॉक्स अभिक्रिया का उदाहरण है।

इसका कारण यह है कि फ्लोरीन सर्वाधिक विद्युतऋणात्मक तत्त्व है और धनात्मक ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित नहीं करता है। यही कारण है कि फ्लोरीन कोई भी विअनुपातीकरण अभिक्रिया प्रदर्शित नहीं करता है।

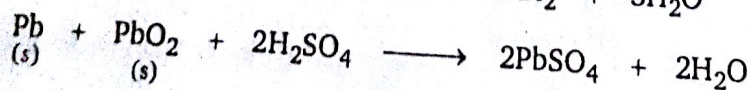
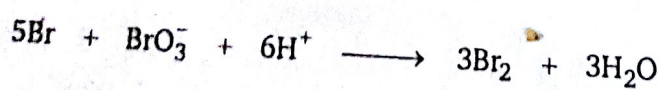
[D] समअनुपातीकरण अभिक्रियाएँ

(Comproportionation or Symproportionation or Reverse of Disproportionation Reactions)

जिन अभिक्रियाओं में किन्हीं दो अभिकारक युग्मों में उपस्थित कोई एक समान तत्त्व का एक अभिकारक में ऑक्सीकरण एवं दूसरे अभिकारक में उपस्थित उसी तत्त्व का अपचयन होकर उत्पाद प्राप्त होता है, उन अभिक्रियाओं को समअनुपातीकरण अभिक्रियाएँ कहा जाता है। जैसे—



उपरोक्त अभिक्रिया में KI में उपस्थित I का -1 ऑक्सीकरण अवस्था से I_2 में शून्य ऑक्सीकरण अवस्था प्राप्त करना I का ऑक्सीकरण दिखाता है। वहीं KIO_3 में उपस्थित I का +5 ऑक्सीकरण अवस्था से I_2 में शून्य ऑक्सीकरण अवस्था प्राप्त करना I का अपचयन दिखाता है। इसी प्रकार अन्य उदाहरणों में भी देखें—



8.5 ऑक्सीकरण संख्या (Oxidation Number) एवं तत्त्वों के नामकरण

[A] ऑक्सीकरण संख्या (ऑक्सीकरण अवस्था)

अब तक हम जिन रिडॉक्स परिवर्तनों का अध्ययन कर रहे थे, उनमें एक स्वीरीज से किसी अन्य स्वीरीज की ओर इलेक्ट्रॉनों का स्थानान्तरण निहित था। आयनिक यौगिकों की रिडॉक्स अभिक्रियाओं की व्याख्या आसानी से इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण के माध्यम से की जा सकती है। लेकिन सहसंयोजकीय यौगिकों के लिये यह अपेक्षाकृत कठिन है। सहसंयोजकीय यौगिकों में रिडॉक्स परिवर्तनों का इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरण के माध्यम से व्याख्या करना सरल नहीं है। इसलिये सुविधा के लिये आयनिक एवं सहसंयोजकीय यौगिकों में ऑक्सीकरण-अपचयन प्रक्रम की व्याख्या करने के लिये एक नये पद ऑक्सीकरण संख्या (oxidation number) अथवा ऑक्सीकरण अवस्था (oxidation state) की संकल्पना की गई है। जब कोई पदार्थ ऑक्सीकृत अथवा अपचयित होता है तो उसकी ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन हो जाता है। अतएव किसी रासायनिक अभिक्रिया में किसी पदार्थ के ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन के द्वारा यह सुनिश्चित किया जा सकता है कि वह पदार्थ ऑक्सीकृत हो रहा है अथवा अपचयित। ऑक्सीकरण संख्या अथवा ऑक्सीकरण अवस्था को निम्न प्रकार परिभाषित किया जा सकता है—

जब निम्न नियमों के अनुसार किसी अणु में किसी परमाणु पर उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या को गिना जाता है तो उस परमाणु पर जो फॉर्मल आवेश प्रतीत होता है, उस आवेश को उस यौगिक में उस परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या अथवा ऑक्सीकरण अवस्था कहा जाता है।

नियम 1—दो समान प्रकार के परमाणुओं के मध्य स्थित साझे के इलेक्ट्रॉनों को दोनों परमाणुओं के मध्य समान रूप से वितरित किया जाता है।

नियम 2—दो विभिन्न प्रकार के परमाणुओं के मध्य स्थित साझे के इलेक्ट्रॉनों को अधिक विद्युत ऋणात्मक परमाणु का माना जाता है। उपरोक्त नियमों को निम्न उदाहरणों की सहायता से समझा जा सकता है—

- (i) H_2 अणु में दो हाइड्रोजन परमाणु परस्पर एकल सहसंयोजक बन्ध से जुड़े होते हैं। इस प्रकार दोनों के मध्य साझे के दो इलेक्ट्रॉन होते हैं। चूँकि दोनों परमाणु समान प्रकार के हैं अतएव प्रथम नियम के अनुसार एक इलेक्ट्रॉन एक परमाणु का और दूसरा इलेक्ट्रॉन दूसरे परमाणु का माना जाता है।



फॉर्मल आवेश

0 0

ऑक्सीकरण संख्या

0 0

इस प्रकार दोनों परमाणुओं पर कोई फॉर्मल आवेश प्राप्त नहीं होता है। अतएव H_2 अणु में दोनों हाइड्रोजन परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या शून्य है।

- (ii) HCl अणु में H तथा Cl परमाणुओं के मध्य स्थित साझे के दो इलेक्ट्रॉन स्थित होते हैं। चूँकि Cl परमाणु H से अधिक विद्युत ऋणात्मक है अतएव द्वितीय नियम के अनुसार साझे के दोनों इलेक्ट्रॉनों को क्लोरीन परमाणु का गिना जाता है। इस कारण हाइड्रोजन परमाणु पर +1 आवेश तथा क्लोरीन परमाणु पर -1 आवेश प्रतीत होता है क्योंकि H परमाणु अपने इलेक्ट्रॉन से वंचित हो जाता है जबकि Cl परमाणु को एक अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन प्राप्त हो जाता है। इस प्रकार HCl अणु में H की ऑक्सीकरण संख्या +1 तथा Cl की ऑक्सीकरण संख्या -1 प्राप्त होती है।



फॉर्मल आवेश

+1 -1

ऑक्सीकरण संख्या

+1 -1

उपरोक्त विधि से जटिल सहसंयोजकीय यौगिकों में इलेक्ट्रॉन गिनकर उनमें उपस्थित परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात करना एक श्रमसाध्य कार्य है। इस कठिनाई को दूर करने के लिये कुछ कार्यकारी नियम (working rules) बनाये गये हैं, जिनकी सहायता से सुविधापूर्वक किसी भी अणु में किसी परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात की जा सकती है।

- प्रायः पदों ऑक्सीकरण संख्या (oxidation number) तथा ऑक्सीकरण अवस्था (oxidation state) को समान संदर्भ में प्रयोग किया जाता है। तबन्ती रूप से ऑक्सीकरण अवस्था को प्रति परमाणु ऑक्सीकरण संख्या माना जाता है।

किसी परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात करने के कार्यकारी नियम

1. तात्त्विक अथवा मुक्त अवस्था में सभी तत्त्वों की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होती है। जैसे—

Oxidation number of H in $H_2 = 0$
 Oxidation number of He in $He = 0$
 Oxidation number of N in $N_2 = 0$
 Oxidation number of P in $P_4 = 0$
 Oxidation number of S in $S_8 = 0$

2. किसी एक परमाणविक (monoatomic) आयन में उपस्थित तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या उस आयन पर उपस्थित आवेश के बराबर होती है। जैसे—

Oxidation number of Na in $Na^+ = +1$
 Oxidation number of Fe in $Fe^{2+} = +2$
 Oxidation number of Sn in $Sn^{4+} = +4$
 Oxidation number of Cl in $Cl^- = -1$
 Oxidation number of S in $S^{2-} = -2$

3. तत्त्व की ऑक्सीकरण संख्या का मान धनात्मक पूर्ण संख्या, ऋणात्मक पूर्ण संख्या या शून्य या भिन्नात्मक कुछ भी हो सकता है।

4. किसी यौगिक में तत्त्व की दो भिन्न-भिन्न ऑक्सीकरण संख्या होने पर उसकी औसत ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक भी हो सकती है।

5. फ्लोरीन की ऑक्सीकरण संख्या इसके सभी यौगिकों में -1 होती है।

6. क्षार धातुओं (Li, Na, K, Rb, Cs तथा Fr) की ऑक्सीकरण संख्या उनके सभी यौगिकों में $+1$ होती है तथा क्षारीय मृदा धातुओं (Be, Mg, Ca, Sr, Ba तथा Ra) की ऑक्सीकरण संख्या उनके सभी यौगिकों में $+2$ मानी जाती है।

7. हाइड्राइडों (hydrides) को छोड़कर शेष सभी यौगिकों में हाइड्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या $+1$ होती है। हाइड्राइडों (जैसे— KH , CaH_2 आदि) में हाइड्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या -1 होती है। CuH में H की ऑक्सीकरण संख्या -1 होती है।

8. परॉक्साइडों, सुपरऑक्साइडों एवं सबऑक्साइडों को छोड़कर शेष सभी यौगिकों में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या -2 होती है। परॉक्साइडों (जैसे— H_2O_2 , Na_2O_2 , Ba_2O_2 आदि) में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या -1 होती है। सुपरऑक्साइडों (जैसे— KO_2 आदि) तथा सबऑक्साइडों (जैसे— C_3O_2 आदि) में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या यौगिक की प्रकृति पर निर्भर करती है।

जब ऑक्सीजन किसी अधिक विद्युतऋणात्मक परमाणु से जुड़ा होता है तब इसकी ऑक्सीकरण संख्या के मान अपवाद रूप में प्राप्त होते हैं। जैसे—यौगिकों OF_2 तथा O_2F_2 में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या क्रमशः $+2$ तथा $+1$ है।

9. हैलाइड के रूप में हैलोजन की ऑक्सीकरण संख्या सदैव -1 होती है।

10. सल्फाइड के रूप में सल्फर की ऑक्सीकरण संख्या सदैव -2 होती है।

11. धातुओं की ऑक्सीकरण संख्या धनात्मक होती है।

12. किसी उदासीन अणु में उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजगणितीय योग शून्य होता है।

निम्नलिखित उदाहरणों से इस नियम को समझा जा सकता है—

(i) In H_2O ,

oxidation number of H = $+1$

oxidation number of O = -2

The sum of oxidation numbers = $(+1) \times 2 - 2 = 0$

(ii) In H_2SO_4 ,

oxidation number of H = + 1

oxidation number of O = - 2

oxidation number of S = + 6

∴ The sum of oxidation numbers = $(+ 1) \times 2 + (+ 6) \times 1 + (- 2) \times 4 = 0$

13. किसी आयन में उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजगणितीय योग उस आयन पर उपस्थित आवेश के बराबर होता है।

निम्नलिखित उदाहरणों से इस नियम को समझा जा सकता है—

(i) In OH^- ion,

oxidation number of O = - 2

oxidation number of H = + 1

∴ The sum of oxidation numbers = $- 2 + 1 = - 1$ = charge on the ion.

(ii) In SO_4^{2-} ion,

oxidation number of S = + 6

oxidation number of O = - 2

∴ The sum of oxidation numbers = $+ 6 + (- 2) \times 4 = - 2$ = charge present on the ion.

उपरोक्त कार्यकारी नियमों की सहायता से किसी अणु अथवा आयन में उपस्थित किसी भी परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या को आसानी से ज्ञात किया जा सकता है। ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात करने की विधि निम्नलिखित उदाहरणों से समझी जा सकती है।

14. किसी तत्व की अधिकतम ऑक्सीकरण संख्या का मान मेण्डलीफ की मूल आवर्त सारणी में उसकी समूह संख्या के बराबर होता है।

टिप्पणी— 1. O तथा F क्रमशः +2 तथा 0 की अधिकतम ऑक्सीकरण संख्या दिखाते हैं।

2. नोबल गैसों में केवल Xe ही +8 की ऑक्सीकरण संख्या दिखाती है।

15. किसी तत्व की न्यूनतम ऑक्सीकरण संख्या (धातुओं को छोड़कर) मेण्डलीफ की मूल आवर्त सारणी में उसकी समूह संख्या में से 8 घटाने पर प्राप्त मान के बराबर होती है।

16. संक्रमण धातुएँ एवं p-ब्लॉक के तत्व परिवर्ती ऑक्सीकरण संख्याएँ प्रदर्शित करते हैं।

उदाहरण 8.1. निम्नलिखित यौगिकों में अधोरेखांकित तत्व की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए—

(i) H_2SO_4

(ii) $KMnO_4$

(iii) $K_2Cr_2O_7$

(iv) HNO_3

(v) Na_3PO_4

(vi) $Na_2S_2O_3$

(vii) $Na_2S_4O_6$

(viii) $CHCl_3$

(ix) H_2SO_5

(x) $H_2S_2O_8$

(xi) CrO_5

(xii) $Ni(CO)_4$

(xiii) $FeSO_4 \cdot NO$

(xiv) $NOClO_4$

हल—(i) H_2SO_4 : माना कि H_2SO_4 में S की ऑक्सीकरण संख्या x है। दोनों हाइड्रोजन परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या + 1 है जबकि प्रत्येक ऑक्सीजन परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या - 2 है। चूँकि H_2SO_4 एक उदासीन यौगिक है अतएव इसमें उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजगणितीय योग शून्य होना चाहिए। अतएव,

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

$$+ 2 + (x) - 8 = 0 \text{ या } x = + 8 - 2 = + 6$$

इस प्रकार H_2SO_4 में S की ऑक्सीकरण संख्या + 6 है।

उत्तर

(ii) $KMnO_4$: माना कि $KMnO_4$ में Mn की ऑक्सीकरण संख्या x है। K की ऑक्सीकरण संख्या + 1 है क्योंकि यह एक क्षार धातु है। प्रत्येक O परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या - 2 है। $KMnO_4$ एक उदासीन अणु है। अतएव,

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

$$x = + 7$$

इस प्रकार $KMnO_4$ में Mn की ऑक्सीकरण संख्या + 7 है।

उत्तर

(iii) $K_2Cr_2O_7$: माना कि $K_2Cr_2O_7$ में Cr की ऑक्सीकरण संख्या x है। प्रत्येक K परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +1 तथा प्रत्येक O परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -2 है। $K_2Cr_2O_7$ एक उदासीन अणु है। अतएव,

$$\begin{aligned}(+1) \times 2 + (x) \times 2 + (-2) \times 7 &= 0 \\ 2x &= +14 - 2 = +12 \\ x &= +6\end{aligned}$$

इस प्रकार $K_2Cr_2O_7$ में प्रत्येक Cr परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

(iv) HNO_3 : माना कि HNO_3 में N की ऑक्सीकरण संख्या x है। H परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +1 है एवं प्रत्येक O परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -2 है। यह एक उदासीन अणु है। अतएव,

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

$$x = +5$$

इस प्रकार HNO_3 में N की ऑक्सीकरण संख्या +5 है।

(v) Na_3PO_4 : माना कि Na_3PO_4 में P की ऑक्सीकरण संख्या x है। प्रत्येक Na परमाणु की ऑक्सीकरण अवस्था +1 तथा प्रत्येक O परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -2 है। यह एक उदासीन अणु है। अतएव,

$$\begin{aligned}(+1) \times 3 + (x) + (-2) \times 4 &= 0 \\ x &= +5\end{aligned}$$

इस प्रकार Na_3PO_4 में P की ऑक्सीकरण संख्या +5 है।

(vi) $Na_2S_2O_3$: माना कि $Na_2S_2O_3$ में S परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। $Na_2S_2O_3$ एक उदासीन अणु है। अतएव,

$$\begin{aligned}(+1) \times 2 + (x) \times 2 + (-2) \times 3 &= 0 \\ x &= +2\end{aligned}$$

इस प्रकार $Na_2S_2O_3$ में प्रत्येक S परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +2 है।

(vii) $Na_2S_4O_6$: माना कि $Na_2S_4O_6$ में S परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। प्रत्येक Na परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +1 तथा प्रत्येक O परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -2 है। $Na_2S_4O_6$ एक उदासीन अणु है। अतएव,

$$\begin{aligned}(+1) \times 2 + (x) \times 4 + (-2) \times 6 &= 0 \\ 2 + 4x - 12 &= 0 \\ 4x &= +12 - 2 = +10 \\ x &= +\frac{10}{4} = +\frac{5}{2}\end{aligned}$$

इस प्रकार $Na_2S_4O_6$ में प्रत्येक S परमाणु की औसत ऑक्सीकरण संख्या $+\frac{5}{2}$ है।

(viii) $CHCl_3$: माना कि $CHCl_3$ में C परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। H परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +1 है जबकि प्रत्येक Cl परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -1 है क्योंकि Cl एक हैलोजन परमाणु है तथा कम विद्युतऋणात्मक परमाणु C से जुड़ा है। $CHCl_3$ एक उदासीन अणु है। अतएव,

$$\begin{aligned}(x) + (+1) \times 1 + (-1) \times 3 &= 0 \\ x &= +2\end{aligned}$$

इस प्रकार $CHCl_3$ में C की ऑक्सीकरण संख्या +2 है।

(ix) H_2SO_5 : $H-O-O-\overset{\overset{O}{\parallel}}{S}-O-H$; इसमें एक O—O बन्ध है, अतः दो O-परमाणु -1 के हैं। माना S की ऑक्सीकरण संख्या x है।

$$\begin{aligned}+1 + 2 \times (-1) + (x) + 2 \times (-2) + 1 \times (-2) + 1 &= 0 \\ x &= +6\end{aligned}$$

(x) H₂

ऑक्सीकरण

(xi)

है तथा
ऑक्सी

उत्तर

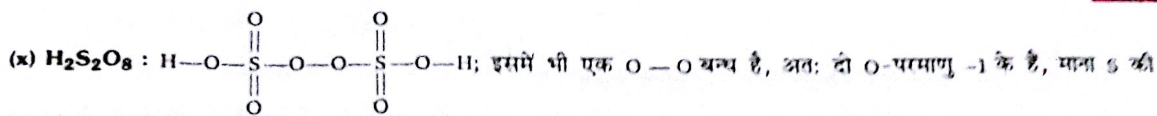
उत्तर

उत्तर

उत्तर

उत्तर

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

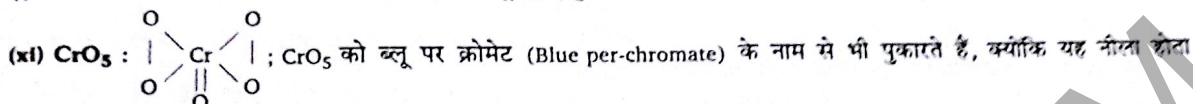


ऑक्सीकरण संख्या (x) है।

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

उत्तर

$$x = +6$$



है तथा इसकी संरचना तितली (Butter fly) की तरह होती है। इसमें $2 \text{O}-\text{O}$ बन्ध हैं अर्थात् चार O -परमाणु -1 के हैं माना Cr की ऑक्सीकरण संख्या (x) है।

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

उत्तर

$$x = +6$$

(xii) $\text{Ni}(\text{CO})_4$: कार्बोनिल यौगिकों में CO की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होती है। माना Ni की ऑक्सीकरण संख्या (x) है।

$$(x) + 4 \times 0 = 0$$

उत्तर

$$x = 0$$

(xiii) $\text{FeSO}_4 \cdot \text{NO}$: आयरन के NO के साथ जटिल यौगिकों में NO की ऑक्सीकरण संख्या $+1$ होती है। माना Fe की ऑक्सीकरण संख्या (x) है। SO_4^{2-} की ऑक्सीकरण संख्या का मान इसके आवेश के बराबर अर्थात् -2 रखने पर

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

उत्तर

$$x = +1$$

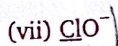
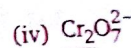
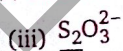
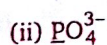
(xiv) NOCIO_4 : ClO_4^- की ऑक्सीकरण संख्या -1 रखने पर

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

उत्तर

$$a = +3$$

उदाहरण 8.2. निम्नलिखित आयनों में अधोरेखांकित तत्वों की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए—



हल—(i) NH_4^+ : माना कि NH_4^+ आयन में N परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। प्रत्येक H परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या $+1$ है। चूँकि NH_4^+ आयन पर उपस्थित आवेश $+1$ है, अतएव सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजगणितीय योग $+1$ के बराबर होना चाहिए। अतएव,

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

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

उत्तर

इस प्रकार NH_4^+ आयन में N परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -3 है।

(ii) PO_4^{3-} : माना कि PO_4^{3-} आयन में P परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। प्रत्येक O परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -2 है।

अतएव,

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

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

उत्तर

इस प्रकार PO_4^{3-} आयन में P परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या का मान $+5$ है।

(iii) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$: माना कि इस आयन में S परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजगणितीय योग इस आयन पर उपस्थित आवेश अर्थात् -2 के बराबर होना चाहिए। अतएव,

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

$$2x = -2 + 6$$

$$x = \frac{-2+6}{2} = +2$$

इस प्रकार $S_2O_3^{2-}$ आयन में S परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +2 है।

(iv) $Cr_2O_7^{2-}$: माना कि इस आयन में Cr परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। आयन में उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का बीजगणितीय योग इस आयन पर उपस्थित आवेश अर्थात् -2 के बराबर होना चाहिए। अतएव,

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

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

$$x = +6$$

इस प्रकार $Cr_2O_7^{2-}$ आयन में Cr परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

(v) MnO_4^{2-} : माना कि इस आयन में Mn की ऑक्सीकरण संख्या x है। अतएव,

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

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

इस प्रकार MnO_4^{2-} आयन में Mn परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

(vi) IO_3^- : माना कि इस आयन में I परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या x है। अतएव,

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

$$x = -1 + 6 = +5$$

इस प्रकार IO_3^- आयन में I की ऑक्सीकरण संख्या +5 है।

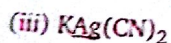
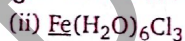
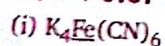
(vii) ClO^- : माना कि इस आयन में Cl की ऑक्सीकरण संख्या x है। अतएव,

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

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

इस प्रकार ClO^- आयन में Cl की ऑक्सीकरण संख्या +1 है।

उदाहरण 8.3. निम्नलिखित स्पीशीज में अधोरेखांकित परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए—



हल—(i) $K_4Fe(CN)_6$: माना कि इस अणु में Fe की ऑक्सीकरण संख्या x है। प्रत्येक K परमाणु (क्षार धातु) की ऑक्सीकरण संख्या +1 है। CN^- एक आयन है और इस पर उपस्थित आवेश -1 के बराबर है। इसलिए CN^- आयन में उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या का योग -1 के बराबर होना चाहिए। चूँकि $K_4Fe(CN)_6$ एक उदासीन अणु है अतएव इसमें उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का योग शून्य होना चाहिए। अतएव,

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

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

इस प्रकार $K_4Fe(CN)_6$ में Fe की ऑक्सीकरण संख्या +2 है।

(ii) $Fe(H_2O)_6Cl_3$: माना कि इस अणु में Fe की ऑक्सीकरण संख्या x है। H_2O एक उदासीन अणु है और इसमें उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का योग शून्य होना चाहिए। प्रत्येक Cl परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या -1 है। अतएव,

$$(x) + [(0) \times 6] + [(-1) \times 3] = 0$$

$$x = +3$$

इस प्रकार $Fe(H_2O)_6Cl_3$ में Fe की ऑक्सीकरण संख्या +3 है।

(iii) $KAg(CN)_2$: माना कि इस यौगिक में Ag की ऑक्सीकरण संख्या x है। अतएव,

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

$$x = +1$$

रिडॉक्स अभिक्रिया

इस प्रकार

(iv) [C

सभी परमाणु

योग आयन

उत्तर

इस प्रकार

[B] ऑ

कुछ

उत्तर

का निर्माण

ऑक्सीकरण

परमाणु

संकेती

उत्तर

उत्तर

उत्तर

उत्तर

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

इस प्रकार $KAg(CN)_2$ में Ag की ऑक्सीकरण संख्या +1 है।

उत्तर

(iv) $[Co(NH_3)_6]^{3+}$: माना कि इस आयन में Co की ऑक्सीकरण संख्या x है। NH_3 एक उदासीन अणु है अतएव इसमें उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का योग शून्य होना चाहिए। आयन में उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का योग आयन पर उपस्थित आवेश अर्थात् +3 के बराबर होना चाहिए। अतएव,

$$(x) + [(0) \times 6] = +3$$

$$x = +3$$

इस प्रकार $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ आयन में Co की ऑक्सीकरण संख्या +3 है।

उत्तर

[B] ऑक्सीकरण संख्या तथा तत्त्वों के नामकरण (Oxidation Number and Nomenclature of Elements)

कुछ तत्व परिवर्तनशील ऑक्सीकरण अवस्थाओं* को प्रदर्शित करते हैं और एक से अधिक ऑक्सीकरण अवस्थाओं में यौगिकों का निर्माण करते हैं। जैसे—क्यूप्रस लवणों में कॉपर +1 ऑक्सीकरण अवस्था में पाया जाता है, जबकि क्यूप्रिक लवणों में इसकी ऑक्सीकरण अवस्था +2 होती है। इस प्रकार के यौगिकों में किसी परमाणु की ऑक्सीकरण अवस्था को यौगिक के सूत्र में उपस्थित उस परमाणु के संकेत के आगे कोष्ठक में रोमन संख्या में लिखकर निरूपित किया जाता है। इस प्रकार के नामकरण की पद्धति को स्टॉक संकेतीकरण (stock notation) कहा जाता है।

कुछ यौगिकों के स्टॉक संकेतीकरण को सारणी 8.1 में दर्शाया गया है।

सारणी 8.1 कुछ यौगिकों के स्टॉक संकेतीकरण

यौगिक का सूत्र	केन्द्रीय परमाणु तथा उसकी ऑक्सीकरण अवस्था	स्टॉक संकेतीकरण में यौगिक का नाम
Cu_2O	Cu +1	Copper (I) oxide
CuO	Cu +2	Copper (II) oxide
$FeSO_4$	Fe +2	Iron (II) sulphate
$Fe_2(SO_4)_3$	Fe +3	Iron (III) sulphate
$SnCl_2$	Sn +2	Tin (II) chloride
$SnCl_4$	Sn +4	Tin (IV) chloride
Mn_2O_7	Mn +7	Manganese (VII) oxide
V_2O_5	V +5	Vanadium (V) oxide
Cr_2O_3	Cr +3	Chromium (III) oxide
$K_2Cr_2O_7$	Cr +6	Potassium dichromate (VI)

प्रायः अघातुओं के यौगिकों को स्टॉक संकेतीकरण द्वारा निरूपित नहीं किया जाता है। CO तथा CO_2 जैसे यौगिकों को उनके नामों कार्बन-मोनोऑक्साइड तथा कार्बन डाइऑक्साइड द्वारा विभेदित किया जा सकता है।

[C] भिन्नात्मक ऑक्सीकरण संख्या (Fractional Oxidation Number)

अनेक यौगिकों में किसी परमाणु विशेष की ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक रूप में प्राप्त होती है। जैसे—

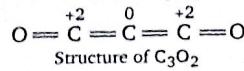
C_3O_2 (carbon suboxide) : The oxidation number of C is $\frac{4}{3}$.

Br_3O_8 (tribromooctaoxide) : The oxidation number of Br is $\frac{16}{3}$.

$Na_2S_4O_6$ (sodium tetrathionate) : The oxidation number of S is $\frac{5}{2}$.

* ऑक्सीकरण अवस्था (oxidation state) वास्तव में ऑक्सीकरण संख्या प्रति परमाणु (oxidation number per atom) है।

भिन्नात्मक ऑक्सीकरण संख्या का प्राप्त होना अतर्कपूर्ण प्रतीत होता है क्योंकि दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉन कभी भी आंशिक रूप में न तो साझा करते हैं और न ही स्थानान्तरित होते हैं। इस प्रकार प्रथम दृष्टि में यह एक विरोधाभास (paradox) प्रतीत होता है। किसी यौगिक में एक परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या अथवा ऑक्सीकरण अवस्था प्रायः भिन्नात्मक रूप में नहीं होती है। किसी यौगिक में किसी परमाणु विशेष की ऑक्सीकरण अवस्था गणना के आधार पर भिन्नात्मक रूप में प्राप्त होती है तो वास्तव में यह उस यौगिक में उस तत्त्व विशेष की औसत ऑक्सीकरण अवस्था होती है। अनेक यौगिकों की संरचनाओं के गहन अध्ययन के ज्ञात हुआ है कि किसी तत्त्व की भिन्नात्मक ऑक्सीकरण अवस्था उस समय प्राप्त होती है जबकि वह तत्त्व यौगिक में अनेक पूर्ण ऑक्सीकरण अवस्थाओं में स्थित होता है। जैसे—कार्बन सबऑक्साइड (C_3O_2) की संरचना निम्न है—

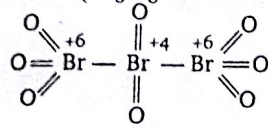


उपरोक्त संरचना से स्पष्ट है कि प्रथम तथा तृतीय कार्बन परमाणु +2 ऑक्सीकरण अवस्था में स्थित हैं जबकि मध्य में स्थित कार्बन परमाणु 0 ऑक्सीकरण अवस्था में स्थित है। अतएव कार्बन की औसत ऑक्सीकरण अवस्था निम्नलिखित होगी—

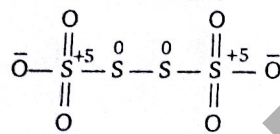
$$\text{Average oxidation number of C in } C_3O_2 = \frac{(+2) + (0) + (+2)}{3} = \frac{4}{3}$$

इस प्रकार C_3O_2 में कार्बन की औसत ऑक्सीकरण अवस्था $+\frac{4}{3}$ प्राप्त होती है जबकि इसमें उपस्थित कोई भी कार्बन परमाणु भिन्नात्मक ऑक्सीकरण अवस्था में नहीं है।

ठीक इसी प्रकार से निम्नवत् Br_3O_8 में Br की तथा $Na_2S_4O_6$ में S की भिन्नात्मक ऑक्सीकरण संख्या की व्याख्या की जा सकती है—

Structure of Br_3O_8 Average oxidation number of Br in Br_3O_8

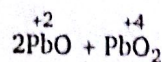
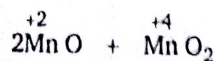
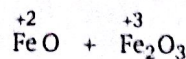
$$= \frac{+6 + +4 + +6}{3} = +\frac{16}{3}$$

Structure of $S_4O_6^{2-}$ ionAverage oxidation number of S in $S_4O_6^{2-}$ ion

$$= \frac{+5 + 0 + 0 + +5}{4} = +\frac{5}{2}$$

इसी प्रकार, भिन्नात्मक ऑक्सीकरण संख्या के सम्बन्ध में सावधानी बरतना आवश्यक है क्योंकि वास्तविकता का अनुमान केवल संरचना के आधार पर ही किया जा सकता है। यदि किसी यौगिक में किसी तत्त्व विशेष की ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक प्राप्त होती है, तो यह समझ लेना चाहिए कि भिन्नात्मक ऑक्सीकरण संख्या केवल औसत ऑक्सीकरण संख्या है और यौगिक में उपस्थित समान प्रकार के विभिन्न परमाणुओं की पूर्णांक ऑक्सीकरण संख्याओं का औसत मान है।

मिश्रित ऑक्साइडों; जैसे— Fe_3O_4 , Mn_3O_4 , Pb_3O_4 आदि में भी हमें धातु परमाणुओं की भिन्नात्मक ऑक्सीकरण संख्याएँ प्राप्त होती हैं। इसका कारण यह है कि मिश्रित ऑक्साइड दो (या अधिक) ऐसी धातु ऑक्साइडों के मिश्रण होते हैं जिनमें धातु की ऑक्सीकरण अवस्थाएँ भिन्न होती हैं। इनके कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं।

मिश्रित ऑक्साइड**संगठक ऑक्साइड तथा आणविक अनुपात****धातु की औसत ऑक्सीकरण संख्या**

$$\text{O.N. of Fe} = \frac{+2 + 3 + 3}{3} = +\frac{8}{3}$$

$$\text{O.N. of Mn} = \frac{+2 + 2 + 4}{3} = +\frac{8}{3}$$

$$\text{O.N. of Pb} = \frac{+2 + 2 + 4}{3} = +\frac{8}{3}$$

कुछ अन्य स्पीशीज में भी ऑक्सीकरण अवस्थाएँ भिन्नात्मक हो सकती हैं। जैसे— O_2 में O की ऑक्सीकरण अवस्था $+\frac{1}{2}$ तथा

O_2 में O की ऑक्सीकरण अवस्था $-\frac{1}{2}$ होती है।

रिडॉक्स अभिक्रिया

[O] ऑक्सीकरण (Redox)

एक रिडॉक्स अभिक्रिया

रिडॉक्स अभिक्रिया

को आयनित

इस अभिक्रिया

Cu(s)

प्राप्त

ऑक्सीकरण

अभिक्रिया

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

[D] ऑक्सीकरण संख्या के पदों में रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (Redox Reactions in Terms of Oxidation Number)

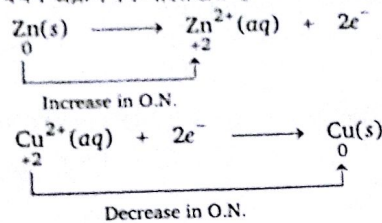
एक रिडॉक्स अभिक्रिया में ऑक्सीकृत तथा अपचयित होने वाले पदार्थों की ऑक्सीकरण संख्याओं में परिवर्तन होता है। जैसे—निम्न रिडॉक्स अभिक्रिया,



को आयनिक रूप में निम्नलिखित प्रकार से लिखा जा सकता है—

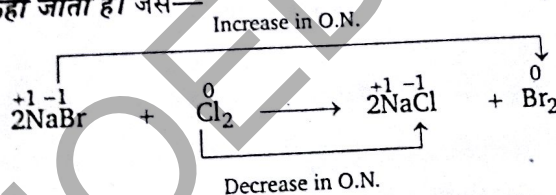


इस अभिक्रिया में निहित ऑक्सीकरण तथा अपचयन प्रक्रम निम्नलिखित हैं—

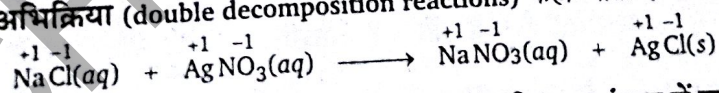


Zn(s) के Zn²⁺(aq) आयनों में ऑक्सीकरण में Zn की ऑक्सीकरण संख्या 0 से बढ़कर +2 हो जाती है। Cu²⁺(aq) आयनों के Cu(s) में अपचयन में ऑक्सीकरण संख्या +2 से घटकर 0 हो जाती है। सभी ऑक्सीकरण तथा अपचयन प्रक्रमों में इसी प्रकार के परिवर्तन प्राप्त होते हैं। अतएव ऑक्सीकरण तथा अपचयन को एक भिन्न प्रकार से ऑक्सीकरण संख्या के पदों में व्यक्त किया जा सकता है। ऑक्सीकरण संख्या के पदों में ऑक्सीकरण तथा अपचयन की परिभाषाओं को निम्न विवरण में स्पष्ट किया गया है—

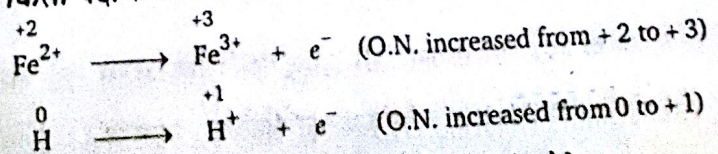
रिडॉक्स अभिक्रिया—यदि किसी अभिक्रिया में निहित स्पीशीज की ऑक्सीकरण संख्याओं में परिवर्तन होता है तो उस अभिक्रिया को रिडॉक्स अभिक्रिया कहा जाता है। जैसे—



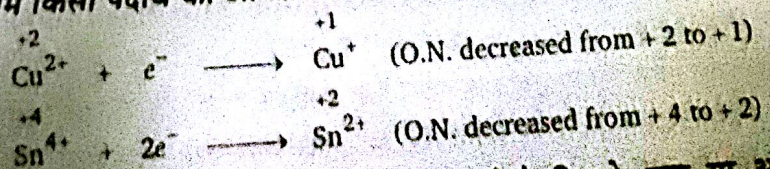
जिन अभिक्रियाओं में ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन नहीं होता है, वे अभिक्रियाएँ रिडॉक्स अभिक्रियाएँ नहीं होती हैं। इस प्रकार की अभिक्रियाओं को युग्म विच्छेदन अभिक्रिया (double decomposition reactions) कहा जाता है। जैसे—



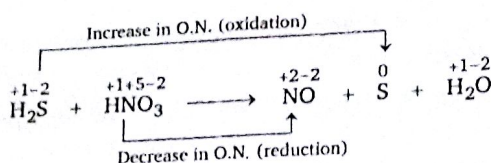
ऑक्सीकरण—ऑक्सीकरण वह प्रक्रम है जिसमें किसी पदार्थ की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि होती है। जैसे—



अपचयन—अपचयन वह प्रक्रम है जिसमें किसी पदार्थ की ऑक्सीकरण संख्या कम हो जाती है। जैसे—

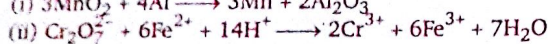
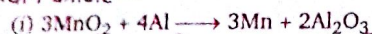


ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थ—एक ऑक्सीकारक पदार्थ वह पदार्थ है जिसके एक या अधिक तत्वों की ऑक्सीकरण संख्या में कमी हो जाती है तथा अपचायक पदार्थ वह पदार्थ है जिसके एक या अधिक तत्वों की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि होती है। जैसे—

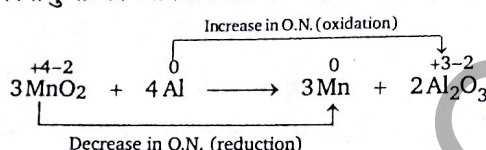


उपरोक्त अभिक्रिया में S (H_2S से प्राप्त) की ऑक्सीकरण संख्या -2 से बढ़कर 0 हो जाती है जबकि N (HNO_3 से प्राप्त) की ऑक्सीकरण संख्या +5 से घटकर +2 हो जाती है। इस प्रकार H_2S एक अपचायक की भाँति तथा HNO_3 एक ऑक्सीकारक की भाँति व्यवहार कर रहा है।

उदाहरण 8.4. निम्न अभिक्रियाओं में ऑक्सीकृत होने वाले पदार्थ, अपचयित होने वाले पदार्थ, ऑक्सीकारक तथा अपचायक की पहचान कीजिए—

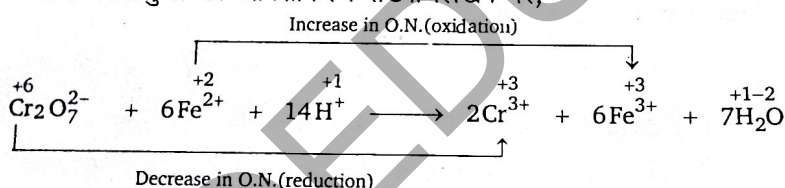


हल—(i) दी गई अभिक्रिया में सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या लिखने पर,



उपरोक्त से स्पष्ट है कि Al की ऑक्सीकरण संख्या में 0 से +3 की वृद्धि होती है। अतएव Al उपरोक्त अभिक्रिया में ऑक्सीकृत हो रहा है और एक अपचायक की भाँति कार्य कर रहा है। MnO_2 में Mn की ऑक्सीकरण संख्या +4 से घटकर 0 हो रही है। अतएव MnO_2 अपचयित हो रहा है तथा एक ऑक्सीकारक की भाँति व्यवहार कर रहा है।

(ii) दी गई अभिक्रिया में सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या लिखने पर,

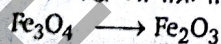


उपरोक्त से स्पष्ट है कि Fe^{2+} आयन की ऑक्सीकरण संख्या +2 से बढ़कर +3 हो रही है। अतएव Fe^{2+} आयन ऑक्सीकृत होता है एवं एक अपचायक की भाँति कार्य करता है। $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ आयन में Cr की ऑक्सीकरण संख्या +6 से घटकर +3 हो रही है। अतएव $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ आयन अपचयित होता है और एक ऑक्सीकारक की भाँति व्यवहार करता है।

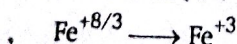
8.6 रिडॉक्स अभिक्रियाओं को सन्तुलित करना (Balancing of Redox Reactions)

[A] ऑक्सीकरण एवं अपचयन की अर्द्ध अभिक्रियाओं को संतुलन करना

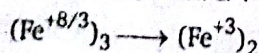
माना निम्न ऑक्सीकरण अर्द्ध अभिक्रिया को संतुलित करना है—



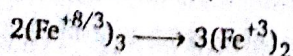
(i) सर्वप्रथम उस तत्व को ऑक्सीकरण संख्या सहित निम्न प्रकार लिखिये जिसकी ऑक्सीकरण संख्या परिवर्तित हो रही है—



(ii) अब तत्व को निम्न प्रकार उस अवस्था सहित लिखिये जिस रूप में वह रासायनिक समीकरण में प्रदर्शित है—



(iii) दोनों तरफ परमाणुओं की संख्या बराबर कीजिये—



(iv) दोनों तरफ आवेश का मान बराबर करने के लिये इलेक्ट्रॉनों का उपयोग कीजिये—

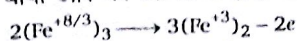
$$\text{बायीं तरफ कुल आवेश} = 2 \times (+8/3) \times 3 = +16$$

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

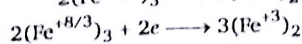
$$\text{दायीं तरफ कुल आवेश} = 3 \times (+3) \times 2 = +18$$

$$\text{बायीं ओर का आवेश} = \text{दायीं ओर का आवेश} - 2e$$

अतः



या



[B] पूर्ण ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रिया या रिडॉक्स अभिक्रिया को संतुलित करना

एक रिडॉक्स अभिक्रिया में ऑक्सीकरण तथा अपचयन दोनों प्रक्रम एक साथ सम्पन्न होते हैं। ऑक्सीकरण प्रक्रम में इलेक्ट्रॉन दिये जाते हैं जबकि अपचयन प्रक्रम में इलेक्ट्रॉन ग्रहण किये जाते हैं। इस प्रकार, एक रिडॉक्स अभिक्रिया की समीकरण तभी संतुलित होगी जबकि ऑक्सीकरण प्रक्रम में दिये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या अपचयन प्रक्रम में ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर हो। एक रिडॉक्स अभिक्रिया को उपरोक्त आधार पर आसानी से संतुलित किया जा सकता है। रिडॉक्स अभिक्रियाओं को संतुलित करने के लिए निम्न दो विधियों का उपयोग किया जाता है—

- (i) ऑक्सीकरण संख्या विधि
- (ii) आयन इलेक्ट्रॉन विधि।

(i) ऑक्सीकरण संख्या विधि (Oxidation Number Method)

यह विधि इस सिद्धान्त पर आधारित है कि एक रासायनिक अभिक्रिया में विद्युत आवेश संरक्षित रहता है। आवेश का संरक्षण तभी सम्भव है जबकि ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि पूर्णरूपेण ऑक्सीकरण संख्या में कमी के बराबर हो। अतएव इस विधि में ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थों के लिए ऐसे उपयुक्त गुणांकों का चयन किया जाता है, जो अपचायक की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि को पूर्णरूपेण ऑक्सीकारक की ऑक्सीकरण संख्या में कमी से संतुलित कर सके।

ऑक्सीकरण संख्या विधि द्वारा एक रिडॉक्स अभिक्रिया को संतुलित करने की प्रक्रिया को क्रमबद्ध रूप में निम्नलिखित चरणों (steps) में सम्पन्न किया जाता है—

चरण 1. दी गई रिडॉक्स अभिक्रिया की ढाँचा (skeletal) समीकरण लिखिए।

चरण 2. इस समीकरण में उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं को उनके संकेत के ऊपर लिखिए।

चरण 3. उन परमाणुओं को पहचानिये जिनकी ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन हो रहा है।

चरण 4. जिन परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन हो रहा है, उन्हें उपयुक्त संख्याओं से गुणा कर संतुलित कीजिए।

चरण 5. ऑक्सीकारक पदार्थ द्वारा ग्रहण किये गये तथा अपचायक पदार्थ द्वारा दिये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।

चरण 6. ऑक्सीकारक पदार्थ द्वारा ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों तथा अपचायक पदार्थ द्वारा दिये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या को संतुलित करने के लिए उपयुक्त गुणांकों को खोजिए।

चरण 7. ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थों एवं उनके संगत उत्पादों को इन गुणांकों से गुणा कीजिए।

चरण 8. हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन के अतिरिक्त शेष सभी परमाणुओं को संतुलित कीजिए।

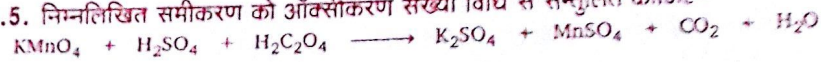
चरण 9. यदि समीकरण आणविक है तो हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन परमाणुओं को सामान्य रूप से संतुलित कर लीजिए। इस प्रकार प्राप्त आणविक समीकरण एक संतुलित समीकरण होगी।

चरण 10. यदि दी गई समीकरण आयनिक है तथा अभिक्रिया अम्लीय माध्यम में सम्पन्न हो रही है तो ऑक्सीजन को संतुलित करने के लिए उस ओर पर्याप्त संख्या में H_2O अणु जोड़िए, जिस ओर ऑक्सीजन की कमी है। अब हाइड्रोजन परमाणुओं को संतुलित करने के लिए पर्याप्त संख्या में दूसरी ओर H^+ आयन जोड़िए। इस प्रकार अम्लीय माध्यम में संतुलित समीकरण प्राप्त हो जायेगी।

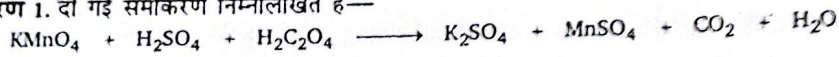
चरण 11. यदि दी गई समीकरण आयनिक है तथा अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में सम्पन्न हो रही है तो ऑक्सीजन परमाणु संतुलित करने के लिए पर्याप्त संख्या में OH^- आयन उस ओर जोड़िए जिस ओर O परमाणुओं की कमी हो। H परमाणुओं को संतुलित करने के लिए प्रत्येक H परमाणु के लिए एक H_2O अणु उस ओर जोड़िए जिस ओर H परमाणु कम हो तथा विपरीत ओर समान संख्या में OH^- आयन जोड़िए। इस प्रकार क्षारीय माध्यम में संतुलित समीकरण प्राप्त हो जायेगी।

निम्न उदाहरणों से उपरोक्त विधि को समझा जा सकता है—

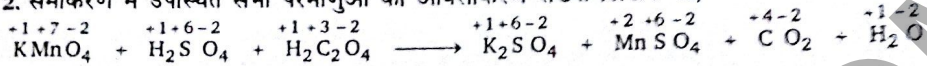
उदाहरण 8.5. निम्नलिखित समीकरण को ऑक्सीकरण संख्या विधि से सन्तुलित कीजिए—



हल—चरण 1. दी गई समीकरण निम्नलिखित है—

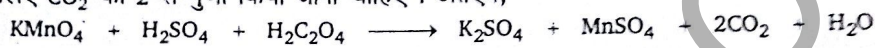


चरण 2. समीकरण में उपस्थित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या लिखने पर,

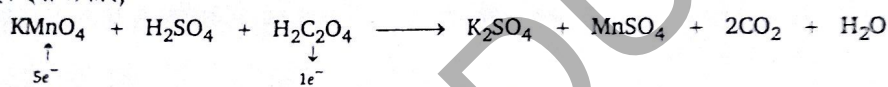


चरण 3. इस समीकरण में ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन प्रदर्शित करने वाले परमाणु Mn (+7 से +2) तथा C (+3 से +4) हैं। प्रकार KMnO_4 एक ऑक्सीकारक है तथा $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ एक अपचायक है।

चरण 4. Mn के परमाणु समीकरण के दोनों ओर समान संख्या में हैं। C परमाणुओं को समीकरण के दोनों ओर समान करने के लिए CO_2 को 2 से गुणा किया जाना चाहिए। अतएव,



चरण 5. KMnO_4 में Mn परमाणु को ऑक्सीकरण संख्या को +7 से +2 तक घटाने के लिए पाँच इलेक्ट्रॉन ग्रहण करना आवश्यक है तथा $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ में प्रत्येक C परमाणु को +3 से +4 ऑक्सीकरण अवस्था में जाने के लिए एक इलेक्ट्रॉन त्यागना आवश्यक है। इस प्रकार,

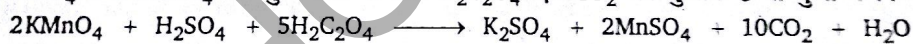


Mn के 1 परमाणु के द्वारा ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 5

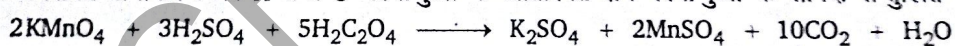
C के 2 परमाणुओं के द्वारा त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या = $1 \times 2 = 2$

चरण 6. ग्रहण किये गये तथा त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या को समान करने के लिए KMnO_4 को 2 से तथा $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ को 5 से गुणा किया जाना चाहिए। इस प्रकार Mn के लिए गुणांक 2 तथा C के लिए गुणांक 5 है।

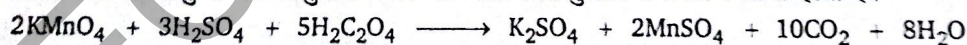
चरण 7. KMnO_4 तथा MnSO_4 को गुणांक 2 से तथा $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ एवं CO_2 को गुणांक 5 से गुणा करने पर,



चरण 8. उपरोक्त समीकरण को H तथा O परमाणुओं के अतिरिक्त शेष परमाणुओं के सापेक्ष सन्तुलित करने पर,

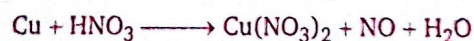


चरण 9. H तथा O परमाणुओं को सन्तुलित करने पर वांछित सन्तुलित समीकरण प्राप्त होती है।

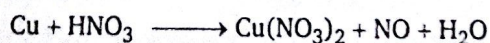


उत्तर

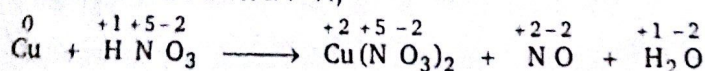
उदाहरण 8.6. निम्न समीकरण को ऑक्सीकरण संख्या विधि से सन्तुलित कीजिए—



हल—चरण 1. दी गई समीकरण निम्न है—



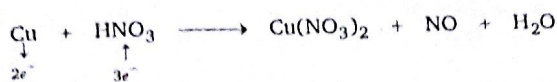
चरण 2. सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या लिखने पर,



चरण 3. इस समीकरण में ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन प्रदर्शित करने वाले परमाणु Cu (0 से +2) तथा N (+5 से NO में +2) हैं। यह ध्यान देने योग्य है कि इस समीकरण में उपस्थित $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ में स्थित N की ऑक्सीकरण संख्या में कोई परिवर्तन नहीं हो रहा है।

चरण 4. ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन प्रदर्शित करने वाले परमाणु पहले ही सन्तुलित हैं।

चरण 5. Cu का एक परमाणु दो इलेक्ट्रॉन त्यागकर अपनी ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि कर 0 से +2 अवस्था को प्राप्त करता है। HNO₃ में एक परमाणु को अपनी ऑक्सीकरण संख्या को +5 से +2 तक घटाने के लिए तीन इलेक्ट्रॉन ग्रहण करना आवश्यक है। अतएव,

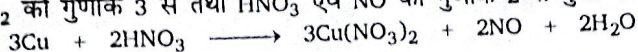


Cu के 1 परमाणु द्वारा त्यागे गये कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 2

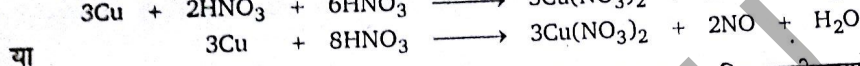
N के 1 परमाणु द्वारा ग्रहण किये गये कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 3

चरण 6. ग्रहण किये गये तथा त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या को समान करने के लिए Cu तथा HNO₃ को क्रमशः गुणांक 3 तथा 2 से गुणा किया जाना चाहिए। इस प्रकार Cu के लिए गुणांक 3 तथा HNO₃ के लिए गुणांक 2 है।

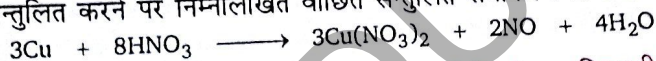
चरण 7. Cu तथा Cu(NO₃)₂ को गुणांक 3 से तथा HNO₃ एवं NO को गुणांक 2 से गुणा करने पर,



चरण 8. चूँकि HNO₃ में उपस्थित नाइट्रोजन का एक भाग ऑक्सीकरण अवस्था में कोई परिवर्तन प्रदर्शित किये बिना Cu(NO₃)₂ के रूप में प्राप्त होता है अतएव 3Cu(NO₃)₂ के अनुरूप समीकरण के बायीं ओर HNO₃ के अणुओं को जोड़ा जाना चाहिए। इस प्रकार,

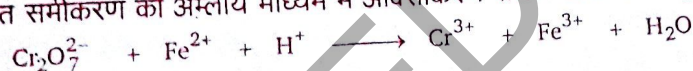


चरण 9. H तथा O परमाणुओं को सन्तुलित करने पर निम्नलिखित वांछित सन्तुलित समीकरण प्राप्त होती है—



उत्तर

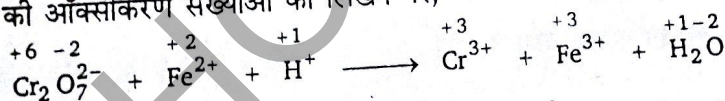
उदाहरण 8.7. निम्नलिखित समीकरण को अम्लीय माध्यम में ऑक्सीकरण संख्या विधि से सन्तुलित कीजिए—



हल—चरण 1. दी गई समीकरण निम्नलिखित है—

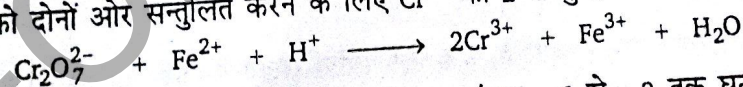


चरण 2. सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं को लिखने पर,

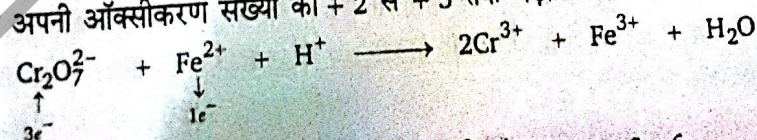


चरण 3. ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन प्रदर्शित करने वाले परमाणु Cr (+6 से +3) तथा Fe (+2 से +3) हैं।

चरण 4. Cr परमाणुओं को दोनों ओर सन्तुलित करने के लिए Cr³⁺ को 2 से गुणा करने पर,



चरण 5. Cr₂O₇²⁻ आयन में Cr का एक परमाणु अपनी ऑक्सीकरण संख्या +6 से +3 तक घटाने में 3 इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है एवं Fe²⁺ आयन अपनी ऑक्सीकरण संख्या को +2 से +3 तक बढ़ाने के लिए 1 इलेक्ट्रॉन का त्याग करता है। इस प्रकार,



Cr के 2 परमाणुओं द्वारा ग्रहण किये गये कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 3 × 2 = 6

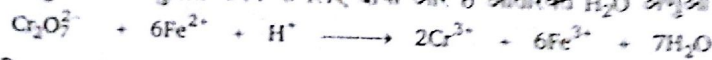
Fe²⁺ के 1 आयन द्वारा त्यागे गये कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या = 1

चरण 6. ग्रहण किये गये तथा त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या को समान करने के लिए Cr₂O₇²⁻ तथा Fe²⁺ आयनों को क्रमशः गुणांक 1 तथा 6 से गुणा किया जाना चाहिए। अतएव Cr₂O₇²⁻ आयन के लिए गुणांक 1 तथा Fe²⁺ आयन के लिए गुणांक 6 होगा।

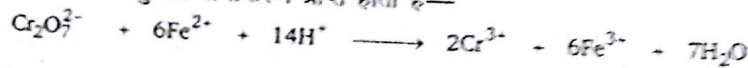
चरण 7. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ तथा Cr^{3+} को गुणांक 1 से Fe^{2+} तथा Fe^{3+} को गुणांक 6 से गुणा करने पर,



चरण 8. H तथा O के अतिरिक्त शेष सभी परमाणु पहले से ही सन्तुलित हैं। चूंकि अभिक्रिया अम्लीय माध्यम में सम्पन्न है, अतएव O परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए दायीं ओर 6 अतिरिक्त H_2O अणुओं को जोड़ा जाना चाहिए।



चरण 9. बायीं ओर अतिरिक्त 13H^+ आयनों को जोड़कर हाइड्रोजन को सन्तुलित किया जा सकता है। इस प्रकार अम्लीय माध्यम में वांछित निम्नलिखित सन्तुलित समीकरण प्राप्त होती है—



(ii) आयन इलेक्ट्रॉन विधि (Ion Electron Method)

इस विधि में दी गई अभिक्रिया को दो अर्ध-अभिक्रियाओं में विभाजित किया जाता है, एक अर्ध-अभिक्रिया ऑक्सीकरण प्रक्रम के साथ तथा दूसरी अर्ध-अभिक्रिया अपचयन के संगत होती है। दोनों अर्ध-अभिक्रियाओं को अलग-अलग सन्तुलित कर इस प्रकार जोड़ा जाता है कि ऑक्सीकरण प्रक्रम में त्यागे गये इलेक्ट्रॉन अपचयन प्रक्रम में पूर्णरूपेण ग्रहण कर लिये जायें।

इस विधि द्वारा रासायनिक समीकरण को सन्तुलित करने की विधि को निम्नलिखित चरणों में सम्पन्न किया जाता है—

चरण 1. दी गई समीकरण को लिखिए।

चरण 2. समीकरण में निहित सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं को लिखिए तथा ऑक्सीकृत एवं अपचयित होने वाले स्पीशीज को पहचानिए।

चरण 3. दी गई अभिक्रिया को ऑक्सीकरण तथा अपचयन के अनुरूप दो अर्ध-अभिक्रियाओं में विभाजित कीजिए।

चरण 4. प्रत्येक ऑक्सीकरण अर्ध-अभिक्रिया एवं अपचयन अर्ध-अभिक्रिया को पूर्व की भाँति सन्तुलित कीजिए।

चरण 5. अब उपरोक्त चरण में प्राप्त सन्तुलित अर्ध-समीकरणों को इस प्रकार जोड़ा जाता है कि उनमें उचित इलेक्ट्रॉन निरस्त (cancel) हो जाएँ। इसके लिए आवश्यकतानुसार दोनों अर्ध-समीकरणों को उपयुक्त गुणांकों से गुणा कर इस प्रकार जोड़ा जाता है कि एक अर्ध-समीकरण में बायीं ओर स्थित इलेक्ट्रॉन दूसरी अर्ध-समीकरण में दायीं ओर स्थित इलेक्ट्रॉनों को निरस्त कर दें।

चरण 6. जो ऑक्सीकारक व अपचायक रासायनिक समीकरण में जिस रूप में प्रयोग हुआ है, उसे उसी रूप में लिखें।

चरण 7. H तथा O के अतिरिक्त सभी परमाणुओं को सन्तुलित कीजिए।

चरण 8. (i) उदासीन अथवा अम्लीय माध्यम में—

(a) जिस ओर ऑक्सीजन परमाणु कम है, उस ओर पर्याप्त संख्या में H_2O अणुओं को जोड़कर ऑक्सीजन को सन्तुलित कीजिए।

(b) जिस ओर हाइड्रोजन परमाणु कम हो, उस ओर पर्याप्त संख्या में H^+ आयनों को जोड़कर सन्तुलित कीजिए।

(ii) क्षारीय माध्यम में—

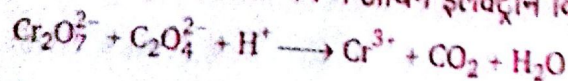
(a) जिस ओर ऑक्सीजन परमाणु कम है, उस ओर पर्याप्त संख्या में OH^- आयनों को जोड़कर ऑक्सीजन को सन्तुलित कीजिए।

(b) जिस ओर हाइड्रोजन परमाणु कम है, उस ओर प्रत्येक H परमाणु के लिए एक H_2O अणु जोड़िये तथा विपरीत ओर समान संख्या में OH^- आयनों को जोड़िए।

चरण 9. जिस ओर ऋणावेश की कमी है, उस ओर वांछित संख्या में इलेक्ट्रॉनों को जोड़कर आवेश को सन्तुलित कीजिए। ऑक्सीकरण अर्ध-समीकरण में दायीं ओर तथा अपचयन अर्ध-समीकरण में बायीं ओर इलेक्ट्रॉनों को जोड़ने की आवश्यकता होती है।

निम्न उदाहरणों से इस विधि को समझा जा सकता है—

उदाहरण 8.8. निम्नलिखित समीकरण को अम्लीय माध्यम में आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा सन्तुलित कीजिए—



द्वितीय अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

हल—चरण 1. दी गई समीकरण निम्नलिखित है—



चरण 2. सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं को लिखने पर,



चरण 3. अपचयन प्रक्रम के संगत अर्द्धसमीकरण निम्नलिखित है—

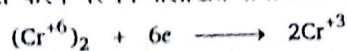


तथा ऑक्सीकरण प्रक्रम के संगत अर्द्धसमीकरण निम्नलिखित है—

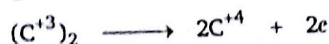


चरण 4. (a) अपचयन अर्द्धसमीकरण को सन्तुलित करना—

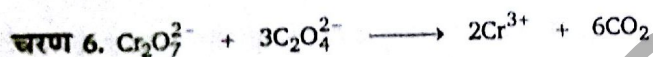
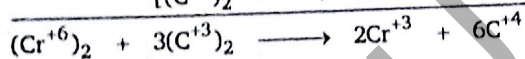
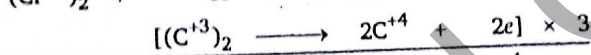
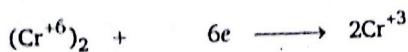
Cr परमाणुओं को सन्तुलित करने पर निम्नलिखित समीकरण प्राप्त होती है—



(b) ऑक्सीकरण अर्द्धसमीकरण को सन्तुलित करना—



चरण 5.



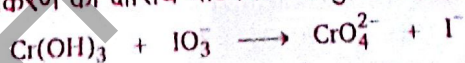
चरण 7. दोनों तरफ H तथा O को छोड़कर शेष परमाणु संतुलित ही है।

चरण 8. अम्लीय माध्यम में O-परमाणुओं को संतुलित करना— बायीं ओर O के 19 परमाणु तथा दायीं ओर 12 परमाणु हैं। अतः दायीं ओर O के सात परमाणु बढ़ाने हेतु $7\text{H}_2\text{O}$ जोड़े तथा बायीं ओर 14H^+

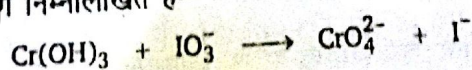


उपरोक्त समीकरण ही अम्लीय माध्यम में दी गई अभिक्रिया की सन्तुलित समीकरण है। यह ध्यान देने योग्य है कि इस समीकरण में सभी परमाणु तथा आवेश पूर्णतः सन्तुलित हैं।

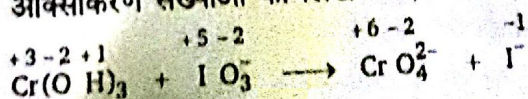
उदाहरण 8.9. निम्नलिखित समीकरण को क्षारीय माध्यम में सन्तुलित कीजिए—



हल—चरण 1. दी गई समीकरण निम्नलिखित है—



चरण 2. सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं को लिखने पर,



स्पष्ट है कि $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ऑक्सीकृत हो रहा है क्योंकि Cr की ऑक्सीकरण संख्या +3 से बढ़कर +6 हो रही है जबकि IO_3^- आयन अपचयित हो रहा है क्योंकि I की ऑक्सीकरण संख्या +5 से घटकर -1 हो रही है।

चरण 3. दी गई अभिक्रिया को निम्नलिखित दो अर्द्धअभिक्रियाओं में विभाजित किया जा सकता है—

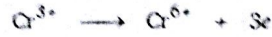


(Oxidation half-reaction)
(Reduction half-reaction)

चरण 4. (a) ऑक्सीकरण अर्द्धसमीकरण को सन्तुलित करना—

(i) Cr परमाणु पहले से सन्तुलित हैं।

(ii) समीकरण के दायीं ओर तीन ऋण आवेशों की कमी है। अतएव आवेश को सन्तुलित करने के लिए दायीं ओर निम्न प्रकार से तीन इलेक्ट्रॉनों को जोड़ा जाना चाहिए—



उपरोक्त समीकरण ऑक्सीकरण अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित समीकरण है।

(b) अपचयन अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित करना—

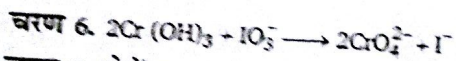
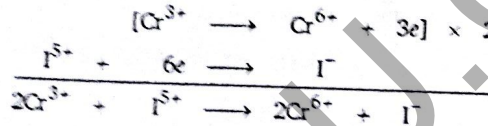
(i) आयोडोन परमाणु पहले से ही सन्तुलित हैं।

(ii) आवेश को दायीं ओर 6 इलेक्ट्रॉनों को जोड़कर सन्तुलित किया जा सकता है।



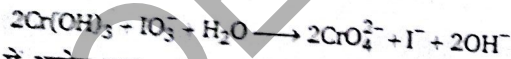
उपरोक्त समीकरण अपचयन अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित समीकरण है।

चरण 5. ऑक्सीकरण अर्द्धअभिक्रिया में दायीं ओर 3 इलेक्ट्रॉन स्थित हैं जबकि अपचयन अर्द्धअभिक्रिया में दायीं ओर 6 इलेक्ट्रॉन उपस्थित हैं। इन इलेक्ट्रॉनों को निम्न प्रकार से ऑक्सीकरण अर्द्धअभिक्रिया को 2 से गुणा कर तथा उसे अपचयन अभिक्रिया में जोड़कर निरस्त किया जा सकता है—

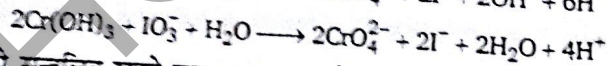
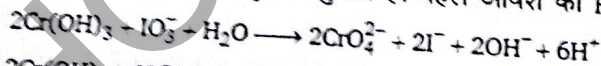


चरण 7. दोनों तरफ H तथा O-परमाणु को छोड़कर शेष परमाणु सन्तुलित ही हैं।

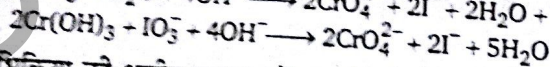
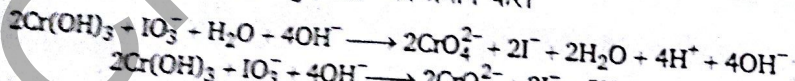
चरण 8. क्षारीय माध्यम में O-परमाणुओं को सन्तुलित करना : दायीं ओर O के 9 परमाणु हैं तथा दायीं ओर 8 परमाणु। अतः दायीं ओर एक H_2O जोड़कर दायीं ओर 2OH^- जोड़ें।



चरण 9. उपरोक्त समीकरण में आवेश तथा H-परमाणु असन्तुलित हैं। पहले आवेश को H^+ से सन्तुलित करें।

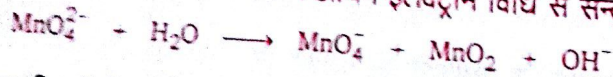


क्षारीय माध्यम हेतु, आवेश को सन्तुलित रखते हुए OH^- का प्रयोग करें।

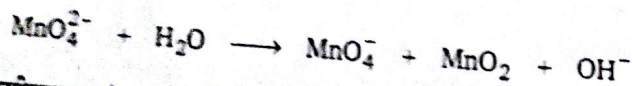


उपरोक्त समीकरण दी गई अभिक्रिया को क्षारीय माध्यम में सन्तुलित समीकरण है।

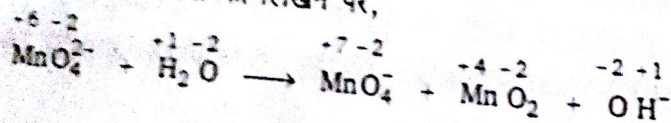
उदाहरण 8.10. निम्नलिखित समीकरण को क्षारीय माध्यम में आयन इलेक्ट्रॉन विधि से सन्तुलित कीजिए—



हल—चरण 1. दी गई अभिक्रिया निम्नलिखित है—



चरण 2. सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं को लिखने पर,



रिडॉक्स अभि

इस समीक

MnO_4^{2-}

MnO_2 मे

चर

च

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

(11)

(12)

(13)

(14)

(15)

(16)

(17)

(18)

(19)

(20)

(21)

(22)

(23)

(24)

(25)

(26)

(27)

(28)

(29)

(30)

(31)

(32)

(33)

(34)

(35)

(36)

(37)

(38)

(39)

(40)

(41)

(42)

(43)

(44)

(45)

(46)

(47)

(48)

(49)

(50)

(51)

(52)

(53)

(54)

(55)

(56)

(57)

(58)

(59)

(60)

(61)

(62)

(63)

(64)

(65)

(66)

(67)

(68)

(69)

(70)

(71)

(72)

(73)

(74)

(75)

(76)

(77)

(78)

(79)

(80)

(81)

(82)

(83)

(84)

(85)

(86)

(87)

(88)

(89)

(90)

(91)

(92)

(93)

(94)

(95)

(96)

(97)

(98)

(99)

(100)

(101)

(102)

(103)

(104)

(105)

(106)

(107)

(108)

(109)

(110)

(111)

(112)

(113)

(114)

(115)

(116)

(117)

(118)

(119)

(120)

(121)

(122)

(123)

(124)

(125)

(126)

(127)

(128)

(129)

(130)

(131)

(132)

(133)

(134)

(135)

(136)

(137)

(138)

(139)

(140)

(141)

(142)

(143)

(144)

(145)

(146)

(147)

(148)

(149)

(150)

(151)

(152)

(153)

(154)

(155)

(156)

(157)

(158)

(159)

(160)

(161)

(162)

(163)

(164)

(165)

(166)

(167)

(168)

(169)

(170)

(171)

(172)

(173)

(174)

(175)

(176)

(177)

(178)

(179)

(180)

(181)

(182)

(183)

(184)

(185)

(186)

(187)

(188)

(189)

(190)

(191)

(192)

(193)

(194)

(195)

(196)

(197)

(198)

(199)

(200)

(201)

(202)

(203)

(204)

(205)

(206)

(207)

(208)

(209)

(210)

(211)

(212)

(213)

(214)

(215)

(216)

(217)

(218)

(219)

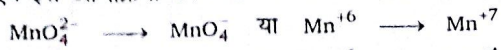
(220)

(221

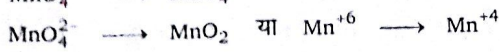
रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

इस समीकरण में दायीं ओर Mn दो ऑक्सीकरण अवस्थाओं + 7 तथा + 4 में स्थित है। इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि MnO_4^{2-} आयनों का एक भाग MnO_4^- में ऑक्सीकृत (ऑक्सीकरण संख्या में + 6 से + 7 तक वृद्धि) हो रहा है तथा इसका शेष भाग MnO_2 में अपचयित (ऑक्सीकरण संख्या में + 6 से + 4 तक कमी) हो रहा है।

चरण 3. अतएव इस अभिक्रिया की अर्द्धअभिक्रियाओं को निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है—



(Oxidation half-reaction)



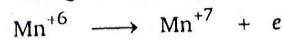
(Reduction half-reaction)

चरण 4. (a) ऑक्सीकरण अभिक्रिया को सन्तुलित करना—

(i) Mn परमाणु पहले से ही सन्तुलित है।

(ii) ऑक्सीजन परमाणु भी पहले से सन्तुलित है। अभिक्रिया में कोई H परमाणु उपस्थित नहीं है।

(iii) आवेश को दायीं ओर एक इलेक्ट्रॉन जोड़कर सन्तुलित किया जा सकता है।

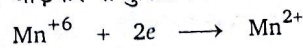


उपरोक्त समीकरण ऑक्सीकरण अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित समीकरण है।

(b) अपचयन अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित करना—

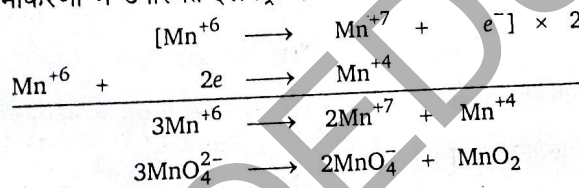
(i) Mn परमाणु पहले से ही सन्तुलित है।

(iii) आवेश को बायीं ओर 2 इलेक्ट्रॉन जोड़कर सन्तुलित किया जा सकता है—

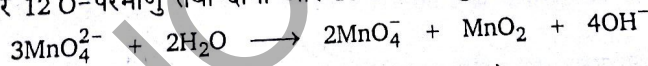


यह अपचयन अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित समीकरण है।

चरण 5. दोनों सन्तुलित अर्द्धसमीकरणों में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों को निम्न प्रकार निरस्त किया जा सकता है—



या
उपरोक्त अभिक्रिया में बायीं ओर 12 O-परमाणु तथा दायीं ओर 10 O-परमाणु हैं अतः क्षारीय माध्यम में सन्तुलित करने पर—



उपरोक्त समीकरण दी गई अभिक्रिया की क्षारीय माध्यम में सन्तुलित समीकरण है।

8.7 रिडॉक्स अभिक्रियाओं की स्टॉयशियोमिति (Stoichiometry of Redox Reactions)

पद स्टॉयशियोमिति का तात्पर्य रासायनिक अभिक्रियाओं में निहित अभिकारकों तथा उत्पादों की मात्रा की गणना से है। हम अध्याय 1 में सामान्य आणविक अभिक्रियाओं की स्टॉयशियोमिति का अध्ययन कर चुके हैं। किसी रिडॉक्स अभिक्रिया में ऑक्सीकारकों, अपचायकों तथा उनके उत्पादों की मात्रा की गणना रिडॉक्स अभिक्रियाओं की स्टॉयशियोमिति में की जाती है। मोल संकल्पना की धारणा के पूर्व रिडॉक्स अभिक्रियाओं की स्टॉयशियोमितीय गणनाओं का अध्ययन निम्न तीन संकल्पनाओं के आधार पर किया जाता था—

[A] तुल्यांक द्रव्यमान संकल्पना (Concept of Equivalent Mass)

[B] नॉर्मलता की संकल्पना (Concept of Normality)

[C] मोल संकल्पना (Concept of Mole)

यद्यपि आजकल तुल्यांक द्रव्यमान तथा नॉर्मलता संकल्पनाओं की तुलना में मोल संकल्पना को अधिक पसन्द किया जाता है फिर भी ये संकल्पनाएँ महत्वपूर्ण हैं और हमें इनका ज्ञान होना चाहिए। निम्न विवरण में हम संक्षेप में इन संकल्पनाओं का अध्ययन कर मोल संकल्पना के आधार पर रिडॉक्स अभिक्रियाओं की स्टॉयशियोमिति का अध्ययन करेंगे।

[A] तुल्यांक द्रव्यमान संकल्पना के आधार पर

किसी पदार्थ का तुल्यांक द्रव्यमान उस पदार्थ का वह द्रव्यमान (भाग में) है, जो द्रव्यमान के अनुसार हाइड्रोजन के 1.008 भाग अथवा ऑक्सीजन के 8 भाग से अथवा क्लोरिन के 35.5 भाग से प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप में संयोग करता है अथवा विस्थापित होता है।

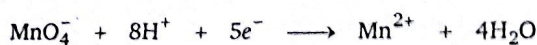
किसी ऑक्सीकारक अथवा अपचायक के तुल्यांक द्रव्यमान की गणना निम्न प्रकार से की जा सकती है—

$$\text{किसी ऑक्सीकारक का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{सूत्र द्रव्यमान}}{\text{एक सूत्र इकाई द्वारा ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या}} \quad (8.3)$$

$$\text{किसी अपचायक का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{सूत्र द्रव्यमान}}{\text{एक सूत्र इकाई द्वारा त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या}} \quad (8.4)$$

इसे निम्न उदाहरणों से समझा जा सकता है—

(a) **अम्लीय माध्यम में KMnO_4 का तुल्यांक द्रव्यमान**—अम्लीय माध्यम में KMnO_4 की ऑक्सीकारक प्रकृति को निम्नलिखित आयनिक समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—

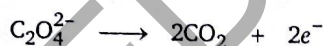


स्पष्ट है कि MnO_4^- आयन की एक सूत्र इकाई Mn^{2+} आयनों में अपचयित होने की प्रक्रिया में 5 इलेक्ट्रॉन ग्रहण करती है। अतएव,

$$\text{MnO}_4^- \text{ का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{आयनिक द्रव्यमान}}{5} = \frac{119}{5} = 23.8$$

$$\text{तथा } \text{KMnO}_4 \text{ का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{आणविक द्रव्यमान}}{5} = \frac{158}{5} = 31.6$$

(b) **ऑक्जेलिक अम्ल का तुल्यांक द्रव्यमान**—ऑक्जेलिक अम्ल की अपचायक प्रकृति को निम्नलिखित आयनिक समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—

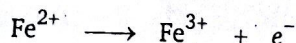


चूँकि एक $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ आयन CO_2 में ऑक्सीकृत होने में 2 इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है अतएव,

$$\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \text{ का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{आयनिक द्रव्यमान}}{2} = \frac{88}{2} = 44$$

$$\text{तथा } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{आणविक द्रव्यमान}}{2} = \frac{90}{2} = 45$$

(c) **फैरस सल्फेट का तुल्यांक द्रव्यमान**—फैरस सल्फेट की अपचायक प्रकृति को निम्नलिखित आयनिक समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—



चूँकि एक Fe^{2+} आयन Fe^{3+} आयन में ऑक्सीकृत होने के प्रक्रम में एक इलेक्ट्रॉन त्यागता है, अतएव

$$\text{Fe}^{2+} \text{ आयन का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{आयनिक द्रव्यमान}}{1} = \frac{56}{1} = 56$$

$$\text{FeSO}_4 \text{ का तुल्यांक द्रव्यमान} = \frac{\text{आणविक द्रव्यमान}}{1} = \frac{152}{1} = 152$$

तुल्यांक द्रव्यमान की संकल्पना किसी रिडॉक्स अभिक्रिया में ऑक्सीकारकों, अपचायकों तथा उत्पादों की मात्रा की गणना में अत्यन्त उपयोगी है।

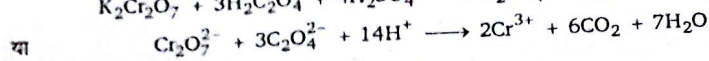
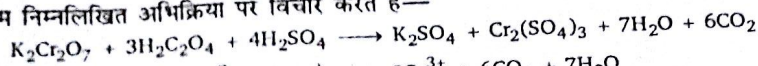
[B] नॉर्मलता संकल्पना के आधार पर

हम अध्याय 1 में नॉर्मलता संकल्पना का अध्ययन कर चुके हैं। नॉर्मलता संकल्पना के आधार पर की गई स्टॉयशियोमितीय गणनाएँ एक महत्वपूर्ण सम्बन्ध पर आधारित हैं, जिसे नॉर्मलता सम्बन्ध (normality relation) कहा जाता है। यह सम्बन्ध रासायनिक तुल्यता

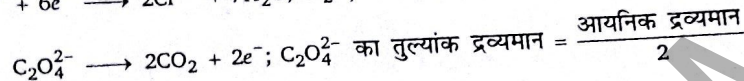
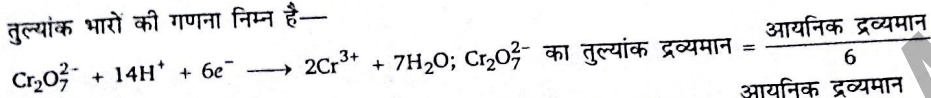
रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

(chemical equivalence) के नियम पर आधारित है। इस नियम के अनुसार, किसी रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों की मात्राएँ उनके तुल्यांक द्रव्यमानों के अनुपात में होती हैं।

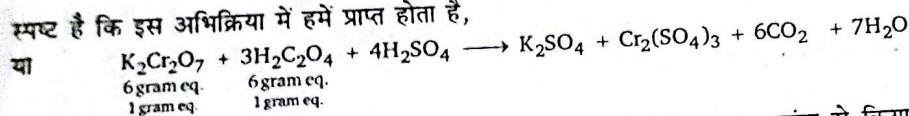
उदाहरणार्थ—हम निम्नलिखित अभिक्रिया पर विचार करते हैं—



$Cr_2O_7^{2-}$ तथा $C_2O_4^{2-}$ के तुल्यांक भारों की गणना निम्न है—



स्पष्ट है कि इस अभिक्रिया में हमें प्राप्त होता है,



इस प्रकार, $K_2Cr_2O_7$ का एक ग्राम तुल्यांक ऑक्जेलिक अम्ल के एक ग्राम तुल्यांक से क्रिया कर उसी अनुपात में उत्पादों का निर्माण करता है।

नॉर्मलता सम्बन्ध को निम्न प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है—

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

जहाँ, N_1 = विलयन नं० 1 की नॉर्मलता

V_1 = विलयन नं० 1 का आयतन

N_2 = विलयन नं० 2 की नॉर्मलता

V_2 = विलयन नं० 2 का आयतन।

यदि V_1 एवं V_2 लीटर में हैं तो अभिकारक के तुल्यांक $= N \times V_1$

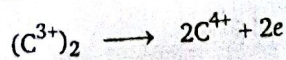
यदि V_1 एवं V_2 मिली में हैं तो अभिकारक के मिली तुल्यांक $= N \times V_{mL}$

अतः तुल्यांकी संकल्पना के अनुसार अभिकारकों के समान मिली तुल्यांक या तुल्यांक क्रिया कर एक-दूसरे का पूर्णतः ऑक्सीकरण एवं अपचयन दिखाते हैं।

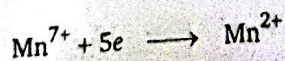
नॉर्मलता सम्बन्ध की सहायता से एक विलयन की नॉर्मलता ज्ञात होने पर दूसरे विलयन की नॉर्मलता ज्ञात की जा सकती है।

उदाहरण 8.11. 6.3 ग्राम ऑक्जेलिक अम्ल डाइहाइड्रेट को जल में विलेय करके 250 मिली विलयन प्राप्त किया गया। इस विलयन के 10 मिली को ऑक्सीकृत करने के लिए 0.1N $KMnO_4$ के कितने आयतन की आवश्यकता होगी?

हल— $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ का अणुभार = 126



अतः $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ का तुल्यांकी भार $= \frac{126}{2}$



अतः $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ के मिली तुल्यांक $= KMnO_4$ के मिली तुल्यांक

$$\frac{W}{E} \times 1000 = 0.1 \times V$$

$$\frac{6.3}{126/2} \times 1000 = 0.1 \times V$$

$\therefore V = 1000 \text{ mL या } 1 \text{ लीटर}$

[C] मोल संकल्पना के आधार पर

रिडॉक्स अभिक्रियाओं के लिए स्टॉयशियोमितीय गणनाओं को मोल संकल्पना के आधार पर निम्नलिखित मोलरता सम्यन्त्र सहायता से आसानी से किया जा सकता है—

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$M_1 \times n_1 \times V_1 = M_2 \times n_2 \times V_2$$

$$\frac{M_1 V_1}{n_1} = \frac{M_2 V_2}{n_2}$$

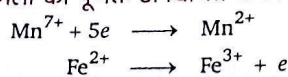
$$(\because N = M \times n)$$

या

जहाँ, M_1 तथा V_1 अपचायक विलयन की क्रमशः मोलरता तथा आयतन हैं, M_2 तथा V_2 ऑक्सीकारक विलयन की क्रमशः मोलरता तथा आयतन हैं, n_1 तथा n_2 अभिक्रिया की सन्तुलित समीकरण में क्रमशः अपचायक एवं ऑक्सीकारक पदार्थों के n -गुणांक (n -factor) हैं।

उदाहरण 8.12. 0.2M KMnO_4 के 50 मिली को पूर्णतः अपचयित करने हेतु 0.1M FeSO_4 को कितने मिली का प्रयोग होगा?

हल—



अतः KMnO_4 एवं FeSO_4 के n -गुणांक क्रमशः 5 एवं 1 हैं।

KMnO_4 के मिली तुल्यांक = FeSO_4 के मिली तुल्यांक

$$0.2 \times 5 \times 50 = 0.1 \times 1 \times V$$

$$(\because M = n \times N)$$

$V = 500$ मिली

8.8 अनुमापन के आधार के रूप में रिडॉक्स अभिक्रियाओं के अनुप्रयोग

(Redox Reactions as the Basis for Titration and their Applications)

अनुमापन एक प्रायोगिक तकनीक है जिसमें एक ज्ञात शक्ति वाले विलयन की सहायता से किसी अज्ञात विलयन की शक्ति ज्ञात की जाती है। अनुमापन प्रक्रिया में विलयन में एक निश्चित प्रकार की अभिक्रिया को सम्पन्न किया जाता है। जैसे—अम्ल क्षार अनुमापन में एक अम्ल को किसी क्षार द्वारा उदासीन किया जाता है और अभिक्रिया के समापन बिन्दु अर्थात् अन्त बिन्दु (end point) को एक उपयुक्त pH सूचक की सहायता से ज्ञात किया जाता है।

रिडॉक्स अभिक्रियाओं को सम्पन्न करके भी अनुमापन किये जा सकते हैं। इस प्रकार के अनुमापनों को रिडॉक्स अनुमापन (Redox titrations) कहा जाता है। रिडॉक्स अनुमापन किसी अपचायक अथवा ऑक्सीकारक की शक्ति ज्ञात करने में अत्यन्त सहायक होते हैं।

रिडॉक्स अनुमापनों में अन्त बिन्दु (end point) का निर्धारण किसी रिडॉक्स संवेदनशील सूचक (Redox sensitive indicator) की सहायता से किया जाता है। किसी रिडॉक्स विशेष प्रक्रम के लिए उपयुक्त सूचक का चयन करना आवश्यक है। किसी रिडॉक्स विशेष अनुमापन के लिए उपयुक्त सूचक का चुनाव निम्न तीन प्रकार से किया जा सकता है—

(i) यदि अधिकारक स्वयं तीव्र रंग युक्त है तो यह स्वयं एक सूचक का कार्य करता है और अन्य किसी सूचक की आवश्यकता नहीं होती है। KMnO_4 या परमैंगनेट (MnO_4^-) आयन इस प्रकार का एक अधिकर्मक है। अतएव यदि अनुमापन में KMnO_4 का प्रयोग किया जाता है तो MnO_4^- आयन स्वयं एक सूचक का कार्य करता है।

KMnO_4 का उपयोग किये जाने वाले अनुमापनों में अन्त बिन्दु उस समय प्राप्त होता है जबकि MnO_4^- विलयन का गुलाबी बैंगनी रंग उड़ जाता है और प्रथम स्थिर हल्की गुलाबी-सी छटा प्राप्त होती है। इस स्थिति में प्रयुक्त अपचायक (Fe^{2+} अथवा $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) पूर्णरूपेण ऑक्सीकृत हो जाता है एवं अपचायक तथा ऑक्सीकारक स्टॉयशियोमितीय मोल पदों के रूप में तुल्यांक होते हैं। अन्त बिन्दु पर विलयन में MnO_4^- आयनों का सान्द्रण काफी कम लगभग 10^{-6} मोल प्रतिलीटर होता है। रंग में परिवर्तन अत्यधिक संवेदनशील होता है जिससे अनुमापन परिणाम काफी शुद्ध प्राप्त होते हैं।

(ii) यदि अनुमापन में प्रयुक्त अधिकारक रंगहीन है तो ऐसे सूचक का प्रयोग किया जाता है, जो अधिकारक के पूर्णरूपेण प्रयुक्त होने के बिन्दु पर तुरन्त ही ऑक्सीकृत हो सके। इस प्रकार के सूचक अन्त बिन्दु पर नाटकीय रूप से रंग परिवर्तन प्रदर्शित करते हैं। जैसे— $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ अधिकारक के अनुमापनों में डाइफिनाइलैमीन (diphenylamine) का प्रयोग एक सूचक के रूप में किया जाता है। $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ एक स्वसूचक (self indicator) का कार्य नहीं करता है। इसका कार्य प्रयुक्त सूचक डाइफिनाइलैमीन को अन्त बिन्दु पर ऑक्सीकृत कर एक तीव्र नीले रंग को उत्पन्न करना है, जो अनुमापन के पूर्ण होने को इंगित करता है।

(iii) जिन अनुमापनों में I^- आयनों को ऑक्सीकृत करने की क्षमता रखने वाले अभिकारकों का प्रयोग किया जाता है, उन अनुमापनों में प्रायः स्टार्च का उपयोग सूचक के रूप में किया जाता है। जैसे— Cu^{2+} तथा I^- आयनों निहित अनुमापनों में आयोडीन मुक्त होती है, जिसे थायोसल्फेट ($S_2O_3^{2-}$) आयनों के द्वारा अनुमापित किया जाता है।



मुक्त आयोडीन स्टार्च के साथ एक तीव्र नीला रंग देती है। यह $S_2O_3^{2-}$ आयनों के साथ निम्नलिखित रिडॉक्स अभिक्रिया सम्पन्न करती है—



आयोडीन जल में अविलेय है लेकिन KI की उपस्थिति में यह KI_3 के रूप में विलयन में स्थित रहती है। जब Cu^{2+} तथा I^- आयनों की क्रिया से आयोडीन के मुक्त होने के पश्चात् स्टार्च मिलाया जाता है तो तीव्र नीला रंग उत्पन्न होता है। यह रंग उस समय लुप्त हो जाता है जब आयोडीन पूर्णरूपेण $S_2O_3^{2-}$ आयनों से क्रिया कर लेती है। इस प्रकार नीले रंग का लुप्त होना अनुमापन के अन्त बिन्दु को इंगित करता है।

स्वतः मूल्यांकन एवं प्रतियोगी परीक्षा फाइल

अतिलघु उत्तरीय प्रकार के प्रश्न

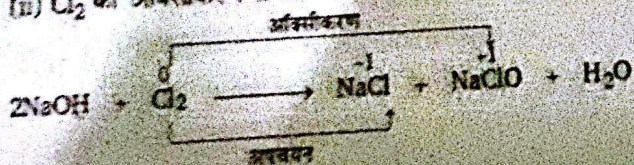
Very Short Answer Type Questions

(प्रत्येक प्रश्न 1 अंक का है)

- रिडॉक्स अभिक्रिया से क्या अभिप्राय है? एक उदाहरण देकर समझाइए।
- ऑक्सीकारक तथा अपचायक को परिभाषित कीजिए।
- ऑक्सीकरण को इलेक्ट्रॉन के पदों में परिभाषित कीजिए।
- अपचयन को ऑक्सीकरण संख्या के पदों में परिभाषित कीजिए।
- निम्नलिखित अभिक्रियाओं में ऑक्सीकृत तथा अपचयित होने वाले पदार्थों को पहचानिए—
(i) $SO_2 + 2H_2S \longrightarrow 2H_2O + 3S$
(ii) $2NaOH + Cl_2 \longrightarrow NaCl + NaClO + H_2O$
- क्या प्रबल अम्ल का प्रबल क्षार द्वारा उदासीनीकरण प्रक्रम एक रिडॉक्स अभिक्रिया है?
- निम्नलिखित रिडॉक्स अभिक्रियाओं के लिए अर्द्धसमीकरण लिखिए—
(i) $Zn(s) + PbCl_2(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + Pb(s)$
(ii) $NO_3^-(aq) + Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + NH_4^+(aq)$
- निम्नलिखित स्पीशीजों में रेखांकित तत्वों की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए—
 $SiH_4, BH_3, BF_3, BrO_4^-$ तथा HPO_4^{2-}
- निम्नलिखित में C की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए—
 $CO, CO_2, HCO_3^-, C_2H_6, C_4H_{10}$
- निम्नलिखित में O की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए—
 OF_2, Na_2O_2 तथा CH_3COOH
- निम्नलिखित अभिक्रिया में H_2S तथा SO_2 में S की ऑक्सीकरण संख्या में होने वाले परिवर्तन की गणना कीजिए—
 $2H_2S(g) + SO_2(g) \longrightarrow 3S(s) + 2H_2O(g)$
- एक विद्युतरासायनिक सैल में एनोड पर किस प्रकार की अभिक्रिया सम्पन्न होती है?
- एक गैल्वेनिक सैल में इलेक्ट्रॉनों के बहाव की दिशा क्या होती है?
- ऑक्सीकारक तथा अपचायक पदार्थों के एक ही विलयन में उपस्थित होने पर रासायनिक ऊर्जा किस रूप में परिवर्तित होती है?

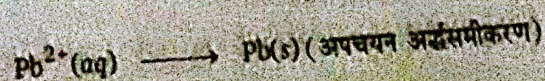
उत्तर

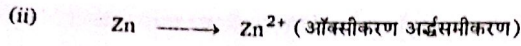
- (i) H_2S का ऑक्सीकरण तथा SO_2 का अपचयन हो रहा है।
(ii) Cl_2 का ऑक्सीकरण तथा अपचयन दोनों होते हैं।



6. नहीं

- (i) $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq)$
(ऑक्सीकरण अर्द्धसमीकरण)

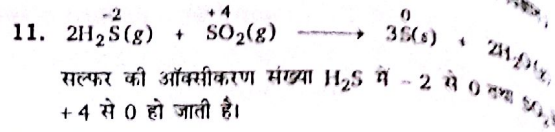




8. $-4, -3, +3, +7, +5$

9. $+2, +4, +4, -3, -2.5$

10. $+2, -1, 0$



12. ऑक्सीकरण।

13. एनोड से कैथोड की ओर।

14. ऊष्मा ऊर्जा।

लघु उत्तरीय प्रकार के प्रश्न

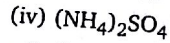
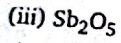
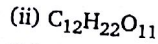
Short Answer Type Questions

(प्रत्येक प्रश्न 2 या 3 अंक का है)

1. ऑक्सीकरण तथा अपचयन की प्राचीन अवधारणाएँ क्या हैं? उदाहरण सहित स्पष्ट कीजिए।

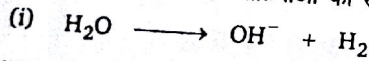
2. ऑक्सीकरण तथा अपचयन की आधुनिक अवधारणाएँ क्या हैं? उदाहरणों सहित स्पष्ट कीजिए।

3. निम्नलिखित स्पीशीजों में सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या की गणना कीजिए—



4. ऑक्सीकरण, अपचयन, ऑक्सीकारक तथा अपचायक को ऑक्सीकरण संख्या के पदों में परिभाषित कीजिए।

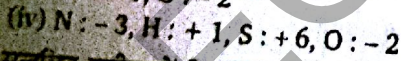
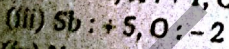
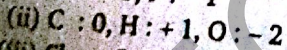
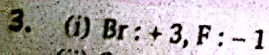
5. निम्नलिखित अर्द्ध-सैल अभिक्रियाओं को सन्तुलित कीजिए—



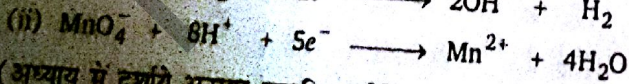
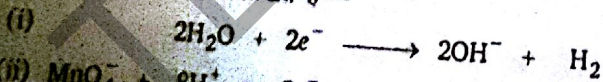
6. निम्नलिखित कथन पर टिप्पणी कीजिए—

ऑक्सीकरण तथा अपचयन सम्पूरक (Complementary) प्रक्रम हैं।

7. निम्नलिखित अभिक्रियाएँ रिडॉक्स (ऑक्सीकरण-अपचयन) अभिक्रियाएँ क्यों नहीं हैं?



5. सन्तुलित समीकरण निम्नलिखित हैं—

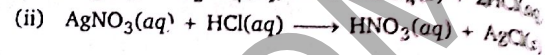
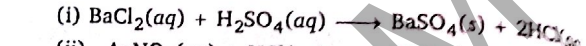


(अध्याय में दशाये अनुसार सन्तुलित कीजिए।)

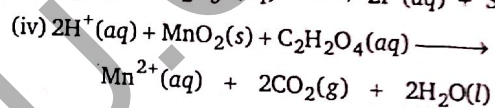
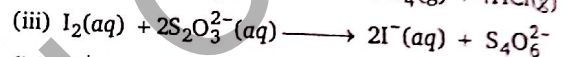
7. दो गयी अभिक्रियाओं में किसी भी तत्व की ऑक्सीकरण संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

8. ऑक्सीकारक—(i) Cl_2 , (ii) Cl_2 , (iii) I_2 , (iv) MnO_2

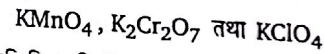
अपचायक—(i) Br^- , (ii) CH_4 , (iii) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, (iv) $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$



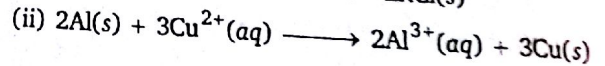
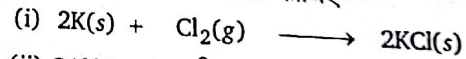
8. निम्नलिखित अभिक्रियाओं में ऑक्सीकारक तथा अपचायक पहचानिए—



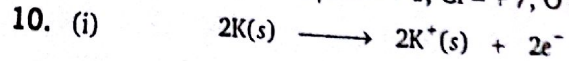
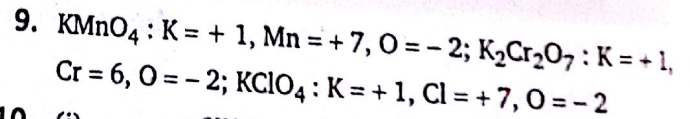
9. निम्नलिखित ऑक्सीकारकों में सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या ज्ञात कीजिए—



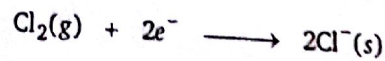
10. निम्नलिखित रिडॉक्स अभिक्रियाओं को ऑक्सीकरण तथा अपचयन अर्द्धअभिक्रियाओं में वियोजित कीजिए—



संकेत एवं हल



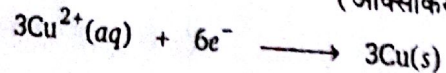
(ऑक्सीकरण अर्द्धअभिक्रिया)



(अपचयन अर्द्धअभिक्रिया)



(ऑक्सीकरण अर्द्धअभिक्रिया)



(अपचयन अर्द्धअभिक्रिया)

विस्तृत उत्तरीय प्रकार के प्रश्न Long Answer Type Questions

(प्रत्येक प्रश्न 5 या अधिक अंक का है)

- ऑक्सीकरण संख्या से क्या अभिप्राय है? इसकी गणना करने के लिए प्रयुक्त नियमों का उल्लेख कीजिए। Na_2S , Na_2SO_3 , Na_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ तथा $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ में S की ऑक्सीकरण संख्या की गणना कीजिए।
- ऑक्सीकरण संख्या का सिद्धान्त किसी रिडॉक्स अभिक्रिया में ऑक्सीकारक तथा अपचायक की पहचान करने में किस प्रकार सहायक है? उदाहरणों सहित स्पष्ट कीजिए।
- निम्नलिखित अभिक्रिया का उदाहरण देते हुए स्पष्ट कीजिए कि ऑक्सीकरण संख्या विधि द्वारा किसी रिडॉक्स अभिक्रिया को किस प्रकार सन्तुलित किया जाता है?
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{FeSO}_4 \longrightarrow$
- निम्नलिखित अभिक्रिया का उदाहरण देते हुए स्पष्ट कीजिए कि आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा किसी रिडॉक्स अभिक्रिया को किस प्रकार सन्तुलित किया जाता है?
 $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Cu} + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- निम्न पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए—
(i) ऑक्सीकरण तथा अपचयन
(ii) ऑक्सीकारक तथा अपचायक
(iii) भिन्नात्मक ऑक्सीकरण संख्या
(iv) स्टॉक संकेतीकरण।

वस्तुनिष्ठ प्रकार के प्रश्न Objective Type Questions

निम्नलिखित प्रश्नों में सही विकल्प का चयन कीजिए—

- एक अपचायक वह पदार्थ है, जो—
(a) इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करता है
(b) इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है
(c) प्रोटॉन को ग्रहण करता है
(d) प्रोटॉन का त्याग करता है।
- SnCl_2 , HgCl_2 के विलयन के साथ अवक्षेप देता है। इस प्रक्रम में HgCl_2 —
(a) अपचयित होता है
(b) ऑक्सीकृत होता है
(c) Sn तथा Hg युक्त संकुल (complex) में परिवर्तित हो जाता है
(d) Hg के क्लोरो संकुल में परिवर्तित हो जाता है।
- कॉपर (ताँबे) के एक तार को AgNO_3 के विलयन में रखने पर विलयन नीला हो जाता है। इसका कारण है—
(a) Cu का ऑक्सीकरण
(b) Cu का अपचयन
(c) विलेय संकुल का निर्माण
(d) Ag का ऑक्सीकरण।
- CH_2O में C की ऑक्सीकरण संख्या है—
(a) -2
(b) +2
(c) 0
(d) +4.
- निम्नलिखित में से कौन-सा प्रबलतम अपचायक है?
(a) F_2
(b) Cl_2
(c) Br_2
(d) I_2 .
- फॉस्फोरस + 3 ऑक्सीकरण संख्या दर्शाता है—
(a) ऑर्थोफॉस्फोरिक अम्ल में
(b) फॉस्फोरस अम्ल में
(c) मेटा फॉस्फोरिक अम्ल में
(d) पायरो फॉस्फोरिक अम्ल में।
- ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या +2 है—
(a) H_2O_2 में
(b) H_2O में
(c) OF_2 में
(d) SO_2 में।
- एक तत्व की सर्वाधिक सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था -2 है। इसके बाह्यतम कक्ष में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या है—
(a) 2
(b) 4
(c) 6
(d) 8.
- एक धात्विक आयन M^{3+} से एक अभिक्रिया में तीन इलेक्ट्रॉनों की हानि होने पर इसकी ऑक्सीकरण संख्या होगी—
(a) शून्य
(b) +2
(c) +3
(d) +6.
- निम्नलिखित अभिक्रिया,
 $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO}$
को सन्तुलित करने के लिए आवश्यक इलेक्ट्रॉनों की संख्या है—
(a) 5
(b) 4
(c) 3
(d) 2.
- निम्नलिखित रिडॉक्स अभिक्रिया,
 $\text{MnO}_4^- + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
की सन्तुलित समीकरण में अभिकारकों के सही गुणांक (coefficients) हैं—

	MnO_4^-	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	H^+
(a)	2	5	16
(b)	16	5	2
(c)	5	16	2
(d)	2	16	5

12. निम्नलिखित में से कौन-सी अभिक्रिया रिडॉक्स अभिक्रिया नहीं है?
- $\text{H}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Zn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
 - $\frac{1}{2}\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{HCl}$
 - $\text{Zn} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{ZnO}$
13. पोटैशियम सुपरऑक्साइड में ऑक्सीजन परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या है—
- $-\frac{1}{2}$
 - 1
 - 2
 - 0
14. अभिक्रिया,
 $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 को संतुलित करने पर CO_2 तथा H_2O के गुणांकों का अनुपात प्राप्त होगा—
- 1 : 1
 - 1 : 3
 - 2 : 3
 - 3 : 2
15. श्वेत P कास्टिक सोडा से क्रिया करके उत्पाद के रूप में PH_3 तथा NaH_2PO_2 देता है। यह अभिक्रिया उदाहरण है—
- ऑक्सीकरण का
 - अपचयन का
 - असमानुपातन का
 - उदासीनीकरण का।
16. निम्नलिखित में से किस अभिक्रिया में ऑक्सीकरण संख्या में -5 का परिवर्तन होता है?
- $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+}$
 - $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}$
 - $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{MnO}_2$
 - $\text{CrO}_4^{2-} \longrightarrow \text{Cr}^{3+}$
17. निम्नलिखित अभिक्रिया,
 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{Fe}^{2+} + 14\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 6\text{Fe}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
 में ऑक्सीकारक का कार्य करने वाला आयन है—
- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
 - Fe^{2+}
 - Cr^{3+}
 - H^+
18. Mn_2O_7 के लिए स्टॉक निरूपण (Stock notation) है—
- मैंगनीज (II) ऑक्साइड
 - मैंगनीज (III) ऑक्साइड
 - मैंगनीज (V) ऑक्साइड
 - मैंगनीज (VII) ऑक्साइड।
19. $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ में S की औसत ऑक्सीकरण संख्या है—
- 0
 - +5
 - 0 तथा +5 दोनों
 - $+\frac{5}{2}$
20. निम्नलिखित में से कौन-सी सही रिडॉक्स अपघटन (decomposition) अभिक्रिया है?
- $\text{CaCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 - $2\text{KClO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$
- (c) $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{F}_2(\text{g}) \longrightarrow 4\text{HF}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g})$
- (d) $2\text{Na}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NaCl}(\text{s})$
21. निम्नलिखित में से कौन-सी असमानुपातन (disproportionation) अभिक्रिया नहीं है?
- $\text{P}_4(\text{s}) + 3\text{OH}^-(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{PH}_3(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{PO}_2^-(\text{aq})$
 - $2\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{F}^-(\text{aq}) + \text{OF}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$
22. निम्नलिखित रिडॉक्स अभिक्रिया,
 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 के लिए संतुलित समीकरण में अभिकारकों के सही गुणांक है—
- | | | | |
|-----|------------------------------|-----------------------------|--------------|
| | $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ | $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ | H^+ |
| (a) | 3 | 1 | 7 |
| (b) | 14 | 1 | 3 |
| (c) | 7 | 3 | 14 |
| (d) | 1 | 3 | 14 |
23. निम्नलिखित अभिक्रिया,
 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 2e^-$
 में $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ आयन का तुल्यांक भार है—
- 11
 - 22
 - 44
 - 88
24. अम्लीय माध्यम में FeSO_4 के KMnO_4 के साथ अनुमापन में KMnO_4 का 1 मोल FeSO_4 के x मोलों के साथ क्रिया करता है। x का मान है—
- 10
 - 8
 - 5
 - 3
25. $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ में Fe की ऑक्सीकरण संख्या है—
- +3
 - 3
 - +2
 - 2
26. MnO_4^- विभिन्न माध्यमों में निम्नलिखित परिवर्तनों के द्वारा प्रबल ऑक्सीकारक का कार्य करता है—
- | |
|--|
| $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+}$ |
| $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{MnO}_4^{2-}$ |
| $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{MnO}_2$ |
| $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3$ |
- इनमें Mn की ऑक्सीकरण संख्या में होने वाले परिवर्तन हैं, क्रमशः—
- 1, 3, 4, 5
 - 5, 4, 3, 2
 - 5, 1, 3, 4
 - 2, 6, 4, 3
- (A.I.E.E.E., 2002)
27. CaOCl_2 (विरंजक चूर्ण) में Cl की ऑक्सीकरण संख्या है—
- Cl_2 की उपस्थिति के कारण शून्य
 - Cl^- की उपस्थिति के कारण -1
 - ClO^- की उपस्थिति के कारण +1
 - ClO^- तथा Cl^- की उपस्थिति के कारण क्रमशः +1 तथा -1
- (A.I.E.E.E., 2002)

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

591

28. $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$ में Cr की ऑक्सीकरण संख्या है—
(a) 0 (b) +1
(c) +2 (d) +3. (A.I.E.E.E., 2005)

29. KI की अम्लीय पोटैशियम डाइक्रोमेट विलयन के साथ अभिक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त अन्तिम उत्पाद में क्रोमियम की ऑक्सीकरण संख्या है—
(a) +3 (b) +2
(c) +6 (d) +4

30. हाइपोक्लोरस अम्ल की असमानुपातन (disproportionation) अभिक्रिया के सम्भावित उत्पाद क्या है?

- (a) HClO_3 तथा Cl_2O (b) HClO_2 तथा HClO_4
(c) HCl तथा Cl_2O (d) HCl तथा HClO_3
(A.I.E.E.E., 2006)

31. H_2SO_4 , H_2SO_3 तथा SO_2Cl_2 में S की ऑक्सीकरण संख्या क्रमशः है—

- (a) +6, +4, +6 (b) +6, +6, +4
(c) +6, -6, +4 (d) -4, +6, +6.

(U.P. Board, 2017)

32. एक अभिक्रिया में एक धातु आयन M^{2+} से दो इलेक्ट्रॉन के निष्कासित होने के बाद ऑक्सीकरण संख्या हो जाती है—

- (a) शून्य (b) +2
(c) +1 (d) +4. (U.P. Board, 2017)

33. निम्नलिखित अभिक्रिया में ऑक्सीकारक है—



- (a) H^+ (c) CrO_4^{2-}
(b) Cr^{3+} (d) इनमें से कोई नहीं।

(U.P. Board, 2017)

उत्तर

1. (b) 2. (a) 3. (a) 4. (c) 5. (a) 6. (b) 7. (c) 8. (c) 9. (d) 10. (c)
11. (a) 12. (a) 13. (a) 14. (c) 15. (c) 16. (a) 17. (a) 18. (d) 19. (d) 20. (b)
21. (b) 22. (d) 23. (c) 24. (c) 25. (a) 26. (c) 27. (d) 28. (d) 29. (a) 30. (d)
31. (a) 32. (d) 33. (d).

'सत्य/असत्य' प्रकार के प्रश्न

'True or False' Type Questions

बताइए कि निम्नलिखित कथन सत्य (T) हैं अथवा असत्य (F) हैं—

- ऑक्सीकरण तथा अपचयन पूरक (complementary) प्रक्रम है।
- ऑक्सीकारक वह पदार्थ है जिससे इलेक्ट्रॉनों की हानि होती है।
- अपचयन अर्द्धअभिक्रिया इलेक्ट्रॉनों के लाभ (ग्रहण) को दर्शाती है।
- अभिक्रिया, $\text{Zn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ में जिंक ऑक्सीकारक का कार्य करता है।
- CaH_2 में हाइड्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या +1 है।
- S_8 में S की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होती है।

- ऑक्सीकरण प्रक्रम में पदार्थ की ऑक्सीकरण संख्या बढ़ती है तथा अपचयन प्रक्रम में यह घटती है।
- कोई तत्व अपनी न्यूनतम ऑक्सीकरण अवस्था में केवल एक ऑक्सीकारक का कार्य कर सकता है।
- MnO_4^- का MnO_4^{2-} में परिवर्तन ऑक्सीकरण का एक उदाहरण है।
- किसी आयन में सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याओं का योग शून्य होता है।
- CaOCl_2 में दोनों क्लोरीन परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्याएँ समान नहीं हैं।

उत्तर

1. T 2. F 3. T 4. F 5. F 6. T 7. T 8. F 9. F 10. F
11. T.

'रिक्त स्थानों को भरिए' प्रकार के प्रश्न

'Fill in the Blanks' Type Questions

- वह अभिक्रिया जिसमें इलेक्ट्रॉनों का स्थानान्तरण एक अभिकारक से दूसरे अभिकारक पर होता है, कहलाती है।
- ऑक्सीकरण वह प्रक्रम है जिसमें इलेक्ट्रॉनों का होता है तथा पदार्थ की ऑक्सीकरण संख्या में होती है।
- ऑक्सीकारक वह पदार्थ है, जो इलेक्ट्रॉनों को करता है

- जबकि अपचायक वह पदार्थ है, जो इलेक्ट्रॉनों का करता है।
- F_2O तथा H_2O_2 में ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण संख्या क्रमशः तथा है।
 - KH_2PO_3 में P की ऑक्सीकरण संख्या है।
 - हाइड्रोजन की न्यूनतम सम्भव ऑक्सीकरण अवस्था है।

7. अतिचालकता प्रदर्शित करने वाले यौगिक $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ में तांबे की ऑक्सीकरण संख्या है। (मान लीजिए कि दुर्बल मुदा तथा यूरैयम अपनी सामान्य +3 ऑक्सीकरण अवस्था में उपस्थित है।)
8. हैलाइड आयनों में से प्रबलतम अपचायक है।
9. $\text{Br}_2 \rightarrow \text{BrO}_3^-$ परिवर्तन में ब्रोमीन की ऑक्सीकरण अवस्था से +5 हो जाती है।

10. SO_2 , H_2SO_4 तथा सोडियम थायोसल्फेट में से सल्फर की ऑक्सीकरण अवस्था उच्चतम है।
11. अभिक्रिया,

$$\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_2$$
में अपचायक है।
12. $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ में Co की ऑक्सीकरण अवस्था है।

उत्तर

- | | | | |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------|
| 1. रिडॉक्स अभिक्रिया | 2. हास, वृद्धि | 3. ग्रहण, हास | 4. +2, -1 |
| 5. +3 | 6. -3 | 7. + (7/3) | 8. आयोडाइड |
| 9. 0 | 10. H_2SO_4 | 11. $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ | 12. 0 |

'कथन-कारण' प्रकार के प्रश्न

'Assertion-Reason' Type Questions

नीचे दिये गये प्रश्नों में एक कथन तथा एक कारण दिया गया है। नीचे दिये निर्देशानुसार सही उत्तर (a), (b), (c) अथवा (d) का चयन कीजिए।

- (a) यदि कथन तथा कारण दोनों सत्य हैं तथा कारण कथन का सही स्पष्टीकरण है।
 (b) यदि कथन तथा कारण दोनों सत्य हैं परन्तु कारण कथन का सही स्पष्टीकरण नहीं है।
 (c) यदि कथन सत्य है परन्तु कारण असत्य है।
 (d) यदि कथन असत्य है परन्तु कारण सत्य है।

कथन	कारण
1. ऑक्सीकरण तथा अपचयन परस्पर एक-दूसरे के पूरक (complementary) प्रक्रम हैं।	कोई पदार्थ इलेक्ट्रॉनों का हास (loss) केवल तभी करता है जब उन्हें ग्रहण करने वाला पदार्थ उपस्थित हो। अतः कोई पदार्थ केवल तभी ऑक्सीकृत होगा जब कोई अन्य पदार्थ अपचयित हो।
2. फ्लोरीन की ऑक्सीकरण संख्या इसके सभी यौगिकों में सदैव -1 होती है।	फ्लोरीन अत्यधिक सक्रिय तत्व है।
3. अभिक्रिया, $\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$ में HNO_3 एक ऑक्सीकारक का कार्य करता है।	HNO_3 , NO में ऑक्सीकृत हो जाता है।

उत्तर

1. (a) 2. (b) 3. (c).

आंकिक प्रश्न

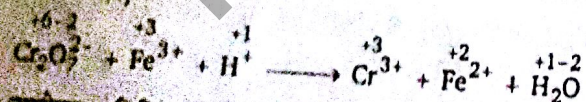
Numerical Questions

1. निम्नलिखित अभिक्रिया को सन्तुलित करना क्यों सम्भव नहीं है?

$$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$$
2. निम्नलिखित स्पीशीजों में रेखांकित परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या की गणना कीजिए—
 NH_2OH , $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$, $(\text{N}_2\text{H}_5)_2\text{SO}_4$, Mg_3N_2
3. निम्नलिखित समीकरणों को सन्तुलित कीजिए—
 (i) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{I}_2 + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CHI}_3 + \text{HCOO}^- + \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$ (क्षारकीय माध्यम)
 (ii) $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{HSO}_4^- + \text{NH}_4^+$

हल

1. दी गयी अभिक्रिया में प्रयुक्त सभी परमाणुओं की ऑक्सीकरण संख्या लिखने पर,



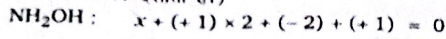
उपरोक्त अभिक्रिया में Cr की ऑक्सीकरण संख्या +6 से घटकर +3 हो रही है जबकि आयरन (लौह) की ऑक्सीकरण संख्या +

3 से घटकर +2 हो रही है अर्थात् इस अभिक्रिया में $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ तथा Fe^{3+} दोनों ही अपचयित हो रहे हैं। अतः यह एक रिडॉक्स अभिक्रिया नहीं है तथा इसे गलत प्रकार से लिखा गया है क्योंकि किसी पदार्थ का अपचयन केवल तभी सम्भव है जब किसी पदार्थ का ऑक्सीकरण हो रहा हो। अतः दी गयी समीकरण को सन्तुलित करना सम्भव नहीं है।

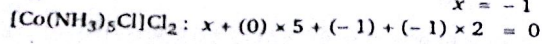
उत्तर

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)

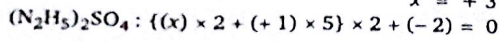
2. निम्न गणनाएँ संक्षेप में की गयी हैं (x रेखांकित परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या को दर्शाता है।)



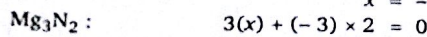
$$x = -1$$



$$x = +3$$



$$x = -2$$

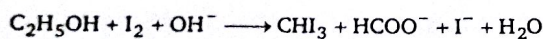


$$x = +2$$

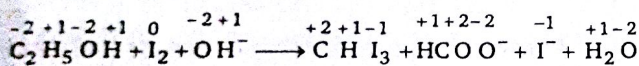
3. यहाँ दी गयी समीकरणों को सन्तुलित करने के लिए केवल संकेत दिये गये हैं। अतः विद्यार्थी अध्याय में दर्शायी गई विधि के अनुसार इनका विस्तार से हल स्वयं करें।

(i) दी गयी समीकरण को ऑक्सीकरण संख्या विधि द्वारा सन्तुलित करना—

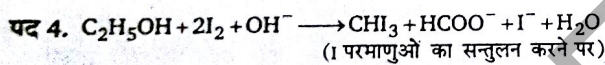
पद 1.



पद 2.

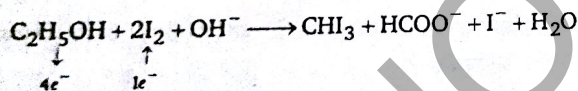


पद 3. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ में C ऑक्सीकृत हो रहा है जबकि I_2 अपचयित हो रहा है।



(1 परमाणुओं का सन्तुलन करने पर)

पद 5.



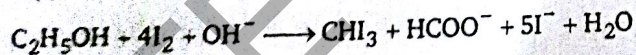
2 C परमाणु द्वारा ग्रहण किये गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या = $4 \times 2 = 8$

4 I परमाणुओं द्वारा त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या = $1 \times 4 = 4$

पद 6. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ का गुणांक = 1

I_2 का गुणांक = 2

पद 7.

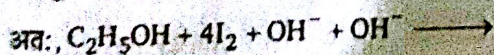


(समीकरण की आवश्यकतानुसार दायीं ओर 8 I

परमाणुओं को वितरित किया जाना चाहिए)

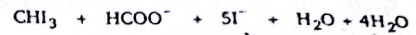
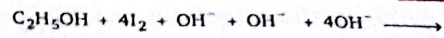
पद 8. सभी परमाणु सन्तुलित हैं।

पद 9. चूँकि अभिक्रिया क्षारकीय (basic) माध्यम में हो रही है



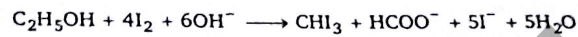
(O परमाणुओं का सन्तुलन करने पर)

593



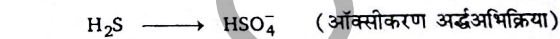
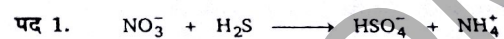
(H परमाणुओं का सन्तुलन करने पर)

या

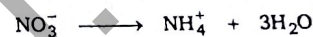


यह क्षारकीय माध्यम में पूर्णतः सन्तुलित समीकरण है। उत्तर

(ii) दी गयी समीकरण को अम्लीय माध्यम में आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा सन्तुलित करना—



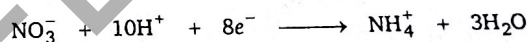
पद 4. अपचयन अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित करना—



(O परमाणुओं का सन्तुलन करने पर)

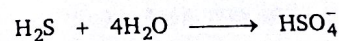


(H परमाणुओं का सन्तुलन करने पर)

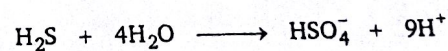


(आवेश का सन्तुलन करने पर)

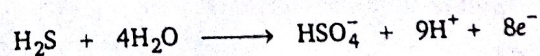
ऑक्सीकरण अर्द्धअभिक्रिया को सन्तुलित करना



(O परमाणुओं का सन्तुलन करने पर)

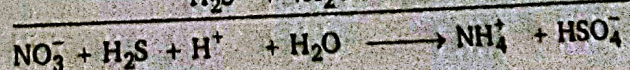
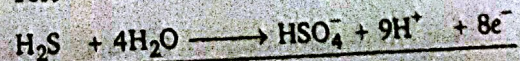


(H परमाणुओं का सन्तुलन करने पर)



(आवेश का सन्तुलन करने पर)

पद 5.



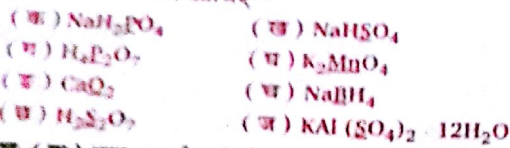
प्राप्त समीकरण पूर्णतः सन्तुलित समीकरण है।

उत्तर

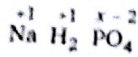
एन० सी० ई० आर० टी० प्रश्न

NCERT Questions

1. निम्नलिखित समीकरण में प्रत्येक रेखांकित तत्व की ऑक्सीकरण संख्या का निर्धारण कीजिए—



हल—(क) यहाँ, P की ऑक्सीकरण संख्या x है। अणु में उपस्थित सभी तत्वों की ऑक्सीकरण संख्या लिखने पर,



किसी एक उदासीन अणु में उपस्थित सभी तत्वों की ऑक्सीकरण संख्याओं का योग शून्य होता है। अतएव,

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

$$\text{अथवा} \quad x = +8 - 3 = +5$$

इस प्रकार, NaH_2PO_4 में P की ऑक्सीकरण संख्या +5 है।



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

$$\text{अथवा} \quad x = +8 - 2 = +6$$

अतः NaHSO_4 में S की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

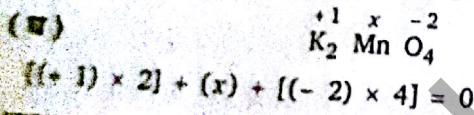


$$[(+1) \times 4] + [(x) \times 2] + [(-2) \times 7] = 0$$

$$\text{अथवा} \quad 2x = +14 - 4 = +10$$

$$x = +5$$

$\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ में P की ऑक्सीकरण संख्या +5 है।



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

$$\text{अथवा} \quad x = +8 - 2 = +6$$

K_2MnO_4 में Mn की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।



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

$$x = -2$$

CaO में O की ऑक्सीकरण संख्या -2 है।

(च) NaBH_4 में हाइड्रोजन H^- आयनिक अवस्था में पाई जाती क्योंकि यह एक हाइड्राइड है। अतः NaBH_4 में H की ऑक्सीकरण संख्या -1 है।



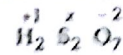
$$(+1) + (x) + [(-1) \times 4] = 0$$

अथवा

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

NaBH_4 में B की ऑक्सीकरण संख्या +3 है।

(ज)



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

अथवा

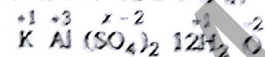
$$2x = +14 - 2 = +12$$

अथवा

$$x = +6$$

$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ में S की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

(झ)



$$(+1) + (+3) + [(x) + (-2) \times 4] \times 2 + [(+1) \times 2 + (-2) \times 12] = 0$$

अथवा

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

अथवा

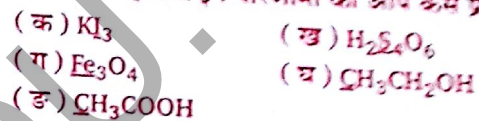
$$2x = +16 - 4 = +12$$

अथवा

$$x = +6$$

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ में S की ऑक्सीकरण संख्या +6 है।

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

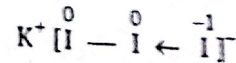


हल—(क) KI_3 में K की ऑक्सीकरण संख्या +1 है।

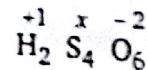
अतः I की औसत ऑक्सीकरण संख्या $-\frac{1}{3}$ होगी। चूँकि औसत ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक है अतएव इसकी निम्न संरचना पर विचार करना आवश्यक है—



उपरोक्त संरचना के अनुसार I_2 अणु और I^- आयन के मध्य उप-सहयोजक बन्ध बनता है। चूँकि I_2 एक उदासीन अणु है, I_2 अणु में उपस्थित प्रत्येक I परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या शून्य होगी। I^- आयन में I की ऑक्सीकरण संख्या -1 है। अतएव,



(ख) $\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$ में S की औसत ऑक्सीकरण संख्या x निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—



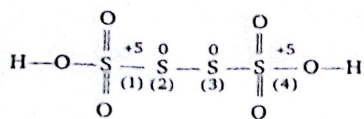
$$[(+1) \times 2] + [(x) \times 4] + [(-2) \times 6] = 0$$

अथवा

$$x = +\frac{12-2}{4} = +\frac{5}{2} = +2.5$$

चूँकि S की औसत ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक है अतएव इसकी अग्र संरचना पर विचार करना आवश्यक है—

रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रियाएँ)



यदि $\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_6$ की संरचना पर विचार किया जाये तो दिखाये गए S परमाणु (2) और (3) में प्रत्येक की ऑक्सीकरण संख्या शून्य है क्योंकि ये दोनों ओर से समान परमाणुओं से जुड़े हैं। यदि उपरोक्त प्रकार से गणना की जाये तो संरचना में दर्शाये गए S परमाणु (1) और (4) में प्रत्येक की ऑक्सीकरण संख्या +5 होगी।

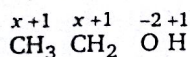
(ग) Fe_3O_4 में Fe की औसत ऑक्सीकरण संख्या निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—

$$\begin{array}{c} x \quad -2 \\ \text{Fe}_3 \quad \text{O}_4 \\ [(x) \times 3] + [(-2) \times 4] = 0 \end{array}$$

$$\text{अथवा} \quad x = +\frac{8}{3}$$

चूँकि Fe की औसत ऑक्सीकरण संख्या भिन्नात्मक है अतएव हमें अनु की स्टॉयशियोमीट्री पर विचार करना होगा। Fe_3O_4 एक मिश्रित ऑक्साइड है। यह दो ऑक्साइडों (FeO , Fe_2O_3) का मिश्रण है। FeO में Fe की ऑक्सीकरण संख्या +2 तथा Fe_2O_3 में Fe की ऑक्सीकरण संख्या +3 है।

(घ) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ में C की औसत ऑक्सीकरण संख्या निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—

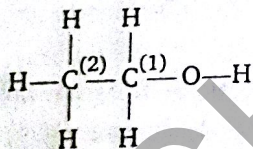


$$(x) + [(+1) \times 3] + x + [(+1) \times 2] + (-2) + (+1) = 0$$

$$\text{अथवा} \quad 2x + 3 + 2 - 2 + 1 = 0$$

$$\text{अथवा} \quad x = -2$$

यदि $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ की नीचे दी गई संरचना पर विचार किया जाये



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

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

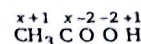
$$\text{अथवा} \quad x = -2$$

संरचना में दिखाया गया कार्बन परमाणु (1) एक ओर से -OH ग्रुप (O.N. = -1) तथा दूसरी ओर से एक - CH_3 ग्रुप (O.N. = +1) से जुड़ा है। अतएव इस कार्बन के लिए,

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

$$\text{अथवा} \quad x = -2$$

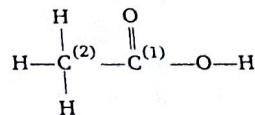
(ङ) CH_3COOH में C की औसत ऑक्सीकरण संख्या निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—



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

$$\text{या} \quad x = 0$$

यदि CH_3COOH की निम्न संरचना पर विचार किया जाये



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

$$\therefore \text{इस कार्बन के लिए, } [(+1) \times 2] + (x) + (-1) = 0$$

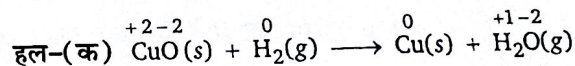
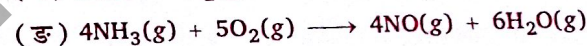
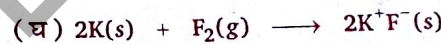
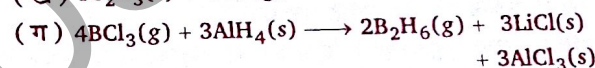
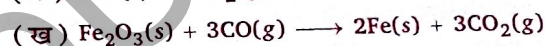
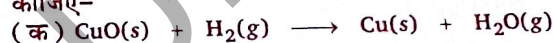
$$\text{अथवा} \quad x = -2$$

कार्बन परमाणु (1) एक -OH group (O.N. = -1), एक O परमाणु (O.N. = -2) और एक - CH_3 ग्रुप (O.N. = +1) से जुड़ा है।

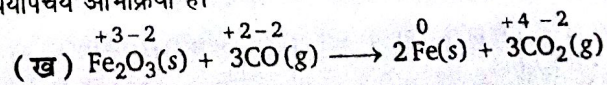
$$\therefore \text{इस कार्बन के लिए, } (+1) + (x) + (-2) + (-1) = 0$$

$$x = +2 \text{ उत्तर}$$

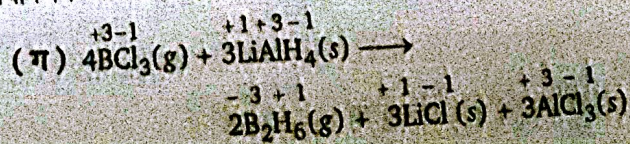
3. निम्नलिखित अभिक्रियाओं का अपचयोपचय (redox) अभिक्रियाओं के रूप में औचित्य स्थापित करने का प्रयास कीजिए—



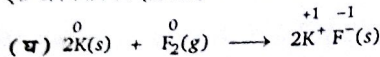
इस अभिक्रिया में Cu की ऑक्सीकरण अवस्था +2 (CuO में) से घटकर शून्य (Cu में) हो जाती है जबकि H की ऑक्सीकरण अवस्था शून्य (H_2 में) से बढ़कर +1 (H_2O में) हो जाती है। इसलिए अभिक्रिया में CuO का अपचयन तथा H का ऑक्सीकरण हो रहा है। अतः यह एक अपचयोपचय अभिक्रिया है।



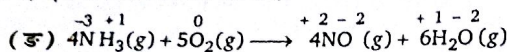
इस अभिक्रिया में Fe_2O_3 का अपचयन हो रहा है क्योंकि Fe की ऑक्सीकरण अवस्था +3 (Fe_2O_3 में) से घटकर शून्य (Fe में) हो जाती है। CO का ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि C की ऑक्सीकरण अवस्था +2 (CO में) से बढ़कर +4 (CO_2 में) हो जाती है। अतः यह एक अपचयोपचय अभिक्रिया (Redox reaction) है।



इस अभिक्रिया में BCl_3 का अपचयन हो रहा है क्योंकि B की ऑक्सीकरण अवस्था +3 (BCl_3 में) से घटकर -3 (B_2H_6 में) हो जाती है तथा LiAlH_4 का ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि H की ऑक्सीकरण अवस्था -1 (LiAlH_4 में) से बढ़कर +1 (B_2H_6 में) हो जाती है। अतः यह एक अपचयोपचय (redox) अभिक्रिया है।

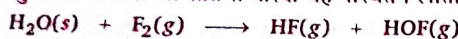


इस अभिक्रिया में K का ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि इसकी O.S. (ऑक्सीकरण अवस्था) शून्य से बढ़कर +1 हो जाती है तथा F का अपचयन हो रहा है क्योंकि इसकी O.S. शून्य से घटकर -1 हो जाती है। अतः यह एक अपचयोपचय अभिक्रिया है।

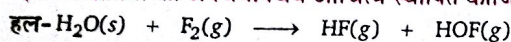


इस अभिक्रिया में NH_3 का ऑक्सीकरण हो रहा है क्योंकि इसकी O.S. -3 से बढ़कर +2 हो जाती है तथा O_2 का अपचयन हो रहा है क्योंकि इसकी O.S. शून्य से घटकर -2 (H_2O में) हो जाती है। अतः यह एक अपचयोपचय (Redox) अभिक्रिया है।

उत्तर 4. फ्लुओरीन बर्फ से अभिक्रिया करके यह परिवर्तन लाती है—



इस अभिक्रिया का अपचयोपचय औचित्य स्थापित कीजिए।



इस अभिक्रिया में F_2 का अपचयन के साथ-साथ ऑक्सीकरण भी हो रहा है क्योंकि यह H (विद्युत धनात्मक तत्व) को जोड़कर HF बनाती है तथा O (एक विद्युत ऋणात्मक तत्व) को जोड़कर HOF बनाती है। अतः यह एक ऑक्सीकरण अपचयन अभिक्रिया (Redox reaction) है।

उत्तर 5. H_2SO_5 , Cr_2O_7 तथा NO_3^- में सल्फर, क्रोमियम तथा नाइट्रोजन की ऑक्सीकरण संख्या की गणना कीजिए। साथ ही इन यौगिकों की संरचना बताइए तथा इसके हेत्वाभास (Fallacy) का स्पष्टीकरण दीजिए।

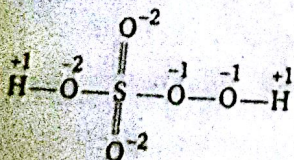
हल-(i) H_2SO_5 में S की ऑक्सीकरण संख्या—

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

अथवा

$$x = 10 - 2 = +8$$

S की ऑक्सीकरण संख्या +8 सम्भव नहीं है क्योंकि S के बाह्य कोश में 6 इलेक्ट्रॉन होते हैं और इसकी अधिकतम ऑक्सीकरण संख्या +6 हो सकती है। अतः H_2SO_5 में दो ऑक्सीजन परमाणुओं को एक-दूसरे से जुड़ा होना चाहिए। इस हेत्वाभास (Fallacy) को H_2SO_5 की निम्नांकित संरचना द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है—



उपरोक्त संरचना के अनुसार S की ऑक्सीकरण अवस्था अग्र होगी—

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

अथवा

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

अथवा

$$x = +6$$

(ii) CrO_5 में Cr की ऑक्सीकरण संख्या—

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

$$x = +10$$

अथवा

Cr की ऑक्सीकरण संख्या +10 सम्भव नहीं है क्योंकि इसके बाह्य कोश की संरचना $3d^5, 4s^1$ है। इसकी अधिकतम ऑक्सीकरण संख्या +6 हो सकती है। इस हेत्वाभास (Fallacy) को CrO_5 की निम्न संरचना द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है—



उपरोक्त संरचना के अनुसार Cr की O.S. निम्न होगी—

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

अथवा

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

अथवा

$$x = +6$$

(iii) NO_3^- में N की ऑक्सीकरण संख्या—

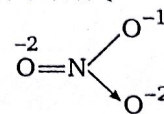
$$(x) + [(-2) \times 3] = -1$$

(क्योंकि NO_3^- पर -1 आवेश होता है)

अथवा

$$x = +5$$

NO_3^- की संरचना निम्न प्रकार है—



उपरोक्त संरचना के अनुसार N की O.S. (ऑक्सीकरण अवस्था) निम्न है :

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

अथवा

$$x = +5$$

अतः यह संरचना NO_3^- में N की सामान्य ऑक्सीकरण संख्या प्रदर्शित करती है। अतएव कोई हेत्वाभास नहीं है।

उत्तर

6. निम्नलिखित यौगिकों के सूत्र लिखिए—

(क) मरक्युरी (II) क्लोराइड

(ख) निकिल (II) सल्फेट

(ग) टिन (IV) ऑक्साइड

(घ) थेलियम (I) सल्फेट

(ङ) आयरन (III) सल्फेट

(च) क्रोमियम (III) ऑक्साइड।

हल-(क) HgCl_2 , (ख) NiSO_4 , (ग) SnO_2 , (घ) Th_2SO_4 ,

(ङ) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, (च) Cr_2O_3 .

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

रिडॉक्स अभिक्रिया

हल—

कार्बन के यौगिक

(Compounds of Carbon)

CH_4

CH_3-CH_3

CH_3Cl

$\text{CH}=\text{CH}_2$

CH_2Cl_2

CHCl_3

CCl_4

8. अप

पर

ति

अ

ह

है। S

ऑक्सी

संख्या

अपच

दोनों

समान

ऑक्

दशा

अप

ऑ

अ

व

ह

अ

अ

व

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

ह

हल—

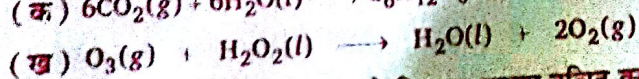
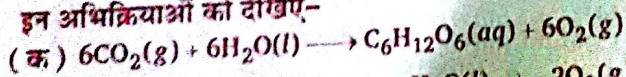
कार्बन के यौगिक (Compounds of Carbon)	कार्बन की ऑक्सीकरण अवस्था (O.S. of C)	नाइट्रोजन के यौगिक (Compounds of Nitrogen)	N की ऑक्सीकरण अवस्था (O.S. of N)
CH ₄	-4	NH ₃	-3
CH ₃ -CH ₃	-3	NH ₂ -NH ₂	-2
CH ₃ Cl	-2	NH ₂ OH	-1
CH=CH	-1	N ₂	0
CH ₂ Cl ₂	0	N ₂ O	+1
CHCl ₃	+2	NO	+2
CCl ₄	+4	N ₂ O ₃	+3
		NO ₂	+4
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

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

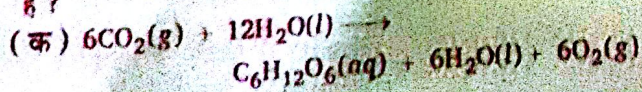
हल—SO₂ में S की ऑक्सीकरण संख्या +4 होती है। S अपनी अभिक्रियाओं में -2 और +6 के बीच की कोई भी ऑक्सीकरण संख्या दर्शा सकता है। अतः SO₂ में S की ऑक्सीकरण संख्या घट सकती है और बढ़ भी सकती है अर्थात् इसका ऑक्सीकरण तथा अपचयन दोनों सम्भव है। इस कारण SO₂ ऑक्सीकारक तथा अपचायक दोनों अभिकर्मकों की तरह व्यवहार करती है। H₂O₂ की स्थिति भी समान प्रकार की है। H₂O₂ में O की ऑक्सीकरण अवस्था -1 होती है। ऑक्सीजन -2 और 0 (शून्य) के बीच की कोई भी ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाता है (+2 भी जब F से जुड़ा होता है)। अतः H₂O₂ में ऑक्सीजन अपनी ऑक्सीकरण संख्या घटा तथा बढ़ा सकता है। इस कारण H₂O₂ ऑक्सीकारक तथा अपचायक दोनों अभिकर्मकों की तरह व्यवहार करता है।

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

9. इन अभिक्रियाओं को देखिए—

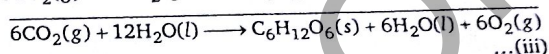
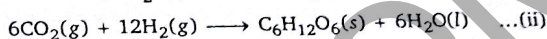
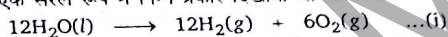


बताइए कि इन्हें निम्नलिखित ढंग से लिखना ज्यादा उचित क्यों है ?



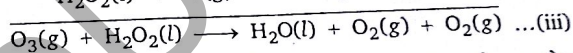
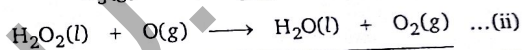
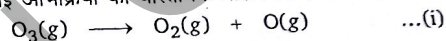
उपरोक्त अपचयोपचय अभिक्रियाओं (क) तथा (ख) के पथ निर्धारण (investigation) की विधि सुझाइए।

हल—(क) यह प्रकार संश्लेषण (Photosynthesis) की अभिक्रिया है, जोकि एक बहुत ही जटिल प्रक्रिया है और अनेक चरणों में सम्पन्न होती है। इस अभिक्रिया में 12H₂O अणु क्लोरोफिल (chlorophyll) की उपस्थिति में पहले अपघटित होकर H₂ तथा O₂ देते हैं। इस प्रकार निर्मित H₂, CO₂ को अपचयित कर C₆H₁₂O₆ का निर्माण करता है। अतः अभिक्रिया को एक सरल रूप में निम्न प्रकार दिखाया जा सकता है—



इसलिए इस अभिक्रिया को समी० (iii) की भाँति लिखना ज्यादा उचित है। इस निरूपण में 12H₂O अणु भाग लेते हैं तथा 6H₂O अणु उत्पन्न होते हैं।

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

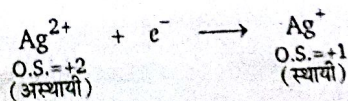


समी० (iii) प्रदर्शित करती है कि O₂ का एक अणु O₃ से प्राप्त होता है जबकि दूसरा H₂O₂ से प्राप्त होता है। इसलिए समीकरण को प्रदर्शित करने की यह विधि अधिक उपयुक्त है।

समी० (क) तथा (ख) का पथ निर्धारण (investigation) ट्रैसर तकनीक (Tracer technique) के द्वारा किया जा सकता है। समी० (क) में H₂O¹⁸ तथा समी० (ख) में H₂O₂¹⁸ (या O₃¹⁸) का प्रयोग कर अभिक्रिया के पथ को निर्धारित किया जा सकता है।

10. AgF₂ एक अस्थिर यौगिक है। यदि यह बन जाए, तो यह यौगिक अतिशक्तिशाली ऑक्सीकारक की भाँति कार्य करता है। क्यों ?

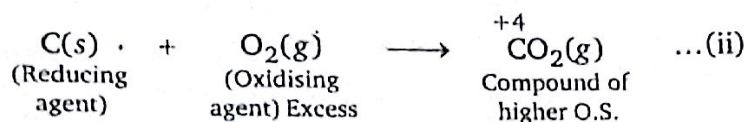
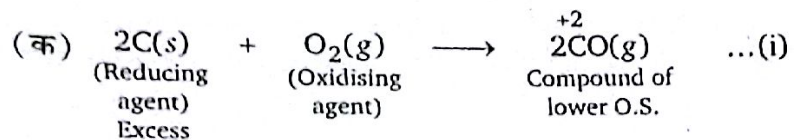
हल—AgF₂ में Ag की ऑक्सीकरण अवस्था +2 होती है, जो Ag की अत्यधिक अस्थायी अवस्था है। इसलिए यह एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने के बाद शीघ्रता से अपचयित होकर स्थायी ऑक्सीकरण अवस्था +1 प्राप्त कर लेता है।



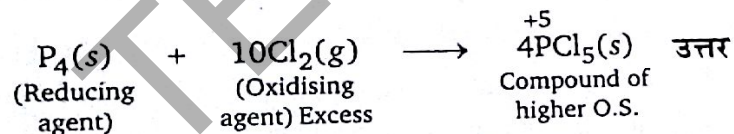
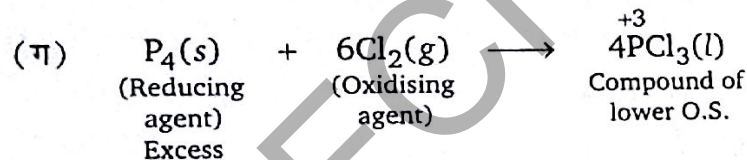
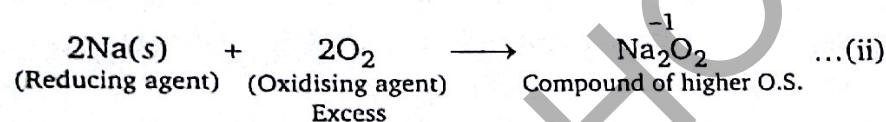
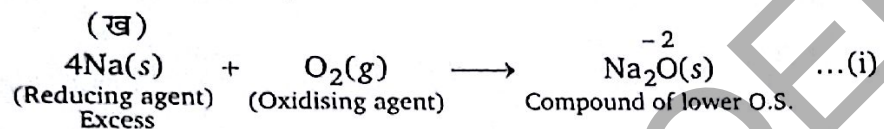
इसी कारण AgF₂ (यदि प्राप्त हो जाये) एक अत्यंत प्रबल ऑक्सीकारक की भाँति व्यवहार करता है।

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

हल—दिये गए वक्तव्य का औचित्य अपलिखित उदाहरणों द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है—



अभिक्रिया (i) में अपचायक (reducing agent) कार्बन अधिकता में है जबकि अभिक्रिया (ii) में ऑक्सीकारक (oxidising agent) O_2 अधिकता में है। अभिक्रिया (i) में CO (कार्बन की O.S. = +2) तथा अभिक्रिया (ii) में CO_2 (कार्बन की O.S. = +4) का निर्माण होता है।



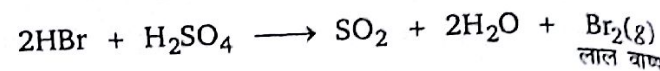
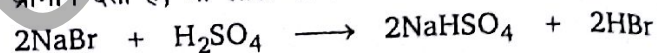
12. इन प्रेक्षणों की अनुकूलता को कैसे समझाएँगे?

नूतन माध्यमिक रसायन विज्ञान

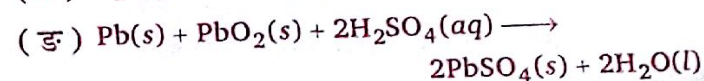
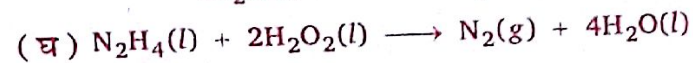
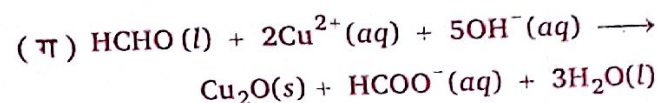
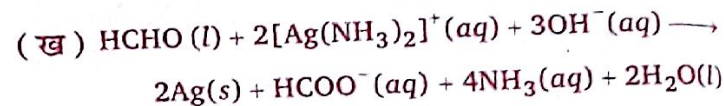
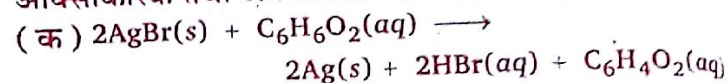
(ख) जब सान्द्र H_2SO_4 को क्लोराइड युक्त एक अकार्बनिक मिश्रण में मिलाया जाता है तो कम वाष्पशील अम्ल H_2SO_4 अधिक वाष्पशील अम्ल HCl को विस्थापित करता है और HCl गैस की तीक्ष्ण गन्ध आती है।



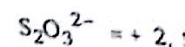
HCl एक दुर्बल अपचायक है। यह H_2SO_4 को SO_2 में अपचयित करने में असमर्थ है। जब मिश्रण में ब्रोमाइड उपस्थित होता है तो अधिक उड़नशील अम्ल HBr विस्थापित होता है। HBr एक अधिक प्रबल अपचायक है और H_2SO_4 को SO_2 में अपचयित कर देता है। यह स्वयं ऑक्सीकृत होकर ब्रोमीन देता है, जो लाल वाष्प के रूप में प्राप्त होती है।



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



रिडॉक्स अभिक्रियाएँ (ऑक्सीकरण)



ब्रोमीन श्रायोडोन से $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (S की O.S. = +2) ऑक्सीकृत कर देता है जिससे दुर्बल ऑक्सीकारक की तरफ (S की O.S. = 2.5) में अवस्था कम है। यही कारण है कि प्रकाश से अभिक्रिया करती है।

15. अभिक्रिया देने में

ऑक्सीकारक न

अम्ल श्रेष्ठ अप

हल—हैलोजन

है— $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2$

Cl^- , Br^- तथा I^- और

तथा I^- आयनों को

पाती है।

I_2 इनमें से वि

नीचे दी गई है—

F_2 की ऑ

$\text{F}_2\text{(g)}$ +

$\text{F}_2\text{(g)}$ +

$\text{F}_2\text{(g)}$ +

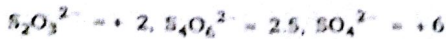
$\text{F}_2\text{(g)}$ +

Cl_2 की

$\text{Cl}_2\text{(g)}$

$\text{Cl}_2\text{(g)}$

$\text{Cl}_2\text{(g)}$



प्रोमीन आयोडीन से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है। इसलिए यह $S_2O_3^{2-}$ (S की O.S. = +2) को SO_4^{2-} (S की O.S. = +6) में ऑक्सीकृत कर देता है जिसमें S उच्च ऑक्सीकरण अवस्था में है। I_2 एक दुर्बल ऑक्सीकारक की तरह व्यवहार करता है। यह $S_2O_3^{2-}$ को $S_4O_6^{2-}$ (S की O.S. = 2.5) में ऑक्सीकृत करता है जिसमें S की ऑक्सीकरण अवस्था कम है। यही कारण है कि $S_2O_3^{2-}$, Br_2 व I_2 से अलग-अलग प्रकार से अभिक्रिया करता है।

15. अभिक्रिया देने हुए निम्न कीजिए कि हैलोजनों में फ्लूओरीन श्रेष्ठ ऑक्सीकारक तथा हाइड्रोहेलिक यौगिकों में हाइड्रोआयोडिक अम्ल श्रेष्ठ अपचायक है।

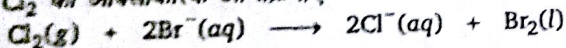
हल—हैलोजनों की ऑक्सीकारक क्षमता का घटता हुआ क्रम निम्न है— $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$, F_2 एक प्रबल ऑक्सीकारक है तथा यह Cl^- , Br^- तथा I^- आयनों को ऑक्सीकरण कर देती है। Cl_2 केवल Br^- तथा I^- आयनों को और Br_2 केवल I^- आयनों की ही ऑक्सीकृत कर पाती है।

I_2 इनमें से किसी को भी ऑक्सीकृत करने में असमर्थ है। अभिक्रियाएँ नीचे दी गई हैं—

F_2 की ऑक्सीकारक अभिक्रियाएँ—



Cl_2 की ऑक्सीकारक अभिक्रियाएँ—



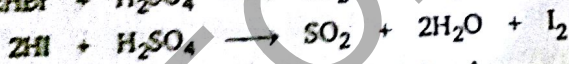
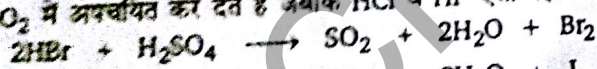
I_2 की ऑक्सीकारक अभिक्रियाएँ—



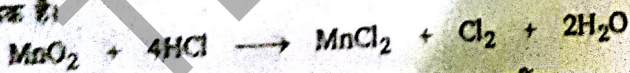
इस प्रकार F_2 सबसे अच्छा ऑक्सीकारक है।

हाइड्रोहेलिक अम्लों की अपचायक क्षमता का घटता हुआ क्रम निम्न प्रकार है—

$HI > HBr > HCl > HF$, HI और HBr सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4) को SO_2 में अपचयित कर देते हैं जबकि HCl व HF ऐसा नहीं कर पाते।

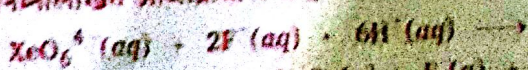


HCl , MnO_2 को Mn^{2+} में अपचयित कर देता है परन्तु HF ऐसा करने में असमर्थ है। यह दर्शाता है कि HCl की ऑक्सीकरण क्षमता HBr से अधिक है।

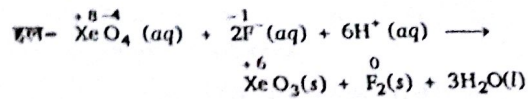


अतएव हाइड्रोहेलिक अम्लों में HI प्रबलतम अपचायक है।

16. निम्नलिखित अभिक्रिया क्यों होती है?

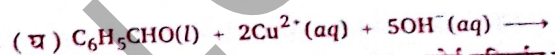
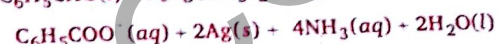
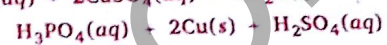
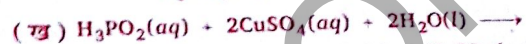
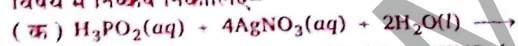


यौगिक Na_4XeO_6 (जिसका एक भाग XeO_6^{4-} है) के बारे में आप इस अभिक्रिया से क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?



इस अभिक्रिया में XeO_6 का XeO_3 में अपचयन तथा F^- का F_2 में ऑक्सीकरण हो रहा है। यह अभिक्रिया इसलिए सम्पन्न होती है क्योंकि XeO_6 , F_2 से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है। चूँकि XeO_6^{4-} , F_2 की तुलना में अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है अतएव Na_4XeO_6 एक प्रबल ऑक्सीकारक होगा।

17. निम्नलिखित अभिक्रियाओं से Ag^+ तथा Cu^{2+} के व्यवहार के विषय में निष्कर्ष निकालिए—



कोई परिवर्तन नहीं।

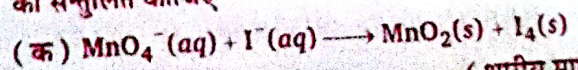
हल—ये अभिक्रिया दर्शाती हैं कि Ag^+ , Cu^{2+} से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है। यह निम्न तथ्यों से स्पष्ट है—

(i) अभिक्रिया (क) और (ख) दर्शाती हैं कि Ag^+ व Cu^{2+} दोनों आयन H_3PO_2 को H_3PO_4 में ऑक्सीकृत कर सकते हैं। अतः दोनों ऑक्सीकारक हैं।

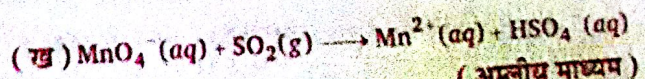
(ii) अभिक्रिया (ग) दर्शाती है कि $[Ag(NH_3)_2]^+$ आयन C_6H_5CHO को C_6H_5COOH में ऑक्सीकृत कर सकता है परन्तु अभिक्रिया (घ) के अनुसार Cu^{2+} आयन ऐसा करने में असमर्थ है।

अतः यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि यद्यपि Ag^+ व Cu^{2+} दोनों ऑक्सीकारक अभिकर्मक हैं परन्तु Ag^+ Cu^{2+} से अधिक प्रबल ऑक्सीकारक है।

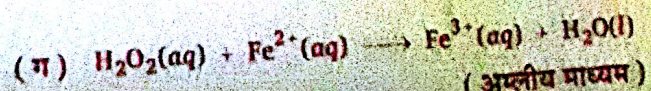
उत्तर
18. आयन इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा निम्नलिखित रेडॉक्स अभिक्रियाओं को सन्तुलित कीजिए—



(क्षारीय माध्यम)



(अम्लीय माध्यम)

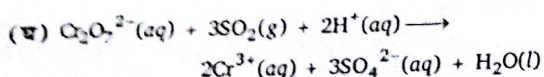
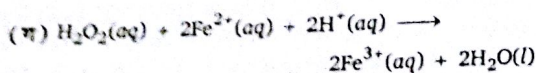
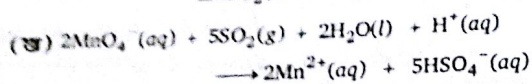
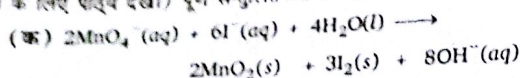


(अम्लीय माध्यम)

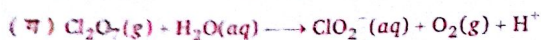
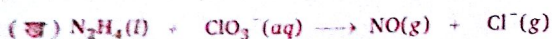


(अम्लीय माध्यम)

हल- (संकेत-उपरोक्त समीकरणों को चरणबद्ध तरीके से सन्तुलित करने के लिए पाठ्य देखें।) पूर्ण सन्तुलित अभिक्रियाएँ नीचे दी गई हैं—

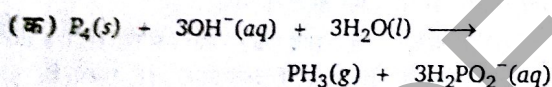


19. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के समीकरणों को आयन इलेक्ट्रॉन तथा ऑक्सीकरण-संख्या विधि (क्षारीय माध्यम में) द्वारा सन्तुलित कीजिए तथा इनमें ऑक्सीकरण और अपचायकों को पहचान कीजिए—

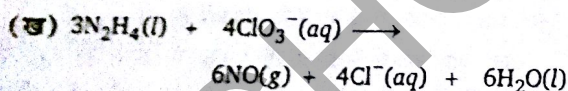


हल- (संकेत-उपरोक्त समीकरणों को चरणबद्ध तरीके से सन्तुलित करने के लिए पाठ्य देखें।)

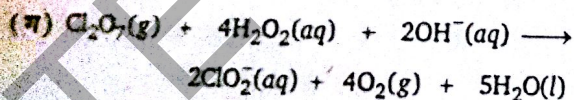
सन्तुलित अभिक्रियाएँ, ऑक्सीकारक तथा अपचायक अभिकर्मक चिह्न दिए गए हैं—



इस अभिक्रिया में P_4 ऑक्सीकारक तथा अपचायक दोनों का कार्य करता है क्योंकि यह अपचयित होकर PH_3 तथा उसी समय ऑक्सीकृत होकर $H_2PO_2^-$ देता है।

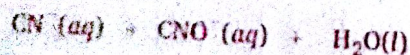


इस अभिक्रिया में N_2H_4 एक अपचायक की तरह व्यवहार करता है क्योंकि यह ऑक्सीकृत होकर NO देता है जबकि ClO_3^- एक ऑक्सीकारक अभिकर्मक है क्योंकि यह अपचयित होकर Cl^- देता है।



इस अभिक्रिया में Cl_2O_7 ऑक्सीकारक की तरह व्यवहार करता है क्योंकि यह अपचयित होकर ClO_2^- देता है। H_2O_2 एक अपचायक है क्योंकि यह ऑक्सीकृत होकर O_2 देता है।

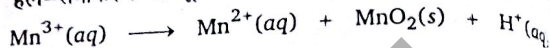
20. निम्नलिखित अभिक्रिया से आप कौन-सी सूचना प्राप्त कर सकते हैं?



हल- यह एक असमानुपातन (disproportionation) अभिक्रिया है क्योंकि इसमें $(CN)_2$ एक ही समय में CN^- में अपचयित और CNO^- में ऑक्सीकृत होता है। यह अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में होती है।

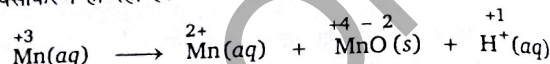
21. Mn^{3+} आयन विलयन में अस्थायी होता है तथा असमानुपातन द्वारा Mn^{2+} , MnO_2 और H^+ आयन देता है। इस अभिक्रिया के लिए सन्तुलित आयनिक समीकरण लिखिए।

हल- समीकरण का मूल प्रारूप निम्न है—

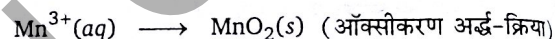
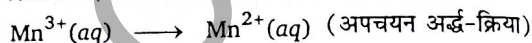


उपरोक्त अभिक्रिया को निम्न प्रकार सन्तुलित किया जा सकता है—

(i) सभी परमाणुओं पर ऑक्सीकरण-संख्या लिखने पर, यह स्पष्ट हो जाता है कि Mn^{3+} का एक ही समय में Mn^{2+} में अपचयन तथा MnO_2 में ऑक्सीकरण हो रहा है।



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

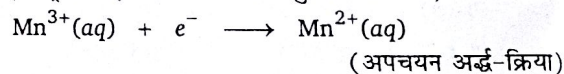


(iii) अपचयन अर्द्ध-क्रिया को सन्तुलित करना—

(क) अभिक्रिया में दोनों ओर Mn परमाणु की संख्या समान है।

(ख) अभिक्रिया में कोई भी O परमाणु नहीं है।

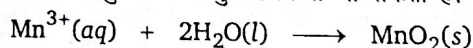
(ग) इलेक्ट्रॉन जोड़कर आवेश को सन्तुलित करने पर,



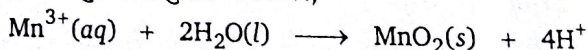
(iv) ऑक्सीकरण अर्द्ध-क्रिया को सन्तुलित करना—

(क) अभिक्रिया में दोनों ओर Mn परमाणु की संख्या समान है।

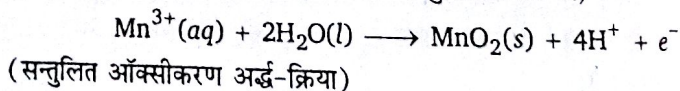
(ख) चूँकि अभिक्रिया अम्लीय माध्यम में होती है इसलिए ऑक्सीजन-परमाणुओं को सन्तुलित करने के लिए बायीं ओर दो H_2O अणु जोड़कर O परमाणुओं को सन्तुलित किया जा सकता है।



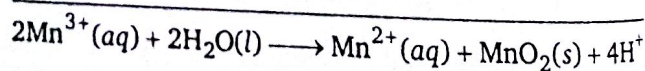
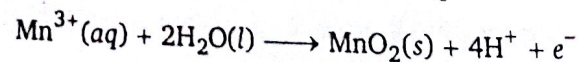
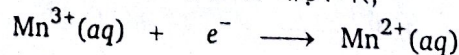
H परमाणु को सन्तुलित करने पर,



(ग) इलेक्ट्रॉन जोड़कर आवेश को सन्तुलित करने पर,



(v) दोनों अर्द्ध-क्रियाओं को जोड़ने पर,



यह दी गई अभिक्रिया के लिए सन्तुलित आयनिक समीकरण है।

रिडॉक्स अभिक्रिया

22. Cs, Ne,

(क) के

(ख) के

(ग) के

(घ) के

हल- (

- 1 ऑक्सी

(ख)

यह सदैव +

(ग)

इलेक्ट्रॉन प

है। d-कोश

+ 7 ऑक्

(घ)

रासायनिक

ऑक्सीक

अवस्था

23.

पाठ

विद्युत-अपघटन (विद्युत-अपघटन अभिक्रियाएँ)

उदा. 23. Cu^{2+} तथा Fe^{3+} के घोल में विद्युत अपघटन कर दिया जाये।

(क) केवल अभ्यासक: ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।

(ख) केवल अपघातक: ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।

(ग) अभ्यासक तथा अपघातक दोनों ऑक्सीकरण अवस्थाएँ प्रदर्शित करता है।

(घ) न अभ्यासक और न ही अपघातक अवस्था प्रदर्शित करता है।

हल-**(क)** : यह अवधिक विद्युत अभ्यासक तत्व है, और सदैव ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।

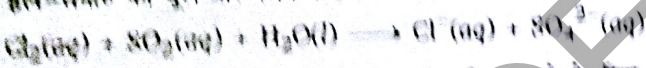
(ख) : यह एक शून्य भात है जो अवधिक विद्युत अपघातक है। यह सदैव ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है।

(ग) : यह एक द्वितीयक है। इसके संयोजक कोश में भात इलेक्ट्रॉन पाये जाते हैं। इसलिए यह ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करता है। कोश (परमाणु) की उपस्थिति के कारण यह 1, 2, 3, 4 और 5 ऑक्सीकरण अवस्थाएँ भी प्रदर्शित करता है।

(घ) Fe^{3+} : यह एक उत्कृष्ट गैस (stable gas) है तथा किसी इलेक्ट्रॉनिक अभिक्रिया में भाग नहीं लेती है। इसलिए यह न तो अपघातक ऑक्सीकरण अवस्था में पाई जाती है और न ही अभ्यासक ऑक्सीकरण अवस्था में।

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

हल-समी. का मूल प्रारूप निम्न है—



(समीकरण को आधुनिक इलेक्ट्रॉन विधि द्वारा सन्तुलित करने के लिए

समूह देखें।)

सन्तुलित समीकरण निम्न है—



24. इस पुस्तक में दी गई आवर्त सारणी की सहायता से निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए—

(क) सम्भावित अधातुओं के नाम बताइए, जो असमानुपातन की अभिक्रिया प्रदर्शित कर सकती हों।

(ख) निम्नी तीन धातुओं के नाम बताइए, जो असमानुपातन अभिक्रिया प्रदर्शित कर सकती हों।

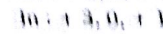
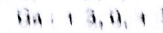
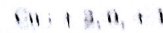
हल-**(क)** P_2 , Cl_2 और S है।

(ख) Cu , Ga और In इनकी असमानुपातन की अभिक्रियाएँ निम्न

है—



ये धातु तीन ऑक्सीकरण अवस्थाओं में पायी जाती है, जो अलग-अलग हैं—



उत्तर

25. नाइट्रिक अम्ल निर्माण की ओस्टवाल्ड विधि के प्रथम पद में अमोनिया गैस के ऑक्सीजन गैस द्वारा ऑक्सीकरण से नाइट्रिक ऑक्साइड गैस तथा जलवाष्प बनती है। 10.0 ग्राम अमोनिया तथा 30.0 ग्राम ऑक्सीजन द्वारा नाइट्रिक ऑक्साइड की कितनी अधिकतम मात्रा प्राप्त हो सकती है?

हल-प्रक्रम की रासायनिक समीकरण निम्न है—



समीकरण के अनुसार 68 ग्राम NH_3 के ऑक्सीकरण के लिए 160 ग्राम O_2 की आवश्यकता होती है।

∴ 10 ग्राम NH_3 के ऑक्सीकरण के लिए $\frac{160}{68} \times 10 = 23.53 \text{ g } \text{O}_2$

की आवश्यकता होगी। प्रक्रम में केवल 20 ग्राम O_2 का प्रयोग किया गया है। अतएव O_2 सीमांत अभिकर्मक है।

∴ 160 ग्राम O_2 से प्राप्त होती है, $\text{NO} = 120 \text{ g}$

∴ 20 ग्राम O_2 से प्राप्त होगी, $\text{NO} = \frac{120}{160} \times 20 = 15.00 \text{ g}$ उत्तर

26. सारणी 2.4 में दिए गए मानक विभवों की सहायता से अनुमान लगाइए कि क्या इन अभिकर्मकों के बीच अभिक्रिया सम्भव है?

(क) $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ तथा $\text{I}^-(\text{aq})$

(ख) $\text{Ag}^+(\text{aq})$ तथा $\text{Cu}(\text{s})$

(ग) $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ तथा $\text{Cu}(\text{s})$

(घ) $\text{Ag}(\text{s})$ तथा $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$

(ङ) $\text{Br}_2(\text{aq})$ तथा $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$

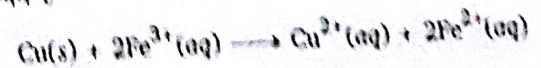
हल-**(क)** सम्भव है—



(ख) सम्भव है—



(ग) सम्भव है—



(घ) सम्भव नहीं है।

(ङ) सम्भव है—



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

(क) सिल्वर इलेक्ट्रोड के साथ AgNO_3 का जलीय विलयन

(ख) प्लैटिनम इलेक्ट्रोड के साथ AgNO_3 का जलीय विलयन

(ग) प्लैटिनम इलेक्ट्रोड के साथ H_2SO_4 का जलीय विलयन

(घ) प्लैटिनम इलेक्ट्रोड के साथ CuCl_2 का जलीय विलयन

हल-**(क)** कैथोड पर Ag प्राप्त होती है। एनोड पर Ag^+ आयन

देगा।

(ख) कैथोड पर Ag, एनोड पर O₂

(ग) कैथोड पर H₂, एनोड पर O₂

(घ) कैथोड पर Cu, यदि विलयन सान्द्र है तो एनोड पर Cl₂ अन्यथा O₂.

उत्तर

28. निम्नलिखित धातुओं को उनके लवण के विलयन में से विस्थापन की क्षमता के क्रम में लिखिए-

Al, Cu, Fe, Mg और Zn

हल-Mg > Al > Zn > Fe > Cu.

उत्तर

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

K⁺/K = - 2.93 V, Ag⁺/Ag = 0.80 V,

Hg²⁺/Hg = 0.79 V

Mg²⁺/Mg = - 2.37 V, Cr³⁺/Cr = - 0.74 V

हल-Ag < Hg < Cr < Mg < K

उत्तर

30. उस गैल्वेनी सेल को चित्रित कीजिए, जिससे निम्नलिखित अभिक्रिया होती है-



अब बताइए कि-

(क) कौन-सा इलेक्ट्रोड ऋण आवेशित है?

(ख) सेल में विद्युत धारा के वाहक कौन हैं?

(ग) प्रत्येक इलेक्ट्रोड पर होने वाली अभिक्रियाएँ क्या हैं?

हल-Zn(s) | Zn²⁺(aq) || Ag⁺(aq) | Ag(s)

(क) Zn/Zn²⁺ इलेक्ट्रोड ऋण आवेशित है।

(ख) बाह्य परिपथ में विद्युत धारा के वाहक इलेक्ट्रॉन हैं, जिनका प्रवाह Zn इलेक्ट्रोड से Ag इलेक्ट्रोड की ओर होता है।

(ग) एनोड पर—Zn(s) → Zn²⁺(aq) + 2e⁻

कैथोड पर—2Ag⁺(aq) + 2e⁻ → 2Ag(s)

