# रसायन

## भाग 1

### कक्षा 12 के लिए पाठ्यपुस्तक

12087

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्
NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**12087 – रसायन भाग 1**
कक्षा 12 के लिए पाठ्यपुस्तक

**ISBN 81-7450-732-9**

**सर्वाधिकार सुरक्षित**

- प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना इस प्रकाशन के किसी भाग को छापना तथा इलेक्ट्रॉनिकी, मशीनी, फोटोप्रतिलिपि, रिकॉर्डिंग अथवा किसी अन्य विधि से पुनः प्रयोग पद्धति द्वारा उसका संग्रहण अथवा प्रसारण वर्जित है।
- इस पुस्तक की बिक्री इस शर्त के साथ की गई है कि प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना यह पुस्तक अपने मूल आवरण अथवा जिल्द के अलावा किसी अन्य प्रकार से व्यापार द्वारा उधारी पर, पुनर्विक्रय या किराए पर न दी जाएगी, न बेची जाएगी।
- इस प्रकाशन का सही मूल्य इस पृष्ठ पर मुद्रित है। रबड़ की मुहर अथवा चिपकाई गई पर्ची (स्टिकर) या किसी अन्य विधि द्वारा अंकित कोई भी संशोधित मूल्य गलत है तथा मान्य नहीं होगा।

***प्रथम संस्करण***
*अप्रैल 2007 वैशाख 1929*

**पुनर्मुद्रण**
*नवंबर 2007, फरवरी 2009, दिसंबर 2009, जनवरी 2011, जनवरी 2012, मार्च 2013, अक्तूबर 2014, दिसंबर 2015, फ़रवरी 2017, जनवरी 2018, जनवरी 2019, अक्तूबर 2019 और जनवरी 2021*

***संशोधित संस्करण***
*अक्तूबर 2022 कार्तिक 1944*

**पुनर्मुद्रण**
*मार्च 2024 चैत्र 1946*
*दिसंबर 2024 पौष 1946*

**PD 23T BS**

***© राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, 2007, 2022***

**₹ 130.00**

*एन.सी.ई.आर.टी. वाटरमार्क 80 जी.एस.एम. पेपर पर मुद्रित।*

*प्रकाशन प्रभाग में सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविंद मार्ग, नयी दिल्ली 110 016 द्वारा प्रकाशित तथा स्वपना प्रिंटिंग वर्क्स (प्रा.) लिमिटेड, डोलतला, डोहरिया, पोस्ट – गंगानगर, जिला – उत्तर 24 परगनास, कोलकाता 700132 द्वारा मुद्रित।*

**एन.सी.ई.आर.टी. के प्रकाशन प्रभाग के कार्यालय**

एन.सी.ई.आर.टी. कैंपस
श्री अरविंद मार्ग
**नयी दिल्ली** 110 016 — **फ़ोन :** 011-26562708

108, 100 फीट रोड
हेली एक्सटेंशन, होस्डेकेरे
बनाशंकरी III स्टेज
**बैंगलुरु** 560 085 — **फ़ोन :** 080-26725740

नवजीवन ट्रस्ट भवन
डाकघर नवजीवन
**अहमदाबाद** 380 014 — **फ़ोन :** 079-27541446

सी.डब्ल्यू.सी. कैंपस
निकट: धनकल बस स्टॉप
पनिहटी
**कोलकाता** 700 114 — **फ़ोन :** 033-25530454

सी.डब्ल्यू.सी. कॉम्प्लैक्स
मालीगांव
**गुवाहाटी** 781021 — **फ़ोन :** 0361-2674869

**प्रकाशन सहयोग**

अध्यक्ष, प्रकाशन प्रभाग : *एम.वी. श्रीनिवासन*
मुख्य संपादक : *बिज्ञान सुतार*
मुख्य उत्पादन अधिकारी (प्रभारी) : *जहान लाल*
मुख्य व्यापार प्रबंधक : *अमिताभ कुमार*
संपादक : *रेखा अग्रवाल*
उत्पादन अधिकारी : सुनील शर्मा

**आवरण एवं सज्जा**
*ब्लू फिश*

© NCERT not to be republished

# आमुख

राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (2005) सुझाती है कि बच्चों के स्कूली जीवन को बाहर के जीवन से जोड़ा जाना चाहिए। यह सिद्धांत किताबी ज्ञान की उस विरासत के विपरीत है, जिसके प्रभाववश हमारी व्यवस्था आज तक स्कूल और घर के बीच अंतराल बनाए हुए है। नयी राष्ट्रीय पाठ्यचर्या पर आधारित पाठ्यक्रम और पाठ्यपुस्तकें इस बुनियादी विचार पर अमल करने का प्रयास है। इस प्रयास में हर विषय को एक मज़बूत दीवार से घेर देने और जानकारी को रटा देने की प्रवृत्ति का विरोध शामिल है। आशा है कि ये कदम हमें राष्ट्रीय शिक्षा नीति (1986) में वर्णित बाल-केंद्रित व्यवस्था की दिशा में काफ़ी दूर तक ले जाएँगे।

इस प्रयत्न की सफलता अब इस बात पर निर्भर है कि स्कूलों के प्राचार्य और अध्यापक बच्चों को कल्पनाशील गतिविधियों और सवालों की मदद से सीखने तथा सीखने के दौरान अपने अनुभव पर विचार करने का अवसर देते हैं। हमें यह मानना होगा कि यदि जगह, समय और आज़ादी दी जाए, तो बच्चे बड़ों द्वारा सौंपी गई सूचना-सामग्री से जुड़कर और जूझकर नए ज्ञान का सृजन करते हैं। शिक्षा के विविध साधनों एवं स्रोतों की अनदेखी किए जाने का प्रमुख कारण पाठ्यपुस्तक को परीक्षा का एकमात्र आधार बनाने की प्रवृत्ति है। सर्जना और पहल को विकसित करने के लिए ज़रूरी है कि हम बच्चों को सीखने की प्रक्रिया में पूरा भागीदार मानें और बनाएँ, उन्हें ज्ञान की निर्धारित खुराक का ग्राहक मानना छोड़ दें।

ये उद्देश्य स्कूल की दैनिक ज़िंदगी और कार्यशैली में काफ़ी फेरबदल की माँग करते हैं। दैनिक समय-सारणी में लचीलापन उतना ही ज़रूरी है, जितना वार्षिक कैलेंडर के अमल में चुस्ती, जिससे शिक्षण के लिए नियत दिनों की संख्या हकीकत बन सके। शिक्षण और मूल्यांकन की विधियाँ भी इस बात को तय करेंगी कि यह पाठ्यपुस्तक स्कूल में बच्चों के जीवन को मानसिक दबाव तथा बोरियत की जगह खुशी का अनुभव बनाने में कितनी प्रभावी सिद्ध होती है। बोझ की समस्या से निपटने के लिए पाठ्यक्रम निर्माताओं ने विभिन्न चरणों में ज्ञान का पुनर्निर्धारण करते समय बच्चों के मनोविज्ञान एवं अध्यापन के लिए उपलब्ध समय का ध्यान रखने की पहले से अधिक सचेत कोशिश की है। इस कोशिश को और गहराने के यत्न में यह पाठ्यपुस्तक सोच-विचार और विस्मय, छोटे समूहों में बातचीत एवं बहस तथा हाथ से की जाने वाली गतिविधियों को प्राथमिकता देती है।

एन.सी.ई.आर.टी. इस पुस्तक की रचना के लिए बनाई गई पाठ्यपुस्तक विकास समिति के परिश्रम के लिए कृतज्ञता व्यक्त करती है। परिषद् विज्ञान एवं गणित की पाठ्यपुस्तक के सलाहकार समूह के अध्यक्ष जे.वी. नार्लीकर और इस पाठ्यपुस्तक के मुख्य सलाहकार प्रोफ़ेसर बी.एल. खंडेलवाल की विशेष आभारी है। इस पाठ्यपुस्तक के विकास में कई शिक्षकों ने योगदान दिया; इस योगदान को संभव बनाने के लिए हम उनके प्राचार्यों के आभारी हैं। हम उन सभी संस्थाओं और संगठनों के प्रति कृतज्ञ हैं, जिन्होंने अपने संसाधनों, सामग्री तथा सहयोगियों की मदद लेने में हमें उदारतापूर्वक सहयोग दिया। हम माध्यमिक एवं उच्च शिक्षा विभाग, मानव संसाधन विकास मंत्रालय द्वारा प्रोफ़ेसर जी.पी. देशपांडे की अध्यक्षता में गठित निगरानी समिति (मॉनिटरिंग कमेटी) के सदस्यों को अपना मूल्यवान समय और सहयोग देने के लिए धन्यवाद देते हैं। व्यवस्थागत सुधारों और अपने प्रकाशनों में निरंतर निखार लाने के प्रति समर्पित एन.सी.ई.आर.टी. टिप्पणियों एवं सुझावों का स्वागत करेगी, जिनसे भावी संशोधनों में मदद ली जा सके।

*निदेशक*
राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और
प्रशिक्षण परिषद्

नयी दिल्ली
*20 नवंबर 2006*

© NCERT not to be republished

© NCERT
not to be republished

# पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन

कोविड-19 महामारी को देखते हुए, विद्यार्थियों के ऊपर से पाठ्य सामग्री का बोझ कम करना अनिवार्य है। *राष्ट्रीय शिक्षा नीति, 2020* में भी विद्यार्थियों के लिए पाठ्य सामग्री का बोझ कम करने और रचनात्मक नज़रिए से अनुभवात्मक अधिगम के अवसर प्रदान करने पर ज़ोर दिया गया है। इस पृष्ठभूमि में, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् ने सभी कक्षाओं में पाठ्यपुस्तकों को पुनर्संयोजित करने की शुरुआत की है। इस प्रक्रिया में रा.शै. अ.प्र.प. द्वारा पहले से ही विकसित कक्षावार सीखने के प्रतिफलों को ध्यान में रखा गया है।

**पाठ्य सामग्रियों के पुनर्संयोजन में निम्नलिखित बिंदुओं को ध्यान में रखा गया है —**

- एक ही कक्षा में अलग-अलग विषयों के अंतर्गत समान पाठ्य सामग्री का होना;
- एक कक्षा के किसी विषय में उससे निचली कक्षा या ऊपर की कक्षा में समान पाठ्य सामग्री का होना;
- कठिनाई स्तर;
- विद्यार्थियों के लिए सहज रूप से सुलभ पाठ्य सामग्री का होना, जिसे शिक्षकों के अधिक हस्तक्षेप के बिना, वे खुद से या सहपाठियों के साथ पारस्परिक रूप से सीख सकते हों;
- वर्तमान संदर्भ में अप्रासंगिक सामग्री का होना।

**वर्तमान संस्करण, ऊपर दिए गए परिवर्तनों को शामिल करते हुए तैयार किया गया पुनर्संयोजित संस्करण है।**

© NCERT not to be republished

# भारत का संविधान

## उद्देशिका

हम, भारत के लोग, भारत को एक [1]**[संपूर्ण प्रभुत्व-संपन्न समाजवादी पंथनिरपेक्ष लोकतंत्रात्मक गणराज्य]** बनाने के लिए, तथा उसके समस्त नागरिकों को :

सामाजिक, आर्थिक और राजनैतिक **न्याय,**

विचार, अभिव्यक्ति, विश्वास, धर्म

और उपासना की **स्वतंत्रता,**

प्रतिष्ठा और अवसर की **समता**

प्राप्त कराने के लिए,

तथा उन **सब में**

व्यक्ति की गरिमा और [2]**[राष्ट्र की एकता**

**और अखंडता]** सुनिश्चित करने वाली **बंधुता**

बढ़ाने के लिए

दृढ़संकल्प होकर **अपनी इस संविधान सभा में** आज तारीख 26 नवंबर, 1949 ई. को **एतद्द्वारा इस संविधान को अंगीकृत, अधिनियमित और आत्मार्पित करते हैं।**

---

1. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''प्रभुत्व-संपन्न लोकतंत्रात्मक गणराज्य'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।
2. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''राष्ट्र की एकता'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।

© NCERT not to be republished

# प्रस्तावना

रसायन ने समाज पर गहरा असर डाला है। इसका मानव जाति के कल्याण से प्रगाढ़ संबंध है। रसायन में प्रगति की दर इतनी अधिक है कि पाठ्यक्रम विकासक सदैव इससे सामंजस्य बैठाने के लिए नीतियाँ बनाते रहते हैं। इसके अतिरिक्त विद्यार्थियों को भी प्रेरित करने की आवश्यकता है जो भविष्य में मूलभूत मार्गदर्शन करने में योगदान दे सकेंगे। वर्तमान पाठ्यपुस्तक इस दिशा में वास्तविक प्रयास है।

इस पाठ्यपुस्तक के दो भाग हैं जिनमें कुल सोलह एकक हैं। यद्यपि विभिन्न एककों के शीर्षक देखने से लगता है कि विषयवस्तु भौतिक, अकार्बनिक एवं कार्बनिक रसायन में विभाजित है परंतु पाठक यह पाएँगे कि इन उपविषयों में जहाँ तक संभव हो सका, परस्पर संबंध स्थापित किया गया है जिससे विषय की एकीकृत पहुँच बनी रहे। विषयवस्तु का प्रस्तुतीकरण विद्यार्थियों को यन्त्रवत स्मरण करने से रोकता है। वास्तव में विषय को रसायन के नियमों एवं सिद्धांतों के चारों ओर संघटित किया गया है। विद्यार्थी इन नियमों एवं सिद्धांतों पर प्रवीणता प्राप्त कर लेने के पश्चात प्रागुक्ति करने की स्थिति में पहुँच जाएंगे।

जहाँ पर भी उचित था, ऐतिहासिक विकास और जीवन में उपयोग बताते हुए, विषय में उत्सुकता जाग्रत रखने का प्रयास किया गया है। मूल-पाठ को परिवेश से उदाहरण देते हुए भली प्रकार समझाया गया है जिससे अवधारणा के गुणात्मक और मात्रात्मक पक्षों को समझना सुसाध्य तथा आसान हो जाएगा।

विभिन्न गुणधर्मों की तुलना आसान बनाने के लिए पुस्तक में सभी जगह भौतिक आँकड़े SI इकाइयों में दिए गए हैं। नामकरण के लिए IUPAC पद्धति के साथ-साथ सामान्य पद्धति का भी उपयोग किया गया है। रासायनिक यौगिकों के संरचनात्मक सूत्रों के प्रकार्यात्मक/उपसहसंयोजी समूहों को इलेक्ट्रॉनिक व्यवस्था सहित अलग-अलग रंगों में दर्शाया गया है। प्रत्येक एकक में समझाने के लिए अनेक उदाहरण और उनके हल दिए गए हैं। पाठ्यनिहित प्रश्न भी हैं जिनमें से कुछ के हल एकक के अंत में दिए गए हैं। एकक के अंत में अभ्यास के लिए दिए गए प्रश्नों की अभिकल्पना इस प्रकार की गई है कि उन्हें हल करने के लिए महत्वपूर्ण सिद्धांतों का उपयोग करना होगा और यह चिंतन की प्रवृत्ति को बढ़ाएगा। अभ्यास के कुछ प्रश्नों के हल पुस्तक के अंत में दिए गए हैं।

कुछ वैज्ञानिकों के जीवन वृतांत और प्रसंग से संबंधित अधिक जानकारी जैसी विभिन्न पाठ्य सामग्री गहरे पीले रंग के दंड वाले घेरे में दिए गए हैं। गहरे पीले दंड से युक्त घेरे में दी गई विषयवस्तु पाठ्यसामग्री को अधिक रोचक बनने के लिए है परंतु यह मूल्यांकन के लिए नहीं है। पुस्तक में दिए गए अधिक जटिल यौगिकों की संरचनाएं उनके रसायन को समझने के लिए हैं। उनका प्रस्तुतीकरण रटने का कारण बनेगा, अतः मूलपाठ का यह भाग भी मूल्यांकन के लिए नहीं है।

जहाँ पर संभव हो सका है केवल सूचनाओं पर आधारित भाग को काफ़ी कम किया गया है। इसके स्थान पर तथ्य दिए गए हैं। परंतु विद्यार्थियों के लिए आवश्यक है कि उन्हें महत्वपूर्ण औद्योगिक रसायनों के उत्पादन और उसमें प्रयुक्त होने वाले कच्चे माल के स्रोत का ज्ञान हो। यह

© NCERT not to be republished

विवरण पुस्तक में दिया गया है। ऐसे यौगिकों के विवरण को उनकी संरचनाओं और अभिक्रियाशीलता को महत्व देकर रोचक बनाने की कोशिश की गई है। रासायनिक अभिक्रियाओं को ऊष्मागतिकी, रासायनिक बलगतिकी तथा वैद्युतरसायन पक्ष द्वारा समझाया गया है जो विद्यार्थियों को यह समझने में लाभप्रद होगा कि अमुक अभिक्रिया क्यों होती है एवं उत्पाद द्वारा कोई विशेष गुण क्यों प्रदर्शित किया जाता है। वर्तमान में पर्यावरण एवं ऊर्जा के विषय में अत्यधिक जागरूकता है जिसका सीधा संबंध रसायन से है। इन विषयों को पुस्तक में यथास्थान उभारा गया है और उन पर विचार किया गया है।

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् द्वारा गठित विद्वानों की टीम द्वारा पुस्तक की पांडुलिपि तैयार की गई है। मुझे टीम के सभी सदस्यों को उनके बहुमूल्य योगदान के लिए आभार प्रकट करते हुए अत्यंत हर्ष हो रहा है। इस पुस्तक को वर्तमान रूप में प्रस्तुत करने के लिए संपादकों द्वारा किए गए बहुमूल्य और अथक योगदान के प्रति भी मैं आभार प्रकट करता हूँ। मैं प्रोफ़ेसर ब्रह्म प्रकाश को भी समर्पित प्रयास एवं बहुमूल्य योगदान के लिए धन्यवाद ज्ञापित करता हूँ और आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने न केवल इस संपूर्ण कार्यक्रम का समन्वयन किया अपितु इस पुस्तक के लेखन तथा संपादन में भी सक्रिय भाग लिया। अध्यापकों और विषय विशेषज्ञों का भी आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने पुनरवलोकन कार्यशाला में भाग लेकर योगदान दिया, जिससे हमें पुस्तक को विद्यार्थियों के अनुकूल बनाने में सहायता मिली। मैं एन.सी.ई.आर.टी. के तकनीकी एवं प्रशासनिक स्टाफ को भी धन्यवाद देता हूँ जिन्होंने संपूर्ण प्रक्रिया में सहायता की।

इस पुस्तक की पाठ्यपुस्तक विकास समिति विश्वास करती है कि यह पुस्तक पाठकों में इस विषय को पढ़ने की उत्सुकता और आकर्षण उत्पन्न करेगी। प्रयास किया गया है कि पुस्तक त्रुटिरहित हो। फिर भी इस प्रकार की पुस्तक में जटिलता के कारण कभी-कभी त्रुटियाँ हो जाती हैं। इस प्रकार की त्रुटियों को पाठकों से जानकर उन्हें दूर करने में हमें प्रसन्नता होगी।

**बी.एल. खंडेलवाल**

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# पाठ्यपुस्तक विकास समिति

## अध्यक्ष, विज्ञान और गणित पाठ्यपुस्तक सलाहकार समिति

जयंत विष्णु नार्लीकर, *प्रोफ़ेसर, अध्यक्ष,* सलाहकार समिति। अंतर-विश्वविद्यालय केंद्र, खगोलविज्ञान और खगोल भौतिकी, (IUCAA), गनेशखिंद, पुणे विश्वविद्यालय परिसर, पुणे।

## मुख्य सलाहकार

बी.एल. खंडेलवाल, *प्रोफ़ेसर, निदेशक,* दिशा इंस्टीट्यूट ऑफ मैनेजमेंट तथा टैक्नोलोजी, रायपुर, छत्तीसगढ़, *पूर्व अध्यक्ष,* रसायन विभाग, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टैक्नोलॉजी, नयी दिल्ली।

## सदस्य

ब्रह्म प्रकाश, *प्रोफ़ेसर* (सदस्य एवं समन्वयक, अंग्रेज़ी संस्करण), डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

ए.एस. बरार, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, नयी दिल्ली।

ए.क्यू. कॉन्ट्रेक्टर, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, पोवाई, मुंबई।

अंजनी कौल, *प्रवक्ता,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आई.पी. अग्रवाल, *प्रोफ़ेसर,* डी.ई.एस.एम., क्षेत्रीय शिक्षण संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., भोपाल।

के.के. अरोड़ा, *रीडर,* रसायन विभाग, ज़ाकिर हुसैन महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली।

के.एन. उपाध्याय, *अध्यक्ष* (अवकाशप्राप्त), रसायन विभाग, रामजस महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली।

कविता शर्मा, *प्रवक्ता,* डी.ई.ई., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

एम.पी. महाजन, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, गुरु नानक देव विश्वविद्यालय, अमृतसर, पंजाब।

एम.एल. अग्रवाल, *प्रधानाचार्य* (अवकाशप्राप्त), केंद्रीय विद्यालय, जयपुर, राजस्थान।

पूरन चंद, *प्रोफ़ेसर, संयुक्त निदेशक* (अवकाशप्राप्त) सी.आई.ई.टी., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आर.ए. वर्मा, *उपप्रधानाचार्य,* शहीद बसन्त कुमार बिस्वास सर्वोदय विद्यालय, सिविल लाइंस, नयी दिल्ली।

आर.के. वर्मा, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, मगध विश्वविद्यालय, बिहार।

आर.के. पाराशर, *प्रवक्ता,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आर.एस. सिंधू, *प्रोफ़ेसर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

एस.के. गुप्ता, *रीडर,* स्कूल ऑफ़ स्टडीज़ इन केमेस्ट्री, जिवाजी विश्वविद्यालय, ग्वालियर, मध्य प्रदेश।

एस.के. डोगरा, *प्रोफ़ेसर,* डॉ. बी.आर. अंबेडकर सेंटर फॉर बायोमेडिकल रिसर्च, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली।

सर्वजीत सचदेवा, *पी.जी.टी. (रसायन),* सेंट कोलंबस स्कूल, नयी दिल्ली।

© NCERT not to be republished

एस. बधवार, *प्रवक्ता,* डेली कॉलेज, इंदौर, मध्य प्रदेश।

वी.एन. पाठक, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर, राजस्थान।

विजय सारदा, *रीडर,* रसायन विभाग, ज़ाकिर हुसैन महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली।

वी.के. वर्मा, *प्रोफ़ेसर,* (अवकाश प्राप्त), इंस्टीट्यूट ऑफ़ टेक्नोलॉजी, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय, वाराणसी, उत्तर प्रदेश।

वी.पी. गुप्ता, *प्रोफ़ेसर,* डी.ई.एस.एम., क्षेत्रीय शिक्षण संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., भोपाल, मध्य प्रदेश।

## सदस्य-समन्वयक

अलका मेहरोत्रा, *रीडर* (समन्वयक, हिंदी संस्करण) डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

## हिंदी रूपांतर

आर.के. उपाध्याय, *वरिष्ठ प्रवक्ता,* रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

आलोक चतुर्वेदी, *वरिष्ठ प्रवक्ता,* रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर

अरुण पारीक, *प्रवक्ता,* राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

अतुल शर्मा, *प्रवक्ता,* राजकीय महाविद्यालय, नागौर।

अलका मेहरोत्रा, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

एस.पी. माथुर, *विभागाध्यक्ष,* विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर।

के.जी. ओझा, *एसोसिएट प्रोफ़ेसर,* विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर।

रेणु पाराशर, *प्रवक्ता,* हंसराज महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली।

आर.के. पाराशर, *प्रवक्ता,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

सुरेन्द्र अरोड़ा, *वरिष्ठ प्रवक्ता,* रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# आभार

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् उन सभी संस्थाओं तथा व्यक्तियों के प्रति आभार प्रकट करती है जिन्होंने रसायन विज्ञान की कक्षा 12 की पाठ्यपुस्तक के विकास में अमूल्य योगदान दिया। परिषद् निम्नलिखित विद्वानों का भी आभार प्रकट करती है जिन्होंने हिंदी पांडुलिपि के पुनरवलोकन, संपादन तथा सुधार में अमूल्य योगदान दिया–

अरुण पारीक, *लेक्चरर*, रसायन विभाग राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; अनिल कुमार शर्मा, *पी.जी.टी. (रसायन)*, केंद्रीय विद्यालय, विकासपुरी, नयी दिल्ली; अतुल कुमार शर्मा, *लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, नागौर; आलोक चतुर्वेदी, *वरिष्ठ लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; आर.एल. पितलिया, *उपप्रधानाचार्य*, एम.एल.वी. राजकीय पी.जी. कॉलेज, भीलवाड़ा, राजस्थान; आर.के. उपाध्याय, *वरिष्ठ लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; उपमा सिंह, *पी.जी.टी. (रसायन)*, विवेकानन्द स्कूल, दिल्ली; एस.पी. माथुर, *विभागाध्यक्ष*, विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर; के.के. शर्मा, *उपप्रधानाचार्य* (अवकाशप्राप्त), कॉलेज ऑफ एजुकेशन, राजस्थान सरकार, अजमेर; के.जी. ओझा, *एसोशिएट प्रोफ़ेसर*, विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर; दिनेश गुप्ता, *विभागाध्यक्ष*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; बिजेन्द्र सिंह, *रीडर*, रसायन विभाग, हंसराज कॉलेज, दिल्ली; समीर व्यास, *अनुसंधान सहायक*, केंद्रीय मृदा एवं सामग्री अनुसंधानशाला, नयी दिल्ली; संजीव कुमार, *रीडर*, रसायन विभाग, देशबंधु कॉलेज (दिल्ली विश्वविद्यालय), नयी दिल्ली; सुरेन्द्र अरोड़ा, *वरिष्ठ लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

परिषद् श्री सतीश चन्द्र सक्सेना, *पूर्व उपनिदेशक* शब्दावली आयोग, की भी भाषायी दृष्टि से सहयोग देने के लिए आभारी है। भाषा की दृष्टि से पांडुलिपि में सुधार के लिए अमर सिंह सचान और अवध किशोर सिंह *कॉपी एडिटर*, का सहयोग भी प्रशंसनीय रहा है।

परिषद् शैक्षिक तथा प्रशासनिक सहयोग हेतु, प्रोफ़ेसर हुकुम सिंह, *(अध्यक्ष)*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी, की भी आभारी है।

परिषद् दीपक कपूर, *प्रभारी*, कंप्यूटर स्टेशन, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी तथा उनकी सहयोगी टीम के निम्नलिखित सदस्यों द्वारा सहयोग के लिए आभार प्रकट करती है। नरेन्द्र कुमार, विजय सिंह, इन्द्र कुमार, सायमा, नरेश कुमार, सीमा मेहमी तथा विजय कौशल *डी.टी.पी. ऑपरेटर*; ऋतु झा, कुन्दन निशाकर एवं अर्चना उपाध्याय, *प्रूफ़ रीडर* का इस पुस्तक की सज्जा में विशेष सहयोग प्राप्त हुआ।

इस पुस्तक के प्रथम टंकण में सहयोग के लिए परिषद् टी.जे. एंटरप्राइज़ेज़ दरियागंज, दिल्ली, का भी आभार प्रकट करती है।

परिषद् सहायक कार्यक्रम समन्वयक कार्यालय, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी. के प्रशासन और प्रकाशन विभाग के सहयोग हेतु हार्दिक आभार ज्ञापित करती है।

© NCERT not to be republished

# भारत का संविधान

*भाग 4क*

# नागरिकों के मूल कर्तव्य

**अनुच्छेद 51 क**

**मूल कर्तव्य** – भारत के प्रत्येक नागरिक का यह कर्तव्य होगा कि वह –

(क) संविधान का पालन करे और उसके आदर्शों, संस्थाओं, राष्ट्रध्वज और राष्ट्रगान का आदर करे;

(ख) स्वतंत्रता के लिए हमारे राष्ट्रीय आंदोलन को प्रेरित करने वाले उच्च आदर्शों को हृदय में संजोए रखे और उनका पालन करे;

(ग) भारत की संप्रभुता, एकता और अखंडता की रक्षा करे और उसे अक्षुण्ण बनाए रखे;

(घ) देश की रक्षा करे और आह्वान किए जाने पर राष्ट्र की सेवा करे;

(ङ) भारत के सभी लोगों में समरसता और समान भ्रातृत्व की भावना का निर्माण करे जो धर्म, भाषा और प्रदेश या वर्ग पर आधारित सभी भेदभावों से परे हो, ऐसी प्रथाओं का त्याग करे जो महिलाओं के सम्मान के विरुद्ध हों;

(च) हमारी सामासिक संस्कृति की गौरवशाली परंपरा का महत्त्व समझे और उसका परिरक्षण करे;

(छ) प्राकृतिक पर्यावरण की, जिसके अंतर्गत वन, झील, नदी और वन्य जीव हैं, रक्षा करे और उसका संवर्धन करे तथा प्राणिमात्र के प्रति दयाभाव रखे;

(ज) वैज्ञानिक दृष्टिकोण, मानववाद और ज्ञानार्जन तथा सुधार की भावना का विकास करे;

(झ) सार्वजनिक संपत्ति को सुरक्षित रखे और हिंसा से दूर रहे;

(ञ) व्यक्तिगत और सामूहिक गतिविधियों के सभी क्षेत्रों में उत्कर्ष की ओर बढ़ने का सतत् प्रयास करे, जिससे राष्ट्र निरंतर बढ़ते हुए प्रयत्न और उपलब्धि की नई ऊँचाइयों को छू सके; और

(ट) यदि माता-पिता या संरक्षक है, छह वर्ष से चौदह वर्ष तक की आयु वाले अपने, यथास्थिति, बालक या प्रतिपाल्य को शिक्षा के अवसर प्रदान करे।

© NCERT not to be republished

# विषय सूची


आमुख *iii*
पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन *v*
प्रस्तावना *vii*

**एकक 1 विलयन** **1**
1.1 विलयनों के प्रकार 1
1.2 विलयनों की सांद्रता को व्यक्त करना 2
1.3 विलेयता 6
1.4 द्रवीय विलयनों का वाष्प दाब 9
1.5 आदर्श एवं अनादर्श विलयन 13
1.6 अणुसंख्य गुणधर्म और आण्विक द्रव्यमान की गणना 15
1.7 असामान्य मोलर द्रव्यमान 23

**एकक 2 वैद्युतरसायन** **31**
2.1 वैद्युत रासायनिक सेल 32
2.2 गैल्वैनी सेल 33
2.3 नेर्न्स्ट समीकरण 38
2.4 वैद्युतअपघटनी विलयनों का चालकत्व 42
2.5 वैद्युतअपघटनी सेल एवं वैद्युतअपघटन 52
2.6 बैटरियाँ 56
2.7 ईंधन सेल 58
2.8 संक्षारण 59

**एकक 3 रासायनिक बलगतिकी** **63**
3.1 रासायनिक अभिक्रिया वेग 64
3.2 अभिक्रिया वेग को प्रभावित करने वाले कारक 69
3.3 समाकलित वेग समीकरण 74
3.4 अभिक्रिया वेग की ताप पर निर्भरता 81
3.5 रासायनिक अभिक्रिया का संघट्ट सिद्धांत 85

**एकक 4 *d*- एवं *f*- ब्लॉक के तत्व** **91**
4.1 आवर्त सारणी में स्थिति 92
4.2 *d*- ब्लॉक तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 92


© NCERT not to be republished

4.3 संक्रमण तत्वों (*d*- ब्लॉक) के सामान्य गुण 93
4.4 संक्रमण तत्वों के कुछ महत्वपूर्ण यौगिक 106
4.5 लैन्थेनॉयड 110
4.6 एक्टिनॉयड 113
4.7 *d*- एवं *f*- ब्लॉक तत्वों के कुछ अनुप्रयोग 115

**एकक 5 उपसहसंयोजन यौगिक 120**
5.1 उपसहसंयोजन यौगिकों का वर्नर का सिद्धांत 120
5.2 उपसहसंयोजन यौगिकों से संबंधित कुछ प्रमुख पारिभाषिक शब्द व उनकी परिभाषाएं 122
5.3 उपसहसंयोजन यौगिकों का नामकरण 125
5.4 उपसहसंयोजन यौगिकों में समावयवता 128
5.5 उपसहसंयोजन यौगिकों में आबंधन 131
5.6 धातु कार्बोनिलो में आबंधन 139
5.7 उपसहसंयोजन यौगिकों का महत्व तथा अनुप्रयोग 140

**परिशिष्ट 146**
**कुछ अभ्यासार्थ प्रश्नों के उत्तर 160**

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12087CH02

# एकक 1

# विलयन

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप —

- विभिन्न प्रकार के विलयनों का बनना वर्णित कर सकेंगे;
- विलयन की सांद्रता को विभिन्न मात्रकों में व्यक्त कर सकेंगे;
- हेनरी एवं राउल्ट नियमों को स्पष्ट कर सकेंगे तथा व्याख्या कर सकेंगे;
- आदर्श तथा अनादर्श विलयनों में विभेद कर सकेंगे;
- वास्तविक विलयनों का राउल्ट के नियम से विचलन का कारण बता सकेंगे;
- विलयनों के अणुसंख्य गुणधर्मों का वर्णन कर सकेंगे तथा इनका विलेय के आण्विक द्रव्यमान से संबंध स्थापित कर सकेंगे;
- विलयनों में कुछ विलेयों द्वारा प्रदर्शित असामान्य अणुसंख्य गुणधर्मों को समझा सकेंगे।

*शरीर में लगभग सभी प्रक्रम किसी न किसी विलयन में घटित होते हैं।*

सामान्य जीवन में हम बहुत कम शुद्ध पदार्थों से परिचित होते हैं। अधिकांशत: ये दो या अधिक शुद्ध पदार्थों के मिश्रण होते हैं। उनका जीवन में उपयोग तथा महत्व उनके संगठन पर निर्भर करता है। जैसे, पीतल (जिंक व निकैल का मिश्रण) के गुण जर्मन सिल्वर (कॉपर, जिंक व निकैल का मिश्रण) अथवा काँसे (ताँबे एवं टिन का मिश्रण) से अलग होते हैं। जल में उपस्थित फ्लुओराइड आयनों की 1.0 ppm मात्रा दंत क्षरण को रोकती है। जबकि इसकी 1.5 ppm मात्रा दाँतों के कर्बुरित (पीलापन) होने का कारण होती है तथा फ्लुओराइड आयनों की अधिक सांद्रता जहरीली हो सकती है (उदाहरणार्थ — सोडियम फ्लुओराइड का चूहों के लिए जहर के रूप में उपयोग); अंतशिरा इंजेक्शन हमेशा लवणीय जल में एक निश्चित आयनिक सांद्रता पर घोले जाते हैं जो रक्त प्लाज्मा की सांद्रता के सदृश होती हैं, इत्यादि कुछ उदाहरण हैं।

इस एकक में हम मुख्यत: द्रवीय विलयनों तथा उनको बनाने की विधियों पर विचार करेंगे तत्पश्चात् हम उनके गुणों जैसे वाष्पदाब व अणुसंख्य गुणधर्म का अध्ययन करेंगे। हम विलयनों के प्रकार से प्रारम्भ करेंगे और फिर द्रव विलयनों में उपस्थित विलेय की सांद्रता को व्यक्त करने के विभिन्न विकल्पों को जानेंगे।

## 1.1 विलयनों के प्रकार

विलयन दो या दो से अधिक अवयवों का **समांगी मिश्रण** होता है। समांगी मिश्रण से हमारा तात्पर्य है कि मिश्रण में सभी जगह इसका संघटन व गुण एक समान होते हैं। सामान्यत: जो अवयव अधिक मात्रा में उपस्थित होता है, वह *विलायक* कहलाता है। विलायक विलयन की भौतिक अवस्था निर्धारित करता है, जिसमें विलयन विद्यमान होता है। विलयन में विलायक के अतिरिक्त उपस्थित एक या अधिक अवयव **विलेय** कहलाते हैं। इस एकक में हम केवल **द्विअंगी विलयनों** (जिनमें दो अवयव हों) का अध्ययन करेंगे। यहाँ प्रत्येक अवयव ठोस, द्रव अथवा गैस अवस्था में हो सकता है। जिनका संक्षिप्त विवरण सारणी 1.1 में दिया गया है।

© NCERT not to be republished

सारणी 1.1– विलयनों के प्रकार

| विलयनों के प्रकार | विलेय | विलायक | सामान्य उदाहरण |
|---|---|---|---|
| *गैसीय विलयन* | गैस | गैस | ऑक्सीजन व नाइट्रोजन गैस का मिश्रण |
| | द्रव | गैस | क्लोरोफॉर्म को नाइट्रोजन गैस में मिश्रित किया जाए |
| | ठोस | गैस | कपूर का नाइट्रोजन गैस में विलयन |
| *द्रव विलयन* | गैस | द्रव | जल में घुली हुई ऑक्सीजन |
| | द्रव | द्रव | जल में घुली हुई एथेनॉल |
| | ठोस | द्रव | जल में घुला हुआ ग्लूकोस |
| *ठोस विलयन* | गैस | ठोस | हाइड्रोजन का पैलेडियम में विलयन |
| | द्रव | ठोस | पारे का सोडियम के साथ अमलगम |
| | ठोस | ठोस | ताँबे का सोने में विलयन |

## 1.2 विलयनों की सांद्रता को व्यक्त करना

किसी विलयन का संघटन उसकी सांद्रता से व्यक्त किया जा सकता है। सांद्रता को गुणात्मक रूप से या मात्रात्मक रूप से व्यक्त किया जा सकता है। उदाहरणार्थ, गुणात्मक रूप से हम कह सकते हैं कि विलयन तनु है (अर्थात् विलेय की अपेक्षाकृत बहुत कम मात्रा) अथवा यह सांद्र है (अर्थात् विलेय की अपेक्षाकृत बहुत अधिक मात्रा) परंतु वास्तविकता में इस तरह का वर्णन अत्यधिक भ्रम उत्पन्न करता है। अत: विलयनों का मात्रात्मक रूप में वर्णन करने की आवश्यकता होती है। विलयनों की सांद्रता का मात्रात्मक वर्णन हम कई प्रकार से कर सकते हैं।

**(i) द्रव्यमान प्रतिशत (w/w)**

विलयनों के अवयवों को द्रव्यमान प्रतिशत में निम्न प्रकार से परिभाषित किया जाता है–

$$\text{अवयव का द्रव्यमान}\,\% = \frac{\text{विलयन में उपस्थित अवयव का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का कुल द्रव्यमान}} \times 100 \quad (1.1)$$

उदाहरणार्थ, यदि एक विलयन का वर्णन, जल में 10% ग्लूकोस का द्रव्यमान, के रूप में किया जाए तो इसका तात्पर्य यह है कि 10 g ग्लूकोस को 90 g जल में घोलने पर 100 g विलयन प्राप्त हुआ। द्रव्यमान प्रतिशत में व्यक्त सांद्रता का उपयोग सामान्य रासायनिक उद्योगों के अनुप्रयोगों में किया जाता है। उदाहरणार्थ व्यावसायिक ब्लीचिंग विलयन में सोडियम हाइपोक्लोराइट का जल में 3.62 द्रव्यमान प्रतिशत होता है।

**(ii) आयतन प्रतिशत (*V/V*)**

आयतन प्रतिशत को निम्न प्रकार से परिभाषित किया जाता है–

$$\text{अवयव का प्रतिशत आयतन} = \frac{\text{अवयव का आयतन}}{\text{विलयन का कुल आयतन}} \times 100 \quad (1.2)$$

उदाहरणार्थ; एथेनॉल का जल में 10% विलयन का तात्पर्य है कि 10 mL एथेनॉल को इतने जल में इतना घोलते हैं कि विलयन का कुल आयतन 100 mL हो जाए। द्रवीय विलयनों



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

को सामान्यत: इस मात्रक में प्रदर्शित किया जाता है। उदाहरणार्थ, एथिलीन ग्लाइकॉल का 35% ($V/V$) विलयन वाहनों के इंजन को ठंडा करने के काम में आता है। इस सांद्रता पर हिमरोधी; जल के हिमांक को 255.4 K (–17.6 $^{o}$C) तक कम कर देता है।

**( iii ) द्रव्यमान-आयतन प्रतिशत ( w/V )**

एक अन्य इकाई (मात्रक) जो औषधियों व फार्मेसी में सामान्यत: उपयोग में आती है। वह है 100 mL विलयन में घुले हुए विलेय का द्रव्यमान।

**( iv ) पार्ट्स पर ( प्रति ) मिलियन ( पी.पी.एम. )**

जब विलेय की मात्रा अत्यंत सूक्ष्म हो तो सांद्रता को पार्ट्स पर मिलियन (ppm) में प्रदर्शित करना उपयुक्त रहता है–

$$\text{पार्ट्स पर (प्रति) मिलियन} = \frac{\text{अवयव के भागों की संख्या}}{\text{विलयन में उपस्थित सभी अवयवों के कुल भागों की संख्या}} \times 10^6 \qquad (1.3)$$

प्रतिशत की भाँति ppm (पार्ट्स पर मिलियन) सांद्रता को भी द्रव्यमान - द्रव्यमान, आयतन - आयतन व द्रव्यमान - आयतन में प्रदर्शित किया जा सकता है। एक लीटर (1030 g) समुद्री जल में $6 \times 10^{-3}$ g ऑक्सीजन ($O_2$) घुली होती है। इतनी कम सांद्रता को 5.8 g प्रति $10^6$ g समुद्री जल (5.8 ppm) से भी व्यक्त किया जा सकता है। जल अथवा वायुमंडल में प्रदूषकों की सांद्रता को प्राय: $\mu$ g mL$^{-1}$ अथवा ppm में प्रदर्शित किया जाता है।

**( v ) मोल-अंश**

$x$ को सामान्यत: मोल-अंश के संकेत के रूप में उपयोग करते हैं और $x$ के दाईं ओर नीचे लिखी हुई संख्या उसके अवयवों को प्रदर्शित करती है–

$$\text{अवयव का मोल-अंश} = \frac{\text{अवयव के मोलों की संख्या}}{\text{सभी अवयवों के कुल मोलों की संख्या}} \qquad (1.4)$$

उदाहरणार्थ, एक द्विअंगी विलयन में यदि A व B अवयवों के मोल क्रमश: $n_A$ व $n_B$ हों तो A का मोल-अंश होगा–

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \qquad (1.5)$$

$i$ अवयवों वाले विलयन में –

$$x_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + \ldots\ldots + n_i} = \frac{n_i}{n_t} \qquad (1.6)$$

यह दर्शाया जा सकता है कि दिए गए विलयन में उपस्थित सभी अवयवों के मोल-अंशों का योग एक होता है अर्थात्–

$$x_1 + x_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + x_i = 1 \qquad (1.7)$$

मोल-अंश इकाई, विलयनों के भौतिक गुणों में संबंध दर्शाने में बहुत उपयोगी है जैसे विलयनों की सांद्रता का वाष्पदाब के साथ संबंध दर्शाने में तथा इसका उपयोग गैसीय मिश्रणों के लिए आवश्यक गणना की व्याख्या करने में भी है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**उदाहरण 1.1** एथिलीन ग्लाइकॉल ($C_2H_6O_2$) के मोल-अंश की गणना करो यदि विलयन में $C_2H_6O_2$ का 20% द्रव्यमान उपस्थित हो।

**हल** माना कि हमारे पास 100 g विलयन है। (हम विलयन की किसी भी मात्रा से प्रारंभ कर सकते हैं क्योंकि परिणाम समान ही होगा।) विलयन में 20 g एथिलीन ग्लाइकॉल व 80 g जल होगा।

$C_2H_6O_2$ का आण्विक द्रव्यमान = $(12 \times 2) + (1 \times 6) + (16 \times 2) = 62\ g\ mol^{-1}$

$$C_2H_6O_2 \text{ के mol} = \frac{20\ g}{62\ g\ mol^{-1}} = 0.322\ mol$$

$$\text{जल के mol} = \frac{80\ g}{18\ g\ mol^{-1}} = 4.444\ mol$$

$$x_{\text{ग्लाइकॉल}} = \frac{C_2H_6O_2 \text{ के mol}}{C_2H_6O_2 \text{ के mol} + H_2O \text{ के mol}} = \frac{0.322\ mol}{0.322\ mol + 4.444\ mol} = 0.068$$

इसी प्रकार,

$$x_{\text{जल}} = \frac{4.444\ mol}{0.322\ mol + 4.444\ mol} = 0.932$$

जल के मोल-अंश की गणना निम्नलिखित प्रकार से भी की जा सकती है।

$1 - 0.068 = 0.932$

**(vi) मोलरता**

एक लीटर (1 क्यूबिक डेसीमीटर) विलयन में घुले हुए विलेय के मोलों की संख्या को उस विलयन की मोलरता (M) कहते हैं।

$$\text{मोलरता} = \frac{\text{विलेय के मोल}}{\text{विलयन का लीटर में आयतन}} \qquad (1.8)$$

उदाहरणार्थ NaOH के 0.25 mol $L^{-1}$ (0.25 M) विलयन का तात्पर्य है कि NaOH के 0.25 मोल को 1 लीटर (एक क्यूबिक डेसीमीटर) विलयन में घोला गया है।

**उदाहरण 1.2** उस विलयन की मोलरता की गणना कीजिए, जिसमें 5 g NaOH, 450 mL विलयन में घुला हुआ है।

**हल**

$$\text{NaOH के मोल} = \frac{5\ g}{40\ g\ mol^{-1}} = 0.125\ mol$$

$$\text{विलयन का लीटर में आयतन} = \frac{450\ mL}{1000\ mL\ L^{-1}}$$

$$\text{समीकरण (1.8) का उपयोग करने पर मोलरता} = \frac{0.125\ mol \times 1000\ mL\ L^{-1}}{450\ mL}$$

$$= 0.278\ M$$

$$= 0.278\ mol\ L^{-1}$$

$$= 0.278\ mol\ dm^{-3}$$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**( vii ) मोललता**

किसी विलयन की मोललता (m) 1 kg विलायक में उपस्थित विलेय के मोलों की संख्या के रूप में परिभाषित की जाती है और इसे निम्न प्रकार से व्यक्त करते हैं–

$$\text{मोललता (m)} = \frac{\text{विलेय के मोल}}{\text{विलायक का किलोग्राम में द्रव्यमान}} \qquad (1.9)$$

उदाहरणार्थ, 1.00 mol $kg^{-1}$ (1.00 m) KCl का जलीय विलयन से तात्पर्य है कि 1 mol (74.5 g) KCl को 1 kg जल में घोला गया है। विलयनों की सांद्रता व्यक्त करने की प्रत्येक विधि के अपने-अपने गुण एवं दोष होते हैं।

द्रव्यमान प्रतिशत, ppm मोल-अंश तथा मोललता ताप पर निर्भर नहीं करते, जबकि मोलरता ताप पर निर्भर करती है। ऐसा इसलिए होता है कि आयतन ताप पर निर्भर करता है जबकि द्रव्यमान नहीं।

**उदाहरण 1.3** 2.5 g एथेनोइक अम्ल ($CH_3COOH$) के 75 g बेन्जीन में विलयन की मोललता की गणना करो।

**हल** $C_2H_4O_2$ का मोलर द्रव्यमान = $(12 \times 2) + (1 \times 4) + (16 \times 2) = 60\ g\ mol^{-1}$

$$C_2H_4O_2 \text{ के मोल} = \frac{2.5\ g}{60\ g\ mol^{-1}} = 0.0417\ mol$$

$$\text{बेन्जीन का kg में द्रव्यमान} = \frac{75\ g}{1000\ g\ kg^{-1}} = 75 \times 10^{-3}\ kg$$

$$C_2H_4O_2 \text{ की मोललता} = \frac{C_2H_4O_2 \text{ के mol}}{\text{बेन्जीन का kg में द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{0.0417\ mol \times 1000\ g\ kg^{-1}}{75\ g} = 0.556\ mol\ kg^{-1}$$

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**1.1** यदि 22 g बेन्जीन में 22 g कार्बनटेट्राक्लोराइड घुली हो तो बेन्जीन एवं कार्बन टेट्राक्लोराइड के द्रव्यमान प्रतिशत की गणना कीजिए।

**1.2** एक विलयन में बेन्जीन का 30 द्रव्यमान % कार्बनटेट्राक्लोराइड में घुला हुआ हो तो बेन्जीन के मोल-अंश की गणना कीजिए।

**1.3** निम्नलिखित प्रत्येक विलयन की मोलरता की गणना कीजिए–

(क) 30 g, $Co(NO_3)_2.6H_2O$ 4.3 लीटर विलयन में घुला हुआ हो

(ख) 30 mL 0.5 M $H_2SO_4$ को 500 mL तनु करने पर।

**1.4** यूरिया ($NH_2CONH_2$) के 0.25 मोलर, 2.5 kg जलीय विलयन को बनने के लिए आवश्यक यूरिया के द्रव्यमान की गणना कीजिए।

**1.5** 20% (*w/w*) जलीय KI का घनत्व 1.202 g $mL^{-1}$ हो तो KI विलयन की (क) मोललता, (ख) मोलरता, (ग) मोल-अंश की गणना कीजिए।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

## 1.3 विलेयता

किसी अवयव की विलेयता एक निश्चित ताप पर विलायक की निश्चित मात्रा में घुली हुई उस पदार्थ की अधिकतम मात्रा होती है। यह विलेय एवं विलायक की प्रकृति तथा ताप एवं दाब पर निर्भर करती है। आइए हम इन कारकों के प्रभाव का अध्ययन ठोस अथवा गैस की द्रवों में विलेयता पर करें।

### 1.3.1 ठोसों की द्रवों में विलेयता

प्रत्येक ठोस दिए गए द्रव में नहीं घुलता जैसे सोडियम क्लोराइड व शर्करा जल में आसानी से घुल जाते हैं, जबकि नैफ़्थैलीन और ऐन्थ्रासीन नहीं घुलते। दूसरी ओर नैफ़्थैलीन व ऐन्थ्रासीन बेन्जीन में आसानी से घुल जाते हैं, जबकि सोडियम क्लोराइड व शर्करा नहीं घुलते। यह देखा गया है कि ध्रुवीय विलेय, ध्रुवीय विलायकों में घुलते हैं जबकि अध्रुवीय विलेय अध्रुवीय विलायकों में। सामान्यत: एक विलेय विलायक में घुल जाता है, यदि दोनों में अंतराआण्विक अन्योन्यक्रियाएं समान हों। हम कह सकते हैं कि **"समान-समान को घोलता है" ("like dissolves like")**

जब एक ठोस विलेय, द्रव विलायक में डाला जाता है तो यह उसमें घुलने लगता है। यह प्रक्रिया **विलीनीकरण** (घुलना) कहलाती है। इससे विलयन में विलेय की सांद्रता बढ़ने लगती है। इसी समय विलयन में से कुछ विलेय के कण ठोस विलेय के कणों के साथ संघट्ट कर विलयन से अलग हो जाते हैं। यह प्रक्रिया **क्रिस्टलीकरण** कहलाती है। एक ऐसी स्थिति आती है, जब दोनों प्रक्रियाओं की गति समान हो जाती है। इस परिस्थिति में विलयन में जाने वाले विलेय कणों की संख्या विलयन से पृथक्कारी विलेय के कणों की संख्या के बराबर होगी और गतिक साम्य की प्रावस्था पहुँच जाएगी। इस स्थिति में दिए गए ताप व दाब पर विलयन में उपस्थित विलेय की सांद्रता स्थिर रहेगी।

$$\text{विलेय} + \text{विलायक} \rightleftharpoons \text{विलयन} \qquad (1.10)$$

जब गैस को द्रवीय विलायकों में घोला जाता है तब भी ऐसा ही होता है। इस प्रकार का विलयन जिसमें दिए गए ताप एवं दाब पर और अधिक विलेय नहीं घोला जा सके, **संतृप्त विलयन** कहलाता है, एवं वह विलयन जिसमें उसी ताप पर और अधिक विलेय घोला जा सके, **असंतृप्त विलयन** कहलाता है। वह विलयन जो कि बिना घुले विलेय के साथ गतिक साम्य में होता है; संतृप्त विलयन कहलाता है एवं इसमें विलायक की दी गई मात्रा में घुली हुई, विलेय की अधिकतम मात्रा होती है। ऐसे विलयनों में विलेय की सांद्रता उसकी विलेयता कहलाती है।

पहले हम देख चुके हैं कि एक पदार्थ में दूसरे की विलेयता पदार्थों की प्रकृति पर निर्भर करती है। इसके अतिरिक्त दो अन्य कारक, ताप एवं दाब भी इस प्रक्रिया को नियंत्रित करते हैं।

**ताप का प्रभाव**

ठोसों की द्रवों में विलेयता पर ताप परिवर्तन का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। समीकरण (1.10) द्वारा प्रदर्शित साम्य का अध्ययन करें, गतिक साम्य होने के कारण इसे **ले-शातैलिये** नियम का पालन करना चाहिए। सामान्यत: यदि *निकट संतृप्तता प्राप्त* विलयन में घुलने की प्रक्रिया उष्माशोषी ($\Delta_{\text{विलयन}}H > 0$) हो तो ताप के बढ़ने पर विलेयता बढ़नी चाहिए और यदि यह उष्माक्षेपी ($\Delta_{\text{विलयन}}H < 0$) हो तो विलेयता कम होनी चाहिए। ऐसा प्रयोगात्मक रूप से भी देखा गया है।



© NCERT not to be republished

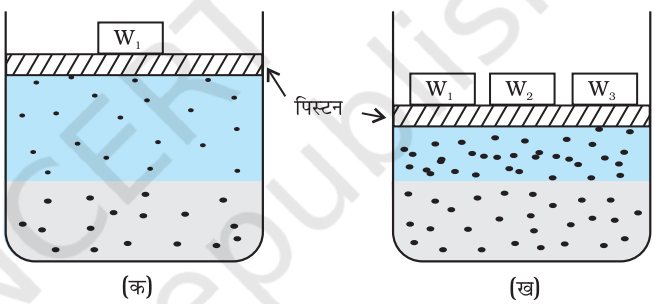
Reprint 2025-26

**दाब का प्रभाव**

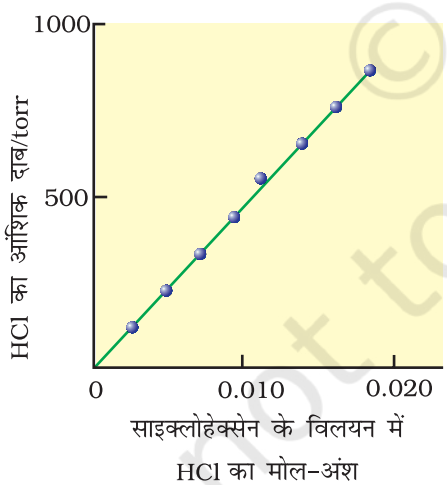
ठोसों की द्रवों में विलेयता पर दाब का कोई सार्थक प्रभाव नहीं होता। ऐसा इसलिए होता है; क्योंकि ठोस एवं द्रव अत्यधिक असंपीड्य होते हैं एवं दाब परिवर्तन से सामान्यत: अप्रभावित रहते हैं।

### 1.3.2 गैसों की द्रवों में विलेयता

बहुत सी गैसें जल में घुल जाती हैं। ऑक्सीजन जल में बहुत कम मात्रा में घुलती है। ऑक्सीजन की यह घुली हुई मात्रा जलीय जीवन को जीवित रखती है। दूसरी ओर हाइड्रोजन क्लोराइड गैस (HCl) जल में अत्यधिक घुलनशील होती है। गैसों की द्रवों में विलेयता ताप एवं दाब द्वारा बहुत अधिक प्रभावित होती है। दाब बढ़ने पर गैसों की विलेयता बढ़ती जाती है। चित्र 1.1 (क) में दर्शाये गए गैसों के विलयन के एक निकाय का $p$ दाब एवं $T$ ताप पर अध्ययन करते हैं जिसका निचला भाग विलयन है एवं ऊपरी भाग गैसीय है। मान लें कि यह निकाय गतिक साम्य अवस्था में है; अर्थात् इन परिस्थितियों में गैसीय कणों के विलयन में जाने व उसमें से निकलने की गति समान है। अब गैस के कुछ आयतन को संपीडित कर विलयन पर दाब बढ़ाते हैं (चित्र 1.1 ख)। इससे विलयन के ऊपर उपस्थित गैसीय कणों की संख्या प्रति इकाई आयतन में बढ़ जाएगी तथा गैसीय कणों की, विलयन की सतह में प्रवेश करने के लिए, उससे टकराने की दर भी बढ़ जाएगी। इससे गैस की विलेयता तब तक बढ़ेगी जब तक कि एक नया साम्य स्थापित न हो जाए। अत: विलयन पर दाब बढ़ने से गैस की विलेयता बढ़ती है।




*चित्र 1.1— गैस की विलेयता पर दाब का प्रभाव। विलेय गैस की सांद्रता विलयन के ऊपर उपस्थित गैस पर लगाए गए दाब के समानुपाती होती है।*




*चित्र 1.2— HCl गैस की साइक्लोहेक्सेन में 293 K पर विलेयता के प्रायोगिक परिणाम। रेखा का ढाल हेनरी स्थिरांक $K_H$ को व्यक्त करता है।*

सर्वप्रथम गैस की विलायक में विलेयता तथा दाब के मध्य मात्रात्मक संबंध हेनरी ने दिया, जिसे **हेनरी नियम** कहते हैं। **इसके अनुसार स्थिर ताप पर किसी गैस की द्रव में विलेयता द्रव अथवा विलयन की सतह पर पड़ने वाले गैस के आंशिक दाब के समानुपाती होती है।** डाल्टन, जो हेनरी के समकालीन था, ने भी स्वतंत्र रूप से निष्कर्ष निकाला कि किसी द्रवीय विलयन में गैस की विलेयता गैस के आंशिक दाब पर निर्भर करती है। यदि हम विलयन में गैस के मोल-अंश को उसकी विलेयता का माप मानें तो यह कहा जा सकता है कि **किसी विलयन में गैस का मोल-अंश उस विलयन के ऊपर उपस्थित गैस के आंशिक दाब के समानुपाती होता है।** सामान्य रूप से हेनरी नियम के अनुसार **"किसी गैस का वाष्प अवस्था में आंशिक दाब ($p$), उस विलयन में गैस के मोल-अंश ($x$) के समानुपाती होता है"** अथवा

$$p = K_H x \qquad (1.11)$$

यहाँ $K_H$ हेनरी स्थिरांक है। यदि हम गैस के आंशिक दाब एवं विलयन में गैस के मोल-अंश के मध्य आलेख खींचें तो हमें चित्र 1.2 में दर्शाया गया आलेख प्राप्त होगा।



Reprint 2025-26

समान ताप पर विभिन्न गैसों के लिए $K_H$ का मान भिन्न-भिन्न होता है (सारणी 1.2)। इससे निष्कर्ष निकलता है कि $K_H$ का मान गैस की प्रकृति पर निर्भर करता है।

समीकरण 1.11 से स्पष्ट है कि दिए गए दाब पर $K_H$ का मान जितना अधिक होगा, द्रव में गैस की विलेयता उतनी ही कम होगी। सारणी 1.2 से देखा जा सकता है कि $N_2$ एवं $O_2$ दोनों के लिए ताप बढ़ने पर $K_H$ का मान बढ़ता है, जिसका अर्थ है कि ताप बढ़ने पर इन गैसों की विलेयता घटती है। यही कारण है कि जलीय स्पीशीज़ के लिए गर्म जल की तुलना में ठंडे जल में रहना अधिक आरामदायक होता है।

**सारणी 1.2– जल में कुछ गैसों के लिए हेनरी स्थिरांक ($K_H$) का मान**

| गैस | ताप/K | $K_H$ / kbar | गैस | ताप/K | $K_H$ / kbar |
|---|---|---|---|---|---|
| He | 293 | 144.97 | आर्गन | 298 | 40.3 |
| $H_2$ | 293 | 69.16 | $CO_2$ | 298 | 1.67 |
| $N_2$ | 293 | 76.48 | फार्मेल्डीहाइड | 298 | $1.83\times10^{-5}$ |
| $N_2$ | 303 | 88.84 | मेथेन | 298 | 0.413 |
| $O_2$ | 293 | 34.86 | वाइनिल क्लोराइड | 298 | 0.611 |
| $O_2$ | 303 | 46.82 | | | |

**उदाहरण 1.4** यदि $N_2$ गैस को 293 K पर जल में से प्रवाहित किया जाए तो एक लीटर जल में कितने मिलीमोल $N_2$ गैस विलेय होगी? $N_2$ का आंशिक दाब 0.987 bar है तथा 293 K पर $N_2$ के लिए $K_H$ का मान 76.48 kbar है।

**हल** किसी गैस की विलेयता जलीय विलयन में उसके मोल-अंश से संबंधित होती है। विलयन में गैस के मोल-अंश की गणना हेनरी नियम से की जा सकती है। अतैव–

$$x\,(\text{नाइट्रोजन}) = \frac{p\,(\text{नाइट्रोजन})}{K_H} = \frac{0.987\ \text{bar}}{76{,}480\ \text{bar}} = 1.29\times10^{-5}$$

एक लीटर जल में उसके 55.5 मोल होते हैं माना कि विलयन में $N_2$ के मोलों की संख्या $n$ है।

$$x\,(\text{नाइट्रोजन}) = \frac{n\ \text{mol}}{n\ \text{mol} + 55.5\ \text{mol}} = \frac{n}{55.5} = 1.29\times10^{-5}$$

(चूँकि भिन्न के हर में 55.5 की तुलना में $n$ का मान बहुत कम है अतः इसे छोड़ दिया गया है।)

इस प्रकार–

$$n = 1.29\times10^{-5}\times55.5\ \text{mol}$$
$$= 7.16\times10^{-4}\ \text{mol}$$
$$= \frac{7.16\times10^{-4}\ \text{mol}\times1000\ \text{m mol}}{1\ \text{mol}}$$
$$= 0.716\ \text{m mol}$$



Reprint 2025-26

हेनरी नियम के उद्योगों में अनेक अनुप्रयोग हैं एवं यह कुछ जैविक घटनाओं को समझाता है। इनमें से कुछ ध्यान आकर्षित करने वाली इस प्रकार हैं —

- सोडा-जल एवं शीतल पेयों में $CO_2$ की विलेयता बढ़ाने के लिए बोतल को अधिक दाब पर बंद किया जाता है।
- गहरे समुद्र में श्वास लेते हुए गोताखोरों को अधिक दाब पर गैसों की अधिक घुलनशीलता का सामना करना पड़ सकता है। अधिक बाहरी दाब के कारण श्वास के साथ ली गई वायुमंडलीय गैसों की विलेयता रुधिर में अधिक हो जाती है। जब गोताखोर सतह की ओर आते हैं, बाहरी दाब धीरे-धीरे कम होने लगता है। इसके कारण घुली हुई गैसें बाहर निकलती हैं, इससे रुधिर में नाइट्रोजन के बुलबुले बन जाते हैं। यह केशिकाओं में अवरोध उत्पन्न कर देता है और एक चिकत्सीय अवस्था उत्पन्न कर देता है जिसे बेंड्स (Bends) कहते हैं, यह अत्यधिक पीड़ादायक एवं जानलेवा होता है। बेंड्स से तथा नाइट्रोजन की रूधिर में अधिक मात्रा के ज़हरीले प्रभाव से बचने के लिए, गोताखोरों द्वारा श्वास लेने के लिए उपयोग किए जाने वाले टैंकों में, हीलियम मिलाकर तनु की गई वायु को भरा जाता है (11.7% हीलियम, 56.2% नाइट्रोजन तथा 32.1% ऑक्सीजन)।
- अधिक ऊँचाई वाली जगहों पर ऑक्सीजन का आंशिक दाब सतही स्थानों से कम होता है अत: इन जगहों पर रहने वाले लोगों एवं आरोहकों के रुधिर और ऊतकों में ऑक्सीजन की सांद्रता निम्न हो जाती है। इसके कारण आरोहक कमज़ोर हो जाते हैं और स्पष्टतया सोच नहीं पाते। इन लक्षणों को *ऐनॉक्सिया* कहते हैं।

**ताप का प्रभाव**

ताप के बढ़ने पर किसी गैस की द्रवों में विलेयता घटती है। घोले जाने पर गैस के अणु द्रव प्रावस्था में विलीन होकर उसमें उपस्थित होते हैं अत: विलीनीकरण के प्रक्रम को संघनन के समकक्ष समझा जा सकता है तथा इस प्रक्रम में ऊर्जा उत्सर्जित होती है। हम पिछले खंड में पढ़ चुके हैं कि विलीनीकरण की प्रक्रिया एक गतिक साम्य की अवस्था में होती है अत: इसे ले-शातैलिये नियम का पालन करना चाहिए। चूँकि घुलनशीलता एक उष्माक्षेपी प्रक्रिया है; अत: ताप बढ़ने पर विलेयता घटनी चाहिए।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**1.6** सड़े हुए अंडे जैसी गंध वाली विषैली गैस $H_2S$ गुणात्मक विश्लेषण में उपयोग की जाती है। यदि $H_2S$ गैस की जल में STP पर विलेयता 0.195 M हो तो हेनरी स्थिरांक की गणना कीजिए।

**1.7** 298 K पर $CO_2$ गैस की जल में विलेयता के लिए हेनरी स्थिरांक का मान $1.67\times10^8$ Pa है। 500 mL सोडा जल 2.5 atm दाब पर बंद किया गया। 298 K ताप पर घुली हुई $CO_2$ की मात्रा की गणना कीजिए।

## 1.4 द्रवीय विलयनों का वाष्प दाब

जब विलायक कोई द्रव होता है तो द्रवीय विलयन बनते हैं। विलेय एक गैस, द्रव या ठोस हो सकता है। गैसों के द्रवों में विलयनों का अध्ययन हम पहले ही खंड 1.3.2 में कर चुके हैं। अब हम द्रवों और ठोसों के द्रवों में विलयनों का अध्ययन करेंगे। इस प्रकार के विलयनों में एक या अधिक अवयव वाष्पशील हो सकते हैं। सामान्यत: द्रवीय विलायक वाष्पशील होते हैं। विलेय वाष्पशील हो भी सकते हैं अथवा नहीं भी। हम यहाँ केवल द्विअंगी विलयनों के गुणों का अध्ययन करेंगे, अर्थात् वे विलयन जिनमें दो अवयव होते हैं यानी कि (1) द्रवों का द्रवों में विलयन तथा (2) ठोसों का द्रवों में विलयन।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

### 1.4.1 द्रव-द्रव विलयनों का वाष्प दाब

आइए, हम दो वाष्पशील द्रवों के द्विअंगी विलयन का अध्ययन करें और इसके दोनों अवयवों को 1 व 2 से अंकित करें। एक बंद पात्र में लेने पर दोनों अवयव वाष्पीकृत होंगे तथा अंततः वाष्प प्रावस्था एवं द्रव प्रावस्था के मध्य एक साम्य स्थापित हो जाएगा। मान लीजिए इस अवस्था में कुल दाब $p_{कुल}$ तथा अवयव 1 एवं 2 के आंशिक वाष्प दाब क्रमशः $p_1$ एवं $p_2$ हैं। यह आंशिक वाष्प दाब, अवयव 1 एवं 2 के मोल-अंश, क्रमशः $x_1$ व $x_2$ से संबंधित हैं।

फ्रेंच रसायनज्ञ फ्रेंसियस मार्टे राउल्ट (1886) ने इनके बीच एक मात्रात्मक संबंध दिया। यह संबंध **राउल्ट नियम** के नाम से जाना जाता है। इसके अनुसार **वाष्पशील द्रवों के विलयन में प्रत्येक अवयव का आंशिक दाब विलयन में उसके मोल-अंश के समानुपाती होता है।** अतः अवयव 1 के लिए–

$$p_1 \propto x_1$$

और $$p_1 = p_1^0 \, x_1 \qquad (1.12)$$

जहाँ $p_1^0$ शुद्ध घटक 1 का समान ताप पर वाष्प दाब है

इसी प्रकार अवयव 2 के लिए–

$$p_2 = p_2^0 \, x_2 \qquad (1.13)$$

जहाँ $p_2^0$ शुद्ध घटक 2 के वाष्प दाब को प्रदर्शित करता है।

**डाल्टन के आंशिक दाब के नियमानुसार** पात्र में विलयन अवस्था का कुल दाब ($p_{कुल}$) विलयनों के अवयवों के आंशिक दाब के जोड़ के बराबर होता है इसलिए–

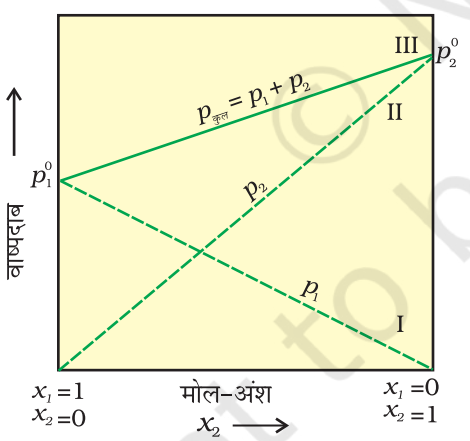
$$p_{कुल} = p_1 + p_2 \qquad (1.14)$$

$p_1$ व $p_2$ के मान रखने पर हम पाते हैं कि–

$$p_{कुल} = x_1 \, p_1^0 + x_2 \, p_2^0$$

$$= (1 - x_2) \, p_1^0 + x_2 \, p_2^0 \qquad (1.15)$$

$$= p_1^0 + (p_2^0 - p_1^0) \, x_2 \qquad (1.16)$$




*चित्र 1.3— स्थिर ताप पर आदर्श विलयन के वाष्प दाब एवं मोल-अंश का आलेख असतत रेखाएँ I एवं II घटकों के आंशिक दाब को व्यक्त करती हैं (आलेख से देखा जा सकता है कि $p_1$ तथा $p_2$ क्रमशः $x_1$ एवं $x_2$ के समानुपाती हैं) चित्र में अंकित रेखा III कुल वाष्प दाब दर्शाती है।*

समीकरण 1.16 से निम्नलिखित परिणाम निकाले जा सकते हैं।

(i) किसी विलयन के कुल वाष्प दाब को उसके किसी अवयव के मोल-अंश से संबंधित किया जा सकता है।

(ii) किसी विलयन का कुल वाष्प दाब अवयव 2 के मोल-अंश के साथ रेखीय रूप से परिवर्तित होता है।

(iii) शुद्ध अवयव 1 व 2 के वाष्प दाब पर निर्भर रहते हुए विलयन का कुल वाष्प दाब अवयव 1 के मोल-अंश के बढ़ने से कम या ज़्यादा होता है।

किसी विलयन के लिए $p_1$ अथवा $p_2$ का $x_1$ तथा $x_2$ के विरुद्ध आलेख चित्र 1.3 की तरह रेखीय आलेख होता है। जब $x_1$ व $x_2$ का मान 1 होता है तो ये रेखाएँ (I व II) क्रमशः बिंदु $p_1^0$ व $p_2^0$ से होकर गुज़रती हैं। इसी प्रकार से $p_{कुल}$ का $x_2$ के विरुद्ध आलेख (लाइन III) भी रेखीय होता है (चित्र 1.3)। $p_{कुल}$ का न्यूनतम मान $p_1^0$ तथा अधिकतम मान $p_2^0$ है। यहाँ घटक 1 घटक 2 की तुलना में कम वाष्पशील है अर्थात् $p_1^0 < p_2^0$।



Reprint 2025-26

विलयन के साथ साम्य में वाष्प प्रावस्था के संघटन का निर्धारण अवयवों के आंशिक दाब से निर्धारित किया जा सकता है। यदि $y_1$ एवं $y_2$ क्रमशः अवयव 1 व 2 के वाष्पीय अवस्था में मोल-अंश हों तब डाल्टन के आंशिक दाब के नियम का उपयोग करने पर–

$$p_1 = y_1 p_{\text{कुल}} \quad (1.17)$$

$$p_2 = y_2 p_{\text{कुल}} \quad (1.18)$$

सामान्यतः $$p_i = y_i p_{\text{कुल}} \quad (1.19)$$

**उदाहरण 1.5** 298 K पर क्लोरोफार्म ($CHCl_3$) एवं डाइक्लोरोमेथेन ($CH_2Cl_2$) के वाष्प दाब क्रमशः 200 mm Hg व 415 mm Hg हैं।

(i) 25.5 g $CHCl_3$ व 40 g $CH_2Cl_2$ को मिलाकर बनाए गए विलयन के वाष्प दाब की गणना 298 K पर कीजिए।

(ii) वाष्पीय प्रावस्था के प्रत्येक अवयव के मोल-अंश की गणना कीजिए?

**हल** (i) $CH_2Cl_2$ का मोलर द्रव्यमान = (12 × 1) + (1 × 2) + (2 × 35.5) = 85 g mol$^{-1}$

$CHCl_3$ का मोलर द्रव्यमान = (12 × 1) + (1 × 1) + (3 × 35.5) = 119.5 g mol$^{-1}$

$$CH_2Cl_2 \text{ के मोल} = \frac{40 \text{ g}}{85 \text{ g mol}^{-1}} = 0.47 \text{ mol}$$

$$CHCl_3 \text{ के मोल} = \frac{25.5 \text{ g}}{119.5 \text{ g mol}^{-1}} = 0.213 \text{ mol}$$

$$\text{कुल मोल} = 0.47 + 0.213 = 0.683 \text{ mol}$$

$$x_{CH_2Cl_2} = \frac{0.47 \text{ mol}}{0.683 \text{ mol}} = 0.688 \; ; \quad x_{CHCl_3} = 1.00 - 0.688 = 0.312$$

समीकरण 1.16 से–

$$p_{\text{कुल}} = p_1^0 + (p_2^0 - p_1^0)\, x_2 = 200 + (415 - 200) \times 0.688$$

$$= 200 + 147.9 = 347.9 \text{ mm Hg}$$

(ii) समीकरण 1.19, $y_i = p_i / p_{\text{कुल}}$ का उपयोग करने पर हम गैस प्रावस्था में अवयवों के मोल-अंश की गणना कर सकते हैं।

$$p_{CH_2Cl_2} = 0.688 \times 415 \text{ mm Hg} = 285.5 \text{ mm Hg}$$

$$p_{CHCl_3} = 0.312 \times 200 \text{ mm Hg} = 62.4 \text{ mm Hg}$$

$$y_{CH_2Cl_2} = 285.5 \text{ mm Hg} / 347.9 \text{ mm Hg} = 0.82$$

$$y_{CHCl_3} = 62.4 \text{ mm Hg} / 347.9 \text{ mm Hg} = 0.18$$

**नोट** – चूँकि $CHCl_3$ की तुलना में $CH_2Cl_2$ ज़्यादा वाष्पशील घटक है ($p^0_{CH_2Cl_2} = 415$ mm Hg और $p^0_{CHCl_3} = 200$ mm Hg) और वाष्पीय प्रावस्था में अधिक $CH_2Cl_2$ है (= 0.82 तथा $y_{CHCl_3} = 0.18$), अतः इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि **"साम्यावस्था में वाष्प प्रावस्था हमेशा उस अवयव की धनी होती है जो अधिक वाष्पशील होता है।"**

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

### 1.4.2 राउल्ट का नियम; हेनरी के नियम की एक विशेष स्थिति

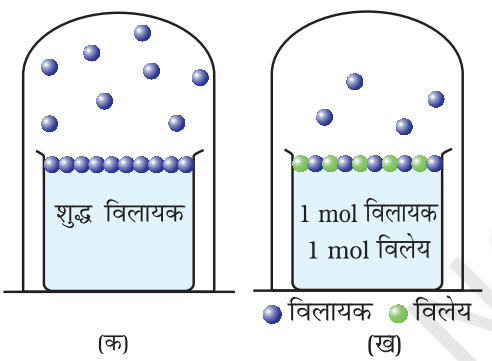
राउल्ट के नियम के अनुसार किसी विलयन में उसके वाष्पशील घटक का वाष्प दाब $p_i = x_i\ p_i^0$ द्वारा व्यक्त किया जाता है। किसी द्रव में गैस के विलयन के प्रकरण में गैसीय घटक इतना वाष्पशील है कि वह गैस रूप में ही रहता है तथा हम जानते हैं कि उसकी घुलनशीलता हेनरी के नियम से निर्धारित होती है जिसके अनुसार–

$$p = K_H\, x$$

यदि हम राउल्ट के नियम व हेनरी के नियम की तुलना करें तो देखा जा सकता है कि वाष्पशील घटक अथवा गैस का आंशिक दाब विलयन में उसके मोल-अंश के समानुपाती होता है केवल समानुपातिक स्थिरांक $K_H$ एवं $p_i^0$ में भिन्नता होती है। इस प्रकार राउल्ट का नियम, हेनरी के नियम की एक विशेष स्थिति है जिसमें $K_H$ का मान $p_i^0$ के मान के बराबर हो जाता है।

### 1.4.3 ठोस पदार्थों का द्रवों में विलयन एवं उनका वाष्पदाब

विलयनों का एक अलग महत्त्वपूर्ण वर्ग द्रवों में घुले हुए ठोस पदार्थों का है। उदाहरणार्थ, सोडियम क्लोराइड, ग्लूकोस, यूरिया एवं शर्करा का जल में विलयन और आयोडीन, गंधक जैसे ठोसों का कार्बन डाइ सल्फाइड में विलयन। इन विलयनों के कुछ भौतिक गुण शुद्ध विलायकों से बहुत अलग होते हैं, उदाहरण है— वाष्प दाब। किसी दिए गए ताप पर द्रव वाष्पित होता है तथा साम्यावस्था पर द्रव की वाष्प का, द्रव प्रावस्था पर डाला गया दाब उस द्रव का वाष्प दाब कहलाता है (चित्र 1.4 क)। शुद्ध द्रवों की सारी सतह द्रव के अणुओं द्वारा घिरी रहती है। यदि किसी विलायक में एक अवाष्पशील विलेय डालकर विलयन बनाया जाए तो इस विलयन का वाष्प दाब केवल विलायक के वाष्पदाब के कारण होता है (चित्र 1.4 ख)। दिए गए ताप पर विलयन का यह वाष्प दाब शुद्ध विलायक के वाष्पदाब से कम होता है। विलयन की सतह पर विलेय व विलायक दोनों के अणु उपस्थित रहते हैं। अत: सतह का विलायक के अणुओं से घिरा भाग कम रह जाता है। इसके कारण सतह छोड़कर जाने वाले विलायक अणुओं की संख्या भी तदनुसार घट जाती है, अत: विलायक का वाष्प दाब भी कम हो जाता है।




*चित्र 1.4— विलायक में विलेय की उपस्थिति के फलस्वरूप विलायक के वाष्प दाब में कमी*

*(क) विलायक के अणुओं का उसकी सतह से वाष्पन,*

*(ख) विलयन में विलेय के कण को से दर्शाया गया है यह भी सतह का कुछ भाग घेरते हैं।*

विलायक के वाष्प दाब में कमी विलयन में उपस्थित अवाष्पशील विलेय की मात्रा पर निर्भर करती है उसकी प्रकृति पर नहीं, उदाहरणार्थ, 1 kg जल में 1.0 मोल सुक्रोस मिलाने पर जल के वाष्प दाब में कमी लगभग वही होती है जो कि 1.0 मोल यूरिया को जल की उसी मात्रा में उसी ताप पर मिलाने से होती है। राउल्ट नियम को सामान्यत: इस प्रकार व्यक्त किया जाता है **"किसी विलयन के प्रत्येक वाष्पशील अवयव का आंशिक वाष्प दाब इसके मोल-अंश के समानुपाती होता है।"** अब हम द्विअंगी विलयन में विलायक को 1 व विलेय को 2 से व्यक्त करते हैं। जब विलेय अवाष्पशील होता है तो केवल विलायक अणु ही वाष्प अवस्था में होते हैं और वाष्प दाब का कारण होते हैं। यदि $p_1$ विलायक का वाष्प दाब व $x_1$ इसका मोल-अंश हो, एवं $p_1^0$ इसकी शुद्ध अवस्था का वाष्पदाब हो, तो राउल्ट के नियमानुसार–

$$p_1 \propto x_1$$

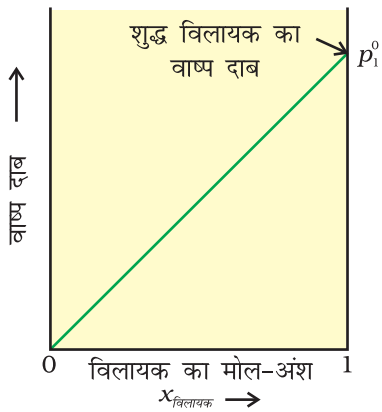
और

$$p_1 = x_1\ p_1^0 \qquad (1.20)$$



Reprint 2025-26

समानुपाती स्थिरांक शुद्ध विलायक के वाष्प दाब $p_1^0$ के बराबर होता है, विलायक के वाष्प दाब व मोल-अंश प्रभाज के मध्य खींचा गया आलेख रेखीय होता है (चित्र 1.5)।




*चित्र 1.5— यदि कोई विलयन सभी सांद्रणों के लिए राउल्ट के नियम का पालन करता है तो उसका वाष्प दाब एक सरल रेखा में शून्य से शुद्ध विलायक के वाष्प दाब तक बढ़ता जाता है।*

## 1.5 आदर्श एवं अनादर्श विलयन

द्रव-द्रव विलयनों को राउल्ट के नियम के आधार पर आदर्श एवं अनादर्श विलयनों में वर्गीकृत किया जा सकता है।

### 1.5.1 आदर्श विलयन

ऐसे विलयन जो सभी सांद्रताओं पर राउल्ट के नियम का पालन करते हैं, **आदर्श विलयन** कहलाते हैं। आदर्श विलयन के दो अन्य मुख्य गुण भी होते हैं। मिश्रण बनाने के लिए शुद्ध अवयवों को मिश्रित करने पर मिश्रण बनाने का ऐंथैल्पी परिवर्तन तथा आयतन परिवर्तन शून्य होता है। अर्थात्

$$\Delta_{मिश्रण}H = 0, \qquad \Delta_{मिश्रण}V = 0 \qquad (1.21)$$

इसका तात्पर्य यह है कि अवयवों को मिश्रित करने पर उष्मा का उत्सर्जन अथवा अवशोषण नहीं होता। इसके अतिरिक्त विलयन का आयतन भी दोनों अवयवों के आयतन के योग के बराबर होता है। आण्विक स्तर पर विलयनों के आदर्श व्यवहार को अवयव A व B के अध्ययन द्वारा समझा जा सकता है। शुद्ध अवयवों में अंतराआण्विक आकर्षण अन्योन्यक्रियाएं A-A और B-B प्रकार की होती हैं। जबकि द्विअंगी विलयनों में इन दोनों अन्योन्यक्रियाओं के अतिरिक्त A-B प्रकार की अन्योन्यक्रियाएँ भी उपस्थित होंगी। यदि A-A व B-B के बीच अंतराआण्विक आकर्षण बल A-B के समान हों तो यह आदर्श विलयन बनाता है।

एक पूर्णरूपेण आदर्श विलयन की संभावना बहुत कम होती है, लेकिन कुछ विलयन व्यवहार में लगभग आदर्श होते हैं। n-हेक्सेन और n-हेप्टेन, ब्रोमोएथेन और क्लोरोएथेन तथा बेन्जीन और टॉलूईन आदि के विलयन इस वर्ग में आते हैं।

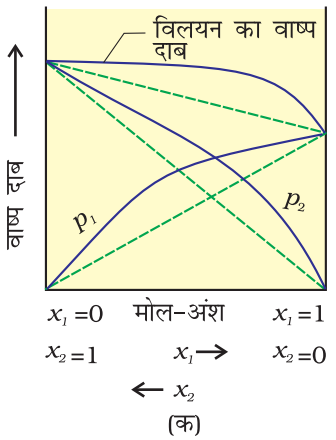
### 1.5.2 अनादर्श विलयन

जब कोई विलयन सभी सांद्रताओं पर राउल्ट के नियम का पालन नहीं करता तो वह **अनादर्श विलयन** कहलाता है। इस प्रकार के विलयनों का वाष्पदाब राउल्ट के नियम द्वारा प्रागुक्त (predict) किए गए वाष्प दाब से या तो अधिक होता है या कम (समीकरण 1.16)। यदि यह अधिक होता है तो यह विलयन राउल्ट नियम से **धनात्मक विचलन** प्रदर्शित करता है और यदि यह कम होता है तो यह **ऋणात्मक विचलन** प्रदर्शित करता है। ऐसे विलयनों के वाष्प दाब का मोल-अंश के सापेक्ष आलेख, चित्र 1.6 में दिखाया गया है।

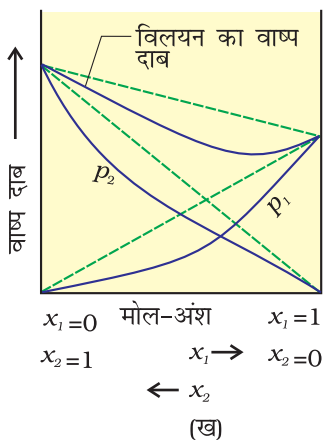


© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26




(क)



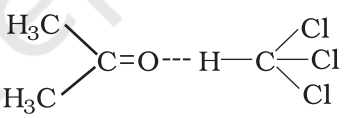

(ख)

***चित्र 1.6***— *द्विघटकीय निकाय का वाष्प दाब उनके संघटन के कारक के रूप में (क) राउल्ट के नियम से धनात्मक विचलन दर्शाने वाला विलयन (ख) राउल्ट के नियम से ऋणात्मक विचलन दर्शाने वाला विलयन*

इन विचलनों का कारण आण्विक स्तर पर अन्योन्यक्रियाओं की प्रकृति में स्थित है। राउल्ट नियम से धनात्मक विचलन की स्थिति में, A-B अन्योन्यक्रियाएं A-A अथवा B-B के बीच अन्योन्यक्रियाओं की तुलना में कमज़ोर होती हैं अर्थात् इस स्थिति में विलेय-विलायक अणुओं के मध्य अंतराआण्विक आकर्षण बल विलेय-विलेय और विलायक-विलायक अणुओं की तुलना में कमज़ोर होते हैं। इसका मतलब इस प्रकार के विलयनों में से A अथवा B के अणु शुद्ध अवयव कि तुलना में अधिक आसानी से पलायन कर सकते हैं। इसके परिणाम स्वरूप वाष्प दाब में वृद्धि होती है जिससे धनात्मक विचलन होता है। एथेनॉल व ऐसीटोन का मिश्रण इसी प्रकार का व्यवहार दर्शाता है। शुद्ध एथेनॉल में अणुओं के मध्य हाइड्रोजन बंध होते हैं। इसमें ऐसीटोन मिलाने पर इसके अणु आतिथेय अणुओं के बीच आ जाते हैं, जिसके कारण आतिथेय अणुओं के बीच पहले से उपस्थित हाइड्रोजन बंध टूट जाते हैं। इससे अंतराआण्विक बल कमज़ोर हो जाने के कारण मिश्रण राउल्ट के नियम से धनात्मक विचलन (चित्र 1.6 क) दर्शाता है।

कार्बन डाइसल्फाइड को ऐसीटोन में मिलाने पर बने विलयन में विलेय-विलायक अणुओं के मध्य द्विध्रुवीय अन्योन्यक्रियाएं विलेय-विलेय और विलायक-विलायक अणुओं के मध्य अन्योन्यक्रियाओं से कमज़ोर होती हैं। यह विलयन भी धनात्मक विचलन दिखाता है।

राउल्ट के नियम से ऋणात्मक विचलन की स्थिति में A-A व B-B के बीच अंतराआण्विक आर्कषण बल A-B की तुलना में कमज़ोर होता है। इसके फलस्वरूप वाष्पदाब कम हो जाता है अत: ऋणात्मक विचलन प्रदर्शित होता है। फ़ीनॉल व ऐनिलीन का मिश्रण इस प्रकार का उदाहरण है। इस स्थिति में फ़ीनॉलिक प्रोटॉन व ऐनिलीन के नाइट्रोजन अणु के एकाकी इलेक्ट्रॉन युगल के मध्य अंतराआण्विक हाइड्रोजन बंध एक से अणुओं के मध्य हाइड्रोजन बंध की तुलना में मज़बूत होता है। इसी प्रकार से क्लोरोफॉर्म व ऐसीटोन का मिश्रण भी ऐसा विलयन बनता है जो राउल्ट के नियम से ऋणात्मक विचलन दर्शाता है। इसका कारण यह है कि क्लोरोफॉर्म का अणु ऐसीटोन के अणु के साथ हाइड्रोजन बंध बना सकता है जैसा कि आप नीचे दिए चित्र में देख सकते हैं।




*ऐसीटोन एवं क्लोरोफॉर्म के मध्य हाइड्रोजन बंध*

इसके कारण प्रत्येक घटक के अणुओं की पलायन की प्रवृत्ति कम हो जाती है, जिससे वाष्प दाब में कमी आ जाती है तथा राउल्ट नियम से ऋणात्मक विचलन होता है (चित्र 1.6 ख)।

कुछ द्रव मिश्रित करने पर **स्थिरक्वाथी** बनाते हैं जो ऐसे द्विघटकीय मिश्रण हैं, जिनका द्रव व वाष्प प्रावस्था में संघटन समान होता है तथा यह एक स्थिर ताप पर उबलते हैं। ऐसे प्रकरणों में घटकों को प्रभाजी आसवन द्वारा अलग नहीं किया जा सकता। स्थिरक्वाथी दो प्रकार के होते हैं, जिन्हें **न्यूनतम क्वथनांकी स्थिरक्वाथी** तथा **अधिकतम क्वथनांकी स्थिरक्वाथी** कहते हैं। विलयन जो एक निश्चित संगठन पर राउल्ट नियम से अत्यधिक धनात्मक विचलन प्रदर्शित करते हैं, न्यूनतमक्वथनांकी स्थिरक्वाथी बनाते हैं।

उदाहरणार्थ शर्कराओं के किण्वन से प्राप्त एथेनॉल एवं जल का मिश्रण प्रभाजी आसवन द्वारा जो विलयन देता है उसमें आयतन के आधार पर लगभग 95% तक ऐथनॉल होती है। एक बार यह संघटन प्राप्त कर लेने के पश्चात्, जो कि स्थिरक्वाथी संघटन है, द्रव व वाष्प का संघटन समान हो जाता है तथा इसके आगे पृथक्करण नहीं होता।



Reprint 2025-26

वे विलयन जो कि राउल्ट नियम से बहुत अधिक ऋणात्मक विचलन दर्शाते हैं, एक विशिष्ट संघटन पर अधिकतम क्वथनांकी स्थिरक्वाथी बनाते हैं। नाइट्रिक अम्ल एवं जल का मिश्रण इस प्रकार के स्थिरक्वाथी का उदाहरण है। इस स्थिरक्वाथी के संघटन में लगभग 68% नाइट्रिक अम्ल एवं 32% जल (द्रव्यमान) होता है जिसका क्वथनांक 393.5 K होता है।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**1.8** 350 K पर शुद्ध द्रवों A एवं B के वाष्पदाब क्रमशः 450 एवं 750 mm Hg हैं। यदि कुल वाष्पदाब 600 mm Hg हो तो द्रव मिश्रण का संघटन ज्ञात कीजिए। साथ ही वाष्प प्रावस्था का संघटन भी ज्ञात कीजिए।

## 1.6 अणुसंख्य गुणधर्म और आण्विक द्रव्यमान की गणना

खंड 1.4.3 में हमने जाना कि जब एक अवाष्पशील विलेय विलायक में डाला जाता है तो विलयन का वाष्प दाब घटता है। विलयन के कई गुण वाष्प दाब के अवनमन से संबंधित हैं, वे हैं— (1) विलायक के वाष्प दाब का आपेक्षिक अवनमन (2) विलायक के हिमांक का अवनमन (3) विलायक के क्वथनांक का उन्नयन और (4) विलयन का परासरण दाब। **यह सभी गुण विलयन में उपस्थित कुल कणों की संख्या तथा विलेय कणों की संख्या के अनुपात पर निर्भर करते हैं न कि विलेय कणों की प्रकृति पर।** ऐसे गुणों को **अणुसंख्य गुण धर्म** कहते हैं। [अणुसंख्य, (colligative) *'लैटिन भाषा से जिसमें, 'को'*, का अर्थ है एक साथ और *'लिगेर'* का अर्थ है आबंधित] निम्नलिखित खंडों में हम एक-एक करके इन गुणों की विवेचना करेंगे।

### 1.6.1 वाष्प दाब का आपेक्षिक अवनमन

खंड 1.4.3 में हमने सीखा कि किसी विलायक का विलयन में वाष्प दाब शुद्ध विलायक के वाष्प दाब से कम होता है। राउल्ट ने सिद्ध किया कि वाष्प दाब का अवनमन केवल विलेय कणों के सांद्रण पर निर्भर करता है, उनकी प्रकृति पर नहीं। खंड 1.4.3 में दिया गया समीकरण 1.20 विलयन के वाष्प दाब, विलायक के वाष्प दाब एवं मोल-अंश से संबंध स्थापित करता है अर्थात–

$$p_1 = x_1\ p_1^0 \qquad (1.22)$$

विलायक के वाष्प दाब में अवनमन, $\Delta p_1$ को निम्न प्रकार से दिया जाता है–

$$\Delta p_1 = p_1^0 - p_1 = p_1^0 - p_1^0\ x_1$$

$$= p_1^0\ (1 - x_1) \qquad (1.23)$$

यह ज्ञात है कि $x_2 = 1 - x_1$ है, अतः समीकरण 1.23 निम्न प्रकार से बदल जाता है–

$$\Delta p_1 = x_2\ p_1^0 \qquad (1.24)$$

जिस विलयन में कई अवाष्पशील विलेय होते हैं, उसके वाष्पदाब का अवनमन विभिन्न विलेयों के मोल-अंश के योग पर निर्भर करता है।

समीकरण 1.24 को इस प्रकार लिख सकते हैं–

$$\frac{\Delta p_1}{p_1^0} = \frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = x_2 \qquad (1.25)$$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

पहले ही बताया जा चुका है कि समीकरण में बाईं ओर लिखा गया पद **वाष्पदाब का आपेक्षिक अवनमन कहलाता है तथा इसका मान विलेय के मोल-अंश के बराबर होता है** अत: उपरोक्त समीकरण को इस प्रकार लिख सकते हैं—

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad \text{चूँकि } x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \qquad (1.26)$$

यहाँ $n_1$ और $n_2$ क्रमश: विलयन में उपस्थित विलायक और विलेय के मोलों की संख्या है। तनु विलयन के लिए $n_2 << n_1$, अत: $n_2$ को हर में से छोड़ देने पर–

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{n_2}{n_1^0} \qquad (1.27)$$

या $$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{w_2 \times M_1}{M_2 \times w_1} \qquad (1.28)$$

यहाँ $w_1$ और $w_2$ तथा $M_1$ और $M_2$ क्रमश: विलायक और विलेय की मात्रा और मोलर द्रव्यमान हैं।

समीकरण (1.28) में उपस्थित अन्य सभी मात्राएं ज्ञात होने पर विलेय के मोलर द्रव्यमान ($M_2$) को परिकलित किया जा सकता है।

**उदाहरण 1.6** किसी ताप पर शुद्ध बेन्जीन का वाष्प दाब 0.850 bar है। 0.5 g अवाष्पशील विद्युतअनापघट्य ठोस को 39.0 g बेन्जीन (मोलर द्रव्यमान 78 g $mol^{-1}$) में घोला गया। प्राप्त विलयन का वाष्प दाब 0.845 bar है। ठोस का मोलर द्रव्यमान क्या है?

**हल** हमें ज्ञात मात्राएं इस प्रकार हैं—

$p_1^0$ = 0.850 bar; $p$ = 0.845 bar; $M_1$ = 78 g $mol^{-1}$; $w_2$ = 0.5 g; $w_1$ = 39 g

समीकरण 1.28 में ये मान रखने पर

$$\frac{0.850 \text{ bar} - 0.845 \text{ bar}}{0.850 \text{ bar}} = \frac{0.5 \text{ g} \times 78 \text{ g mol}^{-1}}{M_2 \times 39 \text{ g}}$$

अत:, $M_2$ = 170 g $mol^{-1}$

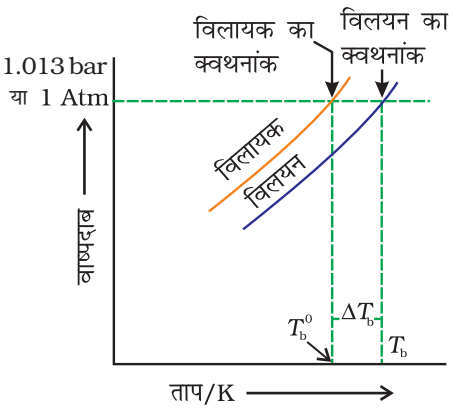
### 1.6.2 क्वथनांक का उन्नयन

द्रव का ताप बढ़ने पर वाष्प दाब बढ़ता है। यह उस ताप पर उबलता है जिस पर उसका वाष्प दाब वायुमंडलीय दाब के बराबर हो जाता है। उदाहरण के लिए जल 373.15 K (100°C) पर उबलता है क्योंकि इस ताप पर जल का वाष्प दाब 1.013 bar (1 वायुमंडल) है। हमने पिछले खंड में जाना कि अवाष्पशील विलेय कि उपस्थिति से विलायक का वाष्प दाब कम हो जाता है। चित्र 1.7 शुद्ध विलायक और विलयन के वाष्पदाब का ताप के साथ परिवर्तन प्रदर्शित करता है। उदाहरण के लिए सुक्रोस के जलीय विलयन का वाष्पदाब 373.15 K पर 1.013 bar से कम है। इस विलयन को उबालने के लिए ताप को शुद्ध विलायक (जल) के क्वथनांक से अधिक बढ़ाकर विलयन का वाष्प दाब 1.013 bar तक बढ़ाना पड़ेगा। अत: किसी भी विलयन का क्वथनांक शुद्ध विलायक, जिसमें विलयन बनाया गया है, के क्वथनांक से हमेशा अधिक



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26




*चित्र 1.7— विलयन का वाष्पदाब वक्र, शुद्ध जल के वाष्प दाब वक्र के नीचे है। आरेख दर्शाता है कि $\Delta T_b$ विलयन में विलायक के क्वथनांक का उन्नयन है।*

होता है जैसा चित्र 1.7 में दिखाया गया है। वाष्पदाब के अवनमन के समान ही क्वथनांक का उन्नयन भी विलेय के अणुओं की संख्या पर निर्भर करता है न कि उसकी प्रकृति पर। एक मोल सुक्रोस का 1000 g जल में विलयन 1 वायुमंडलीय दाब पर 373.52 K पर उबलता है।

यदि $T_b^0$ शुद्ध विलायक का क्वथनांक है और $T_b$ विलयन का क्वथनांक है तो $\Delta T_b = T_b - T_b^0$ को **क्वथनांक का उन्नयन कहा जाता है।**

प्रयोग दर्शाते हैं कि **तनु विलयन** में क्वथनांक का उन्नयन $\Delta T_b$, विलयन में उपस्थित विलेय की मोलल सांद्रता के समानुपाती होता है। अत:

$$\Delta T_b \propto m \qquad (1.29)$$

या

$$\Delta T_b = K_b\, m \qquad (1.30)$$

यहाँ m (मोललता) 1 kg विलायक में विलीन विलेय के मोलों की संख्या है तथा $K_b$ **क्वथनांक उन्नयन स्थिरांक** या मोलल उन्नयन स्थिरांक (Ebullioscopic Constant) कहलाता है। $K_b$ की इकाई $K\,kg\,mol^{-1}$ है। कुछ प्रचलित विलायकों के $K_b$ का मान सारणी 1.3 में दिया गया है। यदि $M_2$ मोलर द्रव्यमान वाले विलेय के $w_2$ ग्राम, $w_1$ ग्राम विलायक में उपस्थित हों तो विलयन की मोललता m निम्न पद द्वारा व्यक्त की जाती है।

$$m = \frac{w_2 / M_2}{w_1/1000} = \frac{1000 \times w_2}{M_2 \times w_1} \qquad (1.31)$$

समीकरण (1.30) में मोललता का मान रखने पर–

$$\Delta T_b = \frac{K_b \times 1000 \times w_2}{M_2 \times w_1} \qquad (1.32)$$

$$M_2 = \frac{1000 \times w_2 \times K_b}{\Delta T_b \times w_1} \qquad (1.33)$$

अत: विलेय के मोलर द्रव्यमान $M_2$ का मान निकालने के लिए उस विलेय की एक ज्ञात मात्रा को ऐसे विलायक की ज्ञात मात्रा में विलीन करके $\Delta T_b$ का मान प्रयोग द्वारा प्राप्त किया जाता है, जिसके लिए $K_b$ का मान ज्ञात हो।

**उदाहरण 1.7** एक सॉसपेन (पात्र) में 18 g ग्लूकोस $C_6H_{12}O_6$ को 1 kg जल में घोला गया। 1.013 bar दाब पर यह जल किस ताप पर उबलेगा? जल के लिए $K_b$ का मान 0.52 K kg $mol^{-1}$ है।

**हल** ग्लूकोस के मोलों की संख्या = $\frac{18\,g}{180\,g\,mol^{-1}}$ = 0.1 mol

विलायक की किलोग्राम में मात्रा = 1 kg

इसलिए ग्लूकोस के विलयन की मोललता = 0.1 mol $kg^{-1}$ (समीकरण 1.9 द्वारा)

जल के लिए क्वथनांक में परिवर्तन

$\ddot{A}T_b = K_b \times m = 0.52\ K\ kg\ mol^{-1} \times 0.1\ mol\ kg^{-1} = 0.052\ K$

चूँकि 1.013 bar दाब पर जल 373.15 K पर उबलता है, अत: विलयन का क्वथनांक 373.15 + 0.052 = 373.202 K होगा।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**उदाहरण 1.8** बेन्जीन का क्वथनांक 353.23 K है। 1.80 g अवाष्पशील विलेय को 90 g बेन्जीन में घोलने पर विलयन का क्वथनांक बढ़कर 354.11 K हो जाता है। विलेय के मोलर द्रव्यमान की गणना कीजिए। बेन्जीन के लिए $K_b$ का मान 2.53 K kg mol$^{-1}$ है।

**हल** क्वथनांक का उन्नयन, $\Delta T_b$ = 354.11 K – 353.23 K

= 0.88 K

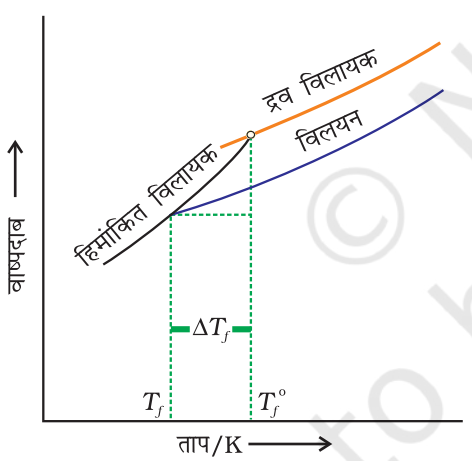
समीकरण 1.33 में यह मान रखने पर

$$M_2 = \frac{2.53 \text{ K kg mol}^{-1} \times 1.8 \text{ g} \times 1000 \text{ g kg}^{-1}}{0.88 \text{ K} \times 90 \text{ g}} = 58 \text{ g mol}^{-1}$$

अत: विलेय का मोलर द्रव्यमान, $M_2$ = 58 g mol$^{-1}$

### 1.6.3 हिमांक का अवनमन

वाष्प दाब में कमी के कारण शुद्ध विलायक की तुलना में विलयन के हिमांक का अवनमन होता है (चित्र 1.8)। हम जानते हैं कि किसी पदार्थ के हिमांक पर, ठोस प्रावस्था एवं द्रव प्रावस्था गतिक साम्य में रहती है। अत: किसी पदार्थ के हिमांक बिंदु को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है कि यह वह ताप है जिसपर द्रव अवस्था का वाष्प दाब उसकी ठोस अवस्था के वाष्प दाब के बराबर होता है। एक विलयन का तभी हिमीकरण होता है जब उसका वाष्प दाब शुद्ध ठोस विलायक के वाष्प दाब के बराबर हो जाए जैसा कि चित्र 1.8 से स्पष्ट है। राउल्ट के नियम के अनुसार जब एक अवाष्पशील ठोस विलायक में डाला जाता है तो विलायक का वाष्प दाब कम हो जाता है और अब इसका वाष्पदाब ठोस विलायक के वाष्पदाब के बराबर कुछ कम ताप पर होता है। अत: विलायक का हिमांक घट जाता है।




*चित्र 1.8— विलयन में विलायक के हिमांक का अवनमन ($\Delta T_f$) दर्शाने वाला आलेख*

माना कि $T_f^0$ शुद्ध विलायक का हिमांक बिंदु है और जब उसमें अवाष्पशील विलेय घुला है तब उसका हिमांक बिंदु $T_f$ है। अत: हिमांक में कमी $T_f^0 - T_f$ के बराबर होगी।

$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$ , इसे हिंमाक का अवनमन कहते हैं।

क्वथनांक के उन्नयन के समान ही **तनु विलयन** (आदर्श विलयन) का हिमांक अवनमन ($\Delta T_f$) भी विलयन की मोललता m के समानुपाती होता है। अत:

$$\Delta T_f \propto m$$

या $$\Delta T_f = K_f \, m \qquad (1.34)$$

समानुपाती स्थिरांक, $K_f$, जो विलायक की प्रकृति पर निर्भर करता है, **को हिमांक अवनमन स्थिरांक, मोलल अवनमन स्थिरांक या क्रायोस्कोपिक स्थिरांक** कहते हैं। $K_f$ की इकाई K kg mol$^{-1}$ है। कुछ प्रचलित विलायकों के $K_f$ मान सारणी 1.3 में दिए गए हैं।



Reprint 2025-26

यदि $w_2$ ग्राम विलेय जिसका मोलर द्रव्यमान $M_2$ है, की $w_1$ ग्राम विलायक में उपस्थिति विलायक के हिमांक में $\Delta T_f$ अवनमन कर दे, तो विलेय की मोललता समीकरण 1.31 द्वारा दर्शायी जाती है—

$$m = \frac{w_2 / M_2}{w_1/1000} \qquad (1.31)$$

समीकरण (1.34) में मोललता का यह मान रखने पर, हमें प्राप्त होता है–

$$\Delta T_f = \frac{K_f \times w_2/M_2}{w_1/1000}$$

$$\Delta T_f = \frac{K_f \times w_2 \times 1000}{M_2 \times w_1} \qquad (1.35)$$

$$M_2 = \frac{K_f \times w_2 \times 1000}{\Delta T_f \times w_1} \qquad (1.36)$$

अत: विलेय का मोलर द्रव्यमान निकालने के लिए हमें $w_1, w_2, \Delta T_f$ के साथ मोलल अवनमन स्थिरांक $K_f$ का मान भी ज्ञात होना चाहिए। $K_f$ एवं $K_b$ के मान, जो विलायक की प्रकृति पर निर्भर करते हैं, निम्न संबंधों से प्राप्त किए जा सकते हैं।

$$K_f = \frac{R \times M_1 \times T_f^2}{1000 \times \Delta_{\text{गलन}} H} \qquad (1.37)$$

$$K_b = \frac{R \times M_1 \times T_b^2}{1000 \times \Delta_{\text{वाष्पन}} H} \qquad (1.38)$$

यहाँ $R$ और $M_1$ क्रमश: गैस स्थिरांक एवं विलायक का मोलर द्रव्यमान तथा $T_f$ तथा $T_b$ केल्विन में शुद्ध विलायक के क्रमश: हिमांक एवं क्वथनांक हैं। इसी प्रकार $\Delta_{\text{गलन}}H$ तथा $\Delta_{\text{वाष्पन}}H$ क्रमश: विलायक के गलन एवं वाष्पन एन्थैल्पी में परिवर्तन हैं।

**सारणी 1.3– कुछ विलायकों के मोलल क्वथनांक उन्नयन स्थिरांक एवं मोलल हिमांक अवनमन स्थिरांक**

| विलायक | b. p./K | $K_b$/K kg mol$^{-1}$ | f. p./K | $K_f$/K kg mol$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| जल | 373.15 | 0.52 | 273.0 | 1.86 |
| एथेनॉल | 351.5 | 1.20 | 155.7 | 1.99 |
| साइक्लोहेक्सेन | 353.74 | 2.79 | 279.55 | 20.00 |
| बेन्जीन | 353.3 | 2.53 | 278.6 | 5.12 |
| क्लोरोफॉर्म | 334.4 | 3.63 | 209.6 | 4.79 |
| कार्बन टेट्राक्लोराइड | 350.0 | 5.03 | 250.5 | 31.8 |
| कार्बन डाइसल्फाइड | 319.4 | 2.34 | 164.2 | 3.83 |
| डाइएथिल ईथर | 307.8 | 2.02 | 156.9 | 1.79 |
| ऐसीटिक अम्ल | 391.1 | 2.93 | 290.0 | 3.90 |



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**उदाहरण 1.9** 45 g एथिलीन ग्लाइकॉल ($C_2H_6O_2$) को 600 g जल में मिलाया गया। विलयन के (क) हिमांक अवनमन एवं (ख) हिमांक की गणना कीजिए।

**हल** हिमांक अवनमन मोललता से संबंधित है, अत:

$$\text{एथिलीन ग्लाइकॉल के विलयन की मोललता} = \frac{\text{एथिलीन ग्लाइकॉल के मोल}}{\text{जल का kg में द्रव्यमान}}$$

$$\text{एथिलीन ग्लाइकॉल के मोल} = \frac{45\ \text{g}}{62\ \text{g mol}^{-1}} = 0.73\ \text{mol}$$

$$\text{जल का kg में द्रव्यमान} = \frac{600\text{g}}{1000\text{g kg}^{-1}} = 0.6\ \text{kg}$$

$$\text{इस प्रकार, एथिलीन ग्लाइकॉल की मोललता} = \frac{0.73\ \text{mol}}{0.60\ \text{kg}} = 1.2\ \text{mol kg}^{-1}$$

अत: हिमांक में अवनमन $\Delta T_f = 1.86\ \text{K kg mol}^{-1} \times 1.2\ \text{mol kg}^{-1} = 2.2\ \text{K}$

जलीय विलयन का हिमांक = 273.15 K – 2.2 K = 270.95 K

**उदाहरण 1.10** एक वैद्युतअनअपघट्य के 1.00 g को 50 g बेन्जीन में घोलने पर इसके हिमांक में 0.40 K की कमी हो जाती है। बेन्जीन का हिमांक अवनमन स्थिरांक 5.12 K kg mol$^{-1}$ है। विलेय का मोलर द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।

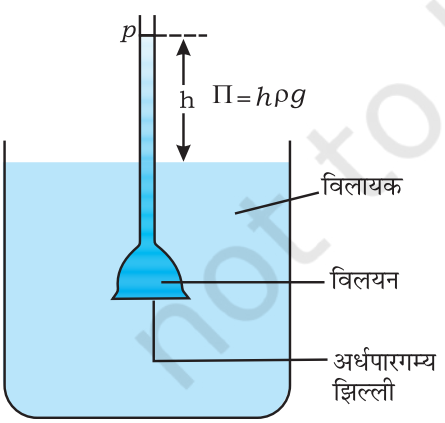
**हल** समीकरण (1.36) में विभिन्न पदों के मान रखने पर हम पाते हैं

$$M_2 = \frac{5.12\ \text{K kg mol}^{-1} \times 1.00\ \text{g} \times 1000\ \text{g kg}^{-1}}{0.40\ \text{K} \times 50\ \text{g}} = 256\ \text{g mol}^{-1}$$

अत: विलेय का मोलर द्रव्यमान = 256 g mol$^{-1}$

### 1.6.4 परासरण एवं परासरण दाब

हम प्रकृति अथवा घर में कई परिघटनाओं को देखते हैं। उदाहरणार्थ, कच्चे आमों का अचार डालने के लिए नमकीन जल में भिगोने पर वे संकुचित हो जाते हैं, मुरझाये फूल ताज़े जल में रखने पर ताज़े हो उठते हैं, नमकीन जल में रखने पर रूधिर कोशिकायें सिकुड़ जाती हैं, आदि। इन सभी घटनाओं में एक बात जो समान दिखाई देती है, वह यह है कि ये सभी पदार्थ झिल्लियों से परिबद्ध हैं। ये झिल्लियाँ जंतु या वनस्पति मूल की हो सकती हैं एवं यह सूअर के ब्लेडर या पार्चमेन्ट की तरह प्राकृतिक रूप में मिलती हैं, अथवा सेलोफेन की तरह संश्लेषित प्रकृति की होती हैं।




*चित्र 1.9— विलायक के परासरण के कारण थिसेल फनल में विलयन का स्तर बढ़ जाता है।*

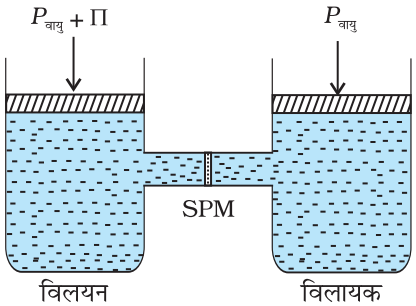
ये झिल्लियाँ सतत शीट या फिल्म प्रतीत होती हैं, तथापि इनमें अतिसूक्ष्मदर्शीय (Submicroscopic) छिद्रों या रंध्रों का एक नेटवर्क होता है। कुछ विलायक जैसे जल के अणु इन छिद्रों से गुज़र सकते हैं परंतु विलेय के बड़े अणुओं का गमन बाधित होता है। इस प्रकार के गुणों वाली झिल्लियाँ, **अर्धपारगम्य झिल्लियाँ** (SPM) कहलाती हैं।

मान लीजिए कि केवल विलायक के अणु ही इन अर्धपारगम्य झिल्लियों में से निकल सकते हैं। यदि चित्र 1.9 में दर्शाये अनुसार यह झिल्ली विलायक एवं विलयन के मध्य रख दी जाए तो विलायक के अणु इस झिल्ली में से निकलकर विलयन की ओर प्रवाहित हो जाएंगे। **विलायक के प्रवाह का यह प्रक्रम *परासरण* कहलाता है।**



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26




*चित्र 1.10– परासरण को रोकने के लिए परासरण दाब के तुल्य अतिरिक्त दाब विलयन पर प्रयुक्त करना चाहिए।*

साम्यवस्था प्राप्त होने तक प्रवाह सतत बना रहता है। झिल्ली में से विलायक का अपनी ओर से विलयन की ओर का प्रवाह, विलयन पर अतिरिक्त दाब लगा कर रोका जा सकता है। **यह दाब जो कि विलायक के प्रवाह को मात्र रोकता है, *परासरण दाब*** कहलाता है। अर्धपारगम्य झिल्ली में से विलायक का तनु विलयन से सांद्र विलयन की ओर प्रवाह, परासरण के कारण होता है। यह बिंदु ध्यान रखने योग्य है कि विलायक के अणु हमेशा विलयन की निम्न सांद्रता से उच्च सांद्रता की ओर प्रवाह करते हैं। परासरण दाब का विलयन की सांद्रता पर निर्भर होना पाया गया है।

एक विलयन का परासरण दाब वह अतिरिक्त दाब है, जो परासरण को रोकने अर्थात् विलायक के अणुओं को एक अर्धपारगम्य झिल्ली द्वारा विलयन में जाने से रोकने के लिए लगाया जाना चाहिए। यह चित्र 1.10 में समझाया गया है। परासरण दाब एक अणुसंख्यक गुण है, जो कि विलेय कि अणु संख्या पर निर्भर करता है, न कि उसकी प्रकृति पर। तनु विलयनों के लिए प्रायोगिक तौर पर यह पाया गया है कि **परासरण दाब दिए गए ताप *T* पर, मोलरता, C के समानुपातिक** होता है। अतः

$$\Pi = C\,R\,T \qquad (1.39)$$

यहाँ $\Pi$ परासरण दाब एवं R गैस नियतांक है।

$$\Pi = \frac{n_2}{V}\,RT \qquad (1.40)$$

यहाँ V, विलेय के $n_2$ मोलों को रखने वाले विलयन का आयतन लीटर में है। यदि $M_2$ मोलर द्रव्यमान का $w_2$ ग्राम विलेय विलयन में उपस्थित हो तब हम–

$$n_2 = \frac{w_2}{M_2} \quad \text{एवं}$$

$$\Pi\,V = \frac{w_2\,R\,T}{M_2} \qquad (1.41)$$

या $$M_2 = \frac{w_2\,R\,T}{\Pi\,V} \quad \text{लिख सकते हैं,} \qquad (1.42)$$

अतः राशियों $w_2$, $T$, $\Pi$ एवं $V$ के ज्ञात होने पर विलेय का मोलर द्रव्यमान परिकलित किया जा सकता है।

विलेयों के मोलर द्रव्यमान ज्ञात करने की एक अन्य विधि परासरण दाब का मापन है। यह विधि प्रोटीनों, बहुलकों एवं अन्य वृहदणुओं के मोलर द्रव्यमान ज्ञात करने की प्रचलित विधि है। परासरण दाब विधि दाब मापन की अन्य विधियों से अधिक उपयोगी है क्योंकि परासरण दाब मापन कमरे के ताप पर होता है एवं मोललता के स्थान पर विलयन की मोलरता उपयोग में ली जाती है। अन्य अणुसंख्यक गुणों की तुलना में तनु विलयनों के लिए भी इसका परिमाण अधिक होता है। विलेयों के मोलर द्रव्यमान ज्ञात करने की परासरण दाब तकनीक विशेष रूप से जैव-अणुओं के लिए उपयोगी है जो उच्चताप पर सामान्यतया स्थायी नहीं होते एवं उन बहुलकों के लिए भी जिनकी विलेयता कम होती है।

**दिए गए ताप पर समान परासरण दाब वाले दो विलयन समपरासारी विलयन कहलाते हैं।** जब ऐसे विलयन अर्धपारगम्य झिल्ली द्वारा पृथक किए जाते हैं, तो उनके मध्य



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

परासरण नहीं होता। उदाहरणार्थ, रुधिर कोशिका में स्थित द्रव का परासरण दाब 0.9% (द्रव्यमान/आयतन) सोडियम क्लोराइड, जिसे सामान्य लवण विलयन कहते हैं, के तुल्यांक होता है एवं इसे अंत:शिरा में अंत:क्षेपित (इंजेक्ट) करना सुरक्षित रहता है। दूसरी ओर, यदि हम कोशिकाओं को 0.9% (द्रव्यमान/आयतन) से अधिक सोडियम क्लोराइड विलयन में रख दें, तो जल कोशिकाओं से बाहर प्रवाहित हो जाएगा और वे संकुचित हो जाएंगी। इस प्रकार के विलयन को **अतिपरासरी** विलयन कहा जाता है। यदि लवण की सांद्रता 0.9% (द्रव्यमान/आयतन) से कम हो तो जल कोशिकाओं के अंदर प्रवाहित होगा और वे फूल जायेंगी। ऐसे विलयन को **अल्पपरासरी** विलयन कहते हैं।

**उदाहरण 1.11** एक प्रोटीन के 200 $cm^3$ जलीय विलयन में 1.26 g प्रोटीन है। 300 K पर इस विलयन का परासरणदाब $2.57\times10^{-3}$ bar पाया गया। प्रोटीन के मोलर द्रव्यमान का परिकलन कीजिए।

**हल** हमें निम्नलिखित राशियाँ ज्ञात हैं—

$\Pi = 2.57 \times 10^{-3}$ bar,

$V = 200\ cm^3 = 0.200\ L$

$T = 300\ K$

$R = 0.083\ L\ bar\ mol^{-1}\ K^{-1}$

इन मानों को समीकरण 1.42 में प्रतिस्थापित करने पर हम पाते हैं–

$$M_2 = \frac{1.26\ g \times 0.083\ L\ bar\ K^{-1}\ mol^{-1} \times 300\ K}{2.57\times10^{-3} bar \times 0.200\ L} = 61{,}022\ g\ mol^{-1}$$

इस खंड के प्रारंभ में उल्लेखित परिघटनाओं को परासरण के आधार पर समझाया जा सकता है। अचार बनाने के लिए सांद्र लवणीय विलयन में रखा गया कच्चा आम परासरण के कारण जल का क्षरण कर देता है एवं संकुचित हो जाता है। मुरझाये पुष्प ताज़ा जल में रखने पर पुन: ताज़े हो उठते हैं। वातावरण में जल ह्रास के कारण लचीली हो चुकी गाजर जल में रखकर पुन: उसी अवस्था में प्राप्त की जा सकती है। परासरण के कारण जल इसकी कोशिकाओं के अंदर चला जाता है। यदि रुधिर कोशिकाओं को 0.9% (द्रव्यमान/आयतन) से कम लवण वाले जल में रखा जाये तो परासरण के कारण जल के रुधिर कोशिका में प्रवाह से ये फूल जाती हैं। जो लोग बहुत अधिक नमक या नमकीन भोजन लेते हैं वे ऊतक कोशिकाओं एवं अंतरा कोशिक स्थानों में जल धारण महसूस करते हैं। इसके परिणामस्वरूप होने वाली स्थूलता या सूजन को **शोफ** (edema) कहते हैं।

जल का मृदा से पौधों की जड़ों में और फिर पौधे के ऊपर के हिस्सों में पहुँचना आंशिक रूप से परासरण के कारण होता है। मांस में लवण मिलाकर संरक्षण एवं फलों में शर्करा मिलाकर संरक्षण बैक्टीरिया की क्रिया को रोकता है। परासरण के कारण नमकयुक्त मांस एवं मिश्री में पागे गए फल पर स्थिर बैक्टीरियम जल ह्रास के कारण संकुचित होकर मर जाता है।

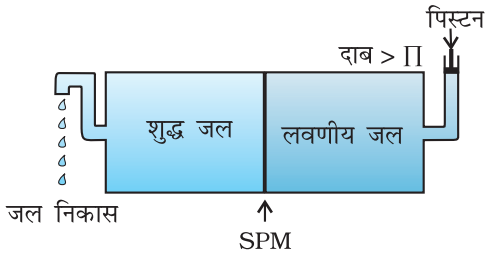
### 1.6.5 प्रतिलोम परासरण एवं जल शोधन

चित्र 1.10 में वर्णित विलयन पर यदि परासरण दाब से अधिक दाब लगाया जाए तो परासरण की दिशा को प्रतिवर्तित (Reversed) किया जा सकता है; अर्थात् शुद्ध विलायक अब अर्धपारगम्य झिल्ली के माध्यम से विलयन में से पारगमन करता है। यह परिघटना **प्रतिलोम परासरण** कहलाती है एवं व्यावहारिक रूप से बहुत उपयोगी है। प्रतिलोम परासरण का उपयोग समुद्री जल के विलवणीकरण में किया जाता है। प्रक्रम



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26




*चित्र 1.11— जब विलयन पर परासरण दाब से अधिक दाब लगाया जाता है तो प्रतिलोम परासरण होता है।*

का आरेखीय निरूपण चित्र 1.11 में दर्शाया गया है। जब परासरण दाब से अधिक दाब लगाया जाता है तो शुद्ध जल अर्धपारगम्य झिल्ली के माध्यम से समुद्री जल में से निष्कासित हो जाता है। तो इस उद्देश्य के लिए विभिन्न प्रकार की बहुलकीय झिल्लियाँ उपलब्ध हैं।

प्रतिलोम परासरण के लिए आवश्यक दाब बहुत अधिक होता है। इसके लिए उपयुक्त झिल्ली सेलूलोस ऐसीटेट की फिल्म से बनी होती है जिसे उपयुक्त आधार पर रखा जाता है। सेलूलोस ऐसीटेट जल के लिए पारगम्य है परंतु समुद्री जल में उपस्थित अशुद्धियों एवं आयनों के लिए अपारगम्य है। आजकल बहुत से देश अपनी पेय जल की आवश्यकता के लिए विलवणीकरण संयंत्रों का उपयोग करते हैं।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**1.9** 298 K पर शुद्ध जल का वाष्पदाब 23.8 mm Hg है। 850 g जल में 50 g यूरिया ($NH_2CONH_2$) घोला जाता है। इस विलयन के लिए जल के वाष्पदाब एवं इसके आपेक्षिक अवनमन का परिकलन कीजिए।

**1.10** 750 mm Hg दाब पर जल का क्वथनांक 99.63°C है। 500 g जल में कितना सुक्रोस मिलाया जाए कि इसका 100°C पर क्वथन हो जाए।

**1.11** ऐस्कॉर्बिक अम्ल (विटामिन C, $C_6H_8O_6$) के उस द्रव्यमान का परिकलन कीजिए, जिसे 75 g ऐसीटिक अम्ल में घोलने पर उसके हिमांक में 1.5°C की कमी हो जाए। $K_f = 3.9$ K kg mol$^{-1}$

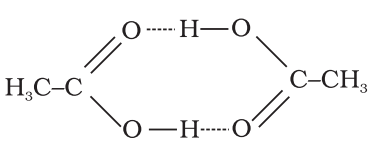
**1.12** 185,000 मोलर द्रव्यमान वाले एक बहुलक के 1.0 g को 37°C पर 450 mL जल में घोलने से उत्पन्न विलयन के परासरण दाब का पास्कल में परिकलन कीजिए।

## 1.7 असामान्य मोलर द्रव्यमान

हम जानते हैं कि आयनिक पदार्थ जल में घोलने पर धनायनों एवं ऋणायनों में वियोजित हो जाते हैं। उदाहरणार्थ, यदि हम एक मोल KCl (74.5 g) को जल में विलीन करें तो हम विलयन में $K^+$ एवं $Cl^-$ आयनों में प्रत्येक के एक मोल के मुक्त होने की अपेक्षा करते हैं। यदि ऐसा होता है, तो विलयन में विलेय के कणों के दो मोल होंगे। यदि हम अंतराआयनी आकर्षणों की उपेक्षा करें तो यह आशा की जाती है कि 1 kg जल में KCl का एक मोल, क्वथनांक को 2 × 0.52 K = 1.04 K बढ़ा देगा। अब, यदि हम वियोजन की मात्रा के बारे में न जानते हों तो हम इस परिणाम पर पहुँचेंगे कि 2 मोल कणों का द्रव्यमान 74.5 g है अत: एक मोल KCl का द्रव्यमान 37.25 g होगा। इससे यह नियम प्रकट होता है कि जब विलेय का आयनों में वियोजन होता है तो प्रायोगिक तौर पर इन विधियों द्वारा ज्ञात किया गया मोलर द्रव्यमान, वास्तविक द्रव्यमान से हमेशा कम होता है।

बेन्जीन में एथेनॉइक अम्ल के अणुओं का (ऐसीटिक अम्ल) हाइड्रोजन बंध बनने के कारण द्वितयन (dimerization) हो जाता है। ऐसा सामान्यतया निम्न परावैद्युतांक वाले विलायकों में होता है। इस प्रकरण में द्वितयन के कारण कणों की संख्या घट जाती है। अणुओं का संगुणन निम्न चित्र में देखा जा सकता है

$$2\,CH_3COOH \rightleftharpoons (CH_3COOH)_2$$




अणुओं का संगुणन



Reprint 2025-26

यहाँ बेशक यह कहा जा सकता है कि यदि बेन्जीन में एथेनॉइक अम्ल के समस्त अणु संगुणित हो जायें तो एथेनॉइक अम्ल का $\Delta T_b$ या $\Delta T_f$ सामान्य मान से आधा होगा। इस $\Delta T_b$ या $\Delta T_f$ के आधार पर परिकलित मोलर द्रव्यमान अनुमानित मान का दो गुना होगा। ऐसा मोलर द्रव्यमान जो अनुमानित या सामान्य मान की तुलना में निम्न या उच्च होता है **असामान्य मोलर द्रव्यमान** कहलाता है।

1880 में वान्ट हॉफ ने वियोजन और संयोजन की सीमा के निर्धारण के लिए एक गुणक, $i$, जिसे वान्ट हॉफ गुणक कहते हैं, प्रतिपादित किया। इस गुणक, $i$, को निम्नानुसार परिभाषित किया जाता है –

$$i = \frac{\text{सामान्य मोलर द्रव्यमान}}{\text{असामान्य मोलर द्रव्यमान}} = \frac{\text{प्रेक्षित अणुसंख्यक गुण}}{\text{परिकलित अणुसंख्यक गुण}}$$

$$i = \frac{\text{संगुणन/वियोजन के पश्चात् कणों के कुल मोलों की संख्या}}{\text{संगुणन/वियोजन के पूर्व कणों के मोलों की संख्या}}$$

यहाँ असामान्य मोलर द्रव्यमान प्रायोगिक तौर पर ज्ञात किया गया मोलर द्रव्यमान है तथा अणुसंख्यक गुणों का परिकलन यह मानकर किया गया है कि अवाष्पशील विलेय न तो संयोजित होता है और न ही वियोजित। संगुणन की स्थिति में $i$ का मान एक से कम जबकि वियोजन में यह एक से अधिक होता है। उदाहरण के लिए, जलीय KCl के लिए $i$ का मान 2 के नजदीक एवं बेन्जीन में एथेनॉइक अम्ल के लिए लगभग 0.5 होता है।

वान्ट हॉफ गुणक को शामिल करने पर अणुसंख्यक गुणों के लिए समीकरण निम्नानुसार संशोधित हो जाते हैं—

विलायक के वाष्पदाब में आपेक्षिक अवनमन, $\frac{p_1^o - p_1}{p_1^o} = i.\frac{n_2}{n_1}$

क्वथनांक का उन्नयन, $\Delta T_b = i\,K_b\,\text{m}$

हिमांक का अवनमन, $\Delta T_f = i\,K_f\,\text{m}$

विलयन का परासरण दाब, $\Pi = \frac{i\,n_2\,RT}{V}$

सारणी 1.4 में बहुत सारे प्रबल वैद्युत अपघट्यों के लिए $i$ के मान दर्शाए गए हैं। KCl, NaCl एवं $MgSO_4$ के लिए जैसे ही विलयन बहुत तनु होता है, $i$ का मान 2 के नज़दीक पहुँच जाता है। जैसी की अपेक्षा है $K_2SO_4$ के लिए $i$ का मान 3 के नज़दीक होता है।

**सारणी 1.4– NaCl, KCl, $MgSO_4$ एवं $K_2SO_4$ के लिए विभिन्न सांद्रणों पर वान्ट हॉफ कारक ( $i$ ) के मान**

| लवण | *$i$ के मान | | | विलेय के पूर्ण वियोजन के लिए वान्ट हॉफ कारक '$i$' का मान |
|---|---|---|---|---|
| | 0.1 m | 0.01 m | 0.001 m | |
| NaCl | 1.87 | 1.94 | 1.97 | 2.00 |
| KCl | 1.85 | 1.94 | 1.98 | 2.00 |
| $MgSO_4$ | 1.21 | 1.53 | 1.82 | 2.00 |
| $K_2SO_4$ | 2.32 | 2.70 | 2.84 | 3.00 |

** $i$ के मान अपूर्ण वियोजन के लिए हैं।*



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**उदाहरण 1.12** 2 g बेन्ज़ोइक अम्ल 25 g बेन्जीन में घोलने पर हिमांक में 1.62 K का अवनमन होता है। बेन्जीन के लिए मोलल अवनमन स्थिरांक 4.9 K kg $mol^{-1}$ है। यदि यह विलयन में द्वितय (dimer) बनाता है तो अम्ल का संगुणन कितने प्रतिशत होगा?

**हल** दिए गए मान निम्नानुसार हैं–

$$w_2 = 2\ g,\ K_f = 4.9\ K\ kg\ mol^{-1},\ w_1 = 25\ g;\ \ddot{A}\ T_f = 1.62\ K$$

समीकरण 1.36 में यह मान रखने पर, हमें प्राप्त होता है–

$$M_2 = \frac{4.9\ K\ kg\ mol^{-1} \times 2\ g \times 1000\ g\ kg^{-1}}{25\ g \times 1.62\ K} = 241.98\ g\ mol^{-1}$$

अत: बेन्जीन में बेन्ज़ोइक अम्ल का प्रायोगिक आण्विक द्रव्यमान = 241.98 g $mol^{-1}$

अब अम्ल के लिए निम्नलिखित साम्यावस्था पर विचार करें–

$$2\ C_6H_5COOH \rightleftharpoons (C_6H_5COOH)_2$$

यदि विलेय के संगुणन की मात्रा को '$x$' द्वारा व्यक्त किया जाए, तो साम्यावस्था पर असंगुणित बेन्ज़ोइक अम्ल के अणुओं की मात्रा $(1-x)$ मोल होगी अत: बेन्ज़ोइक अम्ल के संगुणित अणुओं के $\frac{x}{2}$ मोल होंगे।

इस प्रकार साम्यावस्था पर कणों के मोलों की कुल संख्या–

$$1 - x + \frac{x}{2} = 1 - \frac{x}{2} \text{ होगी।}$$

अत: साम्यावस्था पर कणों के मोलों की यह संख्या वान्ट हॉफ गुणक '$i$' के बराबर होगी।

$$\text{किंतु } i = \frac{\text{सामान्य मोलर द्रव्यमान}}{\text{असामान्य मोलर द्रव्यमान}}$$

$$= \frac{122\,g\,mol^{-1}}{241.98\,g\,mol^{-1}}$$

$$\text{या } \frac{x}{2} = 1 - \frac{122}{241.98}$$

$$= 1 - 0.504$$

$$= 0.496$$

$$\text{या } x = 2 \times 0.496$$

$$= 0.992$$

अत: बेन्ज़ोइक अम्ल का बेन्जीन में संगुणन 99.2% है।



Reprint 2025-26

**उदाहरण 1.13** 1.06 g $mL^{-1}$ घनत्व वाले ऐसीटिक अम्ल ($CH_3COOH$) के 0.6 mL को 1 लीटर जल में घोला गया। अम्ल की इस सांद्रता के लिए हिमांक में अवनमन 0.0205°C प्रेक्षित किया गया। अम्ल के लिए वान्ट हॉफ गुणक एवं वियोजन स्थिरांक का परिकलन कीजिए।

**हल** ऐसीटिक अम्ल के मोलों की संख्या = $\frac{0.6\ mL \times 1.06\ g\ mL^{-1}}{60\ g\ mol^{-1}} = 0.0106\ mol = n$

मोललता = $\frac{0.0106\ mol}{1000\ mL \times 1\ g\ mL^{-1}} = 0.0106\ mol\ kg^{-1}$

समीकरण (1.35) का उपयोग करने पर

$$\Delta T_f = 1.86\ K\ kg\ mol^{-1} \times 0.0106\ mol\ kg^{-1} = 0.0197\ K$$

वान्ट हॉफ गुणक, $i = \frac{\text{प्रेक्षित हिमांक}}{\text{परिकलित हिमांक}} = \frac{0.0205\ K}{0.0197\ K} = 1.041$

ऐसीटिक अम्ल एक दुर्बल वैद्युतअपघट्य है एवं यह प्रति अणु दो आयनों— ऐसीटेट तथा हाइड्रोजन में वियोजित होगा। यदि ऐसीटिक अम्ल के वियोजन की मात्रा $x$ हो तो अवियोजित ऐसीटिक अम्ल के $n(1-x)$ मोल होंगे एवं $nx$ मोल $CH_3COO^-$ एवं $nx$ मोल $H^+$ आयनों के होंगे।

| | | |
|---|---|---|
| $CH_3COOH \rightleftharpoons$ | $H^+$ + | $CH_3COO^-$ |
| $n$ मोल | 0 | 0 |
| $n(1-x)$ मोल | $nx$ मोल | $nx$ मोल |

अत: कणों के कुल मोल हैं– $n(1-x+x+x) = n(1+x)$

$$i = \frac{n(1+x)}{n} = 1 + x = 1.041$$

अत: ऐसीटिक अम्ल के वियोजन की मात्रा = $x = 1.041 - 1.000 = 0.041$

तब $[CH_3COOH] = n(1-x) = 0.0106\ (1-0.041)$,

$[CH_3COO^-] = nx$

$= 0.0106 \times 0.041$

$[H^+] = nx = 0.0106 \times 0.041$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$= \frac{0.0106 \times 0.041 \times 0.0106 \times 0.041}{0.0106\ (1.00 - 0.041)}$$

$$= 1.86 \times 10^{-5}$$



Reprint 2025-26

## सारांश

विलयन दो या अधिक पदार्थों का समांगी मिश्रण होता है। विलयनों को ठोस विलयन, द्रव विलयन एवं गैस विलयन में वर्गीकृत किया जाता है। किसी विलयन की सांद्रता मोल-अंश, मोललता, मोलरता और प्रतिशत में व्यक्त की जा सकती है। किसी गैस की द्रव में विलेयता **हेनरी के नियम** द्वारा निर्धारित होती है जिसके अनुसार किसी दिए गए ताप पर **किसी गैस की द्रव में विलेयता गैस के आंशिक दाब के समानुपाती होती है।** किसी विलायक में अवाष्पशील विलेय को घोलने से विलायक के वाष्प दाब में कमी होती है तथा विलायक के वाष्प दाब में यह कमी **राउल्ट के नियम** द्वारा निर्धारित होती है। **जिसके अनुसार विलयन में किसी विलायक के वाष्प दाब में आपेक्षिक अवनमन, विलयन में उपस्थित विलेय के मोल-अंश के बराबर होता है।** किंतु द्विघटकीय द्रव विलयन में यदि विलयन के दोनों ही घटक वाष्पशील हों, तो राउल्ट के नियम का दूसरा रूप प्रयोग में लाया जाता है। गणितीय रूप में राउल्ट के नियम का कथन $p_{\text{कुल}} = p_1^0 x_1 + p_2^0 x_2$ है। **वे विलयन जो राउल्ट के नियम का सभी सांद्रताओं पर पालन करते हैं; आदर्श विलयन कहलाते हैं।** राउल्ट के नियम से दो प्रकार के विचलन होते हैं जिन्हें धनात्मक एवं ऋणात्मक विचलन कहते हैं। राउल्ट के नियम से बहुत अधिक विचलन से स्थिरक्वाथी विलयन बनते हैं।

विलयनों के वे गुण जो उनमें विलेय पदार्थों की रासायनिक पहचान पर निर्भर न होकर विलेय पदार्थों के कणों की संख्या पर निर्भर करते हैं, जैसे— वाष्प दाब का आपेक्षिक अवनमन; क्वथनांक का उन्नयन; हिमांक का अवनमन एवं परासरण दाब; अणुसंख्य गुणधर्म कहलाते हैं। यदि विलयन पर उसके परासरण दाब से अधिक बाहरी दबाव लगाया जाए तो परासरण की प्रक्रिया की दिशा को विपरीत किया जा सकता है। अणुसंख्य गुणधर्मों का प्रयोग विभिन्न प्रकार के विलेयों के आण्विक द्रव्यमान के निर्धारण में किया जाता है। विलयन में वियोजित होने वाले विलेय के आण्विक द्रव्यमान का मान उनके वास्तविक आण्विक द्रव्यमान से कम तथा संगुणित होने वाले विलेयों का आण्विक द्रव्यमान वास्तविक मान से अधिक प्राप्त होता है।

मात्रात्मक दृष्टि से, किसी विलेय के वियोजन अथवा संगुणन की मात्रा वान्ट हॉफ गुणक '$i$' द्वारा व्यक्त की जा सकती है। इस गुणक को सामान्य मोलर द्रव्यमान एवं प्रायोगिक मोलर द्रव्यमान के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है।

© NCERT not to be republished

## अभ्यास

**1.1** विलयन को परिभाषित कीजिए। कितने प्रकार के विभिन्न विलयन संभव हैं? प्रत्येक प्रकार के विलयन के संबंध में एक उदाहरण देकर संक्षेप में लिखिए।

**1.2** एक ऐसे ठोस विलयन का उदाहरण दीजिए जिसमें विलेय कोई गैस हो।

**1.3** निम्न पदों को परिभाषित कीजिए—

(i) मोल-अंश (ii) मोललता (iii) मोलरता (iv) द्रव्यमान प्रतिशत

**1.4** प्रयोगशाला कार्य के लिए प्रयोग में लाया जाने वाला सांद्र नाइट्रिक अम्ल द्रव्यमान की दृष्टि से नाइट्रिक अम्ल का 68% जलीय विलयन है। यदि इस विलयन का घनत्व 1.504 g $mL^{-1}$ हो तो अम्ल के इस नमूने की मोलरता क्या होगी?

**1.5** ग्लूकोस का एक जलीय विलयन 10% ($w/w$) है। विलयन की मोललता तथा विलयन में प्रत्येक घटक का मोल-अंश क्या है? यदि विलयन का घनत्व 1.2 g $mL^{-1}$ हो तो विलयन की मोलरता क्या होगी?



Reprint 2025-26

**1.6** यदि 1 g मिश्रण में $Na_2CO_3$ एवं $NaHCO_3$ के मोलों की संख्या समान हो तो इस मिश्रण से पूर्णत: क्रिया करने के लिए 0.1 M HCl के कितने mL की आवश्यकता होगी?

**1.7** द्रव्यमान की दृष्टि से 25% विलयन के 300 g एवं 40% के 400 g को आपस में मिलाने पर प्राप्त मिश्रण का द्रव्यमान प्रतिशत सांद्रण निकालिए।

**1.8** 222.6 g एथिलीन ग्लाइकॉल, $C_2H_4(OH)_2$ तथा 200 g जल को मिलाकर प्रतिहिम मिश्रण बनाया गया। विलयन की मोललता की गणना कीजिए। यदि विलयन का घनत्व 1.072 g $mL^{-1}$ हो तो विलयन की मोलरता निकालिए।

**1.9** एक पेय जल का नमूना क्लोरोफॉर्म ($CHCl_3$) से, कैंसरजन्य समझे जाने की सीमा तक बहुत अधिक संदूषित है। इसमें संदूषण की सीमा 15 ppm (द्रव्यमान में) है–

(i) इसे द्रव्यमान प्रतिशत में व्यक्त कीजिए।

(ii) जल के नमूने में क्लोरोफॉर्म की मोललता ज्ञात कीजिए।

**1.10** ऐल्कोहॉल एवं जल के एक विलयन में आण्विक अन्योन्यक्रिया की क्या भूमिका है?

**1.11** ताप बढ़ाने पर गैसों की द्रवों में विलेयता में, हमेशा कमी आने की प्रवृत्ति क्यों होती है?

**1.12** हेनरी का नियम तथा इसके कुछ महत्वपूर्ण अनुप्रयोग लिखिए।

**1.13** $6.56 \times 10^{-3}$ g एथेन युक्त एक संतृप्त विलयन में एथेन का आंशिक दाब 1 bar है। यदि विलयन में $5.00 \times 10^{-2}$ g एथेन हो तो गैस का आंशिक दाब क्या होगा?

**1.14** राउल्ट के नियम से धनात्मक एवं ऋणात्मक विचलन का क्या अर्थ है तथा $\Delta_{\text{मिश्रण}}H$ के चिन्ह का इन विचलनों से कैसे संबंधित है?

**1.15** विलायक के सामान्य क्वथनांक पर एक अवाष्पशील विलेय का 2% जलीय विलयन का 1.004 bar वाष्प दाब है। विलेय का मोलर द्रव्यमान क्या है?

**1.16** हेप्टेन एवं ऑक्टेन एक आदर्श विलयन बनाते हैं। 373 K पर दोनों द्रव घटकों के वाष्प दाब क्रमश: 105.2 kPa तथा 46.8 kPa हैं। 26.0 g हेप्टेन एवं 35.0 g ऑक्टेन के मिश्रण का वाष्प दाब क्या होगा?

**1.17** 300 K पर जल का वाष्प दाब 12.3 kPa है। इसमें बने अवाष्पशील विलेय के एक मोलल विलयन का वाष्प दाब ज्ञात कीजिए।

**1.18** 114 g ऑक्टेन में किसी अवाष्पशील विलेय (मोलर द्रव्यमान 40 g $mol^{-1}$) की कितनी मात्रा घोली जाए कि ऑक्टेन का वाष्प दाब घट कर मूल का 80% रह जाए।

**1.19** एक विलयन जिसे एक अवाष्पशील ठोस के 30 g को 90 g जल में विलीन करके बनाया गया है। उसका 298 K पर वाष्प दाब 2.8 kPa है। विलयन में 18 g जल और मिलाया जाता है जिससे नया वाष्प दाब 298 K पर 2.9 kPa हो जाता है। निम्नलिखित की गणना कीजिए।

(i) विलेय का मोलर द्रव्यमान (ii) 298 K पर जल का वाष्प दाब।

**1.20** शक्कर के 5% (द्रव्यमान) जलीय विलयन का हिमांक 271 K है। यदि शुद्ध जल का हिमांक 273.15 K है तो ग्लूकोस के 5% जलीय विलयन के हिमांक की गणना कीजिए।

**1.21** दो तत्व A एवं B मिलकर $AB_2$ एवं $AB_4$ सूत्र वाले दो यौगिक बनाते हैं। 20 g बेन्जीन में घोलने पर 1 g $AB_2$ हिमांक को 2.3 K अवनमित करता है। जबकि 1.0 g $AB_4$ से 1.3 K का अवनमन होता है। बेन्जीन के लिए मोलर अवनमन स्थिरांक 5.1 K kg $mol^{-1}$ है। A एवं B के परमाणवीय द्रव्यमान की गणना कीजिए।

**1.22** 300 K पर 36 g प्रति लीटर सांद्रता वाले ग्लूकोस के विलयन का परासरण दाब 4.98 bar है। यदि इसी ताप पर विलयन का परासरण दाब 1.52 bar हो तो उसकी सांद्रता क्या होगी?



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**1.23** निम्नलिखित युग्मों में उपस्थित सबसे महत्वपूर्ण अंतरआण्विक आकर्षण बलों का सुझाव दीजिए।

(i) n-हेक्सेन व n-ऑक्टेन (ii) $I_2$ तथा $CCl_4$ (iii) $NaClO_4$ तथा $H_2O$

(iv) मेथेनॉल तथा ऐसीटोन (v) ऐसीटोनाइट्राइल ($CH_3CN$) तथा ऐसीटोन ($C_3H_6O$)

**1.24** विलेय-विलायक आकर्षण के आधार पर निम्नलिखित को n-ऑक्टेन की विलेयता के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए– KCl, $CH_3OH$, $CH_3CN$, साइक्लोहेक्सेन।

**1.25** पहचानिए कि निम्नलिखित यौगिकों में से कौन से जल में अत्यधिक विलेय, आंशिक रूप से विलेय तथा अविलेय हैं।

(i) फ़ीनॉल (ii) टॉलूईन (iii) फार्मिक अम्ल

(iv) एथिलीन ग्लाइकॉल (v) क्लोरोफॉर्म (vi) पेन्टेनॉल

**1.26** यदि किसी झील के जल का घनत्व 1.25 g $mL^{-1}$ है तथा उसमें 92 g $Na^+$ आयन प्रति किलो जल में उपस्थित हैं। तो झील में $Na^+$ आयन की मोलरता ज्ञात कीजिए।

**1.27** अगर CuS का विलेयता गुणनफल $6 \times 10^{-16}$ है तो जलीय विलयन में उसकी अधिकतम मोलरता ज्ञात कीजिए।

**1.28** जब 6.5 g, ऐस्पिरीन ($C_9H_8O_4$) को 450 g ऐसिटोनाइट्राइल ($CH_3CN$) में घोला जाए तो ऐस्पिरीन का ऐसीटोनाइट्राइल में भार प्रतिशत ज्ञात कीजिए।

**1.29** नैलॉफ़ीन ($C_{19}H_{21}NO_3$) जो कि मॉर्फीन जैसी होती है, का उपयोग स्वापक उपभोक्ताओं द्वारा स्वापक छोड़ने से उत्पन्न लक्षणों को दूर करने में किया जाता है। सामान्यतया नैलॉफ़ीन की 1.5 mg खुराक दी जाती है। उपरोक्त खुराक के लिए $1.5 \times 10^{-3}$ m जलीय विलयन का कितना द्रव्यमान आवश्यक होगा?

**1.30** बेन्ज़ोइक अम्ल का मेथेनॉल में 0.15 m विलयन बनाने के लिए आवश्यक मात्रा की गणना कीजिए।

**1.31** ऐसीटिक अम्ल, ट्राइक्लोरोएसीटिक अम्ल एवं ट्राइफ्लुओरो एसीटिक अम्ल की समान मात्रा से जल के हिमांक में अवनमन इनके उपरोक्त दिए गए क्रम में बढ़ता है। संक्षेप में समझाइए।

**1.32** $CH_3$-$CH_2$-CHCl-COOH के 10 g को 250 g जल में मिलाने से होने वाले हिमांक का अवनमन परिकलित कीजिए। ($K_a = 1.4 \times 10^{-3}$, $K_f = 1.86$ K kg $mol^{-1}$)

**1.33** $CH_2FCOOH$ के 19.5 g को 500 g $H_2O$ में घोलने पर जल के हिमांक में 1.0°C का अवनमन देखा गया। फ्लुओरोएसीटिक अम्ल का वान्ट हॉफ गुणक तथा वियोजन स्थिरांक परिकलित कीजिए।

**1.34** 293 K पर जल का वाष्प दाब 17.535 mm Hg है। यदि 25 g ग्लूकोस को 450 g जल में घोलें तो 293 K पर जल का वाष्प दाब परिकलित कीजिए।

**1.35** 298 K पर मेथेन की बेन्जीन पर मोललता का हेनरी स्थिरांक $4.27 \times 10^5$ mm Hg है। 298 K तथा 760 mm Hg दाब पर मेथेन की बेन्जीन में विलेयता परिकलित कीजिए।

**1.36** 100 g द्रव A (मोलर द्रव्यमान 140 g $mol^{-1}$) को 1000 g द्रव B (मोलर द्रव्यमान 180 g $mol^{-1}$) में घोला गया। शुद्ध द्रव B का वाष्प दाब 500 Torr पाया गया। शुद्ध द्रव A का वाष्प दाब तथा विलयन में उसका वाष्प दाब परिकलित कीजिए यदि विलयन का कुल वाष्प दाब 475 Torr हो।

**1.37** 328 K पर शुद्ध ऐसीटोन एवं क्लोरोफॉर्म के वाष्प दाब क्रमशः 741.8 mm Hg तथा 632.8 mm Hg हैं। यह मानते हुए कि संघटन के सम्पूर्ण परास में ये आदर्श विलयन बनाते हैं, $p_{कुल}$, $p_{क्लोरोफार्म}$, तथा $p_{ऐसीटोन}$ को $x_{ऐसीटोन}$ के फलन के रूप में आलेखित कीजिए। मिश्रण के विभिन्न संघटनों के प्रेक्षित प्रायोगिक आंकड़े निम्नलिखित हैं।

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $100 \times (x_{ऐसीटोन})$ | 0 | 11.8 | 23.4 | 36.0 | 50.8 | 58.2 | 64.5 | 72.1 |
| $p_{ऐसीटोन}$ /mm Hg | 0 | 54.9 | 110.1 | 202.4 | 322.7 | 405.9 | 454.1 | 521.1 |
| $p_{क्लोरोफार्म}$ /mm Hg | 632.8 | 548.1 | 469.4 | 359.7 | 257.7 | 193.6 | 161.2 | 120.7 |

उपरोक्त आंकड़ों को भी उसी ग्राफ में आलेखित कीजिए और इंगित कीजिए कि क्या इसमें आदर्श विलयन से धनात्मक अथवा ऋणात्मक विचलन है?



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**1.38** संघटनों के संपूर्ण परास में बेन्जीन तथा टॉलूईन आदर्श विलयन बनाते हैं। 300 K पर शुद्ध बेन्जीन तथा टॉलूईन का वाष्प दाब क्रमशः 50.71 mm Hg तथा 32.06 mm Hg है। यदि 80 g बेन्जीन को 100 g टॉलूईन में मिलाया जाये तो वाष्प अवस्था में उपस्थित बेन्जीन के मोल-अंश परिकलित कीजिए।

**1.39** वायु अनेक गैसों की मिश्रण है। 298 K पर आयतन में मुख्य घटक ऑक्सीजन और नाइट्रोजन लगभग 20% एवं 79% के अनुपात में हैं। 10 वायुमंडल दाब पर जल वायु के साथ साम्य में है। 298 K पर यदि ऑक्सीजन तथा नाइट्रोजन के हेनरी स्थिरांक क्रमशः $3.30 \times 10^7$ mm तथा $6.51 \times 10^7$ mm है, तो जल में इन गैसों का संघटन ज्ञात कीजिए।

**1.40** यदि जल का परासरण दाब 27°C पर 0.75 वायुमंडल हो तो 2.5 लीटर जल में घुले $CaCl_2$ ($i = 2.47$) की मात्रा परिकलित कीजिए।

**1.41** 2 लीटर जल में 25°C पर $K_2SO_4$ के 25 mg, को घोलने पर बनने वाले विलयन का परासरण दाब, यह मानते हुए ज्ञात कीजिए कि $K_2SO_4$ पूर्णतः वियोजित हो गया है।

## कुछ पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**1.1** $C_6H_6$ = 15.28%, $CCl_4$ = 84.72%

**1.2** 0.459, 0.541

**1.3** 0.024 M, 0.03 M

**1.4** 36.964 g

**1.5** 1.5 mol $kg^{-1}$, 1.45 mol $L^{-1}$, 0.0263

**1.9** 23.4 mm Hg

**1.10** 121.67 g

**1.11** 5.077 g

**1.12** 30.96 Pa

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12087CH03

# एकक 2

# वैद्युतरसायन

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप–

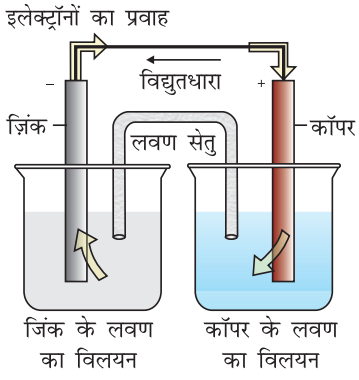
- एक वैद्युतरासायनिक सेल का वर्णन कर सकेंगे एवं गैल्वेनी व वैद्युतअपघटनी सेलों के मध्य विभेद कर सकेंगे;
- गैल्वेनी सेल के emf (वैद्युत वाहक बल) के परिकलन हेतु नेर्न्स्ट समीकरण को अनुप्रयुक्त कर सकेंगे एवं सेल के मानक विभव को परिभाषित कर सकेंगे;
- सेल के मानक विभव, सेल अभिक्रिया की गिब्ज़ ऊर्जा एवं इसके साम्य स्थिरांक में संबंध स्थापित कर सकेंगे;
- आयनिक विलयनों की प्रतिरोधकता ($\rho$), चालकता ($\kappa$) एवं मोलर चालकता ($\Lambda_m$) को परिभाषित कर सकेंगे;
- आयनिक (वैद्युतअपघटनी) एवं इलेक्ट्रॉनिक चालकता में विभेद कर सकेंगे;
- वैद्युतअपघटनी विलयनों की चालकता मापने की विधियों का वर्णन कर सकेंगे एवं उनकी मोलर चालकताओं को परिकलित कर सकेंगे;
- विलयनों की चालकता एवं मोलर चालकता (ग्राम अणुक चालकता) के सांद्रता के साथ परिवर्तन के औचित्य को बता सकेंगे एवं $\Lambda_0$ (शून्य सांद्रता या अनंत तनुता पर मोलर चालकता (ग्राम अणुक चालकता) को परिभाषित कर सकेंगे;
- कोलराऊश नियम को प्रतिपादित कर सकेंगे एवं इसके अनुप्रयोगों को जानेंगे;
- वैद्युतअपघटन के मात्रात्मक पक्ष को समझ सकेंगे;
- कुछ प्राथमिक एवं संचायक बैटरियों एवं ईंधन सेलों की संरचना का वर्णन कर सकेंगे;
- संक्षारण को वैद्युतरासायनिक प्रक्रम के रूप में बता सकेंगे।

*"रासायनिक अभिक्रियाएं विद्युत ऊर्जा उत्पन्न करने के लिए प्रयुक्त की जा सकती हैं। विलोमतः विद्युत ऊर्जा का प्रयोग उन रासायनिक अभिक्रियाओं को क्रियान्वित करने के लिए किया जा सकता है जो स्वतः अग्रसारित नहीं होतीं।"*

वैद्युतरसायन स्वतः प्रवर्तित रासायनिक अभिक्रियाओं में निर्गमित ऊर्जा से विद्युत उत्पादन एवं विद्युतीय ऊर्जा के स्वतः अप्रवर्तित रासायनिक परिवर्तनों में उपयोग का अध्ययन है। यह विषय सैद्धांतिक एवं प्रायोगिक दोनों ही विचारों से उपयोगी है। बहुत सारी धातुएं, सोडियम हाइड्रॉक्साइड, क्लोरीन, फ्लुओरीन एवं अन्य बहुत सारे रसायन, वैद्युतरासायनिक विधियों द्वारा बनाए जाते हैं। बैटरियाँ एवं ईंधन सेल रासायनिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं एवं विभिन्न उपकरणों एवं युक्तियों में व्यापक रूप से उपयोग में लाए जाते हैं। वैद्युतरासायनिक अभिक्रियाएं ऊर्जा प्रगुण (efficent) तथा अल्प प्रदूषक होती हैं, अतः वैद्युतरसायन का अध्ययन कई नई तकनीकों के आविष्कार, जो कि पर्यावरण के लिए सुरक्षित हों, के लिए महत्वपूर्ण है। संवेदी संकेतों का कोशिका से मस्तिष्क या इसके विपरीत दिशा में संचरण एवं कोशिकाओं के मध्य संचार का मूल आधार वैद्युतरासायनिक ही है, अतः वैद्युतरसायन एक अतिविस्तृत एवं अंतरविषयी विषय है। इस एकक में हम केवल इसके कुछ महत्वपूर्ण प्रारंभिक पहलुओं पर विचार करेंगे।

© NCERT not to be republished

## 2.1 वैद्युत रासायनिक सेल



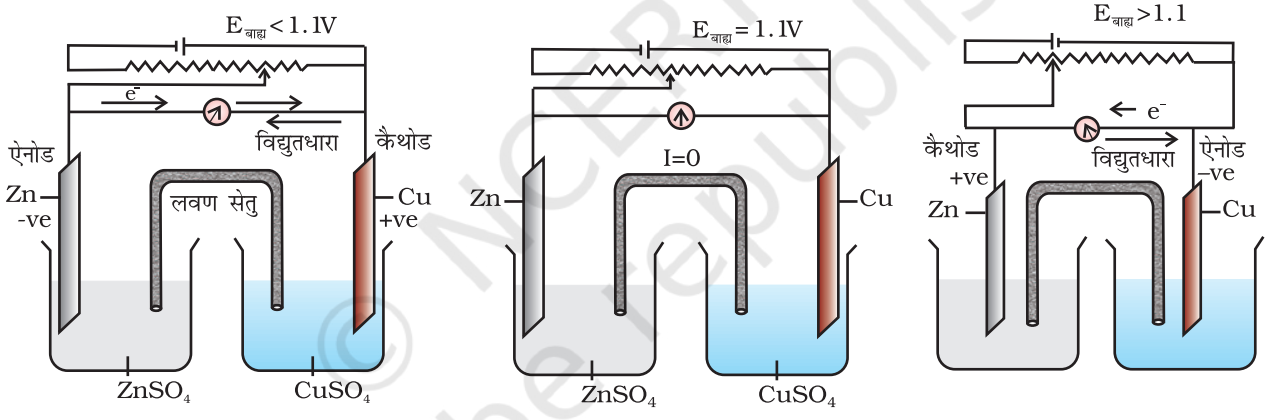

*चित्र 2.1– डेन्यल सेल जिसमें जिंक एवं कॉपर इलैक्ट्रोड अपने-अपने लवणों के विलयनों में निमज्ज हैं।*

**डेन्यल सेल** की संरचना एवं कार्यविधि के बारे में हम चित्र 2.1 से समझ सकते हैं। यह सेल निम्नलिखित रेडॉक्स अभिक्रिया में उत्सर्जित रासायनिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करती है।

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (2.1)$$

जब $Zn^{2+}$ तथा $Cu^{2+}$ आयनों की सांद्रता एक इकाई ($1\ mol\ dm^{-3}$)* होती है, तो इसका विद्युतीय विभव 1.1 V होता है। इस प्रकार की युक्ति को **गैल्वैनी** या **वोल्टीय सेल** कहते हैं।

यदि गैल्वैनी सेल में एक विपरीत बाह्य विभव लगाया जाए (चित्र 2.2 क) एवं इसे धीरे-धीरे बढ़ाया जाए, तो हम देखते हैं कि अभिक्रिया तब तक चलती रहती है जब तक कि बाह्य विभव 1.1 V नहीं हो जाता, इस स्थिति में अभिक्रिया पूर्णत: रुक जाती है एवं सेल में विद्युत धारा प्रवाहित नहीं होती। बाह्य विभव में कोई भी अतिरिक्त वृद्धि अभिक्रिया को पुन: परंतु विपरीत दिशा में प्रारंभ कर देती है (चित्र 2.2 ग)। अब यह एक **वैद्युतअपघटनी सेल** के समान कार्य करती है जो कि एक स्वत: अप्रवर्तित रासायनिक अभिक्रिया को विद्युतीय ऊर्जा के उपयोग से प्रारंभ करने की युक्ति है। दोनों ही सेल बहुत महत्वपूर्ण होते हैं। इनकी कुछ प्रमुख विशेषताओं का अध्ययन आगे के पृष्ठों में करेंगे।




(क) जब $E_{बाह्य} < 1.1$ V

(i) इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह ज़िंक छड़ से कॉपर छड़ की ओर होता है अत: विद्युत धारा कॉपर से जिंक की ओर प्रवाहित होती है।

(ii) ज़िंक ऐनोड पर से घुलता है तथा कॉपर कैथोड पर निक्षेपित होता है।

(ख) जब $E_{बाह्य} = 1.1$V

(i) इलेक्ट्रॉनों अथवा विद्युतधारा का कोई प्रवाह नहीं होता।

(ii) कोई रासायनिक अभिक्रिया नहीं होती।

(ग) जब $E_{बाह्य} > 1.1$V

(i) इलेक्ट्रॉनों का प्रवाह कॉपर से जिंक की ओर तथा विद्युतधारा का प्रवाह ज़िंक से कॉपर की ओर।

(ii) ज़िंक, ज़िंक इलैक्ट्रोड पर निक्षेपित होता है तथा कॉपर, कॉपर इलैक्ट्रोड से घुलता है।

*चित्र 2.2– बाह्य विभव, $E_{बाह्य}$, सेल विभव के विपरीत लगाने पर डेन्यल सेल की कार्य प्रणाली।*

* *सुनिश्चित रूप से कहें तो सांद्रता के स्थान पर हमें सक्रियता पद का उपयोग करना चाहिए। यह सांद्रता के अनुक्रमानुपाती होती है। तनु विलयनों में यह सांद्रता के तुल्य होती है। उच्च कक्षाओं में आप इसके बारे में और अध्ययन करेंगे।*



Reprint 2025-26

## 2.2 गैल्वैनी सेल

गैल्वैनी सेल एक वैद्युतरासायनिक सेल है जो कि एक स्वत: रेडॉक्स अभिक्रिया की रासायनिक ऊर्जा को विद्युतीय ऊर्जा में रूपांतरित करती है। इस युक्ति में स्वत: रेडॉक्स अभिक्रिया की गिब्ज़ ऊर्जा वैद्युत कार्य में रूपांतरित होती है, जिसको मोटर या अन्य विद्युतीय जुगतों; जैसे–हीटर, पंखा, गीज़र इत्यादि में उपयोग किया जाता है।

डेन्यल सेल, जिसका वर्णन पहले किया जा चुका है, एक ऐसी ही सेल है, जिसमें निम्नलिखित रेडॉक्स अभिक्रिया होती है।

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

यह अभिक्रिया दो अर्ध सेल अभिक्रियाओं का संयोजन है जिनका योग समग्र सेल अभिक्रिया देता है।

(i) $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ (अपचयन अर्ध अभिक्रिया) (2.2)

(ii) $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (ऑक्सीकरण अर्ध अभिक्रिया) (2.3)

ये अभिक्रियाएं डेन्यल सेल के दो भिन्न भागों में होती हैं। अपचयन अर्ध अभिक्रिया कॉपर इलैक्ट्रोड पर होती है जबकि ऑक्सीकरण अर्ध अभिक्रिया ज़िंक इलैक्ट्रोड पर होती है। सेल के ये दो भाग, **अर्ध सेल** या **रेडॉक्स युग्म** भी कहलाते हैं। कॉपर इलैक्ट्रोड को अपचयन अर्ध सेल एवं ज़िंक इलैक्ट्रोड को ऑक्सीकरण अर्ध सेल भी कहा जा सकता है।

हम विभिन्न अर्ध सेलों के संयोजन से डेन्यल सेल जैसी असंख्य गैल्वैनी सेलों की रचना कर सकते हैं। प्रत्येक अर्ध सेल में धात्विक इलैक्ट्रोड वैद्युतअपघट्य में निमज्ज (डूबा) रहता है। दोनों अर्ध सेल बाहर से एक वोल्टमीटर एवं एक स्विच के माध्यम से धात्विक तार द्वारा जुड़े रहते हैं। दोनों अर्ध सेलों के वैद्युतअपघट्य चित्र 2.1 में दिखाए गए लवण सेतु द्वारा जुड़े रहते हैं। कभी-कभी दोनों ही इलैक्ट्रोड एक ही वैद्युतअपघट्य में निमज्ज रहते हैं एवं ऐसी स्थितियों में लवण सेतु की आवश्यकता नहीं होती।

प्रत्येक इलैक्ट्रोड-वैद्युतअपघट्य अंतरापृष्ठ पर धात्विक आयनों की प्रवृत्ति विलयन से निकलकर धात्विक इलैक्ट्रोड पर जमा होने की होती है जिससे कि यह धनावेशित हो सके। उसी समय इलैक्ट्रोड की धातु के परमाणुओं की विलयन में आयनों के रूप में जाने एवं इलैक्ट्रोड पर इलैक्ट्रॉन छोड़ने की प्रवृत्ति होती है जिससे कि यह ऋणावेशित हो सके। साम्यावस्था पर आवेशों का पृथक्करण हो जाता है एवं दोनों विपरीत अभिक्रियाओं की प्रकृति के अनुसार इलैक्ट्रोड विलयन के सापेक्ष धनात्मक या ऋणात्मक आवेशित हो जाता है। इलैक्ट्रोड एवं वैद्युतअपघट्य के मध्य विभवांतर उत्पन्न हो जाता है जिसे **इलैक्ट्रोड विभव** कहते हैं।

जब अर्ध सेल अभिक्रिया में प्रयुक्त सभी स्पीशीज़ की सांद्रता केवल एक इकाई होती है तो इलैक्ट्रोड विभव को **मानक इलैक्ट्रोड विभव** कहते हैं। IUPAC के नियमानुसार मानक **अपचयन विभव को अब मानक इलैक्ट्रोड विभव कहा जाता है।** गैल्वैनी सेल की वह अर्ध सेल, जिसमें ऑक्सीकरण होता है, **ऐनोड** कहलाती है एवं विलयन के सापेक्ष इसका विभव ऋणात्मक होता है। दूसरी अर्ध सेल जिसमें अपचयन होता है, **कैथोड** कहलाती है एवं इसका विभव विलयन के सापेक्ष धनात्मक होता है। इस प्रकार दोनों इलैक्ट्रोडों के मध्य एक विभवांतर होता है एवं जैसे ही स्विच चालू (ऑन) स्थिति में होता है, इलेक्ट्रॉन ऋणात्मक इलैक्ट्रोड से धनात्मक इलैक्ट्रोड की ओर प्रवाहित होने लगते हैं। विद्युतधारा के प्रवाह की दिशा इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह की दिशा के विपरीत होती है।



Reprint 2025-26

गैल्वैनी सेल के दोनों इलैक्ट्रोडों के बीच विभवांतर ***सेल विभव*** कहलाता है एवं इसे वोल्ट में मापते हैं। ***सेल विभव*** कैथोड एवं ऐनोड के इलैक्ट्रोड विभवों (अपचयन विभव) का अंतर होता है। इसे ***सेल वैद्युत वाहक बल*** (emf) कहा जाता है। इस समय सेल में से कोई धारा प्रवाहित नहीं हो रही होती। अब यह स्वीकृत परिपाटी है कि गैल्वैनी सेल को लिखते समय हम ऐनोड को बायीं ओर एवं कैथोड को दायीं ओर लिखते हैं। गैल्वैनी सेल को लिखने के लिए साधारणतया धातु एवं वैद्युतअपघट्य के मध्य एक ऊर्ध्वाधर रेखा खींचकर एवं दो वैद्युतअपघट्यों को, यदि वह लवण सेतु द्वारा जुड़े हुए हों तो उनके मध्य दो ऊर्ध्वाधर रेखाएं खींचकर, लिखा जाता है। इस परिपाटी के अनुसार लिखे सेल का emf धनात्मक होता है एवं दायीं ओर के अर्ध सेल के विभव से बायीं ओर के अर्ध सेल के विभव को घटाकर दिया जाता है जैसे कि–

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

इसे निम्नलिखित उदाहरण द्वारा समझाया गया है–

**सेल अभिक्रिया –**

$$Cu(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\,Ag(s) \qquad (2.4)$$

**अर्ध सेल अभिक्रियाएं –**

कैथोड (*अपचयन*) $2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$ (2.5)

ऐनोड (*ऑक्सीकरण*) $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ (2.6)

यह देखा जा सकता है कि अभिक्रिया समीकरण (2.5) एवं अभिक्रिया समीकरण (2.6) का योग समीकरण (2.4) देता है एवं सिल्वर इलैक्ट्रोड कैथोड की तरह तथा कॉपर इलैक्ट्रोड ऐनोड की तरह कार्य करता है। सेल को निम्न प्रकार से निरूपित किया जा सकता है–

$$Cu(s)\,|\,Cu^{2+}(aq)\,||\,Ag^+(aq)\,|\,Ag(s)$$

एवं हम पाते हैं कि $E_{(\text{सेल})} = E_{(\text{दायाँ})} - E_{(\text{बायाँ})} = E_{Ag^+/Ag} - E_{Cu^{2+}/Cu}$ (2.7)

### 2.2.1 इलैक्ट्रोड विभव का मापन

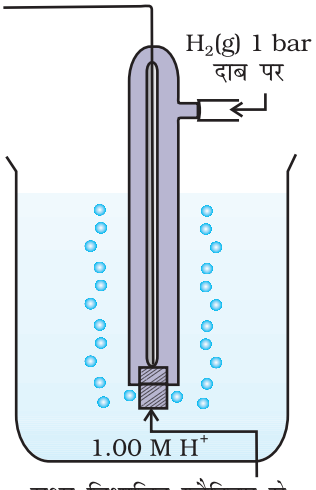
अकेले अर्ध सेल के विभव का मापन नहीं किया जा सकता। हम केवल दो अर्ध सेलों के विभवों में अंतर को माप सकते हैं इससे सेल का emf प्राप्त होता है। यदि हम स्वेच्छा से एक इलैक्ट्रोड (अर्ध सेल) का विभव चयनित कर लें तो इसके सापेक्ष दूसरे अर्ध सेल का विभव ज्ञात किया जा सकता है। परिपाटी के अनुसार मानक हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड नामक अर्ध सेल को (चित्र 2.3) $Pt(s)\,|\,H_2(g)\,|\,H^+(aq)$ द्वारा निरूपित किया जाता है, इसका विभव निम्नलिखित अभिक्रिया के संगत समस्त तापों पर, शून्य निर्दिष्ट किया गया है–

$$H^+(aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2}H_2(g)$$

मानक हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड में प्लैटिनम ब्लैक से लेपित प्लैटिनम इलैक्ट्रोड होता है। इलैक्ट्रोड अम्लीय विलयन में निमज्जित होता है एवं इस पर शुद्ध हाइड्रोजन गैस बुद-बुद की जाती है। हाइड्रोजन की अपचित एवं आक्सीकृत दोनों अवस्थाओं की सांद्रता, इकाई मान पर स्थिर रखी जाती है (चित्र 2.3)। इसका अर्थ है कि विलयन में हाइड्रोजन गैस का दाब 1 bar एवं हाइड्रोजन आयन की सांद्रता एक मोलर होती है।



Reprint 2025-26




*चित्र 2.3– मानक हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड (SHE)*

हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड को ऐनोड (संदर्भ अर्ध सेल) तथा किसी दूसरी सेल को कैथोड के स्थान पर लेकर बनाई गई एक सेल जिसे– मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड || दूसरीअर्ध सेल लिखा जा सकता है, का 298K पर emf, दूसरी अर्ध सेल के अपचयन विभव का मान देता है। यदि दाहिनी ओर वाले अर्ध सेल की अपचित एवं ऑक्सीकृत स्पीशीज़ की सांद्रताएं इकाई हों तो उपरोक्त सेल का विभव, दाहिनी ओर के अर्ध सेल के मानक विभव, $E^{\ominus}_{(R)}$, के बराबर होता है।

$$E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(R)} - E^{\ominus}_{(L)}$$

जहाँ $E^{\ominus}_{(\text{सेल})}$ सेल का मानक विभव एवं $E^{\ominus}_{(R)}$ तथा $E^{\ominus}_{(L)}$ क्रमशः दाहिनी एवं बाईं ओर की अर्ध सेलों के मानक इलैक्ट्रोड विभव हैं।

चूँकि मानक हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड का विभव $E^{\ominus}_{(L)}$ शून्य होता है अतः

$$E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(R)} - 0 = E^{\ominus}_{(R)}$$

निम्नलिखित सेल का मापित emf 0.34 V है जो कि निम्नलिखित अर्ध सेल अभिक्रिया का मानक इलैक्ट्रोड विभव भी है।

सेल–

$$Pt(s) \mid H_2(g, 1\ bar) \mid H^+(aq, 1\ M) \parallel Cu^{2+}(aq, 1\ M) \mid Cu$$

अर्ध सेल अभिक्रिया–

$$Cu^{2+}(aq, 1M) + 2\,e^- \rightarrow Cu(s)$$

इसी प्रकार, निम्नलिखित सेल का मापित emf –0.76 V है जो कि निम्नलिखित अर्ध सेल अभिक्रिया के मानक इलैक्ट्रोड विभव के संगत हैं।

सेल–

$$Pt(s) \mid H_2(g, 1\ bar) \mid H^+(aq, 1\ M) \parallel Zn^{2+}(aq, 1M) \mid Zn$$

अर्ध सेल अभिक्रिया–

$$Zn^{2+}(aq, 1\ M) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$$

प्रथम स्थिति में मानक इलैक्ट्रोड विभव का धनात्मक मान इंगित करता है कि $Cu^{2+}$ आयन $H^+$ आयनों की तुलना में आसानी से अपचित हो जाते हैं। इसका विपरीत प्रक्रम संभव नहीं होता अर्थात् उपरोक्त वर्णित मानक परिस्थितियों में हाइड्रोजन आयन Cu को ऑक्सीकृत नहीं कर सकते (अथवा हम यह भी कह सकते हैं कि हाइड्रोजन गैस कॉपर आयनों को अपचित कर सकती है) इसलिए Cu(s), HCl में नहीं घुलता है। नाइट्रिक अम्ल में यह नाइट्रेट आयनों से ऑक्सीकृत होता है न कि हाइड्रोजन आयनों से। दूसरी स्थिति में मानक इलैक्ट्रोड विभव का ऋणात्मक मान इंगित करता है कि हाइड्रोजन आयन ज़िंक को ऑक्सीकृत कर सकते हैं (या ज़िंक हाइड्रोजन आयनों को अपचित कर सकता है)।

इस परिपाटी के परिप्रेक्ष्य में चित्र 2.1 में प्रस्तुत डेन्यल सेल की अर्ध अभिक्रियाओं को निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है–

बायाँ इलैक्ट्रोड– $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq, 1\ M) + 2\,e^-$

दायाँ इलैक्ट्रोड– $Cu^{2+}(aq, 1\ M) + 2\,e^- \rightarrow Cu(s)$



Reprint 2025-26

सेल की समग्र अभिक्रिया उपरोक्त अभिक्रियाओं का योग होती है। अर्थात्

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

सेल का emf = $E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(R)} - E^{\ominus}_{(L)}$

$$E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 0.34V - (-0.76)V = 1.10\ V$$

कभी-कभी प्लैटिनम एवं स्वर्ण जैसी धातुएं अक्रिय इलैक्ट्रोड के रूप में प्रयुक्त होती हैं। वे अभिक्रिया में भाग नहीं लेतीं, परंतु ऑक्सीकरण एवं अपचयन अभिक्रियाओं के लिए एवं इलैक्ट्रॉनों के चालन के लिए अपनी सतह प्रदान करती हैं। उदाहरण के लिए निम्नलिखित अर्ध सेलों में Pt का उपयोग होता है–

हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड– $Pt(s)|H_2(g)|H^+(aq)$

जिसकी अर्ध अभिक्रिया है– $H^+(aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g)$

ब्रोमीन इलैक्ट्रोड– $Pt(s)|Br_2(aq)|Br^-(aq)$

जिसकी अर्ध अभिक्रिया है– $\frac{1}{2} Br_2(aq) + e^- \rightarrow Br^-(aq)$

मानक इलैक्ट्रोड विभव बहुत महत्वपूर्ण है एवं हम इनसे कई महत्वपूर्ण सूचनाएं प्राप्त कर सकते हैं। कुछ चयनित अर्ध सेल अपचयन अभिक्रियाओं के लिए मानक इलैक्ट्रोड विभव के मान सारणी 2.1 में दिए गए हैं। यदि किसी इलैक्ट्रोड का मानक इलैक्ट्रोड विभव शून्य से अधिक होता है तो इसकी अपचित अवस्था हाइड्रोजन गैस से अधिक स्थायी होती है। इसी प्रकार से, यदि मानक इलैक्ट्रोड विभव ऋणात्मक होता है तो हाइड्रोजन गैस उस स्पीशीज़ की अपचित अवस्था से अधिक स्थायी होती है। यह देखा जा सकता है कि सारणी में फ्लुओरीन का मानक इलैक्ट्रोड विभव उच्चतम है। यह इंगित करता है कि फ्लुओरीन गैस ($F_2$) की फ्लुओराइड आयन ($F^-$) में अपचित होने की प्रवृत्ति अधिकतम है। अतः फ्लुओरीन गैस प्रबलतम ऑक्सीकारक है एवं फ्लुओराइड आयन दुर्बलतम अपचायक है। लीथियम का इलैक्ट्रोड विभव न्यूनतम है, यह इंगित करता है कि लीथियम आयन दुर्बलतम ऑक्सीकारक है जबकि लीथियम धातु जलीय विलयनों में प्रबलतम अपचायक है। यह देखा जा सकता है कि सारणी 2.1 में जब हम ऊपर से नीचे की ओर जाते हैं तो मानक इलैक्ट्रोड विभव कम होता जाता है एवं इसी के साथ अभिक्रिया के बायीं ओर की स्पीशीज़ की ऑक्सीकारक क्षमता बढ़ती है तथा दायीं ओर के स्पीशीज़ की अपचयन क्षमता बढ़ती है। वैद्युत रासायनिक सेलों का व्यापक उपयोग विलयनों की pH ज्ञात करने में, विलेयता गुणनफल, साम्यावस्था स्थिरांक तथा अन्य ऊष्मागतिकीय गुणों एवं विभवमितीय अनुमापनों में होता है।

### पाठ्यनिहित प्रश्न

**2.1** निकाय $Mg^{2+}|Mg$ का मानक इलैक्ट्रोड विभव आप किस प्रकार ज्ञात करेंगे?

**2.2** क्या आप एक ज़िंक के पात्र में कॉपर सल्फेट का विलयन रख सकते हैं?

**2.3** मानक इलैक्ट्रोड विभव की तालिका का निरीक्षण कर तीन ऐसे पदार्थ बताइए जो अनुकूल परिस्थितियों में फेरस आयनों को ऑक्सीकृत कर सकते हैं।



Reprint 2025-26

**सारणी 2.1– 298 K पर मानक इलैक्ट्रोड विभव**

आयन जलीय स्पीशीज़ के रूप में, एवं जल द्रव के रूप में उपस्थित है; गैस एवं ठोस क्रमशः g एवं s से दर्शाये गए हैं।

| अभिक्रिया (आक्सीकृत अवस्था + $ne^-$ → अपचित अवस्था) | | $E^\ominus$/V |
|---|---|---|
| $F_2(g) + 2e^-$ | $\rightarrow 2F^-$ | 2.87 |
| $Co^{3+} + e^-$ | $\rightarrow Co^{2+}$ | 1.81 |
| $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^-$ | $\rightarrow 2H_2O$ | 1.78 |
| $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^-$ | $\rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ | 1.51 |
| $Au^{3+} + 3e^-$ | $\rightarrow Au(s)$ | 1.40 |
| $Cl_2(g) + 2e^-$ | $\rightarrow 2Cl^-$ | 1.36 |
| $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^-$ | $\rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ | 1.33 |
| $O_2(g) + 4H^+ + 4e^-$ | $\rightarrow 2H_2O$ | 1.23 |
| $MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^-$ | $\rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$ | 1.23 |
| $Br_2 + 2e^-$ | $\rightarrow 2Br^-$ | 1.09 |
| $NO_3^- + 4H^+ + 3e^-$ | $\rightarrow NO(g) + 2H_2O$ | 0.97 |
| $2Hg^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Hg_2^{2+}$ | 0.92 |
| $Ag^+ + e^-$ | $\rightarrow Ag(s)$ | 0.80 |
| $Fe^{3+} + e^-$ | $\rightarrow Fe^{2+}$ | 0.77 |
| $O_2(g) + 2H^+ + 2e^-$ | $\rightarrow H_2O_2$ | 0.68 |
| $I_2 + 2e^-$ | $\rightarrow 2I^-$ | 0.54 |
| $Cu^+ + e^-$ | $\rightarrow Cu(s)$ | 0.52 |
| $Cu^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Cu(s)$ | 0.34 |
| $AgCl(s) + e^-$ | $\rightarrow Ag(s) + Cl^-$ | 0.22 |
| $AgBr(s) + e^-$ | $\rightarrow Ag(s) + Br^-$ | 0.10 |
| **$2H^+ + 2e^-$** | **$\rightarrow H_2(g)$** | **0.00** |
| $Pb^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Pb(s)$ | –0.13 |
| $Sn^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Sn(s)$ | –0.14 |
| $Ni^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Ni(s)$ | –0.25 |
| $Fe^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Fe(s)$ | –0.44 |
| $Cr^{3+} + 3e^-$ | $\rightarrow Cr(s)$ | –0.74 |
| $Zn^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Zn(s)$ | –0.76 |
| $2H_2O + 2e^-$ | $\rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ | –0.83 |
| $Al^{3+} + 3e^-$ | $\rightarrow Al(s)$ | –1.66 |
| $Mg^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Mg(s)$ | –2.36 |
| $Na^+ + e^-$ | $\rightarrow Na(s)$ | –2.71 |
| $Ca^{2+} + 2e^-$ | $\rightarrow Ca(s)$ | –2.87 |
| $K^+ + e^-$ | $\rightarrow K(s)$ | –2.93 |
| $Li^+ + e^-$ | $\rightarrow Li(s)$ | –3.05 |

बढ़ती हुई आक्सीकारक क्षमता ↑

बढ़ती हुई अपचायक क्षमता ↓

*1. ऋणात्मक $E^\ominus$ का अर्थ है कि रेडॉक्स युग्म $H^+/H_2$ युग्म की तुलना में प्रबल अपचायक है।*

*2. धनात्मक $E^\ominus$ का अर्थ है कि रेडॉक्स युग्म $H^+/H_2$ युग्म की तुलना में दुर्बल अपचायक है।*

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

## 2.3 नेर्न्स्ट समीकरण

पूर्व खंड में हमने माना है कि इलैक्ट्रोड अभिक्रिया में प्रयुक्त समस्त स्पीशीज़ की मोलर सांद्रता एक इकाई है। आवश्यक नहीं कि यह हमेशा सत्य हो। नेर्न्स्ट ने दर्शाया कि इलैक्ट्रोड अभिक्रिया–

$$M^{n+}(aq) + ne^- \rightarrow M(s)$$

के लिए किसी भी सांद्रता पर मानक हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड के सापेक्ष मापा गया इलैक्ट्रोड विभव निम्न प्रकार निरूपित किया जा सकता है–

$$E_{(M^{n+}/M)} = E^{\ominus}_{(M^{n+}/M)} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[M(s)]}{[M^{n+}(aq)]}$$

चूँकि M(s) की सांद्रता, इकाई मानी जाती है, इसलिए–

$$E_{(M^{n+}/M)} = E^{\ominus}_{(M^{n+}/M)} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{1}{[M^{n+}(aq)]} \qquad (2.8)$$

$E^{\ominus}_{(M^{n+}/M)}$ को पहले ही परिभाषित किया जा चुका है, R गैस स्थिरांक ($8.314\ JK^{-1}\ mol^{-1}$) है, F फैराडे स्थिरांक ($96487\ C\ mol^{-1}$) है, $T$ केल्विन में ताप क्रम है एवं $[M^n(aq)]$, $[M^{n+}(aq)^+]$ स्पीसीज़ की मोलर सांद्रता है–

डेन्यल सेल में $Cu^{2+}$ एवं $Zn^{2+}$ आयनों की किसी भी सांद्रता के लिए हम लिखते हैं–

**कैथोड के लिए–**

$$E_{(Cu^{2+}/Cu)} = E^{\ominus}_{(Cu^{2+}/Cu)} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{[Cu^{2+}(aq)]} \qquad (2.9)$$

**ऐनोड के लिए–**

$$E_{(Zn^{2+}/Zn)} = E^{\ominus}_{(Zn^{2+}/Zn)} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{Zn^{2+}(aq)} \qquad (2.10)$$

**सेल विभव–**

$$E_{(सेल)} = E_{(Cu^{2+}/Cu)} - E_{(Zn^{2+}/Zn)}$$

$$= E^{\ominus}_{(Cu^{2+}/Cu)} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{Cu^{2+}(aq)} - E^{\ominus}_{(Zn^{2+}/Zn)} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{Zn^{2+}(aq)}$$

$$= E^{\ominus}_{(Cu^{2+}/Cu)} - E^{\ominus}_{(Zn^{2+}/Zn)} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{Cu^{2+}(aq)} - \ln \frac{1}{Zn^{2+}(aq)}$$

$$E_{(सेल)} = E^{\ominus}_{(सेल)} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} \qquad (2.11)$$

यह देखा जा सकता है कि $E_{(सेल)}$ दोनों आयनों, $Cu^{2+}$ एवं $Zn^{2+}$ की सांद्रता पर निर्भर करता है। यह $Cu^{2+}$ आयनों की सांद्रता बढ़ाने पर बढ़ता है एवं $Zn^{2+}$ आयनों की सांद्रता बढ़ाने पर घटता है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

समीकरण 2.11 में प्राकृतिक लघुगणक के आधार को 10 में रूपांतरित करने पर एवं $R$, $F$ के मान रखने पर, एवं $T = 298$ K पर यह निम्न प्रकार से बदल जाती है–

$$E_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(\text{सेल})} - \frac{0.059}{2}\log\frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} \qquad (2.12)$$

दोनों इलैक्ट्रोडों के लिए इलैक्ट्रॉनों की संख्या ($n$) समान होनी चाहिए, अत: निम्नलिखित सेल–

$Ni(s)\,|\,Ni^{2+}(aq)\,||\,Ag^{+}(aq)\,|\,Ag$ के लिए नेर्न्स्ट समीकरण निम्न प्रकार से लिखी जा सकती है–

$$E_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(\text{सेल})} - \frac{RT}{2F}\ln\frac{[Ni^{2+}]}{[Ag^{+}]^2}$$

एवं एक सामान्य वैद्युतरासायनिक अभिक्रिया–

$$aA + bB \xrightarrow{ne^-} cC + dD$$

के लिए नेर्न्स्ट समीकरण निम्न प्रकार से लिखी जा सकती है–

$$E_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(\text{सेल})} - \frac{RT}{nF}\ln Q$$

$$= E^{\ominus}_{(\text{सेल})} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \qquad (2.13)$$

**उदाहरण 2.1** निम्नलिखित अभिक्रिया वाले सेल को निरूपित कीजिए।

$$Mg(s) + 2Ag^{+}(0.0001M) \rightarrow Mg^{2+}(0.130M) + 2Ag(s)$$

इसके $E_{(\text{सेल})}$ का परिकलन कीजिए यदि $E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 3.17$ V हो।

**हल** दी गई अभिक्रिया वाले सेल को निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है–

$$Mg\,|\,Mg^{2+}(0.130M)\,||\,Ag^{+}(0.0001M)\,|\,Ag$$

$$E_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(\text{सेल})} - \frac{RT}{2F}\ln\frac{Mg^{2+}}{Ag^{+}\ ^{2}}$$

$$= 3.17\text{ V} - \frac{0.059\text{ V}}{2}\log\frac{0.130}{(0.0001)^2} = 3.17\text{ V} - 0.21\text{V} = 2.96\text{ V}$$

### 2.3.1 नेर्न्स्ट समीकरण से साम्य स्थिरांक

यदि डेन्यल सेल (चित्र 2.1) में परिपथ को बंद कर दिया जाए तो निम्न अभिक्रिया होती है–

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (2.1)$$

जैसे-जैसे समय गुजरता है $Zn^{2+}$ आयनों की सांद्रता बढ़ती जाती है जबकि $Cu^{2+}$ आयनों की सांद्रता घटती जाती है। इसी समय सेल की वोल्टता, जिसे वोल्टमीटर द्वारा पढ़ा जा सकता है, घटती जाती है। कुछ समय पश्चात् $Cu^{2+}$ एवं $Zn^{2+}$ आयनों की सांद्रता स्थिर



Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

हो जाती है एवं वोल्टमीटर शून्य पठनांक दर्शाता है। यह इंगित करता है कि अभिक्रिया में साम्य स्थापित हो चुका है। इस अवस्था में नेर्न्स्ट समीकरण को निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है–

$$E_{(\text{सेल})} = 0 = E^{\ominus}_{(\text{सेल})} - \frac{2.303RT}{2F}\log\frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$\text{या } E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = \frac{2.303RT}{2F}\log\frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

परंतु साम्यावस्था पर,

$$\frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = K_c \text{ अभिक्रिया (2.1) के लिए}$$

अत: T = 298K पर उपरोक्त समीकरण को निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है–

$$E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = \frac{0.059\text{ V}}{2}\log K_C = 1.1\text{ V} \qquad (E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 1.1\text{V})$$

$$\log K_C = \frac{(1.1\text{V} \times 2)}{0.059\text{ V}} = 37.288$$

$K_C = 2 \times 10^{37}$ (298K पर)

सामान्य रूप में,

$$E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = \frac{2.303RT}{nF}\log K_C \qquad (2.14)$$

समीकरण, (2.14) सेल के मानक विभव एवं साम्य स्थिरांक के बीच संबंध दर्शाती है। इस प्रकार अभिक्रिया के लिए **साम्य स्थिरांक**, जिसे अन्य प्रकार मापना संभव नहीं है, सेल के संगत $E^{\ominus}$ मान से परिकलित किया जा सकता है।

**उदाहरण 2.2** निम्नलिखित अभिक्रिया का साम्य स्थिरांक परिकलित कीजिए–

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

$$E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 0.46\text{ V}$$

**हल**

$$E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = \frac{0.059\text{ V}}{2}\log K_C = 0.46\text{ V}$$

$$\text{या } \log K_C = \frac{0.46\text{ V}\times 2}{0.059\text{ V}} = 15.6$$

$$K_C = 3.92 \times 10^{15}$$

### 2.3.2 वैद्युतरासायनिक सेल अभिक्रिया की गिब्ज़ ऊर्जा

एक सेकंड में किया गया विद्युतीय कार्य कुल प्रवाहित आवेश एवं विद्युतीय विभव के गुणनफल के बराबर होता है। यदि हम गैल्वैनी सेल से अधिकतम कार्य लेना चाहते हैं तो आवेश का प्रवाह उत्क्रमणीय करना होगा। गैल्वैनी सेल के द्वारा किया गया उत्क्रमणीय कार्य गिब्ज़ ऊर्जा में कमी के बराबर होता है। अत: यदि सेल का emf, $E$ प्रवाहित आवेश $nF$



Reprint 2025-26

एवं अभिक्रिया की गिब्ज़ ऊर्जा, $\Delta_r G$ हो, तब

$$\Delta_r G = -nFE_{(\text{सेल})} \quad (2.15)$$

यह स्मरण रहे कि $E_{(\text{सेल})}$ एक स्वतंत्र प्राचल है, लेकिन $\Delta_r G$ एक मात्रात्मक ऊष्मागतिकीय गुणधर्म है जिसका मान '$n$' पर निर्भर करता है। इस प्रकार निम्नलिखित अभिक्रिया–

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \text{ के लिए} \quad (2.1)$$

$$\Delta_r G = -2FE_{(\text{सेल})}$$

तथा अभिक्रिया

$$2\,Zn\,(s) + 2\,Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2\,Zn^{2+}(aq) + 2\,Cu(s)$$

के लिए, $\Delta_r G = -4FE_{(\text{सेल})}$

यदि समस्त अभिक्रियाकारी स्पीशीज़ की सांद्रता एक इकाई हो, तब

$E_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{(\text{सेल})}$ अत:

$$\Delta_r G^{\ominus} = -nFE^{\ominus}_{(\text{सेल})} \quad (2.16)$$

इस प्रकार $E^{\ominus}_{(\text{सेल})}$ के मापन से हम एक महत्वपूर्ण ऊष्मागतिकीय राशि, अभिक्रिया की मानक गिब्ज़ ऊर्जा $\Delta_r G^{\ominus}$, प्राप्त कर सकते हैं। $\Delta_r G^{\ominus}$ से हम निम्न समीकरण द्वारा साम्य स्थिरांक का परिकलन कर सकते हैं।

$$\Delta_r G^{\ominus} = -RT \ln K$$

**उदाहरण 2.3** डेन्यल सेल के लिए मानक सेल विभव 1.1 V है। निम्नलिखित अभिक्रिया के लिए मानक गिब्ज़ ऊर्जा का परिकलन कीजिए।

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

**हल** $\Delta_r G^{\ominus} = -nFE^{\ominus}_{(\text{सेल})}$

उपरोक्त समीकरण में $n$ का मान 2 है। $F = 96487\ C\ mol^{-1}$ एवं $E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 1.1\ V$ अत:

$\Delta_r G^{\ominus} = -2 \times 1.1\ V \times 96487\ C\ mol^{-1} = -21227\ J\ mol^{-1} = -212.27\ kJ\ mol^{-1}$

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**2.4** pH = 10 के विलयन के संपर्क वाले हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड के विभव का परिकलन कीजिए।

**2.5** एक सेल के emf का परिकलन कीजिए, जिसमें निम्नलिखित अभिक्रिया होती है। दिया गया है $E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 1.05\ V$

$Ni(s) + 2Ag^{+}(0.002\ M) \rightarrow Ni^{2+}(0.160\ M) + 2Ag(s)$

**2.6** एक सेल जिसमें निम्नलिखित अभिक्रिया होती है– $2Fe^{3+}(aq) + 2I^{-}(aq) \rightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2(s)$ का 298 K ताप पर $E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 0.236\ V$ है। सेल अभिक्रिया की मानक गिब्ज़ ऊर्जा एवं साम्य स्थिरांक का परिकलन कीजिए।



Reprint 2025-26

## 2.4 वैद्युतअपघटनी विलयनों का चालकत्व

विद्युत के वैद्युतअपघटनी विलयनों में चालकत्व पर विचार करने से पूर्व कुछ पदों को परिभाषित करना आवश्यक है। विद्युतीय प्रतिरोध को प्रतीक 'R' से निरूपित किया जाता है एवं इसे ओम [ohm (Ω)] में मापा जाता है जो कि SI इकाइयों में $(kg\ m^2)/(S^3\ A^2)$ के तुल्य है। इसे ह्वीटस्टोन सेतु की सहायता से मापा जा सकता है जिससे आप भौतिक विज्ञान के अध्ययन में परिचित हो चुके हैं। किसी भी वस्तु का विद्युतीय प्रतिरोध उसकी लंबाई $l$ के अनुक्रमानुपाती एवं अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल $A$ के प्रतिलोमानुपाती होता है। अर्थात्

$$R \propto \frac{l}{A} \text{ or } R = \rho \frac{l}{A} \tag{2.17}$$

समानुपाती स्थिरांक ρ (ग्रीक, रो, rho) को **प्रतिरोधकता** (विशिष्ट प्रतिरोध) कहते हैं। इसकी SI इकाई ओम मीटर (Ωm) है तथा अधिकांशतः इसका अपवर्तक ओम सेंटीमीटर (Ω cm) भी उपयोग में लिया जाता है। चूँकि IUPAC ने विशिष्ट प्रतिरोध के **स्थान पर प्रतिरोधकता पद की अनुशंसा की है, अतः पुस्तक के आगे के पृष्ठों में हम प्रतिरोधकता पद का ही उपयोग करेंगे।** भौतिक रूप में किसी पदार्थ की प्रतिरोधकता उसका वह प्रतिरोध है जब यह एक मीटर लंबा हो एवं इसका अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल $1\ m^2$ हो। यह देखा जा सकता है कि–

$1\ \Omega\ m = 100\ \Omega\ cm$ या $1\ \Omega\ cm = 0.01\ \Omega\ m$

प्रतिरोध $R$ का व्युत्क्रम, **चालकत्व** (conductance), $G$ कहलाता है एवं हम निम्न संबंध प्राप्त करते हैं–

$$G = \frac{1}{R} = \frac{A}{\rho l} = \kappa \frac{A}{l} \tag{2.18}$$

चालकत्व का SI मात्रक सीमेन्ज़ है जिसे प्रतीक 'S' से निरूपित किया जाता है एवं यह $ohm^{-1}$ (या mho) या $\Omega^{-1}$ के तुल्य है। प्रतिरोधकता का प्रतिलोम, **चालकता (विशिष्ट चालकत्व)** कहलाता है जिसे प्रतीक κ (ग्रीक शब्द कॉपा) से प्रदर्शित करते हैं। IUPAC ने विशिष्ट चालकत्व के स्थान पर चालकता शब्द की अनुशंसा की है, अतः आगे पुस्तक में हम चालकता शब्द का ही उपयोग करेंगे। चालकता के SI मात्रक $S\ m^{-1}$ है परंतु प्रायः κ, को $S\ cm^{-1}$ में व्यक्त किया जाता है। किसी पदार्थ की $S\ m^{-1}$ में चालकता इसका वह चालकत्व है, जब यह 1m लंबा हो एवं इसका अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल $1m^2$ हो। यह ध्यान रहे कि $1\ S\ cm^{-1} = 100\ S\ m^{-1}$।

सारणी 2.2 से यह देखा जा सकता है कि चालकता के मान में काफी भिन्नता होती है एवं यह पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है। यह उस ताप व दाब पर भी निर्भर करती है जिस पर इसका मापन किया जाता है। चालकता के आधार पर पदार्थों को चालकों, विद्युतरोधियों एवं अर्धचालकों में वर्गीकृत किया गया है। धातुओं एवं मिश्रधातुओं की चालकता बहुत अधिक होने के कारण इन्हें चालक कहा जाता है। कुछ अधातुएं जैसे कार्बन–ब्लैक



Reprint 2025-26

**सारणी 2.2– कुछ चयनित पदार्थों के 298.15 K पर चालकता के मान**

| पदार्थ | चालकता/ $S\ m^{-1}$ | पदार्थ | चालकता $S\ m^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| *चालक* | | *जलीय विलयन* | |
| सोडियम | $2.1\times10^{3}$ | शुद्ध जल | $3.5\times10^{-5}$ |
| कॉपर (ताँबा) | $5.9\times10^{3}$ | 0.1 M HCl | 3.91 |
| सिल्वर (चाँदी) | $6.2\times10^{3}$ | 0.01M KCl | 0.14 |
| गोल्ड (सोना) | $4.5\times10^{3}$ | 0.01M NaCl | 0.12 |
| आयरन (लोहा) | $1.0\times10^{3}$ | 0.1 M HAc | 0.047 |
| ग्रैफाइट | $1.2\times10$ | 0.01M HAc | 0.016 |
| *वैद्युतरोधी* | | *अर्धचालक* | |
| काँच (ग्लास) | $1.0\times10^{-16}$ | CuO | $1\times10^{-7}$ |
| टेफ्लॉन | $1.0\times10^{-18}$ | Si | $1.5\times10^{-2}$ |
| | | Ge | 2.0 |

(कार्बन-कज्जल), ग्रैफाइट एवं कुछ कार्बनिक बहुलक* भी **इलेक्ट्रॉनिक चालक** होते हैं। काँच, चीनी मिट्टी (सिरेमिक्स) आदि जैसे पदार्थ जिनकी चालकता बहुत कम होती है, **विद्युतरोधी** कहलाते हैं। कुछ पदार्थ जैसे सिलिकन, डोपित सिलिकन, गैलियम आर्सेनाइड जिनकी चालकता, चालकों एवं विद्युतरोधियों के मध्य होती है, **अर्धचालक** कहलाते हैं एवं ये महत्वपूर्ण इलेक्ट्रॉनिक पदार्थ हैं। कुछ पदार्थ, जिन्हें पारिभाषिक रूप से **अतिचालक** कहते हैं, शून्य प्रतिरोधकता या अनंत चालकता वाले होते हैं। पहले समझा जाता था कि केवल धातुएं एवं मिश्रधातुएं ही बहुत कम तापों (0 to 15 K) पर अतिचालक होती हैं, परंतु आजकल बहुत से सिरेमिक पदार्थ एवं मिश्रित ऑक्साइड भी ज्ञात हैं जो 150 K जैसे उच्च तापों पर भी अतिचालकता दर्शाते हैं।

धातुओं में विद्युतीय चालकत्व को धात्विक या इलैक्ट्रॉनिक चालकत्व कहते हैं तथा यह इलेक्ट्रॉनों की गति के कारण होता है इलेक्ट्रॉनिक चालकत्व निम्न पर निर्भर करता है–

(i) धातु की प्रकृति एवं संरचना

(ii) प्रति परमाणु संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या

(iii) ताप (यह ताप बढ़ाने पर कम होता है)

इलेक्ट्रॉन एक सिरे से प्रवेश करते हैं एवं दूसरे सिरे से निकल जाते हैं, इसलिए धात्विक चालक का संघटन अपरिवर्तित रहता है। अर्धचालकों के चालकत्व की क्रियाविधि अधिक जटिल है।

* *इलेक्ट्रॉनिक चालक बहुलक – 1977 में मैक-डिरमिड, हीगर तथा शीराकावा ने खोज की कि ऐसिटिलीन गैस के बहुलकीकरण से पॉलीऐसिटिलीन बहुलक प्राप्त किया जा सकता है जो आयोडिन वाष्प के संपर्क में आने पर धात्विक चमक एवं चालकता प्राप्त कर लेता है। उसके बाद बहुत से कार्बनीय बहुलक-चालक बनाए गए हैं, जैसे पॉलीऐनिलीन, पॉलीपिरोल तथा पॉलीथायोफीन। यह धात्विक गुणों वाले कार्बनीय बहुलक पूर्णतः कार्बन, हाइड्रोजन तथा कभी-कभी नाइट्रोजन, ऑक्सीजन एवं सल्फर द्वारा बने होने के कारण सामान्य धातुओं की तुलना में अत्यधिक हल्के होते हैं इसलिए, इनसे हल्की बैटरियाँ बनाई जा सकती हैं। इसके अतिरिक्त इनमें लचीलेपन जैसे यांत्रिक गुण भी होते हैं, अतः इनसे ट्रांजिस्टर जैसी इलेक्ट्रॉनिक युक्तियाँ तथा मुड़ सकने वाली प्लास्टिक शीट बना सकते हैं। चालक बहुलकों की खोज के लिए मैक-डिरमिड, हीगर तथा शीराकावा को वर्ष 2000 के रसायन विज्ञान के नोबेल पुरस्कार से पुरस्कृत किया गया था।*



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

अत्यधिक शुद्ध जल में भी थोड़ी मात्रा में हाइड्रोजन एवं हाइड्रॉक्सिल आयन ($\sim 10^{-7}$M) अवश्य होते हैं जो कि इसे बहुत अल्प चालकता ($3.5 \times 10^{-5}$ S $m^{-1}$) प्रदान करते हैं। वैद्युतअपघट्य जल में घोले जाने पर अपने आयन विलयन को प्रदान करते हैं जिससे विलयन की चालकता बढ़ जाती है। विलयन में उपस्थित आयनों के कारण विद्युत के चालकत्व को वैद्युतअपघटनी या आयनिक चालकत्व कहते हैं। वैद्युतअपघटनी (आयनिक) विलयनों की चालकता निम्नलिखित पर निर्भर करती है–

(i) मिलाए गए वैद्युतअपघट्य की प्रकृति

(ii) उत्पन्न आयनों का आमाप एवं उनका विलायक योजन

(iii) विलायक की प्रकृति एवं इसकी श्यानता

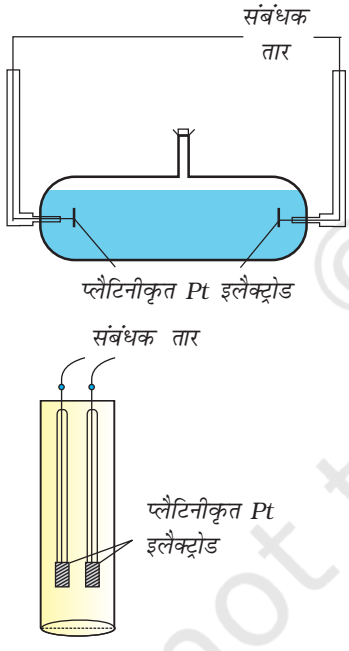
(iv) वैद्युतअपघट्य की सांद्रता

(v) ताप (ताप बढ़ाने पर यह बढ़ती है)

लंबे समय तक आयनिक विलयन में दिष्ट धारा (DC) प्रवाहित करने पर वैद्युतरासायनिक अभिक्रियाओं के कारण इसका संघटन परिवर्तित हो सकता है (खंड 2.4.1)।

### 2.4.1 आयनिक विलयनों की चालकता का मापन

हम जानते हैं कि एक **ह्वीटस्टोन ब्रिज** (सेतु) के द्वारा किसी अज्ञात प्रतिरोध का सही मापन किया जा सकता है। किंतु किसी आयनिक विलयन के प्रतिरोध मापन में हमें दो समस्यायों का सामना करना पड़ता है। प्रथम यह कि दिष्ट धारा (DC) प्रवाहित करने पर विलयन का संघटन बदल जाता है। दूसरा यह कि विलयन को धात्विक तार या अन्य ठोस चालक की तरह ब्रिज से जोड़ा नहीं जा सकता। पहली समस्या का समाधान प्रत्यावर्ती धारा (AC) का प्रयोग करके हल किया जाता है। दूसरी समस्या एक विशेष प्रकार के डिज़ाइन किए हुए पात्र का उपयोग करके हल की जाती है। इस पात्र को चालकता सेल कहते हैं। चालकता सेल कई डिज़ाइनों में उपलब्ध हैं एवं दो सरल डिज़ाइन चित्र 2.4 में दर्शाए गए हैं।




*चित्र 2.4– दो अलग-अलग प्रकार के चालकता सेल*

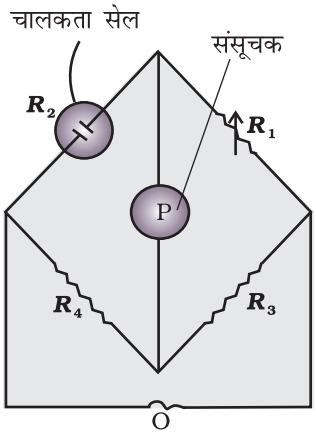
मूलत: इसमें प्लैटिनम ब्लैक (प्लैटिनम कज्जल) से विलेपित (सूक्ष्म विभाजित धात्विक Pt को वैद्युतरासायनिक विधि द्वारा इलैक्ट्रोडों पर निक्षेपित किया जाता है) दो इलैक्ट्रोड होते हैं। इनके अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल '$A$' होता है और ये '$l$' दूरी से पृथक होते हैं। इस प्रकार इनके बीच का विलयन '$l$' लंबाई एवं '$A$' अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल का कॉलम होता है। विलयन के इस कॉलम का प्रतिरोध निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिया जाता है–

$$R = \rho \frac{l}{A} = \frac{l}{\kappa A} \qquad (2.17)$$

राशि $l/A$ को सेल स्थिरांक कहा जाता है जिसे प्रतीक $G^*$ से व्यक्त किया जाता है। यह इलैक्ट्रोड के बीच की दूरी एवं उनके अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर निर्भर करता है एवं इसकी विमा लंबाई$^{-1}$ होती है। इसे $l$ तथा $A$ का मान ज्ञात होने पर परिकलित किया जा सकता है। $l$ एवं $A$ का मापन न सिर्फ असुविधाजनक है; बल्कि प्राप्त मान अविश्वसनीय भी होता है। सेल स्थिरांक को साधारणतया पहले से ज्ञात चालकता वाले विलयन को चालकता सेल में लेकर व उसका प्रतिरोध माप कर ज्ञात किया जाता है। इस उद्देश्य के लिए हम सामान्यत: KCl विलयन का उपयोग करते हैं जिसकी चालकता विभिन्न सांद्रताओं एवं ताप पर परिशुद्धता से ज्ञात होती है (सारणी 2.3)। सेल स्थिरांक $G^*$ को तब निम्नलिखित समीकरण से दर्शाया जा सकता है।



Reprint 2025-26




*चित्र 2.5– वैद्युतअपघट्य के विलयन के प्रतिरोध मापन की व्यवस्था*

$$G^* = \frac{l}{A} = R\,\kappa \qquad (2.18)$$

एक बार सेल स्थिरांक का मान ज्ञात हो जाने पर हम इसका उपयोग किसी भी विलयन का प्रतिरोध या चालकता मापने में कर सकते हैं। प्रतिरोध मापन की व्यवस्था चित्र 2.5 में दर्शाई गई है।

इसमें दो प्रतिरोध $R_3$ एवं $R_4$, एक परिवर्तनीय प्रतिरोध $R_1$ एवं अज्ञात प्रतिरोध $R_2$ वाली चालकता सेल होती है। ह्वीटस्टोन ब्रिज एक दोलित्र, O (oscillator), (श्रव्य आवृत्ति सीमा 550 से 5000 चक्रण प्रति सैकण्ड वाली प्रत्यावर्ती धारा (AC) का स्रोत) से जुड़ा रहता है। P एक उपयुक्त संसूचक है (एक हेडफोन या अन्य विद्युत युक्ति) तथा जब संसूचक में कोई विद्युत धारा प्रवाहित नहीं होती तो ब्रिज संतुलित होता है। इन परिस्थितियों में–

$$\text{अज्ञात प्रतिरोध,}\quad R_2 = \frac{R_1\,R_4}{R_3} \qquad (2.19)$$

**सारणी 2.3– 298.15 K पर KCl की चालकता एवं मोलर चालकता**

| सांद्रता/मोलरता | | चालकता | | मोलर चालकता | |
|---|---|---|---|---|---|
| mol $L^{-1}$ | mol $m^{-3}$ | S $cm^{-1}$ | S $m^{-1}$ | S $cm^2 mol^{-1}$ | S $m^2 mol^{-1}$ |
| 1.000 | 1000 | 0.1113 | 11.13 | 111.3 | $111.3\times10^{-4}$ |
| 0.100 | 100.0 | 0.0129 | 1.29 | 129.0 | $129.0\times10^{-4}$ |
| 0.010 | 10.00 | 0.00141 | 0.141 | 141.0 | $141.0\times10^{-4}$ |

आजकल सस्ते चालकता मीटर उपलब्ध हैं जिनसे चालकता सेल में उपस्थित विलयन का चालकत्व या प्रतिरोध सीधे ही पढ़ा जा सकता है। एक बार सेल में उपस्थित विलयन का सेल स्थिरांक एवं प्रतिरोध ज्ञात होने पर विलयन की चालकता निम्नलिखित समीकरण से दी जा सकती है–

$$\kappa = \frac{\text{सेल स्थिरांक}}{R} = \frac{G^*}{R} \qquad (2.20)$$

एक ही विलायक में और समान ताप पर, विभिन्न वैद्युतअपघट्यों के विलयनों की चालकता में अंतर विघटन के फलस्वरूप बनने वाले आयनों के आवेश एवं आमाप तथा उनकी सांद्रता या **विभव प्रवणता** (Potential gradient) के अंतर्गत आयन के संचलन की सुविधा में भिन्नता के कारण होता है। अत: भौतिक रूप से एक अधिक अर्थपूर्ण राशि को परिभाषित करना आवश्यक है, जिसे मोलर चालकता (ग्राम अणुक चालकता) कहा जाता है। इसे $\Lambda_m$ (ग्रीक शब्द लैम्डा) से निरूपित करते हैं। यह विलयन की चालकता से निम्नलिखित समीकरण के द्वारा संबद्ध है–

$$\text{मोलर चालकता} = \Lambda_m = \frac{\kappa}{c} \qquad (2.21)$$



Reprint 2025-26

उपरोक्त समीकरण में यदि $\kappa$ को S $m^{-1}$ में एवं सांद्रता, c, को mol $m^{-3}$ में व्यक्त किया जाए तो $\Lambda_m$ का मात्रक S $m^2$ $mol^{-1}$ होगा। यह ध्यान देने योग्य है कि

1 mol $m^{-3}$ = 1000(L/$m^3$) × मोलरता (mol/L)

अत:

$$\Lambda_m(\text{S m}^2\text{ mol}^{-1}) = \frac{\kappa\ (\text{S m}^{-1})}{1000\ (\text{L m}^{-3}) \times \text{मोलरता (mol L}^{-1})}$$

यदि हम $\kappa$ का मात्रक S $cm^{-1}$ एवं सांद्रता का मात्रक mol $cm^{-3}$ लें तब $\ddot{E}_m$ का मात्रक S $cm^2$ $mol^{-1}$ होगा। इसे निम्नलिखित समीकरण का उपयोग कर परिकलित किया जा सकता है–

$$\Lambda_m(\text{S cm}^2\text{ mol}^{-1}) = \frac{\kappa\ (\text{S cm}^{-1}) \times 1000\ (\text{cm}^3/\text{L})}{\text{मोलरता (mol/L)}}$$

सामान्यत: दोनों प्रकार के मात्रक प्रयुक्त किए जाते हैं। जो परस्पर निम्नलिखित समीकरण द्वारा संबद्ध हैं–

1 S $m^2$ $mol^{-1}$ = $10^4$ S $cm^2$ $mol^{-1}$ या

1 S $cm^2$ $mol^{-1}$ =$10^{-4}$ S $m^2$ $mol^{-1}$.

**उदाहरण 2.4** 0.1 mol $L^{-1}$ KCl विलयन से भरे हुए एक चालकता सेल का प्रतिरोध 100 Ω है। यदि उसी सेल का प्रतिरोध 0.02 mol $L^{-1}$ KCl विलयन भरने पर 520 Ω हो तो 0.02 mol $L^{-1}$ KCl विलयन की चालकता एवं मोलर चालकता परिकलित कीजिए। 0.1 mol $L^{-1}$ KCl विलयन की चालकता 1.29 S/m है।

**हल** सेल स्थिरांक निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिया जाता है–

सेल स्थिरांक = $G^*$ = चालकता × प्रतिरोध

= 1.29 S/m × 100 Ω = 129 $m^{-1}$ = 1.29 $cm^{-1}$

0.02 mol $L^{-1}$ KCl विलयन की चालकता = सेल स्थिरांक / प्रतिरोध

$$= \frac{G^*}{R} = \frac{129\ \text{m}^{-1}}{520\ \Omega} = 0.248\ \text{S m}^{-1}$$

सांद्रता = 0.02 mol $L^{-1}$ = 1000 × 0.02 mol $m^{-3}$ = 20 mol $m^{-3}$

$$\text{मोलर चालकता} = \Lambda_m = \frac{\kappa}{c} = \frac{248 \times 10^{-3}\ \text{S m}^{-1}}{20\ \text{mol m}^{-3}} = 124 \times 10^{-4}\ \text{S m}^2\text{ mol}^{-1}$$

$$\text{विकल्पत:,}\quad \kappa = \frac{1.29\ \text{cm}^{-1}}{520\ \Omega} = 0.248 \times 10^{-2}\ \text{S cm}^{-1}$$

तथा $\Lambda_m = \kappa \times 1000\ \text{cm}^3\ \text{L}^{-1}\ \text{molarity}^{-1}$

$$= \frac{0.248\times10^{-2}\ \text{S cm}^{-1}\times1000\ \text{cm}^3\ \text{L}^{-1}}{0.02\ \text{mol L}^{-1}} = 124\ \text{S cm}^2\ \text{mol}^{-1}$$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

**उदाहरण 2.5** 0.05 mol $L^{-1}$ NaOH विलयन के कॉलम का विद्युत प्रतिरोध $5.55 \times 10^3$ ohm है। इसका व्यास 1 cm एवं लंबाई 50 cm है। इसकी प्रतिरोधकता, चालकता तथा मोलर चालकता का परिकलन कीजिए।

**हल**

$A = \pi r^2 = 3.14 \times 0.5^2 \text{ cm}^2 = 0.785 \text{ cm}^2 = 0.785 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$l = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad \text{या} \quad \rho = \frac{RA}{l} = \frac{5.55 \times 10^3 \Omega \times 0.785 \text{ cm}^2}{50 \text{ cm}}$$

$$= 87.135 \ \Omega \text{ cm}$$

$$\text{चालकता} = \kappa = \frac{1}{\rho} = \left(\frac{1}{87.135}\right) \text{ S cm}^{-1}$$

$$= 0.01148 \text{ S cm}^{-1}$$

$$\text{मोलर चालकता, } \Lambda_m = \frac{\kappa \times 1000}{c} \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$$

$$= \frac{0.01148 \text{ S cm}^{-1} \times 1000 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}}{0.05 \text{ mol L}^{-1}}$$

$$= 229.6 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

यदि हम 'cm' के स्थान पर 'm' के पदों में विभिन्न राशियों का परिकलन करना चाहें तो

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{5.55 \times 10^3 \ \Omega \times 0.785 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}}$$

$$= 87.135 \times 10^{-2} \ \Omega \text{ m}$$

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{100}{87.135} \Omega \text{ m}$$

$$= 1.148 \text{ S m}^{-1}$$

$$\text{तथा } \Lambda_m = \frac{\kappa}{c} = \frac{1.148 \text{ S m}^{-1}}{50 \text{ mol m}^{-3}}$$

$$= 229.6 \times 10^{-4} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

### 2.4.2 सांद्रता के साथ चालकता एवं मोलर चालकता में परिवर्तन

वैद्युतअपघट्य की सांद्रता में परिवर्तन के साथ-साथ चालकता एवं मोलर चालकता दोनों में परिवर्तन होता है। दुर्बल एवं प्रबल दोनों प्रकार के वैद्युतअपघट्यों की सांद्रता घटाने पर चालकता हमेशा घटती है। इसकी इस तथ्य से व्याख्या की जा सकती है कि तनुकरण करने पर प्रति इकाई आयतन में विद्युतधारा ले जाने वाले आयनों की संख्या घट जाती है। किसी



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

भी सांद्रता पर विलयन की चालकता उस विलयन के इकाई आयतन का चालकत्व होता है, जिसे परस्पर इकाई दूरी पर स्थित एवं इकाई अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले दो प्लेटिनम इलेक्ट्रोडों के मध्य रखा गया हो।

यह निम्नलिखित समीकरण से स्पष्ट है–

$$G = \frac{\kappa A}{l} = \kappa \text{ (} A \text{ एवं } l \text{ दोनों ही उपयुक्त इकाइयों m या cm में हैं)।}$$

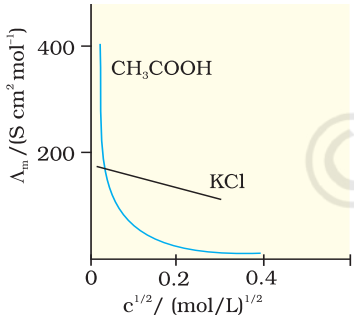
किसी दी गई सांद्रता पर एक विलयन की मोलर चालकता उस विलयन के V आयतन का चालकत्व है, जिसमें वैद्युतअपघट्य का एक मोल घुला हो तथा जो एक-दूसरे से इकाई दूरी पर स्थित, A अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले दो इलेक्ट्रोडों के मध्य रखा गया हो। अतः

$$\Lambda_m = \frac{\kappa A}{l} = \kappa$$

चूँकि $l = 1$ एवं $A = V$ (आयतन, जिसमें वैद्युतअपघट्य का एक मोल घुला है।)

$$\Lambda_m = \kappa V \qquad (2.22)$$

सांद्रता घटने के साथ मोलर चालकता बढ़ती है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि वह कुल आयतन *(V)* भी बढ़ जाता है जिसमें एक मोल वैद्युतअपघट्य उपस्थित हो। यह पाया गया है कि विलयन के तनुकरण पर आयतन में वृद्धि $\kappa$ में होने वाली कमी की तुलना में कहीं अधिक होती है। भौतिक रूप से इसका अर्थ यह है कि दी हुई सांद्रता पर, $\Lambda_m$ को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है कि यह वैद्युतअपघट्य के उस विलयन के उस आयतन का चालकत्व है जिसे चालकता सेल के परस्पर इकाई दूरी पर स्थित इलैक्ट्रोडों के मध्य रखा गया है एवं जिनका अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल इतना बड़ा है कि वह विलयन के उस पर्याप्त आयतन को समायोजित कर सकें जिसमें वैद्युतअपघट्य का एक मोल घुला हो। जब सांद्रता शून्य की ओर पहुँचने लगती है तब मोलर चालकता सीमांत मोलर चालकता कहलाती है एवं इसे प्रतीक $E_m^{\theta}$ से निरूपित किया जाता है। सांद्रता के साथ $\Lambda_m$ में परिवर्तन प्रबल एवं दुर्बल वैद्युतअपघट्यों में अलग-अलग होता है (चित्र 2.6)।




*चित्र 2.6– जलीय विलयन में ऐसीटिक अम्ल (दुर्बल वैद्युतअपघट्य) एवं पोटैशियम क्लोराइड (प्रबल वैद्युतअपघट्य) के लिए मोलर चालकता के विपरीत $c^{1/2}$ का आलेख*

**प्रबल वैद्युतअपघट्य**

प्रबल वैद्युतअपघट्यों के लिए, $\Lambda_m$ का मान तनुता के साथ धीरे-धीरे बढ़ता है एवं इसे निम्नलिखित समीकरण द्वारा निरूपित किया जा सकता है–

$$\Lambda_m = E_m^{\circ} - A\, c^{1/2} \qquad (2.23)$$

यह देखा जा सकता है कि यदि $\Lambda_m$ को $c^{1/2}$ के विपरीत आरेखित किया जाए (चित्र 2.6) तो हमें, एक सीधी रेखा प्राप्त होती है जिसका अंतः खंड $E_m^{\circ}$ एवं ढाल -'A' के बराबर है। दिए गए विलायक एवं ताप पर स्थिरांक *'A'* का मान वैद्युतअपघट्य के प्रकार, अर्थात् विलयन में वैद्युतअपघट्य के वियोजन से उत्पन्न धनायन एवं ऋणायन के आवेशों पर निर्भर करता है। अतः, NaCl, $CaCl_2$, $MgSO_4$ क्रमशः 1-1, 2-1 एवं 2-2 वैद्युतअपघट्य के रूप में जाने जाते हैं। एक प्रकार के सभी वैद्युतअपघट्यों के लिए '*A*' का मान समान होता है।



Reprint 2025-26

**उदाहरण 2.6** 298 K पर विभिन्न सांद्रताओं के KCl विलयनों की मोलर चालकताएं निम्नलिखित हैं।

| $c$/mol L$^{-1}$ | $\Lambda_m$/S cm$^2$ mol$^{-1}$ |
|---|---|
| 0.000198 | 148.61 |
| 0.000309 | 148.29 |
| 0.000521 | 147.81 |
| 0.000989 | 147.09 |

दर्शाइए कि $\Lambda_m$ एवं $c^{1/2}$ के मध्य आलेख एक सीधी रेखा है। KCl के लिए $\Lambda_m^\circ$ एवं A के मान ज्ञात कीजिए।

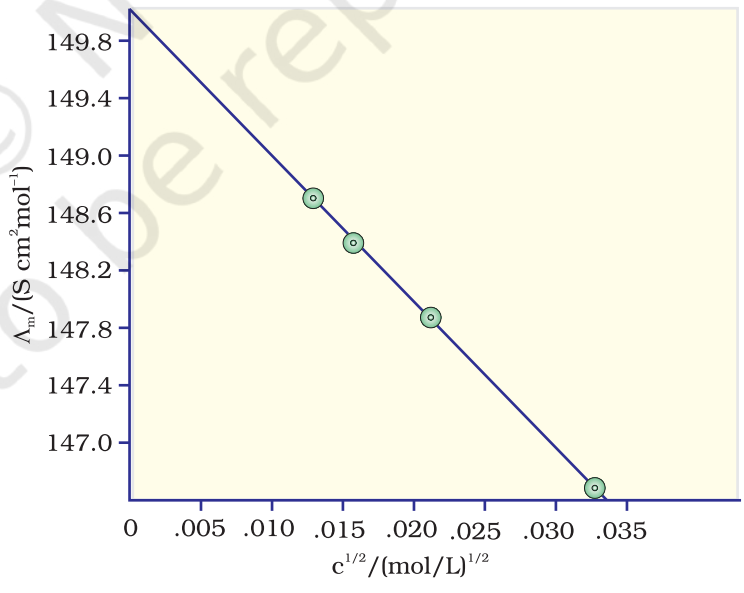
**हल** दी गई सांद्रताओं का वर्गमूल लेने पर हम पाते हैं

| $c^{1/2}$/ (mol L$^{-1}$ )$^{1/2}$ | $\Lambda_m$/S cm$^2$mol$^{-1}$ |
|---|---|
| 0.01407 | 148.61 |
| 0.01758 | 148.29 |
| 0.02283 | 147.81 |
| 0.03145 | 147.09 |

$\Lambda_m$ (y-अक्ष) एवं $c^{1/2}$ (x-अक्ष) का आलेख चित्र 2.7 में दर्शाया गया है। यह देखा जा सकता है कि यह लगभग एक सीधी रेखा है।

अंत:खंड ($c^{1/2}$ = 0) से हम पाते हैं कि $\Lambda_m^\circ$ = 150.0 S cm$^2$ mol$^{-1}$ एवं

$A$ = – ढाल = 87.46 S cm$^2$ mol$^{-1}$/(mol/L$^{-1}$)$^{1/2}$.




*चित्र 2.7– c½ के विरुद्ध $\Lambda_m$ में परिवर्तन*

कोलराउश (Kohlraush) ने कई प्रबल वैद्युतअपघट्यों के लिए $\Lambda_m^\circ$ के मान के परीक्षण किए एवं कुछ नियमितताओं का अवलोकन किया। उन्होंने पाया कि वैद्युतअपघट्यों



Reprint 2025-26

NaX एवं KX के $\Lambda_m^\circ$ के मानों का अंतर किसी भी 'X' के लिए लगभग स्थिर रहता है। उदाहरण के लिए 298 K पर–

$$\Lambda^\circ_{m\,(KCl)} - \Lambda^\circ_{m\,(NaCl)} = \Lambda^\circ_{m\,(KBr)} - \Lambda^\circ_{m\,(NaBr)}$$

$$= \Lambda^\circ_{m\,(KI)} - \Lambda^\circ_{m\,(NaI)} \simeq 23.4 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

तथा इसी प्रकार पाया गया कि–

$$\Lambda^\circ_{m\,(NaBr)} - \Lambda^\circ_{m\,(NaCl)} = \Lambda^\circ_{m\,(KBr)} - \Lambda^\circ_{m\,(KCl)} \simeq 1.8 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

उपरोक्त प्रेक्षणों के आधार पर उन्होंने **आयनों के स्वतंत्र अभिगमन का कोलराउश नियम दिया। कोलराउश के इस नियम के अनुसार एक वैद्युतअपघट्य की सीमांत मोलर चालकता को उसके धनायन एवं ऋणायन के अलग-अलग योगदान के योग के बराबर निरूपित किया जा सकता है।** इस प्रकार, यदि $\lambda^\circ_{Na^+}$ एवं $\lambda^\circ_{Cl^-}$ क्रमशः सोडियम एवं क्लोराइड आयनों की सीमांत मोलर चालकताएं हों तो सोडियम क्लोराइड की सीमांत मोलर चालकता निम्नलिखित समीकरण द्वारा दी जा सकती है–

$$\Lambda^\circ_{m\,(NaCl)} = \lambda^0_{Na^+} + \lambda^0_{Cl^-} \qquad (2.24)$$

व्यापक रूप में यदि एक वैद्युतअपघट्य वियोजन पर $\nu_+$ धनायन एवं $\nu_-$ ऋणायन देता है तब इसकी सीमान्त मोलर चालकता को निम्नलिखित समीकरण द्वारा दिया जा सकता है–

$$\Lambda^\circ_m = \nu_+\lambda^0_+ + \nu_-\lambda^0_- \qquad (2.25)$$

यहाँ $\lambda^0_+$ एवं $\lambda^0_-$ क्रमशः धनायन एवं ऋणायन की सीमान्त मोलर चालकताएं हैं। 298 K पर कुछ धनायनों एवं ऋणायनों के $\lambda^0$ के मान सारणी 2.4 में दिए गए हैं।

**सारणी 2.4– 298 K पर कुछ आयनों की जल में सीमान्त मोलर चालकताएं**

| आयन | $\lambda^0$/(S cm$^2$mol$^{-1}$) | आयन | $\lambda^0$/(S cm$^2$ mol$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| $H^+$ | 349.6 | $OH^-$ | 199.1 |
| $Na^+$ | 50.1 | $Cl^-$ | 76.3 |
| $K^+$ | 73.5 | $Br^-$ | 78.1 |
| $Ca^{2+}$ | 119.0 | $CH_3COO^-$ | 40.9 |
| $Mg^{2+}$ | 106.0 | $SO_4^{2-}$ | 160.0 |

### दुर्बल वैद्युतअपघट्य

ऐसीटिक अम्ल जैसे दुर्बल वैद्युतअपघट्य उच्च सांद्रता पर अल्प वियोजित होते हैं, अतः ऐसे वैद्युतअपघट्यों के $\Lambda_m$ में तनुता के साथ परिवर्तन, वियोजन मात्रा में वृद्धि के कारण होता है परिणामस्वरूप एक मोल वैद्युतअपघट्य वाले विलयन के कुल आयतन में आयनों की संख्या बढ़ती है। इन प्रकरणों में, विशेषतया अल्प सांद्रता के समीप तनुकरण पर $\Lambda_m$ तेज़ी से बढ़ता है (चित्र 2.6)। अतः $\Lambda_m^\circ$ का मान $\Lambda_m$ के शून्य सांद्रता तक बहिर्वेशन (extrapolation) द्वारा प्राप्त नहीं किया जा सकता। अनंत तनुता पर (अर्थात् सांद्रता $c \to 0$) वैद्युतअपघट्य पूर्णतया वियोजित हो जाता है ($\alpha = 1$) परंतु इतनी कम सांद्रता पर विलयन की चालकता इतनी कम हो जाती है कि इसके वास्तविक मान को नहीं मापा जा सकता। अतः दुर्बल



Reprint 2025-26

वैद्युतअपघट्यों के लिए $\Lambda_m^\circ$ कोलराउश का आयनों के लिए स्वतंत्र अभिगमन नियम का उपयोग कर प्राप्त किया जा सकता है (उदाहरण 2.8)। किसी भी सांद्रता $c$ पर यदि वियोजन की मात्रा $\alpha$ हो तो इसे सांद्रता $c$ पर मोलर चालकता $\Lambda_m$ एवं सीमांत मोलर चालकता $\Lambda_m^\circ$ के अनुपात के सन्निकट माना जा सकता है। इस प्रकार–

$$\alpha = \frac{\Lambda_m}{\Lambda_m} \tag{2.26}$$

ऐसीटिक अम्ल जैसे दुर्बल वैद्युतअपघट्य के लिए

$$K_a = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)} = \frac{c\Lambda_m^2}{\Lambda_m^{\circ 2}\left(1-\frac{\Lambda_m}{\Lambda_m^\circ}\right)} = \frac{c\Lambda_m^2}{\Lambda_m^\circ\left(\Lambda_m^\circ - \Lambda_m\right)} \tag{2.27}$$

**कोलराउश नियम के अनुप्रयोग**

आयनों के स्वतंत्र अभिगमन के कोलराउश नियम का उपयोग कर, किसी भी वैद्युतअपघट्य के आयनों के $\lambda^\circ$ मानों से $\Lambda_m^\circ$ का परिकलन करना संभव है। इसके अतिरिक्त यदि हमे दी गई सांद्रता $c$ पर $\Lambda_m$ एवं $\Lambda_m^\circ$ के मान ज्ञात हों तो ऐसीटिक अम्ल जैसे दुर्बल वैद्युतअपघट्यों के लिए इसका वियोजन स्थिरांक ज्ञात करना भी संभव है।

**उदाहरण 2.7** सारणी 2.4 में दिए गए आँकड़ों की सहायता से $CaCl_2$ एवं $MgSO_4$ के $\Lambda_m^\circ$ का परिकलन कीजिए।

**हल** कोलराउश नियम से हम जानते हैं कि–

$$\Lambda^\circ_{m(CaCl_2)} = \lambda^\circ_{Ca^{2+}} + 2\lambda^\circ_{Cl^-} = 119.0\ S\ cm^2\ mol^{-1} + 2(76.3)\ S\ cm^2\ mol^{-1}$$
$$= (119.0 + 152.6)\ S\ cm^2\ mol^{-1}$$
$$= 271.6\ S\ cm^2\ mol^{-1}$$

$$\Lambda^\circ_{m(MgSO_4)} = \lambda^\circ_{Mg^{2+}} + \lambda^\circ_{SO_4^{2-}} = 106.0\ S\ cm^2\ mol^{-1} + 160.0\ S\ cm^2\ mol^{-1}$$
$$= 266.0\ S\ cm^2\ mol^{-1}$$

**उदाहरण 2.8** NaCl, HCl एवं NaAc के लिए $\Lambda_m^\circ$ क्रमशः 126.4, 425.9 एवं 91.0 S cm$^2$ mol$^{-1}$ हैं। HAc के लिए $\Lambda^\circ$ का परिकलन कीजिए।

**हल**

$$\Lambda^\circ_{m(HAc)} = \lambda^\circ_{H^+} + \lambda^\circ_{Ac^-} = \lambda^\circ_{H^+} + \lambda^\circ_{Cl^-} + \lambda^\circ_{Ac^-} + \lambda^\circ_{Na^+} - \lambda^\circ_{Cl^-} - \lambda^\circ_{Na^+}$$
$$= \Lambda^\circ_{m(HCl)} + \Lambda^\circ_{m(NaAc)} - \Lambda^\circ_{m(NaCl)}$$
$$= (425.9 + 91.0 - 126.4)\ S\ cm^2\ mol^{-1}$$
$$= 390.5\ S\ cm^2\ mol^{-1}.$$



Reprint 2025-26

**उदाहरण 2.9** 0.001028 mol $L^{-1}$ ऐसीटिक अम्ल की चालकता $4.95 \times 10^{-5}$ S $cm^{-1}$ है। यदि ऐसीटिक अम्ल के लिए $\Lambda_m^\circ$ का मान 390.5 S $cm^2$ $mol^{-1}$ है तो इसके वियोजन स्थिरांक का परिकलन कीजिए।

**हल**

$$\Lambda_m = \frac{\kappa}{c} = \frac{4.95 \times 10^{-5}\ \text{S cm}^{-1}}{0.001028\ \text{mol L}^{-1}} \times \frac{1000\ \text{cm}^3}{\text{L}} = 48.15\ \text{S cm}^2\ \text{mol}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{\Lambda_m}{\Lambda_m^\circ} = \frac{48.15\ \text{S cm}^2\text{mol}^{-1}}{390.5\ \text{S cm}^2\ \text{mol}^{-1}} = 0.1233$$

$$K = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)} = \frac{0.001028\ \text{mol L}^{-1} \times (0.1233)^2}{1-0.1233} = 1.78 \times 10^{-5}\ \text{mol L}^{-1}$$

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**2.7** किसी विलयन की चालकता तनुता के साथ क्यों घटती है?

**2.8** जल की $\Lambda_m^\circ$ ज्ञात करने का एक तरीका बताइए।

**2.9** 0.025 mol $L^{-1}$ मेथेनॉइक अम्ल की चालकता 46.1 S $cm^2$ $mol^{-1}$ है। इसकी वियोजन मात्रा एवं वियोजन स्थिरांक का परिकलन कीजिए। दिया गया है कि $\lambda^0(H^+)$ = 349.6 S $cm^2$ $mol^{-1}$ एवं $\lambda^0(HCOO^-)$ = 54.6 S $cm^2$ $mol^{-1}$।

## 2.5 वैद्युतअपघटनी सेल एवं वैद्युतअपघटन

**वैद्युतअपघटनी सेल** में रासायनिक अभिक्रिया करने के लिए विभव का बाह्य स्रोत प्रयुक्त किया जाता है। वैद्युतरासायनिक प्रक्रम प्रयोगशालाओं एवं रासायनिक उद्योगों में बहुत महत्वपूर्ण होते हैं। सरलतम वैद्युतअपघटनी सेलों में से एक में कॉपर सल्फेट के जलीय विलयन में दो कॉपर इलैक्ट्रोड निमज्जित होते हैं। यदि दोनों इलैक्ट्रोडों पर DC विभव लगाया जाए, तो $Cu^{2+}$ आयन कैथोड (ऋण आवेशित) पर विसर्जित होते हैं एवं निम्नलिखित अभिक्रिया घटित होती है–

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu\ (s) \qquad (2.28)$$

कॉपर धातु कैथोड पर निक्षेपित होती है। ऐनोड पर कॉपर $Cu^{2+}$ आयनों में, निम्नलिखित अभिक्रिया द्वारा परिवर्तित होता है–

$$Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(s) + 2e^- \qquad (2.29)$$

इस प्रकार कॉपर (ताँबा) ऐनोड से विलीन (ऑक्सीकृत) होता है एवं कैथोड पर निक्षेपित (अपचित) होता है। यह उस औद्योगिक प्रक्रम का आधार है जिसमें अशुद्ध कॉपर को उच्च शुद्धता के कॉपर में बदला जाता है। अशुद्ध कॉपर को ऐनोड बनाया जाता है जो कि



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

धारा प्रवाहित करने पर विलीन होता है एवं शुद्ध कॉपर कैथोड पर निक्षेपित होता है। बहुत-सी धातुएं जैसे Na, Mg, Al आदि जिनके लिए उपयुक्त रासायनिक अपचायक उपलब्ध नहीं होता, वृहद स्तर पर संगत धनायनों के वैद्युतरासायनिक अपचयन द्वारा उत्पादित की जाती हैं।

सोडियम एवं मैग्नीशियम धातुओं को उनके संगलित क्लोराइडों के वैद्युतअपघटन द्वारा उत्पादित किया जाता है एवं एलुमिनियम को क्रायोलाइट की उपस्थिति में ऐलुमिनियम ऑक्साइड के वैद्युतअपघटन द्वारा उत्पादित किया जाता है।

### वैद्युतअपघटन के मात्रात्मक पक्ष

**माइकल फैराडे** प्रथम वैज्ञानिक थे जिन्होंने वैद्युतअपघटन के मात्रात्मक पक्षों का वर्णन किया। इन्हें अब उपरोक्त चर्चा के आधार पर भी समझा जा सकता है।

***फैराडे के वैद्युतअपघटन के नियम–*** विलयनों एवं वैद्युतअपघट्यों के गलितों के वैद्युतअपघटन पर विस्तीर्ण अन्वेषणों के पश्चात् फैराडे ने 1833-34 में अपने परिणामों को निम्नलिखित, सर्वज्ञात फैराडे के वैद्युतअपघटन के दो नियमों के रूप में प्रकाशित किया।

(i) *प्रथम नियम–* विद्युत धारा द्वारा वैद्युतअपघटन में रासायनिक विघटन की मात्रा वैद्युतअपघट्य (विलयन या गलित) में प्रवाहित विद्युत धारा की मात्रा के समानुपाती होती है।

(ii) *द्वितीय नियम–* विभिन्न वैद्युतअपघटनी विलयनों में विद्युत की समान मात्रा प्रवाहित करने पर मुक्त विभिन्न पदार्थों की मात्राएं उनके रासायनिक तुल्यांकी द्रव्यमान (धातु का परमाण्विक द्रव्यमान ÷ धनायन को अपचयित करने में प्रयुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या) के समानुपाती होती है। फैराडे के समय में स्थिर वैद्युत धारा के स्रोत उपलब्ध नहीं थे। एक सामान्य प्रचलित पद्धति यह थी कि एक कूलॉममापी (एक मानक वैद्युतअपघटती सेल) का प्रयोग कर निक्षेपित या उपमुक्त धातु (सामान्यत: सिल्वर या कॉपर) की मात्रा से विद्युत की मात्रा पता लगाई जाती थी परंतु कूलॉममापी आजकल अप्रचलित हो गये हैं तथा हमारे पास अब स्थिर धारा (I) के स्रोत उपलब्ध हैं, एवं प्रवाहित विद्युत् की मात्रा की गणना निम्नलिखित संबंध से की जा सकती है–

$$Q = It$$

जहाँ $Q$ कूलॉम में है, जबकि $I$ ऐम्पियर में एवं $t$ सेकंड में है।

ऑक्सीकरण या अपचयन के लिए आवश्यक विद्युत (या आवेश) की मात्रा इलैक्ट्रोड अभिक्रिया की स्टॉइकियोमीट्री पर निर्भर करती है। उदाहरणार्थ निम्न अभिक्रिया में–

$$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s) \qquad (2.30)$$

सिल्वर आयनों के एक मोल के अपचयन के लिए एक मोल इलेक्ट्रॉनों की आवश्यकता होती है। हम जानते हैं कि एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश $1.6021 \times 10^{-19}$C के बराबर होता है। अत: एक मोल इलेक्ट्रॉनों पर आवेश होगा–

$$N_A \times 1.6021 \times 10^{-19}\ C = 6.02 \times 10^{23}\ mol^{-1} \times 1.6021 \times 10^{-19}\ C$$
$$= 96487\ C\ mol^{-1}$$



Reprint 2025-26

विद्युत की इस मात्रा को **फैराडे** कहते हैं एवं इसे प्रतीक **F** से निरूपित करते हैं। सन्निकट गणना के लिए हम 1F को $96500 C mol^{-1}$ के बराबर लेते हैं।

निम्नलिखित इलैक्ट्रोड अभिक्रियाओं–

$$Mg^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow Mg(s) \quad (2.31)$$

$$Al^{3+}(l) + 3e^- \longrightarrow Al(s) \quad (2.32)$$

के लिए यह स्पष्ट है कि एक मोल $Mg^{2+}$ एवं $Al^{3+}$ के लिए हमें क्रमशः 2 मोल इलेक्ट्रॉन (2F) व 3 मोल इलेक्ट्रॉन (3F) की आवश्यकता होगी। वैद्युतअपघटनी सेल में प्रवाहित आवेश विद्युत धारा (ऐम्पियर) एवं समय (सेकंड) के गुणनफल के बराबर होता है। धातुओं के व्यावसायिक उत्पादन में लगभग 50,000 ऐम्पियर तक की उच्च धारा प्रयोग में लाई जाती है जो लगभग 0.518F प्रति सेकंड के बराबर होती है।

**उदाहरण 2.10** $CuSO_4$ के विलयन को 1.5 ऐम्पियर की धारा से 10 मिनट तक वैद्युतअपघटित किया गया। कैथोड पर निक्षेपित कॉपर का द्रव्यमान क्या होगा?

**हल**

t = 600 s

आवेश = धारा × समय = 1.5 A × 600 s = 900 C

अभिक्रिया–

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ के अनुसार, एक मोल या 63 g Cu को निक्षेपित करने के लिए हमें 2F या 2 × 96487 C आवेश की आवश्यकता होगी।

अतः 900 C द्वारा निक्षेपित Cu का द्रव्यमान

$= (63\ g\ mol^{-1} \times 900\ C)/(2 \times 96487\ C\ mol^{-1}) = 0.2938\ g$

### 2.5.1 वैद्युतअपघटन के उत्पाद

वैद्युतअपघटन के उत्पाद अपघटित होने वाले पदार्थों की अवस्था तथा प्रयुक्त इलैक्ट्रोडों के प्रकार पर निर्भर करते हैं। यदि इलैक्ट्रोड अक्रिय हो (उदाहरण के लिए Pt अथवा Au) तो यह अभिक्रिया में हिस्सा नहीं लेता एवं यह केवल इलेक्ट्रॉनों के स्रोत अथवा सिंक का कार्य करता है। दूसरी ओर यदि इलैक्ट्रोड अभिक्रियाशील हो तो यह इलैक्ट्रोड अभिक्रिया में हिस्सा लेता है। इस प्रकार अभिक्रियाशील एवं अक्रिय इलैक्ट्रोडों के लिए वैद्युतअपघटन के उत्पाद अलग-अलग हो सकते हैं। वैद्युतअपघटन के उत्पाद वैद्युतअपघटनी सेल में उपस्थित विभिन्न ऑक्सीकारक एवं अपचायक स्पीशीज़ एवं उनके मानक इलैक्ट्रोड विभवों पर निर्भर करते हैं। इसके अतिरिक्त कुछ वैद्युत रासायनिक प्रक्रम यद्यपि संभव होते हैं, परंतु गतिकीय रूप में इतने धीमे होते हैं कि ये निम्न विभव पर घटित होते प्रतीत नहीं होते एवं ऐसी परिस्थिति में अतिरिक्त विभव (जिसे *अधिविभव* कहते हैं) लगाना पड़ता है; जो कि इन प्रक्रमों को और कठिन बना देता है।

उदाहरणार्थ यदि हम गलित NaCl का प्रयोग करें तो वैद्युतअपघटन के उत्पाद सोडियम धातु एवं क्लोरीन गैस होंगे। यहाँ हमारे पास केवल एक धनायन ($Na^+$) है जो कैथोड पर अपचित ($Na^+ + e^- \rightarrow Na$) होता है एवं एक ऋणायन ($Cl^-$) है जो ऐनोड पर ऑक्सीकृत ($Cl^- \rightarrow ½Cl_2 + e^-$) होता है। सोडियम क्लोराइड के जलीय विलयन के वैद्युतअपघटन के दौरान NaOH, $Cl_2$ एवं $H_2$ उत्पाद बनते हैं। इसमें $Na^+$ एवं $Cl^-$ के अतिरिक्त $H^+$ एवं $OH^-$ आयन एवं विलायक अणु $H_2O$ भी उपस्थित होते हैं।



Reprint 2025-26

कैथोड पर निम्नलिखित अभिक्रियाओं के मध्य अपचयन के लिए स्पर्धा होती है–

$$Na^+ (aq) + e^- \rightarrow Na (s) \qquad E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = -2.71 \text{ V}$$

$$H^+ (aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2 (g) \qquad E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 0.00 \text{ V}$$

कैथोड पर अधिक $E^{\ominus}$ मान वाली अभिक्रिया को वरीयता प्राप्त होती है, अत: कैथोड पर निम्नलिखित अभिक्रिया होती है–

$$H^+ (aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2 (g) \qquad (2.33)$$

परंतु $H_2O$ के वियोजन द्वारा $H^+(aq)$ उत्पन्न होता है, यानी कि–

$$H_2O (l) \rightarrow H^+ (aq) + OH^- (aq) \qquad (2.34)$$

अत: कैथोड पर नेट अभिक्रिया (2.33) एवं (2.34) के योग के रूप में लिखी जा सकती है। इसलिए–

$$H_2O (l) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g) + OH^- \qquad (2.35)$$

ऐनोड पर निम्नलिखित ऑक्सीकरण अभिक्रियाएं संभव हैं–

$$Cl^- (aq) \rightarrow \frac{1}{2} Cl_2 (g) + e^- \qquad E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 1.36 \text{ V} \qquad (2.36)$$

$$2H_2O (l) \rightarrow O_2 (g) + 4H^+(aq) + 4e^- \qquad E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 1.23 \text{ V} \qquad (2.37)$$

ऐनोड पर कम $E^{\ominus}$ वाली अभिक्रिया को वरीयता प्राप्त होती है इसलिए जल के ऑक्सीकरण को $Cl^-$ (aq) के ऑक्सीकरण की तुलना में वरीयता मिलनी चाहिए। परंतु ऑक्सीजन की अधिविभव के कारण अभिक्रिया (2.36) को वरीयता प्राप्त होती है। अत: समग्र अभिक्रिया निम्न प्रकार से संक्षेपित की जा सकती है–

$$NaCl (aq) \xrightarrow{H_2O} Na^+ (aq) + Cl^- (aq)$$

**कैथोड पर–** $H_2O(l) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g) + OH^- (aq)$

**ऐनोड पर–** $Cl^- (aq) \rightarrow \frac{1}{2} Cl_2(g) + e^-$

**समग्र अभिक्रिया–**

$$NaCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq) + \frac{1}{2} H_2(g) + \frac{1}{2} Cl_2(g)$$

सांद्रता प्रभावों को समाहित करने के लिए मानक इलैक्ट्रोड विभवों के स्थान पर नेर्न्स्ट समीकरण (समीकरण 2.8) में दिए गए इलैक्ट्रोड विभव प्रतिस्थापित किए जाते हैं। सल्फ्यूरिक अम्ल के वैद्युतअपघटन में ऐनोड पर निम्नलिखित अभिक्रियाएं संभावित हैं।

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \qquad E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = +1.23 \text{ V}, \qquad (2.38)$$

$$2SO_4^{2-} (aq) \rightarrow S_2O_8^{2-} (aq) + 2e^- \qquad E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = 1.96 \text{ V} \qquad (2.39)$$



Reprint 2025-26

तनु सल्फ्यूरिक अम्ल में अभिक्रिया (2.38) को वरीयता प्राप्त होती है परंतु $H_2SO_4$ की उच्च सांद्रता पर अभिक्रिया (2.39) को वरीयता प्राप्त होती है।

### पाठ्यनिहित प्रश्न

**2.10** यदि एक धात्विक तार में 0.5 ऐम्पियर की धारा 2 घंटों के लिए प्रवाहित होती है तो तार में से कितने इलेक्ट्रॉन प्रवाहित होंगे?

**2.11** उन धातुओं की एक सूची बनाइए जिनका वैद्युतअपघटनी निष्कर्षण होता है।

**2.12** निम्नलिखित अभिक्रिया में $Cr_2O_7^{2-}$ आयनों के एक मोल के अपचयन के लिए कूलॉम में विद्युत् की कितनी मात्रा की आवश्यकता होगी?

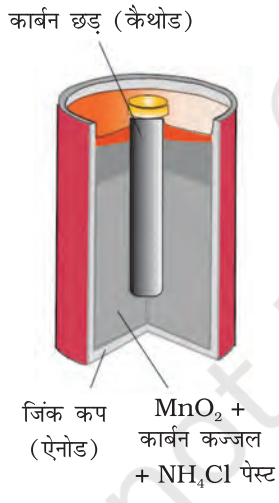
$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

## 2.6 बैटरियाँ

कोई भी बैटरी (वास्तव में इसमें एक या एक से अधिक सेल श्रेणीबद्ध रहते हैं) या सेल जिसे हम विद्युत के स्रोत के रूप में प्रयोग में लाते हैं, मूलत: एक गैल्वेनी सेल है जो रेडॉक्स अभिक्रिया की रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदल देती है। किंतु बैटरी के प्रायोगिक उपयोग के लिए इसे हल्की तथा सुसंबद्ध होना चाहिए एवं प्रयोग में लाते समय इसकी वोल्टता में अधिक परिवर्तन नहीं होना चाहिए। बैटरियाँ मुख्यत: दो प्रकार की होती हैं– प्राथमिक बैटरियाँ एवं संचायक बैटरियाँ।

### 2.6.1 प्राथमिक बैटरियाँ

प्राथमिक बैटरियों में अभिक्रिया केवल एक बार होती है तथा कुछ समय तक प्रयोग के बाद बैटरी निष्क्रिय हो जाती है एवं पुन: प्रयोग में नहीं लाई जा सकती। इसका सबसे चिर-परिचित उदाहरण शुष्क सेल है जिसे इसके आविष्कारक के नाम पर **लैक्लांशे सेल** के नाम से जाना जाता है। ये सामान्य रूप में ट्रांजिस्टरों एवं घड़ियों में प्रयोग में लाई जाती हैं। इस सेल में ज़िंक का एक पात्र होता है जो ऐनोड का कार्य भी करता है तथा कार्बन (ग्रैफाइट) की छड़ जो चारों ओर से चूर्णित मैंगनीजडाईऑक्साइड तथा कार्बन से घिरी रहती है, कैथोड का कार्य करती है (चित्र 2.8)। इलैक्ट्रोडों के बीच का स्थान अमोनियम क्लोराइड ($NH_4Cl$) एवं ज़िंक क्लोराइड ($ZnCl_2$) के नम पेस्ट से भरा रहता है। इलैक्ट्रोड अभिक्रियाएं जटिल हैं परंतु इन्हें सन्निकट रूप से निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है–




*चित्र 2.8– एक व्यावसायिक शुष्क सेल ज़िंक के पात्र में ग्रैफाइट कैथोड के साथ, जिसमें ज़िंक पात्र ऐनोड का कार्य करता है।*

**ऐनोड–** $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

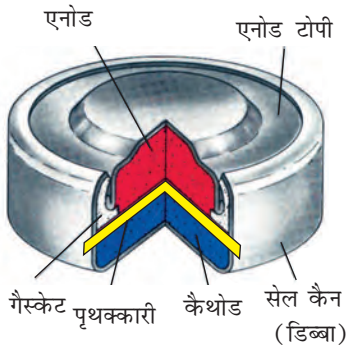
**कैथोड–** $MnO_2 + NH_4^+ + e^- \longrightarrow MnO(OH) + NH_3$

कैथोड की अभिक्रिया में मैंगनीज + 4 से + 3 ऑक्सीकरण अवस्था में अपचित हो जाता है। अभिक्रिया में उत्पन्न अमोनिया $Zn^{2+}$ के साथ संकुल $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ बनाती है। सेल का विभव लगभग 1.5 V होता है।

मर्क्यूरी सेल श्रवण यंत्र, घड़ियों आदि जैसी विद्युत् की कम मात्रा की आवश्यकता वाली युक्तियों के लिए उपयुक्त होती है (चित्र 2.9)। इसमें जिंक-मर्क्यूरी अमलगम ऐनोड का तथा



Reprint 2025-26




*चित्र 2.9– सामान्यत: प्रयुक्त मर्क्यूरी सेल, जिंक अपचायक तथा मर्क्यूरी (II) ऑक्साइड ऑक्सीकारक हैं।*

HgO एवं कार्बन का पेस्ट कैथोड का कार्य करता है। KOH एवं ZnO का पेस्ट वैद्युतअपघट्य होता है। सेल की इलैक्ट्रोड अभिक्रियाएं नीचे दी गई हैं–

**ऐनोड–** $Zn(Hg) + 2OH^- \longrightarrow ZnO(s) + H_2O + 2e^-$

**कैथोड–** $HgO + H_2O + 2e^- \longrightarrow Hg(l) + 2OH^-$

समग्र सेल अभिक्रिया निम्न प्रकार से निरूपित की जाती है–

$Zn(Hg) + HgO(s) \longrightarrow ZnO(s) + Hg(l)$

सेल विभव लगभग 1.35 V होता है तथा संपूर्ण कार्य अवधि में स्थिर रहता है; क्योंकि समग्र सेल अभिक्रिया में कोई भी ऐसा आयन नहीं है जिसकी सांद्रता विलयन में होने के कारण, सेल की संपूर्ण कार्य अवधि में बदल सकती हो।

### 2.6.2 संचायक बैटरियाँ (Secondary Batteries)

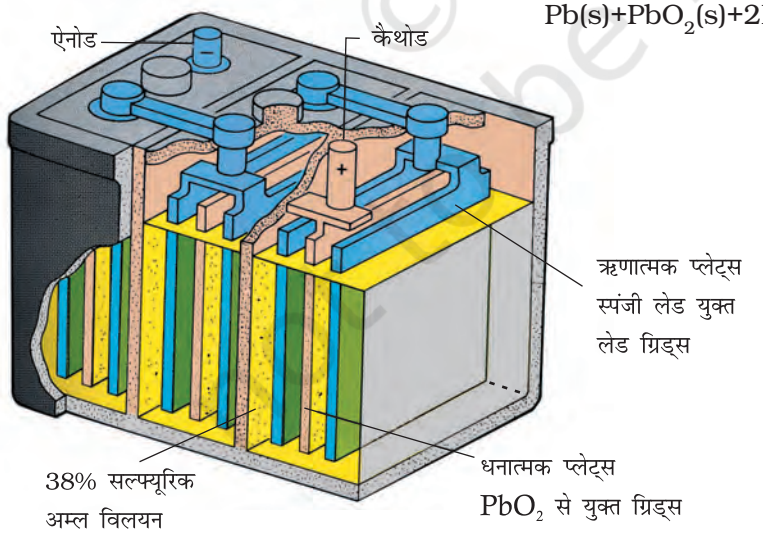
एक संचायक सेल को उपयोग के बाद विपरीत दिशा में विद्युत धारा के प्रवाह द्वारा पुन: आवेशित कर फिर से प्रयोग में लाया जा सकता है। एक अच्छी संचायक सेल अनेक बार डिस्चार्ज एवं चार्ज के चक्रण से गुजर सकती है। सबसे महत्वपूर्ण संचायक सेल लेड संचायक बैटरी है (चित्र 2.10), जिसे सामान्यत: वाहनों एवं इन्वर्टरों में प्रयोग किया जाता है। इसमें ऐनोड लेड का बना होता है तथा कैथोड लेड डाइऑक्साइड ($PbO_2$) से भरे हुए लेड का ग्रिड होता है। 38% सल्फ्यूरिक अम्ल का विलयन वैद्युतअपघट्य का कार्य करता है। जब बैटरी उपयोग में होती है तो निम्नलिखित सेल अभिक्रियाएं होती हैं–

**ऐनोड–** $Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2e^-$

**कैथोड–** $PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$

इस प्रकार कैथोड एवं ऐनोड अभिक्रियाओं को मिलाकर समग्र सेल अभिक्रिया निम्नलिखित है–

$$Pb(s)+PbO_2(s)+2H_2SO_4(aq)\rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$$




*चित्र 2.10– लेड संचायक सेल*

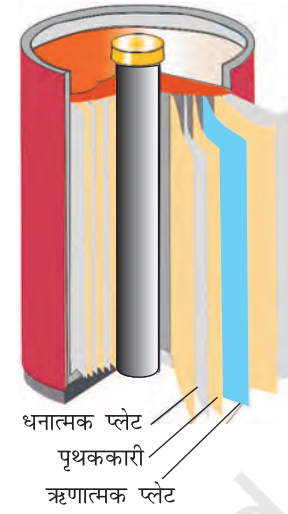
बैटरी को आवेशित करने पर अभिक्रिया उत्क्रमित हो जाती है तथा ऐनोड एवं कैथोड भी क्रमश: $PbSO_4(s)$ Pb एवं $PbO_2$ में बदल जाते हैं।

दूसरा महत्वपूर्ण संचायक सेल निकैल कैडमियम सेल (चित्र 2.11) है जिसकी कार्य अवधि लेड संचायक बैटरी से अधिक है किंतु इसकी निर्माण लागत अधिक है। हम इस सेल की क्रियाविधि तथा चार्ज एवं डिस्चार्ज की प्रक्रिया में होने वाली इलैक्ट्रोड अभिक्रियाओं का विस्तृत वर्णन नहीं करेंगे। डिस्चार्ज की प्रक्रिया में होने वाली समग्र अभिक्रिया निम्नलिखित है–

$$Cd(s)+2Ni(OH)_3(s) \rightarrow CdO(s) +2Ni(OH)_2(s) +H_2O(l)$$



Reprint 2025-26

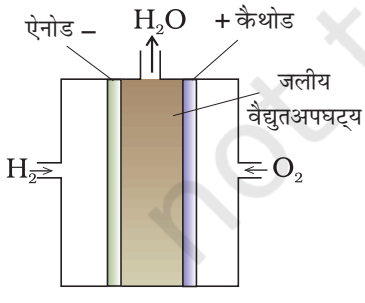



*चित्र 2.11– एक पुन: आवेशन योग्य बेलनाकार जेली व्यवस्था में, नम सोडियम या पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड से निमज्जित परत से पृथक्कृत निकैल कैडमियम सेल।*

## 2.7 ईंधन सेल

ऊष्मीय संयंत्रों से विद्युत उत्पादन बहुत अधिक उपयोगी विधि नहीं है तथा यह प्रदूषण का एक बड़ा स्रोत है। ऐसे संयंत्रों में जीवाश्मी ईंधनों (कोयला, गैस या तेल) की रासायनिक ऊर्जा (दहन ऊष्मा) का उपयोग पहले जल को उच्च दाब की वाष्प में बदलने में किया जाता है जिसका उपयोग टरबाइन को चलाकर विद्युत उत्पादन में किया जाता है। हम जानते हैं कि गैल्वैनी सेल रासायनिक ऊर्जा को सीधे ही विद्युत ऊर्जा में बदल देती है एवं इसकी दक्षता भी अधिक है। अब ऐसे सेलों का निर्माण संभव है जिनमें अभिकर्मकों को लगातार इलैक्ट्रोडों पर उपलब्ध कराया जा सकता है तथा उत्पादों को वैद्युतअपघट्य कक्ष से लगातार हटाया जा सकता है। ऐसी गैल्वैनी सेलों को जिनमें हाइड्रोजन, मेथेन एवं मेथेनॉल आदि जैसे ईंधनों की दहन ऊर्जा को सीधे ही विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है, **ईंधन सेल** कहते हैं।

सबसे अधिक सफल ईंधन सेल में हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन के संयोग से जल बनने की अभिक्रिया का उपयोग किया जाता है (चित्र 2.12)। इस सेल को अपोलो अंतरिक्ष कार्यक्रम में विद्युत ऊर्जा प्रदान करने के लिए प्रयोग में लाया गया था। इस अभिक्रिया से प्राप्त जल वाष्प को संघनित कर उसका उपयोग अंतरिक्ष यात्रियों के लिए पेयजल के रूप में किया गया था। सेल में हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन गैसों के बुलबुलों को सरंध्र कार्बन इलैक्ट्रोडों के माध्यम से सांद्र जलीय सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन में प्रवाहित किया जाता है। इलैक्ट्रोड अभिक्रिया की दर बढ़ाने के लिए सूक्ष्म विभाजित प्लैटिनम या पैलेडियम धातु, जैसे उत्प्रेरकों को इलैक्ट्रोडों में समावेशित किया जाता है। इलैक्ट्रोड अभिक्रियाएं नीचे दी गई हैं–




*चित्र 2.12– ईंधन सेल जो $H_2$ और $O_2$ का उपयोग कर विद्युत उत्पादन करती है।*

**कैथोड–** $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

**ऐनोड–** $2H_2(g) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$

समग्र अभिक्रिया इस प्रकार है–

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

जब तक अभिक्रियकों की आपूर्ति होती है, सेल लगातार कार्य करती है। ऊष्मीय संयंत्रों की तुलना में जिनकी दक्षता 40% होती है, ईंधन सेल 70% दक्षता के साथ विद्युत उत्पादित करती हैं। ईंधन सेलों की दक्षता बढ़ाने के लिए नए इलैक्ट्रोड पदार्थ उन्नत



Reprint 2025-26

उत्प्रेरक एवं वैद्युतअपघट्यों के विकास में बहुत अधिक उन्नति हुई है। इनका उपयोग वाहनों में प्रयोग के तौर पर किया गया है। ईंधन सेल प्रदूषण मुक्त होते हैं एवं भविष्य में इनके महत्व को देखते हुए अनेक प्रकार के ईंधन सेलों को निर्मित कर उनका परीक्षण किया गया है।

## 2.8 संक्षारण

संक्षारण धातुओं की सतह को ऑक्साइड या धातु के अन्य लवणों से मंद गति से आव्रणित कर देता है। लोहे में जंग लगना, चाँदी का बदरंग होना, कॉपर एवं पीतल पर हरे रंग का लेप होना, संक्षारण के कुछ उदाहरण हैं। यह भवनों, पुलों, जहाज़ों तथा धातुओं से बनी सभी वस्तुओं, विशेषकर लोहे से बनी वस्तुओं को अत्यधिक क्षति पहुँचाता है। संक्षारण के कारण हमें प्रतिवर्ष करोड़ों रुपयों की हानि होती है।

संक्षारण में, धातु ऑक्सीजन को इलेक्ट्रॉन देकर ऑक्सीकृत हो जाती है एवं उसका ऑक्साइड बन जाता है। लोहे का संक्षारण (सामान्यत: जिसे जंग लगना कहते हैं) जल एवं वायु की उपस्थिति में होता है। संक्षारण का रसायन बहुत जटिल है परंतु इसे मुख्यत: वैद्युतरासायनिक परिघटना माना जा सकता है। लोहे से बनी किसी वस्तु के विशेष स्थल पर जब ऑक्सीकरण होता है तो वह स्थान ऐनोड का कार्य करता है (चित्र 2.13) तथा इसे हम निम्नलिखित अभिक्रिया से व्यक्त कर सकते हैं–

**ऐनोड–** $2\,Fe\,(s) \longrightarrow 2\,Fe^{2+} + 4\,e^-$ $\qquad E^{\ominus}_{(Fe^{2+}/Fe)} = -0.44\ V$

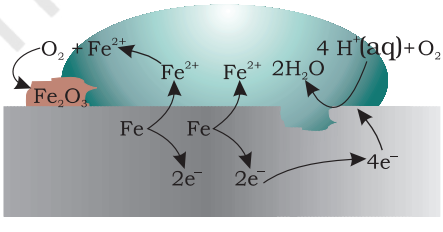
ऐनोडी स्थल पर मुक्त इलेक्ट्रॉन, धातु के माध्यम से संचालन कर धातु के दूसरे स्थल पर पहुँचते हैं तथा वहाँ $H^+$ आयन की उपस्थिति में ऑक्सीजन का अपचयन करते हैं। (समझा जाता है कि $H^+$ आयन $CO_2$ के जल में घुलने से बने $H_2CO_3$ से प्राप्त होते हैं। हाइड्रोजन आयन वायुमंडल में उपस्थित अन्य अम्लीय ऑक्साइडों के जल में घुलने से भी उपलब्ध हो सकते हैं)। यह स्थल निम्नलिखित अभिक्रिया के कारण कैथोड की तरह व्यवहार करता है–

**कैथोड–** $O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- \longrightarrow 2\,H_2O\,(l);$ $\qquad E^{\ominus}_{H^+|O_2\,|\,H_2O} = 1.23V$

**समग्र अभिक्रिया–** $2Fe(s)+O_2(g) + 4H^+(aq) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq)+ 2\,H_2O\,(l);$ $\quad E^{\ominus}_{(सेल)} = 1.67\ V$

इसके उपरांत वायुमंडलीय ऑक्सीजन द्वारा फेरस आयन और अधिक आक्सीकृत होकर फेरिक आयनों में बदल जाते हैं जो जलयोजित फेरिक ऑक्साइड ($Fe_2O_3\,x\,H_2O$) बनाकर जंग के रूप में दिखाई देते हैं एवं इसके साथ ही हाइड्रोजन आयन पुन: उत्पन्न हो जाते हैं।

संक्षारण की रोकथाम अत्यधिक महत्वपूर्ण है। इससे न केवल धन की बचत होती है अपितु पुलों के टूटने या संक्षारण के कारण किसी महत्वपूर्ण घटक के निष्क्रिय होने जैसी दुर्घटनाओं को रोकने में मदद मिलती है। संक्षारक निरोध की सबसे सरल विधि है, धात्विक सतह को वायुमंडल के संपर्क में न आने देना। यह सतह को पेंट या अन्य रसायनों (उदाहरण, बिसफीनॉल) से लेपित करके किया जा सकता है। एक अन्य सरल विधि है, सतह को किसी अन्य ऐसी धातु (Sn, Zn आदि) से आच्छादित करना जो अक्रिय हो या वस्तु की रक्षा के लिए क्रिया में भाग ले। एक वैद्युतरासायनिक विधि है, किसी अन्य ऐसी धातु (जैसे– Mg, Zn आदि) का उत्सर्ग इलैक्ट्रोड उपलब्ध कराना, जो स्वयं संक्षारित होकर वस्तु की रक्षा करती है।




*चित्र 2.13– लोहे का वायुमंडल में संक्षारण*

**ऑक्सीकरण–** $Fe\,(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$

**अपचयन–** $O_2\,(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$

**वायुमंडलीय ऑक्सीकरण–**

$2Fe^{2+}(aq) + 2H_2O(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s) + 4H^+(aq)$



Reprint 2025-26

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**2.13** चार्जिंग के दौरान प्रयुक्त पदार्थों का विशेष उल्लेख करते हुए लेड संचायक सेल की चार्जिंग क्रियाविधि का वर्णन रासायनिक अभिक्रियाओं की सहायता से कीजिए।

**2.14** हाइड्रोजन को छोड़कर ईंधन सेलों में प्रयुक्त किये जा सकने वाले दो अन्य पदार्थ सुझाइए।

**2.15** समझाइए कि कैसे लोहे पर जंग लगने का कारण एक वैद्युतरासायनिक सेल बनना माना जाता है।

## हाइड्रोजन का अर्थशास्त्र

वर्तमान में हमारी अर्थव्यवस्था को चलाने वाले ऊर्जा के मुख्य स्रोत जीवाश्म ईंधन जैसे कोयला, तेल और गैस हैं। जैसे-जैसे धरती पर लोग अपना जीवन स्तर सुधारना चाहते हैं, तदनुसार उनकी ऊर्जा की आवश्यकता भी बढ़ेगी। वास्तव में, ऊर्जा का प्रति व्यक्ति उपभोग विकास का पैमाना माना जाता है। बेशक इसमें यह माना गया है कि ऊर्जा उत्पादन कार्यों में प्रयुक्त होती है न कि व्यर्थ ही गँवाई जाती है। हम पहले से ही जानते हैं कि 'ग्रीन हाउस प्रभाव' जीवाश्म ईंधनों के दहन से उत्पन्न कार्बन डाइऑक्साइड का ही परिणाम है। इससे पृथ्वी की सतह का ताप बढ़ रहा है तथा इससे ध्रुवीय बर्फ़ पिघलने लगी है एवं महासागरों का स्तर बढ़ने लगा है। इससे समुद्रों के किनारे के निम्नस्तरीय क्षेत्रों में बाढ़ आ जाएगी एवं कुछ राष्ट्र जो कि द्वीप हैं, जैसे मालदीव, के पूर्णतः डूब जाने का खतरा है। इस प्रकार के प्रलय से बचने के लिए हमें कार्बन युक्त ईंधनों के प्रयोग को सीमित करने की आवश्यकता है। हाइड्रोजन इसका आदर्श विकल्प है; क्योंकि इसके दहन से केवल जल बनता है। यह हाइड्रोजन सौर ऊर्जा द्वारा जल के वियोजन से प्राप्त होनी चाहिए। इस प्रकार हाइड्रोजन ऊर्जा के एक नवीकरणीय एवं अप्रदूषक स्रोत के रूप में प्रयोग की जा सकती है। यही हाइड्रोजन अर्थशास्त्र की परिकल्पना है। जल के वैद्युतअपघटन से हाइड्रोजन का उत्पादन एवं ईंधन सेल में हाइड्रोजन का दहन दोनों ही भविष्य में महत्वपूर्ण होंगे। ये दोनों ही तकनीकें वैद्युतरासायनिक सिद्धांतों पर आधारित हैं।

## सारांश

एक **वैद्युतरासायनिक सेल** में दो धात्विक इलैक्ट्रोड वैद्युतअपघटनी विलयन (विलयनों) में निमज्जित रहते हैं। इस प्रकार वैद्युतरासायनिक सेल का एक महत्वपूर्ण घटक आयनिक चालक या वैद्युतअपघट्य है। वैद्युतरासायनिक सेल दो प्रकार के होती हैं। **गैल्वेनी सेल** में एक **स्वतः रेडॉक्स अभिक्रिया** की **रासायनिक ऊर्जा** विद्युत ऊर्जा में रूपान्तरित होती है, जबकि **वैद्युतअपघटनी सेल** में विद्युत ऊर्जा का उपयोग एक **अस्वतः रेडॉक्स अभिक्रिया** को कराने में होता है। एक उपयुक्त विलयन में **निमज्जित** इलैक्ट्रोड का **मानक इलैक्ट्रोड विभव हाइड्रोजन** इलैक्ट्रोड के सापेक्ष में परिभाषित किया जाता है, जिसका मानक विभव शून्य माना जाता है। सेल का मानक विभव कैथोड एवं ऐनोड के मानक विभवों के अंतर से प्राप्त किया जाता है ( $E^{\ominus}_{(\text{सेल})} = E^{\ominus}_{\text{कैथोड}} - E^{\ominus}_{\text{ऐनोड}}$ ) सेलों के मानक विभव, सेल में होने वाली अभिक्रिया की मानक गिब्ज़ ऊर्जा ($\ddot{A}_r G^{\ominus} = -nFE^{\ominus}_{(\text{सेल})}$) एवं साम्यावस्था स्थिरांक ($\ddot{A}_r G^{\ominus} = -RT \ln K$) से संबंधित होते हैं। इलैक्ट्रोडों एवं सेलों के विभवों की सांद्रता पर निर्भरता नेर्न्स्ट समीकरण द्वारा दी जाती है।

एक वैद्युतअपघटनी विलयन की चालकता, $\kappa$, वैद्युतअपघट्य की सांद्रता, विलायक की प्रकृति एवं ताप पर निर्भर करती है। **मोलर चालकता**, $\ddot{E}_m$, को $\ddot{E}_m = \kappa / c$ द्वारा परिभाषित किया जाता है जहाँ $c$ मोलर सांद्रता है। सांद्रता घटने के साथ चालकता घटती है जबकि **मोलर चालकता** बढ़ती है। प्रबल वैद्युतअपघट्यों के लिए यह सांद्रता घटने के साथ धीमे-धीमे बढ़ती है जबकि तनु विलयनों में दुर्बल वैद्युतअपघट्यों के लिए यह वृद्धि बहुत तेज़ी से होती है। कोलराउश ने पाया कि किसी वैद्युतअपघट्य की अनंत तनुता पर मोलर चालकता उन आयनों की मोलर चालकताओं के योगदान के तुल्य होती है जिनमें यह वियोजित होता है। इसे **आयनों के स्वतंत्र अभिगमन का नियम** कहते हैं एवं इसके कई अनुप्रयोग हैं। वैद्युतरासायनिक सेल में उपस्थित विलयन में विद्युत का संचालन आयनों द्वारा होता है परंतु ऑक्सीकरण एवं अपचयन की प्रक्रिया इलैक्ट्रोडों पर होती है। **बैटरियाँ** एवं **ईंधन सेल** गैल्वेनी सेलों के बहुत उपयोगी रूप हैं। धातुओं का संक्षारण आवश्यक रूप से एक वैद्युतरासायनिक परिघटना है। वैद्युतरासायनिक सिद्धांत हाइड्रोजन-अर्थशास्त्र के संगत हैं।



Reprint 2025-26

# अभ्यास

**2.1** निम्नलिखित धातुओं को उस क्रम में व्यवस्थित कीजिए जिसमें वे एक दूसरे को उनके लवणों के विलयनों में से प्रतिस्थापित करती हैं।

Al, Cu, Fe, Mg एवं Zn.

**2.2** नीचे दिए गए मानक इलैक्ट्रोड विभवों के आधार पर धातुओं को उनकी बढ़ती हुई अपचायक क्षमता के क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

$K^+/K = -2.93V$, $Ag^+/Ag = 0.80V$,

$Hg^{2+}/Hg = 0.79V$

$Mg^{2+}/Mg = -2.37\ V$, $Cr^{3+}/Cr = -\ 0.74V$

**2.3** उस गैल्वैनी सेल को दर्शाइए जिसमें निम्नलिखित अभिक्रिया होती है–

$Zn(s)+2Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq)+2Ag(s)$, अब बताइए–

(i) कौन-सा इलैक्ट्रोड ऋणात्मक आवेशित है?

(ii) सेल में विद्युत-धारा के वाहक कौन से हैं?

(iii) प्रत्येक इलैक्ट्रोड पर होने वाली अभिक्रिया क्या है?

**2.4** निम्नलिखित अभिक्रियाओं वाले गैल्वैनी सेल का मानक सेल-विभव परिकलित कीजिए।

(i) $2Cr(s) + 3Cd^{2+}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3Cd$

(ii) $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$

उपरोक्त अभिक्रियाओं के लिए $\Delta_r G^\ominus$ एवं साम्य स्थिरांकों की भी गणना कीजिए।

**2.5** निम्नलिखित सेलों की 298 K पर नेर्न्स्ट समीकरण एवं emf लिखिए।

(i) $Mg(s)\,|\,Mg^{2+}(0.001M)\,||\,Cu^{2+}(0.0001M)\,|\,Cu(s)$

(ii) $Fe(s)\,|\,Fe^{2+}(0.001M)\,||\,H^+(1M)\,|\,H_2(g)(1bar)\,|\,Pt(s)$

(iii) $Sn(s)\,|\,Sn^{2+}(0.050M)\,||\,H^+(0.020M)\,|\,H_2(g)\ (1\ bar)\,|\,Pt(s)$

(iv) $Pt(s)\,|\,Br^-(0.010M)\,|\,Br_2(l)\,||\,H^+(0.030M)\,|\,H_2(g)\ (1\ bar)\,|\,Pt(s)$.

**2.6** घड़ियों एवं अन्य युक्तियों में अत्यधिक उपयोग में आने वाली बटन सेलों में निम्नलिखित अभिक्रिया होती है–

$Zn(s) + Ag_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s) + 2OH^-(aq)$

अभिक्रिया के लिए $\Delta_r G^\ominus$ एवं $E^\ominus$ ज्ञात कीजिए।

**2.7** किसी वैद्युतअपघट्य के विलयन की चालकता एवं मोलर चालकता की परिभाषा दीजिये। सांद्रता के साथ इनके परिवर्तन की विवेचना कीजिए।

**2.8** 298 K पर 0.20M KCl विलयन की चालकता $0.0248\ S\ cm^{-1}$ है। इसकी मोलर चालकता का परिकलन कीजिए।

**2.9** 298 K पर एक चालकता सेल जिसमें 0.001 M KCl विलयन है, का प्रतिरोध $1500\ \Omega$ है। यदि 0.001M KCl विलयन की चालकता 298 K पर $0.146 \times 10^{-3}\ S\ cm^{-1}$ हो तो सेल स्थिरांक क्या है?

**2.10** 298 K पर सोडियम क्लोराइड की विभिन्न सांद्रताओं पर चालकता का मापन किया गया जिसके आँकड़े निम्नलिखित हैं–

| सांद्रता/M | 0.001 | 0.010 | 0.020 | 0.050 | 0.100 |
|---|---|---|---|---|---|
| $10^2 \times \kappa/S\ m^{-1}$ | 1.237 | 11.85 | 23.15 | 55.53 | 106.74 |

सभी सांद्रताओं के लिए $\Lambda_m$ का परिकलन कीजिए एवं $\Lambda_m$ तथा $c^{1/2}$ के मध्य एक आलेख खींचिए। $\Lambda_m^\circ$ का मान ज्ञात कीजिए।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**2.11** 0.00241 M ऐसीटिक अम्ल की चालकता $7.896 \times 10^{-5}$ S cm$^{-1}$ है। इसकी मोलर चालकता को परिकलित कीजिए। यदि ऐसीटिक अम्ल के लिए $\Lambda_m^0$ का मान 390.5 S cm$^2$ mol$^{-1}$ हो तो इसका वियोजन स्थिरांक क्या है?

**2.12** निम्नलिखित के अपचयन के लिए कितने आवेश की आवश्यकता होगी?

(i) 1 मोल $Al^{3+}$ को Al में

(ii) 1 मोल $Cu^{2+}$ को Cu में

(iii) 1 मोल $MnO_4^-$ को $Mn^{2+}$ में

**2.13** निम्नलिखित को प्राप्त करने में कितने फैराडे विद्युत की आवश्यकता होगी?

(i) गलित $CaCl_2$ से 20.0 g Ca

(ii) गलित $Al_2O_3$ से 40.0 g Al

**2.14** निम्नलिखित को ऑक्सीकृत करने के लिए कितने कूलॉम विद्युत आवश्यक है?

(i) 1 मोल $H_2O$ को $O_2$ में।

(ii) 1 मोल FeO को $Fe_2O_3$ में।

**2.15** $Ni(NO_3)_2$ के एक विलयन का प्लैटिनम इलैक्ट्रोडों के बीच 5 ऐम्पियर की धारा प्रवाहित करते हुए 20 मिनट तक विद्युत अपघटन किया गया। Ni की कितनी मात्रा कैथोड पर निक्षेपित होगी?

**2.16** $ZnSO_4$, $AgNO_3$ एवं $CuSO_4$ विलयन वाले तीन वैद्युतअपघटनी सेलों A,B,C को श्रेणीबद्ध किया गया एवं 1.5 ऐम्पियर की विद्युतधारा, सेल B के कैथोड पर 1.45 g सिल्वर निक्षेपित होने तक लगातार प्रवाहित की गई। विद्युतधारा कितने समय तक प्रवाहित हुई? निक्षेपित कॉपर एवं जिंक का द्रव्यमान क्या होगा?

**2.17** तालिका 2.1 में दिए गए मानक इलैक्ट्रोड विभवों की सहायता से अनुमान लगाइए कि क्या निम्नलिखित अभिकर्मकों के बीच अभिक्रिया संभव है?

(i) $Fe^{3+}$(aq) और $I^-$(aq)

(ii) $Ag^+$ (aq) और Cu(s)

(iii) $Fe^{3+}$ (aq) और $Br^-$(aq)

(iv) Ag(s) और $Fe^{3+}$(aq)

(v) $Br_2$ (aq) और $Fe^{2+}$(aq).

**2.18** निम्नलिखित में से प्रत्येक के लिए वैद्युतअपघटन से प्राप्त उत्पाद बताइए।

(i) सिल्वर इलैक्ट्रोडों के साथ $AgNO_3$ का जलीय विलयन

(ii) प्लैटिनम इलैक्ट्रोडों के साथ $AgNO_3$ का जलीय विलयन

(iii) प्लैटिनम इलैक्ट्रोडों के साथ $H_2SO_4$ का तनु विलयन

(iv) प्लैटिनम इलैक्ट्रोडों के साथ $CuCl_2$ का जलीय विलयन

## कुछ पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**2.5** $E_{(सेल)} = 0.91V$

**2.6** $\Delta_rG^\ominus = -45.54$ kJ mol$^{-1}$, $K_c = 9.62 \times 10^7$

**2.7** 0.114, $3.67 \times 10^{-4}$ mol L$^{-1}$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12087CH04

# एकक 3

# रासायनिक बलगतिकी

*"रासायनिक बलगतिकी हमें यह समझने में सहायता करती है कि अभिक्रियाएं कैसे होती हैं।"*

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप–

- औसत एवं तात्कालिक अभिक्रिया वेग को परिभाषित कर सकेंगे;
- अभिक्रिया वेग को अभिक्रियकों अथवा उत्पादों की सांद्रता में समय के साथ परिवर्तन के पद में लिख सकेंगे ;
- प्रारंभिक तथा जटिल अभिक्रियाओं में विभेद कर सकेंगे;
- अभिक्रियाओं की आण्विकता तथा कोटि में अंतर कर सकेंगे;
- वेग स्थिरांक की परिभाषा कर सकेंगे;
- वेग स्थिरांक पर अभिक्रियकों की सांद्रता, ताप तथा उत्प्रेरक की निर्भरता का वर्णन कर सकेंगे;
- शून्य एवं प्रथम कोटि की अभिक्रियाओं के लिए समाकलित वेग समीकरण की व्युत्पत्ति कर सकेंगे;
- शून्य एवं प्रथम कोटि की अभिक्रियाओं के लिए वेग स्थिरांक का निर्धारण कर सकेंगे;
- संघट्टवाद (Collision Theory) का वर्णन कर सकेंगे।

रसायन स्वाभाविक रूप से परिवर्तन से संबंधित विज्ञान है। रासायनिक अभिक्रिया द्वारा विशिष्ट गुणों से युक्त पदार्थों का अन्य गुणों से युक्त विभिन्न पदार्थों में परिवर्तन होता है। किसी रासायनिक अभिक्रिया में रसायनज्ञ निम्नलिखित तथ्य जानने का प्रयत्न करते हैं–

क) रासायनिक अभिक्रिया होने की संभावना को, जो कि ऊष्मागतिकी से निर्धारित की जा सकती है (आप जानते हैं कि स्थिर ताप एवं दाब पर जिस अभिक्रिया के लिए $\Delta G < 0$ होती है वह अभिक्रिया संभाव्य होती है);

ख) किस सीमा तक अभिक्रिया होगी, इसे रासायनिक साम्य से निर्धारित किया जा सकता है;

ग) अभिक्रिया का वेग अर्थात् अभिक्रिया द्वारा साम्यावस्था तक पहुँचने में लगने वाला समय।

रासायनिक अभिक्रिया को पूर्ण रूप से समझने के लिए अभिक्रिया की संभाव्यता तथा सीमा के साथ-साथ इसके वेग तथा उसको निर्धारित करने वाले कारकों को जानना भी समान रूप से महत्वपूर्ण है। उदाहरणार्थ– कौन से प्राचल निर्धारित करते हैं कि खाद्य पदार्थ कितनी शीघ्र खराब (Spoil) होगा? दाँत भरने के लिए शीघ्र जमने वाले पदार्थ कैसे अभिकल्प किए जाएं? अथवा स्वचालित इंजन में ईंधन के दहन की दर कैसे नियंत्रित होती है? इन सभी प्रश्नों का उत्तर रसायन विज्ञान की उस शाखा द्वारा मिलता है, जिसमें अभिक्रिया वेग तथा इसकी क्रियाविधि का अध्ययन किया जाता है, जिसे **रासायनिक बलगतिकी** कहते हैं। 'Kinetics' (बलगतिकी) शब्द की व्युत्पत्ति ग्रीक भाषा के शब्द 'Kinesis' से हुई है जिसका अर्थ होता है गति। ऊष्मागतिकी केवल अभिक्रिया की संभाव्यता बताती है जबकि रासायनिक

© NCERT not to be republished

बलगतिकी अभिक्रिया की गति बताती है। उदाहरणार्थ ऊष्मागतिकीय आँकड़े दर्शाते हैं कि हीरे को ग्रैफाइट में परिवर्तित किया जा सकता है परंतु वास्तव में इस परिवर्तन की गति इतनी मंद होती है कि परिवर्तन बिल्कुल भी परिलक्षित नहीं होता। अत: अधिकांश लोग समझते हैं कि 'हीरा सदैव ही हीरा रहता है'। बलगतिकीय अध्ययन न केवल रासायनिक अभिक्रिया के वेग को निर्धारित करने में मदद करते हैं अपितु उन स्थितियों का भी वर्णन करते हैं जिनसे अभिक्रिया वेग में परिवर्तन लाया जा सकता है। कुछ कारक जैसे सांद्रता, ताप, दाब तथा उत्प्रेरक अभिक्रिया के वेग को प्रभावित करते हैं। स्थूल स्तर पर हमारी रुचि पदार्थों की कितनी मात्रा प्रयुक्त अथवा निर्मित हुई है और इनके उपभोग अथवा निर्मित होने की दर में होती है। आण्विक स्तर पर अभिक्रिया की क्रियाविधि में, संघट्ट करने वाले अणुओं के विन्यास तथा ऊर्जा को सम्मिलित करते हुए विचार-विमर्श किया जाता है।

इस एकक में, हम अभिक्रिया के औसत एवं तात्कालिक वेग तथा इन्हें प्रभावित करने वाले कारकों का अध्ययन करेंगे। संघट्टवाद (Collision Theory) के विषय में कुछ प्रारंभिक जानकारी भी इसमें दी गई है। तथापि इन सबको समझने के लिए, आइए, हम पहले अभिक्रिया वेग के विषय में समझें।

## 3.1 रासायनिक अभिक्रिया वेग

कुछ अभिक्रियाएं, जैसे आयनिक अभिक्रियाएं अत्यधिक तीव्र गति से होती हैं। उदाहरणार्थ, सिल्वर नाइट्रेट के जलीय विलयन में सोडियम क्लोराइड का जलीय विलयन मिलाने पर सिल्वर क्लोराइड का अवक्षेपण अतिशीघ्र होता है। दूसरी ओर कुछ अभिक्रियाएं बहुत मंद होती हैं, जैसे– वायु व आर्द्रता की उपस्थिति में लोहे पर जंग लगना। कुछ अभिक्रियाएं ऐसी भी होती हैं जो मध्यम वेग से होती हैं, जैसे– इक्षु-शर्करा का प्रतिलोमन तथा स्टार्च का जलअपघटन। क्या आप प्रत्येक संवर्ग की अभिक्रियाओं के अन्य उदाहरण सोच सकते हैं?

आप जानते ही होंगे कि स्वचालित वाहन की गति को उसकी स्थिति परिवर्तन अथवा निश्चित समय में तय की गई दूरी के बीच संबंध से व्यक्त करते हैं। इसी प्रकार से किसी अभिक्रिया की गति अथवा वेग को इकाई समय में अभिक्रियकों अथवा उत्पादों की सांद्रता में परिवर्तन के रूप में परिभाषित किया जा सकता हैं। अधिक सुस्पष्टता के लिए इसे–

(i) किसी एक अभिक्रियक की सांद्रता में ह्रास की दर अथवा

(ii) किसी एक उत्पाद की सांद्रता में वृद्धि की दर के द्वारा व्यक्त करते हैं।

एक काल्पनिक अभिक्रिया पर यह मानते हुए विचार करें कि आयतन स्थिर है, अभिक्रियक R का एक मोल उत्पाद P का एक मोल निर्मित करता है।

$$R \rightarrow P$$

यदि समय $t_1$ एवं $t_2$ पर R एवं P की सांद्रताएं क्रमश: $[R]_1$ एवं $[P]_1$ तथा $[R]_2$ एवं $[P]_2$ हों तब–

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$\Delta[R] = [R]_2 - [R]_1$$

$$\Delta[P] = [P]_2 - [P]_1$$



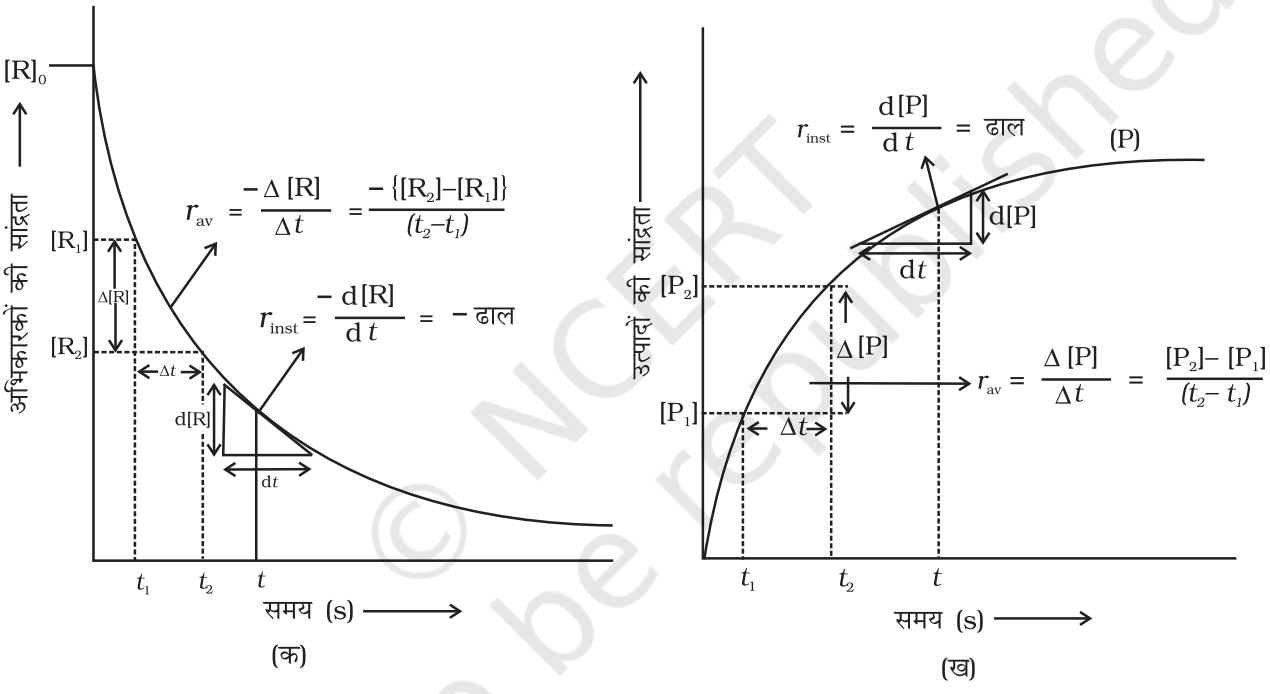
Reprint 2025-26

उक्त व्यंजकों में बड़ा कोष्ठक मोलर सांद्रता व्यक्त करने के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

$$\text{R में ह्रास होने की दर} = \frac{\text{R की सांद्रता में ह्रास}}{\text{समय}} = -\frac{\Delta[R]}{\Delta t} \qquad (3.1)$$

$$\text{P में वृद्धि की दर} = \frac{\text{P की सांद्रता में वृद्धि}}{\text{समय}} = +\frac{\Delta[P]}{\Delta t} \qquad (3.2)$$

क्योंकि अभिक्रियकों की सांद्रता घटती है अत: $\Delta[R]$ एक ऋणात्मक मात्रा है। अभिक्रिया वेग को धनात्मक मात्रा में प्राप्त करने के लिए इसे –1 से गुणा करते हैं। समीकरण 3.1 तथा 3.2 औसत अभिक्रिया वेग, $r_{av}$ को निरूपित करते हैं। औसत अभिक्रिया वेग अभिक्रियकों अथवा उत्पादों के सांद्रता परिवर्तन तथा परिवर्तन में प्रत्युक्त समय पर निर्भर करता है (चित्र 3.1)।




*चित्र 3.1– अभिक्रिया का तात्क्षणिक एवं औसत वेग*

### अभिक्रिया वेग की इकाइयाँ

समीकरण 3.1 एवं 3.2 से स्पष्ट है कि अभिक्रिया वेग की इकाई, सांद्रता समय$^{-1}$ है। उदाहरणार्थ, यदि सांद्रता की इकाई $mol\ L^{-1}$ तथा समय की इकाई सेकेंड में ली जाए तो अभिक्रिया वेग की इकाई $mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ होगी। तथापि, गैसीय अभिक्रियाओं में जब गैसों की सांद्रता आंशिक दाब द्वारा व्यक्त की जाती है, तब वेग की इकाई $atm\ s^{-1}$ होगी। सारणी 3.1 से यह देखा जा सकता है कि औसत वेग का मान $1.90 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ से $0.40 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1} s^{-1}$ के मध्य है। तथापि औसत वेग किसी क्षण पर अभिक्रिया वेग को व्यक्त करने के लिए प्रयुक्त नहीं हो सकता क्योंकि जिस समयांतराल के लिए इसकी



Reprint 2025-26

**उदाहरण 3.1** $C_4H_9Cl$ (ब्यूटिल क्लोराइड) की विभिन्न समय पर दी गई सांद्रताओं से अभिक्रिया $C_4H_9Cl + H_2O \rightarrow C_4H_9OH + HCl$ के लिए विभिन्न समयांतरालों में औसत वेग की गणना कीजिए।

| $t$/s | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 700 | 800 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $[C_4H_9Cl]$/mol $L^{-1}$ | 0.100 | 0.0905 | 0.0820 | 0.0741 | 0.0671 | 0.0549 | 0.0439 | 0.0210 | 0.017 |

**हल** हम विभिन्न समयांतरालों पर सांद्रता में परिवर्तन की गणना कर सकते हैं अत: हम औसत वेग, $\Delta[R]$ को $\Delta t$ से भाग देकर ज्ञात कर सकते हैं (सारणी 3.1)।

**सारणी 3.1– ब्यूटिल क्लोराइड के जल अपघटन का औसत वेग**

| $[C_4H_9Cl]_{t_1}$ / mol $L^{-1}$ | $[C_4H_9Cl]_{t_2}$ / mol $L^{-1}$ | $t_1$/s | $t_2$/s | $r_{av} \times 10^4$/mol $L^{-1}s^{-1}$ $= -\{[C_4H_9Cl]_{t_2} - [C_4H_9Cl]_{t_1} / (t_2 - t_1)\} \times 10^4$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.100 | 0.0905 | 0 | 50 | 1.90 |
| 0.0905 | 0.0820 | 50 | 100 | 1.70 |
| 0.0820 | 0.0741 | 100 | 150 | 1.58 |
| 0.0741 | 0.0671 | 150 | 200 | 1.40 |
| 0.0671 | 0.0549 | 200 | 300 | 1.22 |
| 0.0549 | 0.0439 | 300 | 400 | 1.10 |
| 0.0439 | 0.0335 | 400 | 500 | 1.04 |
| 0.0210 | 0.017 | 700 | 800 | 0.4 |

गणना की गई है, उसमें यह अपरिवर्तित रहेगा। इसलिए समय के किसी क्षण पर वेग व्यक्त करने के लिए **तात्क्षणिक वेग** ज्ञात किया जाता है। इसे हम किसी अतिलघु समयांतराल dt (जब $\Delta t$ शून्य की ओर अग्रसर हो) के लिए औसत वेग द्वारा प्राप्त कर सकते हैं। अत: गणितीय रूप में अनंत सूक्ष्म dt के लिए तात्क्षणिक वेग को निम्नलिखित प्रकार से व्यक्त करते हैं–

$$r_{av} = \frac{-\Delta[R]}{\Delta t} = \frac{\Delta[P]}{\Delta t} \qquad (3.3)$$

जब $\Delta t \rightarrow 0$

$$\text{या } r_{inst} = \frac{-d[R]}{dt} = \frac{d[P]}{dt}$$

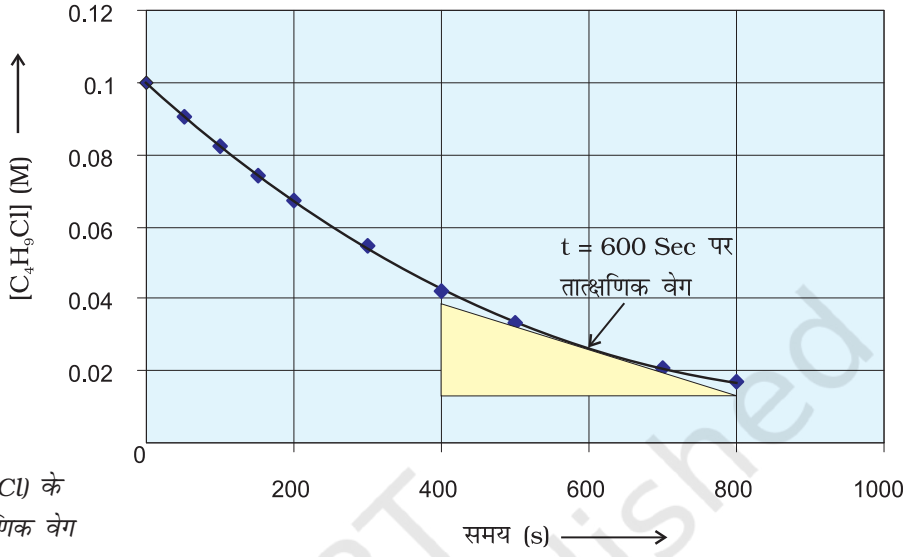
इसे ग्राफ द्वारा, R अथवा P में से किसी के भी सांद्रता–समय वक्र पर स्पर्श रेखा खींच कर तथा उसके ढाल की गणना करके ज्ञात किया जा सकता है (चित्र 3.2)। उदाहरण 3.1



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

में 600 सेकेंड पर $r_{inst}$ का मान ब्यूटिल क्लोराइड की सांद्रता एवं समय के मध्य वक्र खींच कर ज्ञात कर सकते हैं। समय $t = 600$ s पर वक्र पर एक स्पर्श रेखा खींचते हैं (चित्र 3.2)।




*चित्र 3.2– ब्यूटिल क्लोराइड ($C_4H_9Cl$) के जल अपघटन का तात्क्षणिक वेग*

स्पर्श रेखा का ढाल तात्क्षणिक वेग का मान देता है।

अत: 600 s पर–

$$r_{inst} = -\frac{(0.0165 - 0.037)\,\text{mol L}^{-1}}{(800 - 400)\text{s}}$$

$$= 5.12 \times 10^{-5}\,\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$t = 250$ s पर $r_{inst} = 1.22 \times 10^{-4}\,\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$

$t = 350$ s पर $r_{inst} = 1.0 \times 10^{-4}\,\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$

$t = 450$ s पर $r_{inst} = 6.4 \times 10^{-4}\,\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$

अब अभिक्रिया $Hg(l) + Cl_2(g) \rightarrow HgCl_2(s)$ पर विचार करते हैं। इस अभिक्रिया में अभिक्रियक व उत्पादों के स्टॉइकियोमीट्री गुणांक समान है। अत: ऐसी अभिक्रिया के लिए–

$$\text{अभिक्रिया वेग} = \frac{-\Delta[Hg]}{\Delta t} = \frac{-\Delta[Cl_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[HgCl_2]}{\Delta t}$$

अर्थात् किसी अभिक्रियक की सांद्रता में कमी की दर उत्पाद की सांद्रता की वृद्धि की दर के समान होती है। किंतु निम्नलिखित अभिक्रिया में HI के दो मोल अपघटित होकर $H_2$ तथा $I_2$ में से प्रत्येक का एक मोल देते हैं–

$$2HI(g) \rightarrow H_2(g) + I_2(g)$$

जिन अभिक्रियाओं में अभिक्रियक एवं उत्पादों के स्टॉइकियोमीट्री गुणांक समान नहीं होते, उनके वेग को व्यक्त करने के लिए किसी भी अभिक्रियक की सांद्रता में कमी की



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

दर अथवा किसी भी उत्पाद की सांद्रता में वृद्धि की दर को क्रमशः उनके स्टॉइकियोमीट्री गुणांक से भाग देते हैं। उपरोक्त उदाहरण में HI की सांद्रता में कमी की दर, $H_2$ अथवा $I_2$ की सांद्रता में वृद्धि की दर से दुगुनी हैं अतः इन्हें समान बनाने के लिए $\Delta[HI]$ को 2 से भाग देते हैं–

इस अभिक्रिया का वेग $= -\frac{1}{2}\frac{\Delta[HI]}{\Delta t} = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t}$

इसी प्रकार से अभिक्रिया–

$5Br^-(aq) + BrO_3^-(aq) + 6H^+(aq) \rightarrow 3Br_2(aq) + 3H_2O(l)$ के लिए

अभिक्रिया वेग $= -\frac{1}{5}\frac{\Delta[Br^-]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[BrO_3^-]}{\Delta t} = -\frac{1}{6}\frac{\Delta[H^+]}{\Delta t} = \frac{1}{3}\frac{\Delta[Br_2]}{\Delta t} = \frac{1}{3}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$

किसी गैसीय अभिक्रिया के लिए सांद्रता आंशिक दाब के समानुपाती होती है, अतः अभिक्रिया वेग को अभिकर्मक अथवा उत्पाद के आंशिक दाब में परिवर्तन की दर से व्यक्त किया जा सकता है।

**उदाहरण 3.2**

318 K पर $N_2O_5$ के अपघटन की अभिक्रिया का अध्ययन, $CCl_4$ विलयन में $N_2O_5$ की सांद्रता के मापन द्वारा किया गया। प्रारंभ में $N_2O_5$ की सांद्रता 2.33 mol $L^{-1}$ थी जो 184 मिनट बाद घटकर 2.08 mol $L^{-1}$ रह गई। यह अभिक्रिया निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होती है–

$$2N_2O_5(g) \rightarrow 4\,NO_2(g) + O_2(g)$$

इस अभिक्रिया के लिए औसत वेग की गणना घंटों, मिनटों तथा सेकेंडों के पद में कीजिए। इस समय अंतराल में $NO_2$ के उत्पादन की दर क्या है।

**हल**

औसत वेग $= \frac{1}{2} - \frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}$

$= -\frac{1}{2}\frac{(2.08 - 2.33)\,mol\,L^{-1}}{184\,min}$

$= 6.79 \times 10^{-4}$ mol $L^{-1}$/min

$= (6.79 \times 10^{-4}$ mol $L^{-1}$ $min^{-1}) \times (60$ min/1h)

$= 4.07 \times 10^{-2}$ mol $L^{-1}$/h

$= 6.79 \times 10^{-4}$ mol $L^{-1} \times$ 1min/60s

$= 1.13 \times 10^{-5}$ mol $L^{-1}s^{-1}$

यह ध्यान रहे कि–

वेग $= \frac{1}{4}\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t}$

$\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = 6.79 \times 10^{-4} \times 4$ mol $L^{-1}min^{-1} = 2.72 \times 10^{-3}$ mol $L^{-1}min^{-1}$



Reprint 2025-26

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**3.1** $R \rightarrow P$, अभिक्रिया के लिए अभिकारक की सांद्रता 0.03M से 25 मिनट में परिवर्तित हो कर 0.02M हो जाती है। औसत वेग की गणना सेकेंड तथा मिनट दोनों इकाइयों में कीजिए।

**3.2** $2A \rightarrow$ उत्पाद, अभिक्रिया में A की सांद्रता 10 मिनट में 0.5 mol $L^{-1}$ से घट कर 0.4 mol $L^{-1}$ रह जाती है। इस समयांतराल के लिए अभिक्रिया वेग की गणना कीजिए।

## 3.2 अभिक्रिया वेग को प्रभावित करने वाले कारक

अभिक्रिया वेग प्रायोगिक परिस्थितियों, जैसे– अभिक्रियकों की सांद्रता (गैसों के संदर्भ में दाब), ताप तथा उत्प्रेरक पर निर्भर करता है।

### 3.2.1 अभिक्रिया वेग की सांद्रता पर निर्भरता

किसी दिए गए ताप पर अभिक्रिया वेग, एक अथवा अनेक अभिक्रियकों तथा उत्पादों की सांद्रताओं पर निर्भर हो सकता है। अभिक्रिया वेग का अभिक्रियकों की सांद्रता के पदों में निरुपण **वेग नियम** (Rate Law) कहलाता है। इसे वेग समीकरण अथवा वेग व्यंजक भी कहते हैं।

### 3.2.2 वेग व्यंजक एवं वेग स्थिरांक

सारणी 3.1 के परिणाम स्पष्ट दर्शाते हैं कि समय के साथ जैसे-जैसे अभिक्रियकों की सांद्रता घटती है, अभिक्रिया वेग घटता जाता है। इसके विपरीत अभिक्रिया वेग सामान्यत:, अभिक्रियकों की सांद्रता में वृद्धि होने से बढ़ता है। अत: अभिक्रिया का वेग अभिक्रियकों की सांद्रता पर निर्भर करता है।

एक सामान्य अभिक्रिया–

$$a\,A + b\,B \rightarrow c\,C + d\,D$$

पर विचार करें जिसमें a, b, c तथा d अभिक्रियकों एवं उत्पादों के स्टॉइकियोमीट्री गुणांक हैं। इस अभिक्रिया के लिए वेग व्यंजक होगा

$$\text{वेग} \propto [A]^x [B]^y \qquad (3.4)$$

यहाँ घातांक $x$ तथा $y$ स्टॉइकियोमीट्री गुणांक ($a$ तथा $b$) के समान अथवा भिन्न हो सकते हैं। उक्त समीकरण को हम निम्न रूप में लिख सकते हैं–

$$\text{वेग} = k\,[A]^x [B]^y \qquad (3.4\ \text{क})$$

$$-\frac{d(r)}{dt} = k[A]^x[B]^y \qquad (3.4\ \text{ख})$$

समीकरण 3.4 (ख) को **अवकल वेग समीकरण** कहते हैं। यहाँ $k$ समानुपाती स्थिरांक है जिसे **वेग स्थिरांक** कहते हैं। 3.4 जैसी समीकरण को जो कि अभिक्रिया वेग एवं अभिक्रियकों की सांद्रता में संबंध स्थापित करती है, वेग नियम अथवा वेग व्यंजक कहते हैं। **अत: वेग नियम वह व्यंजक होता है जिसमें किसी अभिक्रिया के वेग को अभिक्रियकों की मोलर सांद्रता के पद पर कोई घातांक लगाकर व्यक्त करते हैं। वह किसी संतुलित रासायनिक समीकरण में अभिकर्मकों के स्टॉइकियोमीट्री गुणांक के समान अथवा भिन्न भी हो सकते हैं।**

उदाहरण के लिए अभिक्रिया–

$$2\,NO\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2NO_2\,(g)$$



Reprint 2025-26

इस अभिक्रिया के वेग का निर्धारण या तो किसी एक अभिक्रियक की सांद्रता को स्थिर रखते हुए दूसरे अभिक्रियक की सांद्रता में परिवर्तन करके, अथवा दोनों अभिक्रियकों की सांद्रता परिवर्तित करके, प्रारंभिक सांद्रताओं के फलन के रूप में कर सकते हैं। परिणाम सारणी 3.2 में दिए गए हैं।

**सारणी 3.2– $NO_2$ के विरचन का प्रारंभिक वेग**

| प्रयोग | प्रारंभिक [NO]/mol $L^{-1}$ | प्रारंभिक $[O_2]$/mol $L^{-1}$ | $NO_2$ के विरचन का प्रारंभिक वेग/mol $L^{-1}$ $s^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 1. | 0.30 | 0.30 | 0.096 |
| 2. | 0.60 | 0.30 | 0.384 |
| 3. | 0.30 | 0.60 | 0.192 |
| 4. | 0.60 | 0.60 | 0.768 |

परिणामों से स्पष्ट परिलक्षित होता है कि जब $O_2$ की सांद्रता स्थिर रखकर NO की सांद्रता दुगुनी की जाती है तब अभिक्रिया के प्रारंभिक वेग में चार के गुणक ($0.096\ mol\ L^{-1}s^{-1}$ से $0.384\ mol\ L^{-1}s^{-1}$) से वृद्धि होती है। यह दर्शाता है कि वेग NO की सांद्रता के वर्गफल पर निर्भर करता है। जब NO की सांद्रता स्थिर रखी जाती है तथा $O_2$ की सांद्रता दुगुनी की जाती है तब अभिक्रिया वेग का दुगुना होना अभिक्रिया वेग का $O_2$ की सांद्रता की एक घात पर निर्भरता दर्शाता है। अत: इस अभिक्रिया के लिए वेग समीकरण होगा–

वेग $= k[NO]^2[O_2]$

इस समीकरण का अवकल रूप समीकरण $-\frac{d(r)}{dt} = k[NO]^2[O_2]$ द्वारा दिया जाता है।

इस अभिक्रिया में प्रायोगिक आँकड़ों से प्राप्त वेग समीकरण में सांद्रताओं के घातांकों का मान, संतुलित अभिक्रिया में सांद्रताओं के स्टॉइकियोमीट्री घातांकों के समान है। कुछ अन्य उदाहरण निम्नलिखित हैं–

| | **अभिक्रिया** | **प्रायोगिक वेग समीकरण** |
|---|---|---|
| 1. | $CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$ | वेग $= k[CHCl_3][Cl_2]^{1/2}$ |
| 2. | $CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$ | वेग $= k[CH_3COOC_2H_5][H_2O]^0$ |

इन अभिक्रियाओं में सांद्रता पदों के घातांक समीकरण में उपस्थित स्टॉकियोमीट्री गुणांकों से भिन्न हैं अत: हम कह सकते हैं–

*वेग नियम को किसी संतुलित अभिक्रिया को देखकर प्रागुक्त नहीं किया जा सकता, यानी इसका निर्धारण सैद्धांतिक रूप से नहीं; बल्कि प्रायोगिक रूप से किया जाता है।*

### 3.2.3 अभिक्रिया की कोटि

वेग समीकरण 3.4 (क) में–

वेग $= k[A]^x[B]^y$

$x$ एवं $y$ इंगित करते हैं कि अभिक्रिया का वेग, A अथवा B के सांद्रता परिवर्तन से कैसे प्रभावित होता है। समीकरण 3.4 (क) में इन घातकों का योग $x + y$ अभिक्रिया की



Reprint 2025-26

कुल कोटि को व्यक्त करता है जबकि $x$ तथा $y$ क्रमशः A तथा B के प्रति अभिक्रिया की कोटि को प्रदर्शित करते हैं।

**अतः किसी अभिक्रिया के वेग नियम व्यंजक में प्रयुक्त सांद्रताओं के घातांकों का योग उस अभिक्रिया की कोटि कहलाती है।** अभिक्रिया की कोटि 0, 1, 2, 3 अथवा भिन्नात्मक भी हो सकती है। अभिक्रिया की कोटि के शून्य होने का अर्थ है कि अभिक्रिया वेग अभिक्रियकों की सांद्रता पर निर्भर नहीं करता।

**उदाहरण 3.3** उन अभिक्रियाओं की कुल कोटि की गणना कीजिए जिनका वेग व्यंजक है–

(क) वेग $= k\,[A]^{1/2}\,[B]^{3/2}$

(ख) वेग $= k\,[A]^{3/2}\,[B]^{-1}$

**हल** (क) वेग $= k\,[A]^{x}\,[B]^{y}$ ; कुल कोटि $= x + y$

अतः कुल कोटि $= \frac{1}{2} + \frac{3}{2} = 2$ = अर्थात् द्वितीय कोटि

(ख) कुल कोटि $= \frac{3}{2} + (-1) = \frac{1}{2}$ अर्थात् अर्द्ध कोटि

संतुलित रासायनिक समीकरण, अभिक्रिया कैसे हो रही है; इसका सही चित्रण कभी भी प्रस्तुत नहीं करती; क्योंकि विरले ही कोई अभिक्रिया एक पद में पूर्ण होती है। एक पद में होने वाली अभिक्रियाओं को **प्राथमिक अभिक्रियाएँ** (Elementary Reactions) कहते हैं। जब प्राथमिक अभिक्रियाएँ एक पद में न हों; बल्कि कई पदों में संपन्न होकर उत्पाद बनाती हों, तब ऐसी अभिक्रियाओं को **जटिल अभिक्रियाएँ** (Complex Reactions) कहते हैं। ये अभिक्रियाएँ क्रमागत (जैसे, एथेन का $CO_2$ तथा $H_2O$ में ऑक्सीकरण कई माध्यमिक पदों द्वारा जिनमें एल्कोहॉल, एल्डिहाइड तथा अम्ल बनते हैं), विपरीत अभिक्रियाएँ तथा पार्श्व अभिक्रियाएँ (जैसे फ़ीनॉल के नाइट्रोकरण द्वारा ऑर्थोनाइट्रोफ़ीनॉल तथा पैरानाइट्रोफ़ीनॉल का बनना) हो सकती हैं।

**वेग स्थिरांक की इकाइयाँ–**

एक सामान्य अभिक्रिया–

$a\,A + b\,B \rightarrow c\,C + d\,D$ के लिए

वेग $= k\,(A)^{x}\,(B)^{y}$

जहाँ $x + y = n$ = अभिक्रिया की कोटि

$$k = \frac{\text{वेग}}{[A]^{x}\,[B]^{y}} = \frac{\text{सांद्रता}}{\text{समय}} \times \frac{1}{(\text{सांद्रता})^{n}} \qquad \text{जब } [A]=[B]$$

सांद्रता एवं समय की SI इकाई $mol\,L^{-1}$ एवं s लेने पर विभिन्न अभिक्रियाओं के लिए $k$ की इकाइयाँ सारणी 3.3 में दर्शायी गई हैं।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

सारणी 3.3– वेग स्थिरांक की इकाइयाँ

| अभिक्रिया | कोटि | वेग स्थिरांक की इकाई |
|---|---|---|
| शून्य कोटि अभिक्रिया | 0 | $\frac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} \times \frac{1}{(\text{mol L}^{-1})^0} = \text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$ |
| प्रथम कोटि अभिक्रिया | 1 | $\frac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} \times \frac{1}{(\text{mol L}^{-1})^1} = \text{s}^{-1}$ |
| द्वितीय कोटि अभिक्रिया | 2 | $\frac{\text{mol L}^{-1}}{\text{s}} \times \frac{1}{(\text{mol L}^{-1})^2} = \text{mol}^{-1}\text{L s}^{-1}$ |

**उदाहरण 3.4** निम्नलिखित वेग स्थिरांकों से अभिक्रिया कोटि की पहचान कीजिए–

(i) $k = 2.3 \times 10^{-5}\ \text{L mol}^{-1}\ \text{s}^{-1}$

(ii) $k = 3 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$

**हल** (i) द्वितीय कोटि अभिक्रिया के वेग स्थिरांक की इकाई $\text{L mol}^{-1}\ \text{s}^{-1}$ होती है, अत: $k = 2.3 \times 10^{-5}\ \text{L mol}^{-1}\text{s}^{-1}$ द्वितीय कोटि अभिक्रिया को निरूपित करता है।

(ii) प्रथम कोटि अभिक्रिया के वेग स्थिरांक की इकाई $\text{s}^{-1}$ होती है। अत: $k = 3 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$ प्रथम कोटि अभिक्रिया को निरूपित करता है।

### 3.2.4 अभिक्रिया की आण्विकता

अभिक्रिया का एक अन्य गुणधर्म, जिसे आण्विकता कहते हैं, अभिक्रिया की क्रियाविधि समझने में सहायता करता है। **प्राथमिक अभिक्रिया में भाग लेने वाली स्पीशीज़ (परमाणु, आयन अथवा अणु) जो कि एक साथ संघट्ट के फलस्वरूप रासायनिक अभिक्रिया करती हैं, की संख्या को अभिक्रिया की आण्विकता कहते हैं।** जब अभिक्रिया में केवल एक स्पीशीज़ संलग्न हो तो अभिक्रिया एक अणुक कहलाती है, उदाहरणार्थ– अमोनियम नाइट्राइट का अपघटन

$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$$

द्वि-परमाणुक अभिक्रियाओं में एक साथ दो स्पीशीज़ का संघट्ट होता है, उदाहरणार्थ– हाइड्रोजन आयोडाइड का वियोजन

$$2HI \rightarrow H_2 + I_2$$

त्रि-परमाणुक अभिक्रियाओं में एक साथ तीन स्पीशीज़ का संघट्ट होता है, जैसे–

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

उचित विन्यास के साथ तीन से अधिक अणुओं के एक साथ संघट्ट के उपरांत अभिकृत होने की संभाव्यता अत्यंत कम होती है। अत: त्रिअणुक आण्विकता की अभिक्रियाएं बहुत कम होती हैं और धीमी गति से बढ़ती हैं।

इस प्रकार स्पष्ट है कि जटिल अभिक्रियाएं जिनके स्टॉइकियोमीट्री समीकरण में तीन से अधिक अणु होते हैं, वे एक से अधिक पदों में होनी चाहिए, जैसे–

$$KClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow KCl + 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

यह अभिक्रिया जो ऊपरी तौर से दशम कोटि की आभासित होती है, वास्तव में द्वितीय



Reprint 2025-26

कोटि की अभिक्रिया है। यह बताता है कि यह अभिक्रिया अनेक पदों में संपन्न होती है। कौन सा पद कुल अभिक्रिया वेग को नियंत्रित करता है, इस प्रश्न का उत्तर हम अभिक्रिया की क्रियाविधि को ज्ञात करके दे सकते हैं। उदाहरण के लिए रिले दौड़ प्रतियोगिता में जीतने की संभावना समूह के सबसे मंद धावक पर निर्भर करती है। ठीक इसी प्रकार अभिक्रिया का कुल वेग अभिक्रिया के सबसे मंद पद द्वारा नियंत्रित होता है, जिसे **वेग निर्धारक पद** कहते हैं। क्षारीय माध्यम में आयोडाइड आयन से उत्प्रेरित हाइड्रोजन परऑक्साइड के अपघटन की अभिक्रिया पर विचार कीजिए।

$$2H_2O_2 \xrightarrow[\text{क्षारीय माध्यम}]{I^-} 2H_2O + O_2$$

इस अभिक्रिया के लिए निम्नलिखित वेग समीकरण प्राप्त होता है–

$$\text{वेग} = \frac{-d[H_2O_2]}{dt} = k[H_2O_2][I^-]$$

यह अभिक्रिया $H_2O_2$ एवं $I^-$, प्रत्येक के प्रति प्रथम कोटि की है। प्रमाण, अभिक्रिया के दो पदों में सम्पन्न होने का संकेत देते हैं।

(i) $H_2O_2 + I^- \rightarrow H_2O + IO^-$ (मंद पद)

(ii) $H_2O_2 + IO^- \rightarrow H_2O + I^- + O_2$

दोनों पद द्वि-अणुक प्राथमिक अभिक्रिया हैं। $IO^-$ स्पीशीज़ को मध्यवर्ती कहते हैं, क्योंकि यह अभिक्रिया में निर्मित होती है। परंतु समग्र संतुलित समीकरण में परिलक्षित नहीं होती। प्रथम पद मंद होने के कारण वेग निर्धारक पद है। अत: इस अभिक्रिया में मध्यवर्ती बनने की दर अभिक्रिया वेग को निर्धारित करेगी।

अत: अब तक के वर्णन से हम निम्न निष्कर्ष निकाल सकते हैं–

(i) अभिक्रिया की कोटि एक प्रायोगिक मात्रा है। यह शून्य तथा भिन्नात्मक भी हो सकती है। परंतु अभिक्रिया की आण्विकता शून्य अथवा अपूर्णांक नहीं हो सकती।

(ii) अभिक्रिया की कोटि प्राथमिक एवं जटिल दोनों प्रकार की अभिक्रियाओं पर लागू होती है जबकि अभिक्रिया की आण्विकता केवल प्राथमिक अभिक्रिया के लिए ही परिभाषित होती है। जटिल अभिक्रियाओं के लिए आण्विकता का कोई अर्थ नहीं होता।

(iii) जटिल अभिक्रियाओं में कोटि सबसे मंद पद की दी जाती है तथा सबसे मंद पद की आण्विकता तथा कोटि समान होती है।

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**3.3** एक अभिक्रिया A + B $\rightarrow$ उत्पाद, के लिए वेग नियम $r = k[A]^{1/2}[B]^2$ से दिया गया है। अभिक्रिया की कोटि क्या है?

**3.4** अणु X का Y में रूपांतरण द्वितीय कोटि की बलगतिकी के अनुरूप होता है। यदि X की सांद्रता तीन गुनी कर दी जाए तो Y के निर्माण होने के वेग पर क्या प्रभाव पड़ेगा?



Reprint 2025-26

## 3.3 समाकलित वेग समीकरण

सांद्रता पर आधारित वेग समीकरण को अवकल वेग समीकरण कहते हैं। तात्कालिक वेग का निर्धारण सदैव आसान नहीं होता, क्योंकि इसका मान सांद्रता एवं समय के मध्य खींचे वक्र के '$t$' बिंदु पर खींची गई स्पर्श रेखा का ढाल माप कर किया जाता है (चित्र 3.1)। इससे वेग नियम ज्ञात करना कठिन हो जाता है, अत: अभिक्रिया की कोटि भी ज्ञात करना कठिन हो जाता है। इस कठिनाई के निवारण हेतु हम वेग समीकरण को समाकलित करके समाकलित वेग समीकरण प्राप्त कर सकते हैं, जिससे हमें सीधे ही मापे हुए प्रायोगिक आँकड़ों, अर्थात् विभिन्न समय पर सांद्रता तथा वेग स्थिरांक के बीच संबंध ज्ञात हो जाता है।

विभिन्न कोटि की अभिक्रियाओं के लिए अलग-अलग समाकलित वेग समीकरण होते हैं। यहाँ पर हम केवल शून्य एवं प्रथम कोटि की अभिक्रियाओं के लिए ही समाकलित वेग समीकरणों की व्युत्पत्ति करेंगे।

### 3.3.1 शून्य कोटि की अभिक्रियाएँ

शून्य कोटि की अभिक्रिया का अर्थ होता है ऐसी अभिक्रिया जिसका वेग अभिक्रियक की सांद्रता के शून्य घातांक के समानुपाती हो।

अभिक्रिया, $R \rightarrow P$ पर विचार करें–

$$\text{वेग} = -\frac{d[R]}{dt} = k[R]^0$$

किसी मात्रा पर शून्य घातांक का मान इकाई होता है अत:

$$\text{वेग} = -\frac{d[R]}{dt} = k \times 1$$

या $d[R] = -k\,dt$

दोनों तरफ समाकलन करने पर–

$$[R] = -kt + I \qquad (3.5)$$

यहाँ I, समाकलन स्थिरांक है।

t = 0 पर अभिक्रियक R की सांद्रता = $[R]_0$ है, जहाँ $[R]_0$ अभिक्रियक की प्रारंभिक सांद्रता है।

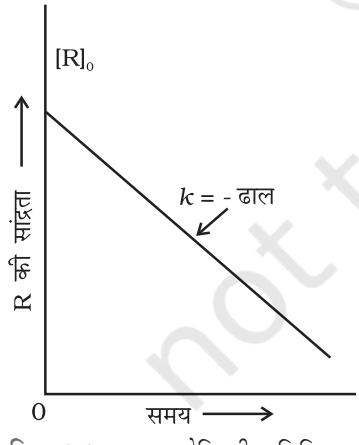
समीकरण 3.5 में $[R]_0$ का मान रखने पर–

$$[R]_0 = -k \times 0 + I$$

$$[R]_0 = I$$

I का मान समीकरण 3.5 में रखने पर–

$$[R] = -kt + [R]_0 \qquad (3.6)$$




*चित्र 3.3– शून्य कोटि की अभिक्रिया के लिए सांद्रता का समय के साथ परिवर्तन आलेख*

समीकरण 3.6 सरल रेखा के समीकरण y = mx + c के समतुल्य है। यदि हम [R] एवं $t$ के बीच ग्राफ खींचें तो एक सीधी रेखा प्राप्त होती है (चित्र 3.3)। इस रेखा का ढाल = $-k$ एवं अंत: खंड $[R]_0$ के बराबर होता है।

समीकरण 3.6 को पुन: सरल करने पर वेग स्थिरांक प्राप्त होता है।

$$k = \frac{[R]_0 - [R]}{t} \qquad (3.7)$$

शून्य कोटि की अभिक्रियाएं अपेक्षाकृत असामान्य हैं, किंतु विशेष परिस्थितियों में यह



Reprint 2025-26

घटित होती हैं। कुछ एन्जाइम उत्प्रेरित अभिक्रियाएं तथा धातु सतहों पर होने वाली अभिक्रियाएं शून्य कोटि की अभिक्रियाओं के कुछ उदाहरण हैं। उच्च दाब पर, गैसीय अमोनिया का तप्त प्लैटिनम सतह पर वियोजन, शून्य कोटि की अभिक्रिया है।

$$2NH_3(g) \xrightarrow[\text{Pt उत्प्रेरक}]{1130K} N_2(g) + 3H_2(g)$$

वेग = $k\,[NH_3]^0 = k$

इस अभिक्रिया में, प्लेटिनम की सतह उत्प्रेरक का कार्य करती है। उच्च दाब पर, धातु की सतह गैस अणुओं से संतृप्त हो जाती है। इसलिए अभिक्रिया की परिस्थितियों में और अधिक परिवर्तन, धातु सतह पर उपस्थित अमोनिया की मात्रा में परिवर्तन नहीं कर सकता। अत: अभिक्रिया वेग अभिक्रियक की सांद्रता पर निर्भरता से स्वतंत्र हो जाता है। स्वर्ण सतह पर, HI का उष्मीय वियोजन शून्य कोटि की अभिक्रिया का एक अन्य उदाहरण है।

### 3.3.2 प्रथम कोटि की अभिक्रियाएँ

इस वर्ग की अभिक्रियाओं में अभिक्रिया वेग, अभिक्रियक R की सांद्रता के प्रथम घातांक के समानुपाती होता है। उदाहरणार्थ–

$$R \rightarrow P$$

$$\text{वेग} = -\frac{d[R]}{dt} = k[R]$$

$$\text{या} \quad \frac{d[R]}{[R]} = -k\,dt$$

इस समीकरण का समाकलन करने पर हम पाते हैं–

$$\ln [R] = -kt + I \qquad (3.8)$$

एक बार फिर I समाकलन का स्थिरांक है तथा इसका मान सरलता से ज्ञात किया जा सकता है।

जब $t = 0$, $R = [R]_0$, यहाँ $[R]_0$ अभिक्रियक की प्रारंभिक सांद्रता है। अत: समीकरण 3.8 को हम निम्न प्रकार से लिख सकते हैं–

$$\ln [R]_0 = -k \times 0 + I$$

$$\ln [R]_0 = I$$

I का मान समीकरण 3.8 में प्रतिस्थापित करने पर–

$$\ln [R] = -kt + \ln[R]_0 \qquad (3.9)$$

समीकरण को पुन: व्यवस्थित करने पर–

$$\ln \frac{[R]}{[R]_0} = -kt$$

$$\text{या} \quad k = \frac{1}{t} \ln \frac{[R]_0}{[R]} \qquad (3.10)$$

समय $t_1$ पर, समीकरण 3.8 से

$$\ln[R]_1 = -kt_1 + \ln[R]_0 \qquad (3.11)$$

समय $t_2$ पर;

$$\ln[R]_2 = -kt_2 + \ln[R]_0 \qquad (3.12)$$



Reprint 2025-26

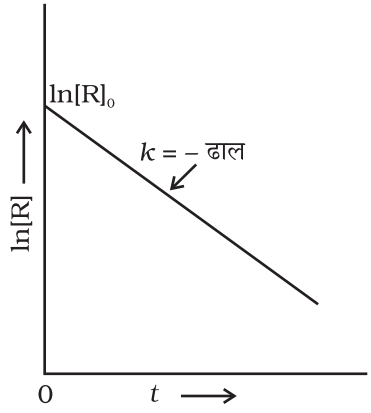
यहाँ $[R]_1$ तथा $[R]_2$ क्रमशः समय $t_1$ तथा $t_2$ पर अभिक्रियक की सांद्रताएं हैं।

समीकरण 3.12 को 3.11 से घटाने पर–

$$\ln[R]_1 - \ln[R]_2 = -kt_1 - (-kt_2)$$

$$\ln \frac{[R]_1}{[R]_2} = k(t_2 - t_1)$$

$$k = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \ln \frac{[R]_1}{[R]_2} \qquad (3.13)$$




*चित्र 3.4– प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए ln[R] एवं t के मध्य आलेख*

समीकरण 3.9 को निम्न प्रकार से भी लिख सकते हैं–

$$\ln \frac{[R]}{[R]_0} = -kt$$

समीकरण के दोनों तरफ प्रतिलघुगुणक लेने पर–

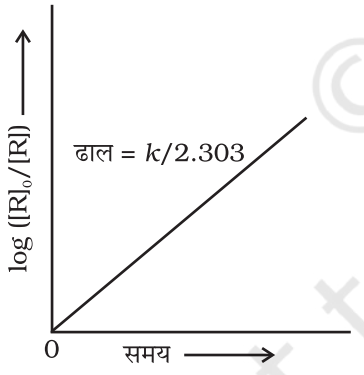
$$[R] = [R]_0 \, e^{-kt} \qquad (3.14)$$

समीकरण 3.9 समीकरण $y = mx + c$ के समतुल्य है, यदि हम ln [R] एवं $t$ के मध्य ग्राफ खीचें (चित्र 3.4) तो हमें – ढाल = – $k$ वाली सरल रेखा प्राप्त होती है तथा अंतः खंड का मान ln $[R]_0$ होता है।

प्रथम कोटि के वेग समीकरण 3.10 को निम्न प्रकार से भी लिखा जा सकता है–

$$k = \frac{2.303}{t} \log \frac{[R]_0}{[R]} \qquad (3.15)$$

या* $\log \frac{[R]_0}{[R]} = \frac{kt}{2.303}$




*चित्र 3.5– प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए log $[R]_0/[R]$ एवं समय के मध्य आलेख*

यदि हम $\log \frac{[R]_0}{[R]}$ एवं $t$ के मध्य ग्राफ खींचे (चित्र 3.5) तो ढाल = $k/2.303$ होगा।

एथीन का हाइड्रोजनन (Hydrogenation) प्रथम कोटि की अभिक्रिया का उदाहरण है।

$$C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$$

अतः वेग = $k\,[C_2H_4]$

अस्थायी नाभिकों के सभी प्राकृतिक तथा कृत्रिम नाभिकीय (रेडियोएक्टिव) क्षय प्रथम कोटि की बलगतिकी के द्वारा होते हैं।

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn$$

वेग = $k\,[Ra]$

$N_2O_5$ एवं $N_2O$ का अपघटन प्रथम कोटि की अभिक्रियाओं के कुछ अन्य उदाहरण हैं। आइए, हम गैसीय अवस्था की एक प्रतिनिधिक प्रथम कोटि अभिक्रिया पर विचार करें।

$$A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$$

* *ln एवं log (logarithms यानी लघुगणक) के लिए परिशिष्ट-IV देखें।*



Reprint 2025-26

**उदाहरण 3.5** प्रथम कोटि की अभिक्रिया $N_2O_5\,(g) \rightarrow 2NO_2(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g)$ में 318 K पर $N_2O_5$ की प्रारंभिक सांद्रता $1.24 \times 10^{-2}$ mol $L^{-1}$ थी, जो 60 मिनट के उपरांत $0.20 \times 10^{-2}$ mol $L^{-1}$ रह गई। 318 K पर वेग स्थिरांक की गणना कीजिए।

**हल** प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए–

$$\log \frac{[R]_1}{[R]_2} = \frac{k(t_2 - t_1)}{2.303}$$

या $$k = \frac{2.303}{t_2 - t_1} \log \frac{[R]_1}{[R]_2}$$

या $$k = \frac{2.303}{(60\ \text{min} - 0\ \text{min})} \log \frac{1.24 \times 10^{-2}\ \text{mol L}^{-1}}{0.20 \times 10^{-2}\ \text{mol L}^{-1}}$$

$$= \frac{2.303}{60} \log 6.2\ \text{min}^{-1}$$

$$= \frac{2.303}{60} \times 0.7924\ \text{min}^{-1}$$

या $$k = 0.0304\ \text{min}^{-1}$$

माना कि A का प्रारंभिक दाब $p_i$ है तथा 't' समय पर कुल दाब $p_t$ है। ऐसी अभिक्रिया के लिए समाकलित वेग समीकरण की व्युत्पत्ति निम्न प्रकार से कर सकते हैं–

कुल दाब $p_t = p_A + p_B + p_C$ (दाब इकाइयाँ)

$p_A$, $p_B$ एवं $p_C$ क्रमशः A, B एवं C के आंशिक दाब हैं।

यदि $t$ समय पर A के दाब में $x$ atm की कमी आती है तो B एवं C प्रत्येक के एक मोल बनने पर B एवं C प्रत्येक के दाब में $x$ atm की वृद्धि होगी।

| | A(g) | → | B(g) | + | C(g) |
|---|---|---|---|---|---|
| $t = 0$ समय पर | $p_i$ atm | | 0 atm | | 0 atm |
| t समय पर | $(p_i - x)$ atm | | $x$ atm | | $x$ atm |

यहाँ $t = 0$ समय पर प्रारंभिक दाब $p_i$ है।

$p_t = (p_i - x) + x + x = p_i + x$

$x = p_t - p_i$

यहाँ, $p_A = p_i - x = p_i - (p_t - p_i) = 2p_i - p_t$

$$k = \left(\frac{2.303}{t}\right)\left(\log \frac{p_i}{p_A}\right) = \frac{2.303}{t} \log \frac{p_i}{(2p_i - p_t)} \qquad (3.16)$$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**उदाहरण 3.6** स्थिर आयतन पर $N_2O_5(g)$ के प्रथम कोटि के तापीय वियोजन पर निम्न आँकड़े प्राप्त हुए–

$$2N_2O_5\,(g) \rightarrow 2N_2O_4(g) + O_2(g)$$

| क्र.सं. | समय/s | कुल दाब/atm |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 0.5 |
| 2 | 100 | 0.512 |

वेग स्थिरांक की गणना कीजिए।

**हल** माना कि $N_2O_5(g)$ के दाब में $2x$ atm की कमी होती है। चूँकि $N_2O_5(g)$ के दो मोल वियोजित होकर $N_2O_4(g)$ के दो मोल तथा $O_2(g)$ का एक मोल देते हैं, $N_2O_4(g)$ के दाब में $2x$ atm की वृद्धि तथा $O_2(g)$ के दाब में $x$ atm की वृद्धि होगी।

| | $2\,N_2O_5(g)$ | $\rightarrow$ $2N_2O_4(g)$ | + $O_2(g)$ |
|---|---|---|---|
| प्रारंभ में $t = 0$ | 0.5 atm | 0 atm | 0 atm |
| $t$ समय पर | $(0.5 - 2x)$ atm | $2x$ atm | $x$ atm |

$$p_t = p_{N_2O_5} + p_{N_2O_4} + p_{O_2} = (0.5 - 2x) + 2x + x = 0.5 + x$$

$$x = p_t - 0.5$$

$$p_{N_2O_5} = 0.5 - 2x = 0.5 - 2\,(p_t - 0.5) = 1.5 - 2\,p_t$$

$t = 100$ s; $p_t = 0.512$ atm पर

$$p_{N_2O_5} = 1.5 - 2 \times 0.512 = 0.476 \text{ atm}$$

समीकरण (3.16) का प्रयोग करने पर

$$k = \frac{2.303}{t}\log\frac{p_i}{p_A} = \frac{2.303}{100\,s}\log\frac{0.5 \text{ atm}}{0.476 \text{ atm}}$$

$$= \frac{2.303}{100\,s} \times 0.0216 = 4.98 \times 10^{-4}\ s^{-1}$$

### 3.3.3 अभिक्रिया की अर्धायु

किसी अभिक्रिया में अभिक्रियक की प्रारंभिक सांद्रता के आधे होने में जितना समय लगता है, उसे अर्धायु कहते हैं। इसे $t_{½}$ द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

शून्य कोटि की अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक समीकरण 3.7 से दिया जाता है

$$k = \frac{[R]_0 - [R]}{t} \qquad (3.7)$$

समय $t = t_{½}$ पर $[R] = \frac{1}{2}[R]_0$

$t_{½}$ पर वेग स्थिरांक होगा

$$k = \frac{[R]_0 - \frac{1}{2}[R]_0}{t_{½}} \qquad \text{या} \qquad t_{½} = \frac{[R]_0}{2k}$$

अत: स्पष्ट है कि शून्य कोटि की अभिक्रिया में $t_{½}$ अभिक्रियक की प्रारंभिक सांद्रता के समानुपाती तथा वेग स्थिरांक के व्युत्क्रमानुपाती होता है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए–

$$k = \frac{2.303}{t}\log\frac{[R]_0}{[R]} \qquad (3.15)$$

$$t_{½} \text{ पर } [R] = \frac{[R]_0}{2} \qquad (3.16)$$

अत: उपरोक्त समीकरण निम्न प्रकार होगा–

$$k = \frac{2.303}{t_{½}}\log\frac{[R]_0}{\frac{[R]_0}{2}} \text{ अथवा } t_{½} = \frac{2.303}{k}\times\log 2 = \frac{2.303}{k}\times 0.301$$

$$\text{या} \quad t_{½} = \frac{0.693}{k} \qquad (3.17)$$

अत: प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए अर्धायु स्थिरांक होती है अर्थात् यह अभिक्रियकों की प्रारंभिक सांद्रताओं पर निर्भर नहीं होती। प्रथम कोटि की अभिक्रिया में अर्धायु की गणना वेग स्थिरांक से एवं वेग स्थिरांक की गणना अर्धायु से की जा सकती है।

**शून्य कोटि की अभिक्रिया के लिए $t_{1/2}$ α $[R]_0$ तथा प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए $t_{1/2}$ का मान $[R]_0$ पर निर्भर नहीं होता।**

**उदाहरण 3.7** प्रथम कोटि की एक अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक $k$ का मान = $5.5 \times 10^{-14}\ s^{-1}$ पाया गया। इस अभिक्रिया के लिए अर्धायु की गणना कीजिए।

**हल** प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए अर्धायु ; $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{5.5\times10^{-14}\,s^{-1}} = 1.26\times10^{13}\,s$$

**उदाहरण 3.8** दर्शाइए कि प्रथम कोटि की अभिक्रिया में 99.9% अभिक्रिया पूर्ण होने में लगा समय अर्धायु ($t_{1/2}$) का 10 गुना होता है।

**हल** 99.9% अभिक्रिया पूर्ण होने पर $[R] = [R]_0 - 0.999[R]_0$

$$k = \frac{2.303}{t}\log\frac{[R]_0}{[R]} = \frac{2.303}{t}\log\frac{[R]_0}{[R]_0 - 0.999[R]_0}$$

$$= \frac{2.303}{t}\log 10^3 = \frac{2.303\times3}{t}\log 10$$

$$\text{या} \quad t = \frac{6.909}{k}$$

अभिक्रिया के लिए अर्धायु $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$ ;

$$\frac{t}{t_{1/2}} = \frac{6.909}{k}\times\frac{k}{0.693} = 10$$



Reprint 2025-26

शून्य एवं प्रथम कोटि की अभिक्रियाओं की गणितीय विशिष्टताओं का सारांश सारणी 3.4 में दिया गया है।

**सारणी 3.4– शून्य एवं प्रथम कोटि की अभिक्रियाओं के लिए समाकलित वेग नियम**

| कोटि | अभिक्रिया प्रकार | अवकल वेग नियम | समाकलन वेग नियम | सरल रेखा आलेख | अर्धायु | $k$ की इकाई |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | R→P | $d[R]/dt = -k$ | $kt = [R]_0 - [R]$ | [R] एवं $t$ के मध्य | $[R]_0/2k$ | सांद्रता समय$^{-1}$ अथवा mol $L^{-1}s^{-1}$ |
| 1 | R→P | $d[R]/dt = -k[R]$ | $[R] = [R]_0 e^{-kt}$ अथवा $kt = \ln \{[R]_0/[R]\}$ | ln[R] एवं $t$ के मध्य | $\ln 2/k = \frac{0.693}{k}$ | समय$^{-1}$ अथवा $s^{-1}$ |

कभी-कभी परिस्थितियों के परिवर्तन द्वारा अभिक्रिया की कोटि में परिवर्तन हो जाता है। अनेक ऐसी अभिक्रियाएँ हैं, जो प्रथम कोटि वेग नियम का अनुसरण करती हैं, यद्यपि वास्तविकता में वह उच्च कोटि की अभिक्रियाएँ होती हैं। उदाहरणार्थ, ऐथिल ऐसीटेट का जल उपघटन दो अभिक्रियकों वाली अभिक्रिया है जिसमें ऐथिल ऐसीटेट और जल के बीच अभिक्रिया होती है। वास्तव में, एथिल ऐसीटेट और जल दोनों की सांद्रताएँ अभिक्रिया के वेग पर प्रभाव डालती हैं, परंतु जल अपघटन के लिए जल बहुत अधिक मात्रा में लिया जाता है, जिसके कारण अभिक्रिया में जल की सांद्रता पर बहुत कम प्रभाव पड़ता है, अत: अभिक्रिया के वेग पर केवल एथिल ऐसीटेट की सांद्रता में परिवर्तन का प्रभाव पड़ता है। उदाहरण के लिए 0.01 mol एथिल ऐसीटेट के 10 mol जल द्वारा जल अपघटन के प्रारंभ ($t = 0$) तथा अभिक्रिया की संपन्नता ($t$) पर विभिन्न अभिक्रियकों और उत्पादों की मात्रा नीचे दी गई है–

$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3COOH + C_2H_5OH$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $t = 0$ | 0.01 mol | 10 mol | 0 mol | 0 mol |
| $t = t$ | 0 mol | 9.99 mol | 0.01 mol | 0.01 mol |

अभिक्रिया के उपरांत जल की सांद्रता में अधिक परिवर्तन नहीं होता।

अत: यह अभिक्रिया प्रथम कोटि अभिक्रिया की तरह व्यवहार करती है। ऐसी अभिक्रियाओं को छद्म प्रथम कोटि की अभिक्रिया कहते हैं। इक्षु-शर्करा (सूक्रोस) का प्रतिलोमन छद्म प्रथम कोटि की अभिक्रिया का एक अन्य उदाहरण है।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

इक्षु-शर्करा ग्लूकोस फ्रक्टोज़

वेग = $k\ [C_{12}H_{22}O_{11}]$



Reprint 2025-26

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**3.5** एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया का वेग स्थिरांक $1.15 \times 10^{-3}\ s^{-1}$ है। इस अभिक्रिया में अभिकारक की 5g मात्रा को घटकर 3g होने में कितना समय लगेगा?

**3.6** $SO_2Cl_2$ को अपनी प्रारंभिक मात्रा से आधी मात्रा में वियोजित होने में 60 मिनट का समय लगता है। यदि अभिक्रिया प्रथम कोटि की हो तो वेग स्थिरांक की गणना कीजिए।

## 3.4 अभिक्रिया वेग की ताप पर निर्भरता

बहुत सी अभिक्रियाएं ताप की वृद्धि के साथ त्वरित होती हैं। उदाहरणार्थ, $N_2O_5$ के वियोजन में, पदार्थ का प्रारंभिक मात्रा से आधी मात्रा में वियोजन, 0°C पर 10 दिनों में, 25°C पर 5 घंटे में तथा 50°C पर 12 मिनट में, होता है। आप यह भी जानते हैं कि पोटैशियम परमैंगनेट ($KMnO_4$) एवं ऑक्सैलिक अम्ल ($H_2C_2O_4$) के मिश्रण में पोटैशियम परमैंगनेट का विरंजन निम्न ताप की तुलना में उच्च ताप पर शीघ्रता से होता है।

यह भी पाया गया है कि **किसी रासायनिक अभिक्रिया में 10° ताप वृद्धि से वेग स्थिरांक में लगभग दुगुनी वृद्धि होती है।**

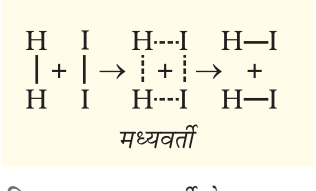
अभिक्रिया वेग की ताप पर निर्भरता की व्याख्या आर्रेनिअस समीकरण 3.18 से भली-भांति की जा सकती है। इसे सर्वप्रथम रसायनज्ञ जे. एच. वान्ट हॉफ ने प्रस्तावित किया था किंतु स्वीडन के रसायनज्ञ आर्रेनिअस ने इसका भौतिक सत्यापन तथा प्रतिपादन किया।

$$k = A\, e^{-E_a/RT} \qquad (3.18)$$

यहाँ A आर्रेनिअस गुणक अथवा **आवृत्ति गुणक** है। इसे पूर्व-चरघातांकी गुणक भी कहते हैं। यह किसी विशिष्ट अभिक्रिया के लिए स्थिरांक होता है। $R$ गैस स्थिरांक है तथा $E_a$ संक्रियण ऊर्जा जिसे joules/mol, (J mol $^{-1}$) में मापते हैं।

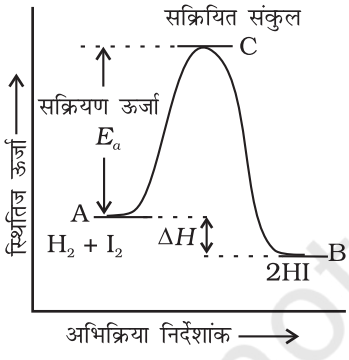
इसे निम्नलिखित सरल अभिक्रिया से समझा जा सकता है।

$$H_2\,(g) + I_2(g) \rightarrow 2HI\,(g)$$




*चित्र 3.6– मध्यवर्ती के द्वारा HI का विरचन*

आर्रेनिअस के अनुसार यह अभिक्रिया तभी हो सकती है जब हाइड्रोजन का एक अणु आयोडीन के एक अणु से संघट्ट कर एक अस्थाई मध्यवर्ती का विरचन करे (चित्र 3.6)। यह मध्यवर्ती बहुत कम समय तक अस्तित्व में रहता है तथा टूटकर हाइड्रोजन आयोडाइड के दो अणुओं का विरचन करता है।




*चित्र 3.7– स्थितिज ऊर्जा एवं अभिक्रिया निर्देशांक के मध्य आलेख*

मध्यवर्ती जिसे **सक्रियित संकुल** (C) भी कहते हैं, के विरचन के लिए आवश्यक ऊर्जा, **सक्रियण ऊर्जा ($E_a$)** कहलाती है। स्थितिज ऊर्जा एवं अभिक्रिया निर्देशांक के मध्य ग्राफ खींचने पर चित्र (3.7) प्राप्त होता है। अभिक्रिया निर्देशांक अभिक्रियकों के उत्पाद में ऊर्जा परिवर्तन की रूपरेखा प्रदर्शित करते हैं।

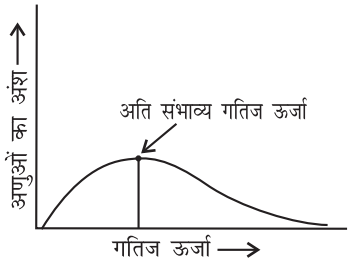
जब सक्रियित संकुल अपघटित होकर उत्पाद निर्मित करता है तो कुछ ऊर्जा मुक्त होती है। अत: अंतिम अभिक्रिया एन्थैल्पी अभिक्रियकों एवं उत्पादों की प्रकृति पर निर्भर करती है।

अभिक्रियक स्पीशीज के सारे अणुओं की गतिज ऊर्जा समान नहीं होती। किसी एक अणु के व्यवहार की परिशुद्धता के बारे में पूर्वानुमान कठिन होता है अत: लडविग बोल्ट्समान तथा



© NCERT not to be republished

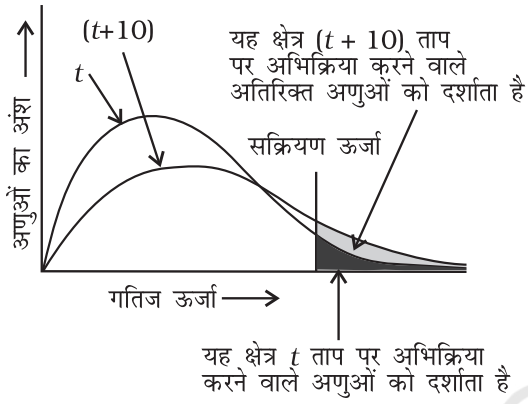
Reprint 2025-26




*चित्र 3.8– विभिन्न गैसीय अणुओं में ऊर्जा वितरण को प्रदर्शित करता वक्र*

जेम्स क्लार्क मैक्सवेल ने अधिक संख्या में अणुओं के व्यवहार को प्रागुक्त करने के लिए सांख्यिकी का प्रयोग किया। इनके अनुसार गतिज ऊर्जा का वितरण, ($E$) ऊर्जा से युक्त अणुओं की संख्या, ($N_E/N_T$) एवं गतिज ऊर्जा के मध्य वक्र खींचकर किया जा सकता है (चित्र 3.8)। यहाँ $N_E$, ऊर्जा $E$ से युक्त अणुओं की संख्या है तथा $N_T$ कुल अणुओं की संख्या है।

वक्र का शीर्ष, **अतिसंभाव्य गतिज ऊर्जा** अर्थात् अणुओं के सर्वाधिक अंश की गतिज ऊर्जा के संगत होता है। इस गतिज ऊर्जा से कम अथवा अधिक ऊर्जा वाले अणुओं की संख्या कम होती जाती है। जब ताप बढ़ाया जाता है तो आलेख का शीर्ष अधिक ऊर्जा मान की ओर विस्थापित हो जाता है (चित्र 3.9) तथा वक्र का फैलाव दाहिनी ओर बढ़ जाता है क्योंकि अत्यधिक ऊर्जा प्राप्त अणुओं का अनुपात बढ़ जाता है। वक्र के अंतर्गत क्षेत्रफल समान रहता है क्योंकि कुल संभाव्यता का मान हर समय एक रहना चाहिए। हम $E_a$ की स्थिति मैक्सवेल-बोल्ट्समान वक्र पर अंकित कर सकते हैं (चित्र 3.9)।

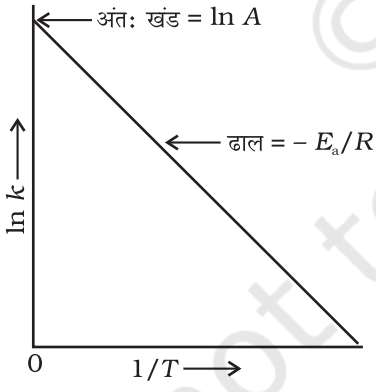



*चित्र 3.9– अभिक्रिया वेग की ताप पर निर्भरता दर्शाता हुआ वितरण वक्र*

किसी पदार्थ के तापमान में वृद्धि द्वारा $E_a$ से अधिक ऊर्जा प्राप्त संघट्ट करने वाले अणुओं की संख्या के मान में वृद्धि होती है। चित्र से स्पष्ट है कि वक्र में ($t$ + 10) तापमान पर सक्रियण ऊर्जा या इससे अधिक ऊर्जा प्राप्त अणुओं को प्रदर्शित करने वाला क्षेत्रफल लगभग दो गुना हो जाता है अतः अभिक्रिया वेग दोगुना हो जाता है।

आर्रेनिअस समीकरण 3.18 में कारक $e^{-E_a/RT}$, $E_a$ से अधिक गतिज ऊर्जा वाले अणुओं की भिन्न के संगत होता है। समीकरण 3.18 के दोनों पक्षों का प्राकृतिक लघुगणक लेने पर–

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \qquad (3.19)$$




*चित्र 3.10– ln k एवं 1/T के मध्य आलेख*

ln$k$ एवं $1/T$ के मध्य वक्र समीकरण 3.19 के अनुरूप सीधी रेखा होता है जिसे चित्र 3.10 में दर्शाया गया है।

आर्रेनिअस समीकरण 3.18 के अनुसार ताप में वृद्धि अथवा सक्रियण ऊर्जा में कमी से अभिक्रिया वेग में वृद्धि होगी तथा वेग स्थिरांक में चरघातांकी वृद्धि होगी। चित्र 3.10 में ढाल $= -\frac{E_a}{R}$ तथा अंतःखंड = ln A है। अतः हम इन मानों से $E_a$ तथा A की गणना कर सकते हैं।

तापमान $T_1$ पर समीकरण 3.19 का रूप निम्न होगा–

$$\ln k_1 = -\frac{E_a}{R\,T_1} + \ln A \qquad (3.20)$$

और तापमान $T_2$ पर–

$$\ln k_2 = -\frac{E_a}{R\,T_2} + \ln A \qquad (3.21)$$



Reprint 2025-26

(A किसी दी गई अभिक्रिया के लिए स्थिरांक हैं)

$k_1$ तथा $k_2$ क्रमशः तापमान $T_1$ तथा $T_2$ पर वेग स्थिरांक हैं।

समीकरण 3.21 से 3.20 घटाने पर हमें प्राप्त होगा–

$$\ln k_2 - \ln k_1 = \frac{E_a}{R\,T_1} - \frac{E_a}{R\,T_2}$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right]$$

$$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right] \qquad (3.22)$$

$$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left[\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}\right]$$

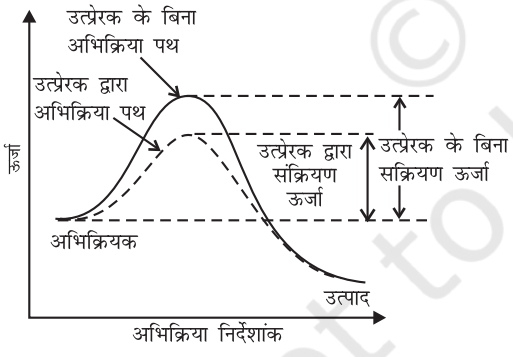
### 3.5.1 उत्प्रेरक का प्रभाव

उत्प्रेरक वह पदार्थ है जिसमें स्वयं स्थायी रासायनिक परिवर्तन हुए बिना यह, अभिक्रिया के वेग को बढ़ाता है। उदाहरणार्थ $MnO_2$ निम्न अभिक्रिया को उत्प्रेरित कर वेग में महत्वपूर्ण वृद्धि करता है।

$$2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2\,KCl + 3O_2$$

जब मिलाया गया पदार्थ अभिक्रिया की दर को कम करता है तो उत्प्रेरक शब्द का प्रयोग नहीं करना चाहिए, पदार्थ को तब निरोधक कहते हैं

उत्प्रेरक की क्रिया को मध्यवर्ती संकुल सिद्धांत से समझा जा सकता है। इस सिद्धांत के अनुसार उत्प्रेरक रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेकर अभिक्रियकों के साथ अस्थायी बंध बनाता है जो कि मध्यवर्ती संकुल में परिणत होता है। इसका अस्तित्व क्षणिक होता है तथा यह वियोजित होकर उत्पाद एवं उत्प्रेरक देता है। यह विश्वास किया जाता है कि उत्प्रेरक एक वैकल्पिक पथ अथवा क्रियाविधि से अभिक्रियकों व उत्पादों के मध्य सक्रियण ऊर्जा कम करके एवं इस प्रकार ऊर्जा अवरोध में कमी करके अभिक्रिया संपन्न करता है जैसा कि चित्र 3.11 में दर्शाया गया है। आर्रेनिअस समीकरण 3.18 से यह स्पष्ट है कि सक्रियण ऊर्जा का मान जितना कम होगा अभिक्रिया का वेग उतना अधिक होगा।




*चित्र 3.11– सक्रियण ऊर्जा पर उत्प्रेरक का प्रभाव*

उत्प्रेरक की लघु मात्रा अभिक्रियकों की दीर्घ मात्रा को उत्प्रेरित कर सकती है। उत्प्रेरक, अभिक्रिया की गिब्ज़ ऊर्जा, $\Delta G$, में बदलाव नहीं करता। यह स्वतः प्रवर्तित अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करता है परंतु स्वतः अप्रवर्तित अभिक्रिया को उत्प्रेरित नहीं करता। यह भी पाया गया है कि उत्प्रेरक किसी अभिक्रिया, के साम्य स्थिरांक में परिवर्तन नहीं करता किंतु यह साम्य को शीघ्र स्थापित करने में सहायता करता है। यह अग्र एवं प्रतीप दोनों अभिक्रियाओं को समान रूप से उत्प्रेरित करता है जिससे साम्यावस्था अपरिवर्तित रहती है परंतु शीघ्र स्थापित हो जाती हैं।



Reprint 2025-26

**उदाहरण 3.10** किसी अभिक्रिया के 500 K तथा 700 K पर वेग स्थिरांक क्रमशः 0.02 $s^{-1}$ तथा 0.07 $s^{-1}$ हैं। $E_a$ एवं $A$ की गणना कीजिए।

**हल**

$$\log\frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R}\left[\frac{T_2 - T_1}{T_1T_2}\right]$$

$$\log\frac{0.07}{0.02} = \left(\frac{E_a}{2.303 \times 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}}\right)\left[\frac{700-500}{700\times 500}\right]$$

$$0.544 = \frac{E_a \times 5.714 \times 10^{-4}}{19.15}$$

$$E_a = 0.544 \times \frac{19.15}{5.714 \times 10^{-4}} = 18230.8\ J$$

चूँकि $k = Ae^{-Ea/RT}$

$$0.02 = Ae^{\frac{-18230.8}{8.314 \times 500}}$$

$$A = \frac{0.02}{0.012} = 1.61$$

**उदाहरण 3.11** 600 K ताप पर एथिल आयोडाइड के निम्नलिखित अभिक्रिया द्वारा अपघटन में, प्रथम कोटि वेग स्थिरांक $1.60 \times 10^{-5} s^{-1}$ है। इस अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा 209 kJ/mol है। 700 K ताप पर वेग स्थिरांक की गणना कीजिए।

$$C_2H_5I(g) \rightarrow C_2H_4(g) + HI(g)$$

**हल** हम जानते हैं कि–

$$\log k_2 - \log k_1 = \frac{E_a}{2.303R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right]$$

$$\log k_2 = \log k_1 + \frac{E_a}{2.303R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right]$$

$$= \log(1.60 \times 10^{-5}) + \frac{209000\ J\,mol^{-1}}{2.303 \times 8.314\ J\,mol^{-1}K^{-1}}\ \frac{1}{600\,K} - \frac{1}{700\,K}$$

$$\log k_2 = -4.796 + 2.599$$

$$= -2.197$$

$$k_2 = 6.36 \times 10^{-3}\ s^{-1}$$



Reprint 2025-26

## 3.5 रासायनिक अभिक्रिया का संघट्ट सिद्धांत

यद्यपि आर्रेनियस समीकरण काफी विस्तृत परिस्थितियों में लागू होती है लेकिन संघट्टवाद जिसे मेक्स ट्राउट्ज तथा विलियम लुईस ने 1916-18 में प्रतिपादित किया था, अभिक्रिया की और्जिकी तथा क्रियाविधि के संदर्भ में अधिक प्रकाश डालता है। यह गैस की गतिक परिकल्पना पर आधारित है। इस सिद्धांत के अनुसार अभिक्रियक के अणुओं को कठोर गोले माना जाता है, एवं माना जाता है कि अभिक्रिया अणुओं के आपस में संघट्ट होने के **कारण होती** हैं। **अभिक्रिया मिश्रण के प्रति इकाई आयतन में प्रति सेकेंड संघट्ट को संघट्ट आवृति (Z) कहते हैं।**

रासायनिक अभिक्रिया को प्रभावित करने वाला एक अन्य कारक सक्रियण ऊर्जा है जैसा कि हम पहले ही अध्ययन कर चुके हैं। द्विअणुक प्राथमिक अभिक्रिया A + B → उत्पाद के लिए, अभिक्रिया वेग को निम्न रूप में प्रदर्शित कर सकते हैं–

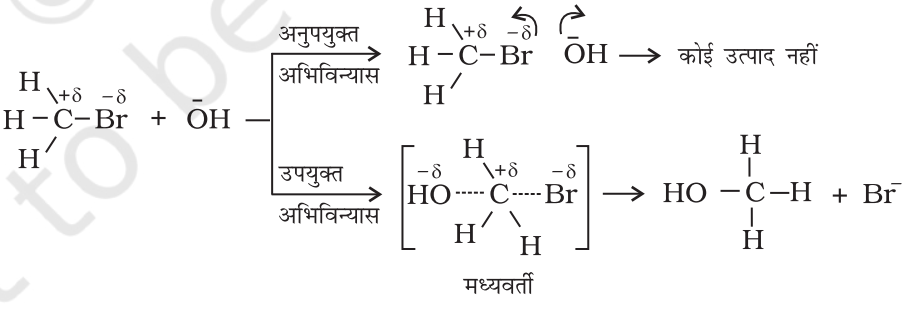
$$\text{वेग} = Z_{AB} e^{-E_a/RT} \qquad (3.23)$$

जहाँ $Z_{AB}$ अभिक्रियक A एवं B के संघट्ट की आवृत्ति तथा $e^{-E_a/RT}$ $E_a$ के बराबर अथवा इससे अधिक ऊर्जा वाले अणुओं के अंश को प्रदर्शित करता है। समीकरण 3.23 की तुलना आर्रेनिअस समीकरण से करने पर हम कह सकते हैं कि $A$ संघट्ट आवृत्ति से संबंधित है।

समीकरण 3.23 उन अभिक्रियाओं के वेग स्थिरांक के मान की सटीक प्रागुक्ति करता है, जिनमें सामान्य अणु अथवा परमाणु सम्मिलित होते हैं, किंतु जटिल अणुओं के संदर्भ में महत्वपूर्ण विचलन परिलक्षित होता है। इसका कारण सभी संघट्टों का उत्पाद में विरचन नहीं होना हो सकता है। वे संघट्ट जिसमें अणुओं की पर्याप्त गतिज ऊर्जा (देहली ऊर्जा*) तथा सही अभिविन्यास होता है, जिससे अभिक्रियक स्पीशीज़ के बंधों के टूटने तथा उत्पादों में नए बंध विरचन से उत्पादों का बनना सुसाध्य हो जाता है, **प्रभावी संघट्ट** कहलाते हैं।

उदाहरणार्थ, मेथेनॉल का ब्रोमोएथेन से विरचन अभिक्रियकों के अभिविन्यास पर निर्भर करता है। इसे चित्र 3.12 में प्रदर्शित किया गया है। *अभिक्रियकों के अणुओं का उपयुक्त अभिविन्यास बंध निर्माण कर उत्पाद निर्मित करता है तथा अनुपयुक्त अभिविन्यास होने पर वे केवल दोबारा अलग-अलग हो जाते हैं और उत्पाद नहीं बनता।*

$$CH_3Br + \bar{O}H \longrightarrow CH_3OH + Br^-$$




*चित्र 3.12– अणुओं का उपयुक्त एवं अनुपयुक्त अभिविन्यास दर्शाता आरेख*

प्रभावी संघट्ट के स्पष्टीकरण के लिए हम एक अन्य कारक $P$ जिसे प्रायिकता (Probability) अथवा त्रिविम कारक कहते हैं, प्रस्तावित करते हैं। यह इस बात को समाहित करता है कि संघट्ट में अणुओं का उपयुक्त अभिविन्यास होना चाहिए, यानी–

$$\text{वेग} = P\, Z_{AB} e^{-E_a/RT}$$

* *देहली ऊर्जा = सक्रियण ऊर्जा + अभिक्रियक स्पीशीज़ की ऊर्जा*



Reprint 2025-26

अत: संघट्ट सिद्धांत में सक्रियण ऊर्जा एवं उपयुक्त अभिविन्यास दोनों ही साथ-साथ प्रभावी संघट्ट का मानक निर्धारित करते हैं अर्थात् अभिक्रिया वेग को निर्धारित करते हैं।

संघट्ट सिद्धांत की कुछ कमियाँ हैं, जैसे कि इसमें परमाणुओं/अणुओं को कठोर गोले माना गया है तथा इनके संरचना पहलू को नकारा गया है। आप इस सिद्धांत तथा अन्य सिद्धांतों के विषय में और अधिक विस्तृत अध्ययन अपनी उच्च कक्षाओं में करेंगे।

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**3.7** ताप का वेग स्थिरांक पर क्या प्रभाव होगा?

**3.8** परमताप, 298K में 10K की वृद्धि होने पर रासायनिक अभिक्रिया का वेग दुगुना हो जाता है। इस अभिक्रिया के लिए $E_a$ की गणना कीजिए।

**3.9** 581K ताप पर अभिक्रिया $2\ HI(g) \rightarrow H_2(g) + I_2\ (g)$ के लिए सक्रियण ऊर्जा का मान 209.5 kJ $mol^{-1}$ है। अणुओं के उस अंश की गणना कीजिए जिसकी ऊर्जा सक्रियण ऊर्जा के बराबर अथवा इससे अधिक है।

## सारांश

**रासायनिक बलगतिकी** रासायनिक अभिक्रिया में अभिक्रिया वेग, विभिन्न कारकों का प्रभाव, परमाणुओं की पुनर्व्यवस्था तथा मध्यवर्ती के बनने का अध्ययन है। अभिक्रिया वेग, इकाई समय में अभिकारकों की सांद्रता घटने अथवा उत्पादों की सांद्रता वृद्धि से संबंधित होता है। इसे किसी क्षण विशेष पर तात्क्षणिक वेग के रूप में और किसी दीर्घ समय अंतराल में औसत वेग से प्रदर्शित किया जा सकता है। अभिक्रिया वेग पर अनेक कारक, जैसे–ताप, अभिकारकों की सांद्रता तथा उत्प्रेरक प्रभाव डालते हैं। अभिक्रिया वेग के गणितीय निरूपण को **वेग नियम** कहते हैं। इसे प्रयोग द्वारा निर्धारित किया जाता है तथा इसकी प्रागुक्ति नहीं की जा सकती। किसी अभिकारक के प्रति अभिक्रिया की कोटि, वेग नियम में उस अभिकारक की सांद्रता के घातांक के बराबर होती है तथा अभिक्रिया की कुल कोटि वेग नियम में उपस्थित सभी सांद्रताओं के घातांकों के जोड़ के बराबर होती है। **वेग स्थिरांक** वेग नियम में समानुपातन गुणांक होता है। वेग स्थिरांक एवं अभिक्रिया की कोटि का निर्धारण वेग नियम अथवा समाकलित वेग समीकरण द्वारा कर सकते हैं। अभिक्रिया की **आण्विकता** केवल प्राथमिक अभिक्रिया के लिए परिभाषित की जाती है। आण्विकता का मान 1 से 3 तक सीमित होता है जबकि अभिक्रिया की कोटि 0, 1, 2, 3 अथवा भिन्नात्मक भी हो सकती है। प्राथमिक अभिक्रिया के लिए आण्विकता एवं कोटि समान होते हैं।

वेग स्थिरांक की ताप पर निर्भरता की व्याख्या आर्रेनिअस समीकरण ($k = Ae^{-Ea/RT}$) द्वारा की जाती है। $E_a$ **सक्रियण ऊर्जा** है तथा इसका मान सक्रियित संकुल तथा अभिकारक अणुओं के मध्य ऊर्जा के अंतर के संगत होता है और A (आर्रेनिअस कारक अथवा पूर्व-घातांकी गुणक) संघट्ट की आवृत्ति के संगत होता है। यह समीकरण स्पष्ट करती है कि ताप में वृद्धि अथवा $E_a$ में कमी से अभिक्रिया वेग में वृद्धि होती है तथा उत्प्रेरक अभिक्रिया के लिए वैकल्पिक पथ प्रदान कर $E_a$ में कमी करता है। संघट्ट सिद्धांत के अनुसार एक अन्य त्रिविम कारक $P$ जो कि संघट्ट करने वाले अणुओं के अभिविन्यास पर निर्भर करता है, महत्वपूर्ण है और यह प्रभावी संघट्टनों में योगदान करता है। अत: इसे समाहित करके आर्रेनिअस समीकरण का रूपांतरण $k = PZ_{AB}e^{-E_a/RT}$ में हो जाता है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

# अभ्यास

**3.1** निम्न अभिक्रियाओं के वेग व्यंजकों से इनकी अभिक्रिया कोटि तथा वेग स्थिरांकों की इकाइयाँ ज्ञात कीजिए।

(i) $3NO(g) \rightarrow N_2O\ (g)$ वेग $= k\,[NO]^2$

(ii) $H_2O_2\ (aq) + 3I^-\ (aq) + 2H^+ \rightarrow 2H_2O\ (l) + I_3^-$ वेग $= k\,[H_2O_2][I^-]$

(iii) $CH_3CHO\ (g) \rightarrow CH_4\ (g) + CO(g)$ वेग $= k\,[CH_3CHO]^{3/2}$

(iv) $C_2H_5Cl\ (g) \rightarrow C_2H_4\ (g) + HCl\ (g)$ वेग $= k\,[C_2H_5Cl]$

**3.2** अभिक्रिया $2A + B \rightarrow A_2B$ के लिए वेग $= k\,[A][B]^2$ यहाँ $k$ का मान $2.0 \times 10^{-6}\ mol^{-2}\ L^2\ s^{-1}$ है। प्रारंभिक वेग की गणना कीजिए; जब $[A] = 0.1\ mol\ L^{-1}$ एवं $[B] = 0.2\ mol\ L^{-1}$ हो तथा अभिक्रिया वेग की गणना कीजिए; जब [A] घट कर $0.06\ mol\ L^{-1}$ रह जाए।

**3.3** प्लैटिनम सतह पर $NH_3$ का अपघटन शून्य कोटि की अभिक्रिया है। $N_2$ एवं $H_2$ के उत्पादन की दर क्या होगी जब $k$ का मान $2.5 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ हो?

**3.4** डाईमेथिल ईथर के अपघटन से $CH_4$, $H_2$ तथा CO बनते हैं। इस अभिक्रिया का वेग निम्न समीकरण द्वारा दिया जाता है–

$$\text{वेग} = k\,[CH_3OCH_3]^{3/2}$$

अभिक्रिया के वेग का अनुगमन बंद पात्र में बढ़ते दाब द्वारा किया जाता है, अत: वेग समीकरण को डाईमेथिल ईथर के आंशिक दाब के पद में भी दिया जा सकता है। अत:

$$\text{वेग} = k\left(p_{CH_3OCH_3}\right)^{3/2}$$

यदि दाब को bar में तथा समय को मिनट में मापा जाये तो अभिक्रिया के वेग एवं वेग स्थिरांक की इकाइयाँ क्या होंगी?

**3.5** रासायनिक अभिक्रिया के वेग पर प्रभाव डालने वाले कारकों का उल्लेख कीजिए।

**3.6** किसी अभिक्रियक के लिए एक अभिक्रिया द्वितीय कोटि की है। अभिक्रिया का वेग कैसे प्रभावित होगा; यदि अभिक्रियक की सांद्रता–

(i) दुगुनी कर दी जाए (ii) आधी कर दी जाए

**3.7** वेग स्थिरांक पर ताप का क्या प्रभाव पड़ता है? ताप के इस प्रभाव को मात्रात्मक रूप में कैसे प्रदर्शित कर सकते हैं?

**3.8** एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया के निम्नलिखित आँकड़े प्राप्त हुए–

| t/s | 0 | 30 | 60 | 90 |
|---|---|---|---|---|
| [A]/ mol $L^{-1}$ | 0.55 | 0.31 | 0.17 | 0.085 |

30 से 60 सेकेंड समय अंतराल में औसत वेग की गणना कीजिए।

**3.9** एक अभिक्रिया A के प्रति प्रथम तथा B के प्रति द्वितीय कोटि की है

(i) अवकल वेग समीकरण लिखिए।

(ii) B की सांद्रता तीन गुनी करने से वेग पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

(iii) A तथा B दोनों की सांद्रता दुगुनी करने से वेग पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

**3.10** A और B के मध्य अभिक्रिया में A और B की विभिन्न प्रारंभिक सांद्रताओं के लिए प्रारंभिक वेग ($r_0$) नीचे दिए गए हैं।

A और B के प्रति अभिक्रिया की कोटि क्या है?

| | | | |
|---|---|---|---|
| A/ mol $L^{-1}$ | 0.20 | 0.20 | 0.40 |
| B/ mol $L^{-1}$ | 0.30 | 0.10 | 0.05 |
| $r_0$/mol $L^{-1}s^{-1}$ | $5.07 \times 10^{-5}$ | $5.07 \times 10^{-5}$ | $1.43 \times 10^{-4}$ |

**3.11** $2A + B \rightarrow C + D$ अभिक्रिया की बलगतिकी अध्ययन करने पर निम्नलिखित परिणाम प्राप्त हुए। अभिक्रिया के लिए वेग नियम तथा वेग स्थिरांक ज्ञात कीजिए।

| प्रयोग | [A]/ mol $L^{-1}$ | [B]/ mol $L^{-1}$ | D के विरचन का प्रारंभिक वेग/mol $L^{-1}$ $min^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| I | 0.1 | 0.1 | $6.0 \times 10^{-3}$ |
| II | 0.3 | 0.2 | $7.2 \times 10^{-2}$ |
| III | 0.3 | 0.4 | $2.88 \times 10^{-1}$ |
| IV | 0.4 | 0.1 | $2.40 \times 10^{-2}$ |

**3.12** A तथा B के मध्य अभिक्रिया A के प्रति प्रथम तथा B के प्रति शून्य कोटि की है। निम्न तालिका में रिक्त स्थान भरिए।

| प्रयोग | [A]/mol $L^{-1}$ | [B]/mol $L^{-1}$ | प्रारंभिक वेग/mol $L^{-1}$ $min^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| I | 0.1 | 0.1 | $2.0 \times 10^{-2}$ |
| II | – | 0.2 | $4.0 \times 10^{-2}$ |
| III | 0.4 | 0.4 | – |
| IV | – | 0.2 | $2.0 \times 10^{-2}$ |

**3.13** नीचे दी गई प्रथम कोटि की अभिक्रियाओं के वेग स्थिरांक से अर्धायु की गणना कीजिए–

(i) 200 $s^{-1}$ (ii) 2 $min^{-1}$ (iii) 4 $year^{-1}$

**3.14** $^{14}C$ के रेडियोएक्टिव क्षय की अर्धायु 5730 वर्ष है। एक पुरातत्व कलाकृति की लकड़ी में, जीवित वृक्ष की लकड़ी की तुलना में 80 % $^{14}C$ की मात्रा है। नमूने की आयु का परिकलन कीजिए।

**3.15** गैस प्रावस्था में 318 K पर $N_2O_5$ के अपघटन की [$2\,N_2O_5 \rightarrow 4NO_2 + O_2$] अभिक्रिया के आँकड़े नीचे दिए गए हैं–

| $t$/s | 0 | 400 | 800 | 1200 | 1600 | 2000 | 2400 | 2800 | 3200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $10^2 \times [N_2O_5]$/ mol $L^{-1}$ | 1.63 | 1.36 | 1.14 | 0.93 | 0.78 | 0.64 | 0.53 | 0.43 | 0.35 |

(i) $[N_2O_5]$ एवं $t$ के मध्य आलेख खींचिए।

(ii) अभिक्रिया के लिए अर्धायु की गणना कीजिए।

(iii) $\log[N_2O_5]$ एवं $t$ के मध्य ग्राफ खींचिए।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

(iv) अभिक्रिया के लिए वेग नियम क्या है?

(v) वेग स्थिरांक की गणना कीजिए।

(vi) $k$ की सहायता से अर्धायु की गणना कीजिए तथा इसकी तुलना (ii) से कीजिए।

**3.16** प्रथम कोटि की अभिक्रिया के लिए वेग स्थिरांक $60\ s^{-1}$ है। अभिक्रियक को अपनी प्रारंभिक सांद्रता से $\frac{1}{16}$ वाँ भाग रह जाने में कितना समय लगेगा?

**3.17** नाभिकीय विस्फोट का 28.1 वर्ष अर्धायु वाला एक उत्पाद $^{90}Sr$ होता है। यदि कैल्सियम के स्थान पर 1μg, $^{90}Sr$ नवजात शिशु की अस्थियों में अवशोषित हो जाए और उपापचयन से ह्रास न हो तो इसकी 10 वर्ष एवं 60 वर्ष पश्चात् कितनी मात्रा रह जाएगी?

**3.18** दर्शाइए कि प्रथम कोटि की अभिक्रिया में 99% अभिक्रिया पूर्ण होने में लगा समय 90% अभिक्रिया पूर्ण होने में लगने वाले समय से दुगुना होता है।

**3.19** एक प्रथम कोटि की अभिक्रिया में 30% वियोजन होने में 40 मिनट लगते हैं। $t_{1/2}$ की गणना कीजिए।

**3.20** 543 K ताप पर एज़ोआइसोप्रोपेन के हेक्सेन तथा नाइट्रोजन में विघटन के निम्न आँकड़े प्राप्त हुए। वेग स्थिरांक की गणना कीजिए।

| $t$ (sec) | $p$ (mm Hg में) |
|---|---|
| 0 | 35.0 |
| 360 | 54.0 |
| 720 | 63.0 |

**3.21** स्थिर आयतन पर, $SO_2Cl_2$ के प्रथम कोटि के ताप अपघटन पर निम्न आँकड़े प्राप्त हुए–

$$SO_2Cl_2\,(g) \rightarrow SO_2\,(g) + Cl_2\,(g)$$

अभिक्रिया वेग की गणना कीजिए जब कुल दाब 0.65 atm हो।

| प्रयोग | समय/s | कुल दाब/atm |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 0.5 |
| 2 | 100 | 0.6 |

**3.22** विभिन्न तापों पर $N_2O_5$ के अपघटन के लिए वेग स्थिरांक नीचे दिए गये हैं–

| $T$/°C | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|
| $10^5 \times k/s^{-1}$ | 0.0787 | 1.70 | 25.7 | 178 | 2140 |

ln $k$ एवं $1/T$ के मध्य ग्राफ खींचिए तथा $A$ एवं $E_a$ की गणना कीजिए। 30°C तथा 50°C पर वेग स्थिरांक को प्रागुक्त कीजिए।

**3.23** 546 K ताप पर हाइड्रोकार्बन के अपघटन में वेग स्थिरांक $2.418 \times 10^{-5}\ s^{-1}$ है। यदि सक्रियण ऊर्जा 179.9 kJ/mol हो तो पूर्व-घातांकी गुणन का मान क्या होगा?

**3.24** किसी अभिक्रिया $A \rightarrow$ उत्पाद के लिए $k = 2.0 \times 10^{-2} s^{-1}$ है। यदि A की प्रारंभिक सांद्रता $1.0\ mol\ L^{-1}$ हो तो 100s के पश्चात् इसकी सांद्रता क्या रह जाएगी?

**3.25** अम्लीय माध्यम में सूक्रोस का ग्लूकोस एवं फ्रक्टोज़ में विघटन प्रथम कोटि की अभिक्रिया है। इस अभिक्रिया की अर्धायु 3.0 घंटे है। 8 घंटे बाद नमूने में सूक्रोस का कितना अंश बचेगा?

**3.26** हाइड्रोकार्बन का विघटन निम्न समीकरण के अनुसार होता है। $E_a$ की गणना कीजिए।

$$k = (4.5 \times 10^{11}\ s^{-1})\ e^{-28000K/T}$$



Reprint 2025-26

**3.27** $H_2O_2$ के प्रथम कोटि के विघटन को निम्न समीकरण द्वारा लिख सकते हैं–

$$\log k = 14.34 - 1.25 \times 10^4 K/T$$

इस अभिक्रिया के लिए $E_a$ की गणना कीजिए। कितने ताप पर इस अभिक्रिया की अर्धायु 256 मिनट होगी?

**3.28** 10°C ताप पर A के उत्पाद में विघटन के लिए $k$ का मान $4.5 \times 10^3\ s^{-1}$ तथा सक्रियण ऊर्जा 60 kJ $mol^{-1}$ है किस ताप पर $k$ का मान $1.5 \times 10^4 s^{-1}$ होगा?

**3.29** 298 K ताप पर प्रथम कोटि की अभिक्रिया के 10% पूर्ण होने का समय 308 K ताप पर 25% अभिक्रिया पूर्ण होने में लगे समय के बराबर है। यदि $A$ का मान $4 \times 10^{10} s^{-1}$ हो तो 318 K ताप पर $k$ तथा $E_a$ की गणना कीजिए।

**3.30** ताप में 293 K से 313 K तक वृद्धि करने पर किसी अभिक्रिया का वेग चार गुना हो जाता है। इस अभिक्रिया के लिए सक्रियण ऊर्जा की गणना यह मानते हुए कीजिए कि इसका मान ताप के साथ परिवर्तित नहीं होता।

## पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**3.1** $r_{av} = 6.66 \times 10^{-6}$ mol $L^{-1}$ $s^{-1}$

**3.2** अभिक्रिया का वेग = A के विलुप्त होने की दर = 0.005 mol $L^{-1}$ $min^{-1}$

**3.3** अभिक्रिया की कोटि 2.5 है।

**3.4** $X \rightarrow Y$, वेग = $k[X]^2$, वेग 9 गुना बढ़ेगा।

**3.5** t = 444 s

**3.6** $1.925 \times 10^{-4}\ s^{-1}$

**3.8** $E_a = 52.897$ kJ $mol^{-1}$

**3.9** $1.471 \times 10^{-19}$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12087CH08

एकक

# 4

# *d*- एवं *f*- ब्लॉक के तत्व

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप –

- आवर्त सारणी में *d*- तथा *f*- ब्लॉक तत्वों की स्थिति जान पायेंगे;
- संक्रमण (*d*-ब्लॉक) तथा आंतरिक संक्रमण (*f*-ब्लॉक) तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास जान सकेंगे;
- इलैक्ट्रोड विभव के संदर्भ में विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्थाओं के तुलनात्मक स्थायित्व के महत्त्व को समझ सकेंगे;
- $K_2Cr_2O_7$ तथा $KMnO_4$ जैसे महत्वपूर्ण यौगिकों के विरचन, गुणों, संरचनाओं तथा उपयोगों का वर्णन कर सकेंगे;
- *d*- तथा *f*- ब्लॉक के तत्वों के सामान्य गुणों तथा इनमें क्षैतिज प्रवृत्ति व वर्ग की सामान्य प्रवृत्ति के बारे में समझ सकेंगे;
- *f*- ब्लॉक के तत्वों के गुणों का वर्णन कर सकेंगे तथा लैन्थेनॉयडों एवं एक्टिनॉयडों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास, ऑक्सीकरण अवस्था एवं रासायनिक व्यवहार का तुलनात्मक परिकलन कर सकेंगे।

***"आयरन, कॉपर, सिल्वर और गोल्ड – सभी संक्रमण तत्वों में आते हैं जिन्होंने मानव सभ्यता के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। आंतरिक संक्रमण तत्व जैसे Th, Pa तथा U आधुनिक काल में नाभिकीय ऊर्जा के श्रेष्ठ स्त्रोत सिद्ध हो रहे हैं।"***

आवर्त सारणी के *d*- ब्लॉक में वर्ग 3 से 12 के तत्व आते हैं, जिसमें चारों दीर्घ आवर्तों में *d* कक्षक भरे जाते हैं। *f*- ब्लॉक के तत्व वे हैं जिनमें दीर्घ आवर्तों में 4*f* तथा 5*f* कक्षक उत्तरोत्तर भरे जाते हैं; इन्हें आवर्त सारणी के नीचे एक अलग खण्ड में रखा गया है। *d*- एवं *f*- ब्लॉक के तत्वों को क्रमशः **संक्रमण** तत्व एवं **आंतरिक संक्रमण** तत्व भी कहते हैं।

संक्रमण तत्वों की मुख्य रूप से चार श्रेणियाँ हैं, 3*d* श्रेणी (Sc से Zn), 4*d* श्रेणी (Y से Cd), तथा 5*d* श्रेणी (La तथा Hf से Hg) तथा चौथी 6*d* श्रेणी जिसमें Ac तथा Rf से Cn तक तत्व आते हैं। आंतरिक संक्रमण तत्वों की दो श्रेणियाँ, 4*f* (Ce से Lu) तथा 5*f* (Th से Lr) क्रमशः **लैन्थेनॉयड** तथा **ऐक्टिनॉयड** कहलाती हैं।

मूलरूप से संक्रमण धातु नाम इस तथ्य से आया कि इनके रासायनिक गुण s तथा p ब्लॉक के मध्य परिवर्ती होते हैं। अब IUPAC के अनुसार संक्रमण धातुओं को ऐसी धातुओं के रूप में परिभाषित किया जाता है जिनके परमाणु अथवा आयन में *d*-कक्षक अपूर्ण होते हैं। वर्ग 12 के ज़िंक, कैडमियम तथा मर्क्यूरी में उनकी मूल अवस्था तथा उनकी सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था में पूर्ण $d^{10}$ विन्यास है और इसीलिए इन्हें संक्रमण धातु नहीं माना जाता। फिर भी, क्रमशः 3*d*, 4*d* तथा 5*d* संक्रमण श्रेणियों के अंतिम सदस्य होने के कारण इनके रसायन का अध्ययन संक्रमण धातुओं के रसायन के साथ किया जाता है।

इनके परमाणुओं में आंशिक भरित *d*- अथवा *f*- कक्षकों की उपस्थिति संक्रमण तत्वों को असंक्रमण तत्वों से अलग कर देती है। इसलिए संक्रमण धातुओं और उनके यौगिकों का अध्ययन अलग से किया जाता है। फिर भी संयोजकता का सामान्य सिद्धांत जो असंक्रमण तत्वों पर लागू होता है, संक्रमण तत्वों पर भी सफलतापूर्वक प्रयुक्त किया जा सकता है।

अनेक बहुमूल्य धातुएं जैसे सिल्वर, गोल्ड तथा प्लैटिनम और औद्योगिक रूप से महत्वपूर्ण धातुएं जैसे आयरन, कॉपर तथा टाइटेनियम सभी संक्रमण धातुएं हैं।

© NCERT not to be republished

इस एकक में हम, संक्रमण तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास, उपलब्धता तथा सामान्य गुणों पर विचार करेंगे जिसमें प्रथम पंक्ति ($3d$) के तत्वों के गुणों में प्रवृत्ति पर अधिक ध्यान देंगे तथा उनके कुछ प्रमुख यौगिकों के विरचन व गुणों का अध्ययन करेंगे। तत्पश्चात आंतरिक संक्रमण धातुओं के सामान्य पहलुओं जैसे इलेक्ट्रॉनिक विन्यास, ऑक्सीकरण अवस्थाएं तथा रासायनिक अभिक्रियाशीलता पर विचार करेंगे।

## संक्रमण तत्व ( $d$-ब्लॉक )

### 4.1 आवर्त सारणी में स्थिति

आवर्त सारणी का बड़ा मध्य भाग $d$- ब्लॉक ने घेरा हुआ है, जिसके दोनों ओर $s$- तथा $p$-ब्लॉक स्थित हैं। इनके परमाणुओं में उपांतिम ऊर्जा स्तरों के $d$- कक्षकों में इलेक्ट्रॉन भरे जाते हैं तथा इस प्रकार संक्रमण धातुओं की चार पंक्तियाँ अर्थात् $3d$, $4d$, $5d$ तथा $6d$ प्राप्त होती हैं। संक्रमण तत्वों की यह श्रेणियाँ सारणी 4.1 में दर्शायी गई हैं।

### 4.2 $d$-ब्लॉक तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

सामान्य रूप से इन तत्वों के बाह्य कक्षकों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-1)d^{1-10}ns^{1-2}$ है। $(n-1)$ आंतरिक $d$ कक्षकों को इंगित करता है, जिनमें एक से दस तक इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं तथा बाह्यतम $ns$ कक्षक में एक अथवा दो इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं। परंतु $(n-1)d$ तथा $ns$ कक्षकों की ऊर्जाओं में बहुत कम अंतर के कारण इस सामान्य नियम के अनेक अपवाद हैं। पुनश्च: अर्ध एवं पूर्ण भरित कक्षकों का स्थायित्व अपेक्षाकृत अधिक होता है। इसका परिणाम $3d$ श्रेणी के संक्रमण तत्वों, Cr तथा Cu के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों में प्रतिबिंबित होता है। उदाहरण के लिए Cr में $3d^4 4s^2$ के स्थान पर $3d^5 4s^1$ विन्यास है। $3d$ व $4s$ कक्षकों की ऊर्जाओं में अंतर इतना कम है कि वह $4s$ इलेक्ट्रॉन के $3d$ कक्षक में प्रवेश को रोक नहीं पाता। इसी प्रकार से Cu में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $3d^9 4s^2$ न होकर $3d^{10} 4s^1$ है। संक्रमण तत्वों की मूल अवस्था में बाह्य कक्षकों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास सारणी 4.1 में दिए गए हैं।

**सारणी 4.1– संक्रमण तत्वों के बाह्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास ( मूल अवस्था )**

**प्रथम श्रेणी**

| | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z$ | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| $4s$ | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| $3d$ | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 10 |

**द्वितीय श्रेणी**

| | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z$ | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| $5s$ | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| $4d$ | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 10 | 10 |

**तृतीय श्रेणी**

| | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z$ | 57 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 |
| $6s$ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| $5d$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 10 |

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

| चतुर्थ श्रेणी | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn |
| *Z* | 89 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 |
| 7*s* | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 6*d* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 10 |

Zn, Cd, Hg तथा Cn के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास, सामान्य सूत्र $(n-1)d^{10}ns^2$ से प्रदर्शित किए जाते हैं। इन तत्वों की मूल अवस्थाओं तथा सामान्य ऑक्सीकरण अवस्थाओं में इनके कक्षक पूर्ण भरित होते हैं। इसीलिए इन्हें संक्रमण तत्वों की श्रेणी में नहीं माना जाता।

संक्रमण तत्वों के *d* कक्षक अन्य कक्षकों (*s* व *p*) की अपेक्षा परमाणु की सतह पर अधिक प्रक्षिप्त होते हैं, अत: वे अपने परिवेश से अधिक प्रभावित होते हैं तथा इसी प्रकार अपने चारों ओर के परमाणुओं अथवा अणुओं को भी प्रभावित करते हैं। कुछ पहलुओं में, एक से विन्यास $d^n$ (n=1–9) वाले आयनों में समान चुंबकीय एवं इलेक्ट्रॉनिक गुण पाए जाते हैं। आंशिक रूप से भरित *d* कक्षकों के कारण ये तत्व कुछ अभिलक्षणिक गुण दर्शाते हैं, जैसे– अनेक ऑक्सीकरण अवस्थाएं, रंगीन आयनों का बनना तथा अनेक प्रकार के लिगन्डों के साथ संकुल निर्माण आदि।

संक्रमण धातुएं तथा इनके यौगिक उत्प्रेरकी गुण व अनुचुंबकीय व्यवहार भी दर्शाते हैं। इन सभी विशेषताओं की विवेचना विस्तार से इस एकक में बाद में की गई है।

असंक्रमण तत्वों के विपरीत संक्रमण तत्वों के गुणों में क्षैतिज समानताएं अधिक पाई जाती हैं। तथापि, कुछ वर्ग समानताएं भी पाई जाती हैं। हम पहले सामान्य अभिलक्षणों तथा उनकी क्षैतिज पंक्ति (प्रमुखत: 3*d* पंक्ति) में प्रवृत्ति का अध्ययन करेंगे, तत्पश्चात् कुछ वर्ग समानताओं पर विचार करेंगे। निम्न खण्डों में हम केवल संक्रमण तत्वों की प्रथम श्रेणी की व्याख्या करेंगे।

**उदाहरण 4.1** आप किस आधार पर यह कह सकते हैं कि स्कैन्डियम (Z=21) एक संक्रमण तत्व है परंतु ज़िंक (Z = 30) नहीं?

**हल** स्कैन्डियम की मूल अवस्था में 3*d* कक्षक अपूर्ण ($3d^1$) होने के कारण इसे संक्रमण तत्व माना जाता है। जबकि ज़िंक परमाणु में मूल अवस्था तथा ऑक्सीकृत अवस्था दोनों में ही इसका 3*d* कक्षक पूर्ण भरित ($3d^{10}$) होता है, अत: इसे संक्रमण तत्व नहीं माना गया है।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.1** सिल्वर परमाणु की मूल अवस्था में पूर्ण भरित *d* कक्षक ($4d^{10}$) हैं। आप कैसे कह सकते हैं कि यह एक संक्रमण तत्व है?

## 4.3 संक्रमण तत्वों (*d*–ब्लॉक) के सामान्य गुण

लगभग सभी संक्रमण तत्व अभिधात्विक गुण, जैसे उच्च तनन सामर्थ्य (tensile strength), तन्यता (ductility), वर्धनीयता (malleability), उच्च तापीय तथा विद्युत् चालकता एवं धात्विक चमक दर्शाते हैं। Zn, Cd, Hg तथा Mn जैसे अपवादों को छोड़कर सामान्य ताप पर इनकी एक या अधिक प्रारूपिक धात्विक संरचनाएं होती हैं। संक्रमण धातुओं की विभिन्न जालक संरचनाओं को आगे सारणी में दिया गया है।



Reprint 2025-26

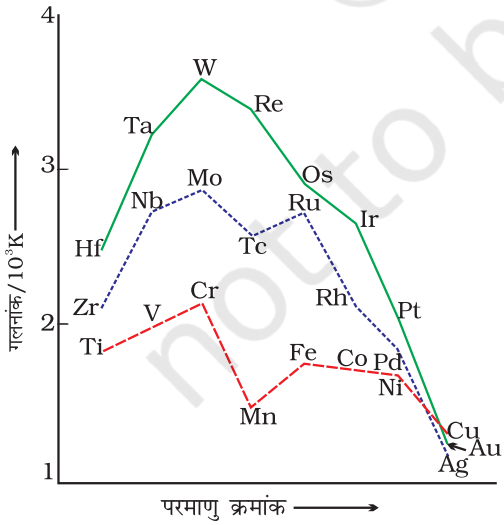
संक्रमण धातुओं की जालक संरचनाएं

| Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *hcp* (*bcc*) | *hcp* (*bcc*) | *bcc* | *bcc* | *X* (*bcc*, *ccp*) | *bcc* (*hcp*) | *ccp* (*hcp*) | *ccp* | *ccp* | *X* (*hcp*) |
| **Y** | **Zr** | **Nb** | **Mo** | **Tc** | **Ru** | **Rh** | **Pd** | **Ag** | **Cd** |
| *hcp* (*bcc*) | *hcp* (*bcc*) | *bcc* | *bcc* | *hcp* | *hcp* | *ccp* | *ccp* | *ccp* | *X* (*hcp*) |
| **La** | **Hf** | **Ta** | **W** | **Re** | **Os** | **Ir** | **Pt** | **Au** | **Hg** |
| *hcp* (*ccp*,*bcc*) | *hcp* (*bcc*) | *bcc* | *bcc* | *hcp* | *hcp* | *ccp* | *ccp* | *ccp* | *X* |

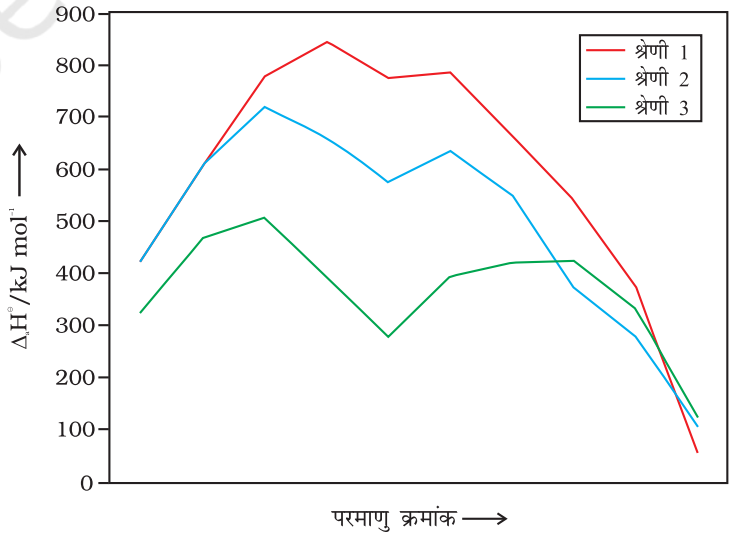
*(bcc = काय केंद्रित घनीय; hcp = षट्कोणीय निबिडतम संकुलन; ccp = घनीय निबिड संकुलन; X = एक विशेष धात्विक संरचना).*

### 4.3.1 भौतिक गुण

संक्रमण धातुएं (ज़िंक, कैडमियम तथा मर्क्यूरी के अपवादों के साथ) अतिकठोर तथा अल्प वाष्पशील होती हैं। इनके गलनांक व क्वथनांक उच्च होते हैं। चित्र 4.1 में 3*d*, 4*d* तथा 5*d* श्रेणी की संक्रमण धातुओं के गलनांक दिए गए हैं। उच्च गलनांक का कारण अंतरापरमाण्विक धात्विक बंधन में ns इलेक्ट्रॉन के अतिरिक्त (n–1)*d* कक्षकों के अधिक इलेक्ट्रॉनों की भागीदारी है। केवल Mn तथा Tc के अपवादों को छोड़कर किसी भी श्रेणी में धातुओं के गलनांक $d^5$ विन्यास पर अधिकतम होते हैं तथा बढ़ते हुए परमाणु क्रमांकों के साथ गलनांकों में नियमित रूप से कमी आती है। इनकी कणन एन्थैल्पी (enthalpy of atomisation) के मान उच्च होते हैं जैसा कि चित्र 4.2 में दर्शाया गया है। प्रत्येक श्रेणी के लगभग मध्य में उच्चतम मान इस तथ्य को दर्शाता है कि प्रबल अंतरापरमाण्विक अन्योन्यक्रिया के लिए प्रति *d* कक्षक एक अयुगलित इलेक्ट्रॉन का होना विशेष रूप से अनुकूल है। सामान्यत: संयोजकता




*चित्र 4.1– संक्रमण तत्वों के गलनांकों की प्रवृत्तियाँ*




*चित्र 4.2– संक्रमण तत्वों की कणन एन्थैल्पी की प्रवृत्तियाँ*



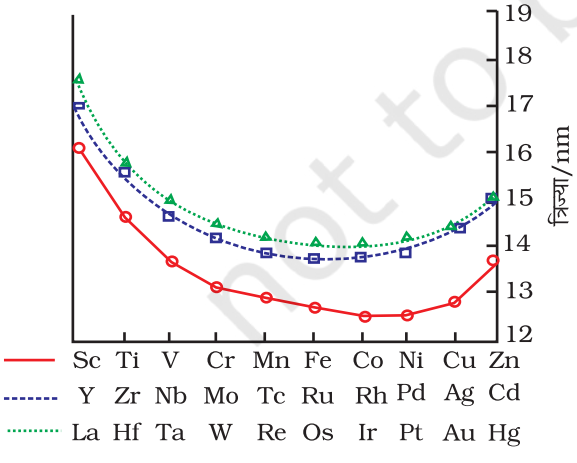
Reprint 2025-26

इलेक्ट्रॉनों की संख्या जितनी अधिक होगी, उतना ही प्रबल परिमाणी आबंधन होगा। चूँकि धातुओं के मानक इलैक्ट्रोड विभव के निर्धारण में कणन एन्थैल्पी एक महत्वपूर्ण कारक है। अत: बहुत उच्च कणन एन्थैल्पी (अर्थात बहुत उच्च क्वथनांक) वाली धातुओं की प्रवृत्ति अभिक्रियाओं में उत्कृष्ट रहने की होती है। (इलैक्ट्रोड विभव के लिए बाद में देखें।)

चित्र 4.2 के आधार पर एक अन्य सामान्य नियम निकाला जा सकता है कि प्रथम संक्रमण श्रेणी के संगत तत्वों की तुलना में द्वितीय तथा तृतीय श्रेणी के तत्वों की कणन एन्थैल्पी के मान अधिक होते हैं; यह भारी संक्रमण धातुओं के यौगिकों में धातु-धातु आबंधों के बहुधा बनने में एक महत्वपूर्ण कारक है।

### 4.3.2 संक्रमण धातुओं के परमाण्विक एवं आयनिक आकारों में परिवर्तन

सामान्यत: श्रेणी में बढ़ते हुए परमाणु क्रमांक के साथ समान आवेश वाले आयनों की त्रिज्याओं में उत्तरोत्तर ह्रास होता है। इसका कारण है कि जब भी नाभिकीय आवेश में वृद्धि होती है, अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन हर बार $d$ ऑर्बिटल में प्रवेश करता है। पुन: स्मरण करें कि $d$ इलेक्ट्रॉन का आवरण प्रभाव (screening effect) कम प्रभावशाली होता है, अत: नाभिकीय आवेश तथा बाह्यतम इलेक्ट्रॉन के बीच नेट वैद्युत आकर्षण में वृद्धि हो जाती है जिससे आयनी त्रिज्या का मान घट जाता है। इसी प्रकार की प्रवृत्ति किसी श्रेणी में परमाणु त्रिज्याओं में भी देखी जाती है। परंतु श्रेणी में त्रिज्याओं के मानों में यह परिवर्तन बहुत थोड़ा होता है। एक रोचक तथ्य प्रकाश में तब आता है जब किसी विशेष संक्रमण श्रेणी के तत्वों के आकार की तुलना, दूसरी श्रेणी के संगत तत्वों के आकार से की जाती है। चित्र 4.3 के वक्र दर्शाते हैं कि प्रथम संक्रमण श्रेणी ($3d$) के तत्वों की तुलना में द्वितीय संक्रमण श्रेणी ($4d$) के संगत तत्वों का आकार बड़ा है परंतु तृतीय संक्रमण श्रेणी ($5d$) के तत्वों की त्रिज्याएं लगभग वही हैं जो कि द्वितीय संक्रमण श्रेणी के संगत तत्वों की हैं। यह परिघटना $4f$ कक्षकों के बीच में आने के कारण होती है जिनमें इलेक्ट्रॉनों की आपूर्ति, $5d$ श्रेणी के तत्वों के $d$ कक्षक में आपूर्ति प्रारंभ होने से पहले होनी चाहिए। $5d$ कक्षकों के पूर्व $4f$ कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों की आपूर्ति के कारण परमाणु त्रिज्याओं में नियमित ह्रास होता है, जिसे **लैन्थेनॉयड आकुंचन** (Lanthanoid Contraction) कहते हैं। जो आवश्यक रूप से बढ़ते हुए परमाणु क्रमांक के साथ परमाणवीय आकार में हुई संभावित वृद्धि की क्षतिपूर्ति करता है। लैन्थेनॉयड आकुंचन के समग्र प्रभाव के कारण द्वितीय एवं तृतीय संक्रमण श्रेणी के अनुरूप तत्वों की त्रिज्याएं समान हो जाती हैं (उदाहरण Zr, 160 pm तथा Hf, 159 pm) तथा इनके भौतिक एवं रासायनिक गुणों में अत्यधिक समानता पाई जाती है, जो सामान्य जातिगत संबंधों के आधार पर अपेक्षित समानता से भी बहुत अधिक होती है।




*चित्र 4.3– संक्रमण तत्वों की परमाणु त्रिज्याओं में प्रवृत्तियाँ*

लैन्थेनॉयड आकुंचन के लिए उत्तरदायी कारक लगभग वही है जो एक सामान्य संक्रमण श्रेणी के लिए देखा जाता है तथा समान कारण के लिए उत्तरदायी है, अर्थात् एक ही समुच्चय के कक्षकों में एक इलेक्ट्रॉन द्वारा दूसरे पर अपूर्ण आवरण प्रभाव। परंतु एक $4f$ इलेक्ट्रॉन द्वारा दूसरे पर आवरण प्रभाव, एक $d$ इलेक्ट्रॉन द्वारा दूसरे पर आवरण प्रभाव की तुलना में कम होता है तथा जैसे-जैसे एक श्रेणी में नाभिकीय आवेश में वृद्धि होती है, सभी $4f^n$ कक्षकों के आकार में नियमित ह्रास होता है।



Reprint 2025-26

धात्विक त्रिज्या में ह्रास के साथ परमाण्विक द्रव्यमान में वृद्धि के परिणामस्वरूप इन तत्वों के घनत्व में सामान्यत: वृद्धि होती है। इस प्रकार की महत्वपूर्ण घनत्व वृद्धि टाइटेनियम (Z=22) से कॉपर (Z=29) तक देखने को मिलती है (सारणी 4.2)।

**सारणी 4.2– प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास एवं कुछ अन्य गुण**

| तत्व | | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| परमाणु क्रमांक | | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| इलेक्ट्रॉनिक विन्यास | | | | | | | | | | | |
| | M | $3d^1 4s^2$ | $3d^2 4s^2$ | $3d^3 4s^2$ | $3d^5 4s^1$ | $3d^5 4s^2$ | $3d^6 4s^2$ | $3d^7 4s^2$ | $3d^8 4s^2$ | $3d^{10} 4s^1$ | $3d^{10} 4s^2$ |
| | $M^+$ | $3d^1 4s^1$ | $3d^2 4s^1$ | $3d^3 4s^1$ | $3d^5$ | $3d^5 4s^1$ | $3d^6 4s^1$ | $3d^7 4s^1$ | $3d^8 4s^1$ | $3d^{10}$ | $3d^{10} 4s^1$ |
| | $M^{2+}$ | $3d^1$ | $3d^2$ | $3d^3$ | $3d^4$ | $3d^5$ | $3d^6$ | $3d^7$ | $3d^8$ | $3d^9$ | $3d^{10}$ |
| | $M^{3+}$ | [Ar] | $3d^1$ | $3d^2$ | $3d^3$ | $3d^4$ | $3d^5$ | $3d^6$ | $3d^7$ | – | – |
| कणन एन्थैल्पी, $\Delta_a H^\ominus$/kJ mol$^{-1}$ | | 326 | 473 | 515 | 397 | 281 | 416 | 425 | 430 | 339 | 126 |
| आयनन एन्थैल्पी/$\Delta_i H^\ominus$/kJ mol$^{-1}$ | | | | | | | | | | | |
| $\Delta_i H^\ominus$ | I | 631 | 656 | 650 | 653 | 717 | 762 | 758 | 736 | 745 | 906 |
| $\Delta_i H^\ominus$ | II | 1235 | 1309 | 1414 | 1592 | 1509 | 1561 | 1644 | 1752 | 1958 | 1734 |
| $\Delta_i H^\ominus$ | III | 2393 | 2657 | 2833 | 2990 | 3260 | 2962 | 3243 | 3402 | 3556 | 3837 |
| धात्विक/आयनिक | M | 164 | 147 | 135 | 129 | 137 | 126 | 125 | 125 | 128 | 137 |
| त्रिज्याएं/pm | $M^{2+}$ | – | – | 79 | 82 | 82 | 77 | 74 | 70 | 73 | 75 |
| | $M^{3+}$ | 73 | 67 | 64 | 62 | 65 | 65 | 61 | 60 | – | – |
| मानक इलैक्ट्रोड | $M^{2+}/M$ | – | –1.63 | –1.18 | –0.90 | –1.18 | –0.44 | –0.28 | –0.25 | +0.34 | -0.76 |
| विभव $E^\ominus$/V | $M^{3+}/M^{2+}$ | – | –0.37 | –0.26 | –0.41 | +1.57 | +0.77 | +1.97 | – | – | – |
| घनत्व/g cm$^{-3}$ | | 3.43 | 4.1 | 6.07 | 7.19 | 7.21 | 7.8 | 8.7 | 8.9 | 8.9 | 7.1 |

**उदाहरण 4.2** संक्रमण तत्व कणन एन्थैल्पी के उच्च मान क्यों दर्शाते हैं?

**हल** क्योंकि इनके परमाणुओं में बड़ी संख्या में अयुगलित इलेक्ट्रॉन होते हैं, इसलिए इनमें प्रबल अंतरापरमाण्विक अन्योन्य क्रिया होती है अत: परमाणुओं के मध्य प्रबल आबंधन के फलस्वरूप कणन एन्थैल्पी उच्च होती है।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.2** श्रेणी, Sc(Z=21) से Zn(Z=30) में, ज़िंक की कणन एन्थैल्पी का मान सबसे कम होता है, अर्थात् 126 kJ mol$^{-1}$; क्यों?

### 4.3.3 आयनन एन्थैल्पी

आंतरिक *d* कक्षकों के भरने के साथ नाभिकीय आवेश में वृद्धि होने के कारण श्रेणी में बाएं से दाहिनी ओर बढ़ने पर संक्रमण श्रेणी के तत्वों की आयनन एन्थैल्पी में वृद्धि होती है, सारणी 4.2 में प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों की प्रथम तीन आयनन एन्थैल्पियों के मान दिए गए हैं। इन मानों से स्पष्ट है कि इन तत्वों की क्रमिक एन्थैल्पी में वैसी तीव्र वृद्धि नहीं होती जैसी कि असंक्रमण तत्वों में। संक्रमण तत्वों की श्रेणी में आयनन एन्थैल्पी में परिवर्तन असंक्रमण तत्वों की श्रेणी से कम होता है। सामान्यत: प्रथम आयनन एन्थैल्पी के मान में वृद्धि

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

होती है परंतु उत्तरोत्तर तत्वों की द्वितीय एवं तृतीय आयनन एन्थैल्पी के मानों में हुई वृद्धि का परिमाण सामान्यत: बहुत अधिक होता है।

$3d$ श्रेणी की धातुओं की प्रथम आयनन एन्थैल्पी की अनियमित प्रवृत्ति का यद्यपि कोई खास रासायनिक महत्व नहीं है फिर भी यह स्पष्टीकरण दिया जा सकता है कि एक इलेक्ट्रॉन पृथक करने से $4s$ तथा $3d$ कक्षकों की आपेक्षिक ऊर्जाओं में परिवर्तन होता है। आपने पढ़ा है कि जब $d$-ब्लॉक के तत्व आयन बनाते हैं तो $ns$ इलेक्ट्रॉन $(n\text{-}1)\ d$ इलेक्ट्रॉनों से पहले निकलते हैं। हम जैसे-जैसे $3d$ शृंखला के आवर्त में बढ़ते हैं तो स्कैन्डियम से ज़िंक की ओर जाने पर नाभिक का आवेश बढ़ता है परंतु इलेक्ट्रॉन आतंरिक उपकोश के कक्षक यानी $3d$ कक्षक में जाते हैं। यह $3d$ इलेक्ट्रॉन $4s$ इलेक्ट्रोनों को बढ़ते हुए नाभिक आवेश से उस स्थिति के मुकाबले कुछ अधिक प्रभावी ढंग से परिरक्षित कर सकते हैं, जिसमें वाह्य इलेक्ट्रॉन एक दूसरे को परिरक्षित करते हैं। अत: परमाण्विक त्रिज्या कम तेज़ी से घटती है। इसलिए $3d$ शृंख्ला में इलेक्ट्रॉनी ऊर्जा में मामूली वृद्धि होती है। दो या अधिक धन आवेश वाले आयनों का विन्यास $d^n$ होता है तथा $4s$ में इलेक्ट्रॉन नहीं होते।

सामान्यत: द्वितीय आयनन एन्थैल्पी के मान में नाभिकीय आवेश में वृद्धि के साथ बढ़ने की प्रवृत्ति की अपेक्षा होती है, क्योंकि एक $d$ इलेक्ट्रॉन दूसरे $d$ इलेक्ट्रॉन को नाभिक के आवेश के प्रभाव से परिरक्षित नहीं करता। इसका कारण $d$-कक्षकों की दिशा का भिन्न होना है। यद्यपि द्वितीय एवं तृतीय आयनन एन्थैल्पी में निरंतर वृद्धि का प्रवाह $Mn^{2+}$ तथा $Fe^{3+}$ आयन बनने में टूट जाता है। दोनों में ही आयनों का विन्यास $d^5$ है। इसी प्रकार का विचलन बाद की संक्रमण शृंखलाओं के संगत तत्वों में भी आता है। $d^n$ इलेक्ट्रॉनी विन्यास के लिए आयनन एन्थैल्पी में परिवर्तन की व्याख्या निम्नलिखित है –

आयनन एन्थैल्पी का मान प्रत्येक इलेक्ट्रॉन के नाभिक की ओर आकर्षण, दो इलेक्ट्रॉनों के बीच प्रतिकर्षण और विनिमय ऊर्जा पर निर्भर करता है। ऊर्जा स्तर के स्थायित्व के लिए विनिमय ऊर्जा उत्तरदायी होती है। विनिमय ऊर्जा, अपभ्रष्ट कक्षकों में समदिश प्रचक्रणों के कुल संभव युगलों के लगभग समानुपाती होती है। जब अपभ्रष्ट कक्षकों में अनेक इलेक्ट्रॉन होते हैं तो निम्नतम ऊर्जा वाला स्तर वह होता है जिसमें अधिकतम कक्षकों में समदिश प्रचक्रण वाले एक-एक इलेक्ट्रॉन होते हैं (हुंड का नियम)। विनिमय ऊर्जा का ह्रास होने से स्थायित्व बढ़ता है और स्थायित्व बढ़ने से आयनन कठिन हो जाता है। $d^6$ विन्यास में विनिमय ऊर्जा का ह्रास नहीं होता।

$Mn^+$ आयन का विन्यास $3d^5 4s^1$ और $cr^+$ आयन का विन्यास $d^5$ है अत: $Mn^+$ की एन्थैल्पी $Cr^+$ से कम होती है। इसी प्रकार से $Mn^{2+}$ का विन्यास $d^5$ है अत: $Fe^{2+}$ की एन्थैल्पी $Mn^{2+}$ से कम है। दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि Fe की तृतीय आयनन एन्थैल्पी Mn से कम है। इन धातुओं की निम्नतम ऑक्सीकरण अवस्था +2 है। गैसीय अणुओं से $M^{2+}$ आयन बनाने हेतु, कणन एन्थैल्पी के साथ-साथ प्रथम एवं द्वितीय आयनन ऊर्जाओं की भी आवश्यकता होती है। प्रमुख पद द्वितीय आयनन एन्थैल्पी है, जिसका मान Cr और Cu के लिए अप्रत्याशित रूप से उच्च है, जिनमें $M^+$ आयनों का क्रमश: $d^5$ तथा $d^{10}$ विन्यास होता है। Zn के लिए संगत मान कम होता है क्योंकि आयनन हेतु एक 1s इलेक्ट्रॉन निकलता है जिससे स्थायी $d^{10}$ विन्यास प्राप्त होता है। तृतीय आयनन एन्थैल्पी में प्रवृत्ति $4s$ कक्षक के कारक द्वारा जटिल नहीं बनती और $d^5$ $(Mn^{2+})$ तथा $d^{10}$ $(Zn^{2+})$ से एक इलेक्ट्रॉन हटाने में अधिक कठिनाई प्रदर्शित होती है। सामान्यत:, तृतीय आयनन एन्थैल्पी पर्याप्त उच्च हैं। कॉपर, जिंक और निकैल की तृतीय आयनन एन्थैल्पी के उच्च मान इंगित करते हैं कि क्यों इन तत्वों की +2 से उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाएँ प्राप्त करना कठिन है।

यद्यपि आयनन एन्थैल्पियाँ, ऑक्सीकरण अवस्थाओं के तुलनात्मक स्थायित्व से संबंधित कुछ मार्गदर्शन देती हैं, फिर भी यह समस्या बहुत जटिल है और तात्कालिक व्यापकीकरण हेतु संशोधनीय नहीं है।



Reprint 2025-26

### 4.3.4 ऑक्सीकरण अवस्था

संक्रमण तत्वों के विशिष्ट लक्षणों में से एक लक्षण इन तत्त्वों द्वारा यौगिकों में कई ऑक्सीकरण अवस्थाएं दर्शाना है। सारणी 4.3 में प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्त्वों की सामान्य ऑक्सीकरण अवस्थाओं को सूचीबद्ध किया गया है।

**सारणी 4.3– प्रथम संक्रमण श्रेणी की धातुओं की ऑक्सीकरण अवस्थाएं ( अति सामान्य ऑक्सीकरण अवस्थाओं को मोटे टाइप में दिखाया गया है।)**

| Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | +2 | +2 | +2 | **+2** | **+2** | **+2** | **+2** | +1 | **+2** |
| +3 | +3 | +3 | **+3** | +3 | **+3** | **+3** | +3 | **+2** | |
| | **+4** | +4 | +4 | +4 | +4 | +4 | +4 | | |
| | | **+5** | +5 | +5 | | | | | |
| | | | **+6** | +6 | +6 | | | | |
| | | | | **+7** | | | | | |

अत्यधिक संख्या में ऑक्सीकरण अवस्थाएं दर्शाने वाले तत्व संक्रमण श्रेणी के मध्य में या इसके निकट स्थित हैं। उदाहरणार्थ, मैंगनीज +2 से +7 तक की सभी ऑक्सीकरण अवस्थाएं दर्शाता है। श्रेणी के दोनों किनारों पर ऑक्सीकरण अवस्थाओं की संख्या कम पाई जाती है। इसका कारण तत्वों (Sc, Ti) में परित्याग या साझेदारी के लिए कम इलेक्ट्रॉनों की उपलब्धता अथवा तत्वों के संयोजकता कोश में *d* इलेक्ट्रॉनों की अधिक संख्या (परिमाणत: भागीदारी के लिए कम कक्षकों की उपलब्धता) [Cu, Zn] है। इस प्रकार प्रथम श्रेणी के आरंभ में स्कैन्डियम (II) वास्तविकता में अज्ञात है तथा Ti(II) या Ti(III) की तुलना में Ti(IV) अधिक स्थायी है। श्रेणी के दूसरे छोर पर ज़िंक की एकमात्र ऑक्सीकरण अवस्था +2 है (*d* इलेक्ट्रॉनों की भागीदारी नहीं है)। सामान्य स्थायित्व वाली अधिकतम ऑक्सीकरण अवस्थाओं की संख्या मैंगनीज तक *s* तथा *d* कक्षकों में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या के योग के बराबर है। ($Ti^{IV}O_2 V^{V}O_2^{+}, Cr^{VI}O_4^{2-} Mn^{VII}O_4^{-}$)। इसके पश्चात् तत्वों की उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाओं के स्थायित्व में आकस्मिक कमी आ जाती है जिसका अनुगमन करने वाली अभिलक्षणिक स्पीशीज़ हैं ($Fe^{II,III}$, $Co^{II,III}$, $Ni^{II}$, $Cu^{I,II}$ तथा $Zn^{II}$)।

परिवर्तनीय ऑक्सीकरण अवस्थाएं जो कि संक्रमण तत्वों की एक विशेषता हैं, का कारण है, अपूर्ण *d* कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों का इस प्रकार से प्रवेश करना, जिससे इन तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं में एक का अंतर बना रहता है। इसका उदाहरण, $V^{II}, V^{III}, V^{IV}, V^{V}$ हैं। उल्लेखनीय है कि असंक्रमण तत्वों (non-transition elements) में, विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्थाओं में सामान्यत: दो का अंतर पाया जाता है।

*d*-ब्लॉक तत्त्वों के वर्गों (वर्ग 4 से 10) की ऑक्सीकरण अवस्थाओं की परिवर्तनशीलता में एक रोचक तथ्य देखने को मिलता है। *p*-ब्लॉक में (अक्रिय युगल प्रभाव के कारण) भारी सदस्यों द्वारा निम्न ऑक्सीकरण अवस्थाएं बनना अनुकूल होता है, जबकि *d*-ब्लॉक में इसका विपरीत सही है। उदाहरणार्थ– वर्ग 6 में Mo(VI) तथा W(VI) का स्थायित्व Cr(VI) से अधिक हैं। अत: अम्लीय माध्यम में Cr(VI), डाइक्रोमेट के रूप में प्रबल ऑक्सीकारक है जबकि $MoO_3$ एवं $WO_3$ नहीं।

निम्न ऑक्सीकरण अवस्थाएं तब पाई जाती है जब एक संकुल यौगिक में ऐसे लिगन्ड हों जिनमें $\sigma$–आबंधन के अतिरिक्त $\pi$–ग्राही गुण भी पाए जाते हों। उदाहरणार्थ – $Ni(CO)_4$ और $Fe(CO)_5$, में निकैल और आयरन की ऑक्सीकरण अवस्था शून्य है।



Reprint 2025-26

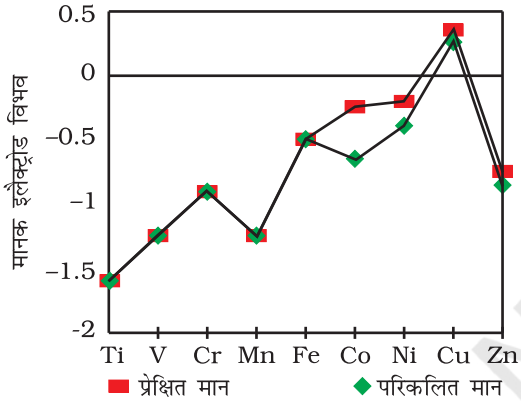
**उदाहरण 4.3** ऐसे संक्रमण तत्त्व का नाम बताइए जिसमें परिवर्तनीय ऑक्सीकरण अवस्थाएं नहीं पाई जातीं।

**हल** स्कैन्डियम (Z=21) परिवर्तनीय ऑक्सीकरण अवस्थाएं नहीं दर्शाता।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.3** संक्रमण तत्त्वों की 3*d* श्रेणी का कौन सा तत्व बड़ी संख्या में ऑक्सीकरण अवस्थाएं दर्शाता है एवं क्यों?

### 4.3.5 $M^{2+}/M$ मानक इलैक्ट्रोड विभवों में प्रवृत्तियाँ




*चित्र 4.4–Ti से Zn तक के तत्त्वों के ($M^{2+} \rightarrow M^{o}$) मानक इलैक्ट्रोड विभवों के प्रेक्षित तथा परिकलित मान*

विलयन में ठोस धातु के $M^{2+}$ आयन में रूपांतरण से संबंधित ऊष्मा-रासायनिक प्राचल और मानक इलैक्ट्रोड विभव सारणी 4.4 में दिए गए हैं। सारणी 4.4 के मानों का उपयोग करके परिकलित मानों तथा $E^{\ominus}$ के प्रेक्षित मानों के मध्य तुलना को चित्र 4.4 में दर्शाया गया है।

कॉपर का घनात्मक $E^{\ominus}$ के कारण अद्वितीय व्यवहार, इसकी अम्लों से $H_2$ मुक्त करने की असमर्थता का स्पष्टीकरण देता है। केवल ऑक्सीकारक अम्ल (नाइट्रिक अम्ल और गरम सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल) ही Cu के साथ अभिक्रिया करते हैं और ये अम्ल अपचित हो जाते हैं। Cu(s) के $Cu^{2+}$(aq) में रूपांतरण के लिए आवश्यक उच्च ऊर्जा, इसकी जलयोजन एन्थैल्पी से संतुलित नहीं हो पाती। श्रेणी में $E^{\ominus}$ के कम ऋणात्मक मानों की सामान्य प्रवृत्ति धातुओं के प्रथम एवं द्वितीय आयनन एन्थैल्पी के योग में सामान्य वृद्धि से संबंधित है। यह जानना रोचक है कि Mn, Ni तथा Zn के $E^{\ominus}$ के मान सामान्य प्रवृत्ति द्वारा आपेक्षित मानों से अधिक ऋणात्मक होते हैं।

**सारणी 4.4– प्रथम श्रेणी के संक्रमण तत्वों के ऊष्मा-रासायनिक मान (kJ mol-1) और M(II) से M में अपचयन के मानक इलैक्ट्रोड विभवों के मान**

| तत्त्व (M) | $\Delta_a H^{\ominus}$ (M) | $\Delta_i H_1^{\ominus}$ | $\Delta_i H_2^{\ominus}$ | $\Delta_{hyd} H^{\ominus}(M^{2+})$ | $E^{\ominus}/V$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Ti | 469 | 656 | 1309 | –1866 | –1.63 |
| V | 515 | 650 | 1414 | –1895 | –1.18 |
| Cr | 398 | 653 | 1592 | –1925 | –0.90 |
| Mn | 279 | 717 | 1509 | –1862 | –1.18 |
| Fe | 418 | 762 | 1561 | –1998 | –0.44 |
| Co | 427 | 758 | 1644 | –2079 | –0.28 |
| Ni | 431 | 736 | 1752 | –2121 | –0.25 |
| Cu | 339 | 745 | 1958 | –2121 | 0.34 |
| Zn | 130 | 906 | 1734 | –2059 | –0.76 |



Reprint 2025-26

**उदाहरण 4.4** $Cr^{2+}$ अपचायक है जबकि $Mn^{3+}$ ऑक्सीकारक, जबकि दोनों का $d^4$ विन्यास है, क्यों?

**हल** $Cr^{2+}$ एक अपचायक है; क्योंकि इसका विन्यास $d^4$ से $d^3$ में परिवर्तित होता है जिसमें अर्ध-भरित $t_{2g}$ स्तर (एकक 5 देखें) होता है। दूसरी ओर $Mn^{3+}$ से $Mn^{2+}$ में परिवर्तन से अर्धभरित ($d^5$) विन्यास प्राप्त होता है जो इसे अतिरिक्त स्थायित्व प्रदान करता है।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.4** कॉपर के लिए $E^{\ominus}(M^{2+}/M)$ का मान घनात्मक (+0.34V) है। इसके संभावित कारण क्या हैं? (संकेत- इसके उच्च $\Delta_a H^{\ominus}$ और $\Delta_{hyd}H^{\ominus}$ पर ध्यान दें)

$Mn^{2+}$ में अर्ध-भरित *d*- कक्षक का स्थायित्व और $Zn^{2+}$ में पूर्णभरित $d^{10}$ विन्यास इनके $E^{\ominus}$ मानों से संबंधित है, जबकि Ni का $E^{\ominus}$ इसके उच्चतम ऋणात्मक $\Delta_{hyd}H^{\ominus}$ से संबंधित है।

### 4.3.6 मानक इलैक्ट्रोड विभवों $M^{3+}/M^{2+}$ में प्रवृत्तियाँ

सारणी 4.2 में $E^{\ominus}(M^{3+}/M^{2+})$ के मानों का अवलोकन इनकी परिवर्तनशील प्रवृत्तियों को दर्शाता है। Sc के लिए इसका निम्न मान, $Sc^{3+}$ के स्थायित्व को दर्शाता है जिसका विन्यास अक्रिय गैस विन्यास है। Zn के लिए इसके उच्चतम मान का कारण $Zn^{2+}$ के स्थायी $d^{10}$ विन्यास से एक इलेक्ट्रॉन का हटना है। Mn के लिए अपेक्षाकृत उच्च मान दर्शाता है कि $M_n^{2+}$ ($d^5$) विशेष रूप से स्थायी है जबकि Fe के अपेक्षाकृत निम्न मान, $Fe^{3+}$($d^5$) के अतिरिक्त स्थायित्व को दर्शाते हैं। V के अपेक्षाकृत निम्न मान $V^{2+}$ के स्थायित्व से संबंधित हैं। (अर्धभरित $t_{2g}$ स्तर, एकक 5)।

### 4.3.7 उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्थाओं के स्थायित्व की प्रवृत्तियाँ

सारणी 4.5 संक्रमण धातुओं की *3d* श्रेणी के स्थायी हैलाइडों को दर्शाती है। उच्चतम ऑक्सीकरण संख्या $TiX_4$ (टेट्राहैलाइडों), $VF_5$ और $CrF_6$ में प्राप्त होती हैं। Mn की +7 ऑक्सीकरण अवस्था सरल हैलाइड में प्रदर्शित नहीं होती परंतु $MnO_3F$ ज्ञात है और Mn के पश्चात् सिवाय $FeX_3$ और $CoF_3$ के कोई भी धातु ट्राइहैलाइड नहीं बनाता।

अधिकतम ऑक्सीकरण अवस्था को स्थायित्व प्रदान करने की फ्लुओरीन की क्षमता या तो इसकी उच्च जालक ऊर्जा के कारण होती है, जैसे कि $CoF_3$ के संदर्भ में या उच्च सहसंयोजक यौगिकों जैसे $VF_5$ और $CrF_6$ में, उच्च आबंध एन्थैल्पी के कारण होती है।

**सारणी 4.5– *3d* धातुओं के हैलाइडों के सूत्र**

| ऑक्सीकरण संख्या | धातु हैलाइड | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + 6 | | | $CrF_6$ | | | | | | |
| + 5 | | $VF_5$ | $CrF_5$ | | | | | | |
| + 4 | $TiX_4$ | $VX_4^{I}$ | $CrX_4$ | $MnF_4$ | | | | | |
| + 3 | $TiX_3$ | $VX_3$ | $CrX_3$ | $MnF_3$ | $FeX_3^{I}$ | $CoF_3$ | | | |
| + 2 | $TiX_2^{III}$ | $VX_2$ | $CrX_2$ | $MnX_2$ | $FeX_2$ | $CoX_2$ | $NiX_2$ | $CuX_2^{II}$ | $ZnX_2$ |
| + 1 | | | | | | | | $CuX^{III}$ | |

यहाँ X = F → I; $X^{I}$ = F → Br; $X^{II}$ = F, CI; $X^{III}$ = CI → I



Reprint 2025-26

यद्यपि $VF_5$ केवल $V^V$ को प्रदर्शित करता है, अन्य हैलाइड जलअपघटन पर ऑक्सोहैलाइड, $VOX_3$ देते हैं। फ्लुओराइडों का दूसरा गुण, निम्न ऑक्सीकरण अवस्था में इनका अस्थायित्व है, जैसे- $VX_2$(X=Cl,Br और I) में और यही CuX के लिए लागू होता है। दूसरी ओर आयोडाइड के अतिरिक्त $Cu^{II}$ के सभी हैलाइड ज्ञात हैं। यहाँ $Cu^{2+}$, $I^-$ को $I_2$ में ऑक्सीकृत करता है –

$$2Cu^{2+} + 4I^- \rightarrow Cu_2I_2\,(s) + I_2$$

तथापि अनेक $Cu^+$ यौगिक जलीय विलयन में अस्थायी हैं तथा निम्नानुसार असमानुपातित होते हैं–

$$2Cu^+ \rightarrow Cu^{2+} + Cu$$

$Cu^{2+}(aq)$ का स्थायित्व $Cu^+(aq)$ से अधिक होने का कारण इसकी जलयोजन एन्थैल्पी $\Delta_{hyd}H^\ominus$ का $Cu^{2+}$ की तुलना में बहुत अधिक ऋणात्मक मान होना है, जो कॉपर की द्वितीय आयनन एन्थैल्पी की क्षतिपूर्ति से अधिक है।

ऑक्सीजन की उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था को स्थायित्व प्रदान करने की क्षमता ऑक्साइडों में प्रदर्शित होती है। ऑक्साइडों में उच्चतम ऑक्सीकरण संख्या (सारणी 4.6) उनकी वर्ग संख्या से मेल खाती है और यह $Sc_2O_3$ से $Mn_2O_7$ तक देखने को मिलती है। वर्ग 7 के बाद, Fe के उच्च ऑक्साइड $Fe_2O_3$ से आगे ज्ञात नहीं है। यद्यपि क्षारकीय माध्यम में फेरेट (VI) अवस्था में, $(FeO_4)^{2-}$, आयन बनते हैं परंतु यह शीघ्र ही $Fe_2O_3$ व $O_2$ में विघटित हो जाते हैं। ऑक्साइड के अतिरिक्त, ऑक्सोकैटायन $V^V$ को $VO_2^+$, $V^{IV}$ को $VO^{2+}$ तथा $Ti^{IV}$ को $TiO^{2+}$ के रूप में स्थायित्व प्रदान करते हैं। फ्लुओरीन की अपेक्षा ऑक्सीजन की इन उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाओं को स्थायित्व प्रदान करने की क्षमता अधिक होती है। इस प्रकार Mn का उच्चतम फ्लुओराइड $MnF_4$ है जबकि उच्च ऑक्साइड $Mn_2O_7$ है। ऑक्सीजन की धातुओं के साथ बहुआबंध बनाने की क्षमता से इसकी उत्कृष्टता को समझा जा सकता है। सहसंयोजक ऑक्साइड $Mn_2O_7$ में, प्रत्येक Mn परमाणु, चतुष्फलकीय रूप से एक Mn-O-Mn सेतु सहित O परमाणुओं से घिरा रहता है। $V^V$, $Cr^{VI}$, $Mn^V$, $Mn^{VI}$ और $Mn^{VII}$ के लिए चतुष्फलकीय $[MO_4]^{n-}$ आयन ज्ञात है।

**सारणी 4.6– *3d* धातुओं के ऑक्साइड**

| ऑक्सीकरण संख्या | समूह 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + 7 | | | | | $Mn_2O_7$ | | | | | |
| + 6 | | | | $CrO_3$ | | | | | | |
| + 5 | | | $V_2O_5$ | | | | | | | |
| + 4 | | $TiO_2$ | $V_2O_4$ | $CrO_2$ | $MnO_2$ | | | | | |
| + 3 | $Sc_2O_3$ | $Ti_2O_3$ | $V_2O_3$ | $Cr_2O_3$ | $Mn_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | | | | |
| | | | | | $Mn_3O_4$* | $Fe_3O_4$* | $Co_3O_4$* | | | |
| + 2 | | TiO | VO | (CrO) | MnO | FeO | CoO | NiO | CuO | ZnO |
| + 1 | | | | | | | | | $Cu_2O$ | |

* *मिश्रित ऑक्साइड*



Reprint 2025-26

**उदाहरण 4.5** आप श्रेणी $VO_2^+ < Cr_2O_7^{2-} < MnO_4^-$ में ऑक्सीकारक क्षमता में वृद्धि को कैसे स्पष्ट करेंगे?

**हल** इसका कारण इनके अपचयन के बाद प्राप्त निम्न स्पीशीज़ के स्थायित्व में वृद्धि है।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.5** संक्रमण तत्त्वों की प्रथम श्रेणी में आयनन एन्थैल्पी (प्रथम और द्वितीय) में अनियमित परिवर्तन को आप कैसे समझायेंगे?

### 4.3.8 रासायनिक अभिक्रियाशीलता एवं $E^\ominus$ मान

संक्रमण धातुओं की रासायनिक अभिक्रियाशीलता व्यापक रूप से परिवर्तनशील है। बहुत-सी धातुएं पर्याप्त विद्युतधनीय हैं तथा खनिज अम्लों में विलेय हैं, जबकि कुछ धातुएँ 'उत्कृष्ट' हैं, जो कि साधारण अम्लों द्वारा प्रभावित नहीं होती।

कॉपर धातु को छोड़कर प्रथम श्रेणी के तत्व अपेक्षाकृत अधिक अभिक्रियाशील होते हैं जो 1M $H^+$ आयनों द्वारा ऑक्सीकृत हो जाते हैं, यद्यपि इन धातुओं की हाइड्रोजन आयन ($H^+$) जैसे ऑक्सीकारकों से अभिक्रिया करने की वास्तविक दर में कभी-कभी कमी आ जाती है। उदाहरणार्थ— कक्ष ताप पर टाइटेनियम एवं वैनेडियम तनु ऑक्सीकारक अम्लों के प्रति निष्क्रिय हैं। $M^{2+}/M$ के $E^\ominus$ के मान श्रेणी में द्विसंयोजी धनायनों के बनाने की घटती हुई प्रवृत्ति को दर्शाते हैं (सारणी 4.2)। $E^\ominus$ के कम ऋणात्मक मानों की ओर जाने की सामान्य प्रवृत्ति प्रथम एवं द्वितीय आयनन एन्थैल्पी के योग में सामान्य वृद्धि से संबंधित है। यह जानना रोचक है कि Mn, Ni और Zn के $E^\ominus$ मान सामान्य प्रवृत्ति से आपेक्षित मानो की तुलना में अधिक ऋणात्मक हैं। जबकि $Mn^{2+}$ में अर्ध भरित *(d)* उपकोश *($d^5$)* तथा $Zn^{2+}$ में पूर्ण भरित *d*-उपकोश का स्थायित्व इनके $E^\ominus$ के मानों से संबंधित है; निकैल के लिए $E^\ominus$ का मान इसकी उच्चतम ऋणात्मक जलयोजन एन्थैल्पी से संबंधित है।

$M^{3+}/M^{2+}$ रेडॉक्स युग्म के $E^\ominus$ मानों के अवलोकन (सारणी 4.2) से स्पष्ट है कि $Mn^{3+}$ तथा $Co^{3+}$ आयन जलीय विलयन में प्रबलतम ऑक्सीकरण कर्मक का कार्य करते हैं। $Ti^{2+}$, $V^{2+}$ तथा $Cr^{2+}$ आयन प्रबल अपचायी कर्मक (अपचायक) हैं तथा तनु अम्ल से हाइड्रोजन गैस मुक्त करते हैं। उदाहरणार्थ–

$$2\,Cr^{2+}(aq) + 2\,H^+(aq) \rightarrow 2\,Cr^{3+}(aq) + H_2(g)$$

**उदाहरण 4.6** संक्रमण धातुओं की प्रथम श्रेणी के $E^\ominus$ के मान है–

| $E^\ominus$ | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $(M^{2+}/M)$ | –1.18 | – 0.91 | –1.18 | – 0.44 | – 0.28 | – 0.25 | +0.34 |

इन मानों में अनियमितता के कारण को समझाइए।

**हल** $E^\ominus$ $(M^{2+}/(M)$ के मान नियमित नहीं हैं, इसे हम आयनन एन्थैल्पी में अनियमित परिवर्तन $(\Delta_i H_1 + \Delta_i H_2)$ तथा उर्ध्वपातन एन्थैल्पी द्वारा समझा सकते हैं जो कि मैंगनीज और वैनेडियम के लिए अपेक्षाकृत बहुत कम होती है।

**उदाहरण 4.7** $Mn^{3+}/Mn^{+2}$ युग्म के लिए $E^\ominus$ का मान $Cr^{3+}/Cr^{2+}$ अथवा $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ के मानों से बहुत अधिक धनात्मक क्यों होता है? समझाइए।

**हल** इसके लिए Mn की तृतीय आयनन ऊर्जा का बहुत अधिक मान ($d^5$ से $d^4$ में परिवर्तन के लिए आवश्यक) उत्तरदायी है। इससे यह भी स्पष्ट होता है कि क्यों Mn की +3 अवस्था ज़्यादा महत्त्व की नहीं है।



Reprint 2025-26

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**4.6** कोई धातु अपनी उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था केवल ऑक्साइड अथवा फ्लुओराइड में ही क्यों प्रदर्शित करती है?

**4.7** $Cr^{2+}$ और $Fe^{2+}$ में से कौन प्रबल अपचायक है और क्यों?

### 4.3.9 चुबंकीय गुण

पदार्थ पर चुंबकीय क्षेत्र अनुप्रयुक्त करने पर मुख्यत: दो प्रकार के चुंबकीय व्यवहार प्रदर्शित होते हैं – *प्रतिचुंबकत्व* (*diamagnetism*) तथा *अनुचुंबकत्व* (*Paramagnetism*)। प्रतिचुंबकीय पदार्थ, अनुप्रयुक्त चुंबकीय क्षेत्र द्वारा प्रतिकर्षित होते हैं परंतु अनुचुंबकीय पदार्थ आकर्षित होते हैं। जो पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र में प्रबल रूप से आकर्षित होते हैं, वे *लोहचुंबकीय* (*Ferromagnetic*) कहलाते हैं। वास्तव में, लोहचुंबकत्व, अनुचुंबकत्व का चरम स्वरूप है। बहुत से संक्रमण धातु आयन अनुचुंबकीय हैं।

अनुचुंबकत्व की उत्पत्ति, अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की उपस्थिति के कारण होती है, प्रत्येक ऐसे अयुगलित इलेक्ट्रॉन का *चुंबकीय आघूर्ण* (magnetic moment), *प्रचक्रण कोणीय संवेग* (spin angular momentum) तथा *कक्षीय कोणीय संवेग* (orbital angular momentum) से संबंधित होता है। प्रथम संक्रमण श्रेणी की धातुओं के यौगिकों में कक्षीय कोणीय संवेग का योगदान प्रभावी रूप से शमित (quench) हो जाता है इसलिए इसका कोई महत्व नहीं रह जाता। अत: इनके लिए चुंबकीय आघूर्ण का निर्धारण उसमें उपस्थित अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या के आधार पर किया जाता है तथा इसकी गणना नीचे दिए गए 'प्रचक्रण-मात्र' (Spin only) सूत्र द्वारा की जाती है।

$$\mu = \sqrt{n(n+2)}$$

यहाँ n अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या है तथा $\mu$ चुंबकीय आघूर्ण है जिसका मात्रक बोर मैग्नेटॉन (BM) है। एक अयुगलित इलेक्ट्रॉन का चुंबकीय आघूर्ण 1.73 बोर मैग्नेटॉन (BM) होता है।

अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की बढ़ती संख्या के साथ चुंबकीय आघूर्ण का मान बढ़ता है। अत: प्रेक्षित चुंबकीय आघूर्ण से परमाणुओं, अणुओं तथा आयनों में उपस्थित अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या का संकेत मिलता है। 'प्रचक्रण-मात्र' सूत्र द्वारा गणना से प्राप्त चुंबकीय आघूर्ण के मान तथा प्रयोगों के आधार पर निर्धारित प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों के चुंबकीय आघूर्णों के मान सारणी 4.7 में दिए गए हैं। प्रायोगिक आँकड़े मुख्य रूप से विलयन में उपस्थित जलयोजित आयनों अथवा ठोस अवस्था के लिए हैं।

**सारणी 4.7– चुंबकीय आघूर्ण के परिकलित एवं प्रेक्षित मान (BM)**

| आयन | विन्यास | अयुग्मित इलेक्ट्रॉन | चुंबकीय आघूर्ण | |
|---|---|---|---|---|
| | | | परिकलित | प्रेक्षित |
| $Sc^{3+}$ | $3d^0$ | 0 | 0 | 0 |
| $Ti^{3+}$ | $3d^1$ | 1 | 1.73 | 1.75 |
| $Tl^{2+}$ | $3d^2$ | 2 | 2.84 | 2.76 |
| $V^{2+}$ | $3d^3$ | 3 | 3.87 | 3.86 |
| $Cr^{2+}$ | $3d^4$ | 4 | 4.90 | 4.80 |



Reprint 2025-26

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $Mn^{2+}$ | $3d^5$ | 5 | 5.92 | 5.96 |
| $Fe^{2+}$ | $3d^6$ | 4 | 4.90 | 5.3 – 5.5 |
| $Co^{2+}$ | $3d^7$ | 3 | 3.87 | 4.4 – 5.2 |
| $Ni^{2+}$ | $3d^8$ | 2 | 2.84 | 2.9 – 3, 4 |
| $Cu^{2+}$ | $3d^9$ | 1 | 1.73 | 1.8 – 2.2 |
| $Zn^{2+}$ | $3d^{10}$ | 0 | 0 | |

**उदाहरण 4.8** जलीय विलयन में द्विसंयोजी आयन के चुंबकीय आघूर्ण की गणना कीजिए; यदि इसका परमाणु क्रमांक 25 है।

**हल** जलीय विलयन में परमाणु क्रमांक 25 वाले द्विसंयोजी आयन में अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या 5 होगी। अतः इसका चुंबकीय आघूर्ण होगा, $\mu = \sqrt{5(5+2)} = 5.92\,BM$

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.8** $M^{2+}$(aq) ion ($Z = 27$) के लिए 'प्रचक्रण-मात्र' चुंबकीय आघूर्ण की गणना कीजिए।

### 4.3.10 रंगीन आयनों का बनना

*चित्र 4.5 — प्रथम संक्रमण श्रेणी के कुछ धात्विक आयनों के जलीय विलयनों के रंग। बाईं ओर से दाईं ओर $V^{4+}$, $V^{3+}$, $Mn^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ और $Cu^{2+}$.*

जब निम्न उर्जा वाले *d*-कक्षक से इलेक्ट्रॉन का उत्तेजन, उच्च ऊर्जा वाले *d*-कक्षक में होता है तो उत्तेजन ऊर्जा (energy of excitation) का मान अवशोषित प्रकाश की आवृत्ति के संगत होता है (एकक 5)। सामान्यतः यह आवृत्ति, दृश्य प्रक्षेत्र (visible region) में स्थित होती है। प्रेक्षित रंग, अवशोषित प्रकाश का पूरक रंग होता है। अवशोषित प्रकाश के आवृत्ति का निर्धारण लिगन्ड (Ligand) के स्वभाव के आधार पर किया जाता है। सारणी 4.8 में आयनों के जलीय विलयन में प्रेक्षित रंगों को क्रमबद्ध किया गया है, यहाँ जल के अणु लिगन्ड का कार्य करते हैं। चित्र 4.5 में कुछ *d*-ब्लॉक तत्वों के रंगीन विलयनों को दर्शाया गया है।

**सारणी 4.8– प्रथम संक्रमण श्रेणी के कुछ जलयोजित धातु आयनों के रंग**

| विन्यास | उदाहरण | रंग |
|---|---|---|
| $3d^0$ | $Sc^{3+}$ | रंगहीन |
| $3d^0$ | $Ti^{4+}$ | रंगहीन |
| $3d^1$ | $Ti^{3+}$ | नीललोहित |
| $3d^1$ | $V^{4+}$ | नीला |
| $3d^2$ | $V^{3+}$ | हरा |
| $3d^3$ | $V^{2+}$ | बैंगनी |
| $3d^3$ | $Cr^{3+}$ | बैंगनी |
| $3d^4$ | $Mn^{3+}$ | बैंगनी |
| $3d^4$ | $Cr^{2+}$ | नीला |
| $3d^5$ | $Mn^{2+}$ | गुलाबी |
| $3d^5$ | $Fe^{3+}$ | पीला |



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

| | | |
|---|---|---|
| $3d^6$ | $Fe^{2+}$ | हरा |
| $3d^6 3d^7$ | $Co^{3+} Co^{2+}$ | नीला–गुलाबी |
| $3d^8$ | $Ni^{2+}$ | हरा |
| $3d^9$ | $Cu^{2+}$ | नीला |
| $3d^{10}$ | $Zn^{2+}$ | रंगहीन |

### 4.3.11 संकुल यौगिकों का बनना

संकुल यौगिक वे यौगिक होते हैं जिनमें धातु आयन निश्चित संख्या में ऋणायन अथवा उदासीन अणुओं से बंधन करके संकुलन स्पीशीज़ बनाते हैं। जिनके अपने अभिलक्षणिक गुण होते हैं। इसके कुछ उदाहरण हैं — $[Fe(CN)_6]^{3-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ तथा $[PtCl_4]^{2-}$ (एकक 5 में संकुल यौगिकों के रसायन की विस्तृत चर्चा की गई है)। संक्रमण तत्त्व अनेक संकुल यौगिकों की रचना करते हैं। इसका मुख्य कारण है धातु आयनों के आकार का छोटा होना, धातु आयनों पर उच्च आयनिक आवेश तथा आबंधों के बनने के लिए *d* कक्षकों की उपलब्धता।

### 4.3.12 उत्प्रेरकीय गुण

संक्रमण धातुएं तथा इनके यौगिक उत्प्रेरकीय सक्रियता के लिए जाने जाते हैं। संक्रमण धातुओं का यह गुण उनकी परिवर्तनशील संयोजकता एवं संकुल यौगिक के बनाने के गुण के कारण हैं। वैनेडियम (V) ऑक्साइड (संस्पर्श प्रक्रम में), सूक्ष्म विभाजित आयरन (हाबर प्रक्रम में) और निकैल (उत्प्रेरकीय हाइड्रोजनन में) संक्रमण धातुओं के द्वारा उत्प्रेरण के कुछ उदाहरण हैं। उत्प्रेरक के ठोस पृष्ठ पर अभिकारक के अणुओं तथा उत्प्रेरक की सतह के परमाणुओं के बीच आबंधों की रचना होती है। आंबध बनाने के लिए प्रथम संक्रमण श्रेणी की धातुएं *3d* एवं *4s* इलेक्ट्रॉनों का उपयोग करती हैं। परिणामस्वरूप, उत्प्रेरक की सतह पर अभिकारक की सांद्रता में वृद्धि हो जाती है तथा अभिकारक के अणुओं में उपस्थित आबंध दुर्बल हो जाते हैं। सक्रियण ऊर्जा का मान घट जाता है। ऑक्सीकरण अवस्थाओं में परिवर्तन हो सकने के कारण संक्रमण धातुएं उत्प्रेरक के रूप में अधिक प्रभावी होती हैं। उदाहरणार्थ — आयरन (III), आयोडाइड आयन तथा परसल्फेट आयन के बीच संपन्न होने वाली अभिक्रिया को उत्प्रेरित करता है।

$$2\,I^- + S_2O_8^{2-} \rightarrow I_2 + 2\,SO_4^{2-}$$

इस उत्प्रेरकीय अभिक्रिया का स्पष्टीकरण इस प्रकार हैं —

$$2\,Fe^{3+} + 2\,I^- \rightarrow 2\,Fe^{2+} + I_2$$

$$2\,Fe^{2+} + S_2O_8^{2-} \rightarrow 2\,Fe^{3+} + 2SO_4^{2-}$$

### 4.3.13 अंतराकाशी यौगिकों का बनना

जब संक्रमण धातुओं के क्रिस्टल जालक के भीतर छोटे आकार वाले परमाणु जैसे H, N या C संपाशित हो जाते हैं तो अंतराकाशी यौगिकों की रचना होती है। ये यौगिक सामान्यतया *असमीकरणमितीय* (non-stoichiometric) होते हैं तथा न तो आयनी होते हैं और न ही सहसंयोजी। उदाहरण के लिए TiC, $Mn_4N$, $Fe_3H$, $VH_{0.56}$ तथा $TiH_{1.7}$ इत्यादि। उद्धृत सूत्र धातुओं की कोई सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित नहीं करते। संघटनों की प्रकृति के आधार पर, इस प्रकार के यौगिक *अंतराकाशी यौगिक* (interstitial compounds) कहलाते हैं। इन यौगिकों के मुख्य भौतिक एवं रासायनिक अभिलक्षण निम्न होते हैं –

(i) अंतराकाशी यौगिकों के गलनांक उच्च होते हैं जो शुद्ध धातुओं से भी अधिक हैं।

(ii) ये अति कठोर होते हैं। यहाँ तक कि कुछ बोराइडों की कठोरता लगभग हीरे की कठोरता के समान होती है।

(iii) इन यौगिकों की धात्विक चालकता सुरक्षित रहती है।

(iv) रासायनिक रूप से अंतराकाशी यौगिक निष्क्रिय होते हैं।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

### 4.3.14 मिश्रातुओं का बनना

मिश्रातु (alloy) विभिन्न धातुओं का सम्मिश्रण होते हैं जो कि धातुओं के सम्मिश्रण से प्राप्त होते हैं। मिश्रातु समांगी ठोस विलयन हो सकते हैं जिनमें एक धातु के परमाणु, दूसरी धातु के परमाणुओं में अनियमित रूप से वितरित रहते हैं। इस प्रकार के मिश्रातुओं की रचनाएं उन परमाणुओं द्वारा होती हैं जिनकी धात्विक त्रिज्याओं में 15% का अंतर हो। संक्रमण धातुओं के अभिलक्षणिक गुणों तथा उनकी त्रिज्याओं में समानता के कारण संक्रमण धातुओं द्वारा मिश्रातुओं की रचना सरलतापूर्वक होती है। इस प्रकार प्राप्त मिश्रातु कठोर होते हैं तथा इनके गलनांक सामान्यतया उच्च होते हैं। फेरस मिश्रातु सबसे सुपरिचित मिश्रातु हैं। क्रोमियम, वैनेडियम, टंगस्टन, मॉलिब्डेनम तथा मैंगनीज का उपयोग विभिन्न प्रकार के स्टील तथा स्टेनलेस स्टील के उत्पादन में किया जाता है। असंक्रमण धातुओं तथा संक्रमण धातुओं के संयोग से प्राप्त मिश्रातु औद्योगिक महत्त्व के होते हैं, जिनके उदाहरण हैं— पीतल (कॉपर-जिंक), कांसा (कॉपर-टिन) आदि।

**उदाहरण 4.9** ऑक्सीकरण अवस्था के 'असमानुपातन' का क्या अर्थ है? एक उदाहरण दीजिए।

**हल** जब एक विशिष्ट ऑक्सीकरण अवस्था उससे कम तथा उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाओं की तुलना में कम स्थायी हो तो उसका असमानुपातन होता है। उदाहरण– मैंगनीज (VI), ऑक्सीकरण अवस्था मैंगनीज (VII) तथा मैंगनीज (IV) की तुलना में अम्लीय माध्यम में कम स्थायी है।

$$3\,Mn^{VI}O_4^{2-} + 4\,H^+ \rightarrow 2\,Mn^{VII}O_4^- + Mn^{IV}O_2 + 2H_2O$$

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.9** स्पष्ट कीजिए कि $Cu^+$ आयन जलीय विलयन में स्थायी नहीं है, क्यों? समझाइए।

## 4.4 संक्रमण तत्वों के कुछ महत्वपूर्ण यौगिक

उच्च ताप पर संक्रमण धातुओं एवं ऑक्सीजन के मध्य अभिक्रिया के फलस्वरूप संक्रमण धातुओं के ऑक्साइड प्राप्त होते हैं। स्कैंडियम के अतिरिक्त सभी धातुएं MO प्रकार के आयनिक ऑक्साइड बनाती हैं। इन ऑक्साइडों में धातुओं की उच्चतम ऑक्सीकरण संख्या इनकी वर्ग संख्या के (समान होती है। जैसा कि $Sc_2O_3$ से $Mn_2O_7$ यौगिकों तक देखने को मिलता है। वर्ग 7 के पश्चात् आयरन का $Fe_2O_3$ से ऊपर कोई उच्च ऑक्साइड ज्ञात नहीं है। ऑक्साइड के अतिरिक्त ऑक्सो-धनायन (oxocations) $V^V$ को $VO_2^+$ में, $V^{IV}$ को $VO^{2+}$ में तथा $TiO^{2+}$ को $Ti^{IV}$ स्थायित्व देते हैं।

### 4.4.1 धातुओं के ऑक्साइड एवं ऑक्सो-ऋणायन

धातुओं की ऑक्सीकरण संख्या में वृद्धि के साथ ऑक्साइडों के आयनिक गुण में कमी आती है। मैंगनीज का ऑक्साइड, $Mn_2O_7$ सहसंयोजी तथा हरा तैलीय पदार्थ होता है। यहाँ तक कि $CrO_3$ तथा $V_2O_5$ के गलनांक भी निम्न होते हैं। इन उच्च ऑक्साइडों में अम्लीय स्वभाव की प्रमुखता होती है।

इस प्रकार $Mn_2O_7$ से $HMnO_4$ प्राप्त होता है। $H_2CrO_4$ तथा $H_2Cr_2O_7$ दोनों ही $CrO_3$ से प्राप्त होते हैं। $V_2O_5$ उभयधर्मी होने पर भी मुख्यत: अम्लीय है और $VO_4^{3-}$ तथा $VO_2^+$ के लवण देता है। वैनेडियम के ऑक्साइडों में क्षारकीय $V_2O_3$ से, अल्प क्षारकीय $V_2O_4$ और उभयधर्मी $V_2O_5$ तक क्रमिक परिवर्तन देखने को मिलता है। $V_2O_4$, अम्ल में विलेय होकर $VO^{2+}$ लवण बनाता है। इसी प्रकार $V_2O_5$, अम्ल तथा क्षारों से अभिक्रिया कर क्रमश: $VO_4^+$ तथा $VO_4^{3-}$ देता है। पूर्णरूप से अभिलक्षणित CrO क्षारकीय है परंतु $Cr_2O_3$ उभयधर्मी है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**पोटैशियम डाइक्रोमेट, $K_2Cr_2O_7$**

पोटैशियम डाइक्रोमेट चर्म उद्योग के लिए एक महत्त्वपूर्ण रसायन है। इसका उपयोग कई ऐज़ो (azo) यौगिकों को बनाने में ऑक्सीकारक के रूप में किया जाता है। डाइक्रोमेट को सामान्यत: क्रोमेट से बनाया जाता है। क्रोमाइट अयस्क ($FeCr_2O_4$) को जब वायु की उपस्थिति में सोडियम या पोटैशियम कार्बोनेट के साथ संगलित किया जाता है तो क्रोमेट प्राप्त होता है। क्रोमाइट की सोडियम कार्बोनेट के साथ अभिक्रिया नीचे दी गई हैं—

$$4\ FeCr_2O_4 + 8\ Na_2CO_3 + 7\ O_2 \rightarrow 8\ Na_2CrO_4 + 2\ Fe_2O_3 + 8\ CO_2$$

सोडियम क्रोमेट के पीले विलयन को छानकर उसे सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा अम्लीय बना लिया जाता है जिसमें से नारंगी सोडियम डाइक्रोमेट, $Na_2Cr_2O_7.2H_2O$ को क्रिस्टलित कर लिया जाता है।

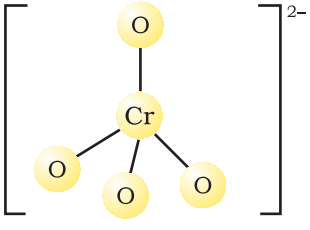
$$2Na_2CrO_4 + 2\ H^+ \rightarrow Na_2Cr_2O_7 + 2\ Na^+ + H_2O$$

सोडियम डाइक्रोमेट की विलेयता, पोटैशियम डाइक्रोमेट से अधिक होती है। इसलिए सोडियम डाइक्रोमेट के विलयन में पोटैशियम क्लोराइड डालकर पोटैशियम डाइक्रोमेट प्राप्त कर लिया जाता है।

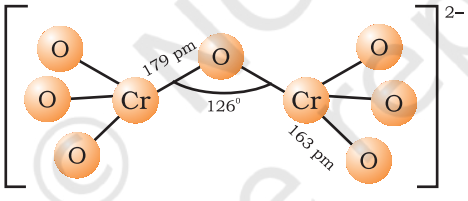
$$Na_2Cr_2O_7 + 2\ KCl \rightarrow K_2Cr_2O_7 + 2\ NaCl$$

पोटैशियम डाइक्रोमेट के नारंगी रंग के क्रिस्टल, क्रिस्टलीकृत हो जाते हैं। जलीय विलयन में क्रोमेट तथा डाइक्रोमेट का अंतरारूपांतरण होता है जो विलयन के pH पर निर्भर करता है। क्रोमेट तथा डाइक्रोमेट में क्रोमियम की ऑक्सीकरण संख्या समान है।

$$2\ CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$
$$Cr_2O_7^{2-} + 2\ OH^- \rightarrow 2\ CrO_4^{2-} + H_2O$$



क्रोमेट आयन



डाइक्रोमेट आयन

क्रोमेट आयन $CrO_4^{2-}$ तथा डाइक्रोमेट आयन $Cr_2O_7^{2-}$ की संरचनाएं नीचे दी गई हैं। क्रोमेट आयन चतुष्फलकीय होता है जबकि डाइक्रोमेट आयन में दो चतुष्फलकों के शीर्ष आपस में साझेदारी किए रहते हैं, जिसमें Cr–O–Cr आबंध कोण का मान 126° होता है।

सोडियम तथा पोटैशियम डाइक्रोमेट प्रबल ऑक्सीकरण कर्मक का कार्य करते हैं। सोडियम लवण की जल में विलेयता अधिक होती है तथा यह कार्बनिक रसायन में ऑक्सीकरण कर्मक के रूप में अत्यधिक प्रयुक्त किया जाता है। पोटैशियम डाइक्रोमेट का उपयोग आयतनमितीय विश्लेषण में प्राथमिक मानक के रूप में किया जाता है। अम्लीय माध्यम में डाइक्रोमेट आयन की ऑक्सीकरण क्रिया निम्न प्रकार से प्रदर्शित की जा सकती हैं –

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O\ (E^{\ominus} = 1.33V)$$

इस प्रकार अम्लीय पोटैशियम डाइक्रोमेट, आयोडाइड का ऑक्सीकरण आयोडीन में, सल्फाइड का सल्फर में, टिन (II) का टिन (IV) में तथा आयरन (II) लवण का आयरन (III) लवण में करेगा। अर्ध अभिक्रियाएं निम्न हैं –

$$6\ I^- \rightarrow 3I_2 + 6\ e^-$$
$$3H_2S \rightarrow 6H^+ + 3S + 6\ e^-$$
$$3\ Sn^{2+} \rightarrow 3Sn^{4+} + 6\ e^-$$
$$6\ Fe^{2+} \rightarrow 6Fe^{3+} + 6\ e^-$$



Reprint 2025-26

संपूर्ण आयनिक अभिक्रिया को पोटैशियम डाइक्रोमेट की ऑक्सीकरण अर्ध अभिक्रिया तथा अपचायकों की अपचयन अर्ध अभिक्रिया को जोड़कर प्राप्त किया जा सकता है।

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

**पोटैशियम परमैंगनेट $KMnO_4$**

पोटैशियम परमैंगनेट को प्राप्त करने के लिए $MnO_2$ को क्षारीय धातु हाइड्रॉक्साइड तथा $KNO_3$ जैसे ऑक्सीकारक के साथ संगलित किया जाता है। इससे गाढ़े हरे रंग का उत्पाद $K_2MnO_4$ प्राप्त होता है जो उदासीन या अम्लीय माध्यम में असमानुपातित होकर पोटैशियम परमैंगनेट देता है।

$$2MnO_2 + 4KOH + O_2 \rightarrow 2K_2MnO_4 + 2H_2O$$
$$3MnO_4^{2-} + 4H^+ \rightarrow 2MnO_4^- + MnO_2 + 2H_2O$$

औद्योगिक स्तर पर इसका उत्पादन $MnO_2$ के क्षारीय ऑक्सीकरणी संगलन के पश्चात्, मैंगनेट (VI) के वैद्युतअपघटनी ऑक्सीकरण द्वारा किया जाता है।

$$MnO_2 \xrightarrow[\text{वायु या } KNO_3 \text{ के साथ ऑक्सीकरण}]{\text{KOH के साथ संगलन}} MnO_4^{2-}$$

मैंगनेट आयन

$$MnO_4^{2-} \xrightarrow{\text{क्षारीय विलयन में वैद्युत-अपघटनी ऑक्सीकरण}} MnO_4^-$$

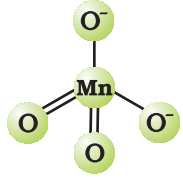
मैंगनेट आयन परमैंगनेट आयन

प्रयोगशाला में मैंगनीज (II) आयन के लवण परऑक्सोडाइसल्फेट द्वारा ऑक्सीकृत होकर परमैंगनेट बनाते हैं।

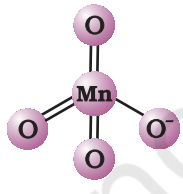
$$2Mn^{2+} + 5S_2O_8^{2-} + 8H_2O \rightarrow 2MnO_4^- + 10SO_4^{2-} + 16H^+$$

पोटैशियम परमैंगनेट गहरे बैंगनी (लगभग काला) रंग के क्रिस्टल बनाता है जो $KClO_4$ के साथ समसंरचनात्मकता दर्शाते हैं। यह लवण जल में बहुत विलेय नहीं है, (293 K ताप पर 6.4 ग्राम/100 ग्राम जल में)। परंतु 513K तक गरम करने पर अपघटित हो जाता है।

$$2KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$




चतुष्फलकीय
मैंगनेट आयन (हरा)




चतुष्फलकीय
मैंगनेट आयन (नीललोहित)

इसके दो भौतिक गुण अधिक रोचक हैं — इसका अत्यधिक गहरा रंग तथा प्रतिचुम्बकीय होने के साथ-साथ इसका तापक्रम पर आश्रित दुर्बल अनुचुंबकत्व। इन्हें अणु कक्षक सिद्धांत द्वारा समझाया जा सकता है, जो कि इस पुस्तक की सीमा से बाहर है।

मैंगनेट तथा परमैंगनेट आयन चतुष्फलकीय होते हैं। ऑक्सीजन के $p$ कक्षकों व मैंगनीज के $d$ कक्षकों के अतिव्यापन से इनमें $\pi$ आबंधन पाया जाता है। हरा मैंगनेट आयन एक अयुगलित इलेक्ट्रॉन के कारण अनुचुंबकीय होता है परंतु परमैंगनेट आयन अयुगलित इलेक्ट्रॉन न होने के कारण प्रतिचुंबकीय होता है।

अम्लीय परमैंगनेट विलयन ऑक्सैलेट को कार्बनडाइऑक्साइड में, आयरन (II) लवण को आयरन (III) लवण में, नाइट्राइट को नाइट्रेट में तथा आयोडाइड को मुक्त आयोडीन में ऑक्सीकृत कर देता है। अपचायकों की अर्ध अभिक्रियाएं इस प्रकार हैं —

$$5\begin{vmatrix} COO^- \\ COO^- \end{vmatrix} \longrightarrow 10CO_2 + 10e^-$$
$$5\,Fe^{2+} \rightarrow 5\,Fe^{3+} + 5e^-$$
$$5NO_2^- + 5H_2O \rightarrow 5NO_3^- + 10H^+ + 10e^-$$
$$10I^- \rightarrow 5I_2 + 10e^-$$



Reprint 2025-26

$KMnO_4$ की अर्ध-अभिक्रिया एवं अपचायकों की अर्ध-अभिक्रियाओं को जोड़कर संपूर्ण अभिक्रिया को लिखा जा सकता है तथा आवश्यकतानुसार समीकरण को संतुलित कर लिया जाता है।

यदि हम परमैंगनेट के मैंगनेट, मैंगनीज डाइऑक्साइड तथा मैंगनीज (II) लवणों में अपचयन की अर्ध-अभिक्रियाओं को निम्न रूप से प्रदर्शित करें,

$$MnO_4^- + e^- \rightarrow MnO_4^{2-} \qquad (E^\ominus = +0.56\ V)$$
$$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O \qquad (E^\ominus = +1.69\ V)$$
$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \qquad (E^\ominus = +1.52\ V)$$

तो हम भली प्रकार देख सकते हैं कि विलयन में हाइड्रोजन आयन की सांद्रता अभिक्रियाओं को प्रभावित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। यद्यपि कई अभिक्रियाओं को रेडॉक्स-विभव की सहायता से समझाया जा सकता है लेकिन अभिक्रिया की गतिकी भी एक महत्त्वपूर्ण कारक है। परमैंगनेट आयन द्वारा $[H^+]=1$ पर जल को ऑक्सीकृत किया जाना चाहिए। परंतु प्रायोगिक रूप से अभिक्रिया धीमी होती है जब तक कि मैंगनीज (II) आयन उपस्थित न हो अथवा तापक्रम बढ़ाया न जाए।

$KMnO_4$ की कुछ महत्वपूर्ण ऑक्सीकरण अभिक्रियाएं निम्नलिखित हैं—

1. अम्लीय विलयन में –

(क) पोटैशियम आयोडाइड से आयोडीन मुक्त होती है—

$$10I^- + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5I_2$$

(ख) $Fe^{2+}$ आयन (हरा) का, $Fe^{3+}$ (पीला) में परिवर्तन –

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

(ग) 333K पर ऑक्सैलेट आयन अथवा ऑक्सैलिक अम्ल का ऑक्सीकरण होता है–

$$5C_2O_4^{2-} + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 10CO_2$$

(घ) हाइड्रोजन सल्फाइड का सल्फर में ऑक्सीकरण, जिसमें सल्फर अवक्षेपित हो जाता है—

$$H_2S \rightarrow 2H^+ + S^{2-}$$
$$5S^{2-} + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5S$$

(च) सल्फ्यूरस अम्ल अथवा सल्फाइट का सल्फेट अथवा सल्फ्यूरिक अम्ल में ऑक्सीकरण—

$$5SO_3^{2-} + 2MnO_4^- + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 3H_2O + 5SO_4^{2-}$$

(छ) नाइट्राइट का नाइट्रेट में ऑक्सीकरण—

$$5NO_2^- + 2MnO_4^- + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 5NO_3^- + 3H_2O$$

2. उदासीन अथवा दुर्बल क्षारीय माध्यम में—

(क) ध्यान देने योग्य अभिक्रिया है, आयोडाइड का आयोडेट में परिवर्तन—

$$2MnO_4^- + H_2O + I^- \rightarrow 2MnO_2 + 2OH^- + IO_3^-$$

(ख) थायोसल्फेट का सल्फेट में लगभग मात्रात्मक रूप से आक्सीकरण—

$$8MnO_4^- + 3S_2O_3^{2-} + H_2O \rightarrow 8MnO_2 + 6SO_4^{2-} + 2OH^-$$

(ग) मैंगनीज लवण का $MnO_2$ में ऑक्सीकरण; ज़िंक सल्फेट अथवा ज़िंक ऑक्साइड की उपस्थिति अभिक्रिया को उत्प्रेरित करती है—

$$2MnO_4^- + 3Mn^{2+} + 2H_2O \rightarrow 5MnO_2 + 4H^+$$

**नोट–** हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की उपस्थिति में परमैंगनेट का अनुमापन असंतोषजनक है; क्योंकि हाइड्रोक्लोरिक अम्ल क्लोरीन में ऑक्सीकृत हो जाता है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

### उपयोग

विश्लेषणात्मक रसायन में उपयोग के अलावा पोटैशियम परमैंगनेट का उपयोग संश्लेषण कार्बनिक रसायन में ऑक्सीकारक के रूप में किया जाता है। इसका उपयोग एक विरंजीकारक के रूप में किया जाता है। ऊनी, सूती, सिल्क वस्त्रों तथा तेलों के विरंजीकरण में इसका उपयोग भी इसकी ऑक्सीकरण क्षमता पर निर्भर करता है।

**आंतर संक्रमण तत्व ( *f*-ब्लॉक )**

*f*-ब्लॉक की दो श्रेणियाँ हैं, लैन्थेनॉयड (लैन्थेनम के बाद के चौदह तत्व) तथा ऐक्टिनॉयड (ऐक्टिनियम के बाद के चौदह तत्व)। चूँकि लैन्थेनम तथा लैन्थेनॉयड में सन्निकटता पाई जाती है अत: लैन्थेनॉयडों की चर्चा में लैन्थेनम भी सम्मिलित रहता है। इन तत्वों के लिए सामान्य संकेत Ln प्रयुक्त होता है। इसी प्रकार से ऐक्टिनॉयड तत्वों की चर्चा में ऐक्टिनियम भी इस श्रेणी के चौदह तत्वों के साथ सम्मिलित रहता है। संक्रमण श्रेणी की तुलना में लैन्थेनॉयड आपस में अधिक सन्निकट समानताएं प्रदर्शित करते हैं। इन तत्वों में केवल एक स्थायी ऑक्सीकरण अवस्था होती है तथा इनका रसायन इन समान गुणों वाले तत्वों के आकार तथा नाभिकीय आवेश में हुए अल्प परिवर्तन के श्रेणी में प्रभाव की समीक्षा करने का उत्तम अवसर प्रदान करता है। दूसरी ओर, एक्टिनॉयड श्रेणी का रसायन अत्यधिक जटिल है। जटिलता का एक कारण इन तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं का विस्तृत परास तथा दूसरा कारण इन तत्वों का रेडियोधर्मीगुण है, जो इन तत्वों के अध्ययन में विशेष कठिनाइयाँ उत्पन्न करता है। यहाँ *f*-ब्लॉक की दोनों श्रेणियों का अध्ययन पृथक रूप से किया जाएगा।

## 4.5 लैन्थेनॉयड

लैन्थेनम तथा लैन्थेनॉयड (जिनके लिए सामान्य संकेत Ln का उपयोग किया गया है) के नाम, संकेत, परमाण्विक एवं कुछ आयनिक अवस्थाओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास, परमाणु एवं आयनी त्रिज्याओं के मान सारणी 4.9 में दिए गए हैं।

**सारणी 4.9– लैन्थेनम एवं लैन्थेनॉयडों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास एवं त्रिज्याएं**

| परमाणु क्रमांक | नाम | संकेत | इलेक्ट्रॉनिक विन्यास* | | | त्रिज्याएँ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ln | $Ln^{2+}$ | $Ln^{3+}$ | $Ln^{4+}$ | Ln | $Ln^{3+}$ |
| 57 | लैन्थेनम | La | $5d^1 6s^2$ | $5d^1$ | $4f^0$ | | 187 | 106 |
| 58 | सीरियम | Ce | $4f^1 5d^1 6s^2$ | $4f^2$ | $4f^1$ | $4f^0$ | 183 | 103 |
| 59 | प्रैजियोडिमियम | Pr | $4f^3 6s^2$ | $4f^3$ | $4f^2$ | $4f^1$ | 182 | 101 |
| 60 | नियोडिमियम | Nd | $4f^4 6s^2$ | $4f^4$ | $4f^3$ | $4f^2$ | 181 | 99 |
| 61 | प्रोमिथियम | Pm | $4f^5 6s^2$ | $4f^5$ | $4f^4$ | | 181 | 98 |
| 62 | सैमेरियम | Sm | $4f^6 6s^2$ | $4f^6$ | $4f^5$ | | 180 | 96 |
| 63 | यूरोपियम | Eu | $4f^7 6s^2$ | $4f^7$ | $4f^6$ | | 199 | 95 |
| 64 | गैडोलिनियम | Gd | $4f^7 5d^1 6s^2$ | $4f^7 5d^1$ | $4f^7$ | | 180 | 94 |
| 65 | टर्बियम | Tb | $4f^9 6s^2$ | $4f^9$ | $4f^8$ | $4f^7$ | 178 | 92 |
| 66 | डिसप्रोसियम | Dy | $4f^{10} 6s^2$ | $4f^{10}$ | $4f^9$ | $4f^8$ | 177 | 91 |
| 67 | होल्मियम | Ho | $4f^{11} 6s^2$ | $4f^{11}$ | $4f^{10}$ | | 176 | 89 |
| 68 | अर्बियम | Er | $4f^{12} 6s^2$ | $4f^{12}$ | $4f^{11}$ | | 175 | 88 |
| 69 | थूलियम | Tm | $4f^{13} 6s^2$ | $4f^{13}$ | $4f^{12}$ | | 174 | 87 |
| 70 | इटर्बियम | Yb | $4f^{14} 6s^2$ | $4f^{14}$ | $4f^{13}$ | | 173 | 86 |
| 71 | ल्यूटीशियम | Lu | $4f^{14} 5d^1 6s^2$ | $4f^{14} 5d^1$ | $4f^{14}$ | – | – | – |

* *केवल [Xe] क्रोड के बाह्य इलेक्ट्रॉन दर्शाए गए हैं।*



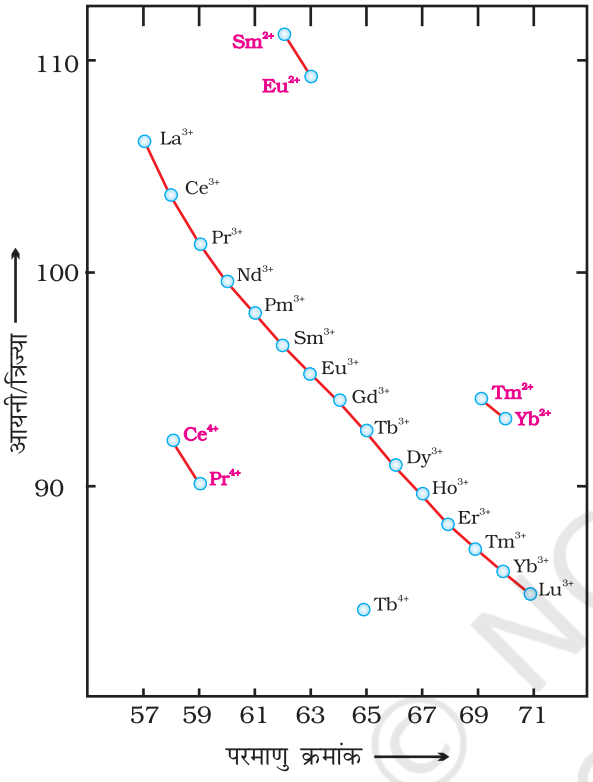
Reprint 2025-26

### 4.5.1 इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

यह देखा जा सकता है कि इन सभी परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास में $6s^2$ एक समान है, परंतु $4f$ स्तर पर परिवर्तनशील निवेशन है (सारणी 4.9)। यद्यपि इन सभी तत्वों के त्रिधनात्मक इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (लैन्थेनॉयडों की अति स्थायी ऑक्सीकरण अवस्था) का स्वरूप $4f^n$ है (बढ़ते हुए परमाणु क्रमांक के साथ n=1 से 14 तक)।

### 4.5.2 परमाणु एवं आयनिक आकार

लैन्थेनम से ल्युटीशियम तक के तत्वों की परमाणु एवं आयनिक त्रिज्याओं में समग्र ह्रास **(लैन्थेनॉयड आकुंचन)** लैन्थेनॉयड तत्वों के रसायन का एक विशिष्ट लक्षण है। इसका तृतीय संक्रमण श्रेणी के तत्वों के रसायन पर दूरगामी प्रभाव होता है। परमाणु त्रिज्याओं के मानों (धातुओं की संरचनाओं से व्युत्पन्न) में पाई गई कमी नियमित नहीं है जैसा कि $M^{3+}$ आयनों में नियमित रूप से देखने को मिलता है, (चित्र 4.6)। यह आकुंचन ठीक वैसा ही है जैसाकि सामान्य संक्रमण श्रेणियों में पाया गया है तथा कारण भी समान है, अर्थात् एक ही उपकोश में एक इलेक्ट्रॉन का दूसरे इलेक्ट्रॉन द्वारा अपूर्ण परिरक्षण प्रभाव (imperfact shielding effect)। फिर भी श्रेणी में नाभिकीय आवेश बढ़ने के साथ एक *d*-इलेक्ट्रॉन पर दूसरे *d*-इलेक्ट्रॉन के परिरक्षण प्रभाव की तुलना में, एक $4f$ इलेक्ट्रॉन का दूसरे $4f$ इलेक्ट्रॉन पर परिरक्षण प्रभाव कम होता है तथा श्रेणी में बढ़ते हुए नाभिकीय आवेश के कारण बढ़ते हुए परमाणु क्रमांक के साथ परमाणु के आकार में एक नियमित ह्रास पाया जाता है।




*चित्र 4.6 — लैन्थेनॉयडों की आयनिक त्रिज्याओं में प्रवृत्तियाँ*

लैन्थेनॉयड श्रेणी के आकुंचन का संचयीप्रभाव, *लैन्थेनॉयड आकुंचन* कहलाता है, जिसके कारण तृतीय संक्रमण श्रेणी की त्रिज्याओं के मान दूसरी संक्रमण श्रेणी के संगत तत्वों की त्रिज्याओं के मानों के लगभग समान हो जाते हैं। Zr (160 pm) तथा Hf (159 pm) की त्रिज्याओं का लगभग बराबर मान लैन्थेनॉयड आकुंचन का परिणाम है। यह इन धातुओं के प्रकृति में साथ पाए जाने तथा इनके पृथक्करण में उत्पन्न कठिनाई के लिए उत्तरदायी है।

### 4.5.3 ऑक्सीकरण अवस्थाएं

लैन्थेनॉयड में, La(II) तथा Ln(III) यौगिक प्रमुख हैं, फिर भी प्राय: +2 तथा +4 आयन विलयन में अथवा ठोस यौगिकों में उपस्थित रहते हैं। यह अनियमितता (जैसी कि आयनन एन्थैल्पी में) रिक्त, अर्धभरित तथा पूर्णभरित *f*-कक्षकों के अतिरिक्त स्थायित्व के कारण पाई जाती है। अत: $Ce^{IV}$ का उत्कृष्ट गैस अभिविन्यास इसके बनने में सहायक होता है। परंतु यह एक प्रबल ऑक्सीकारक है। अत: यह पुन: सामान्य +3 अवस्था में आ जाता है। $Ce^{4+}/Ce^{3+}$ के $E^{\ominus}$ का मान +1.74 V है, जो यह दर्शाता है कि यह जल को ऑक्सीकृत कर सकता है। तथापि, इस अभिक्रिया की दर अधिक धीमी है और इसीलिए Ce(IV) एक अच्छा विश्लेषणात्मक अभिकर्मक है। Pr, Nd, Tb तथा Dy भी +4 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाते हैं, परंतु केवल $MO_2$ ऑक्साइडों में। $Eu^{2+}$, *s* इलेक्ट्रॉनों के परित्याग द्वारा बनता है तथा $f^7$ विन्यास इस आयन के बनने का कारण होता है। $Eu^{2+}$ एक प्रबल अपचायक है जो सामान्य +3 अवस्था में परिवर्तित हो जाता है। इसी प्रकार से $Yb^{2+}$, जिसका विन्यास



Reprint 2025-26

$f^{14}$ है, एक अपचायक का कार्य करता है। $Tb^{IV}$ के $f$-कक्षक अर्धभरित है तथा यह ऑक्सीकारक का कार्य करता है। सैमेरियम का व्यवहार यूरोपियम से अत्यधिक मिलता-जुलता है, जो +2 तथा +3 दोनों आक्सीकरण अवस्थाएं प्रदर्शित करता है।

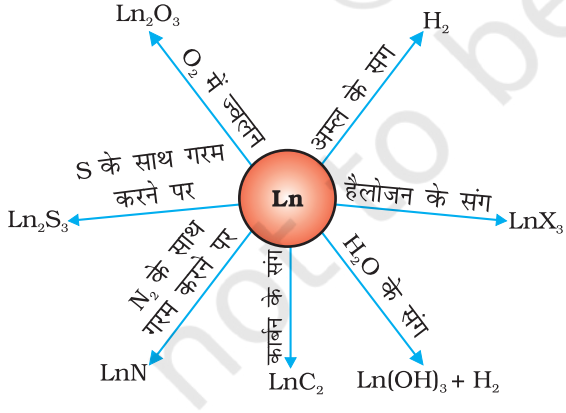
### 4.5.4 सामान्य अभिलक्षण

सभी लैन्थेनॉयड चाँदी की तरह श्वेत तथा नरम धातुएं हैं और वायु में तुरंत बदरंग हो जाती हैं। परमाणु क्रमांक में वृद्धि के साथ कठोरता में वृद्धि होती है। सैमेरियम स्टील की तरह कठोर होता है। इनके गलनांक 1000 से 1200 K के मध्य होते हैं परंतु सैमेरियम 1623 K पर पिघलता है। इनकी विशिष्ट धातु संरचनाएं होती हैं तथा ये ऊष्मा एवं विद्युत् के अच्छे चालक होते हैं। केवल Eu तथा Yb और कभी-कभी Sm तथा Tm को छोड़कर घनत्व तथा अन्य गुणों में निर्बाध परिवर्तन होता है।

अनेक त्रिसंयोजी लैन्थेनॉयड आयन ठोस अवस्था तथा विलयन में रंगीन होते हैं। इन आयनों का रंग $f$ इलेक्ट्रॉनों की उपस्थिति के कारण होता है। $La^{3+}$ तथा $Lu^{3+}$ आयनों में से कोई भी रंगीन नहीं हैं परंतु शेष लैन्थेनॉयड आयन रंगीन होते हैं। फिर भी, संभवत: $f$ स्तर पर ही उत्तेजना के फलस्वरूप अवशोषण बैंड संकीर्ण होते हैं। $f^{o}$($La^{3+}$ तथा $Ce^{4+}$) एवं $f^{14}$ ($Yb^{2+}$ तथा $Lu^{3+}$) के अतिरिक्त अन्य सभी लैन्थेनॉयड आयन अनुचुंबकीय होते हैं।

लैन्थेनॉयडों की प्रथम आयनन एन्थैल्पियों का मान 600 kJ $mol^{-1}$ के आसपास होता है। द्वितीय आयन एन्थैल्पी का मान लगभग 1200 kJ $mol^{-1}$ है, जो कैल्सियम के समतुल्य है। तृतीय आयनन एन्थैल्पी के मानों में विचरण के विस्तृत विवेचन से यह निष्कर्ष निकलता है कि विनिमय एन्थैल्पी का महत्व (जैसा कि प्रथम संक्रमण श्रेणी के $3d$ कक्षकों में) रिक्त, अर्धभरित तथा पूर्णभरित $f$ स्तर को कुछ सीमा तक स्थायित्व प्रदान करने में प्रतीत होता है। यह लैन्थेनम, गैडोलिनियम तथा ल्यूटीशियम की तृतीय आयनन एन्थैल्पी के असाधारण निम्न मानों से स्पष्ट है।

सामान्य रूप से श्रेणी के आरंभ वाले सदस्य अपने रासायनिक व्यवहार में कैल्सियम की तरह बहुत क्रियाशील होते हैं, परंतु बढ़ते परमाणु क्रमांक के साथ यह ऐलुमिनियम की तरह व्यवहार करते हैं।




*चित्र 4.7— लैन्थेनॉयडों की रासायनिक अभिक्रियाएं*

अर्ध अभिक्रिया $Ln^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Ln(s)$ के लिए $E^{\ominus}$ का मान –2.2 से –2.4 V के परास में है। Eu के लिए $E^{\ominus}$ का मान –2.0 V है। निस्संदेह मान में थोड़ा सा परिवर्तन है, हाइड्रोजन गैस के वातावरण में मंद गति से गर्म करने पर धातुएं हाइड्रोजन से संयोग कर लेती हैं। धातुओं को कार्बन के साथ गर्म करने पर कार्बाइड– $Ln_3C$, $Ln_2C_3$ तथा $LnC_2$ बनते हैं। यह तनु अम्लों से हाइड्रोजन गैस मुक्त करती हैं तथा हैलोजन के वातावरण में जलने पर हैलाइड बनाती हैं। ये ऑक्साइड $M_2O_3$ तथा हाइड्रॉक्साइड $M(OH)_3$ बनाती हैं। हाइड्रॉक्साइड निश्चित यौगिक हैं न कि केवल हाइड्रेटेड ऑक्साइड। ये क्षारीय मृदा धातुओं के ऑक्साइड तथा हाइड्रॉक्साइड की भाँति क्षारकीय होते हैं। इनकी सामान्य अभिक्रियाएं चित्र 4.7 में प्रदर्शित की गई हैं।

लैन्थेनॉयडो का सर्वोत्तम उपयोग प्लेट तथा पाइप बनाने के लिए मिश्रातु इस्पात के उत्पादन में है। एक सुप्रसिद्ध मिश्रातु **मिश धातु**



Reprint 2025-26

(misch metal) है जो एक लैन्थेनॉयड धातु (~95%) आयरन (~5%) तथा लेशमात्र S, C, Ca, व Al से बनी होती है। मिश धातु की अत्यधिक मात्रा, मैग्नीशियम आधारित मिश्रातु में प्रयुक्त होती है जो बंदूक की गोली, कवच या खोल तथा हल्के फ्लिंट के उत्पादन के लिए उपयोग में लाया जाता है। लैन्थेनॉयडों के मिश्रित ऑक्साइडों का उपयोग पेट्रोलियम भंजन में उत्प्रेरक की तरह किया जाता है। लैन्थेनॉयडों के कुछ ऑक्साइडों का उपयोग **स्फुरदीपी (फ़ॉस्फ़र)** के रूप में टेलीविज़न पर्दे में तथा इसी प्रकार की प्रतिदीप्त सतहों में किया जाता है।

## 4.6 ऐक्टिनॉयड

ऐक्टिनॉयडों में Th से Lr तक चौदह तत्व हैं। इन तत्वों के नाम, संकेत तथा कुछ गुण सारणी 4.10 में दिए गए हैं। ऐक्टिनॉयड रेडियोसक्रिय तत्व हैं तथा प्रारंभिक सदस्यों की अर्धायु अपेक्षाकृत अधिक होती है। परंतु बाद वाले सदस्यों की अर्धायु का परास एक दिन से 3 मिनट तक है। लॉरेन्शियम (Z=103) की अर्धायु 3 मिनट है। बाद वाले सदस्य केवल नैनोग्राम मात्राओं में ही बनाए जा सकते हैं। इन तथ्यों के कारण इनके अध्ययन में अधिक कठिनाइयाँ आती हैं।

**सारणी 4.10– ऐक्टिनियम तथा ऐक्टिनॉयडों के कुछ गुण**

| परमाणु क्रमांक | नाम | संकेत | इलेक्ट्रॉनिक विन्यास* | | | त्रिज्याएं/pm | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | M | $M^{3+}$ | $M^{4+}$ | $M^{3+}$ | $M^{4+}$ |
| 89 | ऐक्टिनियम | Ac | $6d^1 7s^2$ | $5f^0$ | | 111 | |
| 90 | थोरियम | Th | $6d^2 7s^2$ | $5f^1$ | $5f^0$ | | 99 |
| 91 | प्रोटैक्टिनियम | Pa | $5f^2 6d^1 7s^2$ | $5f^2$ | $5f^1$ | | 96 |
| 92 | यूरेनियम | U | $5f^3 6d^1 7s^2$ | $5f^3$ | $5f^2$ | 103 | 93 |
| 93 | नेप्टूनियम | Np | $5f^4 6d^1 7s^2$ | $5f^4$ | $5f^3$ | 101 | 92 |
| 94 | प्लूटोनियम | Pu | $5f^6 7s^2$ | $5f^5$ | $5f^4$ | 100 | 90 |
| 95 | ऐमेरिशियम | Am | $5f^7 7s^2$ | $5f^6$ | $5f^5$ | 99 | 89 |
| 96 | क्यूरियम | Cm | $5f^7 6d^1 7s^2$ | $5f^7$ | $5f^6$ | 99 | 88 |
| 97 | बर्केलियम | Bk | $5f^9 7s^2$ | $5f^8$ | $5f^7$ | 98 | 87 |
| 98 | कैलिफोर्नियम | Cf | $5f^{10} 7s^2$ | $5f^9$ | $5f^8$ | 98 | 86 |
| 99 | आइन्सटाइनियम | Es | $5f^{11} 7s^2$ | $5f^{10}$ | $5f^9$ | – | – |
| 100 | फर्मियम | Fm | $5f^{12} 7s^2$ | $5f^{11}$ | $5f^{10}$ | – | – |
| 101 | मेन्डेलीवियम | Md | $5f^{13} 7s^2$ | $5f^{12}$ | $5f^{11}$ | – | – |
| 102 | नोबेलियम | No | $5f^{14} 7s^2$ | $5f^{13}$ | $5f^{12}$ | – | – |
| 103 | लॉरेन्शियम | Lr | $5f^{14} 6d^1 7s^2$ | $5f^{14}$ | $5f^{13}$ | – | – |

* केवल [Rn] क्रोड के बाह्य इलेक्ट्रॉन दर्शाए गए हैं।

### 4.6.1 इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

समझा जाता है कि सभी ऐक्टिनॉयडों में $7s^2$ विन्यास होता है तथा $5f$ एवं $6d$ उपकोशों में परिवर्तनशील निवेश होता है। चौदह इलेक्ट्रॉनों का निवेश $5f$ उपकोश में होता है। थोरियम (Th, Z=90) तक तो नहीं परंतु Pa एवं इसके आगे वाले तत्वों में नियमित रूप से निवेश होते हुए परमाणु संख्या 103 तक पहुँचने पर $5f$ कक्षक पूर्ण रूप से भर जाता है। लैन्थेनॉयडों के समान ऐक्टिनॉयडों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों में अनियमितताएं, $5f$ उपकोश में उपस्थित



Reprint 2025-26

$f^0, f^7$ तथा $f^{14}$ विन्यासों के स्थायित्व से सबंधित हैं। इस प्रकार Am तथा Cm का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्रमशः [Rn] $5f^7 7s^2$ तथा [Rn] $5f^7\ 6d^1\ 7s^2$ है। यद्यपि, $5f$ कक्षकों तथा $4f$ कक्षकों में, उनके तरंग फलन के कोणीय भाग के संदर्भ में समानता पाई जाती है परंतु ये इतने धँसे हुए नहीं होते हैं जितने कि $4f$ कक्षक। अतः $5f$ कक्षक अधिक मात्रा में आबंधन में भाग ले सकते हैं।

### 4.6.2 आयनिक आकार

आयनिक आकार के संदर्भ में ऐक्टिनॉयडों की सामान्य प्रवृत्ति भी लैन्थेनॉयडों की ही तरह है। श्रेणी में परमाणु अथवा $M^{3+}$ आयनों के आकार में धीरे-धीरे क्रमिक ह्रास होता है। इसे *ऐक्टिनॉयड आकुंचन* (लैन्थेनॉयड आकुंचन की तरह) के रूप में संदर्भित किया जा सकता है। यद्यपि यह आकुंचन इस श्रेणी में एक तत्व से दूसरे तत्व में उत्तरोत्तर बढ़ता जाता है जो $5f$ इलेक्ट्रॉनों द्वारा दुर्बल परिरक्षण (shielding) के कारण है।

### 4.6.3 ऑक्सीकरण अवस्थाएँ

ऐक्टिनॉयड श्रेणी में ऑक्सीकरण अवस्थाओं का परास अधिक है। आंशिक रूप से इसका कारण $5f$, $6d$ तथा $7s$ स्तरों की समतुल्य ऊर्जा है। ऐक्टिनॉयड की ज्ञात ऑक्सीकरण अवस्थाएं सारणी 4.11 में दर्शायी गई हैं।

**सारणी 4.11– ऐक्टिनियम तथा ऐक्टिनॉइडों की ऑक्सीकरण अवस्थाएँ**

| Ac | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | | |
| | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | |
| | | | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | | | | |
| | | | | 7 | 7 | | | | | | | | | |

ऐक्टिनॉयड सामान्यतः +3 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाते हैं। श्रेणी के प्रारंभिक अर्ध-भाग वाले तत्व सामान्यतः उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाएं प्रदर्शित करते हैं। उदाहरणार्थ, उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था Th में +4 है Pa, U तथा Np में क्रमशः +5, +6 तथा +7 तक पहुँच जाती है। परंतु बाद के तत्वों में ऑक्सीकरण अवस्थाएं घटती हैं (सारणी 4.11)। ऐक्टिनॉयडों व लैन्थेनॉयडों में यह समानता है कि यह +4 ऑक्सीकरण अवस्था की अपेक्षा +3 ऑक्सीकरण अवस्था में अधिक यौगिक बनाते हैं। तथापि, +3 तथा +4 आयनों की जल अपघटित होने की प्रवृत्ति होती है। प्रारंभ एवं बाद वाले ऐक्टिनॉयडों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं के वितरण में इतनी अधिक अनियमितता तथा विभिन्नता पाई जाती है; कि ऑक्सीकरण अवस्थाओं के संदर्भ में इन तत्वों के रसायन की समीक्षा करना संतोषजनक नहीं है।

### 4.6.4 सामान्य अभिलक्षण तथा लैन्थेनॉयडों से तुलना

सभी ऐक्टिनॉयड धातुएं देखने में चाँदी की तरह लगती हैं परंतु विभिन्न प्रकार की संरचनाएं दर्शाती हैं। संरचनाओं में भिन्नता का कारण धात्विक त्रिज्याओं में अनियमितताएं हैं, जो लैन्थेनॉयडों से कहीं अधिक हैं।

ऐक्टिनॉयड अत्यधिक अभिक्रियाशील धातुएँ हैं, विशेषकर जब वे सूक्ष्म विभाजित हों। इन पर उबलते हुए जल की क्रिया से ऑक्साइड तथा हाइड्राइड का मिश्रण प्राप्त होता है और अधिकांश अधातुओं से संयोजन, सामान्य ताप पर होता है। हाइड्रोक्लोरिक अम्ल सभी धातुओं को प्रभावित करता है, परंतु अधिकतर धातुएं नाइट्रिक अम्ल द्वारा, अल्प प्रभावित होती हैं,



Reprint 2025-26

कारण कि इन धातुओं पर ऑक्साइड की संरक्षी सतह बन जाती है। क्षारों का इन धातुओं पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता।

ऐक्टिनॉयडों के चुंबकीय गुण लैन्थेनॉयडों की तुलना में अधिक जटिल हैं। यद्यपि $5f$ के अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या के साथ ऐक्टिनॉयडों की चुंबकीय प्रवृत्ति में परिवर्तन लगभग वैसा ही है जैसा लैन्थेनॉयडों के लिए संगत परिणामों में है, हालाँकि ये मान लैन्थेनॉयडों में कुछ अधिक होते हैं।

ऐक्टिनॉयडों के व्यवहार से यह स्पष्ट है कि प्रारंभिक ऐक्टिनॉयडों की आयनन एन्थैल्पी (यद्यपि सही रूप से ज्ञात नहीं है), प्रारंभिक लैन्थेनायडों से कम हैं। यह उचित भी प्रतीत होता है क्योंकि जब $5f$ कक्षक भरना प्रारंभ होंगे तो वे इलेक्ट्रॉनों के आंतरिक क्रोड में कम भेदन करेंगे। इसीलिए $5f$ इलेक्ट्रॉन नाभिकीय आवेश संगत लैन्थेनॉयडों के $4f$ इलेक्ट्रॉनों की तुलना में अधिक प्रभावी रूप से परिरक्षित होंगे। ऐक्टिनॉइड में बाह्य इलेक्ट्रॉन कम दृढ़ता से जकड़े आबंधन के लिए उपलब्ध होते हैं।

विभिन्न लक्षणों के संदर्भ में जिनका विवेचन ऊपर किया जा चुका है, ऐक्टिनॉयडों की लैन्थेनॉयडों से तुलना करने पर हम पाते हैं कि ऐक्टिनॉयडों में लैन्थेनॉयडों की तरह का व्यवहार, श्रेणी के दूसरे भाग तक पहुँचने तक सुस्पष्ट नहीं होता है। फिर भी प्रारंभिक ऐक्टिनॉयड भी लैन्थेनॉयडों की तरह आपस में सन्निकट समानताएं दर्शाने में तथा गुणों के क्रमिक परिवर्तन प्रदर्शित करने में मिलते-जुलते हैं, जिनमें ऑक्सीकरण अवस्था का परिवर्तित होना सम्मिलित नहीं है। लैन्थेनॉयड तथा ऐक्टिनॉयड आकुंचन का तत्वों के आकार पर विस्तृत प्रभाव पड़ता है और इसीलिए संगत आवर्त में उनके आगे आने वाले तत्वों के गुणों पर भी प्रभाव पड़ता है। लैन्थेनॉयड आकुंचन अधिक महत्वपूर्ण है; क्योंकि एक्टिनॉयडों के पश्चात् आने वाले तत्वों का रसायन अभी तक कम ज्ञात है।

**उदाहरण 4.10** लैन्थेनॉयड श्रेणी के एक सदस्य का नाम बतलाइए जो +4 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाता है।

**हल** सीरियम (Z=58)

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**4.10** लैन्थेनॉयड आकुंचन की तुलना में एक तत्व से दूसरे तत्व के बीच ऐक्टिनॉयड आकुंचन अधिक होता है। क्यों?

## 4.7 *d*- एवं *f*- ब्लॉक तत्वों के कुछ अनुप्रयोग

लोहा तथा इस्पात अत्यंत महत्वपूर्ण निर्माण सामग्री हैं। इनका उत्पादन आयरन ऑक्साइड के अपचयन, अशुद्धियों के निष्कासन तथा कार्बन व मिश्रात्वन धातुओं, जैसे Cr, Mn और Ni के समिश्रण पर आधारित है। कुछ यौगिकों का उत्पादन कुछ विशेष उद्देश्य के लिए होता है, जैसे TiO का वर्णक उद्योग में और $MnO_2$ का शुष्क बैटरी सेलों में। बैटरी उद्योग में Zn तथा Ni/Cd की भी आवश्यकता पड़ती है। वर्ग-11 के तत्वों को मुद्राधातु कहना उचित होगा। यद्यपि सिल्वर व गोल्ड की वस्तुओं का महत्व केवल संग्रहण तक ही सीमित हो गया है तथा समकालीन UK 'कॉपर' सिक्के वास्तव में कॉपर अवर्णित स्टील हैं और 'सिल्वर' UK सिक्के Cu/Ni मिश्रातु हैं। बहुत सी धातुएं और/या उनके यौगिक रसायन



Reprint 2025-26

उद्योग में महत्वपूर्ण उत्प्रेरक हैं। सल्फ्यूरिक अम्ल के उत्पादन में $V_2O_5$, $SO_2$ के ऑक्सीकरण को उत्प्रेरित करता है। $Al(CH_3)_3$ युक्त $TiCl_4$ त्सीग्लर उत्प्रेरकों का आधार है, जिसका उपयोग पॉलिएथिलीन (पॉलिएथीन) के उत्पादन में होता है। हाबर विधि में $N_2/H_2$ मिश्रण से अमोनिया प्राप्त करने के लिए आयरन उत्प्रेरक के रूप में प्रयुक्त होता है। तेल/वसा के हाइड्रोजनन में निकैल उत्प्रेरक के रूप में प्रयुक्त होता है। एथाइन के ऑक्सीकरण से एथेनल बनाने के 'वाकर प्रक्रम' में $PdCl_2$ उत्प्रेरक के रूप में प्रयुक्त होता है। निकैल के संकुलों ऐल्काइनों तथा अन्य कार्बनिक यौगिकों जैसे बेन्जीन के बहुलकीकरण में उपयोगी हैं। फोटोग्राफी उद्योग AgBr के विशिष्ट प्रकाश संवेदनशीलता के गुणों पर आधारित है।

## सारांश

**3 से 12 वर्गों वाला d-ब्लॉक** अधिकांशत: **आवर्त सारणी** के मध्य भाग में स्थित है। इन तत्वों में आंतरिक *d* कक्षकों की इलेक्ट्रॉनों द्वारा उत्तरोत्तर पूर्ति होती है। ***f*-ब्लाक** को **आवर्त सारणी के बाहर नीचे** की ओर रखा गया है। इस ब्लॉक में 4*f* तथा 5*f* कक्षक उत्तरोत्तर भरे जाते हैं।

3*d*, 4*d* तथा 5*d* कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों द्वारा आपूर्ति के संगत संक्रमण तत्वों की तीन श्रेणियाँ ज्ञात हैं। सभी संक्रमण धातुएं अभिलक्षक धात्विक गुण प्रदर्शित करती हैं, जैसे उच्च तनन क्षमता, तन्यता, वर्धनीयता, तापीय तथा विद्युत चालकता तथा धात्विक गुण। इन धातुओं के गलनांक एवं क्वथनांक उच्च होते हैं, जिसका कारण (n-1)*d* इलेक्ट्रॉनों की आबंधों में भागीदारी है, जिसमें **प्रबल अंतरापरमाणुक आबंध** बनते हैं। इनमें बहुत से गुणों के लिए उच्चिष्ठ प्रत्येक श्रेणी के मध्य में पाया जाता है जो यह संकेत देता है कि प्रबल अंतरापरमाणुक अन्योन्य क्रिया के लिए प्रति *d* कक्षक एक अयुगलित इलेक्ट्रॉन का होना विशेषकर अनुकूल विन्यास है।

मुख्य वर्गों के तत्वों की तुलना में, बढ़ते हुए परमाणु क्रमांक के साथ **संक्रमण तत्वों की आयनन एन्थैल्पी** में अत्यधिक वृद्धि नहीं पाई जाती। अत: (n-1)*d* कक्षक से इलेक्ट्रॉन की परिवर्तनीय संख्या में ह्रास, ऊर्जा की दृष्टि से बाधक नहीं होता। परिणामस्वरूप, स्कैंडियम तथा ज़िंक के अतिरिक्त सभी संक्रमण धातुएं परिवर्ती ऑक्सीकरण अवस्थाएं प्रदर्शित करती हैं। संक्रमण धातुओं के स्वभाव के संदर्भ में (n-1) *d* इलेक्ट्रॉनों की भागीदारी इन तत्वों को कुछ विशिष्ट गुण प्रदान करती है। अत: परिवर्ती ऑक्सीकरण अवस्थाओं के अतिरिक्त संक्रमण धातुएं अनुचुंबकीय गुण और उत्प्रेरक गुण दर्शाती हैं तथा इन धातुओं में रंगीन आयन, संकुल यौगिक एवं अंतराकाशी यौगिक बनाने की प्रवृत्ति पाई जाती है।

**संक्रमण धातुओं** के रासायनिक व्यवहार में अत्यधिक विभिन्नता पाई जाती है। इनमें से बहुत सी धातुएं खनिज अम्लों में घुल सकने के लिए पर्याप्त विद्युत धनात्मक होती हैं। यद्यपि इनमें से कुछ 'उत्कृष्ट' हैं। प्रथम संक्रमण श्रेणी में कॉपर के अतिरिक्त सभी धातुएं अपेक्षाकृत अभिक्रियाशील हैं।

संक्रमण धातुएं बहुत सी अधातुओं; जैसे— ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, सल्फर तथा हैलोजन से अभिक्रिया करके द्विअंगी यौगिकों की रचना करती हैं। प्रथम संक्रमण श्रेणी की धातुओं के ऑक्साइड प्राप्त करने के लिए ऑक्सीजन से उच्च ताप पर अभिक्रिया कराई जाती है। ऑक्साइड, अम्लों तथा क्षारों में विलेय होकर ऑक्सोधात्विक लवण बनाते हैं। पोटैशियम डाइक्रोमेट तथा पोटैशियम परमैंगनेट इनके उदाहरण हैं। पोटैशियम डाइक्रोमेट बनाने के लिए क्रोमाइट अयस्क को वायु की उपस्थिति में क्षार के साथ संगलित करने के पश्चात् सत्व को अम्लीकृत किया जाता है। पोटैशियम परमैंगनेट के विरचन में पाइरोलुसाइट अयस्क ($MnO_2$) का उपयोग किया जाता है। डाइक्रोमेट तथा परमैंगनेट दोनों ही प्रबल ऑक्सीकारक आयन हैं।

आंतरिक संक्रमण तत्वों की दो श्रेणियाँ **लैन्थेनॉयड** तथा **एक्टिनॉयड** आवर्त सारणी के ***f*-ब्लॉक** की रचना करती हैं। 4*f* आंतरिक कक्षकों में उत्तरोत्तर पूर्ति होने के साथ श्रेणी की धातुओं की परमाणु और आयनिक त्रिज्याओं में क्रमिक ह्रास **( लैन्थेनॉयड आकुंचन )** होता है, जिसका प्रभाव आगे वाले तत्वों के रसायन पर प्रमुख रूप से पड़ता है। लैन्थेनम तथा लैन्थेनॉयड श्रेणी की धातुएं श्वेत तथा मृदु होती हैं। जल से आसानी से अभिक्रिया करके विलयन में +3 आयन बना लेती हैं। प्रमुख ऑक्सीकरण अवस्था +3 है यद्यपि प्राय: +4 तथा +2 ऑक्सीकरण अवस्थाएं भी कुछ धातुओं द्वारा दर्शायी



Reprint 2025-26

जाती हैं। विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्थाओं में स्थित रहने के कारण **ऐक्टिनॉयडों** का रसायन अधिक जटिल है। पुनश्च: बहुत सी एक्टिनॉइड धातुएं रेडियोधर्मी हैं जो इन धातुओं के अध्ययन को कठिन बना देती हैं।

*d* तथा *f*- ब्लॉक के तत्व तथा उनके यौगिकों के बहुत उपयोगी अनुप्रयोग हैं। इनमें से प्रमुख हैं विभिन्न प्रकार के स्टील बनाने में, उत्प्रेरक, संकुल तथा कार्बनिक संश्लेषण इत्यादि में।

# अभ्यास

**4.1** निम्नलिखित के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए–

(i) $Cr^{3+}$ (ii) $Pm^{3+}$ (iii) $Cu^{+}$ (iv) $Ce^{4+}$ (v) $Co^{2+}$ (vi) $Lu^{2+}$ (vii) $Mn^{2+}$ (viii) $Th^{4+}$

**4.2** +3 ऑक्सीकरण अवस्था में ऑक्सीकृत होने के संदर्भ में $Mn^{2+}$ के यौगिक $Fe^{2+}$ के यौगिकों की तुलना में अधिक स्थायी क्यों हैं?

**4.3** संक्षेप में स्पष्ट कीजिए कि प्रथम संक्रमण श्रेणी के प्रथम अर्धभाग में बढ़ते हुए परमाणु क्रमांक के साथ +2 ऑक्सीकरण अवस्था कैसे अधिक स्थायी होती जाती है?

**4.4** प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास किस सीमा तक ऑक्सीकरण अवस्थाओं को निर्धारित करते हैं? उत्तर को उदाहरण देते हुए स्पष्ट कीजिए।

**4.5** संक्रमण तत्वों की मूल अवस्था में नीचे दिए गए *d* इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों में कौन-सी ऑक्सीकरण अवस्था स्थायी होगी?

$3d^3$, $3d^5$, $3d^8$ तथा $3d^4$

**4.6** प्रथम संक्रमण श्रेणी के ऑक्सो-धातुऋणायनों का नाम लिखिए; जिसमें धातु संक्रमण श्रेणी की वर्ग संख्या के बराबर ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करती है।

**4.7** लैन्थेनॉयड आकुंचन क्या है? लैन्थेनॉयड आकुंचन के परिणाम क्या हैं?

**4.8** संक्रमण धातुओं के अभिलक्षण क्या हैं? ये संक्रमण धातु क्यों कहलाती हैं? *d*-ब्लॉक के तत्वों में कौन से तत्व संक्रमण श्रेणी के तत्व नहीं कहे जा सकते?

**4.9** संक्रमण धातुओं के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास किस प्रकार असंक्रमण तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से भिन्न हैं?

**4.10** लैन्थेनॉयडों द्वारा कौन-कौन सी ऑक्सीकरण अवस्थाएं प्रदर्शित की जाती हैं?

**4.11** कारण देते हुए स्पष्ट कीजिए—

(i) संक्रमण धातुएं तथा उनके अधिकांश यौगिक अनुचुंबकीय हैं।

(ii) संक्रमण धातुओं की कणन एन्थैल्पी के मान उच्च होते हैं।

(iii) संक्रमण धातुएं सामान्यत: रंगीन यौगिक बनाती हैं।

(iv) संक्रमण धातुएं तथा इनके अनेक यौगिक उत्तम उत्प्रेरक का कार्य करते हैं।

**4.12** अंतराकाशी यौगिक क्या हैं? इस प्रकार के यौगिक संक्रमण धातुओं के लिए भली प्रकार से ज्ञात क्यों हैं?

**4.13** संक्रमण धातुओं की ऑक्सीकरण अवस्थाओं में परिवर्तनशीलता असंक्रमण धातुओं में ऑक्सीकरण अवस्थाओं में परिवर्तनशीलता से किस प्रकार भिन्न है? उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए।

**4.14** आयरनक्रोमाइट अयस्क से पोटैशियम डाइक्रोमेट बनाने की विधि का वर्णन कीजिए। पोटैशियम डाइक्रोमेट विलयन पर pH बढ़ाने से क्या प्रभाव पड़ेगा?

**4.15** पोटैशियम डाइक्रोमेट की ऑक्सीकरण क्रिया का उल्लेख कीजिए तथा निम्नलिखित के साथ आयनिक समीकरण लिखिए–

(i) आयोडाइड आयन (ii) आयरन (II) विलयन (iii) $H_2S$

**4.16** पोटैशियम परमैंगनेट को बनाने की विधि का वर्णन कीजिए। अम्लीय पोटैशियम परमैंगनेट किस प्रकार–

(i) आयरन (II) आयन (ii) $SO_2$ तथा (iii) ऑक्सैलिक अम्ल से अभिक्रिया करता है? अभिक्रियाओं के लिए आयनिक समीकरण लिखिए।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**4.17** $M^{2+}/M$ तथा $M^{3+}/M^{2+}$ निकाय के संदर्भ में कुछ धातुओं के $E^{\ominus}$ के मान नीचे दिए गए हैं।

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Cr^{2+}/Cr$ | -0.9V | $Cr^{3}/Cr^{2+}$ | -0.4 V |
| $Mn^{2+}/Mn$ | -1.2V | $Mn^{3+}/Mn^{2+}$ | +1.5 V |
| $Fe^{2+}/Fe$ | -0.4V | $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ | +0.8 V |

उपरोक्त आँकड़ों के आधार पर निम्नलिखित पर टिप्पणी कीजिए–

(i) अम्लीय माध्यम में $Cr^{3+}$ या $Mn^{3+}$ की तुलना में $Fe^{3+}$ का स्थायित्व।

(ii) समान प्रक्रिया के लिए क्रोमियम अथवा मैंगनीज़ धातुओं की तुलना में आयरन के ऑक्सीकरण में सुगमता।

**4.18** निम्नलिखित में कौन से आयन जलीय विलयन में रंगीन होंगे?

$Ti^{3+}$, $V^{3+}$, $Cu^{+}$, $Sc^{3+}$, $Mn^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Co^{2+}$, प्रत्येक के लिए कारण बताइए।

**4.19** प्रथम संक्रमण श्रेणी की धातुओं की +2 ऑक्सीकरण अवस्थाओं के स्थायित्व की तुलना कीजिए।

**4.20** निम्नलिखित के संदर्भ में, लैन्थेनॉयड एवं ऐक्टिनॉयड के रसायन की तुलना कीजिए।

(i) इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (ii) परमाण्वीय एवं आयनिक आकार

(iii) ऑक्सीकरण अवस्था (iv) रासायनिक अभिक्रियाशीलता।

**4.21** आप निम्नलिखित को किस प्रकार से स्पष्ट करेंगे–

(i) $d^4$ स्पीशीज़ में से $Cr^{2+}$ प्रबल अपचायक है जबकि मैंगनीज़ (III) प्रबल ऑक्सीकरक है।

(ii) जलीय विलयन में कोबाल्ट (II) स्थायी है परंतु संकुलनकारी अभिकर्मकों की उपस्थिति में यह सरलतापूर्वक ऑक्सीकृत हो जाता है।

(iii) आयनों का $d^1$ विन्यास अत्यंत अस्थायी है।

**4.22** असमानुपातन से आप क्या समझते हैं? जलीय विलयन में असमानुपातन अभिक्रियाओं के दो उदाहरण दीजिए।

**4.23** प्रथम संक्रमण श्रेणी में कौन सी धातु बहुधा तथा क्यों +1 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाती है?

**4.24** निम्नलिखित गैसीय आयनों में अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की गणना कीजिए।

$Mn^{3+}$, $Cr^{3+}$, $V^{3+}$ तथा $Ti^{3+}$ इनमें से कौन सा जलीय विलयन में अतिस्थायी है?

**4.25** उदाहरण देते हुए संक्रमण धातुओं के रसायन के निम्नलिखित अभिलक्षणों का कारण बताइए—

(i) संक्रमण धातु का निम्नतम ऑक्साइड क्षारकीय है, जबकि उच्चतम ऑक्साइड उभयधर्मी अम्लीय है।

(ii) संक्रमण धातु की उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था ऑक्साइडों तथा फ्लुओराइडों में प्रदर्शित होती है।

(viii) धातु के ऑक्सोऋणायनों में उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित होती है।

**4.26** निम्नलिखित को बनाने के लिए विभिन्न पदों का उल्लेख कीजिए —

(i) क्रोमाइट अयस्क से $K_2Cr_2O_7$

(ii) पाइरोलुसाइट से $KMnO_4$

**4.27** मिश्रातुएं क्या हैं? लैन्थेनॉयड धातुओं से युक्त एक प्रमुख मिश्रातु का उल्लेख कीजिए। इसके उपयोग भी बताइए।

**4.28** आंतरिक संक्रमण तत्व क्या हैं? बताइए कि निम्नलिखित में कौन से परमाणु क्रमांक आंतरिक संक्रमण तत्वों के हैं —

29, 59, 74, 95, 102, 104

**4.29** ऐक्टिनॉयड तत्वों का रसायन उतना नियमित नहीं है जितना कि लैन्थेनॉयड तत्वों का रसायन। इन तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं के आधार पर इस कथन का आधार प्रस्तुत कीजिए।

**4.30** एक्टिनॉयड श्रेणी का अंतिम तत्व कौन सा है? इस तत्व का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए। इस तत्व की संभावित ऑक्सीकरण अवस्थाओं पर टिप्पणी कीजिए।

**4.31** हुंड-नियम के आधार पर $Ce^{3+}$ आयन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को व्युत्पन्न कीजिए तथा 'प्रचक्रण मात्र सूत्र' के आधार पर इसके चुंबकीय आघूर्ण की गणना कीजिए।

**4.32** लैन्थेनॉयड श्रेणी के उन सभी तत्वों का उल्लेख कीजिए जो +4 तथा जो +2 ऑक्सीकरण अवस्थाएं दर्शाते हैं। इस प्रकार के व्यवहार तथा उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के बीच संबंध स्थापित कीजिए।

**4.33** निम्नलिखित के संदर्भ में ऐक्टिनॉयड श्रेणी के तत्वों तथा लैन्थेनॉयड श्रेणी के तत्वों के रसायन की तुलना कीजिए।

(i) इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (ii) ऑक्सीकरण अवस्थाएं (iii) रासायनिक अभिक्रियाशीलता।

**4.34** 61, 91, 101 तथा 109 परमाणु क्रमांक वाले तत्वों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

**4.35** प्रथम श्रेणी के संक्रमण तत्वों के अभिलक्षणों की द्वितीय एवं तृतीय श्रेणी के वर्गों के संगत तत्वों से क्षैतिज वर्गों में तुलना कीजिए। निम्नलिखित बिंदुओं पर विशेष महत्व दीजिए–

(i) इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (ii) ऑक्सीकरण अवस्थाएं (iii) आयनन एन्थैल्पी तथा (iv) परमाण्वीय आकार

**4.36** निम्नलिखित आयनों में प्रत्येक के लिए $3d$ इलेक्ट्रॉनों की संख्या लिखिए–

$Ti^{2+}$, $V^{2+}$, $Cr^{3+}$, $Mn^{2+}$, $Fe^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$, $Cu^{2+}$

आप इन जलयोजित आयनों (अष्टफलकीय) में पाँच $3d$ कक्षकों को किस प्रकार अधिग्रहीत करेंगे? दर्शाइए।

**4.37** प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्व भारी संक्रमण तत्वों के अनेक गुणों से भिन्नता प्रदर्शित करते हैं। टिप्पणी कीजिए।

**4.38** निम्नलिखित संकुल स्पीशीज़ के चुंबकीय आघूर्णों के मान से आप क्या निष्कर्ष निकालेंगे?

| उदाहरण | चुंबकीय आघूर्ण (BM) |
|---|---|
| $K_4[Mn(CN)_6]$ | 2.2 |
| $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ | 5.3 |
| $K_2[MnCl_4]$ | 5.9 |

## पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**4.1** सिल्वर (Z=47), +2 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित कर सकता है, जिसमें उसके $4d$ कक्षक अपूर्ण भरे हुए हैं अत: यह संक्रमण तत्व है।

**4.2** ज़िंक के $3d$ कक्षकों के इलेक्ट्रॉन धात्विक आबंधन में प्रयुक्त नहीं होते हैं जबकि $3d$ श्रेणी के शेष सभी धातुओं के $d$ कक्षक के इलेक्ट्रॉन धात्विक आबंध बनाने में प्रयुक्त होते हैं।

**4.3** मैंगनीज (Z=25), के परमाणु में सर्वाधिक अयुगलित इलेक्ट्रॉन पाए जाते हैं।

**4.5** आयनन एन्थैल्पी में अनियमित परिवर्तन विभिन्न $3d$ विन्यासों के स्थायित्व की क्षमता में भिन्नता के कारण है (उदाहरण $d^0$, $d^5$, $d^{10}$) असामान्य रूप से स्थायी हैं।

**4.6** छोटे आकार एवं उच्च विद्युत ऋणात्मकता के कारण ऑक्सीजन अथवा फ्लुओरीन, धातु को उसके उच्च ऑक्सीकरण अवस्था तक ऑक्सीकृत कर सकते हैं।

**4.7** $Fe^{2+}$ की तुलना में $Cr^{2+}$ एक प्रबल अपचायक पदार्थ है।

कारण– $Cr^{2+}$ से $Cr^{3+}$ बनने में $d^4 \rightarrow d^3$ परिवर्तन होता है किन्तु $Fe^{2+}$ से $Fe^{3+}$ में $d^6 \rightarrow d^5$ में परिवर्तन होता है। जल जैसे माध्यम में $d^5$ की तुलना में $d^3$ अधिक स्थायी है (देखें CFSC)।

**4.9** $Cu^+$ जलीय विलयन में असमानुपातित होता है।

$2Cu^+(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + Cu(s)$ इसके लिये $E^{\ominus}$ मान अनुकूल है।

**4.10** $5d$ इलेक्ट्रॉन नाभकीय आवेश से प्रभावी रूप से परिरक्षित रहते हैं। दूसरे शब्दों में $5d$ इलेक्ट्रॉनों का श्रेणी में एक तत्व से दूसरे तत्व की ओर जाने पर दुर्बल परिरक्षण प्रभाव प्ररिलक्षित होता है।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12087CH09

एकक

# 5

# उपसहसंयोजन यौगिक

*"उपसहसंयोजन यौगिक आधुनिक अकार्बनिक व जैव अकार्बनिक रसायन तथा रासायनिक उद्योगों के आधार स्तंभ हैं।"*

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के बाद आप—

- उपसहसंयोजक यौगिकों के वर्नर के सिद्धांत की अभिधारणाओं के महत्त्व को समझ सकेंगे;
- समन्वय सत्ता केंद्रीय परमाणु/ आयन, लिगन्ड, समन्वय संख्या, समन्वय मंडल, समन्वय बहुफलक, ऑक्सीकरण संख्या, होमोलेप्टिक व हेट्रोलेप्टिक जैसे पदों का अर्थ जान सकेंगे;
- उपसहसंयोजन यौगिकों की नाम पद्धति के नियम जान सकेंगे;
- एककेंद्रकी उपसहसंयोजन यौगिकों के सूत्र व नाम लिख सकेंगे;
- उपसहसंयोजन यौगिकों में विभिन्न प्रकार की समावयवताओं को परिभाषित कर सकेंगे;
- संयोजकता आबंध तथा क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांतों के आधार पर उपसहसंयोजन यौगिकों में आबंधन की प्रकृति को समझ सकेंगे;
- दैनिक जीवन में उपसहसंयोजन यौगिकों के महत्व व अनुप्रयोगों को समझ सकेंगे।

इससे पूर्व के एकक में हमने अध्ययन किया कि संक्रमण धातुएं बड़ी संख्या में **संकुल यौगिक** बनाती हैं, जिनमें धातु परमाणु अनेक ऋणायनों अथवा उदासीन अणुओं से इलेक्ट्रॉनों का सहसंयोजन कर परिबद्ध रहते हैं। आधुनिक पारिभाषिक शब्दावली में ऐसे यौगिक **उपसहसंयोजन यौगिक** कहलाते हैं। उपसहसंयोजन यौगिकों का रसायन आधुनिक अकार्बनिक रसायन का एक महत्वपूर्ण एवं चुनौतीपूर्ण क्षेत्र है। रासायनिक आबंधन एवं आण्विक संरचना की नई धारणाओं ने जैविक तंत्रों के जीवन घटकों में इन यौगिकों की कार्यप्रणाली की पूरी जानकारी उपलब्ध करवाई है। क्लोरोफिल, हीमोग्लोबिन तथा विटामिन $B_{12}$ क्रमशः मैग्नीशियम, आयरन तथा कोबाल्ट के उपसहसंयोजन यौगिक हैं। विविध धातुकर्म प्रक्रमों, औद्योगिक उत्प्रेरकों तथा वैश्लेषिक अभिकर्मकों में उपसहसंयोजन यौगिकों का उपयोग होता है। वैद्युतलेपन, वस्त्र-रँगाई तथा औषध रसायन में भी उपसहसंयोजन यौगिकों के अनेक उपयोग हैं।

## 5.1 उपसहसंयोजन यौगिकों का वर्नर का सिद्धांत

सर्वप्रथम स्विस वैज्ञानिक अल्फ्रेड वर्नर (1866-1919) ने उपसहसंयोजन यौगिकों की संरचनाओं के संबंध में अपने विचार प्रतिपादित किए। उन्होंने अनेक उपसहसंयोजन यौगिक बनाए तथा उनकी विशेषताएं बताईं एवं उनके भौतिक तथा रासायनिक व्यवहार का सामान्य प्रायोगिक तकनीकों द्वारा अध्ययन किया। वर्नर ने धातु आयन के लिए **प्राथमिक संयोजकता (primary valence)** तथा **द्वितीयक संयोजकता (secondary valence)** की धारणा प्रतिपादित की। द्विअंगी यौगिक जैसे $CrCl_3$, $CoCl_2$ या $PdCl_2$ में धातु आयन की प्राथमिक संयोजकता क्रमशः 3, 2 तथा 2 है। कोबाल्ट (III) क्लोराइड के अमोनिया के साथ बने विभिन्न यौगिकों में यह पाया गया कि सामान्य ताप पर इनके विलयन में सिल्वर

© NCERT not to be republished

नाइट्रेट विलयन आधिक्य में डालने पर कुछ क्लोराइड आयन AgCl के रूप में अवक्षेपित हो जाते हैं तथा कुछ विलयन में ही रह जाते हैं।

| | | |
|---|---|---|
| 1 मोल | $CoCl_3.6NH_3$ (पीला) | 3 मोल AgCl देता है। |
| 1 मोल | $CoCl_3.5NH_3$ [नीललोहित (बैंगनी)] | 2 मोल AgCl देता है। |
| 1 मोल | $CoCl_3.4NH_3$ (हरा) | 1 मोल AgCl देता है। |
| 1 मोल | $CoCl_3.4NH_3$ (बैंगनी) | 1 मोल AgCl देता है। |

उपरोक्त प्रेक्षणों तथा इन यौगिकों के विलयनों के चालकता मापन के परिणामों को निम्न बिंदुओं के आधार पर समझाया जा सकता है– (i) अभिक्रिया की अवधि में कुल मिलाकर छः समूह (क्लोराइड आयन या अमोनिया अणु अथवा दोनों) कोबाल्ट आयन से जुड़े हुए माने जाएं तथा (ii) यौगिकों को सारणी 5.1 में दर्शाए अनुसार सूत्रित किया जाए, जिनमें गुरूकोष्ठक में दर्शाए परमाणुओं की एकल सत्ता है जो अभिक्रिया की परिस्थितियों में वियोजित नहीं होती। वर्नर ने धातु आयन से सीधे जुड़े समूहों की संख्या को द्वितीयक संयोजकता नाम दिया; इन सभी उदाहरणों में धातु की द्वितीयक संयोजकता छः है।

**सारणी 5.1 – कोबाल्ट (III) क्लोराइड-अमोनिया संकुलों का सूत्रीकरण**

| रंग | सूत्र | विलयन चालकता संबंध |
|---|---|---|
| पीला | $[Co(NH_3)_6]^{3+}3Cl^-$ | 1:3 विद्युत अपघट्य |
| नीललोहित | $[CoCl(NH_3)_5]^{2+}2Cl^-$ | 1:2 विद्युत अपघट्य |
| हरा | $[CoCl_2(NH_3)_4]^+Cl^-$ | 1:1 विद्युत अपघट्य |
| बैंगनी | $[CoCl_2(NH_3)_4]^+Cl^-$ | 1:1 विद्युत अपघट्य |

यह ध्यान देने योग्य है कि सारणी 5.1 में अंतिम दो यौगिकों के मूलानुपाती सूत्र, $CoCl_3 \cdot 4NH_3$, समान हैं, परंतु गुणधर्म भिन्न हैं। ऐसे यौगिक समावयव (isomers) कहलाते हैं। वर्नर ने 1898 में **उपसहसंयोजन यौगिकों का सिद्धांत** प्रस्तुत किया। इस सिद्धांत की मुख्य अभिधारणाएं निम्नलिखित हैं–

1. उपसहसंयोजन यौगिकों में धातुएं दो प्रकार की संयोजकताएं दर्शाती हैं– प्राथमिक तथा द्वितीयक।
2. प्राथमिक संयोजकताएं सामान्य रूप से आयननीय होती हैं तथा ऋणात्मक आयनों द्वारा संतुष्ट होती हैं।
3. द्वितीयक संयोजकताएं अन-आयननीय होती हैं। ये उदासीन अणुओं अथवा ऋणात्मक आयनों द्वारा संतुष्ट होती हैं। द्वितीयक संयोजकता उपसहसंयोजन संख्या (Coordination number) के बराबर होती है तथा इसका मान किसी धातु के लिए सामान्यतः निश्चित होता है।
4. धातु से द्वितीयक संयोजकता से आबंधित आयन समूह विभिन्न उपसहसंयोजन संख्या के अनुरूप दिक्स्थान में विशिष्ट रूप से व्यवस्थित रहते हैं।

आधुनिक सूत्रीकरण में इस प्रकार की दिक्स्थान व्यवस्थाओं को **समन्वय बहुफलक** (Coordination polyhedra) कहते हैं। गुरूकोष्ठक में लिखी स्पिशीज़ **संकुल** तथा गुरूकोष्ठक के बाहर लिखे आयन, **प्रति आयन** (Counter ions) कहलाते हैं।



Reprint 2025-26

उन्होंने यह भी अभिधारणा दी कि संक्रमण तत्वों के समन्वय यौगिकों में सामान्यत: अष्टफलकीय, चतुष्फलकीय व वर्ग समतली ज्यामितियाँ पाई जाती हैं। इस प्रकार, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, $[CoCl(NH_3)_5]^{2+}$ तथा $[CoCl_2(NH_3)_4]^+$ की ज्यामितियाँ अष्टफलकीय हैं, जबकि $[Ni(CO)_4]$ तथा $[PtCl_4]^{2-}$ क्रमश: चतुष्फलकीय तथा वर्ग समतली हैं।

**उदाहरण 5.1** जलीय विलयनों में किए गए निम्नलिखित प्रेक्षणों के आधार पर निम्नलिखित यौगिकों में धातुओं की द्वितीयक संयोजकता बतलाइए।

| सूत्र | आधिक्य में $AgNO_3$ मिलाने पर एक मोल यौगिक से अवक्षेपित AgCl के मोलों की संख्या |
|---|---|
| (i) $PdCl_2 \cdot 4NH_3$ | 2 |
| (ii) $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ | 2 |
| (iii) $PtCl_4 \cdot 2HCl$ | 0 |
| (iv) $CoCl_3 \cdot 4NH_3$ | 1 |
| (v) $PtCl_2 \cdot 2NH_3$ | 0 |

**हल**

(i) द्वितीयक संयोजकता 4 (ii) द्वितीयक संयोजकता 6

(iii) द्वितीयक संयोजकता 6 (iv) द्वितीयक संयोजकता 6

(v) द्वितीयक संयोजकता 4

**द्वि लवण तथा संकुल में अंतर**

द्वि लवण तथा संकुल दोनों ही दो या इससे अधिक स्थायी यौगिकों के रससमीकरणमितीय अनुपात (stoichiometric ratio) में संगठित होने से बनते हैं। तथापि ये भिन्न हैं क्योंकि द्वि लवण जैसे कार्नेलाइट, $KCl.MgCl_2.6H_2O$; मोर लवण, $FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$; पोटाश, फिटकरी, $KAl(SO_4)_2.12H_2O$ आदि जल में पूर्णरूप से साधारण आयनों में वियोजित हो जाते हैं, परंतु $K_4[Fe(CN)_6]$ में उपस्थित $[Fe(CN)_6]^{4-}$ संकुल आयन, $Fe^{2+}$ तथा $CN^-$ आयनों में वियोजित नहीं होता।

## 5.2 उपसहसंयोजन यौगिकों से संबंधित कुछ प्रमुख पारिभाषिक शब्द व उनकी परिभाषाएं

**(क) उपसहसंयोजन सत्ता या समन्वय सत्ता (Coordination Entity)**

केंद्रीय धातु परमाणु अथवा आयन से किसी एक निश्चित संख्या में आबंधित आयन अथवा अणु मिलकर एक उपसहसंयोजन सत्ता का निर्माण करते हैं। उदाहरणार्थ, $[CoCl_3(NH_3)_3]$ एक उपसहसंयोजन सत्ता है जिसमें कोबाल्ट आयन तीन अमोनिया अणुओं तथा तीन क्लोराइड आयनों से घिरा है। अन्य उदाहरण हैं, $[Ni(CO)_4]$, $[PtCl_2(NH_3)_2]$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ आदि ।

**(ख) केंद्रीय परमाणु/आयन**

किसी उपसहसंयोजन सत्ता में, परमाणु/आयन जो एक निश्चित संख्या में अन्य आयनों/ समूहों से एक निश्चित ज्यामिती व्यवस्था में परिबद्ध रहता है, केंद्रीय परमाणु अथवा आयन कहलाता है। उदाहरणार्थ, $[NiCl_2(H_2O)_4]$, $[CoCl(NH_3)_5]^{2+}$, तथा $[Fe(CN)_6]^{3-}$ में केंद्रीय



Reprint 2025-26

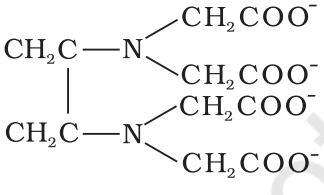
वर्नर का जन्म एलसेस के फ्रांसिसी प्रदेश के एक छोटे से समुदाय मुलहाउस में 12 दिसंबर 1866 में हुआ। इन्होंने रसायन का अध्ययन कार्लस्रुहे (जर्मनी) में प्रारंभ किया तथा ज्युरिख (स्विटजरलैंड) में पूर्ण किया जहाँ इन्होंने 1890 में डॉक्टरेट के शोधग्रंथ में कुछ नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक यौगिकों के गुणों में भिन्नता को समावयवता के आधार पर स्पष्ट किया। इन्होंने वान्ट हॉफ के चतुष्फलकीय कार्बन परमाणु के सिद्धांत को विस्तृत कर इसे नाइट्रोजन के लिए रूपांतरित किया। वर्नर ने भौतिक मापदंडों के आधार पर संकुल यौगिकों के प्रकाशीय एवं विद्युतीय गुणों में अंतर को दर्शाया। वास्तव में, वर्नर ने ही पहली बार कुछ उपसहसंयोजन यौगिकों में ध्रुवण घूर्णकता की खोज की। 29 वर्ष की उम्र में ही वे 1895 में ज्युरिख के टेक्निस्के हॉक्सकुले में प्रोफ़ेसर बन गए थे। अल्फ्रेड वर्नर एक रसायनज्ञ तथा शिक्षाशास्त्री थे। उनकी उपलब्धियों में उपसहसंयोजन यौगिकों के सिद्धांत का विकास सम्मिलित है। यह परिवर्तनकारी सिद्धांत, जिसमें वर्नर ने परमाणुओं तथा अणुओं के बीच आपस में आबंधन कैसे होता है, समझाया, केवल तीन वर्ष की अवधि (1890 से 1893) में प्रतिपादित किया। अपना शेष जीवन उन्होंने अपने नए विचारों को अभिपुष्ट करने के लिए आवश्यक प्रायोगिक समर्थन एकत्रित करने में व्यतीत किया। वर्नर पहले स्विस रसायनज्ञ थे जिन्हें परमाणुओं की सहलग्नता एवं उपसहसंयोजन सिद्धांत पर किए गए कार्य के लिए 1913 में नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ।

परमाणु/ आयन क्रमशः $Ni^{2+}$, $Co^{3+}$ तथा $Fe^{3+}$, हैं। इन केंद्रीय परमाणुओं/आयनों को **लूइस अम्ल** भी कहा जाता है।

### (ग) लिगन्ड

उपसहसंयोजन सत्ता में केंद्रीय परमाणु/आयन से परिबद्ध आयन अथवा अणु लिगन्ड कहलाते हैं। ये सामान्य आयन हो सकते हैं जैसे $Cl^-$, छोटे अणु हो सकते हैं जैसे $H_2O$ या $NH_3$ बड़े अणु हो सकते हैं जैसे $H_2NCH_2CH_2NH_2$ या $N(CH_2CH_2NH_2)_3$ अथवा बृहदणु भी हो सकते हैं जैसे प्रोटीन।

जब एक लिगन्ड, धातु आयन से एक दाता परमाणु द्वारा परिबद्ध होता है, जैसे $Cl^-$, $H_2O$ या $NH_3$, तो लिगन्ड **एकदंतुर (unidentate)** कहलाता है। जब लिगन्ड दो दाता परमाणुओं द्वारा परिबद्ध हो सकता है, जैसे $H_2NCH_2CH_2NH_2$ (एथेन-1, 2-डाइऐमीन) अथवा $C_2O_4^{2-}$ (ऑक्सैलेट), तो ऐसा लिगन्ड **द्विदंतुर** और जब एक लिगन्ड में अनेक दाता परमाणु उपस्थित हों, जैसा कि $N(CH_2CH_2NH_2)_3$ में हैं, तो लिगन्ड **बहुदंतुर** कहलाता है। एथिलीनडाइऐमीनटेट्रा एसीटेट आयन ($EDTA^{4-}$) एक महत्वपूर्ण षट्दंतुर (hexadentate) लिगन्ड है। यह दो नाइट्रोजन तथा चार ऑक्सीजन परमाणुओं द्वारा एक केंद्रीय धातु आयन से जुड़ सकता है।

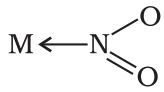



जब एक द्विदंतुर अथवा बहुदंतुर लिगन्ड अपने दो या अधिक दाता परमाणुओं का प्रयोग एक साथ एक ही धातु आयन से आबंधन के लिए करता है, तो यह **कीलेट** (chelate) लिगन्ड कहलाता है। ऐसे बंधनकारी समूहों की संख्या लिगेन्ड की **दंतुरता** या डेन्टिसिटी (denticity) कहलाती है। ऐसे संकुल, **कीलेट संकुल** (chelate complexes) कहलाते हैं तथा ये इसी प्रकार के एकदंतुर लिगन्ड युक्त संकुलों से अधिक स्थायी होते हैं। लिगन्ड, जिसमें दो भिन्न दाता परमाणु होते हैं, और उपसह संयोजन में इनमें से कोई

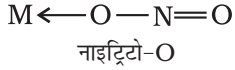


© NCERT not to be republished

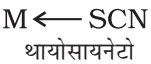
Reprint 2025-26



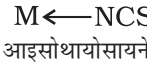
नाइट्रिटो-N



नाइट्रिटो-O



थायोसायनेटो



आइसोथायोसायनेटो

भी एक भाग लेता है तो उसे **उभयदंती संलग्नी ( उभदंती लिगन्ड )** कहते हैं। ऐसे लिगन्ड के उदाहरण हैं $-NO_2$ तथा $SCN^-$ आयन। $NO_2^-$ आयन केंद्रीय धातु परमाणु/आयन से या तो नाइट्रोजन द्वारा अथवा ऑक्सीजन द्वारा संयोजित हो सकता है। इसी प्रकार, $SCN^-$ आयन सल्फर अथवा नाइट्रोजन परमाणु द्वारा संयोजित हो सकता है।

### ( घ ) उपसहसंयोजन संख्या ( Coordination Number )

एक संकुल में धातु आयन की उपसहसंयोजन संख्या (CN) उससे आबंधित लिगन्डों के उन दाता परमाणुओं की संख्या के बराबर होती है, जो सीधे धातु आयन से जुड़े हों।

उदाहरणार्थ, संकुल आयनों, $[PtCl_6]^{2-}$ तथा $[Ni(NH_3)_4]^{2+}$, में Pt तथा Ni की उपसहसंयोजन संख्या क्रमशः 6 तथा 4 हैं। इसी प्रकार संकुल आयनों, $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ और $[Co(en)_3]^{3+}$, में Fe और Co दोनों की समन्वय संख्या 6 है क्योंकि $C_2O_4^{2-}$ तथा en, (एथेन-1,2-डाइऐमीन) द्विदंतुर लिगन्ड हैं।

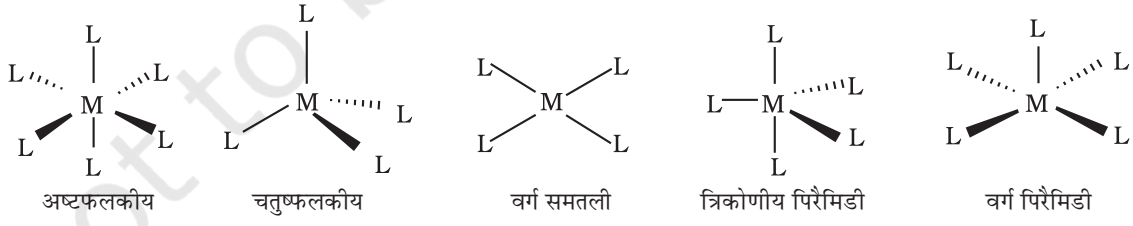
यहाँ यह जान लेना आवश्यक है कि केंद्रीय परमाणु/आयन की उपसहसंयोजन संख्या केंद्रीय परमाणु/आयन तथा लिगन्ड के मध्य बने केवल $\sigma$ (सिग्मा) आबंधों की संख्या के आधार पर ही निर्धारित की जाती है। यदि लिगन्ड तथा केंद्रीय परमाणु/आयन के मध्य $\pi$ (पाई) आबंध बने हों तो उन्हें नहीं गिना जाता।

### ( च ) समन्वय मंडल ( Coordination Sphere )

केंद्रीय परमाणु/ आयन से जुड़े लिगन्डों को गुरू कोष्ठक में लिखा जाता है तथा ये सभी मिलकर **समन्वय मंडल** (coordination sphere) कहलाते हैं। आयननीय समूह गुरू कोष्ठक के बाहर लिखे जाते हैं तथा ये प्रतिआयन कहलाते हैं। उदाहरणार्थ, संकुल $K_4[Fe(CN)_6]$, में $[Fe(CN)_6]^{4-}$ समन्वय मंडल है तथा $K^+$ प्रति आयन है।

### ( छ ) समन्वय बहुफलक ( Coordination Polyhedron )

केंद्रीय परमाणु/ आयन से सीधे जुड़े लिगन्ड परमाणुओं की दिक्स्थान व्यवस्था (spacial arrangement) को समन्वय बहुफलक कहते हैं। इनमें अष्टफलकीय, वर्ग समतलीय तथा चतुष्फलकीय मुख्य हैं। उदाहरणार्थ, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ अष्टफलकीय है, $[Ni(CO)_4]$ चतुष्फलकीय है तथा $[PtCl_4]^{2-}$ वर्ग समतलीय है। चित्र 5.1 में विभिन्न समन्वय बहुफलकों की आकृतियाँ दर्शायी गई हैं।




*चित्र 5.1– विभिन्न समन्वय बहुफलकों की आकृतियाँ–M केंद्रीय परमाणु/आयन को तथा L एकदंतुर लिगन्ड को प्रदर्शित करता है।*

### ( ज ) केंद्रीय परमाणु की ऑक्सीकरण संख्या

एक संकुल में केंद्रीय परमाणु से जुड़े सभी लिगन्डों को यदि उनके साझे के इलेक्ट्रॉन युगलों सहित हटा लिया जाए तो केंद्रीय परमाणु पर उपस्थित आवेश को उसकी ऑक्सीकरण संख्या कहते हैं। ऑक्सीकरण संख्या को उपसहसंयोजन सत्ता के नाम में केंद्रीय परमाणु के संकेत



Reprint 2025-26

के साथ कोष्ठक में रोमन अंक से दर्शाया जाता है। उदाहरणार्थ, $[Cu(CN)_4]^{3-}$ में कॉपर का ऑक्सीकरण अंक +1 है तथा इसे Cu(I) लिखा जाता है।

**(झ) होमोलेप्टिक तथा हेट्रोलेप्टिक संकुल (Homoleptic and Heteroleptic Complexes)**

संकुल जिनमें धातु परमाणु केवल एक प्रकार के दाता समूह से जुड़ा रहता है, उदाहरणार्थ $[Co(NH_3)_6]^{3+}$, होमोलेप्टिक संकुल कहलाते हैं। संकुल जिनमें धातु परमाणु एक से अधिक प्रकार के दाता सूमहों से जुड़ा रहता है, उदाहरणार्थ $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$, हेट्रोलेप्टिक संकुल कहलाते हैं।

## 5.3 उपसहसंयोजन यौगिकों का नामकरण

उपसहसंयोजन रसायन में, विशेषत: समावयवों पर विचार करते समय सूत्रों व नामों को असंदिग्ध तथा सुस्पष्ट तरीके से लिखने के लिए नामकरण का बहुत महत्व है। उपसहसंयोजन सत्ता के सूत्र तथा जो नाम अपनाए गए हैं वे *इंटरनेशनल यूनियन ऑफ प्योर एंड ऐप्लाइड कैमिस्ट्री* (IUPAC) की अनुशंसाओं पर आधारित हैं।

### 5.3.1 एककेंद्रकीय उपसहसंयोजन यौगिकों के सूत्र

यौगिक का सूत्र उसके संघटन से संबंधित आधारभूत सूचना को संक्षिप्त तथा सुगम रूप से प्रकट करने का एक तरीका है। एककेंद्रकीय उपसहसंयोजन सत्ता में एक केंद्रीय धातु परमाणु होता है। सूत्र लिखते समय निम्नलिखित नियम प्रयुक्त होते हैं—

(i) सर्वप्रथम केंद्रीय परमाणु लिखा जाता है।

(ii) *तत्पश्चात* लिगन्डों को अंग्रेज़ी वर्णमाला के क्रम में लिखा जाता है। लिगन्ड की स्थिति उसके आवेश पर निर्भर नहीं करती।

(iii) बहुदंतुर लिगन्ड भी अंग्रेज़ी वर्णमाला के क्रम में लिखे जाते हैं। संकेताक्षर में लिखे हुए लिगन्ड के प्रथम अक्षर को ध्यान में रखकर वर्णमाला के क्रम में उसकी स्थिति निर्धारित की जाती है।

(iv) संपूर्ण उपसहसंयोजन सत्ता, आवेशित हो अथवा न हो, उसके सूत्र को एक गुरूकोष्ठक में लिखा जाता है। यदि लिगन्ड बहुपरमाणुक हों तो, उनके सूत्रों को कोष्ठक में लिखते हैं। संकेताक्षर में लिखे लिगन्ड को भी कोष्ठक में लिखते हैं।

(v) समन्वय मंडल धातु तथा लिगन्डों के सूत्रों के मध्य स्थान नहीं छोड़ा जाता।

(vi) जब आवेशयुक्त उपसहसंयोजन सत्ता का सूत्र बिना किसी प्रतिआयन के लिखते हैं तो उपसहसंयोजन सत्ता का आवेश गुरू कोष्ठक के बाहर दाईं ओर मूर्धांक (superscript) के रूप में लिखा जाता है जिसमें पहले आवेश की संख्या और फिर आवेश का चिह्न लिखते हैं। उदाहरणार्थ, $[Co(CN)_6]^{3-}$, $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$, आदि।

(vii) धनायन के आवेश को ऋणायन के आवेश से संतुलित किया जाता है।

***नोट–*** *सन् 2004 में IUPAC ने अनुशंसा की है कि लिगन्डों को वर्णमाला के आधार पर चुनना चाहिए, आवेश के आधार पर नहीं।*

### 5.3.2 एककेंद्रकीय उपसहसंयोजन यौगिकों का नामकरण

उपसहसंयोजन यौगिकों के नाम योगात्मक नामकरण के सिद्धांत के आधार पर लिखे जाते हैं। इस प्रकार धातु के चारों ओर जुड़े समूहों को पहचानकर उनके नाम उपयुक्त गुणक सहित धातु के नाम से पूर्व सूचीबद्ध किए जाते हैं। उपसहसंयोजन यौगिकों के नामकरण में निम्नलिखित नियम प्रयुक्त होते हैं—

(i) धनायन अथवा ऋणायन दोनों में से कोई भी आवेशयुक्त उपसहसंयोजन सत्ता में सर्वप्रथम धनायन का नाम लिखा जाता है।



Reprint 2025-26

(ii) केंद्रीय परमाणु/ आयन के नाम से पूर्व लिगन्डों के नाम वर्णमाला के क्रम में लिखे जाते हैं। (यह प्रक्रिया सूत्र लिखने के विपरीत है।)

(iii) ऋणावेशित लिगन्डों के नाम के अंत में – o आता है, उदासीन तथा धनावेशित लिगन्डों के नाम नहीं बदलते। कुछ अपवाद हैं, जैसे $H_2O$ के लिए एक्वा $NH_3$ के लिए ऐम्मीन, CO के लिए कार्बोनिल तथा NO के लिए नाइट्रोसिल। जब इन्हें उपसहसंयोजन सत्ता के सूत्र में लिखना होता है तो इनको कोष्ठक () में लिखा जाता है।

(iv) यदि उपसहसंयोजन सत्ता में एक ही प्रकार के लिगन्ड संख्या में एक से अधिक हों तो उनकी संख्या दर्शाने के लिए उनके नाम से पूर्व डाइ, ट्राइ आदि शब्द (पद) प्रयुक्त किए जाते हैं। जब लिगन्ड के नाम में आंकिक पूर्व लग्न हो तब बिस, ट्रिस, टेट्राकिस आदि शब्द (पद) प्रयुक्त होते हैं तथा ऐसे लिगन्ड कोष्ठक में लिखे जाते हैं। उदाहरणार्थ, $[NiCl_2(PPh_3)_2]$ का नाम होगा–

डाइक्लोरिडोबिस(ट्राइफ़ेनिलफॉस्फीन)निकैल (II)

(v) धनावेशित, ऋणावेशित तथा उदासीन उपसहसंयोजन सत्ता में धातु की ऑक्सीकरण अवस्था को रोमन अंकों में कोष्ठक में दर्शाते हैं।

**नोट–** *यहाँ यह ध्यान देने योग्य है कि सन् 2004 में IUPAC द्वारा की गई अनुशंसा के अनुसार ऋणावेशित लिगन्डों के नाम के अंत में –इडो (– ido) जुड़ता है, अत: क्लोरो को* ***क्लोरिडो*** *लिखते हैं।*

(vi) यदि संकुल आयन एक धनायन हो तो धातु का नाम वही लिखते हैं जो तत्व का नाम होता है। उदाहरणार्थ, धनावेशित संकुल आयन में Co को कोबाल्ट तथा Pt को प्लैटिनम कहते हैं। यदि संकुल आयन एक ऋणायन हो तो धातु के नाम के अन्त में अनुलग्न – ऐट (ate) लगाया जाता है। उदाहरणार्थ, संकुल ऋणायन $\left[Co(SCN)_4\right]^{2-}$ में Co को कोबाल्टेट कहते हैं। कुछ धातुओं के लिए उनके संकुल ऋणायनों के नाम में धातु के लेटिन नाम प्रयुक्त होते हैं, उदाहरणार्थ, Fe के लिए फेरेट।

(vii) उदासीन संकुल का नाम भी संकुल धनायन की भांति ही लिखा जाता है।

**निम्नलिखित उदाहरण उपसहसंयोजन यौगिकों की नामकरण प्रणाली स्पष्ट करते हैं–**

1. **$[Cr(NH_3)_3(H_2O)_3]Cl_3$ का नाम निम्नलिखित होगा—**

ट्राइऐम्मीनट्राइएक्वाक्रोमियम (III) क्लोराइड

*स्पष्टीकरण—* संकुल आयन गुरू कोष्ठक में है, जो एक धनायन है। अंग्रेज़ी वर्ण माला के क्रमानुसार ऐम्मीन लिगन्ड एक्वा लिगन्ड से पूर्व लिखे जाते हैं। चूँकि इसमें तीन क्लोराइड आयन हैं इसलिए संकुल आयन पर +3 आवेश होना चाहिए। (चूँकि यौगिक आवेश की दृष्टि से उदासीन है) संकुल आयन पर विद्यमान आवेश तथा लिगन्डों पर उपस्थित आवेश के आधार पर धातु की ऑक्सीकरण संख्या की गणना की जा सकती है। इस उदाहरण में सभी लिगन्ड उदासीन अणु हैं। अत: क्रोमियम का ऑक्सीकरण अंक वही होगा जो संकुल आयन पर उपस्थित आवेश है, यहाँ यह + 3 है।

**नोट–** *यहाँ यह ध्यान देने योग्य है कि धनायन व ऋणायन दोनों में एक ही प्रकार के धातु आयन हैं फिर भी इनमें धातुओं के नाम भिन्न हैं।*

2. **$[Co(H_2NCH_2CH_2NH_2)_3]_2(SO_4)_3$ का नाम निम्नलिखित होगा–**

ट्रिस(एथेन–1, 2–डाइऐमीन)कोबाल्ट (III) सल्फेट

*स्पष्टीकरण—* इस अणु में सल्फेट प्रतिआयन है, क्योंकि यहाँ तीन सल्फेट आयन दो जटिल आयनों से आबंधित हैं, अत: प्रत्येक संकुल धनायन पर +3 आवेश होगा। इसके अतिरिक्त एथेन–1,2–डाइऐमीन एक उदासीन अणु है, अत: संकुल आयन में कोबाल्ट



Reprint 2025-26

की ऑक्सीकरण संख्या +3 ही होनी चाहिए। यह स्मरण रहे कि एक आयनिक यौगिक के नाम में कभी भी धनायनों और ऋणायनों की संख्या नहीं दर्शायी जाती।

3. **$[Ag(NH_3)_2][Ag(CN)_2]$ का नाम निम्नलिखित होगा—**
डाइऐम्मीनसिल्वर(I)डाइसायनिडोअर्जेन्टेट(I)

**उदाहरण 5.2** निम्नलिखित उपसहसंयोजन यौगिकों के सूत्र लिखिए—

(i) टेट्राऐम्मीनएक्वाक्लोरिडोकोबाल्ट(III)क्लोराइड
(ii) पोटैशियम टेट्राहाइड्रॉक्सिडोजिंकेट(II)
(iii) पोटैशियम ट्राइऑक्सैलेटोऐलुमिनेट(III)
(iv) डाइक्लोरिडोबिस(एथेन-1,2-डाइऐमीन)कोबाल्ट(III)
(v) टेट्राकार्बोनिलनिकल(0)

**हल**
(i) $[Co(NH_3)_4(H_2O)Cl]Cl_2$ (iii) $K_3[Al(C_2O_4)_3]$ (v) $[Ni(CO)_4]$
(ii) $K_2[Zn(OH)_4]$ (iv) $[CoCl_2(en)_2]^+$

**उदाहरण 5.3** निम्नलिखित उपसहसंयोजन यौगिकों के IUPAC नाम लिखिए—

(i) $[Pt(NH_3)_2Cl(NO_2)]$ (iii) $[CoCl_2(en)_2]Cl$ (v) $Hg[Co(SCN)_4]$
(ii) $K_3[Cr(C_2O_4)_3]$ (iv) $[Co(NH_3)_5(CO_3)]Cl$

**हल**
(i) डाइऐम्मीनक्लोरिडोनाइट्रिटो-N-प्लैटिनम (II)
(ii) पोटैशियम ट्राइऑक्सैलेटोक्रोमेट (III)
(iii) डाइक्लोरिडोबिस(एथेन-1, 2-डाइऐमीन)कोबाल्ट (III)क्लोराइड
(iv) पेन्टाऐम्मीनकार्बोनेटोकोबाल्ट (III) क्लोराइड
(v) मर्क्यूरी (I) टेट्राथायोसायनेटो-S-कोबाल्टेट (III)

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**5.1** निम्नलिखित उपसहसंयोजन यौगिकों के सूत्र लिखिए–

(i) टेट्राऐम्मीनडाइएक्वाकोबाल्ट (III) क्लोराइड
(ii) पोटैशियम टेट्रासायनिडोनिकैलेट (II)
(iii) ट्रिस(एथेन-1, 2-डाइऐमीन)क्रोमियम (III) क्लोराइड
(iv) ऐम्मीनब्रोमिडोक्लोरिडोनाइट्रिटो-N-प्लैटिनेट (II)
(v) डाइक्लोरोबिस(एथेन-1, 2-डाइऐमीन)प्लैटिनम (IV) नाइट्रेट
(vi) आयरन(III)हेक्सासायनिडोफेरेट(II)

**5.2** निम्नलिखित उपसहसंयोजन यौगिकों के IUPAC नाम लिखिए–

(i) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ (iii) $K_3[Fe(CN)_6]$ (v) $K_2[PdCl_4]$
(ii) $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ (iv) $K_3[Fe(C_2O_4)_3]$ (vi) $[Pt(NH_3)_2Cl(NH_2CH_3)]Cl$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

## 5.4 उपसहसंयोजन यौगिकों में समावयवता

समावयवी ऐसे दो या इससे अधिक यौगिक होते हैं जिनके रासायनिक सूत्र समान होते हैं परंतु परमाणुओं की व्यवस्था भिन्न होती है। परमाणुओं की भिन्न व्यवस्थाओं के कारण इनके एक या अधिक भौतिक अथवा रासायनिक गुणों में भिन्नता होती है। उपसहसंयोजन यौगिकों में दो प्रमुख प्रकार की समावयवताएं ज्ञात हैं। इनमें से प्रत्येक को पुन: प्रविभाजित किया जा सकता है।

1. **त्रिविम समावयवता**

   (क) ज्यामितीय समावयवता (ख) ध्रुवण समावयवता

2. **संरचनात्मक समावयवता**

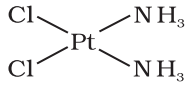
   (क) बंधनी समावयवता (ग) आयनन समावयवता

   (ख) उपसहसंयोजन समावयवता (घ) विलायकयोजन समावयवता

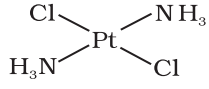
त्रिविमीय समावयवों के रासायनिक सूत्र व रासायनिक आबंध समान होते हैं परंतु उनकी दिक्-स्थान व्यवस्थाएं भिन्न होती हैं। संरचनात्मक समावयवों में आबंध भिन्न होते हैं। इन समावयवों का वर्णन विस्तार से नीचे किया जा रहा है।

### 5.4.1 ज्यामितीय समावयवता

इस प्रकार की समावयवता हेट्रोलेप्टिक संकुलों में पाई जाती है जिनमें लिगन्डों की भिन्न ज्यामितीय व्यवस्थाएं संभव हो सकती हैं। इस प्रकार के व्यवहार के प्रमुख उदाहरण 4 व 6 उपसहसंयोजन संख्या वाले संकुलों में पाए जाते हैं। $[MX_2L_2]$ सूत्र (X तथा L एकदंतुर लिगन्ड हैं) के वर्ग समतली संकुल में दो X लिगन्ड **समपक्ष** (cis) समावयव में पास-पास जुड़े रहते हैं अथवा **विपक्ष** (trans) समावयव में एक-दूसरे के विपरीत जैसा चित्र 5.2 में दर्शाया गया है।



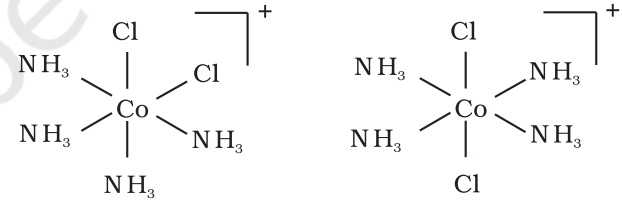

समपक्ष समावयव *(cis)*




विपक्ष समावयव *(trans)*

*चित्र 5.2– $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ के ज्यामितीय समावयव (समपक्ष एवं विपक्ष)*

MABXL (जहाँ A, B, X, L एकदंतुर लिगन्ड हैं) सूत्र वाले दूसरी प्रकार के वर्ग समतलीय संकुल के तीन समावयव होंगे– दो **समपक्ष** तथा एक **विपक्ष**। आप इनकी संरचनाएं बनाने का प्रयास कर सकते हैं। इस प्रकार की समावयवता चतुष्फलकीय ज्यामिति में संभव नहीं है परंतु $[MX_2L_4]$ सूत्र वाले अष्टफलकीय संकुलों में, जिनमें दो लिगन्ड X एक-दूसरे के **समपक्ष** या **विपक्ष** हों; ऐसा व्यवहार संभव है (चित्र 5.3)।




समपक्ष समावयव विपक्ष समावयव

*चित्र 5.3– $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$ के ज्यामितीय समावयव (समपक्ष एवं विपक्ष)*

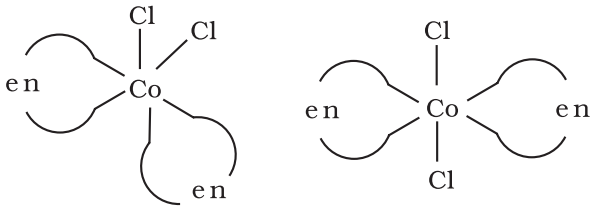
इस प्रकार की समावयवता उन संकुलों में भी पाई जाती है जिनका सूत्र $[MX_2(L–L)_2]$ होता है तथा जिनमें द्विदंतुर लिगन्ड L–L होते हैं। उदाहरणार्थ, $[NH_2CH_2CH_2NH_2(en)]$ में (चित्र 5.4)।

$[Ma_3b_3]$ प्रकार के अष्टफलकीय उपसहसंयोजन सत्ता जैसे $[Co(NH_3)_3(NO_2)_3]$ में एक अन्य प्रकार की ज्यामितीय समावयवता पाई जाती है। यदि एक ही लिगन्ड के तीन निकटवर्ती दाता परमाणु अष्टफलकीय फलक के कोनों पर स्थित हों तो **फलकीय** [facial, (fac)]

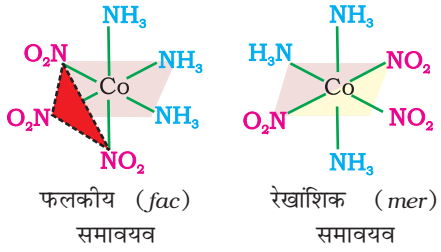


Reprint 2025-26

**समावयवी** प्राप्त होते हैं। यदि ये तीन दाता परमाणु अष्टफलक के ध्रुववृत्त पर स्थित हों तो **रेखांशिक** [meridional (mer)] **समावयवी** प्राप्त होते हैं। (चित्र 5.5)।




*चित्र 5.4– $[CoCl_2(en)_2]$ के ज्यामितीय समावयव (समपक्ष एवं विपक्ष)*




*चित्र 5.5– $Co(NH_3)_3(NO_2)_3]$ के फलकीय (fac) तथा रेखांशिक (mer) समावयवी*

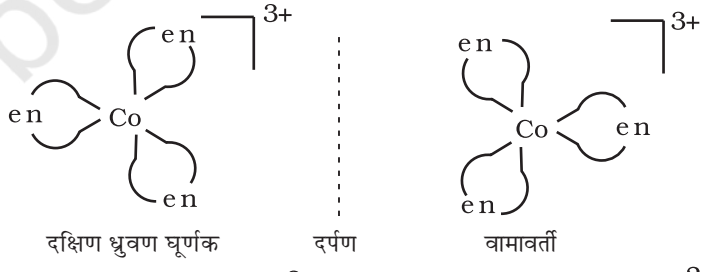
**उदाहरण 5.4** वे चतुष्फलकीय संकुल जिनमें दो भिन्न प्रकार के एकदंतुर लिगन्ड केंद्रीय धातु आयन से जुड़े हों, ज्यामितीय समावयवता क्यों नहीं दर्शाते?

**हल** चतुष्फलकीय संकुल ज्यामितीय समावयवता नहीं दर्शाते, क्योंकि इनमें केंद्रीय धातु परमाणु से जुड़े एकदंतुर लिगन्डों की सापेक्ष स्थितियाँ आपस में एक जैसी होती हैं।

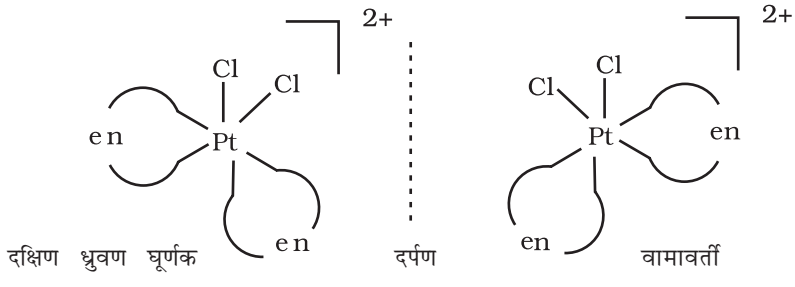
### 5.4.2 ध्रुवण समावयवता

ध्रुवण समावयव एक-दूसरे के दर्पण प्रतिबिंब होते हैं जिन्हें एक-दूसरे पर अध्यारोपित नहीं किया जा सकता। इन्हें **प्रतिबिंब रूप** या एनैन्टिओमर (enantiomers) कहते हैं। अणु अथवा आयन जो एक-दूसरे पर अध्यारोपित नहीं किए जा सकते, **काइरल** (*chiral*) कहलाते हैं। ये दो रूप दक्षिण-ध्रुवण घूर्णक (*d*) और वामावर्ती (*l*) कहलाते हैं, यह इस बात पर निर्भर करता है कि ये ध्रुवणमापी (polarimeter) में समतल ध्रूवित प्रकाश को किस दिशा में घूर्णित करते हैं (*d* दाईं तरफ़ घूर्णित करता है तथा *l* बाईं तरफ़)। प्रकाशिक समावयवता सामान्य रूप से द्विदंतुर लिगन्ड युक्त अष्टफलकीय संकुलों में पाई जाती है (चित्र 5.6)। $[PtCl_2(en)_2]^{2+}$ के समान उपसहसंयोजक समूह में केवल समपक्ष रूप प्रकाशिक समावयवता दर्शाता है (चित्र 5.7)।

*चित्र 5.6– $[Co(en)_3]^{3+}$ के ध्रुवण समावयव (d तथा l)*




*चित्र 5.7– समपक्ष, $[Pt\ Cl_2\ (en)_2]^{2+}$ के ध्रुवण समावयव (d तथा l)*

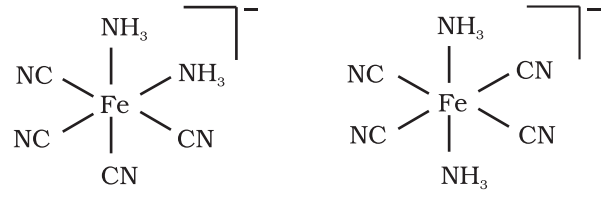





Reprint 2025-26

**उदाहरण 5.5** $[Fe(NH_3)_2(CN)_4]^-$ के ज्यामितीय समावयवों की संरचनाएं दर्शाइए।

**हल**



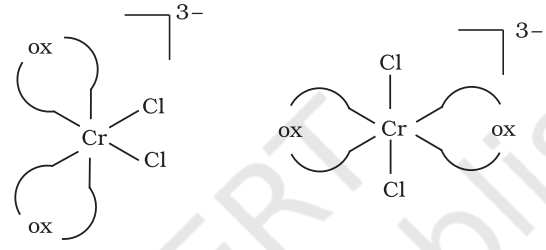

समपक्ष समावयव विपक्ष समावयव

**उदाहरण 5.6** निम्नलिखित दो उपसहसंयोजन सत्ता में से कौन-सा काइरल (ध्रुवण घूर्णक) है?

(क) **समपक्ष** $-[CrCl_2(ox)_2]^{3-}$

(ख) **विपक्ष** $-[CrCl_2(ox)_2]^{3-}$

**हल** ये दो उपसहसंयोजन सत्ता निम्न प्रकार से प्रदर्शित की जा सकती हैं –




(क) **समपक्ष** $[CrCl_2(ox)_2]^{3-}$ (ख) **विपक्ष** $[CrCl_2(ox)_2]^{3-}$

इन दोनों में से (क) समपक्ष- $[CrCl_2(ox)_2]^{3-}$ काइरल (ध्रुवण घूर्णक) है।

### 5.4.3 बंधनी समावयवता

उभयदंती संलग्नी युक्त उपसहसंयोजन यौगिक में बंधनी समावयवता पाई जाती है। इस प्रकार की समावयवता का एक सरल उदाहरण है— थायोसायनेट लिगन्ड, $NCS^-$, युक्त संकुल यह लिगन्ड नाइट्रोजन द्वारा धातु से बंधित हो कर M–NCS तथा सल्फर द्वारा बंधित होकर M–SCN देता है। जॉरजेनसेन ने $[Co(NH_3)_5(NO_2)]Cl_2$, संकुल में इस प्रकार के व्यवहार की खोज की। संकुल, जिसमें नाइट्राइट लिगन्ड ऑक्सीजन के द्वारा (–ONO) धातु से जुड़ा रहता है, लाल रंग का होता है तथा जिसमें नाइट्राइट लिगन्ड नाइट्रोजन ($-NO_2$) के द्वारा धातु से जुड़ता है, पीले रंग का होता है।

### 5.4.4 उपसहसंयोजन समावयवता

किसी संकुल में उपस्थित भिन्न धातुओं की धनायनिक एवं ऋणायनिक उपसहसंयोजन सत्ता के मध्य लिगन्डों के अंतरपरिवर्तन से इस प्रकार की समावयवता उत्पन्न होती है। संकुल $[Co(NH_3)_6][Cr(CN)_6]$ इसका एक उदाहरण है, जिसमें $NH_3$ लिगन्ड $Co^{3+}$ से बंधित हैं तथा $CN^-$ लिगन्ड $Cr^{3+}$ से। इसके उपसहसंयोजन समावयव $[Cr(NH_3)_6][Co(CN)_6]$ में, $NH_3$ लिगन्ड $Cr^{3+}$ से जुड़े हैं तथा $CN^-$ लिगन्ड $Co^{3+}$ से।

### 5.4.5 आयनन समावयवता

जब किसी संकुल में उसका प्रतिआयन स्वयं एक संभावित लिगन्ड हो तथा किसी लिगन्ड को प्रतिस्थापित कर सके और विस्थापित लिगन्ड प्रतिआयन बन सके, तो इस प्रकार की समावयवता उत्पन्न होती है। संकुल $[Co(NH_3)_5(SO_4)]Br$ तथा $[Co(NH_3)_5Br]SO_4$ आयनन समावयवता के उदाहरण हैं।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

### 5.4.6 विलायकयोजन समावयवता

जब जल विलायक के रूप में प्रयुक्त होता है तो इस प्रकार की समावयवता **'हाइड्रेट समावयवता'** कहलाती है। यह आयनन समावयवता के समान है। विलायकयोजन समावयवों में केवल इतना अंतर होता है कि एक समावयव में विलायक अणु धातु आयन से लिगन्ड के रूप में सीधा बंधित रहता है तथा दूसरे समावयव में विलायक अणु संकुल के क्रिस्टल जालक में मुक्त रूप से विद्यमान रहता है। इस प्रकार का एक उदाहरण है— एक्वासंकुल $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ (बैंगनी) तथा इसका विलायकयोजन समावयव $[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2 \cdot H_2O$ (भूरा-हरा)।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**5.3** निम्नलिखित संकुलों द्वारा प्रदर्शित समावयवता का प्रकार बतलाइए तथा इन समावयवों की संरचनाएं बनाइए।

(i) $K[Cr(H_2O)_2(C_2O_4)_2]$ (ii) $[Co(en)_3]Cl_3$

(iii) $[Co(NH_3)_5(NO_2)](NO_3)_2$ (iv) $[Pt(NH_3)(H_2O)Cl_2]$

**5.4** इसका प्रमाण दीजिए कि $[Co(NH_3)_5Cl]SO_4$ तथा $[Co(NH_3)_5(SO_4)]Cl$ आयनन समावय हैं।

## 5.5 उपसहसंयोजन यौगिकों में आबंधन

उपसहसंयोजक यौगिकों में आबंधन की प्रकृति का वर्णन सर्वप्रथम वर्नर ने किया था। परंतु यह सिद्धांत निम्न आधारभूत प्रश्नों का उत्तर नहीं दे सका–

(i) क्यों कुछ ही तत्वों में उपसहसंयोजन यौगिक बनाने का विशिष्ट गुण पाया जाता है?

(ii) उपसहसंयोजन यौगिकों के आबंधों में दिशात्मक गुण क्यों पाए जाते हैं?

(iii) क्यों उपसहसंयोजन यौगिकों में विशिष्ट चुंबकीय तथा ध्रुवण घूर्णक गुण पाए जाते हैं?

उपसहसंयोजन यौगिकों में आबंधन की प्रकृति को समझने के लिए अनेक प्रस्ताव दिए गए यथा संयोजकता आबंध सिद्धांत (VBT), क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत (CFT), लिगन्ड क्षेत्र सिद्धांत (LFT), आण्विक कक्षक सिद्धांत (MOT)। हम यहाँ केवल VBT तथा CFT के प्राथमिक विवेचन पर ही अपना ध्यान केंद्रित करेंगे।

### 5.5.1 संयोजकता आबंध सिद्धांत

इस सिद्धांत के अनुसार, लिगन्डों के प्रभाव में धातु परमाणु/ आयन अपने (n-1)*d*, ns, n*p* अथवा ns, n*p*, n*d* कक्षकों का उपयोग **संकरण** के लिए कर सकता है जिससे विभिन्न ज्यामितियों जैसे अष्टफलकीय, चतुष्फलकीय, वर्ग समतली आदि के समकक्ष कक्षक उपलब्ध हो सकें (सारणी 5.2)। ये संकरित कक्षक उन लिगन्ड कक्षकों के साथ अतिव्यापन करते हैं जो अपना इलेक्ट्रॉन युगल आबंधन के लिए इन्हें दान करते हैं। इसे निम्न उदाहरणों द्वारा स्पष्ट किया गया है।

सारणी 5.2– कक्षकों की संख्या तथा संकरणों के प्रकार

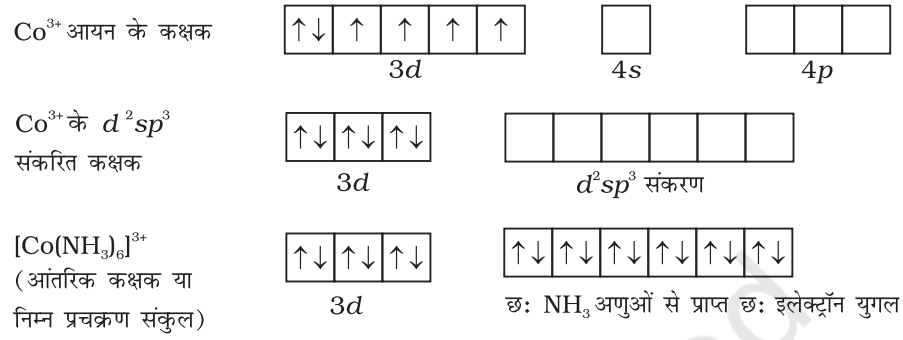
| समन्वय संख्या | संकरण का प्रकार | संकरित कक्षकों का आकाशीय वितरण |
|---|---|---|
| 4 | $sp^3$ | चतुष्फलकीय |
| 4 | $dsp^2$ | वर्ग समतली |
| 5 | $sp^3d$ | त्रिकोणीय द्विपिरैमिडी |
| 6 | $sp^3d^2$ | अष्टफलकीय |
| 6 | $d^2sp^3$ | अष्टफलकीय |



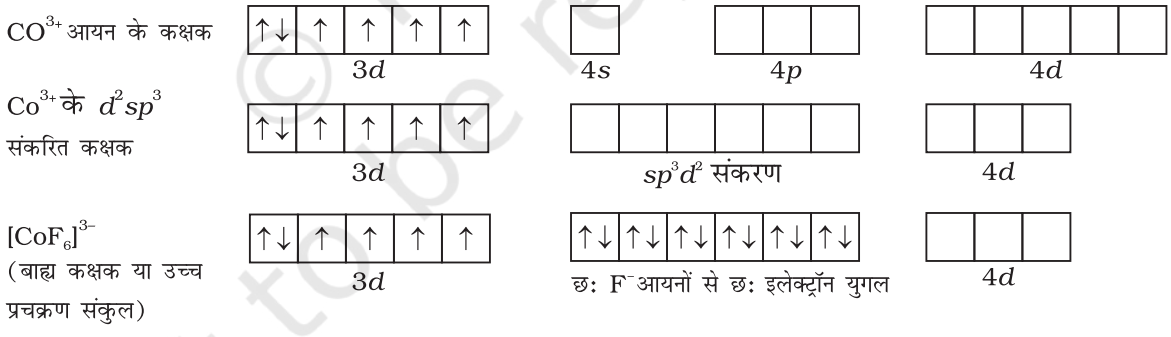
Reprint 2025-26

संयोजकता आबंध सिद्धांत के आधार पर संकुल के चुंबकीय व्यवहार से सामान्यत: इसकी ज्यामिति का अनुमान लगाया जा सकता है।

प्रतिचुंबकीय अष्टफलकीय संकुल $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ में, कोबाल्ट आयन +3 ऑक्सीकरण अवस्था में है तथा इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $3d^6$ है। इसकी संकरण योजना निम्न प्रकार से है–




छ: $NH_3$ अणुओं से प्रत्येक का एक इलेक्टॉन युगल छ: संकरित कक्षकों में स्थान ग्रहण करता है। इस प्रकार संकुल की ज्यामिति अष्टफलकीय है तथा अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की अनुपस्थिति के कारण यह प्रतिचुंबकीय है। इस संकुल के निर्माण के लिए संकरण में आंतरिक $d$ कक्षक ($3d$) प्रयुक्त होते हैं, संकुल, $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ **आंतरिक कक्षक संकुल** (inner orbital complex) या **निम्न प्रचक्रण संकुल** (low spin complex) या **प्रचक्रण युग्मित संकुल** (spin paired complex) कहलाता है। अनुचुंबकीय अष्टफलकीय संकुल, $[CoF_6]^{3-}$ संकरण ($sp^3d^2$) के लिए बाह्य कक्षक ($4d$) प्रयुक्त करता है। इसीलिए यह **बाह्य कक्षक** (outer orbital) या **उच्च प्रचक्रण** (high spin) या **प्रचक्रण मुक्त संकुल** (spin free complex) कहलाता है। इस प्रकार–

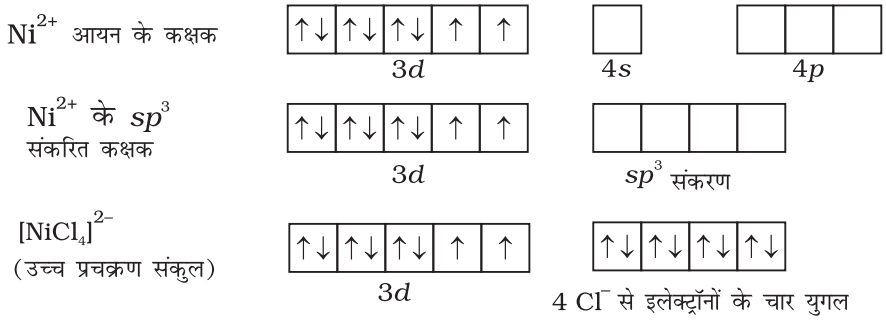



चतुष्फलकीय संकुलों में एक $s$ तथा तीन $p$ कक्षक के संकरण से चार समतुल्य कक्षक बनते हैं जो चतुष्फलकीय रूप से अभिविन्यासित होते हैं। यह $[NiCl_4]^{2-}$ के लिए नीचे दर्शाया गया है। यहाँ निकैल +2 ऑक्सीकरण अवस्था में है तथा आयन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $3d^8$ है। इसकी संकरण योजना को अगले पृष्ठ पर चित्र में दर्शाया गया है।

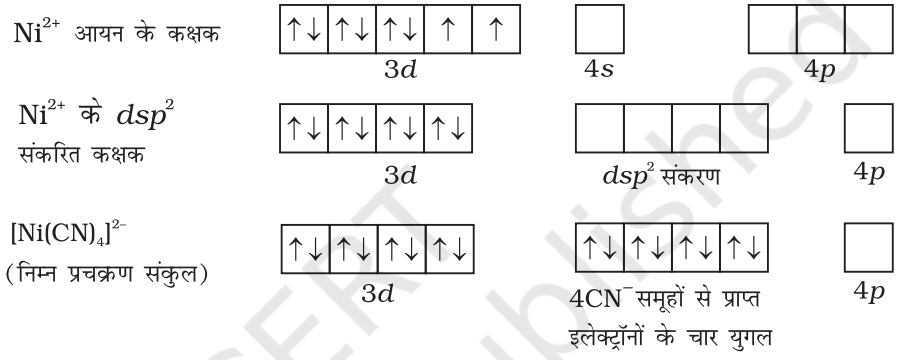
प्रत्येक $Cl^-$ आयन एक इलेक्ट्रॉन युगल दान करता है। दो अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की उपस्थिति के कारण यौगिक अनुचुंबकीय है। इसी प्रकार, $[Ni(CO)_4]$ की ज्यामिति चतुष्फलकीय परंतु प्रतिचुंबकीय है, क्योंकि निकैल शून्य ऑक्सीकरण अवस्था में है तथा इसमें अयुगलित इलेक्ट्रॉन नहीं हैं।



Reprint 2025-26




वर्ग समतलीय संकुलों में $dsp^2$ संकरण पाया जाता है। $[Ni(CN)_4]^{2-}$ इसका एक उदाहरण है। यहाँ निकैल +2 ऑक्सीकरण अवस्था में है तथा इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $3d^8$ है। इसकी संकरण योजना निम्न है–




प्रत्येक संकरित कक्षक एक सायनाइड आयन से एक इलेक्ट्रॉन युगल प्राप्त करता है। अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की अनुपस्थिति के कारण संकुल प्रतिचुंबकीय है। यह मुख्य रूप से ध्यान देने योग्य है कि संकरित कक्षकों का वास्तविक अस्तित्व नहीं है। वास्तव में, संकरण प्रयुक्त परमाणु कक्षकों के तरंग फलन का एक गणितीय परिचालन है।

### 5.5.2 उपसहसंयोजन यौगिकों के चुंबकीय गुण

उपसहसंयोजन यौगिकों के चुंबकीय आघूर्ण का मापन चुंबकीय प्रवृत्ति (magnetic susceptibility) प्रयोगों द्वारा किया जा सकता है। इसके परिणामों का उपयोग संकुलों में अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों की संख्या तथा संरचनाओं की जानकारी के लिए किया जा सकता है।

प्रथम संक्रमण श्रेणी के धातुओं के उपसहसंयोजन यौगिकों के चुंबकीय आँकड़ों का विवेचनात्मक अध्ययन कुछ जटिलता दर्शाता है। धातु आयनों के लिए जिनके $d$ कक्षकों में तीन तक इलेक्ट्रॉन होते हैं, जैसे $Ti^{3+}$ ($d^1$); $V^{3+}$ ($d^2$); $Cr^{3+}$ ($d^3$); इनमें $4s$ तथा $4p$ के कक्षकों के साथ अष्टफलकीय संकरण हेतु दो $d$ कक्षक उपलब्ध हैं। इन मुक्त आयनों तथा इनकी उपसहसंयोजन सत्ता का चुंबकीय व्यवहार समान होता है। जब तीन से अधिक $3d$ इलेक्ट्रॉन उपस्थित हों तो अष्टफलकीय संकरण हेतु आवश्यक $3d$ कक्षकों के युगल सीधे उपलब्ध नहीं होते (हुंड के नियमानुसार)। इस प्रकार, $d^4$ ($Cr^{2+}$, $Mn^{3+}$), $d^5$ ($Mn^{2+}$, $Fe^{3+}$), $d^6$ ($Fe^{2+}$, $Co^{3+}$) के लिए रिक्त $d$ कक्षकों के युगल केवल $3d$ इलेक्ट्रॉनों के युगलित होने से उपलब्ध होते हैं, फलस्वरूप क्रमशः दो, एक व शून्य अयुगलित इलेक्ट्रॉन बचे रहते हैं।

अनेक स्थितियों, विशेषतौर से $d^6$ युक्त आयनों के उपसहसंयोजन यौगिकों में, चुंबकीय मान उच्चतम प्रचक्रण युग्मन से मेल खाते हैं। परंतु, $d^4$ और $d^5$ स्पीशीज़ से युक्त आयनों



Reprint 2025-26

के युक्त संकुलों में जटिलताएं पाई जाती हैं। $[Mn(CN)_6]^{3-}$ का चुंबकीय आघूर्ण दो अयुगलित इलेक्ट्रॉनों के कारण है जबकि $[MnCl_6]^{3-}$ का चुंबकीय आघूर्ण चार अयुगलित इलेक्ट्रॉनों के कारण है; $[Fe(CN)_6]^{3-}$ का चुंबकीय आघूर्ण एक अयुगलित इलेक्ट्रॉन के कारण है जबकि $[FeF_6]^{3-}$ का अनुचुंबकीय आघूर्ण पाँच अयुगलित इलेक्ट्रॉनों के लिए है। $[CoF_6]^{3-}$ चार अयुगलित इलेक्ट्रॉन युक्त अनुचुंबकीय संकुल आयन है जबकि $[Co(C_2O_4)_3]^{3-}$ प्रतिचुंबकीय। यह असंगति संयोजकता आबंध सिद्धांत द्वारा आंतरिक कक्षक तथा बाह्य कक्षक संकुलों के बनने के आधार पर स्पष्ट की जा सकती है। $[Mn(CN)_6]^{3-}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$ तथा $[Co(C_2O_4)_3]^{3-}$ आंतरिक कक्षक संकुल हैं तथा प्रत्येक में धातु की संकरण अवस्था $d^2sp^3$ है। इनमें पहले दो संकुल अनुचुंबकीय तथा तीसरा प्रतिचुंबकीय है। दूसरी ओर $[MnCl_6]^{3-}$, $[FeF_6]^{3-}$ तथा $[CoF_6]^{3-}$ बाह्य कक्षक संकुल हैं जिनमें धातु की संकरण अवस्था $sp^3d^2$ है और इनकी अनुचुंबकीय प्रकृति क्रमशः चार, पाँच और चार अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की उपस्थिति के कारण है।

**उदाहरण 5.7** $[MnBr_4]^{2-}$ के 'केवल-प्रचक्रण' चुंबकीय आघूर्ण का मान 5.9 BM है। संकुल आयन की ज्यामिति बतलाइए।

**हल** चूँकि संकुल आयन में $Mn^{2+}$ आयन की समन्वय संख्या 4 है, अतः यह या तो चतुष्फलकीय ($sp^3$ संकरण) या वर्गसमतल ($dsp^2$ संकरण) होगा। परंतु इस संकुल आयन का चुंबकीय आघूर्ण 5.9 BM है अतः $d$ कक्षकों में पाँच अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की उपस्थिति के कारण इसकी आकृति चतुष्फलकीय होनी चाहिए न कि वर्ग समतलीय।

### 5.5.3 संयोजकता आबंध सिद्धांत की सीमाएं

यद्यपि संयोजकता आबंध सिद्धांत (VBT), उपसहसंयोजन यौगिकों के बनने तथा उनकी संरचनाओं एवं चुंबकीय व्यवहार का व्यापक स्तर पर स्पष्टीकरण देता है, फिर भी इसमें निम्नलिखित कमियाँ हैं –

(i) इसमें अनेक प्रकार के पूर्वानुमान हैं।
(ii) यह चुंबकीय आँकड़ों की कोई मात्रात्मक व्याख्या नहीं देता।
(iii) यह उपसहसंयोजन यौगिकों द्वारा दर्शाए गए रंगों का स्पष्टीकरण नहीं देता।
(iv) यह उपसहसंयोजन यौगिकों के ऊष्मागतिकीय और गतिक स्थायित्व की कोई भी मात्रात्मक व्याख्या नहीं करता।
(v) यह 4 समन्वयी संकुलों के लिए चतुष्फलकीय तथा वर्गसमतल संरचनाओं का सही अनुमान नहीं लगा पाता।
(vi) यह दुर्बल तथा प्रबल लिगन्डों के मध्य विभेद नहीं करता।

### 5.5.4 क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत

क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत (CFT) एक स्थिर वैद्युत मॉडल है जिसके अनुसार धातु-लिगन्ड आबंध आयनिक होते हैं जो केवल धातु आयन तथा लिगन्ड के मध्य स्थिरवैद्युत अन्योन्य क्रियाओं द्वारा उत्पन्न होते हैं। ऋणावेशित लिगन्डों को एक बिंदु आवेश के रूप में एवं उदासीन लिगन्डों को बिंदु द्विध्रुवों के रूप में माना जाता है। किसी विलगित गैसीय धातु परमाणु/ आयन के पाँचों $d$-कक्षकों की ऊर्जा का मान बराबर होता है अर्थात ये अपभ्रष्ट (degenerate) अवस्था में होते हैं। यह अपभ्रष्ट अवस्था तब तक बनी रहती है जब तक कि धातु परमाणु/ आयन के चारों ओर ऋणावेशों का एक गोलीयतः सममित क्षेत्र रहता है। परंतु किसी संकुल में जब यह ऋणावेशित क्षेत्र लिगन्डों के कारण (या तो ऋणायन या किसी द्विध्रुवीय अणु के



Reprint 2025-26

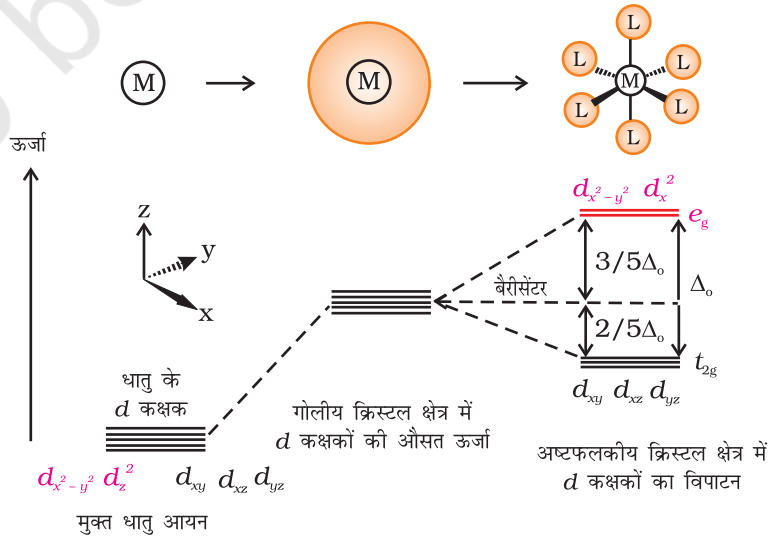
ऋणात्मक भाग जैसे $NH_3$ या $H_2O$) होता है तो असममित हो जाता है और $d$ कक्षकों की समभ्रंश अवस्था (degeneracy) समाप्त हो जाती है। इसके परिणामस्वरूप $d$ कक्षकों का विपाटन हो जाता है। यह विपाटन (splitting) क्रिस्टल क्षेत्र की प्रकृति पर निर्भर करता है। हम यहाँ विभिन्न क्रिस्टल क्षेत्रों में विपाटन को स्पष्ट करेंगे।

### (क) अष्टफलकीय उपसहसंयोजन समूहों में क्रिस्टल क्षेत्र विपाटन

एक अष्टफलकीय उपसहसंयोजन सत्ता, जिसमें धातु परमाणु/आयन छः लिगन्डों द्वारा घिरा रहता है, में धातु के $d$ कक्षकों के इलेक्ट्रॉनों तथा लिगन्डों के इलेक्ट्रॉनों (या ऋणावेश) के मध्य प्रतिकर्षण होता है। जब धातु का $d$ कक्षक लिगन्ड से दूर न होकर सीधा निर्दिष्ट होता है तो प्रतिकर्षण अधिक होता है। इस प्रकार $d_{x^2-y^2}$ तथा $d_{z^2}$ कक्षक, जो लिगन्ड की दिशा वाले अक्षों पर हैं, अधिक प्रतिकर्षण अनुभव करते हैं तथा उनकी ऊर्जा में वृद्धि हो जाती है एवं $d_{xy}$, $d_{yz}$ और $d_{xz}$ कक्षक, जो अक्षों के मध्य निर्दिष्ट होते हैं, की ऊर्जा गोलीय क्रिस्टल क्षेत्र की औसत ऊर्जा की तुलना में घट जाती है। इस प्रकार अष्टफलकीय संकुल में लिगन्ड इलेक्ट्रॉन-धातु इलेक्ट्रॉन प्रतिकर्षणों के कारण $d$ कक्षकों की अपभ्रष्टता (degeneracy) हट जाती है तथा तीन निम्न ऊर्जा वाले, $t_{2g}$ कक्षकों तथा दो उच्च ऊर्जा वाले, $e_g$ कक्षकों के दो समुच्चय बनते हैं। इस प्रकार समान ऊर्जा वाले कक्षकों का, लिगन्डों की निश्चित ज्यामिति में उपस्थिति से दो समुच्चयों में विपाटन **क्रिस्टल क्षेत्र विपाटन** (crystal field splitting) कहलाता है तथा समुच्चयों की ऊर्जा के अंतर को $\Delta_o$ (यहाँ o अधोलिखित अष्टफलक (octahedral) के लिए है) से दर्शाते हैं (चित्र 5.8)। इस प्रकार दो $e_g$ कक्षकों की ऊर्जा में $(3/5)\ \Delta_o$ के बराबर वृद्धि होती है तथा तीन $t_{2g}$ कक्षकों की ऊर्जा में $(2/5)\Delta_o$ के बराबर कमी आती है।

क्रिस्टल क्षेत्र विपाटन, $\Delta_o$ लिगन्ड तथा धातु आयन पर विद्यमान आवेश से उत्पन्न क्षेत्र पर निर्भर करता है। कुछ लिगन्ड प्रबल क्षेत्र उत्पन्न कर सकते हैं तथा ऐसी स्थिति में विपाटन अधिक होता है जबकि अन्य, दुर्बल क्षेत्र उत्पन्न करते हैं जिसके फलस्वरूप $d$ कक्षकों का विपाटन कम होता है। सामान्यतः लिगन्डों को उनके बढ़ती हुई क्षेत्र प्रबलता के क्रम में एक श्रेणी में निम्नानुसार व्यवस्थित किया जा सकता है—

$I^- < Br^- < SCN^- < Cl^- < S^{2-} < F^- < OH^- < C_2O_4^{2-} < H_2O < NCS^- < edta^{4-} < NH_3 < en < CN^- < CO$




*चित्र 5.8– अष्टफलकीय क्रिस्टल क्षेत्र में $d$ कक्षकों का विपाटन*

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

इस प्रकार की श्रेणी **स्पेक्ट्रमी रासायनिक श्रेणी** (spectrochemical series) कहलाती है। यह विभिन्न लिगन्डों के साथ बने संकुलों द्वारा प्रकाश के अवशोषण पर आधारित प्रायोगिक तथ्यों द्वारा निर्धारित श्रेणी है। आइए, हम अष्टफलकीय उपसहसंयोजन सत्ता में उपस्थित धातु आयन के $d$ कक्षकों में इलेक्ट्रॉनों के वितरण को समझें। स्पष्टत:, $d$ इलेक्ट्रॉन निम्न ऊर्जा वाले किसी एक $t_{2g}$ कक्षक में जाएगा। $d^2$ तथा $d^3$ उपसहसंयोजन सत्ता में, हुंड के नियमानुसार $d$ इलेक्ट्रॉन $t_{2g}$ कक्षकों में अयुगलित रहते हैं। $d^4$ आयनों के लिए, इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के प्रारूप की दो संभावनाएं हैं– (i) चतुर्थ इलेक्ट्रॉन $t_{2g}$ कक्षकों में पहले से विद्यमान इलेक्ट्रॉन के साथ युगलित हो सकता है या (ii) यह $e_g$ स्तर में स्थान ग्रहण कर, युग्मन ऊर्जा के व्यय से बचता है। इनमें से कौन सी संभावना बनती है यह क्रिस्टल क्षेत्र विपाटन, $\Delta_o$ तथा युग्मन ऊर्जा P(P एक कक्षक में इलेक्ट्रॉन युग्मन के लिए आवश्यक ऊर्जा है।) के तुलनात्मक परिमाण पर निर्भर करता है।

निम्नलिखित दो विकल्प हैं–

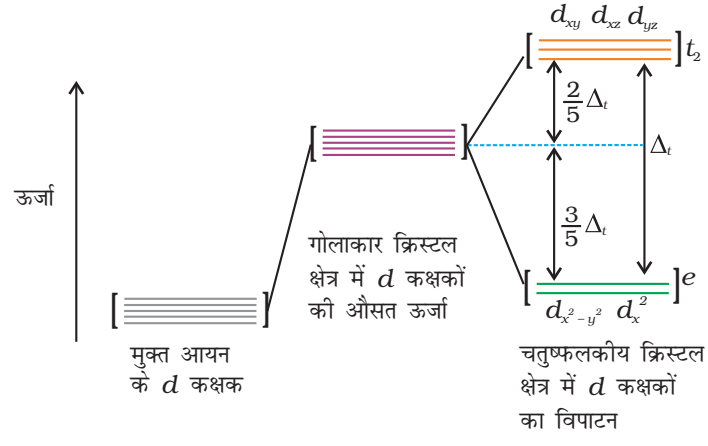
(i) यदि $\Delta_o < P$, हो तो चौथा इलेक्ट्रॉन किसी एक $e_g$ कक्षक में जायेगा तथा अभिविन्यास $t_{2g}^3 e_g^1$ प्राप्त होगा। लिगन्ड जिनके लिए $\Delta_o < P$ होता है, **दुर्बल क्षेत्र लिगन्ड** कहलाते हैं और ये उच्च प्रक्रण (high spin) संकुल बनाते हैं।

(ii) यदि $\Delta_o > P$ हो तो, यह ऊर्जा की दृष्टि से अधिक अनुकूल होता है, अत: चौथा इलेक्ट्रॉन किसी एक $t_{2g}$ कक्षक में जाएगा जिससे इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $t_{2g}^4 e_g^0$ प्राप्त होगा। लिगन्ड जो इस प्रकार का प्रभाव उत्पन्न करते हैं **प्रबल क्षेत्र लिगन्ड** (strong field ligands) कहलाते हैं तथा ये निम्न प्रचक्रण संकुल बनाते हैं।

गणनाएं दर्शाती हैं कि $d^4$ से $d^7$ वाली उपसहसंयोजन सत्ता दुर्बल क्षेत्र संकुलों की अपेक्षा प्रबल क्षेत्र में अधिक स्थायी होते हैं।

### (ख) चतुष्फलकीय उपसहसंयोजन समूहों में क्रिस्टल क्षेत्र विपाटन

चतुष्फलकीय सहसंयोजन सत्ता के विरचन में, $d$ कक्षकों का विपाटन अष्टफलकीय से उलटा (चित्र 5.9) तथा कम होता है। समान धातु, समान लिगन्डों तथा समान धातु-लिगन्ड दूरी के लिए, यह दिखाया जा सकता है कि $\Delta_t = 4/9\,\Delta_0$, अत: कक्षकों की विपाटन ऊर्जा इतनी अधिक नहीं होती जो इलेक्ट्रॉनों को युग्मन के लिए बाध्य करे। इसीलिए, निम्न प्रचक्रण (low spin) विन्यास विरले ही देखा जाता है। 'g' सब्सक्रिप्ट का उपयोग अष्टफलकीय एवं वर्ग समतली संकुलों में करते हैं जिनमें समरूपता केन्द्र होता है। चूँकि चतुष्फलकीय संकुलों में समरूपता केन्द्र नहीं होता अत: ऊर्जा स्तर में 'g' सब्सक्रिप्ट का उपयोग नहीं करते।




*चित्र 5.9– चतुष्फलकीय क्रिस्टल क्षेत्र में $d$ कक्षकों का विपाटन*



Reprint 2025-26

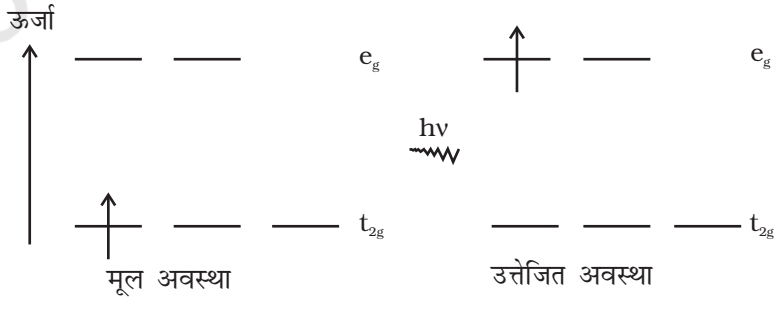
### 5.5.5 उपसहसंयोजन यौगिकों में रंग

इससे पहले के एकक में हमने पढ़ा कि संक्रमण धातुओं के संकुलों की एक विशेषता उनके रंगों का विस्तृत परास है। इसका अर्थ है कि जब श्वेत प्रकाश प्रतिदर्श (Sample) में से होकर बाहर निकलता है तो ये उसका कुछ भाग अवशोषित कर लेते हैं अत: बाहर निकलने वाला प्रकाश अब श्वेत नहीं रहता। संकुल का रंग वह दिखाई देता है जो उसके द्वारा अवशोषित रंग का पूरक होता है। पूरक रंग अवशेष तरंग दैर्घ्य द्वारा उत्पन्न होता है। यदि संकुल हरा रंग अवशोषित करता है, तो यह लाल दिखाई पड़ता है। सारणी 5.3 में विभिन्न अवशोषित तरंगदैर्घ्य (वेवलेंथ) तथा प्रेक्षित रंग के मध्य संबंध दर्शाया गया है।

**सारणी 5.3– कुछ उपसहसंयोजन सत्ताओं के प्रेक्षित रंग तथा अवशोषित प्रकाश तरंगदैर्घ्य के बीच संबंध**

| उपसहसंयोजक समूह | अवशोषित प्रकाश का तरंगदैर्घ्य (nm) | अवशोषित प्रकाश का रंग | उपसहसंयोजक समूह का रंग |
|---|---|---|---|
| $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$ | 535 | पीला | बैंगनी |
| $[Co(NH_3)_5(H_2O)]^{3+}$ | 500 | नीला-हरा | लाल |
| $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ | 475 | नीला | पीला-नारंगी |
| $[Co(CN)_6]^{3-}$ | 310 | पराबैंगनी | हल्का पीला |
| $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ | 600 | लाल | नीला |
| $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ | 498 | नीला-हरा | नील लोहित |

उपसहसंयोजन यौगिकों में रंगों की व्याख्या क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत के आधार पर सहज ही की जा सकती है। संकुल $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ का उदाहरण लें जो बैंगनी रंग का है। यह एक अष्टफलकीय संकुल है जिसमें धातु के $d$ कक्षक का एक इलेक्ट्रॉन ($Ti^{3+}$ एक $3d^1$ निकाय खाली है) संकुल की निम्नतम ऊर्जा अवस्था में $t_{2g}$ कक्षक में है। इस इलेक्ट्रॉन के लिए उपलब्ध इससे अगली उच्च अवस्था रिक्त $e_g$ कक्षक है। यदि संकुल पीले-हरे क्षेत्र की ऊर्जा के संगत प्रकाश का अवशोषण करे तो इलेक्ट्रॉन $t_{2g}$ स्तर से $e_g$ स्तर पर उत्तेजित हो जाता है $\left(t_{2g}^1 e_g^0 \rightarrow t_{2g}^0 e_g^1\right)$। इसके फलस्वरूप संकुल बैंगनी दिखाई देता है (चित्र 5.10)। क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत यह मानता है कि उपसहसंयोजन यौगिकों का रंग इलेक्ट्रॉन के $d$-$d$ संक्रमण (Transition) के कारण होता है।




*चित्र 5.10– $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ में एक इलेक्ट्रॉन का संक्रमण (Transition)*

यह ध्यान देना महत्वपूर्ण है कि लिगन्ड की अनुपस्थिति में, क्रिस्टल क्षेत्र विपाटन नहीं होता, अत: पदार्थ रंगहीन होता है। उदाहरणार्थ, $[Ti(H_2O)_6]Cl_3$ को गरम करने पर इसमें



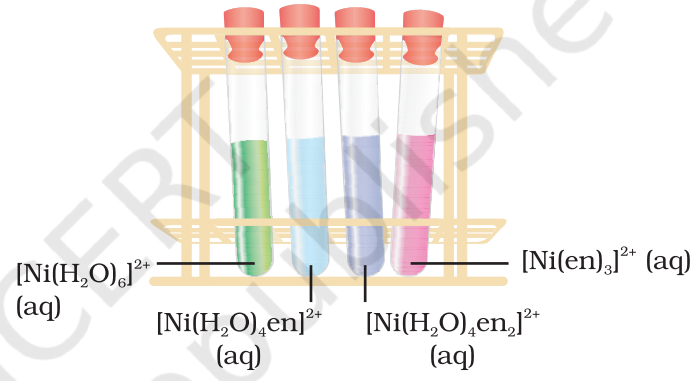
Reprint 2025-26

से जल निकल जाने के कारण यह रंगहीन हो जाता है। इसी प्रकार अजलीय $CuSO_4$ श्वेत होता है परंतु $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ नीले रंग का होता है। संकुल के रंग पर लिगन्ड के प्रभाव को $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ के उदाहरण द्वारा दर्शाया जा सकता है। जो निकैल (II) क्लोराइड को जल में विलेय करने पर बनता है। यदि इसमें धीरे-धीरे द्विदंतुर लिगन्ड, एथेन-1, 2-डाइऐमीन (en) को आणविक अनुपातों, en:Ni, 1:1, 2:1, 3:1, में मिलाया जाए तो निम्नलिखित अभिक्रियाएं तथा उनसे संबंधित रंग परिवर्तन होते हैं। इस शृंखला को चित्र 5.11 में दर्शाया गया है–

$$\underset{\text{हरा}}{[Ni(H_2O)_6]^{2+}(aq)} + en(aq) \rightarrow \underset{\text{हल्का नीला}}{[Ni(H_2O)_4(en)]^{2+}(aq)} + 2H_2O$$

$$[Ni(H_2O)_4(en)]^{2+}(aq) + en(aq) \rightarrow \underset{\text{नीला/नीललोहित}}{[Ni(H_2O)_2(en)_2]^{2+}(aq)} + 2H_2O$$

$$[Ni(H_2O)_2(en)_2]^{2+}(aq) + en(aq) \rightarrow \underset{\text{बैंगनी}}{[Ni(en)_3]^{2+}(aq)} + 2H_2O$$

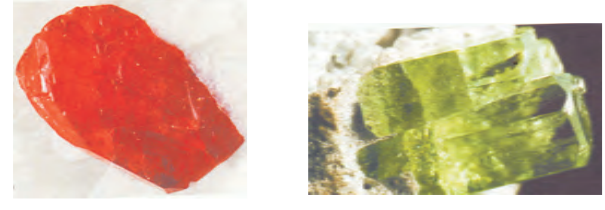



*चित्र 5.11– निकैल (II) संकुलों के जलीय विलयन जिनमें एथेन-1,2-डाइऐमीन लिगन्ड बढ़ते हुए अनुपात में है।*

## कुछ रत्नों के रंग

संक्रमण धातु आयन के *d* कक्षकों के बीच इलेक्ट्रॉनों के संक्रमण से रंग का उत्पन्न होना हमारे दैनिक जीवन में अक्सर दिखाई पड़ता है। माणिक्य (Ruby) (चित्र 5.12 क), लगभग 0.5-1% $Cr^{3+}$ आयन ($d^3$) युक्त एलुमिनियम ऑक्साइड ($Al_2O_3$) है जिसमें $Al^{3+}$ के स्थान पर $Cr^{3+}$ आयन कहीं-कहीं बेतरतीब स्थित रहते हैं। हम इन्हें ऐलुमिना के जालक में समावेष्टित अष्टफलकीय क्रोमियम (III) संकुल के रूप में देख सकते हैं। इन केंद्रों पर *d-d* संक्रमण के कारण माणिक्य में रंग उत्पन्न होता है।

पन्ना (emerald) (चित्र 5.12 ख) में, $Cr^{3+}$आयन खनिज बैरिल ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$) में अष्टफलकीय स्थानों पर स्थित रहते हैं। माणिक्य का पीला-लाल तथा नीला अवशोषण-बैंड। उच्चतर तरंगदैर्घ्य की ओर विस्थापित हो जाता है। इसके कारण पन्ने से हरे रंग के क्षेत्र वाला प्रकाश प्रसारित होता है।



(क) (ख)

*चित्र 5.12– (क) माणिक्य– यह रत्न मोगोक (म्याँमार) से प्राप्त संगमरमर में पाया गया; (ख) पन्ना– यह रत्न कोलंबिया के म्यूज़ो (Muzo) में पाया गया।*



Reprint 2025-26

### 5.5.6 क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत की सीमाएं

क्रिस्टल क्षेत्र मॉडल के द्वारा उपसहसंयोजन यौगिकों के बनने, उनकी संरचना, रंग तथा चुंबकीय गुणों को काफ़ी हद तक सफलतापूर्वक समझाया जा सकता है, परंतु इन अवधारणाओं से कि लिगन्ड बिंदु आवेश हैं, ऐसा प्रतीत होता है कि ऋणायन लिगन्ड द्वारा *d* कक्षकों का विपाटन सर्वाधिक होना चाहिए। जबकि ऋणायन लिगन्ड वास्तव में स्पेक्ट्रोरासायनिक श्रेणी के निचले सिरे पर आते हैं। इसके अतिरिक्त यह सिद्धांत लिगन्ड तथा केंद्रीय परमाणु के मध्य आबंध की सहसंयोजक प्रवृत्ति का संज्ञान नहीं लेता। ये CFT की कुछ कमज़ोरियाँ हैं जिन्हें लिगन्ड क्षेत्र सिद्धांत (LFT) तथा आण्विक कक्षक सिद्धांत (MOT) द्वारा समझाया जा सकता है। परंतु यह इस पुस्तक की सीमा के बाहर है।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**5.5** संयोजकता आबंध सिद्धांत के आधार पर समझाइए कि वर्ग समतलीय संरचना वाला $[Ni(CN)_4]^{2-}$ आयन प्रतिचुंबकीय है तथा चतुष्फलकीय ज्यामिति वाला $[NiCl_4]^{2-}$ आयन अनुचुंबकीय है।

**5.6** $[NiCl_4]^{2-}$ अनुचुंबकीय है जबकि $[Ni(CO)_4]$ प्रतिचुंबकीय है यद्यपि दोनों चतुष्फलकीय है। क्यों?

**5.7** $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ प्रबल अनुचुंबकीय है जबकि $[Fe(CN)_6]^{3-}$ दुर्बल अनुचुंबकीय। समझाइए।

**5.8** समझाइए कि $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ एक आंतरिक कक्षक संकुल है जबकि $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ एक बाह्य कक्षक संकुल है।

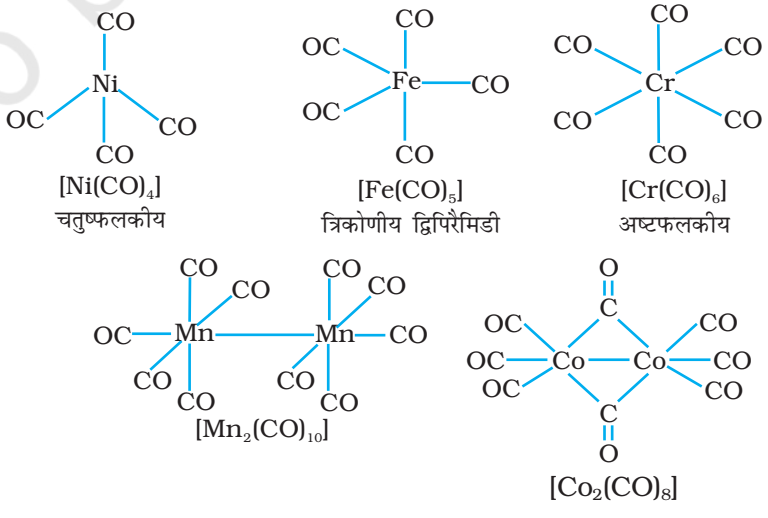
**5.9** वर्ग समतली $[Pt(CN)_4]^{2-}$ आयन में अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों की संख्या बतलाइए।

**5.10** क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत को प्रयुक्त करते हुए समझाइए कि कैसे हेक्साएक्वा मैंगनीज (II) आयन में पाँच अयुगलित इलैक्ट्रॉन हैं जबकि हेक्सासायनो आयन में केवल एक ही अयुगलित इलेक्ट्रॉन हैं।

## 5.6 धातु कार्बोनिलो में आबंधन

होमोलेप्टिक कार्बोनिल (यौगिक जिनमें केवल कार्बोनिल लिगन्ड हों) अधिकतर संक्रमण धातुओं द्वारा निर्मित होते हैं। इन कार्बोनिलों की संरचनाएं सरल तथा सुस्पष्ट होती हैं। टेट्राकार्बोनिलनिकैल (0) चतुष्फलकीय है, पेन्टाकार्बोनिल आयरन (0) त्रिकोणीय द्विपिरैमिडी है, जबकि हेक्साकार्बोनिलक्रोमियम (0) अष्टफलकीय है।

डेकाकार्बोनिलडाइमैंगनीज (0) दो वर्ग पिरैमिडी $Mn(CO)_5$ इकाइयों से बना है जो Mn – Mn आबंध से जुड़ी रहती हैं। ऑक्टाकार्बोनिलडाइकोबाल्ट (0) में दो Co – Co आबंधों में प्रत्येक के मध्य एक CO समूह सेतु के रूप में रहता है। (चित्र 5.13)।

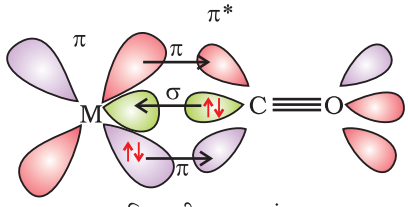



*चित्र 5.13– कुछ प्रतिनिधिक होमोलेप्टिक धातु कार्बोनिलों की संरचनाएं।*



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26




*चित्र 5.14– कार्बोनिल संकुल में सहक्रियाशीलता आबंधन अन्योन्यक्रिया का उदाहरण।*

धातु कार्बोनिलों के धातु-कार्बन आबंध में $\sigma$ तथा $\pi$ दोनों के गुण पाए जाते हैं। M–C $\sigma$ आबंध कार्बोनिल समूह के कार्बन पर उपस्थित इलेक्ट्रॉन युगल को धातु के रिक्त कक्षक में दान करने से बनता है। M–C $\pi$ आबंध धातु के पूरित $d$ कक्षकों में से एक इलेक्ट्रॉन युगल को कार्बन मोनोक्साइड के रिक्त प्रतिआबंधन $\pi^*$ कक्षक में दान करने से बनता है। धातु से लिगन्ड का आबंध एक सहक्रियाशीलता का प्रभाव उत्पन्न करता है जो CO व धातु के मध्य आबंध को मज़बूत बनाता है (चित्र 5.14)।

## 5.7 उपसहसंयोजन यौगिकों का महत्व तथा अनुप्रयोग

उपसहसंयोजन यौगिक बहुत महत्व के हैं। ये यौगिक खनिजों, पेड़-पौधों व जीव जगत में व्यापक रूप से पाए जाते हैं तथा विश्लेषणात्मक रसायन, धातुकर्म, जैविक प्रणालियों, उद्योगों तथा औषध के क्षेत्र में इनकी महत्वपूर्ण भूमिकाएं हैं। इनका वर्णन नीचे किया गया है–

- गुणात्मक (qualitative) तथा मात्रात्मक (quantative) रासायनिक विश्लेषणों में उपसहसंयोजन यौगिकों के अनेक उपयोग हैं। अनेक परिचित रंगीन अभिक्रियाएं जिनमें धातु आयनों के साथ अनेक लिगन्डों (विशेष रूप से कीलेट लिगन्ड) की उपसहसंयोजन सत्ता बनने के कारण रंग उत्पन्न होता है। चिरसम्मत (classical) तथा यांत्रिक (instrumental) विधियों द्वारा धातु आयनों की पहचान व उनके मात्रात्मक आकलन का आधार हैं। ऐसे अभिकर्मकों के उदाहरण हैं— EDTA, DMG (डाइमेथिल ग्लाईऑक्सीम), $\alpha$-नाइट्रोसो-$\beta$-नेफ्थॉल, क्यूपफेरॉन आदि।
- जल की कठोरता का आकलन $Na_2EDTA$ के साथ अनुमापन द्वारा किया जाता है। $Ca^{2+}$ व $Mg^{2+}$ आयन EDTA के साथ स्थायी संकुल बनाते हैं। इन आयनों का चयनात्मक आकलन किया जा सकता है क्योंकि कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के संकुलों के स्थायित्व स्थिरांक में अंतर होता है।
- धातुओं की कुछ प्रमुख निष्कर्षण विधियों में जैसे सिल्वर तथा गोल्ड के लिए संकुल विरचन का उपयोग होता है। उदाहरणार्थ, ऑक्सीजन तथा जल की उपस्थिति में गोल्ड, सायनाइड आयन से संयोजित होकर जलीय विलयन में सहसंयोजन सत्ता, $[Au(CN)_2]^-$ बनाता है। इस विलयन में जिंक मिलाकर गोल्ड को पृथक किया जा सकता है।
- इसी प्रकार से धातुओं का शुद्धिकरण उनके संकुल बनाकर तथा उसे पुनः विघटित करके किया जा सकता है। उदाहरणार्थ, अशुद्ध निकैल को $[Ni(CO)_4]$ में परिवर्तित किया जाता है तथा इसे अपघटित कर शुद्ध निकैल प्राप्त कर लेते हैं।
- उपसहसंयोजन यौगिक जैव तंत्र में बहुत ही महत्वपूर्ण हैं। प्रकाश संश्लेषण के लिए उत्तरदायी वर्णक, क्लोरोफिल, मैग्नीशियम का उपसहसंयोजन यौगिक है। रक्त का लाल वर्णक हीमोग्लोबीन, जो कि ऑक्सीजन का वाहक है, आयरन का एक उपसहसंयोजन यौगिक है। विटामिन $B_{12}$ सायनाकोबालऐमीन, प्रतिप्रणाली अरक्तता कारक (anti-pernicious anaemia factor), कोबाल्ट का एक उपसहसंयोजन यौगिक है। जैविक महत्व के अन्य धातु आयन युक्त उपसहसंयोजन यौगिक जैसे— कार्बोक्सीपेप्टिडेज-A (carboxypeptidase A) तथा कार्बोनिक एनहाइड्रेज (carbonic anhydrase) (जैव प्रणाली के उत्प्रेरक) एन्जाइम हैं।



Reprint 2025-26

- अनेक औद्योगिक प्रक्रमों में उपसहसंयोजन यौगिकों का उपयोग उत्प्रेरकों के रूप में किया जाता है। उदाहरणार्थ, रोडियम संकुल, $[(Ph_3P)_3RhCl]$, एक विल्किन्सन उत्प्रेरक है, जो एल्कीनों के हाइड्रोजनीकरण में उपयोग में आता है।
- वस्तुओं पर सिल्वर और गोल्ड का वैद्युत लेपन धातु आयनों के विलयन से करने की अपेक्षा उनके संकुल आयनों $[Ag(CN)_2]^-$ तथा $[Au(CN)_2]^-$ के विलयन से करने पर लेपन कहीं अधिक एकसार व चिकना होता है।
- श्याम-श्वेत फ़ोटोग्राफी में, विकसित की हुई फ़िल्म का स्थायीकरण (fixation) हाइपो विलयन में धोकर किया जाता है, जो अनअपघटित AgBr से संकुल आयन, $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$ बनाकर जल में घोल लेता है।
- औषध रसायन में कीलेट चिकित्सा के उपयोग में अभिरुचि बढ़ रही है। इसका एक उदाहरण है– पौधे/जीव जंतु निकायों में विषैले अनुपात में विद्यमान धातुओं के द्वारा उत्पन्न समस्याओं का उपचार। इस प्रकार कॉपर तथा आयरन की अधिकता को D-पेनिसिलऐमीन तथा डेसफेरीऑक्सिम B लीगन्डों के साथ उपसहसंयोजन यौगिक बनाकर दूर किया जाता है। EDTA को लेड की विषाक्ता के उपचार में प्रयुक्त किया जाता है। प्लेटिनम के कुछ उपसहसंयोजन यौगिक ट्यूमर वृद्धि को प्रभावी रूप से रोकते हैं। उदाहरण हैं– समपक्ष-प्लेटिन (*cis*-platin) तथा संबंधित यौगिक।

## सारांश

**उपसहसंयोजन यौगिकों का रसायन, आधुनिक** अकार्बनिक रसायनशास्त्र का एक महत्वपूर्ण एवं चुनौतीपूर्ण क्षेत्र है। पिछले पचास वर्षों में इस क्षेत्र में हुए विकास के फलस्वरूप आबंधन के मॉडल तथा आण्विक संरचनाओं के विषय में नई अवधारणाएं विकसित हुईं, **रासायनिक उद्योग** के क्षेत्रों में विलक्षण भेदन तथा जैव प्रणालियों में कार्य करने वाले क्रांतिक घटकों में महत्वपूर्ण अंत: दृष्टि प्राप्त हुई है।

उपसहसंयोजन यौगिकों के विरचन, अभिक्रियाएं, संरचनाएं एवं आबंधन को समझाने के लिए सर्वप्रथम **ए. वर्नर** द्वारा प्रयास किया गया। उनके सिद्धांत के अनुसार, उपसहसंयोजन यौगिकों में विद्यमान धातु परमाणु / आयन दो प्रकार की संयोजकताओं (प्राथमिक संयोजकता तथा द्वितीयक संयोजकता) का उपयोग करते हैं। रसायन विज्ञान की आधुनिक भाषा में इन संयोजकताओं को क्रमश: आयनीकृत (आयनिक) तथा अनायनीकृत (सहसंयोजक) आबंध कहते हैं। समावयवता के गुण का उपयोग करते हुए, वर्नर ने अनेक उपसहसंयोजन समूहों की ज्यामितीय आकृतियों के बारे में भविष्यवाणियाँ की।

**संयोजकता आबंध सिद्धांत ( VBT )** उपसहसंयोजन यौगिकों के बनाने, चुंबकीय व्यवहार तथा ज्यामितीय आकृतियों का सफलतापूर्वक यथोचित स्पष्टीकरण देता है। फिर भी यह सिद्धांत, उपसहसंयोजन यौगिकों के चुंबकीय व्यवहार की मात्रात्मक व्याख्या करने में असफल रहा है तथा इन यौगिकों के ध्रुवण गुणों के संबंध में कुछ भी नहीं कहता।

**क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत ( CFT )** उपसहसंयोजन यौगिकों में विद्यमान केंद्रीय धातु परमाणु/आयन के *d*-कक्षकों की ऊर्जा की समानता पर विभिन्न क्रिस्टल क्षेत्रों के प्रभाव (लिगन्डों को बिंदु आवेश मानते हुए उनके द्वारा प्रदत्त प्रभाव) पर आधारित है। प्रबल क्षेत्र तथा दुर्बल क्षेत्र में *d*-कक्षकों के विपाटन (splitting) से विभिन्न इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त होते हैं। इस सिद्धांत की सहायता से उपसहसंयोजन सत्ता में विद्यमान धातु परमाणु/आयन के *d*-कक्षकों की विपाटन ऊर्जा, उसका चुंबकीय आघूर्ण, स्पेक्ट्रमिकी तथा स्थायित्व के प्राचलों *(parameters)* के मात्रात्मक आकलन में सहायता मिलती है। परंतु, यह धारणा कि लिगन्ड बिंदु आवेश है, अनेक सैद्धांतिक कठिनाइयाँ उत्पन्न करता है।



Reprint 2025-26

**धातु कार्बोनिलों** के धातु-कार्बन आबंधों में σ तथा π दोनों ही आबंधों के गुण पाए जाते हैं। लिगन्ड से धातु के साथ σ आबंध तथा धातु से लिगन्ड के साथ π आबंध बनता है। यह विशिष्ट संकर्मी (synergic) आबंधन धातु कार्बोनिलो को स्थायित्व प्रदान करता है।

उपसहसंयोजन यौगिक बहुत महत्वपूर्ण हैं। इन यौगिकों से जैव-प्रणालियों में कार्य करने वाले जैव घटकों की कार्यप्रणाली तथा संरचनाओं की महत्वपूर्ण जानकारी प्राप्त होती है। उपसहसंयोजन यौगिक के धातुकर्म प्रक्रमों, विश्लेषणात्मक तथा औषध रसायन में अनेक अनुप्रयोग हैं।

# अभ्यास

**5.1** वर्नर की अभिधारणाओं के आधार पर उपसहसंयोजन यौगिकों में आबंधन को समझाइए।

**5.2** $FeSO_4$ विलयन तथा $(NH_4)_2SO_4$ विलयन का 1 : 1 मोलर अनुपात में मिश्रण $Fe^{2+}$ आयन का परीक्षण देता है परंतु $CuSO_4$ व जलीय अमोनिया का 1:4 मोलर अनुपात में मिश्रण $Cu^{2+}$ आयनो का परीक्षण नहीं देता। समझाइए क्यों?

**5.3** प्रत्येक के दो उदाहरण देते हुए निम्नलिखित को समझाइए– समन्वय समूह, लिगन्ड, उपसहसंयोजन संख्या, उपसहसंयोजन बहुफलक, होमोलेप्टिक तथा हेट्रोरोलेप्टिक।

**5.4** एकदंतुर, द्विदंतुर तथा उभयदंतुर लिगन्ड से क्या तात्पर्य है? प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिए।

**5.5** निम्नलिखित उपसहसंयोजन सत्ता में धातुओं के ऑक्सीकरण अंक का उल्लेख कीजिए–

(i) $[Co(H_2O)(CN)(en)_2]^{2+}$ (iii) $[PtCl_4]^{2-}$ (v) $[Cr(NH_3)_3Cl_3]$

(ii) $[CoBr_2(en)_2]^+$ (iv) $K_3[Fe(CN)_6]$

**5.6** IUPAC नियमों के आधार पर निम्नलिखित के लिये सूत्र लिखिए–

(i) टेट्राहाइड्रॉक्सिडोजिंकेट(II) (vi) हेक्साऐम्मीनकोबाल्ट(III)सल्फेट

(ii) पोटैशियम टेट्राक्लोरिडोपैलेडेट(II) (vii) पोटैशियम ट्राइआक्सैलेटोक्रोमेट(III)

(iii) डाइऐम्मीनडाइक्लोरिडो प्लेटिनम(II) (viii) हेक्साऐम्मीनप्लैटिनम(IV)

(iv) पोटैशियम टेट्रासायनिडोनिकैलेट(II) (ix) टेट्राब्रोमिडो क्यूप्रेट(II)

(v) पेन्टाऐम्मीननाइट्रिटो-O-कोबाल्ट(III) (x) पेन्टाऐम्मीननाइट्रिटो-N-कोबाल्ट(III)

**5.7** IUPAC नियमों के आधार पर निम्नलिखित के सुव्यवस्थित नाम लिखिए–

(i) $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ (iv) $[Co(NH_3)_4Cl(NO_2)]Cl$ (vii) $[Ni(NH_3)_6]Cl_2$

(ii) $[Pt(NH_3)_2Cl(NH_2CH_3)]Cl$ (v) $[Mn(H_2O)_6]^{2+}$ (viii) $[Co(en)_3]^{3+}$

(iii) $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ (vi) $[NiCl_4]^{2-}$ (ix) $[Ni(CO)_4]$

**5.8** उपसहसंयोजन यौगिकों के लिए संभावित विभिन्न प्रकार की समावयवताओं को सूचीबद्ध कीजिए तथा प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

**5.9** निम्नलिखित उपसहसंयोजन सत्ता में कितने ज्यामितीय समावयव संभव हैं?

(क) $[Cr(C_2O_4)_3]^{3-}$ (ख) $[Co(NH_3)_3Cl_3]$

**5.10** निम्न के प्रकाशित समावयवों की संरचनाएं बनाइए–

(i) $[Cr(C_2O_4)_3]^{3-}$ (ii) $[PtCl_2(en)_2]^{2+}$ (iii) $[Cr(NH_3)_2Cl_2(en)]^+$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**5.11** निम्नलिखित के सभी समायवों (ज्यामितीय व ध्रुवण) की संरचनाएं बनाइए–

(i) $[CoCl_2(en)_2]^+$ (ii) $[Co(NH_3)Cl(en)_2]^{2+}$ (iii) $[Co(NH_3)_2Cl_2(en)]^+$

**5.12** $[Pt(NH_3)(Br)(Cl)(py)]$ के सभी ज्यामितीय समावयव लिखिए। इनमें से कितने ध्रुवण समावयवता दर्शाएंगे?

**5.13** जलीय कॉपर सल्फेट विलयन (नीले रंग का), निम्नलिखित प्रेक्षण दर्शाता है–

(i) जलीय पोटैशियम फ्लुओराइड के साथ हरा रंग

(ii) जलीय पोटैशियम क्लोराइड के साथ चमकीला हरा रंग उपरोक्त प्रायोगिक परिणामों को समझाइए।

**5.14** कॉपर सल्फेट के जलीय विलयन में जलीय KCN को आधिक्य में मिलाने पर बनने वाली उपसहसंयोजन सत्ता क्या होगी? इस विलयन में जब $H_2S$ गैस प्रवाहित की जाती है तो कॉपर सल्फाइड का अवक्षेप क्यों नहीं प्राप्त होता?

**5.15** संयोजकता आबंध सिद्धांत के आधार पर निम्नलिखित उपसहसंयोजन सत्ता में आबंध की प्रकृति की विवेचना कीजिए–

(क) $[Fe(CN)_6]^{4-}$ (ख) $[FeF_6]^{3-}$ (ग) $[Co(C_2O_4)_3]^{3-}$ (घ) $[CoF_6]^{3-}$

**5.16** अष्टफलकीय क्रिस्टल क्षेत्र में *d* कक्षकों के विपाटन को दर्शाने के लिए चित्र बनाइए।

**5.17** स्पेक्ट्रमीरासायनिक श्रेणी क्या है? दुर्बल क्षेत्र लिगन्ड तथा प्रबल क्षेत्र लिगन्ड में अंतर स्पष्ट कीजिए।

**5.18** क्रिस्टल क्षेत्र विपाटन ऊर्जा क्या है? उपसहसंयोजन सत्ता में *d* कक्षकों का वास्तविक विन्यास $\Delta_o$ के मान के आधार पर कैसे निर्धारित किया जाता है?

**5.19** $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$ अनुचुंबकीय है जबकि $[Ni(CN)_4]^{2-}$ प्रतिचुंबकीय, समझाइए क्यों?

**5.20** $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$ का विलयन हरा है परंतु $[Ni(CN)_4]^{2-}$ का विलयन रंगहीन है। समझाइए।

**5.21** $[Fe(CN)_6]^{4-}$ तथा $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ के तनु विलयनों के रंग भिन्न होते हैं। क्यों?

**5.22** धातु कार्बोनिलों में आबंध की प्रकृति की विवेचना कीजिए।

**5.23** निम्न संकुलों में केंद्रीय धातु आयन की ऑक्सीकरण अवस्था, *d* कक्षकों का अधिग्रहण एवं उपसहसंयोजन संख्या बतलाइए–

(i) $K_3[Co(C_2O_4)_3]$ (iii) $(NH_4)_2[CoF_4]$

(ii) cis-$[CrCl_2(en)_2]Cl$ (iv) $[Mn(H_2O)_6]SO_4$

**5.24** निम्न संकुलों के IUPAC नाम लिखिए तथा ऑक्सीकरण अवस्था, इलेक्ट्रॉनिक विन्यास और उपसहसंयोजन संख्या दर्शाइए। संकुल का त्रिविम रसायन तथा चुंबकीय आघूर्ण भी बतलाइए:

(i) $K[Cr(H_2O)_2(C_2O_4)_2].3H_2O$ (iii) $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ (v) $K_4[Mn(CN)_6]$

(ii) $[CrCl_3(py)_3]$ (iv) $Cs[FeCl_4]$

**5.25** क्रिस्टल क्षेत्र सिद्धांत के आधार पर संकुल $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ के बैंगनी रंग की व्याख्या कीजिए।

**5.26** *कीलेट प्रभाव* से क्या तात्पर्य है? एक उदाहरण दीजिए।

**5.27** प्रत्येक का एक उदाहरण देते हुए निम्नलिखित में उपसहसंयोजन यौगिकों की भूमिका की संक्षिप्त विवेचना कीजिए–

(i) जैव प्रणालियाँ (iii) विश्लेषणात्मक रसायन

(ii) औषध रसायन (iv) धातुओं का निष्कर्षण/धातु कर्म।

**5.28** संकुल $[Co(NH_3)_6]Cl_2$ से विलयन में कितने आयन उत्पन्न होंगे–

(i) 6 (ii) 4 (iii) 3 (iv) 2



Reprint 2025-26

**5.29** निम्नलिखित आयनों में से किसके चुंबकीय आघूर्ण का मान सर्वाधिक होगा?

(i) $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ (ii) $[Fe(H_2O)_6]^{2+}$ (iii) $[Zn(H_2O)_6]^{2+}$

**5.30** $K[Co(CO)_4]$ में कोबाल्ट की ऑक्सीकरण संख्या है—

(i) +1 (ii) +3 (iii) –1 (iv) –3

**5.31** निम्न में सर्वाधिक स्थायी संकुल है–

(i) $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ (ii) $[Fe(NH_3)_6]^{3+}$ (iii) $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$ (iv) $[FeCl_6]^{3-}$

**5.32** निम्नलिखित के लिए दृश्य प्रकाश में अवशोषण की तरंगदैर्ध्य का सही क्रम क्या होगा?

$[Ni(NO_2)_6]^{4-}$, $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$, $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$

## पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**5.1** (i) $[Co(NH_3)_4(H_2O)_2]Cl_3$ (iv) $[Pt(NH_3)BrCl(NO_2)]^-$

(ii) $K_2[Ni(CN)_4]$ (v) $[PtCl_2(en)_2](NO_3)_2$

(iii) $[Cr(en)_3]Cl_3$ (vi) $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$

**5.2** (i) हेक्साऐम्मीनकोबाल्ट(III)क्लोराइड (iv) पोटैशियम ट्राइआक्सैलेटोफेरेट (III)

(ii) पेन्टाऐम्मीनक्लोरिडोकोबाल्ट(III)क्लोराइड (v) पोटैशियम टेट्राक्लोरिडोपैलेडेट(II)

(iii) पोटैशियम हेक्सासायनिडोफेरेट(III) (vi) डाइएम्मीनक्लोरिडो(मेथेनेमीन)प्लैटिनम(II)क्लोराइड

**5.3** (i) समपक्ष तथा विपक्ष दोनों ज्यामितीय समावयव एवं समपक्ष समावयव का ध्रुवण समावय अस्तित्व में होंगे।

(ii) दो ध्रुवण समावयव विद्यमान होंगे।

(iii) ज्यामितीय (समपक्ष-, विपक्ष-) समावयव संभव है।

(iv) दस संभावित समावयव संभव हैं। (संकेत– ज्यामितीय, आयनन एवं आबंध समावयव)

**5.4** आयनन समावयव जल में विलेय होकर भिन्न आयन देते हैं तथा इस प्रकार विभिन्न अभिकर्मकों से भिन्न रूप से अभिक्रिया करते हैं–

$[Co(NH_3)_5Br]SO_4 + Ba^{2+} \rightarrow BaSO_4\ (s)$

$[Co(NH_3)_5SO_4]Br + Ba^{2+} \rightarrow$ कोई अभिक्रिया नहीं

$[Co(NH_3)_5Br]SO_4 + Ag^+ \rightarrow$ कोई अभिक्रिया नहीं

$[Co(NH_3)_5SO_4]Br + Ag^+ \rightarrow AgBr\ (s)$

**5.6** $[Ni(CO)_4]$, में, Ni की ऑक्सीकरण अवस्था शून्य है जबकि $[NiCl_4]^{2-}$, में +2 है। CO लिगन्ड की उपस्थिति में, Ni के अयुगलित *d* इलेक्ट्रॉन युगलित हो जाते हैं परंतु $Cl^-$ एक दुर्बल लिगन्ड है। इसलिए अयुगलित इलेक्ट्रॉनों को युगलित नहीं कर पाता।

**5.7** $CN^-$ (प्रबल लिगन्ड) की उपस्थिति में, 3*d* इलेक्ट्रॉन युगलित हो जाते हैं तथा केवल एक अयुगलित इलेक्ट्रॉन बचा रहता है। संकरण अवस्था $d^2sp^3$ है व आंतरिक कक्षक संकुल बनता है। $H_2O$ (दुर्बल लिगन्ड) की उपस्थिति में, 3*d*



Reprint 2025-26

इलेक्ट्रॉन युगलित नहीं होते। इसमें संकरण $sp^3d^2$ है तथा बाह्य-कक्षक संकुल बनता है जिसमें पाँच अयुगलित इलेक्ट्रॉन हैं तथा यह प्रबल अनुचुंबकीय है।

**5.8** $NH_3$ की उपस्थिति में, $3d$ इलेक्ट्रॉन युगलित होते हैं तथा शेष बचे दो रिक्त $d$-कक्षक $d^2sp^3$ संकर में भाग लेकर $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ के उदाहरण में आंतरिक कक्षक (innerorbital complex) बनाते हैं।

$[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ में, Ni की ऑक्सीकरण अवस्था +2 है तथा इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $d^8$ है तथा संकरण $sp^3d^2$ है व बाह्य-कक्षक संकुल बनता है।

**5.9** वर्गसमतली आकृति के लिए संकरण $dsp^2$ है। अत: $5d$ कक्षक में उपस्थित अयुगलित इलेक्ट्रॉन युगलित होकर एक रिक्त $d$ कक्षक $dsp^2$ संकरण के लिए रिक्त कर देते हैं। इस प्रकार इसमें अयुगलित इलेक्ट्रॉन नहीं हैं।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# तत्त्व, उनकी परमाणु-संख्या और मोलर-द्रव्यमान

| तत्त्व | संकेत | परमाणु क्रमांक | मोलर द्रव्यमान (g mol$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| ऐक्टीनियम | Ac | 89 | 227.03 |
| ऐलुमिनियम | Al | 13 | 26.98 |
| ऐमेरिसियम | Am | 95 | (243) |
| ऐन्टीमनी | Sb | 51 | 121.75 |
| आर्गन | Ar | 18 | 39.95 |
| आर्सेनिक | As | 33 | 74.92 |
| ऐस्टैटीन | At | 85 | 210 |
| बेरियम | Ba | 56 | 137.34 |
| बरकेलियम | Bk | 97 | (247) |
| बेरिलियम | Be | 4 | 9.01 |
| बिस्मथ | Bi | 83 | 208.98 |
| बोहरियम | Bh | 107 | (264) |
| बोरॉन | B | 5 | 10.81 |
| ब्रोमीन | Br | 35 | 79.91 |
| कैडमियम | Cd | 48 | 112.40 |
| सीज़ियम | Cs | 55 | 132.91 |
| कैल्सियम | Ca | 20 | 40.08 |
| कैलीफोरनियम | Cf | 98 | 251.08 |
| कार्बन | C | 6 | 12.01 |
| सीरियम | Ce | 58 | 140.12 |
| क्लोरीन | Cl | 17 | 35.45 |
| क्रोमियम | Cr | 24 | 52.00 |
| कोबाल्ट | Co | 27 | 58.93 |
| कॉपर | Cu | 29 | 63.54 |
| क्यूरियम | Cm | 96 | 247.07 |
| ड्यूबनियम | Db | 105 | (263) |
| डिस्प्रोसियम | Dy | 66 | 162.50 |
| आइन्स्टीनियम | Es | 99 | (252) |
| अर्बियम | Er | 68 | 167.26 |
| यूरोपियम | Eu | 63 | 151.96 |
| फर्मियम | Fm | 100 | (257.10) |
| फ्लुओरीन | F | 9 | 19.00 |
| फ्रेंसियम | Fr | 87 | (223) |
| गैडोलिनियम | Gd | 64 | 157.25 |
| गैलियम | Ga | 31 | 69.72 |
| जर्मेनियम | Ge | 32 | 72.61 |
| गोल्ड | Au | 79 | 196.97 |
| हैफनियम | Hf | 72 | 178.49 |
| हैसियम | Hs | 108 | (269) |
| हीलियम | He | 2 | 4.00 |
| होल्मियम | Ho | 67 | 164.93 |
| हाइड्रोजन | H | 1 | 1.0079 |
| इंडीयम | In | 49 | 114.82 |
| आयोडीन | I | 53 | 126.90 |
| इरीडियम | Ir | 77 | 192.2 |
| आयरन | Fe | 26 | 55.85 |
| क्रिप्टॉन | Kr | 36 | 83.80 |
| लैन्थेनम | La | 57 | 138.91 |
| लॉरेन्शियम | Lr | 103 | (262.1) |
| लेड | Pb | 82 | 207.19 |
| लीथियम | Li | 3 | 6.94 |
| ल्यूटीशियम | Lu | 71 | 174.96 |
| मैग्नीशियम | Mg | 12 | 24.31 |
| मैंगनीज | Mn | 25 | 54.94 |
| मिटैनियम | Mt | 109 | (268) |
| मैंडेलीवियम | Md | 101 | 258.10 |

| तत्त्व | संकेत | परमाणु क्रमांक | मोलर द्रव्यमान (g mol$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| मरकरी | Hg | 80 | 200.59 |
| मॉलिब्डेनम | Mo | 42 | 95.94 |
| नीयोडियम | Nd | 60 | 144.24 |
| नियॉन | Ne | 10 | 20.18 |
| नैप्टूनियम | Np | 93 | (237.05) |
| निकैल | Ni | 28 | 58.71 |
| नियोबियम | Nb | 41 | 92.91 |
| नाइट्रोजन | N | 7 | 14.0067 |
| नोबेलियम | No | 102 | (259) |
| ओसमियम | Os | 76 | 190.2 |
| ऑक्सीजन | O | 8 | 16.00 |
| पैलेडियम | Pd | 46 | 106.4 |
| फास्फोरस | P | 15 | 30.97 |
| प्लैटिनम | Pt | 78 | 195.09 |
| प्लूटोनियम | Pu | 94 | (244) |
| पोलोनियम | Po | 84 | 210 |
| पोटैशियम | K | 19 | 39.10 |
| प्रैजियोडिमियम | Pr | 59 | 140.91 |
| प्रोमेथियम | Pm | 61 | (145) |
| प्रोटैक्टिनियम | Pa | 91 | 231.04 |
| रेडियम | Ra | 88 | (226) |
| रेडॉन | Rn | 86 | (222) |
| रीनियम | Re | 75 | 186.2 |
| रोडियम | Rh | 45 | 102.91 |
| रूबिडियम | Rb | 37 | 85.47 |
| रुथीनियम | Ru | 44 | 101.07 |
| रदरफोर्डियम | Rf | 104 | (261) |
| सैमेरियम | Sm | 62 | 150.35 |
| स्कैन्डियम | Sc | 21 | 44.96 |
| सीबोर्गियम | Sg | 106 | (266) |
| सिलीनियम | Se | 34 | 78.96 |
| सिलिकन | Si | 14 | 28.08 |
| सिल्वर | Ag | 47 | 107.87 |
| सोडियम | Na | 11 | 22.99 |
| स्ट्रॉन्शियम | Sr | 38 | 87.62 |
| सल्फर | S | 16 | 32.06 |
| टैन्टेलम | Ta | 73 | 180.95 |
| टेक्नीशियम | Tc | 43 | (98.91) |
| टेलूरियम | Te | 52 | 127.60 |
| टर्बीअम | Tb | 65 | 158.92 |
| थैलियम | Tl | 81 | 204.37 |
| थोरियम | Th | 90 | 232.04 |
| थूलियम | Tm | 69 | 168.93 |
| टिन | Sn | 50 | 118.69 |
| टाइटेनियम | Ti | 22 | 47.88 |
| टंगस्टन | W | 74 | 183.85 |
| अनअनबियम | Uub | 112 | (277) |
| अनअननिलियम | Uun | 110 | (269) |
| अनअतनीयम | Uuu | 111 | (272) |
| यूरेनियम | U | 92 | 238.03 |
| वैनेडियम | V | 23 | 50.94 |
| जिनॉन | Xe | 54 | 131.30 |
| इटर्बियम | Yb | 70 | 173.04 |
| इट्रियम | Y | 39 | 88.91 |
| ज़िंक | Zn | 30 | 65.37 |
| जर्कोनियम | Zr | 40 | 91.22 |

कोष्ठक में दिया गया मान अधिकतम ज्ञात अर्धायु वाले समस्थानिक का मोलर द्रव्यमान है।

© NCERT not to be republished

# कुछ लाभप्रद रूपांतरण-गुणांक

**द्रव्यमान और भार के सामान्य मात्रक**

**1 पौंड = 453.59 ग्राम**

1 पौंड = 453.59 ग्राम = 0.45359 किलोग्राम
1 किलोग्राम = 1000 ग्राम = 2.205 पौंड
1 ग्राम = 10 डेसीग्राम = 100 सेंटीग्राम
= 1000 मिलीग्राम
1 ग्राम = $6.022 \times 10^{23}$ परमाणु द्रव्यमान मात्रक
1 परमाणु द्रव्यमान = $1.6606 \times 10^{-24}$ ग्राम
1 मीट्रिक टन = 1000 किलोग्राम
= 2205 पौंड

**आयतन का सामान्य मात्रक**

**1 क्वाट्र्ज़ = 0.9463 लिटर**

**1 लिटर = 1.056 क्वाट्र्ज़**

1 लिटर = 1 घन डेसीमीटर = 1000 घन सेंटीमीटर = 0.001 घनमीटर
1 मिलीलिटर = 1 घन सेंटीमीटर = 0.001 लिटर
= $1.056 \times 10^{-3}$ क्वाट्र्ज़
1 घनफुट = 28.316 लिटर = 29.902 क्वाट्र्ज़
= 7.475 गैलन

**ऊर्जा का सामान्य मात्रक**

**1 जूल = $1 \times 10^7$ ergs**

1 ऊष्म रासायनिक केलोरी** = 4.184 जूल
= $4.184 \times 10^7$ ergs
= $4.129 \times 10^{-2}$ लिटर वायुमंडल
= $2.612 \times 10^{19}$ इलेक्ट्रॉन बोल्ट
1 ergs = $1 \times 10^{-7}$ जूल = $2.3901 \times 10^{-8}$ केलोरी
1 इलेक्ट्रॉन वोल्ट = $1.6022 \times 10^{-19}$ जूल
= $1.6022 \times 10^{-12}$ erg
= 96.487 kJ/mol†
1 लिटर-वायुमंडल = 24.217 केलोरी
= 101.32 जूल
= $1.0132 \times 10^9$ ergs
1 ब्रिटिश ऊष्मा का मात्रक = 1055.06 जूल
= $1.05506 \times 10^{10}$ ergs
= 252.2 केलोरी

**लंबाई का सामान्य मात्रक**

1 इंच = 2.54 सेंटीमीटर (सटिक)

1 मील = 5280 फीट = 1.609 किलोमीटर
1 गज = 36 इंच = 0.9144 मीटर
1 मीटर = 100 सेंटीमीटर = 39.37 इंच
= 3.281 फीट
= 1.094 गज
1 किलोमीटर = 1000 मीटर = 1094 गज
= 0.6215 मील
1 एंगस्ट्रॉम = $1.0 \times 10^{-8}$ सेंटीमीटर
= 0.10 नैनोमीटर
= $1.0 \times 10^{-10}$ मीटर
= $3.937 \times 10^{-9}$ इंच

**बल* और दाब के सामान्य मात्रक**

1 वायुमंडल = 760 मिलीमीटर मरकरी का
= $1.013 \times 10^5$ पास्कल
= 14.70 पौंड प्रति वर्गइंच
1 बार = $10^5$ पास्कल
1 टार = 1 मिलीमीटर मरकरी का
1 पास्कल = 1 $kg/ms^2$ = 1 $N/m^2$

**ताप SI आधारित मात्रक केल्विन (K)**

K = -273.15°C
K = °C + 273.15
°F = 1.8(°C) + 32

$$°C = \frac{°F - 32}{1.8}$$

* *बल– 1 न्यूटन (N) = 1 kg m/s², 1 न्यूटन वह बल है, जो एक सेकंड लगाने पर 1 किलोग्राम द्रव्यमान को 1 मीटर प्रति सेकंड का वेग प्रदान करता है।*

** *ऊष्मा की वह मात्रा, जो 1 ग्राम जल का ताप 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक होती है।*

† *ध्यान रहे कि अन्य मात्रक प्रतिकण हैं, जिन्हें $6.022 \times 10^{23}$ से गुणा करना होगा, ताकि सही-सही तुलना हो सके।*



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

# वैद्युत् रासायनिक क्रम में 298 K पर मानक विभव

| अपचयन अर्ध अभिक्रिया | $E^\ominus$/V |
|---|---|
| $H_4XeO_6 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow XeO_3 + 3H_2O$ | +3.0 |
| $F_2 + 2e^- \longrightarrow 2F^-$ | +2.87 |
| $O_3 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow O_2 + H_2O$ | +2.07 |
| $S_2O_8^{2-} + 2e^- \longrightarrow 2SO_4^{2-}$ | +2.05 |
| $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag^+$ | +1.98 |
| $Co^{3+} + e^- \longrightarrow Co^{2+}$ | +1.81 |
| $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$ | +1.78 |
| $Au^+ + e^- \longrightarrow Au$ | +1.69 |
| $Pb^{4+} + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+}$ | +1.67 |
| $2HClO + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow Cl_2 + 2H_2O$ | +1.63 |
| $Ce^{4+} + e^- \longrightarrow Ce^{3+}$ | +1.61 |
| $2HBrO + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow Br_2 + 2H_2O$ | +1.60 |
| $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ | +1.51 |
| $Mn^{3+} + e^- \longrightarrow Mn^{2+}$ | +1.51 |
| $Au^{3+} + 3e^- \longrightarrow Au$ | +1.40 |
| $Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Cl^-$ | +1.36 |
| $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ | +1.33 |
| $O_3 + H_2O + 2e^- \longrightarrow O_2 + 2OH^-$ | +1.24 |
| $O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$ | +1.23 |
| $ClO_4^- + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + 2H_2O$ | +1.23 |
| $MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$ | +1.23 |
| $Pt^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pt$ | +1.20 |
| $Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$ | +1.09 |
| $Pu^{4+} + e^- \longrightarrow Pu^{3+}$ | +0.97 |
| $NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O$ | +0.96 |
| $2Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg_2^{2+}$ | +0.92 |
| $ClO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Cl^- + 2OH^-$ | +0.89 |
| $Hg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Hg$ | +0.86 |
| $NO_3^- + 2H^+ + e^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$ | +0.80 |
| $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ | +0.80 |
| $Hg_2^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2Hg$ | +0.79 |
| $Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$ | +0.77 |
| $BrO^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow Br^- + 2OH^-$ | +0.76 |
| $Hg_2SO_4 + 2e^- \longrightarrow 2Hg + SO_4^{2-}$ | +0.62 |
| $MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \longrightarrow MnO_2 + 4OH^-$ | +0.60 |
| $MnO_4^- + e^- \longrightarrow MnO_4^{2-}$ | +0.56 |
| $I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$ | +0.54 |
| $I_3^- + 2e^- \longrightarrow 3I^-$ | +0.53 |
| $Cu^+ + e^- \longrightarrow Cu$ | +0.52 |
| $NiOOH + H_2O + e^- \longrightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$ | +0.49 |
| $Ag_2CrO_4 + 2e^- \longrightarrow 2Ag + CrO_4^{2-}$ | +0.45 |
| $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$ | +0.40 |
| $ClO_4^- + H_2O + 2e^- \longrightarrow ClO_3^- + 2OH^-$ | +0.36 |
| $[Fe(CN)_6]^{3-} + e^- \longrightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$ | +0.36 |
| $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$ | +0.34 |
| $Hg_2Cl_2 + 2e^- \longrightarrow 2Hg + 2Cl^-$ | +0.27 |
| $AgCl + e^- \longrightarrow Ag + Cl^-$ | +0.27 |
| $Bi^{3+} + 3e^- \longrightarrow Bi$ | +0.20 |
| $SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2SO_3 + H_2O$ | +0.17 |
| $Cu^{2+} + e^- \longrightarrow Cu^+$ | +0.16 |
| $Sn^{4+} + 2e^- \longrightarrow Sn^{2+}$ | +0.15 |
| $AgBr + e^- \longrightarrow Ag + Br^-$ | +0.07 |
| $Ti^{4+} + e^- \longrightarrow Ti^{3+}$ | 0.00 |
| $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ (परिभाषानुसार) | 0.0 |
| $Fe^{3+} + 3e^- \longrightarrow Fe$ | –0.04 |
| $O_2 + H_2O + 2e^- \longrightarrow HO_2^- + OH^-$ | –0.08 |
| $Pb^{2+} + 2e^- \longrightarrow Pb$ | –0.13 |
| $In^+ + e^- \longrightarrow In$ | –0.14 |
| $Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn$ | –0.14 |
| $AgI + e^- \longrightarrow Ag + I^-$ | –0.15 |
| $Ni^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ni$ | –0.23 |
| $V^{3+} + e^- \longrightarrow V^{2+}$ | –0.26 |
| $Co^{2+} + 2e^- \longrightarrow Co$ | –0.28 |
| $In^{3+} + 3e^- \longrightarrow In$ | –0.34 |
| $Tl^+ + e^- \longrightarrow Tl$ | –0.34 |
| $PbSO_4 + 2e^- \longrightarrow Pb + SO_4^{2-}$ | –0.36 |
| $Ti^{3+} + e^- \longrightarrow Ti^{2+}$ | –0.37 |
| $Cd^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cd$ | –0.40 |
| $In^{2+} + e^- \longrightarrow In^+$ | –0.40 |
| $Cr^{3+} + e^- \longrightarrow Cr^{2+}$ | –0.41 |
| $Fe^{2+} + 2e^- \longrightarrow Fe$ | –0.44 |
| $In^{3+} + 2e^- \longrightarrow In^+$ | –0.44 |
| $S + 2e^- \longrightarrow S^{2-}$ | –0.48 |
| $In^{3+} + e^- \longrightarrow In^{2+}$ | –0.49 |
| $U^{4+} + e^- \longrightarrow U^{3+}$ | –0.61 |
| $Cr^{3+} + 3e^- \longrightarrow Cr$ | –0.74 |
| $Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn$ | –0.76 |

क्रमशः---



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

## परिशिष्ट III क्रमशः---

| अपचयन अर्ध अभिक्रिया | $E^{\ominus}/V$ | अपचयन अर्ध अभिक्रिया | $E^{\ominus}/V$ |
|---|---|---|---|
| $Cd(OH)_2 + 2e^- \longrightarrow Cd + 2OH^-$ | –0.81 | $La^{3+} + 3e^- \longrightarrow La$ | –2.52 |
| $2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ | –0.83 | $Na^+ + e^- \longrightarrow Na$ | –2.71 |
| $Cr^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cr$ | –0.91 | $Ca^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ca$ | –2.87 |
| $Mn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mn$ | –1.18 | $Sr^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sr$ | –2.89 |
| $V^{2+} + 2e^- \longrightarrow V$ | –1.19 | $Ba^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ba$ | –2.91 |
| $Ti^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ti$ | –1.63 | $Ra^{2+} + 2e^- \longrightarrow Ra$ | –2.92 |
| $Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al$ | –1.66 | $Cs^+ + e^- \longrightarrow Cs$ | –2.92 |
| $U^{3+} + 3e^- \longrightarrow U$ | –1.79 | $Rb^+ + e^- \longrightarrow Rb$ | –2.93 |
| $Sc^{3+} + 3e^- \longrightarrow Sc$ | –2.09 | $K^+ + e^- \longrightarrow K$ | –2.93 |
| $Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg$ | –2.36 | $Li^+ + e^- \longrightarrow Li$ | –3.05 |
| $Ce^{3+} + 3e^- \longrightarrow Ce$ | –2.48 | | |

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# लघुगणक

कभी-कभी किसी संख्यात्मक व्यजंक में बड़ी संख्याओं का गुणा, भाग अथवा परिमेय घात सम्मिलित होते हैं। ऐसी गणनाओं में लघुगणक बहुत उपयोगी होते हैं। यह कठिन गणनाओं को आसान बनाने में सहायक होते हैं। रसायन विज्ञान में लघुगणकों के मानों की आवश्यकता रासायनिक बलगतिकी, ऊष्मागतिकी, वैद्युतरसायन इत्यादि में होती है। हम पहले इस संकल्पना का परिचय देंगे तथा नियमों की विवेचना करेंगे, उसके पश्चात् लघुगणकों का उपयोग सीखेंगे और फिर इस तकनीक का प्रयोग यह देखने के लिए करेंगे कि यह कैसे कठिन गणनाओं को आसान बना देती है।

हम जानते हैं कि

$2^3 = 8,\ 3^2 = 9,\ 5^3 = 125,\ 7^0 = 1$

साधारणत: किसी धनात्मक वास्तविक संख्या a, तथा एक परिमेय संख्या m के लिए मान लें कि $a^m = b$.

जहाँ b एक वास्तविक संख्या है। दूसरे शब्दों में आधार a की $m^{th}$ घात b है।

इसे कहने का दूसरा तरीका यह है कि–

a आधार पर b का लघुगुणक m है

यदि एक धनात्मक वास्तविक संख्या a के लिए $a \neq 1$ हो तो

$a^m = b$,

हम कहते हैं कि b का लघुगणक, a आधार पर m है। हम इसे इस प्रकार से लिखते हैं–

$\log_a^b = m$,

"logarithm" (लघुगणक) शब्द का संकेताक्षर 'log' है। इस प्रकार से–

$\log_2 8 = 3$, क्योंकि $2^3 = 8$

$\log_3 9 = 2$, क्योंकि $3^2 = 9$

$\log_5 125 = 3$, क्योंकि $5^3 = 125$

$\log_7 1 = 0$, क्योंकि $7^0 = 1$

**लघुगणकों के नियम**

निम्नलिखित विवेचना में हम लघुगणक किसी भी आधार 'a' पर प्राप्त करेंगे ($a > 0$ तथा $a \neq 1$)

**प्रथम नियम–**

$\log_a (mn) = \log_a m + \log_a n$

**प्रमाण–**

मान लीजिए कि $\log_a m = x$ तथा $\log_a n = y$

तब $a^x = m,\ a^y = n$

अत: $mn = a^x.a^y = a^{x+y}$

लघुगणक की परिभाषा के अनुसार

$\log_a (mn) = x + y = \log_a m + \log_a n$



Reprint 2025-26

**दूसरा नियम–**

$$\log_a \left(\frac{m}{n}\right) = \log_a m - \log_a n$$

**प्रमाण–**

मान लीजिए कि $\log_a m = x$, $\log_a n = y$

तब $a^x = m$, $a^y = n$

अत: $\frac{m}{n} = \frac{a^x}{a^y} = a^{x-y}$

इसलिए, $\log_a \left(\frac{m}{n}\right) = x - y = \log_a m - \log_a n$

**तीसरा नियम–**

$$\log_a (m^n) = n \log_a m$$

**प्रमाण–**

पहले की ही तरह, यदि $\log_a m = x$, तब $a^x = m$

इसलिए $m^n = \left(a^x\right)^n = a^{nx}$, अत: प्राप्त होगा–

$$\log_a (m^n) = nx = n \log_a m$$

अत: प्रथम नियम के अनुसार, दो संख्याओं के गुणन का लघुगणक, उन संख्याओं के लघुगणकों के जोड़ के बराबर होता है। इसी प्रकार से दूसरा नियम बताता है कि दो संख्याओं के भाग का लघुगणक, उन संख्याओं के लघुगणकों में अंतर के बराबर होता है। इस प्रकार से इन नियमों का उपयोग गुणा/भाग की समस्या को जोड़/घटाने की समस्या में बदल देता है जिसे करना गुणा/भाग की अपेक्षा सरल है। यही कारण है कि लघुगणक संख्यात्मक अभिकलन में इतने सहायक हैं।

**10 के आधार पर लघुगणक**

संख्याओं को लिखने के लिए संख्या 10 आधार है अत: 10 के आधार पर लघुगणकों का प्रयोग करना बहुत सुगम होता है। कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं–

$\log_{10} 10 = 1$, क्योंकि $10^1 = 10$

$\log_{10} 100 = 2$, क्योंकि $10^2 = 100$

$\log_{10} 10000 = 4$, क्योंकि $10^4 = 10000$

$\log_{10} 0.01 = -2$, क्योंकि $10^{-2} = 0.01$

$\log_{10} 0.001 = -3$, क्योंकि $10^{-3} = 0.001$

and $\log_{10} 1 = 0$ क्योंकि $10^0 = 1$

उपरोक्त परिणाम दर्शाते हैं कि यदि n, 10 की पूर्णांक घात है यानि संख्या 1 के बाद अनेक शून्य या संख्या 1 से पहले दशमलव बिंदु तक अनेक शून्य हैं तो लघुगणक आसानी से प्राप्त किया जा सकता है।

यदि 10 की पूर्णांक घात n नहीं है तो log n की गणना आसान नहीं है। परंतु गणित में इसके लिए तालिकाएं उपलब्ध हैं जिनसे सीधे ही 1 से 10 तक किसी भी धनात्मक संख्या के लघुगणक का सन्निकट मान पढ़ा जा सकता है और ये दशमलव में प्रदर्शित किसी भी संख्या का लघुगणक प्राप्त करने के लिए पर्याप्त हैं। इस उद्देश्य के लिए हम दशमलव को सदैव पूर्णांक घात 10 तथा 1 से 10 के बीच किसी संख्या के गुणनफल के रूप में लिखते हैं।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**दशमलव का मानक रूप**

हम किसी भी संख्या को दशमलव में ऐसे लिख सकते हैं कि— (i) यह पूर्णांक घात के साथ 10 का और (ii) 1 से 10 के बीच किसी संख्या का गुणनफल हो। यहाँ कुछ उदाहरण दिए गए हैं–

(i) 25.2, 10 और 100 के बीच में है

$$\therefore\ 25.2 = \frac{25.2}{10} \times 10 = 2.52 \times 10^1$$

(ii) 1038.4, 1000 तथा 10000 के बीच में है

$$\therefore\ 1038.4 = \frac{1038.4}{1000} \times 10^3 = 1.0384 \times 10^3$$

(iii) 0.005, 0.001 और 0.01 के बीच में है

$\therefore\ 0.005 = (0.005 \times 1000) \times 10^{-3} = 5.0 \times 10^{-3}$

(iv) 0.00025, 0.0001 तथा 0.001 के बीच में है।

$\therefore\ 0.00025 = (0.00025 \times 10000) \times 10^{-4} = 2.5 \times 10^{-4}$

प्रत्येक उदाहरण में हम दशमलव को 10 से किसी घात सहित भाग या गुणा करते हैं जो अलग से प्रदर्शित है। इसलिए कोई भी धनात्मक दशमलव निम्न रूप में लिखा जा सकता है।

$n = m \times 10^p$

p एक पूर्णांक है (धनात्मक, शून्य या ऋणात्मक) तथा $1 \leq m < 10$. इसे "n का मानक रूप कहते हैं।"

**कार्यकारी नियम**

1. दशमलव को आवश्यकतानुसार दाहिनी अथवा बायीं ओर स्थानांतरित करें जिससे एक संख्या जो शून्य न हो, दशमलव के बायीं ओर आ जाए।
2. (i) यदि आपको p स्थानों द्वारा बायीं ओर जाना पड़े तो $10^p$ से गुणा करें।
   (ii) यदि आपको p स्थानों द्वारा दाहिनी ओर जाना पड़े तो $10^{-p}$ से गुणा करें।
   (iii) यदि आपको दशमलव बिंदु किसी भी ओर स्थानांतरित न करना पड़े तो $10^o$ से गुणा करें।
   (iv) दिए गए दशमलव का मानक रूप प्राप्त करने के लिए 10 की घात के साथ प्राप्त नए दशमलव को (चरण 2 से) लिखें।

**पूर्णांश (Characteristic) एवं अपूर्णांश (Mantissa)**

n के मानक रूप की ओर ध्यान दें

$n = m \times 10^p$, जहाँ $1 \leq m < 10$

10 के आधार पर लघुगणक लेने पर और लघुगणक नियमों का प्रयोग करने पर

$\log n = \log m + \log 10^p$

$= \log m + p \log 10$

$= p + \log m$

यहाँ p एक पूर्णांक है और क्योंकि $1 \leq m < 10$, इसलिए $0 \leq \log m < 1$, यानि m शून्य और 1 के बीच में है। जब log n को p + log m से प्रदर्शित किया गया है जहाँ p एक पूर्णांक है और $0 \leq \log m < 1$, तब हम कहते हैं कि p, log n का पूर्णांश (Characteristic) है तथा log m को log n का अपूर्णांश (mantissa) कहते हैं। ध्यान दें कि पूर्णांश हमेशा ही धनात्मक, ऋणात्मक अथवा शून्य पूर्णांक होता है तथा अपूर्णांश कभी भी ऋणात्मक नहीं होता तथा सदैव 1 से कम होता है। यदि हम log n, का पूर्णांश और अपूर्णांश प्राप्त कर लेते हैं तो log n को प्राप्त करने के लिए हमें उन्हें केवल जोड़ना पड़ता है।

अत: log n को प्राप्त करने के लिए, हमें निम्न प्रकार से बढ़ना है–

1. n के मानक रूप की ओर ध्यान दीजिए।

   $n = m \times 10^p,\ 1 \leq m < 10$

2. log n के पूर्णांश p को उपरोक्त व्यजंक में से पढ़ें (10 की घात)
3. तालिका से log m देखें, जिसे नीचे समझाया गया है,
4. लिखें log n = p + log m



Reprint 2025-26

यदि किसी संख्या n का पूर्णांश p है और अपूर्णांश .4133 है तब log n = 2 + .4133 पूर्णांश होगा, जिसे हम 2.4133. लिख सकते हैं। परंतु पूर्णांश यदि –2 है और अपूर्णांश .4123 है तब log m = –2 + .4123 होगा। लेकिन इसे हम –2.4123. नहीं लिख सकते (क्यों?) इस असंगति से बचने के लिए हम –2 को $\bar{2}$ लिखते हैं और तब हम m = $\bar{2}.4123$ लिख सकते हैं।

आइए अब हम समझें कि हम अपूर्णांश प्राप्त करने के लिए लघुगणक तालिका का उपयोग कैसे करते हैं। इस परिशिष्ट के अंत में एक तालिका जुड़ी है।

ध्यान दीजिए कि तालिका में प्रत्येक पंक्ति दो अंकों वाली एक संख्या से प्रारंभ होती है, 10, 11, 12,... 97, 98, 99 । प्रत्येक स्तम्भ के शीर्ष पर एक अंक की संख्या, 0, 1, 2, ...9 है। दाहिनी ओर एक खंड है जिसे औसत अंतर (मीन डिफरेंस) कहते हैं, इसमें 9 स्तम्भ हैं जिनके शीर्ष पर 1, 2...9 संख्याएं लिखी हैं।

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| 61 | 7853 | 7860 | 7868 | 7875 | 7882 | 7889 | 7896 | 7803 | 7810 | 7817 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 62 | 7924 | 7931 | 7935 | 7945 | 7954 | 7959 | 7966 | 7973 | 7980 | 7987 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 63 | 7993 | 8000 | 8007 | 8014 | 8021 | 8028 | 8035 | 8041 | 8048 | 8055 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |

अब मानलीजिए हमें log (6.234) ज्ञात करना है, हम 62 से प्रारंभ होने वाली पंक्ति देखते हैं। इस पंक्ति में उस स्तंभ को देखिए जिसके शीर्ष पर 3 लिखा है। यह संख्या 7945 है। इसका अर्थ है कि log (6.230) = 0.7945*

परंतु हमें log (6.234). का मान चाहिए, इसलिए हमारा उत्तर इससे कुछ अधिक होगा। कितना अधिक होगा? इसके लिए हम 'मीन डिफरेन्सेज़ के खंड को देखते हैं हमारा चौथा अंक 4 है इसलिए हम वह स्तम्भ देखते हैं जिसके शीर्ष पर 4 लिखा है (62 वाली पंक्ति में) हम अंक 3 प्राप्त करते हैं। इसलिए हम .7945 में 3 जोड़ते हैं। हमें 7948 प्राप्त होता है। अत: अन्त में हमें प्राप्त होता है–

log (6.234) = 0.7948.

दूसरा उदाहरण लेते हैं। log (8.127), प्राप्त करने के लिए 81 वाली पंक्ति में स्तंभ 2 में देखते हैं और हमें 9096 प्राप्त होता है। हम इसी पंक्ति में आगे बढ़ते हैं और पाते हैं कि 7 स्तंभ में अंक 4 प्राप्त होता है। इसे 9096 में जोड़ते हैं और हमें 9100 प्राप्त होता है अत:

log (8.127) = 0.9100.

**log *n* दिया हो तो *n* का मान प्राप्त करना**

अभी तक हमने log *n* को ज्ञात करने की विधि की विवेचना की है। अब हम इसकी विपरीत प्रक्रिया की ओर जाते हैं यानि जब log n दिया हो तो n का मान ज्ञात करते हैं। इसके लिए हम एक विधि प्रस्तुत करते हैं। यदि log n = t हो तो हम प्राय: कहते हैं कि n = antilog t, अत: हमें दिए गए t का प्रतिलघुगणक (antilog) प्राप्त करना है। हम पहले से उपलब्ध प्रतिलघुगणक तालिका का उपयोग करते हैं।

मान लीजिए log n = 2.5372.

n प्राप्त करने के लिए हम पहले केवल log n का अपूर्णांश लेते हैं। यहाँ पर यह .5372. है (ध्यान रहे कि यह धनात्मक हो)। अब इस संख्या के प्रतिलघुगणक को, तालिका से प्राप्त करते हैं, जिसे लघुगणक तालिका (log table) की ही तरह प्रयोग में लाया जाता है। प्रतिलघुगणक तालिका में स्तंभ 7 में .53 वाली पंक्ति में .3443 लिखा तथा इस पंक्ति में अंतिम अंक का मीन डिफरेंस 2 है। इसलिए तालिका से 3445 प्राप्त होता है।

अत: antilog (.5372) = 3.445

क्योंकि log n = 2.5372 है, अत: log n का पूर्णांश 2 है इसलिए n को मानक रूप में निम्न प्रकार से लिख सकते हैं—

$n = 3.445 \times 10^2$

या n = 344.5

* *यह ध्यान रखना चाहिए कि तालिकाओं में दिए गए मान यथार्थ मान नहीं हैं। यह केवल निकटतम मान हैं, यद्यपि हम 'बराबर' का संकेत प्रयोग में लाते हैं, जिससे यह आभास होता है कि ये यथार्थ मान हैं। इसी परिपाटी का अनुसरण प्रतिलघुगणक के लिए भी किया जाएगा।*



Reprint 2025-26

**उदाहरण 1—**

यदि log x = 1.0712 हो तो x ज्ञात कीजिए–

**हल—** हम पाते हैं कि संख्या 1179, संख्या 0712 के समकक्ष है। log $x$ का पूर्णांश है।

अत: $x = 1.179 \times 10^1$

$= 11.79$

**उदाहरण 2—**

यदि $\log x = \bar{2}.1352$, हो तो x ज्ञात कीजिए

**हल:** प्रतिलघुगण तालिका से हम पाते हैं कि संख्या 1366 संख्या .1352 के समकक्ष है। यहाँ पूर्णांश $\bar{2}$ यानि –2, है, इसलिए

$x = 1.366 \times 10^{-2} = 0.01366$

**संख्यात्मक गणनाओं में लघुगणक का उपयोग**

**उदाहरण 1—**

$6.3 \times 1.29$ ज्ञात कीजिए

**हल—** माना $x = 6.3 \times 1.29$

तब $\log x = \log (6.3 \times 1.29) = \log 6.3 + \log 1.29$

अब $\log 6.3 = 0.7993$

$\log 1.29 = 0.1106$

$\therefore \log x = 0.9099,$

प्रतिलघुगणक लेने पर

$x = 8.127$

**उदाहरण 2—**

$\dfrac{(1.23)^{1.5}}{11.2 \times 23.5}$ का मान ज्ञात कीजिए

**हल—** माना $x = \log \dfrac{(1.23)^{\frac{3}{2}}}{11.2 \times 23.5}$

तब, $\log x = \log \dfrac{(1.23)^{\frac{3}{2}}}{11.2 \times 23.5}$

$= \dfrac{3}{2} \log 1.23 - \log (11.2 \times 23.5)$

$= \dfrac{3}{2} \log 1.23 - \log 11.2 - 23.5$

अब,

$\log 1.23 = 0.0899$

$\dfrac{3}{2} \log 1.23 = 0.13485$

$\log 11.2 = 1.0492$

$\log 23.5 = 1.3711$

$\log x = 0.13485 - 1.0492 - 1.3711$

$= \bar{3}.71455$

$\therefore x = 0.005183$



Reprint 2025-26

**उदाहरण 3:**

$\sqrt{\dfrac{(71.24)^5 \times \sqrt{56}}{(2.3)^7 \times \sqrt{21}}}$ का मान ज्ञात करिए

**हल:** माना $x = \sqrt{\dfrac{(71.24)^5 \times \sqrt{56}}{(2.3)^7 \times \sqrt{21}}}$

तब, $\log x = \dfrac{1}{2} \log \left[\dfrac{(71.24)^5 \times \sqrt{56}}{(2.3)^7 \times \sqrt{21}}\right]$

$= \dfrac{1}{2} [\log (71.24)^5 + \log \sqrt{56} - \log (2.3)^7 - \log \sqrt{21}]$

$= \dfrac{5}{2} \log 71.24 + \dfrac{1}{4} \log 56 - \dfrac{7}{2} \log 2.3 - \dfrac{1}{4} \log 21$

अब तालिकाओं का प्रयोग करने पर–

$\log 71.24 = 1.8527$

$\log 56 = 1.7482$

$\log 2.3 = 0.3617$

$\log 21 = 1.3222$

$\therefore \log x = \dfrac{5}{2} \log (1.8527) + \dfrac{1}{4} (1.7482) - \dfrac{7}{2} (0.3617) - \dfrac{1}{4} (1.3222)$

$= 3.4723$

या $x = 2967$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# लघुगणक

## सारणी I

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 0000 | 0043 | 0086 | 0128 | 0170 | | | | | | 5 | 9 | 13 | 17 | 21 | 26 | 30 | 34 | 38 |
| | | | | | | 0212 | 0253 | 0294 | 0334 | 0374 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
| 11 | 0414 | 0453 | 0492 | 0531 | 0569 | | | | | | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 23 | 27 | 31 | 35 |
| | | | | | | 0607 | 0645 | 0682 | 0719 | 0755 | 4 | 7 | 11 | 15 | 18 | 22 | 26 | 29 | 33 |
| 12 | 0792 | 0828 | 0864 | 0899 | 0934 | | | | | | 3 | 7 | 11 | 14 | 18 | 21 | 25 | 28 | 32 |
| | | | | | | 0969 | 1004 | 1038 | 1072 | 1106 | 3 | 7 | 10 | 14 | 17 | 20 | 24 | 27 | 31 |
| 13 | 1139 | 1173 | 1206 | 1239 | 1271 | | | | | | 3 | 6 | 10 | 13 | 16 | 19 | 23 | 26 | 29 |
| | | | | | | 1303 | 1335 | 1367 | 1399 | 1430 | 3 | 7 | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 |
| 14 | 1461 | 1492 | 1523 | 1553 | 1584 | | | | | | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 19 | 22 | 25 | 28 |
| | | | | | | 1614 | 1644 | 1673 | 1703 | 1732 | 3 | 6 | 9 | 12 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 |
| 15 | 1761 | 1790 | 1818 | 1847 | 1875 | | | | | | 3 | 6 | 9 | 11 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 |
| | | | | | | 1903 | 1931 | 1959 | 1987 | 2014 | 3 | 6 | 8 | 11 | 14 | 17 | 19 | 22 | 25 |
| 16 | 2041 | 2068 | 2095 | 2122 | 2148 | | | | | | 3 | 6 | 8 | 11 | 14 | 16 | 19 | 22 | 24 |
| | | | | | | 2175 | 2201 | 2227 | 2253 | 2279 | 3 | 5 | 8 | 10 | 13 | 16 | 18 | 21 | 23 |
| 17 | 2304 | 2330 | 2355 | 2380 | 2405 | | | | | | 3 | 5 | 8 | 10 | 13 | 15 | 18 | 20 | 23 |
| | | | | | | 2430 | 2455 | 2480 | 2504 | 2529 | 3 | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 22 |
| 18 | 2553 | 2577 | 2601 | 2625 | 2648 | | | | | | 2 | 5 | 7 | 9 | 12 | 14 | 17 | 19 | 21 |
| | | | | | | 2672 | 2695 | 2718 | 2742 | 2765 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 14 | 16 | 18 | 21 |
| 19 | 2788 | 2810 | 2833 | 2856 | 2878 | | | | | | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 |
| | | | | | | 2900 | 2923 | 2945 | 2967 | 2989 | 2 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| **20** | 3010 | 3032 | 3054 | 3075 | 3096 | 3118 | 3139 | 3160 | 3181 | 3201 | 2 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| 21 | 3222 | 3243 | 3263 | 3284 | 3304 | 3324 | 3345 | 3365 | 3385 | 3404 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 22 | 3424 | 3444 | 3464 | 3483 | 3502 | 3522 | 3541 | 3560 | 3579 | 3598 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 15 | 17 |
| 23 | 3617 | 3636 | 3655 | 3674 | 3692 | 3711 | 3729 | 3747 | 3766 | 3784 | 2 | 4 | 6 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 |
| 24 | 3802 | 3820 | 3838 | 3856 | 3874 | 3892 | 3909 | 3927 | 3945 | 3962 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 |
| 25 | 3979 | 3997 | 4014 | 4031 | 4048 | 4065 | 4082 | 4099 | 4116 | 4133 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 | 15 |
| 26 | 4150 | 4166 | 4183 | 4200 | 4216 | 4232 | 4249 | 4265 | 4281 | 4298 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 |
| 27 | 4314 | 4330 | 4346 | 4362 | 4378 | 4393 | 4409 | 4425 | 4440 | 4456 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 |
| 28 | 4472 | 4487 | 4502 | 4518 | 4533 | 4548 | 4564 | 4579 | 4594 | 4609 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 |
| 29 | 4624 | 4639 | 4654 | 4669 | 4683 | 4698 | 4713 | 4728 | 4742 | 4757 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 12 | 13 |
| **30** | 4771 | 4786 | 4800 | 4814 | 4829 | 4843 | 4857 | 4871 | 4886 | 4900 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 13 |
| 31 | 4914 | 4928 | 4942 | 4955 | 4969 | 4983 | 4997 | 5011 | 5024 | 5038 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 |
| 32 | 5051 | 5065 | 5079 | 5092 | 5105 | 5119 | 5132 | 5145 | 5159 | 5172 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 |
| 33 | 5185 | 5198 | 5211 | 5224 | 5237 | 5250 | 5263 | 5276 | 5289 | 5302 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| 34 | 5315 | 5328 | 5340 | 5353 | 5366 | 5378 | 5391 | 5403 | 5416 | 5428 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| **35** | 5441 | 5453 | 5465 | 5478 | 5490 | 5502 | 5514 | 5527 | 5539 | 5551 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 |
| 36 | 5563 | 5575 | 5587 | 5599 | 5611 | 5623 | 5635 | 5647 | 5658 | 5670 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 |
| 37 | 5682 | 5694 | 5705 | 5717 | 5729 | 5740 | 5752 | 5763 | 5775 | 5786 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 38 | 5798 | 5809 | 5821 | 5832 | 5843 | 5855 | 5866 | 5877 | 5888 | 5899 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 39 | 5911 | 5922 | 5933 | 5944 | 5955 | 5966 | 5977 | 5988 | 5999 | 6010 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **40** | 6021 | 6031 | 6042 | 6053 | 6064 | 6075 | 6085 | 6096 | 6107 | 6117 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 |
| 41 | 6128 | 6138 | 6149 | 6160 | 6170 | 6180 | 6191 | 6201 | 6212 | 6222 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 42 | 6232 | 6243 | 6253 | 6263 | 6274 | 6284 | 6294 | 6304 | 6314 | 6325 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 43 | 6335 | 6345 | 6355 | 6365 | 6375 | 6385 | 6395 | 6405 | 6415 | 6425 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 44 | 6435 | 6444 | 6454 | 6464 | 6474 | 6484 | 6493 | 6503 | 6513 | 6522 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **45** | 6532 | 6542 | 6551 | 6561 | 6471 | 6580 | 6590 | 6599 | 6609 | 6618 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 46 | 6628 | 6637 | 6646 | 6656 | 6665 | 6675 | 6684 | 6693 | 6702 | 6712 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| 47 | 6721 | 6730 | 6739 | 6749 | 6758 | 6767 | 6776 | 6785 | 6794 | 6803 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 48 | 6812 | 6821 | 6830 | 6839 | 6848 | 6857 | 6866 | 6875 | 6884 | 6893 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 49 | 6902 | 6911 | 6920 | 6928 | 6937 | 6946 | 6955 | 6964 | 6972 | 6981 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# लघुगणक

## सारणी I ( क्रमशः )

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **50** | 6990 | 6998 | 7007 | 7016 | 7024 | 7033 | 7042 | 7050 | 7059 | 7067 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 51 | 7076 | 7084 | 7093 | 7101 | 7110 | 7118 | 7126 | 7135 | 7143 | 7152 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 52 | 7160 | 7168 | 7177 | 7185 | 7193 | 7202 | 7210 | 7218 | 7226 | 7235 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 53 | 7243 | 7251 | 7259 | 7267 | 7275 | 7284 | 7292 | 7300 | 7308 | 7316 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 54 | 7324 | 7332 | 7340 | 7348 | 7356 | 7364 | 7372 | 7380 | 7388 | 7396 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| **55** | 7404 | 7412 | 7419 | 7427 | 7435 | 7443 | 7451 | 7459 | 7466 | 7474 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 56 | 7482 | 7490 | 7497 | 7505 | 7513 | 7520 | 7528 | 7536 | 7543 | 7551 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 57 | 7559 | 7566 | 7574 | 7582 | 7589 | 7597 | 7604 | 7612 | 7619 | 7627 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 58 | 7634 | 7642 | 7649 | 7657 | 7664 | 7672 | 7679 | 7686 | 7694 | 7701 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 59 | 7709 | 7716 | 7723 | 7731 | 7738 | 7745 | 7752 | 7760 | 7767 | 7774 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **60** | 7782 | 7789 | 7796 | 7803 | 7810 | 7818 | 7825 | 7832 | 7839 | 7846 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 61 | 7853 | 7860 | 7768 | 7875 | 7882 | 7889 | 7896 | 7903 | 7910 | 7917 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 62 | 7924 | 7931 | 7938 | 7945 | 7952 | 7959 | 7966 | 7973 | 7980 | 7987 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 63 | 7993 | 8000 | 8007 | 8014 | 8021 | 8028 | 8035 | 8041 | 8048 | 8055 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 64 | 8062 | 8069 | 8075 | 8082 | 8089 | 8096 | 8102 | 8109 | 8116 | 8122 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| **65** | 8129 | 8136 | 8142 | 8149 | 8156 | 8162 | 8169 | 8176 | 8182 | 8189 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 66 | 8195 | 8202 | 8209 | 8215 | 8222 | 8228 | 8235 | 8241 | 8248 | 8254 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 67 | 8261 | 8267 | 8274 | 8280 | 8287 | 8293 | 8299 | 8306 | 8312 | 8319 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 68 | 8325 | 8331 | 8338 | 8344 | 8351 | 8357 | 8363 | 8370 | 8376 | 8382 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 69 | 8388 | 8395 | 8401 | 8407 | 8414 | 8420 | 8426 | 8432 | 8439 | 8445 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| **70** | 8451 | 8457 | 8463 | 8470 | 8476 | 8482 | 8488 | 8494 | 8500 | 8506 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 71 | 8513 | 8519 | 8525 | 8531 | 8537 | 8543 | 8549 | 8555 | 8561 | 8567 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 72 | 8573 | 8579 | 8585 | 8591 | 8597 | 8603 | 8609 | 8615 | 8621 | 8627 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 73 | 8633 | 8639 | 8645 | 8651 | 8657 | 8663 | 8669 | 8675 | 8681 | 8686 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 74 | 8692 | 8698 | 8704 | 8710 | 8716 | 8722 | 8727 | 8733 | 8739 | 8745 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| **75** | 8751 | 8756 | 8762 | 8768 | 8774 | 8779 | 8785 | 8791 | 8797 | 8802 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 76 | 8808 | 8814 | 8820 | 8825 | 8831 | 8837 | 8842 | 8848 | 8854 | 8859 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 77 | 8865 | 8871 | 8876 | 8882 | 8887 | 8893 | 8899 | 8904 | 8910 | 8915 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 78 | 8921 | 8927 | 8932 | 8938 | 8943 | 8949 | 8954 | 8960 | 8965 | 8971 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 79 | 8976 | 8982 | 8987 | 8993 | 8998 | 9004 | 9009 | 9015 | 9020 | 9025 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| **80** | 9031 | 9036 | 9042 | 9047 | 9053 | 9058 | 9063 | 9069 | 9074 | 9079 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 81 | 9085 | 9090 | 9096 | 9101 | 9106 | 9112 | 9117 | 9122 | 9128 | 9133 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 82 | 9138 | 9143 | 9149 | 9154 | 9159 | 9165 | 9170 | 9175 | 9180 | 9186 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 83 | 9191 | 9196 | 9201 | 9206 | 9212 | 9217 | 9222 | 9227 | 9232 | 9238 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 84 | 9243 | 9248 | 9253 | 9258 | 9263 | 9269 | 9274 | 9279 | 9284 | 9289 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| **85** | 9294 | 9299 | 9304 | 9309 | 9315 | 9320 | 9325 | 9330 | 9335 | 9340 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 86 | 9345 | 9350 | 9355 | 9360 | 9365 | 9370 | 9375 | 9380 | 9385 | 9390 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 87 | 9395 | 9400 | 9405 | 9410 | 9415 | 9420 | 9425 | 9430 | 9435 | 9440 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 88 | 9445 | 9450 | 9455 | 9460 | 9465 | 9469 | 9474 | 9479 | 9484 | 9489 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 89 | 9494 | 9499 | 9504 | 9509 | 9513 | 9518 | 9523 | 9528 | 9533 | 9538 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| **90** | 9542 | 9547 | 9552 | 9557 | 9562 | 9566 | 9571 | 9576 | 9581 | 9586 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 91 | 9590 | 9595 | 9600 | 9605 | 9609 | 9614 | 9619 | 9624 | 9628 | 9633 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 92 | 9638 | 9643 | 9647 | 9652 | 9657 | 9661 | 9666 | 9671 | 9675 | 9680 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 93 | 9685 | 9689 | 9694 | 9699 | 9703 | 9708 | 9713 | 9717 | 9722 | 9727 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 94 | 9731 | 9736 | 9741 | 9745 | 9750 | 9754 | 9759 | 9763 | 9768 | 9773 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| **95** | 9777 | 9782 | 9786 | 9791 | 9795 | 9800 | 9805 | 9809 | 9814 | 9818 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 96 | 9823 | 9827 | 9832 | 9836 | 9841 | 9845 | 9850 | 9854 | 9859 | 9863 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 97 | 9868 | 9872 | 9877 | 9881 | 9886 | 9890 | 9894 | 9899 | 9903 | 9908 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 98 | 9912 | 9917 | 9921 | 9926 | 9930 | 9934 | 9939 | 9943 | 9948 | 9952 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 99 | 9956 | 9961 | 9965 | 9969 | 9974 | 9978 | 9983 | 9987 | 9997 | 9996 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# प्रतिलघुगणक

## सारणी II

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **00** | 1000 | 1002 | 1005 | 1007 | 1009 | 1012 | 1014 | 1016 | 1019 | 1021 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| .01 | 1023 | 1026 | 1028 | 1030 | 1033 | 1035 | 1038 | 1040 | 1042 | 1045 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| .02 | 1047 | 1050 | 1052 | 1054 | 1057 | 1059 | 1062 | 1064 | 1067 | 1069 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| .03 | 1072 | 1074 | 1076 | 1079 | 1081 | 1084 | 1086 | 1089 | 1091 | 1094 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| .04 | 1096 | 1099 | 1102 | 1104 | 1107 | 1109 | 1112 | 1114 | 1117 | 1119 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| .05 | 1122 | 1125 | 1127 | 1130 | 1132 | 1135 | 1138 | 1140 | 1143 | 1146 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| .06 | 1148 | 1151 | 1153 | 1156 | 1159 | 1161 | 1164 | 1167 | 1169 | 1172 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| .07 | 1175 | 1178 | 1180 | 1183 | 1186 | 1189 | 1191 | 1194 | 1197 | 1199 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| .08 | 1202 | 1205 | 1208 | 1211 | 1213 | 1216 | 1219 | 1222 | 1225 | 1227 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| .09 | 1230 | 1233 | 1236 | 1239 | 1242 | 1245 | 1247 | 1250 | 1253 | 1256 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| **.10** | 1259 | 1262 | 1265 | 1268 | 1271 | 1274 | 1276 | 1279 | 1282 | 1285 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| .11 | 1288 | 1291 | 1294 | 1297 | 1300 | 1303 | 1306 | 1309 | 1312 | 1315 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| .12 | 1318 | 1321 | 1324 | 1327 | 1330 | 1334 | 1337 | 1340 | 1343 | 1346 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| .13 | 1349 | 1352 | 1355 | 1358 | 1361 | 1365 | 1368 | 1371 | 1374 | 1377 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| .14 | 1380 | 1384 | 1387 | 1390 | 1393 | 1396 | 1400 | 1403 | 1406 | 1409 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| .15 | 1413 | 1416 | 1419 | 1422 | 1426 | 1429 | 1432 | 1435 | 1439 | 1442 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| .16 | 1445 | 1449 | 1452 | 1455 | 1459 | 1462 | 1466 | 1469 | 1472 | 1476 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| .17 | 1479 | 1483 | 1486 | 1489 | 1493 | 1496 | 1500 | 1503 | 1507 | 1510 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| .18 | 1514 | 1517 | 1521 | 1524 | 1528 | 1531 | 1535 | 1538 | 1542 | 1545 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| .19 | 1549 | 1552 | 1556 | 1560 | 1563 | 1567 | 1570 | 1574 | 1578 | 1581 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| **.20** | 1585 | 1589 | 1592 | 1596 | 1600 | 1603 | 1607 | 1611 | 1614 | 1618 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| .21 | 1622 | 1626 | 1629 | 1633 | 1637 | 1641 | 1644 | 1648 | 1652 | 1656 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| .22 | 1660 | 1663 | 1667 | 1671 | 1675 | 1679 | 1683 | 1687 | 1690 | 1694 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| .23 | 1698 | 1702 | 1706 | 1710 | 1714 | 1718 | 1722 | 1726 | 1730 | 1734 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| .24 | 1738 | 1742 | 1746 | 1750 | 1754 | 1758 | 1762 | 1766 | 1770 | 1774 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| **.25** | 1778 | 1782 | 1786 | 1791 | 1795 | 1799 | 1803 | 1807 | 1811 | 1816 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| .26 | 1820 | 1824 | 1828 | 1832 | 1837 | 1841 | 1845 | 1849 | 1854 | 1858 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| .27 | 1862 | 1866 | 1871 | 1875 | 1879 | 1884 | 1888 | 1892 | 1897 | 1901 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| .28 | 1905 | 1910 | 1914 | 1919 | 1923 | 1928 | 1932 | 1936 | 1941 | 1945 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| .29 | 1950 | 1954 | 1959 | 1963 | 1968 | 1972 | 1977 | 1982 | 1986 | 1991 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| **.30** | 1995 | 2000 | 2004 | 2009 | 2014 | 2018 | 2023 | 2028 | 2032 | 2037 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| .31 | 2042 | 2046 | 2051 | 2056 | 2061 | 2065 | 2070 | 2075 | 2080 | 2084 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| .32 | 2089 | 2094 | 2099 | 2104 | 2109 | 2113 | 2118 | 2123 | 2128 | 2133 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| .33 | 2138 | 2143 | 2148 | 2153 | 2158 | 2163 | 2168 | 2173 | 2178 | 2183 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| .34 | 2188 | 2193 | 2198 | 2203 | 2208 | 2213 | 2218 | 2223 | 2228 | 2234 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| .35 | 2239 | 2244 | 2249 | 2254 | 2259 | 2265 | 2270 | 2275 | 2280 | 2286 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| .36 | 2291 | 2296 | 2301 | 2307 | 2312 | 2317 | 2323 | 2328 | 2333 | 2339 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| .37 | 2344 | 2350 | 2355 | 2360 | 2366 | 2371 | 2377 | 2382 | 2388 | 2393 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| .38 | 2399 | 2404 | 2410 | 2415 | 2421 | 2427 | 2432 | 2438 | 2443 | 2449 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| .39 | 2455 | 2460 | 2466 | 2472 | 2477 | 2483 | 2489 | 2495 | 2500 | 2506 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| **.40** | 2512 | 2518 | 2523 | 2529 | 2535 | 2541 | 2547 | 2553 | 2559 | 2564 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| .41 | 2570 | 2576 | 2582 | 2588 | 2594 | 2600 | 2606 | 2612 | 2618 | 2624 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| .42 | 2630 | 2636 | 2642 | 2649 | 2655 | 2661 | 2667 | 2673 | 2679 | 2685 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| .43 | 2692 | 2698 | 2704 | 2710 | 2716 | 2723 | 2729 | 2735 | 2742 | 2748 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| .44 | 2754 | 2761 | 2767 | 2773 | 2780 | 2786 | 2793 | 2799 | 2805 | 2812 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| .45 | 2818 | 2825 | 2831 | 2838 | 2844 | 2851 | 2858 | 2864 | 2871 | 2877 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| .46 | 2884 | 2891 | 2897 | 2904 | 2911 | 2917 | 2924 | 2931 | 2938 | 2944 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| .47 | 2951 | 2958 | 2965 | 2972 | 2979 | 2985 | 2992 | 2999 | 3006 | 3013 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| .48 | 3020 | 3027 | 3034 | 3041 | 3048 | 3055 | 3062 | 3069 | 3076 | 3083 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| .49 | 3090 | 3097 | 3105 | 3112 | 3119 | 3126 | 3133 | 3141 | 3148 | 3155 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# प्रतिलघुगणक

## सारणी II ( क्रमशः )

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **.50** | 3162 | 3170 | 3177 | 3184 | 3192 | 3199 | 3206 | 3214 | 3221 | 3228 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| .51 | 3236 | 3243 | 3251 | 3258 | 3266 | 3273 | 3281 | 3289 | 3296 | 3304 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| .52 | 3311 | 3319 | 3327 | 3334 | 3342 | 3350 | 3357 | 3365 | 3373 | 3381 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| .53 | 3388 | 3396 | 3404 | 3412 | 3420 | 3428 | 3436 | 3443 | 3451 | 3459 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| .54 | 3467 | 3475 | 3483 | 3491 | 3499 | 3508 | 3516 | 3524 | 3532 | 3540 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| .55 | 3548 | 3556 | 3565 | 3573 | 3581 | 3589 | 3597 | 3606 | 3614 | 3622 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| .56 | 3631 | 3639 | 3648 | 3656 | 3664 | 3673 | 3681 | 3690 | 3698 | 3707 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| .57 | 3715 | 3724 | 3733 | 3741 | 3750 | 3758 | 3767 | 3776 | 3784 | 3793 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| .58 | 3802 | 3811 | 3819 | 3828 | 3837 | 3846 | 3855 | 3864 | 3873 | 3882 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| .59 | 3890 | 3899 | 3908 | 3917 | 3926 | 3936 | 3945 | 3954 | 3963 | 3972 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| **.60** | 3981 | 3990 | 3999 | 4009 | 4018 | 4027 | 4036 | 4046 | 4055 | 4064 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 |
| .61 | 4074 | 4083 | 4093 | 4102 | 4111 | 4121 | 4130 | 4140 | 4150 | 4159 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| .62 | 4169 | 4178 | 4188 | 4198 | 4207 | 4217 | 4227 | 4236 | 4246 | 42S6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| .63 | 4266 | 4276 | 4285 | 4295 | 4305 | 4315 | 4325 | 4335 | 4345 | 4355 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| .64 | 4365 | 4375 | 4385 | 4395 | 4406 | 4416 | 4426 | 4436 | 4446 | 4457 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| .65 | 4467 | 4477 | 4487 | 4498 | 4508 | 4519 | 4529 | 4539 | 4550 | 4560 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| .66 | 4571 | 4581 | 4592 | 4603 | 4613 | 4624 | 4634 | 4645 | 4656 | 4667 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 |
| .67 | 4677 | 4688 | 4699 | 4710 | 4721 | 4732 | 4742 | 4753 | 4764 | 4775 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| .68 | 4786 | 4797 | 4808 | 4819 | 4831 | 4842 | 4853 | 4864 | 4875 | 4887 | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| .69 | 4898 | 4909 | 4920 | 4932 | 4943 | 4955 | 4966 | 4977 | 4989 | 5000 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| **.70** | 5012 | 5023 | 5035 | 5047 | 5058 | 5070 | 5082 | 5093 | 5105 | 5117 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 |
| .71 | 5129 | 5140 | 5152 | 5164 | 5176 | 5188 | 5200 | 5212 | 5224 | 5236 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 |
| .72 | 5248 | 5260 | 5272 | 5284 | 5297 | 5309 | 5321 | 5333 | 5346 | 5358 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 |
| .73 | 5370 | 5383 | 5395 | 5408 | 5420 | 5433 | 5445 | 5458 | 5470 | 5483 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| .74 | 5495 | 5508 | 5521 | 5534 | 5546 | 5559 | 5572 | 5585 | 5598 | 5610 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| .75 | 5623 | 5636 | 5649 | 5662 | 5675 | 5689 | 5702 | 5715 | 5728 | 5741 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 |
| .76 | 5754 | 5768 | 5781 | 5794 | 5808 | 5821 | 5834 | 5848 | 5861 | 5875 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 |
| .77 | 5888 | 5902 | 5916 | 5929 | 5943 | 5957 | 5970 | 5984 | 5998 | 6012 | 1 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 |
| .78 | 6026 | 6039 | 6053 | 6067 | 6081 | 6095 | 6109 | 6124 | 6138 | 6152 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 13 |
| .79 | 6166 | 6180 | 6194 | 6209 | 6223 | 6237 | 6252 | 6266 | 6281 | 6295 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 13 |
| **.80** | 6310 | 6324 | 6339 | 6353 | 6368 | 6383 | 6397 | 6412 | 6427 | 6442 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 12 | 13 |
| .81 | 6457 | 6471 | 6486 | 6501 | 6516 | 6531 | 6546 | 6561 | 6577 | 6592 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 |
| .82 | 6607 | 6622 | 6637 | 6653 | 6668 | 6683 | 6699 | 6714 | 6730 | 6745 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 14 |
| .83 | 6761 | 6776 | 6792 | 6808 | 6823 | 6839 | 6855 | 6871 | 6887 | 6902 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 |
| .84 | 6918 | 6934 | 6950 | 6966 | 6982 | 6998 | 7015 | 7031 | 7047 | 7063 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 11 | 13 | 15 |
| **.85** | 7079 | 7096 | 7112 | 7129 | 7145 | 7161 | 7178 | 7194 | 7211 | 7228 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 |
| .86 | 7244 | 7261 | 7278 | 7295 | 7311 | 7328 | 7345 | 7362 | 7379 | 7396 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 15 |
| .87 | 7413 | 7430 | 7447 | 7464 | 7482 | 7499 | 7516 | 7534 | 7551 | 7568 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| .88 | 7586 | 7603 | 7621 | 7638 | 7656 | 7674 | 7691 | 7709 | 7727 | 7745 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 |
| .89 | 7762 | 7780 | 7798 | 7816 | 7834 | 7852 | 7870 | 7889 | 7907 | 7925 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 14 | 16 |
| **.90** | 7943 | 7962 | 7980 | 7998 | 8017 | 8035 | 8054 | 8072 | 8091 | 8110 | 2 | 4 | 6 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 |
| .91 | 8128 | 8147 | 8166 | 8185 | 8204 | 8222 | 8241 | 8260 | 8279 | 8299 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 |
| .92 | 8318 | 8337 | 8356 | 8375 | 8395 | 8414 | 8433 | 8453 | 8472 | 8492 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 15 | 17 |
| .93 | 8511 | 8531 | 8551 | 8570 | 8590 | 8610 | 8630 | 8650 | 8670 | 8690 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| .94 | 8710 | 8730 | 8750 | 8770 | 8790 | 8810 | 8831 | 8851 | 8872 | 8892 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| **.95** | 8913 | 8933 | 8954 | 8974 | 8995 | 9016 | 9036 | 9057 | 9078 | 9099 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 | 17 | 19 |
| .96 | 9120 | 9141 | 9162 | 9183 | 9204 | 9226 | 9247 | 9268 | 9290 | 9311 | 2 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| .97 | 9333 | 9354 | 9376 | 9397 | 9419 | 9441 | 9462 | 9484 | 9506 | 9528 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 |
| .98 | 9550 | 9572 | 9594 | 9616 | 9638 | 9661 | 9683 | 9705 | 9727 | 9750 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 |
| .99 | 9772 | 9795 | 9817 | 9840 | 9863 | 9886 | 9908 | 9931 | 9954 | 9977 | 2 | 5 | 7 | 9 | 11 | 14 | 16 | 18 | 20 |

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# कुछ अभ्यासार्थ प्रश्नों के उत्तर

## एकक 1

**1.4** 16.23 M

**1.5** 0.617 m, 0.01 तथा 0.99, 0.67

**1.6** 157.8 mL

**1.7** 33.5%

**1.8** 17.95 m तथा 9.10 M

**1.9** ~$1.5 \times 10^{-3}$%, $1.25 \times 10^{-4}$ m

**1.15** 40.907 g $mol^{-1}$

**1.16** 73.58 *k* Pa

**1.17** 12.08 k Pa

**1.18** 10 g

**1.19** 23 g $mol^{-1}$, 3.53 kPa

**1.20** 269.07 K

**1.21** A = 25.58 u तथा B = 42.64 u

**1.22** 0.061 M

**1.24** KCl, $CH_3OH$, $CH_3CN$, साइक्लोहेक्सेन

**1.25** टॉलूईन, क्लोफॉर्म, फ़ीनॉल, पेन्टेनॉल फार्मिक अम्ल, एथिलीन ग्लाइकॉल

**1.26** 5 m

**1.27** $2.45 \times 10^{-8}$ M

**1.28** 1.424%

**1.29** जल का 3.2 g

**1.30** 4.575 g

**1.32** $0.65^0$

**1.33** i = 1.0753, $K_a = 3.07 \times 10^{-3}$

**1.34** 17.44 mm Hg

**1.35** $178 \times 10^{-5}$

**1.36** 280.7 torr, 32 torr

**1.38** 0.6 तथा 0.4

**1.39** $x_{O_2}$ $4.6 \times 10^{-5}$, $x_{N_2}$ $9.22 \times 10^{-5}$

**1.40** 0.03 mol $CaCl_2$

**1.41** $5.27 \times 10^{-3}$ atm.

## एकक 2

**2.4** (i) $E^{\ominus} = 0.34V$, $\Delta_r G^{\ominus} = -196.86$ kJ $mol^{-1}$, $K = 3.124 \times 10^{34}$
(ii) $E^{\ominus} = 0.03V$, $\Delta_r G^{\ominus} = -2.895$ kJ $mol^{-1}$, K = 3.2

**2.5** (i) 2.68 V, (ii) 0.53 V, (iii) 0.08 V, (iv) –1.289 V

**2.6** 1.56 V

**2.8** 124.0 S $cm^2$ $mol^{-1}$

**2.9** 0.219 $cm^{-1}$

**2.11** $1.85 \times 10^{-5}$

**2.12** 3F, 2F, 5F

**2.13** 1F, 4.44F

**2.14** 2F, 1F

**2.15** 1.8258 g

**2.16** 14.40 min, कॉपर 0.427 g, ज़िंक 0.437 g

## एकक 3

**3.2** (i) $8.0 \times 10^{-9}$ mol $L^{-1}$ $s^{-1}$; $3.89 \times 10^{-9}$ mol $L^{-1}$ $s^{-1}$

**3.4** $bar^{-1/2}s^{-1}$

**3.6** (i) 4 गुना (ii) ¼ गुना

**3.8** (i) $4.67 \times 10^{-3}$ mol $L^{-1}s^{-1}$ (ii) $1.98 \times 10^{-2}$ $s^{-1}$

**3.9** (i) वेग = $k[A][B]^2$ (ii) 9 गुना

**3.10** A के लिए अभिक्रिया की कोटि 1.5 है तथा B के लिए शून्य है।

© NCERT not to be republished

**3.11** वेग नियम = $k[A][B]^2$; वेग स्थिरांक = 6.0 $M^{-2}min^{-1}$

**3.13** (i) $3.47 \times 10^{-3}$ सेकंड (ii) 0.35 मिनट (iii) 0.173 वर्ष

**3.14** 1845 वर्ष

**3.16** $4.6 \times 10^{-2}$ s

**3.17** 0.7814 μg तथा 0.227 μg.

**3.19** 77.7 मिनट

**3.20** $2.20 \times 10^{-3}$ $s^{-1}$

**3.21** $2.23 \times 10^{-3}$ $s^{-1}$, $7.8 \times 10^{-4}$ atm $s^{-1}$

**3.23** $3.9 \times 10^{12}$ $s^{-1}$

**3.24** 0.135 M

**3.25** 0.158 M

**3.26** 232.79 kJ $mol^{-1}$

**3.27** 239.339 kJ $mol^{-1}$

**3.28** 24°C

**3.29** $E_a$ = 76.750 kJ $mol^{-1}$, $k = 0.9965 \times 10^{-2}$ $s^{-1}$

**3.30** 52.8 kJ $mol^{-1}$

## एकक 4

**4.2** $Mn^{2+}$ के $3d^5$ विन्यास के कारण उच्च स्थायित्व होता है।

**4.5** स्थायी ऑक्सीकरण अवस्थाएँ

$3d^3$ (वैनेडियम) (+2), +3, +4, +5

$3d^5$ (क्रोमियम) +3, +4, +6

$3d^5$ (मैंगनीज़) +2, +4, +6, +7

$3d^8$ (निकैल) +2, +3, (संकुलों में)

$3d^4$ मूल अवस्था में कोई $d^4$ विन्यास नहीं होता।

**4.6** वैनेडेट $VO_3^-$, क्रोमेट $CrO_4^{2-}$, परमैंगनेट $MnO_4^-$

**4.10** +3 ऑक्सीकरण अवस्था लैन्थेनॉयडों की सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था है। +3 ऑक्सीकरण अवस्था के अतिरिक्त कुछ लैन्थेनॉयड +2 तथा +4 ऑक्सीकरण अवस्थाएँ प्रदर्शित करते हैं।

**4.13** संक्रमण तत्वों में ऑक्सीकरण अवस्था +1 से उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्थाएँ में एक के अंतर से परिवर्तित होते हैं। उदाहरणार्थ, मैंगनीज़ में +2, +3, +4, +5, +6, +7 में परिवर्तन हो सकता है। जबकि असंक्रमण तत्वों में यह परिवर्तन चयनात्मक है। इनमें सदैव दो का अंतर होता है जैसे, +2, +4, या +3, +5, +4, +6 आदि।

**4.18** $Sc^{3+}$ को छोड़ कर, आभरित $d$– कक्षकों की उपस्थिति के कारण अन्य सभी जलीय विलयन में रंगीन होंगें तथा यह $d$–$d$ संक्रमंण देगा।

**4.21** (i) $Cr^{2+}$ एक अपचायक है जिसमें $d^4$ से $d^3$ परिवर्तन हो जाता है। $d^3$ का विन्यास $\left(t_{2g}^3\right)$ अधिक स्थायी है। Mn(III) से Mn(II) में परिवर्तन $3d^4$ से $3d^5$; $3d^5$ एक स्थायी विन्यास है।

(ii) CFSE के कारण जो तृतीय आयनीकरण ऊर्जा से अधिक ऊर्जा की पूर्ती करती है।

(iii) जलयोजन अथवा जालक ऊर्जा $d$ इलेक्ट्रॉन को निकालने के लिए आवश्यक आयनन एन्थैल्पी की क्षति पूर्ती करती है।

**4.23** Cu (+1) स्थायी ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करते हैं, जिसके फलस्वरूप $3d^{10}$ विन्यास होता है।

**4.24** अयुगलित इलेक्ट्रॉन $Mn^{3+}$=4; $Cr^{3+}$=3; $V^{3+}$=2; $Ti^3$=1; सर्वाधिक स्थायी $Cr^{3+}$।

**4.28** द्वितीय भाग 59, 95,102।

**4.30** लारेंशियम 103, +3

**4.36** $Ti^{2+}$=2, $V^{2+}$=3, $Cr^{3+}$=3, $Mn^{2+}$=5, $Fe^{2+}$=6, $Fe^{3+}$=5, $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$=8, $Cu^{2+}$=9

**4.38** $M\sqrt{n(n+2)}$ = 2.2, n ≈ 1, $d^2sp^3$, $CN^-$ प्रबल लिगण्ड

= 5.3, n ≈ 4, $sp^3d^2$, $H_2O$ दुर्बल लिगण्ड

= 5.9, n ≈ 5, $sp^3$, $Cl^-$ दुर्बल लिगण



Reprint 2025-26

# एकक 5

**5.5** (i) +3 (ii) +3 (iii) +2 (iv) +3 (v) +3

**5.6** (i) $[Zn(OH)_4]^{2-}$ (v) $[Co(NH_3)_5(ONO)]^{2+}$ (ix) $[CuBr_4]^{2-}$

(ii) $K_2[PdCl_4]$ (vi) $[Co(NH_3)_6]_2(SO_4)_3$ (x) $[Co(NH_3)_5(NO_2)]^{2+}$

(iii) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ (vii) $K_3[Cr(C_2O_4)_3]$

(iv) $K_2[Ni(CN)_4]$ (viii) $[Pt(NH_3)_6]^{4+}$

**5.9** (i) $[Cr(C_2O_4)_3]^{3-}$; Nil

(ii) $[Co(NH_3)_3Cl_3]$ ; दो (*fac*- तथा *mer*-)

**5.12** तीन (दो **समपक्ष** तथा एक **विपक्ष**)

**5.13** जलीय विलयन में $CuSO_4$ का अस्तित्व $[Cu(H_2O)_4]SO_4$ है, जिसका नीला रंग $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ आयनों के कारण होता है।

(i) KF मिलाने पर, दुर्बल $H_2O$ लिगन्ड $F^-$ लिगन्डों द्वारा प्रतिस्थापित होते हैं तथा $[CuF_4]^{2+}$ आयन बनते हैं जो हरा अवक्षेप देते हैं।

$$[Cu(H_2O)_4]^{2+} + 4F^- \rightarrow [CuF_4]^{2-} + 4H_2O$$

(ii) जब KCl मिलाया जाता है, $Cl^-$ लिगन्ड दुर्बल $H_2O$ लिगन्डों को प्रतिस्थापित कर $[CuCl_4)^{2-}$ आयन बनाते हैं जिनका रंग चमकीला हरा होता है।

$$[Cu(H_2O)_4]^{2+} + 4Cl^- \rightarrow [CuCl_4]^{2-} + 4H_2O$$

**5.14** $[Cu(H_2O)_4]^{2+} + 4\ CN^- \rightarrow [Cu(CN)_4]^{2-} + 4H_20$

चूँकि $CN^-$ एक प्रबल लिगन्ड है, यह $Cu^{2+}$ आयन के साथ बहुत स्थायी संकुल बनाता है। $H_2S$ गैस प्रवाहित करने पर, CuS का अवक्षेप बनता है तथा मुक्त $Cu^{2+}$ आयन उपलब्ध नहीं रहते।

**5.23** *d*-कक्षक का अधिग्रहण

(i) OS = +3, CN = 6, d-कक्षकों का अभिग्रहण $(t_{2g}^6\ e_g^0)$,

(ii) OS = +3, CN = 6, $d^3$ $(t_{2g}^3)$,

(iii) OS = +2, CN = 4, $d^7$ $(t_{2g}^5\ e_g^2)$,

(iv) OS = +2, CN = 6, $d^5$ $(t_{2g}^3\ e_g^2)$.

**5.28** (iii) **9.29** (ii) **9.30** (iii) **9.31** (iii)

**5.32** (i) स्पेक्ट्रमी-रासायनिक श्रेणी में लिगन्डों का क्रम–

$H_2O < NH_3 < NO_2^-$

अत: प्रेक्षित प्रकाश की ऊर्जा निम्न क्रम में होगी

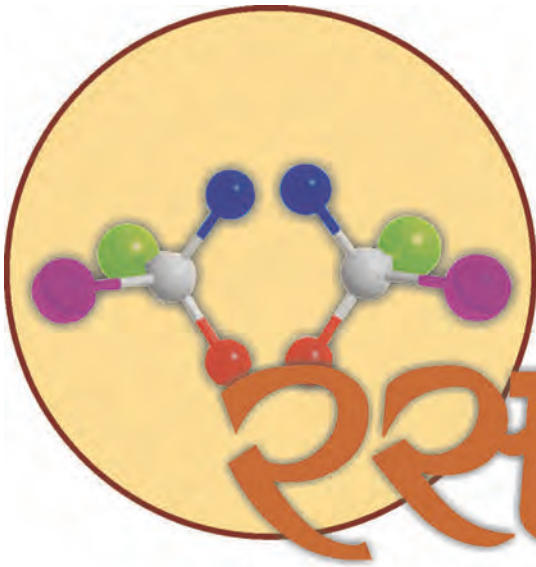
$[Ni(H_2O)_6]^{2+} < [Ni(NH_3)_6]^{2+} < [Ni(NO_2)_6]^{4-}$

इस प्रकार अवशोषित तरंगदैर्घ्य ($E = hc/\lambda$) का क्रम इसके विपरीत होगा।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26



# रसायन

## भाग 2

कक्षा 12 के लिए पाठ्यपुस्तक

12088

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्
NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**12088 – रसायन भाग 2**
कक्षा 12 के लिए पाठ्यपुस्तक

ISBN 81-7450-732-9 (भाग 1)
ISBN 81-7450-758-2 (भाग 2)

***प्रथम संस्करण***
*अप्रैल 2007 चैत्र 1929*

***पुनर्मुद्रण***
*नवंबर 2007, फ़रवरी 2009, दिसंबर 2009, नवंबर 2010, जनवरी 2012, मार्च 2013, मार्च 2014, अक्तूबर 2014, फ़रवरी 2017, फ़रवरी 2018, जनवरी 2019, जनवरी 2020, जनवरी 2021*

***संशोधित संस्करण***
*नवंबर 2022 अग्रहायण 1944*

***पुनर्मुद्रण***
*मार्च 2024 चैत्र 1946*
*फरवरी 2025 माघ 1946*

**PD 10T BS**

***© राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, 2007, 2022***

**₹ 120.00**

*एन.सी.ई.आर.टी. वाटरमार्क 80 जी.एस.एम. पेपर पर मुद्रित।*

*प्रकाशन प्रभाग में सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविंद मार्ग, नयी दिल्ली 110 016 द्वारा प्रकाशित तथा चंदू प्रेस, 469, पटपड़गंज इंडस्ट्रियल एस्टेट, दिल्ली-110092 द्वारा मुद्रित।*

**सर्वाधिकार सुरक्षित**

- प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना इस प्रकाशन के किसी भाग को छापना तथा इलैक्ट्रॉनिकी, मशीनी, फोटोप्रतिलिपि, रिकॉर्डिंग अथवा किसी अन्य विधि से पुन: प्रयोग पद्धति द्वारा उसका संग्रहण अथवा प्रसारण वर्जित है।
- इस पुस्तक की बिक्री इस शर्त के साथ की गई है कि प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना यह पुस्तक अपने मूल आवरण अथवा जिल्द के अलावा किसी अन्य प्रकार से व्यापार द्वारा उधारी पर, पुनर्विक्रय या किराए पर न दी जाएगी, न बेची जाएगी।
- इस प्रकाशन का सही मूल्य इस पृष्ठ पर मुद्रित है। रबड़ की मुहर अथवा चिपकाई गई पर्ची (स्टिकर) या किसी अन्य विधि द्वारा अंकित कोई भी संशोधित मूल्य गलत है तथा मान्य नहीं होगा।

**एन.सी.ई.आर.टी. के प्रकाशन प्रभाग के कार्यालय**

एन.सी.ई.आर.टी. कैंपस
श्री अरविंद मार्ग
**नई दिल्ली 110 016** फ़ोन : 011-26562708

108, 100 फीट रोड
हेली एक्सटेंशन, होस्डेकेरे
बनाशंकरी III स्टेज
**बेंगलुरु 560 085** फ़ोन : 080-26725740

नवजीवन ट्रस्ट भवन
डाकघर नवजीवन
**अहमदाबाद 380 014** फ़ोन : 079-27541446

सी.डब्ल्यू.सी. कैंपस
निकट: धनकल बस स्टॉप पनिहटी
**कोलकाता 700 114** फ़ोन : 033-25530454

सी.डब्ल्यू.सी. कॉम्प्लैक्स
मालीगाँव
**गुवाहाटी 781021** फ़ोन : 0361-2674869

**प्रकाशन सहयोग**

| | | |
|---|---|---|
| अध्यक्ष, प्रकाशन प्रभाग | : | एम.वी. श्रीनिवासन |
| मुख्य संपादक | : | बिज्ञान सुतार |
| मुख्य उत्पादन अधिकारी (प्रभारी) | : | जहान लाल |
| मुख्य व्यापार प्रबंधक | : | अमिताभ *कुमार* |
| संपादक | : | *रेखा अग्रवाल* |
| सहायक उत्पादन अधिकारी | : | *दीपक कुमार* |

**आवरण एवं सज्जा**
*ब्लू फिश*

© NCERT not to be republished

# आमुख

राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (2005) सुझाती है कि बच्चों के स्कूली जीवन को बाहर के जीवन से जोड़ा जाना चाहिए। यह सिद्धांत किताबी ज्ञान की उस विरासत के विपरीत है, जिसके प्रभाववश हमारी व्यवस्था आज तक स्कूल और घर के बीच अंतराल बनाए हुए है। नयी राष्ट्रीय पाठ्यचर्या पर आधारित पाठ्यक्रम और पाठ्यपुस्तकें इस बुनियादी विचार पर अमल करने का प्रयास है। इस प्रयास में हर विषय को एक मज़बूत दीवार से घेर देने और जानकारी को रटा देने की प्रवृत्ति का विरोध शामिल है। आशा है कि ये कदम हमें राष्ट्रीय शिक्षा नीति (1986) में वर्णित बाल-केंद्रित व्यवस्था की दिशा में काफ़ी दूर तक ले जाएँगे।

इस प्रयत्न की सफलता अब इस बात पर निर्भर है कि स्कूलों के प्राचार्य और अध्यापक बच्चों को कल्पनाशील गतिविधियों और सवालों की मदद से सीखने तथा सीखने के दौरान अपने अनुभव पर विचार करने का अवसर देते हैं। हमें यह मानना होगा कि यदि जगह, समय और आज़ादी दी जाए, तो बच्चे बड़ों द्वारा सौंपी गई सूचना-सामग्री से जुड़कर और जूझकर नए ज्ञान का सृजन करते हैं। शिक्षा के विविध साधनों एवं स्रोतों की अनदेखी किए जाने का प्रमुख कारण पाठ्यपुस्तक को परीक्षा का एकमात्र आधार बनाने की प्रवृत्ति है। सर्जना और पहल को विकसित करने के लिए ज़रूरी है कि हम बच्चों को सीखने की प्रक्रिया में पूरा भागीदार मानें और बनाएँ, उन्हें ज्ञान की निर्धारित खुराक का ग्राहक मानना छोड़ दें।

ये उद्देश्य स्कूल की दैनिक ज़िंदगी और कार्यशैली में काफ़ी फेरबदल की माँग करते हैं। दैनिक समय-सारणी में लचीलापन उतना ही ज़रूरी है, जितना वार्षिक कैलेंडर के अमल में चुस्ती, जिससे शिक्षण के लिए नियत दिनों की संख्या हकीकत बन सके। शिक्षण और मूल्यांकन की विधियाँ भी इस बात को तय करेंगी कि यह पाठ्यपुस्तक स्कूल में बच्चों के जीवन को मानसिक दबाव तथा बोरियत की जगह खुशी का अनुभव बनाने में कितनी प्रभावी सिद्ध होती है। बोझ की समस्या से निपटने के लिए पाठ्यक्रम निर्माताओं ने विभिन्न चरणों में ज्ञान का पुनर्निर्धारण करते समय बच्चों के मनोविज्ञान एवं अध्यापन के लिए उपलब्ध समय का ध्यान रखने की पहले से अधिक सचेत कोशिश की है। इस कोशिश को और गहराने के यत्न में यह पाठ्यपुस्तक सोच-विचार और विस्मय, छोटे समूहों में बातचीत एवं बहस तथा हाथ से की जाने वाली गतिविधियों को प्राथमिकता देती है।

एन.सी.ई.आर.टी. इस पुस्तक की रचना के लिए बनाई गई पाठ्यपुस्तक विकास समिति के परिश्रम के लिए कृतज्ञता व्यक्त करती है। परिषद् विज्ञान एवं गणित की पाठ्यपुस्तक के सलाहकार समूह के अध्यक्ष जे.वी. नार्लीकर और इस पाठ्यपुस्तक के मुख्य सलाहकार प्रोफ़ेसर बी.एल. खंडेलवाल की विशेष आभारी है। इस पाठ्यपुस्तक के विकास में कई शिक्षकों ने योगदान दिया; इस योगदान को संभव बनाने के लिए हम उनके प्राचार्यों के आभारी हैं। हम उन सभी संस्थाओं और संगठनों के प्रति कृतज्ञ हैं, जिन्होंने अपने संसाधनों, सामग्री तथा सहयोगियों की मदद लेने में हमें उदारतापूर्वक सहयोग दिया। हम माध्यमिक एवं उच्च शिक्षा विभाग, मानव संसाधन विकास मंत्रालय द्वारा प्रोफ़ेसर जी.पी. देशपांडे की अध्यक्षता में गठित निगरानी समिति (मॉनिटरिंग कमेटी) के सदस्यों को अपना मूल्यवान समय और सहयोग देने के लिए धन्यवाद देते हैं। व्यवस्थागत सुधारों और अपने प्रकाशनों में निरंतर निखार लाने के प्रति समर्पित एन.सी.ई.आर.टी. टिप्पणियों एवं सुझावों का स्वागत करेगी, जिनसे भावी संशोधनों में मदद ली जा सके।

20 नवंबर 2006
*नयी दिल्ली*

*निदेशक*
राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और
प्रशिक्षण परिषद्

© NCERT not to be republished

# भारत का संविधान

## उद्देशिका

हम, भारत के लोग, भारत को एक [1]**[संपूर्ण प्रभुत्व-संपन्न समाजवादी पंथनिरपेक्ष लोकतंत्रात्मक गणराज्य]** बनाने के लिए, तथा उसके समस्त नागरिकों को :

सामाजिक, आर्थिक और राजनैतिक **न्याय,**

विचार, अभिव्यक्ति, विश्वास, धर्म

और उपासना की **स्वतंत्रता,**

प्रतिष्ठा और अवसर की **समता**

प्राप्त कराने के लिए,

तथा उन **सब में**

व्यक्ति की गरिमा और [2]**[राष्ट्र की एकता**

**और अखंडता]** सुनिश्चित करने वाली **बंधुता**

बढ़ाने के लिए

दृढ़संकल्प होकर **अपनी इस संविधान सभा में** आज तारीख 26 नवंबर, 1949 ई. को **एतद्द्वारा इस संविधान को अंगीकृत, अधिनियमित और आत्मार्पित करते हैं।**

---

1. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''प्रभुत्व-संपन्न लोकतंत्रात्मक गणराज्य'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।
2. संविधान (बयालीसवां संशोधन) अधिनियम, 1976 की धारा 2 द्वारा (3.1.1977 से) ''राष्ट्र की एकता'' के स्थान पर प्रतिस्थापित।

© NCERT not to be republished

# प्रस्तावना

रसायन ने समाज पर गहरा असर डाला है। इसका मानवजाति के कल्याण से प्रगाढ़ संबंध है। रसायन में प्रगति की दर इतनी अधिक है कि पाठ्यक्रम विकासक सदैव इससे सामंजस्य बैठाने के लिए नीतियाँ बनाते रहते हैं। इसके अतिरिक्त विद्यार्थियों को भी प्रेरित करने की आवश्यकता है जो भविष्य में मूलभूत मार्गदर्शन करने में योगदान दे सकेंगे। वर्तमान पाठ्यपुस्तक इस दिशा में वास्तविक प्रयास है।

इस पाठ्यपुस्तक के दो भाग हैं जिनमें कुल सोलह एकक हैं। यद्यपि विभिन्न एककों के शीर्षक देखने से लगता है कि विषयवस्तु भौतिक, अकार्बनिक एवं कार्बनिक रसायन में विभाजित है परंतु पाठक यह पाएंगे कि इन उपविषयों में जहाँ तक संभव हो सका, परस्पर संबंध स्थापित किया गया है जिससे विषय की एकीकृत पहुँच बनी रहे। विषयवस्तु का प्रस्तुतीकरण विद्यार्थियों को यंत्रवत स्मरण करने से रोकता है। वास्तव में विषय को रसायन के नियमों एवं सिद्धांतों के चारों ओर संघटित किया गया है। विद्यार्थी इन नियमों एवं सिद्धांतों पर प्रवीणता प्राप्त कर लेने के पश्चात प्रागुक्ति करने की स्थिति में पहुँच जाएंगे।

जहाँ पर भी उचित था, ऐतिहासिक विकास और जीवन में उपयोग बताते हुए, विषय में उत्सुकता जाग्रत रखने का प्रयास किया गया है। मूल-पाठ को परिवेश से उदाहरण देते हुए भली प्रकार समझाया गया है जिससे अवधारणा के गुणात्मक और मात्रात्मक पक्षों को समझना सुसाध्य तथा आसान हो जाएगा।

विभिन्न गुणधर्मों की तुलना आसान बनाने के लिए पुस्तक में सभी जगह भौतिक आँकड़े SI इकाइयों में दिए गए हैं। नामकरण के लिए IUPAC पद्धति के साथ-साथ सामान्य पद्धति का भी उपयोग किया गया है। रासायनिक यौगिकों के संरचनात्मक सूत्रों के प्रकार्यात्मक/उपसहसंयोजी समूहों को इलेक्ट्रॉनिक व्यवस्था सहित अलग-अलग रंगों में दर्शाया गया है। प्रत्येक एकक में समझाने के लिए अनेक उदाहरण और उनके हल दिए गए हैं। पाठ्यनिहित प्रश्न भी हैं जिनमें से कुछ के हल एकक के अंत में दिए गए हैं। एकक के अंत में अभ्यास के लिए दिए गए प्रश्नों की अभिकल्पना इस प्रकार की गई है कि उन्हें हल करने के लिए महत्वपूर्ण सिद्धांतों का उपयोग करना होगा और यह चिंतन की प्रवृत्ति को बढ़ाएगा। अभ्यास के कुछ प्रश्नों के हल पुस्तक के अंत में दिए गए हैं।

कुछ वैज्ञानिकों के जीवन वृत्तांत और प्रसंग से संबंधित अधिक जानकारी जैसी विभिन्न पाठ्य सामग्री गहरे पीले रंग के दंड वाले घेरे में दी गई है। गहरे पीले दंड से युक्त घेरे में दी गई विषयवस्तु पाठ्य-सामग्री को अधिक रोचक बनाने के लिए है लेकिन यह मूल्यांकन के लिए नहीं है। पुस्तक में दिए गए अधिक जटिल यौगिकों की संरचनाएं उनके रसायन को समझने के लिए हैं। उनका प्रस्तुतीकरण रटने का कारण बनेगा, अतः मूलपाठ का यह भाग भी मूल्यांकन के लिए नहीं है।

जहाँ पर संभव हो सका है केवल सूचनाओं पर आधारित भाग को काफी कम किया गया है। इसके स्थान पर तथ्य दिए गए हैं। परंतु विद्यार्थियों के लिए आवश्यक है कि उन्हें महत्वपूर्ण औद्योगिक

© NCERT not to be republished

रसायनों के उत्पादन और उसमें प्रयुक्त होने वाले कच्चे माल के स्रोत का ज्ञान हो। यह विवरण पुस्तक में दिया गया है। ऐसे यौगिकों के विवरण को उनकी संरचनाओं और अभिक्रियाशीलता को महत्व देकर रोचक बनाने की कोशिश की गई है। रासायनिक अभिक्रियाओं को ऊष्मागतिकी, रासायनिक बलगतिकी तथा वैद्युतरसायन पक्ष द्वारा समझाया गया है जो विद्यार्थियों को यह समझने में लाभप्रद होगा कि अमुक अभिक्रिया क्यों होती है एवं उत्पाद द्वारा कोई विशेष गुण क्यों प्रदर्शित किया जाता है। वर्तमान में पर्यावरण एवं ऊर्जा के विषय में अत्यधिक जागरूकता है जिसका सीधा संबंध रसायन से है। इन विषयों को पुस्तक में यथास्थान उभारा गया है और उन पर विचार किया गया है।

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् द्वारा गठित विद्वानों की टीम द्वारा पुस्तक की पांडुलिपि तैयार की गई है। मुझे टीम के सभी सदस्यों को उनके बहुमूल्य योगदान के लिए आभार प्रकट करते हुए अत्यंत हर्ष हो रहा है। इस पुस्तक को वर्तमान रूप में प्रस्तुत करने के लिए संपादकों द्वारा किए गए बहुमूल्य और अथक योगदान के प्रति भी मैं आभार प्रकट करता हूँ। मैं प्रोफ़ेसर ब्रह्म प्रकाश को भी समर्पित प्रयास एवं बहुमूल्य योगदान के लिए धन्यवाद ज्ञापित करता हूँ और आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने न केवल इस संपूर्ण कार्यक्रम का समन्वयन किया अपितु इस पुस्तक के लेखन तथा संपादन में भी सक्रिय भाग लिया। अध्यापकों और विषय विशेषज्ञों का भी आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने पुनरवलोकन कार्यशाला में भाग लेकर योगदान दिया, जिससे हमें पुस्तक को विद्यार्थियों के अनुकूल बनाने में सहायता मिली। मैं एन.सी.ई.आर.टी. के तकनीकी एवं प्रशासनिक स्टाफ को भी धन्यवाद देता हूँ जिन्होंने संपूर्ण प्रक्रिया में सहायता की।

इस पुस्तक की पाठ्यपुस्तक विकास समिति विश्वास करती है कि यह पुस्तक पाठकों में इस विषय को पढ़ने की उत्सुकता और आकर्षण उत्पन्न करेगी। प्रयास किया गया है कि पुस्तक त्रुटिरहित हो। फिर भी इस प्रकार की पुस्तक में जटिलता के कारण कभी-कभी त्रुटियाँ हो जाती हैं। इस प्रकार की त्रुटियों को पाठकों से जानकर उन्हें दूर करने में हमें प्रसन्नता होगी।

बी.एल. खंडेलवाल

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# पाठ्यपुस्तक विकास समिति

## अध्यक्ष, विज्ञान और गणित पाठ्यपुस्तक सलाहकार समिति

जयंत विष्णु नार्लीकर, *प्रोफ़ेसर, अध्यक्ष,* सलाहकार समिति। अंतर-विश्वविद्यालय केंद्र, खगोलविज्ञान और खगोल भौतिकी, (IUCAA), पुणे विश्वविद्यालय परिसर, पुणे।

## मुख्य सलाहकार

बी.एल. खंडेलवाल, *प्रोफ़ेसर, निदेशक,* दिशा इंस्टीट्यूट ऑफ मैनेजमेंट तथा टैक्नोलोजी, रायपुर, छत्तीसगढ़, *पूर्व अध्यक्ष,* रसायन विभाग, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टैक्नोलॉजी, नयी दिल्ली।

## सदस्य

अंजनी कौल, *प्रवक्ता,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आई.पी. अग्रवाल, *प्रोफ़ेसर,* डी.ई.एस.एम., क्षेत्रीय शिक्षण संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., भोपाल।

आर.ए. वर्मा, *उपप्रधानाचार्य,* शहीद बसन्त कुमार बिस्वास सर्वोदय विद्यालय, सिविल लाइंस, नयी दिल्ली।

आर.एस. सिंधू, *प्रोफ़ेसर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आर.के. पाराशर, *प्रवक्ता,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आर.के. वर्मा, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, मगध विश्वविद्यालय, बिहार।

ए.एस. बरार, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, नयी दिल्ली।

ए.क्यू. कॉन्ट्रेक्टर, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, पोवाई, मुंबई।

एम.एल. अग्रवाल, *प्रधानाचार्य* (अवकाशप्राप्त), केंद्रीय विद्यालय, जयपुर, राजस्थान।

एम.पी. महाजन, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, गुरु नानक देव विश्वविद्यालय, अमृतसर, पंजाब।

एस.के. गुप्ता, *रीडर,* स्कूल ऑफ स्टडीज़ इन केमेस्ट्री, जीवाजी विश्वविद्यालय, ग्वालियर, मध्य प्रदेश।

एस.के. डोगरा, *प्रोफ़ेसर,* डॉ. बी.आर. अंबेडकर सेंटर फॉर बायोमेडिकल रिसर्च, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली।

एस. बधवार, *प्रवक्ता,* डेली कॉलेज, इंदौर, मध्य प्रदेश।

कविता शर्मा, *प्रवक्ता,* डी.ई.ई., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

के.एन. उपाध्याय, *अध्यक्ष* (अवकाशप्राप्त), रसायन विभाग, रामजस महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली।

के.के. अरोड़ा, *रीडर,* रसायन विभाग, ज़ाकिर हुसैन महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली।

पूरन चंद, *प्रोफ़ेसर,* संयुक्त निदेशक (अवकाशप्राप्त) सी.आई.ई.टी., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

ब्रह्म प्रकाश, *प्रोफ़ेसर* (सदस्य एवं समन्वयक, अंग्रेज़ी संस्करण), डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

विजय सारदा, *रीडर,* रसायन विभाग, ज़ाकिर हुसैन महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली।

© NCERT not to be republished

वी.एन. पाठक, *प्रोफ़ेसर,* रसायन विभाग, राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर, राजस्थान।

वी.के. वर्मा, *प्रोफ़ेसर,* (अवकाशप्राप्त), इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय, वाराणसी, उ.प्र.।

वी.पी. गुप्ता, *प्रोफ़ेसर,* डी.ई.एस.एम., क्षेत्रीय शिक्षण संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., भोपाल, मध्य प्रदेश।

सर्वजीत सचदेवा, *पी.जी.टी. (रसायन),* सेंट कोलंबस स्कूल, नयी दिल्ली।

## सदस्य-समन्वयक

अलका मेहरोत्रा, *रीडर* (समन्वयक, हिंदी संस्करण) डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

## हिंदी रूपांतर

अतुल शर्मा, *प्रवक्ता,* राजकीय महाविद्यालय, नागौर।

अरुण पारीक, *प्रवक्ता,* राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

अलका मेहरोत्रा, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आर.के. उपाध्याय, *वरिष्ठ प्रवक्ता,* रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

आर.के. पाराशर, *प्रवक्ता,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली।

आलोक चतुर्वेदी, *वरिष्ठ प्रवक्ता,* रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

एस.पी. माथुर, *विभागाध्यक्ष,* विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर।

के.जी. ओझा, *एसोसिएट प्रोफ़ेसर,* विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर।

रेणु पाराशर, *प्रवक्ता,* हंसराज महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली।

सुरेन्द्र अरोड़ा, *वरिष्ठ प्रवक्ता,* रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन

कोविड-19 महामारी को देखते हुए, विद्यार्थियों के ऊपर से पाठ्य सामग्री का बोझ कम करना अनिवार्य है। *राष्ट्रीय शिक्षा नीति, 2020* में भी विद्यार्थियों के लिए पाठ्य सामग्री का बोझ कम करने और रचनात्मक नज़रिए से अनुभवात्मक अधिगम के अवसर प्रदान करने पर ज़ोर दिया गया है। इस पृष्ठभूमि में, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् ने सभी कक्षाओं में पाठ्यपुस्तकों को पुनर्संयोजित करने की शुरुआत की है। इस प्रक्रिया में रा.शै. अ.प्र.प. द्वारा पहले से ही विकसित कक्षावार सीखने के प्रतिफलों को ध्यान में रखा गया है।

**पाठ्य सामग्रियों के पुनर्संयोजन में निम्नलिखित बिंदुओं को ध्यान में रखा गया है —**

- एक ही कक्षा में अलग-अलग विषयों के अंतर्गत समान पाठ्य सामग्री का होना;
- एक कक्षा के किसी विषय में उससे निचली कक्षा या ऊपर की कक्षा में समान पाठ्य सामग्री का होना;
- कठिनाई स्तर;
- विद्यार्थियों के लिए सहज रूप से सुलभ पाठ्य सामग्री का होना, जिसे शिक्षकों के अधिक हस्तक्षेप के बिना, वे खुद से या सहपाठियों के साथ पारस्परिक रूप से सीख सकते हों;
- वर्तमान संदर्भ में अप्रासंगिक सामग्री का होना।

**वर्तमान संस्करण, ऊपर दिए गए परिवर्तनों को शामिल करते हुए तैयार किया गया पुनर्संयोजित संस्करण है।**

© NCERT not to be republished

# आभार

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान एवं प्रशिक्षण परिषद् उन सभी संस्थाओं तथा व्यक्तियों के प्रति आभार प्रकट करती है जिन्होंने रसायन विज्ञान की कक्षा 12 की पाठ्यपुस्तक के विकास में अमूल्य योगदान दिया। परिषद् निम्नलिखित विद्वानों का भी आभार प्रकट करती है जिन्होंने हिंदी पांडुलिपि के पुनरवलोकन, संपादन तथा सुधार में अमूल्य योगदान दिया–

अरुण पारीक, *लेक्चरर*, रसायन विभाग राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; अनिल कुमार शर्मा, *पी.जी.टी. (रसायन)*, केंद्रीय विद्यालय, विकासपुरी, नई दिल्ली; अतुल कुमार शर्मा, *लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, नागौर; आलोक चतुर्वेदी, *वरिष्ठ लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; आर.एल. पितलिया, *उपप्रधानाचार्य*, एम.एल.वी. राजकीय पी.जी. कॉलेज, भीलवाड़ा, राजस्थान; आर.के. उपाध्याय, *वरिष्ठ लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; उपमा सिंह, *पी.जी.टी. (रसायन)*, विवेकानन्द स्कूल, दिल्ली; एस.पी. माथुर, *विभागाध्यक्ष*, विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर; के.के. शर्मा, *उपप्रधानाचार्य* (अवकाशप्राप्त), कॉलेज ऑफ एजुकेशन, राजस्थान सरकार, अजमेर; के.जी. ओझा, *एसोशिएट प्रोफ़ेसर*, विशुद्ध एवं अनुप्रयुक्त रसायन विभाग, म.द.स. विश्वविद्यालय, अजमेर; दिनेश गुप्ता, *विभागाध्यक्ष*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; बिजेन्द्र सिंह, *रीडर*, रसायन विभाग, हंसराज कॉलेज, दिल्ली; समीर व्यास, *अनुसंधान सहायक*, केंद्रीय मृदा एवं सामग्री अनुसंधानशाला, नयी दिल्ली; संजीव कुमार, *रीडर*, रसायन विभाग, देशबंधु कॉलेज (दिल्ली विश्वविद्यालय), नयी दिल्ली; सुरेन्द्र अरोड़ा, *वरिष्ठ लेक्चरर*, रसायन विभाग, राजकीय महाविद्यालय, अजमेर; परिषद्, श्री सतीश चंद्र सक्सेना, *पूर्व उपनिदेशक* शब्दावली आयोग, की भी भाषायी दृष्टि से सहयोग देने के लिए आभारी है। भाषा की दृष्टि से पांडुलिपि में सुधार के लिए अमर सिंह सचान और अवध किशोर सिंह *प्रति संपादक*, का सहयोग भी प्रशंसनीय रहा है।

परिषद्, शैक्षिक तथा प्रशासनिक सहयोग हेतु, *अध्यक्ष*, हुकुम सिंह, *प्रोफ़ेसर*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., की भी आभारी है।

परिषद्, दीपक कपूर, *प्रभारी, कंप्यूटर स्टेशन*, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी तथा उनकी सहयोगी टीम के निम्नलिखित सदस्यों द्वारा सहयोग के लिए आभार प्रकट करती है। नरेन्द्र वर्मा, विजय सिंह, इन्द्र कुमार, सायमा, नरेश कुमार, हरि दर्शन लोधी एवं राकेश वर्मा, सीमा मेहमी तथा सज्जाद हैदर अन्सारी *डी.टी.पी. ऑपरेटर*; ऋतु झा, कुन्दन निशाकर, अर्चना उपाध्याय एवं रणधीर ठाकुर *प्रूफ रीडर*, इन सभी का इस पुस्तक की सज्जा में विशेष सहयोग प्राप्त हुआ।

इस पुस्तक के प्रथम टंकण में सहयोग के लिए परिषद् टी.जे. एंटरप्राइज़ेज़ दरियागंज, दिल्ली, का भी आभार प्रकट करती है।

परिषद्, सहायक कार्यक्रम समन्वयक कार्यालय, डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी. के प्रशासन और प्रकाशन विभाग के सहयोग हेतु हार्दिक आभार ज्ञापित करती है।

© NCERT not to be republished

# विषय-सूची


आमुख *iii*

प्रस्तावना *v*

पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन *ix*

**एकक 6 हैलोऐल्केन तथा हैलोऐरीन 163**

6.1 वर्गीकरण 164

6.2 नामपद्धति 165

6.3 C-X आबंध की प्रकृति 167

6.4 ऐल्किल हैलाइडों के विरचन की विधियाँ 168

6.5 हैलोएरीनों का विरचन 170

6.6 भौतिक गुण 172

6.7 रासायनिक अभिक्रियाएँ 174

6.8 पॉलिहैलोजन यौगिक 191

**एकक 7 ऐल्कोहॉल, फ़ीनॉल एवं ईथर 198**

7.1 वर्गीकरण 199

7.2 नामपद्धति 201

7.3 प्रकार्यात्मक समूहों की संरचनाएँ 204

7.4 ऐल्कोहॉल और फ़ीनॉलों का विरचन 205

7.5 औद्योगिक महत्व के कुछ ऐल्कोहॉल 220

7.6 ईथर 221

**एकक 8 ऐल्डिहाइड, कीटोन एवं कार्बोक्सिलिक अम्ल 233**

8.1 कार्बोनिल यौगिकों का नामकरण एवं संरचना 234

8.2 ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों का विरचन 237

8.3 भौतिक गुणधर्म 241

8.4 रासायनिक अभिक्रियाएँ 242

8.5 ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों के उपयोग 250

8.6 कार्बोक्सिलिक समूह की नामपद्धति व संरचना 250

8.7 कार्बोक्सिलिक अम्ल बनाने की विधियाँ 252

8.8 भौतिक गुण 255


© NCERT not to be republished

8.9 रासायनिक अभिक्रियाएँ 255
8.10 कार्बोक्सिलिक अम्लों के उपयोग 260

**एकक 9 ऐमीन 266**
9.1 ऐमीनों की संरचना 266
9.2 वर्गीकरण 267
9.3 नामपद्धति 267
9.4 ऐमीनों का विरचन 269
9.5 भौतिक गुणधर्म 272
9.6 रासायनिक अभिक्रियाएँ 273
9.7 डाइएजोनियम लवणों के विरचन की विधि 282
9.8 भौतिक गुण 282
9.9 रासायनिक अभिक्रियाएँ 282
9.10 ऐरोमैटिक यौगिकों के संश्लेषण में डाइऐज़ोलवणों का महत्व 284

**एकक 10 जैव-अणु 288**
10.1 कार्बोहाइड्रेट 288
10.2 प्रोटीन 297
10.3 एन्जाइम 302
10.4 विटामिन 302
10.5 न्यूक्लीक अम्ल 304
10.6 हार्मोन 307

**कुछ अभ्यासार्थ प्रश्नों के उत्तर 310**

## प्रथम भाग की विषय-सूची

1 विलयन 1
2 वैद्युतरसायन 31
3 रासायनिक बलगतिकी 63
4 *d*- एवं *f*- ब्लॉक के तत्व 91
5 उपसहसंयोजन यौगिक 120



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

12088CH10

# एकक 6

# हैलोऐल्केन तथा हैलोऐरीन

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप –

- IUPAC प्रणाली की नामपद्धति से हैलोऐल्केनों तथा हैलोऐरीनों की दी गई संरचना का नामकरण कर सकेंगे;
- हैलोऐल्केनों तथा हैलोऐरीनों के विरचन में प्रयुक्त होने वाली अभिक्रियाओं का वर्णन कर सकेंगे तथा इनके द्वारा दी जाने वाली विभिन्न अभिक्रियाओं को समझ सकेंगे;
- विभिन्न प्रकार की अभिक्रियाओं तथा हैलोऐल्केनों एवं हैलोऐरीनों की संरचनाओं को सहसंबंधित कर सकेंगे;
- अभिक्रिया की क्रियाविधि को समझने में त्रिविमरसायन का उपयोग कर सकेंगे;
- कार्बधात्विक यौगिकों के अनुप्रयोगों का महत्व समझ सकेंगे;
- पॉलिहैलोजन यौगिकों के पर्यावरण पर प्रभावों को अतिदीप्त कर सकेंगे।

***हैलोजनयुक्त यौगिक पर्यावरण में लंबे समय तक बने रहते हैं क्योंकि यह मृदा के जीवाणुओं द्वारा भंजन के प्रति प्रतिरोधी होते हैं।***

ऐलिफैटिक अथवा ऐरोमैटिक हाइड्रोकार्बन के हाइड्रोजन परमाणु (अथवा परमाणुओं) का हैलोजन परमाणु (अथवा परमाणुओं) द्वारा प्रतिस्थापन होने से क्रमशः ऐल्किल हैलाइड (हैलोऐल्केन) तथा ऐरिल हैलाइड (हैलोऐरीन) बनते हैं। हैलोऐल्केनों में हैलोजन परमाणु ऐल्किल समूह के $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु (परमाणुओं) से जुड़ा रहता है जबकि हैलोऐरीनों में हैलोजन परमाणु ऐरिल समूह के $sp^2$ संकरित कार्बन परमाणु (परमाणुओं) से जुड़ा रहता है। बहुत से हैलोजनयुक्त कार्बनिक यौगिक प्रकृति में मिलते हैं तथा इनमें से कुछ चिकित्सकीय रूप से उपयोगी होते हैं। इस वर्ग के यौगिकों के उपयोगों का विस्तार उद्योगों में तथा दैनिक जीवन में बहुत बड़ा है। इनका उपयोग अपेक्षाकृत अध्रुवीय यौगिकों के लिए विलायक के रूप में तथा अनेक प्रकार के कार्बनिक यौगिकों के संश्लेषण के लिए प्रारंभिक पदार्थ के रूप में होता है। सूक्ष्मजीवियों द्वारा उत्पादित *क्लोरैम्फेनिकॉल*, जो कि क्लोरीनयुक्त प्रतिजैविक (ऐन्टिबायोटिक) है, आंत्रज्वर (टाइफ़ॉइड) के इलाज में अत्यधिक प्रभावी होती है। हमारे शरीर में आयोडीनयुक्त हार्मोन, *थाइरॉक्सिन* उत्पन्न होता है जिसकी कमी से *गलगंड (घेंघा)* नामक रोग हो जाता है। संश्लेषित हैलोजन यौगिक जैसे, क्लोरोक्वीन का उपयोग मलेरिया के उपचार में होता है। हैलोथेन का उपयोग शल्य चिकित्सा में निश्चेतक के रूप में होता है। कुछ पूर्णतः फ्लुओरीनीकृत यौगिकों को शल्य चिकित्सा में प्रभावी रक्त प्रतिस्थापी के रूप में देखा जा रहा है।

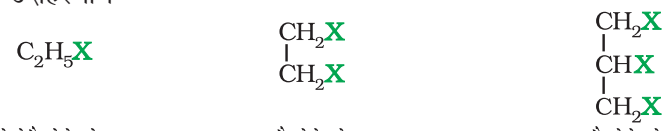
इस एकक में आप कार्बहैलोजन यौगिकों के विरचन की प्रमुख विधियों, भौतिक एवं रासायनिक गुणों तथा उपयोगों का अध्ययन करेंगे।

© NCERT not to be republished

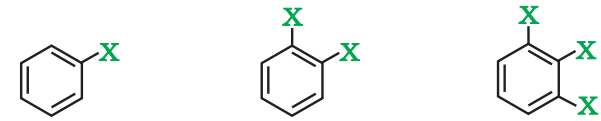
## 6.1 वर्गीकरण

### 6.1.1 हैलोजन परमाणुओं की संख्या के आधार पर

हैलोऐल्केनों तथा हैलोऐरीनों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है– संरचना में उपस्थित एक, दो अथवा अधिक हैलोजन परमाणुओं की संख्या के आधार पर इन्हें मोनो, डाइ अथवा पॉलिहैलोजन (ट्राइ- टेट्रा- आदि) में वर्गीकृत किया जा सकता है। उदाहरणार्थ–



मोनोहैलोऐल्केन  डाइहैलोऐल्केन  ट्राइहैलोऐल्केन



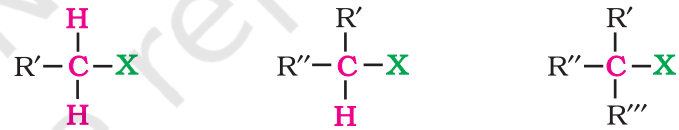
मोनोहैलोऐरीन  डाइहैलोऐरीन  ट्राइहैलोऐरीन

मोनोहैलोयौगिकों को, उस कार्बन परमाणु के संकरण के आधार पर पुनः वर्गीकृत किया जा सकता है जिससे हैलोजन परमाणु आबंधित होता है। जैसा कि नीचे वर्णित किया गया है। इस वर्ग में सम्मिलित हैं—

### 6.1.2 $sp^3$ C–X आबंध युक्त यौगिक (X = F, Cl, Br, I)

**(क) ऐल्किल हैलाइड अथवा हैलोऐल्केन (R–X)**

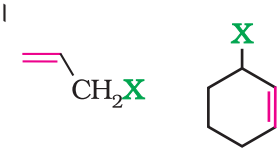
ऐल्किल हैलाइडों में हैलोजन परमाणु ऐल्किल समूह (R) से आबंधित रहता है। ये एक सजातीय श्रेणी बनाते हैं जिसे $C_nH_{2n+1}X$ से प्रदर्शित करते हैं। इन्हें उस कार्बन परमाणु की प्रकृति के आधार पर पुनः प्राथमिक, द्वितीयक अथवा तृतीयक में वर्गीकृत किया गया है। जिससे हैलोजन परमाणु आबंधित होता है। यदि ऐल्किल हैलाइड में हैलोजन प्राथमिक कार्बन से जुड़ा हो तो उसे प्राथमिक ऐल्किल हैलाइड अथवा 1° ऐल्किल हैलाइड कहते हैं। इसी प्रकार से यदि हैलोजन द्वितीयक या तृतीयक कार्बन परमाणु से जुड़ा हो तो उसे क्रमशः द्वितीयक (अथवा 2°) और तृतीयक (अथवा 3°) ऐल्किल हैलाइड कहते हैं।



प्राथमिक (1°)  द्वितीयक (2°)  तृतीयक (3°)

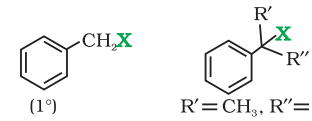
**(ख) ऐलिलिक हैलाइड**

यह वे यौगिक होते हैं जिनमें हैलोजन परमाणु कार्बन–कार्बन द्विक आबंध (C=C) के समीपवर्ती $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु से आबंधित रहता है अर्थात् एक ऐलिलिक कार्बन से आबंधित होता है।



**(ग) बेन्जिलिक हैलाइड**

इस प्रकार के यौगिकों में हैलोजन परमाणु ऐरोमैटिक वलय से जुड़े $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु से आबंधित रहता है।



(1°)  $R' = CH_3$, $R'' = H$ (2°)
$R' = R'' = CH_3$ (3°)



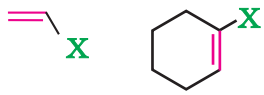
Reprint 2025-26

### 6.1.3 $sp^2$ C–X आबंधयुक्त यौगिक

इस वर्ग में शामिल हैं–

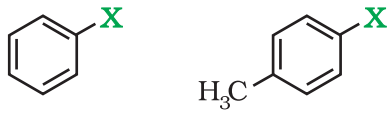
**(क) वाइनिलिक हैलाइड**

इस प्रकार के यौगिकों में हैलोजन परमाणु कार्बन-कार्बन द्विक् आबंध (C = C) के $sp^2$ संकरित कार्बन परमाणु से सीधे जुड़ा रहता है।




**(ख) ऐरिल हैलाइड**

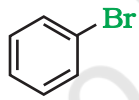
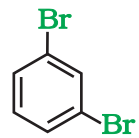
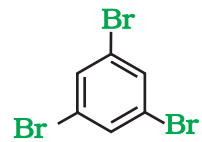
इस प्रकार के यौगिकों में हैलोजन परमाणु एक ऐरोमैटिक वलय के $sp^2$ संकरित कार्बन परमाणु से सीधे जुड़ा रहता है।

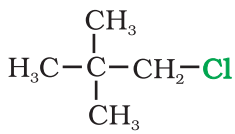
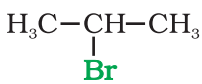



## 6.2 नामपद्धति

हैलोजन यौगिकों का वर्गीकरण सीखने के पश्चात् आइए अब हम सीखें कि इन्हें नाम कैसे दिया जाता है। ऐल्किल हैलाइडों के सामान्य नाम को व्युत्पित करने के लिए ऐल्किल समूह का नाम लिखने के पश्चात हैलाइड का नाम लिखा जाता है। नामकरण की *IUPAC* पद्धति में ऐल्किल हैलाइड का नामकरण हैलोप्रतिस्थापी हाइड्रोकार्बन के रूप में किया जाता हैं। एक हैलोजन वाले बेन्जीन के व्युत्पन्नों के सामान्य और *IUPAC* नाम एक ही होते हैं। डाइहैलोजन व्युत्पन्नों के लिए सामान्य प्रणाली में *o*-, *m*-, तथा *p*- पूर्वलग्न का उपयोग करते हैं। जबकि जैसा आप कक्षा-11 के एकक-8 में जान चुके हैं। *IUPAC* पद्धति में इसके लिए 1, 2; 1, 3 तथा 1, 4 संख्याओं का उपयोग करते हैं।

| | $CH_3CH_2CH_2Br$ | $H_3C-CH(Cl)-CH_3$ | $H_3C-CH(CH_3)-CH_2Cl$ |
|---|---|---|---|
| सामान्य नाम– | n-प्रोपिल ब्रोमाइड | आइसोप्रोपिल क्लोराइड | आइसोब्यूटिल क्लोराइड |
| IUPAC नाम– | 1-ब्रोमोप्रोपेन | 2-क्लोरोप्रोपेन | 1-क्लोरो-2-मेथिलप्रोपेन |

| |  |  |  |
|---|---|---|---|
| सामान्य नाम– | ब्रोमोबेन्जीन | *m*-डाइब्रोमोबेन्जीन | *sym*-ट्राइब्रोमोबेन्जीन |
| IUPAC नाम– | ब्रोमोबेन्जीन | 1, 3-डाइब्रोमोबेन्जीन | 1,3,5-ट्राइब्रोमोबेन्जीन |

| |  |  |
|---|---|---|
| IUPAC नाम– | 1-क्लोरो- 2, 2-डाइमेथिलप्रोपेन | 2-ब्रोमोप्रोपेन |

समान हैलोजन परमाणुयुक्त डाइहैलोऐल्केनों को ऐल्किलिडीन या ऐल्किलीन डाइहैलाइड कहते हैं। यदि समान हैलोजन परमाणुयुक्त डाइहैलो यौगिक में दोनों हैलोजन परमाणु शृंखला के एक ही कार्बन परमाणु पर उपस्थित हों तो इसे जेम डाइहैलाइड



© NCERT not to be republished

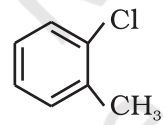
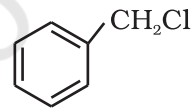
Reprint 2025-26

या जैमिनल डाइहैलाइड कहते हैं। यदि हैलोजन परमाणु शृंखला के दो निकटवर्ती कार्बन परमाणुओं पर उपस्थित हों तो उन्हें विसिनल हैलाइड कहा जाता है। सामान्य नामकरणपद्धति में *जेम*–डाइहैलाइड को ऐल्किलिडीन हैलाइड तथा *विस*–डाइहैलाइड को ऐल्किलीन डाइहैलाइड के रूप में नामित करते हैं। *IUPAC* पद्धति में इन्हें डाइहैलोऐल्केन के रूप में नामित करते हैं।

| | $H_3C-CHCl_2$ | $H_2C(Cl)-CH_2(Cl)$ |
|---|---|---|
| सामान्य नाम– | एथिलिडीन क्लोराइड (*जेम*–डाइहैलाइड) | एथिलीन डाइक्लोराइड (*विस*–डाइहैलाइड) |
| IUPAC नाम– | 1, 1–डाइक्लोरोएथेन | 1, 2–डाइक्लोरोएथेन |

कुछ प्रमुख हैलो यौगिकों के उदाहरण सारणी 6.1 में दिए गए हैं।

**सारणी 6.1– कुछ हैलाइडों के सामान्य एवं IUPAC नाम**

| प्रारूप | सामान्य नाम | IUPAC नाम |
|---|---|---|
| $CH_3CH_2CH(Cl)CH_3$ | *sec*-ब्यूटिल क्लोराइड | 2–क्लोरोब्यूटेन |
| $(CH_3)CCH_2Br$ | *neo*-पेन्टिल ब्रोमाइड | 1–ब्रोमो–2, 2–डाइमेथिल प्रोपेन |
| $(CH_3)_3CBr$ | *tert*-ब्यूटिल ब्रोमाइड | 2–ब्रोमो–2–मेथिल प्रोपेन |
| $CH_2=CHCl$ | वाइनिल क्लोराइड | क्लोरोएथीन |
| $CH_2=CHCH_2Br$ | ऐलिल ब्रोमाइड | 3–ब्रोमोप्रोपीन |
|  | *o*-क्लोरोटॉलूईन | 1–क्लोरो–2–मेथिल बेन्जीन या 2–क्लोरोब्यूटीन |
|  | बेन्जिल क्लोराइड | क्लोरोफ़ेनिल मेथेन |
| $CH_2Cl_2$ | मेथिलीन क्लोराइड | डाइक्लोरोमेथेन |
| $CHCl_3$ | क्लोरोफॉर्म | ट्राइक्लोरोमेथेन |
| $CHBr_3$ | ब्रोमोफॉर्म | ट्राइब्रोमोमेथेन |
| $CCl_4$ | कार्बन टेट्राक्लोराइड | टेट्राक्लोरोमेथेन |
| $CH_3CH_2CH_2F$ | n-प्रोपिल फ्लुओराइड | 1–फ्लुओरोप्रोपेन |

© NCERT not to be republished



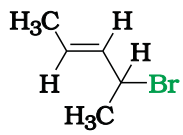
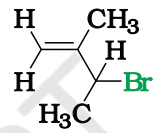
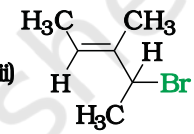
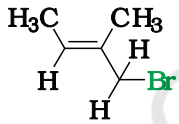
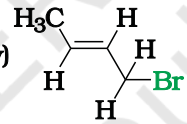
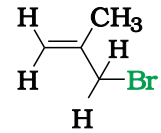
Reprint 2025-26

**उदाहरण 6.1** $C_5H_{11}Br$ अणुसूत्र वाले आठ संरचनात्मक समावयवियों की संरचनाएं बनाइए। *IUPAC* पद्धति के अनुसार सभी समावयवियों के नाम दीजिए तथा उन्हें प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ब्रोमाइडों के रूप में वर्गीकृत कीजिए।

**हल**

| | |
|---|---|
| $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Br$ | 1-ब्रोमोपेन्टेन (1°) |
| $CH_3CH_2CH_2CH(Br)CH_3$ | 2-ब्रोमोपेन्टेन (2°) |
| $CH_3CH_2CH_2(Br)CH_2CH_3$ | 3-ब्रोमोपेन्टेन (2°) |
| $(CH_3)_2CHCH_2CH_2Br$ | 1-ब्रोमो-3-मेथिलब्यूटेन |
| $(CH_3)_2CHCH(Br)CH_3$ | 2-ब्रोमो-3-मेथिलब्यूटेन |
| $(CH_3)_2CBrCH_2CH_3$ | 2-ब्रोमो-2-मेथिलब्यूटेन (3°) |
| $CH_3CH_2CH(CH_3)CH_2Br$ | 1-ब्रोमो-2-मेथिलब्यूटेन (1°) |
| $(CH_3)_3CCH_2Br$ | 1-ब्रोमो-2,2-डाइमेथिलप्रोपेन (1°) |

**उदाहरण 6.2** निम्नलिखित के IUPAC नाम लिखिए–

(i) 
(ii) 
(iii) 
(iv) 
(v) 
(vi) 

**हल**

(i) 4-ब्रोमोपेन्ट-2-ईन
(ii) 3-ब्रोमो-2-मेथिलब्यूट-1-ईन
(iii) 4-ब्रोमो-3-मेथिलपेन्ट-2-ईन
(iv) 1-ब्रोमो-2-मेथिलब्यूट-2-ईन
(v) 1-ब्रोमोब्यूट-2-ईन
(vi) 3-ब्रोमो-2-मेथिल प्रोपीन

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**6.1** निम्नलिखित यौगिकों की संरचनाएं लिखिए—

(i) 2-क्लोरो-3-मेथिलपेन्टेन
(ii) 1-क्लोरो-4-एथिलसाइक्लोहेक्सेन
(iii) 4-*तृतीयक*-ब्यूटिल-3-आयडोहेप्टेन
(iv) 1, 4-डाइब्रोमोब्यूट-2-ईन
(v) 1-ब्रोमो-4-*द्वितीयक*-ब्यूटिल-2-मेथिलबेन्ज़ीन

## 6.3 C-X आबंध की प्रकृति

हैलोजन परमाणु, कार्बन परमाणु की तुलना में अधिक विद्युतऋणात्मक होता है अत: ऐल्किल हैलाइड का कार्बन हैलोजन आबंध ध्रुवित हो जाता है। इससे कार्बन परमाणु पर आंशिक धनावेश तथा हैलोजन परमाणु पर आंशिक ऋणावेश आ जाता है।

$$-\overset{\delta+}{C}-\overset{\delta-}{X}$$

आवर्त सारणी में वर्ग में ऊपर से नीचे की ओर जाने पर हैलोजन परमाणु का आकार बढ़ता जाता है, अत: फ्लुओरीन परमाणु सबसे छोटे आकार का तथा आयोडीन



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

परमाणु सबसे बड़े आकार का होता है। परिणामत: कार्बन-हैलोजन आबंध की लंबाई C—F से C—I तक बढ़ती जाती है। सारणी 6.2 में कुछ विशिष्ट आबंध लंबाइयाँ, आबंध एन्थैल्पी तथा द्विध्रुव आघूर्ण दिए गए हैं।

सारणी 6.2— कार्बन-हैलोजन (C—X) आबंध लंबाई, आबंध एन्थैल्पी तथा द्विध्रुव आघूर्ण

| आबंध | आबंध लंबाई (pm) | C-X आबंध एन्थैल्पी/kJmol$^{-1}$ | द्विध्रुव आघूर्ण/Debye |
|---|---|---|---|
| $CH_3$–F | 139 | 452 | 1.847 |
| $CH_3$–Cl | 178 | 351 | 1.860 |
| $CH_3$–Br | 193 | 293 | 1.830 |
| $CH_3$–I | 214 | 234 | 1.636 |

## 6.4 ऐल्किल हैलाइडों के विरचन की विधियाँ

### 6.4.1 ऐल्कोहॉलों से

ऐल्किल हैलाइड, ऐल्कोहॉल से सर्वोत्तम प्रकार से बनाए जा सकते हैं जो आसानी से प्राप्त की जा सकती हैं। सांद्र हैलोजन अम्लों, फ़ास्फ़ोरस हैलाइड अथवा थायोनिल क्लोराइड के साथ अभिक्रिया से ऐल्कोहॉल का हाइड्रॉक्सिल समूह हैलोजन द्वारा प्रतिस्थापित हो जाता है। इनमें से थायोनिल क्लोराइड को प्राथमिकता दी जाती है क्योंकि इस अभिक्रिया में ऐल्किल हैलाइडों के साथ दो गैसें $SO_2$ तथा HCl बनती हैं। दोनों गैसीय उत्पाद आसानी से निकल सकने वाली गैसें हैं अत: अभिक्रिया में शुद्ध ऐल्किल हैलाइड प्राप्त होता है। प्राथमिक एवं द्वितीयक ऐल्कोहॉल की HCl से अभिक्रिया में $ZnCl_2$ उत्प्रेरक की आवश्यकता होती है। तृतीयक ऐल्कोहॉल की अभिक्रिया कमरे के ताप पर केवल सांद्र HCl के साथ हिलाने पर संपन्न हो जाती है। ऐल्किल ब्रोमाइड के विरचन के लिए इसे HBr (48%) के साथ लगातार उबाला जाता है। 95 प्रतिशत ऑर्थोफ़ास्फ़ोरिक अम्ल में ऐल्कोहॉल को सोडियम अथवा पोटैशियम आयोडाइड के साथ गरम करके R–I की अच्छी लब्धि प्राप्त की जा सकती है। हैलोअम्लों से ऐल्किल हैलाइड की अभिक्रियाशीलता का क्रम 3° > 2° > 1° होता है। फ़ास्फ़ोरस ट्राइब्रोमाइड तथा ट्राइआयोडाइड को सामान्यत: लाल फ़ास्फ़ोरस की क्रमश: ब्रोमीन तथा आयोडीन के साथ अभिक्रिया द्वारा स्वस्थाने यानी अभिक्रिया मिश्रण में ही उत्पन्न किया जाता है।

$$R\text{–}OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} R\text{–}Cl + H_2O$$

$$R\text{–}OH + NaBr + H_2SO_4 \longrightarrow R\text{–}Br + NaHSO_4 + H_2O$$

$$3R\text{–}OH + PX_3 \longrightarrow 3R\text{–}X + H_3PO_3 \quad (X = Cl, Br)$$

$$R\text{–}OH + PCl_5 \longrightarrow R\text{–}Cl + POCl_3 + HCl$$

$$R\text{–}OH \xrightarrow[X_2=Br_2,I_2]{\text{लाल } P/X_2} R\text{–}X$$

$$R\text{–}OH + SOCl_2 \longrightarrow R\text{–}Cl + SO_2 + HCl$$



© NCERT not to be republished

ऐल्किल क्लोराइड का विरचन ऐल्कोहॉल में शुष्क हाइड्रोजन क्लोराइड गैस को प्रवाहित करके अथवा सांद्र जलीय हैलोजन अम्लों के साथ ऐल्कोहॉल के मिश्रण को गरम करके किया जा सकता है। ऐरिल हैलाइड के विरचन के लिए उपरोक्त विधियाँ उपयुक्त नहीं हैं; क्योंकि फ़ीनॉल में कार्बन-ऑक्सीजन आबंध में आंशिक द्विआबंध के गुण होने के कारण यह एकल आबंध से अधिक मज़बूत होता है अत: इसे एकल आबंध की तुलना में तोड़ना कठिन होता है।

### 6.4.2 हाइड्रोकार्बनों से

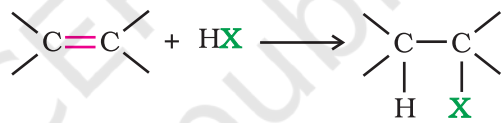
**(i) ऐल्केनों से मुक्त मूलक हैलोजनन द्वारा**

ऐल्केनों के मुक्त मूलक क्लोरीनन अथवा ब्रोमीनन में समावयवी मोनो तथा पॉलिहैलोऐल्केनों का जटिल मिश्रण प्राप्त होता है, जिसे शुद्ध यौगिकों में पृथक् करना कठिन होता है। परिणामत: किसी भी एक यौगिक की लब्धि कम होती है। (एकक-9, कक्षा-11)

$$CH_3CH_2CH_2CH_3 \xrightarrow[\text{या ताप}]{Cl_2/\text{UV प्रकाश}} CH_3CH_2CH_2CH_2Cl + CH_3CH_2CHClCH_3$$

**(ii) ऐल्कीनों से**

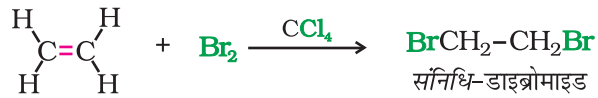
**(क) हाइड्रोजन हैलाइड के संयोजन या योगज द्वारा—** हाइड्रोजन क्लोराइड, हाइड्रोजन ब्रोमाइड अथवा हाइड्रोजन आयोडाइड से अभिक्रिया करने पर ऐल्कीन संगत ऐल्किल हैलाइड में परिवर्तित हो जाती हैं।



प्रोपीन दो प्रकार के उत्पाद देती है परंतु मार्कोनीकॉफ के नियमानुसार एक उत्पाद प्रमुख होता है। (एकक-9, कक्षा-11)

$$CH_3CH = CH_2 + H\text{–}I \longrightarrow \underset{\text{अल्प}}{CH_3CH_2CH_2I} + \underset{\text{मुख्य}}{CH_3CHICH_3}$$

(ख) **हैलोजन के संयोजन द्वारा—** $CCl_4$ में घुली ब्रोमीन को ऐल्कीन में डालने से ब्रोमीन का लाल रंग विलुप्त हो जाता है। यह किसी अणु में द्विआबंध की पहचान करने की एक महत्वपूर्ण प्रयोगशाला विधि है। इस संयोजन के परिणामस्वरूप संनिधि डाइब्रोमाइड (*Vic*-dibromide) का संश्लेषण होता है जो कि रंगहीन होता है। (एकक-9, कक्षा-11)




### 6.4.3 हैलोजन विनिमय द्वारा

ऐल्किल आयोडाइडों का विरचन प्राय: ऐल्किल क्लोराइडों/ब्रोमाइडों की शुष्क ऐसीटोन में NaI के साथ अभिक्रिया से होता है। इस अभिक्रिया को **फिंकेल्स्टाइन** अभिक्रिया कहते हैं।

$$R\text{–}X + NaI \longrightarrow R\text{–}I + NaX$$

X=Cl, Br



Reprint 2025-26

इस प्रकार प्राप्त NaCl तथा NaBr शुष्क ऐसीटोन में अवक्षेपित हो जाते हैं तथा यह *ले-शातैलिए* के नियमानुसार अग्र अभिक्रिया को सुगम बना देता है।

धात्विक फ्लुओराइड जैसे AgF, $Hg_2F_2$, $CoF_2$ अथवा $SbF_3$ की उपस्थिति में ऐल्किल क्लोराइड/ब्रोमाइड को गरम करके उपलब्ध करना, ऐल्किल फ्लुओराइडों के संश्लेषण का सर्वोत्तम तरीका है। इस अभिक्रिया को **स्वार्ट्स** अभिक्रिया कहते हैं।

$$H_3C-\mathbf{Br} + Ag\,\mathbf{F} \longrightarrow H_3C-\mathbf{F} + Ag\,\mathbf{Br}$$

**उदाहरण 6.3** $(CH_3)_2CHCH_2CH_3$ के मुक्त मूलक क्लोरीनन से बनने वाले सभी संभावित मोनोक्लोरो संरचनात्मक समावयवों को पहचानिए।

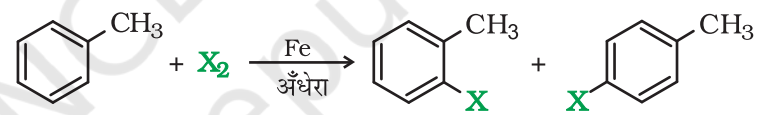
**हल** दिए गए अणु में चार विभिन्न प्रकार के हाइड्रोजन परमाणु हैं। इन हाइड्रोजन परमाणुओं के प्रतिस्थापन से निम्नलिखित चार मोनोक्लोरो व्युत्पन्न प्राप्त होंगे–

$(CH_3)_2CHCH_2CH_2Cl$, $(CH_3)_2CHCH(Cl)\,CH_3$,
$(CH_3)_2C(Cl)CH_2CH_3$, $CH_3CH(CH_2Cl)CH_2CH_3$

## 6.5 हैलोएरीनों का विरचन

**(i) हाइड्रोकार्बनों से इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन द्वारा**

ऐरिल क्लोराइडों तथा ब्रोमाइडों का विरचन, आयरन या आयरन (III) क्लोराइड अथवा किसी अन्य लूईस अम्ल उत्प्रेरक की उपस्थिति में ऐरीनों के क्लोरीन अथवा ब्रोमीन द्वारा इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन द्वारा आसानी से किया जा सकता है।

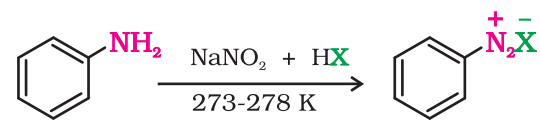



***o***- हैलोटॉलूईन ***p***- हैलोटॉलूईन

*ऑर्थो* तथा *पैरा* समावयवों को, उनके गलनांकों में अत्यधिक अंतर होने के कारण सुगमतापूर्वक पृथक् किया जा सकता है। आयोडीन के साथ अभिक्रिया उत्क्रमणीय होती है तथा इस अभिक्रिया में उत्पन्न HI को ऑक्सीकृत करने के लिए ऑक्सीकरण कर्मक ($HNO_3$, $HIO_3$) की आवश्यकता होती है। फ्लुओरीन की अत्यधिक क्रियाशीलता के कारण इस विधि द्वारा फ्लुओरीन युक्त यौगिकों का विरचन नहीं किया जाता।

**(ii) ऐमीनों से सैन्डमायर-अभिक्रिया द्वारा**

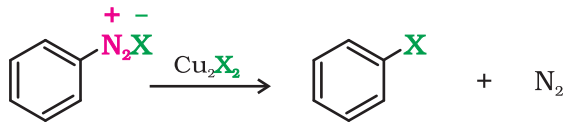
जब ठंडे जलीय खनिज अम्ल में घुली अथवा निलंबित किसी प्राथमिक ऐमीन को सोडियम नाइट्राइट के साथ अभिकृत किया जाता है तो डाइऐज़ोनियम लवण बनते हैं (एकक-9, कक्षा 12)। ताज़ा बने डाइऐज़ोनियम लवण तथा क्यूप्रस क्लोराइड अथवा क्यूप्रस ब्रोमाइड के विलयन को मिलाने पर डाइज़ोनियम समूह – Cl अथवा – Br के द्वारा प्रतिस्थापित हो जाता है।




बेन्जीन डाइऐज़ोनियम हैलाइड

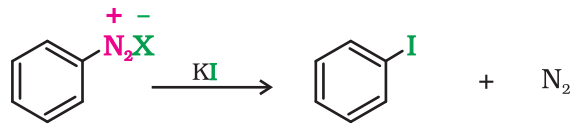


Reprint 2025-26

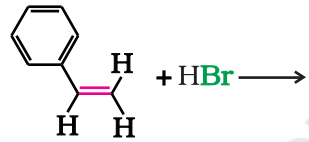



ऐरिल हैलाइड, X = Cl, Br

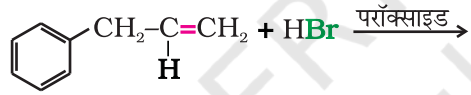
आयोडीन द्वारा डाइऐज़ोनियम समूह के प्रतिस्थापन के लिए क्यूप्रस हैलाइड की उपस्थिति आवश्यक नहीं होती तथा इसे सामान्यत: डाइऐज़ोनियम लवण तथा पोटैशियम आयोडाइड के विलयन को एक साथ हिलाकर किया जाता है।



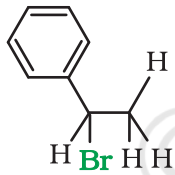

**उदाहरण 6.4** निम्नलिखित अभिक्रियाओं के उत्पाद लिखिए–

(i) 

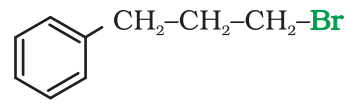

(ii) $CH_3–CH_2–CH=CH_2 + HCl \longrightarrow$

(iii) 


**हल**

(i) 


(ii) $CH_3–CH_2–\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}–CH_3$

(iii) 


## पाठ्यनिहित प्रश्न

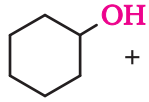
**6.2** ऐल्कोहॉल तथा KI की अभिक्रिया में सल्फ्यूरिक अम्ल का उपयोग क्यों नहीं करते?

**6.3** प्रोपेन के विभिन्न डाइहैलोजन व्युत्पन्नों की संरचना लिखिए।

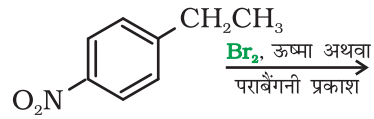
**6.4** $C_5H_{12}$ अणुसूत्र वाले समावयवी ऐल्केनो में से उसको पहचानिए जो प्रकाशरासायनिक क्लोरीनन पर देता है—

(i) केवल एक मोनोक्लोराइड, (ii) तीन समावयवी मोनोक्लोराइड, (iii) चार समावयवी मोनोक्लोराइड।

**6.5** निम्नलिखित प्रत्येक अभिक्रिया के मुख्य मोनोहैलो उत्पाद की सरंचना बनाइए।

(i) 

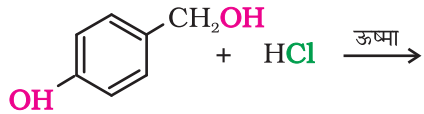
+ $SOCl_2 \longrightarrow$

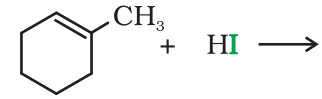
(ii) 


© NCERT not to be republished

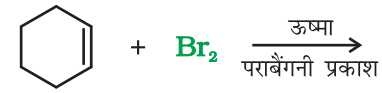


Reprint 2025-26

(iii) 


(iv) 


(v) $CH_3CH_2Br + NaI \longrightarrow$

(vi) 

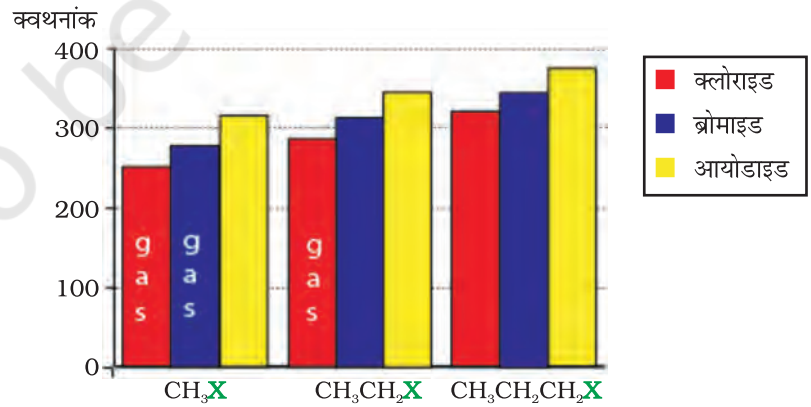

## 6.6 भौतिक गुण

शुद्ध अवस्था में ऐल्किल हैलाइड रंगहीन यौगिक होते हैं परंतु ब्रोमाइड तथा आयोडाइड, प्रकाश के संपर्क में आने पर रंगीन हो जाते हैं। अनेक वाष्पशील हैलोजन युक्त यौगिक सुगंधमय होते हैं।

**गलनांक एवं क्वथनांक**

मेथिल क्लोराइड, मेथिल ब्रोमाइड, एथिल क्लोराइड तथा कुछ क्लोरोफ्लुओरोमेथेन कमरे के ताप पर गैस के रूप में होते हैं जबकि उच्च सदस्य द्रव अथवा ठोस होते हैं। जैसा कि हम जानते हैं, कार्बनिक हैलोजन यौगिकों के अणु सामान्यत: ध्रुवीय होते हैं। उच्च ध्रुवता एवं जनक हाइड्रोकार्बन की तुलना में उच्च आण्विक द्रव्यमान होने के कारण हैलोजन व्युत्पन्नों में प्रबल अंतराआण्विक आकर्षण बल (द्विध्रुव-द्विध्रुव तथा वान्डरवाल्स) होते हैं। यही कारण है कि क्लोराइडों, ब्रोमाइडों तथा आयोडाइडों के क्वथनांक समतुल्य द्रव्यमान वाले हाइड्रोकार्बनों के क्वथनांकों की अपेक्षा महत्वपूर्ण रूप से अधिक होते हैं।

अणुओं का आकार बड़ा होने पर तथा अधिक संख्या में इलेक्ट्रॉन उपस्थित होने पर आकर्षण बल और अधिक प्रबल हो जाते हैं। चित्र 6.1 में विभिन्न हैलाइडों के क्वथनांकों में परिवर्तन का प्रारूप दिया गया है। समान ऐल्किल समूह के लिए ऐल्किल हैलाइडों के क्वथनांकों के घटने का क्रम – RI > RBr > RCl > R–F है। ऐसा हैलोजन परमाणु के आकार तथा द्रव्यमान में वृद्धि होने से वान्डरवाल्स बलों के परिमाण में वृद्धि होने के कारण होता है।




*चित्र 6.1* कुछ ऐल्किल हैलाइडों के क्वथनांकों की तुलना

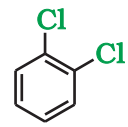
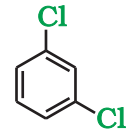
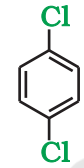
समावयवी हैलोऐल्केनों में शृंखलन बढ़ने के साथ क्वथनांक कम होते जाते हैं। (एकक-9, कक्षा-11) उदाहरणार्थ, निम्नलिखित तीन समावयवियों में से 2-ब्रोमो-2-मेथिलप्रोपेन का क्वथनांक न्यूनतम होता है।



Reprint 2025-26

| | $CH_3CH_2CH_2CH_2Br$ | $CH_3CH_2CH(Br)CH_3$ | $(CH_3)_3CBr$ |
|---|---|---|---|
| क्वथनांक/K | 375 | 364 | 346 |

समावयवी डाइहैलोबेन्जीन के क्वथनांक लगभग समान होते हैं परंतु *पैरा*-समावयवी *आर्थो*-तथा *मेटा*-समावयवियों की अपेक्षा उच्च गलनांकी होते हैं। ऐसा पैरा समावयवियों की सममिति के कारण होता है, जिसके कारण यह *आर्थो* तथा *मेटा* समावयवियों की तुलना में क्रिस्टल जालक में अधिक समायोजित होते हैं।

| |  |  |  |
|---|---|---|---|
| क्वथनांक/K | 453 | 446 | 448 |
| गलनांक/K | 256 | 249 | 323 |

**घनत्व**

हाइड्रोकार्बनों के ब्रोमो, आयडो तथा पॉलिक्लोरो व्युत्पन्न जल की तुलना में भारी होते हैं। कार्बन परमाणुओं की संख्या, हैलोजन परमाणुओं की संख्या तथा हैलोजन परमाणु का द्रव्यमान बढ़ने से घनत्व बढ़ता जाता है (सारणी 6.3)।

**सारणी 6.3— कुछ हैलोएल्केनों का घनत्व**

| यौगिक | घनत्व (g/mL) | यौगिक | घनत्व (g/mL) |
|---|---|---|---|
| $n\text{–}C_3H_7Cl$ | 0.89 | $CH_2Cl_2$ | 1.336 |
| $n\text{–}C_3H_7Br$ | 1.335 | $CHCl_3$ | 1.489 |
| $n\text{-}C_3H_7I$ | 1.747 | $CCl_4$ | 1.595 |

**विलेयता**

*हैलोऐल्केन जल में बहुत अल्प विलेय होते हैं।* हैलोऐल्केन को जल में घोलने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है जिससे कि हैलोऐल्केन के अणुओं के मध्य उपस्थित आकर्षण को तथा जल के अणुओं के मध्य हाइड्रोजन आबंध को तोड़ा जा सके। हैलोऐल्केन तथा जल में अणुओं के मध्य नए आकर्षण बलों के बनने से कम ऊर्जा निर्गमित होती है, क्योंकि ये आकर्षण बल जल में उपस्थित मूल हाइड्रोजन आबंधों जितने प्रबल नहीं होते। परिणामस्वरूप, हैलोऐल्केन की जल में विलेयता बहुत कम होती है, हालाँकि हैलोऐल्केनों की प्रवृत्ति कार्बनिक विलायकों में घुलने की होती है, क्योंकि हैलोऐल्केन तथा विलायक अणु के मध्य बने नए अंतराआण्विक आकर्षण बलों की सामर्थ्य लगभग उतनी ही है जितनी की टूटने वाले अलग-अलग हैलोऐल्केन तथा विलायक अणुओं के मध्य होती है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**6.6** निम्नलिखित यौगिकों को क्वथनांकों के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

(i) ब्रोमोमेथेन, ब्रोमोफॉर्म, क्लोरोमेथेन, डाइब्रोमोमेथेन

(ii) 1-क्लोरोप्रोपेन, आइसोप्रोपिल क्लोराइड, 1-क्लोरोब्यूटेन

## 6.7 रासायनिक अभिक्रियाएँ

### 6.7.1 हैलोऐल्केनों की अभिक्रियाएँ

हैलोऐल्केनों की अभिक्रियाओं को निम्न संवर्गों में बाँटा गया है–

1. नाभिकरागी प्रतिस्थापन 2. निराकरण अभिक्रियाएँ 3. धातुओं के साथ अभिक्रिया

नाभिकरागी इलेक्ट्रॉन धनी स्पीशीज़ होती हैं, अत: वे क्रियाधार के उस भाग पर आक्रमण करती हैं, जहाँ इलेक्ट्रॉनों की अल्पता होती है। वह अभिक्रिया जिसमें एक नाभिकरागी, पहले से उपस्थित नाभिकरागी को प्रतिस्थापित करता है, नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया कहलाती है। इन अभिक्रियाओं में हैलोऐल्केन क्रियाधार होते हैं।

**1. नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाएँ–** इस प्रकार की अभिक्रिया में नाभिकरागी उस हैलोऐल्केन (क्रियाधार) से अभिक्रिया करता है जिसमें हैलोजन परमाणु से आबंधित कार्बन परमाणु पर आंशिक धनावेश होता है, प्रतिस्थापन अभिक्रिया होती है तथा हैलाइड आयन निकल जाता है जिसे अवशिष्ट समूह कहते हैं। चूँकि प्रतिस्थापन अभिक्रिया नाभिकरागी के द्वारा प्रारंभ होती हैं अत: इसे नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया कहते हैं।

यह ऐल्किल हैलाइड की कार्बनिक अभिक्रियाओं का एक प्रमुख उपयोगी संवर्ग है जिसमें हैलोजन परमाणु $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु से आबंधित होता है। हैलोऐल्केनों की कुछ सामान्य नाभिकरागियों द्वारा अभिक्रिया के उपरांत बने उत्पादों को सारणी 6.4 में दिया गया है।

**सारणी 6.4— ऐल्किल हैलाइडों का नाभिकरागी प्रतिस्थापन (R-X)**

$$R-X + Nu^- \rightarrow R-Nu + X^-$$

| अभिकर्मक | नाभिकरागी ($Nu^-$) | प्रतिस्थापन उत्पाद R-Nu | मुख्य उत्पाद का वर्ग |
|---|---|---|---|
| NaOH (KOH) | $HO^-$ | R–OH | ऐल्कोहॉल |
| $H_2O$ | $H_2O$ | R–OH | ऐल्कोहॉल |
| NaOR′ | $R'O^-$ | R–OR' | ईथर |
| NaI | $I^-$ | R–I | ऐल्किल आयोडाइड |
| $NH_3$ | $\ddot{N}H_3$ | $RNH_2$ | प्राथमिक ऐमीन |
| $R'NH_2$ | $R'\ddot{N}H_2$ | R.NHR' | द्वितीयक ऐमीन |
| R'R''NH | $R'R''\ddot{N}H$ | RNR'R'' | तृतीयक ऐमीन |
| KCN | $\bar{C}\equiv N:$ | RCN | नाइट्राइल (सायनाइड) |
| AgCN | $Ag-C\equiv N:$ | RNC (आइसोसायनाइड) | आइसोनाइट्राइल |
| $KNO_2$ | $O=\ddot{N}-\bar{\ddot{O}}$ | R–O–N=O | ऐल्किल नाइट्राइट |
| $AgNO_2$ | $Ag-\ddot{O}-N=O$ | $R-NO_2$ | नाइट्रोऐल्केन |



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

| | | | |
|---|---|---|---|
| R'COOAg | R'COO$^-$ | R'COOR | एस्टर |
| $LiAlH_4$ | $H^-$ | RH | हाइड्रोकार्बन |
| R'$^-$ $M^+$ | R'$^-$ | RR' | ऐल्केन |

सायनाइड तथा नाइट्राइट जैसे समूहों में दो नाभिकरागी केंद्र होते हैं तथा इन्हें *उभदंती नाभिकरागी* कहा जाता है। वास्तव में सायनाइड समूह दो अंशदायी संरचनाओं का संकर होता है। अत: यह दो भिन्न प्रकार से नाभिकरागी के रूप में कार्य कर सकता है। $[^{\ominus}C\equiv N \leftrightarrow :C=N^{\ominus}]$ अर्थात् कार्बन परमाणु से जुड़ने के परिणामस्वरूप ऐल्किल सायनाइड तथा नाइट्रोजन परमाणु से जुड़ने के परिणामस्वरूप आइसोसायनाइड बनाता है। इसी प्रकार से नाइट्राइट आयन भी **उभदंती नाभिकरागी** के दो भिन्न संयोजन केंद्रों वाला $[^{-}O-\ddot{N}=O]$ है। ऑक्सीजन के द्वारा जुड़ने के परिणामस्वरूप ऐल्किल नाइट्राइट तथा नाइट्रोजन के द्वारा जुड़ने के परिणामस्वरूप यह नाइट्रोऐल्केन बनता है।

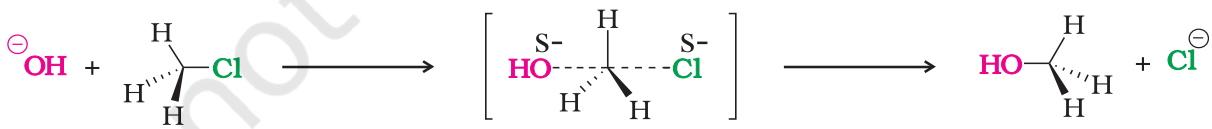
**उदाहरण 6.5** हैलोऐल्केन की KCN से अभिक्रिया करके मुख्य उत्पाद के रूप में ऐल्किल सायनाइड बनाते हैं, जबकि AgCN से अभिक्रिया करने पर आइसोसायनाइड प्रमुख उत्पाद के रूप में प्राप्त होता है। समझाइए।

**हल** KCN प्रमुखत: आयनिक होता है तथा विलयन में सायनाइड आयन देता है। यद्यपि कार्बन तथा नाइट्रोजन दोनों ही परमाणु इलेक्ट्रॉन युगल प्रदान करने की स्थिति में होते हैं परंतु आक्रमण मुख्यत: कार्बन परमाणु के द्वारा होता है न कि नाइट्रोजन परमाणु के द्वारा; क्योंकि C–C आबंध C–N आबंध की तुलना में अधिक स्थायी होता है। तथापि, AgCN मुख्यत: सहसंयोजक प्रकृति का होता है तथा इसका नाइट्रोजन परमाणु इलेक्ट्रॉन युगल प्रदान करने के लिए सक्षम होता है, इसलिए आइसोसायनाइड मुख्य उत्पाद के रूप में बनता है।

**क्रियाविधि**–अभिक्रिया दो भिन्न क्रियाविधियों द्वारा संपन्न होती है जिनका वर्णन नीचे किया गया है–

**(क) द्विअणुक नाभिकरागी (नाभिकस्नेही) प्रतिस्थापन अभिक्रिया ($S_N2$)**

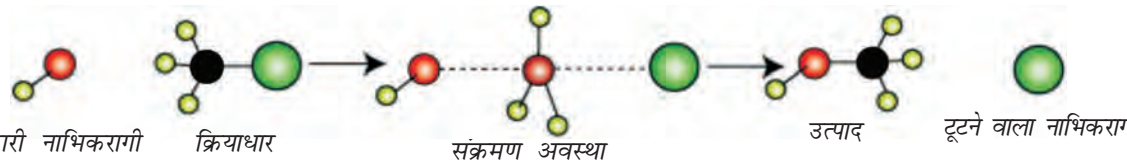
$CH_3Cl$ तथा हाइड्रॉक्साइड आयन की अभिक्रिया, जिसमें मेथेनॉल तथा क्लोराइड आयन बनता है, द्वितीय कोटि बलगतिकी का अनुसरण करती है। अर्थात्, अभिक्रिया का वेग दोनों अभिक्रियकों की सांद्रता पर निर्भर करता है। इस अभिक्रिया को आरेखीय रूप में चित्र 6.2 द्वारा प्रदर्शित किया गया है।




ठोस वेज़, पृष्ठ के ऊपर की ओर आने वाले आबंध को, टूटी हुई लाइन पृष्ठ से पीछे की ओर जाने वाले आबंध को तथा सीधी लाइन पृष्ठ के तल में उपस्थित आबंध को प्रदर्शित करती है।



Reprint 2025-26




*चित्र 6.2– लाल गेंद आक्रमणकारी हाइड्रॉक्साइड आयन को तथा हरी गेंद निकलने वाले हैलाइड आयन को प्रदर्शित करती है।*

*सन् 1937 में एडवर्ड डेवी ह्यूहेस एवं सर क्रिस्टोफर इन्गोल्ड ने $S_N2$ अभिक्रियाओं की क्रियाविधि दी।*

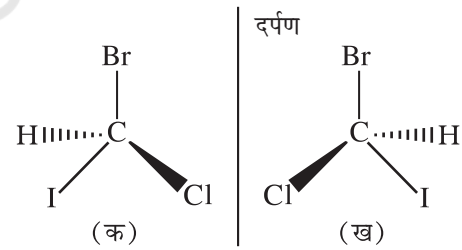
यह द्विअणुक नाभिकरागी प्रतिस्थापन ($S_N2$) को प्रदर्शित करता है। आक्रमणकारी नाभिकरागी की ऐल्किल हैलाइड से अन्योन्यक्रिया होने पर कार्बन–हैलाइड आबंध टूटता है तथा साथ ही कार्बन एवं आक्रमणकारी नाभिकरागी के बीच में एक नया आबंध बनता है। यहाँ पर C तथा O के मध्य C-O बंध बनता है। ये दोनों प्रक्रियाएँ एक साथ एक ही पद में संपन्न होती हैं तथा कोई मध्यवर्ती नहीं बनता। जैसे–जैसे अभिक्रिया प्रगति करती है तथा आने वाले नाभिकरागी एवं कार्बन परमाणु के मध्य आबंध बनना प्रारंभ हो जाता है; कार्बन परमाणु एवं अवशिष्ट समूह के मध्य आबंध दुर्बल होने लगता है। जैसे ही ऐसा होता है, क्रियाधार के कार्बन–हाइड्रोजन बंध, आक्रमणकारी नाभिकरागी से दूर होने लगते हैं। संक्रमण स्थिति में तीनों C-H बंध एक ही तल में हो जाते हैं तथा आक्रमणकारी एवं टूटने वाला नाभिकरागी कार्बन से अंशतः जुड़े रहते हैं। जैसे ही आक्रमणकारी नाभिकरागी कार्बन के समीप पहुँचता है, C-H बंध पहले की दिशा में तब तक अग्रसर होते रहते हैं जब तक टूटने वाला समूह कार्बन से टूटकर अलग नहीं हो जाता परिणामस्वरूप आक्रमण के लिए उपलब्ध कार्बन परमाणु का विन्यास प्रतीप हो जाता है, ठीक उसी प्रकार जिस प्रकार कि तेज हवाओं में छाता अंदर की ओर से बाहर उलट जाता है, इसके साथ ही अवशिष्ट समूह निकल जाता है। इस प्रक्रिया को **विन्यास का प्रतीपन** कहते हैं। संक्रमण अवस्था में कार्बन परमाणु एक ही समय पर आने वाले नाभिकरागी तथा निकलने वाले अवशिष्ट समूह दोनों के साथ जुड़ा रहता है। अतः संक्रमण अवस्था में कार्बन परमाणु एक साथ पाँच परमाणुओं से आबंधित रहता है। इस प्रकार की संरचना अस्थायी होती है तथा इसे यौगिक के रूप में अभिक्रिया मिश्रण से पृथक नहीं किया जा सकता।

*ह्यूहेस ने इन्गोल्ड के निर्देशन में कार्य करके लंदन विश्वविद्यालय से डी.एस.सी. की उपाधि प्राप्त की।*

### विन्यास

त्रिविम में कार्बन से जुड़े क्रियात्मक समूहों की व्यवस्था विन्यास कहलाती है। नीचे दी गई संरचना (क) तथा (ख) को सावधानी पूर्वक देखिए।

यह एक यौगिक की दो संरचनाएँ हैं। इनमें कार्बन से जुड़े क्रियात्मक समूहों की त्रिविम व्यवस्था भिन्न है। संरचना (ख) संरचना (क) की दर्पण प्रतिबिम्ब है। हम कह सकते हैं कि संरचना (ख) में कार्बन का विन्यास संरचना (क) में कार्बन के विन्यास का दर्पण प्रतिबिम्ब है।



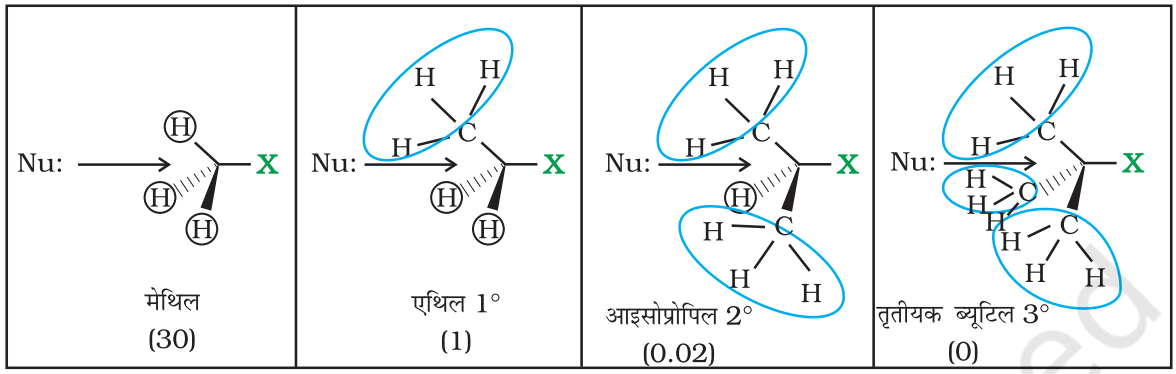

चूँकि इस अभिक्रिया में नाभिकरागी अवशिष्ट समूह युक्त कार्बन परमाणु के निकट आता है, अतः इस कार्बन परमाणु पर अथवा उसके निकट उपस्थित स्थूल समूह प्रभावशाली अवरोध (निरोधक प्रभाव) उत्पन्न करता है। सामान्य ऐल्किल हैलाइडों में



Reprint 2025-26

मेथिल हैलाइड सबसे अधिक शीघ्रता से $S_N2$ अभिक्रिया देता है क्योंकि इसमें केवल तीन छोटे हाइड्रोजन परमाणु होते हैं। तृतीयक ऐल्किल हैलाइड सबसे कम क्रियाशील होते हैं क्योंकि स्थूल समूह आगमनकारी नाभिकरागी के लिए अवरोध उत्पन्न करते हैं (चित्र 6.3)। अत: अभिक्रियाशीलता का क्रम निम्नलिखित होता है–

प्राथमिक हैलाइड > द्वितीयक हैलाइड > तृतीयक हैलाइड




*चित्र 6.3 $S_N2$ अभिक्रिया में त्रिविम प्रभाव, $S_N2$ अभिक्रिया के तुलनात्मक वेग कोष्ठक में दिए हैं।*

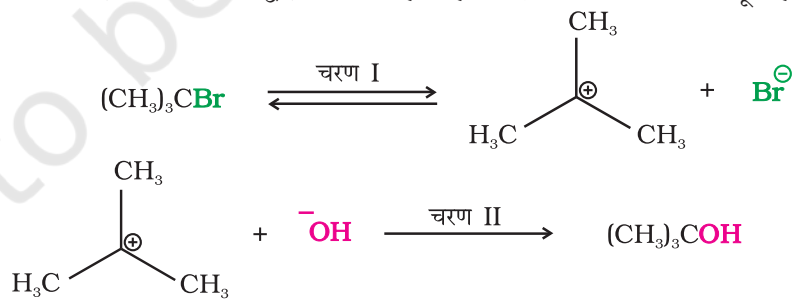
**(ख) एकाण्विक नाभिकरागी प्रतिस्थापन ($S_N1$)**

$S_N1$ अभिक्रियाएं सामान्यत: ध्रुवीय प्रोटिक विलायकों (जैसे जल, ऐल्कोहॉल, ऐसीटिक अम्ल आदि) में संपन्न होती हैं। *तृतीयक*-ब्यूटिल ब्रोमाइड तथा हाइड्रॉक्साइड आयन के मध्य अभिक्रिया *तृतीयक*-ब्यूटिल ऐल्कोहॉल देती है एवं प्रथम कोटि की बलगतिकी का अनुसरण करती है। अर्थात् अभिक्रिया का वेग केवल एक अभिक्रियक की सांद्रता पर निर्भर करता है, जो कि *तृतीयक*-ब्यूटिल ब्रोमाइड है।

$$(CH_3)_3CBr + \bar{O}H \longrightarrow (CH_3)_3COH + \bar{Br}$$

2-ब्रोमो-2-मेथिलप्रोपेन  2-मेथिलप्रोपेन-2-ऑल

यह दो चरणों में संपन्न होती है। प्रथम चरण में ध्रुवीय C-Br आबंध का धीमा विदलन एक कार्बोकैटायन तथा एक ब्रोमाइड आयन बनता है। द्वितीय चरण में इस प्रकार निर्मित कार्बोकैटायन पर नाभिकरागी के द्वारा आक्रमण होता है तथा प्रतिस्थापन अभिक्रिया पूर्ण होती है।




चरण-1 सबसे धीमा तथा उत्क्रमणीय होता है इसमें C–Br आबंध का विदलन होता है जिसके लिए ऊर्जा प्रोटिक विलायकों के प्रोटॉन द्वारा हैलाइड आयन के विलायक योजन से प्राप्त होती है। चूँकि अभिक्रिया की दर सबसे धीमे चरण पर निर्भर करती है, अत: अभिक्रिया का वेग केवल ऐल्किल हैलाइड की सांद्रता पर निर्भर करता है, न कि हाइड्रॉक्साइड आयन की सांद्रता पर। इसके अतिरिक्त कार्बोकैटायन का स्थायित्व जितना अधिक होगा, ऐल्किल हैलाइड से इसका विरचन उतना ही सरल होगा तथा अभिक्रिया का वेग उतना ही अधिक



© NCERT not to be republished

होगा। ऐल्किल हैलाइडों में 3° ऐल्किल हैलाइड, तीव्रता से $S_N1$ अभिक्रिया देते हैं क्योंकि 3° कार्बोकैटायन का स्थायित्व सर्वाधिक होता है। हम $S_N1$ तथा $S_N2$ अभिक्रिया के लिए ऐल्किल हैलाइड की क्रियाशीलता के क्रम को संक्षेप में निम्न प्रकार से दे सकते हैं–

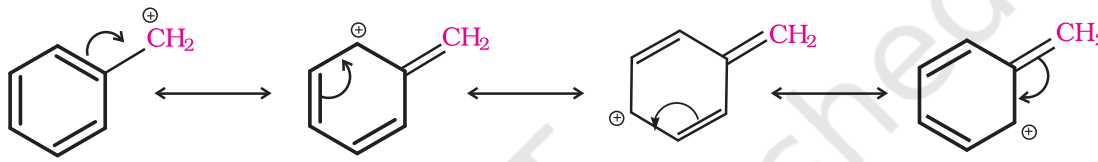
$S_N2$ अभिक्रिया के लिए

तृतीयक हैलाइड; द्वितीयक हैलाइड; प्राथमिक हैलाइड; $CH_3X$

$S_N1$ अभिक्रिया के लिए

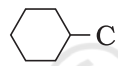
इन्हीं कारणों से ऐलिलिक तथा बेन्ज़िलिक हैलाइड $S_N1$ अभिक्रिया के प्रति अधिक क्रियाशीलता प्रदर्शित करते हैं। इस प्रकार निर्मित कार्बोकैटायन अनुनाद के द्वारा स्थायित्व प्राप्त कर लेता है जैसा कि नीचे दर्शाया गया है–

$$H_2C=CH-CH_2^{\oplus} \longleftrightarrow H_2C^{\oplus}-CH=CH_2$$

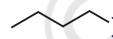


दोनों क्रियाविधियों में दिए हुए ऐल्किल समूह के लिए, हैलाइड R-X की क्रियाशीलता का क्रम इस प्रकार होता है– R–I > R– Br > R–Cl > R–F.

**उदाहरण 6.6** निम्नलिखित हैलोजन यौगिकों के युगलों में कौन सा यौगिक $S_N2$ अभिक्रिया तीव्रता से देगा?

**हल** 

; यह प्राथमिक हैलाइड है अत: $S_N2$ अभिक्रिया तीव्रता से देता है।



; बड़े आकार के कारण आयोडीन बेहतर अवशिष्ट समूह है अत: आने वाले नाभिकरागी की उपस्थिति में द्रुत वेग से निकल जाएगा।

**उदाहरण 6.7** $S_N1$ व $S_N2$ अभिक्रिया में निम्नलिखित यौगिकों की अभिक्रियाशीलता का क्रम अनुमानित कीजिए।

(i) ब्रोमोब्यूटेन के चार समावयवी

(ii) $C_6H_5CH_2Br$, $C_6H_5CH(C_6H_5)Br$, $C_6H_5CH(CH_3)Br$, $C_6H_5C(CH_3)C_6H_5Br$

**हल** (i) $CH_3CH_2CH_2CH_2Br < (CH_3)_2CHCH_2Br < CH_3CH_2CH(Br)CH_3 < (CH_3)_3CBr$ ($S_N1$)

$CH_3CH_2CH_2CH_2Br > (CH_3)_2CHCH_2Br > CH_3CH_2CH(Br)CH_3 > (CH_3)_3CBr$ ($S_N2$)

$(CH_3)_2CH$– समूह के इलेक्ट्रॉन दाता प्रेरणिक प्रभाव के अधिक होने के कारण दो प्राथमिक ब्रोमाइडों में से $(CH_3)_2CHCH_2Br$ से निर्मित मध्यवर्ती कार्बोकैटायन, $CH_3CH_2CH_2CH_2Br$ से बने कार्बोकैटायन की अपेक्षा अधिक स्थायी होगा। अत: $S_N1$ अभिक्रिया में $CH_3CH_2CH_2CH_2Br$ की अपेक्षा $(CH_3)_2CHCH_2Br$ अधिक क्रियाशील होता है। $CH_3CH_2CH(Br)CH_3$ एक द्वितीयक ब्रोमाइड है। जबकि $(CH_3)_3CBr$ तृतीयक ब्रोमाइड



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

है, अतः $S_N1$ अभिक्रिया के लिए अभिक्रियाशीलता का क्रम उपरोक्त होता है। $S_N2$ अभिक्रिया में उपर्युक्त अभिक्रियाशीलता का क्रम विपरीत हो जाता है, क्योंकि इलेक्ट्रॉन रागी कार्बन पर त्रिविम बाधा इसी क्रम में बढ़ती है।

(ii) $C_6H_5C(CH_3)(C_6H_5)Br > C_6H_5CH(C_6H_5)Br > C_6H_5CH(CH_3)Br > C_6H_5CH_2Br$ ($S_N1$)

$C_6H_5C(CH_3)(C_6H_5)Br < C_6H_5CH(C_6H_5)Br < C_6H_5CH(CH_3)Br < C_6H_5CH_2Br$ ($S_N2$)

दोनों द्वितीयक ब्रोमाइडों में से, $C_6H_5CH(C_6H_5)Br$ से प्राप्त कार्बोकैटायन माध्यमिक, $C_6H_5CH(CH_3)Br$ से प्राप्त होने वाले माध्यमिक की अपेक्षा अधिक स्थायी होता है, क्योंकि यह दो फ़ेनिल समूहों द्वारा अनुनाद के कारण स्थायित्व प्राप्त कर लेता है। इसलिए, पहला ब्रोमाइड दूसरे की अपेक्षा $S_N1$ अभिक्रियाओं में अधिक क्रियाशील होता है। फ़ेनिल समूह मेथिल समूह से अधिक स्थूल होता है, इसलिए $S_N2$ अभिक्रियाओं में $C_6H_5CH(C_6H_5)Br$, $C_6H_5CH(CH_3)Br$ की अपेक्षा कम क्रियाशील होता है।

**(ग) नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं के त्रिविम रासायनिक पहलू**

नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं के त्रिविम रासायनिक पहलू को समझने के लिए हमें कुछ मूलभूत त्रिविम-रासायनिक सिद्धांतों तथा प्रतीकों (**ध्रुवण घूर्णकता, काइरलता, धारण, प्रतिलोमन तथा रेसिमीकरण** आदि) को सीखना होगा।

*विलियम निकॉल (1768-1851) ने समतल ध्रुवित प्रकाश उत्पन्न करने वाला पहला प्रिज़्म बनाया।*

**(i) ध्रुवण घूर्णकता**–कुछ यौगिकों के विलयन में से समतल ध्रुवित प्रकाश गुज़ारे जाने पर (जो कि सामान्य प्रकाश को निकॉल प्रिज़्म से गुज़ारने पर प्राप्त होता है) यह इस प्रकाश के तल को घूर्णित कर देते हैं। इस प्रकार के यौगिकों को ध्रुवण घूर्णक यौगिक कहते हैं। उस कोण को जिस पर ध्रुवित प्रकाश का तल घूर्णित हो जाता है, ध्रुवणमापी नामक उपकरण के द्वारा मापा जा सकता है। यदि यौगिक समतल ध्रुवित प्रकाश के तल को दाईं ओर घुमा देता है अर्थात् घड़ी की सुई की दिशा में घुमा देता है तो उसे दक्षिण ध्रुवण घूर्णक (ग्रीक में दाहिनी ओर घूर्णन) अथवा *d* रूप कहते हैं तथा इसे घूर्णन कोण से पूर्व धनात्मक (+) चिह्न द्वारा प्रदर्शित करते हैं। यदि प्रकाश का तल बाईं ओर घूर्णित होता है, अर्थात् घड़ी की सूई के विपरीत दिशा में, तो यौगिक को वाम ध्रुवण धूर्णक अथवा *l* रूप कहते हैं तथा घूर्णन कोण से पूर्व ऋणात्मक (–) चिह्न लगाते हैं। इस प्रकार के (+) तथा (–) समावयवियों को **ध्रुवण समावयवी** कहते हैं तथा इस परिघटना को **ध्रुवण समावयवता** कहते हैं।

*जैकब्स हैन्ड्रिक्स वान्ट हॉफ (1852-1911) ने 1901 में विलयनों पर अपने कार्य के लिए रसायन का प्रथम नोबेल पुरस्कार प्राप्त किया।*

**(ii) आण्विक असममितता, काइरलता एवं प्रतिबिंब रूप**–*लुइस पाश्चर* (1848) के इस प्रेक्षण ने आधुनिक त्रिविम रसायन की आधारशिला रखी कि कुछ यौगिकों के क्रिस्टल, दर्पण प्रतिबिंब रूपों में पाए जाते हैं। उन्होंने प्रदर्शित किया कि दोनों प्रकार के क्रिस्टलों के समान सांद्रता वाले जलीय विलयन, समान परिमाण, किंतु विपरीत दिशा में ध्रुवण घूर्णन प्रदर्शित करते हैं। उनको विश्वास था कि दोनों प्रकार के क्रिस्टलों के ध्रूवण घूर्णन में अंतर इनके अणुओं में परमाणुओं की तीनों विमाओं में भिन्न व्यवस्था (**विन्यास**) से संबंधित होता है। डच वैज्ञानिक *जे. वान्ट हॉफ* तथा फ्रांसिसी वैज्ञानिक *ले बेल* ने उसी वर्ष (1874), में स्वतंत्र रूप से कार्य करते हुए तर्क दिया कि केंद्रीय कार्बन परमाणु के चारों ओर, समूहों (संयोजकताओं) की त्रिविम व्यवस्था चतुष्फलकीय होती है और यदि कार्बन परमाणु से जुड़े सभी प्रतिस्थापी भिन्न हों तो अणु का दर्पण प्रतिबिंब अणु पर अध्यारोपित नहीं होता। ऐसे कार्बन परमाणु को **असममित कार्बन** परमाणु अथवा **त्रिविमकेंद्र** कहते हैं। परिणामी अणु की सममितता भंग हो जाती है तथा इसे असममित अणु कहते हैं। अणु की **असममितता** तथा दर्पण



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**काइरलता**

वह वस्तु जो अपने दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित नहीं हो सकती, काइरल कहलाती है।

काइरल वस्तुएं, अनअध्यारोपित दर्पण प्रतिबिंब

एकाइरल वस्तुएं, अध्यारोपित दर्पण प्रतिबिंब

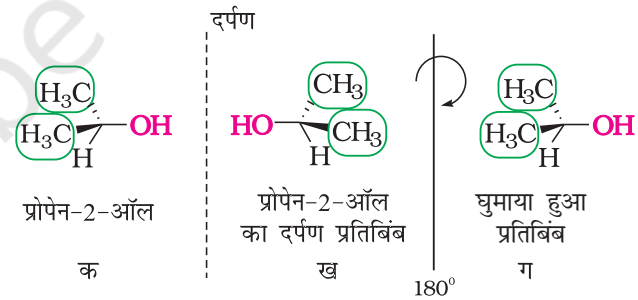
*चित्र 6.4– कुछ काइरल एवं अकाइरल वस्तुओं के उदाहरण*

प्रतिबिंब का अणु पर अध्यारोपित न होना इस प्रकार के कार्बनिक यौगिकों में ध्रुवण घूर्णन के लिए उत्तरदायी होती है।

सममितता तथा असममितता हमारे दैनिक जीवन में काम आने वाली वस्तुओं में भी देखने को मिलती है। गोले, घन, शंकु, ग्लोब आदि सभी के दर्पण प्रतिबिंब उनके समान होते हैं तथा ये दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित किए जा सकते हैं। तथापि बहुत सी वस्तुएं अपने दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित नहीं होतीं। उदाहरणार्थ, आपका बायाँ तथा दायाँ हाथ समान दिखाई देता है; लेकिन यदि आप अपने बाएं हाथ को दाहिने हाथ पर उसी समतल में ले जाते हुए रखें तो दोनों एक दूसरे को ठीक-ठीक नहीं ढकते। वे वस्तुएं जो अपने दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित नहीं होतीं (दोनों हाथों के समान) **काइरल** कहलाती हैं तथा इस गुण को **काइरलता** कहते हैं काइरल अणु ध्रुवण घूर्णक होते हैं तथा वे वस्तुएं जो कि अपने दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित हो जाती हैं, उन्हें **एकाइरल** कहते हैं।

उपरोक्त आण्विक काइरलता के इस परीक्षण को कार्बनिक अणुओं तथा उनके दर्पण प्रतिबिंब के मॉडल बनाकर अथवा त्रिविमीय संरचना का आरेख बनाकर एवं उसे कल्पना में प्रतिबिंब पर अध्यारोपित करके किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त अन्य कई सहायक हैं जो हमें काइरल अणु की पहचान करने में मदद करते हैं। इनमें से एक सहायक असममित कार्बन परमाणु की उपस्थिति है। आइए, हम दो साधारण अणुओं, प्रोपेन-2-ऑल (चित्र 6.5) एवं ब्यूटेन-2-ऑल (चित्र 6.6) तथा उनके दर्पण प्रतिबिंब रूपों पर विचार करें।

जैसा कि आप स्पष्टत: देख सकते हैं कि प्रोपेन-2-ऑल में असममित कार्बन परमाणु नहीं है, क्योंकि चतुष्फलकीय कार्बन परमाणु से जुड़े चारों समूह असमान नहीं हैं, हम दर्पण प्रतिबिंब (ख) को 180° पर घुमाते हैं तथा प्राप्त संरचना (ग) को संरचना (क) पर अध्यारोपित करने का प्रयत्न करते हैं। यह संरचनाएँ पूर्णत: अध्यारोपित हो जाती हैं। अत: प्रोपेन-2-ऑल एक **एकाइरल** अणु है।

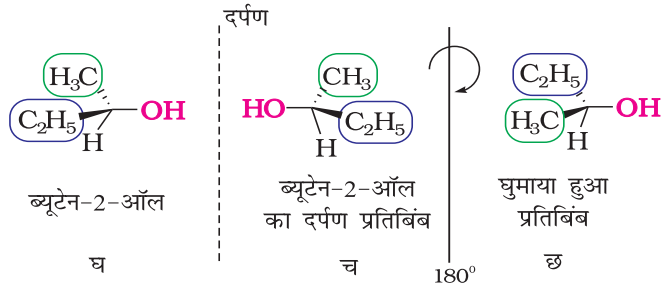



*चित्र 6.5– 'क' के प्रतिबिंब रूप 'ख' को 180° घुमाने पर 'ग' प्राप्त होता है 'ग' को 'क' पर अध्यारोपित कर सकते हैं।*

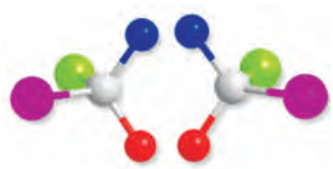
ब्यूटेन-2-ऑल में चतुष्फलकीय कार्बन परमाणु से जुड़े चारों समूह भिन्न हैं। अत: अपेक्षा अनुसार यह **काइरल** है। काइरल अणु के सामान्य उदाहरण जैसे कि; 2-कलोरोब्यूटेन, 2, 3-डाइहाइड्रॉक्सी प्रोपेनैल (OHC-CHOH-$CH_2$OH); ब्रोमोक्लोरोआयडोमेथेन (BrClHI); 2-ब्रोमोप्रोपेनॉइक अम्ल ($H_3$C-CHBr-COOH) आदि हैं।



Reprint 2025-26




चित्र 6.6– *'घ' के प्रतिबिंब रूप 'च' को 180° घुमाने पर 'छ' प्राप्त होता है 'छ' को 'घ' पर अध्यारोपित नहीं कर सकते।*



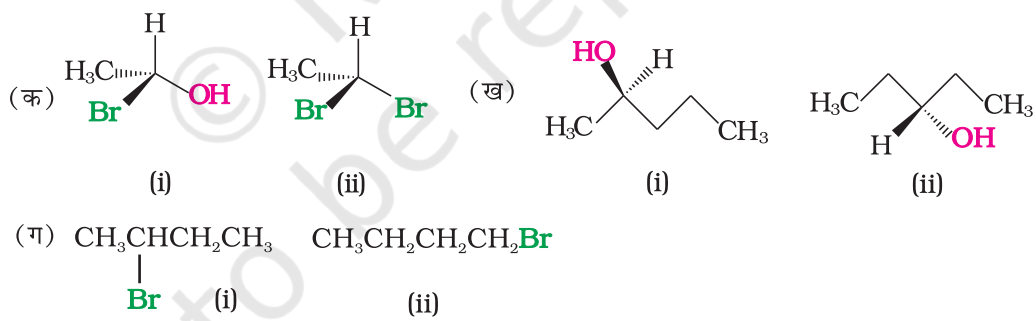
*चित्र 6.7– एक काइरल अणु एवं उसका दर्पण प्रतिबिंब*

जिन त्रिविम समावयवियों का संबंध परस्पर अध्यारोपित न हो सकने वाले दर्पण प्रतिबिंबों की तरह होता है, उन्हें **प्रतिबिंब रूप** (एनेनटियोमर) कहते हैं (चित्र 6.7)। चित्र 6.6 में 'घ' एवं 'च' प्रतिबिंब रूप हैं।

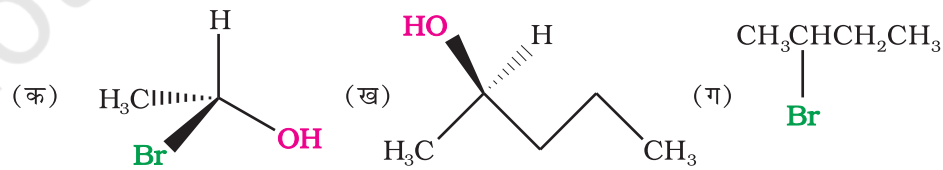
प्रतिबिंब रूपों के भौतिक गुण जैसे गलनांक, क्वथनांक, अपवर्तनांक आदि समान होते हैं। इनमें अंतर केवल समतल ध्रुवित प्रकाश को घूर्णित करने में होता है। यदि एक *प्रतिबिंब रूप दक्षिण ध्रुवण घूर्णक* हो तो दूसरा *वाम ध्रुवण घूर्णक* होगा।

> ध्रुवण घूर्णन के चिह्न का अणु के निरपेक्ष (वास्तविक) विन्यास से कोई संबंध नहीं होता।

**उदाहरण 6.8** निम्नलिखित यौगिकों के युगलों में से काइरल व एकाइरल यौगिकों को पहचानिए।




**हल**



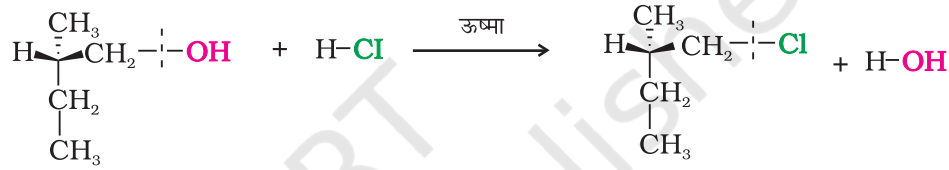

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

दो प्रतिबिंब रूपों के समान अनुपात में मिश्रण का ध्रुवण घूर्णन शून्य होगा, क्योंकि एक समावयवी के द्वारा उत्पन्न घूर्णन को दूसरा समावयवी निरस्त कर देगा। इस प्रकार के मिश्रण को **रेसिमिक मिश्रण** अथवा **रेसिमिक अंशातरण** कहते हैं। एक रेसिमिक मिश्रण को उसके नाम से पूर्व *dl* अथवा (±) पूर्वलग्न लगाकर प्रदर्शित करते हैं। उदाहरणार्थ, (±) ब्यूटेन-2-ऑल। प्रतिबिंब रूप के रेसिमिक मिश्रण में परिवर्तित होने के प्रक्रम को, **रेसिमीकरण** कहते हैं।

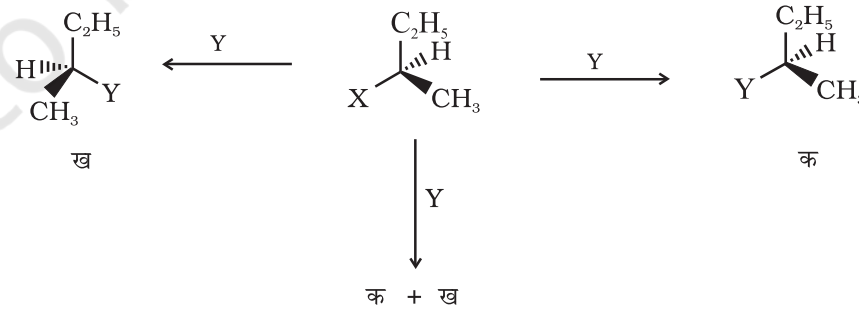
**(iii) धारण (Retention)**— रासायनिक अभिक्रिया अथवा रूपांतरण के समय एक असममित केंद्र के आबंधों के त्रिविम विन्यास की अखंडता बने रहने को विन्यास का धारण कहते हैं। सामान्यत: किसी अभिक्रिया के दौरान यदि त्रिविम केंद्र से आबंधित कोई बंध नहीं टूटता तो उत्पाद में त्रिविम केंद्र के चारों ओर समूहों का वही सामान्य विन्यास होगा जैसा कि अभिक्रियक में था। ऐसी अभिक्रिया विन्यास के धारण के साथ संपन्न होती है। उदाहरण के लिए उस अभिक्रिया पर विचार करें जिसमें (–)-2-मेथिलब्यूटेन-1-ऑल को सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की उपस्थिति में गरम किया जाता है।




(–)-2-मेथिलब्यूटेन-1-ऑल (+)-1-क्लोरो-2-मेथिलब्यूटेन

यह ध्यान देना महत्वपूर्ण है कि अभिक्रियक एवं उत्पाद में असममित केंद्र समान हैं। किंतु उत्पाद में ध्रुवण घूर्णक का चिन्ह बदल गया है, क्योंकि दो भिन्न यौगिकों का विन्यास असममित केंद्र पर एक समान होने पर भी ध्रुवण घूर्णन भिन्न हो सकता है। एक दक्षिण ध्रुवण घूर्णक (+चिह्न) जबकि दूसरा बाम ध्रुवण घूर्णक (–चिह्न) हो सकता है।

**(iv) प्रतिलोमन, धारण तथा रेसिमीकरण–** जब असममित कार्बन से जुड़ा कोई बंध टूटता है तो असममित कार्बन परमाणु पर किसी अभिक्रिया के तीन प्रकार के परिणाम होते हैं। निम्नलिखित अभिक्रिया में Y के द्वारा X समूह के प्रतिस्थापन पर विचार कीजिए—




यदि केवल यौगिक 'क' प्राप्त होता है तो इसे विन्यास का धारण कहते हैं। नोट करें कि (क) में विन्यास सुरक्षित रहता है।

यदि केवल यौगिक 'ख' प्राप्त होता है तो इसे विन्यास का प्रतिलोमन कहते हैं। (ख) में विन्यास का प्रतिलोमन हो गया है।



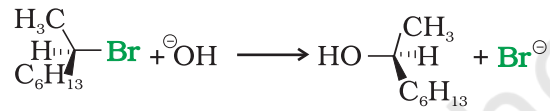
© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

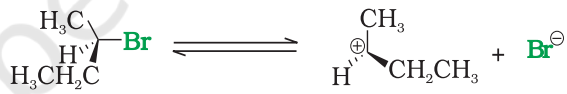
यदि दोनों यौगिकों 'क' तथा 'ख' का मिश्रण 50 : 50 अनुपात में प्राप्त होता है तो इस प्रक्रिया को रेसिमीकरण कहते हैं तथा उत्पाद ध्रुवण घूर्णक नहीं होगा, क्योंकि एक समावयवी समतल ध्रुवित प्रकाश को दूसरे से विपरीत दिशा में घूर्णित करेगा।

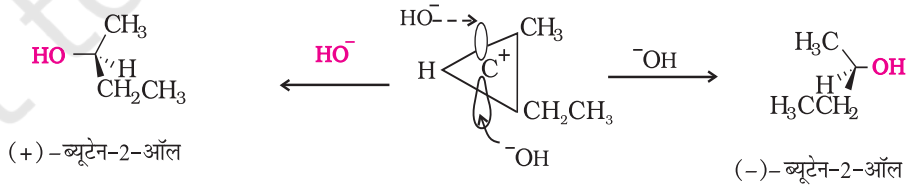
**आइए अब हम $S_N1$ व $S_N2$ क्रियाविधियों का ध्रुवण घूर्णक ऐल्किल हैलाइड लेकर पुनरवलोकन करें।**

ध्रुवण घूर्णक ऐल्किल हैलाइडों में $S_N2$ क्रियाविधि द्वारा प्राप्त उत्पाद का विन्यास अभिक्रियक की तुलना में प्रतिलोम होगा। ऐसा इसलिए होगा क्योंकि नाभिकरागी, जिस दिशा में हैलोजन परमाणु जुड़ा है उसके विपरीत दिशा में जुड़ता है। जब (–)-2-ब्रोमोऑक्टेन की अभिक्रिया सोडियम हाइड्रॉक्साइड से कराते हैं तो (+)-ऑक्टेन-2-ऑल बनता है जिसमें –OH समूह ब्रोमाइड के विपरीत स्थिति पर स्थान ग्रहण करता है।



अत: ध्रुवण घूर्णक हैलाइडों में $S_N2$ अभिक्रिया विन्यास के प्रतिलोमन के साथ संपन्न होती है। ध्रुवण घूर्णक ऐल्किल हैलाइडों के लिए $S_N1$ अभिक्रिया रेसिमीकरण के साथ संपन्न होती है। क्या आप सोच सकते हैं कि ऐसा क्यों होता है? वास्तव में धीमे चरण में बना कार्बोकैटायन $sp^2$ संकरित होने के कारण समतलीय हो जाता है (एकाइरल)। नाभिकरागी समतल कार्बोकैटायन पर समतल के ऊपर अथवा नीचे दोनों दिशाओं से आक्रमण कर सकता है। फलस्वरूप उत्पाद में ऐसा मिश्रण प्राप्त होता है जिसमें एक उत्पाद में विन्यास संरक्षित रहता है। (-OH उसी स्थिति पर जुड़ता है जहाँ हैलाइड आयन था) तथा दूसरे में विन्यास (-OH, हैलाइड आयन के विपरीत दिशा में जुड़ता है) विपरीत होता है। इसे ध्रुवण घूर्णक-2-ब्रोमोब्यूटेन के जल अपघटन द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है जिससे (±)-ब्यूटेन-2-ऑल का विरचन होता है।






## 2. विलोपन अभिक्रिया

जब β–हाइड्रोजन परमाणु युक्त हैलोऐल्केन को पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड के ऐल्कोहॉली विलयन के साथ गरम किया जाता है तो β–कार्बन से हाइड्रोजन परमाणु तथा α–कार्बन से हैलोजन परमाणु का विलोपन होता है। इसके परिणामस्वरूप एक ऐल्कीन

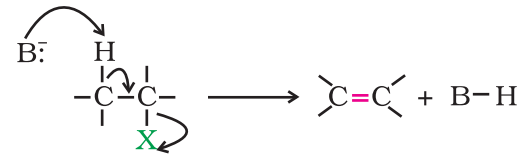


© NCERT not to be republished

उत्पाद के रूप में प्राप्त होती है। चूँकि विलोपन अभिक्रिया में β–हाइड्रोजन परमाणु सम्मिलित होता है। अतः इसे सामान्यतया β–**विलोपन** भी कहते हैं।

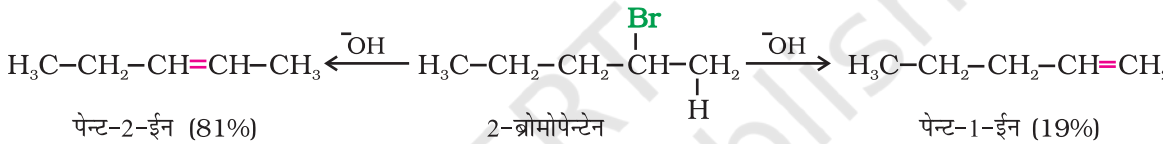
**किसी अणु में α तथा β कार्बन का स्थान**

कार्बन जिससे हैलोजन परमाणु सीधा जुड़ा रहता है, उसे α कार्बन कहते हैं। इससे जुड़े अगले कार्बन को β–कार्बन तथा β–कार्बन से जुड़े कार्बन को α–कार्बन कहते हैं।

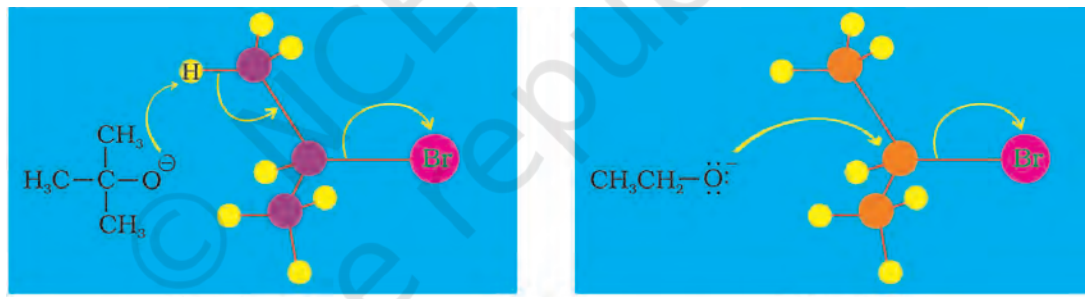


B = क्षार ; X = अवशिष्ट समूह

यदि एक से अधिक β–हाइड्रोजन परमाणु उपलब्ध होने के कारण एक से अधिक प्रकार की एल्कीन बनने की संभावना हो तो सामान्यतः एक ऐल्कीन मुख्य उत्पाद के रूप में बनती है। इस प्रकार के प्रारूप को सर्वप्रथम रूसी रसायनज्ञ *ऐलेक्जेण्डर जेटसेफ* (जिन्हें सेत्जेफ भी उच्चारित किया जाता है) ने प्रेक्षित किया। इन्होंने 1875 में एक नियम प्रतिपादित किया जिसे निम्नलिखित प्रकार से संक्षेपित किया जा सकता है ***"विहाइड्रोजनन के फलस्वरूप वह ऐल्कीन मुख्य रूप से निर्मित होती है जिसमें द्विक्आबंधी कार्बन परमाणुओं पर ऐल्किल समूहों की संख्या अधिक होती है।"*** अतः 2–ब्रोमोपेन्टेन मुख्य उत्पाद के रूप में पेन्ट–2–ईन देता है।



पेन्ट–2–ईन (81%) 2–ब्रोमोपेन्टेन पेन्ट–1–ईन (19%)



विलोपन बनाम प्रतिस्थापन

**विलोपन बनाम प्रतिस्थापन**

एक रासायनिक अभिक्रिया प्रतिस्पर्धा का परिणाम होती हैं जिसमें सबसे तेज़ धावक दौड़ जीतता है। अणुओं का एक समूह अधिकांशतः वह करने का प्रयास करता है जो कि उसके लिए सरल होता है। जब β– हाइड्रोजन परमाणु युक्त एक ऐल्किल हैलाइड किसी क्षार अथवा नाभिकरागी के साथ अभिक्रिया करता है तो दो प्रतिस्पर्धात्मक पथ उपलब्ध होते हैं– प्रतिस्थापन ($S_N1$ तथा $S_N2$) तथा विलोपन। किस पथ का चयन होगा, यह ऐल्किल हैलाइड की प्रकृति, क्षार, नाभिकरागी का आकार एवं सामर्थ्य तथा अभिक्रिया की परिस्थितियों पर निर्भर करता है। अतः एक बड़ा नाभिकरागी क्षार के समान व्यवहार को प्राथमिकता देता है तथा चतुष्फलकीय कार्बन परमाणु के निकट जाने के स्थान पर एक प्रोटॉन का आहरण करता है (त्रिविम कारण)। इसी प्रकार से प्राथमिक ऐल्किल हैलाइड $S_N2$ अभिक्रिया को प्राथमिकता देगा, द्वितीयक ऐल्किल हैलाइड की प्राथमिकता $S_N2$ की होगी अथवा विलोपन की; यह क्षार अथवा नाभिकरागी की सामर्थ्य पर निर्भर करता है तथा तृतीयक ऐल्किल हैलाइड $S_N1$ को प्राथमिकता देगा अथवा विलोपन को यह कार्बोकैटायन के स्थायित्व अथवा ऐल्कीन के अधिक प्रतिस्थापन पर निर्भर करेगा।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

### 3. धातुओं से अभिक्रिया

अधिकांश कार्बनिक क्लोराइड, ब्रोमाइड तथा आयोडाइड कुछ धातुओं के साथ अभिक्रिया करके कार्बन-धातु आबंधयुक्त यौगिक देते हैं। इस प्रकार के यौगिकों को **कार्बधात्विक यौगिक** कहते हैं। ऐल्किल मैग्नीशियम हैलाइड RMgX कार्ब-धात्विक यौगिकों का एक मुख्य वर्ग है। जिनकी खोज *विक्टर ग्रीन्यार* ने 1900 में की थी। इन्हें **ग्रीन्यार अभिक्रियक** कहा जाता है। ये अभिक्रियक हैलोऐल्केन की शुष्क ईथर की उपस्थिति में मैग्नीशियम धातु से अभिक्रिया द्वारा प्राप्त किए जाते हैं।

$$CH_3CH_2\mathbf{Br} + Mg \xrightarrow{\text{शुष्क ईथर}} \underset{\text{ग्रीन्यार अभिक्रियक}}{CH_3CH_2Mg\mathbf{Br}}$$

*विक्टर ग्रीन्यार की रसायनज्ञ के रूप में शैक्षणिक शुरुआत विचित्र थी। उन्होंने गणित में डिग्री प्राप्त की; किंतु वे अंततोगत्वा रसायन शास्त्र की ओर अग्रसर हुए। यह भौतिक रसायन का गणित कार्य क्षेत्र नहीं था; अपितु कार्बनिक रसायन का था। मेथिलन के लिए एक उत्कृष्ट उत्प्रेरक की खोज करते हुए उन्होंने देखा कि डाइएथिल ईथर में जिंक, इस कार्य के लिए प्रयोग में लिया जाता है। उन्होंने जानना चाहा कि क्या इसके स्थान पर मैग्नीशियम/ईथर संयोग भी सफल हो सकता है? ग्रीन्यार अभिक्रियक सर्वप्रथम 1900 में प्रस्तुत किए गए। ग्रिन्यार ने इस कार्य का उपयोग 1901 में अपनी पीएच.डी. उपाधि के लिए किया। 1910 में ग्रीन्यार नेंसी विश्वविद्यालय में प्रोफ़ेसर पद पर नियुक्त हुए। वर्ष 1912 में उन्होंने पॉल साबात्ये (Paul Sabitier) के साथ संयुक्त रूप से रसायन शास्त्र का नोबेल पुरस्कार प्राप्त किया। पॉल साबात्ये ने निकैल उत्प्रेरित हाइड्रोजनन पर कार्य किया था।*

ग्रीन्यार अभिक्रियक में कार्बन मैग्नीशियम बंध सहसंयोजक आबंध होता है परंतु विद्युतधनी मैग्नीशियम के इलेक्ट्रॉन आकर्षित करने के कारण यह आबंध अत्यधिक ध्रुवीय होता है। मैग्नीशियम तथा हैलोजन आबंध आवश्यक रूप से आयनिक होता है।

$$\overset{\delta-}{R}\text{-}\overset{\delta+}{Mg}\,\overset{\delta-}{\mathbf{X}}$$

ग्रीन्यार अभिकर्मक अत्यधिक क्रियाशील होते हैं तथा किसी भी स्रोत से प्राप्त प्रोटॉन से अभिक्रिया कर हाइड्रोकार्बन देते हैं। यहाँ तक कि जल ऐल्कोहॉल तथा ऐमीन भी इन्हें संगत हाइड्रोकार्बन में परिवर्तित करने के लिए पर्याप्त अम्लीय होते हैं।

$$RMg\mathbf{X} + H_2O \longrightarrow RH + Mg(OH)\mathbf{X}$$

अत: ग्रीन्यार अभिक्रियक के साथ अभिक्रिया के समय लेशमात्र नमी को भी निकालना आवश्यक है। इसलिए अभिक्रिया को शुष्क ईथर में किया जाता है। वहीं दूसरी ओर, ऐल्किल हैलाइड को हाइड्रोकार्बन में परिवर्तित करने के लिए इसे एक विधि माना जा सकता है।

#### *वुर्ट्ज़ अभिक्रिया*

ऐल्किल हैलाइड शुष्क ईथर में सोडियम के साथ अभिक्रिया करके हाइड्रोकार्बन बनाते हैं। जिसमें मूल हैलाइड में उपस्थित कार्बन परमाणुओं से दुगुने कार्बन परमाणु होते हैं। इस अभिक्रिया को वुर्ट्ज़ अभिक्रिया कहते हैं। (एकक-9, कक्षा-11)

$$2R\mathbf{X} + 2Na \xrightarrow{\text{शुष्क ईथर}} RR + 2Na\mathbf{X}$$



© NCERT not to be republished

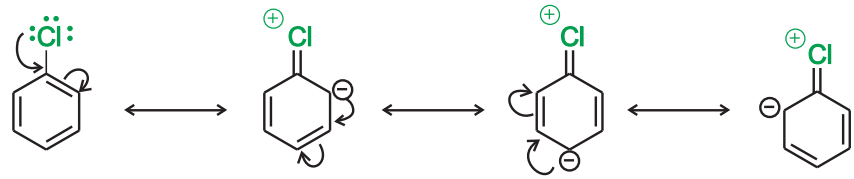
Reprint 2025-26

## 6.7.2 हैलोएरीनों की अभिक्रियाएं

**1. नाभिकरागी प्रतिस्थापन**

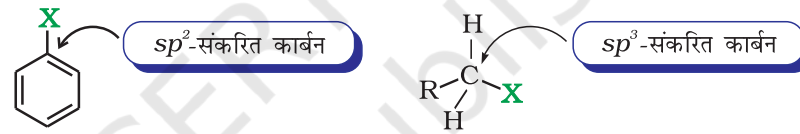
ऐरिल हैलाइड नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं के प्रति निम्नलिखित कारणों से कम क्रियाशील होते हैं।

**(i) अनुनाद प्रभाव**–हैलोऐरीन में हैलोजन परमाणु पर उपस्थित एकाकी इलेक्ट्रॉन युगल वलय के $\pi$ इलेक्ट्रॉनों के साथ संयुग्मन में होते हैं तथा निम्नलिखित अनुनादी संरचनाएं संभव हैं।



अनुनाद के कारण C–Cl आबंध में आंशिक द्विबंध के गुण आ जाते हैं। जिसके परिणामस्वरूप हैलोऐल्केन की तुलना में हैलोऐरीन में आबंध विदलन अपेक्षाकृत कठिन होता है। अत: ये नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं के प्रति कम क्रियाशील होती हैं।

**(ii) C-X आबंध में कार्बन परमाणु के संकरण में अंतर**– हैलोऐल्केन में हैलोजन से जुड़ा कार्बन परमाणु $sp^3$ संकरित होता है जबकि हैलोऐरीन में हैलोजन परमाणु से जुड़ा कार्बन परमाणु $sp^2$ संकरित होता है।



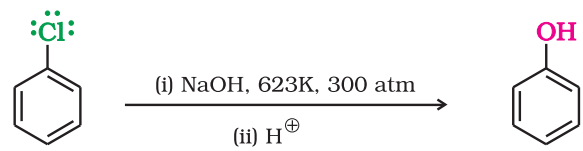

अधिक *s* गुणयुक्त $sp^2$ संकरित कार्बन अधिक विद्युतऋणात्मक होता है तथा हैलोऐल्केन में कम *s* गुण युक्त $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु की तुलना में C-X आबंध के इलेक्ट्रॉन युगल को अपेक्षाकृत अधिक सुदृढ़ता से थाम सकता है। अत: हैलोऐल्केन में C–Cl आबंध की लम्बाई 177pm है जबकि हैलोऐरीन में 169 pm है। चूँकि लंबे बंध की तुलना में छोटे बंध को तोड़ना कठिन होता है, अत: नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया में हैलोऐल्केनों की तुलना में हैलोऐरीन कम क्रियाशील होते हैं।

**(iii) फेनिल धनायन का अस्थायित्व**– स्वआयनन के फलस्वरूप हैलोऐरीनों से बना फेनिल धनायन अनुनाद के द्वारा स्थायी नहीं हो पाएगा। अत: $S_N1$ क्रियाविधि की संभावना समाप्त हो जाती है।

**(iv)** संभावित प्रतिकर्षण के कारण इलेक्ट्रॉनधनी नाभिकरागी के इलेक्ट्रॉनधनी ऐरीन की ओर जाने की संभावना कम होती है।

*हाइड्रॉक्सिल समूह के द्वारा प्रतिस्थापन*

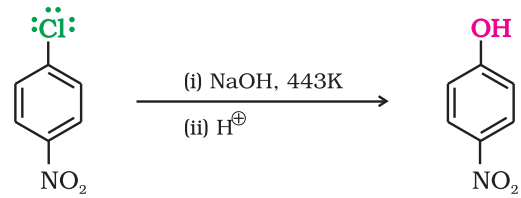
623K ताप तथा 300 वायुमंडलीय दाब पर जलीय सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ गरम करने पर क्लोरोबेन्जीन को फीनॉल में परिवर्तित कर सकते हैं।

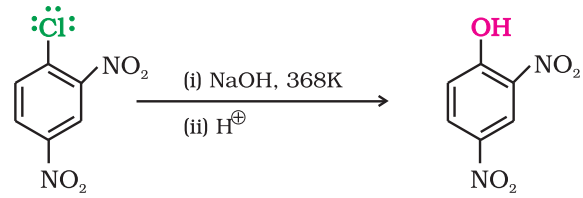


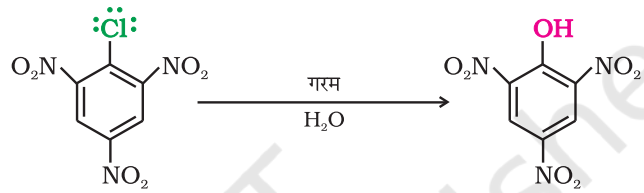



© NCERT not to be republished

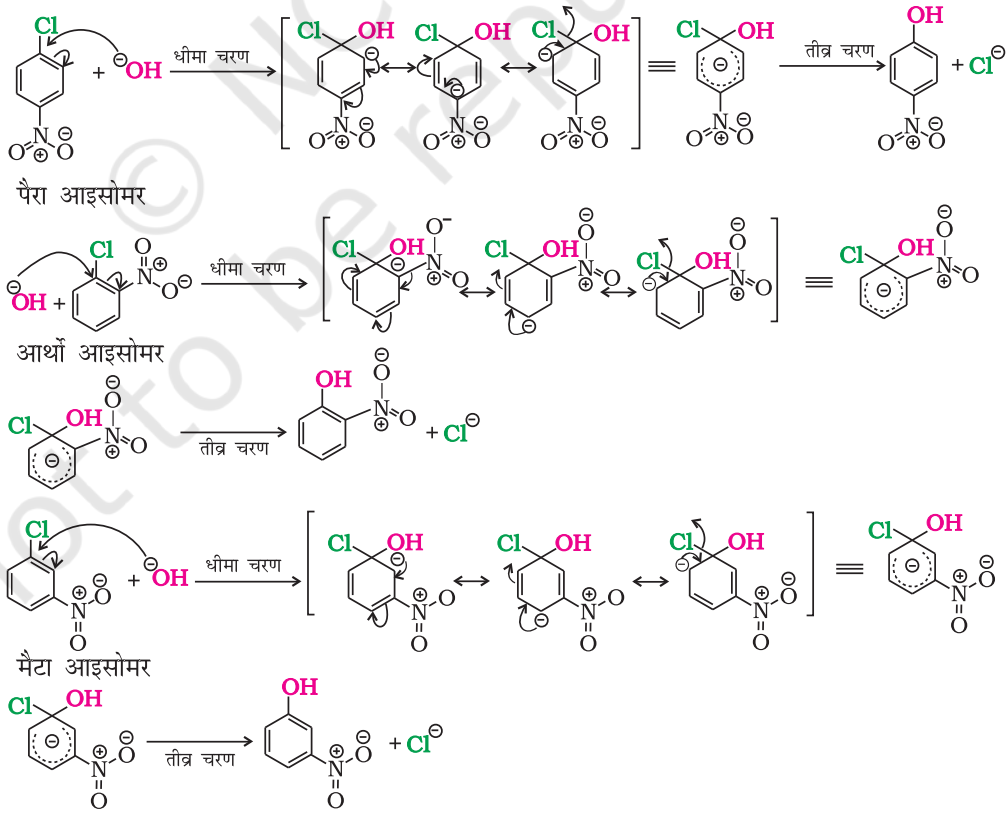
*आर्थो*-तथा *पैरा*-स्थिति पर इलेक्ट्रॉन-अपनयक समूह ($-NO_2$) उपस्थित होने पर हैलोऐरीन की क्रियाशीलता बढ़ जाती है।




जब $-NO_2$ समूह *आर्थो*- तथा *पैरा*-स्थितियों पर जुड़ा होता है, तब यह प्रभाव अधिक प्रबल होता है। तथापि, इलेक्ट्रॉन अपनयक समूह के *मैटा*-स्थिति पर जुड़े होने की स्थिति में हैलोएरीनों की अभिक्रियाशीलता पर कोई प्रभाव प्रेक्षित नहीं होता है। अभिक्रिया की क्रियाविधि को निम्न प्रकार से आरेखित किया जा सकता है।




© NCERT not to be republished



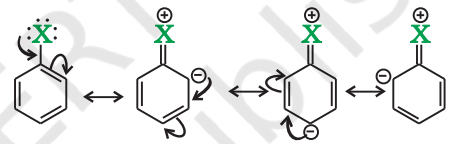
Reprint 2025-26

क्या आप विचार कर सकते हैं कि $-NO_2$ समूह *ऑर्थो*- तथा *पैरा*- स्थिति पर ही प्रभाव क्यों दर्शाता है, *मेटा*-स्थिति पर क्यों नहीं?

जैसा कि दर्शाया गया है, कि *ऑर्थो*- तथा *पैरा*-स्थिति पर नाइट्रो समूह की उपस्थिति से बेन्जीन वलय पर इलेक्ट्रॉन घनत्व कम हो जाता है। फलतः हैलोऐरीन पर नाभिकरागी का आक्रमण सरल हो जाता है। इस प्रकार बना कार्बऐनायन अनुनाद के द्वारा स्थायित्व प्राप्त कर लेता है। हैलोजन प्रतिस्थापी के स्थान से *ऑर्थो*- एवं *पैरा*-स्थितियों पर स्थित कार्बनों पर उत्पन्न ऋणावेश $-NO_2$ के द्वारा स्थायित्व प्राप्त कर लेता है जबकि *m*-नाइट्रोक्लोरोबेन्जीन में एक भी संरचना इस प्रकार की नहीं होती जिसमें $-NO_2$ समूह की उपस्थिति वाले कार्बन परमाणु पर ऋणावेश हो। अतः *मेटा*- स्थिति पर उपस्थित नाइट्रो समूह ऋणावेश को स्थायित्व प्रदान नहीं करता तथा *मेटा*- स्थिति पर उपस्थित $-NO_2$ समूह का अभिक्रियाशीलता पर कोई प्रभाव प्रेक्षित नहीं होता।

### *2. इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाएं*

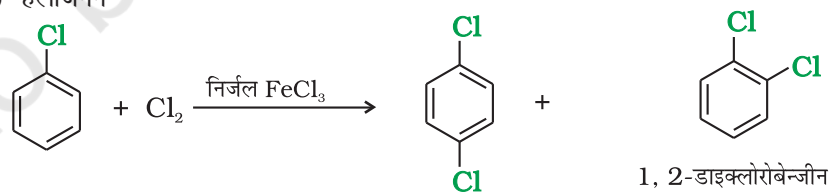
हैलोऐरीन, बेन्जीन की तरह सामान्य इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाएं जैसे- हैलोजनन, नाइट्रोकरण, सल्फोनेशन तथा फ्रीडेल-क्राफ्ट आदि अभिक्रियाएं देती हैं। हैलोजन परमाणु के आंशिक निष्क्रियक होते हुए भी इसका *o*- तथा *p*- निर्देशकारी प्रभाव होता है। अतः अगला प्रतिस्थापन हैलोजन के स्थान से *ऑर्थो* और *पैरा* स्थितियों पर होता है। हैलोजन के *ऑर्थो* एवं *पैरा* निर्देशक प्रभाव को अनुनाद संरचनाओं की ओर ध्यान देकर आसानी से समझ सकते हैं।




I II III IV

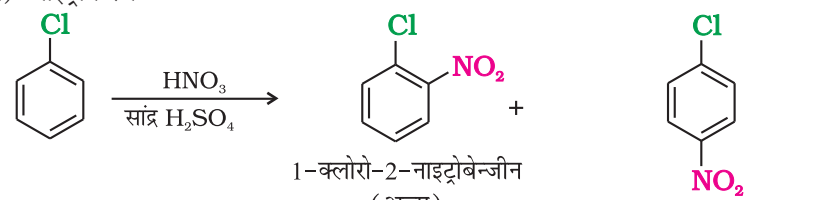
अनुनाद के कारण, *मेटा*- स्थिति की तुलना में *आर्थो*- तथा *पैरा*- स्थितियों पर इलेक्ट्रॉन घनत्व अधिक बढ़ जाता है। *–I* प्रभाव के कारण हैलोजन परमाणु की प्रकृति बेन्जीन वलय के इलेक्ट्रॉन आकर्षित करने की होती है, इसलिए बेन्जीन की तुलना में वलय कुछ मात्रा में निष्क्रिय हो जाती है। अतः हैलोऐरीन में इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाएं मंद होती हैं तथा बेन्जीन की तुलना में अधिक उग्र परिस्थितियों की आवश्यकता होती है।

(i) हैलोजनन




1, 4-डाइक्लोरोबेन्जीन (मुख्य) 1, 2-डाइक्लोरोबेन्जीन (अल्प)

(ii) नाइट्रोकरण

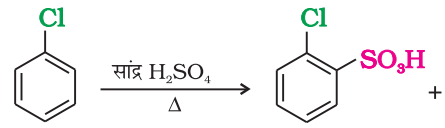



1-क्लोरो-2-नाइट्रोबेन्जीन (अल्प) 1-क्लोरो-4-नाइट्रोबेन्जीन (मुख्य)



© NCERT not to be republished

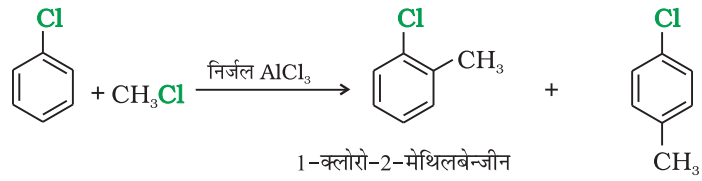
(iii) सल्फोनेशन




2-क्लोरोबेन्जीनसल्फोनिक अम्ल (अल्प)

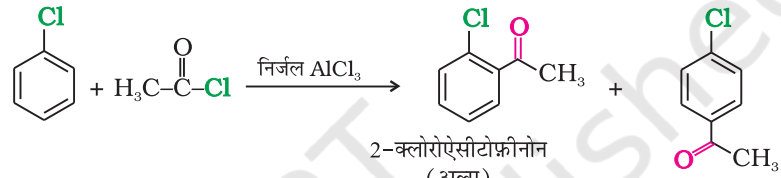
4-क्लोरोबेन्जीनसल्फोनिक अम्ल (मुख्य)

(iv) फ्रीडेल क्राफ्ट अभिक्रिया




1-क्लोरो-2-मेथिलबेन्जीन (अल्प)

1-क्लोरो-4-मेथिलबेन्जीन (मुख्य)

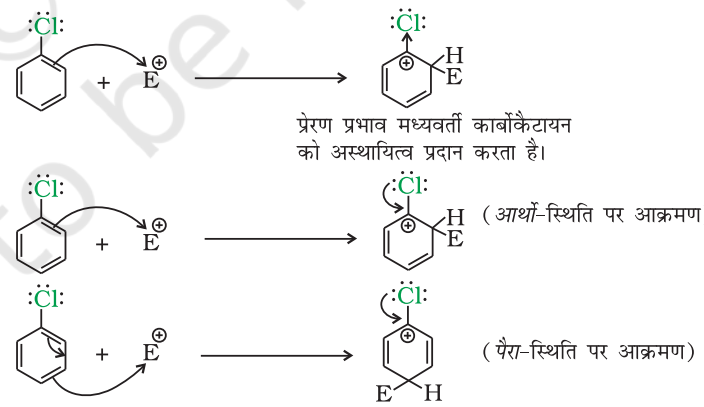



2-क्लोरोऐसीटोफ़ीनोन (अल्प)

4-क्लोरोऐसीटोफ़ीनोन (मुख्य)

**उदाहरण 6.9** क्लोरीन यद्यपि इलेक्ट्रॉन अपनयक समूह है फिर भी यह ऐरोमैटिक इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं में *ऑर्थो*- तथा *पैरा*- निर्देशक है, क्यों?

**हल** प्रेरण प्रभाव के कारण क्लोरीन इलेक्ट्रॉन आकर्षित करती है तथा अनुनाद के कारण इलेक्ट्रॉन निर्गमित करती है। प्रेरण प्रभाव के कारण क्लोरीन इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं में बने मध्यवर्ती कार्बोकैटायन को अस्थायित्व प्रदान करती है।




प्रेरण प्रभाव मध्यवर्ती कार्बोकैटायन को अस्थायित्व प्रदान करता है।

अनुनाद प्रभाव मध्यवर्ती कार्बोकैटायन को स्थायित्व प्रदान करता है।

अनुनाद के द्वारा हैलोजन कार्बोकैटायन को स्थायित्व प्रदान करने का प्रयास करती है तथा यह प्रभाव *आर्थो*- एवं *पैरा*-स्थितियों पर अधिक प्रबल होता है। **अनुनाद प्रभाव की तुलना में**

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

**प्रेरण प्रभाव अधिक प्रबल होता है, अतः नेट प्रभाव इलेक्ट्रॉन अपनयन करने का होता है जिससे निष्क्रियण उत्पन्न होता है।** *ऑर्थो*- एवं *पैरा*- स्थिति पर आक्रमण में अनुनाद प्रभाव, प्रेरण प्रभाव के विपरीत कार्य करता है, अतः *ऑर्थो*- एवं *पैरा*- स्थिति के निष्क्रियण को कम करता है। इस प्रकार अभिक्रियाशीलता, प्रबल प्रेरण प्रभाव के द्वारा तथा अभिविन्यास, अनुनाद प्रभाव के द्वारा नियंत्रित होता है।

## पाठ्यनिहित प्रश्न

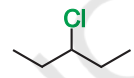
**6.7** निम्नलिखित युगलों में से आप कौन से ऐल्किल हैलाइड द्वारा $S_N2$ क्रियाविधि से अधिक तीव्रता से अभिक्रिया करने की अपेक्षा करते हैं? अपने उत्तर को समझाइए।

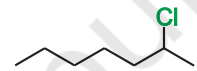
(i) $CH_3CH_2CH_2CH_2Br$ अथवा $CH_3CH_2CH(Br)CH_3$ (ii) $CH_3CH_2CH(Br)CH_3$ अथवा $H_3C-C(CH_3)_2-Br$

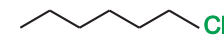
(iii) $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2Br$ अथवा $CH_3CH_2CH(CH_3)CH_2Br$

**6.8** हैलोजन यौगिकों के निम्नलिखित युगलों में से कौन सा यौगिक तीव्रता से $S_N1$ अभिक्रिया करेगा?

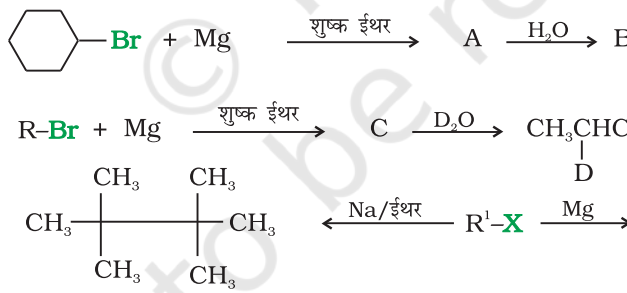
(i)

अथवा 

(ii) 

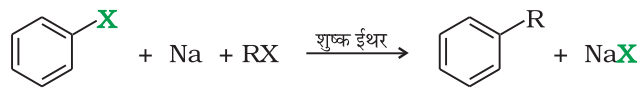
अथवा 


**6.9** निम्नलिखित में A, B, C, D, E, R तथा $R^1$ को पहचानिए–




### 3. धातुओं के साथ अभिक्रिया

**वुर्ट्ज-फिटिग अभिक्रिया–** ऐल्किल हैलाइड तथा ऐरिल हैलाइड का मिश्रण, सोडियम के साथ शुष्क ईथर की उपस्थिति में गरम करने पर ऐल्किलऐरीन देता है तथा इसे **वुर्ट्ज-फिटिग** अभिक्रिया कहते हैं।

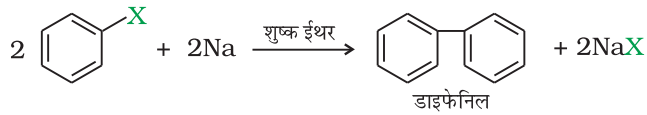





© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**फिटिग अभिक्रिया**–ऐरिल हैलाइड भी शुष्क ईथर में सोडियम के साथ अभिक्रिया द्वारा सजातीय यौगिक देते हैं, जिसमें दो ऐरिल समूह परस्पर जुड़े रहते हैं। इसे **फिटिग अभिक्रिया** कहते हैं।




## 6.8 पॉलिहैलोजन यौगिक

एक से अधिक हैलोजन परमाणुयुक्त यौगिक सामान्यत: पॉलिहैलोजन यौगिक कहलाते हैं। इनमें से अनेक यौगिक उद्योगों तथा कृषि में उपयोगी हैं। इस खंड में कुछ महत्वपूर्ण पॉलिहैलोजन यौगिकों का वर्णन किया गया है।

### 6.8.1 डाइक्लोरोमेथेन (मेथिलीन क्लोराइड)

डाइक्लोरोमेथेन का अत्यधिक उपयोग विलायक के रूप में, पेंट अपयनक में, ऐरोसॉल में प्रणोदक के रूप में तथा औषध निर्माण की प्रक्रिया में विलायक के रूप में होता है। यह धातु की सफ़ाई एवं फिनिशिंग विलायक के रूप में प्रयुक्त होता है। मेथिलीन क्लोराइड मनुष्यों के केंद्रीय तंत्रिका तंत्र को हानि पहुँचाता है। वायु में मेथिलीन क्लोराइड की थोड़ी सी मात्रा के सम्पर्क में आने के प्रभाव से श्रवण एवं दृश्य क्षमता में आंशिक क्षीणता आती है। मेथिलीन क्लोराइड की वायु में अधिक मात्रा के प्रभाव से चक्कर आना, मितली, हाथ-पैरों की अंगुलियों में सनसनी एवं जड़ता आदि लक्षण उत्पन्न हो जाते हैं। मनुष्यों में मेथिलीन क्लोराइड के त्वचा के सीधे संपर्क में आने पर तीव्र जलन तथा हल्का लालपन आ जाता है। आँखों से सीधा संपर्क कोर्निया जला सकता है।

### 6.8.2 ट्राइक्लोरोमेथेन (क्लोरोफार्म)

रासायनिक रूप में क्लोरोफार्म का उपयोग वसा, ऐल्केलॉइड, आयोडीन तथा अन्य पदार्थों के लिए विलायक के रूप में होता है। वर्तमान में क्लोरोफार्म का प्रमुख उपयोग फ्रेऑन प्रशीतक R-22 बनाने में होता है। पहले इसका उपयोग शल्य चिकित्सा में निश्चेतक के रूप में होता था; परंतु अब इसका स्थान ईथर जैसे कम विषैले एवं अधिक सुरक्षित निश्चेतकों ने ले लिया है। निश्चेतक के रूप में इसके उपयोग को देखते हुए यह अपेक्षित है कि क्लोरोफॉर्म को सूँघने से केंद्रीय तंत्रिका तंत्र अवनमित हो जाता है। वायु के प्रति दस लाख भाग में 900 भाग क्लोरोफॉर्म (900 भाग प्रति दस लाख) में बहुत कम समय तक सांस लेने से चक्कर, थकान एवं सिरदर्द हो सकता है, क्लोरोफॉर्म के दीर्घकालिक संपर्क (exposure) से यकृत का (जहाँ क्लोरोफार्म फ़ॉस्जीन में उपापचयित होती है) एवं वृक्क का क्षय हो सकता है तथा कुछ व्यक्तियों की त्वचा क्लोरोफार्म में डूबी रहने पर उसमें घाव हो जाते हैं। क्लोरोफॉर्म प्रकाश की उपस्थिति में वायु द्वारा धीरे-धीरे ऑक्सीकृत होकर अत्यधिक विषैली गैस, कार्बोनिल क्लोराइड बनाती है जिसे फ़ॉस्जीन भी कहते हैं। इसलिए भंडारण के लिए इसे पूर्णत: भरी हुई इसे रंगीन बोतलों में रखा जाता है ताकि उनमें वायु न रहे।

$$2CHCl_3 + O_2 \xrightarrow{\text{प्रकाश}} \underset{\text{फ़ॉस्जीन}}{2COCl_2} + 2HCl$$

### 6.8.3 ट्राइआयोडोमेथेन (आयडोफार्म)

इसका उपयोग प्रारंभ में पूतिरोधी (ऐंटिसेप्टिक) के रूप में किया जाता था परंतु आयडोफॉर्म का यह पूतिरोधी गुण आयडोफार्म के कारण स्वयं नहीं, बल्कि मुक्त हुई आयोडीन के कारण होता है। इसकी अरुचिकर गंध के कारण अब इसके स्थान पर आयोडीन युक्त अन्य दवाओं का उपयोग किया जाता है।

### 6.8.4 टेट्राक्लोरोमेथेन (कार्बन टेट्राक्लोराइड)

इसका अत्यधिक मात्रा में उत्पादन प्रशीतक बनाने तथा ऐरोसॉल कैन के लिए प्रणोदक के उत्पादन में उपयोग करने के लिए किया जाता है इसे क्लोरोफ्लुओरो कार्बन तथा अन्य रसायनों के उत्पादन में भी फ़ीडस्टॉक की तरह एवं औषध उत्पादन में तथा सामान्य विलायक की भाँति प्रयुक्त किया जाता है। 1960 के मध्य तक यह उद्योगों में ग्रीस को साफ़ करने वाले



Reprint 2025-26

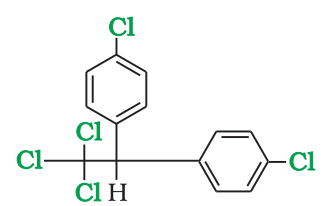
द्रव तथा घरों में दाग-धब्बे हटाने वाले द्रव एवं अग्नि शामक के रूप में बहुतायत से प्रयुक्त होता था। इस प्रकार के कुछ प्रमाण हैं कि कार्बन टेट्राक्लोराइड से उद्भासन (exposure) द्वारा मनुष्यों को यकृत का कैंसर हो जाता है। इसके कुछ प्रमुख प्रभाव हैं चक्कर आना, सिर का हल्कापन, मितली तथा उल्टी आना आदि, जिससे तंत्रिका कोशिकाओं में स्थायी क्षति हो सकती है। गंभीर स्थिति में यह प्रभाव शीघ्रता से मूर्च्छा, गहरी नींद, बेहोशी अथवा मृत्यु ला सकता है। $CCl_4$ के उद्भासन से हृदयगति अनियमित हो सकती है अथवा रुक जाती है। आँखों के संपर्क में आने पर इस रसायन से जलन उत्पन्न होती है। कार्बनटेट्राक्लोराइड वायु में निर्मुक्त होने पर ऊपरी वायुमंडल में पहुँच जाती है और ओज़ोन परत को विरल बना देती है। ओज़ोन परत के विरलीकरण से मनुष्यों का पराबैंगनी किरणों से उद्भासन बढ़ जाता है। जिससे त्वचा का कैंसर, आँखों की बीमारियाँ तथा विकार एवं प्रतिरक्षा प्रणाली में विदारण होना संभव है।

### 6.8.5 फ्रेऑन

मेथेन व एथेन के क्लोरोफ्लुओरो व्युत्पन्न संयुक्त रूप से फ्रेऑन कहलाते हैं। यह अत्यधिक स्थायी, निष्क्रिय तथा निरावेषी (नॉन-टॉक्सिक) असंक्षारक (नॉन-कोरोसिव) तथा आसानी से द्रवित हो सकने वाली गैसें हैं। फ्रेऑन 12 ($CF_2Cl_2$) उद्योगों मे सर्वाधिक प्रयुक्त होने वाले सामान्य फ्रेऑनों में से एक है। इसका उत्पादन स्वार्ट्स **अभिक्रिया** द्वारा टेट्राक्लोरोमेथेन से किया जाता है। यह ऐरोसॉल प्रणोदक, प्रशीतक तथा वायु शीतलन में उपयोग करने के लिए उत्पादित किए जाते हैं। 1974 तक विश्व में फ्रेऑन का वार्षिक उत्पादन 20 करोड़ पाउंड तक था। अधिकांश फ्रेऑन यहाँ तक कि प्रशीतन में काम आने वाले भी, वायुमंडल से होते हुए क्षोभमंडल में विसरित हो जाते हैं। क्षोभमंडल में फ्रेऑन, मूलक शृंखला अभिक्रिया प्रारंभ कर देते हैं तथा प्राकृतिक ओज़ोन संतुलन को अनियंत्रित कर देते हैं।

### 6.8.6 *p-p'*-डाइ-क्लोरोडाइफेनिल-ट्राइक्लोरो एथेन (DDT)

प्रथम क्लोरीनीकृत, कार्बनिक कीटनाशी DDT मूलतः 1873 में बनाया गया था, लेकिन इसके कीटनाशी प्रभाव की खोज 1939 में स्विट्ज़रलैंड के गिगी औषधालय के पॉल मूलर ने की। इस खोज के लिए पॉल मूलर को 1948 में चिकित्सा एवं शरीर क्रिया विज्ञान के लिए नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ। द्वितीय विश्व युद्ध के उपरांत इसका उपयोग विश्वस्तर पर तेजी के साथ बढ़ा, क्योंकि यह मुख्यतः मलेरिया फैलाने वाले मच्छरों तथा टाइफस वाहक जुओं को समाप्त करने में प्रभावकारी होती है। 1940 के अंत में DDT के अत्यधिक उपयोग के कारण उत्पन्न होने वाली समस्याएं उभरने लगीं। कीटों की अनेक प्रजातियों ने DDT के प्रति प्रतिरोधात्मकता विकसित कर ली तथा यह मछलियों के लिए अति विषैली सिद्ध हुई। DDT के अत्यधिक रासायनिक स्थायित्व तथा इसकी वसा में विलेयता ने समस्या को और जटिल बना दिया। DDT का शीघ्रता से उपापचयन नहीं होता अपितु यह वसीय ऊतकों में एकत्र तथा संग्रहित हो जाती है। यदि अंतर्ग्रहण लगातार स्थायी गति से होता रहे तो जंतुओं में DDT की मात्रा समय के साथ बढ़ती जाती है। संयुक्त राज्य में 1973 में DDT पर प्रतिबंध लगा दिया था परंतु विश्व में अनेक स्थानों पर इसका उपयोग आज भी हो रहा है।



DDT



Reprint 2025-26

## सारांश

**ऐल्किल/ऐरिल हैलाइडों** को उनकी संरचना में उपस्थित एक, दो अथवा अधिक हैलोजन परमाणुओं के आधार पर क्रमशः मोनो, डाइ अथवा पॉलिहैलोजन (ट्राइ-, टेट्रा- आदि) यौगिकों में वर्गीकृत किया जा सकता है चूँकि हैलोजन परमाणु कार्बन परमाणु से अधिक विद्युतऋणात्मक होता है, अतः कार्बन-हैलोजन आबंध ध्रुवित हो जाता है। कार्बन पर आंशिक धनावेश तथा हैलोजन परमाणु पर आंशिक ऋणावेश आ जाता है।

ऐल्किल हैलाइडों को ऐल्केन के **मुक्त मूलक हैलोजनन** द्वारा; ऐल्कीनों पर हैलोजन अम्लों के योगज द्वारा; ऐल्कोहॉल के –OH समूह को फ़ास्फ़ोरस हैलाइड या थायोनिल क्लोराइड अथवा हैलोजन अम्लों के उपयोग से हैलोजन द्वारा प्रतिस्थापित करके बनाया जाता है। एरिल हैलाइडों को ऐरीनो की **इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन** अभिक्रिया द्वारा बनाया जाता है। फ्लुओराइडों एवं आयोडाइडों को बनाने की श्रेष्ठ विधि हैलोजन विनिमय विधि है।

प्रबल, द्विध्रुव-द्विध्रुव तथा वान्डरवाल्स आकर्षण बलों के कारण कार्बनहैलोजन यौगिकों के क्वथनांक संगत होइड्रोकार्बनों की तुलना में अधिक होते हैं। ये जल में अल्प विलेय परंतु कार्बनिक विलायकों में पूर्ण विलेय होते हैं।

ऐल्किल हैलाइडों के कार्बन-हैलोजन आबंध की ध्रुवता इनके **नाभिकरागी प्रतिस्थापन**, **विलोपन तथा धातुओं से अभिक्रिया** द्वारा **कार्बधात्विक यौगिकों** के निर्माण के लिए उत्तरदायी है। रासायनिक बलगतिकी गुणों के आधार पर नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं को $S_N1$ व $S_N2$ अभिक्रियाओं में वर्गीकृत किया गया है। $S_N1$ व $S_N2$ अभिक्रिया की क्रियाविधि को समझने के लिए **काइरलता** की महत्वपूर्ण भूमिका है। काइरल ऐल्किल हैलाइड की $S_N2$ अभिक्रिया को विन्यास में प्रतीपन के द्वारा तथा $S_N1$ अभिक्रिया को रेसिमीकरण के द्वारा अभिलक्षणित किया जा सकता है।

अधिकांश पॉलिहैलोजन यौगिक जैसे **डाइक्लोरोमेथेन, क्लोराफार्म, आयडोफार्म, कार्बनटेट्राक्लोराइड, फ्रेऑन तथा DDT के** अनेक औद्योगिक अनुप्रयोग हैं। तथापि इनमें से कई यौगिक शीघ्रता से अपघटित नहीं किए जा सकते यहाँ तक कि ये ओज़ोन परत का विरलीकरण करते हैं और **वायुमंडलीय संकट** सिद्ध हो रहे हैं।

## अभ्यास

**6.1** निम्नलिखित हैलाइडों के नाम आईयूपीएसी (IUPAC) पद्धति से लिखिए तथा उनका वर्गीकरण, ऐल्किल ऐलिलिक, बेन्ज़िलिक (प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक) वाइनिल अथवा ऐरिल हैलाइड के रूप में कीजिए–

(i) $(CH_3)_2CHCH(Cl)CH_3$ (ii) $CH_3CH_2CH(CH_3)CH(C_2H_5)Cl$
(iii) $CH_3CH_2C(CH_3)_2CH_2I$ (iv) $(CH_3)_3CCH_2CH(Br)\ C_6H_5$
(v) $CH_3CH(CH_3)CH(Br)CH_3$ (vi) $CH_3C(C_2H_5)_2CH_2Br$
(vii) $CH_3C(Cl)(C_2H_5)CH_2CH_3$ (viii) $CH_3CH{=}C(Cl)CH_2CH(CH_3)_2$
(ix) $CH_3CH{=}CHC(Br)(CH_3)_2$ (x) $p\text{-}ClC_6H_4CH_2CH(CH_3)_2$
(xi) $m\text{-}ClCH_2C_6H_4CH_2C(CH_3)_3$ (xii) $o\text{-}Br\text{-}C_6H_4CH(CH_3)CH_2CH_3$

**6.2** निम्नलिखित यौगिकों के IUPAC नाम दीजिए–

(i) $CH_3CH(Cl)CH(Br)CH_3$ (ii) $CHF_2CBrClF$
(iii) $ClCH_2C{\equiv}CCH_2Br$ (iv) $(CCl_3)_3CCl$
(v) $CH_3C(p\text{-}ClC_6H_4)_2CH(Br)CH_3$ (vi) $(CH_3)_3CCH{=}CClC_6H_4I\text{-}p$

**6.3** निम्नलिखित कार्बनिक हैलोजन यौगिकों की संरचना दीजिए–

(i) 2-क्लोरो-3-मेथिलपेन्टेन (ii) *p*-ब्रोमोक्लोरो बेन्जीन
(iii) 1-क्लोरो-4-एथिलसाइक्लोहेक्सेन (iv) 2-(2-क्लोरोफेनिल)-1-आयडोऑक्टेन
(v) 2–ब्रोमोब्यूटेन (vi) 4-*तृतीयक*-ब्यूटिल-3-आयडोहेप्टेन
(vii) 1-ब्रोमो-4-*द्वितीयक*-ब्यूटिल-2-मेथिल बेन्जीन (viii) 1,4- डाइब्रोमोब्यूट-2-ईन

**6.4** निम्नलिखित में से किसका द्विध्रुव आघूर्ण सर्वाधिक होगा?

(i) $CH_2Cl_2$ (ii) $CHCl_3$ (iii) $CCl_4$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**6.5** एक हाइड्रोकार्बन $C_5H_{10}$ अंधेरे में क्लोरीन के साथ अभिक्रिया नहीं करता परन्तु सूर्य के तीव्र प्रकाश में केवल एक मोनोक्लोरो यौगिक $C_5H_9Cl$ देता है। हाइड्रोकार्बन की संरचना क्या है?

**6.6** $C_4H_9Br$ सूत्र वाले यौगिक के सभी समावयवी लिखिए।

**6.7** निम्नलिखित से 1-आयडोब्यूटेन प्राप्त करने की समीकरण दीजिए।

(i) 1-ब्यूटेनॉल (ii) 1-क्लोरोब्यूटेन (iii) ब्यूट-1-इन

**6.8** उभदंती नाभिकरागी क्या होते हैं? एक उदाहरण की सहायता से समझाइए।

**6.9** निम्नलिखित प्रत्येक युगलों में से कौन सा यौगिक $OH^-$ के साथ $S_N2$अभिक्रिया में अधिक तीव्रता से अभिक्रिया करेगा?

(i) $CH_3Br$ अथवा $CH_3I$ (ii) $(CH_3)_3CCl$ अथवा $CH_3Cl$

**6.10** निम्नलिखित हैलाइडों के एथेनॉल में सोडियम हाइड्रॉसाइड द्वारा विहाइड्रोहैलोजनन के फलस्वरुप बनने वाली सभी ऐल्कीनो की संरचना लिखिए। इसमें से मुख्य ऐल्कीन कौन सी होगी?

(i) 1-ब्रोमो-1-मेथिलसाइक्लोहेक्सेन

(ii) 2-क्लोरो-2-मेथिलब्यूटेन

(iii) 2,2,3-ट्राइमेथिल-3-ब्रोमोपेन्टेन

**6.11** निम्नलिखित परिवर्तन आप कैसे करेंगे?

(i) एथेनॉल से ब्यूट-1-आइन (ii) एथीन से ब्रोमोएथेन (iii) प्रोपीन से 1-नाइट्रोप्रोपीन

(iv) टॉलूईन से बेन्जिल ऐल्कोहॉल (v) प्रोपीन से प्रोपाइन (vi) एथेनॉल से एथिल फ्लुओरोइड

(vii) ब्रोमोमेथेन से प्रोपेनोन (viii) ब्यूट-1-ईन से ब्यूट-2-ईन

(ix) 1-क्लोरोब्यूटेन से n-ऑक्टेन (x) बेन्जीन से बाइफ़ेनिल

**6.12** समझाइए क्यों—

(i) क्लोरोबेन्जीन का द्विध्रुव आघूर्ण साइक्लोहेक्सिल क्लोराइड की तुलना में कम होता है?

(ii) ऐल्किल हैलाइड ध्रुवीय होते हुए भी जल में अमिश्रणीय हैं?

(iii) ग्रीन्यार अभिकर्मक का विरचन निर्जलीय अवस्थाओं में करना चाहिए?

**6.13** फ्रेओन-12, DDT, कार्बनटेट्राक्लोराइड तथा आयडोफार्म के उपयोग दीजिए।

**6.14** निम्नलिखित प्रत्येक अभिक्रिया में बनने वाले मुख्य कार्बनिक उत्पाद की संरचना लिखिए–

(i) $CH_3CH_2CH_2Cl + NaI \xrightarrow[\text{ऊष्मा}]{\text{ऐसीटोन}}$

(ii) $(CH_3)_3CBr + KOH \xrightarrow[\text{ऊष्मा}]{\text{ऐथेनॉल}}$

(iii) $CH_3CH\,(Br)\,CH_2CH_3 + NaOH \xrightarrow{\text{जल}}$

(iv) $CH_3CH_2Br + KCN \xrightarrow{\text{जलीय एथेनॉल}}$

(v) $C_6H_5ONa + C_2H_5Cl \longrightarrow$

(vi) $CH_3CH_2CH_2OH + SOCl_2 \longrightarrow$

(vii) $CH_3CH_2CH = CH_2 + HBr \xrightarrow{\text{परॉक्साइड}}$

(viii) $CH_3CH = C(CH_3)_2 + HBr \longrightarrow$

**6.15** निम्नलिखित अभिक्रिया की क्रियाविधि लिखिए–

$$\text{n-BuBr} + KCN \xrightarrow{EtOH\text{-}H_2O} \text{nBuCN}$$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**6.16** $S_N2$ प्रतिस्थापन के प्रति अभिक्रियाशीलता के आधार पर इन यौगिकों के समूहों को क्रमबद्ध कीजिए।

(i) 2-ब्रोमो-2-मेथिलब्यूटेन, 1- ब्रोमोपेन्टेन, 2- ब्रोमोपेन्टेन

(ii) 1-ब्रोमो-3-मेथिलब्यूटेन, 2-ब्रोमो-2-मेथिलब्यूटेन, 2-ब्रोमो-3-मेथिलब्यूटेन

(iii) 1-ब्रोमोब्यूटेन, 1-ब्रोमो-2,2-डाइमेथिलप्रोपेन, 1-ब्रोमो-2-मेथिलब्यूटेन, 1-ब्रोमो-3-मेथिलब्यूटेन

**6.17** $C_6H_5CH_2Cl$ तथा $C_6H_5CHClC_6H_5$ में से कौन सा यौगिक जलीय KOH से शीघ्रता से जलअपघटित होगा?

**6.18** o-तथा-*m*- समावयवियों की तुलना में *p*-डाक्लोरोबेन्जीन का गलनांक उच्च होता है, विवेचना कीजिए।

**6.19** निम्नलिखित परिवर्तन कैसे संपन्न किए जा सकते हैं?

(1) प्रोपीन से प्रोपेन-1-ऑल

(2) एथेनॉल से ब्यूट-1-आइन

(3) 1-ब्रोमोप्रोपेन से 2-ब्रोमोप्रोपेन

(4) टॉलूईन से बेन्ज़िल ऐल्कोहॉल

(5) बेन्जीन से 4-ब्रोमोनाइट्रोबेन्जीन

(6) बेन्ज़िल ऐल्कोहॉल से 2-फेनिल एथेनॉइक अम्ल

(7) एथेनॉल से प्रोपेन नाइट्राइल

(8) ऐनिलीन से क्लोरोबेन्जीन

(9) 2-क्लोरोब्यूटेन से 3,4-डाइमेथिलहेक्सेन

(10) 2-मेथिल-1-प्रोपीन से 2-क्लोरो-2-मेथिलप्रोपेन

(11) एथिल क्लोराइड से प्रोपेनॉइक अम्ल

(12) ब्यूट-1-ईन से *n*-ब्यूटिल आयोडाइड

(13) 2-क्लोरोप्रोपेन से 1- प्रोपेनॉल

(14) आइसोप्रोपिल ऐल्कोहॉल से आयडोफार्म

(15) क्लोरोबेन्जीन से *p*-नाइट्रोफ़ीनॉल

(16) 2-ब्रोमोप्रोपेन से 1-ब्रोमोप्रोपेन

(17) क्लोरोएथेन से ब्यूटेन

(18) बेन्जीन से डाइफ़ेनिल

(19) *तृतीयक*-ब्यूटिल ब्रोमाइड से *आइसो*-ब्यूटिल ब्रोमाइड

(20) ऐनिलीन से फ़ेनिलआइसोसायनाइड

**6.20** ऐल्किल क्लोराइड की जलीय KOH से अभिक्रिया द्वारा ऐल्कोहॉल बनती है लेकिन ऐल्कोहॉलिक KOH की उपस्थिति में ऐल्कीन मुख्य उत्पाद के रूप में प्राप्त होती है। समझाइए।

**6.21** प्राथमिक ऐल्किल हैलाइड $C_4H_9Br$ (क), ऐल्कोहॉलिक KOH में अभिक्रिया द्वारा यौगिक (ख) देता है। यौगिक 'ख' HBr के साथ अभिक्रिया से यौगिक 'ग' देता है जो कि यौगिक 'क' का समावयवी है। जब यौगिक 'क' की अभिक्रिया सोडियम धातु से होती है तो यौगिक 'घ' $C_8H_{18}$ बनता है, जो कि ब्यूटिल ब्रोमाइड की सोडियम से अभिक्रिया द्वारा बने उत्पाद से भिन्न है। यौगिक 'क' का संरचना सूत्र दीजिए तथा सभी अभिक्रियाओं की समीकरण दीजिए।

**6.22** तब क्या होता है जब–

(i) *n*-ब्यूटिल क्लोराइड को ऐल्कोहॉलिक KOH के साथ अभिकृत किया जाता है?

(ii) शुष्क ईथर की उपस्थिति में ब्रोमोबेन्जीन की अभिक्रिया मैग्नीशियम से होती है?

(iii) क्लोरोबेन्जीन का जलअपघटन किया जाता है?

(iv) एथिल क्लोराइड की अभिक्रिया जलीय KOH से होती है?

(v) शुष्क ईथर की उपस्थिति में मेथिल ब्रोमाइड की अभिक्रिया सोडियम से होती है?

(vi) मेथिल क्लोराइड की अभिक्रिया KCN से होती है?

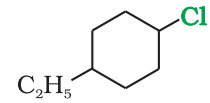
© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

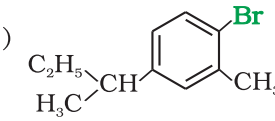
## कुछ पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**6.1** (i) $CH_3CH_2CH(CH_3)CHClCH_3$

(ii) 


(iii) $CH_3CH_2CH_2CH\ CH(I)CH_2CH_3$
$H_3C-C(CH_3)_2$

(iv) $BrCH_2CH = CHCH_2Br$

(v) 

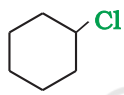

**6.2** (i) ऐल्कोहॉल के ऐल्किल आयोडाइड में परिवर्तन के लिए KI के साथ $H_2SO_4$ का प्रयोग नहीं किया जा सकता; क्योंकि यह KI को संगत HI अम्ल में परिवर्तित कर देता है, तत्पश्चात् इसे $I_2$ में आक्सीकृत कर देता है।

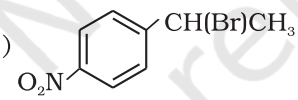
**6.3** $ClCH_2CH_2CH_2Cl$ (II) $ClCH_2CHClCH_3$ (iii) $Cl_2CH_2CH_2CH_3$ (iv) $CH_3CCl_2CH_3$

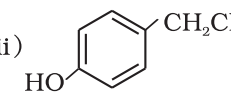
**6.4** (i) $H_3C-C(CH_3)_2-CH_3$ — चूँकि सभी हाइड्रोजन परमाणु समतुल्य हैं, अत: किसी भी हाइड्रोजन परमाणु के प्रतिस्थापन पर समान उत्पाद बनेगा।

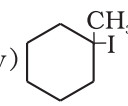
(ii) $C^aH_3C^bH_2C^cH_2C^bH_2C^aH_3$ — समतुल्य हाइड्रोजनों को a,b,c से निर्देशित किया गया है। समतुल्य हाइड्रोजनों के प्रतिस्थापन पर समान उत्पाद बनेंगें।

(iii) $C^aH_3C^bH(CH_3^a)C^cH_2C^dH_3$ — इसी प्रकार समतुल्य हाइड्रोजनों को a, b, c तथा d से निर्देशित किया गया है अत: चार समावयवी उत्पाद संभव हैं।

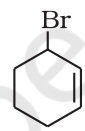
**6.5** (i) 


(ii) 


(iii) 


(iv) 


(v) $CH_3CH_2I$

(vi) 


**6.6** (i) क्लोरोमेथेन < ब्रोमोमेथेन < डाइब्रोमोमेथेन < ब्रोमोफार्म
अणुभार बढ़ने पर क्वथनांक बढ़ता जाता है।

(ii) आइसोप्रोपिल क्लोराइड < 1-क्लोरोप्रोपेन < 1-क्लोरोब्यूटेन
शाखित होने के कारण आइसोप्रोपिल क्लोराइड का गलनांक 1-क्लोरोप्रोपेन से कम होगा।

**6.7** (i) $CH_3CH_2CH_2CH_2Br$ — प्राथमिक हैलाइड होने के कारण कोई त्रिविम बाधा नहीं होगी।

(ii) $CH_3CH_2CH(Br)CH_3$ — द्वितीयक हैलाइड, तृतीयक हैलाइड की तुलना में अधिक तीव्रता से अभिक्रिया करता है।

(iii) $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2Br$ — मेथिल समूह हैलाइड समूह के निकट होने के कारण त्रिविम बाधा अधिक होगी तथा अभिक्रिया का वेग कम होगा।

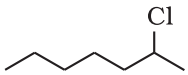


© NCERT not to be republished

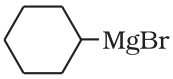
Reprint 2025-26

**6.8** (i)


तृतीयक कार्बोकैटायन का स्थायित्व अधिक होने के कारण तृतीयक हैलाइड की अभिक्रियाशीलता द्वितीयक हैलाइड से अधिक होगी।

(ii) 


प्राथमिक कार्बोकैटायन की तुलना में द्वितीयक कार्बोकैटायन का स्थायित्व अधिक होने के कारण।

**6.9** A = 

B =

C = RMgBr  R = $CH_3CHCH_3$

$R^1 = H_3C-C(CH_3)_2$  D = $H_3C-C(CH_3)_2-MgX$  E = $H_3C-C(CH_3)_2-H$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12088CH11

# एकक 7

# ऐल्कोहॉल, फ़ीनॉल एवं ईथर

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप –

- ऐल्कोहॉलों, फ़ीनॉलों तथा ईथरों के नामकरण IUPAC नामपद्धति के अनुसार कर पाएंगे।
- ऐल्कीनों, ऐल्डिहाइडों, कीटोनों तथा कार्बोक्सिलिक अम्लों से ऐल्कोहॉलों को बनाने की अभिक्रियाओं की विवेचना कर सकेंगे।
- हैलोऐरीनों, बेन्जीन सल्फोनिक अम्ल, डाइऐज़ोनियम लवणों तथा क्यूमीन से फ़ीनॉलों को बनाने की अभिक्रियाओं की व्याख्या कर सकेंगे।
- ऐल्कोहॉलों, ऐल्किल हैलाइडों तथा सोडियम ऐल्कॉक्साइडों / ऐरिल ऑक्साइडों से ईथरों के विरचन की अभिक्रियाओं की व्याख्या कर सकेंगे।
- ऐल्कोहॉलों, फ़ीनॉलों और ईथरों के भौतिक गुणधर्मों एवं उनकी संरचनाओं को सहसंबंधित कर सकेंगे।
- प्रकार्यात्मक समूहों के आधार पर तीनों वर्गों के यौगिकों की रासायनिक अभिक्रियाओं की व्याख्या कर सकेंगे।

***ऐल्कोहॉल, फ़ीनॉल और ईथर क्रमशः अपमार्जक, पूतिरोधी एवं सुगंधि बनाने के मूल यौगिक हैं।***

आपने पढ़ा है कि किसी हाइड्रोकार्बन के एक या उससे अधिक हाइड्रोजन परमाणुओं के दूसरे परमाणु या परमाणुओं के समूहों द्वारा प्रतिस्थापन से पूर्णतः नए यौगिकों का निर्माण होता है, जिनके गुणधर्म और अनुप्रयोग बिलकुल भिन्न होते हैं। जब ऐलिफ़ैटिक और ऐरोमैटिक हाइड्रोकार्बन का कोई हाइड्रोजन परमाणु हाइड्रॉक्सिल समूह द्वारा प्रतिस्थापित होता है तो क्रमशः **ऐल्कोहॉल** तथा **फ़ीनॉल** बनते हैं। इन वर्गों के यौगिकों के, उद्योगों और हमारे दैनिक जीवन में अनेक अनुप्रयोग हैं। उदाहरणार्थ, क्या आपने कभी ध्यान दिया है कि लकड़ी के फ़र्नीचर की पॉलिश में प्रयुक्त होने वाली सामान्य स्प्रिट मुख्य रूप से हाइड्रॉक्सिल समूह युक्त यौगिक एथेनॉल है। खाद्य शर्करा, वस्त्रों में प्रयुक्त कपास, लिखने के लिए कागज़, सभी –OH समूह युक्त यौगिकों से निर्मित हैं। आप ज़रा, कागज़ के बिना जीवन के बारे में कल्पना करें; जब कोई पुस्तक, पुस्तिका, समाचार पत्र, मुद्रा–नोट, चैक, प्रमाणपत्र नहीं होंगे। सुन्दर चित्रों तथा रुचिकर कहानियों वाली पत्रिकाएं हमारे जीवन से विलुप्त हो जाएंगी। यह वास्तव में एक भिन्न संसार होगा।

ऐल्कोहॉल में एक अथवा अधिक हाइड्रॉक्सिल (–OH) समूह, ऐलिफ़ैटिक तंत्र (R–OH) के कार्बन परमाणु (परमाणुओं) से सीधे जुड़े होते हैं जबकि फ़ीनॉल में हाइड्रॉक्सिल (–OH) समूह ऐरोमैटिक तंत्र (Ar–OH) के कार्बन परमाणु (परमाणुओं) से सीधे जुड़े होते हैं।

ऐल्कॉक्सी अथवा ऐरिलॉक्सी (R–O/ArO) समूह द्वारा हाइड्रोजन के प्रतिस्थापन से यौगिकों का एक दूसरा वर्ग प्राप्त होता है; जिन्हें ईथर कहते हैं। उदाहरणार्थ, $CH_3OCH_3$ (डाइमेथिल ईथर)। आप यह भी कल्पना कर

© NCERT not to be republished

सकते हैं कि ईथर वह यौगिक हैं जो किसी ऐल्कोहॉल अथवा फ़ीनॉल के हाइड्रॉक्सिल समूह की हाइड्रोजन के, किसी एल्किल या एरिल समूह द्वारा विस्थापन से बनती हैं।

इस एकक में, हम तीन वर्गों के यौगिकों के बारे में पढ़ेंगे; यह हैं– ऐल्कोहॉल, फ़ीनॉल एवं ईथर।

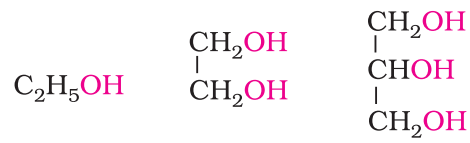
## 7.1 वर्गीकरण

यौगिकों के वर्गीकरण से उनका अध्ययन क्रमबद्ध एवं सरल हो जाता है। इसलिए आइए, हम पहले यह सीखें कि ऐल्कोहॉलों, फ़ीनॉलों एवं ईथरों को किस प्रकार वर्गीकृत किया जाता है?

### 7.1.1 एल्कोहॉल

**मोनो, डाइ, ट्राइ एवं पॉलीहाइड्रिक एल्कोहॉल**

ऐल्कोहॉलों और फ़ीनॉलों को उनके यौगिकों में उपस्थित एक (मोनो-), दो (डाइ-), तीन (ट्राइ-) अथवा अधिक हाइड्रॉक्सिल (–OH) समूहों की संख्या के अनुसार क्रमशः मोनो, डाइ, ट्राइ अथवा पॉलीहाइड्रिक यौगिकों में वर्गीकृत किया जाता है, जैसा कि निम्नलिखित संरचनाओं में दिखाया गया है–



मोनोहाइड्रिक डाइहाइड्रिक ट्राइहाइड्रिक

मोनोहाइड्रिक ऐल्कोहॉलों को हाइड्रॉक्सिल समूह से जुड़े कार्बन परमाणु की संकरण अवस्था के अनुसार पुनः वर्गीकृत किया जा सकता है।

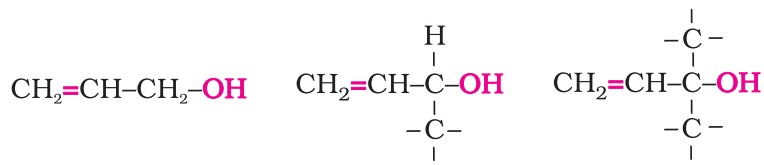
**(i) यौगिक जिनमें ($C_{sp^3}$– OH) आबंध उपस्थित हो**

ऐल्कोहॉलों के इस वर्ग में हाइड्रॉक्सिल (–OH) समूह ऐल्किल समूह के $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु से जुड़ा होता है। इन्हें पुनः निम्नलिखित प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है–

***प्राथमिक, द्वितीयक तथा तृतीयक ऐल्कोहॉल***— इन तीन प्रकार के ऐल्कोहॉलों में हाइड्रॉक्सिल (–OH) समूह क्रमशः प्राथमिक, द्वितीयक तथा तृतीयक कार्बन परमाणु से जुड़ा होता है, जैसा कि नीचे दर्शाया गया है–

प्राथमिक (1°) द्वितीयक (2°) तृतीयक (3°)

***ऐलिलिक ऐल्कोहॉल***— इस प्रकार के ऐल्कोहॉल में –OH समूह, कार्बन-कार्बन द्विक्आबंध से अगले $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु पर अर्थात् ऐलिलिक कार्बन परमाणु से जुड़ा होता है। उदाहरणार्थ–



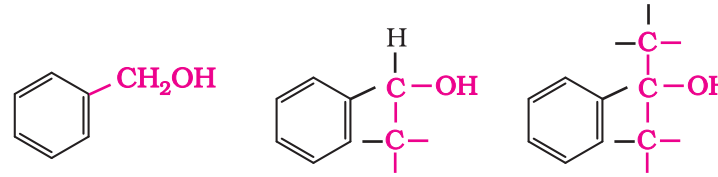
प्राथमिक द्वितीयक तृतीयक

***बेन्ज़िलिक ऐल्कोहॉल***– इस प्रकार के ऐल्कोहॉल में –OH समूह ऐरोमैटिक वलय से अगले $sp^3$ संकरित कार्बन परमाणु पर जुड़ा होता है। उदाहरणार्थ–



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26




प्राथमिक द्वितीयक तृतीयक

ऐलिलिक एवं बेंज़िलिक ऐल्कोहॉल भी प्राथमिक, द्वितीयक अथवा तृतीयक हो सकती हैं।

**(ii) यौगिक जिनमें ($C_{sp^2}$ – OH) आबंध उपस्थित हो**

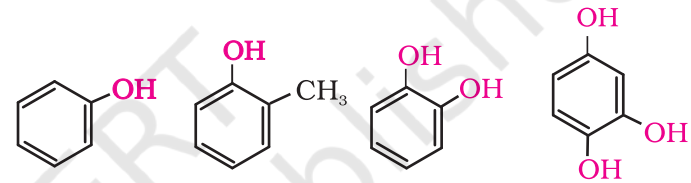
इन ऐल्कोहॉलों में –OH समूह कार्बन-कार्बन द्विक्आबंध जैसे वाइनिलिक कार्बन या ऐरिल कार्बन से जुड़ा होता है इन्हें वाइनिलिक ऐल्कोहॉल भी कहते हैं।

वाइनिलिक ऐल्कोहॉल– $CH_2 = CH - OH$

### 7.1.2 फ़ीनॉल मोनो, डाइ एवं ट्राई हाइड्रिक फ़ीनॉल

फ़ीनोलों को भी हाइड्रॉक्सिल समूह की संख्या के अनुसार मोनो, डाई एवं ट्राई हाइड्रिक फ़ीनोलों में वर्गीकृत किया जाता है।

फ़ीनॉल–




मोनोहाइड्रिक मोनोहाइड्रिक डाइहाइड्रिक ट्राइहाइड्रिक

### 7.1.3 ईथर

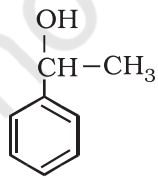
ईथरों में यदि ऑक्सीजन परमाणु से जुड़े दोनों ऐल्किल अथवा ऐरिल समूह एक समान हों तो उन्हें **सरल** अथवा **सममित** ईथर और यदि ये दोनों समूह भिन्न-भिन्न हों तो इन्हें **मिश्रित** अथवा **असममित** ईथर में वर्गीकृत करते हैं।

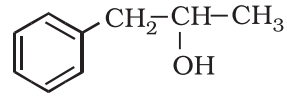
$C_2H_5OC_2H_5$ एक सममित ईथर है जबकि $C_2H_5OCH_3$ तथा $C_2H_5OC_6H_5$ असममित ईथर हैं।

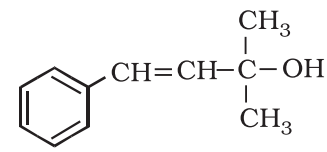
**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**7.1** निम्नलिखित को प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐल्कोहॉल में वर्गीकृत कीजिए–

(i) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2OH$ (ii) $H_2C=CH-CH_2OH$ (iii) $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

(iv) 


(v) 


(vi) 


**7.2** उपरोक्त उदाहरणों में से ऐलिलिक ऐल्कोहॉलों को पहचानिए।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

## 7.2 नामपद्धति

### (क) ऐल्कोहॉल

ऐल्कोहॉल के सामान्य नाम को व्युत्पन्न करने के लिए, हाइड्रॉक्सिल समूह से जुड़े ऐल्किल समूह के सामान्य नाम के साथ ऐल्कोहॉल शब्द जोड़ा जाता है। उदाहरणार्थ, $CH_3OH$ मेथिल ऐल्कोहॉल है। आईयूपीएसी (IUPAC) पद्धति (एकक-8, कक्षा-11) के अनुसार ऐल्कोहॉल का नाम व्युत्पन्न करने के लिए उस ऐल्केन के अंग्रेज़ी में लिखे नाम के अंतिम 'e' को अनुलग्न ऑल (ol) से प्रतिस्थापित किया जाता है, जिससे उस ऐल्कोहॉल की व्युत्पत्ति हुई है। प्रतिस्थापियों की स्थिति अंकों द्वारा इंगित की जाती है। इसके लिए सबसे लंबी कार्बन शृंखला (जनक शृंखला) का क्रमांकन उस सिरे से करते हैं जो हाइड्रॉक्सिल समूह के समीप हो। –OH समूह तथा अन्य प्रतिस्थापियों की स्थितियाँ उन कार्बन परमाणुओं के क्रमांक को प्रयुक्त कर दर्शाई जाती हैं जिससे वे जुड़े हों।

पॉलिहाइड्रिक ऐल्कोहॉलों का नामकरण करने के लिए ऐल्केन के अंग्रेज़ी के नाम का अंतिम e उसी प्रकार रखकर अंत में 'ऑल' जोड़ दिया जाता है। –OH समूहों की संख्या को 'ऑल' से पहले गुणात्मक पूर्वलग्न, डाइ, ट्राइ आदि लगाकर इंगित किया जाता है। –OH समूह की स्थिति को उपयुक्त स्थितिसूचक द्वारा इंगित करते हैं। उदाहरणार्थ– $HO–CH_2–CH_2–OH$ का नाम एथेन–1, 2–डाइऑल है। सारणी 7.1 में कुछ ऐल्कोहॉलों के सामान्य एवं आइयूपीएसी नाम दिए गए हैं।

**सारणी 7.1– कुछ ऐल्कोहॉलों के सामान्य तथा आईयूपीएसी नाम**

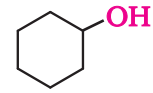
| यौगिक | सामान्य नाम | आईयूपीएसी (IUPAC) नाम |
|---|---|---|
| $CH_3–OH$ | मेथिल ऐल्कोहॉल | मेथेनॉल |
| $CH_3–CH_2–CH_2–OH$ | n- प्रोपिल ऐल्कोहॉल | प्रोपेन -1- ऑल |
| $CH_3–CH(OH)–CH_3$ | आइसोप्रोपिल ऐल्कोहॉल | प्रोपेन -2- ऑल |
| $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$ | n- ब्यूटिल ऐल्कोहॉल | ब्यूटेन -1- ऑल |
| $CH_3–CH(OH)–CH_2–CH_3$ | द्वितीयक-ब्यूटिल ऐल्कोहॉल | ब्यूटेन -2- ऑल |
| $CH_3–CH(CH_3)–CH_2–OH$ | आइसोब्यूटिल ऐल्कोहॉल | 2- मेथिलप्रोपेन-1-ऑल |
| $CH_3–C(CH_3)_2–OH$ | तृतीयक-ब्यूटिल ऐल्कोहॉल | 2- मेथिलप्रोपेन-2-ऑल |
| $H_2C(OH)–H_2C(OH)$ | इथलीन ग्लाईकाल | एथेन-1, 2,-डाइऑल |
| $CH_2(OH)–CH(OH)–CH_2(OH)$ | ग्लिसरॉल | प्रोपेन -1, 2, 3,-ट्राइऑल |

© NCERT not to be republished

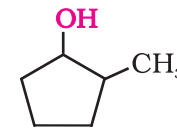


Reprint 2025-26

चक्रीय ऐल्कोहॉलों का नामकरण पूर्वलग्न साइक्लो लगाकर तथा –OH समूह को C–1 पर मानकर किया जाता है।



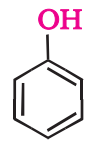

साइक्लोहेक्सेनॉल

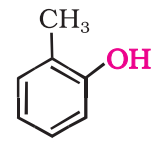


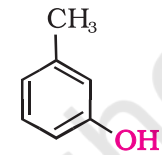

2–मेथिलसाइक्लोपेन्टेनॉल

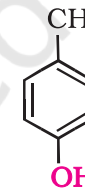
## (ख) फ़ीनॉल

बेन्जीन का सबसे सरलतम हाइड्रॉक्सिल व्युत्पन्न फ़ीनॉल है। यह इसका सामान्य नाम तथा आईयूपीएसी द्वारा अनुमत नाम भी है। चूँकि फ़ीनॉल की संरचना में बेन्जीन वलय होती है अत: इसके प्रतिस्थापित यौगिकों में *ऑर्थो* (1,2 द्विप्रतिस्थापित), *मेटा* (1,3 द्विप्रतिस्थापित) तथा *पैरा* (1,4 द्विप्रतिस्थापित) भी प्राय: सामान्य नाम में प्रयुक्त होते हैं।



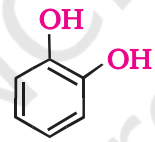



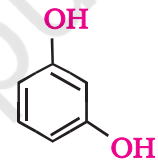



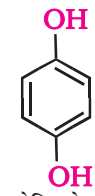




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **सामान्य नाम** | फ़ीनॉल | *o*-क्रीसॉल | *m*-क्रीसॉल | *p*-क्रीसॉल |
| **आईयूपीएसी नाम** | फ़ीनॉल | 2–मेथिल फ़ीनॉल | 3–मेथिल फ़ीनॉल | 4–मेथिल फ़ीनॉल |

बेन्जीन के डाइहाइड्रॉक्सी व्युत्पन्नों को बेन्जीन 1,2–,1,3–, या 1,4–, डाइऑल कहते हैं।




| | | | |
|---|---|---|---|
| **सामान्य नाम** | कैटेकोल | रिसॉर्सिनॉल | हाइड्रोक्विनोन अथवा क्विनॉल |
| **आईयूपीएसी नाम** | बेन्जीन 1, 2– डाइऑल | बेन्जीन 1, 3– डाइऑल | बेन्जीन 1, 4– डाइऑल |

## (ग) ईथर

ईथरों के साधारण नाम की व्युत्पत्ति के लिए ऐल्किल अथवा ऐरिल समूहों के नामों को अग्रेज़ी वर्णमाला के वर्णात्मक (alphabatical) क्रम में अलग–अलग लिखकर अंत में 'ईथर' शब्द लिखा जाता है।

उदाहरण के लिए $CH_3OC_2H_5$ एथिल मेथिल ईथर है। यदि दोनों ऐल्किल समूह समान हों तो ऐल्किल समूह से पूर्वलग्न 'डाइ' लगाते हैं। उदाहरणार्थ–

$CH_3$-$CH_2$-O-$CH_2$-$CH_3$ डाइएथिल ईथर

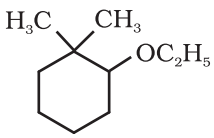
आईयूपीएसी नामपद्धति में, ईथरों को हाइड्रोकार्बनों का व्युत्पन्न माना जाता है जिनके हाइड्रोजन परमाणु –OR समूह अथवा –OAr समूह द्वारा प्रतिस्थापित होते हैं, जहाँ R व Ar क्रमश: ऐल्किल व ऐरिल समूह हैं। इनमें बड़े ऐल्किल (R) समूह को मूल हाइड्रोकार्बन चुना जाता है। कुछ ईथरों के नाम उदाहरण के रूप में सारणी 7.2 में दिए गए हैं।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

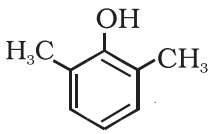
सारणी 7.2– कुछ ईथरों के साधारण तथा आईयूपीएसी नाम

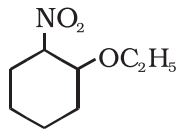
| यौगिक | साधारण नाम | आईयूपीएसी नाम |
|---|---|---|
| $CH_3OCH_3$ | डाइमेथिल ईथर | मेथॉक्सीमेथेन |
| $C_2H_5OC_2H_5$ | डाइएथिल ईथर | एथॉक्सीएथेन |
| $CH_3OCH_2CH_2CH_3$ | मेथिल n-प्रोपिल ईथर | 1-मेथॉक्सीप्रोपेन |
| $C_6H_5OCH_3$ | मेथिल फ़ेनिल ईथर (ऐनिसोल) | मेथॉक्सीबेन्जीन (ऐनिसोल) |
| $C_6H_5OCH_2CH_3$ | एथिल फ़ेनिल ईथर (फ़ेनीटॉल) | एथॉक्सीबेन्जीन |
| $C_6H_5O(CH_2)_6–CH_3$ | हेप्टिल फ़ेनिल ईथर | 1-फ़ीनॉक्सी हेप्टेन |
| $CH_3O-CH(CH_3)-CH_3$ | मेथिल आइसोप्रोपिल ईथर | 2-मेथॉक्सीप्रोपेन |
| $C_6H_5-O-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$ | फ़ेनिल आइसोपेन्टिल ईथर | 3-मेथिल ब्यूटॉक्सीबेन्जीन |
| $CH_3$-O-$CH_2$-$CH_2$-$OCH_3$ | – | 1, 2-डाइमेथॉक्सीएथेन |
|  | – | 2 – एथॉक्सी-1,1-डाइमेथिल साइक्लोहेक्सेन |

उदाहरण 7.1 निम्नलिखित यौगिकों के आईयूपीएसी नाम लिखिए—

(i) $CH_3-CH(Cl)-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2OH$

(ii) $CH_3-CH(CH_3)-O-CH_2CH_3$

(iii) 

(iv) 

हल (i) 4-क्लोरो-2, 3-डाइमेथिलपेन्टेन-1-ऑल (iii) 2, 6-डाइमेथिलफ़ीनॉल

(ii) 2-एथॉक्सीप्रोपेन (iv) 1-एथॉक्सी-2-नाइट्रोसाइक्लोहेक्सेन

© NCERT not to be republished

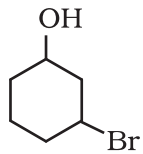


Reprint 2025-26

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**7.3** निम्नलिखित यौगिकों के आईयूपीएसी (IUPAC) नामपद्धति से नाम दीजिए–

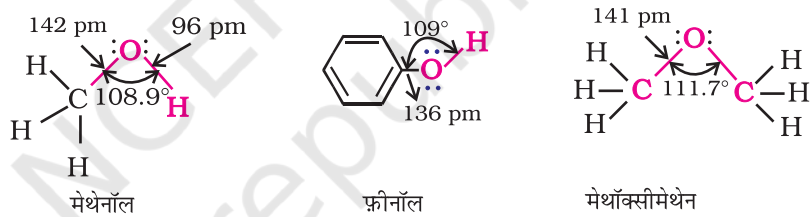
(i) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_2Cl}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_2OH}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ (ii) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-\overset{\overset{CH_2OH}{|}}{CH}-CH_3$

(iii) 


(iv) $H_2C=CH-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CH_3$ (iv) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}=\underset{\underset{Br}{|}}{C}-CH_2OH$

## 7.3 प्रकार्यात्मक समूहों की संरचनाएँ

ऐल्कोहॉलों में –OH समूह की ऑक्सीजन कार्बन के साथ एक सिग्मा ($\sigma$) आबंध द्वारा जुड़ी होती है। जो कार्बन के $sp^3$ संकरित कक्षक और ऑक्सीजन के $sp^3$ संकरित कक्षक के अतिव्यापन द्वारा बनता है। चित्र 7.1 मेथेनॉल, फ़ीनॉल तथा मेथॉक्सीमेथेन के संरचनात्मक पहलुओं को प्रदर्शित करता है।




*चित्र 7.1– मेथेनॉल, फ़ीनॉल तथा मेथॉक्सीमेथेन की संरचनाएँ*

ऐल्कोहॉलों में आबंध कोण चतुष्फलकीय कोण ($109^\circ 28'$) से थोड़ा सा कम होता है। ऐसा ऑक्सीजन के असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगलों के मध्य प्रतिकर्षण के कारण होता है। फ़ीनॉलों में, –OH समूह ऐरोमैटिक वलय के $sp^2$ संकरित कार्बन के साथ जुड़ा होता है। फ़ीनॉलों के कार्बन-ऑक्सीजन आबंध की लंबाई (136 pm) मेथेनॉल में उपस्थित इस आबंध की लंबाई से थोड़ी कम होती है। इसका कारण है– (i) ऑक्सीजन के असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल का ऐरोमैटिक वलय के साथ संयुग्मन होना; जिससे यह आबंध आंशिक द्विक्आबंध गुण प्राप्त करता है (खंड 7.4.4) एवं (ii) उस कार्बन की $sp^2$ संकरित अवस्था, जिससे ऑक्सीजन जुड़ी है।

ईथरों में ऑक्सीजन पर उपस्थित चार इलेक्ट्रॉन युगल यानी कि दो आबंधी इलेक्ट्रॉन युगल और दो अनाबंधित इलेक्ट्रॉन युगल, लगभग चतुष्फलकीय रूप में व्यवस्थित होते हैं। दो स्थूल R समूहों के मध्य प्रतिकर्षक अन्योन्यक्रिया के कारण आबंध कोण चतुष्फलकीय कोण से थोड़ा अधिक होता है। ईथरों में C–O आबंध की लंबाई (141 pm); ऐल्कोहॉलों के C–O आबंध की लंबाई के लगभग समान होती है।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

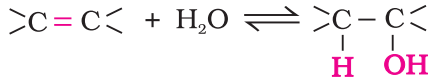
## 7.4 ऐल्कोहॉलों और फ़ीनॉलों का विरचन

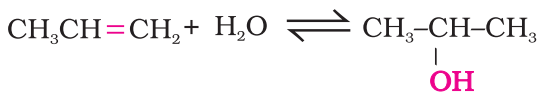
ऐल्कोहॉलों को निम्नलिखित विधियों द्वारा विरचित किया जाता है–

**1. ऐल्कीनो से**

### 7.4.1 ऐल्कोहॉलों का विरचन

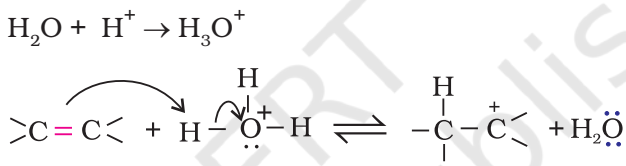
***(i) अम्ल उत्प्रेरित जलयोजन द्वारा***— ऐल्कीन तनु अम्ल की उत्प्रेरकों की तरह उपस्थिति में जल के साथ अभिक्रिया करके ऐल्कोहॉल बनाती हैं। असममित ऐल्कीनों में योगज अभिक्रिया *मार्कोनीकॉफ नियम* के अनुसार होती है। (एकक-9, कक्षा-11)



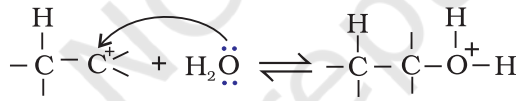


**क्रियाविधि**— अभिक्रिया की क्रियाविधि में निम्नलिखित तीन चरण सम्मिलित होते हैं–

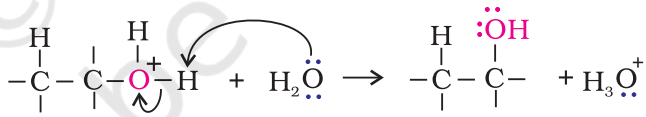
**चरण 1–** $H_3O^+$ के इलेक्ट्रॉनरागी आक्रमण के द्वारा ऐल्कीनों के प्रोटॉनन से कार्बोकैटायन बनते हैं।



**चरण 2–** कार्बोकैटायन पर जल का नाभिकरागी आक्रमण

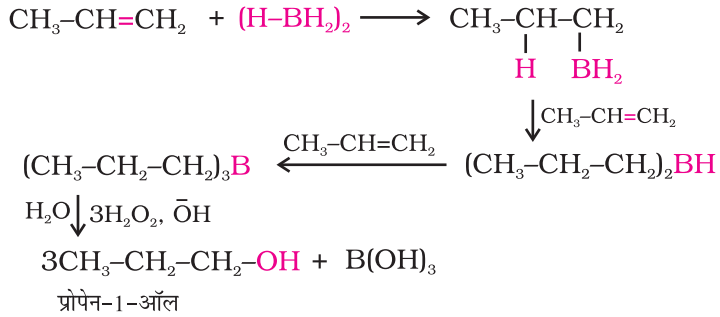


**चरण 3–** विप्रोटोनन जिससे ऐल्कोहॉल बनता है।



*हाइड्रोबोरॉनन-आक्सीकरण का विवरण सर्वप्रथम एच.सी.ब्राउन द्वारा 1959 में दिया गया था। बोरॉनयुक्त कार्बनिक यौगिकों के अध्ययन के लिए ब्राउन ने 1979 में रसायन विज्ञान का नोबेल पुरस्कार, जी.विटिग के साथ संयुक्त रूप से प्राप्त किया।*

***(ii) हाइड्रोबोरॉनन-ऑक्सीकरण के द्वारा***— डाइबोरेन $(BH_3)_2$ एल्कीनों से अभिक्रिया करके एक योगज उत्पाद ट्राइऐल्किल बोरेन बनाता है जो जलीय सोडियम हाइड्राक्साइड की उपस्थिति में हाइड्रोजन परआक्साइड द्वारा ऑक्सीकृत होकर ऐल्कोहॉल देता है।






© NCERT not to be republished

द्विक्आबंध पर बोरेन का योजन इस प्रकार होता है कि बोरॉन परमाणु, उस $sp^2$ संकरित कार्बन परमाणु पर जुड़ता है जिस पर पहले से ही अधिक हाइड्रोजन परमाणु उपस्थित होते हैं। इस प्रकार प्राप्त ऐल्कोहॉल, ऐसी दिखती है जैसे कि यह ऐल्कीनों से, मार्कोनीकॉफ के नियम के विपरीत जल योजन से बनी हो। इस अभिक्रिया में ऐल्कोहॉलों की लब्धि उत्तम होती है।

### 2. कार्बोनिल यौगिकों से

***(i) ऐल्डिहाइड व कीटोन के अपचयन द्वारा—*** ऐल्डिहाइड एवं कीटोन उत्प्रेरक की उपस्थिति में हाइड्रोजन के योजन (उत्प्रेरकी हाइड्रोजनन) द्वारा संगत ऐल्कोहॉलों में अपचित हो जाते हैं। सामान्यत: सूक्ष्म विभाजित धातु, जैसे–प्लैटिनम, पैलेडियम या निकैल उत्प्रेरक का कार्य करती हैं। ये ऐल्डिहाइड और कीटोनों की सोडियम बोरोहाइड्राइड ($NaBH_4$) अथवा लीथियम ऐलुमिनियम हाइड्रॉइड ($LiAlH_4$) के साथ अभिक्रिया द्वारा भी बनाई जा सकती हैं। ऐल्डिहाइड प्राथमिक ऐल्कोहॉल देते हैं, जबकि कीटोन द्वितीयक ऐल्कोहॉल देते हैं।

$$RCHO + H_2 \xrightarrow{Pd} RCH_2OH$$

$$RCOR' \xrightarrow{NaBH_4} R-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-R'$$

***(ii) कार्बोक्सिलिक अम्लों तथा एस्टरों के अपयचन द्वारा—*** कार्बोक्सिलिक अम्ल लीथियम ऐलुमिनियम हाइड्राइड जैसे प्रबल अपचायक द्वारा अपचित हो जाते हैं और प्राथमिक ऐल्कोहॉलों की उत्तम लब्धि देते हैं।

*तीर के निशान पर, अभिकर्मकों के नाम से पहले लिखी हुई संख्या इंगित करती है कि दूसरा अभिकर्मक तभी प्रयुक्त किया जाता है जब पहले अभिकर्मक के साथ अभिक्रिया पूर्णत: संपन्न हो जाती है।*

$$RCOOH \xrightarrow[\text{(ii) } H_2O]{\text{(i) } LiAlH_4} RCH_2OH$$

$LiAlH_4$ एक महँगा अभिकर्मक है अत: इसका प्रयोग केवल विशेष रसायनों को बनाने के लिए किया जाता है। औद्योगिक स्तर पर कार्बोक्सिलिक अम्लों का ऐल्कोहॉलों में अपचयन करने के लिए उन्हें एस्टर में परिवर्तित कर लिया जाता है (खंड 7.4.4) तत्पश्चात् उत्प्रेरक की उपस्थिति में एस्टर को हाइड्रोजन द्वारा अपचित कर लिया जाता है। (उत्प्रेरकी हाइड्रोजनन)

$$RCOOH \xrightarrow[H^+]{R'OH} RCOOR' \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{2H_2} RCH_2OH + R'OH$$

### 3. ग्रीन्यार अभिकर्मकों से

ग्रीन्यार अभिकर्मकों की ऐल्डिहाइड और कीटोन के साथ अभिक्रिया कराने पर ऐल्कोहॉल प्राप्त होती हैं (एकक 6, कक्षा 12)।

अभिक्रिया के प्रथम चरण में कार्बोनिल समूह पर ग्रीन्यार अभिकर्मक का नाभिकरागी संयोजन योगोत्पाद बनता है। योगोत्पाद के जल अपघटन से ऐल्कोहॉल प्राप्त होती है।

$$>C=O + \overset{\delta-}{R} \leftarrow \overset{\delta+}{Mg}-X \longrightarrow \underset{\text{योगोत्पाद}}{\left[ >\underset{\underset{R}{|}}{C}-\overset{-}{O}\,\overset{+}{Mg}-X \right]} \quad \ldots (i)$$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

$$\underset{\text{योगोत्पाद}}{\left[ >\underset{\underset{R}{|}}{C} - \overset{-}{O}\,\overset{+}{Mg} - X \right]} \xrightarrow{H_2O} >\underset{\underset{R}{|}}{C} - OH + Mg(OH)X \qquad \ldots (ii)$$

विभिन्न ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों की समग्र अभिक्रियाएं निम्नलिखित हैं–

*ग्रीन्यार अभिकर्मक की मेथेनैल द्वारा अभिक्रिया से प्राथमिक ऐल्कोहॉल प्राप्त होती है, अन्य ऐल्डिहाइड द्वितीयक ऐल्कोहॉल तथा कीटोन तृतीयक ऐल्कोहॉल देते हैं।*

$$HCHO + RMgX \rightarrow RCH_2OMgX \xrightarrow{H_2O} RCH_2OH + Mg(OH)X$$

$$RCHO + R'MgX \longrightarrow R-\underset{\underset{R'}{|}}{CH}-OMgX \xrightarrow{H_2O} R-\underset{\underset{R'}{|}}{CH}-OH + Mg(OH)X$$

$$RCOR + R'MgX \longrightarrow R-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R'}{|}}{C}}-OMgX \xrightarrow{H_2O} R-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R'}{|}}{C}}-OH + Mg(OH)X$$

आप देख सकते हैं कि मेथेनैल के साथ प्राथमिक ऐल्कोहॉल, किसी अन्य ऐल्डिहाइड के साथ द्वितीयक ऐल्कोहॉल तथा कीटोन के साथ तृतीयक ऐल्कोहॉल प्राप्त होती हैं।

**उदाहरण 7.2** निम्नलिखित अभिक्रियाओं के संभव उत्पादों की संरचनाएं तथा उनके आईयूपीएसी नाम दीजिए–

(क) ब्यूटेनैल का उत्प्रेरकी अपचयन

(ख) तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में प्रोपीन का जलयोजन

(ग) प्रोपेनोन की मेथिलमैग्नीशियम ब्रोमाइड के साथ अभिक्रिया तत्पश्चात् जल अपघटन

**हल** (क) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ ब्यूटेन-1-ऑल

(ख) $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ प्रोपेन-2-ऑल

(ग) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-OH$ 2-मेथिलप्रोपेन-2-ऑल

### 7.4.2 फ़ीनॉलों का विरचन

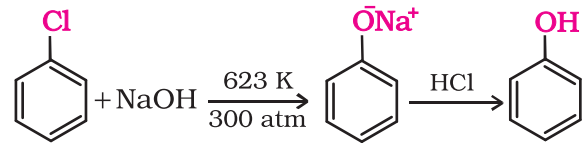
फ़ीनॉल, जिसे कार्बोलिक अम्ल भी कहते हैं, का पृथक्करण सर्वप्रथम उन्नीसवीं शताब्दी के प्रारंभ में कोलतार से किया गया था। आजकल फ़ीनॉल का औद्योगिक उत्पादन संश्लेषण द्वारा किया जाता है। प्रयोगशाला में फ़ीनॉल को बेन्जीन के व्युत्पन्नों से निम्नलिखित में से किसी भी विधि से प्राप्त किया जा सकता है–

**1. हैलोऐरीनों से**

क्लोरोबेन्जीन को NaOH के साथ 623 K ताप एवं 320 वायुमंडलीय दाब पर संगलित किया जाता है। इस प्रकार प्राप्त सोडियम फ़ीनॉक्साइड का अम्लन करने पर फ़ीनॉल प्राप्त होती है (एकक 6, कक्षा 12)।

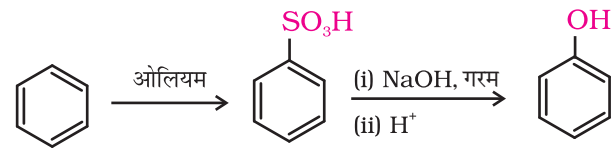


© NCERT not to be republished



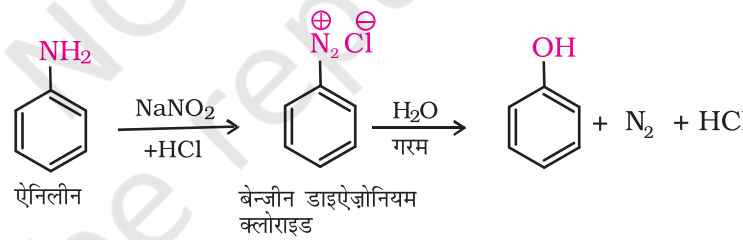

**2. बेन्जीन सल्फोनिक अम्लों से**

बेन्जीन का ओलियम द्वारा सल्फोनेशन किया जाता है तथा इससे प्राप्त सल्फोनिक अम्ल को गलित सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ गरम करके सोडियम फ़ीनॉक्साइड में परिवर्तित कर लिया जाता है। सोडियम लवण के अम्लन से फ़ीनॉल प्राप्त हो जाती है।




**3. डाइऐज़ोनियम लवणों से**

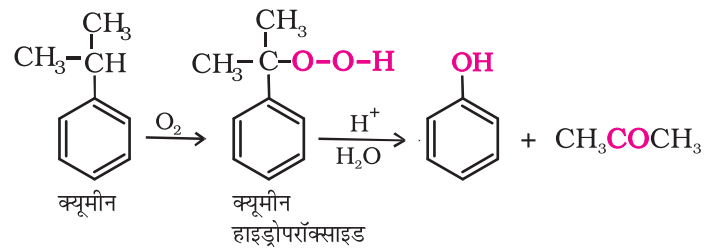
प्राथमिक ऐरोमैटिक ऐमीन की (273-278 K) ताप पर नाइट्रस अम्ल ($NaNO_2$+HCl) के साथ अभिक्रिया द्वारा डाइऐज़ोनियम लवण बनते हैं। डाइऐज़ोनियम लवण जल के साथ गर्म करने पर अथवा तनु अम्लों के साथ क्रिया करने पर जल अपघटित हो जाते हैं और फ़ीनाल देते हैं (एकक 9, कक्षा 12)।




**4. क्यूमीन से**

*विश्व में फ़ीनॉल का अधिकतर उत्पादन क्यूमीन से किया जाता है।*

फ़ीनॉल का उत्पादन हाइड्रोकार्बन क्यूमीन से किया जाता है। क्यूमीन (आइसोप्रोपिल बेन्जीन) को वायु की उपस्थिति में क्यूमीन हाइड्रोपरऑक्साइड में ऑक्सीकृत कर लिया जाता है। तनु अम्ल के साथ क्रिया द्वारा इसे फ़ीनॉल तथा ऐसीटोन में परिवर्तित किया जाता है। इस विधि से उत्पादन में इस अभिक्रिया का उपोत्पाद ऐसीटोन भी अधिक मात्रा में प्राप्त होता है।



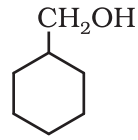



Reprint 2025-26

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**7.4** दर्शाइए कि मेथेनैल पर उपयुक्त ग्रीन्यार अभिकर्मक से अभिक्रिया द्वारा निम्नलिखित ऐल्कोहॉल कैसे विरचित किए जाते हैं?

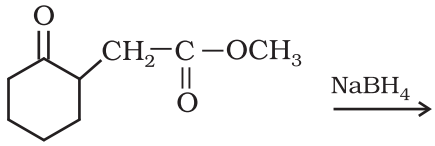
(i) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2OH$

(ii) 

**7.5** निम्नलिखित अभिक्रिया के उत्पादों की संरचना लिखिए–

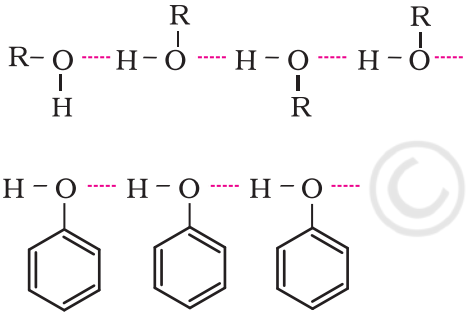
(i) $CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow{H_2O/H^+}$

(iii) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CHO \xrightarrow{NaBH_4}$

(ii) 

### 7.4.3 भौतिक गुणधर्म

ऐल्कोहॉलों एवं फ़ीनॉलों के दो भाग होते हैं– एक ऐल्किल/ऐरिल समूह तथा दूसरा हाइड्रॉक्सिल समूह। ऐल्कोहॉलों एवं फ़ीनॉलों के गुणधर्म मुख्यत: –OH समूह के कारण होते हैं। ऐल्किल और ऐरिल समूह की प्रकृति इन गुणधर्मों को सामान्यत: संशोधित करती हैं।

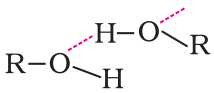


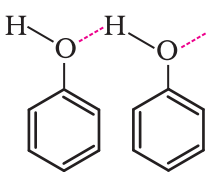
**क्वथनांक**

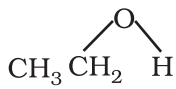
ऐल्कोहॉलों और फ़ीनॉलों के क्वथनांक कार्बन परमाणुओं की संख्या में वृद्धि के साथ (वांडरवाल्स बलों में वृद्धि) बढ़ते हैं। ऐल्कोहॉलों में, शाखन के बढ़ने के साथ-साथ (पृष्ठ क्षेत्रफल घटने से वांडरवाल बलों में कमी के कारण) क्वथनांक कम हो जाते हैं।

ऐल्कोहॉलों और फ़ीनॉलों में –OH समूह अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंध बनाते हैं जैसा कि चित्रों में प्रदर्शित किया गया है।

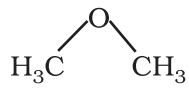
यह रोचक तथ्य है कि लगभग समान आण्विक द्रव्यमान वाले अन्य वर्गों के यौगिकों यानी कि हाइड्रोकार्बनों, ईथरों और हैलोऐल्केनों हैलोऐरीनो के यौगिकों की तुलना में ऐल्कोहॉलों तथा फ़ीनॉलों के क्वथनांक उच्चतर होते हैं। उदाहरणार्थ, एथेनॉल तथा प्रोपेन के आण्विक द्रव्यमान समतुल्य हैं किंतु इनके क्वथनांकों में काफ़ी अंतर है, मेथॉक्सीमेथेन का क्वथनांक इन दोनों के क्वथनांकों के मध्यवर्ती होता है।



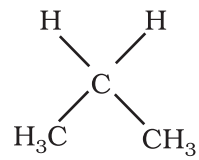




एथेनॉल
आण्विक द्रव्यमान/क्वथनांक
46/351 K



मेथॉक्सीमेथेन
आण्विक द्रव्यमान/क्वथनांक
46/248 K

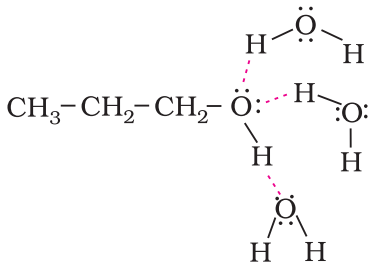


प्रोपेन
आण्विक द्रव्यमान/क्वथनांक
44/231 K



Reprint 2025-26

ऐल्कोहॉलों के उच्च क्वथनांक मुख्यत: अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंध की उपस्थिति के कारण होते हैं जिसका ईथरों एवं हाइड्रोकार्बनों में अभाव है।



**विलेयता**

ऐल्कोहॉलों और फ़ीनॉलों की जल में विलेयता उनकी जल के अणुओं के साथ हाइड्रोजन आबंध बनाने की क्षमता के कारण होती है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। यह विलेयता ऐल्किल/ऐरिल (जलविरागी) समूहों के आकार बढ़ने के साथ घटती है। अधिकांश निम्न आण्विक द्रव्यमान वाले ऐल्कोहॉल जल में सभी अनुपातों में मिश्रणीय होते हैं।

**उदाहरण 7.3** निम्नलिखित समूहों के यौगिकों को उनके क्वथनांकों के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित कीजिए–

(क) पेन्टेन-1-ऑल, ब्यूटेन-1-ऑल, ब्यूटेन-2-ऑल, एथेनॉल, प्रोपेन-1-ऑल, मेथेनॉल

(ख) पेन्टेन-1-ऑल, n-ब्यूटेन, पेन्टेनैल, एथॉक्सीएथेन

**हल** (क) मेथेनॉल, एथेनॉल, प्रोपेन-1-ऑल, ब्यूटेन -2-ऑल, ब्यूटेन -1-ऑल, पेन्टेन-1-ऑल

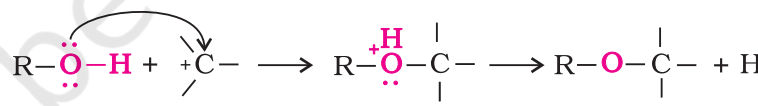
(ख) n-ब्यूटेन, एथॉक्सीएथेन, पेन्टेनैल, पेन्टेन-1-ऑल

### 7.4.4 रासायनिक अभिक्रियाएँ

ऐल्कोहॉल सर्वतोमुखी यौगिक हैं। ये नाभिकरागी (nucleophile) एवं इलेक्ट्रॉनरागी (electrophiles) दोनों के रूप में अभिक्रिया करती हैं।

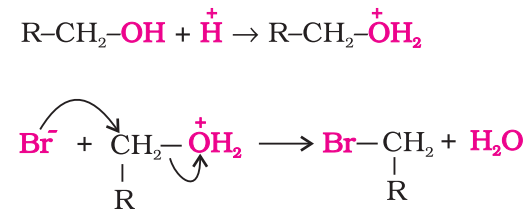
(i) जब ऐल्कोहॉल नाभिकरागी के रूप में अभिक्रिया करती हैं तो O–H के मध्य आबंध टूटता है।

*(ऐल्कोहॉल नाभिकरागी के रूप में)*



(ii) जब ऐल्कोहॉल इलेक्टॉनरागी के रूप में अभिक्रिया करती है तो C-O के मध्य आबंध टूटता है। प्रोटॉनित ऐल्कोहॉल इस प्रकार अभिक्रिया करती हैं–

*(प्रोटॉनित ऐल्कोहॉल इलेक्ट्रानरागी के रूप में)*



O–H व C–O आबंध के विदलन के आधार पर ऐल्कोहॉलों एवं फ़ीनॉलों की अभिक्रिया को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है–



© NCERT not to be republished

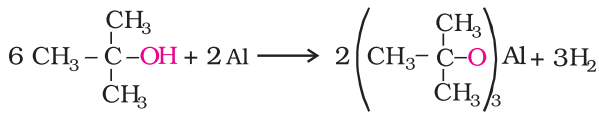
Reprint 2025-26

## (क) अभिक्रियाएँ जिनमें O–H आबंध का विदलन होता है

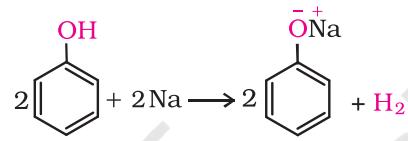
### *1. ऐल्कोहॉलों एवं फ़ीनॉलों की अम्लता*

**(i) धातुओं के साथ अभिक्रियाएँ—** ऐल्कोहॉल और फ़ीनॉल सक्रिय धातुओं, जैसे— सोडियम, पोटैशियम तथा ऐलुमिनियम के साथ अभिक्रिया करके संगत ऐल्कॉक्साइड/फ़ीनॉक्साइड एवं हाइड्रोजन देती हैं।

$$2R\text{–}O\text{–}H + 2Na \longrightarrow \underset{\substack{\text{सोडियम}\\\text{ऐल्कॉक्साइड}}}{2R\text{–}O\text{–}Na} + H_2$$

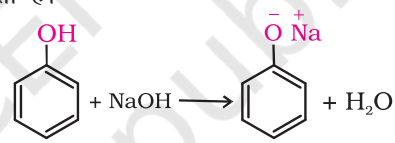


*तृतीयक*–ब्यूटिल ऐल्कोहॉल  ऐलुमिनियम *तृतीयक*–ब्यूटॉक्साइड

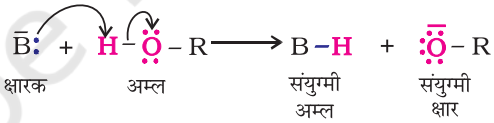


फ़ीनॉल  सोडियम फ़ीनाक्सॉइड

इसके अतिरिक्त फ़ीनॉल जलीय सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ अभिक्रिया द्वारा सोडियम फ़ीनॉक्साइड बनाती हैं।

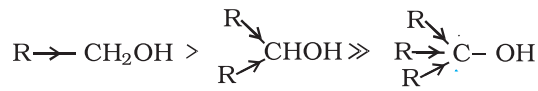


उपरोक्त अभिक्रियाएं दर्शाती हैं कि ऐल्कोहॉल एवं फ़ीनॉल अम्लीय प्रकृति की होती हैं। वास्तव में, ऐल्कोहॉल एवं फ़ीनॉल ब्रंसटेद अम्ल है अर्थात् वे किसी प्रबल क्षारक (B:) को प्रोटॉन प्रदान कर सकती हैं।



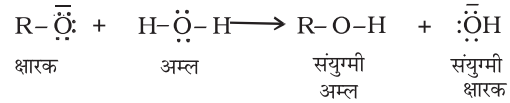
क्षारक  अम्ल  संयुग्मी अम्ल  संयुग्मी क्षार

**(ii) ऐल्कोहॉलों की अम्लता–** ऐल्कोहॉलों की अम्लीय प्रकृति ध्रुवीय O-H आबंध के कारण होती है इलेक्ट्रॉन विमोचक (दाता) समूह ($-CH_3$, $-C_2H_5$) ऑक्सीजन परमाणु पर इलेक्ट्रॉन घनत्व बढ़ा देते हैं जिससे O–H आबंध की ध्रुवता कम हो जाती है इससे अम्ल सामर्थ्य कम हो जाती है। इसके कारण ऐल्कोहॉलों की अम्ल-सामर्थ्य निम्नलिखित क्रम में घटती है–



प्राथमिक  द्वितीयक  तृतीयक

ऐल्कोहॉल जल की अपेक्षा दुर्बल अम्ल होती हैं। जल की ऐल्कॉक्साइड से अभिक्रिया कराने पर यह स्पष्ट हो जाता है।



क्षारक  अम्ल  संयुग्मी अम्ल  संयुग्मी क्षारक

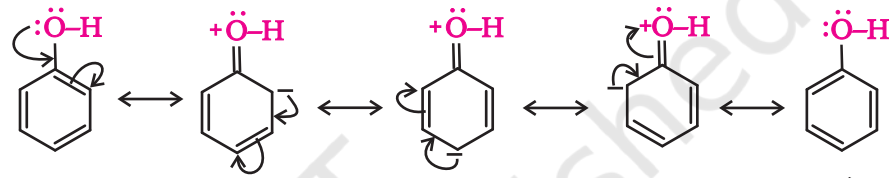


© NCERT not to be republished

यह अभिक्रिया प्रदर्शित करती है कि ऐल्कोहॉल की अपेक्षा जल एक बेहतर प्रोटॉन दाता है। (यानी कि प्रबलतर अम्ल), उपरोक्त अभिक्रिया में हम यह भी देख सकते हैं कि एक ऐल्कॉक्साइड आयन हाइड्रॉक्साइड आयन की अपेक्षा एक बेहतर प्रोटॉनग्राही होता है। जो यह संकेत देता है कि ऐल्कॉक्साइड प्रबलतर क्षारक होते हैं। (सोडियम एथॉक्साइड, सोडियम हाइड्रॉक्साइड से अधिक क्षारीय होता है।)

ऐल्कोहॉल भी ब्रंसटेद क्षारकों की भाँति कार्य करते हैं। ऐसा ऑक्सीजन पर उपस्थित असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगलों के कारण होता है जो इन्हें प्रोटॉनग्राही बनाते हैं।

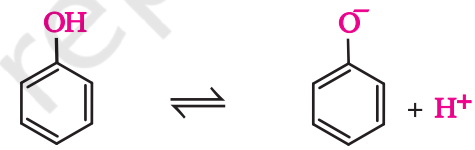
**(iii) फ़ीनॉलों की अम्लता—** फ़ीनॉल की धातुओं (उदाहरणार्थ; सोडियम तथा ऐलुमिनियम) तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ अभिक्रियाएं इसकी अम्लीय प्रकृति को दर्शाती हैं। फ़ीनॉल में हाइड्रॉक्सिल समूह बेन्जीन वलय के $sp^2$ संकरित कार्बन से सीधा संयुक्त रहता है जो कि इलेक्ट्रॉन अपनयक समूह के रूप में कार्य करता है। इसके कारण फ़ीनॉल अणु में आवेश वितरण से –OH समूह की ऑक्सीजन धनावेशित हो जाती है जैसा कि अनुनादी संरचनाओं द्वारा चित्रित किया गया है।



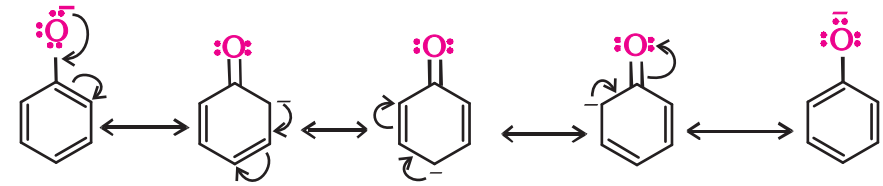
फ़ीनॉल की जलीय सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ अभिक्रिया यह इंगित करती है कि फ़ीनॉल, ऐल्कोहॉलों तथा जल की अपेक्षा अधिक प्रबल अम्ल होती हैं। आइए, यह जाँचें कि ऐरोमैटिक वलय से जुड़ा हाइड्रॉक्सिल समूह, ऐल्किल समूह से जुड़े हाइड्रॉक्सिल समूह की अपेक्षा अधिक अम्लीय कैसे हो जाता है।

किसी ऐल्कोहॉल तथा फ़ीनॉल का आयनन निम्नलिखित प्रकार से होता है।

$$R-\ddot{\underset{..}{O}}-H \rightleftharpoons R-\ddot{\underset{..}{O}}:^{-} + H^+$$



फ़ीनॉल में –OH से संयुक्त $sp^2$ संकरित कार्बन की उच्च विद्युतऋणात्मकता के कारण ऑक्सीजन पर इलेक्ट्रॉन घनत्व कम हो जाता है जिससे O–H आबंध की ध्रुवता बढ़ती है, जिसके फलस्वरूप ऐल्कोहॉल की अपेक्षा फ़ीनॉल के आयनन में वृद्धि होती है। अब, हम ऐल्कॉक्साइड एवं फ़ीनॉक्साइड आयनों के स्थायित्व के बारे में जाँच करें। ऐल्कॉक्साइड आयनों में ऋणावेश ऑक्सीजन पर स्थानागत होता है जबकि फ़ीनॉक्साइड आयनों में विस्थानित होता है। ऋणावेश का विस्थानन (संरचना I-V) फ़ीनॉक्साइड आयनों को अधिक स्थायी बनाता है तथा फ़ीनॉल के आयनन में सहायक होता है। यद्यपि फ़ीनॉल में भी आवेश का विस्थानन होता है परंतु इसकी अनुनादी संरचनाओं में आवेशों का पृथकन होता है जिसके कारण फ़ीनॉक्साइड आयन की अपेक्षा फ़ीनॉल अणु कम स्थायी होता है।



I II III IV V



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

*$pK_a$ मान जितना अधिक होगा, अम्ल उतना ही दुर्बल होगा।*

प्रतिस्थापित फ़ीनॉलों में नाइट्रो समूह जैसे इलेक्ट्रॉन अपनयक (प्रत्याहार्य) समूह, फ़ीनॉल की अम्लीय सामर्थ्य को बढ़ा देते हैं। जब ऐसे समूह *ऑर्थो* एवं *पैरा* स्थितियों पर उपस्थित होते हैं तो यह प्रभाव अधिक प्रबल हो जाता है। इसका कारण फ़ीनॉक्साइड आयन के आर्थो एवं पैरा स्थान पर के ऋणावेश का प्रभावी विस्थानन होता है। दूसरी ओर ऐल्किल समूह जैसे इलेक्ट्रॉन विमोचक (दाता) समूह सामान्य रूप से फ़ीनॉक्साइड आयन के बनने में सहायक नहीं होते, परिणामस्वरूप अम्ल सामर्थ्य में कमी आ जाती है। उदाहरणार्थ; फ़ीनॉल की अपेक्षा क्रीसॉल कम अम्लीय होते हैं।

**सारणी 7.3– कुछ फ़ीनॉलों और ऐथेनॉल के $pK_a$ का मान**

| यौगिक | सूत्र | $pK_a$ |
|---|---|---|
| *o*-नाइट्राफ़ीनॉल | *o*-$O_2N–C_6H_4–OH$ | 7.2 |
| *m*-नाइट्रोफ़ीनॉल | *m*-$O_2N–C_6H_4–OH$ | 8.3 |
| *p*-नाइट्रोफ़ीनॉल | *p*-$O_2N–C_6H_4–OH$ | 7.1 |
| फ़ीनॉल | $C_6H_5–OH$ | 10.0 |
| *o*-क्रीसॉल | *o*-$CH_3–C_6H_4–OH$ | 10.2 |
| *m*-क्रीसॉल | *m*-$CH_3–C_6H_4–OH$ | 10.1 |
| *p*-क्रीसॉल | *p*-$CH_3–C_6H_4–OH$ | 10.2 |
| एथेनॉल | $C_2H_5OH$ | 15.9 |

उपरोक्त आँकड़ों के आधार पर आप देखेंगे कि फ़ीनॉल एथेनॉल की तुलना में दस लाख गुना अधिक अम्लीय है।

**उदाहरण 7.4** निम्नलिखित यौगिकों को उनके अम्ल-सामर्थ्य के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए–

प्रोपेन-1-ऑल, 2,4,6-ट्राइनाइट्रोफ़ीनॉल, 3-नाइट्रोफ़ीनॉल, 3,5-डाइनाइट्रोफ़ीनॉल, फ़ीनॉल, 4-मेथिलफ़ीनॉल,

**हल** प्रोपेन-1-ऑल; 4-मेथिलफ़ीनॉल; फ़ीनॉल; 3-नाइट्रोफ़ीनॉल; 3,5-डाइनाइट्रोफ़ीनॉल; 2,4,6-ट्राइनाइट्रोफ़ीनॉल

### 2. एस्टरीकरण

ऐल्कोहॉल एवं फ़ीनॉल कार्बाक्सिलिक अम्लों, अम्ल क्लोराइडों एवं अम्ल ऐनहाइड्राइडों के साथ अभिक्रिया द्वारा एस्टर बनाती हैं।

$$Ar/RO-H + R'-COOH \overset{H^+}{\rightleftharpoons} Ar/ROCOR' + H_2O$$

$$Ar/R-OH + (R'CO)_2O \overset{H^+}{\rightleftharpoons} Ar/ROCOR' + R'COOH$$

$$R/ArOH + R'COCl \xrightarrow{\text{पिरिडीन}} R/ArOCOR' + HCl$$

*ऐस्पिरिन, पीड़ाहारी, शोथनाशी एवं ज्वरनाशी गुणधर्म वाली होती है।*

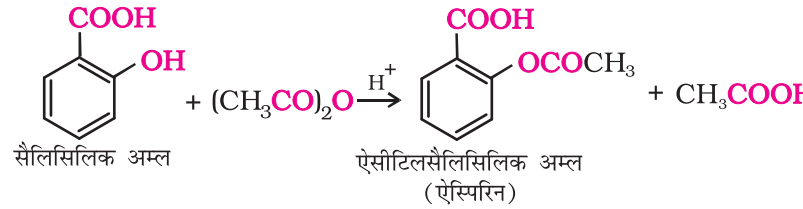
कार्बाक्सिलिक अम्ल तथा अम्ल ऐनहाइड्राइड की अभिक्रिया सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल की कुछ मात्रा की उपस्थिति में संपन्न होती है। यह अभिक्रिया उत्क्रमणीय होती है, अतः इसमें बने जल को तुरंत निष्कासित कर दिया जाता है। अम्ल क्लोराइड के साथ अभिक्रिया क्षारक



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

(पिरिडीन) की उपस्थिति में की जाती है जिससे कि अभिक्रिया से बने HCl को उदासीन किया जा सके। यह साम्य को दाईं ओर विस्थापित कर देता है। ऐल्कोहॉल तथा फ़ीनॉल में ऐसीटिल ($CH_3CO$) समूह का प्रवेश ऐसीटिलन कहलाता है। ऐस्पिरिन सैलिसिलिक अम्ल के ऐसीटिलन से प्राप्त होती है।




**(ख) अभिक्रियाएँ जिनमें कार्बन-ऑक्सीजन (C–O) आबंध का विदलन (Cleavage) होता है**

C–O आबंध विदलन की अभिक्रियाएँ केवल ऐल्कोहॉलों में पाई जाती हैं। फ़ीनॉल इस प्रकार की अभिक्रिया केवल जस्त चूर्ण के साथ प्रदर्शित करती हैं।

***1. हाइड्रोजन हैलाइडों के साथ अभिक्रिया***

ऐल्कोहॉल, हाइड्रोजन हैलाइडों के साथ अभिक्रिया करके ऐल्किल हैलाइड बनाती हैं (देखिए- एकक 6, कक्षा 12)

$$ROH + HX \rightarrow R\text{–}X + H_2O$$

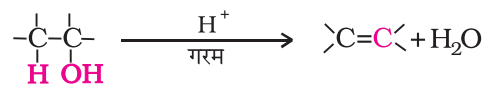
इन तीनों वर्गों की ऐल्कोहॉलों की HCl के प्रति अभिक्रियाशीलता के आधार पर इनमें विभेद किया जा सकता है **(ल्यूकास परीक्षण)**। ऐल्कोहॉल ल्यूकास अभिकर्मक (सांद्र HCl एवं $ZnCl_2$) में विलेय होती हैं जबकि उनके हैलाइड अमिश्रणीय होते हैं तथा विलयन में धुँधलापन (आविलता) उत्पन्न कर देते हैं। तृतीयक ऐल्कोहॉलों द्वारा धुँधलापन तत्काल उत्पन्न हो जाता है; क्योंकि वे आसानी से हैलाइड बनाती हैं। प्राथमिक ऐल्कोहॉल सामान्य ताप पर धुँधलापन उत्पन्न नहीं करतीं।

***2. फ़ॉस्फ़ोरस ट्राइहैलाइडों के साथ अभिक्रिया***

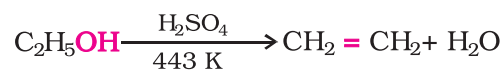
फ़ॉस्फ़ोरस ट्राइब्रोमाइड के साथ अभिक्रिया करने पर ऐल्कोहॉल, ऐल्किल ब्रोमाइड में परिवर्तित हो जाती है (देखिए— एकक 6, कक्षा 12)।

***3. निर्जलन***

ऐल्कोहॉल के सांद्र $H_2SO_4$ या $H_3PO_4$ जैसे प्रोटिक अम्लों अथवा निर्जलित ज़िंक क्लोराइड ऐलुमिना जैसे उत्प्रेरकों के द्वारा निर्जलित होने (जल के अणु के निष्कासन) पर ऐल्कीन बनती हैं। (एकक-9, कक्षा-11)




443 K ताप पर सांद्र $H_2SO_4$ के साथ गरम करने पर एथेनॉल का निर्जलन हो जाता है।






Reprint 2025-26

द्वितीयक तथा तृतीयक ऐल्कोहॉलों का निर्जलन अपेक्षाकृत मध्यम परिस्थितियों में किया जाता है। उदाहरणार्थ–

$$CH_3\overset{OH}{\overset{|}{C}}HCH_3 \xrightarrow[440\ K]{85\%\ H_3PO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$$

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OH \xrightarrow[358\ K]{20\%\ H_3PO_4} CH_3-\overset{CH_2}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + H_2O$$

*तृतीयक कार्बोकैटायन अधिक स्थायी होते हैं, अत: द्वितीयक एवं तृतीयक कार्बोकैटायनों की अपेक्षा आसानी से बनते हैं। तृतीयक ऐल्कोहॉलों का निर्जलन करना सबसे अधिक आसान है।*

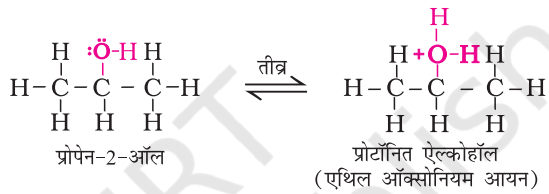
ऐल्कोहॉलों के सापेक्षिक निर्जलन की सुगमता का क्रम इस प्रकार होता है–

तृतीयक > द्वितीयक > प्राथमिक

प्रोपेन-2-ऑल के निर्जलन की क्रियाविधि में निम्नलिखित चरण होते हैं–

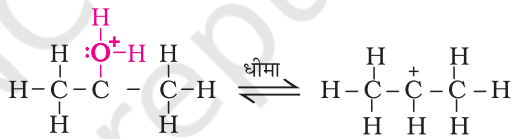
***क्रियाविधि***

**चरण 1–** प्रोटॉनित ऐल्कोहॉल का बनना–

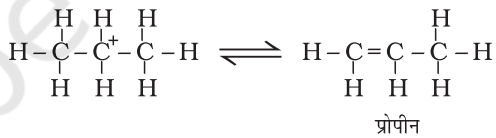



**चरण 2–** कार्बोकैटायन का बनना–

यह सबसे धीमा चरण है अत: यह अभिक्रिया का दर निर्धारक चरण होता है।

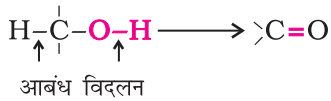



**चरण 3–** प्रोटॉन के निकल जाने से प्रोपीन का बनना–




चरण 1 में प्रयुक्त अम्ल, अभिक्रिया के चरण 3 में मुक्त हो जाता है। साम्य को दाईं ओर विस्थापित करने के लिए, प्रोपीन बनते ही निष्कासित कर ली जाती है।

***4. ऑक्सीकरण–*** ऐल्कोहॉलों के ऑक्सीकरण में O–H एवं C–H आबंधों का विदलन होता है तथा कार्बन-ऑक्सीजन द्विआबंध बनता है।




आबंधों का ऐसा विदलन एवं निर्माण ऑक्सीकरण अभिक्रियाओं में होता है। इन्हें **विहाइड्रोजनन** अभिक्रियाएं भी कहते हैं क्योंकि इनमें ऐल्कोहॉल अणु में से डाइहाइड्रोजन अणु की कमी हो जाती है। प्रयुक्त ऑक्सीकरण कर्मक के आधार पर, प्राथमिक ऐल्कोहॉल, ऐल्डिहाइड में ऑक्सीकृत हो जाती हैं जो बाद में कार्बोक्सिलिक अम्ल में ऑक्सीकृत हो जाता है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

$$RCH_2OH \xrightarrow{\text{ऑक्सीकरण}} \underset{\text{ऐल्डिहाइड}}{R-\overset{H}{\overset{|}{C}}=O} \longrightarrow \underset{\text{कार्बोक्सिलिक अम्ल}}{R-\overset{OH}{\overset{|}{C}}=O}$$

ऐल्कोहॉलों से सीधे कार्बोक्सिलिक अम्लों को प्राप्त करने के लिए प्रबल ऑक्सीकरण कर्मकों, जैसे अम्लीकृत पोटैशियम परमैंगनेट का उपयोग किया जाता है। ऐल्डिहाइडों को पृथक् करने के लिए $CrO_3$ का निर्जल माध्यम में ऑक्सीकरण कर्मक की तरह उपयोग किया जाता है।

$$RCH_2OH \xrightarrow{CrO_3} RCHO$$

प्राथमिक ऐल्कोहॉल के ऑक्सीकरण से ऐल्डिहाइड की अच्छी लब्धि प्राप्त करने के लिए पिरिडीनियम क्लोरोक्रोमेट (PCC) श्रेष्ठ अभिकर्मक है जो कि क्रोमियम ट्राइऑक्साइड का पिरिडीन व HCl के साथ संकुल है।

$$CH_3-CH=CH-CH_2OH \xrightarrow{PCC} CH_3-CH=CH-CHO$$

द्वितीयक ऐल्कोहॉल क्रोमिक ऐनहाइड्राइड ($CrO_3$) द्वारा कीटोनों में ऑक्सीकृत हो जाती हैं।

$$\underset{\text{द्वितीयक-ऐल्कोहॉल}}{R-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-R'} \xrightarrow{CrO_3} \underset{\text{कीटोन}}{R-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-R'}$$

$$RCH_2OH \xrightarrow[573K]{Cu} RCHO$$

$$R-\underset{OH}{\underset{|}{CH}}-R' \xrightarrow[573K]{Cu} R-\underset{O}{\underset{\|}{C}}-R'$$

$$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-OH \xrightarrow[573K]{Cu} CH_3-\overset{CH_3}{C}=CH_2$$

तृतीयक ऐल्कोहॉल ऑक्सीकरण अभिक्रिया नहीं करते। प्रबल अभिक्रिया परिस्थितियों, जैसे– प्रबल आक्सीकरण कर्मकों ($KMnO_4$) एवं उच्च ताप पर विभिन्न C–C आबंधों का विदलन होता है। जिससे कार्बोक्सिलिक अम्लों का मिश्रण प्राप्त होता है जिनमें कार्बन परमाणुओं की संख्या कम होती है।

जब प्राथमिक अथवा द्वितीयक ऐल्कोहॉल के वाष्पों को 573 K पर तप्त कॉपर के ऊपर से प्रवाहित किया जाता है तो विहाइड्रोजनन होता है तथा ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन बनते हैं। जबकि तृतीयक ऐल्कोहॉलों का निर्जलन होता है।

मेथेनॉल एवं एथेनॉल के जैविक ऑक्सीकरण से शरीर में संगत ऐल्डिहाइड बनते हैं, तत्पश्चात् अम्ल बनते हैं। कभी-कभी मद्यव्यसनी गलती से मेथेनॉल मिश्रित ऐथेनॉल जिसे विगुणित ऐल्कोहॉल भी कहते हैं, पी लेते हैं। शरीर में मेथेनॉल पहले मेथेनैल में ऑक्सीकृत होती है; तत्पश्चात् मेथेनॉइक अम्ल में, जो कि अन्धता एवं मृत्यु का कारण बन सकता है। मेथेनॉल की विषाक्तता के रोगी का उपचार तनुकृत ऐथेनॉल को अंतः शिरा द्वारा प्रदान करके किया जाता है। ऐल्डीहाइड (HCHO) को अम्ल में ऑक्सीकृत करने के लिए उत्तरदायी एन्जाइम जल ग्रहण कर लेता है जिससे वृक्क को मेथेनॉल उत्सर्जित करने के लिए समय प्राप्त हो जाता है।

### (ग) फ़ीनॉल की अभिक्रियाएँ

निम्नलिखित अभिक्रियाएँ केवल फ़ीनालों द्वारा दर्शायी जाती हैं–

***1. ऐरोमैटिक इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन–*** फ़ीनॉलों में ऐरोमैटिक वलय पर होने वाली अभिक्रियाएँ इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाएँ होती हैं। (एकक-9, कक्षा-11) बेन्जीन वलय पर जुड़ा –OH समूह इसे इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया की ओर सक्रियित करता है और आने वाले समूह को वलय में *ऑर्थो* एवं *पैरा* स्थिति पर निर्दिष्ट करता है। जिससे –OH समूह के अनुनाद प्रभाव के कारण ये स्थितियाँ इलेक्ट्रॉन-धनी हो जाती हैं। इनकी अनुनादी संरचनाएँ फ़ीनॉलों की अम्लता शीर्षक के अंतर्गत दर्शायी गई हैं।

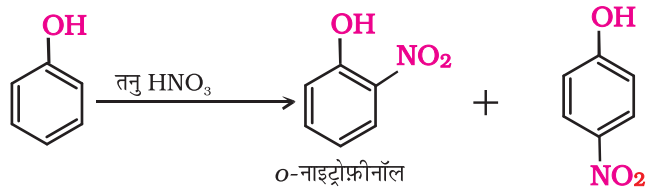


Reprint 2025-26

फ़ीनॉलों की सामान्य इलेक्ट्रॉनरागी ऐरोमैटिक प्रतिस्थापन अभिक्रियाएँ निम्नलिखित हैं–

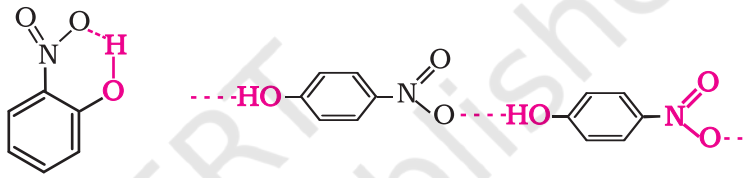
(i) ***नाइट्रोकरण***

निम्न ताप (298 K) पर तनु नाइट्रिक अम्ल के साथ फ़ीनॉल के नाइट्रोकरण से *ऑर्थो*-नाइट्रोफ़ीनॉल एवं *पैरा* नाइट्रोफ़ीनॉल का मिश्रण प्राप्त होता है।




*o*-नाइट्रोफ़ीनॉल *p*-नाइट्रोफ़ीनॉल

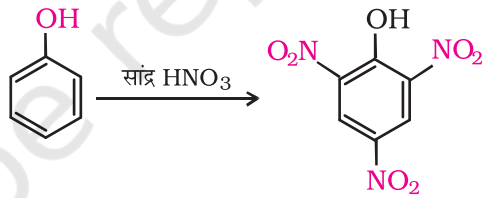
*ऑर्थो* एवं *पैरा* समावयवों को वाष्पीय आसवन द्वारा पृथक् किया जा सकता है। आंतरआण्विक हाइड्रोजन आबंध के कारण *ऑर्थो*-नाइट्रोफ़ीनॉल भाप द्वारा वाष्पित होती है जबकि *पैरा*-नाइट्रोफ़ीनॉल कम वाष्पशील होती है क्योंकि इसमें अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंध विद्यमान होता है, जिससे अणु संगुणित हो जाते हैं।



*o*-नाइट्रोफ़ीनॉल (आंतरआण्विकहाइड्रोजन आबंध) *p*-नाइट्रोफ़ीनॉल (अंतराआण्विकहाइड्रोजन आबंध)

सांद्र नाइट्रिक अम्ल के साथ फ़ीनॉल 2,4,6-ट्राइनाइट्रोफ़ीनॉल में परिवर्तित हो जाती है। उत्पाद को सामान्यत: पिक्रिक अम्ल कहते हैं। अभिक्रिया उत्पाद की लब्धि बहुत कम होती है।

*2,4,6-ट्राइनाइट्रोफ़ीनॉल तीन इलेक्ट्रॉन अपनयक –$NO_2$ समूहों की उपस्थिति के कारण प्रबल अम्ल होती है। यह समूह हाइड्रोजन आयन निकलने में सहायक होते हैं।*




2,4,6 - ट्राइनाइट्रोफ़ीनॉल (पिक्रिक अम्ल)

आजकल पिक्रिक अम्ल को बनाने के लिए सर्वप्रथम फ़ीनॉल की अभिक्रिया सांद्र $H_2SO_4$ के साथ करते हैं जिससे यह फ़ीनॉल-2, 4-डाइसल्फ़ोनिक अम्ल में परिवर्तित हो जाती है। तत्पश्चात् सांद्र $HNO_3$ के साथ अभिक्रिया द्वारा 2,4,6 - ट्राइनाइट्रोफ़ीनॉल प्राप्त कर लेते हैं।

*क्या आप इसमें सम्मिलित अभिक्रियाओं का समीकरण लिख सकते हैं?*

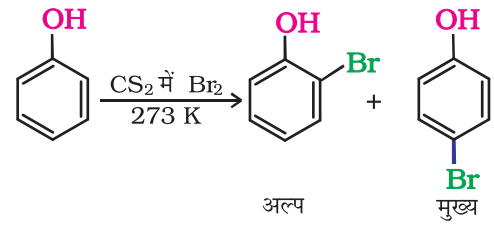
**(ii) *हैलोजनन***

फ़ीनॉल की ब्रोमीन के साथ अभिक्रिया द्वारा अलग-अलग प्रायोगिक अवस्थाओं में अलग-अलग उत्पाद प्राप्त होते हैं।

(क) जब $CHCl_3$ अथवा $CS_2$ जैसे कम ध्रुवीय विलायकों में निम्न ताप पर अभिक्रिया की जाती है तो मोनोब्रोमोफ़ीनॉल प्राप्त होती है।

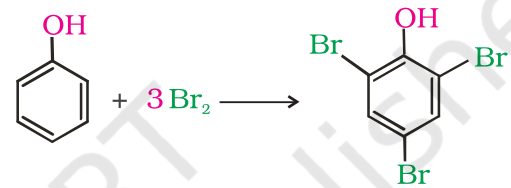


Reprint 2025-26




बेन्जीन का सामान्य हैलोजनन $FeBr_3$ जैसे लूइस अम्ल की उपस्थिति में होता है (एकक 6, कक्षा 12), जो हैलोजन अणु को ध्रुवित कर देता है। फ़ीनॉल की अभिक्रिया में ब्रोमीन का ध्रुवण लूइस अम्ल की अनुपस्थिति में भी संभव होता है। इसका कारण बेन्जीन से जुड़े –OH समूह का वलय पर उच्च सक्रियण प्रभाव होता है।

(ख) जब फ़ीनॉल की अभिक्रिया ब्रोमीन जल के साथ की जाती है तो 2, 4, 6-ट्राइब्रोमोफ़ीनॉल श्वेत अवक्षेप के रूप में बनता है।




2,4,6-ट्राइब्रोमोफ़ीनॉल

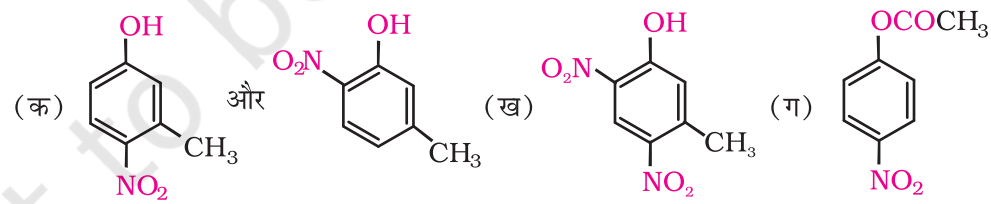
**उदाहरण 7.5** निम्नलिखित अभिक्रियाओं से बनने वाले मुख्य उत्पादों की संरचनाएं दीजिए।

(क) 3-मेथिलफ़ीनॉल का मोनोनाइट्रोकरण

(ख) 3-मेथिलफ़ीनॉल का डाइनाइट्रोकरण

(ग) फ़ेनिलऐथेनोएट का मोनोनाइट्रोकरण

**हल** –OH और $–CH_3$ समूहों का संयुक्त प्रभाव प्रवेश करने वाले समूहों की स्थिति निर्धारित करता है।



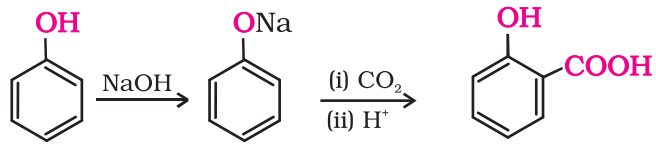

### *2. कोल्बे अभिक्रिया*

फ़ीनॉल को सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ अभिकृत कराने से बना फ़ीनॉक्साइड आयन, फ़ीनॉल की अपेक्षा इलेक्ट्रॉनरागी ऐरोमैटिक प्रतिस्थापन अभिक्रिया के प्रति अधिक क्रियाशील होता है। अतः यह $CO_2$ जैसे दुर्बल इलेक्ट्रॉनरागी के साथ इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया करता है। इससे ऑर्थो हाइड्रॉक्सीबेन्ज़ोइक अम्ल मुख्य उत्पाद के रूप में प्राप्त होता है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

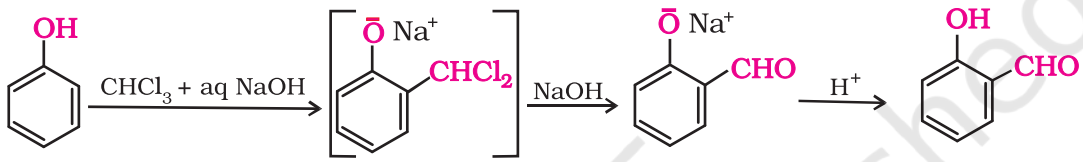



2-हाइड्रॉक्सीबेन्ज़ोइक अम्ल
(सैलिसिलिक अम्ल)

### *3. राइमर-टीमन अभिक्रिया*

फ़ीनॉल की सोडियम हाइड्रॉक्साइड की उपस्थिति में क्लोरोफ़ार्म के साथ अभिक्रिया से बेन्जीन में, –CHO समूह ऑर्थो स्थिति पर प्रवेश कर जाता है। इस अभिक्रिया को *राइमर-टीमन अभिक्रिया* (Reimer-Tiemann reaction) कहते हैं।

प्रतिस्थापित मध्यवर्ती बेन्ज़िल क्लोराइड क्षार की उपस्थिति में अपघटित होकर सैलिसैल्डिहाइड बनाता है।

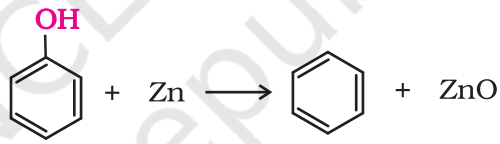


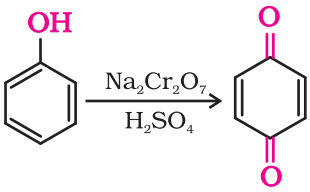

मध्यवर्ती

सैलिसैल्डिहाइड

### *4. फ़ीनॉल की यशदरज के साथ अभिक्रिया*

यशदरज के साथ गरम करने पर फ़ीनॉल बेन्जीन में परिवर्तित हो जाती है।




बेन्ज़ोक्विनोन

### *5. आक्सीकरण*

फ़ीनॉल के क्रोमिक अम्ल द्वारा आक्सीकरण से संयुग्मित डाइकीटोन बनता है जिसे बेन्ज़ोक्विनोन कहते हैं। वायु की उपस्थिति में फ़ीनॉल धीरे-धीरे गहरे रंग के क्विनोनों के मिश्रण में ऑक्सीकृत हो जाते हैं।

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**7.6** यदि निम्नलिखित ऐल्कोहॉल क्रमशः (क) HCl–$ZnCl_2$ (ख) HBr (ग) $SOCl_2$ से अभिक्रिया करें तो आप अपेक्षित उत्पादों की संरचनाएं दीजिए।

(i) ब्यूटेन -1-ऑल (ii) 2-मेथिलब्यूटेन-2-ऑल

**7.7** (i) 1-मेथिलसाइक्लोहैक्सेनॉल और (ii) ब्यूटेन-1-ऑल के अम्ल उत्प्रेरित निर्जलन के मुख्य उत्पादों की प्रागुक्ति कीजिए।

**7.8** *ऑर्थो* तथा *पैरा* नाइट्रोफ़ीनॉल, फ़ीनॉल से अधिक अम्लीय होती हैं। उनके संगत फ़ीनॉक्साइड आयनों की अनुनादी संरचनाएं बनाइए।

**7.9** निम्नलिखित अभिक्रियाओं में सम्मिलित समीकरण लिखिए–

(i) राइमर-टीमन अभिक्रिया (ii) कोल्बे अभिक्रिया

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

## 7.5 औद्योगिक महत्व के कुछ ऐल्कोहॉल

मेथेनॉल एवं एथेनॉल दो औद्योगिक महत्व की ऐल्कोहॉल हैं।

### 1. मेथेनॉल

मेथेनॉल, $CH_3OH$ जिसे 'काष्ठ स्प्रिट' भी कहते हैं, लकड़ी के भंजक आसवन द्वारा प्राप्त की जाती थी। वर्तमान में अधिकांश मेथेनॉल का उत्पादन उच्च ताप एवं दाब पर $ZnO - Cr_2O_3$ उत्प्रेरक की उपस्थिति में कार्बन मोनोक्साइड के उत्प्रेरकी हाइड्रोजनन द्वारा किया जाता है।

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[\substack{200\text{-}300\ atm \\ 573\text{-}673\ K}]{ZnO\text{-}Cr_2O_3} CH_3OH$$

मेथेनॉल एक रंगहीन द्रव है, जिसका क्वथनांक 337 K होता है। यह अत्यंत विषैली प्रकृति की होती है। इसके बहुत कम मात्रा में सेवन से भी अंधापन हो सकता है और इसकी अधिक मात्रा से मृत्यु भी हो सकती है। मेथेनॉल का उपयोग पेंट और वार्निश के लिए विलायक के रूप में और मुख्य रूप से फॉर्मेल्डीहाइड को बनाने के लिए किया जाता है।

### 2. एथेनॉल

ऐथेनॉल $C_2H_5OH$ को औद्योगिक स्तर पर किण्वन द्वारा प्राप्त किया जाता है। शर्करा के किण्वन से एथेनॉल प्राप्त करने की यह विधि सबसे पुरानी है। मोलैसेज (शीरे), गन्ने अथवा अंगूर जैसे फलों की शर्करा को इनवर्टेस एन्जाइम की उपस्थिति में ग्लूकोस एवं फ्रक्टोज़ (दोनों का आण्विक सूत्र $C_6H_{12}O_6$ है) में परिवर्तित कर लिया जाता है। ग्लूकोस एवं फ्रक्टोज़ को यीस्ट में पाए जाने वाले दूसरे एन्जाइम जाइमेज द्वारा किण्वन किया जाता है।

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{इनवर्टेज}} \underset{\text{ग्लूकोस}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{फ्रक्टोज़}}{C_6H_{12}O_6}$$

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{जाइमेज}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

शराब बनाने के लिए अंगूर शर्करा (द्राक्ष-शर्करा) तथा यीस्ट का स्रोत होते हैं। जब अंगूर पक जाते हैं तो उनमें शर्करा की मात्रा बढ़ जाती है तथा उनकी ऊपरी सतह पर यीस्ट उत्पन्न हो जाती है। जब अंगूरों को कुचला जाता है तो शर्करा एवं एन्जाइम संपर्क में आते हैं तथा किण्वन आरंभ हो जाता है। किण्वन अवायवीय स्थितियों यानी कि वायु की अनुपस्थिति में होता है। किण्वन में कार्बनडाइऑक्साइड निर्मुक्त होती है।

*एथेनॉल के सेवन का प्रभाव केंद्रीय तंत्रिका तंत्र पर पड़ता है। मध्यम मात्रा में यह निर्णय क्षमता पर प्रभाव डालती है तथा अंतर्बाधा को कम करती है। अधिक सांद्रता मितली और बेहोशी लाती है। उच्च सांद्रताओं में यह स्वत: श्वसन क्रिया में भी बाधा डालती है और प्राणघातक हो सकती है।*

उत्पन्न ऐल्कोहॉल की मात्रा 14% से अधिक हो जाने पर जाइमेज की क्रिया संदमित हो जाती है। यदि किण्वन मिश्रण में वायु आ जाती है तो वायु की ऑक्सीजन एथेनॉल को एथेनोइक अम्ल में आक्सीकृत कर देती है, जिससे ऐल्कोहॉली पेय का स्वाद नष्ट हो जाता है।

एथेनॉल एक रंगहीन द्रव है, जिसका क्वथनांक 351 K है। यह पेंट उद्योग में विलायक के रूप में तथा कार्बन के अनेक यौगिकों के विरचन में प्रयुक्त की जाती है। औद्योगिक ऐल्कोहॉल (सामान्य एथेनॉल) को कुछ कॉपर सल्फेट (रंग प्रदान करने के लिए) एवं पिरिडीन (दुर्गंधयुक्त तरल) मिलाकर पीने के अयोग्य बना दिया जाता है। इस प्रक्रम को ऐल्कोहॉल का **विकृतीकरण** कहते हैं। आजकल एथेनॉल की अधिक मात्रा एथीन के जलयोजन द्वारा प्राप्त की जाती है (खंड 7.4)।



Reprint 2025-26

## 7.6 ईथर

### 7.6.1 ईथरों का विरचन

**1. ऐल्कोहॉलों के निर्जलन द्वारा**

प्रोटिक अम्लों ($H_2SO_4$, $H_3PO_4$) की उपस्थिति में ऐल्कोहॉल निर्जलित हो जाती है। अभिक्रिया का उत्पाद ऐल्कीन होगा अथवा ईथर; यह अभिक्रिया की परिस्थितियों पर निर्भर करता है। उदाहरणार्थ; 443 K ताप पर सल्फ्यूरिक अम्ल की उपस्थिति में एथेनॉल निर्जलित होकर एथीन देती है। 413 K ताप पर एथॉक्सीएथेन मुख्य उत्पाद होता है।

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[443\ K]{H_2SO_4} CH_2{=}CH_2$$

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[413\ K]{H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_5$$

*डाइएथिल ईथर का उपयोग अंत:श्वसन निश्चेतक के रूप में होता रहा है। परंतु इसके धीमे असर एवं अप्रिय स्वास्थ्यलाभ समय के कारण, इसका प्रतिस्थापन दूसरे यौगिकों द्वारा कर दिया गया है।*

ईथर का विरचन एक द्विअणुक नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया ($S_N2$ अभिक्रिया) है जिसमें ऐल्कोहॉल अणु एक प्रोटॉनित ऐल्कोहॉल अणु पर आक्रमण करता है जैसा कि नीचे दर्शाया गया है–

(i) $CH_3{-}CH_2{-}\ddot{\underset{..}{O}}{-}H + H^+ \longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}\overset{H}{\ddot{\underset{..}{O}}}{-}H$

(ii) $CH_3CH_2{-}\ddot{O}{:}(H) + CH_3{-}CH_2{-}\overset{+}{O}(H)(H) \rightarrow CH_3CH_2{-}\overset{+}{O}(H){-}CH_2CH_3 + H_2O$

(iii) $CH_3CH_2{-}\overset{+}{O}(H){-}CH_2CH_3 \longrightarrow CH_3CH_2{-}O{-}CH_2CH_3 + H^+$

ऐल्कोहॉलों का अम्लीय निर्जलन, जिसमें ऐल्कीन बनती है, एक प्रतिस्थापन अभिक्रिया से भी संबंधित है जो ईथर देती है।

यह विधि केवल प्राथमिक ऐल्किल समूह युक्त ईथरों के विरचन के लिए ही उपयुक्त होती है। ऐल्किल समूह अबाधित तथा तापक्रम निम्न होना चाहिए अन्यथा अभिक्रिया ऐल्कीन के बनने में सहायक होगी। जब ऐल्कोहॉल *द्वितीयक* या *तृतीयक* होती है तो अभिक्रिया $S_N1$ पथ का अनुसरण करती है, जिसके बारे में आप उच्च कक्षाओं में अध्ययन करेंगे। तथापि *द्वितीयक* और *तृतीयक* ऐल्कोहॉलों के निर्जलन से ईथरों को प्राप्त करना असफल होता है; क्योंकि प्रतिस्थापन और विलोपन की प्रतिस्पर्धा में प्रतिस्थापन की बजाय विलोपन होने के परिणामस्वरूप ऐल्कीनें सरलता से बनती हैं।

*क्या आप समझा सकते हैं कि द्विअणुक निर्जलन, एथिल मेथिल ईथर के विरचन के लिए उपयुक्त क्यों नहीं है?*

**2. विलियम्सन संश्लेषण**

*ऐलेक्ज़ेंडर विलियम विलियम्सन (1824-1904) का जन्म लंदन में स्कॉट परिवार में हुआ। वह 1849 में यूनिवर्सिटी कॉलेज, लंदन में प्रोफ़ेसर नियुक्त हुए।*

यह सममित और असममित ईथरों को बनाने की एक महत्वपूर्ण प्रयोगशाला विधि है। इस विधि में, ऐल्किल हैलाइड की सोडियम ऐल्कॉक्साइड के साथ अभिक्रिया कराई जाती है।

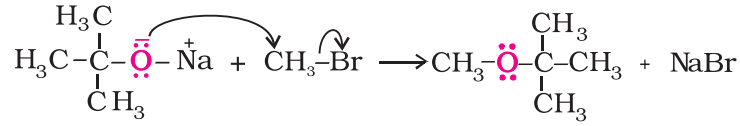
$$R{-}X + R'{-}\overset{-}{\ddot{\underset{..}{O}}}\,Na^+ \longrightarrow R{-}\ddot{\underset{..}{O}}{-}R' + Na\,X$$

प्रतिस्थापित (*द्वितीयक* अथवा *तृतीयक*) ऐल्किल समूह युक्त ईथर भी इस विधि द्वारा बनाई जा सकती हैं। इस अभिक्रिया में प्राथमिक ऐल्किल हैलाइड पर ऐल्कॉक्साइड आयन का ($S_N2$) आक्रमण होता है।

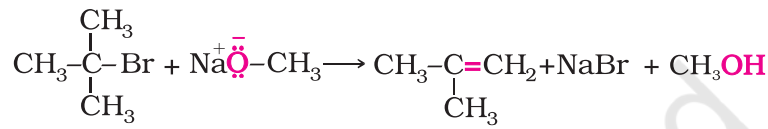


© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26



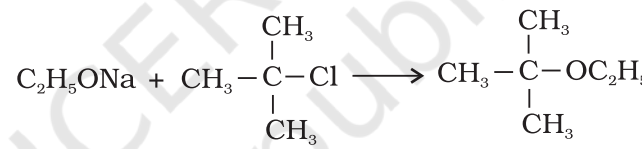
अगर ऐल्किल हैलाइड प्राथमिक होता है तो अच्छे परिणाम प्राप्त होते हैं। *द्वितीयक* एवं *तृतीयक* ऐल्किल हैलाइडों की अभिक्रिया में विलोपन, प्रतिस्पर्धा में प्रतिस्थापन से आगे होता है। यदि *तृतीयक* ऐल्किल हैलाइड का उपयोग किया जाए तो उत्पाद के रूप में केवल ऐल्कीन प्राप्त होती है एवं कोई ईथर नहीं बनती। उदाहरणार्थ; $CH_3ONa$ की $(CH_3)_3C–Br$ के साथ अभिक्रिया द्वारा केवल 2–मेथिलप्रोपीन प्राप्त होती है।



2–मेथिलप्रोपीन

ऐसा इसलिए होता है क्योंकि ऐल्कॉक्साइड न केवल नाभिकरागी होते हैं अपितु प्रबल

**उदाहरण 7.6** निम्नलिखित अभिक्रिया तृतीयक ब्यूटिल एथिल ईथर बनाने के लिए उपयुक्त नहीं है।

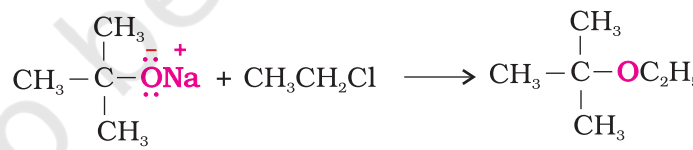


(i) इस अभिक्रिया का मुख्य उत्पाद क्या होगा?

(ii) तृतीयक–ब्यूटिलएथिल ईथर बनाने के लिए उपयुक्त अभिक्रिया लिखिए?

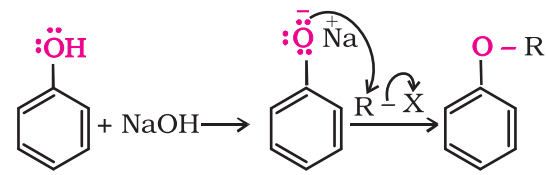
**हल** (i) दी गई अभिक्रिया में 2–मेथिलप्रोप–1–ईन मुख्य उत्पाद है; क्योंकि सोडियम एथॉक्साइड एक प्रबल नाभिकरागी एवं प्रबल क्षारक है, अत: विलोपन प्रतिस्थापन से अधिक प्रधान होता है।

(ii)



क्षारक भी होते हैं। वे ऐल्किल हैलाइडों के साथ विलोपन अभिक्रिया करते हैं।

इस विधि से फ़ीनॉलों को भी ईथरों में परिवर्तित किया जाता है। इसमें फ़ीनॉल का उपयोग फ़ीनाक्सॉइड अर्धांश (Moiety) के रूप में होता है।





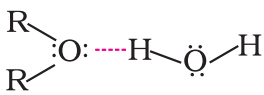
© NCERT not to be republished

### 7.6.2 भौतिक गुणधर्म

ईथर में C-O आबंध ध्रुवीय होते हैं, अत: ईथरों का नेट द्विध्रुव आघूर्ण होता है। ईथरों की अल्प ध्रुवता उनके क्वथनांकों को बहुत अधिक प्रभावित नहीं करती, जो कि समतुल्य आण्विक द्रव्यमान वाले ऐल्केनों के क्वथनांकों के समान होते हैं, परंतु वे ऐल्कोहॉलों के क्वथनांकों से बहुत कम होते हैं, जैसा कि निम्नलिखित स्थितियों में दर्शाया गया है–

| **सूत्र** | $CH_3(CH_2)_3CH_3$ | $C_2H_5–O–C_2H_5$ | $CH_3(CH_2)_3–OH$ |
|---|---|---|---|
| | n-पेन्टेन | एथॉक्सीएथेन | ब्यूटेन-1-ऑल |
| **क्वथनांक/K** | 309.1 | 307.6 | 390 |

ऐल्कोहॉलों एवं ईथरों के क्वथनांकों में अधिक अंतर का कारण ऐल्कोहॉलों में हाइड्रोजन आबंधों की उपस्थिति है।



ईथरों की जल में मिश्रणीयता, समान आण्विक द्रव्यमान वाले ऐल्कोहॉलों से सदृश्य होती है। एथॉक्सीएथेन एवं ब्यूटेन-1-ऑल दोनों ही जल में लगभग समान रूप से मिश्रणीय होते हैं अर्थात् 100 mL जल में क्रमश: 7.5 g तथा 9 g है जबकि पेन्टेन जल में अमिश्रणीय है। क्या आप इस प्रेक्षण को समझा सकते हैं? इसका कारण यह है कि ऐल्कोहॉलों की भाँति ईथरों का ऑक्सीजन परमाणु भी जल के साथ हाइड्रोजन आबंध बनाता है; जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।

### 7.6.3 रासायनिक अभिक्रियाएँ

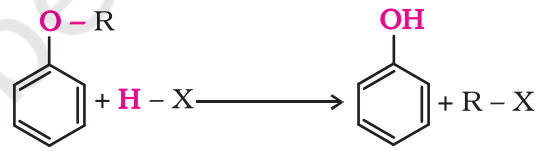
**1. ईथरों में C–O आबंध का विदलन**

ईथर प्रकार्यात्मक समूहों में सबसे कम अभिक्रियाशील होती हैं। ईथरों के C–O आबंध का विदलन उग्र परिस्थितियों में हाइड्रोजन हैलाइडों के आधिक्य में होता है। डाइऐल्किल ईथर की अभिक्रिया से ऐल्किल हैलाइड के दो अणु प्राप्त होते हैं।

$$R–O–R + HX \longrightarrow RX + R–OH$$

$$R–OH + HX \longrightarrow RX + H_2O$$

ऐरिल-ऑक्सीजन आबंध के अधिक स्थायी होने के कारण ऐल्किल ऐरिल ईथर का ऐल्किल-ऑक्सीजन आबंध विदलित होता है। इस अभिक्रिया से फ़ीनॉल एवं ऐल्किल हैलाइड प्राप्त होते हैं।



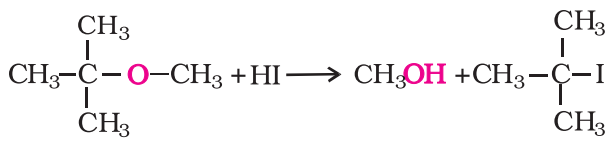

दो विभिन्न ऐल्किल समूहों वाली ईथर भी इसी प्रकार से विदलित होती हैं।

$$R–O–R' + HX \longrightarrow R–X + R'–OH$$

हाइड्रोजन हैलाइडों की अभिक्रियाशीलता का क्रम इस प्रकार होता है–

HI > HBr > HCl ईथरों का विदलन सांद्र HI अथवा HBr द्वारा उच्च ताप पर होता है।

जब इनमें से एक ऐल्किल समूह तृतीयक समूह होता है, तो तृतीयक हैलाइड प्राप्त होते हैं।



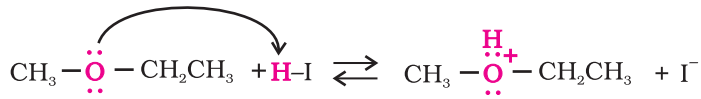



© NCERT not to be republished

***क्रियाविधि***

ईथर की सांद्र HI के साथ अभिक्रिया, ईथर के अणु के प्रोटॉनन से प्रारंभ होती है।

**चरण–1**

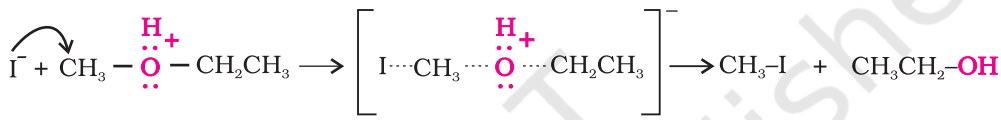


अभिक्रिया HI या HBr के साथ होती है; क्योंकि ये अभिकर्मक पर्याप्त अम्लीय होते हैं।

**चरण–2**

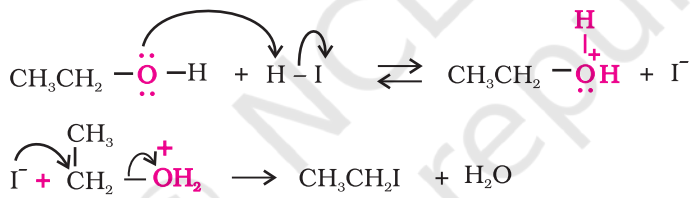
आयोडाइड एक अच्छा नाभिकरागी है। यह पद 1 से प्राप्त ऑक्सोनियम आयन के अल्पतम प्रतिस्थापित कार्बन पर आक्रमण करता है और $S_N2$ क्रियाविधि से ऐल्कोहॉल अणु को विस्थापित कर देता है।

अत: दो भिन्न ऐल्किल समूह युक्त मिश्रित ईथर के विदलन से बनने वाली ऐल्कोहॉल तथा ऐल्किल आयोडाइड कौन से होंगे यह ऐल्किल समूहों की प्रकृति पर निर्भर करता है। जब प्राथमिक अथवा द्वितीयक ऐल्किल समूह उपस्थित होते हैं तो निम्नतर ऐल्किल समूह ऐल्किल आयोडाइड ($S_N2$ अभिक्रिया) बनते हैं।

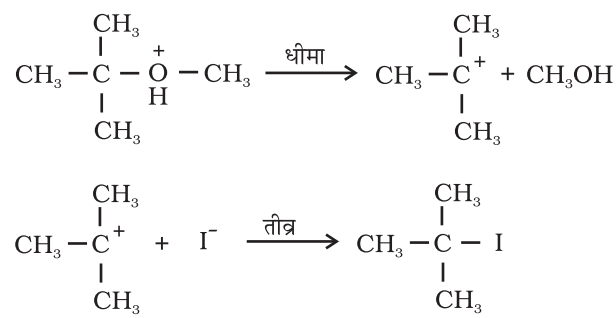


जब HI आधिक्य में होता है और अभिक्रिया उच्च ताप पर की जाती है तो एथेनॉल, HI के दूसरे अणु के साथ अभिक्रिया करके एथिल आयोडाइड में परिवर्तित हो जाती है।

**चरण–3**



इसका कारण अभिक्रिया के चरण 2 में निष्कासित होने वाले ($OH–CH_3$) समूह के निष्कासन से अधिक स्थायी कार्बोकेटायन [$(CH_3)_3C^+$] का बनाना जिससे अभिक्रिया $S_N1$ क्रियाविधि द्वारा संपन्न होती है।






© NCERT not to be republished

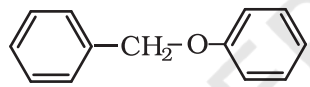
Reprint 2025-26

ऐनिसोल में ईथर के प्रोटॉनन द्वारा मेथिलफेनिल ऑक्सोनियम आयन $C_6H_5-\overset{+}{\underset{\underset{H}{|}}{O}}-CH_3$ बनता है। फेनिल समूह के कार्बन की $sp^2$ संकरण अवस्था तथा ($O-C_6H_5$) समूह के आंशिक द्विआबंध अभिलक्षण के कारण $O-CH_3$ का आबंध $O-C_6H_5$ आबंध की तुलना में दुर्बल होता है। इसलिए $I^-$ आयन का आक्रमण $O-CH_3$ आबंध को तोड़कर $CH_3I$ बनाता है। फ़ीनॉल पुनः अभिक्रिया करके हैलाइड नहीं देते क्योंकि फ़ीनॉल का $sp^2$ संकरित कार्बन (नाभिकरागी) प्रतिस्थापन अभिक्रिया नहीं दर्शा सकता जो कि हैलाइड में परिवर्तन के लिए आवश्यक है।

**उदाहरण 7.7** निम्नलिखित ईथरों को HI के साथ गरम करने से प्राप्त मुख्य उत्पाद दीजिए।

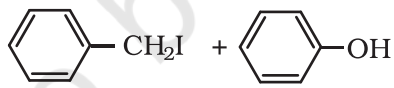
(i) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-O-CH_2-CH_3$

(ii) $CH_3-CH_2-CH_2-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-CH_3$

(iii) 

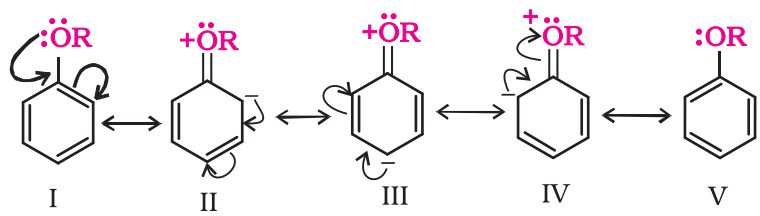
**हल** (i) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2OH + CH_3CH_2I$

(ii) $CH_3CH_2CH_2OH + CH_3CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-I$

(iii) 

**2. इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन**

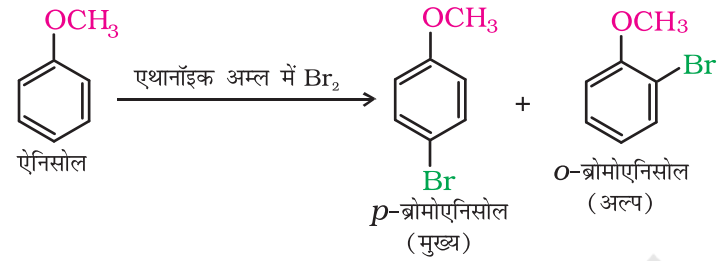
ऐल्कॉक्सी समूह (–OR) *ऑर्थो* एवं *पैरा* निर्देशक होता है तथा यह फ़ीनॉल के –OH समूह के समान ही ऐरोमैटिक वलय को इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन के प्रति सक्रिय करता है।



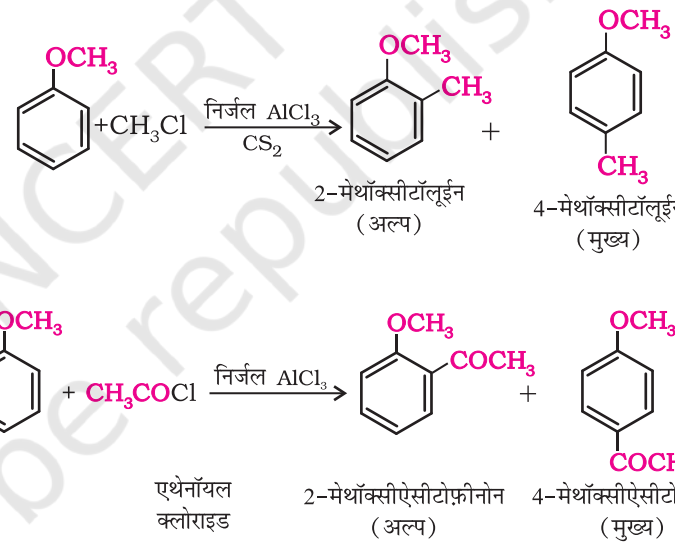



© NCERT not to be republished

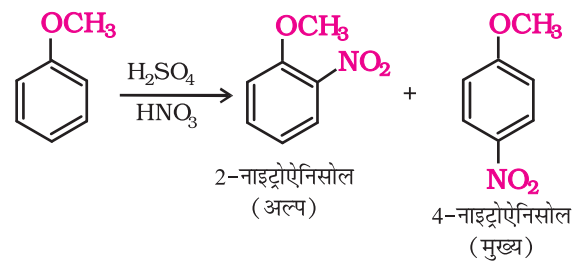
***(i) हैलोजनन—*** फ़ेनिलऐल्किल ईथर, बेन्जीन वलय में सामान्य हैलोजनन अभिक्रियाएं देता है। उदाहरणार्थ; ऐनिसोल का ब्रोमीनन, एथेनॉइक अम्ल में घुली ब्रोमीन द्वारा, आयरन (III) ब्रोमाइड उत्प्रेरक की अनुपस्थिति में भी होता है। ऐसा मेथॉक्सी समूह द्वारा बेन्जीन वलय के सक्रिमण के कारण होता है। इसमें *पैरा* समावयवी की लब्धि 90% होती है।




***(ii) फ्रीडेल क्राफ्ट अभिक्रिया—*** ऐनिसोल फ्रीडेल-क्राफ्ट अभिक्रिया देता है ऐलुमीनियम क्लोराइड (एक लुईस अम्ल) उत्प्रेरक की उपस्थिति में ऐल्किल हैलाइड तथा ऐसिल हैलाइड की अभिक्रिया द्वारा ऐल्किल तथा ऐसिल समूह *ऑर्थो* तथा *पैरा* स्थितियों पर प्रवेश करते हैं।




***(iii) नाइट्रोकरण—*** ऐनिसोल, सांद्र $H_2SO_4$ और सांद्र $HNO_3$ के मिश्रण के साथ अभिक्रिया द्वारा *ऑर्थो* और *पैरा* नाइट्रोएनिसोल का मिश्रण देता है।




© NCERT not to be republished

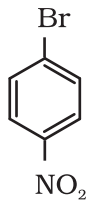


Reprint 2025-26

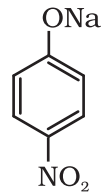
## पाठ्यनिहित प्रश्न

**7.10** एथेनॉल एवं 3-मेथिलपेन्टेन-2-ऑल से प्रारंभ कर 2-एथॉक्सी-3-मेथिलपेन्टेन के विलयम्सन संश्लेषण की अभिक्रिया लिखिए।

**7.11** 1-मेथॉक्सी-4-नाइट्रोबेन्जीन के विरचन के लिए निम्नलिखित अभिकारकों में से कौन सा युग्म उपयुक्त है और क्यों?

(i) 

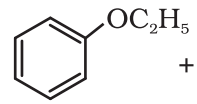
+ $CH_3ONa$

(ii) 

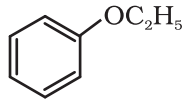
+ $CH_3Br$

**7.12** निम्नलिखित अभिक्रियाओं से प्राप्त उत्पादों का अनुमान लगाइए–

(i) $CH_3-CH_2-CH_2-O-CH_3 + HBr \rightarrow$

(ii) 

+ HBr $\longrightarrow$

(iii) 

$\xrightarrow[\text{सांद्र } HNO_3]{\text{सांद्र } H_2SO_4}$

(iv) $(CH_3)_3C-OC_2H_5 \xrightarrow{HI}$

## सारांश

**ऐल्कोहॉलों** एवं **फ़ीनॉलों** का वर्गीकरण– (i) हाइड्रॉक्सिल समूहों की संख्या व (ii) कार्बन परमाणु के $sp^3$ या $sp^2$ संकरण जिससे कि –OH समूह जुड़ा होता है, के आधार पर किया जाता है। **ईथरों** का वर्गीकरण ऑक्सीजन परमाणु से जुड़े समूहों के आधार पर किया जाता है।

ऐल्कोहॉलों को निम्नलिखित विधियों द्वारा बनाया जा सकता है–

(1) ऐल्कीनों के जलयोजन से– (i) अम्ल की उपस्थिति में तथा (ii) हाइड्रोबोरॉनन-आक्सीकरण अभिक्रिया द्वारा

(2) कार्बोनिल यौगिकों से– (i) उत्प्रेरकी अपचयन तथा (ii) ग्रीन्यार अभिकर्मक की क्रिया द्वारा

फ़ीनॉलों को निम्नलिखित विधियों द्वारा बनाया जा सकता है–

(1) –OH समूह से प्रतिस्थापन द्वारा– (i) हैलोऐरीन में हैलोजन परमाणु का तथा (ii) ऐरिल सल्फोनिक अम्ल में सल्फोनिक अम्ल समूह का प्रतिस्थापन।

(2) डाइऐज़ोनियम लवणों के जलअपघटन द्वारा।

(3) क्यूमीन से औद्योगिक उत्पादन द्वारा।

लगभग तुल्य द्रव्यमान वाले अन्य वर्गों, जैसे- हाइड्रोकार्बनों, ईथरों तथा हैलोऐल्केनों के यौगिकों की तुलना में ऐल्कोहॉलों के क्वथनांक अधिक होते हैं। ऐल्कोहॉलों, फ़ीनॉलों एवं ईथरों की जल के साथ **अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंध** बनाने की क्षमता के कारण यह जल में घुलनशील होती हैं।

ऐल्कोहॉल एवं फ़ीनॉल अम्लीय प्रकृति की होती हैं। फ़ीनॉलों में **इलेक्ट्रॉन अपनयक समूह** इनकी अम्ल प्रबलता को बढ़ाते हैं तथा **इलेक्ट्रॉन दाता (विमोचक) समूह** अम्ल प्रबलता को कम करते हैं।

ऐल्कोहॉल हाइड्रोजन हैलाइडों के साथ नाभिकरागी प्रतिस्थापन द्वारा ऐल्किल हैलाइड प्रदान करते हैं। ऐल्कोहॉलों का निर्जलन



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

ऐल्कीन देता है। दुर्बल ऑक्सीकारकों द्वारा प्राथमिक ऐल्कोहॉल ऑक्सीकृत होकर **ऐल्डिहाइड** प्रदान करते हैं तथा प्रबल ऑक्सीकारकों द्वारा **कार्बोक्सिलिक अम्ल** प्राप्त होते हैं। जबकि द्वितीयक ऐल्कोहॉल **कीटोन** देते हैं। तृतीयक ऐल्कोहॉल ऑक्सीकरण प्रतिरोधी होते हैं।

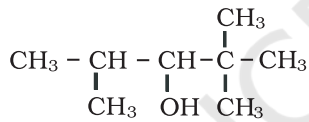
फ़ीनॉलों में, –OH समूह की उपस्थिति, ऐरोमैटिक वलय को **इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन** के प्रति सक्रियित कर देती है एवं अनुनादी प्रभाव के कारण आने वाले समूह को *ऑर्थो* तथा *पैरा* स्थितियों की ओर निर्दिष्ट करती है। फ़ीनॉल की **राइमर-टीमन अभिक्रिया** सैलिसैल्डिहाइड प्रदान करती है। सोडियम हाइड्राक्साइड की उपस्थिति में फ़ीनॉल फ़ीनॉक्साइड आयन देता है जो फ़ीनॉल से अधिक क्रियाशील होता है अत: क्षारीय माध्यम में फ़ीनॉल **कोल्बे अभिक्रिया** देती है।

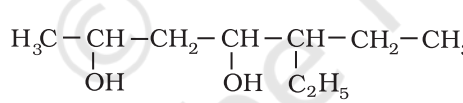
ईथरों को– (i) ऐल्कोहॉलों के निर्जलन तथा (ii) **विलियम्सन संश्लेषण** विधि द्वारा बनाया जाता है।

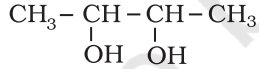
ईथरों के क्वथनांक ऐल्केनों से मिलते-जुलते होते हैं। जबकि इनकी विलेयता समान आण्विक द्रव्यमान वाले ऐल्कोहॉलों से तुल्य होती हैं। ईथरों के C–O आबंध को हाइड्रोजन हैलाइडों द्वारा विदलित किया जा सकता है। इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन में, ऐल्कॉक्सी समूह ऐरोमैटिक वलय को सक्रिय बनाता है तथा प्रवेश करने वाले समूह को *ऑर्थो* एवं *पैरा* स्थितियों की ओर निर्दिष्ट करता है।

## अभ्यास

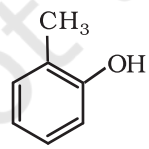
**7.1** निम्नलिखित यौगिकों के आईयूपीएसी (IUPAC) नाम लिखिए।

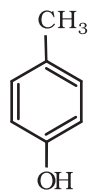
(i) 

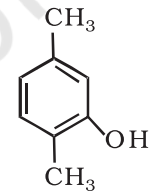
(ii) 

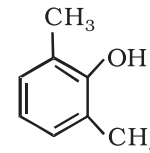
(iii) 

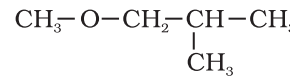
(iv) 

(v) 

(vi) 

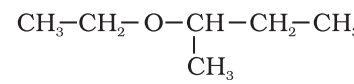
(vii) 

(viii) 

(ix) 

(x) $C_6H_5–O–CH_2–CH_3$

(xi) $C_6H_5–O–C_7H_{15}(n–)$

(xii) 



© NCERT not to be republished

**7.2** निम्नलिखित आईयूपीएसी (IUPAC) नाम वाले यौगिकों की संरचनाएं लिखिए–

(i) 2-मेथिलब्यूटेन -2-ऑल

(ii) 1-फ़ेनिलप्रोपेन-2-ऑल

(iii) 3, 5-डाइमेथिलहैक्सेन-1,3,5,-ट्राइऑल

(iv) 2, 3-डाइएथिलफ़ीनॉल

(v) 1-एथॉक्सीप्रोपेन

(vi) 2-एथॉक्सी-3-मेथिलपेन्टेन

(vii) साइक्लोहैक्सिलमेथेनॉल

(viii) 3-साइक्लोहैक्सिलपेन्टेन-3-ऑल

(ix) साइक्लोपेन्टेन-3-ईन-1-ऑल

(x) 4-क्लोरो-3-एथिलब्यूटेन-1-ऑल

**7.3** (i) $C_5H_{12}O$ आण्विक सूत्र वाले ऐल्कोहॉलों के सभी समावयवों की संरचना लिखिए एवं उनके आईयूपीएसी (IUPAC) नाम दीजिए।

(ii) प्रश्न 11.3 (i) के समावयवी ऐल्कोहॉलों को प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐल्कोहॉलों में वर्गीकृत कीजिए।

**7.4** समझाइए कि प्रोपेनॉल का क्वथनांक, हाइड्रोकार्बन ब्यूटेन से अधिक क्यों होता है?

**7.5** समतुल्य आण्विक भार वाले हाइड्रोकार्बनों की अपेक्षा ऐल्कोहॉल जल में अधिक विलेय होते हैं इस तथ्य को समझाइए।

**7.6** हाइड्रोबोरॉनन-ऑक्सीकरण अभिक्रिया से आप क्या समझते हैं? इसे उदाहरण सहित समझाइए।

**7.7** आण्विक सूत्र $C_7H_8O$ वाले मोनोहाइड्रिक फ़ीनॉलों की संरचनाएं तथा आईयूपीएसी (IUPAC) नाम लिखिए।

**7.8** *ऑर्थो* तथा *पैरा*-नाइट्रोफ़ीनॉलों के मिश्रण को भाप-आसवन द्वारा पृथक् करने में भाप-वाष्पशील समावयवी का नाम बताइए। इसका कारण दीजिए।

**7.9** क्यूमीन से फ़ीनॉल बनाने की अभिक्रिया का समीकरण दीजिए।

**7.10** क्लोरोबेन्जीन से फ़ीनॉल बनाने की रासायनिक अभिक्रिया लिखिए।

**7.11** एथीन के जलयोजन से एथेनॉल प्राप्त करने की क्रियाविधि लिखिए।

**7.12** आपको बेन्जीन, सांद्र $H_2SO_4$ और NaOH दिए गए हैं। इन अभिकर्मकों के उपयोग द्वारा फ़ीनॉल के विरचन की समीकरण लिखिए।

**7.13** आप निम्नलिखित को कैसे संश्लेषित करेंगे? दर्शाइए।

(i) एक उपयुक्त ऐल्कीन से 1-फ़ेनिलएथेनॉल

(ii) $S_N2$ अभिक्रिया द्वारा ऐल्किल हैलाइड के उपयोग से साइक्लोहेक्सिलमेथेनॉल

(iii) एक उपयुक्त ऐल्किल हैलाइड के उपयोग से पेन्टेन-1-ऑल

**7.14** ऐसी दो अभिक्रियाएं दीजिए जिनसे फ़ीनॉल की अम्लीय प्रकृति प्रदर्शित होती हो, फ़ीनाल की अम्लता की तुलना एथेनॉल से कीजिए।

**7.15** समझाइए कि ऑर्थो-नाइट्रोफ़ीनॉल, ऑर्थो-मेथॉक्सीफ़ीनॉल से अधिक अम्लीय क्यों होती है?

**7.16** समझाइए कि बेन्जीन वलय से जुड़ा –OH समूह उसे इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन के प्रति कैसे सक्रियित करता है?

**7.17** निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए समीकरण दीजिए–

(i) प्रोपेन-1-ऑल का क्षारीय $KMnO_4$ के साथ ऑक्सीकरण

(ii) ब्रोमीन की $CS_2$ में फ़ीनॉल के साथ अभिक्रिया

(iii) तनु $HNO_3$ की फ़ीनॉल से अभिक्रिया

(iv) फ़ीनॉल की जलीय NaOH की उपस्थिति में क्लोरोफार्म के साथ अभिक्रिया

**7.18** निम्नलिखित को उदाहरण सहित समझाइए—

(i) कोल्बे अभिक्रिया

(ii) राइमर-टीमन अभिक्रिया

(iii) विलियम्सन ईथर संश्लेषण

(iv) असममित ईथर।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

**7.19** एथेनॉल के अम्लीय निर्जलन से एथीन प्राप्त करने की क्रियाविधि लिखिए।

**7.20** निम्नलिखित परिवर्तनों को किस प्रकार किया जा सकता है?

(i) प्रोपीन $\rightarrow$ प्रापेन-2-ऑल

(ii) बेन्जिल क्लोराइड $\rightarrow$ बेन्जिल ऐल्कोहॉल

(iii) एथिल मैग्नीशियम क्लोराइड $\rightarrow$ प्रापेन-1-ऑल

(iv) मेथिल मैग्नीशियम ब्रोमाइड $\rightarrow$ 2-मेथिलप्रोपेन-2-ऑल

**7.21** निम्नलिखित अभिक्रियाओं में प्रयुक्त अभिकर्मकों के नाम बताइए—

(i) प्राथमिक ऐल्कोहॉल का कार्बोक्सिलिक अम्ल में आक्सीकरण

(ii) प्राथमिक ऐल्कोहॉल का ऐल्डिहाइड में आक्सीकरण

(iii) फ़ीनॉल का 2,4,6-ट्राइब्रोमोफीनॉल में ब्रोमीनन

(iv) बेन्जिल ऐल्कोहॉल से बेन्ज़ोइक अम्ल

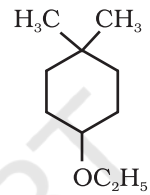
(v) प्रोपेन-2-ऑल का प्रोपीन में निर्जलन

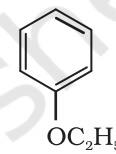
(vi) ब्यूटेन-2-ऑन से ब्यूटेन-2-ऑल

**7.22** कारण बताइए कि मेथॉक्सीमेथेन की तुलना में एथेनॉल का क्वथनांक उच्च क्यों होता है?

**7.23** निम्नलिखित ईथरों के आईयूपीएसी (IUPAC) नाम दीजिए—

(i) $C_2H_5OCH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ (ii) $CH_3OCH_2CH_2Cl$ (iii) $O_2N-C_6H_4-OCH_3(p)$

(iv) $CH_3CH_2CH_2OCH_3$ (v) 


(vi) 


**7.24** निम्नलिखित ईथरों को विलियम्सन संश्लेषण द्वारा बनाने के लिए अभिकर्मकों के नाम एवं समीकरण लिखिए—

(i) 1-प्रोपॉक्सीप्रोपेन (ii) एथॉक्सीबेन्जीन (iii) 2-मेथॉक्सी-2-मेथिलप्रोपेन (iv) 1-मेथॉक्सीएथेन

**7.25** कुछ विशेष प्रकार के ईथरों को विलियम्सन संश्लेषण द्वारा बनाने की सीमाओं को उदाहरणों से समझाइए।

**7.26** प्रोपेन-1-ऑल से 1-प्रोपाक्सीप्रोपेन को किस प्रकार बनाया जाता है? इस अभिक्रिया की क्रियाविधि लिखिए।

**7.27** द्वितीयक अथवा तृतीयक ऐल्कोहॉलों के अम्लीय निर्जलन द्वारा ईथरों को बनाने की विधि उपयुक्त नहीं है। कारण बताइए।

**7.28** हाइड्रोजन आयोडाइड की निम्नलिखित के साथ अभिक्रिया के लिए समीकरण लिखिए–

(i) 1-प्रोपॉक्सीप्रोपेन (ii) मेथॉक्सीबेन्जीन तथा (iii) बेन्ज़िल एथिल ईथर

**7.29** ऐरिल ऐल्किल ईथरों में निम्न तथ्यों की व्याख्या कीजिए–

(i) ऐल्कॉक्सी समूह बेन्जीन वलय को इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन के प्रति सक्रियित करता है, तथा

(ii) यह प्रवेश करने वाले प्रतिस्थापियों को बेन्जीन वलय की *ऑर्थो* एवं *पैरा* स्थितियों की ओर निर्दिष्ट करता है।

**7.30** मेथॉक्सीमेथेन की HI के साथ अभिक्रिया की क्रियाविधि लिखिए।

**7.31** निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए–

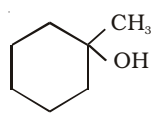
(i) फ्रीडेल-क्राफ्ट अभिक्रिया–ऐनिसोल का ऐल्किलन

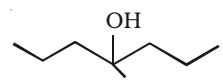
(ii) ऐनिसोल का नाइट्रोकरण

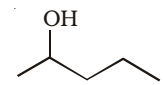
(iii) एथेनॉइक अम्ल माध्यम में ऐनिसोल का ब्रोमीनन

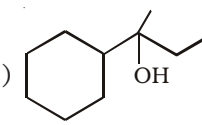
(iv) ऐनिसोल का फ्रीडेल-क्राफ्ट ऐसीटिलन।

**7.32** उपयुक्त ऐल्कीनों से आप निम्नलिखित ऐल्कोहॉलों का संश्लेषण कैसे करेंगे?

(i) 


(ii) 


(iii) 

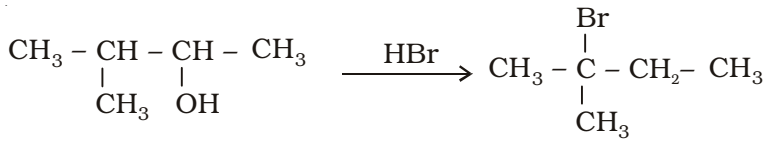

(iv) 


© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

**7.33** 3-मेथिलब्यूटेन-2-ऑल को HBr से अभिकृत कराने पर निम्नलिखित अभिक्रिया होती है—



इस अभिक्रिया की क्रियाविधि दीजिए।

(संकेत– चरण II में प्राप्त द्वितीयक कार्बोकैटायन हाइड्राइड आयन विचलन के कारण पुनर्विन्यासित होकर स्थायी तृतीयक कार्बोकैटायन बनाते हैं।)

## कुछ पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**7.1** प्राथमिक ऐल्कोहॉल (i) (ii) (iii)

द्वितीयक ऐल्कोहॉल (iv) तथा (v)

तृतीयक ऐल्कोहॉल (vi)

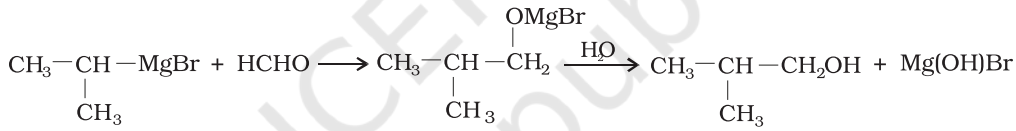
**7.2** ऐलिलिक ऐल्कोहॉल (ii) तथा (vi)

**7.3** (i) 4-क्लोरो-3-एथिल-2-(1-मेथिल एथिल)-ब्यूटेन-1-ऑल (iv) हेक्स-1-ईन-3-ऑल

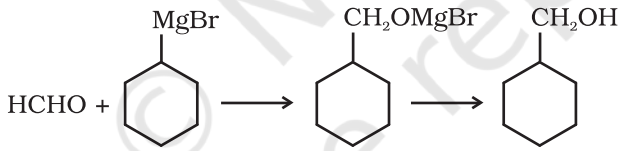
(ii) 2, 5-डाइमेथिलहेक्सेन-1,3-डाइऑल (v) 2-ब्रोमो-3-मेथिलब्यूट-2-ईन-1-ऑल

(iii) 3-ब्रोमोसाइक्लोहेक्सेनऑल

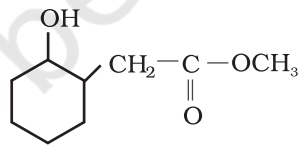
**7.4** (i)



(ii)



**7.5** (i) $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ (ii)

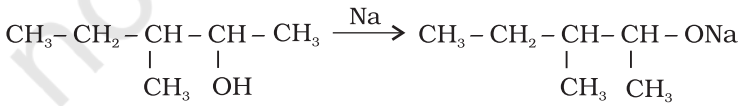


(iii) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2OH$

**7.7** (i) 1-मेथिलसाइक्लोहेक्सीन

(ii) ब्यूट-1-ईन एवं ब्यूट-2-ईन का मिश्रण बनता है जिसमें ब्यूट-2-ईन मुख्य उत्पाद होती है क्योंकि पुनर्विन्यास द्वारा सेकेंड्री कार्बोकैटायन बनता है।

**7.10**



$C_2H_5OH \xrightarrow{HBr} C_2H_5Br$

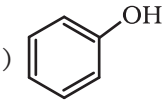
© NCERT not to be republished



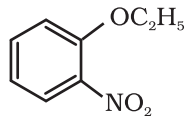
Reprint 2025-26

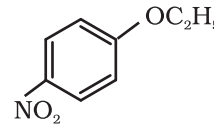
$$CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-ONa + C_2H_5Br \longrightarrow CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-OC_2H_5$$

2-एथॉक्सी-3-मेथिलपेन्टेन

**7.11** (ii) **11.12** (i) $CH_3CH_2CH_2Br + CH_3Br$ (ii) 

$+ \; C_2H_5Br$

(iii) 

+ 


(iv) $(CH_3)_3C-I + C_2H_5OH$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12088CH12

एकक

# 8

# ऐल्डिहाइड, कीटोन एवं कार्बोक्सिलिक अम्ल

## उद्देश्य

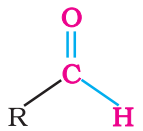
इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप –

- ऐल्डिहाइडों, कीटोनों एवं कार्बोक्सिलिक अम्लों के साधारण व IUPAC नाम लिख सकेंगे।
- कार्बोनिल व कार्बोक्सिलिक समूह युक्त यौगिकों की संरचना लिख सकेंगे।
- उपरोक्त वर्गों के यौगिकों के विरचन की महत्वपूर्ण विधियों एवं अभिक्रियाओं का वर्णन कर सकेंगे।
- ऐल्डिहाइडों, कीटोनों एवं कार्बोक्सिलिक अम्लों के भौतिक गुणधर्मों, रासायनिक अभिक्रियाशीलता और संरचनाओं के मध्य परस्पर संबंध स्थपित कर सकेंगे।
- ऐल्डिहाइडों व कीटोनों की कुछ चयनित अभिक्रियाओं की क्रियाविधि को समझा सकेंगे।
- कार्बोक्सिलिक अम्लों की अम्लता को प्रभावित करने वाले कारकों तथा उनकी अभिक्रियाओं को समझ सकेंगे।
- ऐल्डिहाइडों, कीटोनों एवं कार्बोक्सिलिक अम्लों के उपयोगों का वर्णन कर सकेंगे।

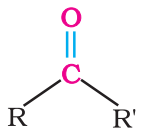
***कार्बनिक रसायन में कार्बोनिल यौगिकों का अत्यधिक महत्व है। यह वस्त्रों, सुगन्धों, प्लास्टिकों तथा औषधों के संघटक होते हैं।***

पिछले एकक में आपने ऐसे कार्बनिक यौगिकों का अध्ययन किया है, जिनमें प्रकार्यात्मक समूह में कार्बन तथा ऑक्सीजन परमाणु के मध्य एकल आबंध पाया जाता है। इस एकक में आप ऐसे कार्बनिक यौगिकों के बारे में अध्ययन करेंगे जिनमें प्रकार्यात्मक समूह में कार्बन तथा ऑक्सीजन के मध्य द्विआबंध (>C=O) होता है जिसे कार्बोनिल समूह कहते हैं। यह कार्बनिक रसायन का एक महत्वपूर्ण प्रकार्यात्मक समूह है।

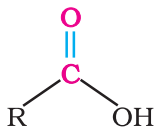
ऐल्डिहाइडों में कार्बोनिल समूह कार्बन व हाइड्रोजन से, जबकि कीटोनों में यह दो कार्बन परमाणुओं से आबंधित रहता है। कार्बोनिल यौगिक जिनमें कार्बोनिल समूह का कार्बन, हाइड्रोजन या कार्बन तथा हाइड्राक्सी माइटी (– OH) की ऑक्सीजन से आबंधित रहता है, कार्बोक्सिलिक अम्ल कहलाते हैं जबकि वे यौगिक जिनमें कार्बोनिल समूह का कार्बन, हाइड्रोजन या कार्बन तथा – $NH_2$ माइटी के नाइट्रोजन अथवा किसी हैलोजन से जुड़ा रहता है, क्रमशः एमाइड व ऐसिल हैलाइड कहलाते हैं। एस्टर और एनहाइड्राइड कार्बोक्सिलिक अम्लों के व्युत्पन्न होते हैं। इन वर्गों के यौगिकों के सामान्य सूत्र नीचे दिए गए हैं—



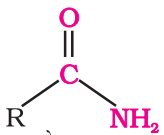
ऐल्डिहाइड



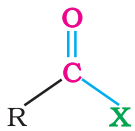
कीटोन



कार्बोक्सिलिक अम्ल

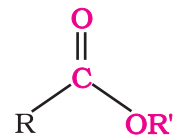


ऐमाइड

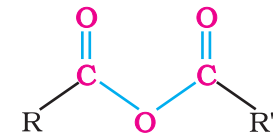


ऐसिल हैलाइड; X = (हैलोजन)

© NCERT not to be republished

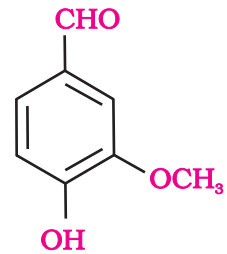


एस्टर

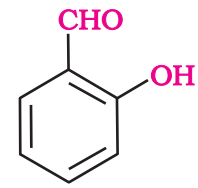


ऐसिड ऐनहाइड्राइड

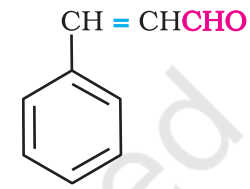
ऐल्डिहाइड, कीटोन एवं कार्बोक्सिलिक अम्ल पौधों और जीवों में विस्तृत रूप से पाए जाते हैं। ये जीवों की जैव रासायनिक प्रक्रिया में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं। ये प्रकृति में सुगंध व स्वाद प्रदान करते हैं। उदाहरणार्थ, वेनेलिन (बेनीला सेम से प्राप्त) सौलिसिल ऐल्डिहाइड (मेडोस्वीट से प्राप्त) तथा सिनेमैल्डिहाइड (दाल चीनी से प्राप्त) रुचिकर सुगंध देते हैं।



वेनेलिन



सैलिसिल ऐल्डिहाइड



सिनेमैल्डिहाइड

ये अनेक खाद्य उत्पादों व औषधों में सुगंध प्रदान करने के लिए प्रयुक्त होते हैं। इस वर्ग के कुछ यौगिकों का उत्पादन विलायक (ऐसीटोन) और आसंजी (चिपकने वाले) पदार्थ, पेंट, रेज़िन, सुगंध, प्लास्टिक, वस्त्र आदि बनाने के लिए किया जाता है।

## 8.1 कार्बोनिल यौगिकों का नामकरण एवं संरचना

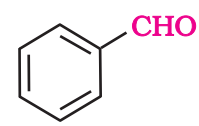
### 8.1.1 नामपद्धति

**(I) ऐल्डिहाइड एवं कीटोन**

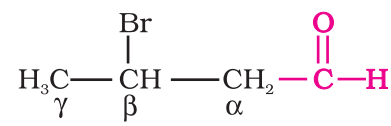
ऐल्डिहाइड एवं कीटोन सरलतम और अत्यंत महत्वपूर्ण कार्बोनिल यौगिक हैं। ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों के नामकरण की दो पद्धतियाँ हैं–

**(क) सामान्य नाम–** ऐल्डिहाइड एवं कीटोन प्राय: IUPAC नामपद्धति की अपेक्षा अपने सामान्य नामों से जाने जाते हैं। ऐल्डिहाइड के सामान्य नाम संगत कार्बोक्सिलिक अम्लों (खंड 8.6.1) के अंग्रेज़ी में लिखे सामान्य नामों के अंत में स्थित अनुलग्न इक के स्थान पर ऐल्डिहाइड अनुलग्न लगाकर प्राप्त करते हैं। साथ ही कार्बोक्सिलिक अम्ल या ऐल्डिहाइड के नाम में वास्तविक स्रोत का नाम लेटिन या ग्रीक में प्रतिबिंबित होता है। कार्बन शृंखला में प्रतिस्थापियों की स्थिति को ग्रीक अक्षरों $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$, आदि से प्रदर्शित करते हैं। $\alpha$ उस कार्बन परमाणु को कहते हैं जो सीधे ऐल्डिहाइड समूह के कार्बन परमाणु से संलग्न होता है। तत्पश्चात् $\beta$ कार्बन तथा अन्य इसी क्रम में आगे चलते हैं। उदाहरणार्थ–

ऐसीटैल्डिहाइड



बेन्जैल्डिहाइड

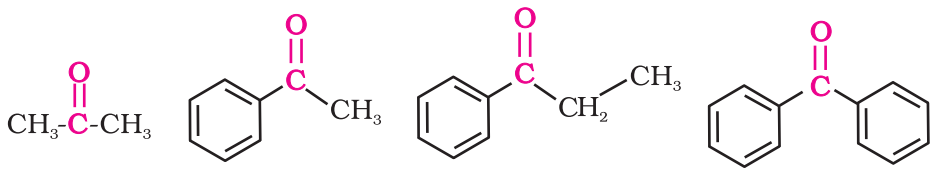


β-ब्रोमोब्यूटिरैल्डिहाइड



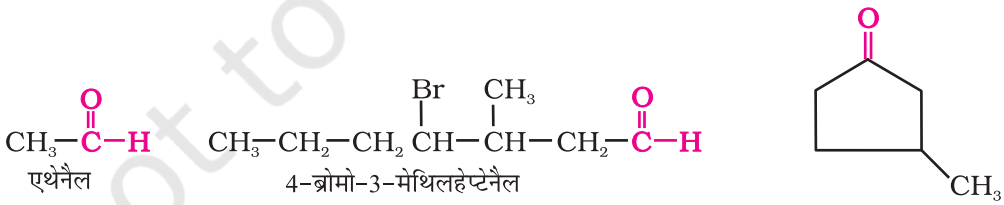
© NCERT not to be republished

कीटोनों के सामान्य नाम व्युत्पन्न करने के लिए कार्बोनिल समूह से जुड़े दो ऐल्किल या ऐरिल समूहों का नामकरण किया जाता है। प्रतिस्थापियों की स्थिति को ग्रीक अक्षरों $\alpha\ \alpha'$, $\beta\ \beta'$ आदि द्वारा प्रदर्शित करते हैं। $\alpha\ \alpha'$ कार्बन परमाणु वे होते हैं जो सीधे कार्बोनिल समूह (>C=O) से संलग्न होते हैं। कुछ कीटोनों के ऐतिहासिक सामान्य नाम होते हैं जैसे सरलतम डाइमेथिल कीटोन को ऐसीटोन कहते हैं। ऐल्किल फेनिल कीटोन का नाम लिखने के लिए ऐसिल समूह के नाम को फ़ीनॉन शब्द के साथ पूर्वलग्न की तरह जोड़कर लिखा जाता है; उदाहरणार्थ–

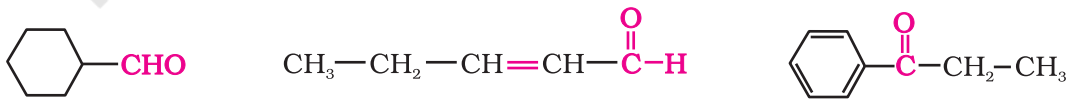


ऐसीटोन ऐसीटोफ़ीनॉन प्रोपिओफ़ीनॉन बेन्ज़ोफ़ीनॉन

**(ख) आईयूपीएसी (IUPAC) नाम—** खुली शृंखला वाले एलिफैटिक ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों के IUPAC नाम प्राप्त करने के लिए संगत ऐल्केन के अंग्रेज़ी में लिखे नाम के अंत में स्थित इ (–e) के स्थान पर क्रमशः अल (– al) एवं ओन (– one) अनुलग्न लगाते हैं। ऐल्डिहाइडों में कार्बन की सबसे लंबी शृंखला का अंकन उस सिरे से शुरू किया जाता है जहाँ ऐल्डिहाइड समूह स्थित होता है जबकि कीटोनों में उस सिरे से अंकन करते हैं, जो कार्बोनिल समूह के निकट होता है। प्रतिस्थापियों को पूर्वलग्न के रूप में अंग्रेज़ी वर्णमाला के क्रमानुसार, कार्बन शृंखला में अंकों द्वारा स्थिति प्रदर्शित करते हुए लिखते हैं। चक्रीय कीटोनों पर भी यही नियम लागू होता है, जिनमें कार्बोनिल के कार्बन परमाणु की स्थिति की संख्या एक (1) होती है। जब ऐल्डिहाइड समूह वलय से संयुक्त होता है तो साइक्लोऐल्केन (चक्रीय ऐल्केन) का नाम लिखने के पश्चात् अनुलग्न कार्बैल्डिहाइड (Carbaldehyde) जोड़ देते हैं। वलय के कार्बन परमाणुओं का संख्यांकन उस कार्बन परमाणु से आरंभ करते हैं, जिससे ऐल्डिहाइड समूह संयुक्त होता है। सरलतम ऐरोमेटिक ऐल्डिहाइड, जिसमें ऐल्डिहाइड समूह बेन्ज़ीन वलय पर स्थित होता है, का नाम बेन्ज़ीनकार्बैल्डिहाइड है। यद्यपि, IUPAC पद्धति द्वारा सामान्य नाम बेन्ज़ैल्डिहाइड भी स्वीकृत है। अन्य प्रतिस्थापित ऐरोमैटिक ऐल्डिहाइडों के नाम बेन्ज़ैल्डिहाइड के व्युत्पन्न के रूप में दिए जाते हैं।



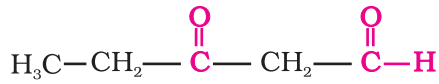
एथेनैल 4-ब्रोमो-3-मेथिलहेप्टेनैल 3-मेथिलसाइक्लोपेन्टेनॉन



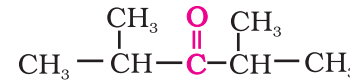
साइक्लोहेक्सेनकार्बैल्डिहाइड पेन्ट-2-ईनैल 1-फ़ेनिलप्रोपेन-1-ऑन



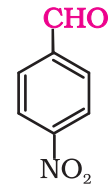
Reprint 2025-26



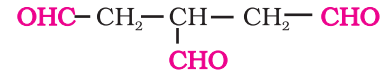
3-ऑक्सोपेन्टेनैल



2, 4-डाईमेथिलपेन्टेन-3-ऑन



4-नाइट्रोबेन्जैलडिहाइड अथवा
4-नाइट्रोबेन्जीनकार्बैल्डिहाइड

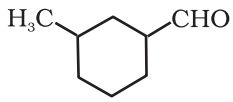
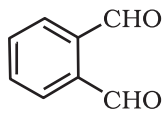
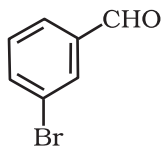
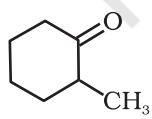


प्रोपेन-1,2,4-ट्राइकार्बैल्डिहाइड

[**नोट** - सभी ऐल्डिहाइड समूहों के समान निरूपण हेतु यौगिक का नाम उक्त रूप से दिया जाता है।]

**ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों के कुछ सामान्य एवं आईयूपीएसी ( IUPAC ) नामों को सारणी 8.1 में दिया गया है—**

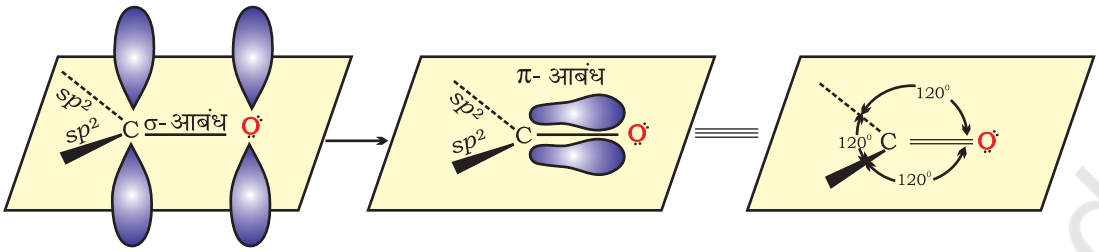
सारणी 8.1— ऐल्डिहाइडों व कीटोनों के सामान्य और IUPAC नाम

| संरचना | सामान्य नाम | आई.यू.पी.ए.सी. नाम |
|---|---|---|
| **ऐल्डिहाइड** | | |
| HCHO | फार्मेल्डिहाइड | मेथेनैल |
| $CH_3CHO$ | ऐसीटैल्डिहाइड | ऐथेनैल |
| $(CH_3)_2CHCHO$ | आइसोब्यूटिरऐल्डिहाइड | 2-मेथिलप्रोपेनैल |
|  | γ—मेथिलसाइक्लोहेक्सेनकार्बैल्डिहाइड | 3-मेथिलसाइक्लोहेक्सेनकार्बैल्डिहाइड |
| $CH_3CH(OCH_3)CHO$ | α—मेथॉक्सीप्रोपिऑनैल्डिहाइड | 2-मेथॉक्सीप्रोपेनैल |
| $CH_3CH_2CH_2CH_2CHO$ | वैलेरेल्डिहाइड | पेन्टेनैल |
| $CH_2=CHCHO$ | ऐक्रोलीन | प्रोप-2-इनैल |
|  | थैलैल्डिहाइड | बेन्जीन-1, 2-डाइकार्बैल्डिहाइड |
|  | *m*-ब्रोमोबेन्जैल्डिहाइड | 3-ब्रोमोबेन्जैल्डिहाइड अथवा 3-ब्रोमोबेन्जीनकार्बैल्डिहाइड |
| **कीटोन** | | |
| $CH_3COCH_2CH_2CH_3$ | मेथिल-*n*-प्रोपिल कीटोन | पेन्टेन-2-ऑन |
| $(CH_3)_2CHCOCH(CH_3)_2$ | डाईआइसोप्रोपिल कीटोन | 2,4-डाइमेथिलपेन्टेन-3-ऑन |
|  | α—मेथिलसाइक्लोहेक्सेनोन | 2-मेथिलसाइक्लोहेक्सेनोन |
| $(CH_3)_2C=CHCOCH_3$ | मेसिटिल ऑक्साइड | 4-मेथिलपेन्ट-3-ईन-2-ऑन |

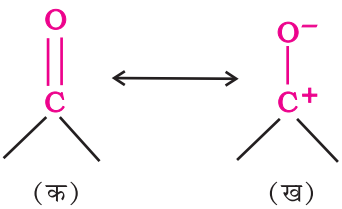
© NCERT not to be republished

### 8.1.2 कार्बोनिल समूह की संरचना

कार्बोनिल समूह में कार्बन परमाणु $sp^2$ संकरित अवस्था में होता है तथा तीन सिग्मा ($\sigma$) आबंध निर्मित करता है। कार्बन का चौथा संयोजकता इलेक्ट्रॉन कार्बन के असंकरित $p$-कक्षक में होता है तथा ऑक्सीजन के $p$-कक्षक के साथ अतिव्यापन करके एक $\pi$ आबंध बनाता है। इसके अतिरिक्त ऑक्सीजन परमाणु पर दो अनाबंधी इलेक्ट्रॉन युगल उपस्थित होते हैं। इस प्रकार कार्बोनिल समूह का कार्बन तथा इससे आबंधित तीन परमाणु एक ही तल में होते हैं एवं $\pi$ इलेक्ट्रॉन अभ्र इस तल के ऊपर एवं नीचे होता है। बंधक कोण लगभग 120° का होता है जैसा कि समतलीय त्रिकोणीय संरचना में अपेक्षित है (चित्र 8.1)।




*चित्र 8.1— कार्बोनिल समूह निर्माण का कक्षीय आरेख*




कार्बन की अपेक्षा ऑक्सीजन की विद्युतऋणात्मकता उच्च होने के कारण कार्बन-ऑक्सीजन द्विक् आबंध ध्रुवित हो जाता है। अत: कार्बोनिल समूह का कार्बन एक इलेक्ट्रॉनरागी (लूइस अम्ल) केंद्र और कार्बोनिल ऑक्सीजन एक नाभिकरागी (लूइस क्षारक) केंद्र होता है। कार्बोनिल यौगिकों में पर्याप्त द्विध्रुव आघूर्ण होता है और ये ईथर से अधिक ध्रुवीय होते हैं। कार्बोनिल समूह की उच्च ध्रुवता, अनुनाद के आधार पर समझाई जा सकती है, जिसमें एक उदासीन संरचना (क) एवं एक द्विध्रुव संरचना (ख) है जैसा कि चित्र में प्रदर्शित किया गया है।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**8.1** निम्न यौगिकों की संरचना लिखिए–

(i) $\alpha$-मेथॉक्सीप्रोपिऑनऐल्डिहाइड (ii) 3-हाइड्रॉक्सीब्यूटेनैल

(iii) 2-हाइड्रॉक्सीसाइक्लोपेन्टेन कार्बैल्डिहाइड (iv) 4-ऑक्सोपेन्टेनैल

(v) डाइ-द्वितीयकब्यूटिल कीटोन (vi) 4-क्लोरोऐसीटोफीनॉन

## 8.2 ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों का विरचन

ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों के विरचन की कुछ महत्वपूर्ण विधियाँ इस प्रकार हैं–

### 8.2.1 ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों का विरचन

**1. ऐल्कोहॉलों के ऑक्सीकरण से**

सामान्यत: ऐल्डिहाइड एवं कीटोन क्रमश: प्राथमिक व द्वितीयक ऐल्कोहॉलों के ऑक्सीकरण से बनाए जाते हैं (एकक 7, कक्षा 12)।

**2. ऐल्कोहॉलों के विहाइड्रोजनन से**

यह विधि वाष्पशील ऐल्कोहॉलों के लिए उचित होती है तथा यह एक औद्योगिक अनुप्रयोग की विधि है। इस विधि में ऐल्कोहॉल के वाष्प को तप्त भारी-धातु उत्प्रेरक (सिल्वर अथवा कॉपर) के ऊपर से प्रवाहित करते हैं, जिसके फलस्वरूप प्राथमिक व द्वितीयक ऐल्कोहॉल क्रमश: ऐल्डिहाइड व कीटोन देते हैं (एकक 7 कक्षा 12)।



© NCERT not to be republished

3. **हाइड्रोकार्बन से**

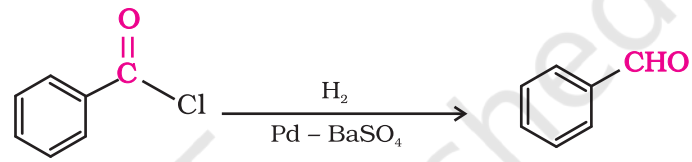
(i) **ऐल्कीनों के ओज़ोनी अपघटन से**– जैसा कि हम जानते हैं ऐल्कीनों के ओज़ोनी अपघटन के पश्चात् प्राप्त उत्पाद की ज़िंक धूल व जल के साथ अभिक्रिया के द्वारा ऐल्डिहाइड या कीटोन अथवा दोनों का मिश्रण प्राप्त होता है, जो ऐल्कीन में उपस्थित प्रतिस्थापन के प्रकार पर निर्भर करता है। (एकक–9, कक्षा–11)

(ii) **ऐल्काइनों के जलयोजन से**– $H_2SO_4$ एवं $HgSO_4$ की उपस्थिति में एथाइन में जलयोजन द्वारा ऐसीटैल्डिहाइड प्राप्त होता है। अन्य सभी ऐल्काइनें इस अभिक्रिया द्वारा कीटोन प्रदान करती हैं। (एकक–9, कक्षा–11)

## 8.2.2 ऐल्डिहाइडों का विरचन

1. **ऐसिल क्लोराइड से (अम्ल क्लोराइड)**

ऐसिल क्लोराइड (अम्ल क्लोराइड) के बेरियम सल्फेट पर अवलंबित पैलेडियम उत्प्रेरक पर हाइड्रोजनन से ऐल्डिहाइड प्राप्त होते हैं। इस अभिक्रिया को **रोज़ेनमुंड अपचयन** (Rosenmund Reduction) कहते हैं।




बेन्ज़ॉयल क्लोराइड  बेन्ज़ैल्डिहाइड

2. **नाइट्राइल एवं एस्टर से**

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की उपस्थिति में नाइट्राइल स्टैनस क्लोराइड द्वारा संगत इमीन में अपचित हो जाते हैं। जो जलअपघटन करने पर संगत ऐल्डिहाइड देते हैं।

$$RCN + SnCl_2 + HCl \longrightarrow RCH = NH \xrightarrow{H_3\overset{+}{O}} RCHO$$

यह अभिक्रिया **स्टीफैन अभिक्रिया** (Stephen Reaction) कहलाती है।

वैकल्पिक अभिक्रिया में नाइट्राइल को डाइआइसोब्यूटिलऐलुमिनियम हाइड्राइड (DIBAL-H) द्वारा चयनित अपचयन से इमीन में बदल लेते हैं एवं तत्पश्चात् इसके जलअपघटन से ऐल्डिहाइड प्राप्त हो जाता है।

$$RCN \xrightarrow[2.\ H_2O]{1.\ AlH(i\text{-}Bu)_2} R\text{-}CHO$$

$$CH_3{-}CH{=}CH\text{-}CH_2CH_2\text{-}CN \xrightarrow[2.\ H_2O]{1.\ AlH(i\text{-}Bu)_2} CH_3{-}CH{=}CH\text{-}CH_2CH_2\text{-}CHO$$

इसी प्रकार से एस्टर भी DIBAL–H द्वारा ऐल्डिहाइड में अपचित हो जाते हैं।

$$CH_3(CH_2)_9 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - OC_2H_5 \xrightarrow[2.\ H_2O]{1.\ DIBAL\text{-}H} CH_3(CH_2)_9 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - H$$

3. **हाइड्रोकार्बन से**

ऐरोमैटिक ऐल्डिहाइड (बेन्ज़ैल्डिहाइड व इसके व्युत्पन्न) ऐरोमैटिक हाइड्रोकार्बन द्वारा निम्न प्रकार से बनाए जाते हैं–

(i) **मेथिल बेन्ज़ीन के ऑक्सीकरण द्वारा**– प्रबल ऑक्सीकरण कर्मक टॉलूईन व इसके व्युत्पन्नों को बेन्ज़ोइक अम्ल में ऑक्सीकृत कर देते हैं। इस ऑक्सीकरण

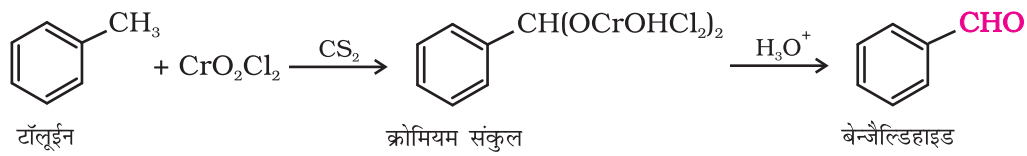


© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

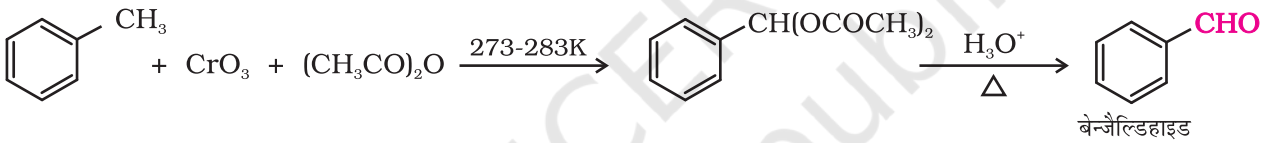
को उपयुक्त अभिकर्मकों द्वारा ऐल्डिहाइड चरण में ही रोकना संभव है। यह मेथिल समूह को एक मध्यवर्ती में परिवर्तित कर देते हैं जिसे पुनः ऑक्सीकृत करना कठिन होता है। इसके लिए निम्न विधियों का उपयोग किया जाता है–

**( क ) क्रोमिल क्लोराइड के उपयोग से—** क्रोमिल क्लोराइड ($CrO_2Cl_2$) मेथिल समूह को एक क्रोमियम संकुल में ऑक्सीकृत कर देता है जो जल अपघटन द्वारा संगत बेन्जैल्डिहाइड बनाता है।



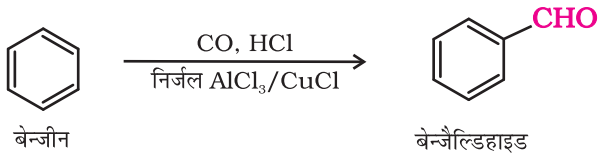

यह अभिक्रिया **ईटार्ड अभिक्रिया** (Etard Reaction) कहलाती है।

**( ख ) क्रोमिक ऑक्साइड के उपयोग से ( $CrO_3$ )—** टॉलूईन या प्रतिस्थापित टॉलूईन को ऐसीटिक एनहाइड्राइड में क्रोमिक ऑक्साइड के साथ अभिकृत कराने पर बेन्जिलिडीन डाइऐसीटेट प्राप्त होता है। बेन्जिलिडीन डाइऐसीटेट जलीय अम्ल के साथ जल अपघटित होकर संगत बेन्जैल्डिहाइड बनाता है।




**( ii ) पार्श्व शृंखला के क्लोरीनन के पश्चात् जल अपघटन—** टॉलूईन पार्श्व शृंखला क्लोरीनन द्वारा बेन्जल क्लोराइड देती है, जो जल अपघटन द्वारा बेन्जैल्डिहाइड बनाता है। यह बेन्जैल्डिहाइड के औद्योगिक उत्पादन की विधि है।

**( iii ) गाटरमान-कॉख अभिक्रिया से—** जब बेन्जीन या इसके व्युत्पन्न निर्जल ऐलुमिनियम क्लोराइड या क्यूप्रस क्लोराइड की उपस्थिति में कार्बन मोनोऑक्साइड और हाइड्रोजन क्लोराइड के साथ क्रिया करते हैं, तो बेन्जैल्डिहाइड या प्रतिस्थापित बेन्जैल्डिहाइड प्राप्त होते हैं।




यह अभिक्रिया **गाटरमान-कॉख अभिक्रिया ( Gatterman-Koch Reaction )** कहलाती हैं।



© NCERT not to be republished

### 8.2.3 कीटोनों का विरचन

**1. ऐसिल क्लोराइड से**

ग्रीन्यार अभिकर्मक तथा कैडमियम क्लोराइड की अभिक्रिया से प्राप्त डाइऐल्किलकैडमियम की ऐसिल क्लोराइड से अभिक्रिया कराने पर कीटोन प्राप्त होते हैं।

$$2\,R-Mg-X + CdCl_2 \longrightarrow R_2Cd + 2Mg(X)Cl$$

$$2\,R'-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-Cl + R_2Cd \longrightarrow 2\,R'-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-R + CdCl_2$$

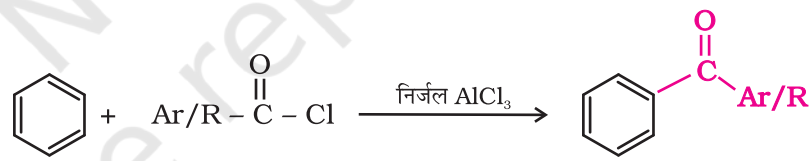
**2. नाइट्राइल से**

नाइट्राइल व ग्रीन्यार अभिकर्मक की क्रिया से प्राप्त उत्पाद का जल अपघटन कराने से कीटोन प्राप्त होते हैं।

$$CH_3-CH_2-C\equiv N + C_6H_5MgBr \xrightarrow{\text{ईथर}} CH_3CH_2-C(=NMgBr)(C_6H_5) \xrightarrow{H_3O^+} C_2H_5-C(=O)-C_6H_5$$

प्रोपिओफीनॉन
(1-फेनिलप्रोपेनोन)

**3. बेन्जीन या प्रतिस्थापित बेन्जीन से**– निर्जल ऐलुमिनियम क्लोराइड की उपस्थिति में बेन्जीन या प्रतिस्थापित बेन्जीन, अम्ल क्लोराइड के साथ अभिक्रिया कर संगत कीटोन देते हैं। यह अभिक्रिया **फ्रीडेल-क्राफ्ट्स ऐसीटिलन अभिक्रिया** (Friedal-Craft's Acylation reaction) कहलाती हैं।




**उदाहरण 8.1** निम्नलिखित रूपांतरणों को करने के लिए अभिकिर्मकों के नाम बताइए–

(i) हेक्सेन-1-ऑल से हेक्सेनैल
(ii) साइक्लोहेक्सेनॉल से साइक्लोहेक्सेनोन
(iii) *p*-फ्लुओरोटॉलुईन से *p*-फ्लुओरोबेन्जैल्डिहाइड
(iv) ऐथेन नाइट्राइल से ऐथेनैल
(v) ऐलिल ऐल्कोहॉल से प्रोपिनैल
(vi) ब्यूट-2-ईन से ऐथेनैल

**हल**

(i) $C_5H_5NH^+CrO_3Cl^-$ (PCC)
(ii) एन्हाइड्रस $CrO_3$
(iii) $CrO_3(CH_3CO)_2$ की उपस्थिति में / 1. $CrO_2Cl_2$ 2. HOH
(iv) डाईआइसोब्युटिलऐलुमिनियमहाइड्राइड (DIBAL-H)
(v) पीसीसी
(vi) $O_3/H_2O$-ज़िंक धूल

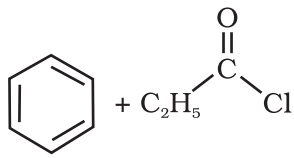


© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

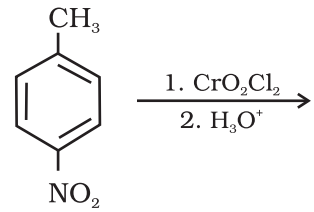
## पाठ्यनिहित प्रश्न

**8.2** निम्न अभिक्रियाओं के उत्पादों की संरचना लिखिए–

(i) 


(ii) $(C_6H_5CH_2)_2Cd + 2\ CH_3COCl \longrightarrow$

(iii) $H_3C - C \equiv C - H \xrightarrow{Hg^{2+},\ H_2SO_4}$

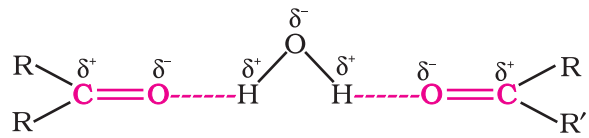
(iv) 


## 8.3 भौतिक गुणधर्म

कक्ष ताप पर मेथेनैल गैस के रूप में होती है, एथेनैल एक वाष्पशील द्रव है। अन्य ऐल्डिहाइड एवं कीटोन कक्ष तापक्रम पर द्रव या ठोस होते हैं। ऐल्डिहाइडों व कीटोनों के क्वथनांक समतुल्य आण्विक द्रव्यमान वाले हाइड्रोकार्बनों और ईथरों से अधिक होते हैं। यह ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों में द्विध्रुव - द्विध्रुव आकर्षण के फलस्वरूप उत्पन्न दुर्बल आण्विक संगुणन के कारण होते हैं। इनके क्वथनांक भी समतुल्य आण्विक द्रव्यमान वाले ऐल्कोहॉलों से अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंध अनुपस्थित होने के कारण कम होते हैं। निम्न यौगिकों को, जिनका आण्विक द्रव्यमान 58 और 60 है, क्वथनांकों के बढ़ते क्रम में रखा गया है।

| | क्वथनांक (K) | आण्विक द्रव्यमान |
|---|---|---|
| n-ब्यूटेन | 273 | 58 |
| मेथॉक्सीएथेन | 281 | 60 |
| प्रोपेनैल | 322 | 58 |
| ऐसीटोन | 329 | 58 |
| प्रोपेन-1-ऑल | 370 | 60 |

ऐल्डिहाइडों व कीटोनों के निम्नतर सदस्य जैसे मेथेनैल, एथेनैल एवं प्रोपेनोन जल के साथ हाइड्रोजन आबंध बनाने के कारण प्रत्येक अनुपात में जल में मिश्रणीय होते हैं।




परंतु जैसे-जैसे ऐल्किल शृंखला की लंबाई बढ़ती है, इनकी घुलनशीलता तेज़ी से घटती जाती है। सभी ऐल्डिहाइड व कीटोन सभी कार्बनिक विलायकों जैसे— बेन्जीन, ईथर, मेथेनॉल, क्लोरोफॉर्म इत्यादि में सुगमतापूर्वक घुलनशील होते हैं। निम्नतर ऐल्डिहाइड में तीक्ष्ण गंध होती हैं। जैसे-जैसे अणुओं का आकार बढ़ता जाता है गंध कम तीक्ष्ण होती जाती है तथा सुगंध बढ़ती जाती है। वास्तव में प्रकृति में पाए जाने वाले अनेक ऐल्डिहाइडों व कीटोनों का उपयोग सुगंध व सुरुचि कर्मकों के सम्मिश्रण में किया जाता है।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**उदाहरण 8.2** निम्नलिखित यौगिकों को क्वथनांकों के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए—

$CH_3CH_2CH_2CHO$, $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$, $H_5C_2\text{-}O\text{-}C_2H_5$, $CH_3CH_2CH_2CH_3$

**हल** यौगिकों के आण्विक द्रव्यमान 72 से 74 के परास में हैं। क्योंकि केवल ब्यूटेन-1-ऑल ही अत्यधिक अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंधन के कारण संगुणित द्रव है, इसलिए इसका क्वथनांक सबसे अधिक होगा। ब्यूटेनैल, एथॉक्सीएथेन से अधिक ध्रुवीय है अत: ब्यूटेनैल में अंतराआण्विक द्विध्रुव आकर्षण प्रबल होता है। *n*-पेन्टेन में केवल दुर्बल **वांडरवाल्स बल** होते हैं, अत: दिए गए यौगिकों के क्वथनांक बढ़ते क्रम में इस प्रकार होंगे—

$CH_3CH_2CH_2CH_3 < H_5C_2\text{-}O\text{-}C_2H_5 < CH_3CH_2CH_2CHO < CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**8.3** निम्नलिखित यौगिकों को उनके क्वथनांकों के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

$CH_3CHO$, $CH_3CH_2OH$, $CH_3OCH_3$, $CH_3CH_2CH_3$

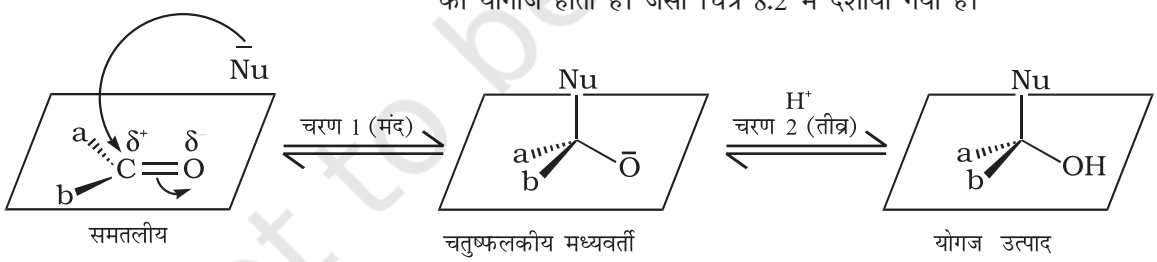
## 8.4 रासायनिक अभिक्रियाएँ

ऐल्डिहाइड एवं कीटोन, दोनों में कार्बोनिल क्रियात्मक समूह विद्यमान हैं अत: ये एक समान रासायनिक अभिक्रियाएँ प्रदर्शित करते हैं।

**1. नाभिकरागी योगज अभिक्रिया**

ऐल्कीनों में जैसी इलेक्ट्रॉनरागी योगज अभिक्रियाएँ देखी जाती हैं, (एकक-9, कक्षा-11) उसके विपरीत ऐल्डिहाइड व कीटोन नाभिकरागी योगज अभिक्रियाएँ प्रदर्शित करते हैं।

**(i) नाभिकरागी योगज अभिक्रियाओं की क्रियाविधि—** नाभिकरागी ध्रुवीय कार्बोनिल समूह के इलेक्ट्रॉनरागी कार्बन पर उस दिशा से आक्रमण करता है जो कार्बोनिल कार्बन के $sp^2$ संकरित कक्षकों के तल के लगभग लंब पर होती है (चित्र 8.2)। इस प्रक्रिया में कार्बन की संकरण अवस्था $sp^2$ से $sp^3$ हो जाती है तथा चतुष्फलकीय ऐल्कॉक्साइड मध्यवर्ती बनता है। यह मध्यवर्ती अभिक्रिया माध्यम से एक प्रोटॉन प्राप्त करके विद्युत् उदासीन उत्पाद देता है। कुल परिणाम कार्बन-ऑक्सीजन द्विक आबंध पर $Nu^-$ व $H^+$ का योगाज होता है। जैसा चित्र 8.2 में दर्शाया गया है।




चित्र 8.2– *कार्बोनिल कार्बन पर नाभिकरागी आक्रमण*

**(ii) अभिक्रियाशीलता—** इलेक्ट्रॉनिक व त्रिविम प्रभावों के कारण नाभिकरागी योगज अभिक्रियाओं में ऐल्डिहाइड कीटोनों की अपेक्षा अधिक अभिक्रियाशील होते हैं। त्रिविम रूप से नाभिकरागी के कार्बोनिल कार्बन तक पहुँचने में कीटोनों में उपस्थित दो सापेक्षिक बड़े प्रतिस्थापी समूह ऐल्डिहाइडों की अपेक्षा अधिक बाधा उत्पन्न करते हैं, जिनमें केवल एक ही ऐसा प्रतिस्थापी उपस्थित होता है। इलेक्ट्रॉनिक रूप से ऐल्डिहाइड कीटोन से ज़्यादा क्रियाशील होते हैं, क्योंकि कीटोन में उपस्थित दो ऐल्किल समूह कार्बोनिल कार्बन की इलेक्ट्रॉनरागी प्रकृति को ऐल्डिहाइड की तुलना में कम कर देते हैं।

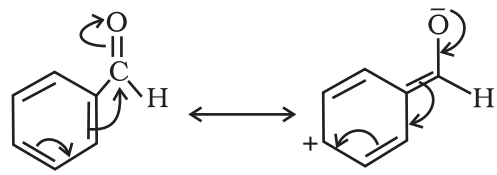


© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**उदाहरण 8.3** नाभिकरागी योगज अभिक्रिया में बेन्जैल्डिहाइड प्रोपेनैल से कम अभिक्रियाशील होगा अथवा अधिक, आप क्या अपेक्षा करेंगे? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।

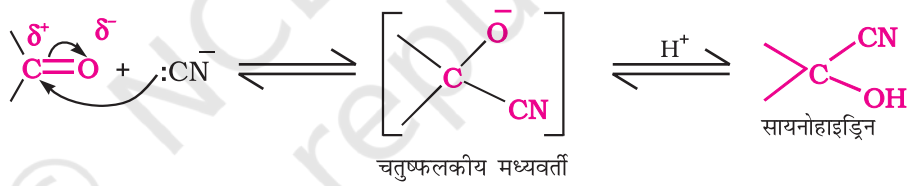
**हल** बेन्जैल्डिहाइड में कार्बोनिल समूह का कार्बन परमाणु प्रोपेनैल के कार्बोनिल समूह के कार्बन की तुलना में कम इलेक्ट्रॉनरागी होता है। बेन्जैल्डिहाइड में अनुनाद के कारण कार्बोनिल समूह की ध्रुवता कम हो जाती है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है अत: यह प्रोपेनल से कम अभिक्रियाशील होता है।



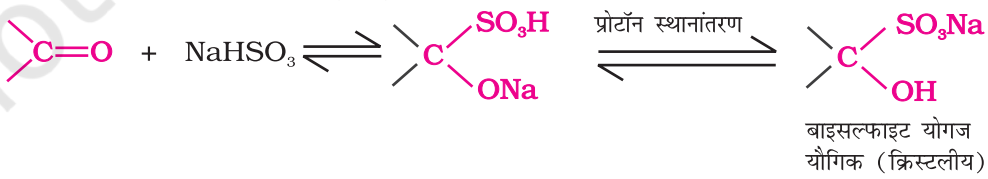

**(iii) नाभिकरागी योगज और नाभिकरागी योगज-विलोपन अभिक्रियाओं के कुछ महत्वपूर्ण उदाहरण–**

**(क) हाइड्रोजन सायनाइड (HCN) का संयोजन—** ऐल्डिहाइड व कीटोन हाइड्रोजन सायनाइड से (HCN) अभिकृत होकर संगत सायनोहाइड्रिन देते हैं। शुद्ध HCN के साथ यह अभिक्रिया बहुत धीमी होती है; अत: यह क्षार द्वारा उत्प्रेरित की जाती है और जनित सायनाइड आयन प्रबल नाभिकस्नेही ($CN^-$) कार्बोनिल यौगिकों पर संयोजित होकर संगत सायनोहाइड्रिन देते हैं। सायनोहाइड्रिन उपयोगी संश्लेषित मध्यवर्ती होते हैं।

$$HCN + OH^- \rightleftharpoons :CN^- + H_2O$$




**(ख) सोडियम बाइसल्फाइड का संयोजन—** ऐल्डिहाइड एवं कीटोन सोडियम हाइड्रोजन सल्फाइट के साथ संयुक्त होकर योगज उत्पाद देते हैं। त्रिविमीय प्रभाव के कारण साम्यावस्था की स्थिति अधिकांश ऐल्डिहाइडों के लिए दाईं ओर तथा अधिकतर कीटोनों के लिए बाईं ओर होती है। हाइड्रोजन सल्फाइट योगज उत्पाद जल में अविलेय होता है, जो तनु खनिज अम्लों अथवा क्षार के साथ अभिक्रिया कर पुन: मूल कार्बोनिल यौगिकों में परिवर्तित किया जा सकता है। इसलिए यह ऐल्डिहाइडों के पृथक्करण व परिष्करण के लिए उपयोगी होते हैं।



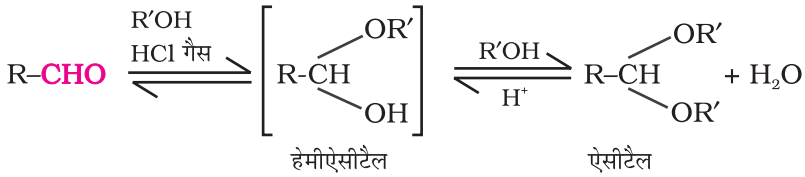

**(ग) ग्रिन्यार अभिकर्मकों का संयोजन** (देखिए एकक 7, कक्षा 12)

**(घ) ऐल्कोहॉलों का संयोजन—** ऐल्डिहाइड, मोनोहाइड्रिक ऐल्कोहॉल की एक तुल्यांक मात्रा के साथ शुष्क हाइड्रोजन क्लोराइड की उपस्थिति में अभिक्रिया कर



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

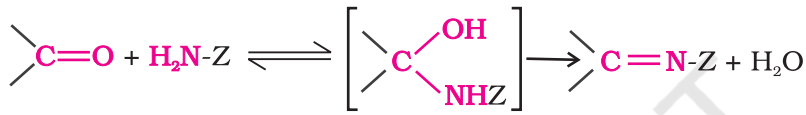



ऐल्कॉक्सी ऐल्कोहॉल मध्यवर्ती बनाते हैं, जिन्हें हेमीएसीटैल कहते हैं। यह पुनः एक मोल ऐल्कोहॉल से अभिक्रिया कर *जैम*-डाइऐल्कॉक्सी यौगिक बनाते हैं, जिन्हें ऐसीटैल कहते हैं, जैसा कि नीचे दर्शाया गया है।

कीटोन इन्हीं अभिक्रिया परिस्थितियों में एथिलीन ग्लाइकॉल के साथ अभिक्रिया करके चक्रीय उत्पाद बनाते हैं, जिसे एथिलीन ग्लाइकॉल कीटेल कहते हैं।

शुष्क हाइड्रोजन क्लोराइड कार्बोनिल समूह की ऑक्सीजन को प्रोटॉनीकृत करती है, जिससे कार्बोनिल समूह की इलेक्ट्रॉनरागी प्रवृत्ति बढ़ती है जो एथिलीन ग्लाइकॉल पर नाभिकरागी आक्रमण को सरल बनाती है। ऐसीटैल व कीटेल जलीय खनिज अम्लों के साथ जलअपघटित होकर क्रमशः संगत ऐल्डिहाइड व कीटोन देते हैं।

**(च) अमोनिया व इसके व्युत्पन्नों का संयोजन–** अमोनिया व इसके व्युत्पन्न $H_2N–Z$ जैसे नाभिकरागी ऐल्डिहाइड व कीटोन के कार्बोनिल समूह पर जुड़ते हैं। यह अभिक्रिया उत्क्रमणीय होती है तथा अम्ल से उत्प्रेरित होती है। मध्यवर्ती के द्रुत निर्जलीकरण द्वारा >C = N-Z बनने के कारण साम्यावस्था उत्पाद को बनाने में सहायक होती है।




Z= ऐल्किल, ऐरिल, OH, $NH_2$, $C_6H_5NH$, $NHCONH_2$, आदि।

**सारणी 8.2– ऐल्डिहाइडों व कीटोनों (>C=N–Z)– के कुछ N- प्रतिस्थापित व्युत्पन्न**

| Z | अभिकर्मक का नाम | कार्बोनिल व्युत्पन्न | उत्पाद |
|---|---|---|---|
| —H | अमोनिया | >C=NH | इमीन |
| —R | ऐमीन | >C=NR | प्रस्थापित इमीन (शिफ क्षारक) |
| —OH | हाइड्रॉक्सिल एमीन | >C=N-OH | ऑक्सिम |
| —$NH_2$ | हाइड्रैज़ीन | >C=N-$NH_2$ | हाइड्रैज़ोन |
| —HN—$C_6H_5$ | फ़ेनिल हाइड्रैज़ीन | >C=N-NH—$C_6H_5$ | फेनिलहाइड्रैज़ोन |
| —HN—$C_6H_3(O_2N)_2$ | 2,4–डाईनाइट्रोफ़ेनिल हाइड्रैज़ीन (2,4-DNP)* | >C=N-NH—$C_6H_3(O_2N)_2$ | 2,4 डाईनाइट्रो-फ़ेनिलहाइड्रैज़ोन |
| —NH—C(=O)—$NH_2$ | सेमीकार्बेज़ाइड | >C=N-NH—C(=O)—$NH_2$ | सेमीकार्बेज़ोन |

* 2,4-DNP व्युत्पन्न पीले, नारंगी या लाल ठोस होते हैं, जो ऐल्डिहाइड व कीटोन के अभिलक्षणन में उपयोगी हैं।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**2. अपचयन**

**(i) ऐक्लोहॉलों में अपचयन—** सोडियम बोरोहाइड्राइड ($NaBH_4$) अथवा लीथियम ऐलुमिनियम हाइड्राइड ($LiAlH_4$) या उत्प्रेरकी हाइड्रोजनन द्वारा ऐल्डिहाइड व कीटोन अपचित होकर क्रमशः प्राथमिक तथा द्वितीयक ऐल्कोहॉल देते हैं (एकक 7, कक्षा 12)।

**(ii) हाइड्रोकार्बनों में अपचयन—** ऐल्डिहाइड एवं कीटोनों का कार्बोनिल समूह अमलगमित जिंक एवं सांद्र हाइड्रॉक्लोरिक अम्ल द्वारा अभिक्रिया से, **(क्लीमेन्सन अपचयन)** या हाइड्रैज़ीन के साथ अभिक्रिया करने के बाद, ऐथिलीन ग्लाइकॉल जैसे उच्च क्वथनांक वाले विलायक में सोडियम या पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड के साथ गरम करने पर $-CH_2$ समूह में परिवर्तित हो जाता है **(वोल्फ-किश्नर अपचयन)**।

$$>C{=}O \xrightarrow[HCl]{Zn\text{-}Hg} >CH_2 + H_2O$$ (क्लीमेंसन अपचयन)

$$>C{=}O \xrightarrow[-H_2O]{NH_2NH_2} >C{=}NNH_2 \xrightarrow[\text{ऊष्मा}]{KOH/\text{एथिलीन ग्लाइकॉल}} >CH_2 + N_2$$
(वोल्फ-किश्नर अपचयन)

*बर्नार्ड टॉलेन्स (1841-1918) गौटिन्गेन विश्वविद्यालय, जर्मनी में रसायन विज्ञान के प्रोफ़ेसर थे।*

**3. ऑक्सीकरण**

ऑक्सीकरण अभिक्रिया में ऐल्डिहाइड कीटोन से भिन्न व्यवहार करते हैं। ऐल्डिहाइड सामान्य ऑक्सीकारकों— जैसे, नाइट्रिक अम्ल, पोटैशियम परमैंगनेट, पोटैशियम डाइक्रोमेट आदि के द्वारा ऑक्सीकृत होकर कार्बोक्सिलिक अम्ल देते हैं। यहाँ तक की मृदु ऑक्सीकरण कर्मक मुख्यतया टॉलेन अभिकर्मक और फेलिंग विलयन भी ऐल्डिहाइडों को ऑक्सीकृत कर देते हैं।

$$R\text{-}CHO \xrightarrow{[O]} R\text{-}COOH$$

कीटोनों का ऑक्सीकरण सामान्यतः प्रबल परिस्थितियों, जैसे— प्रबल ऑक्सीकरण कर्मकों और उच्च ताप पर होता है। इनके ऑक्सीकरण में कार्बन-कार्बन आबंध का विदलन होता है, जिससे अनेक कार्बोक्सिलिक अम्लों का मिश्रण प्राप्त होता है। जिनमें कार्बन परमाणुओं की संख्या, मूल कार्बोनिल यौगिक के कार्बन परमाणुओं से कम होती है।

$$R\text{—}\overset{1}{C}H_2\text{—}\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{2}{C}}\text{—}\overset{3}{C}H_2\text{-}R' \xrightarrow{[O]} R\text{-}COOH + R'\text{-}CH_2COOH$$
($C_1$-$C_2$ बंध विदलन के कारण)

$$+$$

$$R\text{-}CH_2COOH + R'\text{-}COOH$$
($C_2$-$C_3$ बंध विदलन से)

नीचे दिए गए मृदु ऑक्सीकरण कर्मक ऐल्डिहाइडों और कीटोनों में विभेद करने के लिए प्रयुक्त होते हैं-

**(i) टॉलेन-परीक्षण—** ऐल्डिहाइड को ताज़ा बने अमोनियामय सिल्वर नाइट्रेट विलयन (टॉलेन अभिकर्मक) के साथ गर्म करने पर सिल्वर धातु बनने के कारण चमकदार सिल्वर दर्पण बन जाता है। ऐल्डिहाइड संगत कार्बोक्सिलेट ऋणायन में ऑक्सीकृत हो जाते हैं। यह अभिक्रिया क्षारीय माध्यम में संपन्न होती है।

$$RCHO + 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 3\,\bar{O}H \longrightarrow RCO\bar{O} + 2Ag + 2H_2O + 4NH_3$$

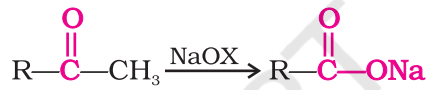


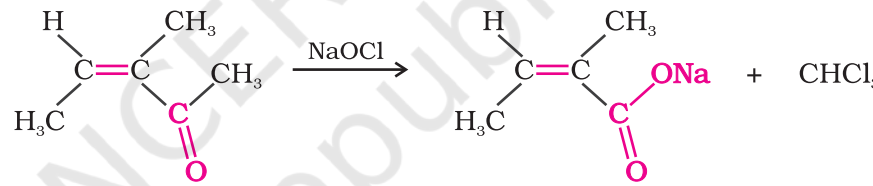
© NCERT not to be republished

**( ii ) फेलिंग-परीक्षण—** फेलिंग अभिकर्मक में दो विलयन फेलिंग विलयन A व फेलिंग विलयन B होते हैं। फेलिंग विलयन A जलीय कॉपर सल्फेट तथा फेलिंग विलयन B सोडियम पोटैशियम टार्ट्रेट (रोशेल लवण) होता है। परीक्षण से पूर्व दोनों विलयन समान मात्रा में मिलाए जाते हैं। ऐल्डिहाइड को फेलिंग विलयन के साथ गर्म करने पर लाल-भूरा अवक्षेप प्राप्त होता है। ऐल्डिहाइड संगत कार्बोक्सिलेट ऋणायन में ऑक्सीकृत हो जाते हैं। ऐरोमैटिक ऐल्डिहाइड इस परीक्षण के प्रति प्रतिक्रिया नहीं दर्शाते।

$$R\text{-}CHO + 2Cu^{2+} + 5\bar{O}H \longrightarrow R\bar{COO} + \underset{\text{लाल-भूरा अवक्षेप}}{Cu_2O} + 3H_2O$$

**( iii ) मेथिल कीटोन का हैलोफॉर्म अभिक्रिया द्वारा ऑक्सीकरण—** ऐसे कीटोन जिसमें कम से कम एक मेथिल समूह कार्बोनिल कार्बन परमाणु से आबंधित होता है (मेथिल कीटोन), सोडियम हाइपोहैलाइट द्वारा संगत कार्बोक्सिलिक अम्ल के सोडियम लवण में आक्सीकृत हो जाते हैं, जिसमें कार्बोनिल यौगिक की अपेक्षा एक कार्बन परमाणु कम होता है। मेथिल समूह हैलाफार्म में परिवर्तित हो जाता है। यदि अणु में कार्बन-कार्बन द्विकआबंध उपस्थित हो तो वह इस ऑक्सीकरण द्वारा अप्रभावित रहता है।




सोडियम हाइपोआयोडाइट द्वारा आयोडोफॉर्म अभिक्रिया, भी $CH_3CO$ या $CH_3CH(OH)$ समूह की पहचान करने के लिए प्रयुक्त होती है, जो ऑक्सीकरण द्वारा $CH_3CO$ समूह बनाती हैं।

**उदाहरण 8.4** एक कार्बनिक यौगिक (A) जिसका आण्विक सूत्र $C_8H_8O$ है, 2, 4-डाईनाइट्रोफेनिल हाइड्रैज़ीन (2, 4 डी.एन.पी.) अभिकर्मक के साथ नारंगी-लाल अवक्षेप प्रदान करता है और सोडियम हाइड्रॉक्साइड की उपस्थिति में आयोडीन के साथ गर्म करने पर एक पीले रंग का अवक्षेप बनाता है। यह यौगिक टॉलेन-अभिकर्मक अथवा फेलिंग-विलयन को अपचित नहीं करता और न ही यह ब्रोमीन जल अथवा बेयर-अभिकर्मक को वर्णविहीन करता है। यह क्रोमिक अम्ल द्वारा प्रबल ऑक्सीकरण से एक कार्बोक्सिलिक अम्ल (B) बनाता है जिसका आण्विक सूत्र $C_7H_6O_2$ है। यौगिक (A) व (B) को पहचानिए एवं प्रयुक्त अभिक्रियाओं को समझाइए।

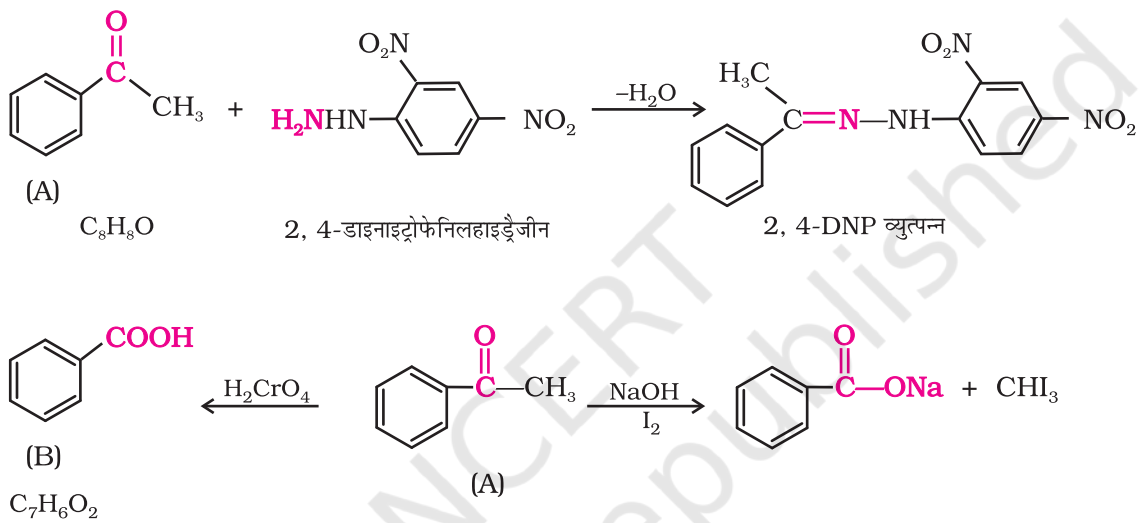
**हल** यौगिक (A) 2, 4-डी.एन.पी. व्युत्पन्न निर्मित करता है। अतः यह यौगिक कोई ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन है। चूँकि यह टॉलेन अभिकर्मक अथवा फेलिंग विलयन को अपचित नहीं करता, इसलिए यौगिक A एक कीटोन ही होना चाहिए। यौगिक A आयोडोफॉर्म परीक्षण देता



Reprint 2025-26

है। अत: यह मेथिल कीटोन ही होना चाहिए। यौगिक (A) का आण्विक सूत्र संकेत देता है कि यह अत्यधिक असंतृप्त है। परंतु फिर भी यह ब्रोमीन जल अथवा बेयर अभिकर्मक को वर्णविहीन नहीं करता। इससे प्रदर्शित होता है कि असंतृप्तता ऐरोमेटिक वलय के कारण है।

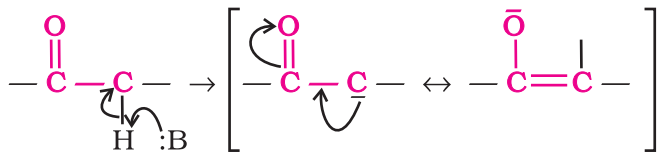
यौगिक B एक कीटोन का ऑक्सीकरण उत्पाद है, अत: यह कार्बोक्सिलिक अम्ल होना चाहिए। यौगिक B का आण्विक सूत्र यह दर्शाता है कि यह बेन्ज़ोइक अम्ल होना चाहिए। अत: यौगिक (A) एक मोनोप्रतिस्थापित ऐरोमैटिक मेथिल कीटोन होना चाहिए। यौगिक (A) का आण्विक सूत्र यह दर्शाता है कि यह फेनिलमेथिलकीटोन (ऐसीटोफीनोन) होना चाहिए। अभिक्रियाएं निम्नप्रकार से होंगी–




## 4. α-हाइड्रोजन के कारण होने वाली अभिक्रियाएँ

**ऐल्डिहाइड व कीटोन के α- हाइड्रोजन परमाणुओं की अम्लता**–ऐल्डिहाइड व कीटोन α-हाइड्रोजन की अम्लता के कारण कई अभिक्रियाएँ देते हैं।

कार्बोनिल यौगिकों के α-हाइड्रोजन परमाणुओं की अम्लता कार्बोनिल समूह के इलेक्ट्रॉन अपनयन कर लेने (खींच लेने) के प्रबल प्रभाव तथा संयुग्मी क्षार के अनुनाद द्वारा स्थायित्व प्राप्त कर लेने के कारण होती है।




(i) **ऐल्डोल संघनन–** जिन ऐल्डिहाइडों व कीटोनों में कम से कम एक α-हाइड्रोजन विद्यमान होती है, वे तनु क्षार के उत्प्रेरक की तरह उपस्थिति में एक अभिक्रिया द्वारा क्रमश: β-हाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड (एल्डोल) अथवा β-हाइड्रॉक्सी कीटोन (कीटोल) प्रदान करते हैं। इस अभिक्रिया को **ऐल्डोल अभिक्रिया** कहते हैं।



© NCERT not to be republished

$$2\,CH_3\text{–}CHO \xrightleftharpoons{\text{तनु NaOH}} CH_3\text{–}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}\text{–}CH_2\text{–}CHO \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} CH_3\text{–}CH{=}CH\text{–}CHO$$

एथेनैल — 3-हाइड्रॉक्सीब्यूटेनैल (एल्डोल) — ब्यूट-2-ईनल (ऐल्डोल संघनन उत्पाद)

$$2CH_3\text{-}CO\text{-}CH_3 \xrightleftharpoons{Ba(OH)_2} CH_3\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}\text{-}CH_2CO\text{-}CH_3 \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} CH_3\text{-}\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}{=}CH\text{-}CO\text{-}CH_3$$

प्रोपेनॉन — (कीटोल) 4-हाइड्रॉक्सी-4-मेथिलपेन्टेन-2-ओन — 4-मेथिलपेन्ट-3-ईन-2-ओन (ऐल्डोल संघनन उत्पाद)

उत्पाद में विद्यमान दो प्रकार्यात्मक समूहों, ऐल्डिहाइड व ऐल्कोहॉल के नामों से ऐल्डोल का नाम व्युत्पन्न होता है। ऐल्डोल व कीटोल आसानी से जल निष्कासित करके $\alpha, \beta$ -असंतृप्त कार्बोनिल यौगिक देते हैं, जो ऐल्डोल संघनन उत्पाद हैं और यह अभिक्रिया **ऐल्डोल संघनन** कहलाती है। यद्यपि कीटोन, कीटोल (कीटो व ऐल्कोहॉल समूह युक्त यौगिक) निर्मित करते हैं फिर भी उनकी ऐल्डिहाइडों के साथ समानता होने के कारण उनकी अभिक्रिया के लिए भी सामान्य नाम ऐल्डोल संघनन ही प्रयोग किया जाता है–

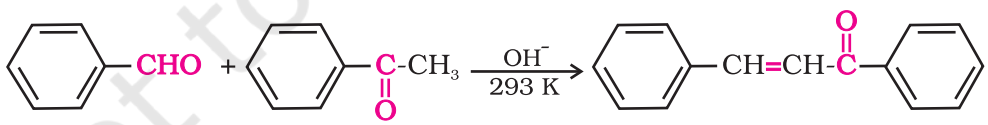
**(ii) क्रॉस ऐल्डोल संघनन–** जब दो भिन्न-भिन्न ऐल्डिहाइड और/या कीटोन के मध्य ऐल्डोल संघनन होता है तो उसे **क्रॉस ऐल्डोल संघनन** कहते हैं। यदि प्रत्येक में $\alpha$-हाइड्रोजन हो तो ये चार उत्पादों का मिश्रण देते हैं। इसे नीचे एथेनैल व प्रोपेनैल के मिश्रण की ऐल्डोल संघनन अभिक्रिया द्वारा समझाया गया है।

$$\begin{matrix} CH_3CHO \\ + \\ CH_3CH_2CHO \end{matrix} \xrightarrow[2.\ \triangle]{1.\ NaOH} \underset{\text{ब्यूट-2-ईनैल}}{\begin{matrix} CH\text{-}CH_3 \\ \| \\ CH\text{-}CHO \end{matrix}} + \underset{\text{2-मेथिल-पेन्ट-2-ईनैल}}{\begin{matrix} CH\text{–}CH_2CH_3 \\ \| \\ C\text{-}CHO \\ | \\ CH_3 \end{matrix}} + \underset{\text{2-मेथिल-ब्यूट-2-ईनैल}}{\begin{matrix} CH\text{–}CH_3 \\ \| \\ C\text{-}CHO \\ | \\ CH_3 \end{matrix}} + \underset{\text{पेन्ट-2-ईनैल}}{\begin{matrix} CH - CH_2 - CH_3 \\ \| \\ CHCHO \end{matrix}}$$

एथेनैल के दो अणुओं से — प्रोपेनैल के दो अणुओं से — (सरल या स्वयं ऐल्डोल संघनन उत्पाद)

एथेनैल के एक अणु तथा प्रोपेनैल के एक अणु से — (क्रॉस ऐल्डोल उत्पाद)

क्रॉस ऐल्डोल संघनन में कीटोन भी एक घटक के रूप में प्रयुक्त हो सकते हैं।




1, 3-डाईफ़ेनिलप्रोप-2-ईन-1-ओन
(बेन्ज़ैलएसीटोफीनॉन), मुख्य उत्पाद

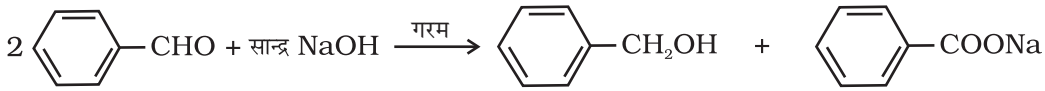
**5. अन्य अभिक्रियाएँ**

**(i) कैनिज़ारो अभिक्रिया–**ऐल्डिहाइड, जिनमें $\alpha$-हाइड्रोजन परमाणु नहीं होते सांद्र क्षार की उपस्थिति में गरम करने से स्वऑक्सीकरण व अपचयन (असमानुपातन) की अभिक्रियाएँ प्रदर्शित करते हैं। इस अभिक्रिया में ऐल्डिहाइड का एक अणु ऐल्कोहॉल में अपचित होता है जबकि दूसरा अणु कार्बोक्सिलिक अम्ल के लवण में आक्सीकृत हो जाता है।

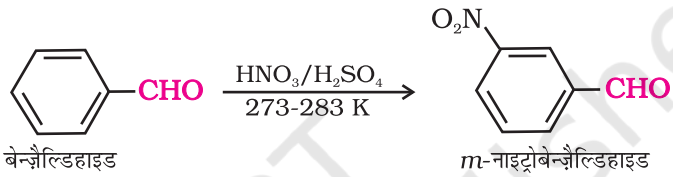


© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26




**(ii) इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया–** ऐरोमेटिक ऐल्डिहाइड व कीटोन उस बेन्जीन वलय पर इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया प्रदर्शित करते हैं, जिसमें कार्बोनिल समूह निष्क्रियक तथा *मेटा*–निर्देशक होता है।




## पाठ्यनिहित प्रश्न

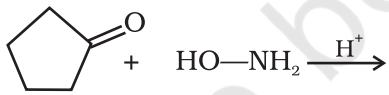
**8.4** निम्नलिखित यौगिकों को नाभिकरागी योगज अभिक्रियाओं में उनकी बढ़ती हुई अभिक्रियाशीलता के क्रम में व्यवस्थित कीजिए–

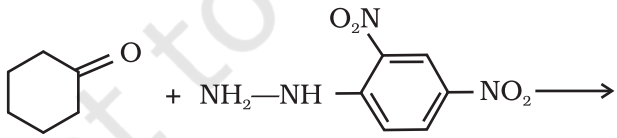
(क) एथेनैल, प्रोपेनैल, प्रोपेनोन, ब्यूटेनोन

(ख) बेन्जैल्डिहाइड, p-टॉलूऐल्डिहाइड, p-नाइट्रोबेन्जैल्डिहाइड, ऐसीटोफीनोन

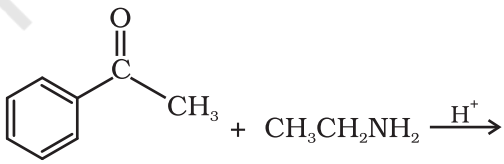
**संकेत**–त्रिविम प्रभाव व इलेक्ट्रॉनिक प्रभाव को ध्यान में रखें।

**8.5** निम्नलिखित अभिक्रियाओं के उत्पादों को पहचानिए–

(i) 

(ii) 

(iii) $R\text{-}CH{=}CH\text{-}CHO + NH_2\text{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}NH\text{-}NH_2 \xrightarrow{H^+}$

(iv) 

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

## 8.5 ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों के उपयोग

रासायनिक उद्योग में ऐल्डिहाइड एवं कीटोन अन्य उत्पादों के संश्लेषण के लिए विलायक, प्रारंभिक पदार्थ और अभिकर्मकों के रूप में प्रयोग किए जाते हैं। फार्मेल्डिहाइड का 40% जलीय विलयन फार्मोलिन के नाम से सुप्रसिद्ध है जो जैविक प्रतिदर्शों के परिरक्षण में तथा बैकालाइट के विरचन में (फ़ीनॉलफार्मेल्डिहाइड रेज़िन), यूरिया फार्मेल्डिहाइड सरेस तथा अनेक बहुलक उत्पादों में उपयोग होता है। ऐसीटैल्डिहाइड मुख्यत: ऐसीटिक अम्ल, एथिल ऐसीटेट, वाइनिल एसीटेट बहुलकों एवं औषधों के उत्पादन में प्रारंभिक पदार्थ के रूप में उपयोग किया जाता है। बेन्जैल्डिहाइड का उपयोग सुगंध तथा रंजक उद्योग में किया जाता है। ऐसीटोन और एथिलमेथिल कीटोन सामान्य औद्योगिक विलायक हैं। कई ऐल्डिहाइड एवं कीटोन, जैसे– ब्यूटैरल्डिहाइड, वेनेलिन, ऐसीटोफ़ीनोन, कपूर आदि अपनी सुगंध और सुरुचिकर प्रभाव के लिए सुप्रसिद्ध हैं।

**कार्बोक्सिलिक अम्ल**

ऐसे कार्बनिक यौगिक जिनमें कार्बोक्सिलिक, –COOH प्रकार्यात्मक समूह उपस्थित होता है कार्बोक्सिलिक अम्ल कहलाते हैं। कार्बोक्सिलिक समूह में *कार्बोनिल* समूह एक *हाइड्रॉक्सिल* समूह के साथ जुड़ा रहता है, अत: इसका नाम *कार्बोक्सिल* है। कार्बोक्सिलिक समूह से संयुक्त ऐल्किल या ऐरिल समूह के आधार पर कार्बोक्सिलिक अम्ल ऐलिफैटिक (RCOOH) अथवा ऐरोमैटिक अम्ल (ArCOOH) होते हैं। प्रकृति में कार्बोक्सिलिक अम्ल अत्यधिक संख्या में पाए जाते हैं। कुछ ऐलिफैटिक कार्बोक्सिलिक अम्लों के उच्च सदस्य ($C_{12}$–$C_{18}$), जिन्हें **वसा अम्ल** कहते हैं। प्राकृतिक वसाओं में ग्लिसरॉल के एस्टर के रूप में पाए जाते हैं; अत: कार्बोक्सिलिक अम्ल अन्य महत्वपूर्ण यौगिकों, जैसे– एनहाइड्राइड, एस्टर, एसिड क्लोराइड और ऐमाइडों के संश्लेषण में प्रारंभिक पदार्थ के रूप में प्रयुक्त होते हैं।

## 8.6 कार्बोक्सिलिक समूह की नामपद्धति व संरचना

### 8.6.1 नामपद्धति

कार्बोक्सिलिक अम्ल प्रकृति से प्रारंभिक दौर में विलगित किए गए यौगिकों में से हैं, अत: इनमें से बहुत से सामान्य नामों से जाने जाते हैं। सामान्य नाम प्राकृतिक स्रोतों के लेटिन अथवा ग्रीक नामों से व्युत्पन्न होते हैं। और अंग्रेज़ी में लिखे नाम के अंत में अनुलग्न (ic) इक ऐसिड लगाते हैं, उदाहरणार्थ– फार्मिक ऐसिड या अम्ल, (HCOOH) सर्वप्रथम लाल चीटियों से (लेटिन-*फार्मिका* का अर्थ चीटियाँ), ऐसीटिक अम्ल सिरके से (लेटिन-*ऐसीटम* का अर्थ सिरका), ब्यूटेरिक अम्ल ($CH_3$–$CH_2$–$CH_2$–COOH) विकृतगंधी मक्खन से (लैटिन-*ब्यूटिरम* का अर्थ मक्खन) प्राप्त किया गया।

आईयूपीएसी (IUPAC) पद्धति में ऐलिफैटिक कार्बोक्सिलिक अम्लों का नामकरण करने के लिए संगत ऐल्केन के अंग्रेज़ी में लिखे नाम के अंत में स्थित (-e) के स्थान पर ओइक (–oic) अनुलग्न लगाया जाता है। कार्बन शृंखला का अंकन करते समय कार्बोक्सिलिक समूह के कार्बन परमाणु को प्रथम संख्या (संख्या 1) प्रदान की जाती है। एक से अधिक कार्बोक्सिलिक समूह युक्त यौगिकों का नाम लिखने के लिए कार्बोक्सिलिक समूह हटाकर बची संगत ऐल्केन की कार्बन शृंखला के कार्बनों का अंकन करते हैं और कार्बोक्सिल समूहों की स्थिति सहित उनकी संख्या गुणात्मक पूर्वलग्न डाइकार्बोक्सिलिक अम्ल, ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल इत्यादि को

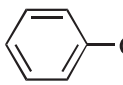
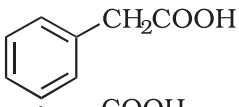
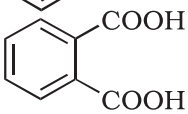


© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

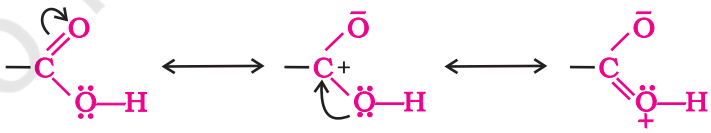
मूल एल्किल शृंखला के नाम के आगे जोड़ दिया जाता है। –COOH समूह की स्थिति गुणात्मक पूर्वलग्न से पहले अरेबिक संख्या में लिख कर दर्शाई जाती है। कुछ कार्बोक्सिलिक अम्लों के सामान्य और आईयूपीएसी नाम सारणी 8.3 में दर्शाए गए हैं।

**सारणी 8.3– कुछ कार्बोक्सिलिक अम्लों के नाम एवं संरचना**

| संरचना | सामान्य नाम | आईयूपीएसी नाम |
|---|---|---|
| HCOOH | फ़ार्मिक अम्ल | मेथेनॉइक अम्ल |
| $CH_3COOH$ | ऐसीटिक अम्ल | एथेनॉइक अम्ल |
| $CH_3CH_2COOH$ | प्रोपिओनिक अम्ल | प्रोपेनॉइक अम्ल |
| $CH_3–CH_2–CH_2–COOH$ | ब्यूटाइरिक अम्ल | ब्यूटेनॉइक अम्ल |
| $(CH_3)_2CHCOOH$ | आइसोब्यूटाइरिक अम्ल | 2–मेथिलप्रोपेनॉइक अम्ल |
| HOOC-COOH | ऑक्सैलिक अम्ल | एथेनडाईओइक अम्ल |
| HOOC $-CH_2-COOH$ | मेलोनिक अम्ल | प्रोपेनडाईओइक अम्ल |
| HOOC $-(CH_2)_2-COOH$ | सक्सीनिक अम्ल | ब्यूटेनडाइओइक अम्ल |
| HOOC $-(CH_2)_3-COOH$ | ग्लूटेरिक अम्ल | पेन्टेनडाईओइक अम्ल |
| HOOC $-(CH_2)_4-COOH$ | एडिपिक अम्ल | हेक्सेनडाईओइक अम्ल |
| HOOC $-CH_2-CH(COOH)-CH_2-COOH$ | ट्राइकार्बैलिक अम्ल या कार्बैलिक अम्ल | प्रोपेन–1,2,3–ट्राइकार्बोक्सिलिक अम्ल |
|  | बेन्ज़ोइक अम्ल | बेन्ज़ीनकार्बोक्सिलिक अम्ल (बेन्ज़ोइक अम्ल) |
|  | फ़ेनिलऐसीटिक अम्ल | 2–फ़ेनिलएथेनोइक अम्ल |
|  | थैलिक अम्ल | बेन्जीन–1, 2–डाइकार्बोक्सिलिक अम्ल |

### 8.6.2 कार्बोक्सिल समूह की संरचना

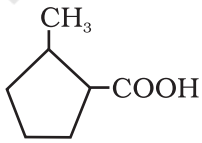
कार्बोक्सिलिक समूह में कार्बोक्सिल कार्बन से संयुक्त सभी आबंध एक ही तल में होते हैं तथा एक–दूसरे से 120° के कोण द्वारा विलगित रहते हैं। कार्बोक्सिल कार्बन, कार्बोनिल कार्बन से निम्नलिखित अनुनादी संरचनाओं के कारण कम इलेक्ट्रानरागी होता है–

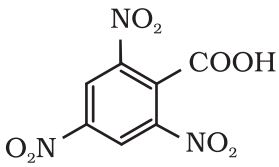


**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**8.6** निम्नलिखित यौगिकों के आईयूपीएसी नाम दीजिए–

(i) Ph $CH_2CH_2COOH$ (ii) $(CH_3)_2C=CHCOOH$

(iii) 

(iv) 



Reprint 2025-26

## 8.7 कार्बोक्सिलिक अम्ल बनाने की विधियाँ

कार्बोक्सिलिक अम्ल बनाने की कुछ महत्वपूर्ण विधियाँ निम्नलिखित हैं–

**1. प्राथमिक ऐल्कोहॉल व ऐल्डिहाइड से**

प्राथमिक ऐल्कोहल सामान्य ऑक्सीकरण कर्मकों, जैसे- उदासीन, अम्लीय या क्षारीय माध्यम में पोटैशियम परमैंगनेट अथवा अम्लीय माध्यम में पोटैशियम डाइक्रोमेट और क्रोमियम ट्राइऑक्साइड द्वारा आसानी से कार्बोक्सिल्कि अम्लों में ऑक्सीकृत हो जाते हैं।

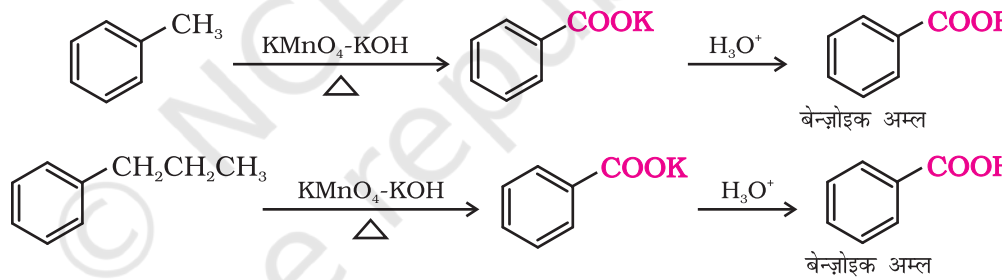
$$RCH_2OH \xrightarrow[2.\ H_3\overset{+}{O}]{1.\ \text{क्षारीय } KMnO_4} RCOOH$$

$$\underset{\text{1-डेकेनॉल}}{CH_3(CH_2)_8CH_2OH} \xrightarrow{CrO_3\text{-}H_2SO_4} \underset{\text{डेकेनॉइक अम्ल}}{CH_3(CH_2)_8COOH}$$

मृदु आक्सीकरण कर्मकों के उपयोग से ऐल्डिहाइड द्वारा भी कार्बोक्सिलिक अम्ल प्राप्त किए जाते हैं (खंड 8.4)।

**2. ऐल्किल बेन्जीनों से**

ऐरोमैटिक कार्बोक्सिलिक अम्ल ऐल्किल बेन्ज़ीनों के क्रोमिक अम्ल अथवा क्षारीय $KMnO_4$ द्वारा प्रबल ऑक्सीकरण से विरचित किए जा सकते हैं। संपूर्ण पार्श्व शृंखला चाहें किसी भी लंबाई की हो, ऑक्सीकृत होकर कार्बोक्सिल समूह निर्मित करती है। प्राथमिक व द्वितीयक ऐल्किल समूह भी इसी प्रकार से ऑक्सीकृत होते हैं जबकि तृतीयक समूह प्रभावित नहीं होता। उपयुक्त रूप से प्रतिस्थापित ऐल्कीन भी इन ऑक्सीकारकों द्वारा ऑक्सीकृत होकर कार्बोक्सिलिक अम्ल उत्पन्न करती हैं। (एकक-9, कक्षा-11)

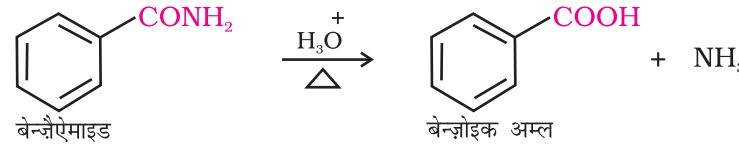



**3. नाइट्राइल और ऐमाइड से**

उत्प्रेरक के रूप में $H^+$ या $OH^-$ आयनों की उपस्थिति में नाइट्राइल पहले ऐमाइड और फिर अम्लों में जल अपघटित हो जाते हैं। अभिक्रिया को ऐमाइड पद पर रोकने के लिए मृदु अभिक्रिया परिस्थितियाँ प्रयुक्त की जाती है।

$$R\text{-}CN \xrightarrow[H_2O]{\overset{+}{H}\text{ or }\bar{O}H} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH_2 \xrightarrow[\triangle]{\overset{+}{H}\text{ or }\bar{O}H} RCOOH$$

$$\underset{\text{ऐथेनेमाइड}}{CH_3CONH_2} \xrightarrow[\triangle]{H_3\overset{+}{O}} \underset{\text{ऐथेनॉइक अम्ल}}{CH_3COOH} + NH_3$$






© NCERT not to be republished

**4. ग्रीन्यार अभिकर्मक से**

ग्रीन्यार अभिकर्मक कार्बन डाइऑक्साइड (शुष्क बर्फ़) के साथ अभिक्रिया से कार्बोक्सिलिक अम्ल के लवण निर्मित करते हैं, जो खनिज अम्ल द्वारा अम्लन से संगत कार्बोक्सिलिक अम्ल देते हैं।

$$R\text{-}Mg\text{-}X + O{=}C{=}O \xrightarrow{\text{शुष्क ईथर}} R-C(=O)(O^-MgX^+) \xrightarrow{H_3O^+} RCOOH$$

जैसा कि हम जानते हैं; ग्रीन्यार अभिकर्मक एवं ऐल्किल नाइट्राइल ऐल्किल हैलाएडों से विरचित किए जा सकते हैं। (देखिए एकक 6, कक्षा 12)। उपरोक्त विधियाँ (3 तथा 4) ऐल्किल हैलाइडों को संगत कार्बोक्सिलिक अम्लों में परिवर्तित करने में उपयोगी हैं जिसमें ऐल्किल हैलाइड में उपस्थित कार्बन परमाणुओं से एक कार्बन परमाणु अधिक विद्यमान होता है (श्रेणी का अवरोहण)।

**5. ऐसिल हैलाइड और एनहाइड्राइड से**

ऐसिड क्लोराइड जल द्वारा जलअपघटित होकर कार्बोक्सिलिक अम्ल या जलीय क्षारीय माध्यम में अधिक आसानी से जलअपघटित होकर कार्बोक्सिलेट आयन देते हैं, जो अम्लन द्वारा संगत कार्बोक्सिलिक अम्ल देते हैं। दूसरी ओर ऐसिल एनहाइड्राइड जल द्वारा जलअपघटित होकर संगत अम्ल देते हैं।

$$RCOCl \xrightarrow{H_2O} RCOOH + \bar{C}l$$

$$RCOCl \xrightarrow{\bar{O}H/H_2O} RCOO^- + \bar{C}l \xrightarrow{H_3O^+} RCOOH$$

$$(C_6H_5CO)_2O \xrightarrow{H_2O} 2\ C_6H_5COOH$$

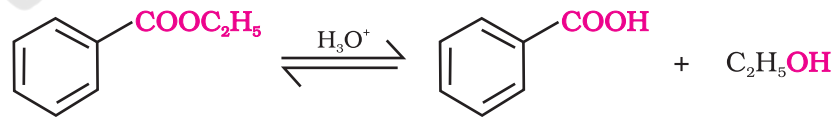
बेन्ज़ोइक ऐनहाइड्राइड → बेन्ज़ोइक अम्ल

$$C_6H_5COOCOCH_3 \xrightarrow{H_2O} C_6H_5COOH + CH_3COOH$$

बेन्ज़ोइक एथेनॉइक ऐनहाइड्राइड → बेन्ज़ोइक अम्ल + एथेनॉइक अम्ल

**6. एस्टर से**

एस्टरों के अम्लीय जल अपघटन से सीधे ही कार्बोक्सिलिक अम्ल प्राप्त होते हैं। जबकि क्षारीय जल अपघटन द्वारा कार्बोक्सिलेट प्राप्त होते हैं, जो अम्लन द्वारा संगत कार्बोक्सिलिक अम्ल देते हैं।




एथिल बेन्ज़ोएट → बेन्ज़ोइक अम्ल

$$CH_3CH_2CH_2COOC_2H_5 \underset{}{\overset{NaOH}{\rightleftharpoons}} CH_3CH_2CH_2COONa + C_2H_5OH$$

एथिल ब्यूटेनोएट

$$CH_3CH_2CH_2COONa \xrightarrow{H_3O^+} CH_3CH_2CH_2COOH$$

ब्यूटेनॉइक अम्ल



© NCERT not to be republished

**उदाहरण 8.5** निम्नलिखित रूपांतरणों को करने के लिए रासायनिक अभिक्रियाएं लिखिए।

(i) ब्यूटेन-1-ऑल से ब्यूटेनॉइक अम्ल

(ii) बेन्ज़ाइल एल्कोहॉल से फ़ेनिल एथेनॉइक अम्ल

(iii) 3-नाइट्रोब्रोमोबेन्ज़ीन से 3-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल

(iv) 4-मेथिलऐसीटोफ़ीनोन से बेन्ज़ीन-1, 4-डाइकार्बोक्सिलिक अम्ल

(v) साइक्लोहेक्सीन से हैक्सेन-1, 6-डाईओइक अम्ल

(vi) ब्यूटेनैल से ब्यूटेनॉइक अम्ल

**हल** (i)

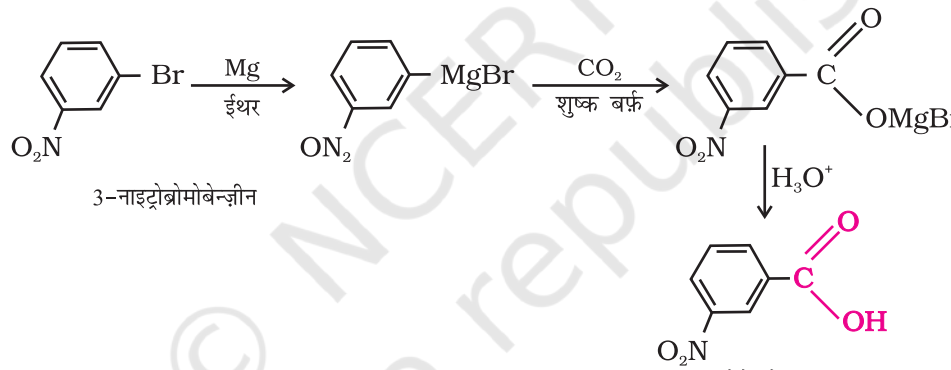
$$\underset{\text{ब्यूटेन-1-ऑल}}{CH_3CH_2CH_2\mathbf{CH_2OH}} \xrightarrow[\text{जोंस अभिकर्मक}]{CrO_3\text{-}H_2SO_4} \underset{\text{ब्यूटेनॉइक अम्ल}}{CH_3CH_2CH_2\mathbf{COOH}}$$

(ii)

$$\underset{\text{बेन्ज़िल ऐल्कोहॉल}}{C_6H_5CH_2\mathbf{OH}} \xrightarrow{HBr} \underset{\text{बेन्ज़िल ब्रोमाइड}}{C_6H_5CH_2Br} \xrightarrow{KCN} \underset{\text{बेन्ज़िल सायनाइड}}{C_6H_5CH_2\mathbf{CN}}$$

$$\xrightarrow[\Delta]{H_3O^+} \underset{\text{फ़ेनिल एथेनॉइक अम्ल}}{C_6H_5CH_2\mathbf{COOH}}$$

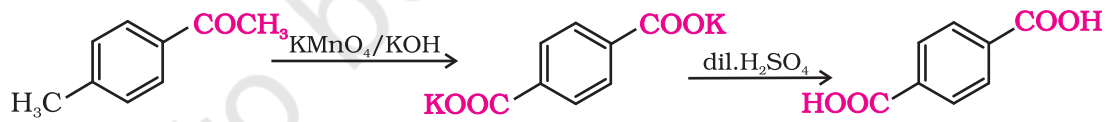
(iii)




3-नाइट्रोब्रोमोबेन्ज़ीन

3-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल

(iv)

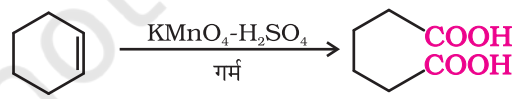



4-मेथिलएसीटोफीनॉन

डाइपोटैशियम बेन्ज़ीन-1, 4-डाईकार्बोक्सिलेट

बेन्ज़ीन-1, 4-डाइकार्बोक्सिलिक अम्ल (टेरेफ्थैलिक अम्ल)

(v)




साइक्लोहेक्सीन

हैक्सेन-1,6-डाइओइक अम्ल (एडिपिक अम्ल)

(vi)

$$\underset{\text{ब्यूटेनैल}}{CH_3CH_2CH_2\mathbf{CHO}} \xrightarrow[\text{(टॉलेन अभिकर्मक)}]{\text{अमोनियामय } AgNO_3} \underset{\text{ब्यूटेनॉइक अम्ल}}{CH_3CH_2CH_2\mathbf{COOH}}$$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

## पाठ्यनिहित प्रश्न

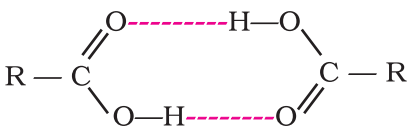
**8.7** निम्नलिखित यौगिकों को बेन्ज़ोइक अम्ल में कैसे परिवर्तित किया जा सकता है?

(i) एथिलबेन्ज़ीन (ii) ऐसीटोफ़ीनोन

(iii) ब्रोमोबेन्ज़ीन (iv) फ़ेनिलएथीन (स्टाइरीन)

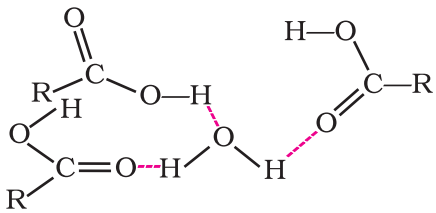
## 8.8 भौतिक गुण

ऐलिफैटिक कार्बोक्सिलिक अम्ल की श्रेणी में नौ कार्बन परमाणुओं तक की शृंखला वाले सदस्य सामान्य ताप पर अरुचिकर गंध वाले रंगहीन द्रव होते हैं। इस श्रेणी के उच्च सदस्य मोम जैसे ठोस होते हैं तथा अल्प वाष्पशील एवं व्यावहारिक रूप से गंधहीन होते हैं।



द्वितय
वाष्प प्रावस्था या
ऐप्रोटिक विलायकों में

कार्बोक्सिलिक अम्लों के क्वथनांक समतुल्य आण्विक द्रव्यमानों वाले ऐल्डिहाइडों, कीटोनों यहाँ तक कि ऐल्कोहॉलों से भी उच्च होते हैं। कार्बोक्सिलिक अम्लों का यह गुणधर्म उनके अणुओं में परस्पर अधिक व्यापक अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंधन द्वारा संगुणन के कारण उत्पन्न होता है। ये हाइड्रोजन आबंध वाष्प अवस्था में भी पूर्ण रूप से नहीं टूटते। वास्तव में अधिकांश कार्बोक्सिलिक अम्ल वाष्प प्रावस्था एवं ऐप्रोटिक विलायकों में हाइड्रोजन आबंधित द्वितय के रूप में उपस्थित होते हैं।



RCOOH व $H_2O$ में हाइड्रोजन आबंधन

चार कार्बन परमाणु तक सरल ऐलिफैटिक कार्बोक्सिलिक अम्ल हाइड्रोजन आबंध निर्मित कर सकने के कारण जल में मिश्रणीय होते हैं। कार्बन परमाणुओं की संख्या बढ़ने के साथ विलेयता घटती जाती है। उच्चतर कार्बोक्सिलिक अम्ल हाइड्रोकार्बन शृंखला की जलविरागी अन्योन्यक्रिया बढ़ने के कारण विशेषकर जल में अविलेय होते हैं। बेन्ज़ोइक अम्ल, जो कि सरलतम ऐरोमैटिक कार्बोक्सलिक अम्ल है; ठंडे जल में लगभग अविलेय होता है। कार्बोक्सिलिक अम्ल बेन्ज़ीन, ईथर, ऐल्कोहॉल, इत्यादि, जैसे क्रम ध्रुवीय विलायकों में भी विलेय होते हैं।

## 8.9 रासायनिक अभिक्रियाएँ

कार्बोक्सिलिक अम्लों की रासायनिक अभिक्रियाएँ निम्न प्रकार से वर्गीकृत हैं–

**अम्लता**

### 8.9.1 अभिक्रियाएँ जिनमें O-H आबंध का विदलन होता है

**धातु व क्षारों के साथ अभिक्रिया–** ऐल्कोहॉलों की तरह कार्बोक्सिलिक अम्ल विद्युत धनी धातुओं के साथ क्रिया करके हाइड्रोजन मुक्त करते हैं तथा फ़ीनॉलों की तरह क्षारों के साथ लवण बनाते हैं। यह दुर्बल क्षारक जैसे कार्बोनेट, हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ अभिक्रिया करके कार्बन डाइऑक्साइड उत्पन्न करते हैं। यह अभिक्रियाएँ यौगिक में उपस्थित कार्बोक्सिलिक समूह को पहचानने के लिए प्रयुक्त की जाती हैं।

$$2R\text{-}COOH + 2Na \longrightarrow \underset{\text{सोडियम कार्बोक्सिलेट}}{2R\text{-}CO\bar{O}N\overset{+}{a}} + H_2$$

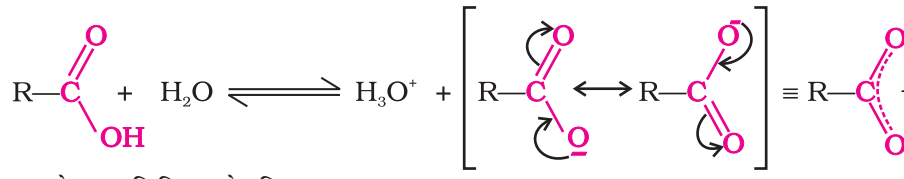
$$R\text{-}COOH + NaOH \longrightarrow R\text{-}CO\bar{O}N\overset{+}{a} + H_2O$$

$$R\text{-}COOH + NaHCO_3 \longrightarrow R\text{-}CO\bar{O}N\overset{+}{a} + H_2O + CO_2$$

कार्बोक्सिलिक अम्ल जल में वियोजित होकर कार्बोक्सिलेट ऋणायन तथा हाइड्रोनियम आयन देते हैं जो अनुनाद द्वारा स्थायित्व प्राप्त करते हैं।



Reprint 2025-26



उपरोक्त अभिक्रिया के लिए–

$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+]\ [RCOO^-]}{[H_2O]\ [RCOOH]} \qquad K_a = K_{eq}\ [H_2O] = \frac{[H_3O^+]\ [RCOO^-]}{[RCOOH]}$$

यहाँ $K_{eq}$ साम्यावस्था स्थिरांक तथा $K_a$ अम्ल वियोजन स्थिरांक है।

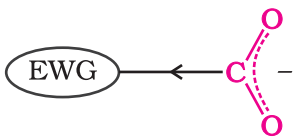
सुविधा के लिए अम्लों की सामर्थ्य सामान्यत: $K_a$ मान की बजाय $pK_a$ के मान से इंगित करते हैं।

$$pK_a = -\log K_a$$

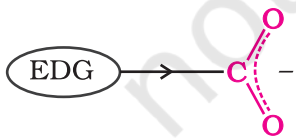
हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के $pK_a$ का मान –7.0 है, जबकि ट्राइफ्लुओरोऐसीटिक अम्ल (प्रबलतम कार्बोक्सिलिक अम्ल), बेन्जोइक अम्ल तथा ऐसीटिक अम्ल के $pK_a$ के मान क्रमश: 0.23, 4.19 एवं 4.76 होते हैं।

अम्ल का $pK_a$ मान जितना कम होगा अम्ल उतना ही प्रबल होगा (एक उत्तम प्रोटॉन दाता)। प्रबल अम्लों का $pK_a$ मान 1 से कम होता है। मध्यम प्रबल अम्लों के $pK_a$ मान 1 से 5 के मध्य होते हैं। दुर्बल अम्लों के $pK_a$ के मान 5 से 15 के मध्य तथा अधिक दुर्बल अम्लों के $pK_a$ मान 15 से अधिक होते हैं।

कार्बोक्सिलिक अम्ल खनिज अम्लों से दुर्बल होते हैं परंतु ऐल्कोहॉलों एवं अनेक सरल फ़ीनॉलों से (एथेनॉल के $pK_a$ का मान ~16 है तथा फ़ीनॉल का $pK_a$ मान 10 होता है।) प्रबल होते हैं। वास्तव में आपने अब तक जिन कार्बनिक यौगिकों का अध्ययन किया है उनमें कार्बोक्सिलिक अम्ल सर्वाधिक अम्लीय हैं। आपको पहले से ही ज्ञात है कि फ़ीनॉल ऐल्कोहॉल की अपेक्षा क्यों अधिक अम्लीय होते हैं। इसी प्रकार से कार्बोक्सिलिक अम्लों की फ़ीनॉलों की अपेक्षा उच्च अम्लता को समझा जा सकता है। कार्बोक्सिलिक अम्ल का संयुग्मी क्षारक, कार्बोक्सिलेट आयन, दो समान अनुनादी संरचनाओं द्वारा स्थायित्व प्राप्त करता है एवं इसमें ऋणावेश अधिक विद्युत ऋणी ऑक्सीजन परमाणु पर स्थित होते हैं। फ़ीनॉल का संयुग्मी क्षारक एक फ़ीनॉक्साइड आयन होता है, जिसकी अनुनादी संरचनाएं असमान होती हैं तथा इनमें ऋणावेश अल्प विद्युतनऋणी कार्बन परमाणु पर स्थित होता है। इसलिए फ़ीनॉक्साइड आयन में अनुनाद उतना महत्वपूर्ण नहीं है जितना कार्बोक्सिलेट आयन में। कार्बोक्सिलेट आयन का ऋणावेश दो विद्युतऋणी ऑक्सीजन परमाणुओं पर विस्थानित होता है, जबकि फ़ीनॉक्साइड आयन में यह ऋणावेश एक ऑक्सीजन परमाणु तथा कम विद्युतऋणी कार्बन परमाणु पर कम प्रभावशाली ढंग से विस्थानित होता है (एकक 7, कक्षा 12)। फलस्वरूप कार्बोक्सिलेट आयन, फ़ीनॉक्साइड आयन की तुलना में अधिक स्थायित्व प्राप्त होता है। अत: कार्बोक्सिलिक अम्ल फ़ीनॉलों की अपेक्षा अधिक अम्लीय होते हैं।




इलेक्ट्रॉन अपनयन करने वाले समूह (EWG) कार्बोक्सिलिक आयन को स्थायीकृत करते हैं जिससे अम्ल की सामर्थ्य बढ़ जाती है।




इलेक्ट्रॉन दाता समूह (EDG) कार्बोक्सिलेट आयन को अस्थायी बना देते हैं। और अम्ल को दुर्बल कर देते हैं।

**कार्बोक्सिलिक अम्लों की अम्लता पर प्रतिस्थापियों का प्रभाव**–प्रतिस्थापी संयुग्मी क्षारक के स्थायित्व को प्रभावित कर सकते हैं, अत: कार्बोक्सिलिक अम्लों की अम्लता को भी प्रभावित करते हैं। इलेक्ट्रॉन अपनयन करने वाले समूह प्रेरणिक और/या अनुनादी प्रभाव द्वारा ऋणावेश को विस्थानित करके संयुग्मी क्षारक को स्थायित्व प्रदान करते हैं और कार्बोक्सिलिक अम्ल की अम्लता बढ़ा देते हैं। इसके विपरीत इलेक्ट्रॉन दाता समूह संयुग्मी क्षारक को अस्थायित्व प्रदान करके अम्लता घटा देते हैं।



Reprint 2025-26

निम्नलिखित समूहों का प्रभाव अम्लता बढ़ाने के क्रम में हैं।

$Ph < I < Br < Cl < F < CN < NO_2 < CF_3$

अत: निम्नलिखित अम्लों को उनकी घटती हुई अम्लता के आधार पर व्यवस्थित किया गया है ($pK_a$ मान क्रम पर आधारित)–

$CF_3COOH > CCl_3COOH > CHCl_2COOH > NO_2CH_2COOH > N\text{-}C\text{-}CH_2COOH >$

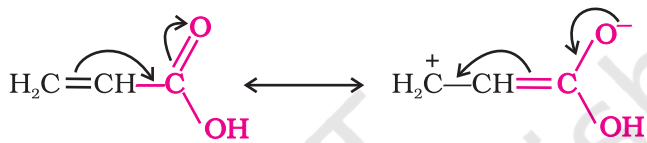
$FCH_2COOH > ClCH_2COOH > BrCH_2COOH > HCOOH > ClCH_2CH_2COOH >$

क्रमश: ←

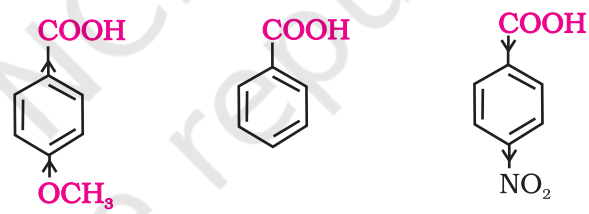
$C_6H_5COOH > C_6H_5CH_2COOH > CH_3COOH > CH_3CH_2COOH$

क्रमश: ←

कार्बोक्सिल समूह पर फ़ेनिल अथवा वाइनिल समूह के सीधे संयुक्त होने से संगत कार्बोक्सिलिक अम्लों की अम्लता बढ़ जाती है, जो नीचे दर्शाए गए अनुनाद प्रभाव के कारण अपेक्षित कमी के विपरीत है।



ऐसा कार्बोनिल समूह से संलग्नित $sp^2$ संकरित कार्बन की उच्च विद्युतऋणात्मकता के कारण होता है। ऐरोमैटिक कार्बोक्सिलिक अम्ल की फ़ेनिल वलय पर **इलेक्ट्रॉन अपनयन** करने वाले समूह की उपस्थिति अम्लता को बढ़ाती है जबकि इलेक्ट्रॉन दाता समूह की उपस्थिति अम्लता को घटाती है।

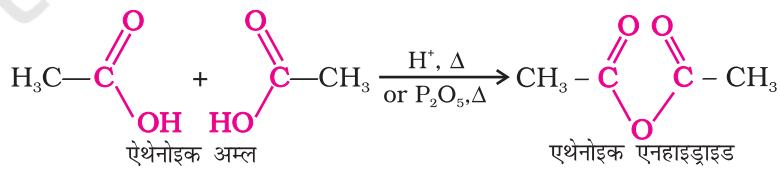


4-मेथॉक्सीबेन्ज़ोइक अम्ल ($pK_a = 4.46$) | बन्ज़ोइक अम्ल ($pK_a = 4.19$) | 4-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल ($pK_a = 3.41$)

## 8.9.2 C–OH आबंध विदलन संबंधी अभिक्रियाएँ

**1. एनहाइड्राइड का विरचन**

कार्बोक्सिलिक अम्लों खनिज अम्लों जैसे $H_2SO_4$ अथवा $P_2O_5$ के साथ गर्म करने पर संगत एनहाइड्राइड बनते हैं।



ऐथेनोइक अम्ल | एथेनोइक एनहाइड्राइड

**2. एस्टरीकरण**

कार्बोक्सिलिक अम्ल ऐल्कोहॉलों अथवा फीनॉलों द्वारा सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल अथवा हाइड्रोजन क्लोराइड गैस जैसे खनिज अम्ल उत्प्रेरकों की उपस्थिति में एस्टर बनाते हैं।

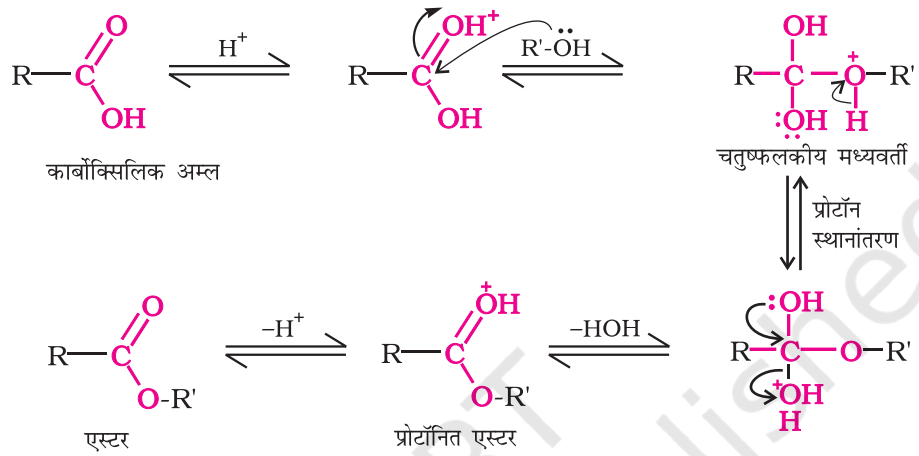
$$RCOOH + R'OH \xrightleftharpoons{H^+} RCOOR' + H_2O$$



© NCERT not to be republished

## कार्बोक्सिलिक अम्लों के एस्टरीकरण की क्रियाविधि

कार्बोक्सिलिक अम्लों का ऐल्कोहॉलों के साथ एस्टरीकरण एक प्रकार की नाभिकरागी ऐसिल प्रतिस्थापन अभिक्रिया है। कार्बोनिल की ऑक्सीजन का प्रोटॉनन कार्बोनिल समूह को ऐलकोहॉल के नाभिकरागी योगज के लिए सक्रिय कर देता है। चतुष्फलकीय मध्यवर्ती में एक प्रोटॉन का स्थानांतरण हाइड्राक्सिल समूह को $-\overset{+}{O}H_2$ समूह में परिवर्तित कर देता है जो एक अधिक अच्छा अवशिष्ट समूह होने के कारण, उदासीन जल अणु के रूप में विलोपित हो जाता है। अंततः इस प्रकार निर्मित प्रोटॉनित एस्टर प्रोटॉन को त्यागकर एक एस्टर दे देती है।




**3. $PCl_5$, $PCl_3$ एवं $SOCl_2$ के साथ अभिक्रिया**

कार्बोक्सिलिक अम्लों का हाइड्रॉक्सिल समूह, ऐल्कोहॉलों के हाइड्रॉक्सिल समूह की भाँति व्यवहार करता है और फॉस्फोरस पेन्टाक्लोराइड ($PCl_5$), फॉस्फोरस ट्राइक्लोराइड ($PCl_3$) अथवा थायोनिल क्लोराइड ($SOCl_2$) के साथ अभिक्रिया द्वारा क्लोरीन परमाणु से प्रतिस्थापित हो जाता है। थायोनिल क्लोराइड को वरीयता दी जाती है, क्योंकि इस अभिक्रिया के दो अन्य उत्पाद गैसीय होते हैं, जो अभिक्रिया मिश्रण से बाहर निकल जाते हैं। इसलिए प्राप्त उत्पाद का परिशोधन सुगम हो जाता है।

$$RCOOH + PCl_5 \longrightarrow RCOCl + PCl_3 + HCl$$

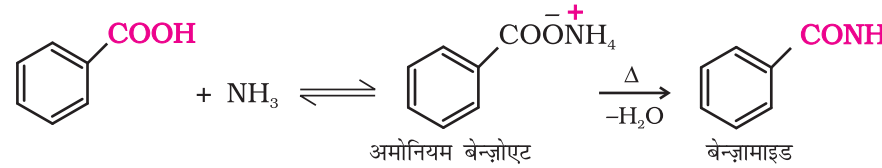
$$3RCOOH + PCl_3 \longrightarrow 3RCOCl + H_3PO_3$$

$$RCOOH + SOCl_2 \longrightarrow RCOCl + SO_2 + HCl$$

**4. अमोनिया के साथ अभिक्रिया**

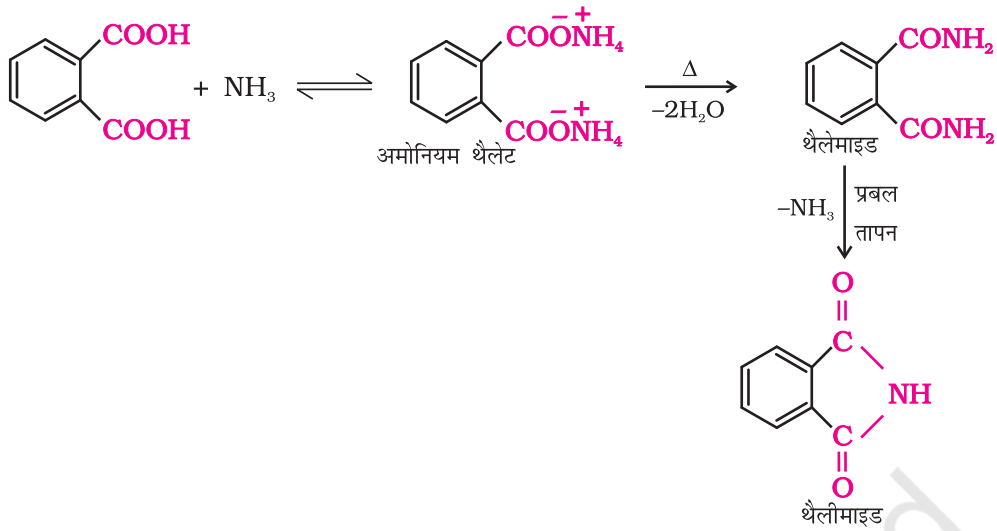
कार्बोक्सिलिक अम्ल अमोनिया के साथ अभिक्रिया द्वारा अमोनियम लवण बनते हैं जो अधिक उच्च ताप पर गर्म करने से ऐमाइड बनाते हैं। उदाहरणार्थ–

$$CH_3COOH + NH_3 \rightleftharpoons \underset{\text{अमोनियम ऐसीटेट}}{CH_3\overset{-}{C}OO\overset{+}{N}H_4} \xrightarrow[-H_2O]{\Delta} \underset{\text{एसिटैमाइड}}{CH_3CONH_2}$$






Reprint 2025-26




## 8.9.3 कार्बोक्सिलिक समूह (–COOH) संबंधी अभिक्रियाएँ

**1. अपचयन**

कार्बोक्सिलिक अम्ल लीथियम ऐलुमिनियम हाइड्राइड अथवा डाइबोरेन द्वारा प्राथमिक ऐल्कोहॉलों में अपचित हो जाते हैं। डाइबोरेन, एस्टर, नाइट्रो, हैलो इत्यादि जैसे प्रकार्यात्मक समूहों को सरलतापूर्वक अपचित नहीं करता। सोडियम बोरोहाइड्राइड कार्बोक्सिल समूह को अपचित नहीं करता।

$$\text{R-COOH} \xrightarrow[\text{(ii) } H_3O^+]{\text{(i) } LiAlH_4/\text{ईथर अथवा } B_2H_6} \text{R-}CH_2OH$$

**2. विकार्बोक्सिलन**

कार्बोक्सिलिक अम्लों के सोडियम लवणों को सोडालाइम (NaOH तथा CaO, 3:1 के अनुपात में) के साथ गरम करने पर कार्बन डाइऑक्साइड निकल जाती है एवं हाइड्रोकार्बन प्राप्त होते हैं। यह अभिक्रिया विकार्बोक्सिलन (Decarboxylation) कहलाती है।

$$\text{R-COONa} \xrightarrow[\text{ताप}]{NaOH \ \& \ CaO} \text{R-H} + Na_2CO_3$$

कार्बोक्सिलिक अम्लों के क्षार धातु लवणों के जलीय विलयन का वैद्युतअपघटन द्वारा विकार्बोक्सिलन हो जाता है तथा ऐसे हाइड्रोकार्बन निर्मित होते हैं जिसमें कार्बन परमाणुओं की संख्या, अम्ल के ऐल्किल समूह में उपस्थित कार्बन परमाणुओं की संख्या से दुगुनी होती है। इस अभिक्रिया को **कोल्बे वैद्युत्-अपघटन ( Kolbe Electrolysis )** कहते हैं। (एकक-9, कक्षा-11)

## 8.9.4 हाइड्रोकार्बन भाग में प्रतिस्थापन अभिक्रियाएँ

**1. हैलोजनन**

ऐसे कार्बोक्सिलिक अम्ल जिनमें α-हाइड्रोजन विद्यमान होता है, लाल फ़ॉस्फ़ोरस की अल्प मात्रा की उपस्थिति में क्लोरीन अथवा ब्रोमीन के साथ अभिक्रिया द्वारा α-हैलोकार्बोक्सिलिक अम्ल देते हैं। इस अभिक्रिया को **हेलफोलार्ड जेलिंस्की अभिक्रिया ( Hell-Volhard-Zelinsky Reaction )** कहते हैं।



© NCERT not to be republished

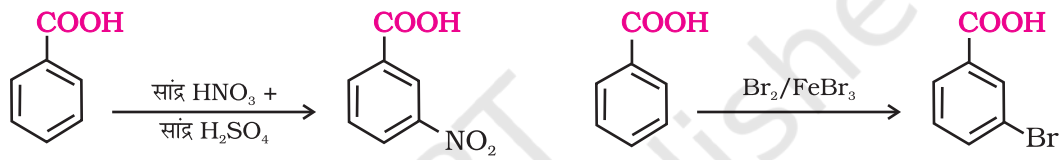
$$R\text{-}CH_2\text{-}COOH \xrightarrow[\text{(ii) } H_2O]{\text{(i) } X_2/\text{लाल फ़ॉस्फ़ोरस}} R\text{-}\underset{\underset{X}{|}}{CH}\text{-}COOH$$

X = Cl, Br

α – हैलोकार्बोक्सिलिक अम्ल

**2. वलय प्रतिस्थापन**

ऐरोमेटिक कार्बोक्सिलिक अम्ल इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाएं प्रदर्शित करते हैं, जिनमें कार्बोक्सिल समूह एक निष्क्रियक एवं *मेटा*-निर्देशी समूह की भाँति व्यवहार करता है। ऐरोमेटिक कार्बोक्सिलिक अम्ल **फ्रीडेल-क्राफ्ट्स (Friedel Crafts) अभिक्रिया** प्रदर्शित नहीं करते। (चूँकि कार्बोक्सिल समूह निष्क्रियक समूह है एवं उत्प्रेरक ऐलुमिनियम क्लोराइड (लूईस अम्ल) कार्बोक्सिल समूह से आबंधित हो जाता है।




*m*-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल  *m*-ब्रोमोबेन्ज़ोइक अम्ल

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**8.8** नीचे प्रदर्शित अम्लों के प्रत्येक युग्म में कौन सा अम्ल अधिक प्रबल है?

(i) $CH_3CO_2H$ अथवा $CH_2FCO_2H$

(ii) $CH_2FCO_2H$ अथवा $CH_2ClCO_2H$

(iii) $CH_2FCH_2CH_2CO_2H$ अथवा $CH_3CHFCH_2CO_2H$

(iv)


## 8.10 कार्बोक्सिलिक अम्लों के उपयोग

मेथेनॉइक अम्ल रबर, वस्त्र, रँगाई, चमड़ा एवं इलेक्ट्रोप्लेटिंग उद्योगों में उपयोग में आता है। एथेनॉइक अम्ल विलायक के रूप में तथा खाद्य उद्योगों में सिरके के रूप में उपयोग किया जाता है। **हैक्सेनडाइओइक** अम्ल का उपयोग नाइलोन-6,6 के निर्माण में होता है। बेन्ज़ोइक अम्ल की एस्टरों का उपयोग सुगंध द्रव्यों में होता है। सोडियम बेन्ज़ोएट का उपयोग खाद्य परिरक्षण में होता है। उच्चतर वसीय अम्लों का उपयोग साबुन एवं अपमार्जकों के उत्पादन में किया जाता है।



Reprint 2025-26

## सारांश

**ऐल्डिहाइड, कीटोन एवं कार्बोक्सिलिक अम्ल,** कार्बनिक यौगिकों के कुछ महत्वपूर्ण वर्ग हैं जिनमें कार्बोनिल समूह उपस्थित हैं। ये अत्यधिक ध्रुवीय अणु होते हैं। अत: ये हाइड्रोकार्बनों एवं तुलनीय आण्विक द्रव्यमानों वाले ईथरों जैसे कम ध्रुवीय यौगिकों की तुलना में अधिक ताप पर उबलते हैं। इनके निम्नतर सदस्य जल में अत्यधिक विलेय होते हैं, क्योंकि ये जल के साथ हाइड्रोजन आबंध बना सकते हैं। उच्चतर सदस्य अत्यधिक लंबी जल विरागी कार्बन शृंखला की उपस्थिति के कारण जल में अविलेय होते हैं किंतु सामान्य कार्बनिक विलायकों में विलेय होते हैं। ऐल्डिहाइडों को प्राथमिक ऐल्कोहॉलों के विहाइड्रोजनन या नियंत्रित ऑक्सीकरण अथवा ऐसिल हैलाइडों के नियंत्रित अपचयन द्वारा विरचित किया जा सकता है। ऐरोमेटिक ऐल्डीहाइड भी ऑक्सीकरण द्वारा निम्न प्रकार से बनाए जा सकते हैं।

1. ऐसीटिक ऐनहाइड्राइड की उपस्थिति में मेथिल बेन्ज़ीनों के क्रोमिलक्लोराइड अथवा $CrO_3$ द्वारा ऑक्सीकरण से।
2. निर्जल ऐलुमिनियम क्लोराइड या क्यूप्रस क्लोराइड की उपस्थिति में ऐरीनो के कार्बनमोनोक्साइड एवं हाइड्रोक्लोरिक अम्ल द्वारा फार्मिलन।
3. बैन्जल क्लोराइड के जलअपघटन द्वारा।

कीटोनों को द्वितीयक ऐल्कोहॉलों के ऑक्सीकरण और ऐल्काइनों के जलयोजन (Hydration) से विरचित किया जाता है। कीटोनों को ऐसिल क्लोराइड की डाइऐल्किल कैडमियम के साथ अभिक्रिया द्वारा भी बनाया जा सकता है। ऐरोमैटिक कीटोनों को विरचित करने की एक अच्छी विधि ऐरोमैटिक हाइड्रोकार्बनों का ऐसिल क्लोराइडों तथा ऐनहाइड्राइडों द्वारा **फ्रीडेल क्राफ्ट्स ऐसिलीनन** है। ऐल्डिहाइड एवं कीटोन दोनों ही ऐल्कीनों के ओजोनन द्वारा विरचित किए जा सकते हैं। ऐल्डिहाइड एवं कीटोन HCN, $NaHSO_3$ ऐल्कोहालों (या डाइऑलों), अमोनिया व्युत्पन्नों और **ग्रीन्यार अभिकर्मकों** जैसे अनेक नाभिकरागियों (Nucleophiles) के साथ कार्बोनिल समूह पर नाभिकरागी योगज अभिक्रियाएं देते हैं। ऐल्डिहाइड एवं कीटोनों में उपस्थित $\alpha$-हाइड्रोजन अम्लीय होते हैं। अत: कम से कम एक $\alpha$–हाइड्रोजन युक्त ऐल्डिहाइड एवं कीटोन क्षार की उपस्थिति में **ऐल्डोल संघनन** द्वारा क्रमश; $\alpha$-हाइड्रॉक्सीऐल्डिहाइड (ऐल्डोल) एवं $\beta$-हाइड्रॉक्सीकीटोन (कीटोल) बनाते हैं। ऐसे ऐल्डिहाइड जिनमें $\alpha$-हाइड्रोजन नहीं होता है सांद्र क्षार की उपस्थिति में **कैनिज़ारो अभिक्रिया** देते हैं। $LiAlH_4$ $NaBH_4$ या उत्प्रेरित हाइड्रोजनन से ऐल्डिहाइड एवं कीटोन अपचित होकर ऐल्कोहॉल बनाते हैं। ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों का कार्बोनिल समूह **क्लीमेन्सन अपचयन** या **वोल्फ किश्नर अपचयन** द्वारा मेथेलीन समूह में अपचयित हो जाता है। **टॉलेन अभिकर्मक** एवं **फ्रेलिंग विलयन** के समान मृदु ऑक्सीकरण अभिकर्मक ऐल्डिहाइडों को आसानी से कार्बोक्सिलिक अम्लों में ऑक्सीकृत कर देते हैं। इन ऑक्सीकरण अभिक्रियाओं का उपयोग ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों में विभेद करने में किया जाता है। कार्बोक्सिलिक अम्लों का विरचन प्राथमिक ऐल्कोहॉलों, ऐल्डिहाइडों एवं ऐल्कीनों के ऑक्सीकरण, नाइट्राइलों के जलअपघटन और ग्रीन्यार अभिकर्मकों की कार्बन डाइऑक्साइड द्वारा किया जाता है। ऐरोमैटिक कार्बोक्सिलिक अम्लों को भी पार्श्व शृंखला वाले ऐल्किलबेन्ज़ीन के ऑक्सीकरण से विरचित किया जा सकता है। यद्यपि कार्बोक्सिलिक अम्ल खनिज अम्लों की तुलना में बहुत दुर्बल होते हैं, किंतु ऐल्कोहॉलों एवं अधिकतर अतिसरल फ़ीनॉलों से काफी अधिक अम्लीय होते हैं। कार्बोक्सिलिक अम्लों को $LiAlH_4$ या इससे बेहतर ईथर विलयन में डाइबोरेन द्वारा प्राथमिक ऐल्कोहॉलों में अपचित किया जा सकता है। कार्बोक्सिलिक अम्लों का लाल फॉस्फोरस की उपस्थिति में $Cl_2$ या $Br_2$ के साथ $\alpha$-हैलोजनन होता है **(हेलफोलार्ड जेलिंसकी अभिक्रिया)**। मेथेनैल, ऐथेनैल, प्रोपेनोन, बेन्ज़ैल्डिहाइड, फॉर्मिक अम्ल, ऐसीटिक अम्ल, बेन्ज़ोइक अम्ल आदि अनेक कार्बोनिल यौगिक उद्योगों में महत्वपूर्ण हैं।

## अभ्यास

**8.1** निम्नलिखित पदों (शब्दों) से आप क्या समझते हैं? प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

(i) सायनोहाइड्रिन
(ii) ऐसीटल
(iii) सेमीकार्बेजोन
(iv) ऐल्डोल
(v) हेमीऐसीटेल
(vi) ऑक्सिम
(vii) कीटैल
(viii) इमीन
(ix) 2, 4 - DNP व्युत्पन्न
(x) शिफ-क्षारक



Reprint 2025-26

**8.2** निम्नलिखित यौगिकों के आईयूपीएसी (IUPAC) नामपद्धति में नाम लिखिए –

(i) $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2CHO$

(ii) $CH_3CH_2COCH(C_2H_5)CH_2CH_2Cl$

(iii) $CH_3CH{=}CHCHO$

(iv) $CH_3COCH_2COCH_3$

(v) $CH_3CH(CH_3)CH_2C(CH_3)_2COCH_3$

(vi) $(CH_3)_3CCH_2COOH$

(vii) $OHCC_6H_4CHO$-*p*

**8.3** निम्नलिखित यौगिकों की संरचना बनाइए।

(i) 3-मेथिलब्यूटेनैल

(ii) *p*-नाइट्रोप्रोपिओफीनोन

(iii) *p*-मेथिलबेन्ज़ैल्डिहाइड

(iv) 4-मेथिलपेन्ट-3-ईन-2-ओन

(v) 4-क्लोरोपेन्टेन-2-ऑन

(vi) 3-ब्रोमो-4-फेनिल पेन्टेनॉइक अम्ल

(vii) *p,p′*–डाईहाइड्रॉक्सीबेन्ज़ोफीनोन

(viii) हेक्स-2-ईन-4-आइनोइक अम्ल

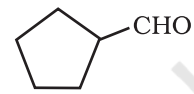
**8.4** निम्नलिखित ऐल्डिहाइडों एवं कीटोनों के आईयूपीएसी (IUPAC) नाम लिखिए और जहाँ संभव हो सके साधारण नाम भी दीजिए।

(i) $CH_3CO(CH_2)_4CH_3$

(ii) $CH_3CH_2CHBrCH_2CH(CH_3)CHO$

(iii) $CH_3(CH_2)_5CHO$

(iv) Ph-CH=CH-CHO

(v) 


(vi) PhCOPh

**8.5** निम्नलिखित व्युत्पन्नों की संरचना बनाइए–

(i) बेन्जेल्डिहाइड का 2,4-डाइनाइट्रोफेनिलहाइड्रेजोन

(ii) साइक्लोप्रोपेनोन ऑक्सिम

(iii) ऐसीटैल्डिहाइडडाइमेथिलऐसीटैल

(iv) साइक्लोब्यूटेनोन का सेमीकार्बेज़ोन

(v) हेक्सेन-3-ओन का एथिलीन कीटेल

(vi) फॉर्मेल्डिहाइड का मेथिल हेमीऐसीटेल

**8.6** साइक्लोहेक्सेनकार्बेल्डिहाइड की निम्नलिखित अभिकर्मकों के साथ अभिक्रिया से बनने वाले उत्पादों को पहचानिए–

(i) PhMgBr एवं तत्पश्चात् $H_3O^+$

(ii) टॉलेन अभिकर्मक

(iii) सेमीकार्बेज़ाइड एवं दुर्बल अम्ल

(iv) एथेनॉल का आधिक्य तथा अम्ल

(v) ज़िंक अमलगम एवं तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

**8.7** निम्नलिखित में से कौन से यौगिकों में ऐल्डोल संघनन होगा, किनमें कैनिज़ारो अभिक्रिया होगी और किनमें उपरोक्त में से कोई क्रिया नहीं होगी? ऐल्डोल संघनन तथा कैनिज़ारो अभिक्रिया में संभावित उत्पादों की संरचना लिखिए।

(i) मेथेनैल

(ii) 2-मेथिलपेन्टेनैल

(iii) बेन्ज़ैल्डिहाइड

(iv) बेन्ज़ोफ़ीनॉन

(v) साइक्लोहेक्सेनोन

(vi) 1-फेनिलप्रोपेनोन

(vii) फेनिलऐसीटैल्डिहाइड

(viii) ब्यूटेन-1-ऑल

(ix) 2,2-डाइमेथिलब्यूटेनैल

**8.8** एथेनैल को निम्नलिखित यौगिकों में कैसे परिवर्तित करेंगे?

(i) ब्यूटेन-1,3-डाईऑल

(ii) ब्यूट-2-ईनैल

(iii) ब्यूट-2-इनॉइक अम्ल

**8.9** प्रोपेनैल एवं ब्यूटेनैल के एल्डोल संघनन से बनने वाले चार संभावित उत्पादों के नाम एवं संरचना सूत्र लिखिए। प्रत्येक में बताइए कि कौन सा ऐल्डिहाइड नाभिकरागी और कौन सा इलेक्ट्रॉनरागी होगा?

**8.10** एक कार्बनिक यौगिक जिसका अणुसूत्र $C_9H_{10}O$ है 2,4 DNP व्युत्पन्न बनाता है, टॉलेन अभिकर्मक को अपचित करता है तथा कैनिज़ारो अभिक्रिया देता है। प्रबल ऑक्सीकरण पर वह 1,2-बेन्ज़ीनडाईकार्बोक्सिलिक अम्ल बनाता है। यौगिक को पहचानिए।

**8.11** एक कार्बनिक यौगिक 'क' (आण्विक सूत्र, $C_8H_{16}O_2$) को तनु सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ जलअपघटित करने के उपरांत एक कार्बोक्सिलिक अम्ल 'ख' एवं एक ऐल्कोहॉल 'ग' प्राप्त हुई। 'ग' को क्रोमिक अम्ल के साथ ऑक्सीकृत करने पर 'ख' उत्पन्न होता है। 'ग' निर्जलीकरण पर ब्यूट-1-ईन देता है। अभिक्रियाओं में प्रयुक्त होने वाली सभी रासायनिक समीकरणों को लिखिए।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

**8.12** निम्नलिखित यौगिकों को उनसे संबंधित (कोष्ठकों में दिए गए) गुणधर्मों के बढ़ते क्रम में व्यवस्थित कीजिए–

(i) ऐसीटैल्डिहाइड, ऐसीटोन, डाइ-*तृतीयक*-ब्यूटिलकीटोन, मेथिल*तृतीयक*-ब्यूटिलकीटोन (HCN के प्रति अभिक्रियाशीलता)

(ii) $CH_3CH_2CH(Br)COOH$, $CH_3CH(Br)CH_2COOH$, $(CH_3)_2CHCOOH$, $CH_3CH_2CH_2COOH$ (अम्लता के क्रम में)

(iii) बेन्ज़ोइक अम्ल; 4-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल; 3,4-डाईनाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल; 4-मेथॉक्सी बेन्ज़ोइक अम्ल (अम्लता की सामर्थ्य के क्रम में)

**8.13** निम्नलिखित यौगिक युगलों में विभेद करने के लिए सरल रासायनिक परीक्षणों को दीजिए–

(i) प्रोपेनैल एवं प्रोपेनोन

(ii) एसीटोफीनॉन एवं बेन्ज़ोफ़ीनोन

(iii) फ़ीनॉल एवं बेन्ज़ोइक अम्ल

(iv) बेन्ज़ोइक अम्ल एवं एथिनबेन्ज़ोएट

(v) पेन्टेन-2-ऑन एवं पेन्टेन-3-ऑन

(vi) बेन्ज़ैल्डिहाइड एवं एसीटोफ़ीनोन

(vii) एथेनैल एवं प्रोपेनैल

**8.14** बेन्ज़ीन से निम्नलिखित यौगिकों का विरचन आप किस प्रकार करेंगे? आप कोई भी अकार्बनिक अभिकर्मक एवं कोई भी कार्बनिक अभिकर्मक, जिसमें एक से अधिक कार्बन न हो, का उपयोग कर सकते हैं।

(i) मेथिल बेन्ज़ोएट

(ii) *m*-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल

(iii) *p*-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल

(iv) फ़ेनिलऐसीटिक अम्ल

(v) *p*-नाइट्रोबेन्ज़ैल्डिहाइड

**8.15** आप निम्नलिखित रूपांतरणों को अधिकतम दो चरणों में किस प्रकार से संपन्न करेंगे?

(i) प्रोपेनोन से प्रोपीन

(ii) बेन्ज़ोइक अम्ल से बेन्ज़ैल्डिहाइड

(iii) ऐथेनॉल से 3-हाइड्रॉक्सीब्यूटेनैल

(iv) बेन्ज़ीन से *m*-नाइट्रोऐसीटोफ़ीनोन

(v) बेन्ज़ैल्डिहाइड से बेन्ज़ोफ़ीनॉन

(vi) ब्रोमोबेन्ज़ीन से 1-फ़ेनिलएथेनॉल

(vii) बेन्ज़ैल्डिहाइड से 3-फ़ेनिलप्रोपेन-1-ऑल

(viii) बेन्ज़ैल्डिहाइड से $\alpha$-हाइड्रॉक्सीफ़ेनिलऐसीटिक अम्ल

(ix) बेन्ज़ोइक अम्ल से *m*- नाइट्रोबेन्ज़िल ऐल्कोहॉल

**8.16** निम्नलिखित पदों (शब्दों) का वर्णन करो–

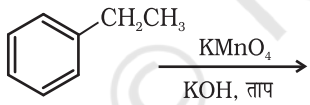
(i) ऐसीटिलिनन

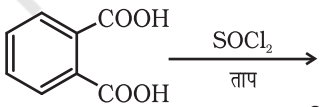
(ii) कैनिज़ारो अभिक्रिया

(iii) क्रॉस ऐल्डोल संघनन

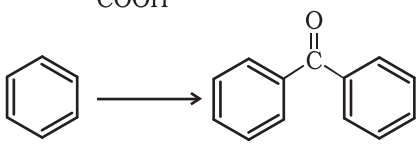
(iv) विकार्बोक्सिलन

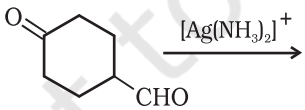
**8.17** निम्नलिखित प्रत्येक संश्लेषण में छूटे हुए प्रारंभिक पदार्थ, अभिकर्मक अथवा उत्पादों को लिखकर पूर्ण कीजिए–

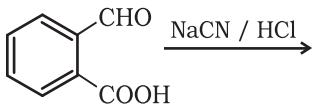
(i) 


(ii) 


(iii) $C_6H_5CHO \xrightarrow{H_2NCONHNH_2}$

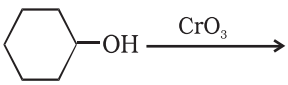
(iv) 


(v) 

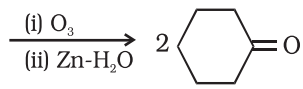

(vi) 


(vii) $C_6H_5CHO + CH_3CH_2CHO \xrightarrow[\Delta]{\text{तनु NaOH}}$

(viii) $CH_3COCH_2COOC_2H_5 \xrightarrow[\text{(ii) } H^+]{\text{(i) } NaBH_4}$

(ix) 


(x)


(xi) 




© NCERT not to be republished

**8.18** निम्नलिखित के संभावित कारण दीजिए–

(i) साइक्लोहेक्सेनोन अच्छी लब्धि में सायनोहाइड्रिन बनाता है। परंतु 2, 2, 6–ट्राइमेथिलसाइक्लोहेक्सेनोन ऐसा नहीं करता।

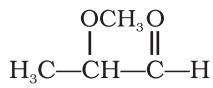
(ii) सेमीकार्बोज़ाइड में दो $-NH_2$ समूह होते हैं, परंतु केवल एक $-NH_2$ समूह ही सेमीकार्बेज़ोन विरचन में प्रयुक्त होता है।

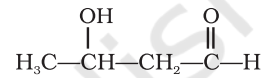
(iii) कार्बोक्सिलिक अम्ल एवं ऐल्कोहॉल से, अम्ल उत्प्रेरक की उपस्थिति में एस्टर के विरचन के समय जल अथवा एस्टर जैसे ही निर्मित होता है उसको निकाल दिया जाना चाहिए।

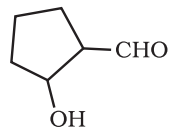
**8.19** एक कार्बनिक यौगिक में 69.77% कार्बन 11.63% हाइड्रोजन तथा शेष ऑक्सीजन है। यौगिक का आण्विक द्रव्यमान 86 है। यह टॉलेन अभिकर्मक को अपचित नहीं करता परंतु सोडियम हाइड्रोजनसल्फाइट के साथ योगज यौगिक देता है तथा आयोडोफार्म परीक्षण देता है। प्रबल ऑक्सीकरण पर एथेनॉइक तथा प्रोपेनॉइक अम्ल देता है। यौगिक की संभावित संरचना लिखिए।

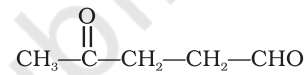
**8.20** यद्यपि फ़ीनॉक्साइड आयन की अनुनादी संरचनाएं कार्बोक्सिलेट आयन की तुलना में अधिक है परंतु कार्बोक्सिलिक अम्ल फ़ीनॉल की अपेक्षा प्रबल अम्ल है। क्यों?

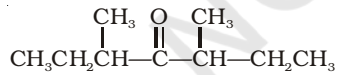
## कुछ पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

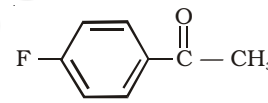
**8.1** (i) 

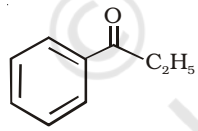
(ii) 

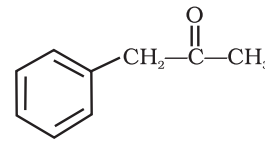
(iii) 

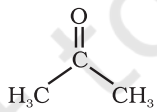
(iv) 

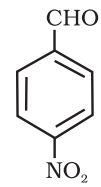
(v) 

(vi) 

**8.2** (i) 

(ii) 

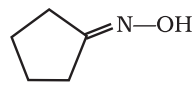
(iii) 

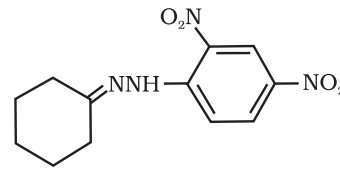
(iv) 

**8.3** $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3 < CH_3\text{-}O\text{-}CH_3 < CH_3\text{-}CHO < CH_3CH_2OH$

**8.4** (i) ब्यूटेनोन < प्रोपेनोन < प्रोपेनैल < एथेनैल

(ii) ऐसीटोफ़ीनोन < *p*-टॉलूऐल्डिहाइड < बेन्ज़ैल्डिहाइड < *p*-नाइट्रोबेन्ज़ैल्डिहाइड

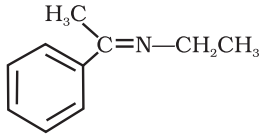
**8.5** (i) 

(ii) 



© NCERT not to be republished

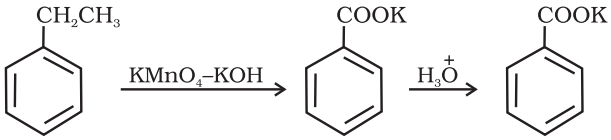
(iii) $R—CH=CH—CH=N—NH—\overset{\overset{O}{\|}}{C}—NH_2$

(iv) 

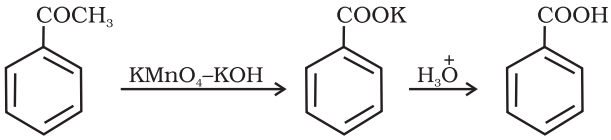

**8.6** (i) 3-फ़ेनिलप्रोपेनॉइक अम्ल (ii) 3-मेथिलब्यूट-2-इनोइक अम्ल

(iii) 2-मेथिलसाइक्लोपेन्टेनकार्बोक्सिलिक अम्ल (iv) 2,4,6-ट्राईनाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल

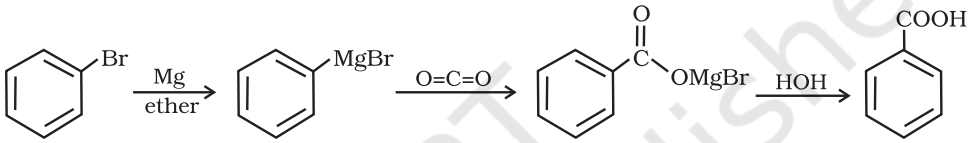
**8.7** (i)



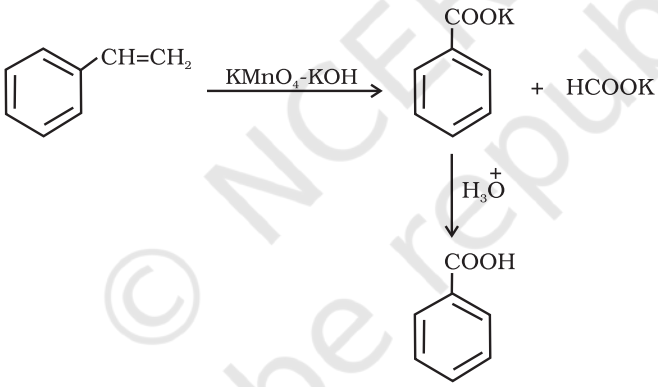

(ii)



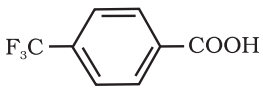

(iii)




(iv)




**8.8** (i) $CH_2FCOOH$ (ii) $CH_2FCOOH$

(iii) $CH_3CHFCH_2COOH$ (iv) 


© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

12088CH13

# एकक 9

# ऐमीन

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप –

- ऐमीनों की अमोनिया के व्युत्पन्न के रूप में व्याख्या कर सकेंगे, जिसकी संरचना पिरैमिडी होती है;
- ऐमीनों का प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीनों में वर्गीकरण कर सकेंगे;
- ऐमीनों का सामान्य एवं IUPAC पद्धति से नामकरण कर सकेंगे;
- ऐमीनों के विरचन की कुछ महत्वपूर्ण विधियों का वर्णन कर सकेंगे;
- ऐमीनों के गुणों की व्याख्या कर सकेंगे;
- प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीनों में विभेद कर सकेंगे;
- डाइऐज़ोनियम लवणों के विरचन की विधियों तथा ऐरोमैटिक श्रेणी के यौगिकों के संश्लेषण में, जिनमें ऐज़ोरंजक भी हैं, इनके महत्व का वर्णन कर सकेंगे।

***ऐमीनों का मुख्य व्यावसायिक उपयोग औषधियों और तंतुओं के संश्लेषण में मध्यवर्तियों के रूप में होता है।***

ऐमीन, अमोनिया अणु से एक अथवा अधिक हाइड्रोजन परमाणुओं के ऐल्किल अथवा ऐरिल समूहों द्वारा विस्थापन से प्राप्त कार्बनिक यौगिकों का एक महत्वपूर्ण वर्ग बनाती हैं। प्रकृति में ये प्रोटीन, विटामिन, ऐल्केलॉइड तथा हॉर्मोनों में पाए जाती हैं। संश्लेषित उदाहरणों में बहुलक, रंजक और औषध सम्मिलित हैं। दो जैव-सक्रिय यौगिक, मुख्यतया – ऐड्रीनलिन और इफेड्रिन, का उपयोग रक्त-चाप बढ़ाने के लिए किया जाता है दोनों में ही द्वितीयक ऐमीनों समूह होता है। एक संश्लेषित यौगिक 'नोवोकेन' का उपयोग दंतचिकित्सा में निश्चेतक के रूप में किया जाता है। प्रसिद्ध प्रतिहिस्टैमिन 'बैनैड्रिल' में भी तृतीयक ऐमीनो समूह उपस्थित है। चतुष्क अमोनियम लवणों का प्रयोग पृष्ठसक्रियक के रूप में होता है। डाइऐज़ोनियम लवण, रंजकों सहित विभिन्न ऐरोमैटिक यौगिकों को बनाने में मध्यवर्ती होते हैं। इस एकक में आप ऐमीन एवं डाइऐज़ोनियम लवणों के विषय में विस्तृत जानकारी प्राप्त करेंगे।

## I. ऐमीन

ऐमीन को अमोनिया के एक, दो अथवा तीनों हाइड्रोजन परमाणुओं को ऐल्किल और/अथवा ऐरिल समूहों द्वारा विस्थापित कर प्राप्त हुए व्युत्पन्न के रूप में माना जा सकता है।

उदाहरणार्थ–

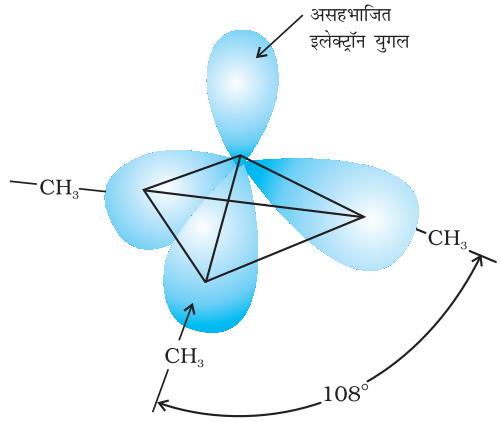
$$CH_3\text{–}\mathbf{NH_2},\ C_6H_5\text{–}\mathbf{NH_2},\ CH_3\text{–}\mathbf{NH}\text{–}CH_3,\ CH_3\text{–}\mathbf{N}\begin{matrix}\diagup CH_3\\ \diagdown CH_3\end{matrix}$$

### 9.1 ऐमीनों की संरचना

अमोनिया की भाँति, ऐमीन का नाइट्रोजन परमाणु त्रिसंयोजी है एवं इस पर एक असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल है। ऐमीन में नाइट्रोजन के कक्षक $sp^3$ संकरित होते हैं तथा ऐमीन की आकृति पिरैमिडी होती है। नाइट्रोजन के तीनों $sp^3$ संकरित कक्षकों में से प्रत्येक ऐमीन के संगठन के अनुसार हाइड्रोजन अथवा कार्बन के कक्षकों से अतिव्यापन करता है। सभी ऐमीनों में नाइट्रोजन के चौथे कक्षक में एक असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल स्थित रहता है। असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल

© NCERT not to be republished

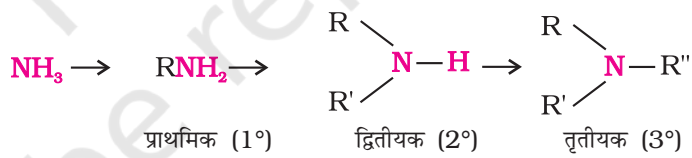
की उपस्थिति के कारण C–N–E कोण (जहाँ E = C अथवा H है), 109.5° से कम होता है। उदाहरण के लिए यह कोण ट्राईमेथिलऐमीन में 108° होता है जैसा कि चित्र 9.1 में दर्शाया गया है।




*चित्र 9.1–ट्राईमेथिलऐमीन की पिरैमिडी आकृति*

## 9.2 वर्गीकरण

अमोनिया अणु में ऐल्किल अथवा ऐरिल समूहों द्वारा प्रतिस्थापित हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या के आधार पर ऐमीनों का वर्गीकरण, प्राथमिक (1°), द्वितीयक (2°) तथा तृतीयक (3°) में किया जाता है। यदि अमोनिया में एक हाइड्रोजन परमाणु R अथवा Ar से प्रतिस्थापित हो तो हमें प्राथमिक (1°) एमीन R-$NH_2$ अथवा Ar-$NH_2$ प्राप्त होती है। यदि अमोनिया के दो हाइड्रोजन परमाणु अथवा R-$NH_2$ के एक हाइड्रोजन का प्रतिस्थापन अन्य ऐल्किल/ऐरिल (R') समूह से होता है तब आप क्या प्राप्त करेंगे? आपको द्वितीयक एमीन, R-NH-R' प्राप्त होगी। दूसरा एल्किल/ऐरिल समूह समान अथवा भिन्न हो सकता है। एक और हाइड्रोजन परमाणु का विस्थापन ऐल्किल/ऐरिल समूह से होने पर तृतीयक ऐमीन बनती है। यदि सभी ऐल्किल अथवा ऐरिल समूह समान हों तो ऐमीन को 'सरल' तथा भिन्न होने पर 'मिश्रित' कहते हैं।




## 9.3 नामपद्धति

सामान्य पद्धति में ऐलिफैटिक ऐमीन का नामकरण ऐमीन शब्द में पूर्वलग्न ऐल्किल लगाकर एक शब्द में, यानी ऐल्किलऐमीन के रूप में किया जाता है, जैसे– मेथिलऐमीन। द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीनों में जब दो अथवा अधिक समूह समान होते हैं तब ऐल्किल समूह के नाम से पहले पूर्वलग्न डाइ अथवा ट्राइ का प्रयोग किया जाता है। आईयूपीएसी पद्धति में ऐमीनों का नामकरण **ऐल्केनेमीन** के रूप में होता है। उदाहरणार्थ $CH_3NH_2$ का नाम मेथेनेमीन है। यदि मुख्य शृंखला में एक से अधिक स्थानों पर ऐमीन समूह उपस्थित हों तब ऐमीन समूहों की स्थिति कार्बन परमाणु की संख्या जिससे ये जुड़े हों, से व्यक्त कर डाइ, ट्राइ आदि उपयुक्त पूर्वलग्न लगाकर निर्दिष्ट की जाती है। हाइड्रोकार्बन भाग का अनुलग्न बनाए रखा जाता है। उदाहरणार्थ– $H_2N–CH_2–CH_2–NH_2$ का नाम एथेन-1, 2-डाइऐमीन है।

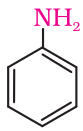
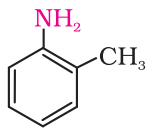
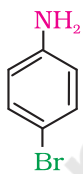
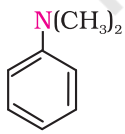
द्वितीयक तथा तृतीयक ऐमीन में N को छोटे एल्किल समूह के साथ जोड़कर विस्थापक के रूप में प्रयुक्त करते हैं। उदाहरणार्थ $CH_3NH\,CH_2CH_3$ का नाम है N–मेथिलऐथनामीन तथा $(CH_3CH_2)_3N$ का नाम है N, N–डाइएथिलऐथनामीन। अधिक उदाहरण सारणी 9.1 में दिए हैं। सबसे लम्बी कार्बन शृंखला को मुख्य शृंखला मानते हैं।



Reprint 2025-26

ऐरिल ऐमीनों में $-NH_2$ समूह बेन्जीन वलय से सीधे जुड़ा रहता है। ऐरिल ऐमीन का सबसे सरल उदाहरण $C_6H_5NH_2$ है। सामान्य पद्धति में इसे ऐनिलीन कहते हैं। यह आइयूपीएसी पद्धति में भी स्वीकार्य नाम है। ऐरिल एमीन का नामकरण करते समय ऐरीन के अंग्रेज़ी में लिखे नाम के अंत में से 'e' अनुलग्न का प्रतिस्थापन एमीन ('amine') शब्द से करते हैं। अत: आइयूपीएसी पद्धति में $C_6H_5-NH_2$ का नाम बेन्जीनेमीन होगा। सारणी 9.1 में कुछ एल्किल एवं ऐरिल ऐमीनों के सामान्य एवं आइयूपीएसी नाम में दिए गए हैं।

**सारणी 9.1–कुछ ऐल्किल एवं ऐरिल ऐमीनों की नामपद्धति**

| ऐमीन | सामान्य नाम | आइयूपीएसी नाम |
|---|---|---|
| $CH_3-CH_2-NH_2$ | एथिलऐमीन | ऐथेनेमीन |
| $CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$ | *n*-प्रोपिलऐमीन | प्रोपेन-1-ऐमीन |
| $CH_3-CH(NH_2)-CH_3$ | *iso*- प्रोपिलऐमीन | प्रोपेन-2-ऐमीन |
| $CH_3-N(H)-CH_2-CH_3$ | ऐथिलमेथिलऐमीन | N-मेथिलएथेनेमीन |
| $CH_3-N(CH_3)-CH_3$ | ट्राईमेथिलऐमीन | N,N-डाइमेथिलमेथेनेमीन |
| $C_2H_5-N(C_2H_5)-\overset{1}{C}H_2-\overset{2}{C}H_2-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ | N,N-डाईएथिलब्यूटिलऐमीन | N,N-डाइएथिलब्यूटेन-1-ऐमीन |
| $NH_2-\overset{1}{C}H_2-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H_2$ | ऐलिलऐमीन | प्रोप-2-ईन-1-ऐमीन |
| $NH_2-(CH_2)_6-NH_2$ | हेक्सामेथिलीन डाइऐमीन | हेक्सेन-1, 6-डाइऐमीन |
|  | ऐनिलीन | ऐनिलीन अथवा बेन्जीनेमीन |
|  | *o*-टॉलूडीन | 2-मेथिलऐनीलीन |
|  | *p*-ब्रोमोऐनिलीन | 4-ब्रोमोबेन्जीनेमीन अथवा -ब्रोमोऐनीलीन |
|  | N,N-डाइमेथिलऐनिलीन | N,N-डाइमेथिलबेन्जीनेमीन |

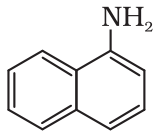
© NCERT not to be republished

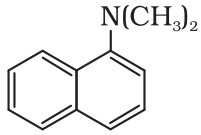


Reprint 2025-26

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**9.1** निम्नलिखित ऐमीनों को प्राथमिक, द्वितीयक अथवा तृतीयक ऐमीनों में वर्गीकृत कीजिए–

(i) 


(ii) 


(iii) $(C_2H_5)_2CHNH_2$ (iv) $(C_2H_5)_2NH$

**9.2** (i) अणु सूत्र $C_4H_{11}N$ से प्राप्त विभिन्न समावयवी ऐमीनों की संरचना लिखिए।

(ii) सभी समावयवों के आईयूपीएसी नाम लिखिए।

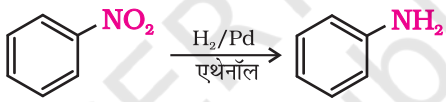
(iii) विभिन्न युग्मों द्वारा कौन से प्रकार की समावयवता प्रदर्शित होती है?

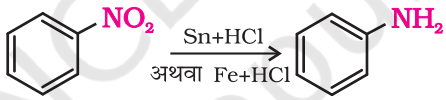
## 9.4 ऐमीनों का विरचन

ऐमीनों का विरचन निम्नलिखित विधियों से किया जाता है।

**1. नाइट्रो यौगिकों का अपचयन**

नाइट्रो यौगिक सूक्ष्म विभाजित निकैल, पैलेडियम अथवा प्लैटिनम की उपस्थिति में हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करने से ऐमीनों में अपचित हो जाते हैं। अम्लीय माध्यम में धातुओं द्वारा भी इनका अपचयन हो सकता है। इसी प्रकार से नाइट्रोऐल्कीन भी संगत ऐल्केनेमीनों में अपचित की जा सकती हैं।

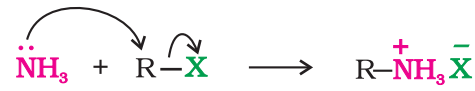
(i) 


(ii) 


रद्दी लोहे एवं हाइड्रोक्लोरिक अम्ल द्वारा अपचयन को वरीयता दी जाती है, क्योंकि अभिक्रिया में जनित $FeCl_2$ जलअपघटित होकर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल देता है। अत: केवल अभिक्रिया प्रारंभ करने के लिए हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की बहुत कम मात्रा में आवश्यकता होती है।

**2. ऐल्किल हैलाइडों का ऐमोनीअपघटन**

आपने एकक 6 में पढ़ा है कि ऐल्किल अथवा बेन्जिल हैलाइडों में कार्बन–हैलोजन आबंध नाभिकरागी द्वारा सरलता से विदलित हो जाता है। अत: ऐल्किल अथवा बेन्जिल हैलाइड अमोनिया के ऐथेनॉलिक विलयन से नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया करते हैं जिसमें हैलोजन परमाणु ऐमीनो ($-NH_2$) समूह से प्रतिस्थापित हो जाता है। अमोनिया अणु द्वारा C–X आबंध के विदलन की प्रक्रिया को **अमोनीअपघटन** (ammonolysis) कहते हैं। यह अभिक्रिया 373 K ताप पर सील बंद नालिका में कराते हैं। इस प्रकार से प्राप्त प्राथमिक ऐमीन नाभिकरागी की तरह व्यवहार करती है और पुन: ऐल्किल हैलाइड से अभिक्रिया करके द्वितीयक एवं तृतीयक एमीन तथा अंतत: चतुष्क अमोनियम लवण बना सकती है।




नाभिकरागी प्रतिस्थापित अमोनियम लवण



© NCERT not to be republished

$$\underset{(1^\circ)}{RNH_2} \xrightarrow{RX} \underset{(2^\circ)}{R_2NH} \xrightarrow{RX} \underset{(3^\circ)}{R_3N} \xrightarrow{RX} \underset{\text{चतुष्क अमोनियम लवण}}{R_4\overset{+}{N}\overset{-}{X}}$$

इस अभिक्रिया में हैलाइडों की ऐमीनों से अभिक्रियाशीलता का क्रम RI > RBr > RCl होता है। अमोनियम लवण से मुक्त ऐमीन प्रबल क्षार द्वारा अभिक्रिया से प्राप्त की जा सकती है।

$$R\text{–}\overset{+}{N}H_3\overset{-}{X} + NaOH \longrightarrow R\text{–}NH_2 + H_2O + \overset{+}{N}a\overset{-}{X}$$

अमोनीअपघटन में यह असुविधा है कि इससे प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीन तथा चतुष्क अमोनियम लवण का मिश्रण प्राप्त होता है। यद्यपि अमोनिया आधिक्य में लेने पर प्राप्त मुख्य उत्पाद प्राथमिक ऐमीन हो सकता है।

**उदाहरण 9.1** निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए रासायनिक समीकरण लिखिए–

(i) एथेनॉलिक $NH_3$ की $C_2H_5Cl$ के साथ अभिक्रिया।

(ii) बेन्जिल क्लोराइड का अमोनीअपघटन तथा प्राप्त ऐमीन की दो मोल $CH_3Cl$ से अभिक्रिया।

**हल**

(i)
$$\underset{\text{क्लोरोऐथेन}}{C_2H_5Cl} \xrightarrow{NH_3} \underset{\text{ऐथेनेमीन}}{C_2H_5NH_2} \xrightarrow{C_2H_5\text{-}Cl} \underset{\text{N-ऐथिलऐथेनेमीन}}{C_2H_5\text{–}\overset{H}{\overset{|}{N}}\text{–}C_2H_5} \xrightarrow{C_2H_5Cl} \underset{\text{N,N-डाइऐथिलऐथेनेमीन}}{C_2H_5\text{–}\underset{C_2H_5}{\underset{|}{N}}\text{–}C_2H_5} \xrightarrow{C_2H_5Cl} \underset{\text{चतुष्क आमोनियम लवण}}{(C_2H_5)_3\overset{+}{N}\overset{-}{Cl}}$$

(ii)
$$\underset{\text{बेन्जिलक्लोराइड}}{C_6H_5\text{–}CH_2\text{–}Cl} \xrightarrow{NH_3} \underset{\text{बेन्जिलऐमीन}}{C_6H_5\text{–}CH_2NH_2} \xrightarrow{2CH_3Cl} \underset{\text{N,N-डाइमेथिलफेनिलमेथेनेमीन}}{C_6H_5\text{–}CH_2\text{–}\underset{CH_3}{\underset{|}{N}}\text{–}CH_3}$$

### 3. नाइट्राइलों का अपचयन

नाइट्राइल लीथियम ऐलुमिनियम हाइड्राइड ($LiAlH_4$) अथवा उत्प्रेरकी हाइड्रोजनन द्वारा अपचित होकर प्राथमिक ऐमीन बनाते हैं। इस अभिक्रिया का उपयोग ऐमीन श्रेणी के आरोहण (ascent) में, अर्थात् प्रारंभिक ऐमीन से एक अधिक कार्बन वाले ऐमीन के विरचन में किया जाता है।

$$R\text{–}C\equiv N \xrightarrow[Na(Hg)/C_2H_5OH]{H_2/Ni} R\text{–}CH_2\text{–}NH_2$$

### 4. ऐमाइडों का अपचयन

ऐमाइड लीथियम ऐलुमिनियम हाइड्राइड द्वारा अपचित होकर ऐमीन देते हैं।

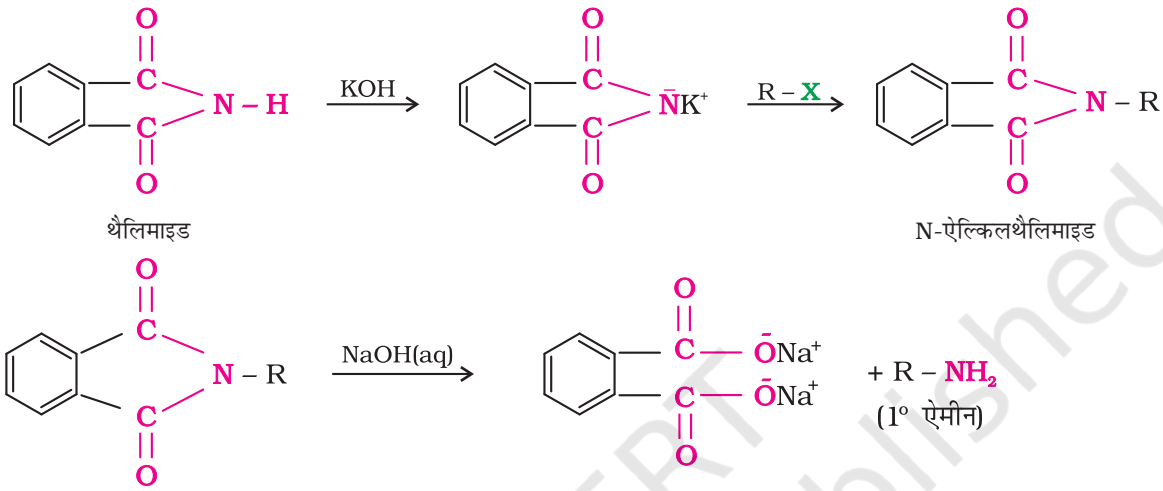
$$R\text{–}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{–}NH_2 \xrightarrow[\text{(ii) } H_2O]{\text{(i) } LiAlH_2} R\text{–}CH_2\text{–}NH_2$$



Reprint 2025-26

**5. गैब्रिएल थैलिमाइड संश्लेषण**

गैब्रिएल संश्लेषण का प्रयोग प्राथमिक ऐमीनों के विरचन के लिए किया जाता है। थैलिमाइड ऐथेनॉलिक पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड से अभिक्रिया द्वारा थैलिमाइड का पोटैशियम लवण बनाता है जो ऐल्किल हैलाइड के साथ गरम करने के पश्चात् क्षारीय जलअपघटन द्वारा संगत प्राथमिक ऐमीन उत्पन्न करता है। ऐरोमैटिक प्राथमिक ऐमीन इस विधि से नहीं बनाई जा सकतीं क्योंकि ऐरिल हैलाइड थैलिमाइड से प्राप्त ऋणायन के साथ नाभिकरागी प्रतिस्थापन; अभिक्रिया नहीं कर सकते।




**6. हॉफमान ब्रोमामाइड निम्नीकरण अभिक्रिया**

हॉफमान ने प्राथमिक ऐमीनों के विरचन के लिए एक विधि विकसित की जिसमें किसी ऐमाइड की NaOH के जलीय अथवा ऐथेनॉलिक विलयन में ब्रोमीन से अभिक्रिया करते हैं। इस निम्नीकरण अभिक्रिया में ऐल्किल अथवा ऐरिल समूह का स्थानांतरण ऐमाइड के कार्बोनिल कार्बन से ऐमीन के कार्बोनिल परमाणु पर होता है। इस प्रकार प्राप्त ऐमीन में ऐमाइड से एक कार्बन कम होता है।

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C}-NH_2 + Br_2 + 4NaOH \longrightarrow R-NH_2 + Na_2CO_3 + 2NaBr + 2H_2O$$

**उदाहरण 9.2** निम्नलिखित परिवर्तनों के लिए रासायनिक समीकरण लिखिए–

(i) $CH_3–CH_2–Cl$ से $CH_3–CH_2–CH_2–NH_2$ में

(ii) $C_6H_5–CH_2–Cl$ से $C_6H_5–CH_2–CH_2–NH_2$ में

**हल**

(i) $CH_3–CH_2–Cl \xrightarrow{\text{एथेनॉलिक NaCN}} CH_3–CH_2–C\equiv N \xrightarrow{\text{अपचयन}} CH_3–CH_2–CH_2–NH_2$

क्लोरोऐथेन → प्रोपेननाइट्राइल → प्रोपेन-1-ऐमीन

(ii) $C_6H_5–CH_2–Cl \xrightarrow{\text{एथेनॉलिक NaCN}} C_6H_5–CH_2–C\equiv N \xrightarrow{H_2/Ni} C_6H_5–CH_2–CH_2–NH_2$

क्लोरोफेनिलमेथेन (बेन्जिल क्लोराइड) → फेनिलऐथेननाइट्राइल (बेन्जिल सायनाइड) → 2-फेनिलऐथेनेमीन



Reprint 2025-26

**उदाहरण 9.3** निम्नलिखित की संरचनाएं एवं आइयूपीएसी नाम लिखिए

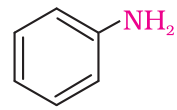
(i) ऐमाइड जो हॉफमान ब्रोमेमाइड अभिक्रिया द्वारा प्रोपेनेमीन देता है।

(ii) बेन्ज़ऐमाइड के हॉफमान ब्रोमेमाइड निम्नीकरण से प्राप्त ऐमीन।

**हल** (i) प्रोपेनेमीन में तीन कार्बन हैं। अत: ऐमाइड अणु में चार कार्बन परमाणु होने चाहिए। चार कार्बन परमाणु युक्त प्रारंभिक ऐमाइड की संरचना एवं आईयूपीएसी नाम निम्नलिखित हैं–

$$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH_2$$ ब्यूटेनेमाइड

(ii) बेन्ज़ऐमाइड सात कार्बन परमाणु युक्त एक ऐरोमैटिक ऐमाइड है अत: बेन्ज़ऐमाइड से छ: कार्बन युक्त प्राथमिक ऐरोमैटिक ऐमीन प्राप्त होगी।




ऐनिलीन अथवा बेन्ज़ीनेमीन

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**9.3** आप निम्नलिखित परिवर्तन कैसे करेंगे?

(i) बेन्जीन से ऐनिलीन

(ii) बेन्जीन से N, N-डाइमेथिलऐनिलीन

(iii) $Cl-(CH_2)_4-Cl$ से हेक्सेन-1, 6-डाइऐमीन

## 9.5 भौतिक गुणधर्म

निम्नतर ऐलिफैटिक ऐमीन मत्स्य गंध वाली गैसें हैं। तीन अथवा अधिक कार्बन परमाणु वाली प्राथमिक ऐमीन द्रव तथा इससे उच्चतर ऐमीन ठोस हैं। ऐनिलीन तथा अन्य ऐरिलऐमीन प्राय: रंगहीन होती हैं। परंतु भंडारण के दौरान वातावरण द्वारा ऑक्सीकरण होने से रंगीन हो जाती हैं।

निम्नतर ऐलिफैटिक ऐमीन जल में विलेय होती हैं, क्योंकि यह जल के अणुओं के साथ हाइड्रोजन आबंध बना सकती हैं। हालाँकि, अणुभार में वृद्धि के साथ जलविरागी (Hydrophlic) ऐल्किल भाग बढ़ जाता है अत: जल में विलेयता घटती है। उच्चतर ऐमीन जल में आवश्यक रूप से अविलेय होती हैं। ऐमीन की नाइट्रोजन एवं ऐल्कोहॉल की ऑक्सीजन की विद्युतऋणात्मकता क्रमश: 3.0 एवं 3.5 मानने पर आप ऐमीनों एवं ऐल्कोहलों की जल में विलेयता के पैटर्न की प्रागुक्ति कर सकते हैं। ब्यूटेन-1-ऑल एवं ब्यूटेन-1-ऐमीन में से कौन जल में अधिक विलेय होगा और क्यों? ऐमीन कार्बनिक विलायकों जैसे **ऐल्कोहॉल, ईथर एवं बेन्जीन** में विलेय होती है। आपको याद होगा कि एल्कोहॉल ऐमीन की तुलना में अधिक ध्रुवित होती हैं तथा ऐमीन की तुलना में प्रबल अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंध बनाती हैं।

प्राथमिक एवं द्वितीयक ऐमीनों में एक अणु का नाइट्रोजन परमाणु दूसरे अणु के हाइड्रोजन परमाणु से आबंधित होने के कारण इनमें अंतराआण्विक संघटन होता है। यह अंतराआण्विक संघटन प्राथमिक ऐमीनों में द्वितीयक एमीनों की तुलना में हाइड्रोजन आबंधन के लिए दो हाइड्रोजन परमाणुओं की उपलब्धता के कारण अधिक होता है। तृतीयक ऐमीन में नाइट्रोजन



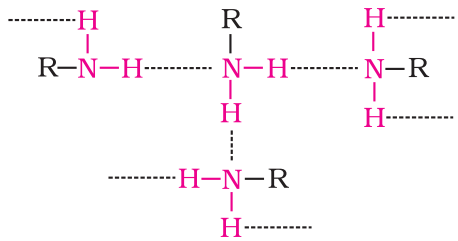
© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

पर हाइड्रोजन अणुओं के अभाव के कारण अंतराआण्विक संघटन नहीं होता। अत: समावयवी ऐमीनों के क्वथनांकों का क्रम निम्नलिखित होगा–

प्राथमिक > द्वितीयक > तृतीयक

प्राथमिक ऐमीन में उपस्थित अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंधन को चित्र 9.2 में दर्शाया गया है।



*चित्र 9.2–प्राथमिक ऐमीन में अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंधन*

लगभग समान आण्विक द्रव्यमान वाली ऐमीनों, ऐल्कोहॉलों एवं एल्केनों के क्वथनांक सारणी 9.2 में दर्शाए गए हैं।

**सारणी 9.2–लगभग समान आण्विक द्रव्यमान वाली ऐमीनों, ऐल्कोहॉलों एवं एल्केनों के क्वथनांकों की तुलना**

| क्र. सं. | यौगिक | अणु द्रव्यमान | क्वथनांक (K) |
|---|---|---|---|
| 1. | $n\text{-}C_4H_9NH_2$ | 73 | 350.8 |
| 2. | $(C_2H_5)_2NH$ | 73 | 329.3 |
| 3. | $C_2H_5N(CH_3)_2$ | 73 | 310.5 |
| 4. | $C_2H_5CH(CH_3)_2$ | 72 | 300.8 |
| 5. | $n\text{-}C_4H_9OH$ | 74 | 390.3 |

## 9.6 रासायनिक अभिक्रियाएँ

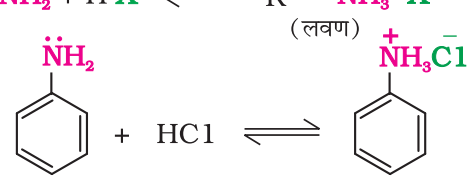
नाइट्रोजन एवं हाइड्रोजन परमाणुओं की विद्युतऋणात्मकता में अंतर तथा नाइट्रोजन परमाणु पर असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल की उपस्थिति ऐमीन को सक्रिय बना देती है। नाइट्रोजन परमाणुओं से जुड़ी हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या भी ऐमीन की अभिक्रिया का पथ निर्धारित करती है। इसलिए प्राथमिक ($-NH_2$), द्वितीयक ($>N-H$) एवं तृतीयक ऐमीनों ($>N-$) की बहुत सी अभिक्रियाओं में भिन्नता होती है। इसके अतिरिक्त, असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल की उपस्थिति के कारण ऐमीन नाभिकरागी की तरह व्यवहार करती हैं। ऐमीनों की कुछ अभिक्रियाओं की व्याख्या नीचे दी गई है–

### 1. ऐमीनों का क्षारकीय गुण

क्षारकीय प्रकृति होने के कारण ऐमीन अम्लों से अभिक्रिया कर लवण बनाती हैं।

$$R-\ddot{N}H_2 + HX \rightleftharpoons R-\overset{+}{N}H_3\ \overset{-}{X}$$

(लवण)



(ऐनिलीन) (ऐनिलीनियम क्लोराइड)



Reprint 2025-26

ऐमीन लवण NaOH जैसे क्षार से अभिक्रिया करके पितृ ऐमीन पुनर्जनित करती हैं।

$$R\overset{+}{N}H_3\,\bar{X} + \bar{O}H \longrightarrow R\ddot{N}H_2 + H_2O + \bar{X}$$

ऐमीन लवण जल में विलेय किंतु ईथर जैसे कार्बनिक विलायकों में अविलेय होते हैं। यह अभिक्रिया जल में अविलेय अक्षारकीय कार्बनिक यौगिकों को ऐमीन से पृथक् करने का आधार है।

ऐमीन की खनिज अम्लों से अभिक्रिया द्वारा लवणों का बनना इनकी क्षारकीय प्रकृति को दर्शाता है। ऐमीनों में एक असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल उपस्थित होने के कारण यह **लूईस क्षारक** की भाँति व्यवहार करती है । ऐमीनों के क्षारकीय गुण को उनके $K_b$ एवं $pK_b$ के मान पर विचार करके भलीभाँति व्याख्या की जा सकती है।

$$R-NH_2 + H_2O \rightleftharpoons R-\overset{+}{N}H_3 + \bar{O}H$$

$$K = \frac{[R-\overset{+}{N}H_3][\bar{O}H]}{[R-NH_2][H_2O]}$$

अथवा $$K[H_2O] = \frac{[R-\overset{+}{N}H_3][\bar{O}H]}{[R-NH_2]}$$

अथवा $$K_b = \frac{[R-\overset{+}{N}H_3][\bar{O}H]}{[R-NH_2]}$$

$$pK_b = -\log K_b$$

$K_b$ का मान जितना अधिक होता है अथवा $pK_b$ का मान जितना कम होता है, क्षारक उतना ही प्रबल होता है। कुछ ऐमीनों के $pK_b$ मान सारणी 9.3 में दिए गए हैं।

अमोनिया का $pK_b$ मान 4.75 होता है। ऐलिफैटिक ऐमीन, नाइट्रोजन परमाणु पर ऐल्किल समूहों के +I प्रभाव के कारण अधिक इलेक्ट्रॉन घनत्व होने से अमोनिया से प्रबल क्षारक होते हैं। इनके $pK_b$ मान 3 से 4.22 के मध्य होते हैं। दूसरी ओर ऐरोमैटिक ऐमीन ऐरिल समूह की इलेक्ट्रॉन खींचने (इलेक्ट्रॉन अपनयन) की प्रकृति के कारण अमोनिया से दुर्बल क्षारक होते हैं।

**सारणी 9.3–जलीय प्रावस्था में कुछ ऐमीनों के $pK_b$ मान**

| ऐमीन का नाम | $pK_b$ |
|---|---|
| मेथेनेमीन | 3.38 |
| N-मेथिलमेथेनेमीन | 3.27 |
| N,N-डाइमेथिलमेथेनेमीन | 4.22 |
| एथेनेमीन | 3.29 |
| N-एथिलऐथेनेमीन | 3.00 |
| N,N-डाइएथिलऐथेनेमीन | 3.25 |
| बेन्जीनऐमीन | 9.38 |
| फ़ेनिलमेथेनेमीन | 4.70 |
| N-मेथिलऐनिलीन | 9.30 |
| N,N-डाइमेथिलऐनिलीन | 8.92 |



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

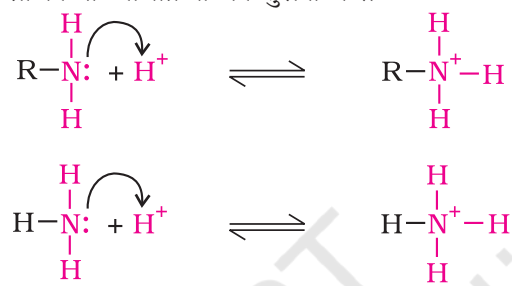
प्रतिस्थापियों के +I अथवा –I प्रभाव के आधार पर ऐमीनों के $K_b$ मान के प्रतिपादन में आपको कुछ विसंगतियाँ मिल सकती हैं। प्रेरणिक प्रभाव के अतिरिक्त कुछ अन्य प्रभाव, जैसे– विलायकयोजन प्रभाव, त्रिविम अवरोधन आदि भी ऐमीन की क्षारकीय सामर्थ्य को प्रभावित करते हैं। इस पर विचार कीजिए। आपको इसका उत्तर निम्नलिखित अनुच्छेदों में मिल जाएगा।

**ऐमीनों की संरचना तथा क्षारकता में संबंध**

ऐमीनों की क्षारकता इनकी संरचना से संबंधित होती है। ऐमीनों का क्षारकीय गुण अम्ल से प्रोटॉन ग्रहण कर धनायन बनाने की सहजता पर निर्भर करता है, ऐमीन की तुलना में धनायन जितना अधिक स्थायी होता है ऐमीन उतनी ही अधिक क्षारकीय होती है।

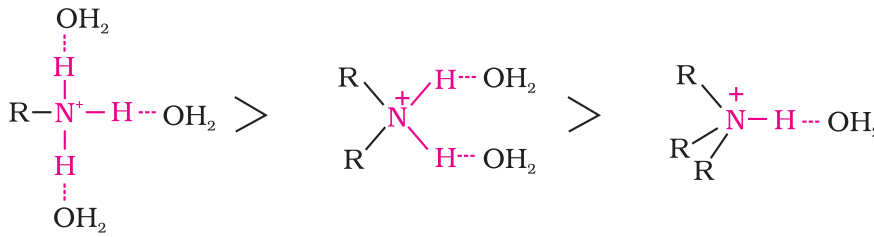
**( क ) ऐल्केनेमीन बनाम अमोनिया**

आइए हम ऐल्केनेमीन और अमोनिया की क्षारकता की तुलना करने के लिए इनकी प्रोटॉन से अभिक्रिया की तुलना करें।



इलेक्ट्रॉन मुक्त करने की प्रकृति के कारण ऐल्किल समूह इलेक्ट्रॉन को नाइट्रोजन की ओर धकेलते हैं और इस प्रकार से नाइट्रोजन के असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल की प्रोटॉन से साझेदारी के लिए उपलब्धता को बढ़ा देते हैं। इसके अलावा ऐमीन से प्राप्त हुआ प्रतिस्थापित अमोनियम आयन, एल्किल समूह के +I प्रभाव के कारण आवेश के वितरण द्वारा स्थायित्व प्राप्त करता है। अत: ऐल्किल-ऐमीन अमोनिया से प्रबल क्षारक होते हैं। इसलिए ऐलिफैटिक ऐमीन की क्षारकता इनमें उपस्थित ऐल्किल समूह की संख्या बढ़ने के साथ बढ़नी चाहिए। गैसीय प्रावस्था में यह क्रम बना रहता है। गैसीय प्रावस्था में ऐमीनों की क्षारकता का क्रम अपेक्षित क्रम में होता है जो इस प्रकार है– तृतीयक ऐमीन > द्वितीयक ऐमीन > प्राथमिक ऐमीन > अमोनिया ($NH_3$)। सारणी 9.3 में दिए गए $pK_b$ के मानों से स्पष्ट होता है कि यह क्रम जलीय प्रावस्था में क्रमानुसार नहीं होता। जलीय प्रावस्था में प्रतिस्थापित अमोनियम धनायनों का स्थायित्व केवल ऐल्किल समूह के इलेक्ट्रॉन मुक्त करने के प्रभाव (+I) पर ही निर्भर नहीं होता, अपितु जल अणुओं द्वारा विलायक योजन पर भी निर्भर करता है। धनायन का आकार जितना बड़ा होता है उसका विलायक योजन उतना ही कम होता है, आयनों के स्थायित्व का क्रम इस प्रकार है–

**जल में हाइड्रोजन आबंधन तथा विलायकन द्वारा स्थायित्व के कम होने का क्रम**



1° 2° 3°



© NCERT not to be republished

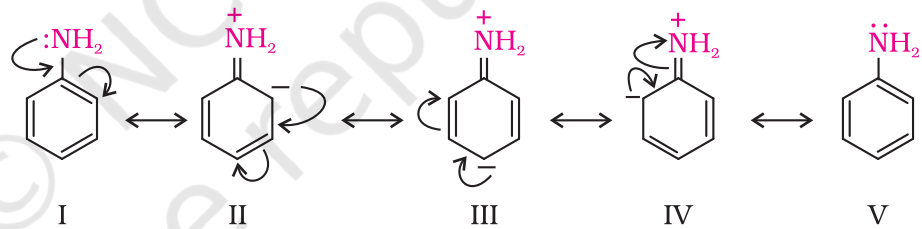
प्रतिस्थापित अमोनियम धनायन का स्थायित्व जितना अधिक होता है, संगत ऐमीन का क्षारकीय प्राबल्य उतना ही अधिक होना चाहिए। अत: ऐलिफैटिक एमीनों की क्षारकता का क्रम, प्राथमिक > द्वितीयक > तृतीयक होना चाहिए जो कि प्रेरणिक प्रभाव के विपरीत क्रम है। पुनश्च: जब ऐल्किल समूह–$CH_3$ की तरह छोटा होता है तो हाइड्रोजन आबंधन में कोई त्रिविम बाधा नहीं होती। यदि ऐल्किल समूह –$CH_3$ समूह से बड़ा होगा तो हाइड्रोजन आबंधन में त्रिविम बाधा आएगी। इसलिए ऐल्किल समूह की प्रकृति में परिवर्तन, जैसे –$CH_3$ से –$C_2H_5$ होने पर क्षारकता सामर्थ्य के क्रम में परिवर्तन हो जाता है। अत: जलीय प्रावस्था में प्रेरणिक प्रभाव, विलायक योजन प्रभाव तथा त्रिविम बाधा का जटिल पारस्परिक प्रभाव क्षारकीय प्राबल्य का निर्धारण करता है। जलीय विलयन में मेथिल और ऐथिल प्रतिस्थापित एमीनों के क्षारकीय प्राबल्य का क्रम इस प्रकार है–

$$(C_2H_5)_2NH > (C_2H_5)_3N > C_2H_5NH_2 > NH_3$$

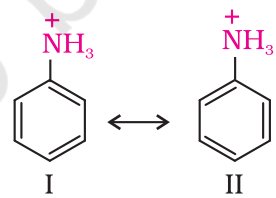
$$(CH_3)_2NH > CH_3NH_2 > (CH_3)_3N > NH_3$$

**( ख ) ऐरिलऐमीन बनाम अमोनिया**

ऐनिलीन के $pK_b$ का मान काफ़ी अधिक है। ऐसा क्यों है? ऐसा इसलिए है कि बेन्जीन तथा अन्य ऐरिल ऐमीनों में –$NH_2$ समूह सीधे बेन्जीन वलय से जुड़ा होता है। इससे नाइट्रोजन परमाणु पर उपस्थित असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल, बेन्जीन वलय के साथ संयुग्मन के कारण प्रोटॉनन के लिए कम उपलब्ध होता है। यदि आप ऐनिलीन की विभिन्न संरचनाएं लिखें, तो आप पाएंगे कि ऐनिलीन निम्नलिखित पाँच संरचनाओं का संकर है। दूसरी ओर प्रोटॉन ग्रहण से परिणित ऐनिलीनियम आयन की केवल दो अनुनाद संरचनाएं (केकुले) होती हैं।




ऐनिलीनियम धनायन की अनुनादी संरचनाएं




हम जानते हैं कि जितनी अधिक अनुनादी संरचनाएं होती हैं स्थायित्व उतना ही अधिक होता है। अत: आप निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि ऐनिलीन (पाँच अनुनादी संरचनाएं) ऐनिलीनियम आयन से अधिक स्थायी होती हैं। अत: एनिलीन अथवा अन्य ऐरोमैटिक ऐमीनों की प्रोटोन स्वीकार्यता अथवा क्षारक गुण कम होगा। प्रतिस्थापित ऐनिलीन में यह देखा गया है कि इलेक्ट्रॉन मुक्त करने वाले समूह जैसे –$OCH_3$, –$CH_3$, क्षारकीय प्राबल्य में वृद्धि करते हैं जबकि इलेक्ट्रॉन खींचने वाले समूह जैसे –$NO_2$, –$SO_3H$, –COOH, –X, इसे कम करते हैं।



Reprint 2025-26

**उदाहरण 9.4** निम्नलिखित को क्षारकीय प्राबल्य के घटते क्रम में लिखिए–
$C_6H_5NH_2$, $C_2H_5NH_2$, $(C_2H_5)_2NH$, $NH_3$

**हल** उपरोक्त ऐमीनों एवं अमोनिया के क्षारकीय प्राबल्य में कमी का क्रम इस प्रकार है–
$(C_2H_5)_2NH > C_2H_5NH_2 > NH_3 > C_6H_5NH_2$

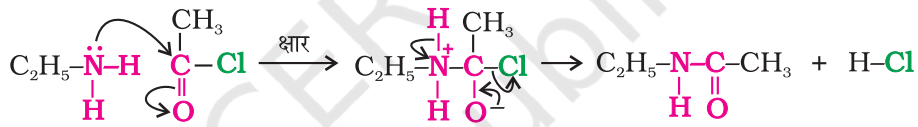
**2. ऐल्किलन**

ऐमीन ऐल्किल हैलाइडों के साथ ऐल्किलन अभिक्रिया देती हैं। (देखें कक्षा 12, एकक 6)

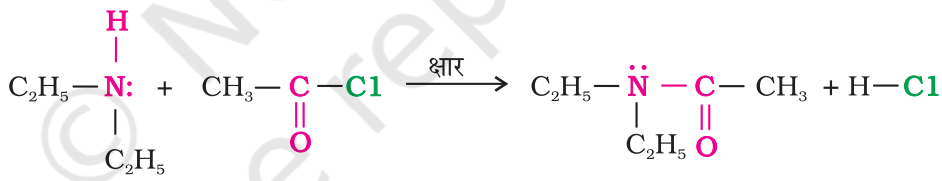
**3. ऐसिलन**

ऐलीफैटिक तथा ऐरोमैटिक प्राथमिक एवं द्वितीयक ऐमीन ऐसिड क्लोराइड, ऐनहाइड्राइड और ऐस्टर से नाभिकरागी प्रतिस्थापन अभिक्रिया करते हैं। यह अभिक्रिया ऐसिलन कहलाती है। आप इस अभिक्रिया को $-NH_2$ अथवा > N–H समूह में उपस्थित हाइड्रोजन परमाणु का ऐसिल समूह द्वारा प्रतिस्थापन समझ सकते हैं।

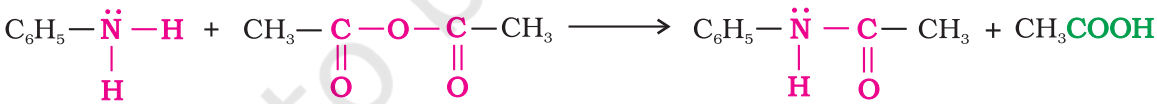
ऐसिलन अभिक्रिया से प्राप्त उत्पादों को ऐमाइड कहते हैं। यह अभिक्रिया ऐमीन से अधिक प्रबल क्षारक, जैसे पिरीडीन की उपस्थिति में कराई जाती है जो अभिक्रिया में बने HCl को निकालकर साम्य को दाईं ओर विस्थापित कर देता है।




एथेनेमीन N-एथिलएथेनेमाइड




N-एथिलएथेनेमीन N,N-डाइएथिलएथेनेमाइड



बेन्जीनऐमीन ऐथेनॉइकऐनहाइड्राइड N-फ़ेनिलएथेनेमाइड अथवा ऐसीटेनिलाइड

ऐमीन बेन्जॉयल क्लोराइड ($C_6H_5COCl$) से भी अभिक्रिया करती हैं। इस अभिक्रिया को बेन्ज़ाइलन कहते हैं।

$$CH_3NH_2 + C_6H_5COCl \rightarrow CH_3NHCOC_6H_5 + HCl$$

मेथेनेमीन बेन्जॉयल क्लोराइड N - मेथिलबेन्ज़ऐमाइड

क्या आप जानते हैं कि ऐमीन तथा कार्बोक्सिलिक अम्ल की अभिक्रिया से प्राप्त उत्पाद क्या होगा? ये कमरे के ताप पर ऐमीन से अभिक्रिया द्वारा लवण बनाते हैं।



Reprint 2025-26

4. **कार्बिलऐमीन अभिक्रिया**

ऐलिफैटिक तथा ऐरोमैटिक प्राथमिक ऐमीन, क्लोरोफ़ार्म और एथेनॉलिक पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड के साथ गर्म करने पर दुर्गंधयुक्त पदार्थ आइसोसायनाइड अथवा कर्बिलऐमीन का विरचन करती हैं। द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीन यह अभिक्रिया नहीं दर्शातीं। इस अभिक्रिया को **कार्बिलऐमीन अभिक्रिया** अथवा आइसोसायनाइड परीक्षण कहते हैं तथा यह प्राथमिक ऐमीनों के परीक्षण में प्रयुक्त होती है।

$$R-NH_2 + CHCl_3 + 3KOH \xrightarrow{\text{ताप}} R-NC + 3KCl + 3H_2O$$

5. **नाइट्रस अम्ल से अभिक्रिया**

खनिज अम्ल एवं सोडियम नाइट्राइट की अभिक्रिया से स्वस्थान (in situ) बनायी गई तीनों वर्गों की ऐमीन नाइट्रस अम्ल से अलग-अलग तरह से अभिक्रिया करती हैं।

**(क)** प्राथमिक ऐलीफैटिक ऐमीन नाइट्रस अम्ल से अभिक्रिया द्वारा ऐलीफैटिक डाइऐज़ोनीयम लवण बनाती हैं जो अस्थायी होने के कारण मात्रात्मकत: नाइट्रोजन निर्मुक्त करती हैं और एल्कोहॉल बनाती हैं। नाइट्रोजन की मात्रात्मकत: निकासी का उपयोग ऐमीनो अम्लों एवं प्रोटीनों के आकलन में किया जाता है।

$$R-NH_2 + HNO_2 \xrightarrow{NaNO_2 + HCl} [R-\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl}] \xrightarrow{H_2O} ROH + N_2 + HCl$$

**(ख)** ऐरोमैटिक ऐमीन नाइट्रस अम्ल से कम ताप (273–268 K) पर अभिक्रिया कर डाइऐज़ोनियम लवण बनाती हैं। यह यौगिकों का एक महत्वपूर्ण वर्ग है जिसका उपयोग विभिन्न प्रकार के ऐरोमैटिक यौगिकों के संश्लेषण में होता है। जिनका वर्णन खंड 9.7 में किया गया है।

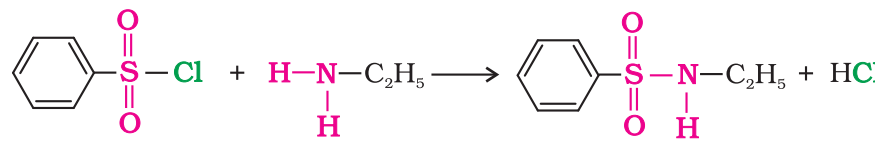
$$\underset{\text{ऐनिलीन}}{C_6H_5-NH_2} \xrightarrow[273-278\ K]{NaNO_2 + 2HCl} \underset{\text{बेन्जीनडाइऐज़ोनियम क्लोराइड}}{C_6H_5-\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl}} + NaCl + 2H_2O$$

द्वितीयक और तृतीयक ऐमीन नाइट्रस अम्ल से भिन्न प्रकार से अभिक्रिया करती हैं।

6. **ऐरिलसल्फोनिल क्लोराइड से अभिक्रिया**

बेन्जीन सल्फोनिल क्लोराइड ($C_6H_5SO_2Cl$) जिसे **हिन्सबर्ग अभिकर्मक** भी कहते हैं, प्राथमिक और द्वितीयक ऐमीनों से अभिक्रिया करके सल्फोनैमाइड बनाता है।

**(क)** बेन्जीनसल्फोनिल क्लोराइड और प्राथमिक ऐमीन की अभिक्रिया से N- एथिलबेन्जीन-सल्फोनिल ऐमाइड प्राप्त होते हैं।



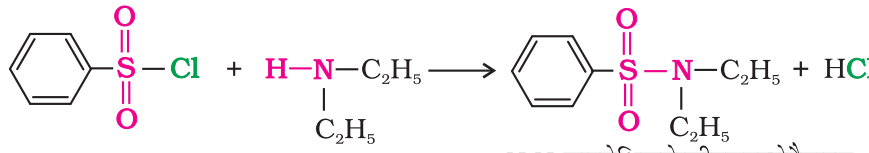
N-एथिलबेन्जीनसल्फोनैमाइड
(क्षार में विलेय)

सल्फोनैमाइड की नाइट्रोजन से जुड़ी हाइड्रोजन प्रबल इलेक्ट्रॉन खीचने वाले सल्फोनिल समूह की उपस्थिति के कारण प्रबल अम्लीय होती है। अत: यह क्षार में विलेय होते हैं।



Reprint 2025-26

**( ख )** द्वितीयक ऐमीन की अभिक्रिया से N,N- डाइएथिलबेन्जीनसल्फोनैमाइड बनता है।



N,N-डाइऐथिलबेन्जीनसल्फोनैमाइड

N,N-डाइएथिलबेन्जीनसल्फोनैमाइड में कोई भी हाइड्रोजन परमाणु, नाइट्रोजन परमाणु से नहीं जुड़ा है अत: यह अम्लीय नहीं होता तथा क्षार में अविलेय होता है।

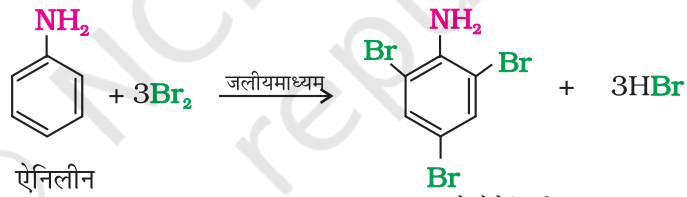
**( ग )** तृतीयक ऐमीन बेन्जीनसल्फोनिल क्लोराइड से अभिक्रिया नहीं करतीं। विभिन्न वर्गों के ऐमीनों का यह गुण जिसमें वे बेन्जीनसल्फोनिल क्लोराइड से भिन्न-भिन्न प्रकार से अभिक्रिया करती हैं, प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीनों में विभेद करने एवं इन्हें मिश्रण से पृथक करने में प्रयुक्त होता है। यद्यपि आजकल बेन्जीनसल्फ़ोनिल क्लोराइड के स्थान पर *p*- टॉलूईनसल्फ़ोनिल क्लोराइड का प्रयोग होता है।

**7. इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन**

आपने पहले पढ़ा है कि ऐनिलीन पाँच अनुनादी संरचनाओं का संकर होती है। आप इन संरचनाओं में कौन से स्थान पर सर्वाधिक इलेक्ट्रॉन घनत्व पाते हैं? $-NH_2$ समूह के संदर्भ से *आर्थो* तथा *पैरा* स्थानों पर अधिक इलेक्ट्रॉन घनत्व के केंद्र बन जाते हैं। अत: $-NH_2$ समूह *आर्थो* तथा *पैरा* निर्देशक एवं शक्तिशाली सक्रियक समूह है।

**( क ) ब्रोमीनन**

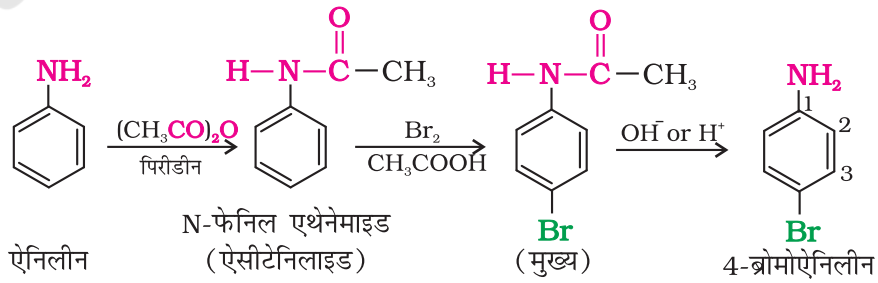
ऐनिलीन कक्ष ताप पर ब्रोमीन जल से अभिक्रिया करके 2, 4, 6 –ट्राईब्रोमोऐनिलीन का सफेद अवक्षेप देती है।



ऐनिलीन

2,4,6-ट्राइब्रोमोऐनिलीन

ऐरोमैटिक ऐमीन की इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं में मुख्य समस्या इनकी उच्च अभिक्रियाशीलता है। प्रतिस्थापन *आर्थो* तथा *पैरा* दोनों स्थानों पर हो सकता है। यदि हमें ऐनिलिन का एकल प्रतिस्थापी व्युत्पन्न बनाना हो तो $-NH_2$ समूह के सक्रियण प्रभाव को कैसे नियंत्रित करेंगे? यह $-NH_2$ समूह को ऐसीटिक ऐनहाइड्राइड ऐसीटिलन द्वारा परिरक्षित करने के बाद वांछित प्रतिस्थापन करके और फिर अंत में प्रतिस्थापित ऐमाइड को प्रतिस्थापित ऐमीन में जलअपघटित करके किया जा सकता है।



ऐनिलीन

N-फेनिल एथेनेमाइड (ऐसीटेनिलाइड)

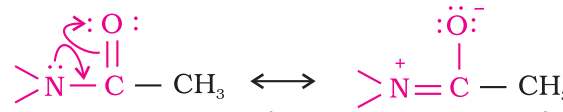
(मुख्य)

4-ब्रोमोऐनिलीन



Reprint 2025-26

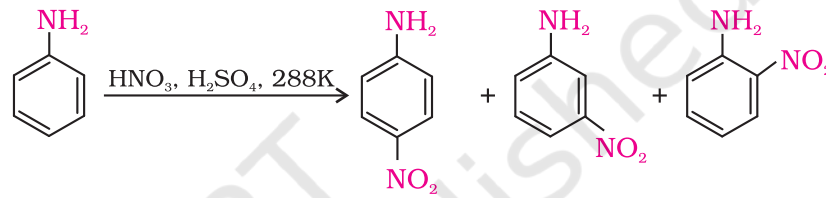
ऐसिटेनिलाइड की नाइट्रोजन पर उपस्थित एकाकी इलेक्ट्रॉन युगल ऑक्सीजन परमाणु से अनुनाद द्वारा अन्योन्यक्रिया करता है। इसे नीचे दर्शाया गया है–



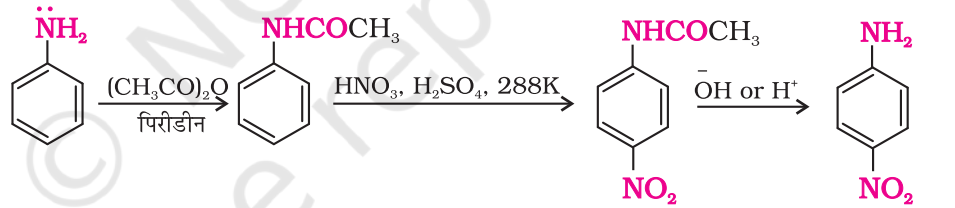
अत: नाइट्रोजन पर उपस्थित एकाकी इलेक्ट्रॉन युगल अनुनाद द्वारा बेन्जीन वलय को प्रदान करने के लिए कम उपलब्ध होता है। इसलिए -$NHCOCH_3$ समूह का सक्रियण प्रभाव ऐमीनो समूह से कम होता है।

**( ख ) नाइट्रोकरण**

ऐनिलीन के सीधे नाइट्रोकरण से नाइट्रो व्युत्पन्नों के अतिरिक्त अन्य कोलतारी ऑक्सीकरण उत्पाद भी बनते हैं। इसके अलावा प्रबल अम्लीय माध्यम में ऐनिलीन प्रोटॉन ग्रहण कर ऐनिलीनियम आयन बनाती है जो *मेटा* निर्देशक है। इसी कारण *आर्थो* एवं *पैरा* व्युत्पन्न के अलावा *मेटा* व्युत्पन्न की भी महत्वपूर्ण मात्रा बनती है।



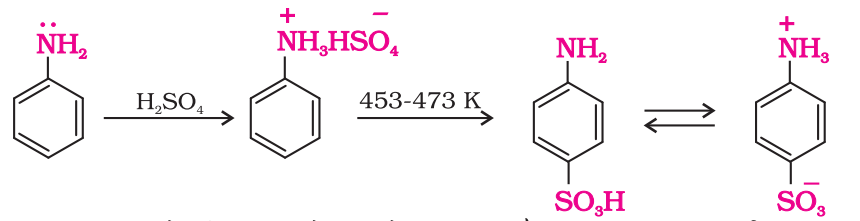

ऐसीटिलन अभिक्रिया द्वारा -$NH_2$ समूह का परिरक्षण करके नाइट्रोकरण अभिक्रिया को नियंत्रित किया जा सकता है और *पैरा*–नाइट्रो व्युत्पन्न को मुख्य उत्पाद के रूप में प्राप्त किया जा सकता है।




ऐसिटेनिलाइड *p*-नाइट्रोऐसिटेनिलाइड *p*-नाइट्रोऐनिलीन

**( ग ) सल्फोनेशन**

ऐनिलीन सांद्र सल्फ्युरिक अम्ल से अभिक्रिया द्वारा ऐनिलीनियम हाइड्रोजनसल्फेट बनाती है जो सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ 453-473K तक गरम करने पर *p*-ऐमीनोबेन्जीन सल्फोनिक अम्ल जिसे सामान्यत: सल्फैनिलिक अम्ल भी कहते हैं, मुख्य उत्पाद के रूप में बनाता है।




ऐनिलीनियम हाइड्रोजन सल्फेट सल्फैनिलिक अम्ल ज्विटर आयन (उभयाविष्ट आयन)



© NCERT not to be republished

ऐलुमिनियम क्लोराइड के साथ लवण बनाने के कारण ऐनीलीन **फ़्रीडेल-क्राफ्ट्स अभिक्रिया** (ऐल्किलन एवं ऐसीटिलन) नहीं करती। ऐलुमिनियम क्लोराइड एक लूईस अम्ल है जो इस अभिक्रिया में उत्प्रेरक का कार्य करता है। लवण बनने से एनिलीन की नाइट्रोजन धन आवेश प्राप्त कर लेती है और फिर आगे की अभिक्रिया में प्रबल निष्क्रियक समूह की तरह व्यवहार करती है।

### पाठ्यनिहित प्रश्न

**9.4** निम्नलिखित को उनके बढ़ते हुए क्षारकीय प्रबलता के क्रम में लिखिए–

(i) $C_2H_5NH_2$, $C_6H_5NH_2$, $NH_3$, $C_6H_5CH_2NH_2$ तथा $(C_2H_5)_2NH$

(ii) $C_2H_5NH_2$, $(C_2H_5)_2NH$, $(C_2H_5)_3N$, $C_6H_5NH_2$

(iii) $CH_3NH_2$, $(CH_3)_2NH$, $(CH_3)_3N$, $C_6H_5NH_2$, $C_6H_5CH_2NH_2$

**9.5** निम्नलिखित अम्ल-क्षारक अभिक्रिया को पूर्ण कीजिए तथा उत्पादों के नाम लिखिए–

(i) $CH_3CH_2CH_2NH_2 + HCl \rightarrow$ (ii) $(C_2H_5)_3N + HCl \rightarrow$

**9.6** सोडियम कार्बोनेट विलयन की उपस्थिति में मेथिल आयोडाइड के आधिक्य द्वारा ऐनिलीन के ऐल्किलन में उत्पन्न होने वाले उत्पादों के लिए अभिक्रिया लिखिए।

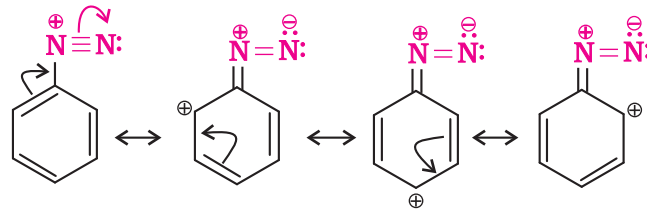
**9.7** ऐनिलीन की बेन्जॉयल क्लोराइड के साथ रासायनिक अभिक्रिया द्वारा उत्पन्न उत्पादों के नाम लिखिए।

**9.8** अणुसूत्र $C_3H_9N$ से प्राप्त विभिन्न समावयवों की संरचना लिखिए। उन समावयवों के आईयूपीएसी नाम लिखिए जो नाइट्रस अम्ल के साथ नाइट्रोजन गैस मुक्त करते हैं।

## II. डाइऐज़ोनियम लवण

डाइऐज़ोनियम लवणों का सामान्य सूत्र $R\overset{+}{N}_2\overset{-}{X}$ होता है। यहाँ R एक ऐरिल समूह है तथा $\overset{-}{X}$ आयन $Cl^-$, $Br^-$, $HSO_4^-$, $BF_4^-$ आदि में से कोई भी हो सकता है। इनका नामकरण करने के लिए जनक हाईड्राकार्बन के नाम में डाइऐज़ोनियम अनुलग्न लगाने के पश्चात् ऋणायन का नाम जैसे क्लोराइड, हाइड्रोजन सल्फेट आदि लिखते हैं। $\overset{+}{N}_2$ समूह को डाइऐज़ोनियम समूह कहते हैं। उदाहरण के लिए $C_6H_5\overset{+}{N}_2\overset{-}{Cl}$ को बेन्जीनडाइऐज़ोनियम क्लोराइड तथा $C_6H_5N_2^+HSO_4^-$ को बेन्जीन डाइऐज़ोनियम हाइड्रोजनसल्फेट कहते हैं।

ऐलिफैटिक प्राथमिक ऐमीन अति अस्थायी ऐल्किल डाइऐज़ोनयम लवण बनाती हैं (खंड 9.6)। ऐरोमैटिक प्राथमिक ऐमीन ऐरीनडाइऐज़ोनियम लवण बनाती हैं जो विलयन में निम्न ताप पर (273–278 K) अल्प समय के लिए स्थायी होते हैं। ऐरीनडाइऐज़ोनियम आयन के स्थायितत्व को अनुनाद के आधार पर समझा जा सकता है।





Reprint 2025-26

## 9.7 डाइएज़ोनियम लवणों के विरचन की विधि

बेन्जीनडाइऐज़ोनियम क्लोराइड को ऐनिलीन एवं नाइट्रस अम्ल की अभिक्रिया द्वारा 273–278K ताप पर बनाया जाता है। नाइट्रस अम्ल को अभिक्रिया मिश्रण में ही सोडियम नाइट्राइट तथा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की अभिक्रिया से उत्पन्न करते हैं। प्राथमिक ऐरोमैटिक ऐमीन के डाइऐज़ोनियम में परिवर्तन को **डाइऐज़ोकरण** कहते हैं। अस्थायी प्रकृति के कारण डाइऐज़ोनियम लवण का भंडारण नहीं करते और बनते ही तुरंत प्रयोग कर लेते हैं।

$$C_6H_5NH_2 + NaNO_2 + 2HCl \xrightarrow{273-278K} C_6H_5\overset{+}{N_2}Cl^- + NaCl + 2H_2O$$

## 9.8 भौतिक गुण

बेन्जीनडाइऐज़ोनियम क्लोराइड एक रंगहीन क्रिस्टलीय ठोस है। यह जल में विलेय तथा ठंडे में स्थायी है किंतु गरम करने पर जल से अभिक्रिया करता है यह ठोस अवस्था में आसानी से विघटित हो जाता है। बेन्जीन डाइऐज़ोनियमफ्लुओबोरेट जल में अविलेय तथा कक्ष ताप पर स्थायी होता है।

## 9.9 रासायनिक अभिक्रियाएँ

डाइऐज़ोनियम लवणों की अभिक्रियाओं को मुख्य रूप से दो संवर्गों में बाँटा जा सकता है।

(क) नाइट्रोजन प्रतिस्थापन अभिक्रियाएं तथा (ख) अभिक्रियाएं जिनमें डाइऐज़ोसमूह सुरक्षित (Retention) रहता है।

**(क) नाइट्रोजन प्रतिस्थापन अभिक्रियाएँ**

डाइऐज़ोनियम समूह एक उत्तम अवशिष्ट समूह (Leaving group) होने के कारण $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$, $CN^-$ एवं $\bar{O}H$ आदि समूहों द्वारा सरलता से प्रतिस्थापित हो जाता है। ये समूह ऐरोमैटिक वलय से नाइट्रोजन मुक्त करते हैं। बनी हुई नाइट्रोजन अभिक्रिया मिश्रण से गैस के रूप में निकल जाती है।

**1. हैलाइड अथवा सायनाइड आयन द्वारा प्रतिस्थापन**

बेन्जीन वलय में $Cl^-$, $Br^-$ तथा $CN^-$ नाभिकरागियों को Cu(I) की उपस्थिति में सरलता से प्रवेश कराया जा सकता है। इस अभिक्रिया को **सैन्डमायर अभिक्रिया** कहते हैं।

$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{X} \xrightarrow{Cu_2Cl_2/HCl} ArCl + N_2$$
$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{X} \xrightarrow{Cu_2Br_2/HBr} ArBr + N_2$$
$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{X} \xrightarrow{CuCN/KCN} ArCN + N_2$$

दूसरी ओर ताम्रचूर्ण की उपस्थिति में डाइऐज़ोनियम लवण के विलयन की संगत हैलोजन अम्ल से अभिक्रिया द्वारा क्लोरीन अथवा ब्रोमीन को भी बेन्जीन वलय में जोड़ा जा सकता है। इस अभिक्रिया को **गाटरमान अभिक्रिया** कहते हैं।

$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{X} \xrightarrow{Cu/HCl} ArCl + N_2 + CuX$$
$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{X} \xrightarrow{Cu/HBr} ArBr + N_2 + CuX$$

**गाटरमान अभिक्रिया** की तुलना में **सैन्डमायर अभिक्रिया** की लब्धि अधिक होती है।

**2. आयोडाइड आयन द्वारा प्रतिस्थापन**

आयोडीन को सीधे बेन्जीन वलय में सरलता से नहीं जोड़ा जा सकता; किंतु जब डाइऐज़ोनियम लवण के विलयन की अभिक्रिया पोटैशियम आयोडाइड से कराते हैं तो आयोडोबेन्जीन बनती है।

$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl} + KI \longrightarrow ArI + KCl + N_2$$



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**3. फ्लुओराइड आयन द्वारा प्रतिस्थापन**

जब ऐरीनडाइऐज़ोनियम क्लोराइड की अभिक्रिया फ्लुओरोबोरिक अम्ल से कराते हैं तो ऐरीन डाइऐज़ोनियम फ्लुओरोबोरेट अवक्षेपित हो जाता है, जो गरम करने पर विघटित होकर ऐरिल फ्लुओराइड देता है।

$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl} + HBF_4 \longrightarrow Ar-\overset{+}{N_2}B\overset{-}{F_4} \xrightarrow{\Delta} Ar-F + BF_3 + N_2$$

**4. H द्वारा प्रतिस्थापन**

हाइपोफ़ास्फ़ोरस अम्ल (फ़ॉस्फ़िनिक अम्ल) अथवा एथेनॉल जैसे दुर्बल अपचयन कर्मक डाइऐज़ोनियम लवणों को ऐरीनों में अपचित कर देते हैं और स्वयं क्रमशः फ़ोस्फ़ोरस अम्ल अथवा एथेनैल में ऑक्सीकृत हो जाते हैं।

$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl} + H_3PO_2 + H_2O \longrightarrow ArH + N_2 + H_3PO_3 + HCl$$

$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl} + CH_3CH_2OH \longrightarrow ArH + N_2 + CH_3CHO + HCl$$

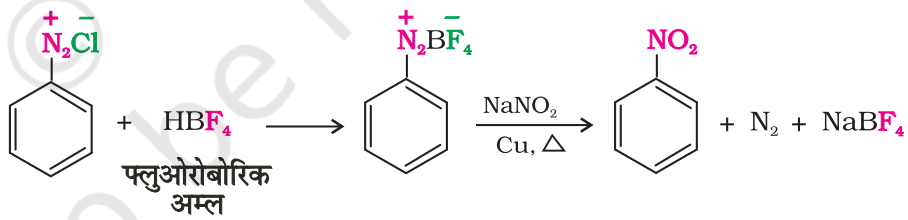
**5. हाइड्रॉक्सिल समूह द्वारा प्रतिस्थापन**

यदि डाइऐज़ोनियम लवण विलयन का ताप 283K तक बढ़ने दिया जाए तो लवण जलअपघटित होकर फीनॉल देते हैं।

$$Ar\overset{+}{N_2}\overset{-}{Cl} + H_2O \longrightarrow ArOH + N_2 + HCl$$

**6. $-NO_2$ समूह द्वारा प्रतिस्थापन**

जब डाइऐज़ोनियम फलुओरोबोरेट को कॉपर की उपस्थिति में सोडियम नाइट्राइट के जलीय विलयन में गरम किया जाता है, तब डाइऐज़ोनियम समूह, $-NO_2$ समूह द्वारा प्रतिस्थापित हो जाता है।



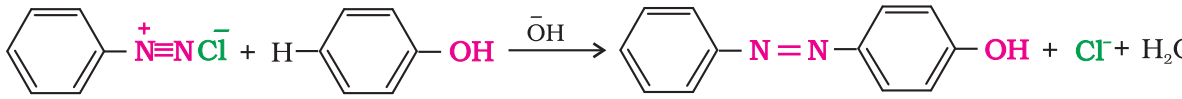

**(ख) अभिक्रियाएँ जिनमें डाइएज़ो समूह सुरक्षित रहता है**

**युग्मन अभिक्रियाएँ**

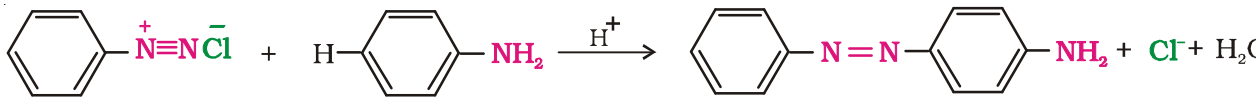
युग्मन अभिक्रिया से प्राप्त ऐज़ो उत्पादों में दोनों ऐरोमैटिक वलयों एवं इन्हें जोड़ने वाले –N=N– आबंध के बीच विस्तारित संयुग्मन होता है। ये यौगिक प्रायः रंगीन होते हैं तथा रंजकों की तरह प्रयोग में आते हैं। बेन्जीन डाइएज़ोनियम क्लोराइड फ़ीनॉल से अभिक्रिया करने पर इसके पैरा स्थान पर युग्मित होकर पैरा हाइड्रोक्सीऐज़ोबेन्जीन बनाता है। इसी प्रकार की अभिक्रिया को **युग्मन अभिक्रिया** कहते हैं। इसी प्रकार से डाइऐज़ोनियम लवण की एनीलीन से अभिक्रिया द्वारा पेराऐमीनोऐजोबेन्जीन बनती है। यह एक इलेक्ट्रॉनरागी अभिक्रिया का उदाहरण है।



Reprint 2025-26




*p*-हाइड्रोक्सीऐज़ोबेन्ज़ीन (नारंगी रंजक)




*p*-ऐमीनोऐज़ोबेन्ज़ीन (पीला रंजक)

## 9.10 ऐरोमैटिक यौगिकों के संश्लेषण में डाइऐज़ोलवणों का महत्व

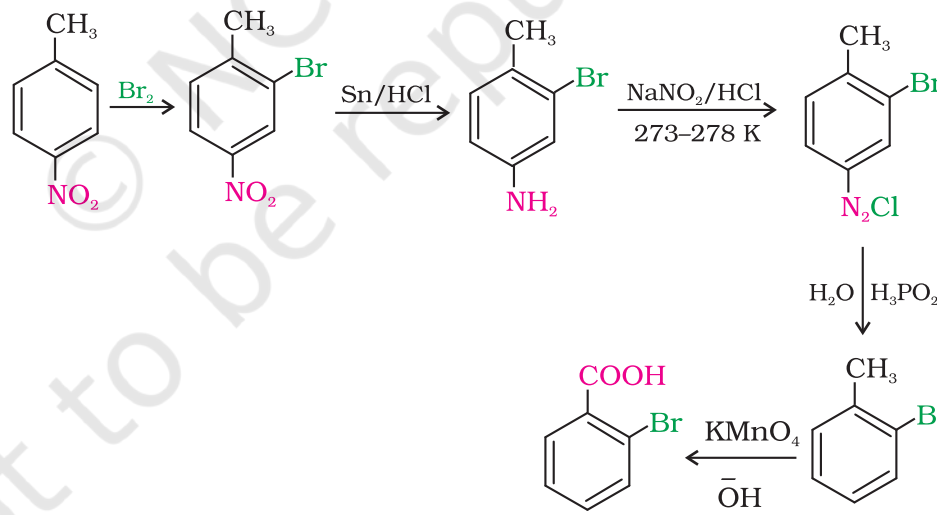
उपरोक्त अभिक्रियाओं से यह स्पष्ट है कि डाइऐज़ोनियम लवण बेन्ज़ीन वलय में –F, –Cl, –Br, –I, –CN, –OH, $–NO_2$ आदि समूहों के प्रवेश के लिए उत्तम माध्यमिक हैं।

ऐरिल फ्लुओराइड एवं आयोडाइड को सीधे हैलोजनन द्वारा नहीं बनाया जा सकता। क्लोरोबेन्ज़ीन में क्लोरीन के नाभिकरागी प्रतिस्थापन द्वारा सायनाइड समूह का प्रवेश नहीं कराया जा सकता, किंतु डाइऐज़ोनियम लवण से सायनोबेन्ज़ीन को सरलता से बनाया जा सकता है।

अत: डाइऐज़ो समूह का अन्य समूहों द्वारा प्रतिस्थापन ऐसे ऐरोमैटिक प्रतिस्थापित यौगिकों को बनाने में सहायक है, जो सीधे बेन्ज़ीन अथवा प्रतिस्थापित बेन्ज़ीन से नहीं बनते।

**उदाहरण 9.5** आप 4-नाइट्रोटॉलूईन को 2-ब्रोमोबेन्ज़ोइक अम्ल में कैसे परिवर्तित करेंगे?

**हल**




### पाठ्यनिहित प्रश्न

**9.9** निम्नलिखित परिवर्तन कीजिए।

(i) 3-मेथिलऐनिलीन से 3-नाइट्रोटॉलूईन

(ii) ऐनिलीन से 1, 3, 5-ट्राइब्रोमोबेन्ज़ीन



© NCERT not to be republished

## सारांश

**ऐमीनों** को अमोनिया के हाइड्रोजन परमाणुओं का ऐल्किल अथवा ऐरिल समूहों से प्रतिस्थापित व्युत्पन्न मान सकते हैं। अमोनिया में एक हाइड्रोजन परमाणु के प्रतिस्थापन से प्राप्त संरचना **R-NH$_2$** को **प्राथमिक ऐमीन** कहते हैं। **द्वितीयक ऐमीन** को **R-NHR′** अथवा **R$_2$NH** संरचना से तथा **तृतीयक ऐमीनों** को **R$_3$N**, **RNR′R″** अथवा **R$_2$NR′** संरचना द्वारा प्रदर्शित करते हैं। द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीन को सभी एल्किल समूह समान होने पर सरल ऐमीन तथा भिन्न होने पर मिश्रित ऐमीन कहते हैं। अमोनिया की भाँति तीनों तरह की ऐमीनों में नाइट्रोजन पर एक असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल होता है जिसके कारण ये **लूईस** क्षारक की तरह व्यवहार करती हैं।

ऐमीन प्राय: नाइट्रो, हैलाइड, ऐमाइड, इमाइड इत्यादि यौगिकों से बनती हैं। ये हाइड्रोजन आबंधन प्रदर्शित करती हैं जिससे इनके भौतिक गुण प्रभावित होते हैं। **ऐल्किल ऐमीन** में इलेक्ट्रॉन त्यागने, त्रिविम, तथा H–आबंधन कारक प्रोटिक विलायक में प्रतिस्थापित अमोनियम धनायन के स्थायित्व अर्थात् क्षारकता को प्रभावित करते हैं। ऐल्किल ऐमीन अमोनिया से प्रबल क्षारक होते हैं। **ऐरोमैटिक अमीन** में इलेक्ट्रॉन विमोचक व अपनयक समूह क्रमश: क्षारकता में वृद्धि एवं ह्रास करते हैं। **ऐनिलीन** अमोनिया से दुर्बल क्षारक है। ऐमीनों की अभिक्रियाएं नाइट्रोजन पर उपस्थित असहभाजित इलेक्ट्रॉन युगल की उपलब्धता द्वारा निर्धारित होती हैं। नाइट्रोजन परमाणु पर उपस्थित हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या का अभिक्रिया के प्रकार तथा प्राप्त उत्पाद की प्रकृति पर प्रभाव प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीनों की पहचान तथा विभेद के लिए उत्तरदायी है। पेराटॉलूईनसल्फोनिल क्लोराइड प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक एमीनों की पहचान के लिए प्रयोग में लाया जाता है। बेन्जीन वलय में ऐमीनो समूह की उपस्थिति ऐरोमैटिक ऐमीन की अभिक्रियाशीलता को बढ़ा देती है। ऐरोमैटिक ऐमीनों की अभिक्रियाशीलता को ऐसिलन द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है। **ऐसिलन** में एमीन की ऐसिल क्लोराइड अथवा ऐसीटिक एनहाइड्राइड से अभिक्रिया कराते हैं। **ट्राइमेथिलएमीन** जैसी तृतीयक ऐमीन का प्रयोग कीट आकर्षणकर्मक के रूप में किया जाता है।

प्राय: ऐरिलऐमीन से प्राप्त किए जाने वाले **ऐरिलडाइएज़ोनियम** लवण; विभिन्न प्रकार के नाभिकरागियों द्वारा प्रतिस्थापित किए जा सकते हैं जिससे डाइएज़ो समूह के अपचायक निष्कासन द्वारा ऐरिल हैलाइड, सायनाइड, फ़ीनॉल तथा ऐरीन प्राप्त करने की लाभप्रद विधि उपलब्ध होती है। डाइऐज़ोनियम लवण की फ़ीनॉल अथवा ऐरिल ऐमीन के साथ युग्मन अभिक्रिया से **ऐज़ो रंजक** प्राप्त होते हैं।

## अभ्यास

**9.1** निम्नलिखित यौगिकों को प्राथमिक द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीनों में वर्गीकृत कीजिए तथा इनके आइयूपीएसी नाम लिखिए।

(i) $(CH_3)_2CHNH_2$ (ii) $CH_3(CH_2)_2NH_2$ (iii) $CH_3NHCH(CH_3)_2$

(iv) $(CH_3)_3CNH_2$ (v) $C_6H_5NHCH_3$ (vi) $(CH_3CH_2)_2NCH_3$

(vii) $m$–$BrC_6H_4NH_2$

**9.2** निम्नलिखित युगलों के यौगिकों में विभेद के लिए एक रासायनिक परीक्षण दीजिए–

(i) मेथिलऐमीन एवं डाइमेथिलऐमीन

(ii) द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीन

(iii) ऐथलऐमीन एवं ऐनिलीन

(iv) ऐनिलीन एवं बेन्जिलऐमीन

(v) ऐनिलीन एवं N मेथिलऐनिलीन।

**9.3** निम्नलिखित के कारण बताइए–

(i) ऐनिलीन का $pK_b$ मेथिलऐमीन की तुलना में अधिक होता है।



Reprint 2025-26

(ii) ऐथिलऐमीन जल में विलेय है जबकि ऐनिलीन नहीं।

(iii) मेथिलऐमीन फेरिक क्लोराइड के साथ जल में अभिक्रिया करने पर जलयोजित फेरिक आक्साइड का अवक्षेप देता है।

(iv) यद्यपि ऐमीनों समूह इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन अभिक्रियाओं में *आर्थो* एव *पैरा* निर्देशक होता है फिर भी ऐनिलीन नाइट्रोकरण द्वारा यथेष्ट मात्रा में मेटानाइट्रोऐनीलीन देती है।

(v) ऐनिलीन फ्रिडेल क्राफ्ट्स अभिक्रिया प्रदर्शित नहीं करती।

(vi) ऐरोमैटिक ऐमीनों के डाइऐज़ोनियम लवण ऐलीफैटिक ऐमीनों से प्राप्त लवण से अधिक स्थायी होते हैं।

(vii) प्राथमिक ऐमीन के संश्लेषण में गैब्रिएल थैलिमाइड संश्लेषण को प्राथमिकता दी जाती है।

**9.4** निम्नलिखित को क्रम में लिखिए–

(i) $pK_b$ मान के घटते क्रम में–

$C_2H_5NH_2$, $C_6H_5NHCH_3$, $(C_2H_5)_2NH$ एवं $C_6H_5NH_2$

(ii) क्षारकीय प्राबल्य के घटते क्रम में–

$C_6H_5NH_2$, $C_6H_5N(CH_3)_2$, $(C_2H_5)_2NH$ एवं $CH_3NH_2$

(iii) क्षारकीय प्राबल्य के बढ़ते क्रम में–

(क) ऐनिलीन, पैरा-नाइट्रोऐनिलीन, एवं पैरा-टॉलूडीन

(ख) $C_6H_5NH_2$, $C_6H_5NHCH_3$, $C_6H_5CH_2NH_2$

(iv) गैस अवस्था में घटते हुए क्षारकीय प्राबल्य के क्रम में–

$C_2H_5NH_2$, $(C_2H_5)_2NH$, $(C_2H_5)_3N$ एवं $NH_3$

(v) क्वथनांक के बढ़ते क्रम में–

$C_2H_5OH$, $(CH_3)_2NH$, $C_2H_5NH_2$

(vi) जल में विलेयता के बढ़ते क्रम में–

$C_6H_5NH_2$, $(C_2H_5)_2NH$, $C_2H_5NH_2$

**9.5** इन्हें आप कैसे परिवर्तित करेंगे–

(i) एथेनॉइक अम्ल को मेथेनेमीन में

(ii) हैक्सेननाइट्राइल को 1-ऐमीनोपेन्टेन में

(iii) मेथेनॉल को एथेनॉइक अम्ल में

(iv) एथेनेमीन को मेथेनेमीन में

(v) एथेनॉइक अम्ल को प्रोपेनॉइक अम्ल में

(vi) मेथेनेमीन को ऐथेनेमीन में

(vii) नाइट्रोमेथेन को डाइमेथिलऐमीन में

(viii) प्रोपेनॉइक अम्ल को ऐथेनॉइक अम्ल में?

**9.6** प्राथमिक, द्वितीयक एवं तृतीयक ऐमीनों की पहचान की विधि का वर्णन कीजिए। इन अभिक्रियाओं के रासायनिक समीकरण भी लिखिए।

**9.7** निम्न पर लघु टिप्पणी लिखिए–

(i) कार्बिलऐमीन अभिक्रिया

(ii) डाइऐज़ोकरण

(iii) हॉफमान ब्रोमेमाइड अभिक्रिया

(iv) युग्मन अभिक्रिया

(v) अमोनीअपघटन

(vi) ऐसीटिलन

(vii) गैब्रिएल थैलिमाइड संश्लेषण

**9.8** निम्न परिवर्तन निष्पादित कीजिए–

(i) नाइट्रोबेन्ज़ीन सें बेन्ज़ोइक अम्ल

(ii) बेन्ज़ीन से *m*-ब्रोमोफीनॉल

(iii) बेन्ज़ोइक अम्ल से ऐनिलीन

(iv) ऐनिलीन से 2, 4, 6–ट्राइब्रोमोफ्लुओरोबेन्ज़ीन

(v) बेन्ज़िल क्लोराइड से 2-फ़ेनिलएथेनेमीन

(vi) क्लोरोबेन्ज़ीन से *p*-क्लोरोऐनिलीन

(vii) ऐनिलीन से *p*-ब्रोमोऐनिलीन

(viii) बेन्ज़एमाइड से टॉलूईन

(ix) ऐनीलीन से बेन्ज़ाइल ऐल्कोहॉल।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

**9.9** निम्न अभिक्रियाओं में A, B, तथा C की संरचना दीजिए–

(i) $CH_3CH_2I \xrightarrow{NaCN} A \xrightarrow[\text{आंशिक जलयोजन}]{OH^-} B \xrightarrow{NaOH+Br_2} C$

(ii) $C_6H_5N_2Cl \xrightarrow{CuCN} A \xrightarrow{H_2O/H^+} B \xrightarrow[\Delta]{NH_3} C$

(iii) $CH_3CH_2Br \xrightarrow{KCN} A \xrightarrow{LiAlH_4} B \xrightarrow[0°C]{HNO_2} C$

(iv) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Fe/HCl} A \xrightarrow[273\,K]{NaNO_2+HCl} B \xrightarrow[\Delta]{H_2O/H^+} C$

(v) $CH_3COOH \xrightarrow[\Delta]{NH_3} A \xrightarrow{NaOBr} B \xrightarrow{NaNO_2/HCl} C$

(vi) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Fe/HCl} A \xrightarrow[273\,K]{HNO_2} B \xrightarrow{C_6H_5OH} C$

**9.10** एक ऐरोमैटिक यौगिक 'A' जलीय अमोनिया के साथ गरम करने पर यौगिक 'B' बनाता है जो $Br_2$ एवं KOH के साथ गरम करने पर अणु सूत्र $C_6H_7N$ वाला यौगिक 'C' बनाता है। A, B एवं C यौगिकों की संरचना एवं इनके आइयूपीएसी नाम लिखिए।

**9.11** निम्नलिखित अभिक्रियाओं को पूर्ण कीजिए–

(i) $C_6H_5NH_2 + CHCl_3 + (\text{ऐल्कोहॉली})\ KOH \rightarrow$

(ii) $C_6H_5N_2Cl + H_3PO_2 + H_2O \rightarrow$

(iii) $C_6H_5NH_2 + H_2SO_4\ (\text{सांद्र}) \rightarrow$

(iv) $C_6H_5N_2Cl + C_2H_5OH \rightarrow$

(v) $C_6H_5NH_2 + Br_2\ (aq) \rightarrow$

(vi) $C_6H_5NH_2 + (CH_3CO)_2O \rightarrow$

(vii) $C_6H_5N_2Cl \xrightarrow[(ii)NaNO_2/Cu,\Delta]{(i)HBF_4}$

**9.12** ऐरोमैटिक प्राथमिक ऐमीन को गैब्रिएल थैलिमाइड संश्लेषण से क्यों नहीं बनाया जा सकता?

**9.13** ऐलीफैटिक एवं ऐरोमैटिक प्राथमिक ऐमीनों की नाइट्रस अम्ल से अभिक्रिया लिखिए।

**9.14** निम्नलिखित में प्रत्येक का संभावित कारण बताइए–

(i) समतुल्य अणु द्रव्यमान वाले ऐमीनों की अम्लता ऐल्कोहॉलों से कम होती है।

(ii) प्राथमिक ऐमीनों का क्वथनांक तृतीयक एमीनों से अधिक होता है।

(iii) ऐरोमैटिक ऐमीनों की तुलना में ऐलीफैटिक ऐमीनों प्रबल क्षारक होते हैं।

## कुछ पाठ्यनिहित प्रश्नों के उत्तर

**9.4** (i) $(C_6H_5)_2NH > C_6H_5NH_2 > C_6H_5CH_2NH_2 > C_6H_5NH_2 > NH_3$

(ii) $C_6H_5NH_2 < C_2H_5NH_2 < (C_2H_5)_3N < (C_2H_5)_2NH$

(iii) $C_6H_5NH_2 < C_6H_5CH_2NH_2 < (CH_3)_3N < CH_3NH_2 < (CH_3)_2NH$



Reprint 2025-26

12088CH14

# एकक 10

# जैव-अणु

## उद्देश्य

इस एकक के अध्ययन के पश्चात् आप –

- कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, न्यूक्लीक अम्ल तथा हार्मोन जैसे जैव अणुओं के अभिलाक्षणिक गुण बता सकेंगे।
- कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, न्यूक्लीक अम्ल तथा विटामिनों का वर्गीकरण उनकी संरचना के आधार पर कर सकेंगे।
- DNA तथा RNA में अंतर स्पष्ट कर पाएंगे।
- जैव तंत्र में इन जैव अणुओं की भूमिका की व्याख्या कर सकेंगे।

***यह शरीर की रासायनिक अभिक्रियाओं की सुव्यवस्थित एवं समक्रमिक और समकालिक प्रगति है जो जीवन को प्रेरित करती है।***

एक जैव-तंत्र स्वयं वृद्धि करता है, कायम रहता है तथा स्वयं का पुनर्जनन करता है। जैव-तंत्र की सबसे आश्चर्यजनक बात यह है कि यह अजैविक परमाणुओं तथा अणुओं से मिलकर बनता है। जीवित तंत्र में रसायनतः क्या होता है? इसके ज्ञान का अनुसरण **जैव रसायन** के क्षेत्र के अंतर्गत आता है। जैव-तंत्र अनेक जटिल जैव अणु जैसे कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, न्यूक्लीक अम्ल, लिपिड आदि से मिलकर बनते हैं। प्रोटीन तथा कार्बोहाइड्रेट हमारे भोजन के आवश्यक अवयव हैं। ये जैव अणु आपस में अन्योन्यक्रिया करते हैं तथा जैव-प्रणाली का आण्विक आधार बनाते हैं। इसके अतिरिक्त कुछ सरल अणु जैसे विटामिन और खनिज लवण भी जीवों की कार्य-प्रणालियों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इनमें से कुछ जैव अणुओं की संरचनाएं एवं कार्य प्रणालियों की विवेचना इस एकक में की गई है।

## 10.1 कार्बोहाइड्रेट

कार्बोहाइड्रेट मुख्यतया पौधों द्वारा उत्पन्न किए जाते हैं तथा प्राकृतिक कार्बनिक यौगिकों का वृहत समूह बनाते हैं। कार्बोहाइड्रेट के कुछ सामान्य उदाहरण इक्षु-शर्करा, ग्लूकोस तथा स्टार्च (मंड) आदि हैं। इनमें से अधिकांश का सामान्य सूत्र $C_x(H_2O)_y$, होता है तथा पहले इन्हें कार्बन के हाइड्रेट माना जाता था जिसके कारण इनका नाम कार्बोहाइड्रेट व्युत्पन्न हुआ। उदाहरणार्थ ग्लूकोस का सूत्र ($C_6H_{12}O_6$) यहाँ दिए सामान्य सूत्र $C_6(H_2O)_6$ के अनुरूप है। परंतु वे सभी यौगिक जो इस सूत्र के अनुरूप हैं, कार्बोहाइड्रेट के रूप में वर्गीकृत नहीं किए जा सकते। जैसे कि ऐसीटिक अम्ल ($CH_3COOH$) का सूत्र इस सामान्य सूत्र $C_2(H_2O)_2$ में सही बैठता है परंतु यह कार्बोहाइड्रेट नहीं है। इसी प्रकार रैम्नोस ($C_6H_{12}O_5$) एक कार्बोहाइड्रेट है परंतु इस परिभाषा में सही नहीं बैठता। अधिकांश अभिक्रियाएं यह प्रदर्शित करती हैं कि इनमें एक विशिष्ट प्रकार्यात्मक समूह होता है। रासायनिक रूप से, *कार्बोहाइड्रेटों को ध्रुवण घूर्णक पॉलिहाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन अथवा उन यौगिकों की तरह परिभाषित किया जा सकता है जो जलअपघटन के उपरांत इस प्रकार की इकाइयाँ देते हैं।* कुछ कार्बोहाइड्रेटों को जो स्वाद में मीठे होते हैं, *शर्करा* कहते हैं। घरेलू उपयोग में आने वाली सामान्य शर्करा को *सूक्रोस* कहते हैं। जबकि दुग्ध में पाए जाने वाली शर्करा को *दुग्ध-शर्करा*

© NCERT not to be republished

या *लैक्टोस* कहते हैं। कार्बोहाइड्रेटों को *सैकैराइड* भी कहते हैं [ग्रीक; *सैकेरॉन (Sekcharon)* का तात्पर्य शर्करा है]।

### 10.1.1 कार्बोहाइड्रेट का वर्गीकरण

कार्बोहाइड्रेटों को जलअपघटन में उनके व्यवहार के आधार पर मुख्यत: निम्नलिखित तीन वर्गों में वर्गीकृत किया गया है।

(i) *मोनोसैकैराइड*– वे कार्बोहाइड्रेट जिसको पॉलिहाइड्राक्सी ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन के और अधिक सरल यौगिकों में जल अपघटित नहीं किया जा सकता, मोनोसैकैराइड कहलाते हैं। लगभग 20 मोनोसैकैराइड प्रकृति में ज्ञात हैं। इसके कुछ सामान्य उदाहरण ग्लूकोस, फ्रक्टोज़, राइबोस आदि हैं।

(ii) *ओलिगोसैकैराइड*– वे कार्बोहाइड्रेट जिनके जलअपघटन से मोनोसैकैराइड की दो से दस तक इकाइयाँ प्राप्त होती हैं, ओलिगोसैकैराइड कहलाते हैं। जलअपघटन से प्राप्त मोनोसैकैराइडों की संख्या के आधार पर इन्हें पुन: डाइसैकैराइड, ट्राइसैकैराइड, टेट्रासैकैराइड आदि में वर्गीकृत किया गया है। इनमें से डाइसैकैराइड प्रमुख हैं। डाइसैकैराइड के जलअपघटन से प्राप्त दो मोनोसैकैराइड इकाइयाँ समान अथवा भिन्न हो सकती हैं। उदाहरणार्थ, सूक्रोस का एक अणु जल अपघटन द्वारा ग्लूकोस व फ्रक्टोज़ की एक-एक इकाई देता है, जबकि माल्टोस से प्राप्त दोनों इकाइयाँ केवल ग्लूकोस की होती हैं।

(iii) *पॉलिसैकैराइड*– वे कार्बोहाइड्रेट जिनके जल अपघटन पर अत्यधिक संख्या में मोनोसैकैराइड इकाइयाँ प्राप्त होती हैं, पॉलिसैकैराइड कहलाते हैं। इसके कुछ प्रमुख उदाहरण स्टार्च, सेलुलोस, ग्लाइकोजन तथा गोंद आदि हैं। पॉलिसैकैराइड स्वाद में मीठे नहीं होते अत: इन्हें अशर्करा भी कहते हैं।

कार्बोहाइड्रेट को अपचायी एवं अनपचायी शर्करा में भी वर्गीकृत किया जा सकता है। उन सभी कार्बोहाइड्रेटों को जो फेलिंग विलयन तथा टॉलेन अभिकर्मक को अपचित कर देते हैं, *अपचायी शर्करा* कहा जाता है। सभी मोनोसैकैराइड चाहे वे ऐल्डोस हों अथवा कीटोस, अपचायी शर्करा होती है।

### 10.1.2 मोनोसैकैराइड

कार्बन परमाणुओं की संख्या एवं प्रकार्यात्मक समूह के आधार पर मोनोसैकैराइड को पुन: वर्गीकृत किया जा सकता है। यदि मोनोसैकैराइड में ऐल्डिहाइड समूह है तो उसे **ऐल्डोस** और यदि उसमें कीटो समूह है तो उसे **कीटोस** कहते हैं। मोनोसैकैराइड में निहित कार्बन परमाणुओं की संख्या को भी नाम में सम्मिलित किया जाता है जो कि सारणी 10.1 में दिए गए उदाहरणों से स्पष्ट है–

**सारणी 10.1– विभिन्न प्रकार के मोनोसैकैराइड**

| कार्बन परमाणु | सामान्य पद | ऐल्डिहाइड | कीटोन |
|---|---|---|---|
| 3 | ट्रायोस | ऐल्डोट्रायोस | कीटोट्रायोस |
| 4 | टेट्रोस | ऐल्डोटेट्रोस | कीटोटेट्रोस |
| 5 | पेन्टोस | ऐल्डोपेन्टोस | कीटोपेन्टोस |
| 6 | हैक्सोज | ऐल्डोहैक्सोज | कीटो हैक्सोस |
| 7 | हेप्टोस | ऐल्डोहैप्टोस | कीटोहैप्टोस |

#### 10.1.2.1 ग्लूकोस

ग्लूकोस प्रकृति में मुक्त अथवा संयुक्त अवस्था में मिलता है। यह मीठे फलों तथा शहद में उपस्थित होता है। पके हुए अंगूर में भी बहुत अधिक मात्रा में ग्लूकोस होता है। इसे निम्नानुसार बनाया जा सकता है।



Reprint 2025-26

## ग्लूकोस को बनाने की विधियाँ

1. *सूक्रोस (इक्षु-शर्करा) से–* सूक्रोस को तनु HCl अथवा $H_2SO_4$ के साथ ऐल्कोहॉलिक विलयन में क्वथन करने पर ग्लूकोस तथा फ्रक्टोज़ समान मात्रा में प्राप्त होते हैं।

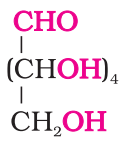
$$\underset{\text{सूक्रोस}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{ग्लूकोस}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{फ्रक्टोस}}{C_6H_{12}O_6}$$

2. *स्टार्च से–* औद्योगिक स्तर पर ग्लूकोस को स्टार्च के जल अपघटन से प्राप्त किया जाता है। इसके लिए स्टार्च को तनु $H_2SO_4$ के साथ 393 K दाब पर क्वथन किया जाता है।

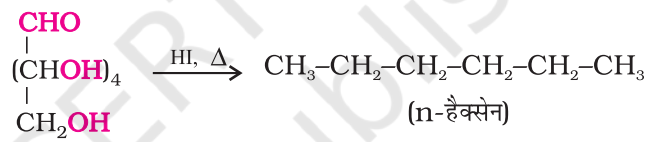
$$\underset{\text{स्टार्च अथवा सेलुलोस}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow[\text{393K; 2-3 वायु-दाब}]{H^+} \underset{\text{ग्लूकोस}}{nC_6H_{12}O_6}$$

## ग्लूकोस की संरचना

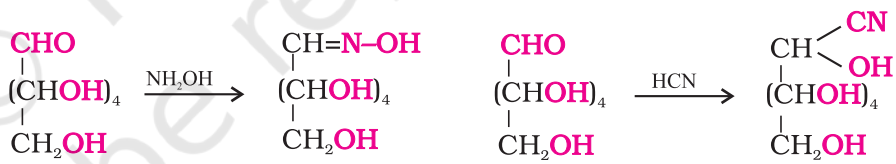
ग्लूकोस एक ऐल्डोहैक्सोस है तथा इसे डेक्सट्रोस कहते हैं। यह अनेक कार्बोहाइड्रेटों यथा स्टार्च, सेलुलोस आदि का एकलक होता है। यह संभवत: पृथ्वी पर बहुतायत में पाया जाने वाला कार्बनिक यौगिक है। निम्नलिखित प्रमाणों के आधार पर यह संरचना दिए गए चित्र के अनुसार प्रदर्शित की जा सकती है–



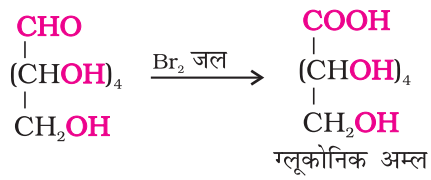
1. इसका आण्विक सूत्र $C_6H_{12}O_6$ पाया गया।
2. HI के साथ लंबे समय तक गरम करने पर यह n- हैक्सेन देता है जो यह प्रदर्शित करता है कि सभी छ: कार्बन परमाणु एक ऋजु शृंखला में जुड़े हैं।



3. ग्लूकोस, हाइड्रॉक्सिल ऐमीन के साथ अभिक्रिया करने पर एक ऑक्सिम देता है तथा हाइड्रोजन सायनाइड के एक अणु से संयोग कर सायनोहाइड्रिन देता है। ये अभिक्रियाएं ग्लूकोस में कार्बोनिल समूह (>C = O) की उपस्थिति की पुष्टि करती हैं।



4. ग्लूकोस ब्रोमीन जल जैसे दुर्बल ऑक्सीकरण कर्मक द्वारा ऑक्सीकरण से छ: कार्बन परमाणुयुक्त कार्बोक्सिलिक अम्ल (ग्लूकोनिक अम्ल) देता है। यह सिद्ध करता है कि ग्लूकोस का कार्बोनिल समूह ऐल्डिहाइड समूह के रूप में उपस्थित है।

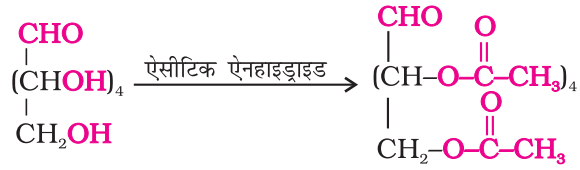


5. ग्लूकोस के ऐसीटिक ऐनहाइड्राइड द्वारा ऐसीटिलन से ग्लूकोस पेन्टाऐसीटेट बनाता है जो ग्लूकोस में पाँच –OH समूहों की उपस्थिति की पुष्टि करता है। चूँकि ग्लूकोस स्थायी यौगिक है, अत: पाँच –OH समूह भिन्न-भिन्न कार्बन परमाणु से जुड़े होने चाहिए।

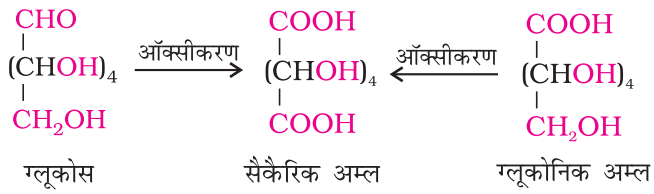
© NCERT not to be republished



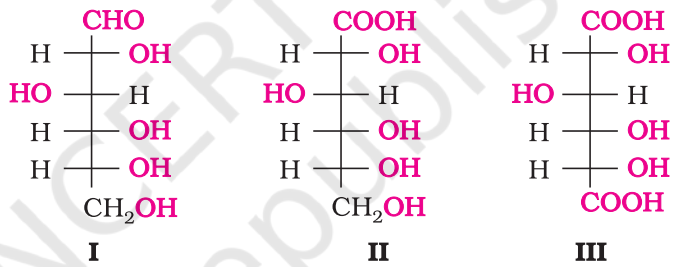
Reprint 2025-26




6. ग्लूकोस तथा ग्लूकोनिक अम्ल दोनों ही नाइट्रिक अम्ल द्वारा ऑक्सीकरण से एक डाइकार्बोक्सिलिक अम्ल, सैकैरिक अम्ल बनाते हैं। यह ग्लूकोस में प्राथमिक ऐल्कोहॉलिक समूह की उपस्थिति को दर्शाता है।




बहुत से अन्य अनेक गुणों के अध्ययन के उपरांत फिशर ने विभिन्न –OH समूहों की सही दिक्-स्थान व्यवस्था को दर्शाया। इसका सही विन्यास संरचना I द्वारा निरूपित होता है। ग्लूकोनिक अम्ल को संरचना II तथा सैकेरिक अम्ल को संरचना III द्वारा निरूपित करते हैं।




ग्लूकोस को सही रूप में D(+)– ग्लूकोस नाम देते हैं। ग्लूकोस के नाम से पहले लिखा 'D' इसके विन्यास को निरूपित करता है जबकि '(+)' अणु की दक्षिण ध्रुवण घूर्णकता को निरूपित करता है। यह स्मरणीय है कि 'D' व 'L' का, यौगिक की ध्रुवण घूर्णकता से कोई संबंध नहीं है एवं इनका शब्द 'd' तथा 'l' से भी कोई संबंध नहीं है (एकक-6 देखें) 'D' व 'L' संकेत चिह्नों का अर्थ नीचे दिया गया है।

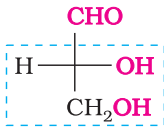
किसी यौगिक के नाम से पहले लिखे अक्षर D व L उसके किसी विशेष यौगिक के त्रिविम समावयवी के किसी अन्य यौगिक जिसका विन्यास ज्ञात हो के आपेक्षिक विन्यास को प्रदर्शित करते हैं। कार्बोहाइड्रेटों में यह संबंध ग्लिसरैल्डिहाइड के किसी विशेष समावयवी से दर्शाया जाता है। ग्लिसरैल्डिहाइड में एक असममित कार्बन परमाणु होता है तथा इसके दो प्रतिबिंब रूप होते हैं जिन्हें निम्न प्रकार से दर्शाया जा सकता है—

D (+) – ग्लिसरैल्डिहाइड  L (–) – ग्लिसरैल्डिहाइड

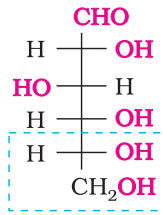


Reprint 2025-26

ग्लिसरैलिडहाइड के (+) समावयवी का विन्यास 'D' होता है (इसका अर्थ है कि जब हम विशेष नियमों का अनुसरण करते हुए, जिन्हें आप आगे की कक्षाओं में पढ़ेंगे, इसकी संरचना कागज पर लिखते हैं तो संरचना में –OH समूह दाहिनी ओर होता है। वे सभी यौगिक जिनका सहसंबंध रासायनिक रूप से ग्लिसरैल्डिहाइड के D (+) समावयवी से स्थापित किया जा सकता है, D-विन्यास वाले कहलाते हैं। जबकि वे जिनका सहसंबंध ग्लिसरैल्डिहाइड के L(–) समावयवी से स्थापित किया जा सकता है L-विन्यास वाले कहलाते हैं। आप संरचना में देख सकते हैं कि L(–) समावयवी में –OH समूह बायीं ओर है। किसी मोनोसैकैराइड के विन्यास के निर्धारण के लिए इसके सबसे नीचे वाले असममित कार्बन परमाणु (जैसा कि नीचे दर्शाया गया है) की तुलना करते हैं जैसे कि (+) ग्लूकोस में सबसे नीचे वाले असममित कार्बन परमाणु में —OH समूह दाईं ओर है जिसकी तुलना D (+) ग्लिसरैल्डिहाइड से की जा सकती है अत: (+) ग्लूकोस का विन्यास D निर्धारित किया जाता है। ग्लूकोस के अन्य असममित कार्बनों पर इस तुलना में ध्यान नहीं देते। इस तुलना के लिए संरचना को इस प्रकार लिखा जाता है कि सर्वाधिक ऑक्सीकृत कार्बन परमाणु (यहाँ – CHO) शीर्ष पर रहे।



D– (+) – ग्लिसरैल्डिहाइड



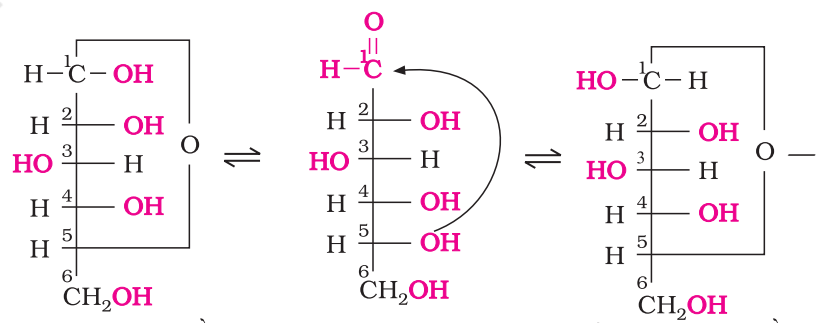
D–(+) – ग्लूकोस

## ग्लूकोस की चक्रीय संरचना

संरचना I ग्लूकोस के अधिकांश गुणों को स्पष्ट करती है परंतु निम्नलिखित अभिक्रियाएं एवं तथ्य इस संरचना द्वारा स्पष्ट नहीं होते।

1. ऐल्डिहाइड समूह उपस्थित होते हुए भी ग्लूकोस शिफ-परीक्षण नहीं देता एवं यह $NaHSO_3$ के साथ हाइड्रोजन सल्फाइड योगज उत्पाद नहीं बनाता।
2. ग्लूकोस का पेन्टाऐसीटेट, हाइड्रॉक्सिलऐमीन के साथ अभिक्रिया नहीं करता जो मुक्त —CHO समूह की अनुपस्थिति को इंगित करता है।
3. ग्लूकोस दो भिन्न क्रिस्टलीय रूपों में पाया जाता है जिन्हें α तथा β कहते हैं। ग्लूकोस का α रूप (गलनांक 419 K) इसके सांद्र विलयन से 303 K ताप पर क्रिस्टलीकरण द्वारा प्राप्त किया जाता है जबकि ग्लूकोस का β रूप (गलनांक 423 K) 371 K पर ग्लूकोस के गरम एवं संतृप्त विलयन से इसके क्रिस्टलीकरण से प्राप्त किया जाता है।

ग्लूकोस की विवृत शृंखला संरचना (I) द्वारा उपरोक्त व्यवहार को नहीं समझाया जा सकता। यह सुझाव दिया गया कि —OH समूहों में से एक, —CHO समूह से योगज द्वारा चक्रीय हैमीऐसीटैल संरचना बनाता है। यह पाया गया कि ग्लूकोस एक छ: सदस्यीय वलय बनाता है जिसमें C-5 पर उपस्थित —OH समूह वलय निर्माण करता है। यह —CHO समूह की अनुपस्थिति एवं ग्लूकोस के निम्नानुसार दर्शाए गए दो रूपों के अस्तित्व को समझाता है। ये दोनों चक्रीय रूप ग्लूकोस की विवृत शृंखला के साथ साम्य में रहते हैं।

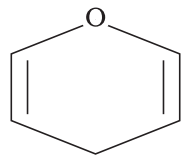


α – D – (+) – ग्लूकोस  β – D– (+) – ग्लूकोस

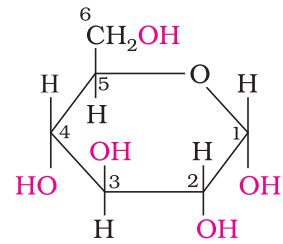


Reprint 2025-26

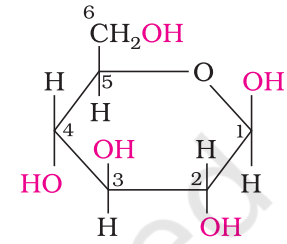
ग्लूकोस के दोनों चक्रीय हैमीऐसीटैल रूपों में भिन्नता केवल $C_1$ पर उपस्थित हाइड्रॉक्सिल समूह के विन्यास में होती है। इसे ऐनोमरी कार्बन (चक्रीकरण से पूर्व ऐल्डीहाइड कार्बन) कहते हैं। ऐसे समावयवी अर्थात $\alpha$ तथा $\beta$ रूपों को **ऐनोमर** कहते हैं। पाइरैन से समानता के होने के कारण ग्लूकोस की छः सदस्यीय वलय वाली संरचना को **पाइरैनोस संरचना** ($\alpha$ या $\beta$) कहते हैं। पाइरैन एक ऑक्सीजन तथा पाँच कार्बन परमाणुयुक्त चक्रीय सरंचना है। ग्लूकोस की चक्रीय संरचना को अधिक सही रूप में नीचे दी गई **हावर्थ संरचना** द्वारा निरूपित किया जा सकता है।



पाइरैन



$\alpha$ – D – (+) – ग्लूकोपाइरैनोस



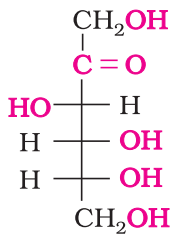
$\beta$ – D – (+) – ग्लूकोपाइरैनोस

### 10.1.2.2 फ्रक्टोज़ (फल शर्करा)

फ्रक्टोज़ एक महत्वपूर्ण कीटोहैक्सोस है। यह डाइसैकैराइड, सूक्रोस के जलअपघटन पर ग्लूकोस के साथ प्राप्त होता है। फ्रक्टोज़ एक प्राकृतिक मोनोसैकैराइड है जो कि फलों एवं सब्ज़ियों में पाया जाता है। शुद्ध अवस्था में मधुरक के रूप में प्रयोग होता है।

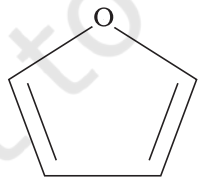
### फ्रक्टोज़ की संरचना

फ्रक्टोज़ का अणुसूत्र भी $C_6H_{12}O_6$ होता है। इसकी रासायनिक अभिक्रियाओं के आधार पर यह पाया गया कि फ्रक्टोस में कार्बन संख्या 2 पर एक कीटोनिक समूह है तथा ग्लूकोस के समान छः कार्बन परमाणुओं की एक ऋजु शृंखला है। यह D- श्रेणी से संबंधित है तथा वामु ध्रुवण घूर्णक यौगिक है। इसे उपयुक्त रूप से D-(–) फ्रक्टोज़ लिखा जा सकता है। यहाँ इसकी विवृत शृंखला संरचना दी गई है।

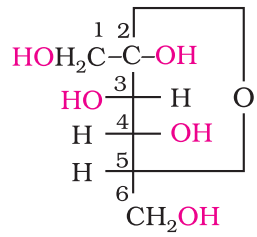


D – (–) –फ्रक्टोज़

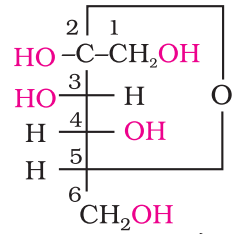
यह भी दो चक्रीय संरचनाओं में उपस्थित रहता है जो $C_5$ पर उपस्थित –OH तथा (>C=0) के योगज से प्राप्त होती है। इस प्रकार पाँच सदस्यीय वलय बनती है तथा फ्यूरान से समानता के कारण इसे **फ्यूरेनोस** कहा जाता है। फ्यूरान एक पाँच सदस्यीय वलय संरचना है जिसमें एक ऑक्सीजन परमाणु तथा चार कार्बन परमाणु होते हैं।



फ्यूरान



$\alpha$ – D – (–) – फ्रक्टोफ्यूरेनोस

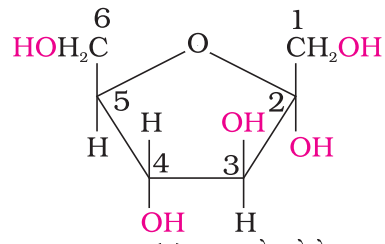


$\beta$ – D – (–) – फ्रक्टोफ्यूरेनोस

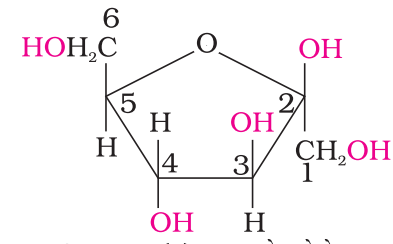
फ्रक्टोज़ के दोनों ऐनोमर की चक्रीय संरचना को हावर्थ संरचनाओं द्वारा निम्न प्रकार से निरूपित किया जाता है—



Reprint 2025-26



α – D – (–) – फ्रक्टोफ्यूरेनोस



β – D – (–) – फ्रक्टोफ्यूरेनोस

### 10.1.3 डाइसैकैराइड

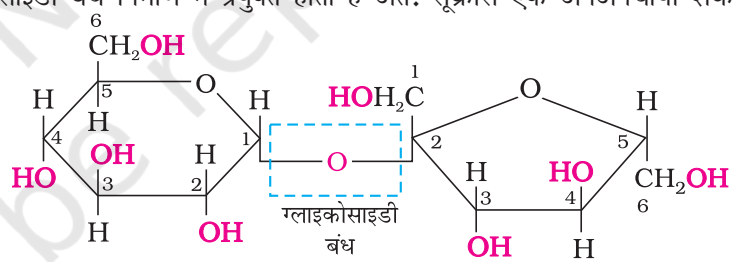
हम पहले पढ़ चुके हैं कि डाइसैकैराइडों का तनु अम्ल अथवा एन्जाइम की उपस्थिति में जलअपघटन द्वारा समान अथवा असमान मोनोसैकैराइडों के दो अणु देते हैं। दोनों मोनोसैकैराइड इकाइयाँ, जल के एक अणु के निष्कासन के उपरांत बने ऑक्साइड बंध द्वारा जुड़ी रहती हैं। परमाणु के द्वारा दो मोनोसैकैराइड इकाइयों में इस प्रकार के आबंध को *ग्लाइकोसाइडी बंध* कहते हैं।

यदि डाइसैकैराइड में मोनोसैकैराइडों के अपचायी समूह जैसे ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन आबंधित हों तो वह अनअपचायी शर्करा होती है। उदाहरणार्थ सूक्रोस। दूसरी ओर यदि शर्करा में ये प्रकार्यात्मक समूह मुक्त हों तो यह **अपचायी शर्करा** कहलाती है। उदाहरणार्थ– माल्टोस तथा लेक्टोस।

I. *सूक्रोस*– सूक्रोस एक सामान्य डाइसैकैराइड है जो जलअपघटन पर सममोलर (equimolar) मात्रा में D-(+)-ग्लूकोस तथा D-(-) फ्रक्टोज़ देता है।

$$\underset{\text{सूक्रोस}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{D-(+)-ग्लूकोस}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{D-(–)-फ्रक्टोज़}}{C_6H_{12}O_6}$$

ये दोनों मोनोसैकैराइड इकाइयाँ α–D–ग्लूकोस के $C_1$ तथा β–D–फ्रक्टोज़ के $C_2$ के मध्य ग्लाइकोसाइडी बंध द्वारा जुड़ी रहती हैं। चूँकि ग्लूकोस तथा फ्रक्टोज़ का अपचायक समूह ग्लाइकोसाइडी बंध निर्माण में प्रयुक्त होता है अत: सूक्रोस एक अनअपचायी शर्करा है।




α – D – ग्लूकोस β – D – फ्रक्टोज़

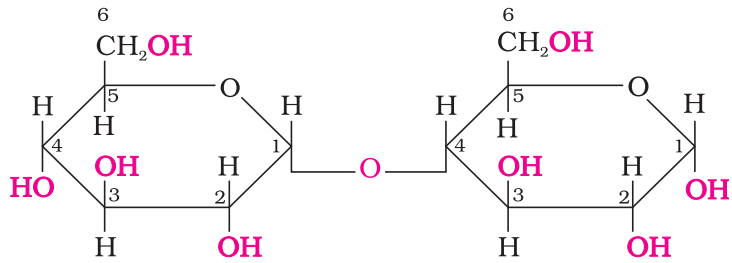
**सूक्रोस**

सूक्रोस दक्षिण ध्रुवण घूर्णक होती है। लेकिन जल अपघटन के उपरांत दक्षिण ध्रुवण घूर्णक ग्लूकोस तथा वामु घ्रुवण घूर्णक फ्रक्टोज़ देता है। चूंकि फ्रक्टोज़ के वामु ध्रुवण घूर्णन का मान (– 92.4°), ग्लूकोस के दक्षिण ध्रुवण घूर्णन (+ 52.5°), से अधिक होता है। अत: जलअपघटन पर सूक्रोस के घूर्णन के चिह्न में परिवर्तन दक्षिण (+) से वाम (–) में हो जाता है तथा उत्पाद को **अपवृत शर्करा** कहा जाता है।

II *माल्टोस*– एक अन्य डाइसैकैराइड माल्टोस α-D-ग्लूकोस की दो इकाइयों से निर्मित होता है जिसमें एक ग्लूकोस इकाई का $C_1$ दूसरी ग्लूकोस इकाई के $C_4$ के साथ जुड़ा रहता है विलयन में ग्लूकोस की दूसरी इकाई का $C_1$ मुक्त ऐल्डिहाइड समूह देता है। यह अपचायक गुण दर्शाता है अत: यह एक अपचायी शर्करा है।



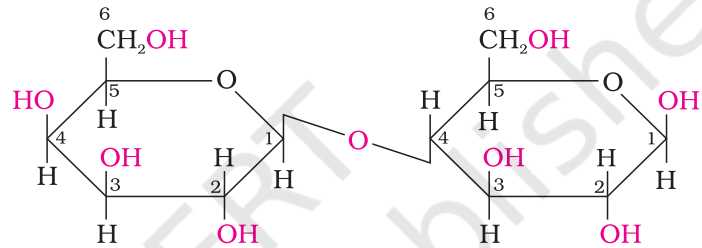
Reprint 2025-26



(I) α – D – ग्लूकोस (II) α – D – ग्लूकोस

**माल्टोस**

III *लैक्टोस*– लैक्टोस दुग्ध में उपस्थित होने के कारण सामान्यत: दुग्ध शर्करा भी कहलाती है। यह β-[D]-गैलैक्टोस तथा β-[D]-ग्लूकोस से निर्मित होती है। गैलैक्टोस के $C_1$ तथा ग्लूकोस के $C_4$ के मध्य बंध होता है। मुक्त एल्डिहाइड ग्लूकोस इकाई के C-1 पर उत्पन्न हो सकता है। अत: यह भी एक अपचायी शर्करा है।



β – D – गैलैक्टोस β – D – ग्लूकोस

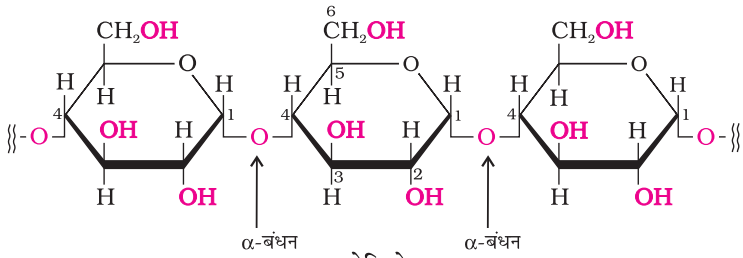
**लैक्टोस**

## 10.1.4 पॉलिसैकैराइड

पॉलिसैकैराइड में असंख्य मोनोसैकैराइड इकाइयाँ ग्लाइकोसाइडी बंध द्वारा संयुक्त रहती हैं। यह प्रकृति में सर्वाधिक पाए जाने वाले कार्बोहाइड्रेट हैं। यह मुख्यत: भोजन संग्रहण तथा संरचना निर्माण का कार्य करते हैं।

I. *स्टार्च*– स्टार्च पौधों में मुख्य संग्रहित पॉलिसैकैराइड है। यह मनुष्यों के लिए आहार का मुख्य स्रोत है। दाल, जड़, कंद तथा कुछ सब्ज़ियों में स्टार्च प्रचुर मात्रा में मिलता है। यह α–ग्लूकोस का बहुलक है तथा दो घटकों **ऐमिलोस** तथा **ऐमिलोपेक्टिन** से मिलकर बनता है। ऐमिलोस जल में घुलनशील अवयव है तथा यह स्टार्च का 15–20% भाग निर्मित करता है। रासायनिक रूप से ऐमिलोस 200–1000 α–D-(+)-ग्लूकोस इकाइयों की अशाखित शृंखला होती है जो आपस में $C_1$– $C_4$ ग्लाइकोसाइडी बंध द्वारा जुड़ी रहती हैं।

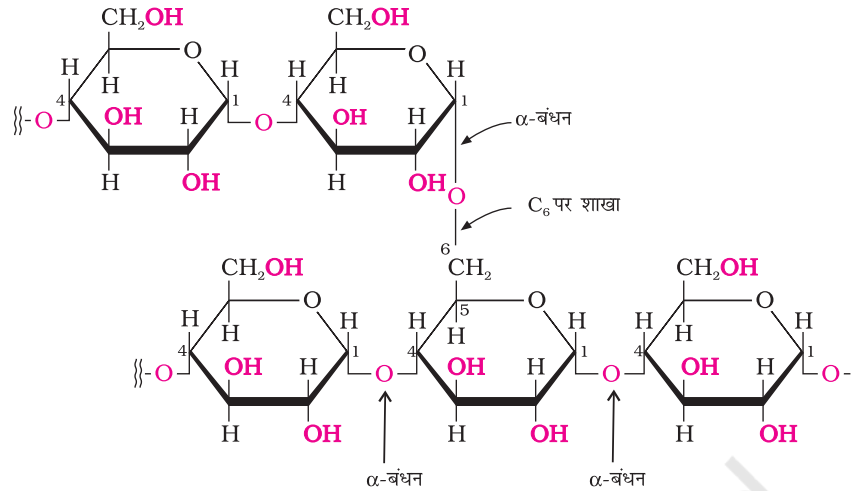
ऐमिलोपेक्टिन जल में अविलेय होती है तथा यह स्टार्च का 80–85% भाग बनाती हैं। यह α-D-ग्लूकोस इकाइयों की शाखित शृंखला होती है, जिसमें $C_1$–$C_4$ ग्लाइकोसाइडी बंध होते हैं। जबकि शाखन $C_1$– $C_6$ ग्लाइकोसाइडी बंध द्वारा होता है।




**ऐमिलोस**

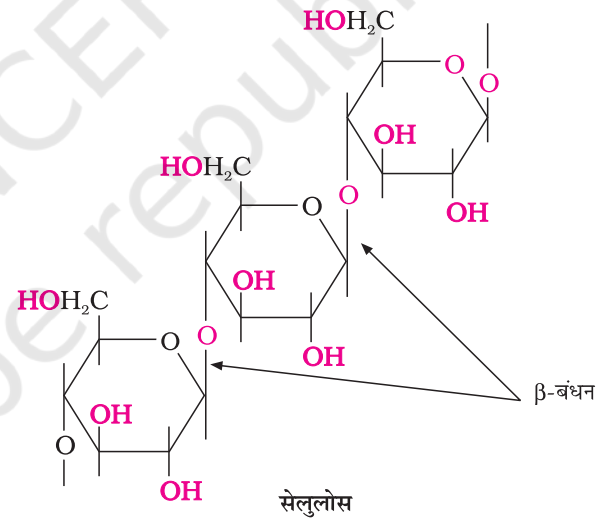


Reprint 2025-26




**ऐमिलोपेक्टिन**

II. *सेलुलोस*– सेलुलोस विशिष्ट रूप से केवल पौधों में मिलता है तथा यह वनस्पति जगत में प्रचुरता में उपलब्ध कार्बनिक पदार्थ है। यह पौधों की कोशिकाओं की कोशिका भित्ति का प्रधान अवयव है। सेलुलोस, β-D-ग्लूकोस से बनी ऋजु शृंखला युक्त पॉलिसैकैराइड है जिसमें एक ग्लूकोस इकाई के $C_1$ तथा दूसरी ग्लूकोस इकाई के $C_4$ के मध्य ग्लाइकोसाइडी बंध बनता है।




**सेलुलोस**

III. *ग्लाइकोजन*– प्राणी शरीर में कार्बोहाइड्रेट, ग्लाइकोजन के रूप में संग्रहित रहता है। चूँकि इसकी संरचना ऐमिलोपेक्टिन के समान होती है, अत: इसे *प्राणी स्टार्च* भी कहा जाता है एवं यह ऐमिलोपेक्टिन से अधिक शाखित होता है। यह यकृत, मांसपेशियों तथा मस्तिष्क में उपस्थित रहता है। जब शरीर को ग्लूकोस की आवश्यकता होती है, एन्जाइम, ग्लाइकोजन को ग्लूकोस में तोड़ देते हैं। ग्लाइकोजन यीस्ट तथा कवक में भी मिलता है।

### 10.1.5 कार्बोहाइड्रेटों का महत्व

कार्बोहाइड्रेट पौधों तथा प्राणियों में जीवन के लिए आवश्यक होते हैं। ये हमारे भोजन का प्रमुख भाग होते हैं। चिकित्सा की आयुर्वेद प्रणाली में ऊर्जा में तात्कालिक स्रोत के रूप में वैद्यों द्वारा शहद का उपयोग किया जाता रहा है। कार्बोहाइड्रेट अणु वनस्पतियों में स्टार्च के रूप में एवं



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

जंतुओं में **ग्लाइकोजन** के रूप में संचित होते हैं। जीवाणुओं एवं पौधों की कोशिका भित्ति सेलुलोस की बनी होती है। लकड़ी के रूप में प्राप्त सेलुलोस से हम फ़र्नीचर आदि बनाते हैं तथा सूती रेशों के रूप में प्राप्त सेलुलोस से हमारे वस्त्र बनते हैं। अनेक प्रमुख उद्योगों जैसे वस्त्र, कागज़, प्रलाक्ष (लैकर), निसवन (मद्यनिर्माण) उद्योग इत्यादि के लिए इनसे कच्चा माल उपलब्ध होता है।

न्युक्लीक अम्ल में दो ऐल्डोपेन्टोस यथा D-राइबोस तथा 2-डीऑक्सीराइबोस उपस्थित होती हैं। जैव-तंत्र में कार्बोहाइड्रेट अनेक प्रोटीनों तथा लिपिडों के साथ संयुक्तावस्था में मिलते हैं।

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**10.1** ग्लूकोस तथा सूक्रोस जल में विलेय हैं जबकि साइक्लोहैक्सेन अथवा बेन्ज़ीन (सामान्य छः सदस्यीय वलय युक्त यौगिक) जल में अविलेय होते हैं। समझाइए।

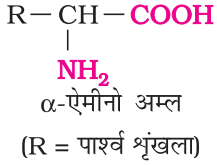
**10.2** लैक्टोस के जलअपघटन से किन उत्पादों के बनने की अपेक्षा करते हैं?

**10.3** D-ग्लूकोस के पेन्टाऐसीटेट में आप ऐल्डिहाइड समूह की अनुपस्थिति को कैसे समझाएंगे?

## 10.2 प्रोटीन

प्रोटीन जीव जगत में सर्वाधिक पाए जाने वाले जैव अणु हैं। प्रोटीन के प्रमुख स्रोत दूध, पनीर, दालें, मूँगफली, मछली तथा मांस आदि हैं। यह शरीर के प्रत्येक भाग में उपस्थित होते हैं तथा जीवन का मूलभूत संरचनात्मक एवं क्रियात्मक आधार बनाते हैं। यह शरीर की वृद्धि, एवं अनुरक्षण के लिए भी आवश्यक होते हैं। प्रोटीन शब्द की व्युत्पत्ति ग्रीक शब्द **'प्रोटियोस'** से हुई है जिसका अर्थ प्राथमिक अथवा अतिमहत्वपूर्ण होता है। सभी प्रोटीन $\alpha$–ऐमीनो अम्लों के बहुलक होते हैं।

### 10.2.1 ऐमीनो अम्ल




$\alpha$-ऐमीनो अम्ल

(R = पार्श्व शृंखला)

ऐमीनो अम्ल में ऐमीनो ($-NH_2$) तथा कार्बोक्सिल ($-COOH$) प्रकार्यात्मक समूह उपस्थित होते हैं। कार्बोक्सिल समूह के संदर्भ में ऐमीनो समूह की आपेक्षिक स्थितियों के आधार पर ऐमीनो अम्लों को $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ आदि में वर्गीकृत किया जा सकता है। प्रोटीन के जलअपघटन से केवल $\alpha$– ऐमीनो अम्ल ही प्राप्त होते हैं। इनमें अन्य प्रकार्यात्मक समूह भी उपस्थित हो सकते हैं।

सभी ऐमीनो अम्लों के रूढ़ नाम हैं जो इन यौगिकों के गुण अथवा इनके स्रोत को प्रदर्शित करते हैं। ग्लाइसीन को उसका नाम मीठे स्वाद के कारण दिया गया है। ग्रीक भाषा में *ग्लाइकोस* (*glykos*) का अर्थ मीठा होता है तथा टाइरोसीन सर्वप्रथम पनीर से प्राप्त किया गया था (ग्रीक भाषा में *टाइरोस* (tyros) का अर्थ पनीर है)। प्रत्येक ऐमीनो अम्ल को साधारणतः एक तीन अक्षर प्रतीक द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। कभी-कभी एक अक्षर प्रतीक का उपयोग भी किया जाता है। सामान्यतः उपलब्ध-ऐमीनो अम्लों की संरचनाएं एवं उनके 3-अक्षर व 1-अक्षर प्रतीक सारणी 10.2 में दिए गए हैं।

### 10.2.2 ऐमीनो अम्लों का वर्गीकरण

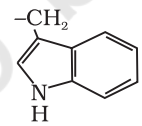
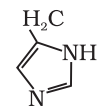
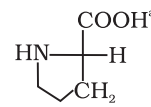
ऐमीनो अम्लों को उनके अणुओं में उपस्थित ऐमीनो तथा कार्बोक्सिल समूहों की आपेक्षिक संख्या के आधार पर अम्लीय, क्षारकीय अथवा उदासीन वर्गों में वर्गीकृत किया गया है। ऐमीनो तथा कार्बोक्सिल समूहों की समान संख्या ऐमीनो अम्ल की प्रकृति को उदासीन बनाती है। कार्बोक्सिल समूहों की अपेक्षा ऐमीनो समूहों को संख्या अधिक होने पर यह क्षारकीय तथा कार्बोक्सिल समूहों की संख्या ऐमीनो समूहों की संख्या से अधिक होने पर यह अम्लीय होते हैं जो ऐमीनो अम्ल शरीर में संश्लेषित हो सकते हैं उन्हें **अनावश्यक ऐमीनो अम्ल** कहते हैं जबकि वे ऐमीनो अम्ल जो शरीर में संश्लेषित नहीं हो सकते तथा जिनको भोजन में लेना आवश्यक है, **आवश्यक ऐमीनो** अम्ल कहलाते हैं (सारणी 10.2 में तारक द्वारा चिह्नित)।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

सारणी 10.2— प्राकृतिक ऐमीनो अम्ल $H_2N-\underset{R}{\overset{COOH}{C}}H$

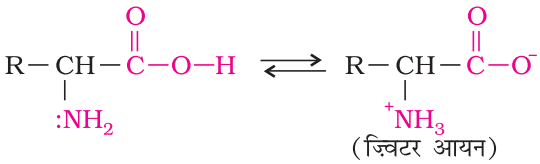
| ऐमीनो अम्ल का नाम | पार्श्व शृंखला R का विशिष्ट लक्षण | 3-अक्षर प्रतीक | एक अक्षर कोड |
|---|---|---|---|
| 1. ग्लाइसीन | H | Gly | G |
| 2. ऐलानिन | $-CH_3$ | Ala | A |
| 3. वैलीन* | $(H_3C)_2CH-$ | Val | V |
| 4. ल्यूसीन* | $(H_3C)_2CH-CH_2-$ | Leu | L |
| 5. आइसोल्यूसीन* | $H_3C-CH_2-\underset{\vert}{CH}-$ ($CH_3$) | Ile | I |
| 6. आर्जिनीन* | $HN=\underset{\vert}{C}(NH_2)-NH-(CH_2)_3-$ | Arg | R |
| 7. लाइसीन* | $H_2N-(CH_2)_4-$ | Lys | K |
| 8. ग्लूटैमिक अम्ल | $HOOC-CH_2-CH_2-$ | Glu | E |
| 9. ऐस्पार्टिक अम्ल | $HOOC-CH_2-$ | Asp | D |
| 10. ग्लूटेमीन | $H_2N-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-CH_2-CH_2-$ | Gln | Q |
| 11. ऐस्पेराजीन | $H_2N-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-CH_2-$ | Asn | N |
| 12. थ्रिऑनीन* | $H_3C-CHOH-$ | Thr | T |
| 13. सेरीन | $HO-CH_2-$ | Ser | S |
| 14. सिस्टीन | $HS-CH_2-$ | Cys | C |
| 15. मेथाइओनिन* | $H_3C-S-CH_2-CH_2-$ | Met | M |
| 16. फ़ेनिल-ऐलानिन* | $C_6H_5-CH_2-$ | Phe | F |
| 17. टाइरोसीन | $(p)HO-C_6H_4-CH_2-$ | Tyr | Y |
| 18. ट्रिप्टोफेन* |  | Trp | W |
| 19. हिस्टिडीन* |  | His | H |
| 20. प्रोलीन |  | Pro | P |

* आवश्यक एमीनो अम्ल, a = संपूर्ण संरचना



© NCERT not to be republished

ऐमीनो अम्ल सामान्यत: रंगहीन क्रिसलीय ठोस होते हैं। ये जल-विलेय तथा उच्च गलनांकी ठोस होते हैं जो सामान्य ऐमीनो तथा कार्बोक्सिलिक अम्लों की भाँति व्यवहार नहीं करते, अपितु लवणों की भाँति गुण दर्शाते हैं। इसका कारण एक ही अणु में अम्लीय (कार्बोक्सिल समूह) तथा क्षारकीय (ऐमीनो समूह) समूहों की उपस्थिति है। जलीय विलयन में कार्बोक्सिल समूह एक प्रोटॉन मुक्त कर सकता है जबकि ऐमीनो समूह एक प्रोटॉन ग्रहण कर सकता है जिसके फलस्वरूप एक द्विध्रुवीय आयन बनता है जिसे ज़्विटर आयन अथवा उभयाविष्ट आयन कहते हैं। यह उदासीन होता है परंतु इसमें धनावेश तथा ऋणावेश दोनों ही उपस्थित हैं।

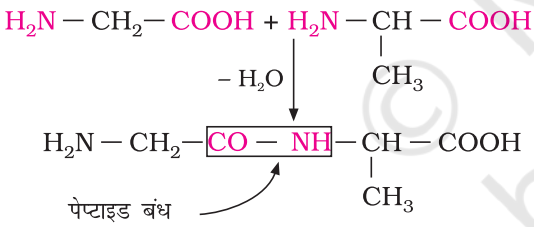



उभयाविष्ट आयनिक रूप में ऐमीनो अम्ल उभयधर्मी प्रकृति दर्शाते हैं। तथा वे अम्लों एवं क्षारकों दोनों के साथ अभिक्रिया करते हैं।

ग्लाइसीन के अतिरिक्त अन्य सभी प्रकृति में उपलब्ध ऐमीनो अम्ल ध्रुवण घूर्णक होते हैं क्योंकि इनमें $\alpha$–कार्बन परमाणु असममित होता है। ये 'D' तथा 'L' दोनों रूपों में पाए जाते हैं। अधिकांश प्राकृतिक ऐमीनो अम्लों का विन्यास 'L' होता है। L-ऐमीनो अम्लों को $-NH_2$ समूह को बाईं ओर लिखकर प्रदर्शित किया जाता है।

### 10.2.3 प्रोटीनों की संरचना

आप पहले पढ़ चुके हैं कि प्रोटीन $\alpha$–ऐमीनो अम्लों के बहुलक होते हैं जो आपस में **पेप्टाइड आबंध** अथवा **पेप्टाइड बंध** द्वारा जुड़े रहते हैं। रासायनिक रूप से पेप्टाइड आबंध, – COOH समूह तथा $-NH_2$ समूह के मध्य बना एक आबंध होता है। दो एक जैसे अथवा भिन्न ऐमीनो अम्लों के अणुओं के मध्य अभिक्रिया एक अणु के ऐमीनो समूह तथा दूसरे अणु के कार्बोक्सिल समूह के मध्य संयोग से होती है। जिसके फलस्वरूप एक जल का अणु मुक्त होता है तथा पेप्टाइड आबंध –CO–NH– बनता है। चूँकि उत्पाद दो ऐमीनो अम्लों के द्वारा बनता है अत: इसे **डाइपेप्टाइड** कहते हैं। उदाहरणार्थ, जब ग्लाइसीन का कार्बोक्सिल समूह, ऐलानीन के ऐमीनो समूह के साथ संयोग करता है तो हमें एक डाइपेप्टाइड, ग्लाइसिलऐलेनीन प्राप्त होता है।




ग्लाइसिलएलनीन (Gly-Ala)

यदि तीसरा ऐमीनो अम्ल, डाइपेप्टाइड से संयोग करता है तो उत्पाद **ट्राइपेप्टाइड** कहलाता है। एक ट्राइपेप्टाइड में तीन ऐमीनो अम्ल होते हैं जो दो पेप्टाइड बंधों द्वारा संयुक्त रहते हैं। इसी प्रकार से जब चार, पाँच, अथवा छ: एमीनो अम्ल आपस में जुड़ते हैं तो परिणामी उत्पादों को **टेट्रापेप्टाइड, पेन्टापेप्टाइड** अथवा **हैक्सापेप्टाइड** कहते हैं। जब ऐमीनो अम्लों की संख्या दस से अधिक होती है तो उत्पाद **पॉलिपेप्टाइड** कहलाते हैं। एक पॉलिपेप्टाइड जिसमें 100 से अधिक ऐमीनो अम्ल अवशेष होते हैं तथा जिनका आण्विक द्रव्यमान 10,000 u से अधिक होता है, **प्रोटीन** कहलाता है। यद्यपि, प्रोटीन तथा पॉलिपेप्टाइड में यह विभेद अधिक सुस्पष्ट नहीं है। कम ऐमीनों अम्ल वाले पॉलिपेप्टाइडों को भी प्रोटीन कहने की संभावना होती है यदि उनमें प्रोटीन जैसा सुस्पष्ट संरूपण हो जैसा कि इन्सुलिन में होता है जिसमें 51 ऐमीनो अम्ल होते हैं।

आण्विक आकृति के आधार पर प्रोटीनों को दो वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

#### (अ) रेशेदार प्रोटीन

जब पॉलिपेप्टाइड शृंखलाएं समानांतर होती हैं तथा हाइड्रोजन एवं डाइसल्फाइड आबंधों द्वारा संयुक्त रहती हैं तो रेशासम (रेशे जैसी) संरचना बनती है। इस प्रकार के प्रोटीन



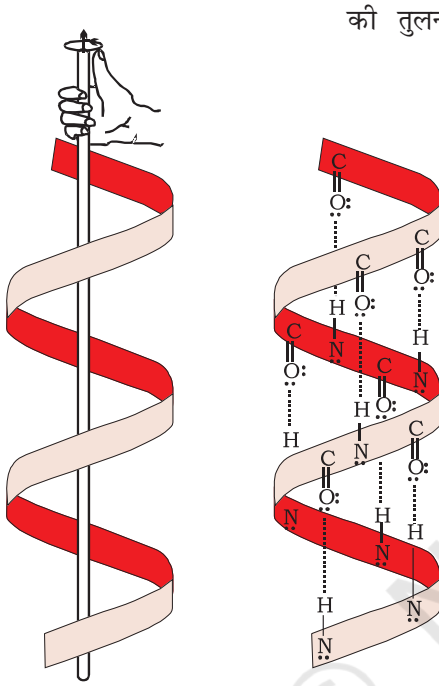
Reprint 2025-26

सामान्यत: जल में अविलेय होते हैं। कुछ सामान्य उदाहरण किरेटिन (बाल, ऊन तथा रेशम में उपस्थित) तथा मायोसिन (मांसपेशियों में उपस्थित) आदि हैं।

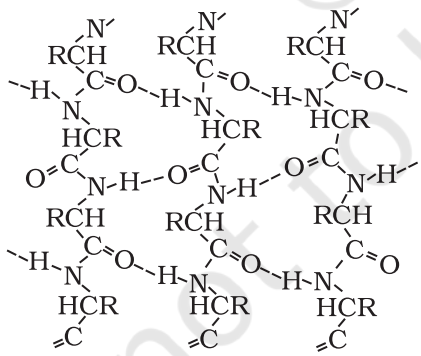
**(ब) गोलिकाकार प्रोटीन**

जब पॉलिपेप्टाइड की शृंखलाएं कुंडली बनाकर गोलाकृति प्राप्त कर लेती हैं तो ऐसी संरचनाएं प्राप्त होती हैं ये सामान्यत: जल में विलेय होती है। इन्सुलिन तथा ऐल्बूमिन इनके सामान्य उदाहरण हैं।

प्रोटीनों की संरचना एवं आकृति का अध्ययन चार भिन्न स्तरों पर किया जा सकता है। प्राथमिक, द्वितीयक, तृतीयक एवं चतुष्क संरचनाएं तथा प्रत्येक स्तर पूर्व की तुलना में जटिल होती हैं।



चित्र 10.1— प्रोटीन की α–कुण्डलिनि संरचना



*चित्र 10.2— प्रोटीन की β–प्लीटेड शीट संरचना*

**(i) प्रोटीन की प्राथमिक संरचना–** प्रोटीनों में एक अथवा अनेक पॉलिपेप्टाइड शृंखलाएं उपस्थित हो सकती हैं। किसी प्रोटीन के प्रत्येक पॉलिपेप्टाइड में ऐमीनो अम्ल एक विशिष्ट क्रम में संयुक्त होते हैं। ऐमीनो अम्लों का यह विशिष्ट क्रम प्रोटीनों की प्राथमिक संरचना बनाता है। प्राथमिक संरचना में किसी भी प्रकार का परिवर्तन अर्थात् ऐमीनो अम्लों के क्रम में परिवर्तन से भिन्न प्रोटीन उत्पन्न होते हैं।

**(ii) प्रोटीनों की द्वितीयक संरचना–** किसी प्रोटीन की द्वितीयक संरचना का संबंध उस आकृति से है जिसमें पॉलिपेप्टाइड शृंखला विद्यमान होती है। यह दो भिन्न प्रकार की संरचनाओं में विद्यमान होती हैं– α–हेलिक्स तथा β–प्लीटेड शीट संरचना। ये संरचनाएं पेप्टाइड आबंध के $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$ तथा –NH– समूह के मध्य हाइड्रोजन बंध के कारण पॉलिपेप्टाइड की मुख्य शृंखला के नियमित कुंडलन में उत्पन्न होती हैं। α–हेलिक्स संरचना एक ऐसी संरचना है जिसमें पॉलिपेप्टाइड शृंखला में सभी संभव हाइड्रोजन आबंध बन सकते हैं। इसमें पॉलिपेप्टाइड शृंखला दक्षिणावर्ती पेंच के समान मुड़ी रहती है फलस्वरूप प्रत्येक ऐमीनो अम्ल अवशिष्ट का –NH समूह, कुंडली के अगले मोड़ पर स्थित $>C=O$ समूह के साथ हाइड्रोजन आबंध बनाता है जैसा कि चित्र 10.1 में दर्शाया गया है।

β–संरचना में सभी पॉलिपेप्टाइड शृंखलाएं लगभग अधिकतम विस्तार तक खिंची रहकर एक दूसरे के पार्श्व में स्थित होती हैं तथा आपस में अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंध द्वारा जुड़ी रहती हैं। यह संरचना वस्त्रों में प्लीट के समान होती है अत: इसको β–प्लीटेड शीट कहते हैं।

**(iii) प्रोटीन की तृतीयक संरचना–** प्रोटीन की तृतीयक संरचना पॉलिपेप्टाइड शृंखलाओं के समग्र वलन, अर्थात् द्वितीयक संरचना के और अधिक वलन (लिपटना) को प्रदर्शित करती है। इससे दो प्रमुख आण्विक आकृतियाँ बनती हैं– रेशेदार तथा गोलिकाकार। प्रमुख बल जो प्रोटीन की 2° तथा 3° संरचनाओं को स्थायित्व प्रदान करते हैं वे हैं– हाइड्रोजन आबंध, डाइसल्फाइड बंध, वान्डर वाल तथा स्थिर विद्युत आकर्षण बल।

© NCERT not to be republished

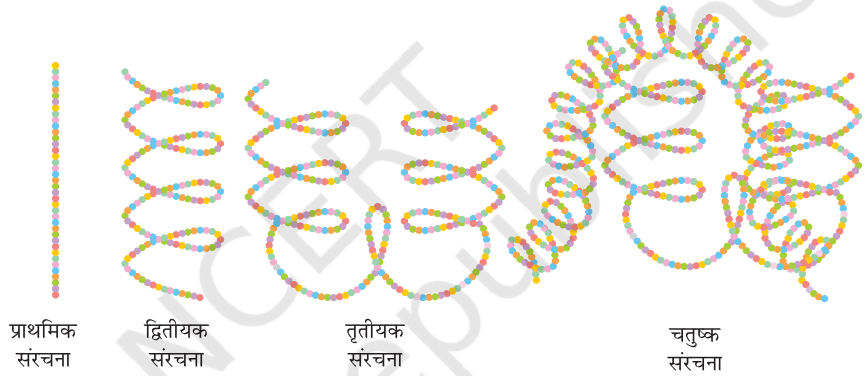


Reprint 2025-26

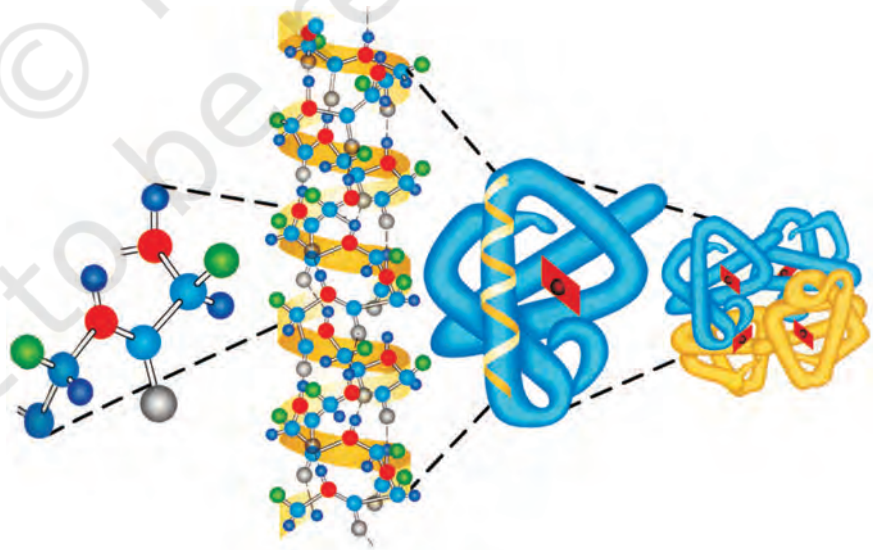
**( iv ) प्रोटीन की चतुष्क संरचना–** कुछ प्रोटीन दो या दो से अधिक पॉलिपेटाइड शृंखलाओं से बने होते हैं जिन्हें उप-इकाई कहते हैं। इन उप-इकाइयों की परस्पर दिक्-स्थान व्यवस्था को चतुष्क संरचना कहते हैं। इन चारो संरचनाओं का चित्रात्मक निरूपण चित्र 10.3 में दिया गया है जिसमें प्रत्येक रंगीन गेंद, एक ऐमीनो अम्ल को निरूपित करती है।

### 10.2.4 प्रोटीन का विकृतीकरण

जैविक निकाय में पाई जाने वाली विशेष त्रिविमा संरचना तथा जैविक सक्रियता वाले प्रोटीन, प्राकृत प्रोटीन कहलाता है। जब प्राकृत प्रोटीन में भौतिक परिवर्तन करते हैं, जैसे– ताप में परिवर्तन अथवा रासायनिक परिवर्तन करते हैं जैसे, pH में परिवर्तन आदि किया जाता है तो हाइड्रोजन आबंधों में अस्तव्यस्तता उत्पन्न हो जाती है। जिसके कारण गोलिका (ग्लोब्यूल) खुल जाती है तथा हैलिक्स अकुंडलित हो जाती है तथा प्रोटीन अपनी जैविक सक्रियता को खो देता है। इसे प्रोटीन का विकृतीकरण कहते हैं। विकृतीकरण के दौरान द्वितीयक तथा तृतीयक संरचनाएं नष्ट हो जाती हैं परंतु प्राथमिक संरचना अप्रभावित रहती है। उबालने पर अंडे की सफ़ेदी का स्कंदन विकृतीकरण का एक सामान्य उदाहरण है। एक अन्य उदाहरण दही का जमना है। जो दूध में उपस्थित बैक्टीरिया द्वारा लेक्टिक अम्ल उत्पन्न होने के कारण होता है।




*चित्र 10.3– प्रोटीन की संरचनाओं का चित्रात्मक निरूपण (चतुष्क संरचना में दो प्रकार की दो उप इकाइयाँ)*



(a) प्राथमिक संरचना (b) द्वितीयक संरचना (c) तृतीयक संरचना (d) चतुष्क संरचना

C H N O R समूह हीम समूह

*चित्र 10.4–* हीमोग्लोबिन की प्राथमिक, द्वितीयक, तृतीयक एवं चतुष्क संरचनाएं



Reprint 2025-26

**पाठ्यनिहित प्रश्न**

**10.4** ऐमीनो अम्लों के गलनांक एवं जल में विलेयता सामान्यत: संगत हैलो अम्लों की तुलना में अधिक होती है। समझाइए।

**10.5** अंडे को उबालने पर उसमें उपस्थित जल कहाँ चला जाता है?

## 10.3 एन्जाइम

जीवधारियों में होने वाली विभिन्न रासायनिक अभिक्रियाओं में समन्वयन के कारण ही जीवन संभव है। इसका एक उदाहरणार्थ है भोजन का पाचन, उपयुक्त अणुओं का अवशोषण तथा अंतत: ऊर्जा का उत्पादन। इस प्रक्रम में अभिक्रियाएं एक अनुक्रम होती हैं तथा ये सभी अभिक्रियाएं शरीर में मध्यम परिस्थितियों में सम्पन्न होती हैं। यह कुछ जैव उत्प्रेरकों की सहायता से होता है जिन्हें **एन्जाइम** कहते हैं। लगभग सभी एन्जाइम गोलिकाकार प्रोटीन होते हैं। एन्जाइम किसी विशेष अभिक्रिया अथवा विशेष क्रियाधार के लिए विशिष्ट होते हैं। इनका नामकरण सामान्यतया उस यौगिक अथवा यौगिकों के वर्ग पर आधारित होता है जिस पर ये कार्य करते हैं। उदाहरणार्थ, उस एन्जाइम का नाम **माल्टेस** है जो **माल्टोस** के ग्लूकोस में जलअपघटन को उत्प्रेरित करता है।

$$\underset{\text{(माल्टोस)}}{C_{12}H_{22}O_{11}} \xrightarrow{\text{माल्टेस}} \underset{\text{(ग्लूकोस)}}{2\,C_6H_{12}O_6}$$

कभी-कभी एन्जाइम का नाम उस अभिक्रिया के आधार पर दिया जाता है जिसमें इनका उपयोग होता है। उदाहरणार्थ, जो एन्जाइम एक क्रियाधार का ऑक्सीकरण उत्प्रेरित करते हैं तथा साथ ही दूसरे क्रियाधार का अपचयन उन्हें **आक्सिडोरिडक्टेस** नाम दिया जाता है। एन्जाइम के नाम के अंत में **ऐस** (-ase) आता है।

### 10.3.1 एन्जाइम क्रिया की क्रियाविधि

किसी अभिक्रिया की प्रगति के लिए एन्जाइम की बहुत कम मात्रा की आवश्यकता होती है। रासायनिक उत्प्रेरक की क्रिया के समान कहा जाता है कि एन्जाइम, संक्रियण ऊर्जा के परिमाण को कम कर देते हैं। उदाहरणार्थ, सूक्रोस के अम्लीय जलअपघटन के लिए संक्रियण ऊर्जा 6.22 $kJ\ mol^{-1}$ है जबकि सूक्रेस एन्जाइम द्वारा जल अपघटित होता है तो सक्रियण ऊर्जा केवल 2.15 $kJ\ mol^{-1}$ होती है।

## 10.4 विटामिन

ऐसा देखा गया है कि हमारे भोजन में कुछ कार्बनिक यौगिकों की आवश्यकता सूक्ष्म मात्रा में होती है परंतु उनकी कमी के कारण विशेष रोग हो जाते हैं। इन यौगिकों को **विटामिन** कहते हैं। अधिकांश विटामिनों का संश्लेषण हमारे शरीर द्वारा नहीं किया जा सकता लेकिन पौधे लगभग सभी विटामिनों का संश्लेषण कर सकते हैं, अत: इन्हें आवश्यक आहार कारक माना गया है। यद्यपि आहारनली के बैक्टीरिया हमारे लिए आवश्यक कुछ विटामिनों को उत्पन्न कर सकते हैं। सामान्यत: हमारे आहार में सभी विटामिन उपलब्ध रहते हैं। विभिन्न विटामिन भिन्न श्रेणियों से संबंधित होते हैं, अत: इन्हें संरचना के आधार पर परिभाषित करना कठिन है। इन्हें सामान्यत: इस प्रकार विचारित किया जाता है कि **ये विशिष्ट जैविक क्रियाओं के संपन्न होने के लिए हमारे आहार में आवश्यक वे कार्बनिक पदार्थ हैं जिनसे जीव की इष्टतम वृद्धि एवं स्वास्थ्य का सामान्य रखरखाव होता है।** विटामिनों को A, B, C, D, आदि अक्षरों के द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है इनमें से कुछ को पुन: उपवर्गों उदाहरणार्थ $B_1$, $B_2$,



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

$B_6$, $B_{12}$, आदि में नाम दिया गया है। विटामिन का आधिक्य भी हानिकारक होता है, अत: चिकित्सक के परामर्श के बिना विटामिन की गोली नहीं लेनी चाहिए।

विटामिन (vitamine) दो शब्दों– विटल (vital) + ऐमीन (amine) से जुड़कर बना है; क्योंकि प्रारंभ में पहचाने गए यौगिकों में ऐमीनो समूह था। लेकिन बाद के कार्यों से प्रदर्शित हुआ कि इनमें से अधिकांश में ऐमीनो समूह नहीं होता, अत: अंग्रेज़ी में लिखे शब्द का अंतिम अक्षर 'e' हटा दिया गया तथा वर्तमान में विटामिन (vitamin) शब्द का उपयोग किया जाता है।

### 10.4.1 विटामिनों का वर्गीकरण

जल तथा वसा में विलेयता के आधार पर विटामिनों को दो समूहों में वर्गीकृत किया गया है–

**(i) वसा विलेय विटामिन–** इस वर्ग में उन विटामिनों को रखा गया है जो वसा तथा तेल में विलेय होते हैं परंतु जल में अविलेय। ये विटामिन A, D, E तथा K हैं। ये यकृत तथा ऐडिपोस (वसा संग्रहित करने वाला) ऊतक में संग्रहित रहते हैं।

**(ii) जल में विलेय विटामिन–** B वर्ग के विटामिन तथा विटामिन C जल में विलेय होते हैं अत: इन्हें एक साथ इस वर्ग में रखा गया है। जल में विलेय विटामिनों की पूर्ति हमारे आहार में नियमित रूप से होनी चाहिए क्योंकि ये आसानी से मूत्र के साथ उत्सर्जित हो जाते हैं तथा इन्हें हमारे शरीर में (विटामिन $B_{12}$ के अतिरिक्त) संचित नहीं किया जा सकता है।

कुछ प्रमुख विटामिन, उनके स्रोत तथा उनकी कमी के कारण उत्पन्न होने वाले रोगों को सारणी 10.3 में दर्शाया गया है।

सारणी 10.3— कुछ प्रमुख विटामिन, उनके स्रोत तथा उनकी कमी से जनित रोग

| क्रम संख्या | विटामिन का नाम | स्रोत | हीनता जनित रोग |
|---|---|---|---|
| 1. | विटामिन A | मछली के यकृत का तेल, गाजर, मक्खन तथा दूध | ज़िअॅरॉफ्थैल्मिया (आँख के कॉर्निया का कठोरीकरण), रात्रि अंधता |
| 2. | विटामिन $B_1$ (थायेमीन) | खमीर, दूध, हरी सब्ज़ियाँ, दालें | बेरी-बेरी, (भूख का कम लगना, वृद्धि में मंदता) |
| 3. | विटामिन $B_2$ (राइबोफ्लेविन) | दूध, अंडे की सफ़ेदी, यकृत, गुर्दा | ओष्ठ विदरण यानी कीलोसिस (मुँह व होठों के किनारों पर दरारें पड़ना) पाचन क्रिया में अव्यवस्था तथा त्वचा में जलन की अनुभूति होना।) |
| 4. | विटामिन $B_6$ (पिरिडॉक्सिन) | खमीर, दूध, अंड-पीत, दालें चना | मरोड़ पड़ना (convulsions) |
| 5. | विटामिन $B_{12}$ | मांस, मछली, अंडा, दही | प्रणाशी रक्ताल्पता (Pernicious anaemia) RBC में हीमोग्लोबिन की कमी |
| 6. | विटामिन C (ऐस्कॉर्बिक अम्ल) | निंबुवंशीय (सिट्रस) फल, आँवला तथा हरे पत्ते वाली सब्ज़ियाँ | स्कर्वी (मसूड़ों से रक्त बहना) |
| 7. | विटामिन D | सूर्य के प्रकाश में उद्भासन (exposure) मछली, अंडे का पीतक | रिकेट्स (बच्चों में अस्थि विकृतता) तथा ऑस्टियोमेलेशिया या अस्थिमृदुता (वयस्कों में जोड़ों में दर्द तथा अस्थिमृदुता) |
| 8. | विटामिन E | सब्ज़ियों के तेल उदाहरणार्थ गेहूँ अंकुर तेल, सूर्यमुखी का तेल आदि | RBC की भुरभुरेपन में वृद्धि तथा मांसपेशियों की कमज़ोरी |
| 9. | विटामिन K | हरे पत्ते वाली सब्ज़ियाँ | रक्त के थक्का जमने के समय में वृद्धि |



© NCERT not to be republished

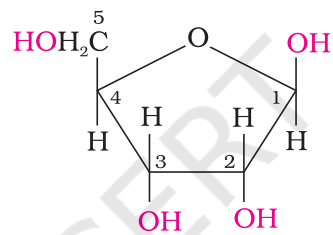
Reprint 2025-26

## 10.5 न्यूक्लीक अम्ल

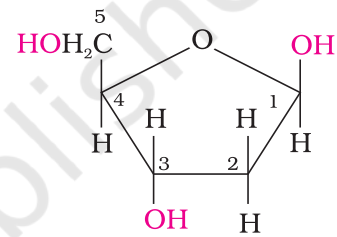
प्रत्येक प्रजाति की हर एक पीढ़ी कई प्रकार से अपने पूर्वजों के सदृश्य होती है। ये विशिष्ट गुण एक पीढ़ी से दूसरी तक किस प्रकार संचरित होते हैं? यह पाया गया है कि जीवित कोशिका का नाभिक इन जन्मजात गुणों, के लिए उत्तरदायी हैं, जिसे **आनुवांशिकता** भी कहते हैं। कोशिका के नाभिक में उपस्थित वे कण जो आनुवांशिकता के लिए उत्तरदायी होते हैं, **क्रोमोसोम** कहलाते हैं। ये प्रोटीन तथा अन्य प्रकार के जैव अणु से मिलकर बने होते हैं, जिन्हें न्यूक्लीक अम्ल कहते हैं। न्यूक्लीक अम्ल मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं **डिऑक्सीराइबोस न्यूक्लीक** अम्ल (DNA) तथा **राइबोसन्यूक्लीक** अम्ल (RNA)। चूँकि न्यूक्लीक अम्ल न्यूक्लिओटाइडों की लंबी शृंखला वाले बहुलक होते हैं अत: इन्हें पॉलिन्यूक्लिओटाइड भी कहते हैं।

### 10.5.1 न्यूक्लीक अम्लों का रासायनिक संघटन

DNA (अथवा RNA) के पूर्ण जलअपघटन से एक पेन्टोस शर्करा, फ़ास्फ़ोरिक अम्ल तथा नाइट्रोजन युक्त विषमचक्रीय यौगिक (जिन्हें क्षारक कहते हैं) प्राप्त होते हैं। DNA अणु में शर्करा अर्धांश इकाई β-D-2-डिऑक्सीराइबोस होती है जबकि RNA में यह β-D-राइबोस होती है।



β–D–राइबोस



β–D–2–डिऑक्सीराइबोस

### जेम्स डेवे वाटसन

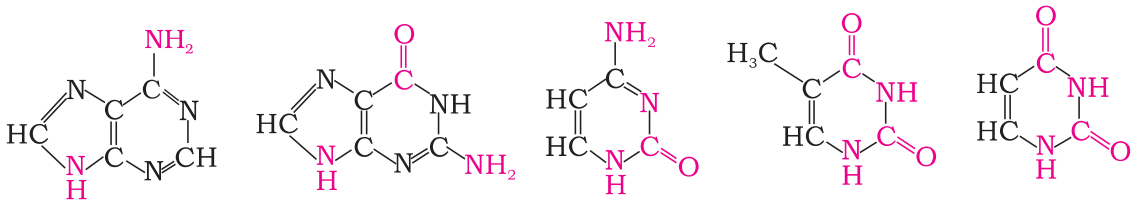
डॉ. वाटसन का जन्म शिकागो के इलिनॉयस में वर्ष 1928 में हुआ था। इन्होंने 1950 में प्राणिविज्ञान में इंडियाना विश्वविद्यालय से पीएच.डी. की उपाधि प्राप्त की। उनकी सर्वाधिक ख्याति DNA की संरचना निर्धारित करने के कारण हुई जिसके लिए उन्हें 1962 में शरीर क्रिया विज्ञान तथा औषध क्षेत्र में फ्रांसिस क्रिक तथा मॉरिस विल्किस के साथ संयुक्त रूप से नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया। उन्होंने प्रस्तावित किया कि DNA अणु द्विकुंडलित आकृति ग्रहण करता है जो वास्तव में एक परिष्कृत एवं सरल संरचना है। इसकी तुलना थोड़ी सी मरोड़ी गई सीढ़ी से की जा सकती है जिसकी पार्श्व छड़ें (रेलिंग) एकांतर क्रम में बंधित फॉस्फेट तथा डीऑक्सीराइबोस शर्करा की इकाइयों द्वारा निर्मित होती हैं जबकि उनके बीच के डंडे प्यूरीन/ पिरिमिडीन क्षारक युगलों द्वारा बनते हैं। इस शोध कार्य ने वास्तव में **अणुजैविकी** के विकास की नींव रखी। न्यूक्लिओटाइड क्षारकों के पूरक युगलों से यह स्पष्ट हो जाता है कि किस प्रकार जनक DNA की समरूप प्रतिलिपियाँ दो संतति कोशिकाओं में पहुँचती हैं। इस शोध ने जीवविज्ञान के क्षेत्र में क्रांति ला दी जिसके फलस्वरूप आधुनिक पुनर्योगज DNA तकनीक का विकास हो सका।

© NCERT not to be republished



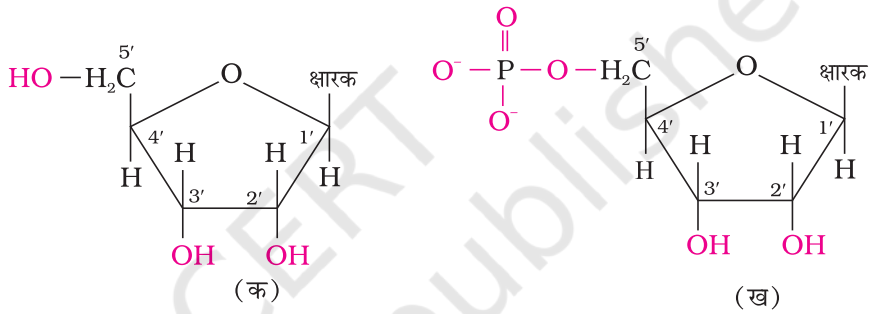
Reprint 2025-26

DNA में चार क्षारक यथा ऐडेनीन (A), ग्वानीन (G), साइटोसीन (C) तथा थायमीन (T) होते हैं। RNA में भी चार क्षारक होते हैं प्रथम तीन क्षारक DNA के समान हैं परंतु चतुर्थ क्षारक यूरेसिल (U) होता है।



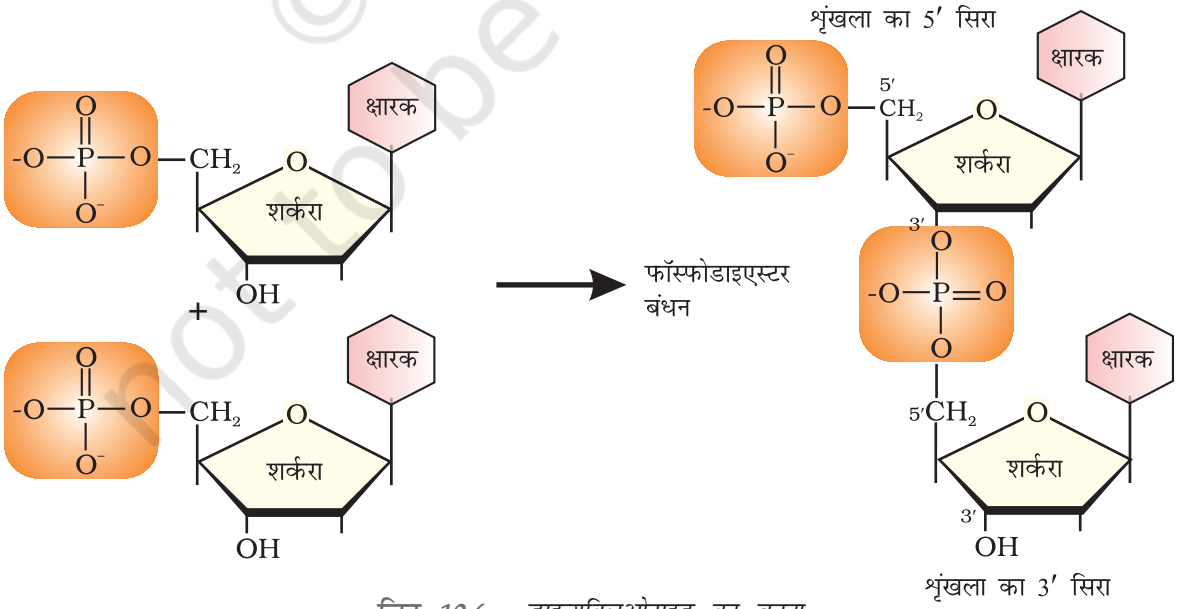

### 10.5.2 न्यूक्लीक अम्ल की संरचना

किसी क्षारक के शर्करा की 1′ स्थिति पर जुड़ने से निर्मित इकाई को **न्यूक्लिओसाइड** कहते हैं। क्षारक से विभेद करने के लिए शर्करा के कार्बनों को 1′, 2′, 3′ आदि से अंकित किया जाता है (चित्र 10.5 क)। जब न्यूक्लिओसाइड शर्करा अर्धांश में 5′-स्थिति से बंधता है तो हमें न्यूक्लिओटाइड प्राप्त होता है।




*चित्र 10.5— (क) एक न्यूक्लिओसाइड तथा (ख) एक न्यूक्लिओटाइड की संरचना*

न्यूक्लिओटाइड आपस में फ़ॉस्फ़ोडाइएस्टर बंधन द्वारा संयुक्त होते हैं जो पेन्टोस शर्करा के 5′ तथा 3′ कार्बनों के मध्य स्थित होते हैं। एक प्रारूपिक डाइन्यूक्लिओटाइड का बनना चित्र 10.6 में दर्शाया गया है–

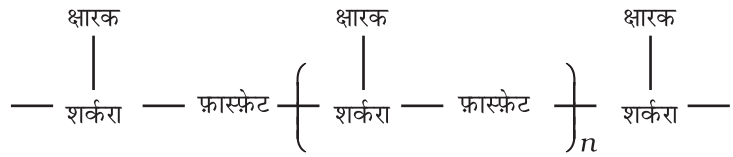



*चित्र 10.6– डाइन्यूक्लिओटाइड का बनना*



© NCERT not to be republished

न्यूक्लिक अम्ल की एक शृंखला का सरलतम विवरण नीचे दर्शाया गया है–



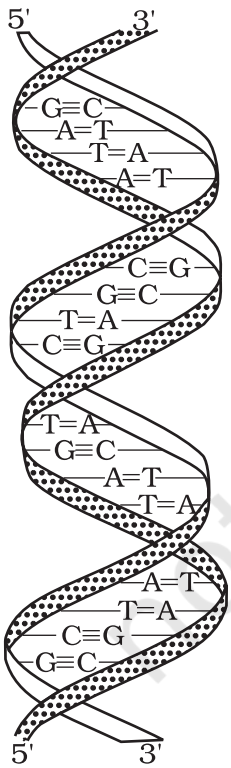

न्यूक्लीक अम्ल की एक शृंखला के अनुक्रम से संबंधित सूचना को इसकी प्राथमिक संरचना कहते हैं। न्यूक्लीक अम्लों की द्वितीयक संरचना भी होती है। जेम्स वाटसन तथा फ्रांसिस क्रिक ने DNA की द्विकुंडलनी संरचना दी (चित्र 10.7)। न्यूक्लीक अम्ल की दो शृंखलाएं आपस में कुंडलित रहती हैं तथा क्षारक युगलों के मध्य हाइड्रोजन आबंध द्वारा आपस में जुड़ी रहती हैं। दोनों रज्जुक एक-दूसरे की पूरक होती हैं क्योंकि क्षारकों के विशिष्ट युगलों के मध्य हाइड्रोजन आबंध बनते हैं। ऐडेनीन, थायेमीन के साथ हाइड्रोजन आबंध बनाता है जबकि साइटोसीन, ग्वानीन के साथ हाइड्रोजन आबंध बनाता है।

RNA की द्वितीयक संरचना में कुंडली केवल एक रज्जुक की बनी होती है जो कभी-कभी RNA में उपस्थित एक रज्जुक के स्वयं को मोड़ने से बनती है। RNA अणु तीन प्रकार के होते हैं तथा ये भिन्न क्रियाएं संपादित करते हैं। इनके नाम **संदेशवाहक RNA (m-RNA) राइबोसोमल RNA (r-RNA)** तथा **अंतरण RNA (t-RNA)** है।

### 10.5.3 न्यूक्लीक अम्ल के जैविक कार्य

डी.एन.ए. आनुवांशिकता का रासायनिक आधार है तथा इसे आनुवांशिक सूचनाओं के संग्राहक की तरह जाना जाता है। डी.एन.ए. लाखों वर्षों से किसी जीव की विभिन्न प्रजातियों की पहचान बनाए रखने के लिए विशिष्ट रूप से जिम्मेदार है। कोशिका विभाजन के समय एक DNA अणु स्वप्रतिकरण (Self Replication) में सक्षम होता है तथा पुत्री कोशिका में समान DNA रज्जुक का अंतरण होता है।

न्यूक्लिक अम्ल का दूसरा महत्वपूर्ण कार्य, कोशिका में प्रोटीन का संश्लेषण है। वास्तव में कोशिका में प्रोटीन का संश्लेषण विभिन्न RNA अणुओं द्वारा होता है। परंतु किसी विशेष प्रोटीन के संश्लेषण का संदेश DNA में उपस्थित होता है।




*चित्र 10.7– डी.एन.ए. की द्विकुंडलनी संरचना*

## हरगोबिंद खुराना

डॉ. हरगोबिंद खुराना का जन्म 1922 में हुआ था। उन्होंने पंजाब विश्वविद्यालय, लाहौर से एम.एससी की डिग्री प्राप्त की। उन्होंने प्रोफ़ेसर व्लादिमिर प्रेलॉग के साथ कार्य किया जिन्होंने खुराना के विचारों तथा दर्शन को विज्ञान कर्म तथा प्रयत्न की ओर आमुख किया। 1949 में भारत में कुछ समय ठहरने के पश्चात खुराना वापस इंग्लैंड चले गए तथा वहाँ उन्होंने प्रोफ़ेसर जी.डब्ल्यू. केनर तथा ए.आर. टॉड के साथ कार्य किया। कैंब्रिज, इंग्लैंड में कार्य करते समय उनकी रुचि प्रोटीनों तथा न्यूक्लीक अम्लों में हुई। 1968 में डॉ. खुराना को आनुवांशिक कोड ज्ञात करने के लिए मार्शल निरेनवर्ग तथा रॉबर्ट हॉली के साथ संयुक्त रूप से औषध तथा भौतिक चिकित्सा क्षेत्र में नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

## डीएनए अंगुलि छापन (DNA Fingerprinting)

यह ज्ञात है कि प्रत्येक जीव के अद्वितीय अंगुलि छाप होते हैं। ये अंगुलि के शीर्ष पर होते हैं तथा इन्हें लंबे समय तक व्यक्ति की पहचान निर्धारित करने के लिए काम में लाया जाता रहा, लेकिन इन्हें शल्य चिकित्सा के द्वारा परिवर्तित किया जा सकता है। किसी व्यक्ति में DNA के क्षारकों का अनुक्रम अद्वितीय होता है तथा इसको ज्ञात करना DNA अंगुली छाप कहलाता है। यह प्रत्येक कोशिका के लिए समान होता है तथा इसे किसी भी इलाज द्वारा परिवर्तित नहीं किया जा सकता। DNA अंगुली छाप का उपयोग आजकल–

(i) विधि संबंधी प्रयोगशाला में अपराधी की पहचान करने में होता है।

(ii) किसी व्यक्ति की पैतृकता को निर्धारित करने में होता है।

(iii) किसी दुर्घटना में मृतक के शरीर की पहचान करने के लिए बच्चों अथवा जनक के DNA की तुलना करके किया जाता है, तथा

(iv) जैव विकास के पुनर्लेखन में किसी प्रजाति समूह की पहचान में होता है।

## 10.6 हार्मोन

हॉर्मोन वह अणु होते हैं जो कोशिकाओं के मध्य संदेशवाहक का कार्य करते हैं। यह शरीर में अंत:-स्रावी ग्रंथियों में बनते हैं और सीधे ही रक्त धारा में प्रवाहित कर दिए जाते हैं, जो इन्हें कार्य स्थल तक पहुँचा देती है।

रासायनिक प्रकृति के अनुसार इनमें से कुछ स्टेरॉयड होते हैं, उदाहरणार्थ, एस्ट्रोजन और ऐन्ड्रोजन; इन्सुलिन और एन्डोर्फिन जैसे कुछ हॉर्मोन पॉलिपेप्टाइड होते हैं तथा कुछ अन्य ऐमीनो अम्लों के व्युत्पन्न होते हैं, उदाहरणार्थ एपिनेफरिन एवं नॉरएपिनेफरिन।

शरीर में हॉर्मोनों के अनेक कार्य हैं। यह शरीर में जैविक क्रियाकलाप में संतुलन बनाए रखने में सहायक होते हैं। रक्त में ग्लूकोस की मात्रा को सीमित रखने में इन्सुलिन की भूमिका इसका उदाहरण है। रक्त में ग्लूकोस की मात्रा तेजी से बढ़ने पर इन्सुलिन निकलने लगती है। दूसरी ओर हार्मोन ग्लूकागॉन की प्रवृत्ति रक्त में ग्लूकोस की मात्रा बढ़ाने की होती है। एक साथ ये दोनों हॉर्मोन रक्त में ग्लूकोस की मात्रा नियंत्रित करते हैं। एपिनेफरिन और नॉरएपिनेफरिन बाह्य उद्दीपक की ओर प्रतिक्रिया में मध्यस्थता करते हैं। वृद्धि-हॉर्मोन और जनन-हॉर्मोन वृद्धि तथा विकास में भूमिका निभाते हैं। थायराइड ग्रंथी में बनने वाली थायरॉक्सिन, ऐमीनो अम्ल टायरोसिन का आयोडीन युक्त व्युत्पन्न होती है। थायरॉक्सिन की मात्रा असामान्य रूप से कम होने पर अवअवटुता (हाइपोथायराइडिज्म) हो जाती है जो अकर्मण्यता और मोटापे से अभिलक्षणित होती है। थायरॉक्सिन की बढ़ी हुई मात्रा से अतिअवटुता (हाइपरथयरॉयडिज़्म) हो जाती है। आहार में आयोडीन की कमी अवअवटुता और थायराइड ग्रन्थि के बढ़ने का कारण बन सकती है। अधिकतर इस स्थिति को खाने वाले नमक में सोडियम आयोडाइड मिलाकर (आयोडाइज़्ड सॉल्ट) नियंत्रित किया जाता है।

स्टेरॉयड हॉर्मोन ऐड्रीनल कॉर्टेक्स और गोनैड ग्रन्थियों (पुरुषों में वृषण और स्त्रियों में डिम्बग्रन्थि) में बनते हैं। ऐड्रीनल कॉर्टेक्स से निकलने वाले हॉर्मोन शरीरिक कार्यकलापों में बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। उदाहरणार्थ ग्लूकोकॉर्टिकायड कार्बोहाइड्रेट उपापचय को नियंत्रित करते हैं, जलन उत्पन्न करने वाली अभिक्रियाओं को घटाते हैं एवं तनाव के प्रति प्रतिक्रिया में भी सम्मिलित होते हैं। मिनरैलोकॉर्टिकॉयड गुर्दों से उत्सर्जित होने वाले जल और लवण के स्तर को नियंत्रित करते हैं। यदि ऐड्रिनल कॉर्टेक्स ठीक से कार्य न करें तो इसके परिणामस्वरूप ऐडीसन्सडिज़ीज हो सकती है जिसके अभिलक्षण हैं हाइपोग्लाइसीमिया, दुर्बलता और तनाव के प्रति संवेदनशीलता की संभावना बढ़ना। यदि ग्लूकोकॉर्टिकॉयड और मिनरैलोकॉर्टिकायड से इलाज न हो तो यह रोग घातक हो सकता है। गोनैडों से निकलने वाले



Reprint 2025-26

हॉर्मोन गौण यौन लक्षणों के लिए उत्तरदायी होते हैं। टेस्टोस्टीरॉन पुरुषों के लक्षण जैसे-आवाज़ में भारीपन, चेहरे पर बाल और सामान्य शारीरिक बनावट के लिए उत्तरदायी होता है। एस्ट्राडाइऑल महिलाओं का प्रमुख हॉर्मोन है। यह महिलाओं में गौण यौन लक्षणों के लिए उत्तरदायी होता है और रजोधर्म के नियंत्रण में भागीदार होता है। प्रोजेस्टीरॉन, निषेचित अंडे की स्थापना के लिए गर्भाशय को उपयुक्त बनाता है।

## पाठ्यनिहित प्रश्न

**10.6** हमारे शरीर में विटामिन C संचित क्यों नहीं होता?

**10.7** यदि DNA के थायेमीन युक्त न्यूक्लिओटाइड का जलअपघटन किया जाए तो कौन-कौन से उत्पाद बनेंगे?

**10.8** जब RNA का जलअपघटन किया जाता है तो प्राप्त क्षारकों की मात्राओं के मध्य कोई संबंध नहीं होता। यह तथ्य RNA की संरचना के विषय में क्या संकेत देता है?

## सारांश

**कार्बोडाइड्रेट**, ध्रुवण घूर्णक पॉलिहाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन, अथवा वे अणु होते हैं, जिनके जल अपघटन पर इस प्रकार की इकाइयाँ प्राप्त होती हैं। इन्हें मुख्य रूप से तीन समूहों में वर्गीकृत किया गया है– **मोनोसैकैराइड**, **डाइसैकैराइड**, **पॉलिसैकैराइड**। ग्लूकोस जो कि स्तनधारियों के लिए ऊर्जा का प्रमुख स्रोत है, स्टार्च के पाचन से प्राप्त होता है। मोनोसैकेराइड, ग्लाकोसिडिक बंध द्वारा जुड़कर डाइसैकेराइड तथा पॉलिसैकेराइड बनाते हैं।

**प्रोटीन** लगभग बीस विभिन्न $\alpha$–**ऐमीनो अम्लों** के **बहुलक** हैं जो पेप्टाइड आबंधों द्वारा जुड़े रहते हैं। दस ऐमीनो अम्लों को आवश्यक ऐमीनो अम्ल कहते हैं क्योंकि ये हमारे शरीर में निर्मित नहीं होते। अत: ये आहार द्वारा उप्लब्ध होने चाहिए। प्रोटीन जीवधारी में विभिन्न संरचनात्मक एवं गतिज क्रियाओं को संपादित करते हैं। उन प्रोटीनों को जिनमें केवल $\alpha$–ऐनीमो अम्ल होते हैं, सामान्य प्रोटीन कहा जाता है। pH अथवा ताप में परिवर्तन करने पर प्रोटीनों की **द्वितीयक** एवं **तृतीयक संरचनाएं** विकृत हो जाती हैं तथा वह अपने कार्य संपादित नहीं कर पातीं। इसे प्रोटीन का विकृतीकरण कहते हैं। एन्जाइम **जैव उत्प्रेरक** होते हैं जो जैव तंत्र में अभिक्रियाओं की गति में वृद्धि करते हैं। ये अपने कार्यों में अति विशिष्ट एवं अति वरणात्मक होते हैं रासायनिक रूप से सभी **एन्जाइम प्रोटीन** हैं।

**विटामिन** आहार में आवश्यक सहायक भोज्य कारक हैं। इन्हें वसा विलेय (A, D, E तथा K) तथा जल विलेय (B-समूह तथा C) में वर्गीकृत किया गया है। विटामिनों की कमी से अनेक रोग हो जाते हैं।

न्यूक्लीक अम्ल, न्यूक्लिओटाइडों के बहुलक हैं जो एक क्षारक, एक पेन्टोस शर्करा तथा एक फ़ास्फ़ेट अर्धांश से मिलकर बनता है। न्यूक्लीक अम्ल जनक से संतति में गुणों के स्थानांतरण के लिए जिम्मेदार होते हैं। न्यूक्लिक अम्ल दो प्रकार के होते हैं– **DNA** तथा **RNA**। इनमें से DNA में पाँच कार्बन परमाणु वाला शर्करा अणु होता है जिसे **2-डीऑक्सीराइबोस** कहते हैं, जबकि RNA में राइबोस शर्करा होती है। DNA तथा RNA दोनों में ऐडेनीन, ग्वानीन तथा साइटोसीन क्षारक होते हैं। चतुर्थ क्षारक DNA में थायमीन तथा RNA में यूरेसिल होता है। DNA की संरचना द्विरज्जुक द्विकुंडलनी है जबकि RNA की संरचना एक रज्जुक कुंडलनी होती है। DNA आनुवांशिकता का रासायनिक आधार होता है। तथा इनमें किसी कोशिका में प्रोटीन संश्लेषण का कोडित संदेश होता है RNA तीन प्रकार के होते हैं। — mRNA, r-RNA तथा t-RNA, जो कि वास्तव में कोशिका में प्रोटीन का संश्लेषण करते हैं।

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# अभ्यास

**10.1** मोनोसैकैराइड क्या होते हैं?

**10.2** अपचायी शर्करा क्या होती है?

**10.3** पौधों में कार्बोहाइड्रेटों के दो मुख्य कार्यों को लिखिए।

**10.4** निम्नलिखित को मोनोसैकैराइड तथा डाइसैकैराइड में वर्गीकृत कीजिए–
राइबोस, 2-डीऑक्सीराइबोस, माल्टोस, गैलैक्टोस, फ्रक्टोज़ तथा लैक्टोस

**10.5** ग्लाइकोसाइडी बंध से आप क्या समझते हैं?

**10.6** ग्लाइकोजन क्या होता है तथा ये स्टार्च से किस प्रकार भिन्न है?

**10.7** (अ) सूक्रोस तथा (ब) लैक्टोस के जलअपघटन से कौन से उत्पाद प्राप्त होते हैं?

**10.8** स्टार्च तथा सेलुलोस में मुख्य संरचनात्मक अंतर क्या है?

**10.9** क्या होता है जब D-ग्लूकोस की अभिक्रिया निम्नलिखित अभिकर्मकों से करते हैं?
(i) HI (ii) ब्रोमीन जल (iii) $HNO_3$

**10.10** ग्लूकोस की उन अभिक्रियाओं का वर्णन कीजिए जो इसकी विवृत शृंखला संरचना के द्वारा नहीं समझाई जा सकतीं।

**10.11** आवश्यक तथा अनावश्यक ऐमीनो अम्ल क्या होते हैं? प्रत्येक प्रकार के दो उदाहरण दीजिए।

**10.12** प्रोटीन के संदर्भ में निम्नलिखित को परिभाषित कीजिए–
(i) पेप्टाइड बंध (ii) प्राथमिक संरचना (iii) विकृतीकरण

**10.13** प्रोटीन की द्वितीयक संरचना के सामान्य प्रकार क्या हैं?

**10.14** प्रोटीन की $\alpha$–हैलिक्स संरचना के स्थायीकरण में कौन से आबंध सहायक होते हैं?

**10.15** रेशेदार तथा गोलिकाकार (globular) प्रोटीन को विभेदित कीजिए।

**10.16** ऐमीनो अम्लों की उभयधर्मी प्रकृति को आप कैसे समझाएंगे?

**10.17** एन्जाइम क्या होते हैं?

**10.18** प्रोटीन की संरचना पर विकृतीकरण का क्या प्रभाव होता है?

**10.19** विटामिनों को किस प्रकार वर्गीकृत किया गया है? रक्त के थक्के जमने के लिए जिम्मेदार विटामिन का नाम दीजिए।

**10.20** विटामिन A व C हमारे लिए आवश्यक क्यों हैं? उनके महत्वपूर्ण स्रोत दीजिए।

**10.21** न्यूक्लीक अम्ल क्या होते हैं? इनके दो महत्वपूर्ण कार्य लिखिए।

**10.22** न्यूक्लिओसाइड तथा न्यूक्लीओटाइड में क्या अंतर होता है?

**10.23** DNA के दो रज्जुक समान नहीं होते, अपितु एक दूसरे के पूरक होते हैं। समझाइए।

**10.24** DNA तथा RNA में महत्वपूर्ण संरचनात्मक एवं क्रियात्मक अंतर लिखिए।

**10.25** कोशिका में पाए जाने वाले विभिन्न प्रकार के RNA कौन से हैं?

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

# कुछ अभ्यासार्थ प्रश्नों के उत्तर

## एकक 7

**7.1** (i) 2,2,4-ट्राइमेथिलपेन्टेन –3-ऑल (ii) 5-एथिलहेप्टेन –2, 4-डाइऑल

(iii) प्रोपेन –2,3-डाइऑल (iv) प्रोपेन –1,2,3,-ट्राइऑल

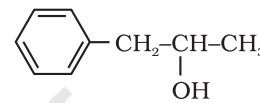
(v) 2- मेथिलफ़ीनॉल (vi) 4-मेथिलफ़ीनॉल

(vii) 2,5 – डाइमेथिलफ़ीनॉल (viii) 2,6-डाइमेथिलफ़ीनॉल

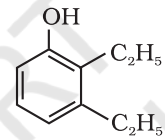
(ix) 1-मेथॉक्सी-2-मेथिलप्रोपेन (x) एथॉक्सीबेन्जीन

(xi) 1-फ़ीनॉक्सीहेप्टेन (xii) 2 –एथॉक्सीब्यूटेन

**7.2** (i) $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-CH_3$

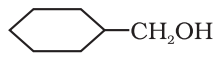
(ii) 

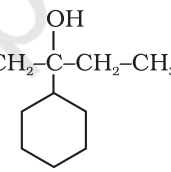
(iii) $HOCH_2-CH_2-\overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-\overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$

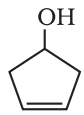
(iv) 

(v) $C_2H_5-O-CH_2-CH_2-CH_3$

(vi) $CH_3-\underset{\underset{OC_2H_5}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$

(vii) 

(viii) 

(ix) 

(x) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_2Cl}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-OH$

**7.3** (क) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$, पेन्टेन-1-ऑल

(ख) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-OH$, 2-मेथिलब्यूटेन-1-ऑल

(ग) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2OH$, 2,2-डाइमेथिलप्रोपेन-1-ऑल

(घ) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$, पेन्टेन-3-ऑल

(ङ) $CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$, पेन्टेन-2-ऑल

(च) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$, 3-मेथिलब्यूटेन-2-ऑल

© NCERT not to be republished

(छ) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-OH$, 2-मेथिलब्यूटेन-2-ऑल

(ज) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CH_2OH$, 3-मेथिलब्यूटेन-1-ऑल

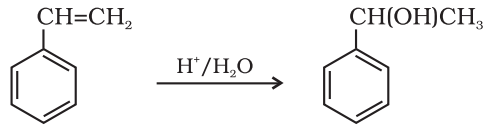
**7.4** प्रोपेनॉल में हाइड्रोजन आबंधन

**7.5** जल एवं ऐल्कोहॉल अणुओं के बीच आबंधन।

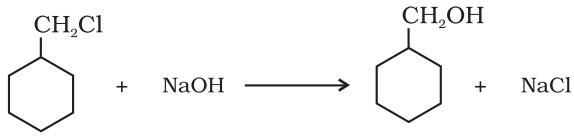
**7.8** o-नाइट्रोफ़ीनॉल अंतराआण्विक हाइड्रोजन आबंधन के कारण भाप में वाष्पशील है।

**7.12** **संकेत:** सल्फोनेशन के पश्चात नाभिकरागी प्रतिस्थापन करें।

**7.13** (i)




(ii)




(iii) $CH_3(CH_2)_4Cl + NaOH \longrightarrow CH_3(CH_2)_4OH + NaCl$

**7.14** (i) सोडियम तथा (ii) सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ अभिक्रिया

**7.15** नाइट्रो समूह की इलेक्ट्रॉन खींचने की प्रवृत्ति और मेथॉक्सी समूह की इलेक्ट्रॉन विमोचक प्रवृत्ति के कारण

**7.20** (i) प्रोपीन का जलयोजन

(ii) बेन्जिल क्लोराइड के –Cl का तनु NaOH के उपयोग द्वारा नाभिकरागी प्रतिस्थापन

(iii) $C_2H_5MgBr + HCHO \rightarrow C_2H_5CH_2OMgBr \xrightarrow{H_2O} C_2H_5CH_2OH$

(iv) $CH_3MgBr + CH_3COCH_3 \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-OMgBr \xrightarrow{H_2O} CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-OH$

**7.23** (i) 1-एथॉक्सी-2-मेथिलप्रोपेन

(ii) 2-क्लोरो-1-मेथॉक्सीएथेन

(iii) 4-नाइट्रोऐनिसॉल

(iv) 1-मेथाक्सीप्रोपेन

(v) 1-एथाक्सी-4,4-डाइमेथिलसाइक्लोहेक्सेन

(vi) एथॉक्सीबेन्जीन

## एकक 8

**8.2** (i) 4-मेथिलपेन्टेनैल

(ii) 6-क्लोरो-4-एथिलहेक्सेन-3-ओन

(iii) ब्यूट-2-इनैल

(iv) पेन्टेन-2,4-डाइओन

(v) 3,3,5-ट्राइमेथिलहेक्सेन-2-ओन

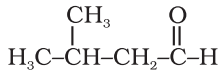
(vi) 3,3-डाइमेथिलब्यूटेनॉइक अम्ल

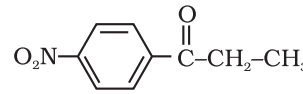
(vii) बेन्जीन –1,4-डाइकार्बेल्डिहाइड

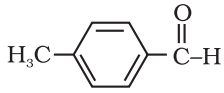
© NCERT not to be republished

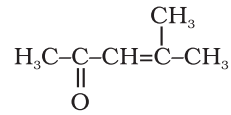


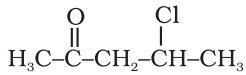
Reprint 2025-26

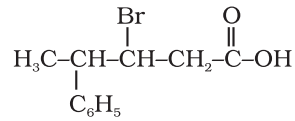
**8.3** (i) 

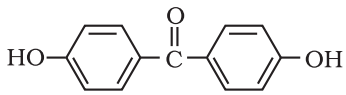
(ii) 

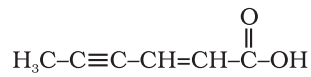
(iii) 

(iv) 

(v) 

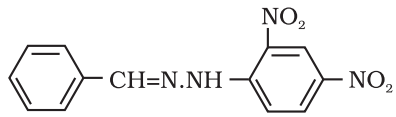
(vi) 

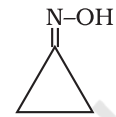
(vii) 

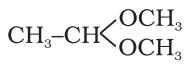
(viii) 

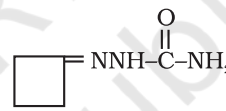
**8.4** (i) हेप्टेन-2-ओन (ii) 4-ब्रोमो-2-मेथिलहेक्सेनैल (iii) हेप्टेनैल

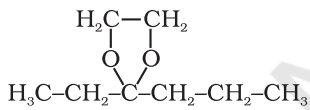
(iv) 3-फ़ेनिलप्रोप-2-ईनैल (v) साइक्लोपेन्टेनकार्बेल्डिहाइड (vi) डाइफ़ेनिलमेथेनोन

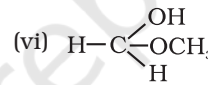
**8.5** (i) 

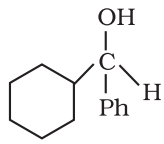
(ii) 

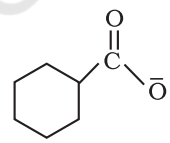
(iii) 

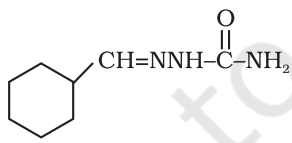
(iv) 

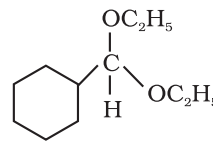
(v) 

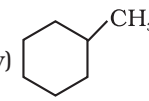
(vi) 

**8.6** (i) 

(ii) 

(iii) 

(iv) 

(v) 

**8.7** (ii), (v), (vi), (vii) – ऐल्डोल संघनन. (i), (iii), (ix) कैनिज़ारो अभिक्रिया (iv), (viii) कोई भी नहीं

**8.10** 2-एथिलबेन्जैल्डिहाइड (संरचना स्वयं लिखें)

**8.11** (क) $CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_2CH_2CH_3$, ब्यूटिल ब्यूटेनोऐट

(ख) $CH_3CH_2CH_2$ COOH (ग) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$. समीकरण स्वयं लिखें

**8.12** (i) डाइ-*तृतीयक*-ब्यूटिल कीटोन < मेथिल *तृतीयक*-ब्यूटिल कीटोन < ऐसीटोन < एसिटैल्डिहाइड

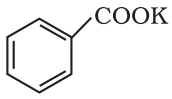
(ii) $(CH_3)_2CHCOOH$ < $CH_3CH_2CH_2COOH$ < $CH_3CH(Br)CH_2COOH$ < $CH_3CH_2CH(Br)COOH$

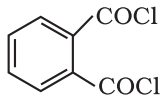
(iii) 4-मेथॉक्सीबेन्ज़ोइक अम्ल < बेन्ज़ोइक अम्ल < 4-नाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल < 3,4-डाइनाइट्रोबेन्ज़ोइक अम्ल

© NCERT not to be republished



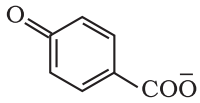
Reprint 2025-26

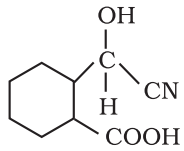
**8.17** (i) 


(ii) 


(iii) $C_6H_5CH{=}NNHC(=O)–NH_2$

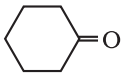
(iv) $C_6H_5COCl–AlCl_3$

(v) 

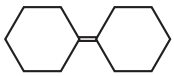

(vi) 


(vii) $C_6H_5CH{=}C(CH_3)–CHO$ + अन्य उत्पाद

(viii) $CH_3CH(OH)CH_2COOC_2H_5$

(ix) 


(x) 1. $BH_3$; 2. $H_2O_2/\bar{O}H$; 3. PCC

(xi) 

**8.19** यौगिक मेथिल कीटोन है और इसकी संरचना होगी– $CH_3COCH_2CH_2CH_3$

## एकक 9

**9.1** (i) 1-मेथिलएथिलऐमीन

(ii) प्रोपेन-1-ऐमीन

(iii) N-मेथिल-2-मेथिलएथिलऐमीन

(iv) 2-मेथिलप्रोपेन-2-ऐमीन

(v) N-मेथिलबेन्जेनेमीन या N-मेथिलऐनिलीन

(vi) N-एथिल-N-मेथिलएथेनेमीन

(vii) 3-ब्रोमोऐनिलीन या 3-ब्रोमोबेन्जेनेमीन

**9.4** (i) $C_6H_5NH_2 < C_6H_5NHCH_3 < C_2H_5NH_2 < (C_2H_5)_2NH$

(ii) $C_6H_5NH_2 < C_6H_5N(CH_3)_2 < CH_3NH_2 < (C_2H_5)_2NH$

(iii) (a) *p* -नाइट्रोऐनिलीन < ऐनिलीन < p-टॉलूडील

(b) $C_6H_5NH_2 < C_6H_5NHCH_3 < C_6H_5CH_2NH_2$

(iv) $(C_2H_5)_3N > (C_2H_5)_2NH > C_2H_5NH_2 > NH_3$

(v) $(CH_3)_2NH < C_2H_5NH_2 < C_2H_5OH$

(vi) $C_6H_5NH_2 < (C_2H_5)_2NH < C_2H_5NH_2$

© NCERT not to be republished



Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished