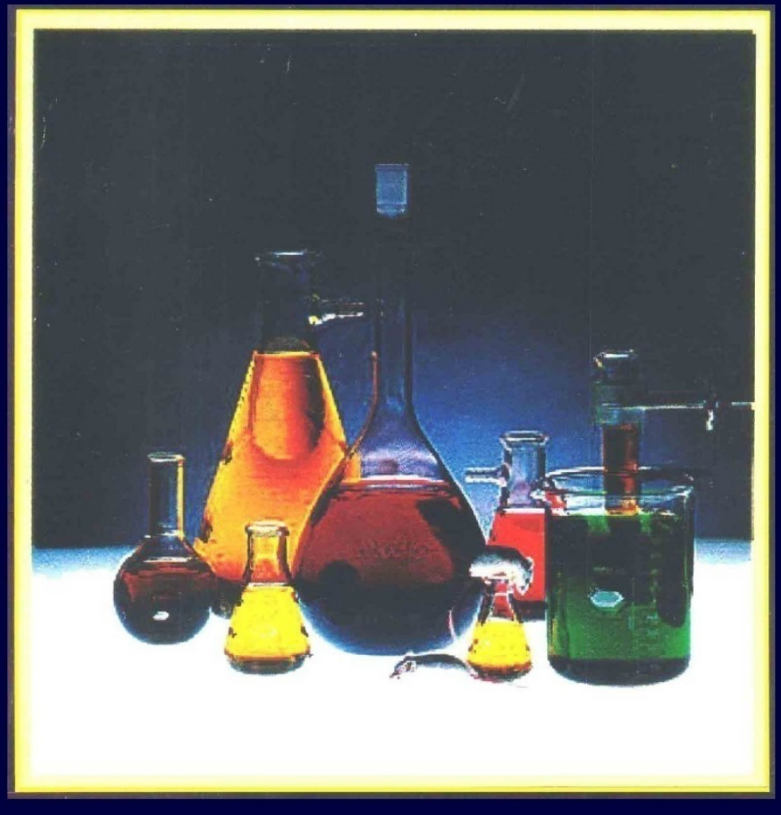
BCH

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा



रसायन विज्ञान

B.Sc. P.

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

B C H

रसायन विज्ञान

पाठ्यक्रम अभिकल्प समिति

अध्यक्ष

प्रो. (डॉ.) नरेश दाधीच

कुलपति

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा (राजस्थान)

संयोजक/ समन्वयक एवं सदस्य

संयोजक

डॉ. अशोक वर्मा

सह आचार्य, राजनीति विज्ञान

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

विषय समन्वयक

प्रो. सी. के. ओझा

निदेशक

महात्मा गाँधी इंस्टीच्यूट ऑफ एप्लाइड साइंसेस

सदस्य

1. **प्रो. ए. एल. भाटिया**
   प्राणि-शास्त्र विभाग
   राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर
2. **प्रो. आर. सी. शर्मा**
   रसायन विज्ञान विभाग
   अम्बेडकर विश्वविद्यालय, आगरा
3. **प्रो. पी. के. शर्मा**
   रसायन विज्ञान विभाग
   जयनारायण व्यास विश्वविद्यालय, जोधपुर
1. **प्रो. पी. एस. वर्मा**
   रसायन विज्ञान विभाग
   राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर
2. **प्रो. पी. एस. वर्मा**
   रसायन विज्ञान विभाग
   राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर
3. **प्रो. पहूप सिंह**
   रसायन विज्ञान विभाग
   राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर
4. **डॉ. के. के. शर्मा**
   रसायन विज्ञान विभाग
   सेवानिवृत उपाचार्य, अजमेर

सम्पादन एवं पाठ्यक्रम लेखन

सम्पादक

डॉ. के. के. शर्मा

सेवानिवृत उपाचार्य, अजमेर

लेखक

1. **डॉ. आर. के. उपाध्याय**
   व्याख्याता, रसायन विभाग
   राजकीय महाविद्यालय, अजमेर
2. **डॉ. अरुण पारीक**
   व्याख्याता, रसायन विभाग
   राजकीय महाविद्यालय, अजमेर
3. **डॉ. सीमा गर्ग**
   व्याख्याता, रसायन विभाग
   राजकीय महाविद्यालय, अजमेर

अकादमिक एवं प्रशासनिक व्यवस्था

प्रो. (डॉ.)नरेश दाधीच	प्रो.(डॉ.) अनाम जेटली	प्रो.(डॉ.) पी. के. शर्मा
कुलपति	निदेशक	निदेशक
वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा	**संकाय विभाग**	**पाठ्य सामग्री उत्पादन एवं वितरण विभाग**

पाठ्यक्रम उत्पादन

योगेन्द्र गोयल

सहायक उत्पादन अधिकारी

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

उत्पादन सितम्बर 2008

सर्वाधिकार सुरक्षित। इस पाठ्यक्रम का कोई भी अंश वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय कोटा की लिखित अनुमति के बिना या मिमियोग्राफी अथवा किसी अन्य साधन से पुनः प्रस्तुत करना वर्जित है। वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय के पाठ्यक्रमों के विषय में और अधिक जानकारी विश्वविद्यालय के कुलसचिव, वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, रावतभाटा रोड, कोटा से प्राप्त की जा सकती है।

कुलसचिव वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा द्वारा प्रकाशित

वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय, कोटा

रसायन विज्ञान

(ब्रिज कोर्स)

इकाई सं.	इकाई	पृष्ठ सं.
1.	रासायनिक बंध	9–27
2.	p - ब्लॉक तत्व	28–45
3.	संक्रमण तत्व	46–60
4.	कार्बन की चतु: संयोजकता	61–71
5.	कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण तथा नामकरण	72–94
6.	हाइड्रॉकार्बन	95–114
7.	कार्बनिक यौगिकों में समावयवता	115–127
8.	पदार्थ की अवस्थाएं	128–144
9.	आयनन एवं आयनिक साम्य	145–163
10.	रासायनिक विश्लेषण के सामान्य सिद्धान्त	164–174
	प्रायोगिक कार्य	
11.	अकार्बनिक लवण में ऋणायन और धनायन की पहचान	175–195
12.	कार्बनिक यौगिकों में N,S और हैलोजन तत्वों की पहचान	196–203
13.	आयनात्मक अनुमापन	204–222

प्रस्तावना

प्रस्तुत पुस्तक वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय कोटा के ब्रिज कोर्स के लिए निर्धारित अकार्बनिक रसायन के लिए अकार्बनिक रसायन के पाठ्यक्रमानुसार तैयार की गयी है।

पुस्तक में अध्ययन सामग्री को सरल और ग्राह्य भाषा में पुस्तक करने के पूर्ण प्रयास किए गए हैं जिससे विद्यार्थियों को इसे स्वयं पढ़ने और समझने में कोई कठिनाई न हो । प्रत्येक इकाई की संरचना और उद्देश्य को पाठ के प्रारम्भ में दिया गया है । इकाई के प्रत्येक मुख्य शीर्षक के पश्चात बोध प्रश्न दिये हैं जिसके विद्यार्थी स्वयं का मूल्यांकन कर सकें । इकाई के अन्त में उसका सारांश दिया गया है जिसके इकाई के महत्वपूर्ण बिन्दुओं का उल्लेख किया गया है । इसके बाद शब्दावली में कठिन पदों अथवा शब्दों की सरल व्याख्या की गई है । अन्त में बोध प्रश्नों के उत्तर एवं अभ्यासार्थ प्रश्न दिये गये है जो वार्षिक परीक्षा की तैयारी में सहायक सिद्ध होंगे।

पुस्तक लेखन में भारत सरकार द्वारा प्रकाशित वैज्ञानिक एवं तकनीकी शब्दावली का उपयोग किया गया है तथा वर्धमान महावीर खुला विश्वविद्यालय द्वारा दिया गये सभी निर्देशों को पूर्णतः समायोजन करने के प्रयास किये गये है ।

पुस्तक के आगामी संस्करण हेतु विद्यार्थी कोई सुझाव भेजना चाहें तो वह स्वागत योग्य होगा । इससे पुस्तक के सहयोग प्राप्त होगा ।

-लेखकगण

इकाई 1

रासायनिक बंध

Chemical Bond

इकाई की रूपरेखा

1.0 उद्देश्य
1.1 प्रस्तावना
1.2 रासायनिक बंध और उनके प्रकार
1.3 आयनिक बंध
1.4 सहसंयोजक बंध
1.5 उपसहसंयोजक बंध
1.6 हाइड्रोजन बंध
1.7 सारांश
1.8 शब्दावली
1.9 संदर्भ ग्रंथ
1.10 बोध प्रश्नों के उत्तर
1.11 अभ्यासार्थ प्रश्न

1.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप समझ पायेंगे -

1. रासायनिक बंध क्या है और ये कितने प्रकार के हैं ।
2. आयनिक बंध क्या है, यह किस प्रकार के परमाणुओं के मध्य पाया जाता है, यह किस प्रकार बनता है तथा यह बंध यौगिकों के गुणों को किस प्रकार प्रभावित करता है ।
3. यही तथ्य आप सहसंयोजक बंध, उपसहसंयोजक बंध और हाइड्रोजन बंध के बारे में भी जान जायेंगे ।

1.1 प्रस्तावना (Introduction)

पदार्थो का निर्माण जिन इकाइयों द्वारा होता है उन्हें परमाणु और अणु कहते हैं । तत्वों में निर्माण इकाइयां परमाणु होते हैं, जबकि यौगिकों में निर्माण इकाइयां उनके अणु होते हैं । तत्व, यौगिक और इनके मिश्रण पदार्थो के रूप में हमें प्राप्त होते हैं । पदार्थों की इकाइयां परस्पर जिन आकर्षण बलों से जुड़ी रहती हैं, उन्हें रासायनिक बंधों के नाम से जाना जाता है । इस इकाई में आप विभिन्न प्रकार के रासायनिक बंधों की जानकारी प्राप्त करेंगे तथा यह भी जानेंगे कि इन बंधों की उपस्थिति किस प्रकार पदार्थो के गुणों को प्रभावित करती है ।

1.2 रासायनिक बंध और उनके प्रकार (Chemical Bonds and their Types)

पदार्थ की सबसे छोटी इकाई परमाणु मानी गयी है । परमाणु परस्पर मिलकर अणु बनाते हैं । एक ही प्रकार के परमाणुओं के मिलने या जुड़ने से तत्व के अणु बनते हैं, जबकि विभिन्न प्रकार के परमाणुओं के जुड़ने से यौगिकों के अणु बनते हैं । उदाहरण के लिये, ऑक्सीजन के दो परमाणु जुड़ कर ऑक्सीजन का एक अणु (O_2) बनाते हैं तथा ऑक्सीजन के तीन परमाणु जुड़ कर ओजोन का एक अणु (O_3) बनाते हैं । इसी प्रकार हाइड्रोजन का एक परमाणु क्लोरीन के एक परमाणु से जुड़ कर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का एक अणु (HCL) बनाते हैं ।

अमोनिया (NH_3) के एक अणु में नाइट्रोजन के एक परमाणु से हाइड्रोजन के तीन परमाणु बंधे रहते हैं । जल (H_2O) के अणु में एक ऑक्सीजन परमाणु से दो हाइड्रोजन परमाणु जुड़े रहते हैं । परमाणुओं का परस्पर जुड़ना एक आकर्षण के कारण होता है । अत: किसी अणु में उपस्थित परमाणुओं मे परस्पर आकर्षण को रासायनिक बंध कहते हैं ।

परमाणु स्थाई होने के लिए बंध बनाते हैं । अणु में उपस्थित परमाणु , स्वतंत्र परमाणुओं की अपेक्षा अधिक स्थाई होते हैं । परमाणु जब किसी अणु का हिस्सा बनते हैं तो उनकी ऊर्जा में कमी आती हैं । ऊर्जा में यह कमी बंध ऊर्जा के रूप में उत्सर्जित होती हैं । बंध तोड़ने के लिये उतनी ही ऊर्जा अणु को बाहर से देनी होगी ।

आवर्त सारणी के तत्वों में वर्ग 18 के तत्व बहुत स्थाई हैं । इनकी रासायनिक अभिक्रियाशीलता बहुत कम होती हैं । इसीलिये ये तत्व गैसीय अवस्था में पाये जाते हैं तथा उत्कृष्ट गैसों के रूप में जाने जाते है । इन गैसों में तत्वों के परमाणु उपस्थित रहते हैं । इसका कारण इनके कक्षकों का पूर्ण भरा होना है । वैज्ञानिकों का मानना है कि सभी तत्व स्थाई होने के लिये अपनी निकटतम उत्कृष्ट गैस का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करने की प्रवृत्ति रखते है । उत्कृष्ट गैस का बाह्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास ns^2np^6 होता है । इन कक्षकों में कुल आठ इलेक्ट्रॉन होते हैं । परमाणुओं के अपने बाह्य कक्षकों में आठ इलेक्ट्रॉन प्राप्त करने की प्रवृति को अष्टक का नियम कहते हैं । परमाणु द्वारा यह इलेक्ट्रॉनों के आदान प्रदान द्वारा होता है अथवा इलेक्ट्रॉनों के सहभाजन से होता है । यह प्रक्रिया परमाणुओं को कैसे परस्पर बांधती है, यह आप विभिन्न बंधों के निर्माण द्वारा जान पायेंगे ।

रासायनिक बंध प्रमुख रूप से तीन प्रकार के होते हैं -

(1) आयनिक बंध, (2) सहसंयोजक बंध तथा (3) उप सहसंयोजक बंध

इसके अतिरिक्त आप इस इकाई में हाइड्रोजन बंध की जानकारी भी प्राप्त करेंगे ।

बोध प्रश्न :

1. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये -

(क.) ऑक्सीजन के दो परमाणु जुड़कर ऑक्सीजन का एक परमाणु बनाते हैं । (सत्य/असत्य)

(ख.) ओजोन के एक अणु में ऑक्सीजन के तीन अणु जुड़े रहते हैं । (सत्य/असत्य)

(ग.) उत्कृष्ट गैस तत्वों के सबसे बाहरी कक्षक का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $s^2 p^6$ होता है । (सत्य/असत्य)

(घ.) उत्कृष्ट गैसें बहुत कम रासायनिक अभिक्रिया वाले तत्व हैं । (सत्य/असत्य)

1.3 आयनिक बंध (Ionic Bond)

सामान्यत: धातु तलों के सबसे बाहरी कक्ष में 1,2 या 3 इलेक्ट्रॉन होते हैं तथा उससे भीतर वाले कक्ष मे 8 इलेक्ट्रॉन होते हैं । धातु तत्व अपने बाहरी कक्ष के इलेक्ट्रॉन सरलता पूर्वक त्यागने की प्रवृति रखते हैं । इन इलेक्ट्रॉनों को त्याग कर ये तत्व स्थायी संरचना वाले धनायन बनाते हैं । कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं (कोष्ठक मे तत्व का परमाणु क्रमांक तथा नीचे कक्षीय इलेक्ट्रॉनिक विन्यास दिया गया है) -

$Na \rightarrow Na^+ + e^-$

सोडियम (11) — सोडियम आयन

2, 8, 1 — 2, 8

$K \rightarrow K^+ + e^-$

पोटैशियम (19) — पोटैशियम आयन

2, 8, 8, 1 — 2, 8, 8

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

मैग्नीशियम (12) — मैग्नीशियम आयन

2, 8, 2 — 2, 8

$Ca \rightarrow Ca^{2+} + 2e$

कैल्सियम (20) — कैल्सियम आयन

2, 8, 8, 2 — 2, 8, 8

$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$

ऐलुमिनियम (13) — ऐलुमिनियम आयन

2, 8, 3 — 2, 8

इसी प्रकार अधातु तत्वों के सबसे बाहरी कक्ष में सामान्यत: 5, 6 या 7 इलेक्ट्रॉन होते हैं तथा ये तत्व क्रमश: 3, 2 या 1 इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर स्थायी संरचना प्राप्त करने की प्रवृत्ति रखते हैं । कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं -

$F + e^- \rightarrow F^-$

फलुओरीन (9) — फलुओराइड आयन

2, 7 — 2, 8

$Cl + e- \rightarrow Cl-$

क्लोरीन (17) — क्लोराइड आयन

2, 8, 7 — 2, 8, 8

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

ऑक्सीजन (8) — ऑक्साइड आयन

2, 6 — 2, 8

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

सल्फर (16) — सल्फाइड आयन

2, 8, 6 — 2, 8, 8

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

नाइट्रोजन (7) — नाइट्राइड आयन

2, 5 — 2, 8

इस प्रकार आपने देखा कि धातु परमाणु इलेक्ट्रॉन त्यागकर धनायन बनाते हैं तथा अधातु पर्माणु इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ऋणायन बनाते हैं । कोई धातु परमाणु जितने इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है, उतनी इकाई धन आवेश' का आयन बनता है । इसी प्रकार को अधातु परमाणु जितने इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है, उतनी इकाई ऋण आवेश का आयन बनता है ।

ऊपर दिये गये उदाहरणों मे आपने देखा कि एक, दो और तीन धन आवेश अथवा ऋण आवेश युक्त आयन प्राप्त हुए । आयन पर उपस्थित आवेश इकाइयाँ इस तत्व की संयोजकता कहलाती है । धन और ऋण आवेशित आयन परस्पर आकर्षित होकर बंध बनाते हैं । आयनों के जुड़ने से बना यह बंध आयनिक बंध कहलाता है । जिस आकर्षण बल द्वारा आयन परस्पर जुड़ते हैं, उसे स्थिर वैद्युत बल कहते हैं । यही कारण है कि आयनिक बंध का दूसरा नाम वैद्युत संयोजक बंध भी है ।

आयनिक बंध युक्त कुछ यौगिकों के उदाहरण यहाँ दिये जा रहे हैं ।

(1) एक संयोजी धनायन और एक संयोजी ऋणायन वाले यौगिक -

$Na^+F^-, K^+Cl^-, Na^+l^-, K^+Br^-$ अथवा NaF, KCl, Nal, KBr

(2) एक संयोजी धनायन और द्विसंयोजी ऋणायन वाले यौगिक-

सोडियम ऑक्साइड : $Na^+O^{2-}Na^+$ अथवा Na_2O

पोटैशियम सल्फाइड : K^+S^{2-} अथवा K_2S

(3) एक संयोजी धनायन और त्रिसंयोजी ऋणायन वाले यौगिक -

सोडियम नाइट्राइड : $Na^+Na^{3-}Na^+$ अथवा Na_3N

Na^+

लीथियम नाइट्राइड : $Ll^{+}N^{3-}Ll^{+}$ अथवा Ll_3N

Ll^{+}

(4) द्विसंयोजी धनायन और एक संयोजी ऋणायन वाले यौगिक -

मैग्नीशियम क्लोराइड : $Cl^{-}Mg^{2+}Cl^{-}$ अथवा $MgCl_2$

कैल्सियम फलुओराइड : $F^{-}Ca^{2+}F^{-}$ अथवा CaF_2

(5) द्विसंयोजी धनायन और एक द्विसंयोजी ऋणायन वाले यौगिक -

मैग्नीशियम ऑक्साइड : $Mg^{2+}O^{2-}$ अथवा MgO

कैल्सियम सल्फाइड : $Ca^{2+}S^{2-}$ अथवा CaS

(6) द्विसंयोजी धनायन और त्रिसंयोजी ऋणायन वाले यौगिक -

मैग्नीशियम नाइट्राइड : Mg_3N_2

कैल्सियम फॉस्फाइड : Ca_3P_2

(7) त्रिसंयोजी धनायन और एक संयोजी ऋणायन वाले यौगिक -

ऐलुमिनियम फलुओराइड : AlF_3

फैरिक क्लोराइड : $FeCl_3$

(8) त्रिंसयोगी धनायन और द्विसंयोजी ऋणायन वाले यौगिक -

ऐलुमिनियम ऑक्साइड : Al_2O_3

क्रोमियम सल्फाइड : Cr_2S_3

(9) त्रिंसयोजक धनायन और त्रिसंयोजक ऋणायन वाले यौगिक -

ऐलुमिनियम नाइट्राइड : $Al^{3+}N^{-}$ अथवा AlN

फेरिक फॉस्फेट : $FePO_4$ (Fe^{3+} और PO_4^{3-} का जुड़ना)

कुछ धनायन और बहुत से ऋणायन हैं जो एक से अधिक परमाणुओं से बने होते हैं । इन आयनों पर उपस्थित आवेश इनकी संयोजकता कहलाता है । इस प्रकार के आयन और उनसे बने आयनिक बंध युक्त कुछ यौगिकों के उदाहरण आगे सारणी 1 : 1 में दिये जा रहे हैं।

सारणी 1.1 : कुछ आयनिक यौगिक

क्रम संख्या	बहुपरमाणुक आयन	यौगिकों के कुछ उदाहरण
(1)	अमोनियम, NH_4^{+}	$NH_4Cl, (NH4)_2SO_4, (NH_4)_3PO_4, NH_4NO_3$
(2)	ऐसीटेट, CH_3COO^{-}	$CH_3COONa, Ca(CH_3COO)_2, Fe(CH_3COO)_3$
(3)	नाइट्राइट, NO_2^{-}	$NaNO_2, Ca(NO_2)_2, Al(NO_2)_3$
(4)	नाइट्रेट, NO_3^{-}	$KNO_3, Mg(NO_3)_2, Fe(NO_2)_3$
(5)	सल्फाइड, SO_3^{2-}	$Na_2SO_3, BaSO_4, Al_2(SO_3)_3$

(6)	सल्फाइड, SO_4^{2-}	$K_2SO_4, CaSO_4, Fe_2(SO_4)_3$
(7)	फॉस्फेट, PO_4^{3-}	$Na_3PO_4, Mg_3(PO_4)_2, AlPO_4$

आयनिक बंध का बनना निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है

(क) **तत्व का आयन विभव** - तत्व का आयन विभव- जितना कम होता है, तत्व के परमाणु उतनी ही सरलता से धनायन बनाते हैं ।

(ख) **तत्व की इलेक्ट्रॉन बंधुता** - आयनिक बन्ध बनाने वाले दूसरे तत्व के परमाणु की इलेक्ट्रॉन बंधुता जितनी उच्च होती है, उतनी सरलता से ऋणायन का निर्माण होता है।

(ग) **विद्युत ऋणात्मकता में अन्तर -** आयनिक बंध बनाने वाले तत्वों की विदयुत ऋणात्मकताओं मे जितना अधिक अन्तर होगा, आयनिक बंध उतना ही शक्तिशाली या सुदृढ़ होता हैं ।

(घ) **यौगिक की जालक ऊर्जा -** आयनिक यौगिक की जालक ऊर्जा का मान जितना अधिक हो, आयनिक बंध उतना ही शक्तिशाली होगा ।

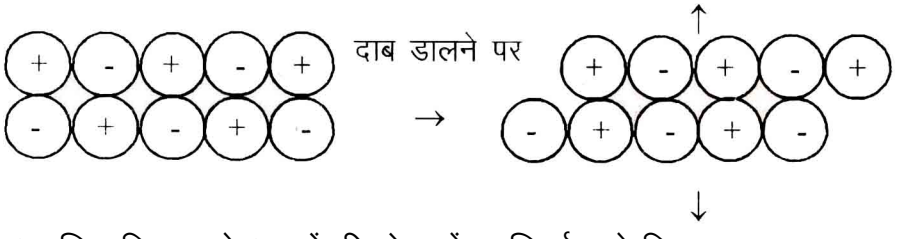
1.3.1 आयनिक यौगिकों के लक्षण

(1) **गलनांक और क्वथनांक :**आयनिक यौगिकों में उनके आयन, प्रबल स्थिर वैद्युत आकर्षण बलों द्वारा बंधे रहते है, अत: इनके आयनों को अलग करने हेतु अधिक ऊर्जा देनी होगी । यही कारण है कि आयनिक यौगिक उच्च गलनांक और क्वथनांक वाले होते हैं ।

(2) **क्रिस्टल संरचना:** आयनिक यौगिकों में उनके आयन एक निश्चित व्यवस्था अनुसार परस्पर जुड़े रहते हैं । इस व्यवस्था को क्रिस्टल जालक कहते हैं और इस प्रकार प्राप्त संरचना को क्रिस्टल कहते हैं । उदाहरण के लिये नमक (सोडियम क्लोराइड) की क्रिस्टल संरचना घनीय होती हैं ।

(3) **कठोरता:** आयनिक यौगिकों में आयनों का संकुलन घना होने के कारण ये यौगिक कठोर होते हैं ।

(4) **भंगुर प्रकृति:** आयनिक यौगिकों के क्रिस्टल पर दाब डालने अथवा चोट करने पर वे टूट जाते हैं । यह गुण आयनिक यौगिकों की भंगुर प्रकृति प्रदर्शित करता हैं । दाब से क्रिस्टल जालक में समान आवेश वाले आयन आमने - सामने आ जाते हैं और उनमें प्रतिकर्षण होने के कारण क्रिस्टल चिटक कर टूट जाता है । इस प्रक्रिया को आगे प्रदर्शित किया गया है ।



आयनिक क्रिस्टल मे आयनों की दो परतें प्रतिकर्षण से क्रिस्टल का टूटना

(5) **विलेयता :** आयनिक यौगिकों, ध्रुवीय विलायकों में प्राय: घुलनशील होते हैं । उदाहरण के लिये आयनिक यौगिक सोडियम क्लोराइड, ध्रुवीय विलायक जल में घुलनशील है । ध्रुवीय विलायक के अणु, आयनिक यौगिक के आयनों के मध्य आकर्षण बल को कम कर देते हैं जिससे यौगिक आयनों के रूप अलग होकर विलेय हो जाता है ।

(6) **वैद्युत चालकता :** आयनिक यौगिक संगलित अवस्था में अथवा जलीय विलयन के रूप मे विद्युत् धारा का संचालन करते हैं । इसका कारण है कि उक्त दोनों अवस्थाओं में यौगिक के आयन विचरण के लिये स्वतंत्र होते हैं तथा उनमें इलेक्ट्रोड डालने पर विद्युत् धारा का उनमें आसानी से संचालन हो जाता है ।

(7) **आयनिक अभिक्रियाएं:** आयनिक यौगिकों के जलीय विलयन बहुत शीघ्रता से परस्पर अभिक्रिया कर उत्पाद बनाते हैं । उदाहरण के लिये -

$$NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$$

इस अभिक्रिया को निम्न प्रकार से समझाया जा सकता है -

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

$$AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$$

$$Ag^+ + Cl^- \rightleftharpoons AgCl \text{ (सफेद अवक्षेप)}$$

$$Na^+ + NO_3^- \rightarrow NaNO_3 \text{ (जलीय विलयन में)}$$

इसी प्रकार $BaCl_2$ विलयन, Na_2SO_4 के विलयन से अभिक्रिया कर $BaSO_4$ का सफेद अवक्षेप देता है।

$$BaCl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaCl$$

अतिशीघ्र सम्पन्न होने वाली ये अभिक्रियाएं तात्क्षणिक अभिक्रियाएं कहलाती हैं ।

बोध प्रश्न -

2. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये -

(क) Mg परमाणु और Mg^{2+} आयन के सबसे बाहरी कक्ष में इलेक्ट्रॉनों की संख्या क्रमश: ..... तथा ..... होती है ।

(ख) धातु परमाणु इलेक्ट्रॉन त्याग कर ..... बनाते है, जबकि..... परमाणु इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ऋणायन बनाते हैं ।

(ग) पोटैशियम फ्लुओराइड और पोटैशियम सल्फाइड अणुओं में पौटैशियम परमाणुओं की संख्या क्रमश: ..... तथा ..... होती है ।

(घ) सोडियम सल्फेट के विलयन में बेरियम क्लोराइड का विलयन मिलने पर ..... का अवक्षेप प्राप्त होता है ।

3. निम्नलिखित आयनों में से 2, 8 कक्षीय इलेक्ट्रॉनिक विन्यास वाले आयन कोनसे है?

$$Al^{3+}, Ca^{2+}, K^+, Mg^{2+}, F^-$$

4. निम्नलिखित आयनों में से 2, 8, 8 कक्षीय इलेक्ट्रॉनिक विन्यास वाले आयन कोनसे

है ?

$K^+, S^{2-}, N^{3-}, Cl^-, Na^+$

5. निम्नलिखित यौगिकों में गलत सूत्र पहचाने और उन्हें सही करके लिखें ?

$(NH_4)_2SO_4, MgNO_3, Al_3(SO_3)_2, Ba(PO_4)_2, Na_2PO_4$

6. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये -

(क) किसी तत्व का आयनन विभव जितना अधिक होता है, वह उतनी सरलता से धनायन बनाता है । (सत्य/असत्य)

(ख) आयनिक बंध बनाने तत्वों की विद्युत ऋणात्मकताओं में अधिक अन्तर होता हैं । (सत्य/असत्य)

(ग) आयनिक यौगिकों के गलनांक सामान्यत: उच्च होते हैं । (सत्य/असत्य)

(घ) आयनिक यौगिक भंगुर प्रकृति के ठोस होते हैं । (सत्य/असत्य)

(च) सोडियम क्लोराइड के विलयन में सिल्वर नाइट्रेट का विलयन मिलाने पर सोडियम नाइट्रेट का सफेद अवक्षेप प्राप्त होता हैं । (सत्य/असत्य)

1.4 सहसंयोजक बंध (Covalent Bond)

सहसंयोजक बंध उन तत्वों के मध्य बनता हैं जिनमें इलेक्ट्रॉन त्यागने की प्रवृत्ति नहीं होती । दूसरे शब्दों में यह बंध ऋण विद्युती तत्वों अथवा कम विद्युत् ऋणात्मकता वाले तत्वों के मध्य बनता है । इस बंध के निर्माण मे आयनिक बंध की भांति इलेक्ट्रॉनों का आदान - प्रदान न होकर इलेक्ट्रॉनों की दो परमाणुओं के मध्य साझेदारी होती है । इस साझेदारी के फलस्वरूप दोनों परमाणुओं के सबसे बाहरी कक्ष में 8 इलेक्ट्रॉन स्थापित हो जाते है, जिससे दोनो परमाणु उत्कृष्ट गैस तत्वों के समान स्थाई संरचना प्राप्त करते हैं ।

सहसंयोजक बंध समान परमाणुओं के मध्य भी बनते है और असमान परमाणुओं के मध्य भी बनते हैं । इनके कुछ उदाहरण यहाँ दिये जा रहे हैं ।

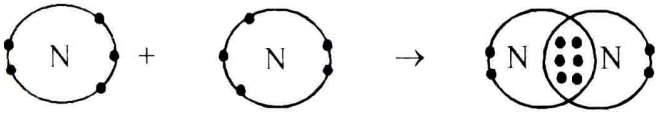
(अ) समान परमाणुओं के मध्य सहसंयोजक बंध -

इस प्रकार के बंध H_2, O_2, N_2, Cl_2, कार्बनिक यौगिकों, आदि में पाये जाते हैं । इन्हें निम्न प्रकार से दर्शाया जा सकता है (यहां इलेक्ट्रॉन को एक बिन्दु द्वारा तथा सहसंयोजक बंध को रेखा द्वारा दिखाया गया है ।)

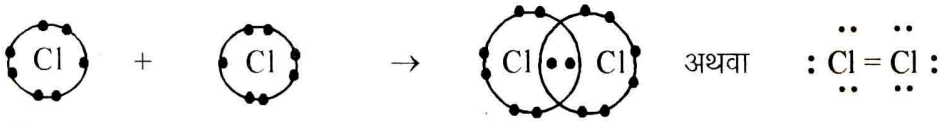
हाइड्रोजन परमाणु हाइड्रोजन अणु(H_2) एकल सहसंयोजक बंध

यहां दोनों हाइड्रोजन परमाणुओं के इलेक्ट्रॉन साझेदारी करते हैं । दो इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी से बना इलेक्ट्रॉन युग्म दोनों हाइड्रोजन परमाणुओं का साझा इलेक्ट्रॉन युग्म होता है । यह संरचना उत्कृष्ट गैस हीलियम के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास समान होती है ।

ऑक्सीजन परमाणु — आक्सीजन अणु (O_2) — सहसंयोजक द्विबंध

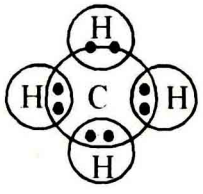


नाइट्रोजन परमाणु — नाइट्रोजन अणु (N_2) — सहयोजक निबंध

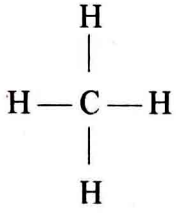


क्लोरीन परमाणु — क्लोरीन अणु (Cl_2)

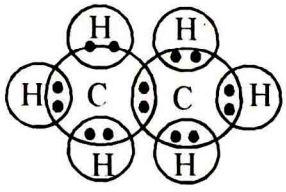
सहसंयोजक बंध युक्त कार्बनिक यौगिकों के कुछ उदाहरण निम्न प्रकार हैं -



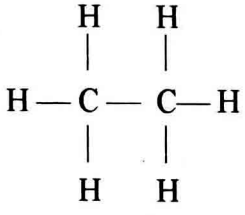
अथवा



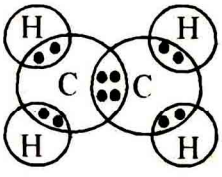
मेथेन (CH_4) — कार्बन–हाइड्रोजन सहसंयोजक एकल बंध



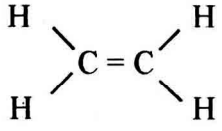
अथवा



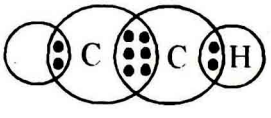
एथेन (C_2H_6) — कार्बन–कार्बन सहसंयोजक एकल बंध



अथवा



एथीन (C_2H_4) — कार्बन–कार्बन सहसंयोजक द्विबंध



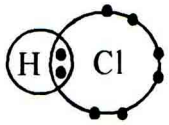
अथवा

$H - C \equiv C - H$

एथाइन (C_2H_2) — कार्बन–कार्बन सहसंयोजक त्रिबंध

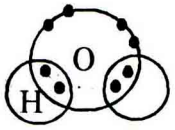
(ब) असमान परमाणुओं के मध्य सहसंयोजक बंध

इस प्रकार के बंध यौगिकों में पाये जाते हैं । ऊपर दिये गये कार्बनिक यौगिकों में कार्बन - हाइड्रोजन के मध्य बनने वाला बंध इसी प्रकार का उदाहरण है । सरल यौगिकों के कुछ और उदाहरण यहां दिये जा रहे हैं -

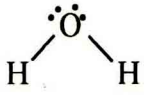


अथवा $H-Cl$

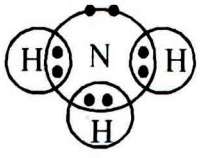
हाइड्रोजन क्लोराइड (HCl) — हाइड्रोजन और क्लोरीन के मध्य बंध



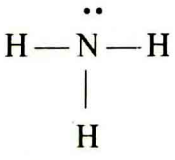
अथवा



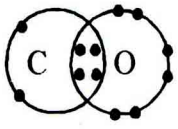
जल (H_2O) — हाइड्रोजन–ऑक्सीजन बंध



अथवा

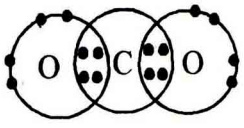


अमोनिया (NH_3) — हाइड्रोजन–नाइट्रोजन बंध



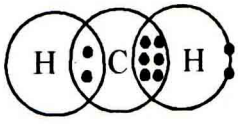
अथवा $:C=\ddot{O}:$

कार्बन मोनोक्साइड (CO) — कार्बन–ऑक्सीजन द्विबंध



अथवा $:\ddot{O}=C=\ddot{O}:$

कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) — कार्बन–ऑक्सीजन द्विबंध



अथवा $H-C\equiv N:$

हाइड्रोजन साइनाइड (HCN) — कार्बन–नाइट्रोजन त्रिबंध

1.4.1 सहसंयोजक यौगिकों के लक्षण

सहसंयोजक बंध युक्त यौगिक सहसंयोजक यौगिक कहलाते हैं । इन यौगिकों के विशिष्ट गुण या लक्षण होते हैं,जो आयनिक यौगिकों से भिन्न होते हैं । सहसंयोजक यौगिकों के कुछ लक्षण यही दिये जा रहे हैं -

(1) अवस्था: सहसंयोजक यौगिक ठोस, द्रव और गैस तीनों अवस्थाओं में पाये जाते हैं । ताप और दाब की अवस्थाओं में परिवर्तन कर इनकी एक अवस्था को दूसरी अवस्था मे आसानी से परिवर्तित किया जा सकता है । उदाहरण के लिये जल को, जो सामान्यत: द्रव अवस्था में पाया जाता है,उसका ताप कम करके उसे ठोस अवस्था (बर्फ) में तथा उसका ताप बढा कर उसे गैसीय अवस्था (जल वाष्प) में परिवर्तित किया जा सकता है । इसी प्रकार पेट्रोलियम गैस, जो एक ईंधन के रूप में काम मे ली जाती है, उसे अधिक दाब पर द्रव में परिवर्तित किया जा सकता है । यह द्रव सिलिण्डरों में भर कर उपयोग मे लाया जाता है तथा सामान्य रूप से एल.पी.जी. के नाम से जाना जाता हैं ।

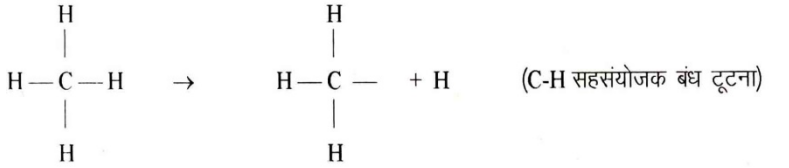
(2) गलनांक एवं क्वथनांक : सहसंयोजक बंध युक्त पदार्थो (तत्व अथवा यौगिक) के गलनांक एवं क्वथनांक आयनिक यौगिकों की तुलना मे बहुत कम होते हैं । इन यौगिकों के अणु परस्पर दुर्बल आकर्षण बलों से जुड़े रहते हैं और कम ऊर्जा देकर इन्हें अलग किया जा सकता हैं । अत: सहसंयोजक बंध युक्त पदार्थ निम्न ताप पर ही पिघल जाते हैं अथवा वाष्पित हो जाते हैं । ऐल्कोहॉल, ईथर, ऐल्डिहाइड, किटोन बेन्जीन आदि इस प्रकार के पदार्थो के उदाहरण हैं ।

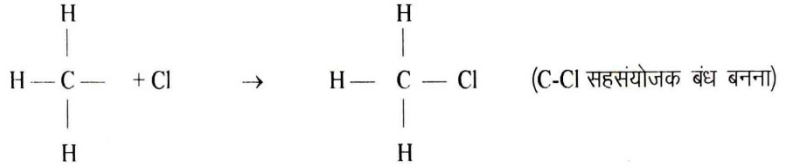
(3) विलेयता : सहसंयोजक यौगिक, सामान्यत: जल तथा अन्य ध्रुवीय विलायकों में अघुलनशील होते हैं, परंतु कार्बनिक (अध्रुवीय) विलायकों में घुल जाते हैं ।

(4) विद्युत चालकता: सहसंयोजक यौगिक आयनित नहीं होते, अत: ये पदार्थ संगलित अवस्था अथवा विलयन में विद्युत के चालक नहीं होते ।

(5) रासायनिक अभिक्रियाएं: सहसंयोजक यौगिकों की अभिक्रियाएं आयनिक न होकर आण्विक होती है । आण्विक अभिक्रियाओं में यौगिक के परमाणुओं के मध्य उपस्थित सहसंयोजक टूटते हैं और फिर अन्य परमाणुओं या परमाणु समूहों के साथ नये बंध बनते हैं । यह प्रक्रिया धीमी गति से होती है, अत: रासायनिक अभिक्रियाएं पूर्ण होने में अपेक्षाकष्ट अधिक समय लेती है ।

मेथेन की क्लोरीन से अभिक्रिया को निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जा सकता है-



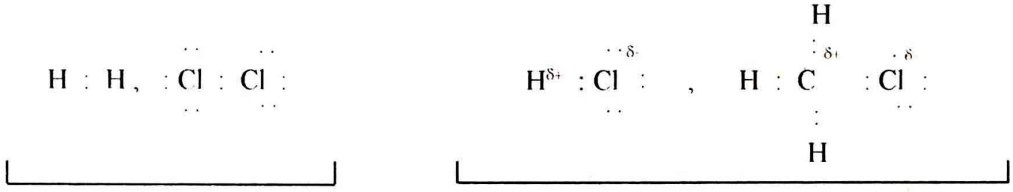


क्लोरोमेथेन

(6) दिशात्मक गुण : सहसंयोजक बंध दिशात्मक होते हैं, अत: इन बंधों से युक्त अणुओं की एक निश्चित आकृति होती है । उदाहरण के लिए Co_2 अणु की आकृति रेखीय होती है, जबकि H_2O अणु की आकृति कोणीय, NH_3 अणु की पिरैमिडी तथा CH_4 अणु की चतुष्फलकीय होती है ।

सहसंयोजक बंध का आयनिक गुण

आप जान चुके हैं कि सहसंयोजक बंध दो परमाणुओं के मध्य एक इलेक्ट्रॉन युग्म की साझेदारी से बनता है । इलेक्ट्रॉन युग्म दोनों परमाणुओं रमे प्राप्त एक - एक इलेक्ट्रॉन के सहयोग से बनता है । यदि समान परमाणुओं के इलेक्ट्रॉन साझा करते हैं तो इलेक्ट्रॉन युग्म अथवा इलेक्ट्रॉन आवेश दोनों परमाणुओं की नाभिकों के मध्य रहता है । जैसे त H_2, Cl_2, O_2, N_2 आदि में । परंतु जब असमान परमाणु इलेक्ट्रॉनों का साझा करते हैं तो उनकी विद्युत ऋणात्मकताओं में अंतर होने के कारण इलेक्ट्रॉन आवेष उस परमाणु की ओर कुछ सीमा तक स्थानांतर हो जाता हे जो परमाणु अधिक ऋण विद्युती होता है । इससे कम ऋण विद्युती परमाणु पर आंशिक धनावेश और अपेक्षाकृत अधिक ऋण बिजली परमाणु पर आंशिक ऋणावेश स्थापित हो जाता है । परिणामस्वरूप सहसंयोजक बंध में आंशिक आयनिक गुण आ जाता है । इस स्थिति में इसे ध्रुवीय सहसंयोजक बंध कहते हैं । इस कथन को निम्नलिखित उदाहरणों द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है-



सामान्य सहसंयोजक बंध युक्त अणु **ध्रुवीय सहसंयोजक बंध युक्त अणु**

पोलिंग के अनुसार यदि दोनो परमाणुओं की विद्युत् ऋणात्मकता में अंतर 1.9 है तो बंध 5 % 0आयनिक होगा । सहसंयोजक बंध की आयनिक प्रकृति मुख्य रूप से बंध बनाने वाले दोनों परमाणुओं की विद्युत ऋणात्मकताओं के अंतर पर निर्भर करेगी । इस आधार पर H-F बंध में आयनिक प्रकृति H-Cl बंध की अपेक्षा अधिक होगी ।

बोध प्रश्न :

7. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये-

(क) सहसंयोजक बंध समान परमाणुओं के मध्य भी बनता है । (सत्य/असत्य)

(ख) सहसंयोजक बंध असमान परमाणुओं के मध्य ही बनता है । (सत्य/असत्य)

(ग) सहसंयोजक बंध दिशात्मक होते है । (सत्य/असत्य)

(घ) हाइड्रोजन साइनाइड में एक एकल बंध तथा एक त्रिबंध पाया जाता है । (सत्य/असत्य)

(च) सामान्यतः सहसंयोजक यौगिक ध्रुवीय विलायकों में विलयशील होते है । (सत्य/असत्य)

(छ) सहसंयोजक यौगिक परस्पर धीमी गति से रासायनिक अभिक्रिया करते है। (सत्य/असत्य)

8.निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये -

(क) दो ऋण विद्युती तत्वों के मध्य ..... बंध बनता है ।

(ख) सहसंयोजक बंध के निर्माण में परमाणुओं के इलेक्ट्रॉन परस्पर .....करते है ।

(ग) कार्बन डाइऑक्साइड अनु की संरचना .....होती है जबकि अमोनिया के अणु की संरचना .....है ।

(घ) सहसंयोजक यौगिकों की रासायनिक अभिक्रिया ..... गति से सम्पन्न होती है ।

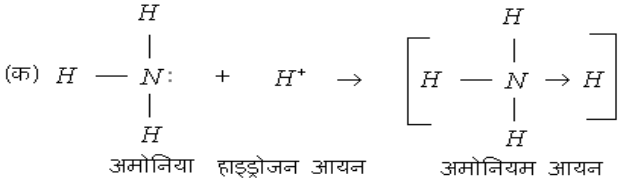
(च) HCl अणु में H परमाणु पर आंशिक …….. आवेश तथा Cl परमाणु पर आंशिक ..... आवेश होता है ।

1.5 उपसहसंयोजक बंध (Co ordinate Bond)

सहसंयोजक बंध के समान ही उपसहसंयोजक बंध के निर्माण में दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों का साझा होता है । परंतु यहां साझे का इलेक्ट्रॉन युग्म एक परमाणु द्वारा दिया जाता है । इलेक्ट्रॉन युग्म देने वाला परमाणु दाता तथा उसे ग्रहण करने वाला परमाणु ग्राही कहलाता है । उपसहसंयोजक बंध को तीर के संकेत ($\rightarrow$) द्वारा प्रदर्शित करते हैं । तीर की दिशा ग्राही परमाणु की ओर होती है ।

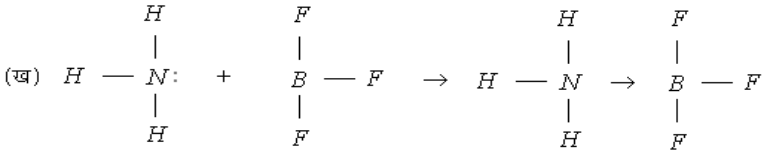
उपसहसंयोजक बंध बनने के कुछ उदाहरण यहां दिये जा रहे है-

(क)



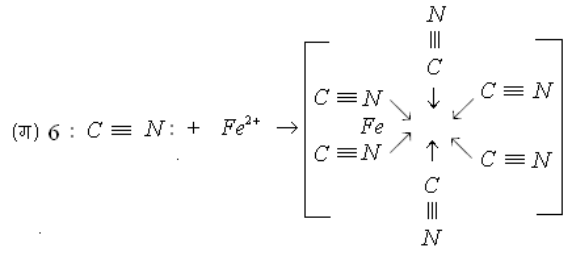
अमोनिया हाइड्रोजन आयन अमोनियम आयन

(ख)



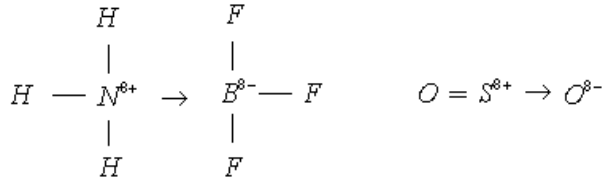
अमोनिया बोरॉन ट्राइफ्लुओराइड

(ग)



1.5.1 उपसहसंयोजक यौगिकों के लक्षण

उपसहसंयोजक बंध के निर्माण में एक परमाणु द्वारा दिये गये इलेक्ट्रॉन युग्म की दो परमाणुओं के मध्य साझेदारी होती है । इलेक्ट्रॉन आवेश एक परमाणु से कम होकर दूसरे परमाणु पर चढ़ जाता है । इस कारण इन परमाणुओं पर आंशिक धनावेश तथा आंशिक ऋणावेश स्थापित हो जाता है, जैसा कि निम्नलिखित उदाहरणों में दिखाया गया है ।



अत: यौगिक की प्रकृति कुछ सीमा तक आयनिक हो जाती है । उपसहसंयोजक बंध बनने के बाद मुख्य रूप से सहसंयोजक बंध जैसा ही व्यवहार करता है, अत: यौगिक की प्रकृति सहसंयोजक यौगिकों जैसी बनी रहती है । अत: इन यौगिकों के अधिकांश लक्षण, सहसंयोजक यौगिकों के लक्षणों समान ही होते हैं । एक अणु या आयन में उपस्थित उपसहसंयोजक बंध पर्याप्त स्थाई होता है, जैसे $SO_2, SO_3, SO_4^{\ 2}, [Fe(CN)_6]^{4-}$, आदि में । परन्तु दो स्वतंत्र अणुओं को जोड़ने वाला उपसहसंयोजक बंध (जैसे $NH_3 \rightarrow BF_3$) कम स्थाई होता है और इससे प्राप्त यौगिक भी कम स्थाई होते हैं ।

बोध प्रश्न -

9.निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताये-

(क) अमोनियम आयन में तीन $N-H$ सहसंयोजक बंध तथा एक $N \rightarrow H$ उपसहसंयोजक बंध होता है । (सत्य/असत्य)

(ख) सहसंयोजक बंध निर्माण में डाटा परमाणु पर आंशिक धनावेश तथा ग्राही परमाणु पर आंशिक ऋणावेश स्थापित हो जाता है । (सत्य/असत्य)

(ग) $H_3N \rightarrow BF_3$ यौगिक में उपसहसंयोजक बंध बनने के पश्चात N **और** B **परमाणुओं के बाहरी कक्ष में 8 इलेक्ट्रॉन स्थापित हो जाते है ।** (सत्य/असत्य)

(घ) SO_3 **अनु में सल्फर परमाणु दोनों ऑक्सीजन परमाणुओं से उपसहसंयोजक बंध द्वारा जुड़ा रहता है ।** (सत्य/असत्य)

10. निम्नलिखित में उपसहसंयोजक बंध युक्त कौन से यौगिक अथवा आयन है ?

$H_2O, NH_3, NH_4^+, SO_4^-, BF_3, CCl_4$

1.6 हाइड्रोजन बंध (Hydrogen bond)

आप इस इकाई में सहसंयोजक बंध के आयनिक गुण के बारे में पढ़ चुके हैं । हाइड्रोजन जब अपने से अधिक का ऋण विधुती तत्व के साथ सहसंयोजक बंध बनाता है तो उस पर आशिक धनावेश स्थापित हो जाता है । इस आंशिक धनावेश के कारण H -परमाणु उसी यौगिक या अन्य यौगिक के ऋण विद्युती तत्व की ओर आकर्षित होकर एक बंध बनाता है । इस बंध के निर्माण मे H -परमाणु दो ऋण विद्युती परमाणुओं (जैसे F, Cl आदि) के मध्य सेतु का कार्य करता है, अत: इसे हाइड्रोजन बंध कहते हैं । उदाहरण के लिए HF यौगिक में हाइड्रोजन बंध निम्न प्रकार बनता है -

$$H^+ - F^{\delta-} - - - H^{\delta+} - H^{\delta+} - F^{\delta-} - - -$$

इसी प्रकार जल के अणुओं में भी हाइड्रोजन बंध पाया जाता है -

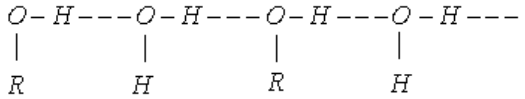
$$\begin{array}{ccccccc} - - - O^{\delta-} & - & H^{\delta+} & - - - O^{\delta-} & - & H^{\delta+} & - - - O^{\delta-} - H^{\delta+} - - - \\ | & & & | & & & | \\ H^{\delta+} & & & H^{\delta+} & & & H^{\delta+} \end{array}$$

हाइड्रोजन बंध दो प्रकार के होते हैं, अंतरा - अणुक हाइड्रोजन बंध और अन्त: अणुक हाइड्रोजन बंध ।

1. **अंतरा -अणुक हाइड्रोजन बंध :** यह बंध एक ही प्रकार के अणुओं के मध्य बनता है जैसा ऊपर HF और H_2O के उदाहरणों द्वारा दर्शाया गया है तथा विभिन्न प्रकार के अणुओं के मध्य भी स्थापित होता है, जैसे– HF और H_2O अणुओं के मध्य ।

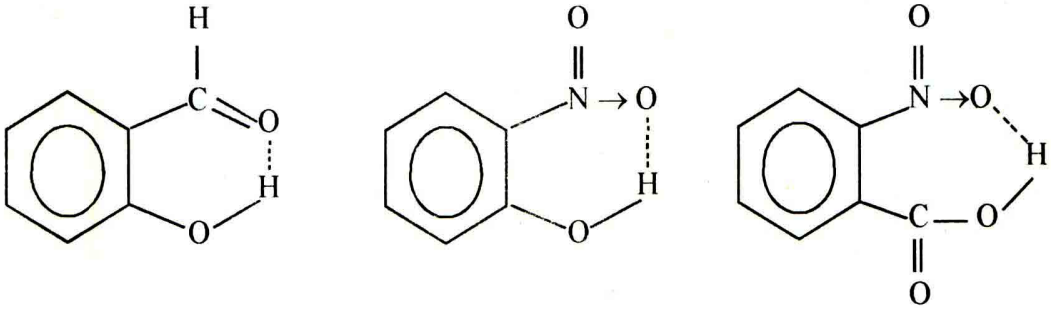
$$\begin{array}{ccccccccc} H^{\delta+} - - F^{\delta-} & - - - & O^{\delta-} & - & H^{\delta+} & - - - & F^{\delta-} & - & H^{\delta+} - O^{\delta+} - H^{\delta+} - - - \\ & & | & & & & & & | \\ & & H^{\delta+} & & & & & & H^{\delta+} \end{array}$$

इसी प्रकार जल और ऐल्कोहॉल के मध्य भी अंतरा - अणुक हाइड्रोजन बंध बनता है ।



इसी कारण HF और ऐल्कोहॉल जल में किसी भी सीमा तक विलेय हो जाते हैं ।

2. अन्त: अणुक हाइड्रोजन बंध : यह बंध एक ही अणु के परमाणुओं के मध्य बनता है । यह बंध प्राय: कार्बनिक यौगिकों में पाया जाता है । कुछ उदाहरण निम्न प्रकार हैं -

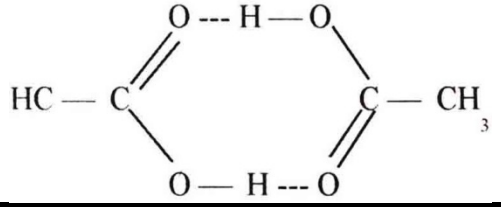


1.6.1 हाइड्रोजन बंध का यौगिकों के गुणों पर प्रभाव

ऊपर दिये गये दो प्रकार के हाइड्रोजन बंध की यौगिकों में उपस्थिति परस्पर विपरीत प्रभाव डालती है । कुछ प्रमुख गुणों के प्रभाव को आप यहां जानेंगे ।

1. **गलनांक और क्वथनांक अंतरा** : अणुक -हाइड्रोजन बंध युक्त यौगिकों के अणु परस्पर बंधे रहते हैं, अत: इनके गलनांक और क्वथनांक उच्च होते हैं । उदाहरण के लिये HF का क्वथनांक HCl, HBr अथवा HI की अपेक्षा अधिक होता है । इसी प्रकार H_2O एक द्रव है जबकि H_2S एक गैस है । अंत: अणुक हाइड्रोजन बंध की यौगिकों में उपस्थिति उनके गलनांक और क्वथनांक को कम करती है । उदाहरण के O- नाइट्रोबेजोइक अम्ल (अंत: अणुक हाइड्रोजन बंध युक्त) का गलनांक 147°C है जबकि p - नाइट्रोबेनोइक अम्ल का क्वथनांक 242°C है ।
2. **विलेयता:** सहसंयोजक यौगिक सामान्यत: जल में अविलेय होते हैं, परंतु अंतरा-अणुक हाइड्रोजन बंध के कारण ऐल्कोहॉल, अम्ल, ग्लूकोस, शर्करा आदि जल में विलेय होते हैं । दैनिक जीवन में काम आने वाले डिटरजेंट भी जल में विलेय होकर कपड़ों की सफाई करते हैं, क्योंकि इनमें उपस्थित $O-H$ समूह जल के अणुओं से हाइड्रोजन बंध बनाते हैं ।
3. **जल की ठोस अवस्था में घनत्व का कम होना:** जल जब ठंडा होकर बर्फ बनाता है तो उसका घनत्व द्रव जल से कम हो जाता है और बर्फ हल्की होने से जल पर तैरती है । इसका कारण बर्फ की चतुष्फलकीय संरचना में हाइड्रोजन बंधों की उपस्थिति है जो आयतन मैं वृद्धि करती है । परिणामस्वरूप ठोस बर्फ का घनत्व कम हो जाता है ।
4. **अणुभार में वृद्धि:** कुछ यौगिकों का प्रायोगिक अणुभार उनके सैद्धांतिक अणुभार से अधिक पाया जाता है । इसका कारण हाइड्रोजन बंध भी हो सकता है । उदाहरण के लिए ऐसीटिक अम्ल का प्रायोगिक अणुभार 120 आता है जबकि उसका सैद्धांतिक अणुभार 60 है । दुगने प्रायोगिक अणुभार का कारण हाइड्रोजन बंध है, जिसके कारण

अम्ल के अणु द्विलक संरचना के रूप में यौगिक में उपस्थित रहते हैं । द्विलक संरचना को निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जा सकता है -



बोध प्रश्न -

11. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये -

(क) हाइड्रोजन बंध में, हाइड्रोजन परमाणु दो ऋण विद्युती तत्वों के मध्य सेतु के रूप में पाया जाता है । (सत्य/असत्य)

(ख) अंतरा-अणुक हाइड्रोजन बंध एक ही अणु के परमाणुओं के मध्य बनता है। (सत्य/असत्य)

(ग) *O*- नाइट्रोबेंजोइक अम्ल में अंतः अणुक हाइड्रोजन बंध पाया जाता है । (सत्य/असत्य)

(घ) ऐसीटिक अम्ल का सैद्धांतिक अणु भार उसके प्रायोगिक अणु भार का दुगना होता है । (सत्य/असत्य)

1.7 सारांश (Summary)

- परमाणुओं के मध्य आकर्षण बल उसके मध्य बंध बनाकर उन्हें जोड़ता है ।
- परमाणुओं के मध्य तीन प्रकार के बंध बनते हैं - आयनिक बंध, सहसंयोजक बंध तथा उपसहसंयोजक बंध । इनके अतिरिक्त हाइड्रोजन बंध भी परमाणुओं और अणुओं को जोड़ते हैं ।
- आयनिक बंध के निर्माण में तत्वों के परमाणु इलेक्ट्रॉन त्याग कर तथा ग्रहण कर क्रमश: धनायन तथा ऋणायन बनाते हैं । ये आयन परस्पर जुड़कर आयनिक बंध बनाते हैं ।
- आयनिक बंध कम ऋण विद्युती और अधिक ऋण विद्युती तत्वों के परमाणुओं के मध्य बनते हैं ।
- आयनिक बंध युक्त यौगिक ठोस क्रिस्टलीय भंगुर, जल में सामान्यत: विलेय तथा उच्च गलनांक वाले होते हैं । ये संगलित अवस्था अथवा जलीय विलयन में विद्युत् के सुचालक होते हैं । आयनिक यौगिकों की अभिक्रियाएं शीघ्र सम्पन्न होती हैं ।
- सहसंयोजक बंध परमाणुओं द्वारा इलेक्ट्रॉन का साझा करने पर बनता है । किसी तत्व के परमाणु अथवा भिन्न तत्वों के परमाणु एक - एक इलेक्ट्रॉन की साझेदारी से एक इलेक्ट्रॉन युग्म बनाते हैं । यह इलेक्ट्रॉन युग्म दोनों परमाणुओं का भाग होता है तथा सहसंयोजक बंध के रूप में अणु में उपस्थित रहता है ।

- तत्वों की भिन्न विद्युत् ऋणात्मकता के कारण सहसंयोजक बंध में ध्रुवीय गुण आ जाते हैं ।
- सहसंयोजक बंध वाले यौगिक नरम ठोस, द्रव या गैस अवस्था में पाये जाते हैं । ये जल में कम विलयशील, कम गलनांक और क्वथनांक वाले होते हैं । इन यौगिकों की अभिक्रियाएं धीमी गति से सम्पन्न होती है । सहसंयोजक बंधों में दिशात्मक गुण होने के कारण सहसंयोजक यौगिकों के अणु विशिष्ट आकृति वाले होते हैं ।
- सहसंयोजक बंध बनाने वाले तत्वों की विद्युत ऋणात्मकता में अंतर होने के कारण इनमें ध्रुवीय गुण आ जाते है, अर्थात् इनमें कुछ आयनिक लक्षण उत्पन्न हो जाते हैं ।
- हाइड्रोजन बंध में हाइड्रोजन परमाणु दो ऋण विद्युती तत्वों के मध्य सेतु के रूप में उपस्थित रहकर बंध बनाता है ।
- हाइड्रोजन बंध दो प्रकार के होते हैं - अंतरा-अणुक हाइड्रोजन बंध तथा अन्त: अणुक हाइड्रोजन बंध ।
- हाइड्रोजन बंध का प्रभाव यौगिकों के गुणों पर पड़ता है ।

1.8 शब्दावली (Glossary)

- **आयनन विभव -** तत्व के परमाणु से सबसे ढीला बंधा इलेक्ट्रॉन हटाने के लिये आवश्यक ऊर्जा तत्व का आयनन विभव कहलाता है ।
- **इलेक्ट्रॉन बंधुता-**तत्व के परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन जोड़ने पर उत्सर्जित ऊर्जा तत्व की इलेक्ट्रॉन बंधुता कहलाती है ।
- **विद्युत ऋणात्मकता -** सहसंयोजक बंध से जुड़े किसी तत्व के परमाणु की बंध युग्म को अपनी ओर आकर्षित करने के क्षमता उस तत्व की विद्युत ऋणात्मकता कहलाती है ।
- **जालक ऊर्जा-** गैसीय धनायनों और ऋणायनों द्वारा यौगिक के जालक निर्माण में निकलने वाली ऊर्जा को जालक ऊर्जा कहते हैं ।

1.9 संदर्भ ग्रंथ (References)

1. Inorganic Chemistry - Goel Publishing House, Meerut
2. रसायन विज्ञान कक्षा 11- भाग 1, - माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान
3. रसायन विज्ञान भाग 1 (कक्षा 11) - राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद, नई दिल्ली ।
4. Inorganic Chemistry - S.Chand and Company, New Delhi

1.10 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers of intext Question)

1. (क) असत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (घ) सत्य
2. (क) 2, 8 (ख) धनायन, अधातु (ग) 1, 2 (घ) बेरियम सल्फेट
3. Al^{3+}, Mg^{2+} तथा F^-

4. $K+, S2-$, तथा Cl^-
5. $MgNO_3$ गलत है, सही सूत्र $Mg\left(NO_3\right)_2$ है ।
   Na_2PO_4 गलत है, सही सूत्र Na_3PO_4 है ।
6. (क) असत्य (ख) सत्य (ग) सत्य (घ) सत्य (च) असत्य
7. (क) सत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (घ) सत्य (च) असत्य (छ) सत्य
8. (क) सहसंयोजक (ख) साझा (ग) रेखीय, पिरैमिडी (घ) धीमी (च) धन, ऋण
9. (क) सत्य (ख) सत्य (ग) सत्य (घ) असत्य
10. NH_4^+, SO_4^{2-}
11. (क) सत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (घ) असत्य

1.11 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question)

1. रासायनिक बंध कितने प्रकार के होते हैं ?
2. आयनिक बंध कैसे बनता है ? उदाहरण देकर समझाइये ।
3. CaS तथा AlF_3 के मध्य आयनिक बंध बनने की प्रक्रिया समझाइये ।
4. आयनिक बंध का बनना मुख्य रूप से किन कारकों पर निर्भर करता है ? इनका संक्षिप्त उल्लेख कीजिये !
5. आयनिक यौगिकों के सामान्य लक्षणों का संक्षिप्त वर्णन कीजिये ।
6. आयनिक क्रिस्टलीय ठोस भंगुर प्रकृति के क्यों होते हैं ?
7. सहसंयोजक बंध किस प्रकार के तत्वों के मध्य बनता है ? एक उदाहरण लेकर इस बंध का बनना समझाइये ।
8. सहसंयोजक यौगिकों के सामान्य लक्षणों का संक्षिप्त वर्णन कीजिये ।
9. कुछ सहसंयोजक बंधों मे आशिक आयनिक गुण क्यों पाये जाते है ?
10. उपसहसंयोजक बंध, सहसंयोजक बंध से किस प्रकार भिन्न हैं तथा यह किन परिस्थितियों में बनता है ।
11. कुछ उपसहसंयोजक अणुओं एवं आयनों की संरचना देकर उनमें उपसहसंयोजक बंध दर्शाइये ।
12. हाइड्रोजन बंध क्या हैं ? यह कितने प्रकार के होते हैं ? प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिये।
13. हाइड्रोजन बंध की उपस्थिति से यौगिकों के गुण किस प्रकार प्रभावित होते हैं ? संक्षिप्त वर्णन कीजिये ।
14. ऐसीटिक अम्ल का प्रायोगिक अणु भार, उसके सैद्धांतिक अणुभार से दुगना क्यों होता है? स्पष्ट कीजिए ।

इकाई 2

p-ब्लॉक तत्व

p-Block Elements

इकाई की रूप रेखा

2.0 उद्देश्य
2.1 प्रस्तावना
2.2 p-ब्लॉक तत्वों का आवर्त सारणी में स्थान
2.3 बोरॉन का रसायन
2.4 सिलिकेट और सिलिकॉन
2.5 हैलोजेन तत्वों के सामान्य गुण
2.6 विरंजक चूर्ण
2.7 उत्कृष्ट गैसों की अभिक्रियाशीलता
2.8 सारांश
2.9 शब्दावली
2.10 संदर्भ ग्रंथ
2.11 बोध प्रश्नों के उत्तर
2.12 अभ्यासार्थ प्रश्न

2.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप समझ पायेंगे-

- p-ब्लॉक तत्व कौन से हैं तथा इनकी आवर्त सारणी में क्या स्थिति है ।
- समूह 13 के सामान्य गुण लेकर उनकी आवर्तित को जानेंगे ।
- ऐलुमिनियम धातु उसके अयस्क से कैसे प्राप्त करते हैं ।
- सिलिकॉन के महत्वपूर्ण यौगिक-सिलिकेट और सिलिकॉन ।
- हैलोजेन तत्वों के सामान्य गुण क्या हैं ।
- विरंजक चूर्ण क्या है, इसका निर्माण कैसे किया जाता है तथा इसका उपयोग क्या है ।
- उत्कृष्ट गैसों की अभिक्रियाशीलता बहुत कम होने पर वे किस प्रकार कुछ यौगिक बनाती हैं ।

2.1 प्रस्तावना (Introduction)

आवर्त सारणी के s-ब्लॉक के तत्व सक्रिय धातु है । उसके बाद आने वाले d-ब्लॉक के तत्व मुख्य रूप से संक्रमण धातु है । परन्तु p-ब्लॉक, जो d-ब्लॉक के बाद आवर्त सारणी के दांयी ओर है, में धातु, अधातु एवं उपधातु तीनों प्रकार के तत्व पायें जाते हैं । इसमें

ऐलुमिनियम, टिन जैसे धातु है तो दूसरी ओर ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, सल्फर, हैलोजेन जैसे अधातु हैं । इस ब्लॉक के अंतिम वर्ग में उत्कृष्ट गैसें है जिनकी क्रियाशीलता बहुत कम होती है । लगभग सभी अधातु p-ब्लॉक में ही पाये जाते हैं । इस इकाई में आप कुछ p-ब्लॉक तत्वों का अध्ययन करेंगे ।

2.2 p-ब्लॉक तत्वों का आवर्त सारणी में स्थान (Position of p-block elements in the periodic table)

p-ब्लॉक तत्वों के सबसे बाहरी कोष का सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास ns^2np^{1-6} है । अर्थात् अंतिम p- कक्षकों में छः इलेक्ट्रॉन उत्तरोत्तर भरने से p-ब्लॉक तत्व बनते हैं । इस प्रकार प्राप्त छः वर्गो की स्थिति आवर्त सारणी में दायें सिरे पर होती है । ये छः वर्ग 13 से 18 है । हीलियम, जिसका इलेक्ट्रॉनिक ls^2 है, को p-ब्लॉक के 18 वें वर्ग में रखा गया है । p-ब्लॉक तत्वों के संकेत तथा परमाणु क्रमांक आगे सारणी 2.1 में दिये जा रहे है -

वर्ग →	13	14	15	16	17	18
आवर्त ↓ 1						$_2He$
2	$_5B$	$_6C$	$_7N$	$_8O$	$_9F$	$_{10}Ne$
3	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
4	$_{31}Ga$	$_{32}Ge$	$_{33}As$	$_{43}Se$	$_{35}Br$	$_{36}Kr$
5	$_{49}In$	$_{50}Sn$	$_{51}Sb$	$_{52}Te$	$_{53}I$	$_{54}Xe$
6	$_{81}TI$	$_{82}Pb$	$_{83}Bi$	$_{84}Po$	$_{85}At$	$_{86}Rn$

वर्ग 17 के तत्व हैलोजेन कहलाते है । वर्ग 18 के तत्व उत्कृष्ट गैसें है, जिनकी रासायनिक अभिक्रियाशीलता बहुत कम होती है ।

बोध प्रश्न:

1. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये -

(क) p-ब्लॉक तत्वों का सामान्य बाह्य इलेक्ट्रोनिक विन्यास ..... है ।

(ख) आवर्त सारणी में वर्ग के तत्वों को ..... से .....p-ब्लॉक तत्व कहते हैं।

(ग) वर्ग कहलाते हैं । ..... के तत्व सामूहिक रूप से 17

(घ) p-ब्लॉक के अधिकांश तत्व हैं । .....

2.3 बोरॉन का रसायन (Chemistry of Boron)

बोरॉन प्रकृति में मुक्त अवस्था में नहीं पाया जाता । संयुक्त अवस्था में इसके बहुत से यौगिक प्रकृति में पाये जाते हैं । इसमें से प्रमुख के नाम एवं सूत्र यही दिये जा रहे है-

(i) बोरिक अम्ल, H_3BO_3 (ii) बोरैक्स या टिकल, $Na_2B_4O_7.10H_2O$

(iii) बोरोकैल्साइट, $CaB_4O_{11}.5H_2O$ (iv) कोलमैनाइट, $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$

(v) बोरेसाइट, $2Mg_3B_6O_{11}.MgCl_2$

2.3.1 बोरैक्स से बोरॉन की प्राप्ति : बोरैक्स खनिज से बोरॉन निम्न प्रक्रियाओं द्वारा प्राप्त किया जाता है-:

(क) **बोरिक एनहाइड्राइड की प्राप्ति :** बोरैक्स की सर्वप्रथम गर्म सान्द्र HCL से अभिक्रिया करवाकर बोरिक अम्ल (H_3BO_3) प्राप्त किया जाता है । इसे पृथक कर तेज गर्म करते है जिससे बोरिक एनहाइड्राइड (B_2O_3) प्राप्त होता है ।

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl \rightarrow H_2B_4O_7 + 2NaCl$$

$$H_2B_4O_7 + 5H_2O \rightarrow 4H_3BO_3$$

$$2H_3BO_3 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O \text{ (तेज गर्म करने पर)}$$

(ख) **बोरिक ऐनहाइड्राइड से बोरॉन की प्राप्ति :** बोरिक ऐनहाइड्राइड को पोटैशियम के साथ गर्म करके बोरॉन प्राप्त किया जाता है ।

$$B_2O_3 + 6K \rightarrow 2B + 3K_2O$$

इस प्रकार प्राप्त बोरॉन अक्रिस्टलीय होता है ।

मैग्नीशियम के साथ गर्म करने पर मी B_2O_3 का अपचयन बोरॉन में हो जाता है ।

$$B_2O_3 + 3Mg \rightarrow 2B + 3MgO$$

(ग) क्रिस्टलीय बोरॉन प्राप्त करने हेतु बोरॉन ट्राइब्रोमाइड और हाइड्रोजन के मिश्रण को 1500K पर टंगस्टन धातु के तन्तु पर प्रवाहित किया जाता है ।

$$2BBr_3 + 3H_2 \rightarrow 2B + 6HBr$$

2.3.2 बोरॉन के गुण :

(1) बोरॉन क्रिस्टलीय तथा अक्रिस्टलीय दोनों रूपों मे पाया जाता है । बोरॉन का क्रिस्टलीय रूप रंगहीन या भूरा होता है । अक्रिस्टलीय बोरॉन भूरे रंग का पाउडर होता है । क्रिस्टलीय तथा अक्रिस्टलीय बोरॉन के घनत्व क्रमश: 3.3 तथा 2.45 होते है ।

(2) बोरॉन का गलनांक बहुत उच्च (2573 K) होता है । इस ताप तक पहुँचने से पूर्व ही इसका अधिकांश भाग वाष्पीकृत हो जाता है ।

(3) 973K ताप पर वायु की उपस्थिति में जलकर यह ऑक्सीजन तथा नाइट्रोजन दोनों गैसों से अभिक्रिया कर ऑक्साइड और नाइट्राइड यौगिक बनाता है ।

$$4B + 3O_2 \rightarrow 2B_20_3$$

$$2B + N_2 \rightarrow 2BN$$

(4) बोरॉन एक प्रबल अपचायक है । यह सिलिका और CO_3 से अभिक्रिया कर इन्हें सिलिकॉन और कार्बन में अपचित कर देता है ।

$$3SiO_2 + 4B \rightarrow 3Si + 2B_2O_3$$
$$3CO_2 + 4B \rightarrow 3C + 2B_2O_3$$

(5) हैलोजेनों के साथ गर्म करने पर बोरॉन के ट्राइहैलाइड प्राप्त होते हैं ।

$$2B + 3Cl_2 \rightarrow 2BCl_3$$

(6) क्रिस्टलीय बोरॉन अम्लों से अभिक्रिया नहीं करता परन्तु अक्रिस्टलीय बोरॉन सान्द्र HNO_3 तथा H_2SO_4 से अभिक्रिया कर बोरिक अम्ल बनाता है-

$$B + 3HNO_3 \rightarrow H_3BO_3 + 3NO_2$$
$$2B + 3H_2SO_4 \rightarrow 2H_3BO_3 + 3SO_2$$

बोरॉन हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ अभिक्रिया नहीं करता ।

(7) संगलित अवस्था में क्षार, बोरॉन से अभिक्रिया कर बोरेट बनाते हैं

$$2B + 6KOH \rightarrow 2K_3BO_3 + 3H_2$$

(8) उच्च ताप पर बोरॉन धातुओं के साथ अभिक्रिया कर बोराइड बनाता है ।

$$3Be + 2B \rightarrow Be_3B_2$$
$$3Mg + 2B \rightarrow Mg_3B_2$$

ये बोराइड अम्लों से अभिक्रिया कर डाइबोरेन बनाते हैं ।

$$Mg_3B_2 + 6HCl \rightarrow 3MgCl_2 + B2H_6$$

2.3.3 बोरॉन के उपयोग :

(1) बोरॉन का उपयोग इस्पात को कठोर बनाने हेतु किया जाता है ।

(2) बोरोसिलिकेट के रूप मे बोरॉन का उपयोग इनेमल करने हेतु बौरा कॉच उद्योग में किया जाता है ।

(3) बोरॉन के समस्थानिक बोरॉन-10 का उपयोग नाभिकीय रिएक्टर में नियंत्रण छडों के रूप में किया जाता हैं ।

(4) बोरॉन तंतु हलके भार वाले अवयव बनाने के काम आते हैं ।

2.3.4 बोरैक्स: बोरेक्स, $Na_2B_4O_7H_2O$ **,** बोरॉन का एक महत्वपूर्ण यौगिक है । इसे सुहागा भी कहते हैं ।कोलमैनाइट खनिज को सोडियम कार्बोनेट के सांद्र विलयन के साथ उबालने पर बोरैक्स बनता है ।

$$Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 \rightarrow Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2 + 2CaCO_3$$

प्राप्त विलयन को छानकर उसका क्रिस्टलीकरण करने पर बोरेक्स के क्रिस्टल प्राप्त होते हैं ।

बोरेक्स सफेद क्रिस्टलीय ठोस होता हैं । इसका जल में विलयन क्षारीय होता है, क्योंकि जल अपघटन से दुर्बल अस्त (H_3BO_3) तथा प्रबल क्षार ($NaOH$) प्राप्त होता हैं ।

$$Na_2B_4O_7 + 7H_2O \rightarrow 4H_3BO_3 + 2NaOH$$

बोरेक्स एक बहुत उपयोगी यौगिक है । इसका उपयोग चमड़ा उद्योग, साबुन उद्योग, मोमबत्ती उद्योग, पाइरेक्स कॉच निर्माण, इनेमल करने हेतु, आदि में किया जाता हैं । धातुक्रर्म

में इसका उपयोग गालक के रूप में होता है । बोरेक्स मनका परीक्षण द्वारा इसका उपयोग धातु आयनों की पहचान हेतु जाता है ।

बोध प्रश्न :

2. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये -

(क) बोरिक अम्ल को तेज गर्म करने पर बोरॉन एनहाइड्राइड प्राप्त होता है । (सत्य/असत्य)

(ख) बोरॉन, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया नहीं करता । (सत्य/असत्य)

(ग) बोरॉन का उपयोग इस्पात को कोमल बनाने हेतु किया जाता है । (सत्य/असत्य)

(घ) बोरेक्स मनका परीक्षण से Cu^{2+} आयन की पहचान की जा सकती है । (सत्य/असत्य)

3. निम्नलिखित रासायनिक समीकरण को पूर्ण करें -

(क) $Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 \rightarrow ------ + 2NaBO_2 + 2CaCO_3$

(ख) $Na_2B_4O_7 + 7H_2O \rightarrow ------ + 2NaOH$

2.4 सिलिकेट और सिलिकॉन (Silicates and Silicon)

p-ब्लॉक के वर्ग-14 के तत्व सिलिकॉन के दो महत्वपूर्ण यौगिक सिलिकेट और सिलिकॉन हैं । इनका अध्ययन आप यहाँ करेंगे ।

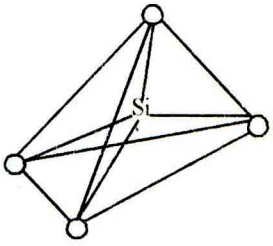
2.4.1 सिलिकेट: सिलिकॉन-ऑक्सीजन बंध युक्त जटिल यौगिक सिलिकेट कहलाते हैं । भूपटल का लगभग 26 प्रतिशत भाग सिलिकेट खनिजों द्वारा बना हुआ है । भवन निर्माण की अधिकांश सामग्री ईंट, पत्थर, सिमेन्ट कॉच, सिरैमिक्स, आदि में विभिन्न प्रकार के सिलिकेट होते हैं । कुछ महत्वपूर्ण सिलिकेट खनिज हैं-क्वार्ट्स, फेल्सपार, जिओलाइट, एस्वेस्टस, आदि ।

सिलिका **(SiO_2)** को क्षार धातु कार्बोनेट के साथ मिलाकर उच्च ताप पर गर्म करने पर सिलिकेट प्राप्त होते हैं । जैसे -

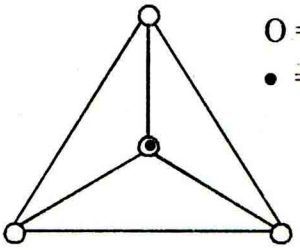
$$Na_2CO_3 \quad + \quad SiO_2 \quad \rightarrow \quad Na_2SiO_3 \quad + \quad CO_2$$

सोडियम सिलिकेट **(Na_2SiO_3)** एक पार दर्शक पदार्थ हैं । इसे जल-कोच कहते हैं, क्योंकि यह जल में विलेय होता हैं ।

अधिकांश सिलिकेट जल में अविलेय होते हैं तथा प्रकृति में खनिजों के रूप में मिलते हैं । सभी - में $Si-O$ सहसंयोजक बंध है । सिलिकन और ऑक्सीजन की विद्युत ऋणात्मकता में 1.7 का अंतर होने के कारण $Si-O$ बंध में आंशिक आयनिक गुण होते हैं । सिलिकेटों में सिलिकन और ऑक्सीजन परमाणु, $[SiO_4]^{4-}$ इकाई के रूप में रहते हैं । इस इकाई की आकृति चतुष्फलकीय होती हैं । इसे निम्न प्रकार से दिखाया जा सकता हैं-



अथवा



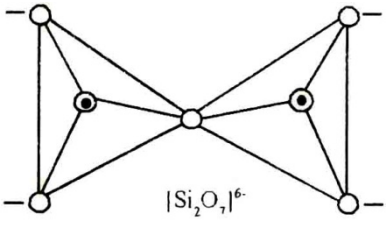
O = ऑक्सीजन
• = सिलिकन

ये इकाईयाँ परस्पर विभिन्न प्रकार से जुड़कर विभिन्न संरचना और गुणों वाले सिलिकेटों का निर्माण करती हैं ।

संरचना के आधार पर सिलिकेटों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है-

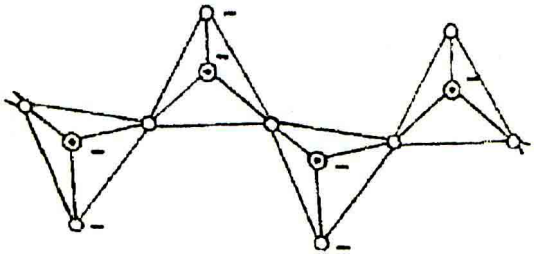
(1) **ऑर्थोसिलिकेट :** इन सिलिकेटों में $\left[SiO_4\right]^{4-}$ आयन पाये जाते है । उदाहरण के लिये- फिनेसाइट, Be_2SiO_4, जिरकॉन, $ZrSiO_4$, आदि ।

(2) **पायरोसिलिकेट :** इन सिलिकेटों में $\left[Si_2O_7\right]^{6-}$ आयन पाये जाते हैं । यहाँ दो



चतुष्फलकीय $\left[SiO_4\right]^{4-}$ आयन परस्पर एक आक्सीजन के माध्यम से जुड़े रहते है । उदाहरण के लिये- थार्ट्वीटाइट $Sc_2\left(Si_2O_7\right)$;हेमीमॉर्फाइट, $Zn_3(Si_2O_7)Zn(OH)_2H_2O$ आदि ।

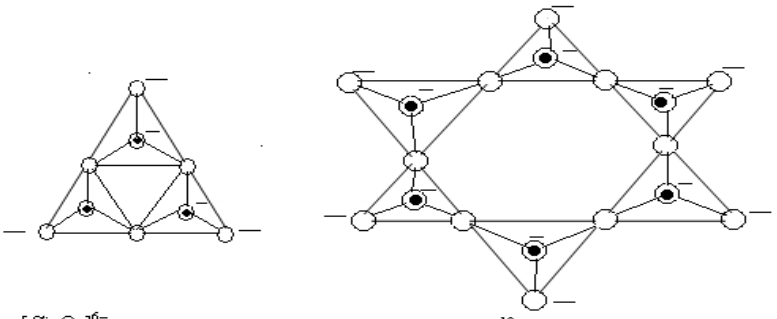
(3) **श्रृंखला सिलिकेट :** इन सिलिकेटों मे चतुष्फलकीय $\left[SiO_4\right]^{4-}$ इकाईयाँ दो



- ऑक्सीजन परमाणुओं के माध्यम से परस्पर जुड़ी रहती हैं । अत: इन सिलिकेटों में $\left[SiO_3\right]^{2-}$ प्रकार की इकाईयों का निर्माण होता हैं । इन इकाईयों वाले सिलिकेटों के उदाहरण हैं- स्पॉड्यूमीन, $LiAl(Sio_3)_2$; एंस्टेटाइट, $MgSio_3$, आदि ।

(4) **चक्रीय सिलिकेट :** इसमें भी श्रृंखला सिलिकेटों की भांति $\left[SiO_3\right]^{2-}$ इकाईयों होती हैं । इन इकाइयों का निर्माण चतुष्फलकीय, $\left[Sio_4\right]^{2-}$ इकाईयों के परस्पर दो ऑक्सीजन परमाणुओं द्वारा जुड़ने से होता हैं । इनके दो आयनों को यहाँ प्रदर्शित किया जा रहा है ।

चक्रीय सिलिकेटों के उदाहरण है-बेनीटोआइट, $BaTiSi_3O_9$; बोलैस्टोनाइट, $Ca_3Si_3O_9$; बेरिल, $+Be_3Al_2Si_6O_{18}$ आदि ।



$[Si_3O_9]^{6-}$ आयन $[Sc_6O_{18}]^{12-}$ आयन

(5) **शीट सिलिकेट या परत सिलिकेट :** इस प्रकार के सिलिकेटों में $[Si_2O_5]_n^{2n-}$ आयन उपस्थित होते हैं । इनमें चक्रीय सिलिकेटो की इकाइयाँ परस्पर जुड़कर आयनों की शीट या परत बनाती हैं । इन सलिकेटों के उदाहरण है--टैल्क $Mg_2(Si_2O_5)Mg(OH)_2$ केओलिन, $Al_2(OH_4)Si_2O_5$ आदि ।

(6) त्रिविमीय सिलिकेट : इस प्रकार के सिलिकेटों में $Si-O$ बंधो के त्रिविमीय जालक होते हैं । इनमें सिलिकेटों की मूल इकाई चतुष्फलकीय $[SiO_4]^{4-}$ इकाइयों के चारों ऑक्सीजन परमाणु निकटवर्ती $[SiO_4]^{4-}$ इकाइयों के ऑक्सीजन परमाणुओं के साथ साझा करते है । इस वर्ग के सिलिकेटों के उदाहरण है- क्वार्ट्स, जिओलाइट, आदि । जिओलाइट महत्वपूर्ण सिलिकेट हैं । आयनों के विनिमय द्वारा ये जल की कठोरता दूर करने की क्षमता रखते है, अत: कठोर जल को मृदु करने में इनका उपयोग होता है ।

2.4.2 सिलिकॉन : सिलिकन-ऑक्सीजन-सिलिकन बंध युक्त सिलिकन के कार्बनिक बहुलक सिलिकॉन कहलाते हैं । इन्हें ऑर्गेनो सिलिकन बहुलक भी कहते हैं । ये बहुत उपयोगी यौगिक हैं । ऐल्किल या ऐरिल क्लोरोसिलेन के जल अपघटन द्वारा सिलिकॉन यौगिक प्राप्त किये जाते हैं । सिलिकॉन प्राप्त करने की विधियाँ निम्नलिखित है-

(1) ट्राइऐल्किल अथवा ट्राइऐरिल क्लोरोसिलेन के जल अपघटन से द्विलक सिलिकॉन प्राप्त होते हैं ।

$$R_3SiCl + H_2O \rightarrow R_3SiOH + HCl$$

$$2R_3SiOH \rightarrow R_3Si-O-SiR_3 + H_2O$$

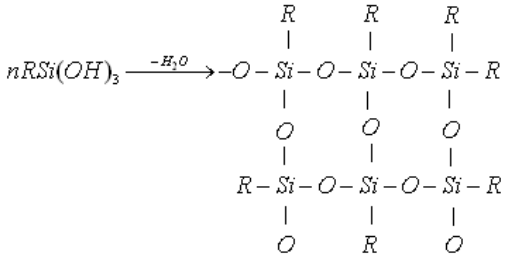
(2) डाइऐल्किल अथवा डाइऐरिल डाइक्लोरोसिलेन के जल अपघटन से श्रृंखला सिलिकॉन प्राप्त होते हैं ।

$$R_2SiCl_2 + 2h_2O \rightarrow R_3Si(OH)_2 + 2HCl$$

$$nR_2Si(OH)_2 \xrightarrow{-H_2O} -\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{Si}}-O-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{Si}}-O-\underset{\underset{R}{|}}{\overset{\overset{R}{|}}{Si}}-$$

(3) मोनो ऐल्किल अथवा मोनो ऐरिल ट्राइक्लोरोसिलेन के जल अपघटन से त्रिवियम सिलिकेट प्राप्त होते हैं ।

$$RSiCl_3 + \quad H_2O \quad \rightarrow \quad RSi(OH)_3 \quad + \quad 3HCl$$



त्रिवियम क्रासबद्ध सिलिकॉन

यहाँ **R** एक प्रकार का अथवा विभिन्न प्रकार के ऐल्किल या ऐरिल समूह हो सकते है । श्रृंखला की लम्बाई का निर्धारण भी किया जा सकता है । इस प्रकार आप एक बहुत बडी संख्या में इच्छा अनुसार विशिष्ट संरचना और विशिष्ट गुणों एवं उपयोगों वाले सिलिकेट प्राप्त कर सकते हैं ।

सिलिकॉन के उपयोग : सिलिकॉन बहुलक अपने विशिष्ट गुणों के कारण अनेक क्षेत्रों में उपयोगी सिद्ध हुए है । कुछ महत्वपूर्ण उपयोगों का उल्लेख यहाँ किया जा रहा हैं ।

(1) सिलिकॉन बहुलक जल प्रतिकर्षी गुण वाले पदार्थ हैं, अत: इनका उपयोग कागज, सूती कपड़े, आदि पदार्थों को जल प्रतिकर्षी बनाने हेतु किया जाता है । जल प्रतिकर्षी कागज या कपड़े जल का अवशोषण नहीं करते और इनमें गीले होने की प्रवृति नहीं होती । ऐसा भी कह सकते हैं कि इन पर जल पड़ने पर ये शीघ्र सूख जाते हैं ।

(2) सिलिकॉन बहुलकों का उच्च ताप पर विघटन नहीं होता अर्थात् ये उच्च ताप पर स्थाई रहते है, अत: इनका उपयोग ताप तेलकुण्ड, उच्च निवार्त पम्प आदि में किया जाता है।

(3) सिलिकॉन का उपयोग स्नेहक और ग्रीज के रूप में किया जाता है ।

(4) सिलिकॉन का उपयोग रबड़ गेस्केट बनाने में, ज्वाला प्रतिरोधी रबड़ के रूप में और शल्य चिकित्सा में भी किया जाता हैं ।

(5) सिलिकॉन अविषालु नहीं होते, अत: इनका उपयोग श्रृंगार प्रसाधनों में भी किया जाता हैं।

बोध प्रश्न :

4. निम्नलिखित कथनों मे सत्य/असत्य बताइये-

(क) सोडियम सिलिकेट एक पारदर्शक पदार्थ है । (सत्य/असत्य)

(ख) दो चतुष्फलकीय $[Sio_4]^{4-}$ इकाइयाँ एक ऑक्सीजन परमाणु के माध्यम से जुड़कर एक पायरोसिलिकेट आयन बनाती है । (सत्य/असत्य)

(ग) स्पॉड्यूमीन, $LiAl(Sio_3)_2$, चक्रीय सिलिकेट का उदाहरण हैं । (सत्य/असत्य)

(घ) ट्राइऐल्किल क्लोरोसिलेन के जल अपघटन से द्विलक सिलिकेट प्राप्त होता है । (सत्य/असत्य)

5. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये-

(क) सोडियम कार्बोनेट को सिलिका के साथ उच्च ताप पर गर्म करने पर..... प्राप्त होता है ।

(ख) बेरिल चक्रीय सिलिकेट का उदाहरण हैं जिसमें..... आयन उपस्थित रहता है।

(ग) $RSiCl_3$ का जल अपघटन कराने पर..... सिलिकॉन प्राप्त होता हैं ।

(घ) सिलिकॉन का उपयोग कागज, सूती कपड़े आदि को जल..... बनाने में किया जाता हैं ।

2.5 हैलोजेन तत्वों के सामान्य गुण (General properties of Halogen Elements)

आवर्त सारणी के दायें भाग में उपस्थित वर्ग 17 के तत्व हैलोजेन कहलाते है । हैलोजेन का अर्थ है- लवण बनाने वाले । इस वर्ग के तत्व धातुओं से अभिक्रिया कर लवण बनाते है । इन लवणों को हैलाइड कहते हैं । अधिकांश हैलाइड आयनिक प्रकृति के होते हैं ।

हैलोजेन तत्वों में फ्लुओरीन, क्लोरीन, ब्रोमीन, आयोडीन तथा ऐस्टैटीन हैं । इनमें से ऐस्टैटीन रेडियोऐक्टिव होता है । यही आप प्रथम चार हैलोजेन तत्वों का ही अध्ययन करेंगे । हैलोजेन तत्वों के भौतिक गुण यहाँ सारणी (2.2) के रूप में दिये जा रहे हैं ।

सारणी 2.2 : हैलोजेन तत्वों के भौतिक गुण

तत्व	फ्लुओरीन	क्लोरीन	ब्रोमीन	आयोडीन
संकेत	F	Cl	Br	I
रंग तथा अवस्था	पीली-गैस	हरी-पीली गैस	लाल-भूरा द्रव	बैंगनी ठोस
गैसीय अवस्था में अणु सूत्र	F_2	Cl_2	Br_2	I_2
परमाणु क्रमांक	9	17	35	53
इलेक्ट्रॉनिक विन्यास	$[He]2S^2 2p^5$	$[Ne]3s^2 3p^5$	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^5$	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^5$

घनत्व(ठोस अवस्था मे)	1.51	1.56	3.12	4.93
गलनांक(K)	53	172	266	387
क्वथनांक(K)	85	238	332	457
सहसंयोजी त्रिज्या(pm)	71	99	114	133
आयनिक त्रिज्या(pm)	133(F)	184(Cl)	196(Br)	220(I)
प्रथम आयन ऊर्जा $(KjMol^{-1})$	1680	1256	1142	1008
विद्युत ऋणात्मकता	4	3.2	3.0	2.7
इलेक्ट्रॉन बंधुता $(KjMol^{-1})$	-328	-348.8	-324.6	-295.4
वियोजन ऊष्मा $(KjMol^{-1})$	158.8	242.6	192.8	151.1

उपरोक्त सारणी में स्पष्ट है कि वर्ग में उपर से नीचे (F से I तक) जाने पर विद्युत ऋणात्मकता के अतिरिक्त सभी गुणों के मानों में वृद्धि होती है । एक और विशिष्ट अपवाद यह है कि फ्लोओरीन की इलेक्ट्रॉन बंधुता क्लोरीन की इलेक्ट्रॉन बंधुता -से कम है, जब कि सामान्य प्रवृत्ति के अनुसार इसके विपरीत होना चाहिये था । इसका कारण यह है कि फलुओरीन की त्रिज्या बहुत छोटी होती है तथा नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन घनत्व बहुत उच्च होने के कारण फ्लुओरीन परमाणु में इलेक्ट्रॉन जोड़ना ऊर्जा की दृष्टि से क्लोरीन की अपेक्षा कम अनुकूल है ।

अब आप जानेंगे कि हैलोजेन अन्य तत्वों से रासायनिक अभिक्रिया कर किस प्रकार विभिन्न यौगिक बनाते हैं ।

हैलोजेन के रासायनिक गुण

(1) **धातुओं के साथ अभिक्रिया :** अधिकांश धातुओं के साथ हैलोजेन अभिक्रिया कर उनके हैलाइड बनाते है । ये हैलाइड आयनिक प्रकृति के होते हैं ।

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$

$$Mg + F_2 \rightarrow MgF_2$$

इसी प्रकार ब्रोमीन और आयोडीन, अभिक्रिया कर क्रमश: ब्रोमाइड और आयोडाइड बनाते है ।

(2) **अधातुओं से अभिक्रिया**: हैलोजेन अधातुओं से अभिक्रिया कर सहसंयोजक हैलाइड बनाते हैं । उदाहरण के लिये,

$$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$$
$$2P + 3Cl_2 \rightarrow 2PCl_3$$
$$2S + Cl_2 \rightarrow S_2Cl_2$$
$$S + 2Cl_2 \rightarrow SCl_4$$

फोस्फोरस, क्लोरीन के आधिक्स से अभिक्रिया कर PCl_5 बनाता है ।

(3) **जल के साथ अभिक्रिया :** पलुओरीन के अतिरिक्त सभी हैलोजेन जल से अभिक्रिया कर ऑक्सीअम्ल बनाते हैं ।

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HClO$$

(4) अधातु ऑक्साइडों से अभिक्रिया :

$$CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$$

कार्बोनिल क्लोराइड(Br_2 भी यह अभिक्रिया करती है)

$$SO_2 + Cl_2 \rightarrow SO_2Cl_2$$

सल्फ्यूरिक क्लोराइड(F_2 भी यह अभिक्रिया करती है)

(5) H_2S **से अभिक्रिया :** Cl_2 और Br_2 दोनों H_2S से अभिक्रिया कर उसका ऑक्सीकरण कर देते है ।

$$H_2S + CL_2 \rightarrow 2HCL + S$$

(6) **क्षारों के साथ अभिक्रिया :** तनु और ठंडे $NaOH$ के साथ Cl_2 की निम्नलिखित अभिक्रिया होती है ।

$$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O$$

सान्द्र और गर्म $NaOH$ के साथ Cl_2 अभिक्रिया कर सोडियम क्लोराइड और सोडियम क्लोरेट बनाता है-

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

(7) **अमोनिया के साथ अभिक्रिया :** हैलोजेन अमोनिया से अभिक्रिया कर अमोनियम हैलाइड बनाते है-

$$8NH3 + 2Cl2 \rightarrow 6NH4Cl + N2$$

(8) **असंतृप्त हाइड्रोकार्बन से अभिक्रिया :** इससे संतृप्त हैलाइड प्राप्त होते है । उदाहरण के लिये-

$$C_2H_4 + Br_2 \rightarrow C_2H_4Br_2$$
$$C_2H_2 + 2Br_2 \rightarrow C_2H_2Br_4$$

(9) **हैलोजेन की परस्पर अभिक्रियाएं :** इन अभिक्रियाओं में सहयोजक प्रकृति के अन्तर हैलोजेन यौगिक बनते है । उदाहरण के लिये-

$$Cl_2 + F_2 \rightarrow 2ClF$$
$$Br_2 + 3F_2 \rightarrow 2BrF_3$$

इन अभिक्रियाओं में AB, AB_3, AB_5 तथा AB_7 प्रकार के अन्तर हैलोजेन यौगिक बनते हैं, जहाँ B की विद्युत ऋणात्मकता A की अपेक्षा अधिक होती है ।

उपरोक्त सभी अभिक्रियाओं में हैलोजेन की अभिक्रियाशीलता का क्रम निम्न प्रकार रहता हैं-

$$F > Cl > Br > I$$

अर्थात् फ्लुओरीन सबसे अधिक सक्रिय हैलोजेन हैं तथा आयोडीन सबसे कम सक्रिय हैलोजेन हैं ।

बोध प्रश्न :

6. निम्नलिखित कथनों मे सत्य/असत्य बताइये-

(क) हैलोजेन तत्वों में परमाणु क्रमांक सबसे कम होता है । (सत्य/असत्य)

(ख) ब्रोमीन का क्वथनांक, क्लोरीन के क्वथनांक से कम होता है । (सत्य/असत्य)

(ग) फोस्फोरस, क्लोरीन से अभिक्रिया कर केवल PCl_5 बनाता है । (सत्य/असत्य)

(घ) हैलोजेन तत्व परस्पर अभिक्रिया कर अन्तर हैलोजेन यौगिक बनाते हैं । (सत्य/असत्य)

7. निम्नलिखित समीकरणों में रिक्त स्तनों की पूर्ति कीजिये-

(क) $Cl_2 + H_2O \rightarrow HCL + ------$

(ख) $3Cl_2 + 6NaOH \rightarrow 5aCl + -------+ 3H2O$

(ग) $8NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow ------ N_2$

(घ) $H_2S + Cl_2 \rightarrow ------ + ------$

2.6 विरंजक चूर्ण (Bleaching)

हैलोजेन अनेक महत्वपूर्ण और उपयोगी यौगिक बनाते हैं । विरंजक चूर्ण इनमें से एक हैं । विरंजक चूर्ण का रासायनिक नाम कैल्शियम क्लोरो हाइपोक्लोराइट है तथा सूत्र $CaOCl_2$ अथवा $CaCl(OCl)_2$ होता है । विरंजक चूर्ण का निर्माण शुष्क बुझे चुने पर क्लोरीन गैस की अभिक्रिया द्वारा किया जाता है ।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \rightarrow CaCl(OCl) + H_2O$$

2.6.1 विरंजक चूर्ण के गुण :

(1) विरंजक चूर्ण हलके पीले रंग का चूर्ण होता है । इसमें क्लोरीन की गंध आती है । यह जल में अल्पविलेय होता है ।

(2) विरंजक चूर्ण धीरे-धीरे कैल्सियम क्लोराइड और कैल्सियम क्लोरेट में अपघटित होता रहता है ।

$$6CaOCl_2 \rightarrow 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2$$

इस कारण समय के साथ विरंजक चूर्ण में प्राप्य क्लोरीन की मात्रा धीरे-धीरे कम होती चली जाती है ।

(3) अम्लों से अभिक्रिया :

(क) विरंजक चूर्ण तनु H_2SO_4 की अधिक मात्रा से अभिक्रिया कर क्लोरीन गैस मुक्त करता है । क्लोरीन की यह मात्रा प्राप्य क्लोरीन या उपलब्ध क्लोरीन कहलाती है । सामान्य विरजक चूर्ण मे लगभग 35% प्राप्य क्लोरीन होती है ।

$$CaOCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2 + Cl_2$$

(ख) विरंजक चूर्ण जब तनु अम्ल की कम या अपर्याप्त मात्रा से अभिक्रिया करता है तो हाइपोक्लोरस अम्ल बनता है ।

$$2CaOCL_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaCl_2 + CaSO_4 + 2HClO$$

इस अम्ल के विघटन से नवजात ऑक्सीजन बनती है, जो ऑक्सीकारक या विरंजक का कार्य करती है तथा रंगीन पदार्थों को रंगहीन कर देती है ।

$$HCLO \rightarrow HCl + O$$

रंगीन पदार्थ + O $\rightarrow$ रंगहीन पदार्थ

(4) **कार्बन डाइऑक्साइड से अभिक्रिया** : इस अभिक्रिया मे क्लोरीन गैस मुक्त होती है ।

$$CaOCl_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + Cl_2$$

(5) ऑक्सीकारक गुण :

(i) विरंजक चूर्ण एक प्रबल ऑक्सीकारक है । यह सोडियम आर्सेनाइट को सोडियम आर्सेनेट में ऑक्सीकृत कर देता है-

$$Na_3AsO_3 + CaOCl_2 \rightarrow Na_3AsO_4 + CaCl_2$$

(ii) अम्लीय माध्यम में यह KI को आयोडीन में ऑक्सीकृत कर देता है-

$$2KI + CaOCl_2 + 2CH_3COOH \rightarrow I_2 + Ca(CH_3COO)_2 + 2KCl + H_2O$$

2.6.2 विरंजक चूर्ण के उपयोग :

(क) यह विरंजक कारक के रूप में सूत, सूती कपड़ों, ककड़ी की लुग्दी, आदि का रंग उड़ाने हेतु वस्त्र उद्योग में काम आता है ।

(ख) यह एक प्रबल रोगाणुनाशक है । इससे पेय जल को रोगाणुमुक्त किया जाता है ।

(ग) यह एक प्रबल ऑक्सीकारक है अत: पदार्थो के ऑक्सीकरण हेतु इसका उपयोग होता है।

(घ) इसका उपयोग क्लोरोफार्म बनाने में किया जाता है ।

बोध प्रश्न :

8. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये-

(क) विरंजक चूर्ण का रासायनिक नाम .....है ।

(ख) विरंजक चूर्ण जल में ..... विलय होता है ।

(ग) $CaOCl_2$ तनु अम्ल से अभिक्रिया कर नवजात .....बनाता है जिससे ऑक्सीकृत होकर रंगीन पदार्थ ..... हो जाते है ।

(घ) $CaOCl_2$ का विरंजक करक के रूप में उपयोग लकड़ी की लुग्दी का रंग उड़ाने के लिए ..... उद्योग में किया जाता है ।

2.7 उत्कृष्ट गैसों की अभिक्रियाशीलता (Reactivity of Noble Gases)

आवर्त सारणी के अन्तिम छोर पर स्थित वर्ग 18 के तत्व उत्कृष्ट गैसों के नाम से जाने जाते हैं । इनके नाम, संकेत तथा परमाणु क्रमांक निम्न प्रकार हैं-

हीलियम	निऑन	आर्गन	क्रिप्टॉन	जीनॉन	रेडॉन
He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
2	10	18	36	54	86

उत्कृष्ट गैसों के परमाणुओं के बाह्यतम कोश में हीलियम के अतिरिक्त आठ इलेक्ट्रॉन होते है । अत: इनका स्थाई इलेक्ट्रॉनिक विन्यास होता है । हीलियम में उसके कोश में दो इलेक्ट्रॉन (Is^2) के साथ उसका विन्यास भी स्थाई होता हैं । स्थाई विन्यास वाले इन तत्वों का आयनन विभव भी उच्च होता है, क्योंकि इनकी इलेक्ट्रॉन देने या लेने की प्रवृति नहीं होती । इस प्रकार यह देखा गया है कि ये तत्व रासायनिक दृष्टि से बहुत कम अभिक्रियाशील होते हैं ।

2.7.1 उत्कृष्ट गैसों के यौगिक

उत्कृष्ट गैसों के यौगिक बनाने के बहुत प्रयास किये गये परन्तु बहुत कम सफलता हाथ लगी । अन्ततः 1962 में नीलबार्टलेट Xe के कुछ यौगिक बनाने में सफल हुए । उन्होंने Xe और PtF_6 की सीधी अभिक्रिया द्वारा प्रथम यौगिक $Xe^+[PtF_6]^-$ प्राप्त किया जो लाल रंग का क्रिस्टलीय ठोस था । इसके पश्चात् Xe और Kr के कुछ यौगिक बनाये गये ।

फ्लुओरीन की उच्च विद्युत ऋणात्मकता के कारण जीनॉन के कुछ फ्लुओराइड प्राप्त किये गये । इन फ्लुओराइड से फिर जीनॉन के कुछ ऑक्सी फ्लुओराइड और ऑक्साइड भी प्राप्त किये गये । जीनॉन के फ्लुओराइडों का संक्षिप्त वर्णन यहाँ किया जा रहा है ।

(1) जीनॉन डाइफ्लुओराइड (XeF_2)

मर्करी वाष्प और पराबैंगनी किरणों की उपस्थिति में Xe और F_2 परस्पर संयोग कर XeF_2 बनाते हैं ।

Xe और F_2 को 1:3 अनुपात में मिलाकर, उस मिश्रण को निकल धातु की नली में $673\,K$ ताप पर गर्म करके अचानक $223\,K$ ताप पर ठण्डा करने पर XeF_2 रंगहीन ठोस के रूप में प्राप्त होता हैं ।

XeF_2 एक स्थाई यौगिक है । इसके रंगहीन क्रिस्टलों का गलनांक $413\,K$ होता है । इसकी जल से अभिक्रिया कराने पर जीनॉन तथा ऑक्सीजन गैसें मुक्त होती हैं ।

$$2XeF_2 + H_2O \rightarrow O_2 + 2Xe + 4HF$$

इसकी आकृति रेखीय होती हैं ।

(2) जीनॉन टेट्रापलुओराइड (XeF_4)

जीनॉन और फ्लुओरीन को 1:5 अनुपात में मिलाकर, मिश्रण को निकल धातु की नली में $673\,K$ और 6 वायुमण्डलीय दाब पर गर्म करने पर XeF_4 बनता है ।

इसका गलनांक $373\,K$ है । हाइड्रोजन से अभिक्रिया कर यह Xe उत्सर्जित करता है-

$$XeF_4 + H_2 \rightarrow Xe + 4HF$$

जल से अभिक्रिया करके यह जीनॉन ट्राइऑक्साइड बनाता है, जो विस्फोटक होता है ।

$$6XeF_4 + 12H_2O \rightarrow 2XeO_3 + 4Xe + 3O_2 + 24HF$$

XeF_4 एक वर्ग समतलीय संरचना वाला यौगिक है ।

(3) जीनॉन हेक्सापलुओराइड XeF_6

जीनॉन और फ्लुओरीन को 1:20 अनुपात में मिलाकर निकल धातु की नली में 623K ताप और 50 से 60 वायुमण्डल दाब पर गर्म करने पर XeF_6 बनता है । इसका गलनांक $313\,K$ होता है ।

जल के साथ अभिक्रिया कर यह XeO_3 बनाता है-

$$XeF_6 + 3H_2O \rightarrow XeO_3 + 6HF$$

XeF_6 के आशिक जल अपघटन से $XeOF_4$ तथा $XeOF_2$ प्राप्त होते है ।

XeF_6 की संरचना अष्ठफलकीय होती है । XeO_3 अणु त्रिकोणीय पिरैमिडी, $(XeOF_2)$ अणु $T-$ आकार का तथा $XeOF_4$ वर्ग पिरैमिडी होता है ।

बोध प्रश्न :

9. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये-

(क) XeF_2 का जल अपघटन करने पर जीनॉन ऑक्साइड प्राप्त होता है । (सत्य/असत्य)

(ख) $XeOF_4$ अणु की आकृति चतुष्फलकीय होती हैं । (सत्य/असत्य)

(ग) XeF_6 के पूर्ण जल अपघटन से जीनॉन ट्राइऑक्साइड प्राप्त होता है । (सत्य/असत्य)

(घ) जीनॉन के फ्लुओराइड के स्थाईत्व का बड़ता क्रम हैं । (सत्य/असत्य)

$$XeF_6 < XeF_4 < XeF_2$$

2.8 सारांश (Summery)

- आवर्त सारणी के वर्ग 13 से 18 के तत्व p-ब्लॉक तत्व कहलाते हैं ।
- अधिकांश p-ब्लॉक तत्व अधातु हैं । परन्तु इसके अतिरिक्त कुछ उपधातु तथा धातु भी इस ब्लॉक में पाये जाते हैं ।

- बोरॉन वर्ग 13 का पहला तत्व है जिसे उसके मुख्य खनिज बोरैक्स से प्राप्त किया जाता है ।
- बोरेक्स से पहले बोरॉन ऐनहाइड्राइड प्राप्त किया जाता है और फिर इसका अपघटन K अथवा Mg से करवा कर बोरॉन तत्व प्राप्त कर लिया जाता है ।
- बोरॉन एक प्रबल अपचायक है और SiO_2 तथा CO_2 जैसे ऑक्साइडों से अभिक्रिया कर उन्हें क्रमश: सिलिकन और कार्बन में परिवर्तित कर देता है ।
- बोरॉन सान्द्र अम्लों से अभिक्रिया कर बोरिक अन्त तथा संगलित क्षारों से अभिक्रिया कर बोरेट बनाता हैं ।
- बोरॉन का उपयोग इस्पात, इनेमल, काँच, हलके तंतु, नाभिकीय रिएक्टर की नियंत्रण छडों, आदि बनाने में किया जाता है ।
- बोरेक्स या सुहागा एक उपयोगी यौगिक है जिसका उपयोग चमड़ा उद्योग, साबुन उद्योग, मोमबत्ती उद्योग, पाइरेक्स कॉच निर्माण, इनेमल करने हेतु, आदि में किया जाता है ।
- सिलिकेट प्रकृति में खनिजों के रूप में पाये जाते है । इनका उपयोग भवन निर्माण सामग्री के रूप में, काँच और सिरैमिक उद्योग, आदि में किया जाता है ।
- संरचना के आधार पर सिलिकेटों को विभिन्न वर्गों मे बांटा गया है जो इस प्रकार है- ऑर्थोसिलिकेट, पायरोसिलिकेट, श्रृंखला सिलिकेट, चक्रीय सिलिकेट, शीट सिलिकेट और त्रिविमीय सिलिकेट ।
- सिलिकेटों की मूल संरचना इकाई चतुष्फलकीय आयन, $[SiO_4]^{4-}$ हैं ।ये इकाइयाँ परस्पर ऑक्सीजन परमाणुओं के माध्यम से जुड़कर उपर दी गयी संरचनाओं वाले सिलिकेट बनाती हैं ।
- $Si-O-Si$ बंध युक्त सिलिकन के कार्बनिक बहुलक सिलिकॉन कहलाते हैं । ये द्विलक, श्रृंखला संरचना वाले अथवा त्रिविमीय संरचना वाले हो सकते है ।
- सिलिकिन बहुत स्थाई और कम क्रियाशीलता वाले पदार्थ है अत: बहुत उपयोगी हैं । ये जल प्रतिकर्षी भी होते हैं । इनका उपयोग कागज और सूत्री वस्त्रों को जल प्रतिकर्षी बनाने में किया जाता है । इसके अलावा इनका उपयोग स्नेहक और ग्रीज के रूप में, शल्य चिकित्सा, सौंदर्य प्रसाधनों, आदि में किया जाता है ।
- वर्ग 17 के तत्व फ्लुओरीन, क्लोरीन, ब्रोमीन, आयोडीन और ऐस्टैटीन हैं । प्रथम चार तत्वों को हैलोजेन नाम दिया गया । ये अधातु है और धातुओं से अभिक्रिया कर बहुत से अकार्बनिक यौगिक बनाते हैं । इनमें से पलुओरीन सबसे अधिक सक्रिय हैं ।
- विरंजक चूर्ण, $CaOCl_2$ तनु अम्लों के साथ अभिक्रिया कर नवजात ऑक्सीजन देता है, जो रंगीन पदार्थो को ऑक्सीकृत कर उन्हें रंगहीन कर देती है । इसका उपयोग कागज और वस्त्र उद्योग में किया जाता है । इसके अतिरिक्त विरंजक चूर्ण जल को रोगाणु मुक्त करने के काम मी आता है ।

- वर्ग 17 के तत्व-हीलियम निऑन, आर्गन, क्रिप्टॉन, जीनॉन और रेडॉन, उत्कृष्ट गैसों के रूप में जाने जाते है । इनकी रासायनिक अभिक्रियाशीलता बहुत कम होती है । जीनॉन और अन्य तत्वों के कुछ यौगिक प्राप्त किये गये है ।
- जीनॉन, उच्च विद्युत् ऋणात्मकता वाले तत्व फ्लुओरीन से अभिक्रिया कर XeF_2, XeF_4 तथा XeF_6, सूत्रों वाले फ्लुओराइड बनाती है जिनकी संरचनाएं क्रमश: रेखीय, वर्ग समतलीय तथा अष्टफलकीय होती हैं ।

2.9 शब्दावली (glossary)

- उपधातु : ऐसे तत्व जिनके गुण धातुओं और अधातुओं के बीच के होते हैं । या कह सकते हैं कि ये तत्व धातु और अधातु दोनों के गुण प्रदर्शित करते है । जैसे-आर्सेनिक।
- इनेमल : ऐसा पदार्थ जिसकी परत किसी वस्तु पर लगाने पर उस वस्तु में चमक आ जाती हैं । जैसे चीनी मिट्टी के बर्तनों पर इनेमल लगाकर उन्हें चमकीला बनाया जाता है ।
- गालक : पदार्थ जिसको मिलाने से दूसरे पदार्थ का गलनांक कम हो जाता है और वह आसानी से कम ताप पर पिघल जाता है ।
- बहुलक : पदार्थ जो अन्य पदार्थों की छोटी इकाइयों के जुड़ने से बनते है ।
- स्नेहक : पदार्थ जो मशीनों आदि का घर्षण कम करने मे काम आते हैं ।
- अविषालु : हानिकारक
- अन्तर हैलोजेन यौगिक : हैलोजेन तत्वों के मध्य बनने वाले यौगिक ।
- विरंजक : रंग उड़ाने वाला ।

2.10 संदर्भ ग्रंथ (Reference Books)

1. रसायन विज्ञान - II, कक्षा 11, एन.सी.ई. आर.टी., नई दिल्ली
2. रसायन विज्ञान - भाग 1, कक्षा 12 माध्यमिक शिक्षा बोर्ड राजस्थान, अजमेर
3. Inorganic Chemistry-Gurdeep Raj,Goel Publishing House, Meerut.

2.11 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer of Intext Questions)

1. (क) ns^2np^{1-6} (ख) 13 से 16 (ग) हैलोजेन (घ) अधातु
2. (क) सत्य (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) सत्य
3. (क) $Na_2B_4O_7$ (ख) $4H_3BO_3$
4. (क) (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) सत्य
5. (क) सोडियम सिलिकेट (ख) $[Si_6O_{18}]^{12-}$ (ग) त्रिविमीय (घ) प्रतिकर्षी
6. (क) सत्य (ख) असत्य (ग) असत्य (घ) सत्य
7. (क) $HClO$ (ख) $NaClO_3$ (ग) $6NH_4Cl$ (घ) $2HCl_2S$
8. (क) कैल्सियम क्लोरो हाइपोक्लोराइट (ख) अल्प (ग) ऑक्सीजन, रंगहीन (घ) कागज
9. (क) असत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (घ) सत्य

2.12 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question)

1. p-ब्लॉक तत्व कौनसे हैं तथा इनका आवर्त सारणी के स्थान कहाँ हैं ?
2. बोरॉन प्रमुख खनिज कौनसे है ? इसको बोरेक्स खनिज से कैसे प्राप्त करते है ? सम्बंधित रासायनिक समीकरण भी दें ।
3. बोरॉन के गुण और उपयोगों का संक्षिप्त वर्णन कीजिये ।
4. बोरेक्स का रासायनिक सूत्र क्या है ? इसके गुण और उपयोग क्या है ?
5. निम्नलिखित पर टिप्पणियाँ लिखे-
   (क) सिलिकेट (ख) सिलिकॉन
6. हैलोजेन क्या है ? इनके गुणों का संक्षिप्त वर्णन कीजिये ।
7. विरंजक चूर्ण का रासायनिक नाम क्या है ? इसकी विरचन विधि, गुणों और उपयोगों का वर्णन कीजिये ।
8. उत्कृष्ट गैसों की अभिक्रियाशीलता पर टिप्पणी करते हुए, जीनॉन के फ्लुओराइडों का संक्षिप्त वर्णन कीजिये ।

इकाई 3

संक्रमण तत्व (Transition Elements)

इकाई की रूपरेखा

3.0 उद्देश्य
3.1 प्रस्तावना
3.2 संक्रमण तत्व
3.3 आवर्त सारणी में स्थिति
3.4 इलेक्ट्रॉनिक विन्यास
3.5 ऑक्सीकरण अवस्थाएं
3.6 सामान्य गुण
धात्विक प्रकृति, परमाण्वीय तथा आयनिक त्रिज्या, आयनन ऊर्जा, इलेक्ट्रोड विभव, उत्प्रेरकी गुण, रंगीन आयन, चुम्बकीय गुण, अंतराकाशी यौगिक, संकुल यौगिक
3.7 स्टील और कुछ मिश्र धातु
3.8 सारांश
3.9 शब्दावली
3.10 संदर्भ ग्रंथ
3.11 बोध प्रश्नों के उतार
3.12 अभ्यासार्थ प्रश्न

3.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप समझ सकेंगे -

1 संक्रमण तत्व क्या हैं ।
2 संक्रमण तत्वों की आवर्त सारणी में स्थिति क्या है ।
3 संक्रमण तत्वों का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्या है ।
4 संक्रमण तत्वों की विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्थाएं ।
5 संक्रमण तत्वों के सामान्य प्रमुख गुण ।
6 संक्रमण तत्वों के उपयोग के रूप में - स्टील और कुछ मिश्र धातु ।

3.1 प्रस्तावना (Introduction)

ज्ञात तत्वों में अधिकांश तत्व धातु हैं । इनमें अधिकांश धातु आवर्त सारणी के d-ब्लॉक में वर्ग 3 से 12 में पाये जाते हैं । d-ब्लॉक के अधिकांश धातु संक्रमण तत्वों की श्रेणी में आते हैं । इन तत्वों में अंतिम इलेक्ट्रॉन 3d,4d,5d तथा 6d कक्षकों में भरे जाते हैं । इसी प्रकार इलेक्ट्रॉनों के 4 f और 5 f में भरने पर आंतरिक संक्रमण तत्व प्राप्त होते हैं । 4 f कक्षकों में उत्तरोत्तर इलेक्ट्रॉन भरने से लैन्थैनाइड तत्व प्राप्त होते हैं तथा 5 f कक्षकों के उत्तरोत्तर

भरने पर ऐक्टिनाइड तत्व प्राप्त होते हैं । संक्रमण तत्वों में कॉपर, सिल्वर, गोल्ड, आयरन जैसे महत्वपूर्ण धातु सम्मिलित हैं । इस इकाई में आप संक्रमण तत्वों की जानकारी प्राप्त करेंगे ।।

3.2 संक्रमण तत्व (Transition elements)

परिभाषा के अनुसार, "संक्रमण तत्व वे हैं, जिनके परमाणु अथवा आयन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास में d- कक्षक अपूर्ण हो ।

d-ब्लॉक के सभी तत्व संक्रमण तत्व हैं, परंतु Zn, Cd और Hg को संक्रमण तत्व नहीं माना जाता, क्योंकि इनके परमाणु अथवा किसी आयन में d- कक्षक अपूर्ण नहीं है ।

संक्रमण तत्वों की तीन पूर्ण श्रेणियां हैं जो निम्न प्रकार हैं -

(1) 3d-श्रेणी - Sc_{21} से Cu_{29} तक, जो 3d-कक्षक में उत्तरोत्तर इलेक्ट्रॉनों के भरने से बनती है ।

(2) 4d-श्रेणी - इस V_{39} से Ag_{47} तक, जो 4d-कक्षक में उत्तरोत्तर इलेक्ट्रॉनों के भरने से बनती है ।

(3) 5d- श्रेणी - La_{57} से Au_{79} तक, जो 5d-कक्षक में उत्तरोत्तर इलेक्ट्रॉनों के भरने से बनती है ।

इसके अतिरिक्त एक अपूर्ण 6d-श्रेणी है, जो ऐक्टिनियम से शुरू होती है ।

बोध प्रश्न -

1. संक्रमण तत्वों में कौनसे कक्षक अपूर्ण पाये जाते हैं ?
2. संक्रमण तत्वों की प्रथम श्रेणी में कौनसे परमाणु क्रमांक वाले तत्व होते हैं ?
3. संक्रमण तत्वों की द्वितीय श्रेणी का निर्माण कौनसे कक्षकों के इलेक्ट्रॉनों द्वारा उत्तरोत्तर भरने से होता है?

3.3 आवर्त सारणी में स्थिति (Position in periodic table)

संक्रमण तत्व आवर्त सारणी के s और p-ब्लॉकों के मध्य d-ब्लॉक में पाये जाते हैं । आवर्त 4,5 और 6 में संक्रमण तत्वों की तीन श्रेणियां (3d, 4d तथा 5d) पायी जाती है । इन श्रेणियों के तत्वों को उनके परमाणु क्रमांकों के साथ सारणी 3.1 में प्रदर्शित किया गया है ।

सारणी 3.। आवर्त सारणी में संक्रमण तत्व

d-ब्लॉक

	वर्ग →	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
s-ब्लॉक	आवर्त4	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu		p-ब्लॉक
	आवर्त5	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Te	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag		
	आवर्त6	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au		

बोध प्रश्न-

4. निम्नलिखित कथनों में सत्या/असत्य बताइये -

(क) d-ब्लॉक के सभी तत्व संक्रमण तत्व कहलाते हैं । (सत्य/असत्य)

(ख) आवर्त सारणी में d-ब्लॉक की स्थिति s और p-ब्लॉकों के मध्य होती है । (सत्य/असत्य)

(ग) आवर्त सारणी के वर्ग 3 से 11 के तत्व संक्रमण तत्व हैं । (सत्य/असत्य)

(घ) $Cu, Ag,$ और Au संक्रमण तत्व नहीं हैं । (सत्य/असत्य)

3.4 संक्रमण तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (Electronic configuration of Transition Elements)

संक्रमण तत्वों का सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-1)d^{1-10}ns^{0-2}$ होता है । यहां आप पायेंगे कि इलेक्ट्रॉन भरने के क्रम में, $(n-1)p-$ कक्षकों में इलेक्ट्रॉन पूर्ण रूप से भरने के पश्चात् अगला इलेक्ट्रॉन $(n-1)d-$ कक्षक में न जाकर ns कक्षक में प्रवेश पाता है । ns-कक्षक के पूर्ण रूप से भर जाने पर या अर्धपूर्ण रूप से भरे -जाने के पश्चात् इलेक्ट्रॉन अब - $(n-1)d-$ कक्षकों में भरे जाते हैं । 3d-कक्षकों में इलेक्ट्रॉन भरने से प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्व बनते हैं, जिनका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास सारणी 3.2 में दिया गया है । इस श्रेणी का सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-1)d^{1-10}ns^{1-2}$ हैं ।

सारणी 3.2 : प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों को इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

तत्व	संकेत	परमाणु क्रमांक	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास
स्केन्डियम	Sc	21	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$ अथवा $[Ar]3d^1 4s^2$
टाइटेनियम	Ti	22	$[Ar]3d^2 4s^2$
वेनेडियम	V	23	$[Ar]3d^3 4s^2$
क्रोमियम	Cr	24	$[Ar]3d^5 4s^1$
मैंगनीज	Mn	25	$[Ar]3d^5 4s^2$
आयरन	Fe	26	$[Ar]3d^6 4s^2$
कोबाल्ट	Co	27	$[Ar]3d^7 4s^2$
निकल	Ni	28	$[Ar]3d^8 4s^2$
कॉपर	Cu	29	$[Ar]3d^{10} 4s^1$

यहां $[Ar]$, आर्गन तत्व (परमाणु क्रमांक 18) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास है ।

प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों को देखकर आप पाते हैं कि क्रोमियम और कॉपर के अंतिम क (4s) में केवल एक इलेक्ट्रॉन हो जब किए शेष सभी तत्वों में अंतिम कक्ष का इलेक्ट्रॉनिक विनियास$4s^2$ है । इस विषमता के निम्नलिखित कारण हैं -

1. अर्द्ध पूर्ण और पूर्ण भरे कक्षकों का स्थायित्व अधिक होता है ।
2. 3d और 4s कक्षकों की ऊर्जाओं में बहुत कम अंतर होता है ।

अत: क्रोमियम. औस्कॉर कॉपर में क्रमश $3d^5$ स्थाई विन्यास की प्राप्ति के लिए एक इलेक्ट्रॉन 4s- कक्षक में 3d से चला जाता है ।

प्रथम संक्रमण श्रेणी की भांति, द्वितीय और तृतीय संक्रमण श्रेणियों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास भी सरलता पूर्वक लिखे जा सकते हैं, जहां अंतिम इलेक्ट्रॉन क्रमश: 4d तथा 5d कक्षकों में भरे जाते हैं ।

बोध प्रश्न -

5. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिये -

(क) प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों का सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास ---- है ।

(ख) $[Ar]3d^54s^1$ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास वाले का तत्व का परमाणु क्रमांक ----- है ।

(ग) अर्द्ध-पूर्ण और पूर्ण भरे कक्षकों का स्थायित्व ------ होता है ।

(घ) द्वितीय और तृतीय संक्रमण श्रेणी के तत्वों में अंतिम इलेक्ट्रॉन उत्तरोत्तर क्रमश: ------ तथा -------- कक्षकों में भरे जाते हैं ।

3.5 संक्रमण तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाएं

Oxidation states of transition elements

आपने सारणी 3.2 मे देखा कि संक्रमण तत्वों के सबसे बाहरी कोश मे 1 या 2 इलेक्ट्रॉन ही होते हैं और इस आधार पर उनकी ऑक्सीकरण अवस्थायें $+1$ और $+2$ तक ही सीमित रहनी चाहिए । परंतु संक्रमण तत्व बहुत ऑक्सीकरण अवस्थाएं प्रदर्शित करते हैं । इसका कारण यह है कि संक्रमण तत्वों के- अंतिम दो कक्षकों, $(n-1)d$ और ns, में ऊर्जा का अंतर -बहुत कम होता' है । अत: दी गयी ऊर्जा अनुसार इनके परमाणुओं में से 1, 2 या अधिक इलेक्ट्रॉन हटाये जा सकते हैं, जो परमाणु को विभिन्न ऑक्सीकरण अवस्थाएं प्रदान करते है । प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं को सारणी 3.3 मे प्रदर्शित किया गया है । आप देखेंगे कि तत्व मे जितने अधिक अयुग्मित इलेक्ट्रॉन उपस्थित रहते हैं उतनी अधिक तल की ऑक्सीकरण अवस्थाएं देखने को मिलती है ।

सारणी 3.3 प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाएं

तत्व	*Sc*	*Ti*	*V*	*Cr*	*Mn*	*Fe*	*Co*	*Ni*	*Cu*
s – इलेक्ट्रॉन	2	2	2	1	2	2	2	2	1
d – इलेक्ट्रॉन	1	2	3	5	5	6	7	8	10
ऑक्सीकरण अवस्थाएं	(+2) +3 +4	+2 +3 +4 +5 +6	+2 +3 (+4) (+5) (+6) +7	(+1) +2 +3 +4 (+5) (+6)	+2 (+3) +4 (+5)	+2 +3 (+4)	+2 +3 (+4)	+2 (+3)	+2

नोट - कोष्ठक मे दी गयी ऑक्सीकरण अवस्थाएं असामान्य हैं ।

सारणी 3.3 मे दिये गये प्रथम श्रेणी के तत्वों के बाह्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास और ऑक्सीकरण अवस्थाओं से निम्नलिखित तथ्य सामने आते हैं -

1. सामान्यत : Cu और Cr के अतिरिक्त अन्य संक्रमण तत्व $+1$ ऑक्सीकरण अवस्था में नही पाये जाते ।
2. इस श्रेणी के सभी तत्व ns^2 विन्यास के कारण $+2$ ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करते हैं । (Cr और Cu में $3d$ को अधिक स्थायित्व देने हेतु ns^2 का एक इलेक्ट्रॉन $3d$ -कक्षक में चला जाता है । अत: ये तत्व ns^- विन्यास प्रदर्शित करते हैं और $+1$ ऑक्सीकरण अवस्था मे भी पाये जाते हैं ।)
3. Sc मे $+3$ अवस्था, $+2$ अवस्था की अपेक्षा बहुत अधिक स्थाई है, क्योंकि $+3$ अवस्था मे 18 इलेक्ट्रॉन का उत्कृष्ट गैस Ar परमाणु का विन्यास रह जाता है ।
4. मैंगनीज में बाहरी कक्षकों मे 7 इलेक्ट्रॉन होने के कारण इस तत्व की ऑक्सीकरण अवस्थाएं $+2$ से $+7$ तक पायी जाती है ।
5. संक्रमण तत्वों की उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाओं का स्थायित्व अधिक होता है । ऑक्सीजन तथा फ्लुओरीन युक्त संक्रमण तत्व यौगिकों मे ही उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था पायी जाती है । ऐसा इन परमाणुओं (O तथा F) के छोटे आकार तथा अधिक विद्युत ऋणात्मकता के कारण होता है ।
6. संक्रमण तत्व आयनिक तथा सह संयोजक दोनों प्रकार के बंध बनाते हैं । ये तत्व कम ऑक्सीकरण अवस्थाओं में आयनिक यौगिक बनाते हैं, परंतु उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाओं में सहसंयोजक गुणों वाले बंध बनाते हैं । संकुल यौगिकों जैसे $K_3[Fe(CN)_6]$ ।में आयन या अणु संक्रमण तत्वों के साथ उपसहसंयोजक बंध बनाते हैं।
7. संक्रमण तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्था में वृद्धि के साथ इनके यौगिकों की अम्लता तथा क्रियाशीलता भी बढ़ जाती है । कम ऑक्सीकरण अवस्था में संक्रमण तत्वों के

ऑक्साइड आयनिक तथा क्षारीय प्रकृति के होते हैं, जबकि उच्च ऑक्सीकरण अवस्था मे अम्लीय तथा सहसंयोजक प्रकृति के होते हैं । उदाहरण के लिए-

ऑक्सीकरणअवस्था	+2	+3	+4	+6	+7
संक्रमण तत्व ऑक्साइड	Mno	Mn_2O_3	MnO_2	MnO_3	Mn_2O_7
ऑक्साइड की प्रकृति	क्षारीय	उभयधर्मी		अम्लीय	अम्लीय

8 कुछ संक्रमण तत्व शून्य ऑक्सीकरण अवस्था में भी यौगिकों का निर्माण करते हैं । उदाहरण के लिये Ni, Fe तथा Cr कुछ कार्बोनिल यौगिक बनाते हैं, जैसे - $Ni(co)_4, Fe(Co)_5, Cr(CO)_6$, आदि जहां संक्रमण तत्व शून्य ऑक्सीकरण अवस्था में हैं ।

बोध प्रश्न-

6. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये-

(क) अधिकांश संक्रमण तत्व एक से अधिक ऑक्सीकरण अवस्थाएं प्रदर्शित करते हैं । (सत्य/असत्य)

(ख) Cr तथा Cu दोनों अपने यौगिकों में सबसे कम $+1$ ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित करते हैं । (सत्य/असत्य)

(ग) MnO यौगिक अम्लीय प्रकृति का होता है । (सत्य/असत्य)

(घ) $Ni(CO)_4$ में निकल तत्व की ऑक्सीकरण अवस्था शून्य होती है । (सत्य/असत्य)

3.6 संक्रमण तत्वों के सामान्य गुण (General Properties of Transition Elements)

संक्रमण तत्वों के सामान्य गुणों का संक्षिप्त वर्णन निम्न प्रकार है -

(1) सभी संक्रमण तत्व धातु हैं । ये ऊष्मा और विद्युत के सुचालक होते हैं ।

(2) ये कठोर तथा उच्च गलनांकों वाले ठोस होते हैं ।

(3) आवर्त सारणी में संक्रमण तत्व लंबवत समानता प्रदर्शित न कर क्षैतिज समानता प्रदर्शित करते हैं । अर्थात एक आवर्त के संक्रमण तत्व परस्पर गुणों मे समान होते हैं।

(4) ये तत्व एक से अधिक ऑक्सीकरण अवस्थाओं में यौगिकों का निर्माण करते हैं ।

(5) परमाण्वीय तथा आयनिक त्रिज्या -

किसी परमाणु तथा आयन के सबसे बाहरी इलेक्ट्रॉन और नाभिक के मध्य की दूरी को क्रमश: परमाण्वीय तथा आयनिक त्रिज्या कहते हैं । धनायन की त्रिज्या संगत परमाणु की त्रिज्या से सदैव कम होती है । संक्रमण तत्व की श्रेणी में बाये से दांये जाने पर पहले परमाणु

के साइज में कमी आती है फिर साइज लगभग समान रहता है । अंत में एक बार साइज में पुन: वृद्धि होती है ।

एक आवर्त में परमाणु क्रमांक में वृद्धि के साथ जहां एक ओर नाभिकीय आवेश में वृद्धि के कारण आकर्षण बढ़ता है, वहीं दूसरी ओर इलेक्ट्रॉन के उपांत्य कोश (सबसे बाहरी के अंदर वाला) में जाने से उसका सबसे बाहरी इलेक्ट्रॉनों के प्रति प्रतिकर्षण बढ़ जाता है, जो परिरक्षण प्रभाव कहलाता है और परमाणु के साइज को बढ़ता है । संक्रमण तत्वों की प्रथम श्रेणी में $3d$ उपांत्य कोश है जिसके इलेक्ट्रॉन सबसे बाहरी $4s$ इलेक्ट्रॉनों को प्रतिकर्षित करते हैं ।

यहां महत्वपूर्ण यह है कि यदि,

नाभिकीय आकर्षण > परिरक्षण प्रभाव, तो साइज घटेगा ।

परिरक्षण प्रभाव > नाभिकीय आकर्षण, तो साइज बढ़ेगा ।

(6) आयनन ऊर्जा अथवा आयनन विभव-

किसी तत्व के गैसीय परमाणु के बाह्यतम कोश से एक इलेक्ट्रॉन को परमाणु से अलग करने के लिए आवश्यक ऊर्जा को उस तत्व की आयनन ऊर्जा अथवा आयनन विभव कहते हैं ।

तत्व का आयनन विभव उसकी परमाणु त्रिज्या पर भी निर्भर करता है । संक्रमण श्रेणी में तत्वों की परमाणु त्रिज्याओं में अंतर बहुत कम होता है अत: तत्वों के आयनन. विभव में भी विशेष अंतर नहीं होता । यही कारण है कि इन तत्वों की क्रियाशीलता और रासायनिक गुण लगभग एक जैसे होते हैं । संक्रमण श्रेणी के तत्वों का द्वितीय आयनन विभव मान उनके प्रथम आयनन विभव मानों से बहुत अधिक होते हैं । उदाहरण के लिये कॉपर का प्रथम आयनन विभव $7.7\ eV$ हैं, जबकि द्वितीय आयनन विभव 20 .3 eV होता है । द्वितीय संक्रमण श्रेणी के तत्वों के आयनन विभव प्रथम श्रेणी के आयनन विभवों से तथा तृतीय श्रेणी के आयन विभव द्वितीय श्रेणी के आयनन विभवों से अधिक होते हैं ।

(7) इलेक्ट्रोड विभव-

संक्रमण तत्वों के मानक इलेक्ट्रोड विभव बहुत कम होते हैं मानक इलेक्ट्रोड विभव का मान जितना कम होता है, विलयन में तत्व की आयनिक अवस्था उतनी ही अधिक स्थाई होती है ।

इलेक्ट्रोड विभव का मान -बढ़ने पर तत्व का अपचायक गुण भी बढ़ता है । उच्च ऋणात्मक मान नहीं होने के कारण संक्रमण धातुएं, क्षार धातुओं तथा क्षारीय मृदा धातुओं की तुलना में दुर्बल अपचायकों के समान व्यवहार प्रदर्शित करती हैं ।

(8) उत्प्रेरकी गुण-

संक्रमण धातु और उनके यौगिक उत्प्रेरकी गुण रखते हैं । संक्रमण धातुओं में उत्प्रेरकी गुण उनके आशिक भरे हुए $(n-1)d$ कक्षकों के कारण होता है । क्रियाकारी पदार्थ के अणुओं के साथ संक्रमण तत्व अपने रिक्त कक्षकों का उपयोग कर मध्यवर्ती अस्थाई यौगिक बनाते हैं, जो उत्पादों में परिवर्तित हो जाते हैं और उत्प्रेरक पुन: प्राप्त हो जाता है ।

उदाहरण के लिये सल्फ्यूरिक अम्ल के निर्माण में SO_2 को SO_3 परिवर्तन करने हेतु V_2O_5 को उत्प्रेरक के रूप में काम में लेते हैं । इस प्रक्रिया में ठोस V_2O_5 की सतह पर SO_2 गैस का अधिशोषण होता है, जहां यह SO_3 में परिवर्तित हो जाती है तथा डाइवेनेडियम टेट्राऑक्साइड (V_2O_4) बनता है, जो ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर पुन: V_2O_5 बना देता है ।

$$V_2O_5 + SO_2 \quad \rightarrow \quad SO_3 + V_2O_4$$

$$V_2O_4 + {}^{1/2}O_2 \quad \rightarrow \quad V_2O_5$$

उत्प्रेरक के रूप में कार्य करने वाले संक्रमण धातुओं और उनके यौगिकों के कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं-

(क) HNO_3 निर्माण में NH_3 से नाइट्रिक ऑक्साइड के निर्माण में प्लेटीनम धातु उत्प्रेरक का कार्य करती है ।

$$4NH_3 + 5O_2 \quad \xrightarrow[800^\circ C]{Pt} \quad 4NO + 6H_2O$$

(ख) वनस्पति घी के निर्माण में निकल चूर्ण उत्प्रेरक का कार्य करता है । इस अभिक्रिया में असंतृप्त वनस्पति तेल का हाइड्रोजनीकरण करके वनस्पति घी प्राप्त किया जाता है ।

$$R - CH = CH - COOR + H_2 \xrightarrow{Ni} R - CH_2 - CH_2 - COOR$$

(असंतृप्त तेल) (संतृप्त) वनस्पति घी

(ग) पॉलिथीन निर्माण में $TiCl_4$ उत्प्रेरक का कार्य करता है ।

$$nCH_2 = CH_2 \quad \xrightarrow{TiCl_4} \quad (-CH_2 - CH_2-)n$$

एथीन पॉलिथीन

(घ) अमोनिया निर्माण की हेबर विधि में आयरन और मालिब्डेनम धातु उत्प्रेरक का कार्य करते हैं।

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{Fe+Mo} 2NH_3$$

(9) संक्रमण तत्वों के रंगीन आयन -

अधिकांश संक्रमण तत्वों के यौगिक और उनके विलयन रंगीन होते हैं । ऐसा उनके आयनों के कारण होता है जिनमें अपूर्ण d-कक्षक उपस्थित रहते हैं । अपूर्ण d-कक्षकों में अयुग्मित इलेक्ट्रॉन अथवा इलेक्ट्रॉनों का विपाटित d-कक्षकों $(t_{2g}$ और $eg)$ में संक्रमण होता है। इस ऊर्जा परिवर्तन के कारण दृश्य प्रकाश क्षेत्र की ऊर्जा के विकिरण पदार्थ को रंग प्रदान करते हैं ।

उदाहरण के लिये Cu^{2+} *ion* मे अपूर्ण $3d^9$ कक्षक मे एक अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होता है। यह अयुग्मित इलेक्ट्रॉन प्रकाश की उपस्थिति मे t_{2g} से eg प्रकार के d-कक्षक में स्थानांतरित हो जाता है । इसे d से d संक्रमण कहते हैं । इस प्रक्रम मैं प्रकाश का कुछ तरंग दैर्ध्य अवशोषित होता है तथा शेष विकिरण आयन अथवा पदार्थ के रंग के लिये उत्तरदायी होता है । इसीलिए Cu^{2+} आयनों के कारण कॉपर के यौगिक या उनके विलयन नीले रंग के दिखाई देते हैं । अयुग्मित d इलेक्ट्रॉनों की संख्या आयनों के रंग को प्रभावित करती है । सारणी 3.4 इस तथ्य को स्पष्ट करती है ।

सारणी 3.4 संक्रमण तत्व आयनों के रंग

आयुग्मित d इलेक्ट्रॉन	आयनों के रंग
0	Sc^{3+}, Ti^{4+}, Cu^{+} (सभी रंगहीन)
1	Ti^{3+} (बैंगनी), V^{4+} (नीला), Cu^{2+} (नीला)
2	V^{2} (हरा), Ni^{2+} (हरा)
3	V^{2+} (बैंगनी), Cr^{3+} (हरा)
4	Cr^{2+} (नीला), Mn^{3+} (बैंगनी), Fe^{2+} (हरा)
5	Mn^{2+} (गुलाबी), Fe^{3+} (पीला)

अयुग्मित d इलेक्ट्रॉनों के अतिरिक्त संक्रमण तत्व आयनों अथवा यौगिकों का रंग यौगिक की ज्यामिति और आयन से जुड़े समूहों, या लीगेण्डों पर भी निर्भर करती है ।

10. **संक्रमण तत्वों के चुम्बकीय गुण -**

पदार्थो के चुम्बकीय गुण उनके परमाणुओं में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों के कारण होते हैं । गतिशील आवेश चुम्बकत्व उत्पन्न करता है । परमाणु में इलेक्ट्रॉन की गति दो प्रकार से होती है - कक्षकीय गति और चक्रणगति । कक्षकीय गति इलेक्ट्रॉन के अपने कक्ष में चक्कर लगाने होती है और चक्रणगति इलेक्ट्रॉन के अपने अक्ष पर घूमने से होती है ।

संक्रमण तत्व यौगिकों के लिये उनका चुम्बकीय गुण उनके चुम्बकीय आघूर्ण से मापा जाता है जिसकी इकाई बोर मैग्नेटोन ($B.M$) होती है ।

यौगिक का चुम्बकीय आघूर्ण सूत्र, $u = \sqrt{n(n+2)}$ से परिकलित किया जाता है, जहां n आयन अथवा अणु में उपस्थिति अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों की संख्या है । उदाहरण के लिये Cu^{2+} आयन में अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों को संख्या 1 है । अत' चुम्बकीय आघूर्ण का मान होगा,

$$\mu = \sqrt{n(n+2)} = \sqrt{1\times(1+2)} = \sqrt{3} \text{ या } 1.73\, BM$$

इसी प्रकार Mn^{2+} आयन में अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों की संख्या 5 है तथा इसका चुम्बकीय आघूर्ण 5.92 $B.M$ होगा ।

चुम्बकीय गुण रखने वाले यौगिक चुम्बकीय क्षेत्र की ओर आकर्षित होते हैं और अनुचुम्बकीय कहलाते हैं । पदार्थो का यह गुण अनुचुम्बकीय कहलाता है । अधिकांश संक्रमण तत्व, उनके आयन तथा उनके यौगिक यह गुण प्रदर्शित करते हैं ।

जिन पदार्थो मे अयुग्मित इलेक्ट्रॉन उपस्थित नहीं होते, अर्थात् सभी इलेक्ट्रॉन युग्मित होते हैं, वे पदार्थ प्रतिचुम्बकीय कहलाते हैं और इनका यह गुण प्रतिचुम्बकीय कहलाता है । उदाहरण के लिए, संक्रमण तत्वों के Sc^{3+}, Ti^{4+}, V^{5+} जैसे आयनों में अयुग्मित इलेक्ट्रॉन नहीं होते, अत: इनके यौगिक प्रतिचुम्बकीय प्रकृति के होते हैं ।

कुछ संक्रमण तत्व जैसे Fe, Co और Ni, इनके यौगिक- जैसे Fe_3O_4 और संक्रमण तत्वों के मिश्रधातु लौह चुम्बकत्व का गुण प्रदर्शित करते हैं । इन पदार्थो में अनेक छोटे आणविक चुम्बक होते हैं । प्रबल चुम्बकीय क्षेत्र की उपस्थिति में ये आणविक चुम्बक एक ही

दिशा मे व्यवस्थित हो जाते है । इससे इनका चुम्बकीय प्रभाव जुड़कर उच्च हो जाता है । इन पदार्थो को चुम्बकीय क्षेत्र से हटा लेने पर भी पदार्थ स्थाई चुम्बक के रूप मे कार्य करता है । ताप बढ़ाने से, घटाने से अथवा वोट देने से आणविक चुम्बकों की व्यवस्था बिगड़ जाती है और पदार्थ का चुम्बकीय गुण कम या नष्ट हो जाता है ।

(11) **अंतराकाशी यौगिक-**

संक्रमण तत्वों के परमाणु परस्पर एक निश्चित व्यवस्था में जुड़े रहते हैं । इनके परमाणुओं के मध्य स्थित स्थान में छोटे आकार वाले परमाणु जैसे H, C या N स्थापित होकर उनसे बंध बनाते है । इस प्रकार अंतराकाशी यौगिकों का निर्माण होता है । ये यौगिक किसी नियमानुसार नही बनते । ऐसे यौगिकों मैं परमाणुओं का अनुपात न तो निश्चित होता है और न ही स्थिर रहता है । इस प्रकार के यौगिक असमीकरणामितीय यौगिक भी कहलाते हैं । अंतराकाशी यौगिकों के कुछ उदाहरण हैं - $TiH_{1.7}, TiC, VH_{0.56}, Fe_3H, Mn_4, N,$ आदि । ये यौगिक तत्वों की सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित नहीं करते और न ही इनमें सामान्य आयनिक अथवा सहसंयोजक गुण होते हैं । इन यौगिकों के कुछ प्रमुख गुण निम्नलिखित हैं -

(क) अंतराकाशी यौगिक अति कठोर होते हैं । कुछ संक्रमण तत्व बोराइडों की कठोरता हीरे कठोरता के समकक्ष होती है ।

(ख) इनके गलनांक बहुत उच्च होते हैं तथा शुद्ध धातुओं के. गलनांकों से भी काफी अधिक होते हैं ।

(ग) इन यौगिकों की रासायनिक अभिक्रियाशीलता बहुत कम होती है ।

(घ) इन यौगिकों में संक्रमण धातुओं की विदयुत चालकता बनी रहती है ।

(12) **संक्रमण तत्वों के संकुल यौगिक -**

ऋणायन और उदासीन अणु निश्चित संख्या में संक्रमण तत्व आयनों या परमाणुओं से उपसहसंयोजक बंध द्वारा जुड़ कर संकुल यौगिक बनाते हैं । उदाहरण के लिये, $K_3[Fe(CN)_6], [Cu(NH_3)_4]SO_4, [Cu(NH_3)_6]Cl_3$ आदि । संकुल यौगिकों के बनने के मुख्य कारण हैं -

(i) संक्रमण तत्व के आयनों का छोटा आकार ।

(ii) उन पर उच्च आयनिक आवेश ।

(iii) बंध बनाने हेतु रिक्त d-कक्षकों की उपलब्धता ।

बोध प्रश्न -

7. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये -

(क) संक्रमण तत्व ऊष्मा और विद्युत के ---------- होते हैं ।

(ख) संक्रमण तत्व कठोर तथा ----- गलनांकों वाले ठोस होते हैं ।

(ग) संक्रमण तत्वों की परमाण्वीय त्रिज्याओं के मान नाभिकीय आकर्षण और ------ प्रभाव पर निर्भर करते हैं ।

(घ) वनस्पति घी के निर्माण में निकल चूर्ण का उपयोग ---- के रूप मे होता है ।

8. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये -

(क) अधिकांश संक्रमण तत्वों के यौगिक और उनके विलयन रंगीन होते हैं । (सत्य/असत्य)

(ख) अयुग्मित इलेक्ट्रॉन युक्त संक्रमण तत्व/आयन प्रतिचुम्बकीय प्रवृत्ति प्रदर्शित करते है । (सत्य/असत्य)

(ग) Fe तथा Fe_3O_4 लौह चुम्बकीय गुण वाले पदार्थ हैं । (सत्य/असत्य)

(घ) अंतराकाशी यौगिक बहुत अधिक रासायनिक अभिक्रियाशीलता प्रदर्शित करते हैं । (सत्य/असत्य)

3.7 स्टील और कुछ मिश्र धातु (Steel and some alloys)

स्टील लोहे का एक उच्च गुणों वाला रूप है । स्टील में 96 से 99.5 प्रतिशत लोहा तथा 0.3 से 2 प्रतिशत कार्बन होता है । स्टील की बहुत सी किस्में उनके गुणों और उपयोगों को ध्यान में रखकर विकसित की गयी है । यहां कुछ महत्वपूर्ण किस्मों का संक्षिप्त वर्णन किया जा रहा है ।

1. **क्रोमियम स्टील-**स्टील की इस किस्म मे लोहे के अलावा 2 से 4 प्रतिशत तक क्रोमियम होता है । यह बहुत कठोर होता है । इसका उपयोग मुख्य रूप से काटने के औजार, मशीनें, आदि बनाने में होता है ।
2. **मैंगनीज स्टील**-इस स्टील में लोहे के अलावा 12 से 15 प्रतिशत Mn तथा 1 से 1.5 प्रतिशत कार्बन होता है । इस पर जंग नहीं लगता । यह बहुत कठोर और उच्च तन सामर्थ्य वाला होता है । इन गुणों के कारण इस स्टील का उपयोग गर्डर, कूटने और पीसने की मशीनें, तिजोरियां आदि के निर्माण में किया जाता है ।
3. **निकल स्टील** - इस स्टील में लोहा तथा 3 से 5 प्रतिशत तक निकल होता है.। इसका उपयोग बिजली के तार, वायुयान के भाग, सुरक्षा कवच, शाफ्ट आदि के निर्माण में किया जाता है ।
4. **क्रोम-वैनेडियम स्टील**-इस स्टील में लोहे के अलावा 1 प्रतिशत क्रोमियम और 0.15 प्रतिशत वैनेडियम होता है । यह बहुत दृढ़ और उच्च तेनन क्षमता वाला स्टील है । इसका उपयोग शाफ्ट, ऐक्सल, कमानिया फ्रेम आदि के निर्माण में किया जाता है ।
5. **टंगस्टन स्टील**-इस स्टील मे लोहा और 10 से 20 प्रतिशत तक टंगस्टन धातु पाया जाता है । यह कम ताप पर कठोर तथा उच्च ताप पर मुलायम रहता है । ये तेज गति से चलने वाले औजार बनाने के काम आता है, -जैसे ड्रिल मशीन के भाग ।
6. **स्टेनलेस स्टील-**इस स्टील में लोहे के अतिरिक्त 10 प्रतिशत क्रोमियम, 0.35 प्रतिशत मैंगनीज तथा 0.25 प्रतिशत कार्बन होता है । सामान्य परिस्थितियों में इस स्टील पर वायु, जल आदि का प्रभाव नहीं पड़ता । इसका उपयोग बर्तन, मूर्तियां, शल्य चिकित्सा के औजार, आदि बनाने में किया जाता है ।

7. **इनवार-**इसमें 36 प्रतिशत निकल और शेष लोहा होता है । इसका प्रसार गुणांक बहुत कम होता है । यह नापने के फीते, लोलक आदि बनाने के काम आता है ।

स्टील की विभिन्न किस्मों के अतिरिक्त संक्रमण तत्व कुछ महत्वपूर्ण मिश्र धातु बनाने के काम आता हैं, जो दैनिक जीवन और उद्योगों में प्रयोग आने वाली सामग्री के निर्माण में काम आते हैं । कुछ मिश्र धातुओं की संक्षिप्त जानकारी आप यहां प्राप्त करेंगे ।

(क) पीतल या ब्रास -

इसमें 60 से 80 प्रतिशत कॉपर तथा 20 से 40 प्रतिशत जिंक होता है । इसका उपयोग रसोई घर के बर्तन, -सजावटी सामान, मशीनों के पुर्जे आदि बनाने में होता है ।

(ख) ब्रांज -

इसमें 75 रमे 90 प्रतिशत कॉपर तथा 10 से 25 प्रतिशत टिन होता है । उसका उपयोग बर्तन, मूर्तियां, मशीनों के पुर्जे, आदि बनाने में होता है ।

(ग) फॉस्फोरस ब्रान्ज -

इसमें 85 प्रतिशत कॉपर, 13 प्रतिशत टिन तथा 2 प्रतिशत फॉस्फोरस होता है । इसका उपयोग जहाज के हिस्से, गीयर, ऐरियल, लटकाने वाले तार, आदि के निर्माण में किया जाता है ।

(घ) सिलिका ब्रान्ज-

इसमें 97 प्रतिशत कॉपर, 2 प्रतिशत टिन तथा 1 प्रतिशत सिलिकन होता है । इसका उपयोग टेलीफोन के तार, लटकाने वाले तार, आदि के निर्माण में किया जाता है ।

(ङ) गन मेटल-

इसमें 88 प्रतिशत कॉपर, 10 प्रतिशत टिन तथा 2 प्रतिशत जिंक होता है । इसका उपयोग बंदूक तथा मशीनी पुर्जे बनाने में होता है ।

(च) मोनल मेटल -

इसमें 30 प्रतिशत कॉपर, 67 प्रतिशत निकल और 3 प्रतिशत आयरन होता है । इसका उपयोग मोटर गाड़ियों के इंजनों के पुर्जे, रासायनिक संयंत्र, आदि के निर्माण में होता है ।

(छ) जर्मन सिल्वर -

इसमें 56 प्रतिशत कॉपर, 24 प्रतिशत जिंक तथा 20 प्रतिशत निकल होता है । इसका उपयोग बर्तन, आभूषण, प्रतिरोध कुंडली आदि बनाने में किया जाता है ।

(ज) रोल्ड गोल्ड-

इसमें 95 प्रतिशत कॉपर तथा 5 प्रतिशत Al होता है । यह एक प्रकार का कृत्रिम सोना है, जिसका उपयोग कृत्रिम आभूषण, सिक्के, मूर्तियां, फ्रेम, सजावटी सामान आदि बनाने में किया जाता है ।

बोध प्रश्न :

9. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये-

(क) क्रोमियम स्टील का उपयोग काटने के औजार बनाने में किया जाता है । (सत्य/असत्य)

(ख) मैंगनीज स्टील में जंग नहीं लगता । (सत्य/असत्य)

(ग) जर्मन सिल्वर में कॉपर, जिंक और सिल्वर होता है । (सत्य/असत्य)

(घ) रोल्ड गोल्ड में 95 प्रतिशत कॉपर और सिल्वर सोना होता है । (सत्य/असत्य)

10.निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये-

(क) टंगस्टन स्टील में -------- प्रतिशत टंगस्टन धातु पाया जाता है ।

(ख) पीतल का निर्माण ------- और -------- धातुओं के मिश्रण से होता है ।

(ग) फॉस्फोरस ब्रांज में फॉस्फोरस के अतिरिक्त दो अन्य धातुएं -- और --- मिश्रित होती है ।

(घ) कॉपर, तीन और जिंक के मिश्रण से मिश्र धातु ---------- का निर्माण किया जाता है ।

3.8 सारांश (Summary)

- संक्रमण तत्व वे होते हैं जिनके परमाणु या आयन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास में d-कक्षक अपूर्ण होते हैं ।
- संक्रमण तत्वों की तीन पूर्ण श्रेणियां होती हैं ।
- संक्रमण तत्वों का सामान्य बाह्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $(n-1)d^{1-10}ns^{0-2}$ होता है ।
- संक्रमण तत्व एक से अधिक ऑक्सीकरण अवस्थाएं प्रदर्शित करते हैं ।
- संक्रमण तत्व कठोर और उच्च गलनांकों वाले ठोस धातु होते हैं, जो विद्युत और ऊष्मा के सुचालक होते हैं ।
- एक संक्रमण श्रेणी के तत्वों में परमाण्वीय और आयनिक त्रिज्याओं में पहले थोड़ी सी क्रमिक कमी होती है । फिर साइज लगभग समान हो जाता है । अंत में साइज कुछ बढ़ जाता है ।
- संक्रमण तत्वों के आयन विभवों के मान एक श्रेणी में लगभग एक जैसे होते हैं ।
- संक्रमण तत्व उत्प्रेरकी गुणों वाले धातु हैं । इनका उपयोग उद्योगों में रसायनों के निर्माण में किया जाता ।
- संक्रमण तत्वों के यौगिक तथा उनके विलयन सामान्यत: रंगीन होते हैं ।
- अयुग्मित d इलेक्ट्रॉनों की उपस्थिति के कारण संक्रमण तत्व अनुचुम्बकीय गुण प्रदर्शित करते हैं ।
- छोटे आकार वाले परमाणु जैसे H, C और N संक्रमण तत्वों के क्रिस्टल जालकों के रिक्त स्थानों में स्थापित होकर अंतराकाशी यौगिक बनाते हैं ।
- अंतराकाशी यौगिक सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित नहीं करते । ये कठोर तथा संगत धातुओं से अधिक गलनांकों वाले होते हैं ।

- संक्रमण तत्व ऋणायन और उदासीन अणुओं से उपसहसंयोजक बंध बनाकर संकुल यौगिक बनाते हैं । जैसे $K_3[Fe(CN)_6]$ आदि ।
- लोहे में संक्रमण धातुओं का कुछ भाग मिलाकर विभिन्न प्रकार के स्टील प्राप्त किये जाते है । जिनके विशिष्ट गुण एवं उपयोग होते हैं ।
- संक्रमण धातु परस्पर मिश्रित होकर विभिन्न प्रकार के मिश्र धातु बनाते हैं, जिनके गुण अवयवी धातुओं से भिन्न और उत्तम होते हैं । मिश्र धातुओं के उदाहरण हैं - पीतल, गन मेटल, जर्मन सिल्वर, रोल्ड गोल्ड आदि ।

3.9 शब्दावली (Glossary)

- उत्तरोत्तर — एक के बाद एक अथवा एक एक करके
- इलेक्ट्रॉनिक विन्यास — परमाणु के विभिन्न कक्षकों मे इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था ।
- ऑक्सीकरण अवस्था — तत्व के परमाणु द्वारा इलेक्ट्रॉनों के देने, लेने या सहभाजन की क्षमता ।
- विद्युत ऋणात्मकता — परमाणु द्वारा बंधित इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी और आकर्षित करने की प्रवृत्ति ।
- संकुल यौगिक — अणुओं की निश्चित संख्या से उपसंयोजक बंधों द्वारा जूड़े रहते हैं ।
- नाभिकीय आवेश — परमाणु के नाभिक पर उपस्थित प्रोटोनों की संख्या के बराबर धन आवेश।
- परीक्षण प्रभाव — परमाणु के भीतरी कक्षकों में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों का बाहरी इलेक्ट्रॉनों के प्रति प्रतिकर्षण जो उन पर नाभिकीय आकर्षण को कम करता है ।

3.10 संदर्भ ग्रंथ (Reference Books)

1. रसायन भाग 1 कक्षा 12 (राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् नई दिल्ली)
2. रसायन विज्ञान, भाग 1, कक्षा 12, माध्यमिक शिक्षा बोर्ड राजस्थान, अजमेर
3. अकार्बनिक रसायन, एस चांद एंड कंपनी, नई दिल्ली

3.11 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers of Intext Questions)

1. d -कक्षक 2. परमाणु क्रमांक 21 से 29 वाले तत्व 3. $4d$ -कक्षक

4. (क) असत्य (ख) सत्य (ग) सत्य (घ) सत्य

5. (क) उत्कृष्ट गैस विन्यास $(n-1)d^{n-10}ns^{1-2}$

   (ख) 24 (ग) उच्च (घ) $4d$ तथा $5d$

6. (क) सत्य (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) सत्य

7. (क) सुचालक (ख) उच्च (ग) परिरक्षण (घ) उत्प्रेरक

8. (क) सत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (घ) असत्य

9. (क) सत्य (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) सत्य

10. (क) 10 से 20 प्रतिशत (ख) कॉपर और जिंक (ग) कॉपर और टिन (घ) गन मेटल

3.12 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1 संक्रमण तत्व किन्हें कहते हैं ?

2 संक्रमण तत्वों की आवर्त सारणी में क्या रिथति होती है ?

3 जिन्क. कैडमियम और मर्करी d-ब्लॉक के तत्व हैं, पर ये संक्रमण तत्व नहीं हैं । समझायें क्यों ?

4 प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों के नाम, संकेत, परमाणु क्रमांक और इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को सारणी के रूप मे लिखें ।

5 प्रथम संक्रमण श्रेणी के तत्वों की ऑक्सीकरण संख्याओं की सारणी बनायें तथा कारण बतायें कि ये तत्व एक से अधिक ऑक्सीकरण अवस्थाएं क्यों प्रदर्शित करते हैं ?

6 संक्रमण तत्वों मे आवर्त में बांये से दायें उनकी परमाणु त्रिज्यायें किस प्रकार परिवर्तित होती है ? परमाणु त्रिज्याओं का मान किन कारकों पर निर्भर करता है - संक्षिप्त वर्णन कीजिये ?

7 संक्रमण तत्वों का उत्प्रेरक के रूप में उपयोग उदाहरण देकर बताइये ।

8 संक्रमण तत्वों के यौगिक और उनके विलयन रंगीन क्यों होते हैं - कारण दीजिये ।

9 संक्रमण तत्व किस प्रकार का चुम्बकीय व्यवहार प्रदर्शित करते हैं तथा इस चुम्बकीय गुण का क्या कारण है ?

10 संक्रमण तत्व के परमाणु में 5 अयुग्मित इलेक्ट्रॉन उपस्थित है । इसके चुम्बकीय आधूर्ण की गणना आप कैसे करेंगे ।

11 निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियां लिखे -

(क) संक्रमण तत्वों के अंतराकाशी यौगिक

(ख) संक्रमण तत्वों के संकुल यौगिक

12 स्टील क्या होता है ? इसके विभिन्न प्रकारों के संघटन और उपयोग लिखें ।

13 मिश्र धातु क्या होते हैं ? संक्रमण धातुओं से बनाये जाने वाले किन्हीं तीन मिश्र धातुओं के संघटन और उपयोग दीजिये ।

14 संक्रमण तत्वों के गुणों पर एक लेख लिखें ।

इकाई 4

कार्बन की चतु:संयोजकता

Tetravalency of Carbon

इकाई की रूपरेखा

4.0 उद्देश्य
4.1 प्रस्तावना
4.2 कार्बन की चतु: संयोजकता
4.3 संकरण
4.4 sp^3 संकरण
4.5 संकरण
4.6 sp^2 संकरण
4.7 सरल कार्बनिकअणुओ की आकृति
4.8 सारांश
4.9 शब्दावली
4.10 संदर्भ ग्रंथ
4.11 बोध प्रश्नों के उत्तर
4.12 अभ्यासार्थ प्रश्न

4.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप-

- कार्बन की चतु: संयोजकता तथा कार्बनिक यौगिकों में कार्बन के विभिन्न प्रकार के संकरण को समझ सकेंगे ।
- इसमें कार्बन के मुख्य संकरण sp^3, sp^2 तथा sp समझ सकेंगे ।
- कार्बनिक अणुओं की संरचनाओं को विभिन्न प्रकार से लिख सकेंगे ।
- सरल कार्बनिक यौगिकों की आकृतियों को समझ सकेंगे ।

4.1 प्रस्तावना (Introduction)

कार्बन का एक अद्‌वितीय गुण होता है, जिसे 'श्रृंखलन' कहते हैं । इस कारण यह अन्य कार्बन परमाणुओं के साथ सह संयोजक बंध बनाता है । इस प्रकार के यौगिकों का अध्ययन रसायन शास्त्र की एक अलग शाखा के अंतर्गत किया जाता है, जिसे कार्बनिक रसायन कहते हैं । कार्बन की चतु संयोजकता तथा इसके द्‌वारा सहसंयोजक बंध निर्माण को इलेक्ट्रॉनीय विन्यास तथा 3 और 9 कक्षकों के संकरण के आधार पर समझाया जा सकता है । मेथेन (CH_4) एथीन (C_2H_4) तथा एथाइन (C_2H_2) के समान अणुओं की आकृतियों को कार्बन परमाणुओं द्‌वारा निर्मित क्रमश: sp^3, sp^2 तथा sp संकर कक्षकों की सहायता से स्पष्ट किया जा सकता है ।

4.2 कार्बन की चतु: संयोजकता (Tetravalency of Carbon)

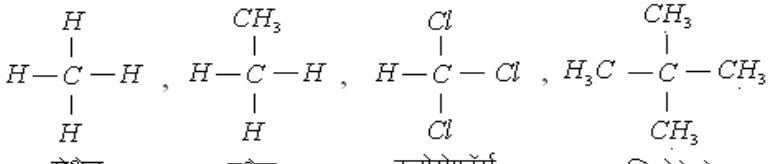
कैकुले का सिद्धांत : कैकुले ने कार्बन के लिए निम्न तथ्य दिए -

(i) कार्बन परमाणु सामान्यतया चतुर्संयोजकता प्रदर्शित करता है ।

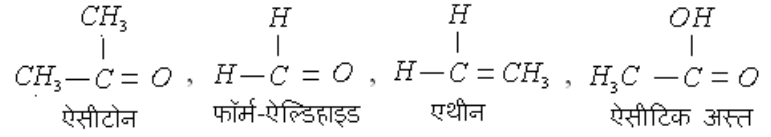
(ii) कार्बन परमाणु अन्य कार्बन परमाणुओं से बंधित होकर संवृत तथा विवृत श्रृंखला यौगिक बनाते है ।

(iii) कार्बन परमाणु द्विबन्ध अथवा त्रिबन्ध द्वारा दूसरे परमाणु से बंधित हो सकता है । समस्त शांत कार्बनिक यौगिकों में कार्बन की संयोजकता निरअपवाद रूप से चार होती है । चारों संयोजकताएँ अभिन्न होती हैं । एक कार्बन परमाणु निम्न प्रकार से बंधित हो सकता है ।

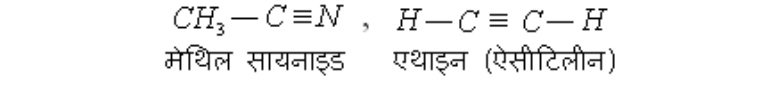
(अ) चार एकल सहसंयोजी परमाणुओं अथवा समूहों से कार्बन परमाणु का बंधना-



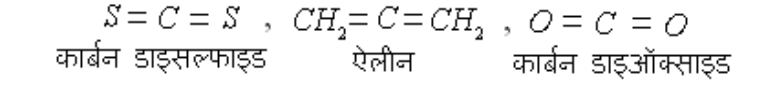
(ब) दो एकल सहसंयोजी तथा एक द्विसंयोजी परमाणुओं अथवा समूहों से कार्बन परमाणु का बंधना-



(स) एक एकल सहसंयोजी तथा एक त्रिसंयोजी परमाणु अथवा समूह से कार्बन परमाणु का बंधना-

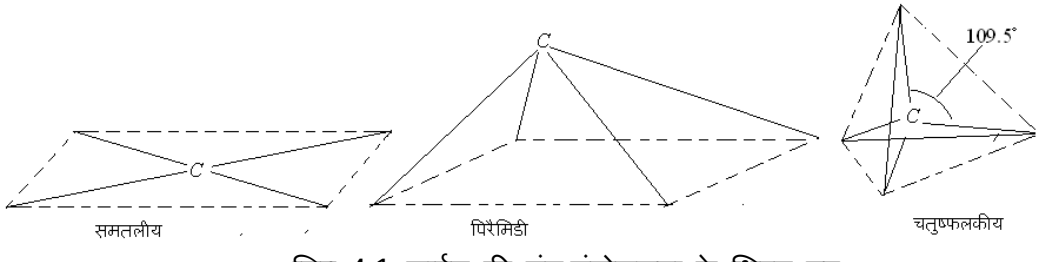


(द) दो द्विसंयोजी परमाणुओं अथवा समूहों से कार्बन परमाणु का बंधना-



4.2.1 वान्ट हॉफ तथा लबेल सिद्धांत-

कैकुले द्वारा वर्णित कार्बन की संयोजकता के लिए निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि कार्बन की चारों संयोजकतायें एक ही तल में होती हैं । इसके द्वारा कार्बनिक यौगिकों के भिन्न गुणों को समझा जा सकता हैं । एक कार्बन परमाणु की चारों- संयोजकताओं को भिन्न आकृतियों में व्यवस्थित किया जा सकता है जिन्हें चित्र 4.1 में प्रदर्शित किया गया हैं ।



चित्र 4.1 कार्बन की चंतुःसंयोजकता के भिन्न रूप

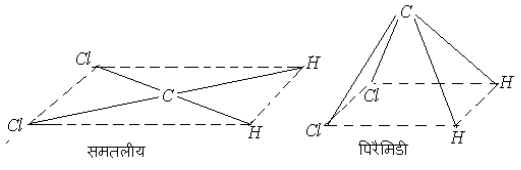
(अ) **समतलीय रूप-** इस विन्यास में कार्बन तथा चारों प्रतिस्थापी परमाणु या समूह एक ही तल में होते हैं ।

(ब) **पिरैमिडी रूप -** इस विन्यास में चारों प्रतिस्थापी परमाणु या समूह एक वर्ग के चारों कोनों पर स्थित होते है तथा कार्बन परमाणु इस वर्ग तल के ऊपर अथवा नीचे होता हैं।

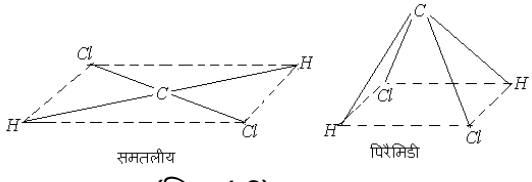
(स) **चतुष्फलकीय रूप-** इस विन्यास में चारों प्रतिस्थापी परमाणु या समूह एक चतुष्फलक के चार शीर्षों पर स्थित होते हैं । कार्बन परमाणु इस चतुष्फलक के केन्द्र पर स्थित होता हैं । इसमें चार त्रिभुजाकर फलक होते हैं । इसमें एक फलक आधर होता है और तीन कोनों को एक शीर्ष से मिला देने पर अन्य त्रिभुजाकर फलक बन जाते हैं ।

कार्बन की चारों संयोजकताएँ परस्पर समान होती हैं । उदाहरण के लिए, मेथेन (CH_4) के चारों हाइड्रोजन परमाणुओं की प्रकृति समान होती हैं । Ca_2b_2 प्रकार के यौगिकों का कोई समावयवी रूप नहीं होता । उदाहरण के लिए डाइक्लोरोमेथेन, CH_2Cl_2 के समतलीय तथा पिरैमिडी रूपों के अनुसार इस प्रकार के यौगिकों के लिए निम्नलिखित दो समावयवी सूत्र संभव हैं

(i) एक वह जिसमें दोनों समान प्रतिस्थापी (H अथवा Cl) एक - दूसरे के निकट हों, जैसा चित्र 4.2 में दिखाया गया हैं ।



(चित्र 4.2)



(चित्र 4.3)

(ii) दूसरा वह जिसमें दोनों समान प्रतिस्थापी विकर्णत: उपस्थित हों, जैसा चित्र 4.3 मे दिखाया गया हैं ।

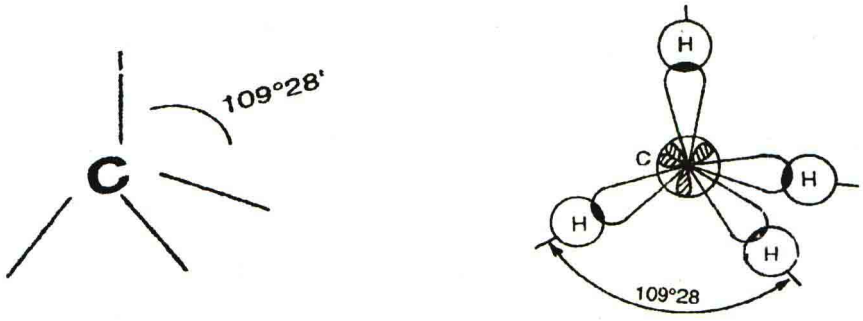
Ca_2b_2 जैसे यौगिकों, उदाहरण के लिए CH_2Cl_2, के लिए एक से अधिक यमसवयवी नहीं प्राप्त किए गए है । अत: लबेल एवं वान्ट हॉफ ने सन् 1874 में बताया कि -

(i) कार्बन की चारों संयोजकतायें समचतुष्फलक के चारों शीर्षों की ओर निर्देशित होती हैं और कार्बन परमाणु समचतुष्फलक के केन्द्र में होता है । (चित्र 4.4)

(ii) कार्बन की चारों संयोजकतायें समान होती हैं ।

(iii) इन संयोजकताओं के मध्य $109^{\circ}8^{1}$ का बन्ध कोण होता हैं ।

इलेक्ट्रॉन - विवर्जन द्वारा कार्बन यौगिकों की समचतुष्फलक संरचना और बन्ध-कोण प्रमाणित किए जा चुके हैं ।



चित्र 4.4 समचतुष्फलक बनाती कार्बन की चार सयोजकताएं

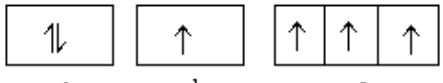
4.3 संकरण (Hybridisation)

जब किसी एक परमाणु के कक्षक आपस में इलेक्ट्रॉन घनत्व की पुनर्व्यवस्था करके अन्तरिक्ष मे पुनर्विनयासित हो जाते हैं तो यह क्रिया संकरण कहलाती हैं । इस प्रकार बने कक्षकों को संकर कक्षक कहते हैं । किसी अणु की आकृति भी संकर कक्षकों के विन्यास पर निर्भर करती हैं । उदाहरण के लिए कार्बन का इलेक्ट्रॉनीय विन्यास निम्नलिखित है :

कार्बन, परमाणु (आदय अवस्था)
परमाणु क्रमांक 6

आधुनिक अवधाराणाओं के अनुसार किसी तत्व की संयोजकता अयुग्मित इलेक्ट्रॉनों की वह संख्या है, जो अणु, बनने मे युग्मित होते हैं । कार्बन के इलेक्ट्रॉनिक को देखते हुए हम कह सकते हैं कि कार्बन की संयोजकता दो होनी चाहिए, क्योंकि इसके पास अयुग्मित इलेक्ट्रॉन की संख्या दो ही हैं किन्तु यह सर्वमान्य तथ्य है कि कार्बन एक चतु: संयोजी तत्व है, अत: कार्बन में चार अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होने चाहिए । जब कार्बन -कोई यौगिक बनाता है अर्थात् रासायनिक क्रिया में भाग लेता है तो उसे ऊर्जा दी जाती हे, जिससे $2s$ कक्षक का एक युग्मित इलेक्ट्रॉन उत्तेजित होकर रिक्त $2p$ कक्षक मैं चला जाता है । अत: चार अयुग्मित इलेक्ट्रॉन हो जाते हैं और कार्बन एक चतु संयोजी तत्व के रूप में यौगिक बनाता है ।

कार्बन (उत्तेजित अवस्था)



इस प्रकार चार अयुग्मित इलेक्ट्रॉन एक $2s$ में तथा तीन $2p$ कक्षकों में उपलब्ध हैं। यदि इस अवस्था में चारों कक्षक अतिव्यापन करके चार सहसंयोजी बन्ध बनाते हैं, तो उनमें तीन की प्रकृति चौथे बन्ध से अलग होनी चाहिए क्योंकि तीन बन्ध p कक्षकों के अतिव्यापन से बनेंगे, जबकि चौथा बन्ध s कक्षक के अतिव्यापन से बनेगा । परन्तु ऐसा नहीं होता, मेथेन में चारों बन्ध एक समान होते हैं । इसे समझाने के लिए **पॉलिंग** ने 1931 में संकरण की अवधारणा दी । इसके अनुसार रासायनिक क्रिया में भाग लेने से पहले कक्षकों का संकरण होता है ।

संकरण में कुछ कक्षक जिनकी ऊर्जा लगभग समान है, वे परस्पर मिलकर उतने ही नए कक्षक बनाते हैं जिनकी ऊर्जा व आकार बिल्कुल समान होते है । इस प्रकार बने हुए नए

कक्षकों को संकर या संकरित कक्षक तथा इस प्रक्रिया को संकरण कहते हैं । संकर कक्षक अधिक दिशात्मक होते हैं, और प्रभावी अतिव्यापन कर सकते हैं । इनसे बनने वाले बंध मजबूत सहसंयोजक बन्ध होते हैं । संकरण के लिए ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है, किन्तु संकरित कक्षक के अतिव्यापन से प्रबल बन्ध बनते हैं और इसमें इतनी ऊर्जा निकलती है कि संकरण प्रक्रिया आसानी से चलती रहती है । कक्षकों के संकरण के लिए कुछ नियम हैं, जो निम्नलिखित हैं

1. संकरण में भाग लेने वाले कक्षक लगभग समान ऊर्जा तथा मूल कक्षकों से भिन्न आकृति वाले होते हैं ।
2. संकरित कक्षकों की संख्या संकरण में भाग लेने वाले कक्षकों की संख्या के बराबर होती है ।
3. संकरण में परमाणु कक्षक भाग लेते है । अत: संकरण में पूर्णरूप से भरे, आधे भरे अथवा रिक्त कक्षक भाग ले सकते हैं ।
4. संकरित कक्षक ऊर्जा एवं आकृति में समान होते हैं परन्तु त्रिविमीय आकाश में उनका विन्यास भिन्न होता हैं ।
5. संकरण के प्रकार को प्रदर्शित करने के लिए हम संकरण में भाग लेने वाले कक्षकों के संकेत के ऊपर उनकी संख्या प्रदर्शित करते हैं । उदाहरण के लिए sp^3 संकरण में भाग लेने वाले एक s एवं तीन p - कक्षक हैं । sp^3 संकरित कक्षकों में $25\%s$ तथा $75\%p$ लक्षण पाया जाता है ।
6. किसी परमाणु के लिए एक निश्चित प्रकार का संकरण निर्धारित नहीं किया जा सकता। संकरण का प्रकार रासायनिक वातावरण पर निर्भर करता है । उदाहरण के लिए कार्बन परमाणु क्रमश: sp^3, sp^2 तथा sp प्रकार के संकरण प्रदर्शित करता है ।

बोध प्रश्न :

1. कार्बन की संयोजकता कितनी होती है ?
2. एक समचतुष्फलक मे कार्बन की संयोजकताओं के मध्य बंध कोण कितना होता है ?
3. उस प्रक्रम का नाम बताइये जिससे समान आकृति व ऊर्जा के कक्षक प्राप्त होते है,
4. सही विकल्प से रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये । सही शब्द या शब्द समूह की चयन के साथ दिये गए कोष्ठक से करे ।

(i) संकर कक्षक अधिक _____ होते है । (दिशात्मक /अदिशात्मक)

(ii) संकरित कक्षकों के अतिव्यापन से _____ बंध प्राप्त होते है । (प्रबल/दुर्बल)

(iii) संकरित कक्षों की संख्या संकरण मे भाग लेने वाले कक्षकों की संख्या _____ होती है । (के बराबर/से कम)

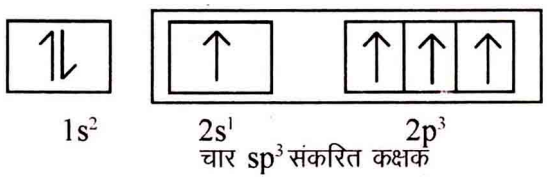
(iv) संकरण मे _____ भाग लेते है । (इलेक्ट्रॉन/परमाणु कक्षक)

(v) संकरण की अवधारणा _____ ने दी थी । (पॉलिंग/वाण्ट हॉफ)

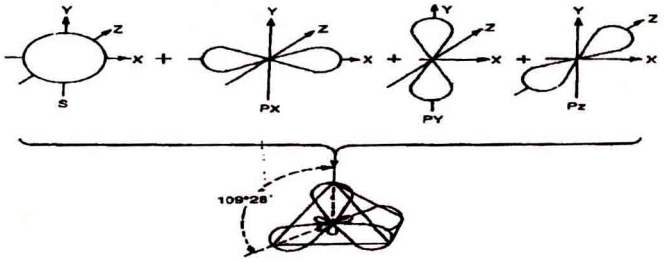
4.4 sp^3 संकरण (sp^3 *Hybridisation*)

sp^3 संकरण को चतुष्फलकीय संकरण भी कहते हैं । उत्तेजित अवस्था में कार्बन में चार अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होते हैं । संकरण मे एक s तथा तीन p परमाण्वीय कक्षक भाग लेते हैं । इसे sp^3 संकरण कहते हैं । चार sp^3 संकर कक्षक समान आकृति एवं ऊर्जा वाले होते हैं ।

कार्बन (उत्तेजित अवस्था)



चार sp^3 संकरित कक्षक



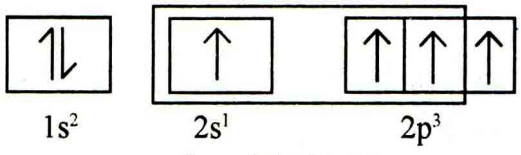
चित्र 4.5 : संकर sp^3 कक्षकों का बनना

sp^3 संकर कक्षकों में 25% s लक्षण एवं 75% p लक्षण होते हैं । चारों sp^3 कक्षक विकर्षण के कारण एक दूसरे से अधिकतम दूरी पर होते हैं, अत: बन्ध कोण $109^\circ 28^1$ का होता है । अणु की आकृति चतुष्फलकीय होती है (चित्र 4.5) । यह संकरण ऐल्केनों में पाया जाता है ।

4.5 sp^2 संकरण (sp^2 Hybridisation)

sp^2 संकरण को त्रिकोणी संकरण भी कहते है ।उत्तेजित अवस्था में कार्बन के पास चार अयुग्मित इलेक्ट्रॉन होते हैं । संकरण में एक s तथा दो p परमाणवीय कक्षक भाग लेते हैं । इसे sp^2 संकरण कहते हैं ।

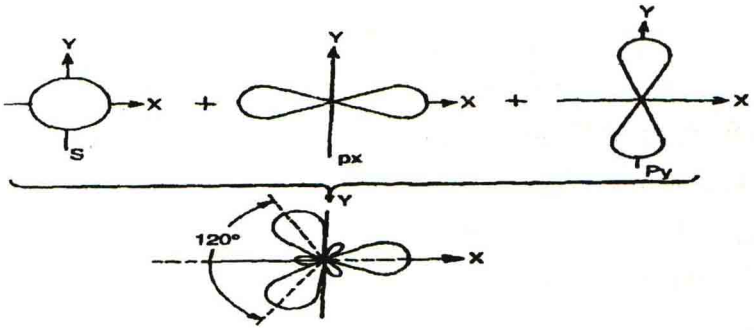
कार्बन (उत्तेजित अवस्था)



तीन sp^2 संकरित कक्षक

इस प्रकार बने तीन sp^2 संकर कक्षक एक ही तल में समतलीय त्रिकोणीय विन्यास में व्यवस्थित होते हे ।दो sp^2 कक्षक परस्पर 120° का कोण बनाते हैं ।(चित्र 4.6) इसमें 33.3% s - लक्षण तथा 66.7% p - लक्षण होता है । pz कक्षक संकरण में भाग नहीं लेता तथा अपनी मौलिक डम्बली आकृति को बनाए रखता है । pz कक्षक तीन sp^2 संकर कक्षकों वाले तल के लम्बवत् होता है । यह कक्षक दूसरे कार्बन के pz कक्षक से परस्पर पार्श्व अतिव्यापन

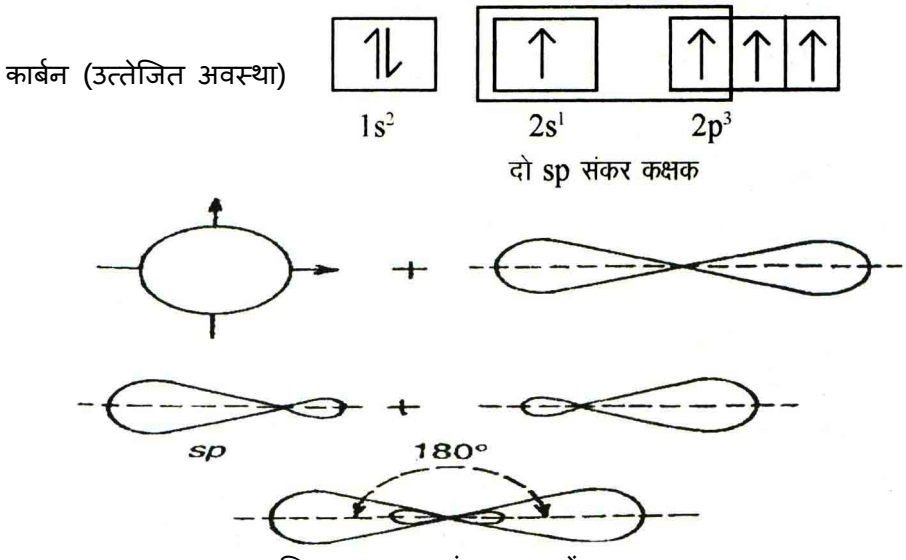
करके पाई (π) बन्ध बनाते हैं जो o बन्ध के चारों ओर फैला हुआ होता है । sp^2 संकरण एल्कीनों में पाया जाता है ।



चित्र 4.6 : sp^2 संकर कक्षकों का बनना

4.6 *sp* संकरण (sp Hybridisation)

sp संकरण को विकर्ण या रेखीय संकरण कहते हैं । उत्तेजित अवस्था में कार्बन के पास चार अयुग्मित इलैक्ट्रॉन होते है । संकरण मैं एक *s* तथा *p* परमाण्वीय कक्षक भाग लेता है । इससे समान आकृति व ऊर्जा वाले दो *sp* कक्षक बनते हैं । इसे *sp* संकरण कहते हैं । दो *sp* कक्षकों के मध्य 180° का कोण होता है अर्थात् *sp* संकरण रेखीय आकृति का होता है । इसे चित्र 4.7 में प्रदर्शित किया गया है ।



चित्र 4.7 *sp* संकर कक्षकों का बनना

यदि यह मान लें कि $2s$ के साथ $2px$ कक्षक संकरण. करता है तो इस स्थिति में *py* एवं *pz* कक्षक संकरण प्रक्रिया में भाग नहीं लेते हैं, अत: वे अपनी मौलिक डम्बली आकृति को बनाए रखते हैं । यह *sp* संकर कक्षक के अक्ष पर लम्बवत होते हैं । दोनो कक्षक *py* एवं *pz* क्रमश: दूसरे कार्बन के *py* एवं *pz* क्रमश: कक्षकों से पार्श्व अतिव्यापन करके एक बेलनाकार पाई इलेक्ट्रॉन अभ्र बनाते हैं । यह o बंध के चारो ओर फैला हुआ होता है ।

बेलनाकार पाई इलेक्ट्रॉन अभ्र दो पाई बंध से बनता है । sp संकरण में 50% और 50% लक्षण होता है ।

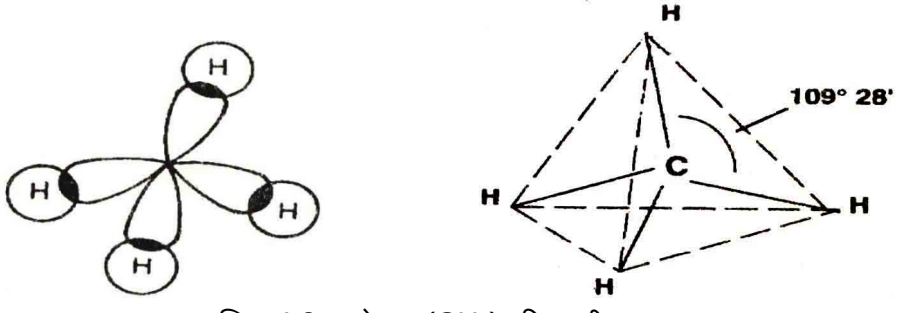
बोध प्रश्न :

5. कार्बन की आद्य अवस्था में कितने इलेक्ट्रॉन अयुग्मित अवस्था में होते हैं ?
6. sp^2 संकरण अवस्था में संकर कक्षकों के बीच कोण कितना होता है?
7. कार्बन परमाणु में sp संकरण में कितने कक्षक असंकरित रहते हैं?
8. कार्बन परमाणु मे sp^2 संकरण मे असंकरित कक्षकों के पार्श्व अतिव्यापन से किस प्रकार का बंध बनता है?
9. sp^2 संकरण में समान आकृति एवं ऊर्जा वाले कितने संकर कक्षक प्राप्त होते हैं?
10. संकर कक्षकों के अन्य कक्षकों के साथ अतिव्यापन से किस प्रकार का बंध बनता हो?

4.7 सरल कार्बनिक अणुओं की आकृति (Shapes of simple organic molecules)

4.7.1 मेथेन की कक्षीय संरचना :

मेथेन के एक अणु में कार्बन परमाणु चार हाइड्रोजन परमाणुओं से जुड़ा है, अत: यह चार o बंध बनाएगा और इसमें sp^3 संकरण होता है । कार्बन के चार sp^3 संकरित कक्षक चार हाइड्रोजन परमाणुओं के s कक्षकों के साथ अतिव्यापन कर o बन्ध बनाते हैं । मेथेन एक चतुष्फलकीय अणु है जिसके केन्द्र मे कार्बन परमाणु एवं चारो कोनों पर चार हाइड्रोजन परमाणु होते हैं (चित्र 4.8) ।

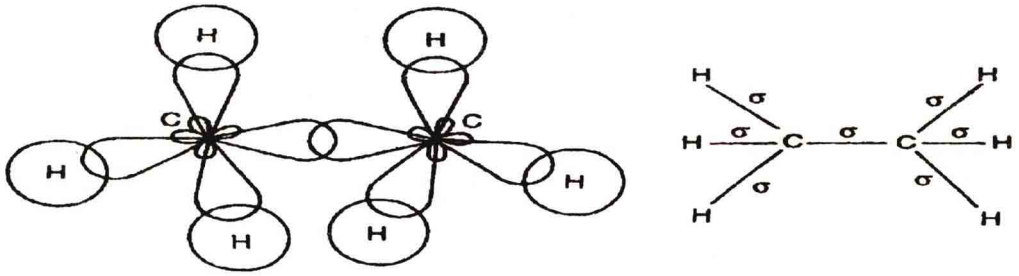


चित्र 4.8 : मेथन (CH_4) की कक्षीय सनरचना

CH_4 कुल चार o बन्ध हैं जो sp^3 - s अतिव्यापन से बनते हैं ।

4.7.2 एथेन की कक्षीय संरचना:

इसमें प्रत्येक कार्बन के तीन sp^3 संकर कक्षक तीन हाइड्रोजन परमाणुओं के तीन s कक्षकों से अतिव्यापन करते हैं तथा एक कार्बन परमाणु का चौथा sp^3 संकर कक्षक दूसरे कार्बन परमाणु के sp^3 संकर कक्षक से अतिव्यापन कर o बन्ध बनाता हैं (चित्र 4.9) ।



चित्र 4.9 : एथेन की कक्षीय सनरचना

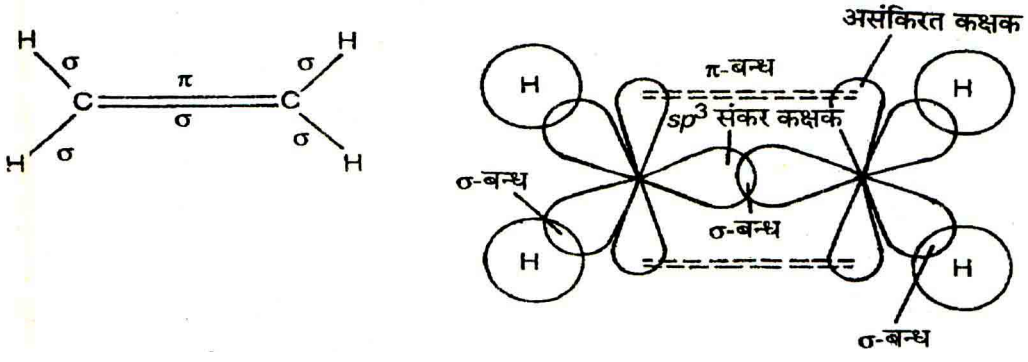
एथेन अणु में $sp^3 - s$ अतिव्यापन से दोनों C एवं छः H परमाणुओं के मध्य 6 o बंध बनते हैं तथा $sp^3 - sp^3$ अतिव्यापन से दोनों C परमाणुओं के मध्य एक o बंध बनता है । इस प्रकार एथेन में कुल 7 o बंध हैं ।

4.7.3 एथीन की कक्षीय संरचना :

इसमें प्रत्येक कार्बन परमाणु के दो sp^2 संकर कक्षक हाइड्रोजन परमाणुओं के दो s कक्षकों से अतिव्यापन करके o बंध बनाते हैं । कार्बन परमाणुओं के शेष sp_2 संकर कक्षक परस्पर अतिव्यापन करके o बंध बनाते हैं । कार्बन परमाणुओं के असंकरित p-कक्षक समपार्श्विक अतिव्यापन से π बंध बनाते हैं । अत: अणु की ज्यामिति समतल त्रिकोणीय होती है तथा बंध कोण 120° होता है (चित्र 4.10) ।

एथीन अणु में $sp^2 - s$ अतिव्यापन से दोनों C एवं चार H परमाणुओं के मध्य 4 o बंध बनते हैं तथा $sp^2 - sp^2$ अतिव्यापन से दोनों C परमाणुओं के मध्य एक o बंध, बनता है । इस प्रकार कुल 5 o बंध होते है ।

कार्बन परमाणुओं के मध्य असंकरित कक्षकों के समपार्श्विक अतिव्यापन से एक π - बंध बनता है ।



चित्र 4.10 एथीन (C_2H_2) की कक्षीय संरचना

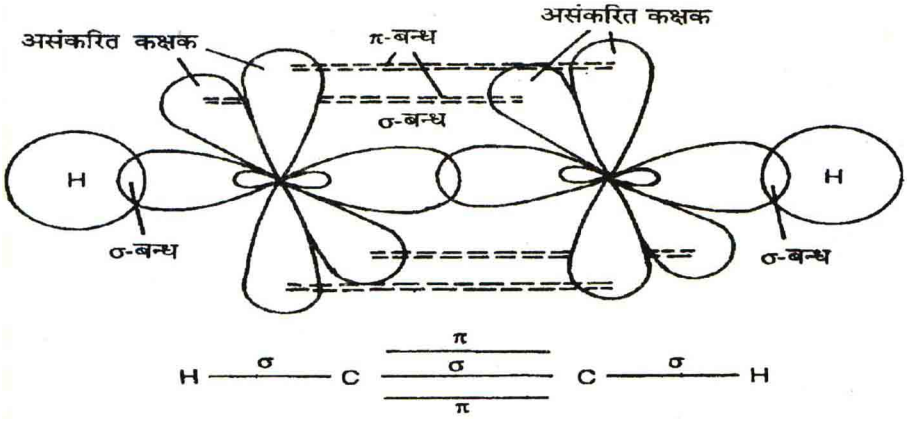
4.7.4 एथाइन की कक्षीय संरचना :

इसमें प्रत्येक कार्बन का sp संकर कक्षक हाइड्रोजन के s - कक्षक के साथ अतिव्यापन करता है । दूसरा sp संकर कक्षक दूसरे कार्बन के sp संकर कक्षक के साथ अतिव्यापन कर o बंध बनाता है ।(चित्र 4.11) दो p - कक्षक संकरण में भाग नहीं लेते । ये कक्षक अणु के अक्ष पर लंबवत् होते हैं । दोनों कार्बन के असंकरित p - कक्षक समपार्श्विक

अतिव्यापन से बेलनाकार पाई इलेक्ट्रॉन अभ्र बनाते हैं जो o बंध के चारों और होता है । अणु की ज्यामिती रेखीय तथा बंध कोण 180° होता है ।

एथाइन अणु में sp^{-s} अतिव्यापन से दोनों C एवं H परमाणुओं के मध्य 2 o बंध बनते हैं तथा $sp-sp$ अतिव्यापन से दोनों C परमाणुओं के मध्य एक o बंध बनता है । इस प्रकार कुल तीन o बंध होते हैं ।

असंकरित $p-$कक्षकों के समपार्श्विक अतिव्यापन से दोनों कार्बन परमाणुओं के मध्य दो π बंध बनते है ।



चित्र 4.11 एथाइन (C_2H_2) की कक्षकीय संरचना

4.8 सारांश (Summary)

- कैकुले सिद्धांत के अनुसार कार्बनिक यौगिकों मे कार्बन चतु: संयोजी होता है ।
- कार्बन परमाणु चार एक संयोजी, दो एकल तथा एक द्विसंयोजी, एक एकल तथा एक त्रिसंयोजी अथवा दो द्विसंयोजी परमाणुओं या समूहों से जुड़ा होता है ।
- वांट हॉफ लबेल सिद्धांत के अनुसार कार्बन की चार संयोजकताएं चतुष्फलक के चार शीर्षों की ओर निर्देशित होते हैं तथा कार्बन परमाणु चतुष्फलक के मध्य स्थित रहता है। H_2O
- असमान आकृति तथा लगभग समान ऊर्जा वाले कक्षक आपस में मिलकर उतनी ही संख्या में समान आकृति तथा समान ऊर्जा के नए कक्षक बनाते हैं । इसे संकरण कहते हैं, तथा बनने वाले कक्षकों का संकर कक्षक कहते हैं ।
- कार्बन मे संकरण निम्न प्रकार का होता है जिसकी आकृति व बंध कोण निम्न है ।

संकरण	आकृति	बंध कोण.
sp^3	चतुष्फलकीय	$109^{\circ}28^{1}$
sp^2	समतल त्रिकोणीय	120°
sp	रेखीय	180°

4.9 शब्दावली (Glossary)

1. O-बंध : कक्षकों के समक्ष अतिव्यापन से बनने वाला बंध ।
2. π-बंध : कक्षकों के समपार्श्विक अतिव्यापन से बनने वाला बंध ।
3. संकरण : असमान आकृति तथा लगभग समान ऊर्जा वाले कक्षकों का मिलकर उतनी ही संख्या में समान आकृति तथा समान ऊर्जा के नए कक्षक बनाना ।
4. बंध कोण : अणु के दो सन्निकट बंधों के मध्य कोण ।
5. कक्षक : अंतरिक्ष का वह क्षेत्र जिसमें इलेक्ट्रॉन के पाए जाने की सर्वाधिक संभावना हो।
6. परमाण्वीय कक्षक : किसी एक नाभिक से बंधा हुआ कक्षक ।

4.10 संदर्भ ग्रंथ (Reference books)

1. Organic Chemistry-Morrison, Boyd
2. Organic Chemistry-Bahal and Bahal
3. Organic Chemistry-Mehrotra,Vishnoi

4.11 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers to text questions)

1. चार 2. $109^{\circ}28'$ 3. संकरण

4. (i)दिशात्मक (ii) प्रबल (iii)के बराबर (iv)परमाणु कक्षक (v)पॉलिंग
5. दो 6. 120° 7. दो p कक्षक 8. बंध 9. चार 10. σ-बंध

4.12 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise question)

1. संकरित कक्षक किस प्रकार का बंध बनाते हैं ?
2. मेथेन अणु की ज्यामिति किस प्रकार की है ?
3. संकरण की परिभाषा दीजिए ।
4. निम्नलिखित यौगिकों में कितने o एवं π बंध हैं एवं प्रत्येक कार्बन परमाणु का संकरण दर्शाइए ।

   (i) CH_4 (ii) $HC=CH$ (iii) $H_2C=C=CH-C=CH$
5. s एवं p - कक्षकों में कितने प्रकार के संकरण होते है ? उदाहरण देकर सचित्र व्याख्या कीजिए ।
6. निम्नलिखित की कक्षीय संरचना बनाइए -

   (i) एथीन (ii) एथाइन
7. कार्बन के प्रत्येक संकरण की आकृति एवं बंध कोण दीजिए ।
8. परमाणवीय कक्षकों के संकरण के मुख्य नियम क्या हैं?
9. वांट हॉफ तथा ली-बेल का सिद्धांत क्या है?
10. कार्बन की चतु: संयोजकता को समझाइए ।

इकाई 5

कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण तथा नामकरण

Classification and Nomenclature of Organic Compounds

इकाई की रूप रेखा

5.0 उद्देश्य

5.1 प्रस्तावना

5.2 कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण

5.3 हाइड्रोकार्बन मूलक

5.4 सजातीय श्रेणी

5.5 कार्बनिक यौगिकों में कार्बन परमाणु और हाइड्रोजन परमाणु के प्रकार

5.6 कार्बनिक यौगिकों का नामकरण

5.7 सारांश

5.8 शब्दावली

5.9 संदर्भ ग्रंथ

5.10 बोध प्रश्नों के उत्तर

5.11 अभ्यासार्थ प्रश्न

5.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप समझ पायेंगे-

- कार्बनिक यौगिक के विभिन्न वर्गों को ।
- क्रियात्मक समूहों और हाइड्रोकार्बन मूलकों को, जो कार्बनिक यौगिकों के महत्वपूर्ण भाग होते हैं ।
- सजातीय श्रेणी उसका महत्व ।
- कार्बनिक यौगिकों का विभिन्न पद्धतियों द्वारा उनका नामकरण कैसे किया जाता है ।
- कार्बनिक यौगिकों मैं कार्बन और हाइड्रोजन परमाणुओं की स्थितियों के अनुसार वह कितने प्रकार के हो सकते है ।

5.1 प्रस्तावना (Introduction)

कार्बनिक यौगिकों की संख्या लाखों में है और इनका अध्ययन संख्या को देखते हुए सरल नहीं है । कार्बन परमाणु परस्पर जुड़कर लम्बी श्रृंखलाएं बनाने का गुण रखते है । इसलिये कई प्रकार के कार्बनिक यौगिक प्रकृति में उपस्थित हैं और प्रयोगशाला में भी बनाये जा चुके हैं । इनके अध्ययन को सरल बनाने हेतु इनका वर्गीकरण किया जाता है और फिर विभिन्न वर्गो का अलग से अध्ययन किया जाता है । लाखों की संख्या मे उपलब्ध कार्बनिक

यौगिकों के नाम रखना भी सरल कार्य नही है । इसके लिये भी विशेष पद्धतियां हैं, जिनका अध्ययन आप इस इकाई में करेंगे । आप में यह क्षमता विकसित होगी कि आप नाम के आधार पर यौगिक का सूत्र लिख सकें या सूत्र के आधार पर नाम लिख सकें ।

5.2 कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण (Classification of Organic Compounds)

कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण कई प्रकार से किया जा सकता है । यहाँ आप दो प्रकार से वर्गीकरण करना सीखेंगे - क्रियात्मक समूह के आधार पर वर्गीकरण और संरचना के आधार पर वर्गीकरण ।

5.2.1 क्रियात्मक समूह के आधार पर वर्गीकरण :

किसी कार्बनिक यौगिक में विशिष्ट प्रकार से जुड़ा परमाणु या परमाणु समूह, जो कार्बनिक यौगिक के अभिलाक्षणिक रासायनिक गुणों के लिये उत्तरदायी होता है, क्रियात्मक समूह कहलाता है । उदाहरण के लिये ऐल्कोहॉल में हाइड्रोक्सिल $-OH$ समूह, ऐल्डिहाइडों में ऐल्डिहाइड ($-CHO$) समूह, आदि । क्रियात्मक समूह के आधार पर कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण संक्षेप में सारणी 5.1 में दिया गया हे ।

सारणी 5.1 : क्रियात्मक समूह आधारित वर्गीकरण

क्रम संख्या	कार्बनिक यौगिक का वर्ग	क्रियात्मक समूह	उदाहरण
1.	हाइड्रोकार्बन (i) ऐल्केन (ii) ऐल्कीन (iii) ऐल्काइन	 -- द्विबन्ध त्रिबन्ध	 मेथेन (CH_4), ऐथेन (C_2H_6) एथीन $(CH_2 = CH_2)$ एथाइन $(CH \equiv CH)$
2.	ऐल्किल हैलाइड या हैलो ऐल्केन	हैलो (फ्लुओरो, क्लोरो, ब्रोमो, आयडो)	मेथिल क्लोराइड या क्लोरोमेथेन, (CH_3Cl) ,एथिल ब्रोमाइड या ब्रोमोएथेन, (C_2H_5Br)
3.	ऐल्कोहॉल या ऐल्केनॉन	हाइड्रोक्सी $(-OH)$	मेथिल ऐल्कोहॉल अथवा मेथेनॉल (CH_3OH)
4.	ईथर या एल्कोक्सीएल्केन	ईथर $(-O-)$	एथिलमेथिल ईथर या मेथॉक्सी एथेन $(CH_3 - O - C_2H_5)$
5.	ऐल्डिहाइड या ऐल्केनॉल	एल्डिहाइड $(-CHO)$	ऐसीटेयल्डिहाइड या ऐथेनैल (CH_3CHO)
6.	किटोन या ऐल्केनॉन	कार्बोनिल $(\rangle C = O)$	ऐसीटोन या प्रोपेनोन (CH_3COCH_3)
7.	कारबोक्सिलिक अम्लया ऐल्केनोइक अम्ल	कार्बोक्सिलीक $(-COOH)$	ऐसीटिक अम्ल या एथेनोइक अम्ल (CH_3COOH)

8.	एस्टर या ऐल्किल अम्ल	एस्टर $(-C-OR)$	ऐथिल ऐसीटेट या ऐथिल एथेनोयट $(CH_3COOC_2H_5)$
9.	ऐसिड एनहाइड्राइड या ऐल्केनोइक एनहाइड्राइड	ऐनहाइड्राइड $(-C-O-C-)$	ऐसीटिक ऐनहाइड्राइड या एथेनोइक ऐनहाइड्राइड $(CH_3-C-O-C-CH_3)$
10.	एमाईड	ऐमीडो $(-C-NH_2)$	ऐसीट-ऐमाइड (CH_3-C-NH_2)
11.	ऐल्किल सायनाइड	सायनो $(-CN)$	मेथिल सायनाइड (CH_3CN)
12.	ऐल्किल आइसोसायनाइड	आइसोसायनो $(-NC)$	मेथिल आइसोसायनाइड (CH_3NC)
13.	ऐल्किल ऐमीन	ऐमीनो $(-NH_2)$	ऐथिल ऐमी $(C_2H_3NH_2)$
14.	ऐल्केन सल्फोनिक अम्ल	सल्फोनिक अम्ल $(-SO_3H)$	ऐथिल सल्फोनिक अम्ल $(C_2H_5SO_3H)$

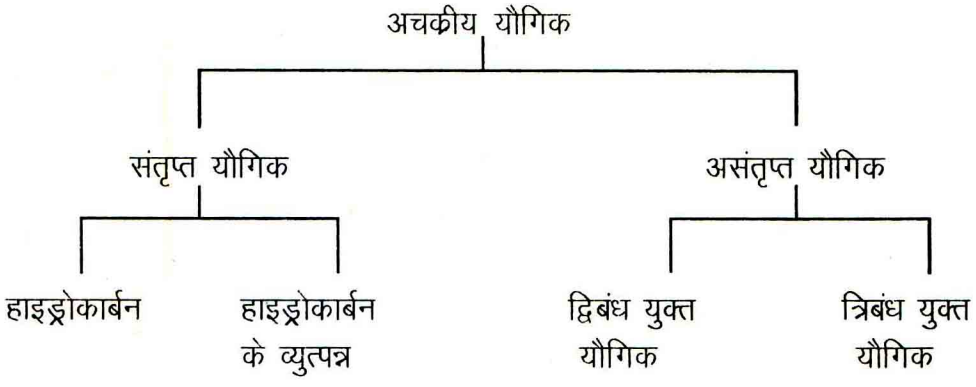
5.2.2 संरचना के आधार पर वर्गीकरण :

कार्बनिक यौगिकों में कार्बन श्रृंखला की संरचना के आधार पर कार्बनिक यौगिकों को दो प्रमुख वर्गों में बांटा जा सकता है -

- अचक्रीय, विवृत श्रृंखला अथवा ऐलिफैटिक यौगिक
- चक्रीय , संवृत श्रंखला ठाथवा वलय यौगिक

(1) अचक्रीय, विवृत श्रृंखला अथवा ऐलिफैटिक यौगिक

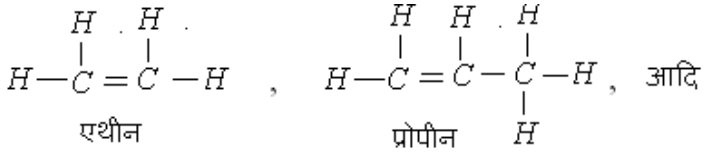
इस प्रकार के यौगिकों मे कार्बन श्रंखला के सिरे खुले रहते है । इस प्रकार के यौगिक प्रारम्भ मे वसा (fat) रो प्राप्त किये जाते थे, अत: इन्हें ऐलिफैटिक यौगिक कहा गया । इन यौगिकों को अन्य वर्गो में निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जा सकता है ।



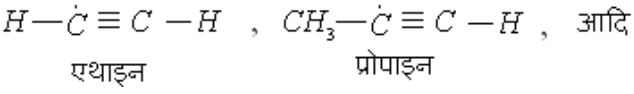
संतृप्त यौगिकों में सभी कार्बन परमाणु परस्पर एकल बंधो से जुड़े होते हैं । इनमें कार्बन परमाणु कार्बन के अतिरिक्त किसी अन्य तत्व के परमाणु के साथ द्वि अथवा त्रि-बंध बना सकता है ।

हाइड्रोकार्बन यौगिकों में केवल कार्बन और हाइड्रोजन तत्व होते हैं । हाइड्रोकार्बन भी संतृप्त तथा असंतृप्त होते हैं । संतृप्त हाइड्रोकार्बन के उदाहरण मेथेन, एथेन, आदि हैं तथा इनका सामान्य सूत्र C_nH_{2n+2} होता है । असंतृप्त हाइड्रोकार्बन दो प्रकार के होते हैं -

(क) **द्विबंध युक्त हाइड्रोकार्बन** - इन यौगिकों में एक द्विबंध होता है तथा इनका सामान्य सूत्र C_nH_{2n} होता है । इनके उदाहरण है-



(ख) **त्रिबंध युक्त हाइड्रोकार्बन -** इन यौगिकों में एक त्रिबंध होता है तथा इनका सामान्य सूत्र C_nH_{2n-2} होता है । इनके उदाहरण हैं

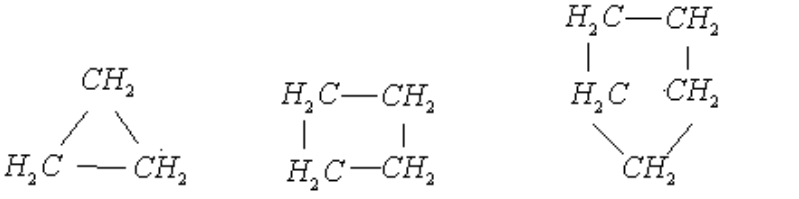


(2) **चक्रीय, संवृत श्रंखला अथवा वलय यौगिक** : चक्रीय यौगिकों में कार्बन परमाणु परस्पर मिलकर अथवा अन्य तत्व के परमाणु को सम्मिलित कर एक बंद श्रंखला वाली संरचना बनाते हैं । इस आधार पर चक्रीय यौगिकों को दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है - समचक्रीय यौगिक और विषमचक्रीय यौगिक ।दोनों वर्गों का संक्षिप्त वर्णन यहाँ किया जायेगा ।

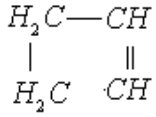
(क) **समचक्रीय यौगिक :** इस वर्ग के यौगिकों के वलय में केवल कार्बन परमाणु होते हैं । कार्बन परमाणुओं के मध्य बंधों के आधार पर समचक्रीय यौगिकों को दो वर्गो में विभाजित किया जा सकता है - ऐलिसाइक्लिक यौगिक और ऐरोमैटिक यौगिक ।

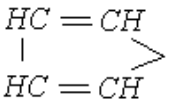
(i) **ऐलिसाइक्लिक यौगिक :**इन समचक्रीय यौगिकों के गुणधर्म अचक्रीय यौगिकों समान होते हैं । इन यौगिकों को भी दो वर्गों में बांटा जा सकता है - संतृप्त ऐलिसाइक्लिक यौगिक और असंतृप्त ऐलिसाइक्लिक यौगिक ।

संतृप्त ऐलिसाइक्लिक यौगिकों में सभी कार्बन परमाणु एकल सहसंयोजक बंधों से परस्पर जुड़े रहते है । इन यौगिकों के कुछ उदाहरण निम्न प्रकार हैं -



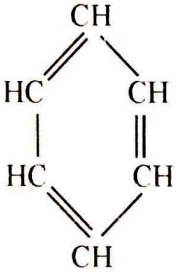
असंतृप्त ऐलिसाइक्लिक यौगिकों में कार्बन वलय में एक या अधिक द्विबंध पाये जाते हैं । उदाहरण के लिये,



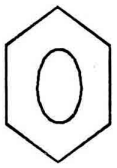


साइक्लोलूटीन, C_4H_6 1, 3-साइक्लोपेन्टाडाइन, C_5H_6

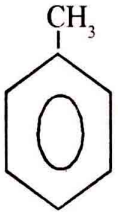
(ii) **ऐरोमैटिक यौगिक:** इस वर्ग के यौगिकों में कार्बन वलय में कम से कम छः कार्बन परमाणु होते हैं। छः कार्बन और छः हाइड्रोजन युक्त यौगिक बेन्जीन कहलाता है । इस यौगिक के अनेक व्युत्पन्न पाये जाते हैं । उदाहरण के लिये



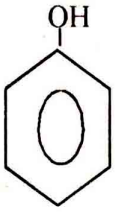
अथवा



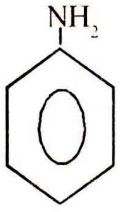
बेन्जीन, C_6H_6



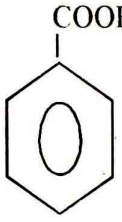
टॉलूईन, $C_6H_5\text{-}CH_3$



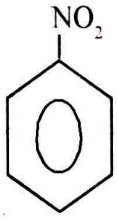
फिनॉल, C_6H_5OH



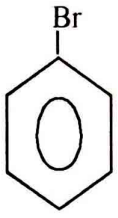
ऐनिलीन, $C_6H_5NH_2$



बेन्जोइक अम्ल, C_6H_5COOH

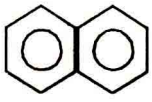


नाइट्रोबेन्जीन $C_6H_5NO_2$

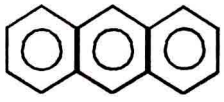


ब्रोमोबेन्जीन, C_6H_5Br

वे यौगिक जिनमें एक या अधिक बेंजीन वलय परस्पर जुड़े रहते है,उन्हें बेंजेनॉयड यौगिक कहते हैं । जैसे

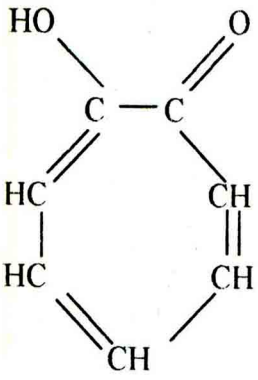


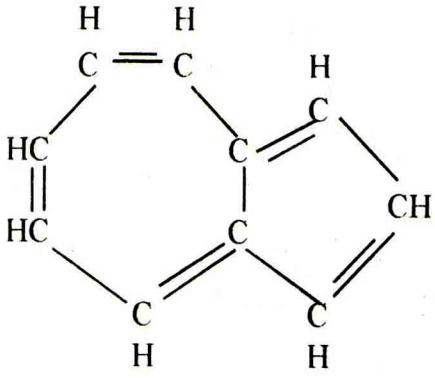
नेफ्थलीन, $C_{10}H_8$



ऐन्थ्रासीन, $C_{14}H_{10}$

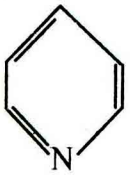
जिन यौगिकों में बेंजीन के अतिरिक्त अन्य प्रकार के वलय होते है, उन्हें नॉन-बेंजेनॉयड यौगिक कहते हैं । उदाहरण के लिये,





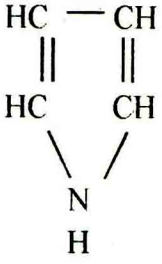
(ख) **विषम चक्रीय यौगिक :** इस वर्ग के यौगिकों के वलय में कार्बन परमाणुओं के अतिरिक्त एक या अधिक अन्य तत्वों (सामान्यत: O, N, S) के परमाणु भी उपस्थित रहते हैं । इन यौगिकों को भी दो वर्गों में बांटा जा सकता है - विषम चक्रीय ऐरोमैटिक यौगिक तथा विषम चक्रीय अनऐरोमैटिक यौगिक ।

विषम चक्रीय ऐरोमैटिक यौगिकों के गुण सामान्यत: ऐरोमैटिक यौगिकों जैसे होते हैं । इनमें एक या अधिक वलय होते हैं जिनमें विषम परमाणु उपस्थित होता हैं । इस प्रकार के यौगिकों के कुछ उदाहरण निम्न प्रकार हैं-



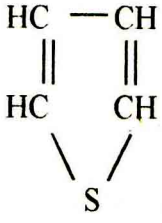
पिरिडीन

C_5H_5N



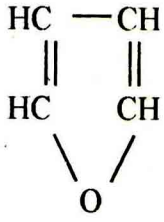
पिरोल

C_4H_5N



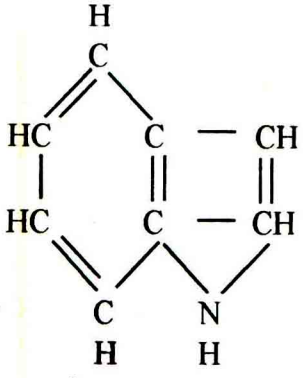
थाओफीन

C_4H_4S

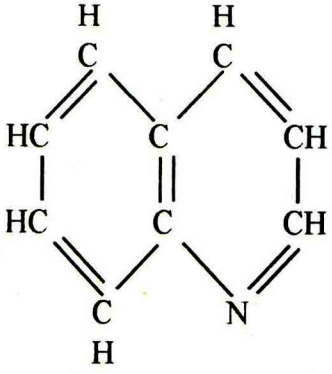


फ्यूरेन

C_4H_4O

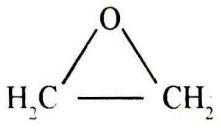


इन्डोल, C_8H_7N



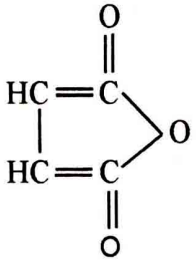
क्विनोलीन, C_9H_7N

विषम चक्रीय अनऐरोमैटिक यौगिकों के गुण ऐलिफैटिक यौगिकों समान होते हैं । इनके वलय में विषम परमाणु उपस्थित रहता है । इन यौगिकों के कुछ उदाहरण निम्न प्रकार है।



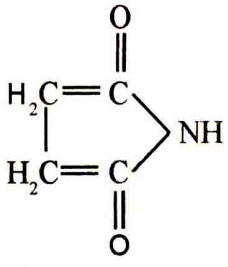
एथिलीन ऑक्साइड

C_2H_4O



मैलेइक ऐनहाइड्राइड

$C_4H_2O_3$



सक्सिनामाइड

$C_4H_5O_2N$

बोध प्रश्न:

1. निम्नलिखित में असंतृप्त यौगिकों के उदाहरण कौन से हैं?
   ऐथेन,मेथिल क्लोराइड,एथाइन,ऐसीटोन,मेथिल सायनाइड,एथीन
2. जन परमाणु युक्त कार्बनिक यौगिक कौन से हैं?
   प्रोपेनॉन,एथिल ऐमीन, एथिल ऐसीटेट,ऐथिलमेथिल ईथर, मेथिल सायनाइड
3. निम्नलिखित कथनों मे सत्य/ असत्य बताइए-
   (क) साइक्लोब्यूटेन,एलीसाइक्लिक यौगिकों वर्ग के उदाहरण है। (सत्य/असत्य)
   (ख) एंथ्रासीन यौगिक में तीन बेंजीन वलय परस्पर जुड़े रहते हैं। (सत्य/ असत्य)
   (ग) ट्रोपोलॉन एक प्रकार का बेंजेनॉयड यौगिक हैं। (सत्य/ असत्य)
   (घ) सक्सिनामाइड एक विषम चक्रीय ऐरोमैटिक यौगिक है। (सत्य/ असत्य)
4. निम्नलिखित में से कौनसा यौगिक विषम चक्रीय नहीं हैं? (सत्य/ असत्य)
   पिरडीन, फ्यूरेन,ब्रोमोबेंजीन,थाओफीन

5.3 हाइड्रोकार्बन मूलक (Hydrocarbon Radicals)

हाइड्रोकार्बन यौगिक कार्बन और हाइड्रोजन परमाणुओं से बने होते हैं । यौगिक का मूल ढांचा कार्बन परमाणुओं के परस्पर जुड़ने से बनता है । कार्बन की संयोजकता अनुसार हाइड्रोजन परमाणु कार्बन परमाणुओं से एकल बंधों द्वारा जुड़े रहते हैं ।

हाइड्रोकार्बन यौगिक के अणु से एक हाइड्रोजन परमाणु अलग करने पर अणु का शेष भाग हाइड्रोकार्बन मूलक कहलाता है । संतृप्त और असंतृप्त हाइड्रोकार्बन यौगिकों से तीन प्रकार के मूलक प्राप्त होते है ।

- ऐल्किल मूलक (संतृप्त हाइड्रोकार्बन ऐल्केनों से)
- ऐल्किनिल मूलक (असतृप्त हाइड्रोकार्बन ऐल्कीनों से)
- ऐल्काइनिल मूलक (असंतृप्त हाइड्रोकार्बन ऐलकाइनों से)

5.3.1 ऐल्किल मूलक

ऐल्केन के एक अणु सें एक हाइड्रोजन परमाणु अलग करने पर ऐल्किल मूलक प्राप्त होता है कुछ उदाहरण यहाँ दिये जा रहे हैं-

(क) मेथेन (CH_4) से मेथिल ($-CH_3$) मूलक

(ख) एथेन (C_2H_6) से एथिल ($-C_2H_5$) मूलक

(ग) प्रोपेन ($CH_4-CH_2-CH_3$) से दो प्रकार. के मूलक प्राप्त होते हैं-

$CH_3-CH_2-CH_2-$ तथा $CH_3-\underset{|}{CH}-CH_3$

नार्मल प्रोपिल - आइसो प्रोपिल

(घ) ब्यूटेन (C_4H_{10}) के दो समावयवी होते हैं-

नार्मल ब्यूटेन $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$, तथा आइसो ब्यूटेन, $CH_3-\underset{\underset{|}{CH_3}}{CH}-CH_3$

नार्मल ब्यूटेन से दो प्रकार के मूलक प्राप्त होते हैं-

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2$ तथा CH_3-CH_2-CH-CH_3

n- ब्यूटिल द्वितीयक ब्यूटिल

नार्मल ब्यूटेन से दो प्रकार के मूलक प्राप्त होते हैं-

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2$ तथा $CH_3-CH_2-\underset{|}{CH}-CH_3$

n- ब्यूटिल द्वितीयक ब्यूटिल

आइसो ब्यूटेन से भी दो प्रकार के मूलक प्राप्त होते हैं-

CH_3-$\underset{\underset{|}{CH_3}}{CH}$-$CH_2$- तथा CH_3-$\underset{\underset{|}{CH_3}}{\overset{|}{C}}$-$CH_3$

आइसो ब्यूटिल तृतीयक ब्यूटिल

इसी प्रकार पेन्टेन (C_5H_{12}), हेक्सेन (C_6H_{12}), आदि हाइड्रोकार्बनों से विभिन्न प्रकार के मूलक प्राप्त कर हैं । यदि समूह सीधी श्रृंखला वाला है तो यह नार्मल मूलक या n-मूलक कहलाता है । यदि कार्बन श्रृंखला पर समूह उपस्थित है तो इससे युक्त मूलक को आइसो मूलक कहते हैं ।

5.3.2 ऐल्कीनिल मूलक : ऐल्कीन अणु से एक हाइड्रोजन परमाणु अलग करने पर ऐल्कीनिल मूलक प्राप्त होता है । उदाहरण के लिये-

(i) एथीन ($CH_2=CH_2$) से एथीनिल ($CH_2=CH-$) मूलक प्राप्त होता है । इसे वाइनिल मूलक भी कहते ।

(ii) प्रोपीन ($CH_3-CH=CH_2$) से तीन प्रकार के मूलक प्राप्त होते हैं -

$-H_2C-CH=CH_2$ $CH_3-CH=CH-$ $H_3C\text{-}C = CH_2$

ऐलिल मूलक प्रोपीनिल मूलक आइसोप्रोपीनिल मूलक

5.3.3 ऐल्काइनिल मूलक : ऐल्काइन अणु से एक हाइड्रोजन परमाणु अलग करने पर ऐल्काइनिल मूलक प्राप्त होता है । उदाहरण के लिये-

(i) एथाइन $(CH \equiv CH)$ से एथाइनिल $(CH \equiv C-)$ मूलक प्राप्त होता है ।

(ii) प्रोपाइन $(CH_3-C \equiv CH)$ से दो मूलक प्राप्त होते है-

$CH_3-C \equiv C-$ और $-CH_2-C \equiv CH$

प्रोपाइनिल मूलक प्रोप-2-आइनिल मूलक प्रश्न :

बोध प्रश्न:

5. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए-

(क) प्रोपेन से प्राप्त दो मूलकी के नाम ..... तथा. .... हैं ।

(ख) तृतीयक ब्यूटिल मूलक जिस ऐल्केन से प्राप्त होता है, उसका नाम ..... है ।

(ग़) एथीनिल मूलक का दूसरा नाम .... है ।

(घ) ऐलिल मूलक का सूत्र .... है ।

5.4 सजातीय श्रेणी (Homologous Series)

समान क्रियात्मक समूह अथवा समान संरचनात्मक गुणों वाले यौगिकों को जब उनके अणुभार के बढ़ते कम में व्यवस्थित करते हैं तो कार्बनिक यौगिकों की एक श्रेणी का गठन होता है, जिसे सजातीय श्रेणी कहते हैं । इस श्रेणी के सदस्यो को सजात या समजात कहते हैं ।

सजातीय श्रेणी के निम्नलिखित लक्षण होते हैं -

1. इस श्रेणी के यौगिकों को एक सामान्य सूत्र द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता हैं । उदाहरण के लिए ऐल्केनों का सामान्य सूत्र C_nH_{2n+2} तथा ऐल्कोहॉल का सामान्य सूत्र $C_nH_{2n+1}OH$ है ।
2. इस श्रेणी के किन्हीं दो क्रमागत सदस्यों के मध्य CH_2 समूह का अन्तर होता है अर्थात् इन यौगिकों के अणुभारों में 14 इकाइयों का अन्तर होगा ।
3. श्रेणी के सभी सदस्यों में उपस्थित तत्व समान होते हैं और सभी यौगिकों का क्रियात्मक समूह भी समान होता है । उदाहरण के लिए ऐल्कोहॉल की सजातीय श्रेणी के सभी सदस्यों का निर्माण C_2H और O तत्वों से होता है और सभी सदस्यों मे हाइड्रॉक्सिल $(-OH)$ क्रियात्मक समूह उपस्थित रहता
4. प्रत्येक सजातीय श्रेणी के सदस्यों के बनाने की कुछ विधियाँ समान होती है ।
5. श्रेणी के सदस्य समान रासायनिक अभिक्रियाएं प्रदर्शित करते हैं ।

सजातीय श्रेणियों के दो उदाहरण आप यही समझेंगे ।

ऐल्केन श्रेणी: सामान्य सूत्र C_nH_{2n+2}

इस श्रेणी के कुछ सदस्यों के नाम, अणु सूत्र तथा संरचना सूत्र निम्न प्रकार है -

1. मेथेन, CH_4
2. एथेन $(C_2H_6), CH_3-CH_3$
3. प्रोपेन $(C_3H_8), CH_3-CH_2-CH_3$
4. ब्यूटेन $(C_4H_{10}), CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
5. पेन्टेन $C_5H_{12}), CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

इसी प्रकार ऐल्केनोइक अम्ल श्रेणी ($C_nH_{2n}O_2$) के कुछ सदस्य हैं -

1. मेथेनोइक अम्ल (फार्मिक अम्ल) $HCOOH$
2. ऐथेनोइक अम्ल (एसीटिक अम्ल) CH_3CH_2COOH
3. प्रोपेनोइक अम्ल (प्रोपिओनिक अम्ल) CH_3CH_2COOH
4. ब्यूटेनोइक अम्ल (ब्यूटिरिक अम्ल) $CH_3CH_2CH_2COOH$

बोध प्रश्न:

6. निम्नलिखित कथनों में सत्य/ असत्य बताइए-

(क) ऐल्कोहॉल श्रेणी का सामान्य सूत्र $C_nH_{2n+2}OH$ हैं। (सत्य/ असत्य)

(ख) सताजीत श्रेणी के क्रमागत सदस्यो के मध्य CH_2 समूह का अंतर होता हैं। (सत्य/ असत्य)

(ग) ऐल्कोहॉल में C, H और O तत्व उपस्थित हैं । (सत्य/ असत्य)

(घ) ऐल्कोहॉल अम्ल श्रेणी का प्रथम सदस्य मेथेनोइक अम्ल है। (सत्य/ असत्य)

5.5 कार्बनिक यौगिकों में कार्बन और हाइड्रोजन परमाणुओं के प्रकार Types of Carbon and hydrogen atoms in organic compounds

कार्बनिक यौगिकों में किसी कार्बन से और कितने कार्बन जुड़े होते हैं, उस पर उसका प्रकार निर्भर करता है । कार्बन के प्रकार पर यौगिक की अभिक्रिया निर्भर करती है । कार्बनिक यौगिकों में उनकी संरचनाओं के आधार पर चोर प्रकार के कार्बन परमाणु हो सकते हैं ।

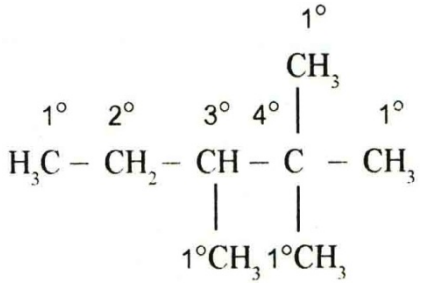
(1) **प्राथमिक कार्बन परमाणु:** किसी कार्बनिक यौगिक मे वह कार्बन परमाणु जिससे केवल एक कार्बन परमाणु जुड़ा हो, प्राथमिक कार्बन परमाणु कहलाता है । इसे p अथवा 1० से प्रदर्शित करते हैं ।

(2) **द्वितीयक कार्बन परमाणु** : किसी कार्बनिक यौगिक में वह कार्बन परमाणु जिससे दो अन्य कार्बन परमाणु जुड़े हों, द्वितीयक कार्बन परमाणु (s या 2०) कहलाता है ।

(3) **तृतीयक कार्बन परमाणु.** किसी भी कार्बनिक यौगिक में वह कार्बन परमाणु जिससे तीन अन्य कार्बन परमाणु जुड़े हों, तृतीयक कार्बन परमाणु (t या 3०) कहलाता है ।

(4) **चतुष्क कार्बन परमाणु :** किसी कार्बनिक यौगिक में वह कार्बन परमाणु जिससे चार अन्य कार्बन परमाणु जुड़े हो, चतुष्क) कार्बन परमाणु (q या 4०) कहलाता है ।

उक्त चारों प्रकार के कार्बन परमाणुओं को उदाहरण में स्पष्ट किया गया हैं -

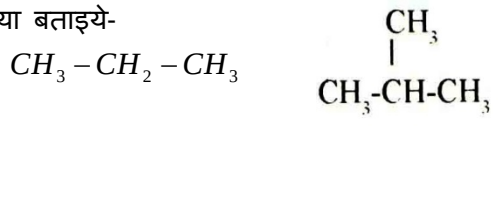


उक्त उदाहरण में आप सीधी और सबसे लम्बी कार्बन श्रृंखला को देखें । बायें से प्रथम कार्बन परमाणु प्राथमिक कार्बन परमाणु है । दूसरा, तीसरा तथा चौथा क्रमश द्वितीयक, तृतीयक) और चतुष्क) कार्बन परमाणु हैं ।शाखा के रूप में जुड़े CH_3 समूह में सभी कार्बन परमाणु प्राथमिक कार्बन परमाणु हैं ।

प्राथमिक,. द्वितीयक, तथा तृतीयक कार्बन परमाणु के साथ बंधित हाइड्रोजन परमाणु क्रमश: प्राथमिक, द्वितीयक, तथा तृतीयक हाइड्रोजन परमाणु कहलाते हैं । ऊपर दिये गये यौगिक में पाँच प्राथमिक कार्बन परमाणु हैं । अत: इनसे जुड़े 15 हाइड्रोजन परमाणु प्राथमिक हाइड्रोजन परमाणु हैं । इस यौगिक में एक द्वितीयक कार्बन परमाणु है और उससे जुड़े दो हाइड्रोजन परमाणु द्वितीयक हाइड्रोजन परमाणु हैं । यहाँ एक तृतीयक कार्बन परमाणु है जिससे एक तृतीय हाइड्रोजन परमाणु जुड़ा है ।चतुष्क कार्बन के साथ जुड़ा हुआ कोई हाइड्रोजन नहीं होता अत: चतुष्क हाइड्रोजन परमाणु नहीं होता ।

बोध प्रश्न:

7. निम्नलिखित संरचनाओं में प्राथमिक, द्वितीयक, तृतीयक तथा चतुष्क कार्बन परमाणुओं की संख्या बताइये-



(क) (ख) (ग़)

8. उक्त प्रश्न के यौगिकों में प्राथमिक, द्वितीयक, तृतीयक हाइड्रोजन परमाणुयों की संख्या बताईये।

5.6 कार्बनिक यौगिकों का नामकरण (Nomenclature of Organic Compounds)

कार्बनिक यौगिकों की संख्या बहुत बड़ी है अत: इनके नामकरण हेतु विशिष्ट पद्धतियों का विकास हुआ । यहाँ आप तीन पद्धतियों के बारे में जानकारी प्राप्त करेंगे । इनमें सबसे अधिक प्रचलित आई.यू.पी.ए.सी पद्धति है, जिसकी विस्तार से चर्चा की जायेगी ।

5.6.1 साधारण या रूढ़ पद्धति (Common or Trivial System)

इस पद्धति में कार्बनिक यौगिक का नाम उसके किसी विशिष्ट गुण अथवा प्राप्ति स्त्रोत के आधार पर रखा जाता है । इस प्रकार के नाम नियमबद्ध न होने के कारण आसानी से याद नहीं होते । साथ ही एक ही स्त्रोत से एक से अधिक यौगिक प्राप्त होते हैं अत: नामकरण दुविधाजनक हो जाता है । कुछ कार्बनिक यौगिकों के रूढ़ नाम सारणी 5.2 मैं दिये गये हैं ।

सारणी 5.2 कुछ कार्बनिक यौगिकों के साधारण नाम

साधारण नाम	सूत्र	स्त्रोत/कारण
मार्श गैस	CH_4	यह गैस मार्श (दलदल) में उत्पन्न होती है ।
काष्ठ स्प्रिट	CH_3OH	इसे सर्वप्रथम काष्ठ को उच्च ताप पर गर्म कर प्राप्त किया गया
फार्मिक अम्ल	$HCOOH$	सर्वप्रथम इसे चिटीयों से प्राप्त किया गया । लेटिन भाषा में चिटीयों को फॉरमिका (formica) कहते है ।
ऐसीटिक अम्ल	CH_3COOH	यह सिरके में पाया जाता है । लेटिन भाषा में सिरके को एसीटम (acetum) कहते है ।
लैक्टिक अम्ल	$CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{\vert}{CH}}-COOH$	यह अम्ल दूध सें प्राप्त होता है । लेटिन भाषा में दूध को लैक्टम (lactum) कहते है ।

सीधी श्रृंखला वाले हाइड्रोकार्बन रूढ़ पद्धति में नार्मल ऐल्केन अथवा n-ऐल्केन कहलाते हैं । इनके व्युत्पन्न भी नार्मल व्युत्पन्न कहलाते है । कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं -

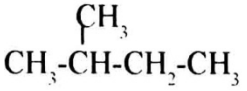
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ $n-$ ब्यूटेन

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ $n-$ पेंन्टेन

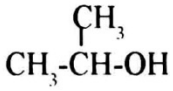
$CH_3-CH_2-CH_2-OH$ $n-$ प्रोपिल ऐल्कोहॉल

$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ $n-$ ब्यूटिरिक अम्ल

यदि यौगिक की कार्बन श्रृंखला के सिरे पर $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}}-$ समूह हो तो रूढ़ नाम में आइसो पूर्वलग्न लगाया जाता है । उदाहरण के लिए-

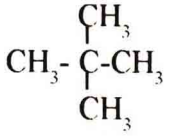


आइसोपेटेंन

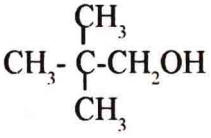


आइसो प्रोपिल ऐल्कोहॉल

यदि किसी हाइड्रोकार्बन या उसके व्युत्पन्न मे एक कार्बन परमाणु के साथ चार कार्बन परमाणु बंधित हों तो वह यौगिक निओ-यौगिक कहलाता है । उदाहरण के लिए-



निओ-पेन्टेन

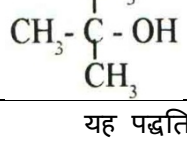


निओ-पेटिल ऐल्कोहॉल

5.6.2 व्युत्पन्न पद्धति (derived system)

इस पद्धति में यौगिक का नाम उसके मूल यौगिक के साधारण नाम से व्युत्पित किया जाता है । उदाहरण के लिये, $CH_3 - C = CH$ सूत्र वाले यौगिक का मूल यौगिक ऐसीटिलीन $(HC = CH)$ मानते हुए इसका व्युत्पित नाम मेथिलऐसीटिलीन दिया गया । कुछ और उदाहरण सारणी 5.3 में दिये हैं ।

सारणी 5.3 : कार्बनिक यौगिकों के व्युत्पित नाम

यौगिक का सूत्र	मूल यौगिक	व्युत्पित नाम
$CH_3 - CH_2 - C = CH$	ऐसीटिलीन $(HC = CH)$	ऐथिलऐसीटिलीन
$CH_3 - C = C - CH_3$	ऐसीटिलीन $(HC = CH)$	डाइमेथिलऐसीटिलीन
$CH_3 - CH_2 - OH$	कार्बोनिल (CH_3OH)	मेथिलकार्बीनॉल
$CH_3 - CH_2 - COOH$	ऐसीटिक (CH_3COOH)	मेथिलऐसीटिक अम्ल
$CH_2ClCOOH$	ऐसीटिक (CH_3COOH)	क्लोरोऐसीटिक अम्ल
	कार्बोनिल (CH_3OH)	ट्राइमेथिल कार्बोनिल

यह पद्धति भी कुछ सीमा तक ही सफल रही ।

5.6.3 आई. यू. पी. ए. सी. पद्धति(IUPAC system)

सन् 1892 में जिनेवा में अन्तर्राष्ट्रीय रसायन शास्त्रियों ने यौगिकों के नामकरण की एक नयी पद्धति विकसित की जिसे 1930 में अन्तर्राष्ट्रीय रसायनज्ञ संघ ने सुधारा । सन् 1956 इस पद्धति का नाम आई.यू.पी.ए.सी.**(IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry)** हो गया । यौगिकों के कुछ वर्गों के आई.यू.पी.ए.सी. नामकरण की जानकारी आपको यहाँ दी जायेगी ।

(1) **ऐल्केनों का नामकरण** : ऐल्केन दो प्रकार के होते हैं-सीधी श्रंखला वाले ऐल्केन तथा शाखित श्रंखला वाले ऐल्केन ।

(क) **सीधी श्रंखला वाले ऐल्केनों का नामकरण** : प्रथम चार ऐल्केनों $(CH_4, C_2H_6, C_3H_8 C_4$ और $H_{10})$ के रूढ़ नाम आई.यू.पी.ए.सी. पद्धति में ग्रहण

कर लिये हैं । शेष ऐल्केनों के नाम प्राप्त करने हेतु कार्बन परमाणुओं की संख्या के आधार पर पूर्वलग्न बना कर उसके साथ ऐन अनुलग्न जोड़ देते है । सीधी श्रंखला अथवा अशाखित ऐल्केनों के नाम निम्न प्रकार से लिखे जाते हैं -

मेथेन (CH_4), एथेन (CH_3-CH_3), प्रोपेन $(CH_3-CH_2-CH_3)$, ब्यूटेन $(CH_3-CH_2-CH_2-CH_3)$, पेंटेन $(CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3)$, हेक्सेन (C_6H_{14}), हेप्टेन (C_7H_{16}), ऑक्टेन (C_8H_{18}), नोनेन (C_9H_{20}), डेकेन $(C_{10}H_{22})$, आदि ।

(ख) **शाखित श्रंखला युक्त ऐल्केनों का नामकरण** : शाखित श्रंखला युक्त ऐल्केन में सभी कार्बन परमाणु एक सीधी श्रंखला में बंधित नहीं होते, बल्कि एक या अधिक कार्बन परमाणु पार्श्व श्रंखला के रूप में बंधे रहते हैं । इस प्रकार के यौगिकों का नामकरण निम्नलिखित पदों में करते हैं-

(i) सबसे पहले यौगिक संरचना में सबसे लम्बी कार्बन श्रंखला का चयन करते हैं और इसे मूल ऐल्केन का नाम दिया जाता है ।

(ii) चयनित सबसे लम्बी श्रंखला के कार्बन परमाणुओं का क्रमांकन उस सिरे से करते हैं, जहाँ से शाखा के रूप में जुड़ें समूहों को कम से कम अंक मिलें ।

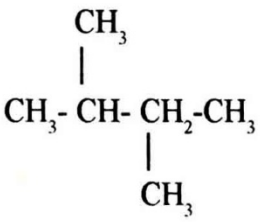
(iii) मूल ऐल्केन के नाम में शाखा के रूप में जुड़े समूहों के नाम पूर्वलग्न के रूप में लगाते हैं । इन समूहों को कार्बन श्रंखला में उनकी स्थिति की संख्या के साथ प्रदर्शित किया जाता है । विभिन्न समूहों को अंग्रेजी वर्णमाला के क्रम में लिखा जाता है ।

(iv) दो या अधिक शाखा वाले समूह होने की स्थिति में उनकी संख्याओं के मध्य कोमा लगाते हैं । एक जैसे शाखा के रूप में जुड़ें समूहों (प्रतिस्थापी समूहों) के एक से अधिक संख्या में उपस्थित होने पर उनके नाम से पहले डाइ, ट्राई, आदि का प्रयोग किया जाता है । प्रतिस्थापी समूहों का क्रम लिखते समय डाइ, ट्राई को नाम में सम्मिलित नहीं माना जाता ।

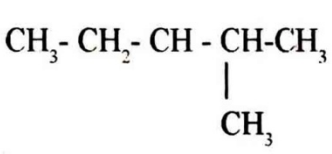
(v) दो प्रतिस्थापी समूहों की स्थितियाँ एक समान होने पर क्रमांकन उस सिरे से करते है जहां से अंग्रेजी वर्णमाला के कम में पहले आने वाले प्रतिस्थापी समूह को छोटा अंक मिल सके ।

(vi) प्रतिस्थापी समूहों के नाम वर्णमाला कम में लिखते समय आइसो तथा निओ पूर्वलग्नों को मूल ऐल्किल समूह के नाम का भाग माना जाता है । उदाहरण के लिये आइसोब्यूटिल का क्रम अंग्रेजी के अक्षर 'I' से तय होगा न कि 'B' से । परन्तु secondary (द्वितीयक) और tertiary (तृतीयक) पूर्वलग्नों को मूल ऐल्किल समूह के नाम का भाग नहीं माना जाता ।

उक्त पदों/नियमों के आधार पर अब आप उदाहरण के रूप कुछ यौगिकों के नामों को समझेंगे ।

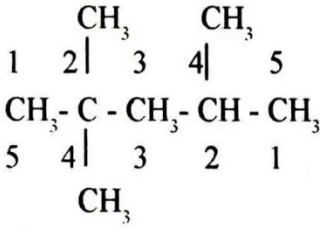
(i) 

2- मेथिल ब्यूटेन

(ii) 

2,3- डाइमेथिल पेन्टेन

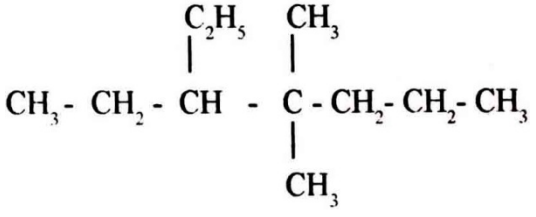
3

(iii) 

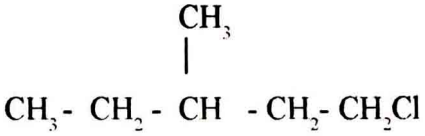
(सही क्रमांकन)

2,2,4-ट्राइमेथिलपेन्टेन

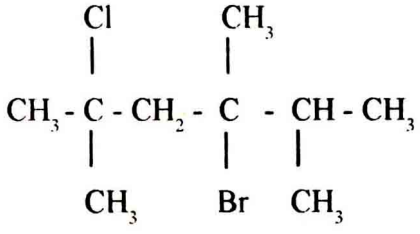
(गलत क्रमांकन)

(iv) , 

3-ऐथिल-4, 4-डाइमेथिलऑक्टेन

(v) 

1-क्लोरो 3-मेथिलपेंटेन

(vi) 

4-ब्रोमो-2-क्लोरो-2, 4, 5-ट्राइमेथिल हेक्सेन

(2) **ऐल्कीनों का नामकरण :** ऐल्कीनों में एक द्विबंध होता है । इस वर्ग मे अनुलग्न 'ईन'(ene) होता है ।ऐल्केन नाम मे ऐन के स्थान पर 'ईन' अनुलग्न लगाने पर संगत ऐल्कीन का नाम प्राप्त हो जाता है । नामकरण में वे सब नियम लागू होते है जो ऐल्केनों के लिये हैं । कुछ विशिष्ट नियम इस प्रकार हे-

(i) ऐल्कीनों में द्विबंध युक्त सबसे बड़ी कार्बन श्रंखला का चयन किया जाता है ।

(ii) किसी यौगिक की संरचना में क्रमांकन उस सिरे से किया जाता है जिधर से द्विबंध की संख्या कम हो ।

(iii) यदि द्विबंध की स्थिति कार्बन श्रंखला के दोनों सिरों से समान हो तो क्रमांकन उस सिरे से किया जाता है जिस सिरे से प्रतिस्थापी समूह (यदि कोई हो तो) निकट होता है, अन्यथा किसी भी सिरे से क्रमांकन किया जा सकता है ।

(iv) ऐल्कीनों में द्विबंध की स्थिति उस संख्या से प्रदर्शित करते हैं, जिस कार्बन परमाणु से द्विबंध प्रारम्भ होता हैं ।

(v) यदि यौगिक में एक से अधिक द्विबंध उपस्थित हो तो 'ईन' अनुलग्न से पहले डाइ, ट्राई आदि द्विबंधों की संख्या के अनुसार लगा देतें है ।

उक्त बिन्दुओं/नियमों के आधार पर ऐल्कीनों के कुछ नाम यहाँ लिखे जा रहे हैं ।

(i) $CH_2=CH-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$, 3-मेथिल-1-ब्यूटीन

(ii) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_2}{\underset{\|}{C}}-CH_3$, 2-मेथिल-1-ब्यूटीन

(iii) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle C-CH_3}{\underset{\|}{C}}-CH_2-CH_3$, 3-ऐथिल-2-मेथिल-2-पेंटीन

(iv) $CH_3-CH_2-CH=\underset{\displaystyle CH_2Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3$, 1-क्लोरो-2-मेथिल-3-हेक्सीन

ऊपर दिये गये उदाहरणों को भली भांति समझने के लिये सबसे पहले आप स्वयं द्विबंध युक्त श्रृंखला देखकर कार्बन परमाणुओं का क्रमांकन करें ।

(3) **ऐल्काइनों का नामकरण :** ऐल्काइन यौगिकों में दो कार्बन परमाणुओं के मध्य एक त्रिबंध होता है । इनके नामकरण में अनुलग्न 'आइन' लगता है । इनके नामकरण के नियम ऐल्कीनों के नामकरण के समान है । इनके नामकरण के कुछ उदाहरण यहाँ दिये जा रहे हैं-

(i) $CH\equiv C-CH_2-CH_3$, 1-ब्यूटाइन

(ii) $CH_3-C\equiv CH-CH_3$, 2-ब्यूटाइन

(iii) $CH = C - CH - CH_3$, 3-मेथिल-1-ब्यूटाइन

CH_3

Cl

(iv) $CH_3 - CH - C = C - CH_2Cl$, 1.4-डाइक्लोरो-2-पेन्टाइन

(v) $CH_3 - CH - C = C - CH - CH_3$, 1-क्लोरो-2.5-डाइमेथिल-3-हैप्टाइन

$CH_3 - CH_2 \quad CH_2Cl$

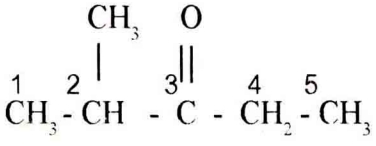
ऊपर दिये गये उदाहरणों मे आप कार्बन परमाणुओं का क्रमांकन स्वयं करें । इससे आपको नामकरण को समझने में सहायता मिलेगी ।

(4) **क्रियात्मक समूह युक्त यौगिकों के नामकरण :** क्रियात्मक समूह युक्त यौगिकों के नामकरण हेतु विशेष नियम निम्न प्रकार हैं-

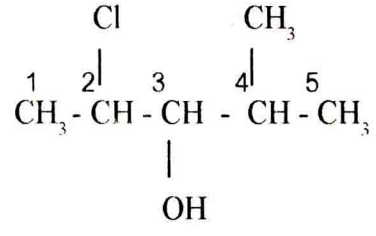
(i) यौगिक में उस लम्बी श्रृंखला का चुनाव करते हैं जिसमें क्रियात्मक समूह सम्मिलित हो ।

(ii) लम्बी श्रृंखला का क्रमांकन उस सिरे से किया जाता है जिधर से क्रियात्मक समूह निकट हो।

(iii) यदि क्रियात्मक समूह दोनों सिरों से समान दूरी पर उपस्थित है तो क्रमांकन उधर से करते है जिधर से प्रतिस्थापी समूह (यदि कोई हो तो) निकट होता है । भिन्न प्रतिस्थापी समूह भी यदि क्रियात्मक समूह से समान दूरी पर हो तो क्रमांकन उधर से करते हैं, जिधर से प्रतिस्थापी समूह अंग्रेजी वर्णक्रम में पहले आता हो । इस नियम को निम्न दो उदाहरण स्पष्ट करते हैं-



2-मेथिल-3-पेन्टेनॉल



2-क्लोरो-4-मेथिल-3-पेन्टेनॉल

(iv) यौगिक के नाम में क्रियात्मक समूह का नाम अनुलग्न के रूप मे लिखा जाता है!

(v) सभी प्रतिस्थापी समूह अंग्रेजी वर्णक्रमानुसार पूर्वलग्न के रूप में लिखे जाते हैं ।

ऊपर दिये गये नियमों के अनुसार अब विभिन्न क्रियात्मक समूहों वाले यौगिकों के नामकरण को उदाहरण देकर स्पष्ट किया जायेगा ।

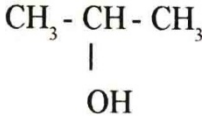
(क) ऐल्कोहॉल वर्ग के आइ.यू.पी.ए.सी. नाम

आइ.यू.पी.ए.सी. पद्धति में ऐल्कोहॉल जिस ऐल्केन का व्युत्पन्न होता है, उस ऐल्केन के अंतिम अक्षर 'e' के स्थान पर -ol (ऑल) लगा देते है । यहाँ कुछ ऐल्कोहॉल के सूत्र, आइ.यू.पी.ए.सी. नाम तथा कोष्ठक में साधारण नाम दिये जा रहे हैं-

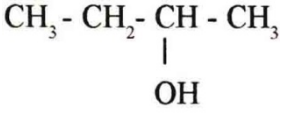
(i) CH_3-OH , मेथेनॉल (मेथिल ऐल्कोहॉल)

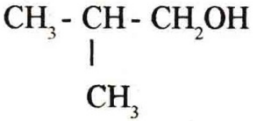
(ii) CH_2-CH_2-OH एथेनॉल (एथिल ऐल्कोहॉल)

(iii) $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ 1-प्रोपेनॉल (प्रोपिल ऐल्कोहॉल)

(iv)  2-प्रोपेनॉल (आइसोप्रोपिल ऐल्कोहॉल)

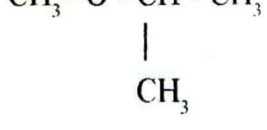
(v) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ 1-ब्यूटेनॉल (ब्यूटिल ऐल्कोहॉल)

(vi)  2-ब्यूटेनॉल (द्वितीयक ब्यूटिल ऐल्कोहॉल)

(vii)  2-मेथिल-1-प्रोपेनॉल (आइसो ब्यूटिल ऐल्कोहॉल)

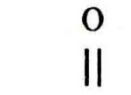
ऐल्कोहॉल को सुविधा के लिये सामान्य सूत्र ROH से भी प्रदर्शित किया जाता है । RO- समूह ऐल्कॉक्सी समूह कहलाता है । उदाहरण के लिये CH_3O- समूह मेथॉक्सी समूह कहलाता है ।

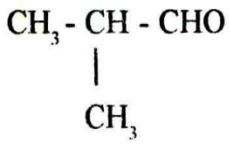
(ख) **ईथर वर्ग के** *IUPAC* **नाम** - ईथर को ऐल्केन का 'ऐल्कॉक्सी व्युत्पन्न माना जाता है । क्रियात्मक ईथर समूह $(-O-)$ से दो ऐल्किल समूह जुड़े रहते हैं । कम कार्बन परमाणु वाला ऐल्किल समूह ऑक्सीजन परमाणु के साथ मिलकर ऐल्कॉक्सी समूह बनाता है । कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं-

(i) CH_3-O-CH_3	मेथॉक्सीमेथेन (डाइमेथिल ईथर)
(ii) $CH_3-O-C_2H_5$	मेथॉक्सीएथेन (एथिल मेथिल ईथर)
(iii) 	2-मेथॉक्सीप्रोपेन (आइसो प्रोपिल मेथिल ईथर)

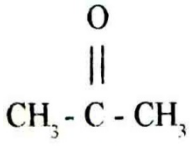
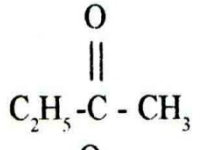
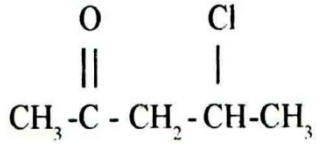
(ग) **ऐल्डिहाइड वर्ग के** *IUPAC* **नाम -** ऐल्डिहाइड के जनक ऐल्केन के अंग्रेजी नाम से अंतिम 'e' हटाकर 'al' (अल) जोड़ देते हैं । अत: ऐल्डिहाइड यौगिक ऐल्केनॉल कहलाते है । कुछ उदाहरण निम्न प्रकार है-

(i) मेथेनॉल (फॉर्मेल्डिहाइड)

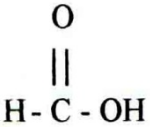
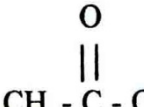
(ii)  एथेनॉल (ऐसीट ऐल्डिहाइड)

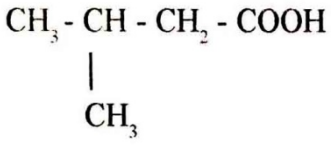
(iii)  2-मेथिलप्रोपेनैल (2-मेथिल प्रोगिऑन-ऐल्डिहाइड)

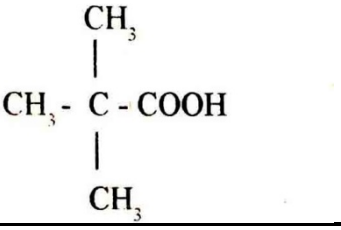
(छ) **किटोन वर्ग के** *IUPAC* **नाम -** किटोन के जनक ऐल्केन के अंग्रेजी नाम का अंतिम 'e' हटाकर 'one' (ओन) लगा देते है । अत: किटोन यौगिक ऐल्केनॉन कहलाते हैं । कुछ उदाहरण निम्न प्रकार है-

(i)		2-प्रोपेनॉन (डाइमेथिलकिटोन या ऐसीटोन)
(ii)		2-ब्यूटेनॉन (एथिलमेथिलकिटोन)
(iii)		4-क्लोरो-2-पेन्टेनॉन (2-क्लारोप्रोपिलमेथिलकिटोन)

(च) **कार्बोक्सिलिक अम्ल वर्ग के** *IUPAC* **नाम** - कार्बोक्सिलिक अम्ल के जनक ऐल्केन के अंग्रेजी नाम से अंतिम 'e' हटाकर 'oic acid' (ओइक अम्ल) जोड़ देते हैं । इस प्रकार ये अम्ल ऐल्केनोइक अम्ल कहलाते हैं । कुछ उदाहरण इस प्रकार है-

(i)		मेथेनोइक अम्ल (फॉर्मिक अम्ल)
(ii)		ऐथेनोइक अम्ल (ऐसीटिक अम्ल)
(iii)		प्रोपेनोइक अम्ल (प्रोपिऑनिक अम्ल)

(iv)  3-मेथिलब्यूटेनोइक अम्ल (आइसोवैलेरिक अम्ल या आइसोप्रोपिल ऐसीटिक अम्ल)

(v)  2, 2-.डाइमेंथिलप्रोपेनोइक अन्त ट्राइमेथिलऐसीटिक अम्ल)

बोध प्रश्न :

9. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये-

(क) ऐसीटिक अम्ल सिरके में पाया जाता है । (सत्य/असत्य)

(ख) निवो-पेन्टेन में चार मेथिल समूह उपस्थित रहते हैं । (सत्य/असत्य)

(ग) 2-ब्यूटाइट में दो त्रिबंध होते हैं । (सत्य/असत्य)

(घ) ऐल्कोहॉल का सामान्य *IUPAC* नाम ऐल्केनॉल है । (सत्य/असत्य)

10. निम्नलिखित संरचनाओं वाले यौगिकों के *IUPAC* नाम लिखें-

(क) $CH_3CH_2-C(=CH_2)-CH_3$

(ख) $CH_3-CH(OH)-CH_3$

(ग) $CH_3-O-OC_2H_5$

(घ) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-COOH$

5.7 सारांश (Summary)

- कार्बनिक यौगिकों की संख्या लाखों में है ।
- कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण उनमें उपस्थित क्रियात्मक समूह के आधार पर किया जा सकता हैं । ये वर्ग हैं-ऐल्केन, ऐल्किल हैलाइड, ऐल्कोहॉल ईथर, किटोन ऐल्डिहाइड, कार्बोक्सिलिक अम्ल,आदि ।
- संरचना के आधार पर कार्बनिक यौगिकों को दो वर्गो में बांटा गया - अचक्रीय यौगिक और चक्रीय यौगिक ।
- अचक्रीय यौगिकों का मुख्य रूप से संतृप्त कार्बनिक यौगिक तथा असंतृप्त कार्बनिक यौगिकों के रूप में वर्गीकरण होता हैं ।
- संतृप्त यौगिकों में हाइड्रोकार्बन और उनके व्युत्पन्न सम्मिलित है ।

- असंतृप्त यौगिकों में द्विबंध और त्रिबंध युक्त हाइड्रोकार्बन और उनके व्युत्पन्न सम्मिलित हैं ।
- चक्रीय यौगिकों को समचक्रीय और विषम चक्रीय यौगिकों में बांटा गया ।
- समचक्रीय यौगिकों में ऐलिसाइक्लिक तथा ऐरोमैटिक यौगिक होते हैं ।
- विषम चक्रीय यौगिकों में कार्बन वलय में कार्बन के अतिरिक्त ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, सल्फर आदि के परमाणु हो सकते हैं ।
- हाइड्रोकार्बन से एक हाइड्रोजन परमाणु अलग करने पर शेष भाग हाइड्रोकार्बन मूलक कहलाता है । इसमें ऐल्किल, ऐल्कीनिल तथा ऐल्काइनिक मूलक हो सकते हैं ।
- सजातीय श्रेणी यौगिकों के एक वर्ग से सम्बंधित होती है जिन्हें एक सामान्य सूत्र द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है ।
- कार्बनिक यौगिकों में संरचना अनुसार चार प्रकार के कार्बन परमाणु पाये जाते है - प्राथमिक, द्वितीयक, तृतीयक और चतुष्क ।
- इसी प्रकार प्राथमिक, द्वितीयक और तृतीयक हाइड्रोजन परमाणु पाये जाते हैं ।
- कार्बनिक यौगिकों के नामकरण कि रूढ़ पद्धति में यौगिकों के नाम उनके विशिष्ट गुण अथवा प्राप्ति स्त्रोत पर आधारित होते है ।
- व्युत्पन्न पद्धति में सजातीय श्रेणी के प्रथम यौगिक को एक नाम दिया जाता है, शेष सभी यौगिकों को उसका व्युत्यन्न माना जाता है ।
- नामकरण की आइ. यू. पी. ए. सी. पद्धति अधिक प्रचलित एवं अधिक मान्य है । यह एक सुव्यवस्थित नाम पद्धति है । इस पद्धति के कुछ नियम है जिनके अनुसार यौगिकों के विभिन्न वर्गों का नामकरण किया जाता है ।

5.8 शब्दावली (Glossary)

- **अभिलक्षणिक रासायनिक गुण :** ऐसे गुण जो केवल एक यौगिक या यौगिकों के एक वर्ग में ही पाये जाते हैं ।
- **व्युत्पन्न :** एक यौगिक के संघटन में हल्का सा परिवर्तन कर कुछ भिन्न गुणों वाला यौगिक प्राप्त किया जाता है, उसे मूल यौगिक का व्युत्पन्न कहते हैं । उदाहरण के लिए एथेन (C_2H_6) का एक हाइड्रोजन हटाकर क्लोरीन परमाणु लगा देते है तो उसका व्युत्पन्न क्लोरो एथेन (C_2H_5Cl) प्राप्त होता हैं ।
- **अनऐरोमैटिक यौगिक :** ऐसे यौगिक जिनमें ऐरोमैटिक यौगिकों के गुण न हों ।
- **बेंजेनॉयड यौगिक :** ऐसे यौगिक जिनमें बेंजीन वलय उपस्थित हों ।
- **रूढ़ पद्धति :** बहुत पहले से चली आ रही पद्धति ।
- **रूढ़ नाम :** पुराने समय से चले आ रहे नाम ।
- **पूर्वलग्न :** शब्द से पहले लगने वाला भाग अथवा शब्द का प्रारम्भिक भाग ।
- **अनुलग्न :** शब्द के बाद लगने वाला भाग अथवा शब्द का अंतिम भाग ।
- **क्रमांकन:** एक श्रेणी में क्रम से अंको को लगाना ।

- **प्रतिस्थापी समूह :** वह समूह जो कार्बनिक यौगिक के किसी परमाणु या समूह को हटाकर उसका स्थान लेता है ।

5.9 संदर्भ ग्रंथ

1 रसायन विज्ञान - भाग 2, कक्षा 11, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद, नई दिल्ली ।

2 रसायन विज्ञान - भाग 2, कक्ष 11, माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान

5.10 बोध प्रश्नों के उत्तर

1. एथाइन तथा एथीन 2. ऐथिल ऐमीन तथा मेथिल सायनाइड
3. (क) सत्य (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) असत्य 4. ब्रोमोबेंजीन
5. (क) नार्मल प्रोपिल तथा आइसो प्रोपिल (ख) आइसो ब्यूटेन
   (ग) वाइनिल मूलक (घ) $-H_2C-CH=CH_2$
6. (क) असत्य (ख) सत्य (ग) सत्य (घ) सत्य
7. (क) प्राथमिक 2, द्वितियक 1 (ख) प्राथमिक 3, तृतीयक 1 (ग) प्राथमिक 4, चतुष्क 1
8. (क) प्राथमिक 6, द्वितियक 2 (ख) प्राथमिक 9, तृतीयक 1 (ग) प्राथमिक 12
9. (क) सत्य (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) सत्य
10. (क) 2-मेथिल-1-ब्यूटेन (ख) 2-प्रोपेनॉल (ग) मेथॉक्सी एथेन (घ) 3-मेथिल ब्यूटेनोइक अम्ल

5.11 अभ्यासार्थ प्रश्न

1. क्रियात्मक समूह के आधार पर कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण किस प्रकार किया जाता हैं ?
2. संरचना के आधार पर कार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण किस प्रकार किया जाता हैं ? उदाहरण सहित वर्णन कीजिए ।
3. ऐलिसाइक्लिक यौगिक क्या होते हैं ? उदाहरण देकर स्पष्ट कीजिए ।
4. विषम चक्रीय यौगिकों का उदाहरण सहित संक्षिप्त वर्णन कीजिए ।
5. हाइड्रोकार्बन मूलक क्या है ? संतृप्त और असंतृप्त मूलकों के उदाहरण दीजिए ।
6. कार्बनिक यौगिकों की सजातीय श्रेणी क्या होती है । इस श्रेणी के मुख्य लक्षण क्या हैं ? किसी एक सजातीय श्रेणी के प्रथम चार सदस्यों के नाम तथा सूत्र दीजिए ।
7. कार्बनिक यौगिकों में कितने प्रकार के कार्बन परमाणु पाये जाते हैं ? यौगिकों के उदाहरण लेकर स्पष्ट करें ।
8. कार्बन यौगिकों की रूढ़ पद्धति और व्युत्पन्न पद्धति की विवेचना कीजिए ।
9. कार्बनिक यौगिकों के नामकरण आइ.यू.पी.ए.सी. पद्धति नामकरण की अन्य पद्धतियों से किस प्रकार श्रेष्ठ है ?

10. नामकरण की *IUPAC* पद्धति से संतृप्त और असंतृप्त हाइड्रोकार्बन का नामकरण किस प्रकार करते है ? नियम और उदाहरण देकर विवेचना कीजिये ।
11. निम्नलिखित यौगिकों के संरचना सूत्र लिखे -
    (क) 3-ऐथिल-4,4-डाइमेथिल ऑक्टेन
    (ख) 2-मेथिल-1-ब्यूटीन
    (ग) 1,4-डाइक्लोरो-2-पेन्टाइन
    (घ) 2-मेथिल-3–पेन्टेनॉन
    (च) 2-ब्यूटेनॉल
    (छ) मेथॉक्सी एथेन
    (ज) एथेनॉल
    (झ) 2, 2-डाइममेथिल प्रोपेनोइक अम्ल ।

इकाई 6

हाइड्रोकार्बन (Hydrocarbon)

इकाई की रूप रेखा

6.0 उद्देश्य
6.1 प्रस्तावना
6.2 मेथेन की विरचन विधियाँ, गुण एवं उपयोग
6.3 एथेन की विरचन विधियाँ, गुण एवं उपयोग
6.4 एथीन की विरचन विधियाँ, गुण एवं उपयोग
6.5 एथाइन की विरचन विधियाँ, गुण एवं उपयोग
6.6 सारांश
6.7 शब्दावली
6.8 संदर्भ ग्रंथ
6.9 बोध प्रश्नों के उतर
6.10 अभ्यासार्थ प्रश्न

6.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इंकाई के अध्ययन के पश्चात् आप -

(1) मेथेन,एथेन,एथीन और एथाइन यौगिकों के बनाने की विधियों की जानकारी प्राप्त करेंगें।

(2) इन यौगिकों के भौतिक गुणों और रासायनिक अभिक्रियाओं को समझ पायेंगे ।

(3) इन यौगिक के उपयोगों की जानकारी प्राप्त करेंगे ।

6.1 प्रस्तावना (Introduction)

लाखों की संख्या में उपलब्ध कार्बनिक यौगिक जिन यौगिकों के व्युत्पन्न माने जाते हैं, वे यौगिक कार्बन और हाइड्रोकार्बन हैं । हाइड्रोकार्बन यौगिक कार्बन और हाइड्रोजन तत्वों से बने हैं । इनके वर्गीकरण तथा नामकरण के विषय में आप इकाई 5 में पर्याप्त जानकारी प्राप्त कर चुके हैं । इस इकाई में आप कुछ संतृप्त (मेथेन और एथेन) और कुछ असंतृप्त (एथीन और एथाइन) यौगिकों के बनाने की विधियों, गुणों और उपयोगों की जानकारी प्राप्त करेंगे । ये यौगिक ऐल्केन, ऐल्कीन और ऐल्काइन सजातीय श्रेणियों के प्रारम्भ के सदस्य हैं और इनकी विरचन विधियों और गुणों के समान ही श्रेणियों के अन्य सदस्यों की विरचन विधियाँ और गुण होते हैं ।

6.2 मेथेन की विरचन .विधियाँ गुण एवं उपयोग (Methods of Preparations, Properties and Uses of Methane)

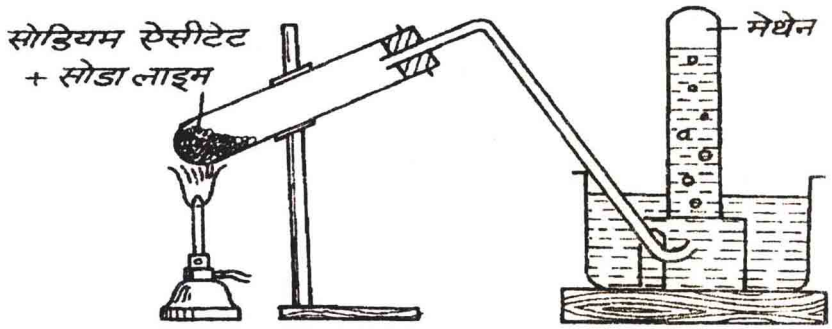
मेथेन, ऐल्केन श्रेणी का प्रथम सदस्य है । इसका रासायनिक सूत्र CH_4 है । यह एक संतृप्त हाइड्रोकार्बन है । इसके अणु का आकार चतुष्फलकीय होता है ।

6.2.1 मेथेन की विरचन विधियाँ

(1) **प्रयोगशाला विधि :** प्रयोगशाला में मेथेन को शुष्क सोडियम ऐसीटेट तथा सोडालाइम के मिश्रण को गरम करके बनाया जाता है। सोडालाइम बिना बुझे चूने (CaO) और सोडियम हाइड्रॉक्साइड का मिश्रण होता है । सोडियम ऐसीटेट से केवल सोडियम हाइड्रॉक्साइड ही अभिक्रिया करता है ।

$$CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{\text{गर्म करने पर}} CH_4 + Na_2CO_3$$

मिश्रण को काँच की नली में गर्म किया जाता है तथा बनने वाली गैस को जल के हटाव की विधि से इकट्ठा कर लिया जाता है, जैसा चित्र 6.1 में दिखाया गया है ।



चित्र 6.1 प्रयोगशाला में मेथेन बनाने का उपकरण

इस प्रकार प्राप्त मेथेन शुद्ध नहीं होती । इसमें हाइड्रोजन और एथीन की अशुद्धियां होती है । अशुद्धियां, हटाने के लिये गैस को क्षारीय $KMnO_4$ के विलयन में से गुजारा जाता है ।

(2) **शुद्ध मेथेन प्राप्त करने की प्रयोगशाला विधि :** प्रयोगशाला मे शुद्ध मेथेन प्राप्त करने हेतु मेथिल आयोडाइड का Zn/Cu युग्म और मेथेनॉल से अपचयन कराते हैं ।

$$CH_3l + 2[H] \xrightarrow[CH_2OH]{Zn/Cu} CH_4 + HI$$

(3) **ऐलुमिनियम कार्बाइड से मेथेन की प्राप्ति :** ऐलुमिनियम कार्बाइड की अभिक्रिया जल से अथवा सान्द्र HCL से कराने पर CH_4 गैस प्राप्त होती है ।

$$Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 3CH_4 + 4Al(OH)_3$$

$$Al_4C_3 + 12HCl \rightarrow 3CH_4 + 4AlCl_3$$

(4) **कार्बन और हाइड्रोजन से मेथेन का संश्लेषण :** $475^\circ C$ पर गरम किये गये कार्बन और निकल चूर्ण के मिश्रण पर हाइड्रोजन गैस प्रवाहित करने पर मेथेन गैस बनती है ।

$$C \quad + \quad 2H_2 \xrightarrow{\text{निकलचूर्ण}} \quad CH_4$$

(5) CO अथवा CO_2 तथा हाइड्रोजन के मिश्रण को $300^\circ C$ पर कार्बन तथा निकल के मिश्रण पर प्रवाहित करने पर मेथेन प्राप्त होती है ।

$$CO \quad + \quad 3H_2 \xrightarrow[300^\circ C]{C+Ni} \quad CH_4 \quad + \quad H_2O$$

$$CO_2 \quad + \quad 4H_2 \xrightarrow[300^\circ C]{C+Ni} \quad CH_4 \quad + \quad 2H_2O$$

(6) मेथिल मैग्नीशियम आयोडाइड पर जल की अभिक्रिया से मेथेन बनायी जा सकती है ।

$$CH_3Mgl \quad + \quad H_2O \quad \rightarrow \quad CH_4 \quad + \quad Mg(OH)l$$

(7) लाल फॉस्फोरस की उपस्थिति में $150^\circ C$ पर, मेथेनॉल, मेथेनॉइक अम्ल अथवा मेथेनॉल का हाइड्रोआयोडिक अम्ल से अपचयन करने पर मेथेन गैस प्राप्त होती है ।

$$CH_3OH + 2Hl \xrightarrow[150^\circ C]{\text{लाल } P} CH_4 + H_2O + l_2$$

$$HCHO + 4Hl \xrightarrow[150^\circ C]{\text{लाल } P} CH_4 + H_2O + 2l_2$$

$$HCOOH + 6Hl \xrightarrow[150^\circ C]{\text{लाल } P} CH_4 + 2H_2O + 3l_2$$

6.2.2 मेथेन के गुण

(क) भौतिक गुण -

(i) मेथेन रंगहीन, गंधहीन और स्वादहीन गैस है ।

(ii) यह जल में अल्प विलेय है, परन्तु ऐल्कोहॉल और ईथर में पर्याप्त विलेय है ।

(ख) रासायनिक गुण-

(i) मेथेन वायु के साथ मिलकर विस्फोटक मिश्रण बनाती है । जलाने पर यह मिश्रण विस्फोट के साथ जलता है । इसमें CO_2 तथा जल बनता है ।

$$CH_4 \quad + \quad 2O_2 \quad \rightarrow \quad CO_2 \quad + \quad 2H_2O$$

(ii) ओजोन गैस से अभिक्रिया होने पर मेथेन का ऑक्सीकरण होता है जिसमें मेथेनॉल बनता है।

$$CH_4 \quad + \quad 2O_3 \quad \rightarrow \quad HCHO + \quad 2O_2 \quad + \quad H_2O$$

(iii) मेथेन और जल-वाष्प के मिश्रण को निकल उत्प्रेरक पर $800^\circ C$ ताप पर प्रवाहित करने पर H_2 का मिश्रण प्राप्त होता है ।

$$CH_4 \quad + \quad H_2O \xrightarrow[800^\circ C]{Na} \quad CO \quad + \quad 3H_2$$

(iv) मेथेन और ऑक्सीजन को 9:1 के अनुपात में मिलाकर, मिश्रण को $200^\circ C$ ताप पर गर्म कॉपर नली में 100 वायुमण्डलीय दाब पर भेजने से मेथेनॉल बनता है । इससे बडी मात्रा में मेथेनॉल बनाया जाता है ।

$$CH_3 \quad + \quad \frac{1}{2}O_2 \quad \rightarrow \quad CH_3OH$$

(v) मेथेन और ऑक्सीजन के मिश्रण को मॉलिब्डेनम ओक्साइड की उपस्थिति में $270^{\circ}C$ पर गर्म करें तो मेथेनॉल $(HCHO)$ प्राप्त होता है ।

$$CH_4 \quad + \quad O_2 \quad \rightarrow \quad HCHO + \quad H_2O$$

(vi) **हैलोजेनों से अभिक्रियाएं :** मेथेन अंधेरे में क्लोरीन से कोई अभिक्रिया नहीं करती परन्तु सूर्य के प्रकाश में तीव्र अभिक्रिया कर कार्बन और HCl बनाती है ।

$$CH_4 \quad + \quad 2Cl_2 \quad \rightarrow \quad C \quad + \quad 4HCl$$

इस प्रकार प्राप्त महीन कार्बन चूर्ण कार्बन ब्लैक कहलाता है ।

विसरित प्रकाश में मेथेन क्लोरीन से अभिक्रिया कर विभिन्न क्लोरो मेथेन बनाती है-

$$CH_4 \quad + \quad Cl_2 \quad \rightarrow \quad CH_3Cl + \quad HCl$$

मेथिल क्लोराइड

$$CH_3Cl + \quad Cl_2 \quad \rightarrow \quad CH_2Cl_2 \quad + \quad HCl$$

मेथिलीन क्लोराइड

$$CH_2Cl_2 \quad + \quad Cl_2 \quad \rightarrow \quad CHCl_2 + \quad HCl$$

क्लोरोफॉर्म

$$CHCl_3 + \quad Cl_2 \quad \rightarrow \quad CCl_4 \quad + \quad HCl$$

कार्बन टेट्राक्लोराइड

ब्रोमीन भी क्लोरीन की भांति मेथेन से अभिक्रिया करती है परन्तु अभिक्रिया की गति बहुत धीमी होती है ।

आयोडीन से होने वाली मेथेन की अभिक्रिया उत्क्रमणीय होती है ।

$$CH_4 \quad + \quad Cl_2 \quad \rightleftharpoons \quad CH_3I \quad + \quad HCl$$

यदि उक्त अभिक्रिया $HNO_3, HIO_3 HI$ जैसे ऑक्सीकारक पदार्थ की उपस्थिति में करायी जाती है तो अभिक्रिया मे बनने वाले HI का ऑक्सीकरण आयोडीन में हो जाता है तथा अभिक्रिया अनुक्रमणीय हो जाती है अर्थात् अभिक्रिया की दिशा दांयी ओर ही रहती है ।

HI का ऑक्सीकरण निम्न प्रकार होता है-

$$5HI \; + \; HIO_3 \; \rightarrow \; 3l_2 \; + \; 3H_2O$$

फ्लुओरीन गैस, मेथेन से तीव्र क्रिया करके कार्बन और HF बनाती है ।

$$CH_4 \; + \; 2F_2 \; \rightarrow \; C \; + \; 4HF$$

(vii) $400^{\circ}C$ ताप और 10 वायुमण्डलीय दाब पर मेथेन नाइट्रिक अस्त से अभिक्रिया कर नाइट्रोमेथेन बनाती है ।

$$CH_4 + HO - NO_2 \rightarrow CH_3NO_2 + H_2O$$

6.2.3 मेथेन के उपयोग

(i) मेथेन का उपयोग कार्बन ब्लैक के निर्माण में होता है । औद्योगिक दृष्टि से यह एक महत्व पूर्ण पदार्थ है । काले रंग और छापे की स्याही बनाने में इसका उपयोग होता है ।

(ii) मेथेन का उपयोग ईंधन के रूप में किया जा सकता है ।

(iii) मेथेन से बहुत से महत्वपूर्ण यौगिक, जैसे मेथिल क्लोराइड, कार्बन टेट्राक्लोराइड, मेथिल ऐल्कोहॉल, मेथेनॉल, आदि प्राप्त किये जा सकते है ।

बोध प्रश्न :

1. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये-

(क) सोडा लाइम की अभिक्रिया ..... से होने पर CH_4 और Na_2CO_3 बनते है ।

(ख) …….. की अभिक्रिया जल से होने पर मेथेन गैस और ऐलुमिनियम हाइड्रॉक्साइड बनता है ।

(ग़) मेथेन की अभिक्रिया नाइट्रिक अम्ल से होने पर जल और ..... बनता है ।

(घ) ओजोन द्वारा मेथेन का ऑक्सीकरण होने पर ..... बनता है ।

2. निम्नलिखित कथनों मे सत्या/असत्य बताइये-

(क) मेथेन, फ्लुओरीन गैस के साथ बहुत धीमी किया करता है। (सत्य/असत्य)

(ख) मेथेन जल में विलेय है परन्तु ऐल्कोहॉल में अविलेय रहती है । (सत्य/असत्य)

(ग) मेथेन वायु में विस्फोट के साथ जलती है । (सत्य/असत्य)

(घ) मेथिल मैग्नीशियम की जल से अभिक्रिया होने पर मेथेन गैस उत्सर्जित होती है । (सत्य/असत्य)

6.3 एथेन की विरचन विधियाँ, गुण एवं उपयोग (Methods of Preparation, Properties and Uses ऑफ Ethane)

एथेन ऐल्केन श्रेणी का दूसरा सदस्य है । इसका रासायनिक सूत्र C_2H_6 है । यहाँ दो मेथिल समूह $(-CH_3)$ परस्पर कार्बन-कार्बन एकल बंध से जुड़ें रहते है ।

6.3.1 एथेन की विरचन विधियाँ

(1) $Zn-Cu$ युग्म द्वारा एथिल आयोडाइड के अपचयन से एथेन गैस प्राप्त होती है ।

$$CH_3-CH_2I+2H \xrightarrow[H_2O]{Zn-Cu\ \text{युग्म}} CH_3-CH_3+HI$$

(2) एथिल मैग्नीशियम आयोडाइड के जल अपघटन द्वारा एथेन गैस बनती है ।

$$C_2H_5-MgI+H_2O \rightarrow C_2H_6+Mg(OH)I$$

(3) सोडियम प्रोपेनोएट की अभिक्रिया सोडा लाइम $(NaOH+CaO)$ से कराने पर एथेन गैस प्राप्त होती है ।

$$CH_3 - CH_2 - COONa + NaOH \xrightarrow{CaO} CH_3 - CH_3 + Na_2CO_3$$

(4) मेथिल आयोडाइड की अभिक्रिया शुष्क ईथर माध्यम में सोडियम धातु से कराने पर एथेन गैस प्राप्त होती है ।

$$CH_3I + 2Na + CH_3I \rightarrow CH_3 - CH_3 + 2NaI$$

यह अभिक्रिया वुर्ट्ज अभिक्रिया कहलाती है ।

(5) निकल धातु की उपस्थिति में $200 - 300^{\circ}C$ ताप पर एथीन की अभिक्रिया हाइड्रोजन से कराने पर एथेन गैस बनती है ।

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \rightarrow CH_2 - CH_3$$

यह अभिक्रिया हाइड्रोजनीकरण कहलाती है । इसमें असंतृप्त हाइड्रोकार्बन, संतृप्त हाइड्रोकार्बन में परिवर्तित होता है ।

(6) एथेनॉल (C_2H_5OH), ऐसीट-ऐल्डिहाइड (CH_3CHO) अथवा ऐसीटिक अम्ल का HI तथा लाल फॉस्फोरस से अपचयन करने पर एथेन गैस प्राप्त होती है ।

$$C_2H_5OH + 2HI \rightarrow C_2H_6 + H_2O + I_2$$
$$CH_3CHO + 4HI \rightarrow C_2H_6 + H_2O + 2l_2$$
$$CH_3COOH + 6HI \rightarrow C_2H_6 + 2H_2O + 3l_2$$

(7) **कोल्वे की विधुत-अपघटन विधि :** सोडियम ऐसीटेट के सांद्र विलयन का विघुत-अपघटन कराने पर ऐनोड पर एथेन प्राप्त होती है । अभिक्रिया निम्न प्रकार पूर्ण होती है-

$$CH_3COONa \rightleftharpoons CH_3COO + Na^+$$

ऐनोड पर,
$$CH_3COO \rightarrow RCOO + e^-$$
$$CH_3COO \rightarrow CH_3 + CO_2$$
$$\bullet CH_3 + \bullet CH_3 \rightarrow CH_3 - CH_3$$

कैथोड पर,
$$K^+ + e^- \rightarrow K$$
$$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH - H_2$$

अभिक्रिया में ऐसीटेट मुक्त मूलक $(CH_3COO\bullet)$ तथा मेथिल मुक्त मूलक $(\bullet CH_3)$ बनते हैं । दो मेथिल मुक्त मूलक जुड़कर एथेन का अणु बनाते है ।

6.3.2 एथेन के गुण

(क) भौतिक गुण -

(i) यह एक रंगहीन और गंधहीन गैस है ।

(ii) जल में अल्प विलेय परन्तु कार्बनिक विलायकों मे अधिक विलेय है ।

(ख) रासायनिक गुण

(i) ऐथेन वायु में जलकर कार्बन डाइऑक्साइड और जल बनाती है ।

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

(ii) एथेन, हैलोजेन से अभिक्रिया कर विभिन्न संघटनों वाले व्युत्पन्न बनाती है । क्लोरीन से निम्नलिखित अभिक्रियाएं होती हैं-

$$C_2H_6 \xrightarrow[-HCL]{Cl_2} C_2H_5Cl \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2H_4Cl_2 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2H_3Cl_3$$

$$\xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2H_2Cl_4 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2HCl_5 \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} C_2Cl_6$$

(iii) उच्च ताप पर एथेन की अभिक्रिया नाइट्रिक अस्त की वाष्प से होने पर नाइट्रोएथेन बनती है ।

$$C_2H_6 + HO - NO_2 \xrightarrow{450^\circ C} C_2H_3 - NO_2 + H_2O$$

6.3.3 एथेन के उपयोग

(i) कोयला गैस और प्राकृतिक गैस के अवयव के रूप में यह गैस ईंधन के रूप में कार्य करती है ।

(ii) अन्य कार्बनिक यौगिक बनाने में एथेन का उपयोग किया जाता है ।

(iii) हैक्साक्लोरो एथेन का उपयोग कृत्रिम कपूर के रूप में किया जाता है ।

बोध प्रश्न :

3. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये-

(क) एथिल मैग्नीशियम आयोडाइड का जल अपघटन करने से ..... गैस प्राप्त होती है ।

(ख) ..... की अभिक्रिया सोडालाइम से कराने पर एथेन गैस प्राप्त होती है ।

(ग़) एथेन एक रंगहीन और ..... गैस है ।

(घ) ऐसीटेट मुक्त मूलक से CO_2 का अणु अलग होने पर ..... मुक्त मूलक प्राप्त होता है ।

6.4 एथीन की विरचन विधियाँ, गुण एवं उपयोग (Methods of Preparation, Properties and Uses of Ethene)

एथीन, ऐल्कीन श्रेणी का प्रथम सदस्य है । इसका सूत्र C_2H_4 है । इसमें कार्बन-कार्बन द्विबंध पाया जाता दे । यह एक असंतृप्त हाइड्रोकार्बन है तथा रासायनिक दृष्टि से एथेन की अपेक्षा बहुत अधिक सक्रिय होता है । इसका सामान्य नाम एथिलीन है ।

6.4.1 एथीन की विरचन विधियाँ

(1) **प्रयोगशाला विधि :** प्रयोगशाला में एथेनॉल को सांद्र H_2SO_4 के साथ $165-170^\circ C$ ताप पर गर्म करके एथीन बनायी जाती है ।

$$CH_3 - CH_2 - OH \xrightarrow[165-170^\circ C]{\text{साद्र } H_2SO_4} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

इस प्रकार प्राप्त एथीन में SO_2, CO_2, ऐल्कोहॉल तथा ईथर की अशुद्धियाँ होती हैं । एथीन गैस को कमशः सांद्र H_2SO_4 और सांद्र KOH के विलयनों मे प्रवाहित करते हैं । ऐल्कोहॉल और ईथर की अशुद्धियों को सांद्र H_2SO_4 अवशोषित कर लेता है तथा CO_2 एवं SO_2 गैसों की अशुद्धियों को सांद्र KOH विलयन अवशोषित कर लेता है ।

(2) डाइब्रोमोएथेन के ऐल्कोहॉल में विलयन को दानेदार जिंक के साथ गरम करने पर एथीन प्राप्त होती है ।

$$CH_2Br - CH_2Br + Zn \rightarrow CH_2 = CH_2 + ZnBr_2$$

(3) एथिल ब्रोमाइड की अभिक्रिया ऐल्कोहॉली से कराने पर एथीन बनती है ।

$$CH_3 - CH_2 - BR \xrightarrow{KOH} CH_2 = CH_2 + KBr + H_2O$$

(4) $200^\circ C$ ताप पर गर्म निकल चूर्ण पर एथाइन और हाइड्रोजन का मिश्रण प्रवाहित करने पर एथीन प्राप्त होती है ।

$$CH \equiv CH + H_2 \xrightarrow[200^\circ C]{Ni} CH_2 = CH_2$$

(5) **कॉल्बे विद्युत् - अपघटन विधि :** सोडियम या पोटैशियम सक्सिनेट के सांद्र जलीय विलयन का विद्युत्-अपघटन कराने पर एथीन गैस ऐनोड पर प्राप्त होती है ।

$$\begin{array}{l} CH_2COONa \\ | \\ CH_2COONa \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} CH_2COO\cdot \\ | \\ CH_2COO\cdot \end{array} + 2Na^+$$

सोडियम सक्सिनेट

ऐनोड पर,

$$\begin{array}{l} CH_2COO^- \\ | \\ CH_2COO^- \end{array} - 2e^- \rightarrow \begin{array}{l} CH_2COO\cdot \\ | \\ CH_2COO\cdot \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} CH_2 \\ || \\ CH_2 \end{array} + CO_2$$

सक्सिनेट मुक्त मूलक

कैथोड पर,

$$2K + 2e^- \rightarrow 2K$$

$$2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$$

(6) औद्योगिक मात्रा मे एथीन प्राप्त करना

पेट्रोलियम के प्रभावी भंजन तथा प्राकृतिक गैस से एथीन को औद्योगिक मात्रा में प्राप्त किया जाता है ।

एथेनॉल की वाष्प को $350^\circ C$ पर तप्त ऐलुमिना (Al_2O_3) पर प्रवाहित करने पर एथीन औद्योगिक स्तर पर प्राप्त की जा सकती हैं ।

$$CH_3 - CH_2 - OH \xrightarrow[350^\circ C]{Al_2O_3} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

6.4.2 एथीन के गुण

(क) **भौतिक गुण** -

(i) एथीन एक रंगहीन तथा मधुरगंध वाली गैस है ।

(ii) यह जल में अल्प विलेय है, परन्तु ईथर, ऐल्कोहॉल आदि कार्बनिक विलायकों में
अधिक विलेय है ।

(ख) **रासायनिक गुण-**

(i) एथीन की अभिक्रिया हाइड्रोजन के साथ Ni, Pd अथवा Pt जैसे उत्प्रेरक की उपस्थिति में होती है और एथेन प्राप्त होती है ।

$$CH_2 = CH_2 + H_2 \xrightarrow{Na} CH_3 - CH_3$$

(ii) एथीन को अध्रुवीय विलायक जैसे CCl_4 में विलेय कर हैलोजेन से अभिक्रिया कराते हैं तो 1,2 - डाइहैलोएथेन प्राप्त होते हैं । उदाहरण के लिए, ब्रोमीन से अभिक्रिया होने पर 1,2 - डाइब्रोमोएथेन बनता है ।

$$CH_2 = CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br - CH_2Br$$

(iii) एथीन से हाइड्रोजन हैलाइड अभिक्रिया कर एथिल हैलाइड बनाते हैं । उदाहरण के लिये, HCl से अभिक्रिया द्वारा ऐथिल क्लोराइड प्राप्त होता है ।

$$CH_2 = CH_2 + HCl \rightarrow CH_3 - CH_2Cl$$

(iv) एथीन की अभिक्रिया अम्लों से कराने पर हैलोहाइड्रिन व्युत्पन्न प्राप्त होते । उदाहरण के लिये,

$$CH_2 = CH_2 + HOCl \rightarrow CH_2Cl - CH_2OH$$

हाइपोक्लोरस अम्ल एथिलीन क्लोराहाइड्रिन अथवा 2-क्लोरो एथेनॉल

(v) एथीन, एसीटिक अम्ल से अभिक्रिया कर एथिल ऐसीटेट बनाती है ।

$$CH_2 = CH_2 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COOC_2H_5$$

(vi) ठंडे सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ एथीन अभिक्रिया करके एथिल हाइड्रोजन सल्फेट बनाती है जो जल के साथ गरम करने पर एथेनॉल बनाता है ।

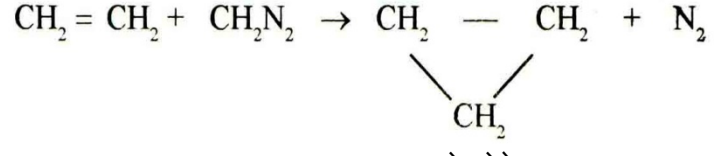
$$CH_2 = CH_2 + H_2SO_4 \rightarrow CH_3 - CH_2 - HSO_4$$

$$CH_3 - CH_2 - HSO_4 + H - OH \rightarrow CH_3CH_2OH + H_2SO_4$$

यदि एथिल हाइड्रोजन सल्फेट को $160^\circ C - 170^\circ C$ पर गरम करे तो पुन: एथीन प्राप्त हो जाती है ।

$$CH_3 - CH_2 - HSO_4 \xrightarrow{160^\circ C - 170^\circ C} CH_2 = CH_2 + H_2SO_4$$

(vii) एथीन की अभिक्रिया डाइऐजोमेथेन से होने पर साइक्लो प्रोपेन बनता है ।



साइक्लो प्रोपेन

(viii) एथीन गैस को जलीय 1% क्षारीय $KMnO_4$ विलयन (बेयर अभिकर्मक) में से गुजारते हैं तो एथीन ऑक्सीकृत होकर एथेन ग्लाइकॉल बनाती है तथा $KMnO_4$ का बैंगनी विलयन रंगहीन हो जाता हैं ।

$$\begin{array}{lll} CH_2 & & CH_2OH \\ \| & +H_2O+[O] \rightarrow & | \\ CH_2 & & CH_2OH \end{array}$$

एथेन ग्लाइकॉल

यह अभिक्रिया यौगिक में द्विबंध की उपस्थिति ज्ञात करने हेतु काम आती है ।

(ix) एथीन की अभिक्रिया ओजोन गैस से कराने पर मेथेनॉल बनता है ।

$$CH_2 = CH_2 + O_3 \rightarrow \begin{array}{l} O \\ CH_2 \quad CH_2 \\ O \text{——} O \end{array} \xrightarrow[Zn]{H_2O} 2HCHO + H_2O_2$$

एथेन ओजोनाइड

ओजोनाइड का जल अपघटन होने पर मेथेनॉल तथा हाइड्रोजन पर ऑक्साइड बना । हाइड्रोजन पर ऑक्साइड जिंक धातु से अभिक्रिया कर जल मे परिवर्तित हो जाता है ।

$$Zn + H_2O_2 \rightarrow ZnO + H_2O$$

(x) वायु में जलाने पर एथीन का ऑक्सीकरण CO_2 तथा H_2O में हो जाता है ।

$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

(xi) बहुलकीकरण अभिक्रिया

एथीन का बहुलकीकरण होने से पॉलीथीन बनता है ।

$$nCH_2 = CH_2 \xrightarrow[\text{उत्प्रेरक}]{\text{उच्च ताप व दाब}} \underset{\text{पॉलीथीन}}{(-CH_2 - CH_2-)_n}$$

पॉलीथीन एक उपयोगी उत्पाद के रूप में सामने आया, परन्तु इसका बहुत अधिक उपयोग आज पर्यावरण की समस्या बना हुआ है । अत: इसके उपयोग को सीमित करना बहुत आवश्यक है ।

एथीन के व्युत्पनों का बहुलकीकरण करने पर अन्य उपयोगी प्लास्टिक प्राप्त होते है । कुछ उदाहरण यहाँ दिये जा रहे हैं-

$$nCH_2 = CHCl \rightarrow (-CH_2 - CHCl-)_n$$

वाइनिल क्लोराइड — पॉलीवाइनिल क्लोराइड(PVC)

$$n\ CH_2 = CH\text{-}CN \rightarrow \left(- CH_2 - \underset{|}{\overset{CN}{CH}} - \right)_n$$

वाइनिल सायनाइड — ऐक्रीलॉन या ऑरलॉन

$nCF_2 = CF_2 \rightarrow (-CF_2 - CF_2-)_n$

टेट्रापलुओरो एथीन — टेपलॉन

6.4.3 एथीन के उपयोग

(1) एथीन से पॉलीथीन, टेपलॉन, पॉलीवाइनिल क्लोराइड, आदि उपयोगी प्लास्टिक बनाये जाते हैं ।

(2) एथीन से ऐक्रीलॉन बनाया जाता है जो कृत्रिम रेशों के रूप मे वस्त्र बनाने हेतु उपयोग में आता हैं ।

(3) एथीन बहुत से उपयोगी यौगिकों के बनाने में काम मे ली जाती है, जैसे-एथिल ऐल्कोहॉल, एथिलीन ऑक्साइड, एथिल हैलाइड, डाइऑक्सेन, आदि ।

बोध प्रश्न :

4. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये ।

(क) एथेनॉल को सांद्र H_2SO_4 के साथ गरम करने पर एथीन गैस बनती है । (सत्य/असत्य)

(ख) दानेदार जिंक की अभिक्रिया एथिल ब्रोमाइड से करने पर एथीन प्राप्त होती है । (सत्य/असत्य)

(ग) एथीन गैस क्षारीय $KMNO_4$ विलयन से ऑक्सीकृत होकर मेथेनॉल बनती है (सत्य/असत्य)

(घ) वाइनिल साइनाइड के बहुलकीकरण से ऑरलॉन प्राप्त होता है । (सत्य/असत्य)

5. निम्नलिखित अभिक्रियाओं में बनने वाले उत्पादों के सूत्र लिखे -

(क) एथीन कि डाइऐजोमेथेन से अभिक्रिया ।

(ख) एथीन की हाइपोक्लोरस अम्ल से अभिक्रिया ।

6.5 एथाइन की विरचन विधियाँ, गुण एवं उपयोग (Methods of Preparation, Properties and Uses of Ethyne)

एथाइन, ऐल्काइन श्रेणी का प्रथम सदस्य है । इसका सूत्र C_2H_2 अथवा $CH \equiv CH$ है । यह एक असंतृप्त हाइड्रोकार्बन है । इसका सामान्य नाम ऐसीटिलीन है । यह एक बहुत किया शील यौगिक है ।

6.5.1 एथाइन की विरचन विधियां

(1) **प्रयोगशाला विधि** :प्रयोगशाला में एथाइन प्राप्त करने हेतु कैल्सियम कार्बाइड की जल से अभिक्रिया करायी जाती है ।

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow CH \equiv CH + Ca(OH)_2$$

अभिक्रिया कमरे के ताप पर तीव्र गति से होती है । एथाइन में बहुत सी अशुद्धियाँ मिली रहती है $NH_3, PH_3, AsH_3 H_2S CuSO_4$ । इन अशुद्धियों को हटाने के लिये अभिक्रिया से प्राप्त गैस को $CuSO_4$ के विलयन मैं प्रवाहित करते हैं ।

(2) 1,2- डाइब्रोमो एथेन पर एल्कोहॉली KOH की अभिक्रिया से एथाइन प्राप्त होती है ।

$$CH_2Br - CH_2Br + 2KOH \rightarrow CH = CH + 2KBr + 2H_2O$$

(3) टेट्राब्रोमाएथेन को जिंक के साथ गरम करने पर एथाइन गैस प्राप्त होती है ।

$$CHBr_2 - CHBr + 2Zn \rightarrow CH = CH + 2ZnBr$$

(4) आइडोफार्म और रजत चूर्ण को मिलाकर गरम करने पर एथाइन प्राप्त होती है ।

$$CHI_3 + 6Ag + I_3CH \rightarrow CH = CH + 6AgI$$

(5) कॉल्बे विद्युत - अपघटन विधि

मैलेइक अथवा पयूमैरिक अम्ल के सोडियम अथवा पोटैशियम लवण के विद्युत अपघटन पर ऐनोड पर एथाइन प्राप्त होती है ।

$$\begin{array}{lll} CHCOOK & & CHCOO^- \\ \| & & \| \quad + \quad 2K^+ \\ CHCOOK & \rightleftharpoons & CHCOO^- \\ CHCOO^- & & CHCOO \quad CH \\ \| \quad -2e \rightarrow & & \| \quad \rightarrow \quad \| \quad +2CO_2 \\ CHCOO^- & & CHCOO^- \quad CH \\ CH & \rightarrow & CH \\ \| & & \| \\ CH & \rightarrow & CH \end{array}$$

(6) एथाइन का औद्योगिक उत्पादन

बेबुझे चूने और कोक को मिलाकर विद्युत भट्टी में उच्च ताप पर गर्म करने पर कैल्सियम कार्बाइड बनता है, जिसके जल अपघटन से एथाइन प्राप्त की जाती है ।

$$CaO + 3C \xrightarrow{2500-3000^\circ C} CaC_2 + CO$$

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

6.5.2 एथाइन के गुण

(क) भौतिक गुण -

(i) एथाइन रंगहीन तथा ईथर जैसी गंध वाली गैस है ।

(ii) यह गैस जल में अविलेय परन्तु ऐसीटोन में पर्याप्त विलेय है ।

(iii) यह दीप्त ज्वाला के साथ जलती है अर्थात् इसकी ज्वाला बहुत प्रकाश देने वाली होती है । साथ ही इसका दहन अत्यंत ऊष्माक्षेपी होता हैं ।

(ख) रासायनिक गुण

(i) निकल उत्प्रेरक की उपस्थिति में एथाइन की अभिकिया हाइड्रोजन गैस से कराने पर पहले एथीन और फिर एथेन प्राप्त होती है ।

$$CH = CH \xrightarrow[Ni]{H_2} CH_2 = CH_2 \xrightarrow[Ni]{H_2} CH_3 - CH_3$$

(ii) एथाइन की अभिक्रिया हैलोजेन से करवाने पर टेट्राहैलो व्युत्पन्न बनते है ।

$$CH = CH = \xrightarrow{Cl_2} CHCl = CHCl \xrightarrow{Cl_2} CHCl_2 - CHCl_2$$

आयोडीन केवल डाइआयडो व्युत्पन्न बनाती है ।

$$CH = CH \xrightarrow[\text{एल्कोहॉली विलयन}]{I_2} CHI = CHI$$

(iii) हैलोअम्ल की अभिकिया एथाइन से कराने पर 1, 1 -डाइहैलो व्युत्पन्न प्राप्त होते है ।

$$CH = CH \xrightarrow{HBr} CH_2 = CHBr \xrightarrow[\text{1, 1 -डाइब्रोमोएथेन}]{HBr} CH_3 - CHBr_2$$

यह अभिक्रिया मारकोनीकॉफ के नियम अनुसार होता है । यदि अभिक्रिया किसी परॉक्साइड की उपस्थिति में करायी जाती है तो 1 2-डाइहैलो व्युत्पन्न बनता है ।

$$CH = CH \xrightarrow[\text{परॉक्साहड}]{HBr} CH_2 = CHBr \xrightarrow[\text{परॉक्साइट}]{HBr} CH_2Br - CH_2Br$$

1, 2-डाइब्रोमो एथेन

(iv) **हाइपोक्लोरस अम्ल की अभिक्रिया-** यह अभिक्रिया भी मारकोनीकॉफ के नियमानुसार होती है ।

$$CH \equiv CH \xrightarrow{HO\text{-}Cl} \underset{\text{2–क्लोरोएथीनॉल}}{\overset{\overset{Cl}{|}}{CH = CH}} \xrightarrow{HOCl} \underset{\text{अस्थाई यौगिक}}{\overset{\overset{Cl}{|}}{\overset{\overset{Cl}{|}}{CH - CH}}} \xrightarrow[-H_2O]{} \underset{\text{ऐल्डिहाइड}}{CHCl_2 - CHO}$$

डाईक्लोरो ऐसीट–

उक्त अभिक्रिया में आपने देखा कि यदि एक ही कार्बन परमाणु पर दो -OH संलग्न हो जाते हैं तो इस प्रकार प्राप्त यौगिक स्थाई नहीं होता । यौगिक जल का एक परमाणु त्याग कर स्थाई यौगिक का रूप ले लेता है ।

(v) एथाइन की अभिक्रिया हाइड्रोजन सायनाइड से होने पर वाइनिल सायनाइड बनता है ।

$$CH \equiv CH + HCN \xrightarrow{CU_2Cl_2} CH_2 = CH - CN$$

(vi) **जल से अभिक्रिया :** एथाइन मर्क्यूरिक आयनों और तनु H_2SO_4 की उपस्थिति में जल से अभिक्रिया करती है जिसमें वाइनिल ऐल्कोहॉल बनता है । इस यौगिक का पुनर्विन्यास होने पर एथेनॉल प्राप्त होता है ।

$$CH = CH + H_2O \xrightarrow[\text{तनु } H_2SO_4]{Hg^{2+},80^0C} CH_2 = CHOH \xrightarrow{\text{पुनर्विन्यास}} CH_3CHO$$

(vii) निकल कार्बोनिल की उपस्थिति में एथाइन की अभिक्रिया CO और H_2O के साथ होने पर प्रोपीनोइक अन्त (ऐक्रिलिक अम्ल) बनता है ।

$$CH \equiv CH + CO + H_2O \xrightarrow{Ni(CO)_4} CH_2 = CH - COOH$$

यदि अभिक्रिया CO और CH_3OH के साथ होती है तो एस्टर बनता है ।

$$CH \equiv CH + CO + CH_3OH \xrightarrow{Ni(CO)_4} CH_2 = CH - COOCH_3$$

मेथिल एक्रिलेट(एस्टर)

(viii) एथाइन की अभिक्रिया उत्प्रेरक BF_3HgO की उपस्थिति में मेथेनॉल से कराने पर मेथिलैल नामक यौगिक प्राप्त होता ।

$$CH \equiv CH + CH_3OH \xrightarrow{BF_3HgO} CH_2 = CH - OCH_3$$

मेथिल वाइनिल ईथर

$$\xrightarrow[BF_3,HgO]{CH_3OH} CH_3 - CH(OCH_3)_2$$

मेथिलैल

इसी प्रकार अन्य ऐल्कोहॉल भी अभिक्रिया कर कीटैल व्युत्पन्न बनाते हैं ।

(ix) एथाइन वायु में जलकर CO_2 तथा जल बनाती है ।

$$2C_2H_2 + O_5 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

(x) ओजोनी-अपघटन

एथाइन, ओजोन से अभिकिया कर एथाइन ओजोनाइड बनाता है, जिसका जल अपघटन होने पर पहले ग्लाइऑक्सल बनता है, जो अभिकिया में बने H_2O_2 से ऑक्सीकृत होकर मेथेनॉइक अम्ल बनाता है ।

$$CH \equiv CH + O_3 \rightarrow \underset{\text{एथाइन ओजोनाइड}}{\overset{O}{\diagup\!\diagdown}\,CH - CH\,\diagup\!\diagdown\,O\,O} \xrightarrow[-H_2O_2]{H_2O} \underset{\text{ग्लाइऑक्सल}}{H - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - H} \xrightarrow{H_2O_2} \underset{\text{मेथेनॉइक अम्ल}}{2HCOOH}$$

(xi) एथाइन का ऑक्सीकरण क्षारीय $KMnO_4$ से होने पर मेथेनॉइक अम्ल बनता है ।

$$CH \equiv CH \xrightarrow[\text{क्षारीय } KMnO_4]{2\,|O|} \underset{\text{ग्लाइऑक्सल}}{\begin{matrix} H - C = O \\ | \\ H - C = O \end{matrix}} \xrightarrow{H_2O,|O|} \underset{\text{मेथेनॉइक अम्ल}}{2HCOOH}$$

(xii) अम्लीय डाइक्रोमेट (क्रोमिक अम्ल) से ऑक्सीकरण होने पर एथाइन से ऐसीटिक अम्ल प्राप्त होता है ।

$$CH \equiv CH + H_2O + O \rightarrow CH_3 - COOH$$

(xiii) एथाइन या ऐसीटिलीन की अभिकिया द्रव अमोनिया में सोडियम धातु से कराने पर सोडियम एसीटिलाइड बनता है ।

$$2Na + 2NH_3 \rightarrow 2NaNH_2 + H_2$$

$$CH = CH + NaNH_2 \xrightarrow[-NH_3]{} CH = CNa \xrightarrow[-NH_3]{NaNH_2} Na - C = C - Na$$

एसीटिलीन सोडियम एसीटिलाइड डाइसोडियम एसीटिलाइड

(xiv) एथाइन या ऐसीटिलीन जब क्यूप्रस क्लोराइड के NH_4OH में विलयन से प्रवाहित की जाती है तो क्यूप्रस ऐसीटिलाइड 'का लाल अवक्षेप प्राप्त होता है ।

$$CH \equiv CH + Cu_2Cl_2 + 2NH_4OH \rightarrow AgC \equiv CAg + 2NH_4OH + 2H_2O$$

इसी प्रकार $AgNO_3$ के NH_4OH में विलयन से एथाइन प्रवाहित करने पर सिल्वर ऐसीटिलाइड का सफेद अवक्षेप प्राप्त होता है ।

$$CH \equiv CH + 2AgNO_3 + 2NH_4OH \rightarrow AgC \equiv CAg + 2NH_4OH + 2H_2O$$

(xv) ग्रीन्यार अभिकर्मक के साथ एथाइन अभिकिया करके मेथेन गैस बनाती है ।

$$CH \equiv CH + CH_3MgBr \rightarrow CH_4 + Mg(-C \equiv CH)Br$$

(xvi)एथाइन का बहुलकीकरण

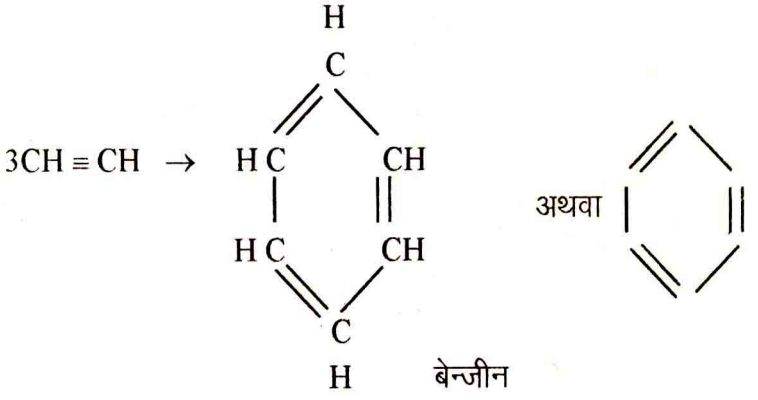
(अ) एथाइन को क्यूप्रसक्लोराइड और अमोनियम क्लोराइड के मिश्र विलयन में प्रवाहित करते है तो इसके दो अणु मिलकर वाइनिल ऐसीटिलीन बनाते है ।

$$CH = CH + CH = CH \xrightarrow[NH_4Cl]{Cu_2Cl_2} CH_2 = CH - C = CH$$

इस उत्पाद की अभिकिया HCl से कराने पर क्लोरोप्रीन बनता है जिसके बहु लकीकरण से. निओप्रीन प्राप्त होता है, जो कृत्रिम रबड़ के रूप में उपयोग में लाया जाता है ।

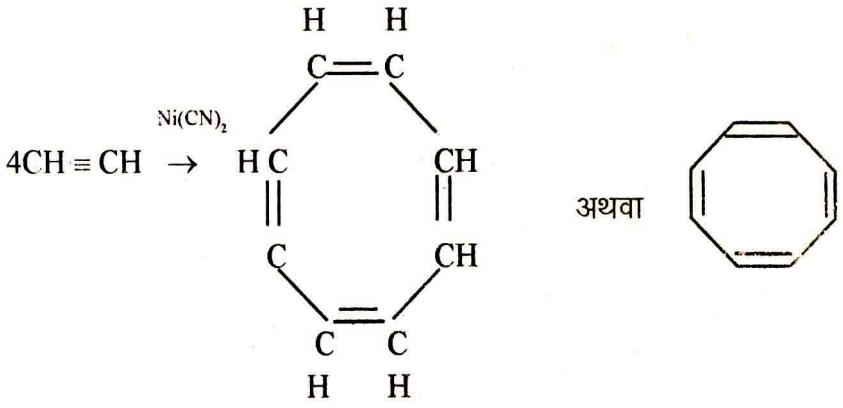
$$CH_2 \equiv CH - C \equiv CH + HCl \rightarrow CH_2 = CH - \underset{\displaystyle Cl}{\overset{\displaystyle |}{C}} = CH_2 \xrightarrow{\text{बहुलकीकरण}} \text{निओप्रीन}$$

(ब) एथाइन को रक्त तप्त लोहे की नली में प्रवाहित करने पर इसके तीन अणु संयुक्त. होकर ऐरोमैटिक यौगिक बेंजीन बनाते हैं ।



बेन्जीन

(स) एथाइन को एक अक्रिय विलायक में निकल सायनाइड के निलम्बन में प्रवाहित करते हैं तो इसके चार अणु मिलकर साइक्लो ऑक्टा टेट्राइन बनाते हैं ।



6.5.3 एथाइन के उपयोग

(1) एथाइन का उपयोग फलों को कृत्रिम रूप से पकाने हेतु किया जाता है ।

(2) ऑक्सी-एथाइन ज्वाला का उपयोग धातुओं को काटने और उन्हें जोड़ने (वेल्डिंग) हेतु किया जाता हैं, क्योंकि ऑक्सीजन और एथाइन का मिश्रण उच्च ताप (लगभग $3000^0 C$) वाली ज्वाला के साथ जलता हैं । सामान्यत: इसे ऑक्सी-ऐसीटिलीन ज्वाला के नाम से जाना जाता है ।

(3) बहुत से स्थानों पर जहाँ विद्युत आसानी से उपलब्ध नहीं होती, एथाइन गैस का उपयोग प्रकाश प्राप्त करने हेतु भी किया जाता है ।

(4) एथाइन का उपयोग कुछ महत्वपूर्ण यौगिक प्राप्त करने हेतु किया जाता हैं । इसका - उपयोग कृत्रिम रबड़, कृत्रिम रेशे और प्लास्टिक के निर्माण मे भी किया जाता है ।

बोध प्रश्न :

6. निम्नलिखित रासायनिक समीकरणों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये-

(क) $_____ + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$

(ख) $CHI_3 + 6Ag + I_3CH \rightarrow$ ..... $+ 6AgI$

(ग) $CH = CH \xrightarrow[\text{एल्कोहॉली विलयन}]{\text{आयोडीन}}$ .....

(घ) $CH = CH + H_2O + O \rightarrow$ .....

7. निम्नलिखित कथनों मे सत्या/असत्य बताइये-

(क) एथाइन का साधारण नाम ऐसीटिलीन है । (सत्य/असत्य)

(ख) एथाइन का उपयोग फलों का पकाने हेतु किया जाता है । (सत्य/असत्य)

(ग) एथाइन को क्षारीय द्वभग़०4 से ऑक्सीकृत करने पर ऐसीटिक अम्ल प्राप्त होता है । (सत्य/असत्य)

(घ) एथाइन ईथर समान गंध वाली गैस है । (सत्य/असत्य)

6.6 सारांश (Summary)

- मेथेन की विरचन विधियाँ हैं-
  - सोडियम ऐसीटेट को सोडालाइम के साथ गरम करके ।
  - CH_3I के अपचयन द्वारा ।
  - Al_4C_3 की जल से अभिक्रिया द्वारा ।
  - CO तथा CO_2 का H_2 गैस द्वारा अपचयन ।
  - $CH_3OH, HCOOH$ अथवा $HCHO$ का लाल फॉस्फोरस की उपस्थिति में Hl द्वारा अपचयन ।
- मेथेन एक रंगहीन तथा गंधहीन गैस है । जल में अल्प विलेय पर ऐल्कोहॉल एवं ईथर में विलेय । .
- मेथेन की अभिक्रियाएं $O_2, O_3, H_2O,$ हैलोजन, HNO_3 आदि से होती हैं ।
- एथेन की विरचन विधियाँ गुण एवं उपयोग मेथेन समान ही हैं ।
- एथीन की विरचन विधियाँ हैं-
  - एथेनॉल का सांद्र H_2SO_4 द्वारा निर्जलीकरण ।
  - डाइब्रोमो ऐल्केन की Zn से अभिकिया द्वारा ।
  - CH_3CH_2Br तथा ऐल्कोहॉली KOH की अभिकिया द्वारा ।
  - एथाइन की हाइड्रोजन से अभिक्रिया द्वारा ।
  - सोडियम या पोटैशियम सक्सिनेट के विद्युत्-अपघटन द्वारा ।
  - एथेनॉल के तप्त AI_2O_3 से निर्जलीकरण द्वारा ।
- एथीन रंगहीन तथा मधुर गंध वाली गैस है ।
- यह $H_2, Br_2, HCl, HOCl, CH_3COOH, H_2SO_4, CH_2N_2$ आदि से अभिक्रिया करती है जिसमें द्विबंध टूटता है और ये अणु एथीन से जुड़ जाते हैं ।
- एथीन का ऑक्सीकरण ऑक्सीजन, O_3, आदि से होने पर $CO_2, HCHO$, ग्लाइकॉल जैसे उत्पाद प्राप्त होते हैं ।
- एथीन का बहुलकीकरण होने पर पॉलीथीन बनता है ।
- एथाइन की विरचन विधियाँ हैं-
  - कैल्सियम कार्बाइड के जल अपघटन द्वारा ।
  - $CH_2Br - CH_2Br$ और ऐल्कोहॉली KOH की अभिक्रिया द्वारा ।
  - $CHBr_2 - CHBr_2$ तथा Zn की अभिक्रिया द्वारा ।
  - CHI_3 तथा Ag चूर्ण को साथ गर्म करने पर ।
  - मैलेइक अथवा पयूमैरिक अम्ल के सोडियम या पोटैशियम लवण के विद्युत-अपघटन द्वारा ।
- एथाइन का साधारण नाम एसीटिलीन है । यह रंगहीन तथा ईथर जैसी गंध वाली गैस है ।

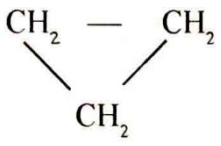
- एथाइन की अभिक्रिया $H_2, Cl_3, HBr_2, HClO, HCN, CH_3OH, CO + H_2O$ आदि से इस प्रकार होती हैं कि एथाइन का त्रिबंध टूटता है और ये अणु दो भागों में बंटकर एथाइन के दोनो कार्बन परमाणुओं से जुड़ जाते हैं ।
- एथाइन का ऑक्सीकरण O_2 क्षारीय KMO_4, O_3, अम्लीय डाइक्रोमेट आदि से होता है जिसमें CO_2, तथा कार्बोक्सिलिक अम्ल जैसे उत्पाद होते हैं ।
- एथाइन की अभिक्रिया अमोनिया युक्त Cu_2Cl_2 तथा $AgNO_3$ कराने पर कमश: लाल तथा सफेद रंग के ऐसीटिलाइड प्राप्त होते हैं ।
- एथाइन के बहुलकीकरण से वाइनिल ऐसीटिलीन, बेंजीन तथा साइक्लोऑक्टाटेट्राइन प्राप्त होते हैं ।
- एथाइन का उपयोग वेल्डिंग में, प्रकाश लैम्पों में तथा महत्वपूर्ण उत्पाद जैसे कृत्रिम रबड़, कृत्रिम रेशे, प्लास्टिक आदि बनाने में किया जाता है ।

6.7 शब्दावली (Glossary)

- **उत्प्रेरक** - वह पदार्थ जो अभिक्रिया की गति बढ़ा देता है ।
- **विसरित प्रकाश** - जो सीधा सूर्य से प्राप्त नहीं होता, बल्कि अन्य वस्तुओं से टकरा कर किसी स्थान तक पहुँचता है ।
- **उत्क्रमणीय अभिक्रिया** - ऐसी अभिक्रिया जिसके उत्पाद धुन: क्रियाकारण पदार्थों में परिवर्तित हो जाते हैं । अर्थात् अभिक्रिया दांये और बांये दोनों दिशाओं मे चलती है ।
- **अनुक्रमणीय अभिक्रिया** - ऐसी अभिक्रिया जो केवल अग्रदिशा में अर्थात् दांयी ओर चलती है । **मुक्त मूलक** - परमाणु या परमाणु समूह जिस पर एक अयुग्मित इलेक्ट्रॉन पाया जाता है । दो मुक्त मूलक अपने अयुग्मित इलेक्ट्रॉन द्वारा बंधकर एकल बंध बनाते हैं ।
- **व्युत्पन्न -** जब किसी यौगिक से दूसरा यौगिक बनाया जाता है तो दूसरा यौगिक पहले यौगिक व्युत्पन्न कहलाता है ।
- **मारकोनीकॉफ नियम -** इस नियम के अनुसार जब कोई यौगिक द्विबंध या त्रिबंध टूटने पर उससे जुड़ता है तो जुड़ने वाले का अधिक ऋणात्मक भाग उस कार्बन जुड़ता है जिस पर पहले से कोई ऋणात्मक भाग जुड़ा हो ।
- **ग्रीन्यार अभिकर्मक -** मेथिल मैग्नीशियम हैलाइड ।

6.8 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer of Intext Questions)

1. (क) CH_3COONa (ख) Al_4C_3 (ग) नाइट्रोमेथेन (घ) मेथेनॉल
2. (क) असत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (घ) सत्य
3. (क) एथेन (ख) ऐथिल ऐसीटेट (ग) गंधहीन (घ) मेथिल
4. (क) सत्य (ख) असत्य (ग) असत्य (घ) सत्य

5. (क)  (ख) $CH_2 - Cl - CH_2OH$

CH_2

6. (क) CaC_2 (ख) $CH = CH$ (ग) $CHI = CHI$ (घ) CH_3COOH
7. सत्य (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) सत्य

6.9 संदर्भ ग्रंथ (Reference books)

1. रसायन विज्ञान - II, कक्षा XI, माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान, अजमेर
2. रसायन विज्ञान - भाग 2, कक्षा XI, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद, नई दिल्ली ।
3. कार्बनिक रसायन विज्ञान, अल्का पब्लिकेशन, अजमेर

6.10 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. मेथेन के बनाने की विधियों और गुणों का वर्णन करें । रासायनिक अभिक्रियाओं के समीकरण भी लिखें ।
2. निम्नलिखित यौगिकों से मेथेन कैसे प्राप्त करेंगे ?.
   (क) सोडियम ऐसीटेट (ख) ऐलुमिनियम कार्बाइड
   (ग) मेथिल मैग्नीशियम आयोडाइड (घ) मेथिल आयोडाइड
3. निम्नलिखित यौगिकों से मेथेन की रासायनिक अभिक्रियाओं सम्बंधित समीकरण लिखें-
   (क) ओजोन (ख) क्लोरीन (सूर्य के प्रकाश में)
   (ग) पलुओरीन (घ) नाइट्रिक अम्ल (उच्च ताप और दाब पर)
4. मेथेन और एथेन के महत्व पूर्ण उपयोगों पर एक टिप्पणी लिखें ।
5. एथेन की विरचन विधियों और गुणों का वर्णन कीजिए । सम्बंधित रासायनिक अभिक्रियाओं के समीकरण भी दीजिये ।
6. निम्नलिखित यौगिकों से एथेन कैसे प्राप्त करेंगे?
   (क) सोडियम प्रोपेनोएट (ख) मेथिल आयोडाइड
   (ग) एथिल मैग्नीशियम आयोडाइड (घ) सोडियम ऐसीटेट
7. एथीन की विरचन विधियों, रासायनिक गुणों और उपयोगों का संक्षिप्त वर्णन कीजिए ।
8. निम्नलिखित अभिकियाओं में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए -

   (क) $CH_3 - CH_2 - OH \xrightarrow{\text{सान्द्र } H_2SO_4}$ ..... + ...

   (ख) $CH_3 - CH_2 - Br + KOH$ (एल्कोहॉली) $\rightarrow$ ..... + ... H_2O

(ग) $CH_2 = CH_2 + \ldots\ldots\ldots \rightarrow \ldots\ldots\ldots CH_2Cl - CH_2OH$

(घ) $CH_2 = CH_2 + CH_2N_2 \rightarrow \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + N_2$

9. ऐथीन और इसके व्युत्पनों के बहुलकीकरण से कौन से उत्पाद प्राप्त होती है तथा इनका क्या महत्व है ?
10. एथाइन की विरचन विधियों, रासायनिक गुणों और उपयोगों का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
11. निम्नलिखित यौगिकों से एथाइन कैसे प्राप्त करेंगें ? आवश्यक रासायनिक अभिक्रिया भी लिखें ।

    (क)कैल्सियम कार्बाइड (ख)1,2-डाइब्रोमोएथेन

    (ग) आइडोफार्म (घ) टेट्राब्रोमोएथेन

12. क्या होता है जब-

    (क) एथाइन की अभिकिया आयोडीन के ऐल्कोहॉली विलयन से करायी जाती है ।

    (ख) क्यूप्रस क्लोराइड की उपस्थिति में एथाइन, HCl । से अभिकिया करता है ।

    (ग) एथाइन गैस रक्त तप्त लोहे की नली से प्रवाहित की जाती है ।

    (घ) कच्चे फलों को एथाइन गैस के सम्पर्क में रखा जाता है ।

इकाई 7

कार्बनिक यौगिकों में समावयवता

Isomerism in Organic Compounds

इकाई की रूपरेखा

7.0 उद्देश्य
7.1 प्रस्तावना
7.2 संरचनात्मक समावयवता
7.3 त्रिविम समावयवता
7.4 सारांश
7.5 शब्दावली
7.6 संदर्भ ग्रंथ
7.7 बोध प्रश्नों के उत्तर
7.8 अभ्यासार्थ प्रश्न

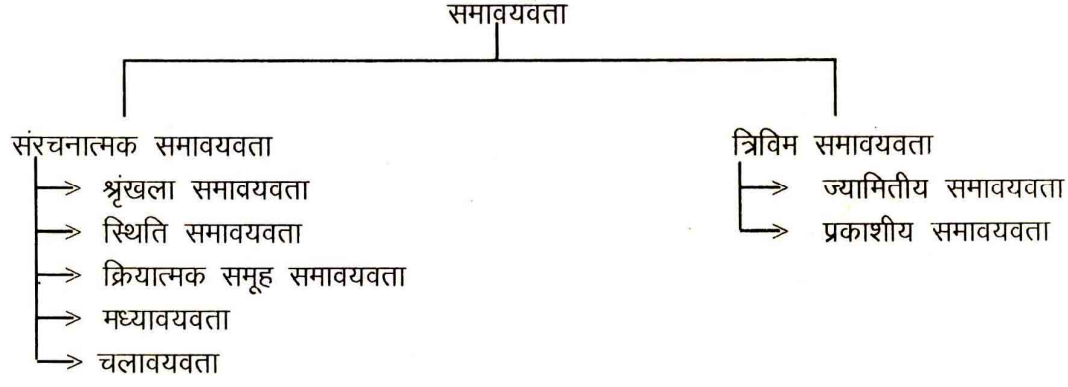
7.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के- अध्ययन के बाद आप जान सकेंगे-

- कार्बनिक यौगिकों में विभिन्न प्रकार की समावयवता (संरचनात्मक तथा त्रिविम समावयवता) ।
- संरचनात्मक समावयवता में श्रृंखला समावयवता, स्थिति समावयवता, क्रियात्मक समावयवता, मध्यावयता तथा चलावयवता ।
- त्रिविम समावयवता में ज्यामिति तथा प्रकाशिक समावयवता ।

7.1 प्रस्तावना (Introduction)

दो या दो से अधिक यौगिक जिनके अणु सूत्र समान होते हैं, किंतु गुण भिन्न होते हैं, उन्हें समावयव कहते हैं । इस परिघटना को समावयवता कहते हैं । यौगिक, जिनके अणु सूत्र समान होते हैं, किंतु संरचना भिन्न होती है उन्हें संरचनात्मक समावयवों में वर्गीकृत किया जाता है । कुछ यौगिकों के संरचनात्मक सूत्र समान होते: हैं परंतु उनके अणुओं में परमाणुओं अथवा समूहों की त्रिविम स्थितियां भिन्न रहती है । इस प्रकार की समावयवता को त्रिविम समावयवता कहते हैं । विभिन्न प्रकार की समावयवता को आगे दर्शाया गया है ।



बोध प्रश्न :

1. दो यो दो से अधिक यौगिक जिनके अणु सूत्र समान होते हैं किंतु गुण भिन्न होते हैं उन्हें क्या कहते है ?
2. वह यौगिक जिनके अणुसूत्र समान हो परंतु सरंचना भिन्न हो उन्हें क्या कहते हैं?

7.2 संरचनात्मक समावयवता (Structural Isomerism)

जब दो या दो से अधिक कार्बनिक यौगिकों के अणु सूत्र समान होते हैं परंतु उनके कुछ भौतिक एवं रासायनिक गुणों में भिन्नता होती है तो उन यौगिकों को समावयवी कहते हैं तथा इस परिघटना को समावयवता कहते हैं । समावयवियों के अणु सूत्र समान होते हैं परंतु उनकी संरचना या विन्यास में भिन्नता -होती है । संरचना अथवा विन्यास में भिन्नता से यौगिकों के गुणों में भिन्नता आ जाती है । उदाहरण के लिए

(क) अणुसूत्र C_2H_6O से दो समावयवी यौगिक C_2H_5OH और CH_3OCH_3 बनते हैं ।

(ख) अणुसूत्र C_3H_6O से दो समायवी यौगिक CH_3COCH_3 और CH_3CH_2CHO बनते हैं ।

समावयवता दो प्रकार की होती है- संरचनात्मक समावयवता और त्रिविम समावयवता

संरचनात्मक समावयवता - यौगिक, जिनके अणुसूत्र समान होते हैं, किंतु संरचना अर्थात् परमाणुओं का अणु में परस्पर बंधित होने का क्रम भिन्न होता है उन्हें संरचनात्मक समावयव तथा इस परिघटना को संरचनात्मक समावयवता कहते हैं । विभिन्न प्रकार की संरचनात्मक समायवता को उदाहरण सहित वर्णित किया जा रहा है ।

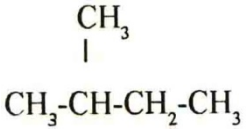
7.2.1 श्रृंखला समावयवता (Chain Isomerism)

इस प्रकार को समावयवता कार्बन परमाणुओं की श्रृंखला में अंतर के कारण होती है । समान अणुसूत्र एवं भिन्न कार्बन ढांचे वाले दो या दो से अधिक यौगिक श्रृंखला समावयव बनाते हैं । इस परिघटना को श्रृंखला समावयवता कहते हैं । उदाहरण के लिए पेन्टेन, C_5H_{12} के निम्न तीन C_5H_{12} समावयय हैं ।

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

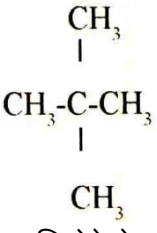
n-पेंटेन

कार्बन परमाणुओं की एक सीधी श्रृंखला युक्त यौगिक को नॉर्मल (n) यौगिक कहते हैं ।



आइसोपेंटन

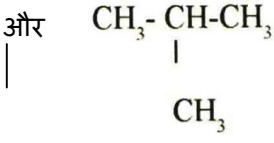
कार्बन परमाणुओं की एक शाखायुक्त श्रृंखला वाले समावयव को आइसो यौगिक कहते हैं ।



नियोपेन्टेन

कार्बन परमाणुओं की दो शाखायुक्त भूखला वाले समावयव को नियो यौगिक कहते हैं ।

ब्यूटेन C_4H_{10} के दो श्रृंखला समावयव संभव हैं-

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ (अशाखित) और  (शाखित)

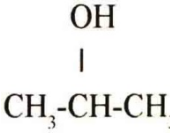
-आइसोब्यूटेन

7.2.2 स्थिति समावयवता (Position Isomerism)

इस प्रकार की समावयवता में कार्बन श्रृंखला में क्रियात्मक समूह, प्रतिस्थापी परमाणु या समूह अथवा द्वि या त्रि-बंधों की स्थिति में भिन्नता होती है । ऐसे यौगिकों को स्थिति समावयव और इस परिघटना को स्थिति समावयवता कहते हैं । उदाहरण के लिये C_3H_8O से निम्नलिखित दो "स्थिति समावयव" एल्कोहॉल संभव है ।

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$

n प्रोपिल ऐल्कोहॉल
(प्रोपेन-। -ऑल)



आइसोप्रोपिल ऐल्कोहॉल
(प्रोपेन -2-ऑल)

n-प्रोपिल ऐल्कोहॉल में $-OH$ समूह श्रृंखला के अंतिम कार्बन परमाणु पर जुड़ा होता है किंतु आइसो -प्रोपिल एल्कोहॉल में $-OH$ समूह श्रृंखला के दूसरे कार्बन पर जुड़े होता है ।

अणुसूत्र C_4H_8 वाली 1 - ब्यूटीन और **2** - ब्यूटीन में द्विबंध की स्थिति में भिन्नता होती है ।

$CH_3-CH_2-CH=CH_2$

1-ब्यूटीन

$CH_3-CH=CH-CH_3$

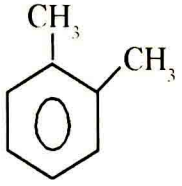
2-ब्यूटीन

C_4H_6 के समावयवों में त्रिबंध की स्थिति में भिन्नता है ।

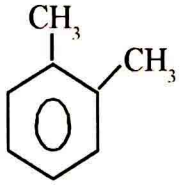
$HC \equiv C - CH_2 - CH_3$ $\qquad$ $H_3 - C \equiv C - CH_3$

1-ब्यूटाइन $\qquad$ 2-ब्यूटाइन

C_8H_{10} अणुसूत्र वाले यौगिक में दो मेथिल प्रतिरथापियों की सापेक्ष स्थिति में भिन्नता हो सकती हैं ।



o -जाइलीन



m - जाइलीन

p - जाइलीन

7.2.3 क्रियात्मक समावयवता (Functional Isomerism)

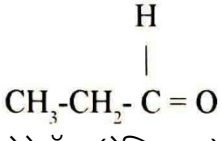
यदि दो या दो से अधिक यौगिकों के अणुसूत्र समान हो परंतु क्रियात्मक समूह भिन्न हो तो ऐंसे समावयवियों को क्रियात्मक समावयव और इस परिघटना को क्रियात्मक समावयवता कहते हैं । उदाहरण के लिए C_2H_6O अणु सूत्र के दो क्रियात्मक समावयवी हैं,

$CH_3 - CH_2OH$ और $CH_3 - O - CH_3$

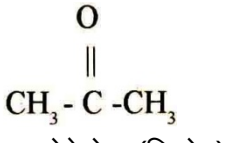
एथिल ऐल्कोहॉल $\qquad$ डाइमेथिल ईथर

एथिल ऐल्कोहॉल में $-OH$ समूह क्रियात्मक समूह है जबकि डाइमेथिल ईथर में $-O-$ क्रियात्मक समूह है ।

अणु सूत्र C_3H_6O से ऐल्डिहाइड और किटोन समूह वाले यौगिक प्राप्त होते हैं ।



प्रोपेनॉल (ऐल्डिहाइड)



प्रोपेनोन (किटोन)

$C_2H_4O_2$ अणुसूत्र के दो क्रियात्मक समावयवी हैं -

CH_3COOH और $HCOOCH_3$

ऐसीटिक अम्ल $\qquad$ मेथिल फॉर्मेट (एस्टर)

अणुसूत्र $C_3H_6O_2$ अम्ल व एस्टर वाले क्रियात्मक समूह युक्त समावयवता प्रदर्शित करता हैं-

CH_3CH_2COOH $\qquad$ CH_3COOCH_3

प्रोपिऑनिक अम्ल $\qquad$ मेथिल ऐसीटेट (एस्टर)

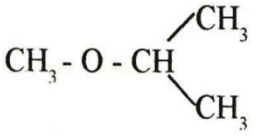
7.2.4 मध्यावयवता (Metamerism)

मध्यावयवता एक ही सजातीय श्रेणी के सदस्यों द्वारा प्रदर्शित की जाती है । क्रियात्मक समूह से लगी भिन्न ऐल्किलश्रृंखलाओं के कारण यह समावयवता उत्पन्न होती है ।यह एक बहु संयोजक परमाणु के भिन्न समूहों से जुड़े होने के कारण होती है ।

उदाहरण के लिए $C_4H_{10}O$ के निम्न तीन मध्यावयव हैं-

$C_2H_5-O-C_2H_5$ — एथॉक्सीएथेन (डाइएथिल ईयर)

$CH_3-C-CH_3-CH_2-CH_3$ — 1-मेथॉक्सी प्रोपेन (मेथिल n - प्रोपिल ईथर)



2 - मेथॉक्सी प्रोपेन

(मेथिल आइसो- प्रोपिल ईथर)

अणुसूत्र $C_4H_{11}N$ के निम्नलिखित दो मध्यावयव हैं-

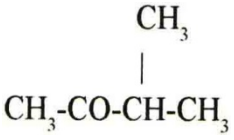
$CH_3-NH-CH_2CH_2CH_3$ और $CH_3-CH_2-NH-CH_2CH_3$

n-मेथिल प्रोपेन ऐमीन — डाइएथिल ऐमीन

अणुसूत्र $C_5H_{10}O$ के निम्नलिखित तीन मध्यावयव हैं,

$CH_3-CH_2-CO-CH_2-CH_3$ — 3 - पेन्टेनॉन (डाइएथिल कीटोन)

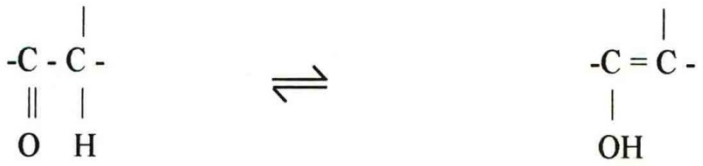
$CH_3-CO-CH-CH_2-CH_3$ — 2-पेन्टेनॉन (मेथिल 0- प्रोपिल कीटोन)



3- मेथिल 2- ब्यूटेनोन (मेथिल आइसोप्रोपिल कीटोन

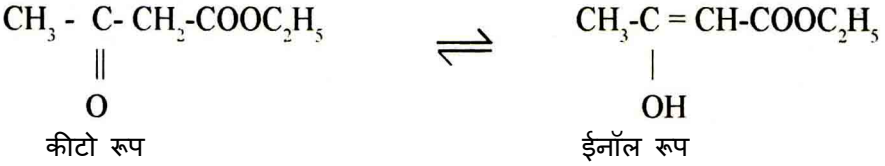
7.2.5 चलावयवता (Tautomerism)

यह एक विशेष प्रकार की क्रियात्मक समावयवता है । इसमें दो क्रियात्मक समूह वाले समावयवी यौगिक एक दूसरे में परिवर्तित होते रहते हैं तथा साम्यावस्था में रहते हैं । यौगिक की दो भिन्न संरचनाओं को चलावयवी कहते हैं । इसमें एक हाइड्रोजन तथा एक द्विबंध की स्थितियों में परिवर्तन होता है । इसे कीटो-ईनॉल समावयवता भी कहते हैं । इसे निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता हैं-



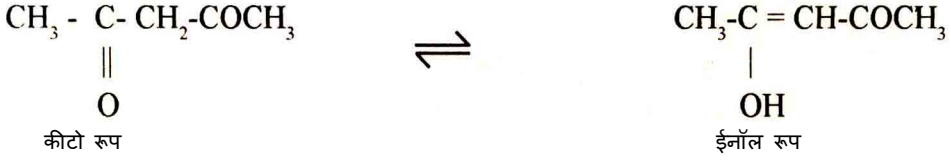
कीटो समावयवी ईनॉल समावयवी

उदाहरण के लिए, ऐसीटोऐसीटिक एस्टर निम्नलिखित दो चलावयवी प्रदर्शित करता हैं-



कीटो रूप ईनॉल रूप

ऐसीटिलऐसीटोन के चलावयवी निम्न प्रकार हैं-



कीटो रूप ईनॉल रूप

बोध प्रश्न :

3. वह यौगिक जिनमें संरचनात्मक सूत्र समान हो परंतु उनके अणुओं में परमाणुओं की त्रिविम' भिन्न होती हैं उन्हें क्या कहते हैं?
4. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए -
   (क) मध्यावयवता ----- प्रकार की समावयवता है ।
   (ख) ज्यामितीय समावयवता ----प्रकार की समावयवता है ।
5. C_4H_{10} के श्रृंखला समावयव लिखिए ।
6. श्रृंखला समावयवता किस प्रकार की समावयवता है?
7. C_3H_8O के स्थिति समावयव लिखिए
8. 1-ब्यूटीन एवं 2-ब्यूटीन किस प्रकार की समावयवता प्रदर्शित करते है?
9. C_2H_6O के क्रियात्मक समावयव लिखिए ।
10. प्रोपेनोन एवं प्रोपेनॉल में किस प्रकार की समावयवता है ?
11. $C_4H_{11}N$ के मध्यावयव लिखिए ।
12. बहु संयोजक परमाणु से भिन्न समूहों के जुड़ने पर किस प्रकार की समावयवता उत्पन्न होती है?

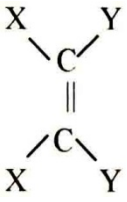
7.3 त्रिविम समावयवता (Stereoisomerism)

वह यौगिक, जिनमें संरचना एवं परमाणुओं के बंधों का क्रम समान रहता है, परंतु उनके अणुओं में परमाणुओं अथवा समूहों की त्रिविम स्थितियां भिन्न रहती है, त्रिविम समावयव

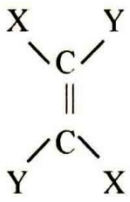
कहलाते हैं तथा इस प्रकार की समावयवता को त्रिविम समावयवता कहते हैं । इसे ज्यामितीय एवं प्रकाशीय समावयवता में वर्गीकृत किया जाता है ।

7.3.1 ज्यामितीय समावयवता (Geometric Isomerism)

द्विबंधित कार्बन परमाणुओं की दो संयोजकताएं अन्य दो परमाणुओं या समूहों से जुड़कर संतुष्ट होती है । यदि प्रत्येक कार्बन से जुड़े दो परमाणु या समूह भिन्न हो, तो उन्हें $xyc = cyx$ द्वारा प्रदर्शित करते हैं । इनकी सरंचना को निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जाता है-



(अ)

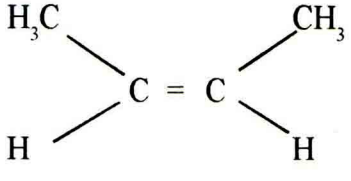


(ब)

संरचना (अ) में दो समान परमाणु (दोनों X अथवा दोनों Y) द्विबंधित कार्बन परमाणुओं के एक ही ओर स्थित हैं । संरचना (ब) में दोनों X अथवा Y द्विबंधित कार्बन परमाणुओं पर विपरीत दिशा में स्थित है । यह विभिन्न ज्यामिति समावयवता दर्शाते है । परमाणु या समूहों की भिन्न स्थितियों के कारण यौगिकों के विन्यास भिन्न होता हैं । इन्हें त्रिविम समावयवी कहते हैं ।

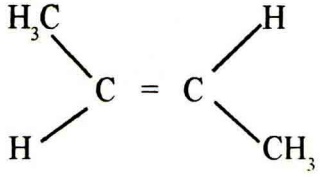
कार्बन-कार्बन द्विबंध में मुक्त घूर्णन नहीं होता, अत: प्रतिबंधित घूर्णन के कारण इनकी ज्यमिति (विन्यास) भिन्न होती है । इस प्रकार के त्रिविम समयावयव जिसमें दो समान परमाणु का समूह एक ही ओर स्थित हो, उन्हें समपक्ष समावयव कहलाते हैं, जबकि वह समावयव जिसमें दो समान परमाणु या समूह विपरीत दिशा में स्थित हो, विपक्ष समावयव कहलाते हैं । समपक्ष तथा विपक्ष समावयवों की संरचना समान होती है, परंतु विन्यास भिन्न होता है । परमाणुओं अथवा समूहों की भिन्न व्यवस्थाओं के कारण यह समावयवी कई गुणों जैसे - गलनांक, क्वथनांक, विलेयता, द्विध्रुव आघूर्ण आदि में भिन्नता प्रदर्शित करते हैं ।

उदाहरण के लिए ब्यूट-2-ईन की ज्यामितीय समावयवता को निम्न प्रकार से प्रदर्शित किया जाता है-



समपक्ष-ब्यूट- 2-ईन

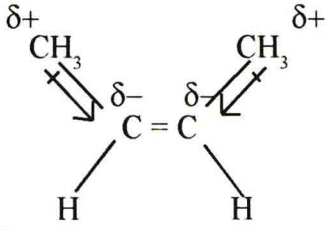
(क्वथनांक 27 K)



विपक्ष-ब्यूट-2-ईन

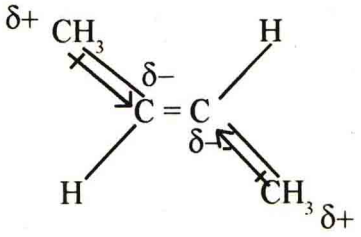
(क्वथनांक 274 K)

ऐल्कीन का समपक्ष रूप, विपक्ष रूप की तुलना में अधिक ध्रुवीय होता है । उदाहरण के लिए, समपक्ष -ब्यूट-2-ईन के द्विध्रुव आघूर्ण का एक निश्चित मान होता है जबकि विपक्ष ब्यूट-2-ईन के द्विध्रुव आघूर्ण (μ) शून्य होता है । अत: विपक्ष--2 ईन अध्रुवीय है ।



समपक्ष-ब्यूट-2-ईन

$(\mu \neq 0)$



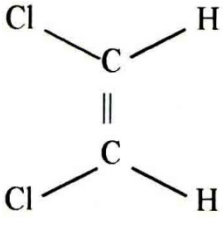
विपक्ष-ब्यूट-2-ईन

$(\mu = 0)$

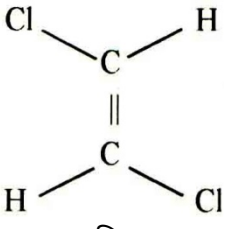
विपक्ष-ब्यूट-2-ईन के दोनों मेथिल समूह जो विपरीत दिशाओं में होते हैं उनके प्रत्येक $C-CH_3$ बंध के कारण ध्रुवणता नष्ट हो जाती है । इस प्रकार यह अध्रुवीय हो जाता हैं ।

ज्यामितीय समावयवता के कुछ और उदाहरण-

(क) 1 ,2-डाइक्लोरोएथीन के समपक्ष और विपक्ष समावयवी-

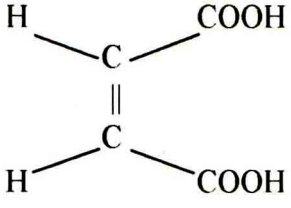


समपक्ष

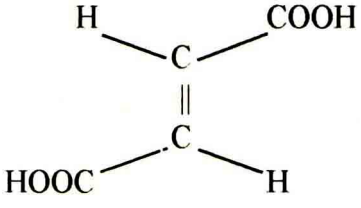


विपक्ष

(ख) ब्यूटीन डाइओइक अम्ल के ज्यामितीय समावयवी-



समपक्ष (मैलेइक अम्ल)



विपक्ष (फयूमेरिक अम्ल)

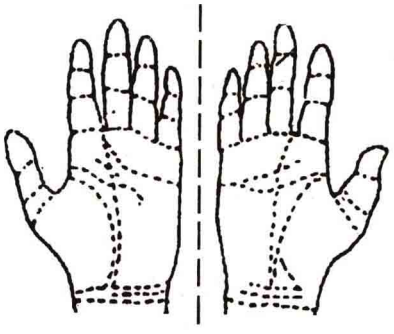
7.3.2 प्रकाशिक समावयवता (Optical Isomerism)

इस प्रकार के समावयवियों की संरचना, भौतिक व रासायनिक गुण समान होते हैं परंतु इनके प्रकाशीय गुण भिन्न होते हैं । एक समावयवी दक्षिणध्रुवण घूर्णक होता है, जो समतल ध्रुवित प्रकाश के ध्रुवण तल को दायी और अथवा घड़ी को सूई की दिशा मे घूर्णित कर देता है ओर दूसरा समावयवी वामध्रुवण घूर्णक होता है जो समतल ध्रुवित प्रकाश के ध्रुवण तल को बांयी ओर अथवा घड़ी की सुइयों के विपरीत दिशा में घूर्णित करता है । दोनो रूप- d व l अथवा (+) व (-) से प्रदर्शित किए जाते हैं ।

अणु मे किसी प्रकार के सममिति तत्व के उपस्थित नहीं होने पर अणु असममित होगा । असममित अणु अपने दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित नहीं होता । ऐसे अणु 'किरैल अणु' कहलाते हैं । इस गुण को आण्विक किरैलता कहते हैं । ऐसे अणु प्रकाशिक गुण प्रदर्शित करते हैं । यदि किसी अणु में असममित कार्बन परमाणु हो अर्थात् किरैल केन्द्र हो परंतु पूरा अणु

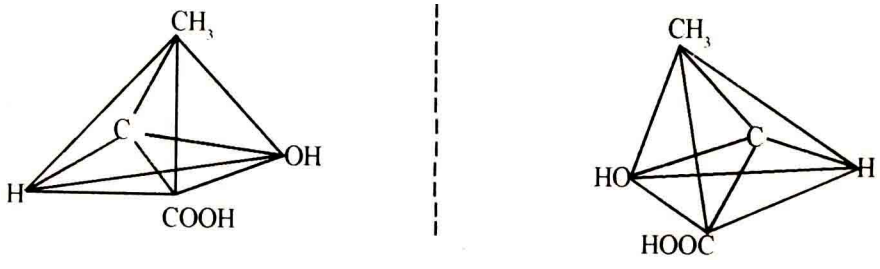
असममित न हो अर्थात् अकिरैल हो तो उसमें कोई प्रकाशिक गुण नहीं होगा । वह ध्रुवण अधूर्णक होगा ।

इस प्रकार किसी अणु में ध्रुवण घूर्णकता के लिए आवश्यक शर्त है अणु में किरैलता का होना । किरैल ग्रीक भाषा के शब्द cheir से लिया गया है जिसका अर्थ हाथ होता है । हमारे दोनों हाथ एक दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब होते हैं । इन्हें एक दूसरे पर अध्यारोपित नहीं कर सकते (चित्र 7.1) । यदि कोई अणु अपने दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित नहीं हो सकता हो तो उसे किरैल अणु कहते हैं और वह ध्रुवण धूर्णक होगा ।



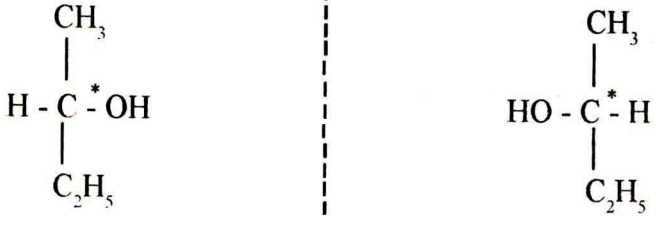
चित्र 7.1 हमारे दोनों हाथ एक दूसरे के दर्पण प्रतिबिम्ब

अणुओं के ऐसे जोड़े जिनकी संरचना एक दूसरे का दर्पण प्रतिबिम्ब हो उन्हें प्रतिबिम्ब रूप कहते हैं । उदाहरण के लिए लैक्टिक अम्ल निम्न दो प्रतिबिंब रूपों में पाया जाता है ।



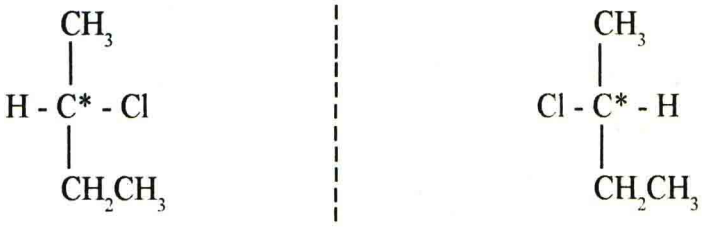
अन्य उदाहरण,

(क) 2-ब्यूटेनॉल



(ख) ग्लिसरैल्डिहाइड

(ग) 2-क्लोरोब्यूटेन



प्रतिबिंब रूप में से वह रूप जो समतल ध्रुवित प्रकाश के तल को दायीं ओर घूर्णित करता है उसे दक्षिण ध्रुवण घूर्णक कहते हैं । इसे d अथवा (+) चिह्नों द्वारा दर्शाया जाता है। वह रूप जो समतल ध्रुवित प्रकाश के तल को बांयी ओर घूर्णित करता है उसे वामध्रुवण घूर्णक कहते है । इसे l अथवा (-) चिह्नों द्वारा दर्शाया जाता है ।

बोध प्रश्न :

13. एसीटिल ऐसीटोन के चलावयव लिखिए ।
14. वह समावयवता जिसमें कीटो तथा ईनॉल रूप साम्यावस्था मे रहते है, उसे क्या कहते है?
15. 2-ब्यूटीन के ज्यामितीय समावयव जो समतल ध्रुवित आधूर्ण शून्य होता है?
16. सामन्यातः किस ज्यामितीय समावयव का द्विध्रुव आधूर्ण शून्य होता है /
17. लैक्टिक अम्ल के प्रतिबिंब रूप लिखिए ।
18. वह प्रकाशिक समावयव जो समतल ध्रुवित प्रकाश के तल को दायीं और घूर्णित करता है,उसे क्या कहते है ?

7.4 सारांश (Summary)

- समान अणुसूत्र वाले यौगिक जिनके भौतिक/रासायनिक गुण असमान होते हैं, समावयवी कहलाते हैं और इस परिघटना को समावयवता कहते हैं ।
- समान अणुसूत्र वाले यौगिक जिनकी संरचना में भिन्नता होती है उन्हें संरचनात्मक समावयव तथा इस परिघटना को संरचनात्मक समावयवता कहते हैं ।
- संरचनात्मक समावयवता में निम्न प्रकार हैं -
  श्रंखला समावयवी जिनमें कार्बन की श्रंखला में भिन्नता होती है ।
  स्थिति समावयवी : जिनमें प्रतिस्थायी समूह, क्रियात्मक समूह, द्विबंध, त्रिबंध की स्थिति में भिन्नता होती है । क्रियात्मक समावयवी - विभिन्न समावयवों में क्रियात्मक समूह की भिन्नता होती है ।
  मध्यावयवी - इसमें क्रियात्मक समूह के दोनों ओर जुड़े हुए एल्किल समूह भिन्न होते हैं चलावयव - विभिन्न रूपों में कीटो-ईनॉल समावयव होते हैं ।
- वे यौगिक जिनकी संरचना समान होती है परंतु जिनमें विभिन्न परमाणु अथवा समूहों की त्रिविम स्थितियां भिन्न होती हैं उन्हें त्रिविम समावयवी कहते हैं । इसमें ज्यामितीय और प्रकाशीय समावयवता पाई जाती ।

- ज्यामितीय समावयवों में द्विबुंध के कारण प्रतिबंधित घूर्णन होता है । अत: प्रत्येक द्विबंधित कार्बन पर भिन्न परमाणु या समूह होने पर ज्योमितीय समावयवों के समपक्ष और विपक्ष रूप प्राप्त होते हैं ।
- अणु के असममित होने पर वह अपने दर्पण प्रतिबिंब पर अध्यारोपित नहीं होता अतः दो प्रकाशीय समावयव प्राप्त होते हैं जो समतल ध्रुवित प्रकाश के तल को विपरीत दिशाओं में घूर्णित करते हैं ।

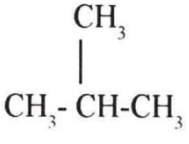
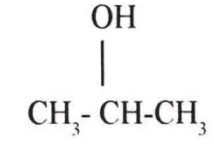
7.5 शब्दावली (Glossary)

- समतल ध्रुवित प्रकाश- वह प्रकाश जिसके कारण माध्यम के कणों का कंपन केवल एक ही तल में होता है ।
- किरैल केन्द्र -अणु में असममित कार्बन परमाणु का केन्द्र
- ध्रुवण अधूर्णक - प्रकाशिक गुण का नहीं पाया जाना ।
- प्रतिबंधित घूर्णत - मुक्त घूर्णन का नहीं हो पाना ।
- चलावयव - कीटो-ईनॉल समावयव

7.6 संदर्भ ग्रंथ (Reference books)

1. Organic Chemistry -Morrison Boyd
2. Organic Chemistry -Bahal and Bahal
3. Organic Chemistry -I.L. Finer (Void)

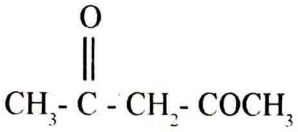
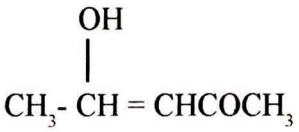
7.7 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer of Intext Questions)

1. समावयव 2. संरचनात्मक समावयव 3. त्रिविम समावयव
4. (i) संरचनात्मक (ii) त्रिविम
5. $CH_3CH_2CH_2CH_3$ और 
   n ब्यूटेन ।
   आइसो ब्यूटेन
6. संरचनात्मक समावयवता
7. $CH_3CH_2CH_2OH$ और 
   प्रोपेन-1 -ऑल ।
   प्रोपेन-2-ऑल
8. स्थिति सामावयवता
9. CH_3-O-CH_3 और CH_3-CH_2-OH
   डाइमेथिल ईथर 'ऐथिल ऐल्कोहॉल
10. क्रियात्मक समावयवता

11. $CH_3-CH_2-NH-CH_2-CH_3$ और $CH_3-NHCH_2-CH_2-CH_3$

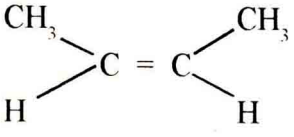
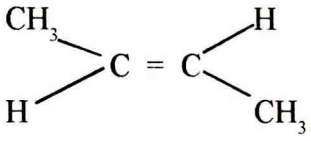
डाइएथिल ऐमीन N - मेथिल प्रोपेन ऐमीन

12. मध्यावयवता

13.  और 

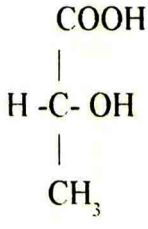
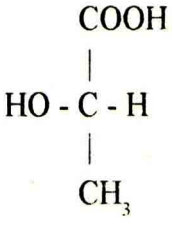
कीटोरूप ईनॉल रूप

14. चलावयवता

15.  और 

समपक्ष-ब्यूट-2-ईन विपक्ष-ब्यूट-2-ईन

16. विपक्ष समावयव

17.  

18. दक्षिण ध्रुवण घूर्णक

7.8 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. $C=C$ बंध रखने वाले यौगिक ज्यामितीय समावयवता दिखाते है परंतु $C=C$ बंध रखने वाले यौगिक ज्यामितीय समावयवता नहीं दिखाते हैं, क्यों ?
2. प्रतिबिंब रूप क्या हैं ?
3. ज्यामितीय समावयवता से क्या तात्पर्य है ? उदाहरण सहित स्पष्ट करें ?
4. समावयवता क्या है? संरचनात्मक तथा त्रिविम समावयवता को परिभाषित कीजिए ।
5. श्रृंखला समावयवता क्या हैं ? इसे C_5H_{12} के उदाहरण से समझाइये ।
6. स्थिति समावयवता क्या है इसे उदाहरण देकर समझाइये ।
7. C_3H_60 के क्रियात्मक समूह समावयव लिखिए ।
8. मध्यावयवता क्या है इसे $C_4H_{11}N$ के उदाहरण से समझाइए ।
9. एसीटिल ऐसीटोन के चलावयव लिखिए ।
10. लैक्टिक अम्ल के प्रकाशीय समावयव दीजिए ।

11. ध्रुवण घूर्णकता क्या है । उदाहरण सहित बताइए कि यह कैसे अणुओं में मिलती है?
12. निम्नलिखित अम्लों की त्रिविम समावयवता बताइए ।

(क) $CH_3CH(OH)COOH$

(ख) $\begin{matrix} CHCOOH \\ \| \\ CHCOOH \end{matrix}$

इकाई 8

पदार्थो की अवस्थायें

States of Matter

इकाई की रूपरेखा

8.0	उद्देश्य	8.8	द्रव अवस्था
8.1	प्रस्तावना	8.9	ठोस अवस्था
8.2	द्रव्य का वर्गीकरण	8.10	क्रिस्टलीय ठोसों का वर्गीकरण
8.3	गैसीय अवरथा	8.11	सारांश
8.4	गैसों की नियम	8.12	शब्दावली
8.5	आदर्श गैस समीकरण	8.13	संदर्भ ग्रंथ
8.6	गैसों का अणुगतिक सिद्धांत	8.14	बोध प्रश्नों के उत्तर
8.7	गैसों का आदर्श अवरथा से विचलन	8.15	अभ्यासार्थ प्रश्न

8.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप-

- द्रव्य की विभिन्न अवस्थाओं, जैसे - गैस, द्रव एवं ठोस के बारे में जान सकेंगे ।
- आदर्श गैसों के व्यवहार को समझाने वाले नियमों को जान सकेंगे ।
- गैसों के गतिज आणविक सिद्धान्त के बारे में जान सकेंगे ।
- गैसों के आदर्श व्यवहार से विचलन के कारणों को जान सकेंगे ।
- द्रव्य की द्रव अवस्था एवं द्रव के विभिन्न गुणधर्मों के बारे में जान सकेंगे ।
- द्रव्य की ठोस अवस्था व प्रकारों के बारे में जान सकेंगे ।

8.1 प्रस्तावना (Introduction)

सामान्यत: द्रव्य तीन रूपों में अस्तित्व में रहता हैं । हम जानते हैं कि जल के अणुओं का समूह द्रव रूप मे रहता है, गैस (वाष्प) के रूप में अस्तित्व में रहता हैं तथा बर्फ रूप में जल के अणु ठोस अवस्था में रहते है । तीनों ही रूपों मे जल का रासायनिक संघटन H_2O ही रहता है । इसी प्रकार अन्य द्रव्य भी समान रासायनिक संघटन रखते हुये तीनों अवस्थाओं यथा - गैस, द्रव एवं ठोस अवस्था में अस्तित्व में रह सकते हैं ।

यद्यपि किसी द्रव्य के रासायनिक गुण उसकी भौतिक अवस्था पर निर्भर नहीं करते हैं परन्तु भौतिक गुणधर्म रासायनिक प्रक्रिया की दर को प्रभावित करते हैं । अत: प्रायोगिक गणनाओं के लिए द्रव्य की भौतिक अवस्था व उसे नियन्त्रित करने वाले कारकों को जानना हमारे लिए आवश्यक हो जाता हैं ।

8.2 द्रव्य का वर्गीकरण (Classification ऑफ Matter)

आप अपने दैनिक जीवन में कई वस्तुओं के सम्पर्क में आते हैं । वायु जल, लकड़ी आदि कुछ उदाहरण है । ये वस्तुयें गैस, द्रव या ठोस रूप में हमारे सामने आती हैं । इससे स्पष्ट है कि दैनिक जीवन में द्रव्य की तीन अवस्थायें ही दृष्टिगत होती हैं । अत: द्रव्यों का वर्गीकरण गैस, द्रव एवं. ठोस तीन प्रकारों में किया जा सकता है । गैसीय अवस्था में द्रव्य के अणुओं के मध्य अधिकतम दूरी होती है, जबकि द्रव एवं ठोस अवस्था में यह दूरी उत्तरोत्तर कम होती जाती है । दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि ठोसों में सम्पीड्यता सबसे कम होती है जबकि द्रव एवं गैसों में सम्पीड्यता उत्तरोत्तर बढ़ती जाती है । गैसीय अवस्था में द्रव्य के अणुओं के मध्य अन्तरा आणविक बल सबसे दुर्बल होते हैं जब कि द्रव अवस्था में अन्तरा आणविक बलों की प्रबलता गैसों की तुलना में अधिक व ठोसों की तुलना में कम होती है ।

8.3 गैसीय अवस्था (Gaseous State)

यह द्रव्य की सरलता अवस्था हैं । जिस वायुमण्डल में हम रहते हैं, वह विभिन्न गैसों का समूह ही तो है । गैसीय अवस्था के सामान्य भौतिक गुण निम्नलिखित हैं :

(i) गैसों का घनत्व अत्यन्त कम होता है ।

(ii) गैसों की आकृति तथा आयतन अनिश्चित होता है ।

(iii) गैसें प्रत्येक अनुपात में एक दूसरे में पूर्ण मिश्रित होती हैं ।

(iv) गैसों की सम्पीड्यता अत्यधिक होती है ।

गैसों का व्यवहार कुछ सामान्य नियमों के द्वारा संचालित होता है, जिन्हें आप अगले खण्ड में विस्तार से पढ़ेंगे ।

8.4 गैसों के नियम (Gas Laws)

गैसों के भौतिक गुण कई शताब्दियों तक किये गये अनेक शोधों के परिणाम हैं । सर्वप्रथम सन् 1662 में आयरिश वैज्ञानिक बॉयल ने इन नियमों का सूत्रपात किया एवं तदन्तर जैकस चार्ल्स एवं गैलुसैक ने कुछ अन्य नियम दिये ।

8.4.1 बॉयल का नियम (दाब - आयतन सम्बन्ध)

अनेक प्रयोगों के आधार पर बॉयल ने स्थापित किया कि "स्थिर ताप पर गैस की निश्चित मात्रा का दाब उसके आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होता है ।" इसे बॉयल का कहते हैं । गणितीय रूप में -

$$P \quad \alpha \quad \frac{1}{V} \text{ (स्थिर ताप T पर)} \qquad \text{.....(8.1)}$$

$$P \quad = \quad K_1 \times \frac{1}{V} \qquad \text{.....(8.2)}$$

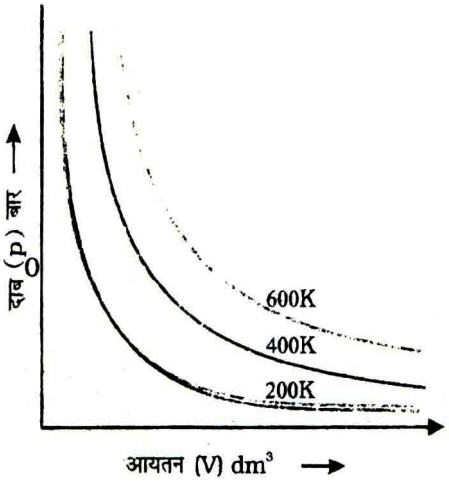
जहाँ K_1 एक स्थिरांक है, जिसका मान ताप, गैस की मात्रा एवं दाब व आयतन की इकाइयों पर निर्भर करता है । समीकरण (8.2) को पुनर्व्यवस्थित करने पर,

$$PV = K_1 \quad \text{.....(8.3)}$$

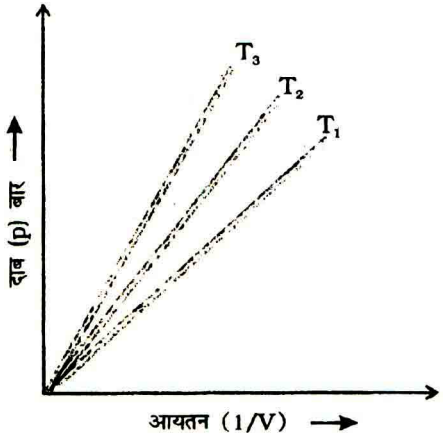
अत: हम कह सकते हैं कि "स्थिर ताप पर गैस की निश्चित मात्रा के आयतन तथा दाब का गुणनफल स्थिर होता है । "यदि स्थिर ताप पर गैस के प्रारम्भिक दाब व आयतन क्रमश: P_1 एवं V_1 हों एवं अन्तिम दाब एवं आयतन क्रमश: P_2 एवं V_2 हों तो बॉयल के नियमानुसार,

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \text{स्थिरांक} \quad \text{.....(8.4)}$$

$$\text{या} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{.....(8.5)}$$



चित्र 8.1 (अ) विभिन्न तापों पर एक गैस के आयतन आयतन



चित्र 8.1 (ब) गैस के दाब (P) तथा $\frac{1}{V}$ के मध्य वक्र

V तथा P के मध्य वक्र

चित्र 8.1 (अ) में विभिन्न तापों पर गैस के दाब एवं आयतन को आलेखित किया गया है । प्रत्येक वक्र समतापी वक्र कहलाता है । चित्र से स्पष्ट है कि दाब घटने पर गैस का आयतन बढ़ जाता है ।

चित्र 8.1 (ब) में P तथा $\frac{1}{V}$ के मध्य ग्राफ चित्रित किया गया है । यह मूल बिन्दु से गुजरती एक सीधी रेखा है ।उच्च ताप पर ग्राफ सीधी रेखा नहीं आता है अर्थात् उच्च ताप पर बॉयल नियम में विचलन होता है ।

बोध प्रश्न :

1. किसी गैस के लिए स्थिर ताप पर दाब एवं आयतन में खींचे गये वक्र को क्या कहते हैं ?
2. यदि स्थिर ताप पर किसी गैस का दाब एक तिहाई कर दिया जायें तो उसका आयतन बढ़ जायेगा ?

8.4.2 चार्ल्स का नियम (ताप - आयतन संम्बन्ध)

चार्ल्स ने विभिन्न प्रयोगों के आधार पर पाया कि स्थिर दाब पर निश्चित द्रव्यमान वाली गैस का आयतन ताप बढ़ाने पर बढ़ता है । उन्होंने पाया कि ताप के प्रत्येक डिग्री में वृद्धि से गैस की निश्चित मात्रा के आयतन मे उसके 0^0C ताप के आयतन से $1/273.15$ वें भाग की वृद्धि होती हैं । अत: यदि 0^0C तथा t^0C पर किसी गैस का आयतन क्रमश: V_0 एवं V_t हों, तो चार्ल्स के नियमानुसार -

$$V_t = V_0 + \frac{t}{273.15}V_0$$

या $$V_t = V_0(1+\frac{t}{273.15})$$

या $$V_t = V_0(\frac{273.15+t}{273.15}) \quad .....(8.6)$$

यहाँ हम ताप के एक नये पैमाने को इस प्रकार स्थापित करते हैं कि नये पैमाने पर 0^0C को $T_0 = 273.15$ एवं $273.15+t$ लिखा जाता है । इस नये पैमाने को **केल्विन ताप पैमाना या परमताप पैमाना** कहते हैं । अत: सेल्सियस पैमाने पर 0^0C परमताप पैमाने पर 273.15 K के तुल्य होता है । परमताप पैमाने पर ताप लिखते समय डिग्री के चिह्न का प्रयोग नहीं किया जाता है । यदि समीकरण (8.6) में हम (273.15+t)= T_1 एवं 273.15=T_0 लिखें तो,

$$V_1 = V_0(\frac{T_1}{T_0})$$

या $$\frac{V_1}{V_0} = \frac{T_1}{T_0} \quad .....(8.7)$$

अत: सामान्य रूप में, $$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad .....(8.8)$$

या $$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

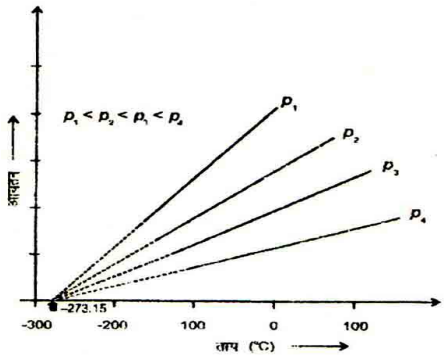
या $$\frac{V}{T} = K_2 \text{ (स्थिरांक)} \quad .....(8.9)$$

या $$V = K_2T \quad .....(8.10)$$

समीकरण (8.10) चार्ल्स नियम का गणितीय रूप है । अत: चार्ल्स के नियमानुसार "स्थिर दाब पर गैस की निश्चित मात्रा का आयतन उसके परमताप के समानुपाती होता हैं ।" चार्ल्स के अनुसार स्थिर दाब पर गैस के आयतन एवं ताप में ग्राफ खींचने पर सरल रेखा प्राप्त होती है ।

स्थिर दाब पर आयतन एवं ताप के मध्य ग्राफ को **समदाब** कहा जाता है ।

ग्राफ से स्पष्ट है कि ताप घटाने पर गैस का आयतन भी घटता है, एवं - 273.15^0C पर आयतन शून्य हो जाता है अर्थात् गैस का अस्तित्व ही नहीं रहता है । इस ताप पर गैस द्रवित हो जाती है । वह न्यूनतम काल्पनिक ताप, जिस पर गैस शून्य आयतन घेरती है परम शून्य कहलाता है ।



चित्र 8.2 आयतन एक ताप के मध्य ग्राफ

8.4.3 गै-लुसैक नियम (ताप - दाब संबंध)

जोसेफ गै-लुसैक ने स्थिर आयतन पर किसी गैस के दाब एवं ताप के मध्य एक संबंध स्थापित जिसे गै-लुसैक नियम कहा जाता है । इस नियम के अनुसार "स्थिर आयतन पर किसी निश्चित मात्रा वाली गैस का दाब उसके ताप के समानुपाती होता हैं ।" गणितीय रूप में -

$$\frac{P}{T} = K_3 \quad \text{(स्थिरांक)}$$

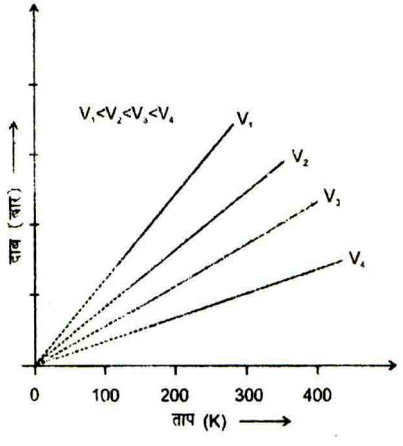
स्थिर आयतन पर ग्राफ की प्रत्येक रेखा को **समआयतनी** कहते हैं (चित्र 8.3) ।

8.4.4 आवोगाद्रो नियम (आयतन - मात्रा संबंध)

इस नियम के अनुसार "ताप एवं दाब की समान परिस्थितियों में समान आयतन वाली गैसों में अणुओं की संख्या भी 'समान होती हैं ।" -गणितीय रूप में,

$V \alpha n$ (जहाँ n गैस के मोलो की संख्या है)

या $V = K_4 n$ .....(8.11)



चित्र 8.3 एक गैस के दाब एवं ताप (K) के मध्य ग्राफ

एक मोल में अणुओं की संख्या 6.023 X 10^{23} होती है, जिसे **आवोगाद्रो संख्या** कहते हैं ।

एक गैस जो सामान्य परिस्थितियों में बॉयल, चार्ल्स एवं आवोगाद्रो के नियमों का पूर्णत: पालन करती हैं, **आदर्श गैस** कहलाती है । यह गैस काल्पनिक है ।

बोध प्रश्न :

3. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये । सही शब्द/शब्दों का चयन दिये गये कोष्ठक से करे ।

(क) - 273.15^0C पर किसी गैस का आयतन..... हो जाता है । (अनन्त/शून्य)

(ख) स्थिर दाब पर किसी गैस के ताप एवं आयतन के मध्य ग्राफ ..... कहलाता है । (समआयतन/समदाब)

(ग) स्थिर दाब पर किसी गैस की निश्चित मात्रा का आयतन उसके परमताप के..... .....होता है । (समानुपाती/व्युत्क्रमानुपाती)

8.5 आदर्श गैस समीकरण (Ideal Gas Equation)

उपरोक्त नियमों, जिनका अध्ययन आप पूर्व खण्ड में कर चुके हैं, को मिला कर एक समीकरण निरूपित किया जा सकता है, जिसे आदर्श गैस समीकरण कहते हैं ।

आप पढ़ चुके हैं कि, $V \quad \alpha \quad \frac{1}{P}$ (बॉयल नियम)

$V \quad \alpha \quad T$ (चार्ल्स नियम)

एवं $V \quad \alpha \quad n$ (आवोगाद्रो नियम)

अत: $V \quad \alpha \quad \frac{nT}{P}$ .....(8.12)

या $V \quad = \quad R.\frac{nT}{P}$ ..... (8.13)

जहाँ **R** एक समानुपातिक स्थिरांक है, जिसे **गैस नियतांक** कहते हैं । चूंकि यह सभी गैसों के लिए समान होता है अत: इस **सार्वत्रिक गैस नियतांक** भी कहते है । समीकरण (8.13) को पुनर्विनयासित करने पर

PV = nRT ..... (8.14)

समीकरण (8.14) आदर्श गैस समीकरण कहलाता है । इस समीकरण में **R** का मान **P,V** एवं **T** की इकाइयों पर निर्भर करता है । मानक ताप और दाब की परिस्थितियों (273.15 **K** हैं तथा 1 **bar** दाब) मे एक मोल आदर्श गैस का आयतन **22.7** लीटर मोल$^{-1}$ होता हैं । इन परिस्थितियों में **R** के मान की गणना निम्न प्रकार की जा सकती है -

$$R = \frac{(10^5\,pa)(22.7\times10^{-3}\,m^3)}{(1mol)\ (273.15K)}$$

$$= \frac{((10^5\,\text{Nm})\ ((22.7\times10^{-3}\,m^3))}{(1mol)\ (227.15K)}$$

$= 8.314$ Pa $m^2 K^{-1}mol^{-1} (\because 1NM = 1J)$

$= 8.314\times10^{-3}\,barLK^{-1}mol^{-1}$

$= 8.314\,JK^{-1}mol^{-1}$

अब हम एक गैस पर विचार करते हैं जिसके प्रारम्भिक ताप, दाब एवं आयतन क्रमश: P_1, V_1 व T_1 है एवं अन्तिम दाब, आयतन व ताप क्रमश: P_2, V_2 व ?? हैं अत: आदर्श गैस समीकरण के अनुसार,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = nR$ तथा $\frac{P_2V_2}{T_2} = nR$

अत: $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ .....(8.15)

समीकरण (8.15) की सहायता से किसी भी अज्ञात चर राशि की गणना की जा सकती है । इस समीकरण को **संयुक्त गैस नियम** कहते हैं ।

बोध प्रश्न :

4. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये-

(क) गैस नियतांक का मान पर निर्भर करता है । (सत्य/असत्य)

(ख) मानक ताप और दाब की परिस्थितियों में एक मोल गैस का आयतन 22.7 लीटर मोल $^{-1}$ होता है । (सत्य/असत्य)

(ग) गैस नियतांक R का मान 0.0821 $JK^{-1}mol^{-1}$ होता है । (सत्य/असत्य)

5. 27^0C तथा 760 mn(Hg) दाब पर एक गैस 500 आयतन घेरती है । यदि गैस का ताप घाटा कर 10^0C व आयतन 600mL कर दिया जाए तो गैस का दाब क्या होगा ?

8.6 गैस का अणुगतिक सिद्धान्त

गैस के विभिन्न नियमों द्वारा हमने जाना कि गैस का दाब बढ़ाने पर गैस संपीडित होती है परन्तु गैस के संपीडित होने पर उसके आण्विक स्तर पर क्या परिवर्तन होता है इसे समझाने के लिए जिस सिद्धान्त को प्रयुक्त किया जाता हैं, उसे गैसों का अणुगतिक सिद्धान्त कहते 'हैं । इस सिद्धान्त के प्रमुख अभिगृहीत निम्नलिखित हैं -

(i) गैसें अनेक छोटे रूप समरूप कणों से मिलकर बनी होती हैं, जिन्हें परमाणु या अणु कहते है ।

(ii) सामान्य दाब पर ये कण परस्पर इतने दूर होते हैं कि इन कणों का कुल आयतन गैस के कुल आयतन की तुलना में नगण्य होता है । इससे पता चलता है कि गैसों की संपीड्यता अति उच्च होती है ।

(iii) सामान्य ताप एवं दाब पर गैस के कणों के मध्य कोई आकर्षण बल नहीं होता है ।

(iv) गैसों के कण लगातार गतिशील होते हैं । यही कारण है कि गैसों की कोई निश्चित आकृति नहीं होती ।

(v) गैस के कण प्रत्येक दिशा में सीधी रेखा में गमन करने हैं एवं पात्र की दीवारों पर प्रहार करते है जिसके फलस्वरूप पात्र की दीवारों पर दाब उत्पन्न होता है ।

(vi) गैस के कणों के मध्य टक्कर पूर्णत: प्रत्यास्थ होती है अर्थात् अणुओं की कुल ऊर्जा नियत रहती है । परन्तु किसी विशिष्ट अणु की ऊर्जा में परिवर्तन हो सकता है ।

(vii) किसी भी समय गैस के विभिन्न कणों का वेग भिन्न होता है । अत: उनकी गतिज ऊर्जायें भी अलग होती हैं । अत: हम केवल अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा की ही बात करते हैं ।

(viii) गैसों की औसत गतिज ऊर्जा परमताप के समानुपाती होती है ।

ऐसा प्रेक्षित किया गया है कि ताप बढ़ाने पर गैस का प्रसार होता है एवं यदि आयतन स्थिर रखा जाये तो गैस का दाब बढ़ता है (चार्ल्स तथा गै-लुसैक के नियम) । गैस का ताप

बढ़ाने पर उसके कणों की गति बढ़ जाती है एवं वे पात्र की दीवारों पर अधिक दाब डालते हैं (गे-लुसैक का नियम) ।

गैसों का अणुगतिक सिद्धान्त, गैसों के सामान्य नियमों को ही प्रतिपादित करता है ।

8.7 गैसों का आदर्श अवस्था से विचलन

8.7.1 बॉयल नियम से विचलन

बॉयल के नियमानुसार, **PV** = स्थिरांक । इसका अर्थ है कि सभी दाबों पर PV का मान स्थिर रहना चाहिये । अत: यदि. **PV** एवं **P** के मध्य ग्राफ खींचा जाये तो यह एक सीधी क्षैतिज रेखा होना चाहिये जैसा कि चित्र 8.3 मे दर्शाया गया है । परन्तु वास्तव में कोई भी गैस ऐसा वक्र नहीं दर्शाती है । वास्तविक वक्र चित्र 8.4 में दिखाये अनुसार प्राप्त होते हैं । गैसें साधारणतया दो प्रकार के वक्र दर्शाती है ।

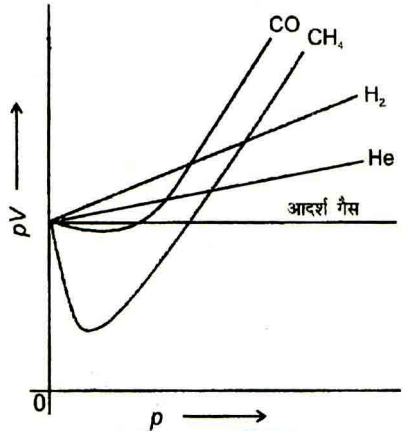
(i) H_2, He जैसी गैसों के लिए PV का मान P के साथ लगातार बढ़ता हैं ।

(ii) अन्य गैसों जैसे CO_2, CO_2, CH_4 आदि के लिए PV का मान प्रारम्भ में घटता है, न्यूनतम तक पहुँच कर फिर बढ़ना आरम्भ होता हैं ।

8.7.2 चार्ल्स - गैलुसैक नियम से विचलन

प्रयोग दर्शाते हैं कि केवल निम्न दाबों पर ही गैसें चार्ल्स नियम का पालन करती हैं । उच्च दाबों पर नियम मे विचलन प्रेक्षित होते हैं ।

अब हम यह जानने का प्रयत्न करते हैं कि गैसें आदर्श व्यवहार से विचलन क्यों करती है एवं कौन सी परिस्थितियाँ गैसों को आदर्श व्यवहार से विचलित करती है ? इन प्रश्नों के उत्तर के लिए यदि आप अणुगतिक सिद्धान्त का पुनरावलोकन करें तो आप इन प्रश्नों का उत्तर खोज पायेंगे ।अणुगतिक सिद्धान्त की दो परिकल्पनाओं (ii) एवं (iii) पर पुन: विचार करते हैं । अभिधारणा (ii) केवल बहुत कम दाब पर ही सही है, जब कण एक दूसरे से बहुत दूर होते हैं । परन्तु दाब बढ़ाने पर जब कण पास आ जाते हैं तो उनके आयतन को गैस के कुल आयतन की तुलना में नगण्य नहीं माना जा सकता । इसी प्रकार अभिधारणा (iii) केवल तब सही है जब गैस कभी भी द्रवीकृत न हो । क्योंकि गैसों के द्रवीकरण का कारण ही गैस के अणुओं का आकर्षण के कारण एक दूसरे के समीप आना है ।

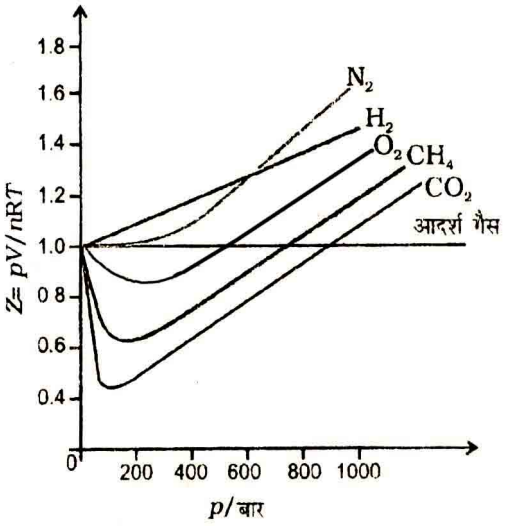


चित्र 8.4 आदर्श गैस तथा वास्तविक गैस के लिए PV तथा P के मध्य वक्र

अत: हम कह सकते हैं कि गैस आदर्श व्यवहार से विचलन इसलिए दर्शाती है, क्योंकि अणु आपस में अन्योय क्रिया करते हैं । गैसों के आदर्श व्यवहार से विचलन को संपीड्यता कारक Z द्वारा मापा जा सकता है । गणितीय रूप में Z को निम्नलिखित समीकरण द्वारा दर्शाया जा सकता है -

$$z = \frac{PV}{nRT} \quad \text{.....(8.16)}$$

आदर्श गैस के लिए Z **= 1** होता हैं । अत्यन्त निम्न दाब पर गैसों के लिए Z का मान **1** होता है अर्थात् वे आदर्श गैस के समान व्यवहार करती हैं । परन्तु उच्च दाब पर $Z > 1$ हो जाता है, अर्थात् गैस को संपीडित करना कठिन होता है । मध्यवर्ती दाब पर $Z < 1$ होता है। यदि Z एवं P दाब में ग्राफ खींचा जाये तो विभिन्न गैसों के लिए वक्र चित्र 8.5 के अनुसार प्राप्त होते हैं ।कोई भी गैस किस दाब तक आदर्श गैस के समान व्यवहार करेगी यह उसकी प्रकृति एवं ताप पर निर्भर करेगा । वह ताप जिस पर कोई वास्तविक गैस दाब की एक सीमा तक आदर्श गैस की भांति व्यवहार करती है,बॉयल ताप या **बॉयल बिन्दु कहलाता है ।**



चित्र 8.5 गैसों के लिए Z एवं P के मध्य ग्राफ

बॉयल ताप से ऊपर $Z > 1$ होता है जबकि बॉयल ताप से नीचे दाब बढ़ाने पर गैसों के लिए Z का मान प्रारम्भ में कम होता है एवं पुन: दाब और बढ़ाने पर Z का मान बढ़ाने लगता है । अत. स्पष्ट है कि बहुत निम्न दाब एवं उच्च ताप पर गैस आदर्श व्यवहार दर्शाती है ।

बोध प्रश्न :

6. उन दो गैसों के नाम बताइये जिनके लिए PV का मान P के साथ हमेशा बढ़ता है ।

7. बॉयल बिन्दु क्या हैं ?

8.8 द्रव अवस्था (Liquid State)

आप प्रस्तावना में पढ़ चुके हैं कि द्रव अवस्था में द्रव्य के कणों के मध्य दूरी, गैसीय अवस्था की तुलना मे अधिक होती है एवं द्रव के अणु अंतराअणुक आकर्षण बलों द्वारा जुड़े रहते हैं । इसीलिए यद्यपि द्रवों की आकृति निश्चित नहीं होती हैं, परन्तु उनका आयतन निश्चित होता है । चूंकि द्रवों में अन्तरा अणुक बल दुर्बल होते हैं अतः उनमें बहने की प्रवृति होती हैं एवं उन्हें एक पात्र से दूसरे पात्र में डाला जा सकता है । आप यहाँ पर द्रवों के कुछ विशेष गुणों जैसे -- वाष्प दाब, पृष्ठतनाव एवं विस्कासिता का अध्ययन करेंगे ।

8.8.1 वाष्पदाब

यदि एक बन्द पात्र मे कोई द्रव लिया जाये तो द्रव की सतह के अणु अपनी गतिज ऊर्जा के कारण वाष्पीकृत होते रहते हैं । ये वाष्पित अणु जब बहुत अधिक हो जाते हैं तो वे

पुन: संघनित हो द्रव की सतह पर आ जाते हैं । प्रारम्भ मे वाष्पन की दर, संघनन की दर की तुलना में अधिक होती है परन्तु कुछ समय पश्चात् वाष्पन एवं संघनन दर समान हो जाती है । इसे साम्यावस्था कहते हैं । अत. "सामयावस्था पर किसी द्रव की वाष्प द्वारा द्रव की सतह पर लगाया गया दाब वाष्पदाब कहलाता है ।" चूंकि वाष्पन की दर ताप पर निर्भर करती है अतः द्रव का वाष्प दाब बताते समय ताप का उल्लेख करना आवश्यक है ।

यदि द्रव को खुले पात्र में गरम किया जाये तो द्रव लगातार वाष्पीकृत होता रहता है । एक अवस्था में द्रव का वाष्पदाब बाह्य दाब के तुल्य हो जाता है, इस स्थिति में संपूर्ण द्रव का वाष्पीकरण होने लगता है । इसे द्रव का उबलना कहते हैं । अत: वह ताप जिस पर किसी द्रव का वाष्पदाब, वायुमण्डलीय दाब के तुल्य हो जाता है, द्रव का **क्वथनांक** कहलाता है । उदाहरणार्थ, जल के लिए $100^{\circ}C$ पर इसका वाष्पदाब एक वायुमण्डलीय दाब के तुल्य हो जाता है । अत: जल का क्वथनांक $100^{\circ}C$ हैं ।

पहाड़ों पर वायुमण्डलीय दाब कम होता हे, अत: वहाँ पर द्रव कम ताप पर ही उबलना प्रारंभ हो जाता है । इसीलिए वहाँ पर अक्सर दाल या अन्य भोजन पकाते समय कुछ कच्चा रह जाता है । प्रवेर कुकर मे खुले पात्र की तुलना में द्रव का वाष्पदाब शीघ्र ही वायुमण्डलीय दाब के तुल्य हो जाता है । अत: प्रेशर कुकर में भोजन शीघ्र पक जाता है ।

वाष्पदाब को प्रभावित करने वाले कारक

वाष्पदाब को प्रभावित करने वाले मुख्य कारक निम्नलिखित हैं -

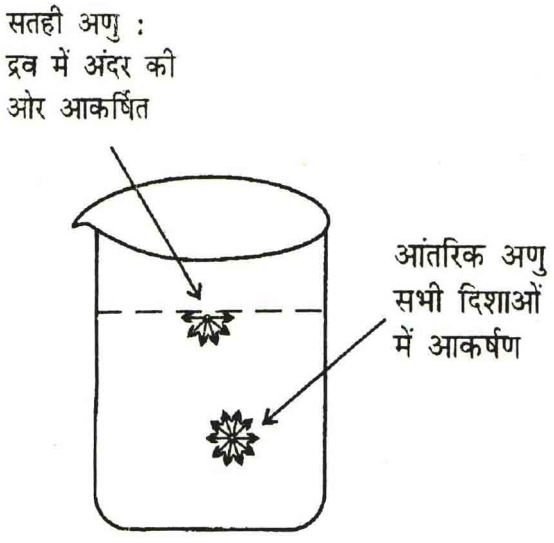
(i) द्रव की प्रकृति - यदि द्रव के अणुओं के मध्य अन्तरा अणुक बल दुर्बल हैं तो द्रव का वाष्पन शीघ्र होगा एवं द्रव का वाष्पदाब अधिक होगा । इसीलिए समान ताप पर ईथर, ऐसीटोन आदि वाष्पदाब जल से अधिक होता है ।

(ii) ताप - चूंकि ताप बढ़ाने पर वाष्पन की दर बढ़ती है अत: द्रव का वाष्प दाब भी बढता है ।

8.8.2 पृष्ठ तनाव

हम अपने दैनिक जीवन की कुछ घटनाओं पर विचार करते हैं । द्रव की बूंदे गोलाकार क्यों होती है ? केशिका नली को द्रव में डालने पर इसमें द्रव क्यों चढ़ता है ? पारे की बून्दें सतह पर फैलने की अपेक्षा गोलाकार क्यों हो जाती है ? ये सभी घटनायें द्रव के एक विशिष्ट गुण के कारण हैं, जिसे पृष्ठ तनाव कहते हैं । द्रव के मध्य मे स्थित अणु सभी दिशाओं में समान आकर्षण बल अनुभव करते हैं जिसके कारण इन पर परिणामी आकर्षण बल शून्य होता है । परन्तु सतह पर उपस्थित अणु द्रव के अन्दर की ओर परिणामी आकर्षण बल अनुभव करते हैं, जिससे द्रव सतह के क्षेत्रफल को न्यूनतम करने का प्रयास करता है । इस परिणामी बल के कारण द्रव की सतह एक तनी हुई झिल्ली के समान तनाव अनुभव करती है, जिसे पृष्ठ तनाव कहते हैं । इन कथनों को चित्र 8.6 द्वारा स्पष्ट किया गया है ।

अत: "द्रव की सतह पर एकांक लंबाई पर लम्बवत लगने वाले बल को पृष्ठ तनाव कहते हैं ।" पृष्ठ तनाव की इकाई डाइन सेमी$^{-1}$ या न्यूटन मी$^{-1}$ होती है । साधारणतया पृष्ठ तनाव को ग्रीक अक्षर y (गामा) से प्रदर्शित करते हैं । चूंकि गोलाकार आकृति का पृष्ठीय क्षेत्रफल न्यूनतम होती है, इसीलिए द्रव की बून्दें गोलाकार होती हैं । द्रव के पृष्ठीय को क्षेत्रफल को बढ़ाने के लिए कुछ ऊर्जा की आवश्यकता होती है । किसी द्रव की सतह में एकांक वृद्धि के लिए आवश्यक ऊर्जा को पृष्ठीय ऊर्जा कहा जाता है । पृष्ठीय ऊर्जा की इकाई अर्ग सेमी$^{-2}$ या जूल मी$^{-2}$ होती है । पृष्ठ तनाव के कारण ही द्रव केशिका नली मे चढ़ता है । द्रव की सतह पर लगने वाला आन्तरिक आकर्षण बल द्रव को केशिका नली में धकेलता है एवं द्रव नली में कुछ ऊँचाई तक चढ़ जाता है ।



चित्र 8.6 द्रव का पृष्ठ तनाव

पृष्ठ तनाव के कारण ही तेल की बत्ती में तेल चढ़ता है, पौधों में जड़ के माध्यम से पृथ्वी का जल पेड में चढता है एवं स्याही सोखता पत्र में स्याही सोखी जाती है ।

कुछ पदार्थ जैसे साबुन, एथिल ऐल्कोहॉल, ऐसीटोन आदि जल में मिलाने पर उसका पृष्ठ तनाव कम कर देते है । ऐसे पदार्थों को पृष्ठ सक्रिय पदार्थ कहते हैं । यही कारण है कि साबुन को परिमार्जक के रूप में प्रयुक्त किया जाता है ।

द्रवों का पृष्ठ तनाव साधारणतया ताप बढ़ाने पर घटता है । इसका कारण यह है कि ताप बढाने पर अणुओं की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती हैं, परिणामस्वरूप उनके मध्य अन्तरा अणुक बल दुर्बल हो जोते हैं ।

8.8.3 श्यानता

यह सर्व विदित है कि समस्त द्रव समान गति से नहीं बहते हैं । कुछ द्रव जैसे जल, ईथर आदि तेजी से बहते हैं जबकि कुछ अन्य द्रव जैसे - ग्लिसरीन, शहद आदि बहुत धीमी गति से बहते हैं । इससे स्पष्ट होता है कि प्रत्येक द्रव में कुछ आन्तरिक प्रतिरोध होता है जो बहने में अवरोध उत्पन्न करता है । द्रव के प्रवाह की अवस्था में जब द्रव की परतें एक दूसरे के ऊपर से गुजरती हैं तब उनके मध्य घर्षण बल उत्पन्न होता है । इसी घर्षण बल को श्यानता या विस्कासिता कहते हैं । द्रव के बहने की अवस्था में जो परत स्थिर सतह के संपर्क में होती है उसका वेग न्यूनतम होता है, इस परत को स्थाई परत कहते हैं । जैसे - जैसे परतों की दूरी स्थायी परत से बढ़ती जाती है उनका वेग बढ़ता जाता है । अत: प्रत्येक ऊपरी परत का वेग उससे निचली परत से अधिक होता है ।

यदि c^1x दूरी पर परत का वेग परिवर्तित होता है तो $\frac{dv}{dx}$ को वेग प्रवणता कहा जाता है । परतों के मध्य लगने वाला घर्षण बल F, संपर्क युक्त परतों के क्षेत्रफल (A) तथा वेग प्रवणता के समानुपाती होता हैं ।

$$F \propto A\frac{dv}{dx}$$

या

$$F = nA\frac{dv}{dx}$$

यहाँ n एक समानुपातिक स्थिरांक है, जिसे श्यानता गुणांक कहते हैं ।

यदि $A = 1cm^2$ एवं $\frac{dv}{dx} = 1$ तब $F = n$

अत: श्यानता गुणांक वह बल है जब वेग प्रवणता एवं सम्पर्क क्षेत्रफल इकाई होता है । विस्कासिता गुणांक की SI इकाई न्यूटन सैकण्ड मी $^{-2}$ है, जबकि CGS पद्धति में इसकी इकाई पॉइज है ।

1 पॉइज = 1 ग्राम सेमी $^{-1}$ सैकण्ड $^{-1}$

श्यानता गुणांक अधिक होने पर द्रव का प्रवाह धीमा हो जाता है । हाइड्रोजन बन्ध एवं वान्डरवाल बल श्यानता को बढा देते हैं ।

ताप बढ़ाने पर द्रवों की श्यानता कम हो जाती है, क्योंकि ताप बढ़ाने पर अणुओं की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है व उनकी परत एक दूसरे पर आसानी से फिसल सकती है ।

बोध प्रश्न :

8. दिये गये शब्दों में से निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिये ।

व्यथनांक, वाष्पदाब, पृष्ठीय क्षेत्रफल, पॉइज

(क) जल का ..... पहाडों पर कम हो जाता हैं ।

(ख) गोलाकार आकृति का ..... न्यूनतम होता है ।

(ग) विस्कासिता की इकाई ..... होती हैं ।

(घ) ईथर का ..... जल से अधिक होता हैं ।

8.9 ठोस अवस्था

आप अपने दैनिक जीवन में गैसों व द्रवों की तुलना में ठोसों के अधिक संपर्क में आते हैं । ठोसों में अणु द्रवों व गैसों की तुलना में बहुत अधिक निकट होते हैं एवं उनमें प्रबल अन्तरा अणुक बल कार्य करते हैं । यही कारण है कि ठोसों की आकृति एवं आयतन निश्चित होता है । ठोसों में अवयवी कणों की स्थिति नियत होने के कारण इनमें कठोरता पायी जाती है । ठोसों को स्थूल रूप में दो वर्गों में बाँटा जा सकता है -

(अ) **अक्रिस्टलीय ठोस :** अक्रिस्टलीय ठोस वे ठोस हैं जिनमें अवयवी कणों (आयन, परमाणु या अणु) का कोई निश्चित पैटर्न नहीं होता, यद्यपि इनमें कठोरता, निश्चित

आकृति व निश्चित आयतन होता हैं । अक्रिस्टलीय ठोसों के उदाहरण हैं - काँच, रबड, बहुलक आदि ।

(ब) **क्रिस्टलीय ठोस** : वे ठोस जिनमें अवयवी कण (आयन, परमाणु या अणु) एक निश्चित ज्यामिती में व्यवस्थित होते हैं । इनमें दीर्घ परासी व्यवस्था होती है । अर्थात् कणों का पैटर्न संपूर्ण ठोस में नियमित होता हैं । सोडियम क्लोराइड, क्वार्ट्ज, सीजियम क्लोराइड, आदि क्रिस्टलीय ठोसों के उदाहरण हैं ।

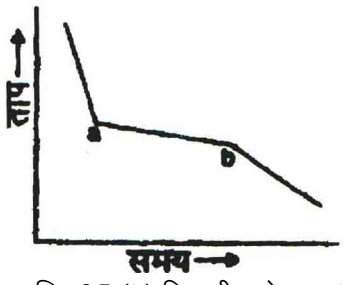
8.9.1 क्रिस्टलीय एवं अक्रिस्टलीय ठोसों के मध्य विभेद के बिन्दु

(i) **कणों की व्यवस्था -** क्रिस्टलीय ठोसों में कणों की व्यवस्था नियमित एवं दीर्घ परासी होती हैं जबकि अक्रिस्टलीय ठोसों में कणों की व्यवस्था लघु परासी व अनियमित होती हैं ।

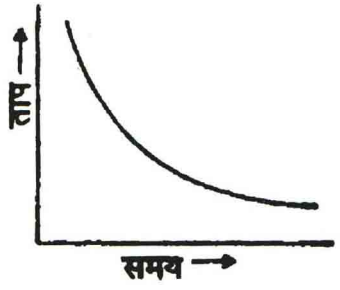
(ii) **गलनांक -** क्रिस्टलीय ठोसों के गलनांक निश्चित होते हैं जबकि अक्रिस्टलीय ठोस ताप के एक परास में धीरे-धीरे पिघलते हैं ।

(iii) **गलन ऊष्मा -** क्रिस्टलीय ठोसों की गलन ऊष्मा निश्चित होती है जबकि अक्रिस्टलीय ठोसों की गलन ऊष्मा निश्चित नहीं होती ।

(iv) **शीतलन वक्र -** जब एक गलित क्रिस्टल को ठण्डा किया जाता है एवं ताप एवं समय के मध्य वक्र खींचा जाये वो वह असतत प्राप्त होता है, जब कि अक्रिस्टलीय ठोसों के शीतलन वक्र सतत प्राप्त होते है । इन कथनों को आप चित्र 8.7 द्वारा स्पष्ट रूप से समझ सकते हैं ।

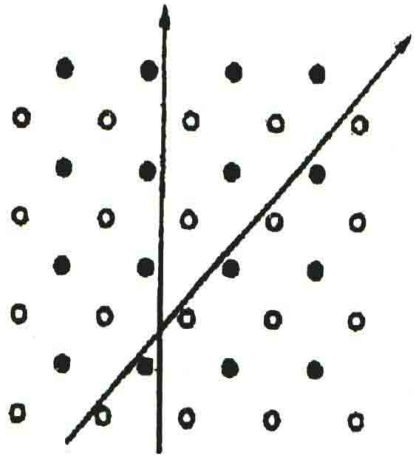


चित्र 8.7 (अ) क्रिस्टलीय ठोस का शीतलन वक्र



चित्र 8.7 (ब) अक्रिस्टलीय ठोस का शीतलन वक्र

(v) **दैशिकता -** क्रिस्टलीय ठोस विषम दैशिकता दर्शाते हैं अर्थात् इनके लिए भौतिक गुणों जैसे विद्युत चालकता, अपवर्तनांक तापीय प्रसारण आदि गुणों के मान अलग-अलग होते हैं, जबकि अक्रिस्टलीय ठोसों में उपरोक्त गुणों के मान सभी दिशाओं में एक समान होते हैं । अक्रिस्टलीय ठोसों की इस प्रकृति को **समदैशिकता** कहते हैं । क्रिस्टलीय ठोसों में विषम दैशिकता का कारण यह है कि भिन्न-भिन्न दिशाओं में कणों की व्यवस्था भिन्न-



भिन्न होती है (चित्र 8.8) जबकि अक्रिस्टलीय ठोसों में स्थूल रूप में हर दिशा में व्यवस्था लगभग एक जैसी होती है अत: भौतिक गुणों के मान भी लगभग एक जैसे ही प्राप्त होते हैं ।

बोध प्रश्न :

9. निम्नलिखित ठोसों में से क्रिस्टलीय/अक्रिस्टलीय ठोसों को छांटिये ।

(i) $NaCl$ (ii) पॉलिथीन (iii) गंधक (iv) प्लस्टिक (v) आयोडिन (vi) बैकेलाइट

8.10 क्रिस्टलीय ठोसों का वर्गीकरण

क्रिस्टलीय ठोसों में उपस्थित अंतरा आण्विक बलों की प्रकृति के आधार पर इन्हें चार वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है - आण्विक ठोस, आयनिक ठोस, धात्विक ठोस तथा सहसंयोजक ठोस । इनका संक्षिप्त वर्णन यहाँ किया जा रहा हैं ।

8.10.1 आण्विक ठोस

आण्विक ठोसों के अवयवी कण अणु होते हैं । इन्हें पुन: निम्नलिखित उपवर्गों में विभाजित किया जा सकता है -

(क) **अध्रुवीय आण्विक ठोस -** इन ठोसों में या तो परमाणु : उदाहरणार्थ निम्न ताप पर अक्रिय गैसें या अध्रुवी सहसंयोजक बन्धों से बने अणु, उदाहरणार्थ निम्न ताप पर I_2, Cl_2 होते हैं । इन ठोसों में अवयवी कण दुर्बलतम परिक्षेपण बलों अथवा लंडन बलों द्वारा जुड़े रहते हैं । ये ठोस निम्न गलनांक रखते हैं । ये मुलायम एवं विद्युत् के कुचालक होते हैं ।

(ख) **ध्रुवीय आण्विक ठोस -** इन ठोसों में अणु अपेक्षाकृत प्रबल द्विध्रुव बलों द्वारा जुड़े रहते हैं । ये ठोस भी मुलायम एवं विद्युत् के कुचालक होते हैं । इनके गलनांक अध्रुवीय आण्विक ठोसों की तुलना में उच्च होते हैं । ठोस SO_2 ठोस HCl आदि, इन ठोसों के उदाहरण है ।

(ग) **हाइड्रोजन बन्ध आण्विक ठोस -** ऐसे ठोसों में हाइड्रोजन बन्ध की उपस्थिति इन्हें कठोर बनाती है । ऐसे ठोसों में H परमाणु अधिक ऋण विद्युती तत्वों जैसे N, F के मध्य आकर हाइड्रोजन बन्ध बनाता है । ये भी समान्यत: विद्युत् के कुचालक होते हैं। H_2O (बर्फ) इसका उदाहरण है ।

8.10.2 आयनिक ठोस

इन ठोसों के अवयवी कण आयन होते हैं । इनमें धनायन एवं ऋणायनों के मध्य प्रबल कूलॉमी आकर्षण बल होते है । इसीलिए इनके गलनांक उच्च होते हैं । ये कठोर एवं भंगुर होते हैं । ठोस अवस्था में ये मुक्त आयनों की अनुपस्थिति के कारण विद्युत् के कुचालक परन्तु गलित अवस्था या जलीय विलयन में मुक्त आयनों के कारण विद्युत् के सुचालक होते हैं । $NaCl, KCL$ आदि इन ठोसों के उदाहरण हैं ।

8.10.3 धात्विक ठोस

धातुयें जिनमें धात्विक धनायन मुक्त इलेक्ट्रॉनों के समुद्र से घिरे रहते हैं, धात्विक ठोसो के उदाहरण हैं । इनमें इलेक्ट्रॉन गतिशील होते हैं और क्रिस्टल मे समान रूप से व्याप्त रहते हैं । ये गतिशील इलेक्ट्रॉन ही धातुओं की विद्युत एवं तापीय चालकता के लिए उत्तरदायी हैं । ये ठोस आघातवर्धनीय एवं तन्य होते हैं एवं इनकी सतह चमकदार होती है । Cu, Zn आदि धातु इन ठोसों के उदाहरण हैं ।

8.10.4 सहसंयोजक ठोस

वे क्रिस्टलीय ठोस जिनमें सहसंयोजक बन्ध होते हैं, इस श्रेणी में आते हैं । सहसंयोजक बन्ध प्रबल एवं दिशात्मक होते हैं, अत: ये ठोस कठोर एवं भंगुर होते हैं । साधारणतया इनके गलनांक उच्च होते हैं एवं सहसंयोजक बन्ध होने के कारण विद्युत के कुचालक होते है । हीरा, सिलिकन कार्बाइड इन ठोसों के उदाहरण हैं । ग्रेफाइट एक अपवाद है । ग्रेफाइट अपनी विशेष संरचना के कारण मुलायम एवं विद्युत का सुचालक होता है ।

8.11 सारांश (Summary)

- द्रव्य तीन रूपों - गैस, द्रव एवं ठोस अवस्था में पाया जाता है ।
- द्रव्य के अवयवी कणों के मध्य की दूरी इसकी भौतिक अवस्था का निर्धारण करती है ।
- गैसों में अन्तरा आण्विक बल न्यूनतम होते हैं ।
- गैसों के व्यवहार के आधार पर गैस - नियम दिये गये ।
- बॉयल का नियम स्थिर ताप पर गैस के आयतन एवं दाब के मध्य संबंध बताता है ।
- चार्ल्स का नियम स्थिर दाब पर आयतन एवं ताप में संबंध दर्शाता है ।
- गै-लुसैक एवं आवोगाद्रो नियम गैसों के लिए विभिन्न चरों में विशेष परिस्थितियों में संबंध स्थापित करते हैं । इन नियमों के आधार पर एक सर्वमान्य गैस समीकरण $PP = nRT$ निरूपित की गयी है ।
- सामान्य ताप व दाब पर सभी गैसें इस आदर्श गैस समीकरण से विचलन दर्शाती है ।
- द्रव अवस्था, गैसीय एवं ठोस अवस्था के बीच की अवस्था होती है ।
- द्रवों के मध्य अन्तरा आण्विक दूरी गैसों की तुलना में कम होती है ।
- द्रवों में कुछ अन्त: निहित गुण जैसे - वाष्पदाब, पृष्ठतनाव एवं श्यानता पाये जाते हैं।
- गैसों की तुलना में द्रवों में संपीड्यता की प्रकृति कम होती है ।
- ठोस अवस्था में अवयवी कण प्रबल अन्तरा आण्विक बलों द्वारा बंधे होते हैं ।
- अक्रिस्टलीय ठोसों की ज्यामिति अनिश्चित होती है जबकि क्रिस्टलीय ठोसों की आन्तरिक संरचना निश्चित होने के कारण इनकी ज्यामिति भी निश्चित होती है ।
- क्रिस्टलीय ठोसों को आण्विक ठोस, आयनिक ठोस, धात्विक ठोस, सहसंयोजक ठोस में वर्गीकृत किया जा सकता है ।

8.12 शब्दावली (Glosary)

- **अन्तरा अणुक बल :** अणुओं के मध्य लगने वाले आकर्षण बल
- **गलन ऊष्मा :** किसी ठोस को पिघलाने के लिए आवश्यक ऊष्मा

- **कूलॉमी बल :** आवेशित कणों के मध्य लगने वाले प्रबल आकर्षण या प्रतिकर्षण बल

8.13 संदर्भ ग्रंथ (Reference books)

1. Book of Physical Chemistry -P.L.Soni
2. Advance Physical Chemistry -Gurtu

8.14 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answers of Intext Questions)

1. स्थिर तापी 2. तीन गुणा 3. (क) शून्य (ख) समदाब (ग)समानुपाती
4. (क) असत्य (ख) सत्य (ग) असत्य
5. 5974 mm 6. H_2 एवं He
8. (क) क्वथनांक (ख) पृष्ठीय क्षेत्रफल (ग) पॉइज (घ) वाष्पदाब
9. क्रिस्टलीय ठोस - $NaCL$, गंधक, आयोडीन
   अक्रिस्टलीय ठोस - पॉलिथीन, प्लस्टिक, बैकेलाइट

8.15 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question)

1. बॉयल ताप किसे कहते हैं ?
2. क्या कारण है कि गैसें सामान्य दाब एवं ताप पर आदर्श गैस समीकरण का पालन नहीं करता हैं ?
3. संपीड्यता कारक क्या है ? यह किस प्रकार किसी गैस के आदर्श व्यवहार से विचलन को प्रदर्शित करता हैं ?
4. क्या कारण है कि प्रेशर कुकर में खाना जल्दी पक जाता है ?
5. धातुएं विद्युत् एवं ताप की सुचालक क्यों होती हैं ?
6. आयनिक क्रिस्टल ठोस अवस्था मे तो विद्युत् के कुचालक होते हैं परन्तु जल में घेलने पर सुचालक हो जाते हैं । क्यों ?
7. क्रिस्टलीय ठोस एवं अक्रिरटलीय ठोस में कोई तीन अन्तर बताइये ।
8. गैसों के अणुगतिक सिद्धान्त की विभिन्न अभिधारणाओं को लिखिये ।
9. आदर्श गैसें क्या होती हैं ? आदर्श गैसों के आदर्श व्यवहार से विचलन के क्या कारण हैं ?
10. उच्च दाब एवं निम्न ताप पर गैसें आदर्श गैस समीकरण का पालन क्यों नहीं करती हैं ?
11. एक वायुमण्डलीय दाब एवं 27^0C पर O_2 गैस के 5 मोलों का आयतन ज्ञात करिये यदि गैस के व्यवहार को आदर्श माना जाये ।($R = 0.082$ लीटर वायुमण्डल मोल $^{-1}$ डिग्री $^{-1}$) । (उत्तर : 123.15 लीटर)

12. 27^0C ताप एवं 1.2 वायुमण्डलीय दाब पर 100 मिली के पात्र में एक गैस भरी हुई है । यदि 27^0C ताप पर पात्र का आयतन 120 मिली कर दिया जाये तो गैस का दाब क्या होगा? (उत्तर : 1 वायुमण्डल)

इकाई 9

आयनिक साम्य

Ionic Equilibrium

इकाई की रूपरेखा

9.0 उद्देश्य

9.1 प्रस्तावना

9.2 विद्युत्-अपघट्य एवं आयनन

9.3 आयनन के सिद्धात

9.4 ओस्टवाल्ड तनुता नियम

9.5 अम्ल एवं क्षारक

9.6 अन्त एवं क्षारकों का आयनन एवं सामर्थ्य

9.7 जल का आयनन, आयनन स्थिरांक एवं आयनिक गुणनफल

9.8 pH पैमाना

9.9 बफर विलयन

9.10 सूचक एव सूतको के सिद्धांत

9.11 सरांश

9.12 शब्दावली

9.13 संदर्भग्रंथ

9.14 बोध प्रश्नों के उतार

9.15 अभ्यासार्थ प्रश्न

9.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप

- आयनन एवं विद्युत् अपघट्यों के बारे में जान सकेंगे
- आयनन के सिद्धांतों के बारे में जान सकेंगे ।
- अस्त एवं क्षारकों की विभिन्न अवधारणाओं के बारे में समझ सकेंगे ।
- अस्त एवं क्षारकों के आयनिक सामर्थ्य को समझ सकेंगे ।
- हाइड्रोजन आयन की मोलर सान्द्रता को pH स्केल के रूप में समझ सकेंगे ।
- जल के आयनन एवं उसके आयनिक गुणनफल (Kw) को जान सकेंगे ।
- बफर विलयनों एवं उनके उपयोगों को समझ सकेंगे ।
- सूचक एवं उनके विभिन्न सिद्धातों को समझ सकेंगे ।

9.1 प्रस्तावना (Introduction)

आप जानते हैं कि प्रत्येक रासायनिक अभिक्रिया प्रारम्भ में अति तीव्र होती है । यदि किसी रासायनिक अभिक्रिया को बंद पात्र में सम्पन्न करवाया जाये तो कुछ समय पश्चात् बनने

वाले उत्पाद आपस मे अभिक्रिया कर पुन: क्रियाकारकों में बदलना प्रारम्भ हो जाते हैं । धीरे-धीरे उत्पादों के क्रियाकारको में बनने की दर तेज होती जाती है व एक अवस्था में क्रियाकारको के उत्पादों एवं उत्पादों के क्रियाकारको में बदलने की दर समान हो जाती है । इस अवस्था को साम्यावस्था कहा जाता है । इसे निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता है-

क्रियाकारक $\rightleftharpoons$ उत्पाद

किसी भी रासायनिक अभिक्रिया मे दो अर्धतीर $\rightleftharpoons$ इस बात को दर्शाते हैं कि अभिक्रिया दोनों दिशाओं मे हो रही है । यदि साम्य आयनों के मध्य हो तो इसे आयनिक साम्य कहा जाता है ।

9.2 विद्युत्-अपघट्य एवं आयनन (Electrolytes and Ionisation)

यह सर्वविदित तथ्य है कि शक्कर के जलीय विलयन मे विद्युत धारा का प्रवाह नहीं होता है, जबकि साधारण नमक का जलीय विलयन विद्युत का सुचालक होता है । माइकल फैराडे ने पदार्थो को उनकी विद्युत् चालकता के आधार पर दो वर्गो में विभाजित किया - एक वर्ग में वे पदार्थ आते हैं जिनके जलीय विलयन विद्युत् के सुचालक होते हैं । ऐसे पदार्थो को विद्युत्-अपघट्य कहते हैं । जबकि दूसरे वर्ग में आने वाले पदार्थ वे हैं जिनके जलीय विलयन मे विद्युत् प्रवाहित नही होती हैं । ऐसे पदार्थ विद्युत अनअपघट्य कहलाते हैं । साधारण नमक विद्युत्-अपघट्य है जबकि शक्कर विद्युत अनअपघट्य है । विद्युत्-अपघट्य जल में विलेय करने पर अपने आयनों में विभक्त हो जाते हैं । इस प्रक्रिया को विद्युत्-अपघट्य का आयनन या वियोजन कहते हैं । साधारण नमक($NaCl$) जलीय विलयन में Na एवं Cl^- आयनों में विभक्त हो जाता है ।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^{-1} + Cl^-$$

कुछ विद्युत्-अपघट्य जलीय विलयन मे लगभग पूर्णत: आयतित हो जाते हैं । ऐसे विद्युत्-अपघट्यों को प्रबल विद्युत्-अपघट्य कहा जाता है । $NaCl$ प्रबल विद्युत्-अपघट्य का उदाहरण है । जबकि कुछ अन्य विद्युत-अपघट्य जलीय विलयन में आशिक रूप से ही आयनित होते हैं । ऐसे विद्युत्-अपघट्य दुर्बल विद्युत्- अपघट्य कहलाते हैं । ऐसीटिक अम्ल एक ऐसा ही विद्युत् अपघट्य है । साधारण तनुता पर यह केवल 5 प्रतिशत ही आयनित होता है । अधिकतर अम्ल, क्षार एवं लवण विद्युत्-अपघट्यों के वर्ग में आते हैं ।

बोध प्रश्न -

1. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य -
   (क) साधारण नमक का जलीय विलयन विधुत का सुचालक होता है । (सत्य/असत्य)
   (ख) जिन पदार्थो का जलीय के विलयन विधुत के सुचालक होते है वे विधुत-अनअपघट्य कहलाते है (सत्य /असत्य)
   (ग) शक्कर विद्युत्-अपघट्य पदार्थ है । (सत्य/असत्य)
   (घ) $NaCl$ प्रबल विधुत-अपघट्य का उदाहरण है । (सत्य/असत्य)

9.3 आयनन के सिद्धांत (Principal of Ionisation)

सर्वप्रथम आरेनियस ने दुर्बल विद्युत् अपघट्यों के लिए सिद्धांत प्रतिपादित किया । इस सिद्धांत के मुख्य अभिग्रहीत निम्नलिखित हैं -

(क) दुर्बल विद्युत्-अपघट्य जल में विलेय करने पर अपने आयनों में वियोजित हो जाते हैं । धनावेश वाले आयन धनायन या कैटायन कहलाते हैं, जबकि ऋणावेशित आयन ऋणायन या ऐनायन कहलाते हैं ।

(ख) किसी भी विद्युत्-अपघट्य के जलीय विलयन में धनायनों पर कुल आवेश, ऋणायनों पर कुल आवेश के तुल्य होता है, अर्थात् विलयन समग्र रूप में उदासीन होता है ।

(ग) विलयन में अवियोजित अणुओं एवं आयनित आयनों के मध्य एक साम्य होता है, जिसे आयनिक साम्य कहते हैं । इसे विद्युत्-अपघट्य AB के लिए निम्न प्रकार प्रदर्शित किया जा सकता है -

$$AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

इस वियोजन के लिए $K = \dfrac{[A^+][B^-]}{[AB]}$

जहां, K आयनिक साम्य स्थिरांक है ।

(घ) विलयन मे विद्युत् क्षेत्र लगाने पर धनायन कैथोड की ओर एवं ऋणायन एनोड की ओर गमन करते हैं ।

(च) सामान्य तुलना पर विद्युत् अपघट्य के वियोजन की मात्रा बहुत कम होती है । वियोजन की मात्रा (α) निम्नलिखित समीकरण से दी जा सकती है-

$$\alpha = \frac{\text{किसी भी समय वियोजित मोलों की संख्या}}{\text{प्रारंभ में धोले गए मोलो की संख्या}}$$

(छ) दुर्बल विद्युत्-अपघट्य के वियोजन की मात्रा निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करती है-

(i) विद्युत्-अपघट्य की प्रकृति - प्रत्येक विद्युत्-अपघट्य की नियोजित होने की मात्रा अलग अलग होती है ।

(ii) विलायक की प्रकृति - कम पराविद्युत् स्थिरांक वाले विलायकों की तुलना में अधिक पराविद्युत् स्थरांक वाले विलायक (जैसे जल) में विद्युत्-अपघट्य के वियोजन की मात्रा अधिक होती है ।

(iii) तनुता -विलयन की तनुता बढ़ाने पर वियोजन की मात्रा भी बढ़ती है ।

(iv) ताप - ताप बढ़ाने पर किसी विद्युत्-अपघट्य के वियोजन की मात्रा बढ़ती है ।

(v) अन्य आयनों की उपस्थिति - विलयन में कोई ऐसा विलेय मिलाने पर जिसमें दिये गये विद्युत् -अपघट्य के आयनों के समान आयन हों, वियोजन की मात्रा कम हो जाती है ।

9.4 ओस्टवाल्ड तनुता नियम (Ostwald's Dilution Law)

ओस्टवाल्ड -तनुता नियम का उपयोग दुर्बल विद्युत्-अपघट्यों के लिए वियोजन की मात्रा की गणना करने के लिए किया जाता है । इसके लिए हम एक दुर्बल विद्युत्-अपघट्य के रूप में एक दुर्बल अम्ल (HA) के वियोजन पर विचार करते हैं ।

	HA	$\rightleftharpoons$	H	+	A
वियोजन से पूर्व मोलों की संख्या	1		0		0
साम्यावस्था पर मोलों की संख्या	(1-α)		α		α

जहां α वियोजन की मात्रा है । यदि HA की प्रारंभिक सान्द्रता C मोल प्रतिलीटर हो तो साम्यावस्था पर $[H^+]=C\alpha, [A^-]=C\alpha$ एवं $[HA]=C(1-\alpha)$

अत: साम्यावस्था स्थिरांक की परिभाषा के अनुसार-

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(C\alpha)(C\alpha)}{C(1-\alpha)}$$

$$K = \frac{C\alpha}{1-\alpha} \qquad \text{.....(9.1)}$$

चूंकि दुर्बल विद्युत अपघट्यों के लिए α का मान बहुत कम होता है अत: $(1-\alpha)$ का मान 1 के लगभग लिया जा सकता है । इस स्थिति में,

$$K = C\alpha^2 \text{ या } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$$

अथवा $$\alpha = \sqrt{KV} \qquad \text{.....(9.2)}$$

जहां V विलयन का लीटर में वह आयतन है जिसमें विलेय के 1 मोल धुले हैं ।

बोध प्रश्न :

2. एसीटिक अम्ल के 1 लीटर विलयन में इसकी वियोजन की मात्रा ज्ञात कीजिये । इसके लिए $K_a = 1.60\times10^{-5}$

9.5 अन्त एवं क्षारक (Acid and Bases)

अम्ल एवं क्षारक के रूप में विभिन्न पदार्थो से आप परिचित हैं । नीबू संतरे आदि फलों में अम्ल पाये जाते हैं जबकि हमारे पेट में हाइड्रोक्लोरिक अम्ल पाया जाता है । अम्ल, लैटिन शब्द Acidus से बना है, जिसका अर्थ खट्टा होता है । कपड़े धोने का साबुन क्षारक का उदाहरण है । जब अम्ल एवं क्षारक को मिलाते हैं तो बनने वाले पदार्थ को लवण कहते हैं एवं इस प्रक्रिया को उदासीनीकरण कहते हैं ।

9.5.1 अस्त तथा क्षारक की आरेनियस धारणा

आरेनियस के अनुसार वे पदार्थ जो जल में घोलने पर अपघटित होकर हाइड्रोजन आयन (H^+) देते हैं, अम्ल कहलाते हैं । जबकि वे पदार्थ जो हाइड्रॉक्सिल आयन (OH^-) देते हैं, क्षारक कहलाते हैं । अम्ल (HX) एवं क्षारक (MOH) का आयनन जल में निम्नलिखित समीकारणो द्वारा दर्शाया जा सकता है -

$$HX(aq) \quad \rightleftharpoons \quad H^+(aq) + X(aq)$$
$$MOH \quad \rightleftharpoons \quad M^+(aq) + OH^+(aq)$$

H^+ एवं OH^- आयन दोनों ही जल मे जल योजित रूप में रहते हैं, अत: इन्हें $H^+(aq)$ और $OH^-(aq)$ के रूप में लिखा गया है ।

9.5.2 अम्ल तथा क्षारक की ब्रान्स्टेड-लोरी धारणा

ब्रास्टेड--लोरी की धारणा के अनुसार वे पदार्थ जो अभिक्रिया मैं H^+ आयन देते हैं, आ अम्ल कहलाते हैं जबकि H^+ आयन ग्रहण करने वाले पदार्थ क्षारक कहलाते हैं । अत: हम कह सकते हैं किसी अभिक्रिया मे प्रोटीन (H^+) दाता, अम्ल एवं प्रोटॉन (H^+) ग्राही क्षारक कहलाते हैं ।

उदाहरणार्थ, आप NH_3 के जल में विलयन पर विचार करें, जिसे निम्नलिखित समीकरण द्वारा दर्शाया गया है ।

$$NH_3 \quad + \quad H_2O \quad \rightleftharpoons \quad NH_4 \quad + \quad OH$$

प्रोटीन ग्राही प्रोटीन दाता

उपरोक्त समीकरण से स्पष्ट है कि अभिक्रिया में NH_3 अणु H^+ आयन ग्रहण करता है, अत: NH_3 क्षारक है । जबकि H_2O अणु H^+ आयन दाता है, अत: यह अम्ल है ।

उपरोक्त उत्क्रमणीय अभिक्रिया में NH_4^+ आयन H^+ दाता है अत: यह अम्ल है, जबकि OH^- आयन H^+ ग्राही है, इसलिए यह क्षारक है । इस प्रकार NH_4^+ एवं NH_3 अम्ल-क्षारक युग्म है, जिनमें एक प्रोटॉन का अंतर है । ऐसे अम्ल-क्षारक युग्म जिनमें एक प्रोटीन का अंतर होता है, संयुग्मी अम्ल-क्षारक युग्म कहलाते हैं । उपरोक्त उदाहरण में $H_3O^+ - H_2O$ भी एक सकुमी अम्ल-क्षारक युग्म है । अम्ल-क्षारक संयुग्मी युग्म में यदि अम्ल प्रबल है तो इसका संयुग्मी क्षारक निर्बल होगा एवं यदि अम्ल दुर्बल है तो इसका संयुग्मी क्षारक प्रबल होगा ।

अब हम जल के दो अणुओं पर विचार करते हैं -

$$H_2O \quad + \quad H_2O \quad \rightleftharpoons \quad H_3O^+ \quad + \quad OH^-$$

प्रोटीन ग्राही प्रोटीन दाता

उपरोक्त उदाहरण में जल का एक अणु एक H^+ ग्रहण कर H_3O^+ में बदल जाता है जबकि दूसरा अणु एक H^+ त्याग कर OH^- परिवर्तित हो जाता है । अत: $H_2O - OH^-$ एक संयुग्मी अम्ल-क्षारक युग्म है, जबकि $H_3O^+ - H_2O$ दूसरा संयुग्मी अस्त-क्षारक युग्म है ।

बोध प्रश्न :

3. निम्नलिखित अम्लों के संयुग्मी क्षारक बताइये-

$(i) H_2SO_4$ $(ii) H_2CO_3$ $(iii) NH_4^+$

9.5.3 लुइस अम्ल एवं क्षारक

अम्ल एवं क्षारक की लुइस धारणा इलेक्ट्रॉनों के आदान प्रदान पर आधारित है । इस धारणा के अनुसार क्षारक, इलेक्ट्रॉनयुग्म दाता है, जबकि अम्ल इलेक्ट्रॉन युग्म ग्राही होता है । उदाहरण के लिए हम निम्नलिखित समीकरण पर विचार करते हैं _

$$: NH_3 + BF_3 \rightarrow H_3N \rightarrow BF_3$$

यहाँ पर BF_3 एक इलेक्ट्रॉन न्यून यौगिक है जबकि NH_3 के पास एक इलेक्ट्रॉन युग्म है। अत: अभिक्रिया में BF_3 इलेक्ट्रॉन युग्म ग्रहण करता है जबकि NH_3 युग्म देता है । अत: BF_3 एक लुइस अम्ल के समान एवं NH_3 लुइस क्षारक के समान कार्य करता है ।

इसी प्रकार ऋणावेशित आयन जैसे Cl^-, Br^-, I^-, S^{2-} आदि लुइस क्षारक के समान एवं धनावेशित आयन जैसे CO^{3+}, Mg^{2+}, Na^+ आदि लुइस अम्ल के समान कार्य करते हैं ।

बोध प्रश्न-

4. निम्नलिखित को लुइस अम्लों तथा क्षारकों मे वर्गीकृत कीजिये।

(अ) OH^- (ब) BCl_3 (स) H_2O (द) H^+

9.6 अम्ल एवं क्षारकों का आयनन एवं सामर्थ्य (Ionisation and strength of Acid and Bases)

आरेनियस की परिभाषा के अनुसार अम्ल जलीय माध्यम मे आयनित होकर H^+ आयन देते हैं । सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4), नाइट्रिक अम्ल (HNO_3), हाइड्रोआयोडिक अम्ल (HI) आदि जलीय विलयन में लगभग पूर्णत आयनित हो जाते है, अत इन्हें प्रबल अम्ल कहा जाता है । जबकि कुछ अन्य अम्ल जैसे ऐसीटिक अम्ल(CH_3COOH), हाइड्रोसायनिक अम्ल (HCN) आदि क्षारक जलीय विलयन में आशिक रूप से ही आयनित होते हैं, अत: इन्हें दुर्बल अम्ल कहा जाता है । इसी प्रकार सोडियम हाइड्रॉक्साइड($NaOH$), पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) आदि क्षारक जलीय विलयन में पूर्णत: आयनित होकर OH^- आयन देते हैं, अत: इन्हें प्रबल क्षारक कहते हैं । जबकि अमोनियम हाइड्रॉक्साइड (NH_4OH) आशिक आयनन के कारण एक दुर्बल क्षारक कहलाता है । किसी भी अम्ल या क्षारक का आयनन उसकी सामर्थ्य की जानकारी देता है ।

समीकरण (9.2) के अनुसार किसी अम्ल HA_1 के लिए आयनन की मात्रा,

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{K_{a1}}{C}} \qquad \text{----------(9.3)}$$

यदि समान सान्द्रता के किसी दूसरे अम्ल HA_2 को लिया जाये तो उसके लिए आयनन की मात्रा होगी,

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{K_{a2}}{C}} \qquad \text{---------- (9.4)}$$

समीकरण 9.3 को समीकरण 9.4 से भाग देने पर

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \sqrt{\frac{K_{a1}}{K_{a2}}} \qquad \text{---------- (9.5)}$$

अंत: किसी अम्ल की सामर्थ्य उसके वियोजन स्थिरांक K_a के वर्गमूल के समानुपाती होती है ।

किन्हीं दो अम्लों की आपेक्षिक सामर्थ्य $= \frac{HA_1 \text{ द्वारा प्रदता } [H^+] \text{ को सान्द्रता}}{HA_2 \text{ द्वारा प्रदता } [H^+] \text{ सान्द्रता}}$

$$= \frac{C\alpha_1}{C\alpha_2} = \frac{C\sqrt{\frac{K_{a1}}{C}}}{\sqrt{\frac{K_{a2}}{C}}}$$

आपेक्षिक सामर्थ्य $= \sqrt{\frac{K_{a1}}{K_{a2}}}$

अतः दो अम्लों की आपेक्षिक सामर्थ्य उनके वियोजन स्थरांकों के अनुपात के वर्गमूल के बराबर होता है ।

इसी प्रकार दो क्षारकों की आपेक्षिक सामर्थ्य उनके द्वारा प्रदत्त OH^- आयनों की सान्द्रता के अनुपात के तुल्य होती है ।

या दो क्षारकों की आपेक्षिक सामर्थ्य $= \sqrt{\frac{K_{b1}}{K_{b2}}}$

जहां K_{b1} एवं K_{b2} दोनों क्षारकों के क्रमश: वियोजन स्थिरांक हैं ।

बोध प्रश्न-

5. दो दुर्बल अम्लों के आयनन स्थिरांक, क्रमश: $2.5*10^{-1}$ एवं $3.6*10^{-9}$ है । अमलो की आपेक्षिक आयनिक सामर्थ्य ज्ञात कीजिए ।

9.7 जल का आयनन, आयनन स्थिरांक एवं आयनिक गुणनफल (Ionisation, Ionisation constant and ionic Product of water)

शुद्ध जल का स्वत:आयनन निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होता है -

$$H_2O_{(1)} + H_2O_{(1)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

समीकरण से स्पष्ट है कि जल का एक अणु प्रोटीन ग्रहण करता है अत: यह क्षारक के समान कार्य करता है व दूसरा अणु प्रोटीन देता है अत. यह अम्ल के समान कार्य करता है । जल में H^+ आयन हाइड्रोनियम आयन H_3O^+ के रूप में रहते हैं । जल का वियोजन स्थिरांक (K) निम्न प्रकार लिखा जायेगा -

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

चूंकि जल एक अत्यंत दुर्बल विद्युत्-अपघट्य है अत: जल की सान्द्रता, H_2O लगभग स्थिर रहती है । अतः, $K[H_2O] = [H_3O^+][OH^-]$ अथवा $[H^+][OH^-]$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

यहां K_w एक नया स्थिरांक है जिसे जल का आयनिक गुणनफल कहते हैं । $298K$ पर जल में H^+ आयनों की सान्द्रता $1.0*10^{-7}$ मोल लीटर-' मापी गई है । चूंकि $[H^+]$ एवं $[OH^-]$ आयनों की सान्द्रता समान होती है । अत: $K_w = (1*10^{-7})(1*10^{-7})$ (मोल लीटर^1)^2

या, $K_w = 1*10^{-14} M^2 L^{-2}$ .....(9.7)

ताप बढाने पर K_w का मान भी बढ़ता है क्योंकि ताप बढाने पर जल के आयनन में वृद्धि होती है ।

शुद्ध जल का घनत्व 1000 ग्राम प्रति लीटर है एवं इसका मोलर द्रव्यमान 18.0 ग्राम प्रति मोल है । अत: शुद्ध जल की मोलरता हम निम्नलिखित सूत्र से ज्ञात कर सकते है ।

जल की मोलरता $= \frac{\text{एक लीटर जल का भार (ग्राम में)}}{\text{जल का मोलर द्रव्यमान(ग्राम में)}}$

$= \frac{1000}{18} = 55.55$ मोल

जल का वियोजन स्थरांक $K = \frac{10^{-14}}{55.55}$

या $K = 1.8 \times 10^{-16}$

9.8 pH पैमाना (pH Scale)

सोरेन्सन ने किसी विलयन में हाइड्रोजन आयनों की मोलर सान्द्रता को प्रदर्शित करने के लिए एक पैमाना दिया, जिसे pH पैमाना कहा जाता हैं । हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता के ऋणात्मक 10 आधारीय लघुगणकीय मान को pH कहा जाता है । निम्नलिखित समीकरण pH एवं हाइड्रोजन आयन सान्द्रता में संबंध दर्शाता है ।

$$pH = -\log[H^+] \quad \text{---------- (9.8)}$$

या, $[H^+] = 10^{-pH}$ ----------(9.9)

यहाँ $[H^+]$ मोल प्रति लीटर में है । इसी प्रकार किसी विलयन में OH^- आयनों की सान्द्रता p^{OH} के रूप 'में निम्नलिखित समीकरण द्वारा दर्शायी जा सकती है ।

$$p^{OH} = -\log[OH^-] \quad \text{----------(9.10)}$$

उदाहरणार्थ, एक अम्लीय विलयन जिसमें H^+ आयनों की सान्द्रता $10^{-2}M$ है । इसकी pH का मान होगा

$$pH = -\log[OH^+]$$
$$= -\log[10^{-2}] = 2$$

जल में $[H^+]$ आयनों की सान्द्रता 10^{-7} होती है । अत: उदासीन जल की $pH7$ होगी । यदि H^+ आयन सान्द्रता 10^{-7} से अधिक हो तो pH का मान 7 से कम होगा एवं विलयन अम्लीय होगा । उदाहरण के लिए H^+ आयन सांद्रता 10^{-5} होने पर pH का मान 5 होगा ।

यदि H^+ आयन सान्द्रता 10^{-7} से कम हो तो pH का मान 7 से अधिक होगा एवं विलयन क्षारीय होगा । उदाहरण के लिए H^+ आयन सांद्रता 10^{-8} होने पर pH का मान 8 होगा ।

जल के लिये, $K_w = [H^+][OH^-]$

इस समीकरण के दोनो ओर का ऋणात्मकता लघुगणक लेने पर

$-\log K_w = -\log[H^+] - \log[OH^-]$

अथवा $pK_w = pH + pOH$

अत: $pH + pOH = 14 (\because pK_w = 14)$

pH के लिये कुछ महत्वपूर्ण तथ्य

(i) प्रायोगिक गणनाओं में pH का मान 0 से 14 तक होता है ।

(ii) pH का मध्यमान अर्थात् 7 विलयन की उदासीनता को दर्शाता है जबकि 7 से कम मान अम्लीय एवं 7 से अधिक मान क्षारीयता को प्रदर्शित करता है ।

(iii) pH का ऋणात्मक मान सान्द्र अम्लों के लिए संभव है ।

(iv) किसी भी जलीय विलयन के लिए 298 के पर $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

(v) कुछ सामान्य विलयनों के pH के मान निम्नलिखित हैं -

पदार्थ	pH	पदार्थ	pH
शीतल पेय	2.0 से 4.0	दूध	6.3 से 6.6
नींबू	2.2 से 2.4	रक्त	7.3 से 7.5
मूत्र	4.8 से 8.4	अश्रु	7.4
वर्षा	6.0	समुद्री जल	8.5

यह ध्यान देने योग्य तथ्य हैं कि K_w का मान ताप के साथ परिवर्तित होता है । परंतु ताप के साथ pH में इतना कम परिवर्तन होता है कि उसे नगण्य माना जा सकता है । H^+ आयनों की सान्द्रता 10 गुणा बढ़ाने पर pH में मात्र इकाई परिवर्तन होता है । इसी प्रकार $[H^+]$ में 100 गुणा वृद्धि होने पर pH में मात्र 2 इकाई का परिवर्तन होता है ।

बोध प्रश्न-

6. निम्नलिखित विलयनों की pH की गणना कीजिये-

$(i) 0.01 N HCl \quad (ii) 10^{-3} M H_2SO_4 \quad (iii) 10^{-3} N NaOH$

7. 2 ग्राम $NaOH$ का एक लीटर जलीय विलयन बनाया जाता है? विलयन की pH की गणना कीजिये ?

9.8.1 K_a एवं K_b में संबंध

हम जानते हैं कि K_a किसी अम्ल का वियोजन स्थिरांक है जबकि K_b क्षारक का वियोजन स्थिरांक हैं जो क्रमश. अम्ल एवं क्षारक के सामर्थ्य को दर्शाते है । किसी संयुग्मी अम्ल-क्षार युग्म में इन्हें एक दूसरे से संबंधित जा सकता है । इसके लिए हम $NH_4^+ - NH_3$ अम्ल-क्षारक युग्म पर विचार करते हैं -

$$NH_4^+(aq) \quad + \quad H_2O(1) \rightleftharpoons \quad NH_3(aq) \quad + \quad H_3O^+(aq)$$

चूंकि यहां NH_4^+ अम्ल के समान कार्य करता है, अतः,

$$K_a = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+][H_2O]} \qquad \text{--------- (9.12)}$$

इसी प्रकार, $NH_{3(aq)} + \quad H_2O \rightleftharpoons \quad NH_4^+{}_{(aq)} \quad + \quad OH^-$

चूंकि यहां NH_3 एक क्षारक के समान कार्य करता है, अतः,

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]} \qquad \text{--------- (9.13)}$$

समीकरण (9.12) तथा (9.13) को गुणा करने पर

$$K_a \times K_b = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]_2} = K_w$$

अत: $K_a \times K_b = K_w$ ----------(9.14)

अथवा $K_a \times K_b = 1\times10^{-14} \quad (\because K_w = 1\times10^{-14})$ ----------(9.15)

यदि K_a या K_b मे से एक ज्ञात है तो समीकरण (9.14) की सहायता से आप दूसरे का मान ज्ञात कर सकते हैं । समीकरण 9.15 में यदि दोनों ओर का ऋणात्मक लघुगणक लिया जाये तो,

$$-\log K_a - \log K_b \quad = -\log 10^{-14}$$

अथवा $pK_a + pK_b \; = \; 14$ ----------(9.16)

9.8.2 बहुक्षारकी अम्लों एवं बहुअम्लीय क्षारकों का आयनन

अम्ल जिनमें प्रति अणु आयनित होने वाले H^+ आयनों की संख्या एक से अधिक होती है बहुक्षारकी अम्ल कहलाते हैं । जैसे सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4) और, ऑक्सेलिक अम्ल $(H_2C_2O_4)$ द्विक्षारकी अम्ल हैं । इसी प्रकार एक से अधिक OH^- आयन देने वाले क्षारक, बहुअम्लीय क्षारक कहलाते है । जैसे $Ca(OH)_2$ तथा $Al(OH)_3$ बहुअम्लीय क्षारक हैं ।

अब हम एक द्विक्षारकीय अम्ल H_2X के वियोजन पर विचार करते हैं -

$H_2X(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HX^-(aq)$ (प्रथम आयनन) ।

$HX^-(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + X^{2-}(aq)$ (द्वितीय आयनन) ।

प्रथम आयनन के लिए वियोजन स्थिरांक

$$K_{a1} = \frac{[H^+][HX^-]}{[H_2X]}$$

एवं द्वितीय आयनन के लिए नियोजन स्थिरांक,

$$K_{a2} = \frac{[H^+][X^{2-}]}{[HX^-]}$$

अतः एक द्विक्षारकीय अम्ल के दो वियोजन स्थिरांक होते हैं । इसी प्रकार त्रिक्षारकीय अम्ल के लिये तीन वियोजन स्थिरांक होते हैं । ध्यान रहे किसी भी बहुक्षारकीय अम्ल के आयनन स्थरांकों का मान क्रमश. कम होता जाता है । अर्थात्,

$$K_{a1} > K_{a2} > K_{a3} .....$$

इसी प्रकार बहुअम्लीय क्षारकों के भी एक से अधिक वियोजन स्थिरांक होते हैं एवं उनके लिए भी स्थरांकों का मान उत्तरोत्तर कम होता चला जाता है । अर्थात्,

$$K_{b1} > K_{b2} > K_{b3} .....$$

9.8.3 अम्ल एवं क्षारकों के आयनन में समआयन प्रभाव

हम ऐसीटिक अम्ल, CH_3COOH के आयनन पर विचार करते हैं, जो एक दुर्बल अम्ल है ।

$$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

इस अन्त का वियोजन स्थिरांक

चूकि विलयन में $[H^+]$ और CH_3COO^- का गुणनफल निश्चित है अत: यदि बाह्य स्रोत से विलयन मे $[H^+]$ आयन मिला दिये जायें तो, CH_3COO^- आयनों की सान्द्रता कम हो जायेगी, अर्थात् साम्य बायीं ओर खिसक जायेगा अर्थात् CH_3COOH का आयनन कम हो जायेगा । यह घटना संस्थान प्रभाव का परिणाम है । अत. वह घटना जिसमें विलयन में पूर्व में उपस्थित आयनों को बाहर से मिलाकर साम्यावस्था को विस्थापित करवाया जाता है, समआयन प्रभाव कहलाता है ।

इसी प्रकार दुर्बल क्षारक NH_4OH के आयनन को बाह्य रूप से OH^- मिलाकर कम किया जा सकता है । सम आयन प्रभाव के कारण प्रबल अम्ल या प्रबल क्षारक की उपस्थिति में क्रमश: दुर्बल अम्ल या दुर्बल क्षारक का वियोजन और कम हो जाता है ।

9.9 बफर विलयन (Buffer Solution)

वे विलयन जिनकी pH लंबे समय तक स्थिर रहती है एवं जो थोथी मात्रा में अम्ल या क्षारक मिलाने पर अपनी pH में परिवर्तन का विरोध करते हैं, बफर विलयन कहलाते हैं । स्थिर pH वाले विलयनों का हमारे दैनिक जीवन में अत्यंत महत्व है । हमारे शरीर में होने वाली कई जैविक प्रक्रियायें स्थिर pH पर ही संभव है । रक्त एवं मूत्र की pH के मान स्थिर होते हैं । यदि इनकी pH में परिवर्तन होता है तो वह शरीर के असामान्य होने का सूचक है । इसी प्रकार कई औषध विलयन भी एक निश्चित pH पर ही शरीर पर अपना प्रभाव डालते है।

9.9.1 बफर विलयनों के प्रकार: बफर विलयनों को दो प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है- सामान्य बफर और मिश्रित बफर ।

(अ) सामान्य बफर

एक दुर्बल अम्ल एवं दुर्बल क्षार से बने लवण का जलीय विलयन सामान्य बफर कहलाता है ।

उदाहरणार्थ - CH_3COOH एवं NH_4OH से बने लवण CH_3COONH_4 का जलीय विलयन सामान्य बफर विलयन का निर्माण करता है । CH_3COONH_4 के जलीय विलयन में CH_3COO^- एवं NH_4^+ आयन उपस्थित रहते हैं ।

इसमें अम्ल मात्रा में H^+ आयन मिलाने पर ये CH_3COO^- आयनों से संयुक्ता होकर दुर्बल अम्ल CH_3COOH बनाते हैं जिसका आयनन बहुत कम होता है । अत. मिलाये गये H^+ आयन pH को प्रभावित नहीं कर पाते हैं ।

इसी प्रकार इसमें अल्प मात्रा मे OH^- आयन मिलाने पर ये दुर्बल क्षारक NH_4OH में बदल जाते हैं, जिसका आयनन बहुत कम होने के कारण pH पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

$$H^2 + CH_3COO^- \rightarrow CH_3COOH \quad \text{(दुर्बल अम्ल)}$$

$$OH^- + NH_4^+ \rightarrow NH_4OH \quad \text{(दुर्बल क्षारक)}$$

(ब) मिश्रित बफर : मिश्रित बफर दो प्रकार के होते हैं- अम्लीय बफर और क्षारकीय बफर ।

(i) **अम्लीय बफर :** एक दुर्बल अम्ल एवं इसके प्रबल क्षार से बने लवण का मिश्रण अम्लीय बफर बनाता है । दुर्बल अम्ल, (CH_3COOH) तथा इसके प्रबल क्षार, $NaOH$ से बने लवण, CH_3COONa का मिश्रण इसका उदाहरण है । इस प्रकार के बफर की प्रकृति अम्लीय होती है एवं इसके pH का मान 7 से कम होता है ।

अम्लीय बफर की कार्यप्रणाली को समझने के लिए हम उपरोक्त बफर पर विचार करते हैं इसमें उपस्थित पदार्थ निम्न प्रकार आयनित होते हैं ।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO \quad \text{(दुर्बल विद्युत्-अपघट्य)}$$

एवं $$H^2 + CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO \quad \text{(प्रबल विद्युत्-अपघट्य)}$$

सम आयन प्रभाव के कारण CH_3COOH अम्ल का आयनन बहुत कम होता है । अत: विलयन में मुख्य रूप से CH_3COOH, CH_3COO^- एवं आयन ही रहते हैं । जब इसमें बाहर से H^+ आयन मिलाते हैं तो वे CH_3COO^- से संयुक्त होकर CH_3COOH बनाते हैं जो दुर्बल विद्युत् अपघट्य होने के कारण pH को प्रभावित नहीं करता है । इसी प्रकार विलयन में OH^- मिलाने पर ये CH_3COOH से अभिक्रिया कर उदासीन हो जाते है। $OH^- + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_2O$ अत: pH अप्रभावित रहती है ।

(2) **क्षारकीय बफर :** दुर्बल क्षारक एवं इसके प्रबल अम्ल से बने लवण का मिश्रण क्षारकीय बफर बनाता है । NH_4OH तथा NH_4Cl का मिश्रण इस प्रकार के बफर का उदाहरण है । इस बफर की प्रकृति क्षारकीय एवं pH का मान 7 से अधिक होता है । इस बफर विलयन में मुख्य रूप से NH_4^+ आयन, Cl^- आयन तथा NH_4OH उपस्थित रहते हैं ।

इसकी कार्य प्रणाली भी अम्लीय बफर के समान ही है । इसमें OH^- आयन मिलाने पर ये आयन NH_4OH में बदल जाते हैं । जबकि H^+ आयन मिलाने पर वे NH_4OH से उदासीन हो जाते हैं ।अत: विलयन की pH अप्रभावित रहती है ।

$$OH^- + NH_4^+ \rightarrow NH_4OH$$

$$H^+ + NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + H_2O$$

बोध प्रश्न :

8. निम्नलिखित वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिये ।

(अ) HCN और $NaCN$ के विलयन का मिश्रण..... बफर का उदाहरण है ।

(ब) CH_3COOH और CH_3COONa के विलयनों के मिश्रण में अल्प मात्रा में OH^- आयन मिलाने पर इसकी.....का मान स्थिर रहता है ।

(स) रक्त, जिसकी pH का मान 7.3 - 7.5 के मध्य होता है,..... बफर का उदाहरण है।

(द) सामान्य बफर दुर्बल अम्ल तथा..... का मिश्रण होता है ।

9.10 सूचक एवं सूचकों के सिद्धांत (Indicators and Theories of Indicators)

प्रबल अम्ल एवं प्रबल क्षारक के अनुमापन में हम जानते हैं कि अनुमापन के पूर्व अम्ल मे फीनॉलफ्थेलिन की एक दो बूंदें मिलाई जाती हैं । इसमें अब क्षारक मिलाने पर अंत्य किन्तु पर जब अनुमापन पूर्ण हो जाता है, तो क्षारक की एक अतिरिक्त बूंद मिलाने पर ही विलयन का रंग गुलाबी हो जाता है जो कि अनुमापन की पूर्णता का सूचक है । अत: इस अनुमापन में फीनॉलफ्थेलिन एक सूचक का कार्य करता है । सूचक वह दुर्बल कार्बनिक अम्ल या क्षारक है, जो विलयन मे मिलाने पर उसके pH मान में हुये परिवर्तनों के साथ तथा कुछ सीमाओं के अंतर्गत अपना रंग परिवर्तित करता है । अनुमापन में सूचक का उपयोग अंत्य बिन्दु को निर्धारित करने के लिए होता है ।

9.10.1 सूचकों के सिद्धांत

सूचकों की कार्यप्रणाली को समझने के लिए दो सिद्धांत प्रचलित हैं - ऑस्टवाल्ड सिद्धांत और क्विनोनॉइड सिद्धांत ।

(1) ऑस्टवाल्ड सिद्धांत

इस सिद्धांत के अनुसार सूचक सामान्यत: कार्बनिक अम्ल या क्षारक होते हैं, जो आयनित एवं अनायनित रूपों में अलग अलग रंग दर्शाते हैं । उदाहरण के लिए हम एक दुर्बल कार्बनिक अम्ल (HIn) पर विचार करते हैं । HIn का आयनन निम्नलिखित समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है ।

$$HIn \rightleftharpoons H^+ + In$$

दुर्बल अम्ल अम्ल का ऋणायन

(रंग A) (रंग B)

HIn का अनआयनित अवस्था में रंग ए तथा आयनित अवस्था (In^-) में रंग ब है । प्रबल अम्ल की उपस्थिति में समआयन प्रभाव के कारण उपरोक्त समीकरण में साम्य बांयी ओर विस्थापित होगा एवं अधिकतम सूचक HIn रूप में रहेगा तथा विलयन का रंग A रहेगा । क्षारीय माध्यम में HIn का आयनन अधिक होगा एवं साम्य दायीं ओर विस्थापित होगा एवं विलयन में In^- आयनों का आधिक्य होगा । अत: विलयन का रंग B होगा । इस प्रकार के सूचक का उदाहरण फीनॉलफ्थैलिन (HPh) है जो कि एक दुर्बल कार्बनिक अम्ल है । HPh का वियोजन निम्नलिखित समीकरण के अनुसार होता है-

$$HPh \rightleftharpoons H^+ + Ph^-$$ (यहां Ph^- यौगिक के कार्बनिक भाग को प्रदर्शित करता है ।)

रंगहीन गुलाबी

अम्लीय माध्यम में HPh का आधिक्य होने के कारण यह रंगहीन होता है, जबकि क्षारीय माध्यम में Ph^- आयनों की अधिकता के कारण विलयन गुलाबी हो जाता है ।

इसी तरह क्षारीय सूचक ($InOH$) का आयनन निम्नलिखित प्रकार से लिखा जा सकता है-

$$InOH \rightleftharpoons In^+ + OH^-$$

(रंग A) (रंग B)

इस प्रकार के सूचक क्षारीय माध्यम में बहुत कम आयनित होने के कारण रंग A ($InOH$) दर्शाते हैं । जबकि अम्लीय माध्यम में आयनन के कारण In^+ आयनों का रंग B प्रदर्शित करते हैं । मेथिल ऑरेंज एक दुर्बल कार्बनिक क्षारक है, जिसका आयनन निम्न प्रकार से बताया जा सकता है-

$$MeOH \rightleftharpoons Me^+ + OH$$

(पीला) (लाल)

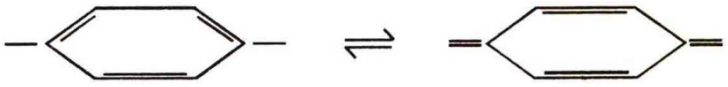
क्षारीय माध्यम में साम्य बायीं ओर विस्थापित होने के कारण विलयन में $MeOH$ का आधिक्य होने के कारण विलयन का रंग पीला रहेगा, जबकि अम्लीय माध्यम में $MeOH$ का आयनन बढ़ जायेगा एवं विलयन में Me^+ आयनों की मात्रा बढ़ जायेगी, फलस्वरूप विलयन का रंग लाल हो जायेगा । अत: मेथिल ऑरेंज क्षारीय माध्यम में पीला एवं अम्लीय माध्यम में लाल रंग देता है ।

(2) क्विनोनॉइड सिद्धांत

इस सिद्धांत के अनुसार प्रत्येक सूचक संरचनात्मक रूप से दो चलावयवी रूपों में रहता है जिनमें से एक अम्लीय माध्यम मे एवं दूसरा क्षारीय माध्यम में अधिक स्थायी होता है । संक्षेप में इस सिद्धांत के मुख्य बिन्दु निम्नलिखित हैं -

(क) सभी कार्बनिक सूचकों में कम से कम एक बेंजीन वलय होता है ।

(ख) यह बेंजीन वलय दो चलावयवी रूपों के साम्य के मिश्रण में रह सकता है । ये दो रूप हैं बेंजीनॉइड एवं क्विनोनॉइड रूप ।



बेंजीनॉइड रूप क्विनोनॉइड रूप

(ग) सूचक का एक रूप अम्लीय माध्यम मे एवं दूसरा क्षारीय माध्यम में अधिक स्थायी होता है।

(घ) सामान्यत: बेंजीनॉइड रूप रंगहीन या हल्के रंग का एवं क्विनोनॉइड रूप रंगीन होता है।

उदाहरण के लिए फीनॉलफ्थेलिन अम्लीय माध्यम में बेंजीनॉइड रूप में रहता है अत: यह रंगहीन होता है जबकि क्षारीय माध्यम में इसका क्विनोनॉइड रूप अधिक प्रभावी होता है अत: यह गुलाबी रंग प्रदान करता है । इसी प्रकार मेथिल ऑरेंज क्षारीय माध्यम में बेंजीनॉइड संरचना में रहता है । अत: इसका पीला रंग प्रभावी रहता है । जबकि अम्लीय माध्यम में इसकी क्विनोनॉइड संरचना अधिक स्थायी होती है जो इसे लाल रंग प्रदान करती है ।

9.10.2 सूचक की Ph की गणना

सूचक के विलयन की Ph की गणना करने के लिए हम निम्नलिखित समीकरण पर विचार करते हैं -

$$HIn \rightleftharpoons H^+ + In^-$$

उपरोक्त साम्य) के लिए साम्य स्थिरांक

$$K_a = \frac{[H^+][In^-]}{[HIn]}$$

$$[H^+] = K_{In} \times \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

$$-\text{Log}\,[H^+] = -\log K_{In} - \log \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

$$pH = pK_{In} + \log \frac{[In^-]}{[HIn]} \qquad \text{..... (9.15)}$$

अथवा $pH = pK_{In} + \log \dfrac{[\text{आयनित रूप}]}{[\text{अनायनित रूप}]}$ .....(9.16)

इसी प्रकार क्षारीय सूचक $InOH$ के लिए

$$pOH = pK_{In} + \log \frac{[\text{आयनित रूप}]}{[\text{अनायनित रूप}]} \qquad \text{.....(9.17)}$$

समीकरण (9.16) एवं (9.17) से क्रमश: अम्लीय एवं क्षारीय सूचकों की pH एवं pOH की गणना की जा सकती है । क्षारीय सूचक के pOH मान से उसकी pH ज्ञात करना सरल होता है, क्योंकि आप जानते हैं कि,

$$pH + pOH = 14$$

9.10.3 सूचक का परास

समीकरण (9.15) से स्पष्ट है कि, $pH = pK_{In} + \log \frac{[In^-]}{[HIn]}$

उपरोक्त समीकरण में यदि $\frac{[In^-]}{[HIn]} = 10$ हो तो विलयन में (In^-) आयनों का रंग दिखाई देगा एवं यदि $\frac{[In^-]}{[HIn]} = \frac{1}{10}$ हो तो विलयन में $[HIn]$ आयनों का रंग दिखाई देगा अत: हम कह सकते हैं कि, $pH = pK_{In} \pm 1$

अतः सूचक के रंग में परिवर्तन एक परास $pKIn \pm 11$ के मध्य होता है, इसे ही सूचक का परास कहा जाता है ।

मेथिल रेड सूचक के लिए K_{In} ही का मान 1×10^{-5} है, अत: इसकी सूचक परास,

$pH = -\log\ (1 \times 10^{-5}) \pm 1$ अथवा 5 ± 1 5, होगा ।

अर्थात् मेथिल रेड 4 से 6 pH के मध्य लाल से पीला हो जाता है । इसी प्रकार फीनॉलफ्थेलिन की pH परास 8 से 10 के मध्य होती है ।

9.10.4 सूचकों का चयन

किसी भी अम्ल-क्षारक अनुमापन में सूचक का चयन महत्वपूर्ण होता है । सूचक के चयन के लिए उसके pH परास का ज्ञान होना आवश्यक है । प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक के अनुमापन में अंत्य बिन्दु पर pH का मान 7 रहता है अत: ऐसा सूचक सबसे उपयुक्त होगा जो 7 pH पर रंग परिवर्तित करता हो । ब्लू ब्रोमोथाइमॉल एक ऐसा ही सूचक है जिसकी pH परास 6.0-7.6 है । फीनॉलफ्थेलिन (pH परास 8.0-9.8) एवं मेथिल ऑरेंज (pH परास 3.1-4.5) को भी प्रयोग में लाया जा सकता है ।

किसी दुर्बल अम्ल एवं प्रबल क्षारक के अनुमापन में अंत्य बिन्दु पर pH का मान 8 से 10 के बीच होता हे अत: इस अनुमापन के लिए फीनॉलफ्थेलिन (pH परास 8-10) सबसे उपयुक्त सूचक है । दुर्बल क्षारक एवं प्रबल अम्ल के अनुमापन में अंत्य बिन्दु पर pH का मान 3 से 6 के मध्य होता है । अत: ऐसे अनुमापन में ऐसा कोई भी सूचक, जिसका pH परास 3-6 के मध्य हो, प्रयोग में लाया जा सकता है । मेथिल ऑरेंज (pH परास 3.1-4.5) और मेथिल ऑरेंज (pH परास 4.2-6.3) इस अनुमापन हेतु सबसे अधिक उपयुक्त सूचक है।

किसी दुर्बल अम्ल- दुर्बल क्षार के अनुमापन में चूंकि pH में परिवर्तन तीव्र नहीं होता है । अत: ऐसे अनुमापनों में कोई भी सूचक संतोषजनक कार्य नही करता है । फिर भी फीनॉल रैड (pH परास 6.8-8.4) को सूचक के रूप मे प्रयोग में लाया जा सकता है । सारणी 9.1

के कुछ महत्वपूर्ण सूचकों के अम्लीय और क्षारीय माध्यमों में रंग तथा pH परास दिये गये हैं । सारणी द्वारा आप अम्ल-क्षारक अनुमापन हेतु उचित सूचक का चयन कर सकते हैं यह सारणी आपको अंत्य बिंदु पर रंग परिवर्तन की जानकारी भी देती है ।

सारणी 9.1 : कुछ सूचक एवं उनके pH परास

सूचक	अम्ल में रंग	क्षारक में रंग	pH परास
फीनॉलफ्थेलिन	रंगहीन	गुलाबी	8.0-9.8
मेथिल ऑरेंज	लाल	पीला	3.1-4.5
मेथिल रैड	लाल	पीला	4.2-6.3
फीनॉल रैड	पीला	लाल	6.8-8.4
ब्लू ब्रोमोथाइमॉल	पीला	नीला	6.0-7.6
लिटमस	लाल	नीला	4.6-8.3

9.11 सारांश (Summary)

- यदि अभिक्रियाकारक या उत्पाद आयनिक प्रकृति के हो तो स्थापित साम्य आयनिक साम्य कहलाता है । साम्य हमेशा गतिक प्रकृति का होता है ।
- साम्यावस्था में उत्पादों की सान्द्रता को क्रिया कारकों की सान्द्रता से विभाजित करने पर प्राप्त स्थिरांक को साम्यावस्था स्थिरांक, K कहते हैं ।
- वे पदार्थ जिनके जलीय विलयन विद्युत के चालक होते हैं, विद्युत् (-) अपघट्य कहलाते है ।
- विद्युत् (-) अपघट्य जलीय विलयन में आयनित होकर धन एवं ऋण आयनों में विभक्त हो जाते है । प्रबल विद्युत् (-) अपघट्य जलीय विलयन में लगभग पूर्णत: एवं दुर्बल विद्युत (-) अपघट्य आशिक रूप से आयनित होते हैं ।
- आरेनियस के अनुसार जलीय विलयन में अम्ल H^+ आयन एवं क्षारक OH आयन देते हैं।
- ब्रान्सटेड-लोरी की अवधारणा के अनुसार अस्त प्रोटीन दाता एवं क्षारक प्रोटीन ग्राही होते हैं।
- लुइस ने अम्ल को इलेक्ट्रॉन युग्म ग्राही एवं क्षारक को इलेक्ट्रॉन युग्म दाता के रूप में परिभाषित किया ।
- विलयन में H^+ आयनों की सान्द्रता pH पैमाने पर, $pH = -\log[H^+]$ के रूप में दी जाती है ।
- अम्लों की pH 7 से कम एवं क्षारकों की 7 से अधिक होती है ।
- जल एक उदासीन द्रव है, जिसमें $[H^+]$ एवं $[OH]$ का गुणनफल $Kw = 1.0 \times 10^{-14}$ होता है ।
- बफर विलयन सामान्यत: अपनी pH का मान स्थिर रखते हैं व इनकी pH अल्प मात्रा में H^+ या OH^- आयन मिलाने पर भी अपरिवर्तित रहती है ।
- बफर विलयन दो प्रकार-सामान्य बफर एवं मिश्रित बफर में वर्गीकृत किये जा सकते हैं।

- सूचक किसी अनुमापन मे अपने रंग परिवर्तन द्वारा अंत्य बिन्दु का ज्ञान देते हैं ।
- अधिकांश सूचक दुर्बल कार्बनिक अस्त या क्षारक होते हैं, जिनकी संरचना अलग-अलग माध्यमों में अलग-अलग होती है ।

9.12 शब्दावली (Glossary)

- सुचालक - वे पदार्थ जिनमें विद्युत धारा का प्रवाह किया जा सकता है ।
- पराविद्युत स्थिरांक-वह स्थिरांक जो किसी विलायक की ध्रुवीय प्रकृति की जानकारी देता है ।
- सान्द्रता - किसी पदार्थ के मोलों की वह संख्या जो एक लीटर आयतन में उपस्थित होती है।

9.13 संदर्भ ग्रंथ (Reference Books)

1. Advance Physical Chemistry-Gurdeep Raj
2. Physical Chemistry-Atkins
3. Physical Chemistry -Atkins

9.14 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer of the Intext Questions)

1. (क) सत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (ध) सत्य
2. 9.60 ग्राम 3. (i) HSO_4 (ii) HCO_3 (iii) NH_3
4. (अ) लुइस क्षार (ब) लुइस अम्ल (स) लुइस क्षार (द) लुइस अम्ल
5. 3:3:1 6. 6. (i) 2 (ii) 2.6989 (iii) 11
7. 12.6989 8. 8. (अ) अम्लीय मिश्रित (ब) pH (स) क्षारीय (द) दुर्बल क्षार

9.15 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Questions)

1. HCN का $298K$ पर आयनन स्थिरांक 4.8×10^{-9}है । इसके संयुग्मी क्षारक के आयनन स्थिरांक का मान बताइये । (उत्तर 2.08×10^{-6})
2. जठर रस में H^+ आयन की सान्द्रता 1.778×10^{-3}ग्राम मोल लीटर' है । इसकी pH की गणना कीजिए (उतर 2.5)
3. यदि $0.4gNaOH$ को जल में घोलकर $200mL$ विलयन बनाया जाये तो प्राप्त विलयन की pH ज्ञात कीजिये । (उत्तर 12.6990)
4. $0.04M$ प्रोपेनोइक अम्ल का आयनन स्थिरांक 1.32×10^{-5} है । अम्ल के आयनन की मात्रा एवं pH ज्ञात कीजिये ।(उत्तर $1.32\times10^{-3}, 4.14$)
5. दुर्बल विद्युत अपघट्यों के लिए आयनन के आरेनियस सिद्धांत के मुख्य अभीगृहीतों लिखिये ।
6. सिद्ध कीजिये कि जल एक दुर्बल विद्युत अपघट्य है ।

7. अम्ल तथा क्षारक की ब्रोन्स्टेड-लोरी अवधारणा को समझाइये ।संयुग्मी अम्ल-क्षारक युग्म से आप क्या. समझते हैं?
8. निम्नलिखित मे से लुइस अम्ल बताइये-
   $AlCl_3, C_2H_5, NH_2, NH_4^+, (CH_3)2NH$
9. निम्नलिखित के संयुग्मी क्षारक बताइये-
   $H_2SO_4, HSO_4-, HCO_3-, CH_3COOH$
10. अम्ल या क्षारकों की आपेक्षिक सामर्थ्य से आप क्या समझते हैं? यह किस प्रकार उनके आयनन स्थिरांक पर निर्भर करते है?
11. किसी दुर्बल अम्ल/दुर्बल क्षारक के वियोजन की मात्रा को प्रभावित करने वाले कारकों को बताइये ।
12. सूचकों का क्विनोनॉइड सिद्धांत क्या है ?
13. प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक के अनुमापन में उपयुक्त सूचक कौन सा है? कारण दीजिये ।

इकाई 10

रासायनिक विश्लेषण के सामान्य सिद्धान्त

General Principles of Chemical Analysis

इकाई की रूप रेखा

10.0 उद्देश्य
10.1 प्रस्तावना
10.2 रासायनिक विश्लेषण
10.3 गुणात्मक विश्लेषण के सिद्धान्त
10.4 आयतनात्मक विश्लेषण के सिद्धान्त
10.5 भारात्मक विश्लेषण के सिद्धान्त
10.6 सारांश
10.7 शब्दावली
10.8 संदर्भ ग्रंथ
10.9 बोध प्रश्नों के उत्तर
10.10 अभ्यासार्थ प्रश्न

10.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप निम्नलिखित बिन्दुओं को समझ पायेंगे-

- रासायनिक विश्लेषण का अर्थ क्या है ।
- हमारे दैनिक जीवन में रासायनिक विश्लेषण का क्या महत्व है ।
- रासायनिक विश्लेषण के भारात्मक एवं आयातनात्मक पदों से क्या तात्पर्य है ।
- मात्रात्मक विश्लेषण से क्या तात्पर्य है ।
- गुणात्मक विश्लेषण से हम क्या समझते हैं ।
- अम्लीय एवं क्षारकीय मूलक क्या हैं एवं उनके विश्लेषण में कौन से सिद्धान्त सम्मिलित है।

10.1 प्रस्तावना (Introduction)

आप दैनिक जीवन में बहुत सी ऐसी वस्तुओं के संपर्क में आते है जो एक से अधिक तत्वों या यौगिकों का मिश्रण होती हैं । आपके मन में यह प्रश्न उठना स्वाभाविक है कि दी गई वस्तु में कौन-कौन से तत्व या यौगिक उपस्थित हैं । इसी प्रकार किसी द्रव की प्रकृति क्षारीय, अम्लीय या उदासीन है, यह भी जानने की उत्सुकता होना स्वाभाविक है । दिये गये मिश्रण या द्रव में उपस्थित तत्वों, आयनों या यौगिकों की पहचान करना एवं उनकी सही मात्रा ज्ञात करना ही विश्लेषण कहलाता है । यदि इस विश्लेषण में रासायनिक अभिकर्मकों या विधियों का प्रयोग किया जाये तो इसे रासायनिक विश्लेषण कहते है । इस इकाई में आप ऐसे ही

रासायनिक विश्लेषण में अन्तर्निहित कुछ सिद्धान्तों एवं कुछ रासायनिक विश्लेषणों का अध्ययन करेंगे ।

10.2 रासायनिक विश्लेषण (Chemical analysis)

रसायन विज्ञान एक प्रायोगिक विषय है । इसमें प्रत्येक सैद्धान्तिक तथ्य को प्रायोगिक कसौटी पर परखा जाता है । यदि आपको कोई यौगिक, मिश्रण या विलयन दिया गया हो तो आपको विभिन्न रासायनिक विधियों एवं सिद्धान्तों के द्वारा उसमें उपस्थित संघटकों का ज्ञान होना चाहिए । विश्लेषणात्मक रसायन में हम इन्हीं सिद्धातों एवं विधियों का अध्ययन करते है । रासायनिक विश्लेषण को दो वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है-

(अ) गुणात्मक विश्लेषण एक पदार्थों की प्रकृति एवं गुणों का रासायनिक विश्लेषण गुणात्मक विश्लेषण कहलाता है ।

(ब) मात्रात्मक विश्लेषण: एक) पदार्थ में संघटकों की मात्रा ज्ञात करना मात्रात्मक विश्लेषण कहलाता है ।

10.3 गुणात्मक विश्लेषण (Qualitative Analysis)

गुणात्मक विश्लेषण का प्रमुख उद्देश्य दिये गये पदार्थ में संघटकों का पता लगाना है । आप यहाँ पर केवल अकार्बनिक पदार्थो के गुणात्मक विश्लेषण का अध्ययन करेंगे अत: विश्लेषण मे नमूने में उपस्थित आयनों के पृथक्करण एवं पहचान का ही अध्ययन करेंगे ।

एक अम्ल एवं क्षारक की अभिक्रिया से लवण बनता है । उदाहरण के लिए HCl अम्ल एवं ओर $NaOH$ क्षारक की आभेकिया से $NaCl$ 1 लवण बनता हैं ।

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

प्रत्येक लवण में दे भाग होते हैं, जिन्हें मूलक कहा जाता है । $NaCl$ में Na आयन चूंकि क्षारक $NaOH$ से आया है, अत: इसे क्षारकीय या भास्मिक मूलक कहते हैं । भास्मिक मूलक को धनात्मक मूलक भी कह सकते हैं क्योंकि यह हमेशा धनात्मक आवेश रखता है । इसी प्रकार, जो Cl^- मूलक अम्ल से आया है, अत: इसे अम्लीय मूलक कहते है । अम्लीय मूलक ऋण आवेशित होने के कारण ऋणात्मक मूलक भी कहलाता है । जब एक लवण को जल मे घोला जाता है तो यह अम्लीय एवं भास्मिक मूलकों में वियोजित हो जाता है ।

$$\underset{\text{लवण}}{NaCl} \rightleftharpoons \underset{\text{भास्मिक मूलक}}{Na^+} + \underset{\text{अम्लीय मूलक}}{Cl}$$

इसी प्रकार कुछ अन्य लवणों का आयनन निम्नलिखित समीकरणों में दर्शाया गया है-

$$AlPO_4 \rightleftharpoons Al^{3+} + PO_4^{3-}$$

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO^{2-}$$

दिये, गये लवण या लवणों के मिश्रण में अम्लीय एवं भास्मिक मूलकों की पहचान करना ही गुणात्मक विश्लेषण कहलाता है । रासायनिक गुणात्मक विश्लेषण को प्रभावी एवं यथार्थ बनाने के लिए आपको इससे संबंधित कुछ सिद्धान्तों की जानकारी होना आवश्यक है । ऐसे ही कुछ मूलभूत सिद्धान्तों का अध्ययन आप निम्नलिखित खण्डों में करेंगें ।

10.3.1 द्रव्य अनुपाती नियम (Law of Mass action)

इस नियम के अनुसार किसी रासायनिक अभिकिया का वेग क्रियाकारकों के सक्रिय द्रव्यमान (सान्द्रता) के गुणनफल के समानुपाती होता है । उदाहरणार्थ अम्ल का वियोजन निम्नानुसार होता है-

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

द्रव्यानुपाती नियम के अनुसार अग्रअभिक्रिया का वेग $r_1 \alpha [HCl]$

$$r_1 \quad \propto \quad [HCL]$$

या, $r_1 = K_f [HCl]$

जहाँ K_f अग्र अभिक्रिया का वेग नियतांक है ।

इसी प्रकाश पश्च अभिक्रिया के लिए वेग,

$$r_2 = Kb[H^+][Cl^-]$$

जहाँ Kb पश्च अभिक्रिया का वेग नियतांक है ।

साम्यावस्था मे अग्र एवं पश्च अभिक्रियाओं का वेग तुल्य हो जाता हैं, अत:,

$$K_f [HCl] = Kb[H^+][Cl^-]$$

या $$K = \frac{K_1}{Kb} = \frac{[H^+][Cl^-]}{[HCl]}$$

अभिक्रिया में K_1 एवं Kb के मान कमश: अग्र अभिकिया अर्थात् आयनन एवं पश्च अभिकिया अर्थात् H^+ और Cl आयनों के पुन: संयोजन होने की दर को बताते हैं । इस सिद्धान्त का उपयोग किसी भी लवण के अपने आयनों में आयनीकरण की दर को बताता है । जिन लवणों के लिए K का मान अधिक होता है उनका आयनन भी अधिक होता है ।

10.3.2 सम आयन प्रभाव (Common Ion Effect)

समान आयन वाले प्रबल विद्युत अपघट्य की उपस्थिति में दुर्बल विद्युत अपघट्य के आयनन की मात्रा का कम हो जाना समआयन प्रभाव कहलाता है । इसके बारे में विस्तार से आप इकाई-9 में अध्ययन कर चुके हैं । इस प्रभाव का उपयोग गुणात्मक विश्लेषण में लवणों के आयनन को कम करने के लिए किया जाता है । इस सिद्धान्त को समझने के लिए हम NH_4OH के आयनन पर विचार करते हैं जो निम्नानुसार होता हैं-

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4 + OH$$

द्रव्यअनुपाती नियम के अनुसार,

$$K = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]} \quad \text{.....(i)}$$

यदि इसमें प्रबल विद्युत अपघट्य NH_4Cl मिला दिया जाए जिसमें NH_4^+ आयन उभयनिष्ठ हैं, तो NH_4Cl की उपस्थिति में NH_4^+ आयनों की सान्द्रता बढ़ जायेगी, अत: K को स्थिरांक होने के लिए आयनों की सान्द्रता घटानी होगी अर्थात् समीकरण (i) में साम्य बांयी

ओर विस्थापित होगा एवं NH_4OH का आयनन पहले की तुलना में घट जायेगा । इसी प्रकार प्रबल अम्ल HCl की उपस्थिति में दुर्बल विद्युत अपघट्य H_2S का आयनन घट जाता

$$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^2$$

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

अत: HCl की उपस्थिति में H_2S द्वारा प्रदत्त S^2 आयनों की सान्द्रता घट जाती है जिसका गुणात्मक विश्लेषण में बहुत महत्व हैं ।

बोध प्रश्न :

1. निम्नलिखित कथनों में सत्य/असत्य बताइये-
   (क) साम्यावस्था पर किसी रासायनिक अभिकिया में अग्र अभिकिया का वेग पश्च अभिकिया के की तुलना में अधिक होता हैं । (सत्य/असत्य)
   (ख) साम्यावस्था स्थिरांक अग्र अभिकिया वेग स्थिरांक एवं पश्च अभिकिया स्थिरांक के अनुपात तुल्य होता है । (सत्य/असत्य)
   (ग) HCl की उपस्थिति में HCN का आयनन बढ़ जाता है । (सत्य/असत्य)
   (घ) सम आयन प्रभाव के लिए एक विद्युत अपघट्य निर्बल एवं दूसरा विद्युत अपघट्य प्रबल चाहिये । (सत्य/असत्य)

10.3.3 विलेयता गुणनफल एवं अवक्षेपन (Solubility Product and Precipitation)

जब किसी अल्प विलेय लवण AB को जल में घोला जाता है तो निम्नलिखित साम्य स्थापित होता है-

$$\underset{\text{ठोस}}{AB} \rightleftharpoons \underset{\text{घुला हुआ}}{AB} \rightleftharpoons \underset{\text{आयन}}{A^+ + B^-}$$

उपरोक्त प्रकिया के लिए साम्यस्थिरांक

$$K = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$$

चूंकि का आयनन अल्प विलेयता के कारण बहुत कम होता है अत: (AB) को लगभग स्थिर माना जा सकता है, इस स्थिति में, $K[AB] = [A^+][B^-]$

या $$K_{SP} = [A^+][B^-]$$

जहाँ K_{SP} एक स्थिरांक है जिसे लवण का विलेयता गुणनफल कहते हैं । इसका मान किसी भी लवण के लिए दिये गये ताप पर स्थिर होता है । अत: साम्यावस्था पर किसी भी लवण के लिए दिये गये ताप पर आयनिक सान्द्रताओं का गुणनफल लवण का विलेयता गुणनफल कहलाता है ।

अत हम कह सकते हैं कि जब

(क) $[A^+][B^-] = K_{SP}$, विलयन संतृप्त होगा अर्थात् और अधिक लवण का जल में घोलना संभव नहीं है ।

(ख) $[A^+][B^-] < K_{SP}$, विलयन असंतृप्त होगा अर्थात् लवण को जल में अभी और भी घोला जा सकता है ।

(ग) $[A^+][B^-] > K_{SP}$, विलयन अति संतृप्त हो जायेगा एवं लवण का जल में अवक्षेपन प्रारम्भ हो जायेगा ।

उपरोक्त बिन्दुओं से स्पष्ट है कि किसी भी लवण के अवक्षेपण के लिए उसके आयनों की सान्द्रता, उसके विलेयता गुणनफल (K_{SP}) से अधिक होनी चाहिये । अर्थात् जिन लवणों का विलेयता गुणनफल कम होता है वे अधिक विलेयता गुणनफल वाले लवणों की तुलना में शीघ्र अवक्षेपित हों जाते है । इसी सिद्धान्त का उपयोग लवणों के गुणात्मक विश्लेषण में किया जाता है ।

आपको विदित होगा कि गुणात्मक विश्लेषण में द्वितीय (II) एवं चतुर्थ ((IV) समूह में भास्मिक मूलकों के सल्फाइड अवक्षेपित होते हैं । द्वितीय समूह के आयनों (Cu^{2+}, Cd^{2+} आदि) के सल्फाइडों (CuS, CdS आदि) के विलेयता गुणनफल, चतुर्थ समूह के सल्फाइडों (ZnS, MnS आदि) की तुलना में कम होते हैं अत: ये पहले ही अवक्षेपित हो जाते हैं । यही कारण है कि द्वितीय समूह में H_2S गैस अम्लीय माध्यम (HCl) में प्रवाहित की जाती है ताकि समआयन प्रभाव के कारण केवल उतने ही H^{2-} आयन उत्सर्जित हों जो द्वितीय समूह के सल्फाइडों के अवक्षेपण के लिए आवश्यक हों जबकि चतुर्थ समूह में अम्लीय माध्यम हटाकर H_2S गैस क्षारीय माध्यम (NH_4OH) में प्रवाहित की जाती है जिससे कि विलयन में S^{2-} आयनों की सान्द्रता बढ़ जाती है एवं वे चतुर्थ समूह के सल्फाइडों को अवक्षेपित कर देते हैं । इस प्रकार आप समझ गये होगे कि विलेयता गुणनफल का सिद्धान्त गुणात्मक विश्लेषण मे कितना महत्वपूर्ण है ।

10.3.4 संकुल आयन निर्माण (Complex Ion Formation)

गुणात्मक विश्लेषण में संकुल आयनों का निर्माण भी महत्वपूर्ण है । संकुल आयन निर्माण का उपयोग (क) किसी अवक्षेप को घोलने में एवं (ख) किसी विशेष आयन के अवक्षेपण को रोकने में किया जाता है ।

(क) $AgCl$, अमोनिया विलयन में संकुल निर्माण के कारण ही विलेय है अन्यथा यह जल में अविलेय होता है ।

$$AgCl + 2NH_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]Cl$$

या $$Ag^+ + 2NH_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^+$$

विलेय

Ag^+ आयनों की NH_3 के साथ संकुल बनाने की प्रवृति का उपयोग इसे प्रथम समूह में Pb^{2+} एवं Hg^{2+} आयनों से पृथक करने में किया जाता है ।

(ख) द्वितीय समूह में Cu^{2+} एवं Cd^{2+} दोनों ही आयन CN^- आयनों के साथ संकुल बनाते हैं परन्तु Cd^{2+} का संकुल Cu^{2+} संकुल की तुलना में कम स्थायी होता है अत: H_2S गैस प्रवाहित करने पर तुरन्त वियोजित होकर S^{2-} आयनों के साथ CdS का अवक्षेप बना लेता है जबकि Cu^{2+} संकुल विलयन में ही रहता है ।

10.3.5 भास्मिक अम्लीय का विश्लेषण (Analysis of Acidic Radicals)

अम्लीय मूलकों को उनकी क्रियात्मकता के आधार पर तीन समूहों में विभाजित किया जा सकता है-

(क) वे अम्लीय मूलक जो तनु HCl या H_2SO_4 से अभिक्रिया करते हैं । इस समूह में कार्बोनेट (CO_3^{2-}) बाइकार्बोनेट (HCO^-_3), सल्फाइड (S^{2-}),सल्फाइट (SO_3^{2-}) ऐसीटेट (CH_3OO^-),नाइट्राइट(NO_2^-) आदि मूलक आते हैं ।

(ख) वे अम्लीय मूलक जो केवल सान्द्र HCl या H_2SO_4 से अभिक्रिया करते हैं । इस समूह में क्लोराइड (Cl^-), ब्रोमाइड (Br^-), आयोडाइड (l^-) नाइट्रेट (NO_3^-), फ्लुओराइड (F^-) आदि मूलक आते है ।

(ग) वे अम्लीय मूलक जो न तो तनु H_2SO_4 और न ही सान्द्र H_2SO_4 से अभिकिया करते हैं । इस समूह के मुख्य मूलक सल्फेट(SO_4^{2-}), फॉस्फेट(PO_4^{3-}) आदि हैं ।

इन मूलकों के परीक्षण का मूल्य सिद्धान्त यह है कि ये तनु या सान्द्र HCl या H_2SO_4 से अभिक्रिया करने पर एक निश्चित गंध व गुणों वाली गैस का उत्सर्जन करते हैं एवं यही उत्सर्जित गैस किसी विशेष अभिकर्मक में गुजारने पर विशेष रंग या अवक्षेप देती हैं । उदाहरण के लिए तनु HCl या H_2SO_4 से अभिक्रिया कराने पर CO_3^{2-}, SO_3^{2-}, S^{2-}, NO^{2-} कमश: CO_2, SO_2, H_2S एवं N_2O_2 , गैस का उत्सर्जन करते हैं जिनकी स्वयं की विशेष गंध एवं चारित्रिक विशेषतायें होती हैं । इसी प्रकार सान्द्र H_2SO_4 से अभिक्रिया कराने पर CL, Br^-, I^-, NO^{3-} कमश: HCl, HBr, HI एवं NO_2 गैस का उत्सर्जन करते हैं ।

अम्लीय मूलकों के परीक्षण के लिए सोडा निष्कर्ष बनाया जाता है । सोडा निष्कर्ष वास्तव मैं अम्लीय मूलक का सोडियम कार्बोनेट (NO_2CO_3) के साथ उबालकर बनाया हुआ जलीय विलयन हैं जिसमें अम्लीय मूलक अपने सोडियम लवण के रूप में जल में विलेय रूप में रहता है जिसे एक सामान्य समीकरण के रूप मे निम्नलिखित अनुसार लिखा जा सकता है-

$$MX_2 + Na_2CO_3 \rightleftharpoons MCO_3 + 2NaX$$

जहाँ पर M एक द्विसंयोजी धातु है एवं X अम्लीय मूलक हैं । यह सोडियम लवण विभिन्न अम्लीय मूलकों के परीक्षण के लिए प्राथमिक विलयन के रूप में प्रयुक्त होता हैं ।

10.3.6 भास्मिक मूलकों का विश्लेषण (Analysis of Basic radicals)

विलेयता गुणनफल के आधार पर भास्मिक मूलकी को निम्नलिखित छ: समूहों में वर्गीकृत किया जा सकता है-

प्रथम समूह : Pb^{2+}, Ag^+, Hg_2^{2+} (अस)

द्वितीय समूह : $Pb^{2+}, Cu^{2+}, Bi^{3+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}$ (इक), As^{3+}, Sn^{2+} (अस), Sn^{4+} (इक),एवं Sb^{3+}

तृतीय समूह : $Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}$

चतुर्थ समूह : $Ni^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}$

पंचम समूह : $Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}$

षष्ठ समूह : Mg^{2+},

अन्य मूलक : NH_4^+, Na^+, K^+

प्रत्येक समूह के मूलकों के अवक्षेपण के लिए एक समूह अभिकर्मक होता है जो विशेष परिस्थितियों में उस समूह के मूलकों को संगत लवणों में अवक्षेपित कर देता है ।

विभिन्न समूहों के समूह अभिकर्मक निम्नानुसार हैं-

प्रथम समूह : तनु HCl

द्‌वितीय समूह : अम्लीय माध्यम में H_2S गैस

तृतीय समूह : NH_4Cl की उपस्थिति में

चतुर्थ समूह : NH_4Cl एवं NH_4OH की उपस्थिति में H_2S गैस

पंचम समूह : NH_4OH एवं NH_4Cl की उपस्थिति में $(NH_4)_2CO_3$

षष्ठ समूह : इस समूह के लिए कोई विशेष अभिकर्मक नहीं है । Mg^{2+} के अवक्षेपण के लिए सोडियम हाइड्रोजन फॉस्फेट ((Na_2HPO_4)) का उपयोग किया जाता है ।

समूह अभिकर्मक मिलाने पर यदि अवक्षेप आता है तो वह उस विशेष समूह के मूलकों की उपस्थिति को दर्शाता है । उसके पश्चात् समूह के विशिष्ट मूलक की पहचान के लिए विभिन्न अभिकर्मकों का 'उपयोग किया जाता हैं । आपको यह ध्यान रखना चाहिये कि समूह विशेष के मूलकों के अवक्षेपण में विलेयता गुणनफल एवं समआयन प्रभाव का विशेष महत्व है ।

बोध प्रश्न :

2. निम्नलिखित युग्मों में अधिक विलेयता गुणनफल वाले योगिको को छांटिये ।
   (क) CuS, ZnS (ख) CdS, Mns
3. दिये गये शब्दों में से निम्नलिखित 'वाक्यों में रिक्त स्थानों की पूर्ति कोजिये ।
   अधिक, कम, सल्पाइड, क्षारीय, अम्लीय, संकुल, विलेयता, गुणनफल
   (क) गुणात्मत विश्लेषण के चतर्थ समूह में H_2S गैस ..... माध्यम में प्रवाहित को जाती है ।
   (ख) असंतृप्त विलयन में आयनों का आयनिक गुणनफल, विलेयता गुणनफल से ..... होता है ।
   (ग) द्‌वितीय समूह में Cu^{2+} एवं Cd^{2+} आयन CN^- आयनों के साथ ..... बनाते है।
   (घ) द्‌वितीय समूह में भास्मिक मूलको के लवण ..... के रूप में अवक्षेपित होते है ।
4. निम्नलिखित अम्लीय मूलकों- के परीक्षण में उत्सर्जित गैसों के नाम बताइये ।
   (क) कार्बोनेट (ख) सल्फाइड (ग) सल्फाइट (घ) नाइट्रेट
5. निम्नलिखित भास्मिक मूलकों के समूह बताइये ।
   (क) Al^{3+} (ख) Ca^{2+} (ग) Zn^{2+} (घ) Mg^{2+}

10.4 आयतनात्मक विश्लेषण के सिद्धान्त (Principles of Volumetric Analysis)

आयतनात्मक विश्लेषण में किसी विलयन में उपस्थित पदार्थ का आकलन अवक्षेपण, उदासीनीकरण, ऑक्सीकरण या अपचयन द्वारा किसी शांत सान्द्रता के विलयन से किया जाता है । यह सिद्धान्त अभिक्रियाशील पदार्थों के आयतन पर निर्भर करता है । इस विश्लेषण में अज्ञात सान्द्रता के विलयन A के निश्चित आयतन से ज्ञात सान्द्रता के विलयन B को पूर्णत: उदासीन किया जाता है । आयतनात्मक विश्लेषण का उपयोग आजकल बहुतायत मैं किया जाता है । ये विश्लेषण अत्यन्त सुग्राही एवं यथार्थ होते हैं ।

10.4.1 आयतनात्मक विश्लेषण में अभिक्रियाओं का वर्गीकरण

इस विश्लेषण में अभिकियाओं को मुख्यत. निम्नलिखित चार प्रकारों मे वर्गीकृत किया जा सकता है-

(क) उदासीनीकरण अभिक्रियाऐं (अम्ल-क्षार अनुपात):-इन अभिक्रियाओं में H^+ आयनों को OH आयनों द्वारा उदासीन किया जाता है । इन अनुमापनों में ज्ञात सान्द्रता के क्षारक को ब्यूरेट में लेते है एवं उपयुक्त सूचक की उपस्थिति में बीकर में अज्ञात सान्द्रता के अम्ल के ज्ञात आयतन को लेकर दोनों को उदासीन किया जाता है ।

$$H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$$

या $$H_3O^+ + OH^- \rightleftharpoons 2H_2O$$

(ख) संकुल निर्माण अभिक्रियायें : इन अभिक्रियाओं के अन्तर्गत वे अभिक्रियायें आती हैं जिनमें H^+ एवं OH^- आयनों के अतिरिक्त अन्य आयनों द्वारा संकुल आयन का निर्माण होता है । उदाहरणार्थ Ag^+ एवं CN^- आयनों द्वारा अनुमापन में संकुल आयन का निर्माण होता है ।

$$Ag^+ + 2CN^- \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]$$

(ग) रिडॉक्स अभिक्रियाएं इनमें वे सभी अभिक्रियाएं सम्मिलित हैं जिनमें क्रियाकारकों में से एक ऑक्सीकरण एवं दूसरे का अपचयन होता है । मानक विलयन या अपचायक होता हैं। $KMnO_4$ एवं $FeSO_4$ को अभिक्रिया रिडॉक्स अनुमापन का ही उदाहरण है ।

$$MnO_4 + 8H^+ + 2Fe^{2+} + MN^{2+} + Fe^{3+} + 4H_2O$$

(घ) अवक्षेपण अभिक्रियाऐं : वे अभिक्रियायें जिनमें दो आयनों के संयोग से अवक्षेप का निर्माण होता, हैं अवक्षेपण अनुमापन में सम्मिलित की जाती है । उदाहरणार्थ Ag एवं Cl आयनों के अनुमापन $AgCl$ अवक्षेप का निर्माण होता है ।

$$Ag^4 \quad + \quad Cl \quad \rightleftharpoons \quad AgCl$$

10.4.2 आयतनात्मक विश्लेषण में गणनायें

तुल्यांकी विधि का सर्वोत्तम उपयोग आयतनात्मक विश्लेषण में किया जाता है । इन गणनाओं में इस सिद्धांत का उपयोग किया जाता है अन्तिम बिन्दु पर मानक विलयन के तुल्यांक की संख्या अज्ञात विलयन की तुल्यांक के तुल्य हो जाती है । उदाहरणार्थ यदि अन्तिम

बिंदु पर N_A नॉर्मलता वाले A विलयन का आयतन $V_A mL$ तथा N_b नॉर्मलता के विलयन B का आयतन $V_B mL$ हो. तो,

A के तुल्यांक की संख्या = $A = N_A \times V_A$

B के मिली तुल्यांक को संख्या= $N_B \times V_B$

अत: अत्य बिन्दु पर, $N_A \times V_A = N_B \times V_B$

उपरोक्त समीकरण को तुल्यांक समीकरण कहा जाता है ।

उपरोक्त समीकरण में कोई भी तीन राशियां लात होने पर चतुर्थ राशि को गणना की जा सकती है ।

बोध प्रश्न :

6. एक शब्द में उतर दीजिये? ।

(क) आयतनात्मक विश्लेषण में अभिक्रियाओं को मुख्यत: कितने प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है ?

(ख) अम्ल-क्षार अभिक्रियायें किस प्रकार में सम्मिलित कि जा सकती है ?

(ग) $N_A \times V_A = N_B \times V_B$ समीकरण को कौन सी समीकरण कहा जा सकता है?

(घ) $Ag^+ + 2CN^- \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]$ किस प्रकार की अभिक्रिया है ?

10.5 भारात्मक विश्लेषण के सिद्धान्त (Principles of Gravimetric Analysis)

भारात्मक विश्लेषण वह मात्रात्मक विश्लेषण है जिसमें किसी तत्व या उसके निश्चित यौगिक को पूर्णत: शुद्ध अवस्था में अवक्षेपित करके उसका भार ज्ञात किया जाता है ।

इस यौगिक में उपस्थित तत्व अथवा मूलक का भार उसके सूत्र भार और उसमें उपस्थित विभिन्न घटकों के परमाणु भार से ज्ञात कर लिया जाता है । तत्व का अवक्षेपण ऐसे यौगिक के रूप में किया जाता है जो उस विलयन में बहुत कम विलेय हो जिससे कि भार संबंधी कोई त्रुटि न हो । उदाहरणार्थ Ba^{2+} आयनों का आकलन $BaSO_4$ अवक्षेप के रूप में किया जाता है जो कि जल में बहुत कम विलेय होता है ।

तत्व के भारात्मक निर्धारण के लिए बनने वाले अवक्षेप में निम्नलिखित गुण होने चाहिये-

(क) अवक्षेप की विलेयता उसी विलयन में अत्यन्त कम होने चाहिये ।

(ख) अवक्षेप आसानी से छनने योग्य होना चाहिये ।

(ग) यह आसानी से किसी ऐसे दूसरे यौगिक में परिवर्तित होने योग्य होना चाहिये जिसे सुखाने पर उसका रासायनिक संगठन परिवर्तित न हो ।

10.5.1 अवक्षेप की विलेयता पर ताप का प्रभाव

साधारणतया अवक्षेप की विलेयता ताप बदने के साथ बड़ती है । अत: भारात्मक विश्लेषण में ताप ताप का भी ध्यान रखा जाता है । साधारणतया अधिकांश अवक्षेपों में कमरे के

ताप पर हे चना जाता है । उदाहरणार्थ $AgCl$ की 10^0C एवं 100^0C पर विलेयता क्रमश: 1.72 एवं 21.1mg प्रतिलीटर है ।

10.5.2 अवक्षेप की विलेयशीलता पर विलायक का प्रभाव

कई ऐसे अकार्बनिक यौगिक है जिनकी जल में विलेयता कार्बनिक विलायक जैसे मेथिल ऐल्कोहॉल, एथिल ऐल्कोहॉल, ऐसीटोन, कार्बन टेट्राक्लोराइड आदि मिलाने पर कम हो जाती है । उदाहरणार्थ $PbSO_4$ की जल में विलेयता 20% एथिल ऐल्कोहॉल मिलाने पर घट जाति है ।

बोध प्रश्न:

7. निम्नलिखित में सत्य/असत्य बताइये-

(क) भारात्मक विश्लेषण में यौगिक का भर ज्ञात किया जाता है (सत्य/असत्य)

(ख) अवक्षेप की विलेयशीलता दिये गए विलयन में अधिक होनी चाहिए (सत्य/असत्य)

(ग) मेथिल ऐल्कोहॉल की उपस्थिति में $AgCl$ की विलेयशीलता जल में घट जाती है। (सत्य/असत्य)

(घ) कमरे के ताप की तुलना में उच्च ताप प अवक्षेपण अधिक मात्र में होता है। (सत्य/असत्य)

10.6 सारांश (Summary)

- किसी दिये गये मिश्रण या विलयन में उपस्थित घटकों को रासायनिक रूप से ज्ञात करना रासायनिक विश्लेषण कहलाता है ।
- गुणात्मक विश्लेषण एवं मात्रात्मक विश्लेषण, रासायनिक विश्लेषण के दो प्रकार है ।
- गुणात्मक विश्लेषण में पदार्थ की प्रकृति एवं मात्रात्मक विश्लेषण में पदार्थ की यथार्थ मात्रा ज्ञात की जाती है।
- गुणात्मक विश्लेषण द्रव्यअनुपाती नियम, समआयन प्रभाव, विलेयता गुणनफल आदि सिद्धान्तों पर निर्भर करता है ।
- अम्लीय मूलक किसी लवण के ऋणात्मक आयन से प्राप्त होते हैं जब कि क्षारकीय या भास्मिक मूलक लवण के घनात्मक आयन सै प्राप्त होते हैं ।
- गुणों के आधार पर अम्लीय मूलकों को दो समूहों एवं भास्मिक मूलकों को छ: समूहों में वर्गीकृत किया जा सकता है ।
- आयतनात्मक विश्लेषण में किसी विलयन की सान्द्रता आयतन के आधार पर ज्ञात की जाती है ।
- भारात्मक विश्लेषण में पदार्थ का अवक्षेपण कर उसका किसी अन्य पदार्थ के भार के रूप में आकलन किया जाता है ।

10.7 शब्दावली(Glossary)

• **अभिक्रिया वेग**	:	किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में क्रियाकारको या उत्पादों की सान्द्रता में प्रति इकाई समय में होने वाला परिवर्तन ।
• **मानक विलयन**	:	वह विलयन जिसकी सान्द्रता शांत होती है ।

• **नॉर्मलता**	:	किसी विलयन के प्रति लीटर में घुले विलेय को ग्राम तुल्यांकों की संख्या।

10.8 संदर्भ ग्रंथ (Reference Books)

Systematic Analytical Chemistry- T.N.Srivastava & P.C.Kamoj

Analytical Chemistry vol.1- S.C.Rastogi and S.K.Agarawala

विश्लेषणात्मक रसायन (द्वितीय भाग) - सुभाष चन्द्र रस्तौगी एवं सतीश कुमार अग्रवाल

10.9 बोध प्रश्नों के उत्तर (Answer of Intext Question)

1. (क) असत्य (ख) सत्य (ग) असत्य (घ) सत्य
2. (क) CuS, ZnS
3. (क) क्षारीय (ख) कम (ग) संकुल (घ) सल्फाइड
4. (क) कार्बन डाइ ऑक्साइड (ख) नाइट्रोजन डाइ ऑक्साइड
5. (क) तृतीय (ख) पंचम (ग) चतुर्थ (घ) षष्ठ
6. (क) चार (ख) उदासीनीकरण (ग) तुल्यांक (घ) संकुल
7. (क) सत्य (ख) असत्य (ग) सत्य (घ) असत्य

10.10 अभ्यासार्थ प्रश्न (Exercise Question)

1. रासायनिक विश्लेषण किसे कहते हैं ? ये कितने प्रकार के होते हैं?
2. विलेयता गुणनफल क्या होता हैं ? गुणात्मक रासायनिक विश्लेषण में इसका क्या महत्व हैं ?
3. समआयन प्रभाव से आप क्या समझते हैं ? HCL की उपस्थिति में H_2S के आयनन पर क्या प्रभाव पड़ता है ? कारण बताइये ।
4. किसी विलयन में आयनों के आयनिक गुणनफल एवं लवण के विलेयता गुणनफल अवक्षेपण को किस प्रकार प्रभावित करते हैं ? स्पष्ट कीजिये ।
5. अम्लीय मूलक क्या होते हैं ? इनके परीक्षण का मुख्य सिद्धान्त क्या है ?
6. भास्मिक मूलक क्या होते हैं ? इन्हें किस आधार पर विभिन्न वर्गो में वर्गीकृत किया गया है ?
7. समूह अभिकर्मक किसे कहते हैं ? द्वितीय समूह एवं पंचम समूह के समूह अभिकर्मकों के नाम बताइये ।
8. आयतनात्मक विश्लेषण किसे कहते हैं ? आयतनात्मक विश्लेषण में गणनाओं का क्या सिद्धान्त है ?
9. अवक्षेपण अभिक्रियायें क्या होती हैं ? एक उदाहरण दीजिये ।
10. भारात्मक विश्लेषण में अवक्षेप के मुख्य गुणों को लिखिये ।

इकाई 11

अकार्बनिक लवणों में ऋणायन और धनायन की पहचान Identification of Anion and Cation in Inorganic Salts

इकाई की रूपरेखा

11.0 उद्देश्य
11.1 प्रस्तावना
11.2 लवण विश्लेषण सम्बंधी सामान्य जानकारी
11.3 लवणों के विश्लेषण हेतु आवश्यक उपकरण
11.4 ऋणायनों की पहचान
11.5 धनायनों की पहचान
11.6 लवण विश्लेषण की विधि
11.7 मौखिक प्रश्न

11.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात आप-

- गुणात्मक विश्लेषण क्या है-समझ सकेगें ।
- गुणात्मक विश्लेषण में कौनसे उपकरण काम मे लिये जाते है और किस प्रकार काम मे लिये जाते हैं-यह जान जायेंगे ।
- अकार्बनिक लवण के ऋणायन और धनायन की पहचान किन परीक्षणों द्वारा की जाती है, यह सीख सकेंगे तथा दोनों प्रकार आयनों के लिये योजनाबद्ध तरीके से किस प्रकार परीक्षण करने है यह भी समझ पायेंगे ।
- विभिन्न परीक्षणों के रासायनिक समीकरण के माध्यम से लवण विश्लेषण का रसायन भी समझ लेंगे ।
- लवण परीक्षणों, प्रेक्षणों और निकाले गये निष्कर्षों को कैसे रिकार्ड करना है, यह भी सीख सकेंगे ।

11.1 प्रस्तावना (Introduction)

प्रायोगिक रसायन में पदार्थ की संरचना तथा संघटन का पता लगाने हेतु कुछ प्रयोग किये जाते है । पदार्थों की रासायनिक जानकारी का यह कार्य रासायनिक विश्लेषण कहलाता है । यह विश्लेषण गुणात्मक अथवा मात्रात्मक हो सकता है । गुणात्मक विश्लेषण में यह ज्ञात किया जाता है कि पदार्थ किन तत्वों या तत्वों के समूहों से मिलकर बना है । मात्रात्मक विश्लेषण में पदार्थ के इन अवयवों की मात्रा सम्बन्धी जानकारी प्राप्त करते हैं । इस इकाई में आप जानेंगे कि अकार्बनिक लवणों में उपस्थित ऋणायनों तथा धनायनों की पहचान विभिन्न

परीक्षणों से किस प्रकार की जाती हैं । इस स्तर पर आप सीमित रूप में ऋणायनों और धनायनों के परीक्षण करेंगे । इनकी सूची निम्न प्रकार हैं -

ऋणायन जिनके परीक्षण आपको करने हैं -

CO_3^{2-} (कार्बोनेट), CH_3COO^- (ऐसीटेट), NO_2^- (नाइट्राइट), SO_3^{2-} (सल्फाइट), S^{2-} (सल्फाइट), Cl^- (क्लोराइड), Br^- (ब्रौमाइड), l^- (आयोडाइड), NO_3^- (नाइट्रेट) और SO_4^{2-} (सल्फेट) ।

धनायन जिनके परीक्षण आपको करने हैं -

शून्य समूह : NH_4^+ (अमोनियम)

पहला समूह : pb^{2+} (लेड)

दूसरा समूह : Bi^{3+} (बिस्मथ), Cu^{2+} (कॉपर), Sn^{2+} या Sn^{4+} (टिन)

तीसरा समूह : Fe^{2+} (आयरन), Al^{3+} (ऐलुमिनियम)

चौथा समूह : Zn^{2+} (जिंक), Ni^{2+} (निकल)

पाँचवां समूह : Ba^{2+} (बेरियम), Sr^{2+} (स्ट्रॉन्शियम), Ca^{2+} (कैल्शियम)

छठा समूह : Mg^{2+} (मैग्नीशियम)

उक्त समूहों के सभी धनायन यहाँ नही दिये गये है । जो धनायन यहाँ छोड़ दिये गये है उन्हें आप अगली कक्षाओं में करेंगे । इसी प्रकार सभी ऋणायन भी आपके प्रायोगिक पाठ्यक्रम में सम्मिलित नहीं किये गये हैं ।

11.2 विश्लेषण सम्बंधी सामान्य जानकारी (General informations about Salt Analysis)

लवण विश्लेषण में विभिन्न प्रकार के परीक्षण किये जाते हैं । कुछ परीक्षण लवण से सीधे किये जाते हैं तथा कुछ परीक्षणों के लिये लवण का विलयन तैयार करना पड़ता हैं । यह विलयन जल में अथवा अम्लीय माध्यम मे तैयार किया जाता हैं । आवश्यकता अनुसार क्षारीय माध्यम में भी विलयन बनाया जाता है ।

लवण विश्लेषण में परीक्षण हेतु विभिन्न प्रकार के रसायन काम में लिये जाते हैं । ये रसायन ठोस, द्रव या विलयन के रूप में हो सकते है । इन रसायनों को अभिकर्मक कहते हैं । आप पायेंगे प्रयोगशाला में कुछ अभिकर्मक बहुत अधिक प्रयोग में लाये जाते हैं । अत: इन अभिकर्मकों की बोतलों मैं भर कर प्रयोगशाला के मेज की हर सीट के शेल्फ पर रखा जाता है । अन्य अभिकर्मक जिनका प्रयोग अपेक्षाकृत कम होता है, प्रयोगशाला में सबके लिये एक ही स्थान पर अलग से रख दिये जाते है ।

लवण विश्लेषण एक योजनाबद्ध तरीके से किया जाता हैं । पहले ऋणायन के परीक्षण किए जाते हैं । इसके पश्चात् धनायन के परीक्षण किए जाते हैं । लवण का रंग देखकर भी धनायन का अनुमान लगाने के प्रयास किये जाते हैं । इसके कुछ शुष्क परीक्षण होते हैं जिनके आधार पर धनायन का पता लगाते है और फिर आर्द्र परीक्षणों द्वारा धनायन की पहचान निश्चित की जाती है ।

ऋणायन और धनायनों की पहचान हेतु प्रयोग के रूप में परीक्षण किया जाता हैं । अधिकांश परीक्षण परखनली में किये जाते हैं । परीक्षण में यदि कोई गैस निकलती है तो उसकी गंध से उपस्थित आयन की पहचान कर सकते हैं । गैस यदि रंगीन है तो वह भी कुछ संकेत दे सकती है । कुछ परीक्षणों मे सम्बन्धित विलयनों को मिलाने पर अवक्षेप प्राप्त होता हैं । इस अवक्षेप के रंग रूप, विलेयता, आदि के आधार पर उपस्थित आयन की पहचान करते हैं । परीक्षण में गैस या अवक्षेप का रंग, विलेयता आदि देखना अथवा गैस को सूंघना, आदि विभिन्न प्रकार के प्रेक्षण कहलाते हैं, जिनके आधार पर निष्कर्ष निकाल कर ऋणायन या धनायन की पहचान करते है ।

11.3 लवणों के विश्लेषण हेतु आवश्यक उपकरण (Apparatus required for Salt Analysis)

लवण विश्लेषण मे रसायनों के अतिरिक्त जिन वस्तुओं की आवश्यकता पड़ती है, उन्हें उपकरण कहते हैं । ये उपकरण कॉच, लकड़ी, प्लस्टिक अथवा धातु के बने हो सकते हैं । आपको कुछ सामान्य उपकरणों की संक्षिप्त जानकारी यहाँ दी जा रही है ।

(1) **परखनली :** लवण विश्लेषण में परखनली का उपयोग बहुत महत्वपूर्ण होता हैं । यह बेलनाकार आकृति की कांच की नली होती हैं । इसकी लम्बाई 10 से 20 cm तथा व्यास 1.5 से 2cm होता हैं । इसमें 15 से 20 mL, द्रव भरा जा सकता है । इसका प्रयोग लवण विश्लेषण हेतु विलयन बनाने और विभिन्न परीक्षण करने हेतु किया जाता है ।

(2) **क्वथन नली :** यह भी परखनली समान कॉच की बनी होती है । इसका व्यास लगभग 3cm तथा आयतन 50 mL होता है । यह द्रवों और विलयनों को अधिक देर तक उबालने हेतु काम में ली जाती है।

(3) **कॉच की नलिका :** यह 0.5 cm व्यास की कांच से बनी होती हैं । परीक्षण में बनी गैस को दूसरे विलयन में प्रवाहित करने हेतु इसे काम में लिया जाता है ।

(4) **परख नली स्टैण्ड :** लकड़ी अथवा प्लास्टिक का बना यह स्टैण्ड होता हैं जिसमें विलयन से भरी परखनली रखने तथा स्वच्छ परखनलियां उलट कर रखने का प्रावधान होता हैं । इसमें 10 से 20 परखनलियां एक साथ रख सकते हैं ।

(5) **त्रिपाद स्टैण्ड और लोहे की जाली :** त्रिपाद स्टैण्ड लोहे का बना होता हैं । एक त्रिकोणीय आधार के नीचे लोहे की तीन टांगे होती हैं । त्रिकोणीय आधार पर सामान्यत: लोहे की जाली रखकर उस पर गरम करने हेतु कांच का बीकर या फ्लास्क रखा जाता हैं । चाइना डिश को सीधे बिना जाली के भी गरम करने हेतु रख सकते हैं ।

(6) **बुन्सेन बर्नर :** यह उपकरण एक लम्बी धातु की नली का बना होता है । इसका आधार चौड़ा होता हैं तथा इसे रबड ट्यूब द्वारा गैस के स्त्रोत से जोड़ा जाता हैं । गैस ईंधन का कार्य करती हैं । इस बर्नर का उपयोग परीक्षण हेतु परखनली गरम करने अथवा त्रिपाद पर रखे पलास्क या बीकर को गरम करने हेतु किया जाता है ।

(7) **कीप या फनल :** कीप कांच या प्लास्टिक का बना शंक्वाकार उपकरण होता हैं । पतले सिरे के साथ एक कांच की नली जुड़ी रहती हैं । इसका उपयोग विलयन को छानने, विलयन को ब्यूरेट में भरने अथवा विलयन को एक बर्तन से दूसरे बर्तन में डालने हेतु किया जाता हैं ।

(8) **फिल्टर पत्र या छन्ना कागज :** फिल्टर पत्र का उपयोग इसे फनल में लगा कर पदार्थों को छानने हेतु किया जाता है । फनल में लगाने के लिये इसे गोल काट लेते हैं । इस गोल फिल्टर पत्र का व्यास 6 से 8cm के लगभग रहता है ।

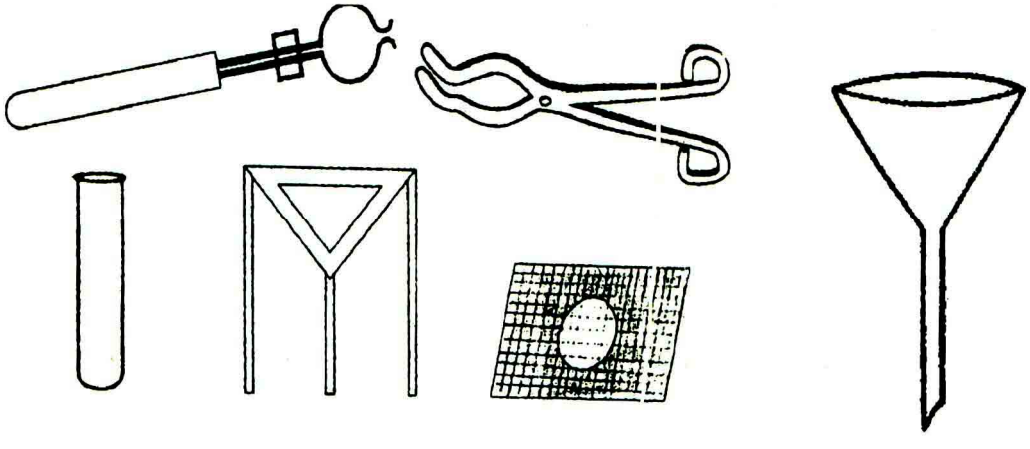
(9) **अभिकर्मक बोतल :** प्रयोगशाला में अभिकर्मकों के विलयन तथा ठोस अभिकर्मकों को कांच से बनी अभिकर्मक बोतलों में भर कर रखते हैं । प्रत्येक अभिकर्मक बोतल पर उसके नाम का लेबल लगा रहता हैं । ठोस पदार्थों को रखने के लिये चौड़े मुँह की बोतलों का इस्तेमाल किया जाता हैं । अभिकर्मक बोतलों का आयतन 100 से 200 mL तक होता हैं ।

(10) **धावन बोतल :** यह बोतल सामान्यत: प्लैस्टिक से बनी रहती हैं । इसके मुँह पर पतली नली लगी रहती हैं जिसका सिरा जेट के आकार का होता हैं । इस बोतल का उपयोग परखनली मे थोड़ा जल डालने, परखनली को धोने, फनल में रखे अवक्षेप को धोने, जैसे कार्यो के लिये किया जाता हैं ।

(11) **किप उपकरण :** यह कांच अथवा प्लैस्टिक का बना होता हैं । इस उपकरण में H_2S F गैस बनायी जाती है । गैस बनाने हेतु आयरन सल्फाइड के टुकड़ों की अभिक्रिया तनु H_2SO_4 से करायी जाती हैं ।

$$FeS + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2S$$

उपकरण की संरचना इस प्रकार एक सीमा तक गैस बनने के बाद H_2S गैस का बनना स्वतः: बंद हो जाता हैं । जब धनायनों के परीक्षण हेतु गैस को निकाला जाता है तो उपकरण में गैस कम हो जाती है, इस स्थिति में गैस का बनना फिर शुरू हो जाता है और एक सीमा पर पहुँच का गैस का बनना फिर रूक जाता है । इस उपकरण से उतनी ही गैस बनती है जितनी आवश्यक होती है । कुछ उपकरण चित्र 11.1 मे दिखाये गये है ।



चित्र 11.1 : गुणात्मक विश्लेषण हेतु कुछ उपकरण

11.4 ऋणायनों की पहचान (Identification of Anions)

आपके पाठ्यक्रम मे दिये गये ऋणायनों को उनकी पहचान के लिये तीन समूहों में बांटा जा सकता है-

(क) **तनु अम्ल समूह :** इस समूह का प्रारम्भिक परीक्षण तनु अम्ल के साथ करते हैं । इस समूह में निम्नलिखित ऋणायन हैं - CO_3^{2-} (कार्बोनेट), SO_3^{2-} (सल्फाइट), S^{2-} (सल्फाइट), NO_2^- (नाइट्राइट) और CH_3COO^- (ऐसीटेट) ।

(ख) **सांद्र अम्ल समूह :** इस समूह का प्रारम्भिक परीक्षण सांद्र अम्ल के साथ करते हैं । इस समूह के ऋणायन हैं - Cl^- (क्लोराइड), Br^- (ब्रोमाइड), I^- (आयोडाइड) और NO_3^- (नाइट्रेट) ।

(ग) **अन्य ऋणायन :** SO_4^{2-} (सल्फेट) ।

11.4.1 तनु अम्ल समूह के ऋणायनों का प्रारम्भिक परीक्षण

एक परखनली में थोड़ा सा लवण लें और उसमें 1 से 2 mL तनु H_2SO_4 या HCl मिलाये । आवश्यक हो तो हलका गरम करें । सम्भावित प्रेक्षण यही दिये जा रहे हैं-

क्रम संख्या	प्रेक्षण	सम्भव ऋणायन
1.	बिना गर्म किये तीव्र बुदबुदाहट के साथ रंगहीन तथा गंधहीन गैस निकलती है ।	CO_3^{2-}
2.	जलते गंधक समान गंध वाली रंगहीन गैस निकलती है ।	SO_3^{2-}
3.	सड़े अण्डों समान (H_2S गैस जैसी) गंध वाली रंगहीन गैस निकलती है ।	S^{2-}
4.	हल्की भूरी गैस निकलती है ।	NO_2^-
5.	सूंघने पर सिरके की (ऐसीटिक ऐसिड समान) गंध आती है ।	CH_3COO^-

इस प्रारम्भिक परीक्षण के बाद आप उपस्थित आयन के लिए संपुष्टि परीक्षण करेंगे ।

11.4.2 तनु अम्ल समूह के ऋणायनों के संपुष्टि परीक्षण एवं उनका रसायन

(1) कार्बोनेट (CO_3^{2-})

(i) धातु कार्बोनेट जब तनु खनिज अम्लों से अभिक्रिया करते हैं तो CO_2 गैस के तीव्र गति से निकलने के कारण विलयन में तीव्र बुदबुदाहट होती है (कार्बोनेट सम्भव) ।

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

(ii) उपर्युक्त परीक्षण से प्राप्त गैस को चुने के पानी मे प्रवाहित करते है, तो वह दूधिया हो जाता है । गैस अधिक प्रवाहित करने पर विलयन का दूधियापन समाप्त हो जाता है (कार्बोनेट निश्चित) दूधियापन, अविलेय $CaCO_3$ के बनने से आता है तथा $Ca(HCO_3)_2$ के विलेय होने के कारण दूधीयापन समाप्त हो जाता है ।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$$

चूने का पानी सफेद अवक्षेप

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

(2) सल्फाइट (SO_3^{2-})

(i) धातु सल्फाइट, तनु खनिज अम्लों द्वारा विघटित होकर SO_2 गैस बनाते हैं, जो जलते गंधक समान गंध देती हैं (सल्फाइट सम्भव) ।

$$Na_2SO_3 + 2HCl \rightarrow NaCl + H_2O + SO_2 \uparrow$$

(ii) $K_2Cr_2O_7$ विलयन तथा तनु H_2SO_4 से गीले किये गये फिल्टर पत्र को उक्त परीक्षण वाली परखनली के मुँह पर लाने से पत्र हरा हो जाता है (सल्फाइट निश्चित) ।

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

हरा क्रोमियम सल्फेट

(3) सल्फाइड (S^{2-})

(i) धातु सल्फाइड ठंडे में अथवा गर्म करने पर तनु अम्लो के साथ H_2S गैस देते है जो सड़े अण्डें समान गंध देती हैं (सल्फाइड सम्भव) ।

$$Na_2S + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2S \uparrow$$

सड़े अण्डें की गंध को अनुभव करना शायद आपके लिये सम्भव न हों । अत: प्रयोगशाला में किप उपकरण जो गैस (H_2S) बनाता है उसकी गंध का अनुभव कर लें । ठीक वैसी ही गंध इस परीक्षण में आती हैं ।

(ii) लैड ऐसीटेट से भीगा फिल्टर पत्र उक्त परीक्षण वाली परखनली के मुँह के पास रखने पर वह पत्र काला हो जाता -हैं (सल्फाइड निश्चित) ।

$$pb(CH_3COO)_2 + H_2S \rightarrow pbS + 2CH_3COOH$$

काला

(4) नाइट्राइट (NO_2^-)

(i) धातु नाइट्राइट, तनु अम्लो द्वारा विघटित होकर NO और NO_2 गैसें बनाते हैं । परखनली में हलका भूरा रंग दिखाई देता है (नाइट्राइट सम्भव) ।

$$2NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + NO + NO_2$$

NO_2 गैस का रंग भूरा होता हैं ।

(ii) KI और स्टार्च विलयन से भीगा फिल्टर पत्र उक्त परीक्षण वाली परखनली के मुँह पर लगायें । पत्र का रंग नीला हो जाता हैं (नाइट्राइट निश्चित) ।

(5) **ऐसीटेट (CH_3COO^-)**

(i) धातु ऐसीटेट, तनु अम्लो से अभिक्रिया कर ऐसीटिक अम्ल बनाते हैं जो सिरके समान गंध देता हैं (ऐसीटेट सम्भव) ।

$$2CH_3COONa + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2CH_3COOH$$

(ii) **ऐसीटेट का हथेली परीक्षण** : अपनी हथेली पर कुछ लवण लें और इसमें थोड़ा ठोस ऑक्सेलिक अम्ल मिलायें । इस मिश्रण को जल की कुछ बुंदों से नम करके अंगुली से मिलायें और सूंघें । सिरके जैसी गंध लवण में ऐसीटेट की उपस्थिति दर्शाती है ।

$$2CH_3COONa + H_2C_2O_4 \rightarrow Na_2C_2O_4 + 2CH_3COOH$$

(iii) **उदासीन** $FeCl_3$ **विलयन के साथ परीक्षण :** लवण के जलीय विलयन में लगभग 1mL $FeCl_3$ का उदासीन विलयन मिलायें । विलयन का लाल हो जाना ऐसीटेट की उपस्थिति दिखाता है ।

$$Fe^{3+} + 2CH_3COO^- \rightarrow Fe(2CH_3COO)_3$$

लाल रंग का फेरिक ऐसीटेट

अब इस विलयन को जल से तनु करके गरम करें । गहरे लाल रंग का अवक्षेप प्राप्त होता है (ऐसीटेट निश्चित) ।

$$Fe(2CH_3COO)_3 + 2H_2O \rightarrow Fe(2CH_3COO)(OH)_2 + 2CH_3COOH$$

क्षारीय फेरिक ऐसीटेट (गहरा लाल अवक्षेप)

नोट : $FeCl_3$ का विलयन अम्लीय प्रकृति का होता हैं । इसे उदासीन बनाने के लिये इसमें बूंद-बूंद करके NH_4OH विलयन मिलाते हैं । जब हलका सा स्थाई अवक्षेप आ जाता है तो NH_4OH डालना बंद कर देते है । विलयन को छान लेते हैं । छना हुआ विलयन उदासीन विलयन होता हैं ।

11.4.3 सांद्र अम्ल समूह का प्रारम्भिक परीक्षण

एक साफ परखनली मे लगभग 0.5 ग्राम लवण लें और इसमें 1 से 2mL सांद्र H_2SO_4 मिलायें और गर्म कर प्रेक्षण लें । सम्भावित प्रेक्षण तथा अनुमान यहाँ सारणी के रूप में दिये जा रहे हैं-

क्रम संख्या	प्रेक्षण	सम्भव ऋणायन
1.	हलकी भूरी वाष्प निकलती, जो ताम्बे की छीलन का एक टुकड़ा परखनली मे डालने पर घनी हो जाती हे।	NO_3
2.	तीखी गंध वाली रंगहीन गैस निकलती है। परखनली मे एक चुटकी MnO_2 मिलाने पर पीले-हरे रंग की गैस निकलती ।	Cl^-
3.	हलकी लाल-भूरी वाष्प निकलती है, जो एक चुटकी MnO_2 परखनली डालने पर घनी हो जाती है तथा परखनली में ठंडे भाग पर द्रवित होकर नीचे की और द्रव के रूप बहने लगती है ।	Br
4.	बैंगनी वाष्प निकलती है, जो परखनली के ठंडे भाग में पहुँचकर सूक्ष्म	I

	बैंगनी-काले क्रिस्टलों के रूप में जम जाती है ।	

अब आप इन ऋणायनों के संपुष्टि परीक्षण करेंगें ।

11.4.4 सांद्र अम्ल समूह के ऋणायनों के संपुष्टि परीक्षण एवं उनका रसायन

(1) नाइट्रेट (NO_3)

(i) धातु नाइट्रेटों को जब सान्द्र H_2SO_4 साथ गरम किया जाता हैं तो HNO_3 अम्ल बनता हैं, जो स्वत. विघटित होकर NO_2 के भूरे घूम बनाता है ।

$$2NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + HNO_3$$

$$4HNO_3 \rightarrow 2H_2O + O_2 + 2NO_2$$

अब परखनली में ताम्बे की छीलन का टुकड़ा डालते हैं तो NO_2 तीव्रता से बनने के कारण भूरे घूम सघन हो जाते हैं (नाइट्रेट उपस्थित) ।

(ii) **वलय परीक्षण :** परखनली में लवण का 2mL विलयन लेकर उसमें $FeSO_4$ का ताजा बना 2 mL विलयन डालते हैं । अब परखनली को थोड़ा तिरछा कर उसकी दिवार के सहारे सांद्र H_2SO_4 की कुछ बूंद डालते है । अन्त और विलयनों के मिलने की सतह पर भूरे रंग का वलय (रिंग) बनता है (नाइट्रेट निश्चित) ।

$$NaNO_3 + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HNO_3$$

$$6FeSO_4 + 2HNO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + NO$$

(2) क्लोराइड (Cl^-)

(i) H_2SO_4 के साथ गरम करने पर HCl गैस बनाते हैं, जो रंगहीन और तीक्ष्ण गंध वाली होती हैं ।

$$2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$$

(ii) उक्त परीक्षण वाली परखनली में एक चुटकी MnO_2 डालकर गरम करने पर पीले-हरे रंग की गैस निकलती है (क्लोराइड उपस्थित) ।

$$4HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + 2H_2 + Cl_2 \uparrow$$

(iii) परीक्षण (1) वाली परखनली के मुँह के निकट NH_4OH से भीगी कांच की छड़ ले जायें तो सफेद घूम बनते हैं (क्लोराइड निश्चित) ।

$$NH_4OH + HCl \rightarrow NH_4Cl + H_2O$$

सफेद घूम

(iv) लवण के विलयन में थोड़ा तनु HNO_3 मिलाकर कुछ बूंद $AgNO_3$ विलयन डालने पर सफेद अवक्षेप प्राप्त होता है जो NH_4OH में पूर्ण रूप से घुल जाता है (क्लोराइड निश्चित) ।

$$NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$$

सफेद अवक्षेप

$$AgCl + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O$$

जल में विलेय यौगिक

(3) ब्रोमाइड (Br)

(i) धातु ब्रोमाइड, सान्द्र H_2SO_4 के साथ गरम करने पर लाल - भूरे रंग के ब्रोमीन के वाष्प बनाते हैं (ब्रोमाइड सम्भव) ।

$$2NaBr + H_2SO_4 \rightarrow NOSO_4 + 2HBr$$

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

(ii) उक्त परीक्षण की परखनली में एक चुटकी MnO_2 डालने पर लाल-भूरी वाष्प सघन हो जाती है तथा परखनली के ठंडे भागों पर द्रवित होकर लाल-द्रव के रूप में नीचे की ओर बहने लगती है । ऐसा नाइट्रेट या नाइट्रेट में नहीं होता (ब्रोमाइड निश्चित) ।

$$2NaBr + 2H_2SO_4 + 2MnO_2 \rightarrow Na_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + Br_2$$

(iii) लवण के विलयन में थोड़ा तनु HNO_3 मिलाकर कुछ बूंद $AgNO_3$ विलयन डालने पर हलका पीला अवक्षेप प्राप्त होता है जो NH_4OH में आंशिक रूप से विलेय होता है (ब्रोमाइड निश्चित) ।

$$NaBr + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgBr \downarrow$$

हलका पीला अवक्षेप

(iv) लगभग 2 mL लवण के विलयन में 2 - 3 बूंद $CHCl_3, CCl_4$ अथवा CS_2 मिलायें । फिर थोड़ा - थोड़ा क्लोरीन जल मिलाकर परखनली हिलाते रहें । कार्बनिक परत का रंग भूरा हो जाता हैं (ब्रोमाइड निश्चित) ।

$$2NaBr + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + Br_2$$

Br_2, कार्बनिक द्रव ($CHCl_3, CCl_4$ या CS_2) में विलेय होकर उसे भूरा कर देती है । क्लोरीन जल का आधिक्य मिलाने से भूरा रंग अदृश्य हो जाता है ।

$$5Cl_2 + Br_2 + 6H_2O \rightarrow 2HBrO_3 + 10HCl$$

(4) आयोडाइड (I^-)

(i) धातु आयोडाइड, सान्द्र H_2SO_4 साथ गरम करने पर HI बनाते है, जो तापीय विघटन द्वारा बैंगनी रंग की आयोडीन वाष्प में परिवर्तित हो जाता है ।

$$2NaL + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HI$$

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

परखनली में एक चुटकी MnO_2 डालने से आयोडीन तेजी से बनती है और उसके सघन वाष्प ऊपर उठकर परखनली के ठंडे भागों में बैंगनी-काले क्रिस्टलों के रूप में जम जाते है (आयोडाइड उपस्थित) ।

$$2NaL + 2MnO_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + I_2$$

(ii) लवण के जलीय विलयन में थोड़ा तनु HNO_3 मिलाकर कुछ बूंद $AgNO_3$ विलयन की डालें । पीला अवक्षेप प्राप्त होता है जो NH_4OH विलयन में अविलेय हैं (आयोडाइड निश्चित) ।

$$NaL + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgI$$

पीला अवक्षेप

(iii) लगभग 2 mL लवण के विलयन में 2 - 3 बूंद $CHCl_3, CCI_4$ अथवा CS_2 मिलायें । फिर थोड़ा-थोड़ा क्लोरीन जल मिलाकर परखनली हिलाते रहें ।

$$2NaI + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + I_2$$

I_2, कार्बनिक द्रव ($CHCI_3, CCI_4$ या CS_2) में विलेय होकर उसे बैंगनी कर देती है । क्लोरीनजल का आधिक्य मिलाने से बैंगनी रंग अदृश्य हो जाता है (आयोडाइड निश्चित) ।

$$5Cl_2 + I_2 + 6H_2O \rightarrow 2HIO_3 + 10HCl$$

11.4.5 सल्फेट (SO_4^{2-})

(i) लवण के जलीय विलयन में कुछ बूंद $BaCl_2$ विलयन की डालें । सफेद अवक्षेप प्राप्त होता है (सल्फेट सम्भव) ।

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$$

(ii) परीक्षण (i) से प्राप्त अवक्षेप को सांद्र HCl अथवा HNO_3 में विलेय करने का प्रयास करें । अवक्षेप अविलेय रहता है (सल्फेट निश्चित) ।

11.5 धनायनों की पहचान (Identification of Cations)

धनायनों की पहचान के लिये दो प्रकार के परीक्षण किये जाते हैं -

शुष्क परीक्षण और आर्द्र परीक्षण ।

कुछ शुष्क परीक्षण हैं - ज्वाला परीक्षण, बोरेक्स बीड परीक्षण, कोबाल्ट नाइट्रेट परीक्षण, चारकोल कोटर परीक्षण और फिल्टर पत्र राख परीक्षण, जो आप उच्च कक्षाओं में सीखेंगे और करेंगे । यही आप धनायनों की पहचान आर्द्र परीक्षणों द्वारा करना सीखेंगे ।

धनायनों के आर्द्र परीक्षण हेतु एक महत्वपूर्ण कार्य लवण का विलयन बनाना है । इस कक्षा में आपको परीक्षण हेतु वही लवण दिये जायेंगे जो जल या तनु HCl में सरलता पूर्वक विलेय हो जायें ।

11.5.1 लवण का विलयन बनाना

लगभग 1 ग्राम लवण लेकर उसे 10 mL जल में विलेय करने का प्रयास किया जाता है । यदि विलेय न हो तो कुछ बूंद सांद्र HCl की मिलायें । ये बुंदे जल में मिल कर तनु HCl बनायेगी जो लवण को विलेय कर लेगा । विलयन साफ और पारदर्शक होना चाहिये । इसे लवण का मूल विलयन (मू.वि.) कहते है ।

11.5.2 धनायनों के विभिन्न समूह

धनायनों के क्रमबद्ध विश्लेषण हेतु उन्हें विभिन्न समूहों में रखा गया है । विभिन्न समूह और धनायन निम्न प्रकार हैं ।

शून्य समूह : अमोनियम (NH_4^+) आयन ।

पहला समूह : $Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}$ (आपको केवल Pb^{2+} की पहचान करनी है)

दूसरा समूह : $Hg^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{3+}, Cu^{2+}, Cd^{2+}, As^{3+}, Sb^{3+}, Sn^{2+}, Sn^{4+}$
(आपको Pb^{2+}, Cu^{2+} और Cd^{2+} की पहचान करनी है)

तीसरा समूह : $Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}$ (आपको Fe^{3+} तथा Al^{3+} की पहचान करनी हैं)

चौथा समूह : $Zn^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}$ (आपको Zn^{2+} और Ni^{2+} की पहचान करनी है)

पाँचवां समूह : $Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}$

छठा समूह : Mg^{2+}

11.5.3 लवणों के रंग से धनायनों का अनुमान

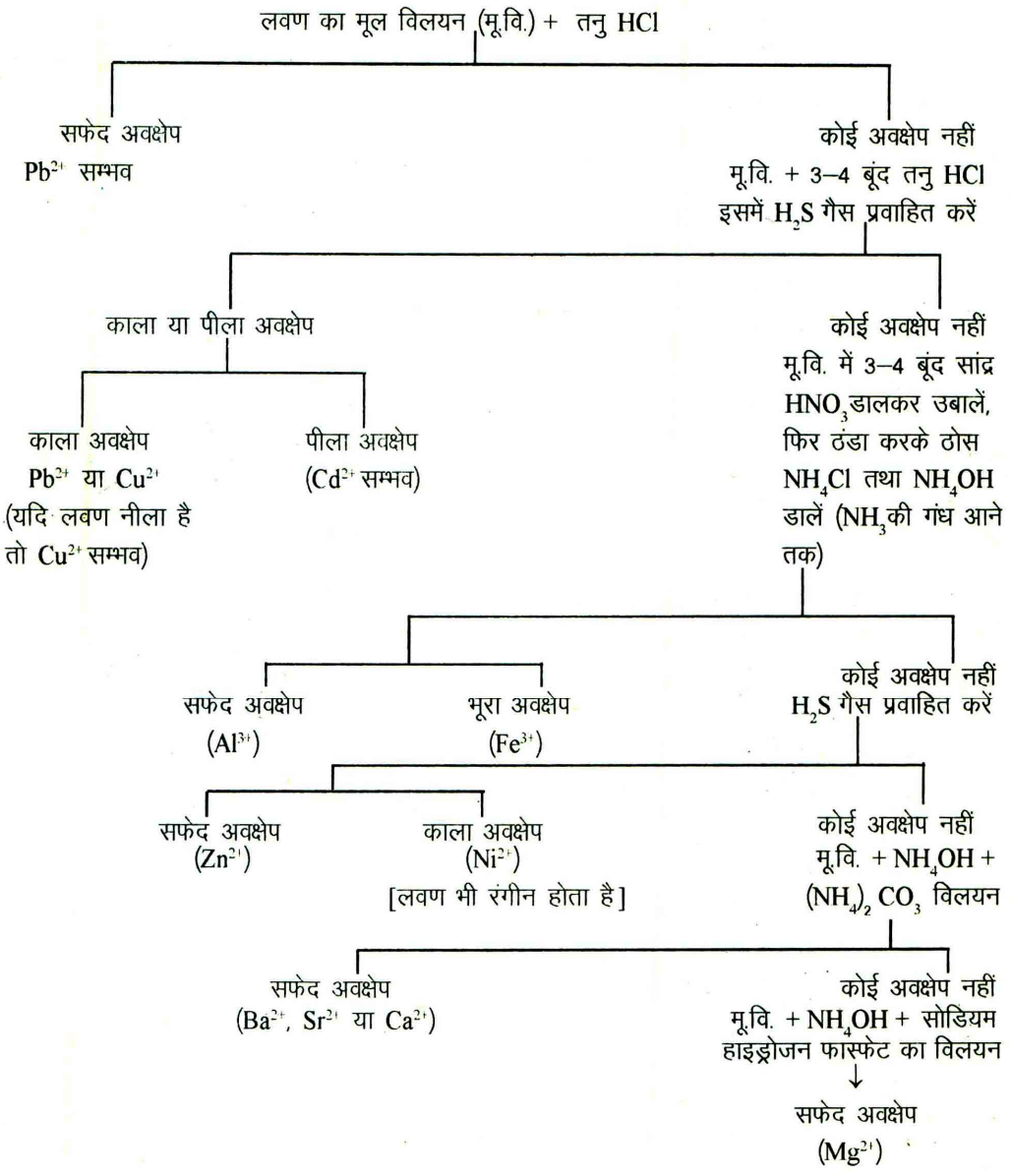
लवणों के रंग से धनायनों का अनुमान लगाया जा सकता है । जिन धनायनों की पहचान आपको इस कक्षा में करनी है, उनके लवणों की चर्चा यही की जायेगी ।

$NH_4^{+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Bi^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}$ और Mg^{2+} के लवण सामान्यत: सफेद होते हैं।

Pb^{2+} के लवण पीले, भूरे या काले भी हो सकते हैं । Cu^{2+} के लवण नीले या हरे हो सकते है । Cd^{2+} के लवण सफेद या पीले हो सकते हैं । आयरन के लवण हरे या काले हो सकते हैं । निकल के लवण हरे होते है परन्तु काले भी हो सकते हैं । Mn^{2+} के लवण गुलाबी या काले हो सकते हैं ।

11.5.4 धनायनों के आर्द्र परीक्षण

लवणों में धनायनों की पहचान हेतु परीक्षण एक क्रमबद्ध तरीके से किये जाते हैं । इसे संक्षेप में इस प्रकार दिया जा सकता है । पहले NH_4^{+} आयन के परीक्षण करते हैं । यदि NH_4^{+} उपस्थित न हो तो निम्नलिखित योजना अनुसार परीक्षण किये जाते है -



इस प्रक्रम मे धनायन का अनुमान लग जाता है । इसके बाद उसकी पुष्टि अन्य परीक्षणों से की जाती है । अब आपको प्रत्येक धनायन के परीक्षणों और सम्बंधित रसायन की जानकारी दी जायेगी ।

11.5.5 धनायनों की पहचान हेतु परीक्षणों और सम्बंधित रसायन

(1) अमोनियम (NH_4^+)

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण + $NaOH$ विलयन, निकलने वाली गैस को सूंघें ।	अमोनियम गैस की गंध	NH_4^+ उपस्थित

(ii)	परीक्षण (i) की परखनली के पास सांद्र HCl से भीगी कांच की छड़ लाने पर ।	सफेद धूम बनते है ।	NH_4^+ निश्चित
(iii)	लाल लिटमस पत्र परखनली के मुँह के पास लायें।	लिटमस पत्र बनते है।	NH_4^+ निश्चित
(iv)	लवण का विलयन + नेसलर अभिकर्मक	भूरा विलयन या अवक्षेप	NH_4^+ निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $NH_4Cl + NaOH \rightarrow NH_3 + H_2O$

(ii) $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$

सफेद धूम

(iv) $NH_3 + (2K_2Hgl_4 + 3KOH) \rightarrow Hg_2O.NH_2I + 7KI + 2H_2O$

नेसलर अभिकर्मक भूरा विलयन या अवक्षेप

(2) **लेड (Pb^{2+})**

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लगभग 2mL मूल विलयन में 1 mL तनु HCl मिलायें ।	सफेद अवक्षेप	Pb^{2+} सम्भव
(ii)	सफेद अवक्षेप छान कर, एक परख नली में लें । इसमें थोड़ा जल डाल कर गरम करें ।	अवक्षेप घुल जाता है ।	Pb^{2+} सम्भव
(iii)	गरम विलयन का एक भाग लेकर इसमें थोड़ा KI विलयन मिलायें ।	पीला अवक्षेप	Pb^{2+} निश्चित
(iv)	गरम विलयन के दूसरे भाग में थोड़ा K_2CrO_4 विलयन मिलायें ।	पीला अवक्षेप	Pb^{2+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $Pb^{2+} + 2HCl \rightarrow PbCl_2 + 2H^+$

(ii) $PbCl_2 + 2KI \rightarrow Pbl_2 + 2KCl$

पीला अवक्षेप

(iii) $PbCl_2 + K_2CrO_4 \rightarrow PbCrO_4 + 2KCl$

पीला अवक्षेप

(3) बिस्मथ (Bi^{3+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण के मूल विलयन में कुछ बूंद तनु HCl डालकर उसमें H_2S गैस प्रवाहित करें ।	काला अवक्षेप	Bi^{3+} सम्भव

(ii)	मूल विलयन में NH_4OH का आधिक्य मिलायें ।	सफेद अवक्षेप	Bi^{3+} सम्भव
(iii)	सफेद अवक्षेप को छानकर अलग कर लें और इसे सान्द्र HCl में विलेय कर दो भागों मे बांट लें । पहले भाग में जल का आधिक्य मिलायें ।	सफेद अवक्षेप बनता है ।	Bi^{3+} निश्चित
(iv)	विलयन के दूसरे भाग में सोडियम स्टेनाइट का विलयन मिलायें ।	घूसर अवक्षेप	Bi^{3+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $2Bi^{3+} + 3H_2S \rightarrow Bi_2S_3 \downarrow +6H^+$

काला अवक्षेप

(ii) $Bi^{3+} + 3NH_4OH \rightarrow Bi(OH)_3 + 2NH_4^+$

सफेद अवक्षेप

(iii) $BiCl_3 + H_2O \rightarrow BiOCl + 2HCl$

सफेद अवक्षेप

(iv) $2BiCl_3 + 3Na_2SnO_2 + 6NaOH \rightarrow 3Na_2SnO_2 + 3Bi \downarrow + NaCl + 3H_2O$

घूसर

नोट : सोडियम स्टेनाइट विलयन बनाने हेतु 1 - 2 mL $SNCl_2$ विलयन में $NaOH$ विलयन तब तक डालें जब तक अवक्षेप बन कर पुन: विलेय न हो जाए ।

(4) कापर (Cu^{2+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण के मूल विलयन का रंग देखे	नीला है	Cu^{2+} सम्भव
(ii)	लवण के मूल विलयन में कुछ बुंद तनु HCl डालकर उसमें H_2S गैस प्रवाहित करें ।	काला अवक्षेप	Cu^{2+} उपस्थित
(iii)	मू.वि. में थोड़ा ऐसीटिक अम्ल मिलाकर $K_4[Fe(CN)_6]$ का विलयन मिलाएँ।	चॉकलेट के रंग जैसा भूरा अवक्षेप	Cu^{2+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(ii) $CuCl_2 + H_2S \rightarrow 2HCl + CuS \downarrow$

काला अवक्षेप

(iii) $2Cu^{2+} + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow Cu^{2+}[Fe(CN)_6] + 4K^+$

चॉकलेटी भूरा अवक्षेप

(5) टिन (Sn^{2+} या Sn^{4+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण के मूल विलयन में थोड़ा तनु HCl डालकर H_2S गैस प्रवाहित करें ।	भूरा-पीला अवक्षेप	Sn^{2+} या Sn^{4+} सम्भव
(ii)	अवक्षेप में पीला अमोनियम सल्फाइड का आधिक्य डालकर विलेय करें ।	अवक्षेप घुल जाता है।	Sn^{2+} या Sn^{4+} उपस्थित
(iii)	मूल विलयन मे एक टुकड़ा जिंक और कुछ तनु HCl मिलायें और इसमें थोड़ा Hg_2Cl_2 विलयन डालकर हिलाये।	घूसर अवक्षेप	Sn^{2+} या Sn^{4+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $SnCl_2 + H_2S \rightarrow 2HCl + SnS$

भूरा अवक्षेप

$SnCl_4 + 2H_2S \rightarrow 4HCl + SnS_2$

पीला अवक्षेप

(ii) $SnS + (NH_4)_2S_2 \rightarrow SnS_2 + (NH_4)_2S$

$SnS_2 + (NH_4)_2S \rightarrow (NH_4)_2SnS_3$

अमोनियम थाओस्टैनेट (विलेय)

(iii) $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

$SnCl_4 + H_2 \rightarrow SnCl_2 + 4HCl$

$SnCl_2 + Hg_2Cl_2 \rightarrow SnCl_4 + 2Hg \downarrow$

धूसर अवक्षेप

(6) आयरन (Fe^{3+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण के मूल विलयन में 2-3 बूंद सांद्र HNO_3 को मिलाकर उबालें । अब इसे ठंडा करके थोड़ा ठोस NH_4Cl तथा NH_4OH का आधिक्य मिलायें (NH_3 की गंध आने तक) ।	भूरा अवक्षेप	Fe^{3+} सम्भव

(ii)	भूरे अवक्षेप को तनु HCl में विलेय कर दो भागों में बांट लें । पहले भाग में $KCNS$ विलयन मिलायें ।	लाल रंग का विलयन	Fe^{3+} निश्चित
(iii)	दूसरे भाग में $K_4[Fe(CN)_6]$ विलयन मिलायें ।	गहरे नीले रंग का विलयन या अवक्षेप	Fe^{3+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $2FeCl_2 + 8HNO_3 \rightarrow 2Fe(NO_3)_3 + 4HCl + 2HNO_2 + 2H_2O$

$Fe(NO_3)_3 + 3NH_4OH \rightarrow 3NH_4NO_3 + Fe(OH)_3 \downarrow$

भूरा अवक्षेप

(ii) $Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$

$2FeCL_3 + 6KCNS \rightarrow Fe[Fe(CNS)_6 + 6HCl$

लाल विलयन

(iii) $4FeCl_3 + 3K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6 + 12KCl$

फेरी-फेरो सायनाइड (गहरा नीला)

(7) **ऐलुमिनियम** (Al^{3+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण के मूल विलयन में थोड़ा ठोस NH_4Cl डालकर उसमें NH_4OH का आधिक्य मिलाया ।	सफेद अवक्षेप	Al^{3+} सम्भव
(ii)	सफेद अवक्षेप को छानकर दूसरी परखनली में लिया और $NaOH$ विलयन डालकर गरम करें ।	अवक्षेप विलेय हो जाता है।	Al^{3+} निश्चित
(iii)	विलयन में कुछ ठोस NH_4Cl डालकर उबालें	अवक्षेप पुन: प्राप्त हो जाता है।	Al^{3+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $AlCl_3 + 3NH_4OH \rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$

सफेद अवक्षेप

(ii) $Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAl_2 + 2H_2O$

सोडियम ऐलुमिनेट (विलेय)

(iii) $NaAlO_2 + NH_4Cl + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + NaCl + NH_3$

सफेद अवक्षेप

(8) **जिंक** (Zn^{2+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	विलयन के मूल विलयन मैं थोड़ा NH_4Cl मिलाकर फिर थोड़ा इसमें H_2S गैस प्रवाहित करें ।	सफेद अवक्षेप	Zn^{2+} सम्भव
(ii)	अवक्षेप को छानकर अलग करें । इसे दूसरी परखनली में तनु HCl में विलय करें फिर $NaOH$ विलयन आधिक्य डालें ।	अवक्षेप HCl विलेय हो जाता है। $NaOH$ डालने पर अवक्षेप आता है जो उसके आधिक्य में विलय हो जाता है ।	Zn^{2+} सम्भव
(iii)	परीक्षण (ii) से प्राप्त विलयन में H_2S गैस प्रवाहित करें ।	सफेद अवक्षेप पुन: प्राप्त हो जाता है ।	Zn^{2+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $ZN^{2+} + H_2S \rightarrow ZnS \downarrow +2H^+$

सफेद अवक्षेप

(ii) $ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S$

$ZnCl_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2(OH)_2 \downarrow +2NaCl$

$Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + 2H_2O$

सोडियम जिंकेट (विलेय)

(iii) $Na_2ZnO_2 + 2H_2S \rightarrow ZnS \downarrow +Na_2S + 2H_2O$

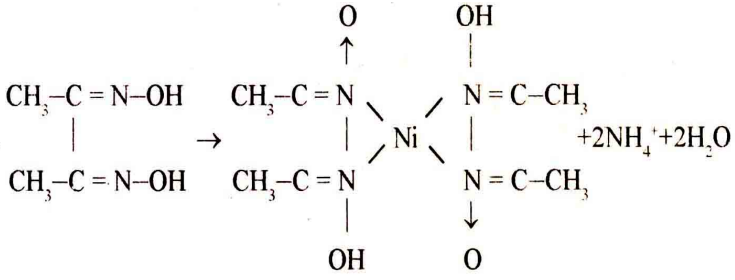
(9) निकल(Ni^{2+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण के मूल विलयन का रंग देखें ।	हरा रंग	Ni^{2+} सम्भव
(ii)	लवण के मूल विलयन मैं थोड़ा ठोस NH_4Cl डाल कर NH_4OH का आधिक्य मिलायें और फिर H_2S गैस प्रवाहित करें ।	काला अवक्षेप	Ni^{2+} उपस्थित
(iii)	लवण के मूल विलयन में थोड़ा NH_4OH डालकर थोड़ा डाइ- मेथिलग्लाइऑक्सीम का विलयन डालें।	लाल अवक्षेप	Ni^{2+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $Ni^{2+} + H_2S \rightarrow NiS + 2H^+$

काला अवक्षेप

(ii) $Ni^{2+} + 2NH_4OH + 2$  $+2NH_4^{+}+2H_2O$

डाइमेथिल ग्लाइऑक्जीम निकल डाइमेथिल ग्लाइऑक्सीमेट

(10) बेरियम (Ba^{2+}), स्ट्रॉशियम (Ba^{2+}) या कैल्सियम (Ca^{2+})

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
(i)	लवण के मूल विलयन में थोड़ा अमोनियम हाइड्रॉक्साइड और अमोनिया कार्बोनेट का विलयन डाला ।	सफेद अवक्षेप प्राप्त हुआ	Ba^{2+} , Sr^{2+} ,या Ca^{2+} सम्भव
(ii)	अवक्षेप को दूसरी परखनली में लेकर तनु ऐसीटिक अम्ल में विलेय करें और इसके एक भाग में K_2CrO_4 विलयन की कुछ बूंद मिलायें ।	पीला अवक्षेप	Ba^{2+} निश्चित
(iii)	यदि परीक्षण (ii) में कोई अवक्षेप नहीं आता तो विलयन के दूसरे भाग में थोड़ा अमोनियम सल्फेट मिलाये ।	सफेद अवक्षेप	Sr^{2+} निश्चित
(iv)	यदि परीक्षण (iii)में भी अवक्षेप नहीं आता तो विलयन के तीसरे भाग में थोड़ा अमोनियम ऑक्सलेट के विलयन मिलाये ।	सफेद अवक्षेप	Ca^{2+} निश्चित

परीक्षणों से सम्बन्धित रासायनिक समीकरण

(i) $Ba^{2+} + (NH_4)_2CO_3 \rightarrow BaCO_3 \downarrow +2NH_4^{+}$

सफेद अवक्षेप

$Sr^{2+} + (NH_4)_2CO_3 \rightarrow SrCO_3 \downarrow +2NH_4^{+}$

सफेद अवक्षेप

$Ca^{2+} + (NH_4)_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow +2NH_4^{+}$

सफेद अवक्षेप

(ii) $BaCO_3 + 2CH_3COOH \rightarrow BA(CH_3COO)_2 + H_2O + CO_2$

$SrCO_3 + 2CH_3COOH \rightarrow BA(CH_3COO)_2 + H_2O + CO_2$

$CaCO_3 + 2CH_3COOH \rightarrow BA(CH_3COO)_2 + H_2O + CO_2$

$Ba(CH_3COO)_2 + K_2CrO_4 \rightarrow BaCrO_4 \downarrow +2CH_3COOK$

पीला अवक्षेप

(iii) $Sr(CH_3COO)_2 + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow SrSO_4 \downarrow +2CH_3COONH_4$

सफेद अवक्षेप

(iv) $Ca(CH_3COO)_2 + (NH_4)_2C_2O_4 \rightarrow CaC_2O_4 \downarrow + 2CH_3COONH_4$

सफेद अवक्षेप

(10) **मैग्नीशियम (Mg^{2+})**

(i) लवण के मूल विलयन में थोड़ा NH_4OH डालकर Na_2HPO_4 का विलयन मिलायें । विलयनों को अच्छी तरह हिलाकर रख दें । तुरन्त या कुछ समय पश्चात् सफेद क्रिस्टलीय अवक्षेप प्राप्त होता हैं (Mg^{2+} निश्चित) ।

$$MgCl_2 + NH_4OH + Na_2HPO \rightarrow Mg(NH_4)PO_4 + 2NCl + H_2O$$

सफेद अवक्षेप

(ii) लवण के मूल विलयन में $NaOH$ विलयन तथा काइटन येलो अभिकर्मक मिलाकर गरम करें ।लाल-गुलाबी अवक्षेप आता है (Mg^{2+} निश्चित)

11.5 लवण विश्लेषण लिखने की विधि (Method of Writing Salt Analysis)

लवण का विश्लेषण करने के पश्चात् आप अपनी प्रायोगिक नोटबुक में प्रयोग, प्रेक्षण तथा निष्कर्ष कैसे लिखेंगे - इसका एक नमूना यहाँ दिया जा रहा है । इसमें आवश्यकतानुसार आप परिवर्तन कर सकते हैं । माना आपको विश्लेषण हेतु मैग्नीशियम नाइट्रेट लवण दिया गया है । आपने नाइट्रेट आयन और मैग्नीशियम आयनों की परीक्षणों द्वारा पहचान कर ली है । अब नोटबुक में निम्न प्रकार लिखेंगे ।

प्रयोग-1

उद्देश्य : दिये गये लवण में ऋणायन और धनायन की पहचान करना ।

लवण का रंग : सफेद

लवण की विलेयता : जल में विलेय

प्रयोग, प्रेक्षण और निष्कर्ष

क्रम संख्या	प्रयोग	प्रेक्षण	निष्कर्ष
1 (i)	लवण + तनु H_2SO_4	कोई बुदबुदाहट या गंध नहीं ।	$CO_3^{2-}, SO_3^{2-}, S^{2-}$, CH_3COO^-, NO_2^- अनुपस्थित
(ii)	लवण + सांद्र H_2SO_4 गरम करे	भूरी गैस निकलती हैं ।	NO_3^- या Br^- सम्भव
(iii)	परीक्षण (ii) की परखनली मे कॉपर छीलन का टुकड़ा डाला	भूरे धूम घने हो जाते हैं ।	NO_3^- उपस्थित
(iv)	लवण के विलयन में थोड़ा	विलयन और H_2SO_4 के	NO_3^- उपस्थित

	ताजा बना $FeSO_4$ विलयन डाला और फिर परखनली की साइड से कुछ बूंद सांद्र H_2SO_4 के डाले।	मिलने की सतह पर भूरा वलय बनाता है ।	
2 (i)	लवण का रंग	सफेद	$Cu^{2+}, Fe^{3+}, Ni^{2+}$ अनुपस्थित
(ii)	लवण का मूल विलयन (मू.वि.)+तनु HCl	कोई अवक्षेप नहीं	Pb^{2+} अनुपस्थित
(iii)	मू.वि. + तनु HCl, और इसमें H_2S गैस प्रवाहित की ।	कोई अवक्षेप नहीं	$Cu^{2+}, Bi^{3+}, Sn^{2+}$ अनुपस्थित
(iv)	मू.वि. + ठोस $NH_4Cl + NH_4OH$	अवक्षेप नहीं	Al^{3+}, Fe^{3+} अनुपस्थित
(v)	मू. वि. + ठोस $NH_4Cl + NH_4OH$ इस विलयन में H_2S गैस प्रवाहित करे	अवक्षेप नहीं	Zn^{2+}, Ni^{2+} अनुपस्थित
(vi)	मू.वि. + $NH_4OH + (NH_4)_2CO_3$ विलयन	अवक्षेप नहीं	$Ba^{2+}, SR^{2+}, Ca^{2+}$ अनुपस्थित
(vii)	मू.वि. $+NH_4OH + Na_2HPO_4$ विलयन	सफेद अवक्षेप	Mg^{2+} उपस्थित
(viii)	मू.वि. $+NH_4OH$ विलयन + टाइटन येलो अभिकर्मक, गर्म करें ।	लाल-गुलाबी अवक्षेप	Mg^{2+} निश्चित

परिणाम : दिये गये लवण में निम्नलिखित आयन उपस्थित है-

(1) ऋणायन- NO_3^-

(2) धनायन- Mg^{2+}

11.6 मौखिक प्रश्न (Oral Questions)

1. यदि लवण में H_2SO_4 डालने पर तीव्र बुदबुदाहट आये तो लवण में कौनसा ऋणायन हो सकता?
2. कौनसा धनायन ऐसा है जो धातु नहीं है?
3. यदि -लगा का रंग नीला है तो उसमें कौनसे धनायन के उपस्थित होने की सम्भावना है ?

4. लवण में तनु HCl अम्ल डालने पर जो गैस निकलती है उसमें गंधक के जलने जैसी गंध आती है । लवण में कौनसा ऋणायन हो सकेगा है ?
5. किप उपकरण में कौनसी गैस बनती है तथा प्रयोगशाला में यह किस -काम आती हैं ?
6. उदासीन $FeCl_3$ विलयन कैसे प्राप्त करते हैं और इसका उपयोग किस ऋणायन के परीक्षण हेतु किया जाता हैं ?
7. $AgCl$ का सफेद अवक्षेप NH_4OH के विलयन में क्यों घूल जाता हैं ?
8. अमोनियम -लवण में $NaOH$ विलयन मिलाने पर कौनसी गैस बनती हैं?
9. चूने के पानी मे CO_2 गैस प्रवाहित करने पर वह दूधिया क्यों हो जाता हैं तथा गैस का आधिक्य मिलाने पर दूधिया रंग गायब क्यों- हो जाता है ?
10. लैड ऐसीटेट से गीला पत्र H_2S गैस से अभिक्रिया कर काला क्यों हो जाता है ?
11. नाइट्रेट के वलय परीक्षण में वलय किस रंग का होता है और कौनसे यौगिक के बनने के कारण यह रंग आता है ?
12. लेड आयनों वाले में K_2CrO_4 विलयन मिलाने पर क्या होता हैं ?
13. विस्मथ आयनों की पहचान में सोडियम स्टेनाइट विलयन का क्या उपयोग है ?
14. कॉपर आयनों वाले विलयन में $K_4[Fe(CN)_6]$ का विलयन मिलाने पर कौनसा यौगिक बनता है तथा इसका रंग कैसा होता है ?
15. टिन सल्फाइड का अवक्षेप पीले अमोनियम सल्फाइड में घोलने पर वह घुल जाता हैं । ऐसा किस यौगिक के बनने के कारण होता हैं ? इसका नाम और सूत्र दोनों बतायें ।
16. $Al(OH)_3$ के सफेद अवक्षेप को $NaOH$ विलयन में विलेय करने पर वह विलेय हो जाता है, परन्तु विलयन में NH_4Cl डालने पर पुन: सफेद अवक्षेप आ जाता है । इन कथनों से सम्बंधित रासायनिक अभिक्रियाएं लिखिये ।
17. ZnS के अवक्षेप का रंग कैसा होता है ?
18. Ni^{2+} आयनों युक्त विलयन में कौनसा अभिकर्मक डालने पर लाल रंग का अवक्षेप प्राप्त होता है ? बनने वाले यौगिक का संरचना सूत्र लिखें ।
19. बेरियम क्रोमेट का अवक्षेप किस रंग का होता है ?
20. मैग्नीशियम का परीक्षण करने हेतु किस अभिकर्मक का उपयोग करते है ?

इकाई-12

कार्बनिक यौगिकों में नाइट्रोजन, सल्फर और हैलोजेन तत्वों की पहचान

Identification of Nitrogen, Sulphur and Halogen elements in Organic Compounds

इकाई की रूप रेखा

12.0 उद्देश्य
12.1 प्रस्तावना
12.2 लैसें परीक्षण
12.3 सोडियम संगलन की विधि
12.4 नाइट्रोजन का परीक्षण
12.5 सल्फर का परीक्षण
12.6 हैलोजेनों का परीक्षण
12.7 संदर्भ ग्रंथ
12.8 मौखिक प्रश्न

12.0 उद्देश्य (Objectives)

इस इकाई के अध्ययन के बाद आप कार्बनिक यौगिकों का गुणात्मक विश्लेषण कर सकेगें । विश्लेषण रासायनिक अभिक्रियाओं को लिख सकेंगे ।

12.1 प्रस्तावना (Introduction)

पृथ्वी पर जीवन बनाए रखने के लिए कार्बनिक यौगिक आवश्यक हैं । इसके अंतर्गत जटिल अणु जैसे-आनुवांशिक सूचना वाले डीऑक्सी राइबोन्यूक्लीक अम्ल (डी.एन.ए), राइबोन्यूक्लीक अम्ल (आए.एन.ए) तथा प्रोटीन भी आते हैं, जो हमारे रक्त, माँस पेशी एवं त्वचा के आवश्यक यौगिक बनाते है । कार्बनिक रसायन बहु लकों, रंजकों, दवाओं, कपडों, ईंधनों आदि पदार्थों में होते हैं । कार्बनिक- यौगिक की पहचान करने या उसका भारात्मक संघटन निर्धारित करने के लिए उसमें उपस्थित तत्वों की पहचान करना आवश्यक हैं । कार्बनिक योगिकों में तत्वों की पहचान को गुणात्मक विश्लेषण कहते हैं । कार्बनिक यौगिकों में कार्बन तथा हाइड्रोजन उपस्थित होते हैं । इन तत्वों के अतिरिक्त इनमें ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, सल्फर, हैलोजेन तथा फॉस्फोरस भी उपस्थित हो सकते हैं । इस अध्याय में कार्बनिक यौगिकों में उपस्थित नाइट्रोजन, सल्फर तथा हैलोजेन की पहचान के लिए परीक्षणों का अध्ययन करेंगे ।

12.2 लैसें परीक्षण (Lassaigne's Test)

साधारणत: कार्बनिक यौगिक जलीय विलयन में आयनित नहीं होते हैं । कार्बनिक यौगिकों में परमाणु सहसंयोजक बन्धों द्वारा जुड़े रहते हैं । किसी कार्बनिक यौगिक में उपस्थित नाइट्रोजन, सल्फर तथा हैलोजेन की पहचान लैसें-परीक्षण द्वारा की जाती हैं । कार्बनिक यौगिक में N, S, Cl, Br, I तत्वों की पहचान के लिए यौगिक को सोडियम धातु के साथ उच्च ताप पर संगलित करते हैं । इससे यह तत्व सहसंयोजी रूप से आयनिक रूप में परिवर्तित हो जाते

हैं। यह तत्व सोडियम धातु से अभिकिया करके सोडियम लवण बना लेते हैं । सोडियम लवण जल में विलीन करने पर आयनित हो जाते हैं । इस प्रकार प्राप्त सोडियम लवणों के जलीय विलयन को सोडियम निष्कर्ष या लैसें विलयन कहते हैं । सोडियम संगलन से प्राप्त अवशेष को आसुत जल सोडियम लवण बना लेते हैं । सोडियम लवण जल में विलीन करने पर आयनित हो जाते हैं । इस प्रकार प्राप्त सोडियम लवणों के जलीय विलयन को **सोडियम निष्कर्ष** या लैसें विलयन कहते हैं । सोडियम संगलन से प्राप्त अवशेष को आसुत जल के साथ उबालने पर सोडियम सायनाइड, सोडियम सल्फाइड तथा सोडियम हैलाइड जल में घुल जाते हैं । अत: इस निष्कर्ष का उपयोग N, S, Cl, Br, I तत्वों की पहचान करने में किया जाता है । कार्बनिक यौगिकों में इन तत्वों की उपस्थिति की पहचान करने की इस विधि को लैसें परीक्षण कहते है ।

सोडियम संगलन की अभिक्रियाएं-

$$Na + C + N \xrightarrow[\text{संगलन}]{\triangle} NaCN$$

$$2Na + S \xrightarrow[\text{संगलन}]{\triangle} Na_2S$$

$$Na + X \xrightarrow[\text{संगलन}]{\triangle} NaX\,(X = CN, Br, I)$$

12.3 सोडियम संगलन की विधि (Method of Sodium Fusion)

सोडियम धातु के छोटे टुकड़े को फिल्टर पेपर से सुखा कर एक साफ और शुष्क ज्वलन नली में डाल देते हैं । नली को बुन्सेन ज्वाला से थोड़ा ऊपर रखकर धीरे-धीरे गर्म करते हैं । सोडियम धातु पिघल जाती है और पारे की तरह चमकने लगती हैं । इसके बाद नली में थोड़ा सा कार्बनिक यौगिक डाल कर इसे धीरे-धीरे गरम किया जाता है । फिर इसे तेजी से गरम करते है । नली का निचला भाग गर्म होकर लाल हो जाता है । इस रक्त तप्त नली को एक पोर्सिलेन की प्याली में भरे आसुत जल में डाल देते हैं । विलयन को उबालकर फिल्टर कर लेते हैं । प्राप्त फिल्टरित से N, S, Cl, Br, I तत्वों की परीक्षण करते हैं । इस प्रकार लैसें विलयन प्राप्त करने की विधि को सोडियम संगलन विधि कहते हैं ।

12.4 नाइट्रोजन का परीक्षण (Test for Nitrogen)

सोडियम संगलन निष्कर्ष को आयरन (II) सल्फेट के साथ उबालते हैं । फिर इसे सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा अम्लीकृत किया जाता है । पर्शियन ब्लू रंग अथवा नीले या हरे रंग का अवक्षेप या नीले हरे रंग का विलयन का बनना नाइट्रोजन की उपस्थिति को निश्चित करता है । सोडियम सायनाइड, आयरन (II) सल्फेट के साथ अभिक्रिया द्वारा सोडियम हैक्सासायनोफेरेट (II) बनाता है । सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ गरम करने पर कुछ आयरन (II), आयरन (III) में ऑक्सीकृत हो जाता है । यह सोडियम हैक्सासायनोफेरेट (II]) के साथ अभिक्रिया करके आयरन (III) हैक्सासायनोफेरेट (II) (फेरिफेरोसायनाइड) बनता है । इस प्रकार प्राप्त यौगिक का रंग पर्शियन ब्लू होता है ।

सोडियम निष्कर्ष से नाइट्रोजन के परीक्षण की अभिक्रियाएं -

$$2NaCN + FeSO_4 \rightarrow Fe(CN)_2 + Na_2SO_4$$

$$Fe(CN)_2 + 4NaCN \rightarrow Na_4[Fe(CN)_6]$$

सोडियम फैरोसायनाइड

$$3Na_4[Fe(CN)_6] + FeCl_3 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12NaCl$$

फैरीफेरोसायनाइड

पर्शियन ब्लू (नीला)

12.5 सल्फर का परीक्षण (Test for Sulphur)

(i) सोडियम संगलन निष्कर्ष (Na_2S युक्त) को ऐसीटिक अम्ल द्वारा अम्लीकृत किया जाता है फिर लैड ऐसीटेट मिलाया जाता है । यदि लैड सल्फाइड का काला अवक्षेप बनता है तो सल्फर की उपस्थिति की पुष्टि होती है ।

$$Na_2S + (CH_3COO)_2Pb \rightarrow PbS + CH_3COONa$$

लैड सल्फाइड (काला अवक्षेप)

(ii) सोडियम संगलन निष्कर्ष की सोडियम नाइट्रोप्रुसाइड के साथ अभिक्रिया कराने पर बैंगनी रंग प्राप्त होता है । यह सल्फर की उपस्थिति प्रदर्शित करता है ।

$$Na_2S + Na_2[Fe(CN)_5NO] \rightarrow Na_4[Fe(CN)_5NOS]$$

सोडियम थायोनाइट्रोप्रुसाइड

(बैंगनी रंग)

(iii) सोडियम संगलन निष्कर्ष मे ऐसीटिक अम्ल का आधिक्य में डालने के बाद सिल्वर नाइट्रेट का विलयन डालने पर काला अवशेष प्राप्त होता है । यह सल्फर की उपस्थिति को निश्चित करता है ।

$$Na_2 + 2AgNo_3 \rightarrow Ag_2S + 2NaNO_3$$

सिल्वर सल्फाइड (काला)

(iv) कार्बनिक यौगिक में नाइट्रोजन तथा सल्फर दोनों के उपस्थित होने पर सोडियम थोयोसायनेट(NaSCN) बनता है । यह आयरन (III) सल्फेट के साथ गरम करने पर रक्त की तरह लाल रंग उत्पन्न करता है । इसमें मुक्त सायनाइड आयनों की अनुपस्थिति के कारण पर्शियन ब्लू रंग नहीं प्राप्त होता ।

$$Na + c + N + S \rightarrow NaSCN$$

$$Fe^{3+} + 3SCN \rightarrow \left[Fe(SCN)\right]^{2+}$$

फेरिक थायोसायनेट (गहरा लाल)

यदि सोडियम की अधिक मात्रा को सोडियम संगलन में लिया जाए तो थायोसायनेट, सायनाइड तथा सल्फाइड आयनों में अपघटित हो जाता है । यह आयन अपने सामान्य परीक्षण देते हैं ।

$$NaSCN + 2Na \rightarrow NaCN + Na_2S$$

12.6 हैलोजेनों का परीक्षण (Test for Halogens)

सोडियम संगलन निष्कर्ष में ग्लेशियल ऐसीटिक अम्ल डालकर गरम करने के बाद उसमें तनु नाइट्रिक अम्ल और सिल्वर नाइट्रेट डाला जाता है । यौगिक में नाइट्रोजन अथवा सल्फर की उपस्थिति होने , परीक्षण से पूर्व सोडियम संगलन निष्कर्ष को नाइट्रिक अम्ल के साथ उबाला जाता है। इससे सायनाइड अथवा सल्फाइड विघटित हो जाता है अन्यथा यह आयन हैलोजेनों के सिल्वर नाइट्रेट परीक्षण में बाधा उत्पन्न करते हैं ।

(i) यदि सोडियम संगलन निष्कर्ष में ऐसीटिक अम्ल और तनु नाइट्रिक अम्ल डालने के बाद श्वेत अवक्षेप प्राप्त होता हो तथा यह अवक्षेप अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के आधिक्य में घुल जाता हो, तो क्लोरिन की उपस्थिति निश्चित हो जाती है ।

$$NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$$

सफेद अवक्षेप

$$AgCl + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O$$

विलेय यौगिक

यदि हल्के पीले रंग का अवक्षेप प्राप्त होता हो जो अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के आधिक्य मे अल्प विलेय हो तो ब्रोमीन की उपस्थिति निश्चित होती है ।

$$NaBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr + NaNO_3$$

हल्का पीला अवक्षेप

यदि गहरे पीले या नारंगी रंग का अवक्षेप जो अमोनियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के आधिक्य में नहीं घुलता हो तो आयोडीन की उपस्थिति निश्चित होती है ।

$$NaI + AgNO_3 \rightarrow AgI + NaNO_3$$

गहरा पीला अवक्षेप

(ii) यदि सोडियम संगलन निष्कर्ष में सान्द्र नाइट्रिक अम्ल डालकर विलयन को उबाला जाए, तो बैंगनी रंग की वाष्प का बनना आयोडीन की उपस्थिति को निश्चित करता है।

$$6NaI + 8HNO_3 \rightarrow 6NaNO_3 + 4H_2O + 2NO + 3I_2$$

बैंगनी वाष्प

(iii) सोडियम संगलन निष्कर्ष में तनु सल्फ्यूरिक अम्ल आधिक्य में डालकर विलयन को अम्लीय करें अब उसमें क्लोरोफार्म डालकर बूंद-बूंद करके ताजा क्लोरीन जल अथवा सान्द्र HNO_3 डालकर विलयन को तेजी से हिलाये और देखें -

(अ) क्लोरोफॉर्म की परत का रंग गुलाबी या बैंगनी हो जाने पर आयोडीन की उपस्थिति निश्चित हो जाती है ।

$$2NaI + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + I_2$$

I_2 + क्लोरोफार्म → आयोडीन का क्लोरोफॉर्म में विलयन

(गुलाबी या बैंगनी रंग)

(ब) क्लोरोफॉर्म की परत का रंग नारंगी-लाल या लाल भूरा हो जाना ब्रोमीन की उपस्थिति को निश्चित करता है ।

$$2NaBr + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + Br_2$$

$Br_2 +$ क्लोरोफार्म → ब्रोमीन का क्लोरोफॉर्म में विलयन

(नारंगी लाल या लाल भूरा रंग)

इस परीक्षण में क्लोरोफार्म के स्थान पर CCl_4 या CS_2 भी ले सकते हैं ।

हैलोजेनों के लिए बाइलस्टाइन परीक्षण

बुन्सेन ज्वाला पर एक छोटी ताम्र पन्नी को तब तक गरम किया जाता है जब तक कि हरा रंग अदृश्य न हो जाए । अब इस पर थोड़ा पदार्थ रख कर पुन: बर्नर पर गरम किया जाता है । ज्वाला का नीला अथवा -हरा रंग आना हैलोजेनों की उपस्थिति को निश्चित करता है । ज्वाला का नीला अथवा हरा रंग वाष्पशील कॉपर हैलाइड के कारण होता है ।

बाइलस्टाइन परीक्षण की दो कमियाँ हैं-

(i) इस परीक्षण से हैलोजेन की उपस्थिति तो निश्चित होती है परन्तु कौन सा हैलोजेन उपस्थित है इसका पता नहीं चलता ।

(ii) यूरिया एवं थायोयूरिया जिनमें हैलोजेन नहीं होता, वे हरा रंग देते हैं जो कि वाष्पशील क्यूप्रस सायनाइड के कारण होता है।

12.7 संदर्भ ग्रंथ

(1) प्रायोगिक रसायन-भार्गव, लवानिया, ओझा

(2) Practical Chemistry-Subhash Satish

(3) Practical Chemistry-Giri,Vajpayee,Pandey

12.8 मौखिक प्रश्न

प्रश्न 1. कार्बनिक यौगिक में उपस्थित नाइट्रोजन, सल्फर और हैलोजेन की पहचान किस परीक्षण से की जाती है ?

उत्तर : लैसें परीक्षण द्वारा ।

प्रश्न 2. कार्बनिक यौगिक में उपस्थित N, S, Cl, Br, I तत्वों की पहचान के लिए यौगिक को किस धातु के साथ संगलित करते हैं ?

उत्तर : सोडियम धातु के साथ ।

प्रश्न 3. सोडियम के साथ संगलन पर कार्बनिक यौगिक किस प्रकार के यौगिक में परिवर्तित हो जाता है ?

उत्तर : आयनिक यौगिक में ।

प्रश्न 4. नाइट्रोजन, सल्फर और हैलोजेन के सोडियम संगलन पर बनने वाले यौगिक कौन से हैं ?

उत्तर : $NaCN, Na_2S$ तथा $NaX\,(X = Cl, Br$ या $I)$।

प्रश्न 5. जब यौगिक में नाइट्रोजन और सल्फर दोनों एक साथ उपस्थित हों तो कौन सा यौगिक बनता हैं ?

उत्तर : $NaCNS$ (सोडियम थायोसायनेट) ।

प्रश्न 6. बाइलस्टाइन परीक्षण किस तत्व के लिए किया जाता है ?

उत्तर :हैलोजेनों के लिए ।

प्रश्न 7. बाइलस्टाइन परीक्षण क्या है?

उत्तर :एक छोटी ताम्र पन्नी को तब तक बुन्सेन ज्वाला में गरम करते हैं जब तक कि हरा रंग अदृश्य न हौ जाए । इस पर थोडा सा पदार्थ रख कर पुन: बर्नर पर गरम करते हैं । ज्वाला का नीला अथवा हरा रंग हैलोजेनों की उपस्थिति को निश्चित करता है ।

प्रश्न 8. बाइलस्टाइन परीक्षण में नीले अथवा हरे रंग का कारण क्या है?

उत्तर : वाष्पशील कीपर हैलाइड के कारण होता है ।

प्रश्न 9. बाइलस्टाइन परीक्षण की कमियाँ दीजिए?

उत्तर : यह परीक्षण यह नहीं बताता की कौनसा हैलोजेन उपस्थित है । यूरिया एवं थायोयूरिया भी जिनमें हैलोजेन नहीं होता, हरा रंग देते हैं जो कि वाष्पशील क्यूप्रस सायनाइड के कारण होता है ।

प्रश्न 10. नाइट्रोजन के परीक्षण की अभिकिया दीजिए ।

उत्तर : $2NaOH + FeSO_4 \rightarrow Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$

हरा रंग

$$6NaCN + Fe(OH)_2 \rightarrow Na_4[Fe(CN)_6] + 2NaOH$$

$$4FeCl_3 + 2Na_4Fe(CN)_6 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6] + 12NaCl$$

पर्शियन ब्लू

प्रश्न 11. सल्फर का लेड ऐसीटेट परीक्षण क्या है?

उत्तर : लैसें विलयन को ऐसीटिक अम्ल से अम्लीय करने के बाद उसमें लेड ऐसीटेट का विलयन डालने पर लेड सल्फाइड का काला अवक्षेप प्राप्त होना, सल्फर की उपस्थिति को निश्चित करता है ।

$$Na_2S + (CH_3COO)_2Pb \rightarrow PbS + 2CH_3COONa$$

काला अवक्षेप

प्रश्न 12. हैलोजेन के परीक्षण से पहले लैसें विलयन में नाइट्रिक अम्ल डालकर क्यों उबाला जाता है?

उत्तर : लैसें विलयन में तनु नाइट्रिक अम्ल डालकर उबाला जाता है, क्योंकि यदि नाइट्रोजन एवं सल्फर उपस्थित हों तो ये तत्व HCN व H_2S के रूप में बाहर निकल जायें ।

$$NaCN + HNO_3 \rightarrow NaNO_3 + HCN$$

$$Na_2S + HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + H_2S$$

प्रश्न 13. कार्बनिक यौगिक में क्लोरीन का परीक्षण दीजिए ।

उत्तर : लैसें विलयन में तनु HNO_3 डालकर उबालने के बाद सिल्वर नाइट्रेट का विलयन डालते है । श्वेत अवक्षेप का आना तथा NH_4OH में घुल जाना क्लोरीन की उपस्थिति दर्शाता है ।

$$NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$$

श्वेत अवक्षेप

$$AgCl + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O$$

अविलेय विलेय

प्रश्न 14. कार्बनिक यौगिक में ब्रोमीन का परीक्षण दीजिए ।

उत्तर : यदि लैसें विलयन में मैडाप०३ डालने पर अवक्षेप हल्का पीला हो जो तप्तरुण्प्त में कठिनता से घुलता हो तो यह ब्रोमीन की उपस्थिति दर्शाता है ।

$$NaBr + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgBr$$

हल्का पीला

$$AgBr + 2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Br + 2H_2O$$

अविलेय विलेयशील

प्रश्न 15. कार्बनिक यौगिक में आयोडीन का परीक्षण क्या है ?

उत्तर : यदि लैसे विलयन में $AgNO_3$ डालने पर पीला अवक्षेप प्राप्त हो जो NH_4OH में अविलेय हो यह आयोडिन की उपस्थिति दर्शाता है ।

$$NaI + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgI$$

पीला अवक्षेप

प्रश्न 16. नाइट्रोजन व सल्फर का संयुक्त परीक्षण क्या हैं ?

उत्तर : लैसे विलयन का एक भाग परखनली में लेकर कुछ बूंदें $FeCl_3$ विलयन तथा HCL की मिलाते हैं । रक्त-लाल रंग (फेरिक थायोसायनेट) का प्रकट होना नाइट्रोजन तथा सल्फर दोनों की उपस्थिति दर्शाता है ।

$$3NaCNS + FeCl_3 \rightarrow Fe(CNS)_3 + 3NaCl$$

लाल रंग

प्रश्न 17. क्लोरोफॉर्म परत परीक्षण क्या हैं ?

उत्तर : आयोडीन एवं ब्रोमीन की अकेले अथवा साथ-साथ उपस्थिति को क्लोरोफॉर्म परत परीक्षण द्वारा निश्चित किया जाता है । इसमें लैसें विलयन को ऐसीटिक अम्ल डालकर अम्लीय किया जाता है । फिर इसमें $CHCl_3$ अथवा CCl_4 मिलाकर कुछ बूंदे क्लोरीन जल डालकर हिलाया जाता है ।

(i) यदि कार्बनिक परत में बैंगनी रंग प्राप्त होता है तो आयोडीन की उपस्थिति निश्चित होती है ।

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + I_2$$

बैंगनी रंग

(ii) यदि कार्बनिक तह में पीला अथवा भूरा रंग प्राप्त हो तो ब्रोमीन की उपस्थिति निश्चित होती है।

$$2NaBr + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + Br_2$$

भूरा/पीला रंग

इकाई 13

आयतनात्मक अनुमापन
Volumetric Titrations

इकाई की रूपरेखा

13.0 उद्देश्य
13.1 प्रस्तावना
13.2 अनुमापन संबंधी सामान्य जानकारी
13.3 अनुमापन हेतु उपकरण
13.4 अनुमापन विधियाँ और परिणाम हेतु गणना
13.5 आयतनात्मक अनुमापन हेतु सूचक
13.6 अस्त-क्षारक अनुमापन
13.7 रेडॉक्स अनुमापन
13.8 संदर्भ ग्रंथ
13.9 मौखिक प्रश्न

13.0 उद्देश्य (Objective)

इस इकाई के अध्ययन के पश्चात् आप समझ सकेंगे -

(1) आयतनात्मक अनुमापन क्या है ?

(2) इस अनुमापन में कौनसे उपकरण प्रयोग में लाये जाते है और उनका प्रयोग कैसे किया जाता है ।

(3) आयतनात्मक अनुमापन में प्रेक्षण कैसे लेते है और इन प्रेक्षणों द्वारा फिर परिणाम की गणना कैसे करते हैं।

(4) आयतनात्मक अनुमापन में सूचक की क्या भूमिका है ।

(5) अम्ल-क्षारक अनुमापन और रेडाक्स अनुमापन किस प्रकार किये जाते हैं ।

13.1 प्रस्तावना (Introduction)

रासायनिक विश्लेषण की विभिन्न विधियों में एक आयतनात्मक अनुमापन है । इस विधि में पदार्थो के विलयन बनाकर, उन विलयनों की अभिक्रिया करवायी जाती है । इसमें ब्यूरेट, पिपेट, फ्लास्क जैसे सामान्य उपकरण काम में लाये जाते हैं । अभिक्रिया के पूर्ण होने का पता जिस रसायन द्वारा लगाते हैं वह सूचक कहलाता है । इस इकाई में आप सरल आयतनात्मक अनुमापनों के बारे में ज्ञान प्राप्त करेंगे और सीखेंगे कि किस प्रकार किसी यौगिक की अज्ञात सान्द्रता ज्ञात की जा सकती है ।

13.2 अनुमापन संबंधी सामान्य जानकारी (General Information about volumetric titrations)

सर्वप्रथम आप उन शब्दों या परिभाषाओं की जानकारी प्राप्त करेंगें जिनका प्रयोग आप अनुमापन में करेंगे ।

1. **अज्ञात विलयन**-जिस विलयन की सान्द्रता अज्ञात हो या कहें कि जिस विलयन की सांद्रता ज्ञात करनी होती है, वह विलयन अज्ञात विलयन कहलाता है ।
2. **मानक विलयन -** जिस विलयन की सांद्रता ज्ञात हो उसे मानक विलयन अथवा ज्ञात विलयन कहते हैं।
3. **माध्यमिक विलयन -** इस विलयन की सांद्रता भी अज्ञात होती है । इसकी सांद्रता, इसका अनुमापन मानक विलयन से कर, ज्ञात की जाती है । इसके उपरांत माध्यमिक विलयन और अज्ञात विलयन में अनुमापन कर अज्ञात विलयन की सांद्रता ज्ञात करते हैं ।
4. **विलयन की सांद्रता -** किसी पदार्थ का आयतनात्मक विश्लेषण उपयोग में लिये गये विलयनों की सान्द्रता के आधार पर किया जाता है । मानक विलयन की सांद्रता ज्ञात होती है । अज्ञात या दिये गये विलयन की सांद्रता अनुमापन द्वारा ज्ञात की जाती है।

   विलयन की सांद्रता सामान्यत: ग्राम प्रति लीटर में दीं जाती है । इसका अर्थ है कि पदार्थ के एक लीटर विलयन में पदार्थ के कितने ग्राम उपस्थित है ।
5. **विलयन की नॉर्मलता -** पदार्थ के एक लीटर विलयन में उपस्थित पदार्थ के ग्राम तुल्यांकी भारों की संख्या विलयन की नॉर्मलता कहलाती है । इसे N से प्रदर्शित करते हैं । उदाहरण के लिये यदि सोडियम हाइड्रॉक्साइड (अणु भार 40, तुल्यांकी भार 40) के 40 ग्राम एक लीटर विलयन में उपस्थित है तो इस विलयन की नॉर्मलता 1N होगी तथा इसे 1 $N\ NaOH$ के रूप में लिखा जायेगा । सान्द्र H_2SO_4 (अणु भार 98, तुल्यांकी भार 49) के 49 ग्राम यदि विलयन में उपस्थित हैं तो इसे 1 NH_2SO_4 के रूप में लिखा जायेगा । ' यहां,

   सांद्रता ग्राम प्रति लीटर = नॉर्मलता x तुल्यांकी भार
6. **अंत्य बिन्दु -** ब्यूरेट का वह पाठ्यांक जिस पर सूचक के रंग परिवर्तन द्वारा अनुमापन के पूर्ण होने का पता चलता है, अनुमापन का अंत्य बिंदु कहलाता है ।

   अनुमापन के समय अनुमान लग जाता है कि अंत्य बिन्दु निकट है, तो उस अवस्था में एक बूंद विलयन ब्यूरेट से डाला जाता है । जिस बूंद पर फलास्क के विलयन मे उपस्थित सूचक का रंग बदल जाता है, वहीं अंत्य बिंदु हेतु पाठ्यांक नोट कर लिया जाता है ।
7. **सूचक -** कुछ रासायनिक पदार्थ अनुमापन के विलयनों के साथ विशिष्ट रंग देते हैं तथा अनुमापन का अंत्य बिन्दु निश्चित करने में सहायक होते हैं । ये रसायनिक पदार्थ सूचक कहलाते हैं । उदाहरण के लिये फीनॉलफ्थेलिन अम्लीय विलयन में रंगहीन रहता

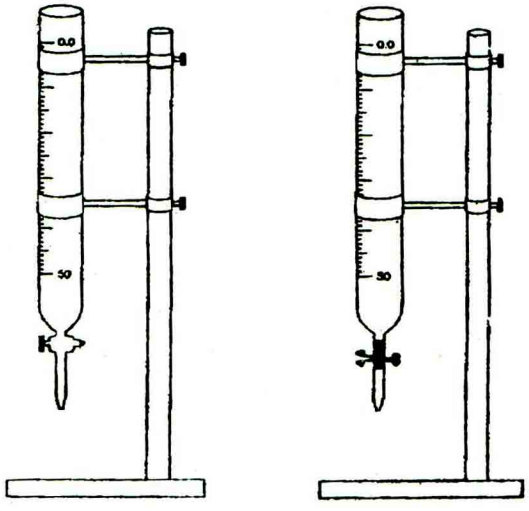
है परंतु क्षारीय विलयन में गुलाबी रंग देता है । इसलिए फीनॉलफ्थेलिन, अम्ल-क्षारक अनुमापनों में सूचक का कार्य करता है ।

13.3 अनुमापन हेतु उपकरण (Apparatus for titrations)

विलयनों का अनुमापन करने हेतु कुछ उपकरण काम में लिये जाते हैं । मुख्य उपकरणों की संक्षिप्त जानकारी आपको यहां दी जा रही है ।

1. ब्यूरेट एवं ब्यूरेट स्टैण्ड

ब्यूरेट कठोर काँच की बेलनाकार नली होती है जिसे धातु या किसी अन्य सामग्री से निर्मित स्टैण्ड में लगाकर उपयोग में लाया जाता है (चित्र 13.1) । इसका उपरी सिरा खुला हुआ तथा निचला सिरा नोकदार होता है । निचले सिरे पर एक काँच की बनी टोंटी लगी रहती है अथवा रबड की नली और पिंच क्लिप लगा रहता है । निचले सिरे की टोंटी अथवा पिंच क्लिप को खोलकर आवश्यकता अनुसार ब्यूरेट से विलयन प्राप्त किया जा सकता है । ब्यूरेट की नली पर ऊपर से नीचे की ओर 0 से 50 तक के चिह्न लगे रहते हैं । प्रत्येक भाग 1 mL आयतन प्रदर्शित करता है और इस प्रकार का प्रत्येक भाग छोटे 10 भागों में विभाजित होता है । प्रत्येक छोटे भाग का मान 0.1 ml होता है ।



स्टोपर युक्त ब्यूरेट पिंच क्लिप युक्त ब्यूरेट

चित्र 13.1

अब आप ब्यूरेट का उपयोग करना भी सीख ले -

(क) ब्यूरेट को पहले धोकर साफ किया जाता है । इसमें क्रोमिक अम्ल डालकर इसे साफ करते हैं । क्रोमिक अम्ल डालकर इसे साफ करते हैं । क्रोमिक अम्ल बनाने हेतु पोटैशियम डाइक्रोमेट को सान्द्र सल्पयूरिक अम्ल में घोला जाता है । इस विलयन से ब्यूरेट साफ कर इसे एक बोतल में भरकर रख देते है और इसे बार-बार प्रयोग में लाया जा सकता है । क्रोमिक अम्ल से साफ क२ ने के बाद ब्यूरेट को जल से भली भांति साफ करते हैं और फिर अंतिम रूप से इसे आसुत जल द्वारा साफ कर लिया जाता है।

(ख) आसुत जल से साफ ब्यूरेट में थोड़ा सा वह विलयन डाला जाता है जिसे अनुमापन करते समय ब्यूरेट में भरना है । इस विलयन से ब्यूरेट को भली भांति खंगाल कर उसे नीचे टोंटी से बाहर निकाल देते हैं ।

(ग) अब ब्यूरेट में विलयन भर कर कुछ विलयन टोंटी से इस प्रकार बाहर निकालते हैं कि नली में वायु का कोई बुलबुला न रह जाए । अब इसे ऊपरी शून्य अथवा किसी सुविधाजनक चिह्न तक भर लेते हैं, जो प्रारंभिक पाठ्यांक का कार्य करता है ।

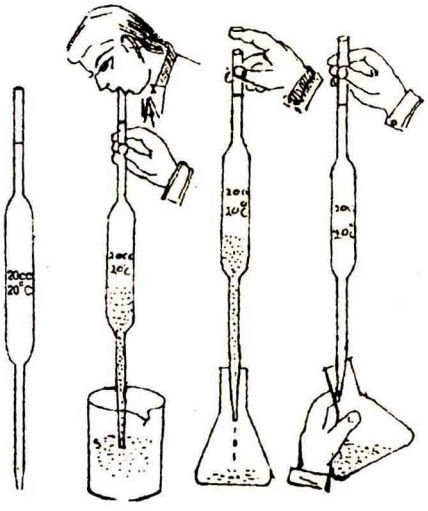
(घ) इस स्थिति में ब्यूरेट अनुमापन के लिये तैयार माना जाता है ।

(च) ब्यूरेट में पाठ्यांक उसके तल की सीध में आंख रखकर पढ़ना चाहिये । द्रव के वक्र मेनिस्कस के निचले भाग को पाठ्यांक के रूप में लेना चाहिए ।

(छ) उपयोग के पश्चात्, विलयन को ब्यूरेट से निकाल कर तथा उसे जल द्वारा दो तीन बार अच्छी तरह धोकर अपने स्थान पर रख देना चाहिए ।

2. पिपेट-

अनुमापन हेतु यह दूसरा महत्वपूर्ण उपकरण है । यह भी कांच का बना होता है (चित्र 13.2) । इसके बीच में एक बेलनाकार बल्ब नुमा भाग होता है । ऊपर खुले मुंह की नली तथा नीचे की ओर जेट नुमा छिद्र वाली नली होती है । पीपेट का आयतन एक निश्चित ताप पर निश्चित होता है. । तापमान (20°C या 25°C) पिपेट पर लिखा रहता है । पिपेट के ऊपरी भाग पर एक गोल चिह्न लगा रहता है ।इस चिह्न तक पिपेट का आयतन 10mL, 20mL, 25mL या फिर कुछ और हो सकता है ।



चित्र 13.2 : पिपटे द्वारा विलयन लेना

अब आप पिपेट का उपयोग जान ले -

(क) जिस विलयन का अनुमापन, ब्यूरेट में भरे गये विलयन के साथ किया जाता हैं, उस विलयन को पिपेट द्वारा लेकर एक पलास्क में डाला जाता है ।

(ख) इस प्रक्रम हेतु सर्वप्रथम पिपेट को ठीक वैसे ही क्रोमिक अम्ल से साफ करते हैं, जैसे ब्यूरेट को साफ किया जाता है ।

(ग) अब इसे विलयन द्वारा एक बार खंगाल कर, विलयन सींक मे फेंक देते हैं । अब मुंह से खींच कर विलयन के चिह्न को ऊपर तक ले जाते हैं और अंगुली या अंगूठे से पिपेट का ऊपरी सिरा बंद करते हैं ।

(घ) अब सावधानी से विलयन गिराकर उसका स्तर चिह्न तक ले आते हैं ।

(च) अब पिपेट का विलयन स्वच्छ फ्लास्क में डालते हैं ।

(छ) विलयन का अल्प भाग पिपेट की नोक पर रह जाता है । नोक को फ्लास्क की दिवार से छुआकर विलयन को लेने का प्रयास करते हैं । फिर भी अल्प मात्रा में पिपेट की नोक में रह जाता है । इस विलयन को फूंक मार कर फ्लास्क में डालना ठीक नहीं होगा ।

(ज) फ्लास्क में विलयन अनुमापन के लिए तैयार है । इसमें आवश्यकता अनुसार सूचक मिलाकर अनुमापन कार्य सम्पन्न करें ।

3. आयतनी फ्लास्क -

यह एक निश्चित आयतन वाला कांच का फ्लास्क होता है । इसकी गर्दन पर निश्चित आयतन का चिह्न लगा रहता है । साथ ही फ्लास्क पर उसका आयतन और वह ताप अंकित होता है जिस ताप पर चिह्न तक फ्लास्क का दिया हुआ आयतन होता है । ये फ्लास्क 100mL, 250mL, 500mL आदि आयतनों के हो सकते है । इस फ्लास्क का उपयोग पदार्थ का मानक विलयन बनाने हेतु किया जाता है ।

4. तुला -

मानक विलयन या अन्य विलयन बनाने हेतु पदार्थ को तोलना पड़ता है । इसके लिये पहले रासायनिक तुला का प्रयोग किया था अब डिजीटल तुला का प्रयोग होने लगा है जिस पर पाठ्यांक सीधा पढ़ लिया जाता है ।

13.4 अनुमापन विधियां और परिणाम हेतु गणना (Volumetric Method and calculation for the Result)

अनुमापन मुख्य रूप से निम्न चार प्रकार के होते हैं -

(क) अम्ल क्षार अनुमापन

(ख) ऑक्सीकरण - अपचयन या रेडाक्स अनुमापन

(ग) अवक्षेपण अनुमापन

(घ) सकुलमितीय अनुमापन इस स्तर पर आपको प्रथम दो प्रकार के अनुमापन सम्पन्न करने हैं जिसके बारे में आपको आगे बताया जायेगा । पहले आप अनुमापन की विधियां और परिणाम गणना करना सीख लें ।

34.4.1 अनुमापन की विधियों -

मुख्य रूप से अनुमापन की दो विधियां होती हैं - एकल अनुमापन और द्वि-अनुमापन या दोहरा अनुमापन ।

(1) **एकल अनुमापन -** इस विधि में दो विलयन काम मे आते हैं - एक मानक विलयन दूसरा अज्ञात सांद्रता वाला विलयन । मानक विलयन की सांद्रता ज्ञात होती है । इसलिए इसे ज्ञात विलयन भी कहते हैं और इसी प्रकार ज्ञात सांद्रता वाला विलयन अज्ञात विलयन कहलाता है ।

सूचक के रंग परिवर्तन गुण के आधार पर एक विलयन की निश्चित मात्रा (10, 20 या 25mL) पिपेट द्वारा लेकर कोनिकल फ्लास्क में भर लेते हैं । इसमें कुछ बूंदे सूचक की मिलायी जाती है । दूसरा विलयन ब्यूरेट में एक निश्चित चिह्न (सामान्यत: शून्य पाठ्यांक वाला) तक भरते हैं । अब ब्यूरेट से थोड़ी थोड़ी मात्रा में विलयन कोनिकल फ्लास्क के विलयन में मिलाया जाता है । मिश्रण को लगातार हिलाते रहते हैं जिससे दोनों विलयनों के मध्य रासायनिक अभिक्रिया सुचारू रूप से होती रहे । जैसे ही अंत्य बिन्दु पर विलयन का रंग परिवर्तन हो, ब्यूरेट से विलयन डालना बंद कर देते हैं । ब्यूरेट का पाठ्यांक नोट कर लेते हैं । इस अंतिम और प्रारंभिक पाठ्यांकों का अंतर आपको ब्यूरेट के विलयन का आयतन देगा, जो फ्लास्क के विलयन से पूर्ण अभिक्रिया करता है । यह पाठ्यांक अनुमानित होता है ।

सही पाठ्यांक ज्ञात करने हेतु अंत्य बिन्दु से पूर्व ब्यूरेट से विलयन की एक एक बूंद डालते हैं । जिस बूंद पर रंग परिवर्तन हो जाए उससे संबंधित पाठ्यांक सही आयतन बताएगा । यही पाठ्यांक यदि अगली बार भी प्राप्त हो जाता है तो उसे सही और अंतिम पाठ्यांक मान लिया जाता है । यह सुसंगत पाठ्यांक कहलाता है ।

माना कि प्रथम अनुमापन में ब्यूरेट का पाठ्यांक 20.4 mL आता है तो 19.5mL के पश्चात् एक एक बूंद विलयन ब्यूरेट से डालें और मिश्रण को हिलाते रहें । जिस बूंद पर फ्लास्क के विलयन का रंग परिवर्तन हो जाएं, वहीं विलयन मिलाना रोक दें और पाठ्यांक लिख लें । इसके बाद भी अनुमापन को दोहरायें । जिससे दो पाठ्यांक एक जैसे प्राप्त हो जाये । यही पाठ्यांक गणना हेतु उपयोग में लावें ।

गणना : सामान्यत: विलयनों की नॉर्मलता के आधार पर विलयन की सांद्रता की गणना की जाती है । गणना का सूत्र है -

$N_1V_1 = N_2V_2$ यहाँ, N_1 = मानक/ज्ञात विलयन की नॉर्मलता

V_1 = मानक विलयन का आयतन

या, $N_2 = \frac{N_1 \times V_1}{N_2}$ N_2 =अज्ञात विलयन की नॉर्मलता

V_2 = अज्ञात विलयन का आयतन

सान्द्रता (ग्राम/लीटर) = N_2 * पदार्थ का तुल्यांकी भार

(2) द्विअनुमापन -

इस अनुमापन में अनुमापन प्रक्रिया दो बार की जाती है । इसे दोहरा अनुमापन भी कहते है । इस अनुमापन में तीन प्रकार के विलयनों का उपयोग किया जाता है । ये विलयन हैं - ज्ञात या मानक विलयन, अज्ञात विलयन तथा माध्यमिक विलयन । यहां यह बताना आवश्यक है कि ज्ञात तथा अज्ञात विलयन एक ही पदार्थ अथवा समान प्रकृति के पदार्थों होते हैं । माध्यमिक विलयन इन दोनों विलयनों से अभिक्रिया करने की क्षमता रखता है ।

पहले चरण में ज्ञात अथवा मानक विलयन का अनुमापन माध्यमिक विलयन के साथ किया जाता है तथा गणना द्वारा माध्यमिक विलयन की नॉर्मलता ज्ञात कर लेते हैं!

द्वितीय चरण में माध्यमिक विलयन और अज्ञात विलयन के मध्य अनुमापन किया जाता है तथा प्राप्त पाठ्यांकों से अज्ञात विलयन की सांद्रता ज्ञात कर ली जाती है ।

गणना : (क) पहले माध्यमिक विलयन की नॉर्मलता ज्ञात करते है -

$$N_1V_1 = N_2V_2 \quad \text{अथवा} \quad N_2 = \frac{N_1 \times V_1}{N_2} \qquad \text{----------(i)}$$

यहां N_1 और N_2 क्रमश: मानक और माध्यमिक विलयनों की नॉर्मलताएं हैं तथा V_1 और V_2 क्रमश: मानक और माध्यमिक विलयनों के आयतन हैं, जो परस्पर रासायनिक अभिक्रिया पूर्ण करते हैं ।

(ख) अब ज्ञात की गयी माध्यमिक विलयन की नॉर्मलता का उपयोग करते हुए अज्ञात विलयन की सांद्रता ज्ञात कर लेते हैं ।

$$N_3V_3 = N_4V_4 \quad \text{अथवा} \quad N_4 = \frac{N_3 \times V_3}{V_4} \qquad \text{----------(ii)}$$

यहां N_3 और N_4 क्रमश: माध्यमिक विलयन ($N_3 = N_2$) और अज्ञात विलयन की नॉर्मलताएं हैं तथा V_3 और V_4 क्रमश: माध्यमिक और अज्ञात विलयन के आयतन हैं, जो परस्पर रासायनिक अभिक्रिया पूर्ण करते हैं ।

नॉर्मलता ज्ञात होने पर विलयन की सांद्रता की गणना निम्नलिखित सूत्र से कर सकते हैं ।

सांद्रता (ग्राम प्रति लीटर) = नॉर्मलता * पदार्थ का तुल्यांकी भार

13.5 आयतनात्मक अनुमापन हेतु सूचक (Indicators for Volumetric titrations)

अनुमापनों में अंत्य बिंदु के बारे में आप जान चुके है । अंत्य बिन्दु दो विलयनों के मध्य रासायनिक अभिक्रिया के पूर्ण होने की सूचना देता है । अंत्य बिन्दु ज्ञात करने हेतु जिस यौगिक का प्रयोग किया जाता है, उसे सूचक कहते हैं । यहां आपको अम्ल-क्षारक अनुमापन और रेडॉक्स अनुमापनों में प्रयुक्त होने वाले सूचकों की जानकारी दी जायेगी ।

13.5.1 अम्ल-क्षारक अनुमापनों में प्रयुक्त होने वाले सूचक

अम्ल-क्षारक अनुमापनों में प्रयुक्त होने वाले सूचकों को pH सूचक भी कहते है, क्योंकि ये सूचक विलयन के pH परिवर्तन के अनुसार रंग बदलते हैं ।

अम्ल-क्षारक अनुमापनों में सामान्यत: फीनॉलफ्थेलिन और मेथिल ऑरेंज सूचक का प्रयोग करते हैं । फीनॉलफ्थेलिन स्वयं एक दुर्बल अम्ल होता है । यह सूचक अम्लीय विलयन में रंगहीन रहता है । अम्लीय विलयन में इस सूचक का आयनन नहीं होता हैं । क्षारीय माध्यम में इसका आयतन हो जाता है और इसका रंग गुलाबी हो जाता है । अत: रंगहीन से गुलाबी रंग आना pH परिवर्तन का सूचक है और अम्ल-क्षारक अभिक्रिया का पूर्ण होना बताता है।

इसी प्रकार मेथिल ऑरेंज एक दुर्बल क्षार है और इस कारण क्षारीय माध्यम में इसका आयनन नहीं होता । अम्ल-क्षारक की उदासनीकरण अभिक्रिया पूर्ण होने पर, एक बूंद अम्ल का आधिक्य विलयन का रंग पीले से लाल कर देता है ।

आपकी जानकारी के लिये बताना आवश्यक है कि pH7 वाला विलयन उदासीन प्रकृति का होता है तथा 7 से कम pH का विलयन अम्लीय होता है । pH का मान कम होगा उतना ही अम्लीय माध्यम प्रबल होगा । pH का मान यदि 7 से अधिक होता है तो विलयन क्षारकीय होता है । pH का मान जितना अधिक होगा, विलयन का क्षारकीय गुण उतना ही प्रबल होगा ।

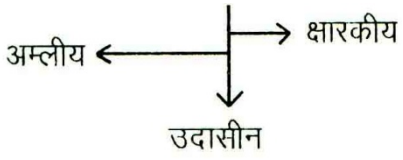
विलयन के pH का मान विलयन की हाइड्रोजन आयन सान्द्रता, जिसे (H+) द्वारा प्रदर्शित करते है, पर निर्भर करता है । pH और हाइड्रोजन आयन सान्द्रता के संबंध को निम्नलिखित सूत्र द्वारा दिखाया जा सकता है-

pH = -log[H+]

इस आधार पर pH पैमाना बनाया गया जो निम्न प्रकार है -

$[H^+]$ 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11} 10^{-12} 10^{-13} 10^{-14}

pH मान 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



सारणी 13.1 में विभिन्न pH परास में सुबक के रंग परिवर्तन और संबंधित अम्ल-क्षारक अनुमापन की प्रकार दी गयी है ।

सारणी 13.1 अम्ल-क्षारक अनुमापन का प्रकार और उपयुक्त सूचक

सूचक का नाम	अम्लीय माध्यम में रंग	क्षारकीय माध्यम में रंग	रंग परिवर्तन का pHपरास	अनुमापन जिसके लिए सूचक उपयुक्त है
फ़िनोलफ्थेलीन	रंगहीन	गुलाबी	8.3 से 10	प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक तथा दुर्बल अम्ल-प्रबल क्षारक
मेथिल ऑरेंज	लाल	पीला	3.1 से 4.5	प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक
मेथिल रैड	लाल	पीला	4.2 से 6.3	प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक
फीनोल रैड	पीला	लाल	6.8 से 8.4	प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक

अम्ल-क्षारक अनुमापन में अम्ल और क्षारक के विलयनों के मध्य उदासीनीकरण अभिक्रिया होती है जिसमें अम्ल के H^+ आयन और क्षार के OH^- आयन मिलकर अम्ल आयनित जल, H_2O के उदासीन अणु बनाते हैं । अंतिम बिन्दु पर विलयनों का मिश्रण पूर्णतया उदासीन होता है । इस अवस्था में इसकी pH7 होती है । एक बूंद अम्ल या क्षार मिलाने पर pH का कम या अधिक होना सूचक का रंग परिवर्तन कर देता है । इस अवस्था मे ब्यूरेट के पाठ्यांक की गणना हेतु अंत्य बिन्दु का पाठ्यांक मान लिया जाता है ।

13.5.2 रेडॉक्स अनुमापनों में प्रयुक्त होने वाले सूचक

ऑक्सीकरण - अपचयन या रेडॉक्स अनुमापनों मे प्रयुक्त होने वाले सूचकों को निम्नलिखित वर्गो में बांटा जा सकता है -

(1) **आंतरिक सूचक :** इस वर्ग के सुचको को विलयन में डालकर रंग परिवर्तन देखा जाता है । जो अंत्य बिन्दु के पाठ्यांक को बताता है । उदाहरण के लिए N - फेनिल ऐन्थ्रेनिलिक अम्ल एक आंतरिक सूचक हैं । जिसे डाइक्रोमेट विलयनों के साथ होने वाले रेडाक्स अनुमापनों में काम मे लेते हैं । अंत्य बिन्दु पर डाइक्रोमेट विलयन की एक बूंद इस सूचक को ऑक्सीकृत कर इसके हरे रंग को बैंगनी रंग में बदल देती है ।

(2) **बाह्य सूचक :** पोटैशियम फैरोसायनाइड, $K_3[Fe(CN)_6]$, को फेरस आयन और डाइक्रोमेट विलयन के मध्य किये जाने वाले अनुमापन में बाह्य सूचक के रूप में काम में लेते हैं । Fe^{2+} आयन इस सूचक के साथ नीला संकुल बनाते है ।

$$3Fe^{2+} + 2K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow Fe[Fe(CN)_6]_2 + 6K$$

नीला सकुल

अंत्य किन्तु पर Fe^{3+} आयन उपलब्ध नहीं होने पर नीला रंग नहीं आता क्योंकि ऑक्सीकरण से सभी फेरस आयन फेरिक आयनों में परिवर्तित हो जाते हैं ।

(3) **स्वयं सूचक :** जब किसी अनुमापन में प्रयुक्त होने वाले विलयनों में से कोई एक विलयन सूचक का कार्य करता है तो वह स्वयं सूचक कहलाता है । उदाहरण के लिए, पोटैशियम परमैंगनेट और फेरस अमोनियम सल्फेट के मध्य रेडॉक्स अनुमापन में पोटैशियम परमैंगनेट $KMnO_4$ का विलयन स्वयं सूचक का कार्य करता है । इस अनुमापन में पोटैशियम परमैंगनेट विलयन ब्यूरेट में लिया जाता है । यह Fe^{2+} आयनों को Fe^{3+} आयनों में ऑक्सीकृत करता है और स्वयं रंगहीन होता रहता है । परंतु अभिक्रिया पूर्ण हो जाने पर अंत्य बिन्दु पर इसकी एक बूंद फ्लास्क के विलयन को स्थाई रूप से गुलाबी कर देती है ।

13.6 अस्त-क्षारक अनुमापन (Acid Base Titrations)

अम्ल-क्षारक अनुमापन में एक विलयन किसी अम्ल का और दूसरा किसी क्षारक का होता है । अम्ल और क्षारक की प्रबलता के आधार पर अम्ल-क्षारक अनुमापनों को चार वर्गो में बांटा जा सकता है ।

(1) **प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक अनुमापन -** इस अनुमापन में अस्त और क्षारक, दोनों प्रबल होते हैं । प्रबल अम्ल H_2SO_4, HCl, HNO_3 आदि हैं तथा प्रबल क्षारक $NaOH, KOH,$ आदि हैं । यदि क्षारक को ब्यूरेट में लिया जाता है और फ्लास्क में पिपेट से अम्ल भरा जाता है तो फ्लास्क के अस्त में फीनॉलफ्थेलिन की कुछ बूंदें डाली जाती हैं । इसके विपरीत, यदि ब्यूरेट में अम्ल और फ्लास्क में क्षारक लिया जाता है, तो मेथिल ऑरेंज सूचक का प्रयोग किया जाता हैं ।

(2) **प्रबल अस्त-दुर्बल क्षारक अनुमापन -** इस अनुमापन में प्रबल अम्ल तो H_2SO_4, HCl, HNO_3 आदि हो सकते हैं परंतु दुर्बल क्षारक सोडियम कार्बोनेट $Na_2CO.10H_2O$ जैसे यौगिक होंगे । इस अनुमापन में मेथिल ऑरेंज उपयुक्त सूचक होगा ।

(3) **दुर्बल अम्ल-प्रबल क्षारक अनुमापन -** इस प्रकार के अनुमापन का उदाहरण, ऐसीटिक अम्ल CH_3COOH और $NaOH$ के मध्य अनुमापन है । इन अनुमापनों में क्षारक को ब्यूरेट में लिया जाता है तथा उपयुक्त सूचक फीनॉलफ्थेलिन होगा ।

(4) **दुर्बल अम्ल-दुर्बल क्षारक अनुमापन -** इस प्रकार के अनुमापनों में अंत्य बिन्दु शार्प नहीं होता अर्थात् विलयन की एक ही बूंद से सूचक का रंग परिवर्तन नहीं हो पाता और रंग परिवर्तन में समय भी लगता है । अत: यहां दिये गये सूचक इन अनुमापनों के अच्छे परिणाम नहीं दे पाते । ये अनुमापन अन्य तकनीक से किये जाते हैं ।

13.6.1 अम्ल-क्षारक अनुमापनों के लिये विलयन बनाना

अस्त-क्षारक अनुमापनों में तीन प्रकार के विलयनों की आवश्यकता होती है ।

(क) **मानक विलयन :** यह ज्ञात सांद्रता का विलयन होता है । इसको बनाने के लिये अम्ल या क्षारक की वांछित मात्रा तोल कर एक आयतनी फ्लास्क में लेते हैं और फिर कुछ आसुत जल में उसे विलेय कर, विलयन का आयतन फ्लास्क में लगे चिह्न तक और आसुत जल मिलाकर कर लेते हैं । इस विलयन को हिलाकर भली भांति मिश्रित कर लिया जाता है ।

(ख) **अज्ञात विलयन :** इस विलयन (अम्ल अथवा क्षारक) की सांद्रता अज्ञात होती है और अनुमापन द्वारा इसे ज्ञात किया जाता है ।

(ग) **माध्यमिक विलयन :** यदि आप एकल अनुमापन कर रहे हैं तो उक्त दो विलयनों की आवश्यकता होगी । परंतु दोहरे अनुमापन में माध्यमिक विलयन की आवश्यकता पड़ती है । जब मानक विलयन और अज्ञात विलयन एक ही यौगिक या एक ही प्रकृति वाले यौगिकों के होते हैं तो एक तीसरे विलयन की आवश्यकता होती है जो उक्त दोनों विलयनों से अभिक्रिया करने की क्षमता रखता है । यह विलयन माध्यमिक विलयन कहलाता है । उदाहरण के लिये, मानक विलयन तथा अज्ञात विलयन दोनों ही ऑक्सैलिक अम्ल के है तो माध्यमिक विलयन $NaOH$ का हो सकता है ।

सूचकों के विलयन - एक ग्राम फीनॉल्फथेलिन को 500 mL परिशोधित स्प्रिट में घोलकर इस सूचक का विलयन प्राप्त करते हैं । इसी प्रकार एक ग्राम मेथिल ऑरेंज को एक लीटर जल में घोल कर उसका विलयन बनाया जाता है ।

अम्लों के विलयन - अम्ल का मानक विलयन बनाने हेतु उसका तुल्यांकी भार ज्ञात होना चाहिये ।

$$\text{अम्ल की तुल्यांकी भार} = \frac{\text{अम्ल का अणु भार}}{\text{अम्ल की क्षारकता}}$$

किसी अम्ल के अणु में उपस्थित विस्थापनीय हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या उस अम्ल की क्षारकता कहलाती है । उदाहरण के लिये, ऑक्सैलिक अम्ल ($H_2C_2O_4, 2H_2O$) का अणु भार 12608 है । इसकी क्षारकता 2 है, अत: इसका तुल्यांकी भार 6304 होगा । इस अम्ल का एक लीटर 1N विलयन बनाने हेतु 63.04 ग्राम ठोस अम्ल की आवश्यकता होगी ।

सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4) की क्षारकता भी 2 है, परंतु H_2SO_4 तथा CH_3COOH की क्षारकता एक होती है । ये सभी अम्ल द्रव हैं । इनकी नॉर्मलता इनकी बोतलों पर लिखी रहती है, उस आधार पर इनका आयतन लेकर और उसे आसुत जल से तनु करके वांछित नॉर्मलता का विलयन प्राप्त किया जा सकता है ।

उदाहरण के लिये, HCl को बोतल पर उसकी नॉर्मलता 12 N दी हुई है और आपको 0.1 N का 250 mL विलयन बनाना है तो कैसे बनायेंगे । इसके लिये निम्नलिखित सूत्र का उपयोग करेंगे -

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$12N \times V_1 = 0.1N \times 250mL$$

$$V_1 = \frac{0.1N \times 250mL}{12\,N}$$

= 2.083 mL

अब आप यदि 2083 mL सान्द्र HCl के 250 mL के आयतनी फ्लास्क में लेकर उसमें चिह्न तक आसुत जल मिलाते है तो आपको उसका 0.1 N विलयन प्राप्त होगा । परंतु आपके लिये 2033 mL HCl मापना संभव नहीं होगा । अत: 2.0 अथवा 2.1 mL HCl लेकर विलयन बना लें तथा निम्नलिखित सूत्र से नॉर्मलता की गणना कर लें

प्राप्त HCl विलयन की नॉर्मलता = $\frac{\text{सान्द्र } HCl \text{ का आयतन x 12 N}}{250\,mL}$

क्षारकों के विलयन - किसी क्षारक के एक अणु में उपस्थित हाइड्रॉक्सिल (OH^{-1}) आयनों की संख्या उस क्षारक की अम्लता कहलाती है ।

क्षारक का तुल्यांकी भार = $\frac{\text{क्षारक का अणु भार}}{\text{क्षारक की अम्लता}}$

उदाहरण के लिये सोडियम हाइड्रॉक्साइड ($NaOH$) की अम्लता 1 होती है । अत: उसका तुल्यांकी भार उसके अणु भार (40) के बराबर होगा । $NaOH$ का 1N विलयन एक लीटर में बनाने के लिये उसके 40 ग्राम तोल कर उसे आयतनी फ्लास्क में डालेंगे । फिर आसुत जल में घोल कर उसे आसुत जल द्वारा चिह्न तक भर देंगे । ध्यान रहे कि $NaOH$ एक आर्द्रता ग्राही पदार्थ है अर्थात खुले में बहुत शीघ्र वायु की जल -वाष्प का अवशोषण कर लेता है । अत: $NaOH$ का मानक विलयन बनाना कठिन होता है ।

क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट($Na_2CO_3.10H_2O$) का अणु 2 HCl अणुओं को उदासीन करता है, अत: इसकी अम्लता 2 होती है और इसका तुल्यांकी भार उसके अणु भार का आधा (143) होता है ।

1 लीटर क्षारक की नॉर्मलता = $\frac{\text{क्षारक का ग्रामों में भार}}{\text{क्षारक का तुल्यांकी भार}}$ x N

उक्त समीकरण द्वारा भी क्षारक की नॉर्मलता ज्ञात कर सकते हैं । यदि आप 250 mL, विलयन बनाना चाहते है । तो उक्त समीकरण निम्न प्रकार होगी -

क्षारक की नॉर्मलता = $\frac{\text{क्षारक का ग्रामों में भार}}{\text{क्षारक का तुल्यांकी भार}}$ x $\frac{250}{1000}$ N

13.6.2 कुछ अम्ल-क्षारक अनुमापन

अब आप कुछ अम्ल-क्षारक अनुमापनों के उदाहरण समझेंगे । ताकि आपको प्रायोगिक कार्य करने में कठिनाई न हो । यहाँ आपके लिये कुछ सरल प्रयोग दिये जा रहे है जिन्हें आप

प्रयोग शाला में कर सकते हैं और इनके आधार पर अन्य अम्ल-क्षारक अनुमापन भी सुविधापूर्वक करने हेतु क्षमता का विकास कर सकते है ।

प्रयोग 1

उद्देश्य : दिये गये अज्ञात हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की नॉर्मलता ज्ञात करना । इसके लिए आपको 0.1N क्रिस्टलीय सोडियम कार्बोनेट का विलयन दिया गया है । सूचक के रूप में मेथिल ऑरेंज विलयन उपलब्ध हैं ।

सिद्धांत : अम्ल और क्षारक अभिक्रिया कर लवण और जल बनाते है । क्षारक यदि कार्बोनेट है तो CO_2 गैस भी उत्सर्जित होती है ।

$$2HCl + Na_2 \rightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$$

अंत्य बिन्दु पर ब्यूरेट से HCl विलयन की एक बूंद डालने पर फलास्क में विलयन का रंग पीले से लाल हो जाता है ।

आवश्यक उपकरण: ब्यूरेट,पिपेट, ब्यूरेट स्टैण्ड, कोनिकल फ्लास्क फनल ।

अनुमापन विधि -

1. सबसे पहले ब्यूरेट, पिपेट और कोनिकल फ्लास्क को क्रोमिक अम्ल से और फिर जल से भली भांति धो लें ।
2. ब्यूरेट को दिये गये HCl विलयन से खंगाल कर उसमें HCl विलयन भर कर पाठ्यांक शून्य पर सेट कर दे ।
3. पिपेट के मानक Na_2CO_3 विलयन से खंगाल कर उसमें निर्धारित चिह्न तक इस विलयन को भरें और फिर कोनिकल फ्लास्क में स्थानांतरित कर दें । फ्लास्क में 4-5 बूंद मैथिल ऑरेंज सूचक डाल दें ।
4. अब ब्यूरेट से थोड़ा थोड़ा HCl विलयन डालें और फ्लास्क को हिलाते रहें ।
5. जैसे ही फ्लास्क का रंग पीले से लाल हो जाये HCl विलयन डालना रोक दें और ब्यूरेट में पाठ्यांक नोट कर लें । यह आपका प्रथम और रफ अंत्य बिन्दु कहलायेगा ।
6. अनुमापन को दोहराये, परंतु इस बार रफ अंत्य बिन्दु पाठ्यांक के लगभग 1 mL पहले HCl विलयन बूंद बूंद कर मिलायें । जिस बूंद पर रंग परिवर्तन हो, उस पाठ्यांक को नोट कर लें ।
7. अनुमापन को फिर से करें और तब तक दोहरायें, जब तक आपको दो सुसंगत (एक समान) पाठ्यांक प्राप्त न हो जायें । यही पाठ्यांक गणना के लिए प्रयोग में लायें ।

प्रेक्षण सारणी: आप सभी पाठ्यांक एक प्रेक्षण सारणी के रूप में नोट करें । प्रेरण सारणी का एक नमूना यही दिया जा रहा है-

क्रम संख्या	पिपेट के विलयन (Na_2CO_3) का आयतन (mL)	ब्यूरेट के विलय (HCl)हेतु पाठ्यांक		HCl विलयन का आयतन (mL)
		प्रारंभिक पाठ्यांक	अंतिम पाठ्यांक	
1	20	0.0	19.7	19.7
2	20	0.0	19.6	19.6
3	20	0.0	19.5	19.5
4	20	0.0	19.6	19.6

सुसंगत मान=19.6mL

गणना-

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$0.1N \times 20mL = N_2 \times 19.6mL$$

$$N_2 = \frac{0.1 \times 20}{19.6} N = 1.102\,N$$

(यदि सांद्रता ग्राम प्रति लिटर से ज्ञात करनी हो तो 0.102 को HCl के तुल्यांकी भार 36.05 से गुणा करेंगे)

परिणाम - दिये गये हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की नॉर्मलता 0.102N है ।

प्रयोग 2

उद्देश्य: दिये गये $NaOH$ विलयन की सांद्रता ग्राम प्रति लीटर में ज्ञात करना । इसके लिये आपको 0.1N क्रिस्टलीय ऑक्सैलिक अम्ल का मानक विलयन दिया गया है । सूचक के रूप में फीनॉल्फथेलिन का विलयन दिया है ।

सिद्धांत: अम्ल और क्षारक परस्पर अभिक्रिया कर लवण एवं जल बनाते हैं -

$$\begin{array}{lcl} COOH & & COONa \\ | & +2NaOH \rightarrow & | \\ COOH & & COONa \end{array} \quad +2H_2O$$

अंत्य बिन्दु पर ब्यूरेट से डाली गयी $NaOH$ विलयन की एक बूंद फ्लास्क के विलयन का रंग लाल कर देती है ।

(उपकरण, विधि, प्रेक्षण सारणी, गणना, आदि प्रयोग 1 की भांति है)

प्रयोग 3

उद्देश्य :दिये गये सल्फ्यूरिक अम्ल की सांद्रता ग्राम प्रति लीटर से ज्ञात करना । इसके लिए आपको 0.1N नॉर्मलता का HCl विलयन तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड का माध्यमिक विलयन दिया गया है । फीनॉलफ्थलिन सूचक प्रयोग में लाना है ।

सिद्धांत अम्ल और क्षारक परस्पर उदासीनीकरण अभिक्रिया करके लवण तथा जल बनाते हैं ।

$$HCl + NaCl \rightarrow NaCl + H_2O$$
$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

उपकरण :प्रयोग 1 जैसे ।

विधि:-

1. $NaOH$ विलयन को ब्यूरेट में लेकर प्रयोग 2 की भांति मानक HCl विलयन से अनुमापन करेंगे । प्राप्त सुसंगत पाठ्यांक से । $NaOH$ विलयन की नॉर्मलता गणना द्वारा ज्ञात कर लेंगे ।
2. अब $NaOH$ विलयन (ब्यूरेट में) तथा अज्ञात H_2SO_4 विलयन (पिपेट द्वारा फ्लास्क में लेकर) के मध्य अनुमापन करेंगे और प्राप्त सुसंगत पाठ्यांक से H_2SO_4 विलयन की नॉर्मलता और फिर सांद्रता ज्ञात कर लेंगे ।
3. उक्त दोनों अनुमापनों में फ्लास्क में अम्ल के विलयन में 3-4 बूंद फीनॉलफ्थेलिन सूचक की मिलायेंगे अंत्य बिंदु पर रंगहीन विलयन लाल हो जाता है ।
4. इस अनुमापन में आप दो प्रेक्षण सारणीयां बनाएंगे -
   प्रथम - मानक HCl विलयन और माध्यमिक $NaOH$ विलयन के लिये
   द्वितीय - अज्ञात H_2SO_4 विलयन और माध्यमिक $NaOH$ विलयन के लिए ।

गणना-

(क) माध्यमिक $NaOH$ की नॉर्मलता ज्ञात करना -

माना 20mL 0.1 HCl विलयन के लिये माध्यमिक $NaOH$ विलयन का सुसंगत पाठ्यांक 19.8 हैं ।

$$N_1V_1 = N_2V_2$$
$$0.1N \times 20mL = N_2 \times 19.8mL$$
$$N_2 = \frac{0.1 \times 20}{19.8} N$$

(ख) अज्ञात H_2SO_4 विलयन की नॉर्मलता एवं सांद्रता ज्ञात करना -

माना 20mL H_2SO_4 विलयन के लिये $NaOH$ विलयन का सुसंगत पाठ्यांक 19.6 है ।

$$N_3V_3 = N_4V_4$$
$$N_3 \times 20mL = \frac{0.1 \times 20}{19.8} N \times 19.6\,mL (N_4 = N_2)$$
$$N_3 = \frac{19.6}{19.8} \times 0.1N$$

सांद्रता ग्राम प्रति लीटर = $N_3 \times H_2SO_4$ का तुल्यांकी भार

$$= \frac{19.6 \times 0.1 \times 49}{19.8} \text{ ग्राम/लीटर}$$

= 4.8505 ग्राम लीटर

परिणाम : अज्ञात सल्पयूरिक अम्ल की सान्द्रता 4.8505 ग्राम /लीटर है । उक्त प्रयोगों के आधार पर आप दिया गया कोई भी अम्ल-क्षारक अनुमापन कर सकते है ।

13.7 रेडाक्स अनुमापन (Redox Titrations)

रेडॉक्स अथवा ऑक्सीकरण -अपचयन अनुमापन में एक विलयन ऑक्सीकारक पदार्थ का होता है और दूसरा अपचायक पदार्थ का । इस अनुमापन में एक पदार्थ का ऑक्सीकरण होता है तो दूसरे का अपचयन होता है । रेडॉक्स अभिक्रियाओं में तत्वों की ऑक्सीकरण संख्याओं में परिवर्तन होता है ।

उदाहरण के लिये पोटैशियम डाइक्रोमेट और फेरस अमोनियम सल्फेट के अनुमापन में पोटैशियम डाइक्रोमेट एक ऑक्सीकारक पदार्थ है और यह फेरस आयनों को फेरिक आयनों में ऑक्सीकृत कर देता है और स्वयं क्रोमियम (III) अवस्था में अपचित हो जाता है । इसी प्रकार पोटैशियम परमैंगनेट और फेरस अमोनियम सल्फेट के मध्य अनुमापन भी रेडाक्स अनुमापन हैं, जहां पोटैशियम परमैंगनेट एक ऑक्सीकारक पदार्थ है ।

13.7.1 रेडाक्स अनुमापनों के लिये विलयन बनाना

(1) पोटैशियम परमैंगनेट ($KMNO_4$) का विलयन -

$KMNO_4$ का मानक विलयन सीधे तोलकर बनाना संभव नहीं हो पाता । $N/30$ विलयन बनाने के लिए लगभग 1. 0533 ग्राम $KMNO_4$ लेकर एक लीटर विलयन बनाते हैं । फिर अनुमापन से उसकी सही नॉर्मलता ज्ञात कर लेते हैं । $KMNO_4$ का अम्लीय माध्यम में तुल्यांकी भार 31. 6 होता है । जिसे निम्नलिखित समीकरण के आधार पर ज्ञात करते हैं ।

$$2KMNO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5(O)$$

अर्थात् $2KMnO_4 \equiv 5(O)$

$(2\times158) \quad (5\times16)$

अत:$KMnO_4$ का तुल्यांकी भार= $\dfrac{2\times158}{(5\times16)}$

(2) फेरस सल्फेट ($FeSO_4.7H_2O$ का विलयन बनाना -

फेरस सल्फेट का अणु भार 278 है तथा इसका तुल्यांकी भार भी 278 ही होता है । इसे आप निम्नलिखित समीकरण द्वारा समझ सकते हैं -

$$K_2Cr_2O_7 + 6FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe(SO_4)_3 + 7H_2O$$

अर्थात् $6Fe^{2+} = 6Fe^{3+} + 6e^-$

अथवा $Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$

अत: $FeSO_,7H_2O$ का तुल्यांकी भार= $\dfrac{\text{फेरस सल्फेट का अणु भार}}{\text{प्रति अणु त्यागे गये इलेक्ट्रॉनों की संख्या}}$

$= \dfrac{278}{1} = 278$

1 लीटर $N/30$ फेरस सल्फेट विलयन बनाने के लिये लवण का भार

$$= \frac{278}{30} = 9.2699 \text{ ग्राम}$$

यदि 9.2699 ग्राम नहीं तोलना हो तो इसके आस पास कोई भार बिल्कुल सही सही तोल लें और फिर विलयन की नॉर्मलता गणना द्वारा ज्ञात कर लें

$$\text{विलयन की नॉर्मलता} = \frac{\text{फेरस सल्फेट का क्षार}}{278} \text{ N}$$

इस भार के लवण को आयतनी फ्लास्क में लेकर पहले जैसे मानक विलयन तैयार किया जा सकता है ।

(4) फेरस अमोनियम सल्फेट का विलयन बनाना -

फेरस अमोनियम सल्फेट, $FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$ का अणुभार 392.16 है और यही इसका तुल्यांकी भार है । इसका एक लीटर $N/30$ विलयन बनाने. हेतु 13.0666 ग्राम लवण की आवश्यकता होगी ।

13.7.2 कुछ रेडॉक्स अनुमापन

अब आप कुछ रेडॉक्स अनुमापनों को समझेंगे ताकि आपको प्रायोगिक कार्य करने में कठिनाई न हो । यहां उदाहरण के रूप में कुछ सरल प्रयोग दिये जा रहे हैं जिन्हें आप प्रयोगशाला में कर सकते है और इनके आधार पर अन्य रेडॉक्स अनुमापन भी सुविधापूर्वक करने हेतु क्षमता का विकास कर सकते हैं ।

प्रयोग 1

उद्देश्य - पोटैशियम परमैंगनेट के विलयन की सांद्रता ग्राम प्रति लीटर में ज्ञात कीजिये । इसके लिए आपको $N/30$ फेरस अमोनियम सल्फेट (मोर लवण) का मानक विलयन दिया गया है ।

सिद्धांत - इस अनुमापन में तनु H_2SO_4 से अम्लीकृत फेरस अमोनियम सल्फेट का अनुमापन $KMnO_4$ विलयन से कराया जाता है । अंत्य बिंदु पर, अनुमापन फ्लास्क के विलयन का रंग हलका गुलाबी हो जाता है । रेडॉक्स अभिक्रिया का आयनिक समीकरण निम्न प्रकार है-

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

उपकरण -ब्यूरेट, पिपेट अनुमापन फ्लास्क ,ब्यूरेट स्टैण्ड

विधि-

1. ब्यूरेट को साफ कर उसे दिये गये $KMnO_4$ विलयन से खंगाले तथा शून्य के चिह्न तक $KMnO_4$ विलयन भर लें ।
2. अब 20 mL के पिपेट को साफ कर उसे मोर लवण के विलयन से खंगाले और फिर उसमें चिह्न तक इस विलयन को भर कर फ्लास्क में डाल लें । इसी फ्लास्क में लगभग 10 mL (आधी परखनली) तनु H_2SO_4 मिलायें ।
3. अनुमापन प्रारंभ करें । थोड़ा थोड़ा $KMnO_4$ विलयन ब्यूरेट से फ्लास्क में डालते रहें और हिलाते रहें । जब फ्लास्क के विलयन का रंग हलका गुलाबी हो जाये, तो $KMnO_4$ विलयन डालना बंद कर दें और ब्यूरेट में पाठ्यांक नोट कर लें ।

4. अनुमापन को दोहराये और पूर्व में ज्ञात अंत्य बिन्दु से 1 mL पूर्व $KMnO_4$ विलयन 1-1 बूंद डालें । जिस बूंद पर विलयन गुलाबी हो जाये, वही अंत्य बिन्दु है उसे नोट करें ।
5. सुसंगत पाठ्यांक के लिये अनुमापन को दोहरायें ।

प्रेक्षण सारणी आप सभी पाठ्यांक एक प्रेक्षण सारणी के रूप में नोट करें । इस सारणी का एक नमूना यही दिया जा रहा हैं ।

क्रम संख्या	मोर लवण का आयतन(mL)	ब्यूरेट पाठ्यांक(mL)		$KMnO_4$ का आयतन(mL)
		प्रारंभिक	अंतिम	
1	20	0.0	19.9	19.9
2	20	0.0	19.5	19.5
3	20	0.0	19.4	19.4
4	20	0.0	19.4	19.4

सुसंगत पाठ्यांक= 19.4mL

गणना : $N_1V_1 = N_2V_2$

$\frac{N}{30}$ X 20mL = N_2 X 19.4 mL

$N2 = \frac{20}{19.4} \times \frac{N}{30}$

सांद्रता = नॉर्मलता × तुल्याकी भार

$= \frac{20}{19.4} \times \frac{31.6}{30}$ ग्राम प्रति लीटर ($KMnO_4$ का तुल्यांकी भार = 31.6)

$= 1.0859$ ग्राम प्रति लीटर

परिणाम :दिये गये अज्ञात $KMnO_4$ की सांद्रता $= 1.0859$ ग्राम / लीटर है ।

प्रयोग 2

उद्देश्य: दिये गये $FeSO_4 7H_2O$ विलयन की सांद्रता ज्ञात करें । इसके लिए आपको $KMnO_4$ का माध्यमिक विलयन तथा $N/20$ नॉर्मलता वाला $FeSO_4 7H_2O$ का मानक विलयन दिया गया है ।

उद्देश्य एवं उपकरण : प्रयोग 1 समान ।

विधि-

1. प्रयोग 1 जैसे फेरस सल्फेट के मानक विलयन और माध्यमिक $KMnO_4$ के मध्य अनुमापन करें । इससे $KMnO_4$ की नॉर्मलता ज्ञात होगी ।
2. इसी प्रकार अज्ञात फेरस सल्फेट और माध्यमिक $KMnO_4$ विलयन के मध्य अनुमापनकर अज्ञात विलयन की सांद्रता ज्ञात कर ले ।

प्रेक्षण सारणी - प्रयोग 1 जैसे उक्त दोनों अनुमापनों हेतु प्रेक्षण सारणी बनाइये ।

गणना :

(क) माध्यमिक $KMnO_4$ विलयन की नॉर्मलता के लिये, माना पिपेट का आयतन 20 mL है और ब्यूरेट में $KMnO_4$ विलयन के लिए सुसंगत पाठ्यांक 19.7 mL है ।

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

$$\frac{N}{30} \text{ X } 20\text{mL} = N_2 \text{ X } 19.7$$

$$N_2 = \frac{20}{19.7} \times \frac{N}{20}$$

(ख) अज्ञात फेरस सल्फेट विलयन की सांद्रता के लिये माना इस अनुमापन में $KMnO_4$ का सुसंगत पाठ्यांक न 19.5 mL है । $N_3V_3 = N_4V_4$

$$N_3 \text{ X } 20\text{mL} = \frac{20}{19.7} \times \frac{N}{20} \text{ X } 19.5\text{mL } (N_4 = N_2)$$

$$N_3 = \frac{19.5}{19.7} \times \frac{N}{20}$$

सांद्रता = $\frac{19.5}{19.7} \times \frac{278}{20}$ ग्राम/लीटर (N के स्थान पर फेरस सल्फेट का तुल्यांकी भार 278 रखने पर)

= 13.7589 ग्राम/ लीटर

परिणाम – दिये गये फेरस सल्फेट विलयन की सांद्रता 13.7589 ग्राम / लीटर है

13.8 संदर्भ ग्रंथ (Reference book)

1. प्रायोगिक रसायन विज्ञान कक्षा 11, माध्यमिक शिक्षा बोर्ड राजस्थान, अजमेर ।
2. प्रायोगिक रसायन विज्ञान कक्षा 12, माध्यमिक शिक्षा बोर्ड राजस्थान, अजमेर ।
3. प्रायोगिक रसायन, गुप्ता ब्रदर्स, अजमेर ।

13.9 मौखिक प्रश्न (Oral Questions)

1. अनुमापन से आप क्या समझते हैं ?
2. मानक विलयन किसे कहते हैं?
3. अनुमापन में माध्यमिक विलयन की क्या भूमिका रहती हैं ?
4. विलयन की नॉर्मलता का क्या अर्थ है ?
5. अनुमापन में अंत्य बिन्दु क्या होता है ?
6. अनुमापन में सूचक का क्या कार्य है ?
7. अनुमापन में उपयोग किये जाने वाले मुख्य उपकरण कौन से हैं ?
8. ब्यूरेट और पिपेट को साफ कैसे किया जाता है ?

9. ब्यूरेट और पिपेट में विलयन भरने से पूर्व उन्हीं विलयनों से इन.उपकरणों को खंगाला क्यों जाता है ?
10. ब्यूरेट का अल्पतमांक क्या होता है ?
11. प्रबल अम्ल-प्रबल क्षारक अनुमापन के लिये कौनसा उचित सूचक है ?
12. फीनॉलफ्थेलिन सूचक का उपयोग करते समय अम्ल और क्षारक में से कौनसा विलयन आप ब्यूरेट में भरेंगे?
13. अनुमापनों में गणना हेतु कौनसा समीकरण प्रयोग में लाया जाता है ?
14. किसी अम्ल की नॉर्मलता को सांद्रता ग्राम/लीटर में किस सूत्र द्वारा परिवर्तित किया जाता है?
15. रेडॉक्स अनुमापन में $KMnO_4$ विलयन सूचक का कार्य कैसे करता है ?
16. $KMnO_4$ विलयन का तुल्यांकी भार अम्लीय माध्यम में उसके अणुभार का पांचाल भाग क्यों होता है ?