विज्ञान

(सैद्धांतिक एवं प्रायोगिक

कक्षा–10

सत्र 2019–20

DIKSHA एप कैसे डाउनलोड करें?

विकल्प 1 : अपने मोबाइल ब्राउज़र पर diksha.gov.in/app टाइप करें।

विकल्प 2 : Google Play Store में DIKSHA NCTE ढूंढ़े एवं डाउनलोड बटन पर tap करें।

DIKSHA

मोबाइल पर QR कोड का उपयोग कर डिजिटल विषय वस्तु कैसे प्राप्त करें ?

DIKSHA App को लॉच करे → App की समस्त अनुमति को स्वीकार करें → उपयोगकर्ता Profile का चयन करें।

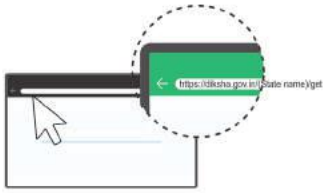
पाठ्यपुस्तक में QR Code को Scan करने के लिए मोबाइल में QR Code tap करें।

मोबाईल को QR Code पर केन्द्रित करें।

सफल Scan के पश्चात् QR Code से लिंक की गई सूची उपलब्ध होगी।

डेस्कटॉप पर QR Code का उपयोग कर डिजिटल विषय–वस्तु तक कैसे पहुँचे ?

1 QR Code के नीचे 6 अंक का Alpha Numeric Code दिया गया है।



2 ब्राउज़र में diksha. gov.in/cg टाईप करें।

3 सर्च बार पर 6 डिजिट का QR CODE टाईप करें।

4 प्राप्त विषय–वस्तु की सूची से चाही गई विषय–वस्तु पर क्लिक करें।

राज्य शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् छत्तीसगढ़, रायपुर

निःशुल्क वितरण हेतु

प्रकाशन वर्ष : 2019

© : संचालक, एस.सी.ई.आर.टी. छत्तीसगढ़, रायपुर

XTYC18

मार्गदर्शक : कमल महेंद्रू, (विद्याभवन, उदयपुर), स्निग्धा दास (विद्याभवन, उदयपुर), उमा सुधीर (एकलव्य भोपाल)

सहयोग : विद्याभवन सोसायटी, उदयपुर, एकलव्य, भोपाल, अजीम प्रेमजी फाउंडेशन

कार्यक्रम समन्वयक : डॉ. विद्यावती चन्द्राकर

विषय समन्वयन : अनिता श्रीवास्तव, पुष्पा किस्पोट्टा, ज्योति चक्रवर्ती

लेखन समूह : पुष्पा किस्पोट्टा, नीलम अरोरा, ज्योति चक्रवर्ती, अनुपमा नलगुंडवार, अनिता श्रीवास्तव, अभय जायसवाल, राजेश कुमार चंदानी, रीता चौबे, जयश्री राठौर, गौरव शर्मा, नीलम सिंह, कमला राजपाल, सुनीता पांडे, डॉ. भूपेन्द्रधर दीवान, पूनम श्रीवास्तव, नेहा सक्सेना, प्रीति मिश्रा, संजय सेन, श्रुति भड़भड़े, यशोधरा कनेरिया

चित्रांकन : प्रशान्त सोनी

ले आउट : शाकिर अहमद

टंकण : भरत साहू, सुरेश साहू, शिव कुमार सोनी, सत्य प्रकाश

प्रकाशक

छत्तीसगढ़ पाठ्यपुस्तक निगम, रायपुर

मुद्रक

.....

मुद्रित पुस्तकों की संख्या – .....

आमुख

विज्ञान प्रकृति की विविध घटनाओं की समझ बनाने में मदद करता है और हमारे विचारों को नया आयाम देता है। बच्चे स्वाभाविक रूप से खोजी प्रवृत्ति के होते हैं। उनकी इसी प्रवृत्ति को बढ़ावा देने, समझ को और पुख्ता करने एवं ज्ञान को दैनिक जीवन में प्रयोग कर पाने के अवसर प्रदान करने होंगे। ये अनुभव उनमें सवाल करने तथा तर्क करने की क्षमता के विकास में मददगार होंगे।

कक्षा 10 कुछ विद्यार्थियों के लिए उनके विज्ञान संबन्धित विषयों के चयन के लिए एक बुनियादी आधार होता है तथा कुछ अन्य विद्यार्थियों के लिए यह विज्ञान संबंधी जानकारियों का आखिरी औपचारिक अध्ययन है। अतः विद्यार्थियों को वैज्ञानिक विचार धारा के ऐतिहासिक विकास और विज्ञान के क्रमशः बदलते सिद्धांतों से अवगत करवाना भी जरूरी है जिससे वे विज्ञान को एक उत्पाद के रूप में नहीं वरन् प्रक्रिया के रूप में देख सकें। यहाँ पर ही उनकी प्राकृतिक दुनिया की बुनियादी समझ बनती है और यह समझ तेजी से आगे बढ़ते हुए तकनीकी समाज में उनकी भागीदारी सुनिश्चित करती है।

इन्हीं बिन्दुओं को ध्यान में रखकर पाठ्यक्रम का निर्माण तथा उसके अनुरूप विषयवस्तु का विकास किया गया है। हमारा यह प्रयास है कि विद्यार्थियों में ऐसे गुण विकसित हों जिससे विद्यार्थी जानकारियों को विवेकपूर्ण तरीकों से प्राप्त करना सीखें, प्रयोगों से जुड़ें और सिद्धान्तों को परखने के लिए अग्रसर हों। अतः गणितीय आँकड़े इकट्ठे करने, आंकड़ों का विश्लेषण करने, उनकी तुलना करने और निष्कर्ष निकालने के कई मौके पाठ्यपुस्तक में दिए गए हैं। इस स्तर तक बच्चों में वैज्ञानिक तथ्यों की ज्ञान मीमांसीय परख कर सकने की क्षमता विकसित हो जाती है। इसलिए ऐसे सिद्धान्त भी लाए गए हैं जिनका जुड़ाव बच्चों के प्रत्यक्ष अनुभव से नहीं है। शिक्षकों से आग्रह है कि वे ऐसे अवसरों से न केवल सक्रियता से जुड़ें वरन् ऐसे अधिकाधिक अवसर स्वयं भी रचें जिनसे यह पुस्तक विद्यार्थियों, शिक्षकों तथा समुदाय के लिए और भी अधिक उपयोगी सिद्ध हो सके।

छत्तीसगढ़ की वर्तमान पाठ्यपुस्तक में विज्ञान के बुनियादी संकायों में आपसी संबंध और जुड़ाव रखा गया है। साथ ही इस बात का भी ध्यान रखा गया कि विद्यार्थियों पर मानसिक बोझ न बढ़े और उन्हें क्रियाकलापों तथा प्रायोजनाओं को करने, चर्चा करने और खोज–परख के लिए पर्याप्त समय मिल सके।

स्कूल शिक्षा विभाग एवं राज्य शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, छ.ग. द्वारा शिक्षकों एवं विद्यार्थियों में दक्षता संवर्धन हेतु अतिरिक्त पाठ्य संसाधन उपलब्ध कराने की दृष्टि से Energized Text Books एक अभिनव प्रयास है, जिसे ऑन लाईन एवं ऑफ लाईन (डाउनलोड करने के उपरांत) उपयोग किया जा सकता है। ETBs का प्रमुख उद्देश्य पाठ्यवस्तु के अतिरिक्त ऑडियो–वीडियो, एनीमेशन फॉरमेट में अधिगम सामग्री, संबंधित अभ्यास, प्रश्न एवं शिक्षकों के लिए संदर्भ सामग्री प्रदान करना है।

पाठ्यपुस्तक लेखन का कार्य शिक्षकों, शिक्षक प्रशिक्षकों तथा सहयोगी संस्थाओं के साथियों द्वारा किया गया है। परिषद् उन सभी के प्रति आभार व्यक्त करती है जो इसके निर्माण में प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से जुड़े। इस पुस्तक के लेखन में विद्याभवन सोसायटी उदयपुर, एकलव्य भोपाल, अजीम प्रेमजी फाउंडेशन का महत्वपूर्ण सहयोग प्राप्त हुआ। परिषद् उनके प्रति आभार व्यक्त करती है। आपके सुझाव इस पुस्तक को और बेहतर बना सकते हैं। आपके सुझावों का सदैव स्वागत है।

संचालक

राज्य शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

छत्तीसगढ़, रायपुर

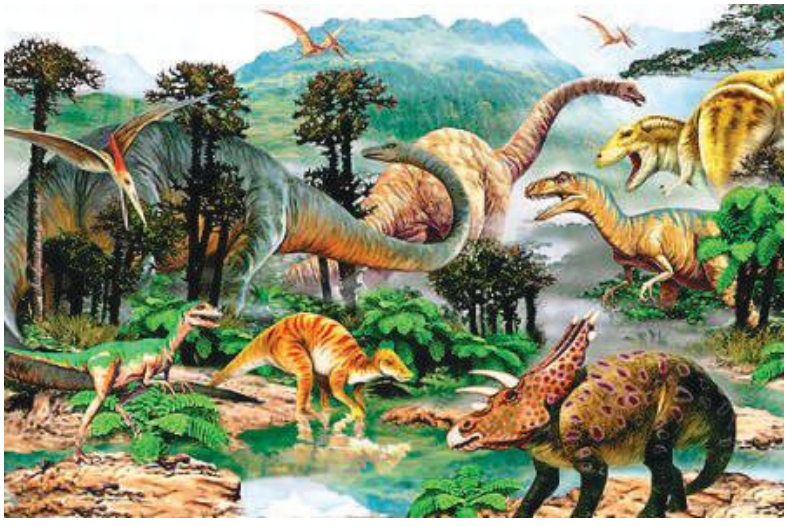
विषय–सूची

क्रम	अध्याय का नाम	पृष्ठ संख्या	काल खण्ड	अंक
1.	जीवों का विकास	1–13	6	4
2.	अम्ल, क्षार एवं लवण	14–29	8	4
3.	ऊष्मा और ताप	30–46	8	4
4.	तत्वों का आवर्ती वर्गीकरण	47–61	10	4
5.	हमारा पर्यावरणः पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा का प्रवाह	62–76	6	4
6.	विद्युत धारा एवं परिपथ	77–95	9	5
7.	जैविक प्रक्रियाएँ (i): पोषण, परिवहन, श्वसन, उत्सर्जन	96–119	12	5
8.	जैविक प्रक्रियाएँ (ii): नियंत्रण एवं समन्वय	120–134	10	4
9.	धातु एवं धातुकर्म	135–155	10	5
10.	प्रकाश : परावर्तन एवं अपवर्तन समतल सतह से	156–177	9	5
11.	अधातुओं का रसायन	178–191	9	3
12.	विद्युत के चुम्बकीय प्रभाव	192–207	10	4
13.	प्रकाश : परावर्तन एवं अपवर्तन गोलीय सतह से	208–233	10	5
14.	जैविक प्रक्रियाएँ (iii): प्रजनन, वृद्धि और परिवर्धन	234–252	12	4
15.	आनुवंशिकीः जनकों से संतानों तक	253–266	8	4
16.	हाइड्रोकार्बन के व्युत्पन्न	267–282	9	4
17.	दैनिक जीवन में रसायन	283–296	8	4
18.	ऊर्जाः स्वरूप एवं स्रोत	297–312	8	3
	सैद्धांतिक		**162**	**75**
	प्रायोगिक एवं प्रायोजना कार्य (21×2 = 42)	313–354	**42**	**25**
	उत्तरमाला	355–356		
	कुल		**204**	**100**

अध्याय–1

जीवों का विकास

(EVOLUTION)



चित्र–1 : अलग–अलग प्रकार के डायनोसॉर

पृथ्वी पर हजारों/लाखों की संख्या में जीवों की प्रजातियाँ हैं। इनमें से कुछ जीवों से हम सभी परिचित हैं, कुछ के बारे में हमने सिर्फ सुना है कुछ ऐसे जीव है, जो विलुप्त हो गये हैं, उनके अवशेष या जीवाश्म से ही उनके होने की पुष्टि होती है। इन्हीं में से एक है डायनोसॉर। डायनोसॉर का नाम आप सभी ने सुना होगा। पूरे विश्व में ही नहीं हमारे देश में भी कई जगह इनके अवशेष समय–समय पर मिले हैं, जैसा कि जबलपुर के पास लमेटाघाट में। नर्मदा घाटी में कई जगह इनका प्राकृतिक आवास रहा है। हमें पृथ्वी पर अलग–अलग जगह इनके अवशेष मिल रहे हैं तो पता चल रहा है कि ये विविध प्रकार के थे और पृथ्वी पर लगभग 2000 लाख से 600 लाख वर्ष पूर्व इन्हीं जानवरों का राज था। एक छोटे से छोटा डायनोसॉर लगभग 50 सेमी का तो बड़ा डायनोसॉर लगभग 40 मीटर का था। इनमें कुछ मांसाहारी तो कुछ शाकाहारी, कोई दो पैरों पर चलने वाला तो कोई चार पैरों पर और कोई उड़ने वाला (चित्र–1)। डायनोसॉर के समय में और उससे पहले कई प्रकार के पौधे पाए जाते थे जिनमें से कुछ प्रकार के शैवाल, फर्न, मॉस, साइकस, गिंको (Ginkgo) आदि पौधे आज भी पाए जाते हैं। यही नहीं, चूहे जैसे स्तनधारी प्राणी भी तब थे और तिलचट्टा (कॉकरोच) भी। आज के पक्षियों को तो डायनोसॉर का छोटा रूप ही माना जा सकता है। इस प्रकार ये सूची बहुत लंबी होती जाएगी।

डायनोसॉर के खत्म होते होते विशालकाय हाथी जैसे स्तनधारी और अन्य जीवों की संख्या बढ़ने लगी। वर्तमान युग में डायनोसॉर के युग के जीवों की कुछ प्रजातियाँ पाई जाती हैं परंतु डायनोसॉर नहीं पाये जाते। आज के समय में कुछ ऐसी प्रजातियाँ हैं जैसे मनुष्य और हाथी, जो डायनोसॉर के युग में नहीं थे।

क्या आप जानते हैं?

गिंकों नामक यह पेड़ डायनोसॉर के युग का है और हिरोशिमा में एटम बम से सब कुछ ध्वंस होने के बाद पहला पनपने वाला सजीव यही था।

- ज़रा सोचिए। ऐसा कैसे हुआ होगा? कैसे–कैसे नये–नये जीव बने होंगे या जीवों में परिवर्तन कैसे आया होगा?

1.1 जीवों के विकास में आवास और उसका प्रभाव (Effect of habitate on the evolution of organism)

आपने पिछली कक्षा में प्राकृतवास अध्याय से यह जाना था कि किसी भी जीवों के आवास में उनकी बुनियादी जरूरतों की पूर्ति होती है अर्थात् भोजन, प्रजनन एवं सुरक्षा।

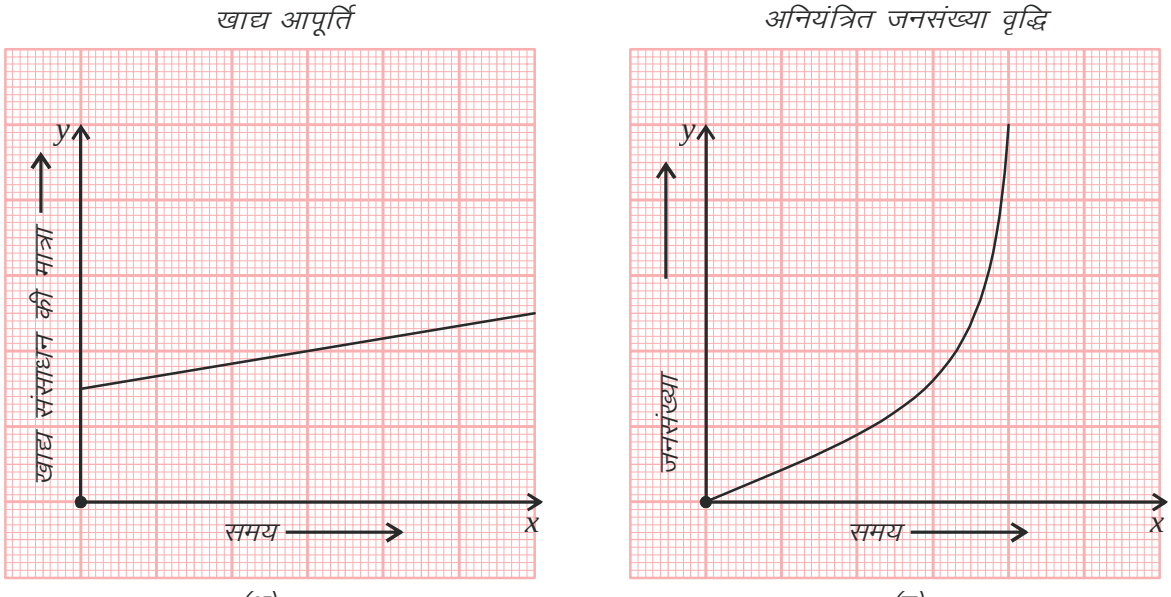
आवास में पर्याप्त संसाधन की उपस्थिति होने से उनकी संख्या में वृद्धि होती है।

हम यह भी देखते हैं कि कुछ प्रजातियों की संख्या बहुत बढ़ रही है तो कुछ की तेजी से घट रही है। हमारे देश में बाघों की संख्या भी इतनी कम हो चुकी है कि बाघों की प्रजाति विलुप्त होने की कगार पर है। ऐसे ही बाज, सोनचिरैया तथा कई अन्य जीवों के साथ भी है। ठीक इसके विपरीत मनुष्य की संख्या इतनी ज़्यादा है कि मनुष्य के आवास में संसाधनों की कमी होने लगी है।

- क्या मनुष्य की बढ़ती आबादी का बाघों की संख्या पर कोई असर पड़ रहा है?
- यदि किसी जीव की संख्या में अत्यधिक वृद्धि हुई तो क्या होगा?

इस प्रकार जीवों का आवास एवं संसाधन उनकी उत्पत्ति, विलुप्ति या बदलाव का एक कारण हो सकता है।

क्या किसी प्रजाति के जीव की संख्या में वृद्धि जितनी तेज़ी से होती है, उसके लिए खाद्य संसाधन (जैविक और अजैविक दोनों घटक) भी उतनी ही तेज़ी से बढ़ते होंगे? यह जानने के लिए हम निम्न ग्राफ का उपयोग करेंगे। यह ग्राफ सन् 1780 के दशक में किए गए किसी प्रजाति के जीवों की संख्या में वृद्धि व उनके लिए खाद्य संसाधनों की मात्रा का तुलनात्मक अध्ययन का परिणाम है।



चित्र–2 : ग्राफ द्वारा खाद्य आपूर्ति और जनसंख्या वृद्धि

ग्राफ देखकर बताएँ कि–

- क्या खाद्य संसाधन और जनसंख्या वृद्धि की दर एक समान है?
- इनमें से किसके बढ़ने की दर ज्यादा तेज़ है?

वैज्ञानिकों का मानना था कि जनसंख्या में यदि अनियंत्रित रूप से बढ़ोतरी होगी तो खाद्य संसाधन पर्याप्त नहीं होंगे, ऐसी स्थिति में प्राकृतिक आपदा, परस्पर द्वंद व लड़ाई से कुछ जीव मर जाएँगे जबकि कुछ बच जाएँगे। इस तरह से जीवों की संख्या में वृद्धि नियंत्रित रहती है।

- क्या जो जीव बच जाते हैं उनमें कुछ विषेशताएँ होती हैं?
- क्या जीवों पर प्रकृति का कोई प्रभाव पड़ता है?
- क्या डायनोसॉर की विलुप्ति के पीछे भी ऐसा ही कोई कारण रहा होगा?

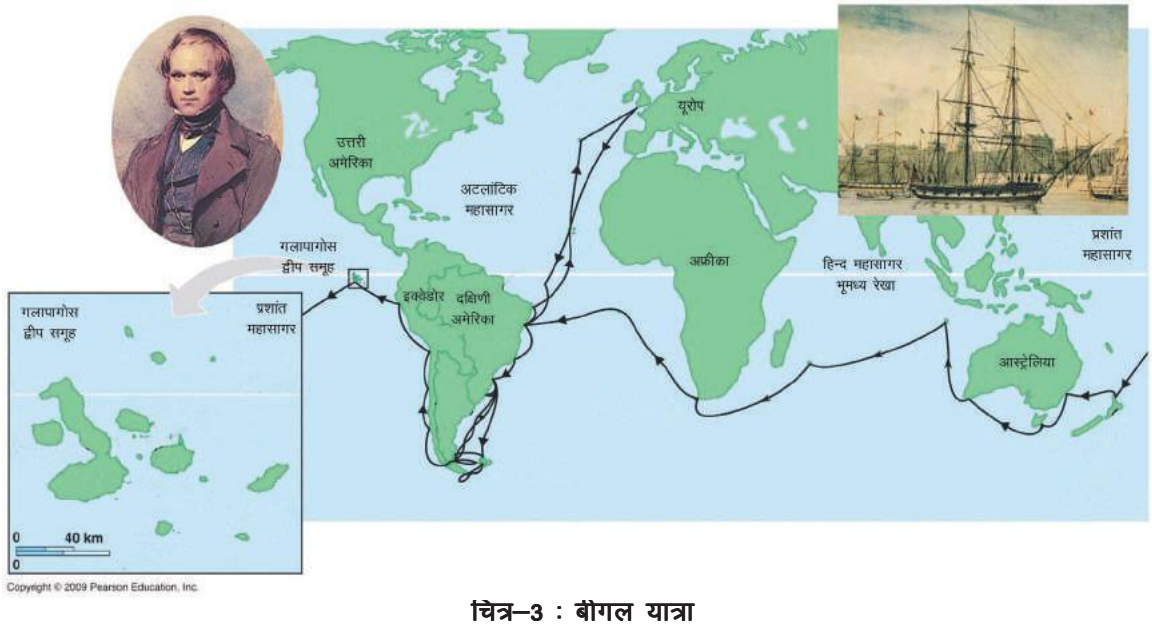
कई वैज्ञानिक इसी दिशा में सोच रहे थे। साथ ही उनके आगे कई सवाल थे जैसे –प्रकृति में जीवों की उत्पत्ति कैसे होती है? क्या सभी जीव पृथ्वी पर उनके वर्तमान रूप में ही कहीं से डाल दिए गए हैं? या प्रकृति में जो जीव बच जाते हैं उनमें बदलाव आता है या वे विलुप्त हो जाते हैं।

जैसा हमने पिछली कक्षा में पढ़ा है कि कोशिकाएँ पूर्ववर्ती कोशिकाओं से उत्पन्न होती हैं, और इन्हीं कोशिकाओं से बहुकोशिकीय जीव बनते हैं।

उसी समय के कुछ उल्लेखनीय वैज्ञानिकों में चार्ल्स डार्विन और अल्फ्रेड रसेल वैलेस थे जिन्होंने जीवों की उत्पत्ति के बारे में अपने व्यापक अध्ययन के आधार पर सिद्धान्त दिए। आइए हम डार्विन के अध्ययन व अनुभव को समझें।

1.2 बीगल का सफर और डार्विन का अनुभव (Experience of Darwin and Journey of Begal)

बचपन से ही डार्विन प्राकृतिक परिघटनाओं एवं प्राणियों के आवास, व्यवहार आदि के संबंध में रुचि रखते थे और अपने आस पास से इनके विषय में जानकारी जुटाने में लगे रहते थे। उन्होंने आज से लगभग 200 वर्ष पूर्व जीवों की विविधता एवं उस पर प्रकृति के प्रभाव से संबन्धित जो अध्ययन किए, उससे वैज्ञानिक तथा सामाजिक सोच में व्यापक परिवर्तन आया।



चित्र–3 : बीगल यात्रा

सन् 1831 में, डार्विन को इंग्लैंड से दक्षिण अमेरिका होते हुए पृथ्वी के कई महाद्वीपों की सैर करने का मौका मिला। डार्विन को कप्तान के साथी के रूप में, एच.एम.एस. बीगल नामक जहाज में अन्वेषी यात्रा करनी थी

जिसमें नक्शा तैयार करना, इलाकों की खनिज सम्पदा और जैव विविधता का अध्ययन इत्यादि करना था। जहाज में रहने, अध्ययन करने के कक्ष के अलावा एक अच्छा पुस्तकालय भी था। बीगल का सफर 27 दिसम्बर 1831 से शुरू होकर 2 अक्टूबर 1836 में खत्म हुआ।

1.3 *डार्विन के अवलोकन* (Observation of Darwin)

बीगल के सफर के दौरान डार्विन के कुछ महत्वपूर्ण अवलोकन इस प्रकार हैं जिनसे उन्हें जीवों के विकास का सिद्धान्त प्रतिपादित करने में मदद मिली–

- सफर के दौरान डार्विन ने समुद्र के पानी के नमूनों का अध्ययन किया तो उसमें उन्हें कई प्रकार के जीव दिखे और वे चकित रह गए। यहाँ पर उन्हें खाने व खाए जाने की अद्भुत खाद्य श्रृंखला नज़र आई। ऐसा ही उन्हें दक्षिण अमेरिका के जंगलों व पहाड़ों पर तरह–तरह के जीवों के बीच भी दिखाई दिया। उनके मन में आता रहा, "हर तरफ संघर्ष है, मरो या मारो। जो बच सकता है वही बच रहा है। शायद भौगोलिक ज़रूरत के अनुसार जो ढल गया वही जीव बच जाता है।"

चित्र–4 : डार्विन द्वारा संग्रहित विशालकाय रीछ का जीवाश्म

- उष्णकटिबंधीय जंगलों के कई विविध प्रकार के प्राणियों और उनके आवास का अवलोकन डार्विन ने पहली बार किया था।
- दक्षिण अमेरिकी पहाड़ों के ऊपर उन्हें ऐसी चट्टानें मिलीं जिनमें समुद्री जीवों के जीवाश्म मिले। साथ ही उन्हें एक ऐसे भूकंप का अनुभव हुआ जिससे समुद्र की सतह लगभग 3 मीटर तक ऊँची हो गई थी। इस प्रकार का अवलोकन यह दर्शा रहा था कि समय के साथ महाद्वीप और महासागर में व्यापक रूप से बदलाव आ सकता है।
- रेतीले समुद्री किनारों के स्थान पर ऊँचे चट्टानों से घिरे समुद्री किनारों के अवलोकन से डार्विन यह अनुमान लगा पाए कि निरंतर चलने वाली प्रक्रियाओं से भी पृथ्वी की सतह पर परिवर्तन आ सकता है।
- विशालकाय विलुप्त स्तनधारियों, सरीसृपों इत्यादि के जीवाश्मों से उन्हें पता चला कि पूर्व के जीवों और वर्तमान के जीवों में भिन्नताओं के साथ–साथ समानताएँ भी हैं अर्थात् पृथ्वी की सतह पर परिवर्तन के साथ–साथ जीवों में भी परिवर्तन आया होगा।

क्या आप जानते हैं?

1938 में अफ्रीकी तट के किनारे जब मछुआरों ने एक मछली जैसा जीव पकड़ा तब तहलका मच गया क्योंकि तब तक यह मान्यता थी कि डायनोसॉर के साथ ही ये विलुप्त हो गए हैं। इसे 'सीलकेन्थ' नाम दिया गया। इसमें कुछ विशेषताएँ उभयचरों की थी और कुछ मछलियों की। उस समय यह माना गया कि इसका विकास रूक गया है। अतः इसे लम्बे समय तक जीवित जीवाश्म कहा गया। परंतु अब हम जान गए हैं कि इनमें विकास की प्रक्रिया अभी भी हो रही है इसलिए इन्हें जीवित जीवाश्म कहना ठीक नहीं होगा।

1.4 गलापागोस के द्वीप समूह पर डार्विन के कुछ विशेष अवलोकन

दक्षिण अमेरिका के इक्वेडोर नामक देश के पास स्थित गलापागोस टापूओं पर जब बीगल पहुँचा तो डार्विन को व्यापक अध्ययन करने का मौका मिला। टापूओं के इस समूह में कई छोटे–बड़े टापू हैं जो ज्वालामुखी लावा से बने हैं।

W71187

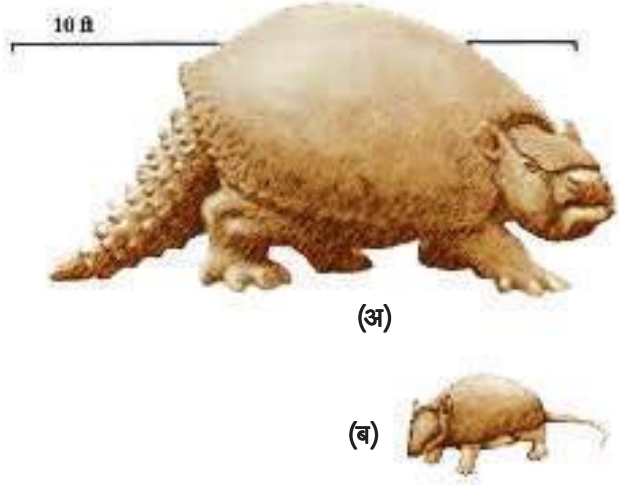
चित्र–5: गलापागोस पर– 1.गोहेटा जैसा जीव (60–100 सेमी) 2. हंस जैसा बूबी नामक पक्षी (70–90 सेमी) 3. कैक्टस (600–700 सेमी) 4. फिंच (10–20 सेमी) 5. कछुआ (120–150 सेमी)

गलापागोस के टापूओं के कैक्टस तथा अन्य पौधे, छिपकली, पक्षी, कछुए, वर्मी (आर्माडिल्लों) आदि का डार्विन ने अध्ययन किया (चित्र–5)। बीगल का सफर आगे बढ़ा तब उन्हें और कई प्रकार की भू–आकृतियाँ, विविध प्रकार के जीव और उनके आवास के बारे में अध्ययन करने का मौका मिला।

उन्होंने मुख्य रूप से यहाँ तथा बीगल के पूरे सफर के दौरान जीवों के रंग, आकार, भोजन, आवास आदि संबंधी कई तथ्यों व प्रमाणों को जुटाया। उनका सूक्ष्म अवलोकन किया एवं तर्क के आधार पर कई बातों को समझने की कोशिश की।

1.4.1 विविधता : तथ्य और प्रमाण
(Variation and evidences related to it)

गलापागोस में, डार्विन को तथ्य के रूप में कई प्रकार के जीवाश्म मिले। यहाँ के वर्मी (अर्माडिल्लो) का जीवाश्म यह दर्शा रहा था कि पूर्व के वर्मी काफी बड़े थे जबकि उस समय डार्विन ने जिन वर्मियों का अध्ययन किया, वे आकार में छोटे थे (चित्र–6)। उनके मन में यह बात आयी कि– "समय के साथ वर्मियों में बदलाव आया है।"



चित्र–6 : (अ) प्राचीन वर्मी (ब) वर्तमान समय का वर्मी

- जीवाश्मों के अध्ययन से हम क्या पता लगा सकते हैं।?

डार्विन ने कई अन्य जीवों के जीवाश्म जैसे घोंघे, सरीसृपों, स्तनधारियों के अध्ययन से बताया कि, 'जीवाश्म पूर्व तथा वर्तमान में पाए जाने वाले जीवों के आपसी सम्बन्ध के साथ–साथ वर्तमान में पाए जाने वाले जीवों के आपसी सम्बन्ध दर्शाने वाली महत्वपूर्ण कड़ी है।'

गलापागोस के 'फिंच' जाति के पक्षियों का अध्ययन करते समय डार्विन कुछ और तथ्यों के बारे में विचार करने लगे। फिंच हमारे देश की 'गौरैया' की जाति से मिलते–जुलते हैं। गलापागोस में डार्विन ने लगभग 15 अलग तरह के फिंच का अध्ययन किया। उन्होंने देखा कि वैसे तो सारे फिंच एक जैसे हैं मगर अलग–अलग टापूओं पर मिलने वाले फिंच थोड़े अलग थे। खासकर इनकी चोंच और पंख के रंग में बहुत अंतर नज़र आया। डार्विन

ने सभी फिंच की चोंच को नापा तो आश्चर्यचकित हुए कि उनकी चोंच में इतनी विविधता कैसे है? उन्होंने देखा कि अलग–अलग चोंच वाले फिंच का भोजन भी अलग–अलग था। कुछ बीज खाते तो कुछ फल, कोई कीड़े खाते तो कोई फूलों का रस चूसते।

गलापागोस के टापुओं में किसी टापू पर कीड़े थे तो कहीं ऐसे पौधे जिनके बीज कठोर आवरण वाले थे, तो कहीं नरम फल वाले पौधे भी थे। जितनी विविधता चोंच में थी उतनी ही विविधता खाद्य संसाधनों की उपलब्धता में भी दिखाई दी अर्थात् कार्य के अनुसार चोंच में विविधताएँ थी।

चित्र–7: फिंच की चोंच

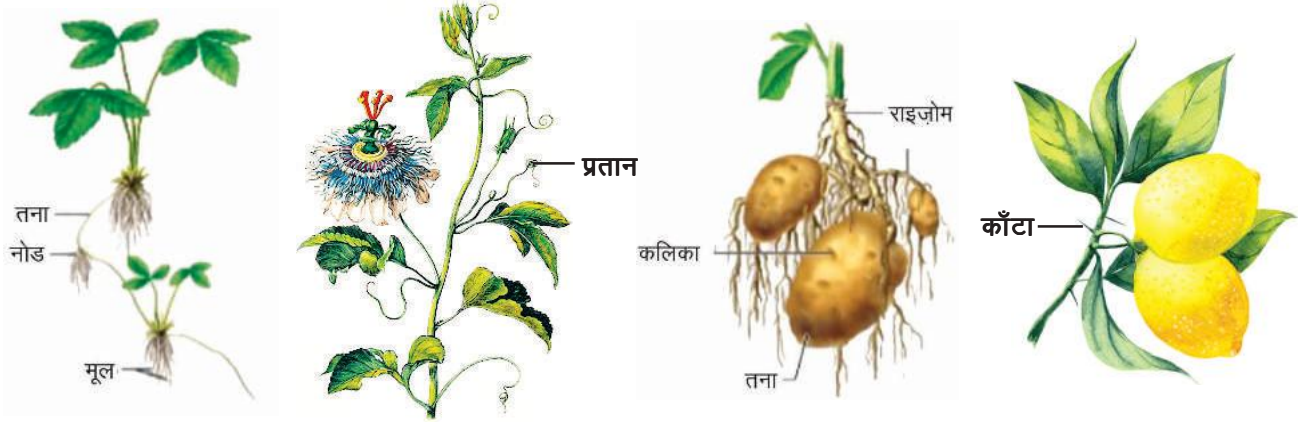
डार्विन का मानना था कि यह फिंच 'इक्वेडोर' (चित्र–3 में देखें) से उड़कर गलापागोस पहुँचे होंगे और फिर अलग–अलग टापूओं के अलग–अलग परिवेश में जीने लगे। यह इसलिए संभव हुआ होगा क्योंकि फिंच की प्रजाति में भी विविधताएँ थीं।

एक जैसी चोंच वाले पूर्वजों से, कार्य के अनुसार फिंचों की चोंच में विविधताएँ, सजातीय लक्षण (Homologous character) था और डार्विन ने इसे एक महत्त्वपूर्ण प्रमाण माना।

सजातीय लक्षण क्या है? आइए इसका अवलोकन एक क्रियाकलाप से करें। पहले पौधों में, फिर जंतुओं में।

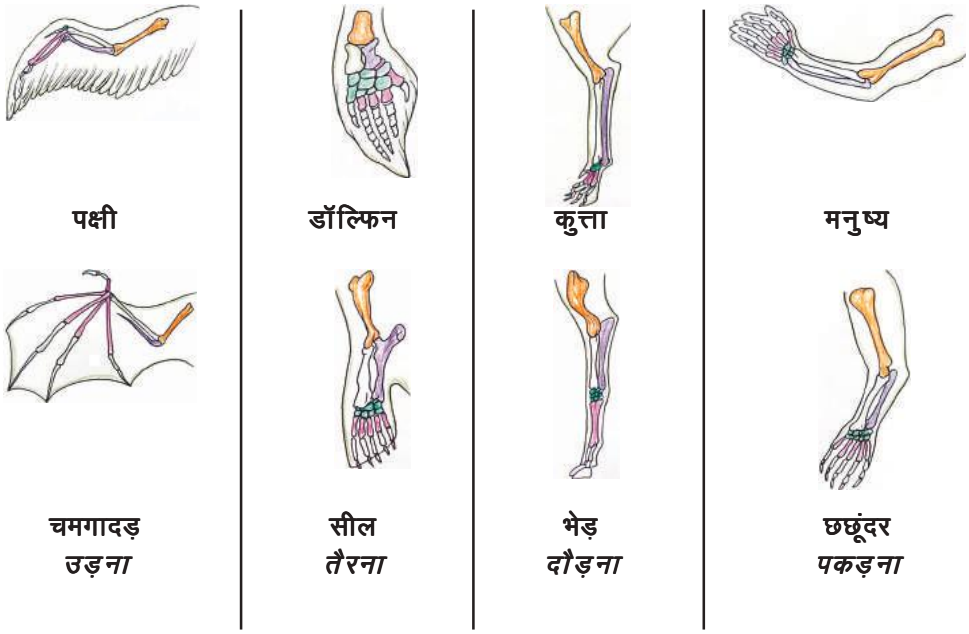
क्रियाकलाप–1: सजातीय लक्षणों का अवलोकन (Observation of Homologous characters)

आपने कई प्रकार के तने देखे हैं। नीचे कुछ चित्र दिए गए हैं। चित्र 8 (अ) में इनके बारे में अपने साथियों के साथ चर्चा करके अलग–अलग प्रकार के तने वाले पौधों का कार्य लिखिए।



चित्र–8: (अ) पौधों में सजातीय लक्षण

दिए गए चित्रों से स्पष्ट है कि प्रतान (कद्दू/झुमकलता), काँटे (नींबू) तथा कन्द (आलू) इन सभी की उत्पत्ति तने की कलिका से हुई है, पर इनके कार्य अलग–अलग है। इस प्रकार हम पौधों की पत्तियों में भी सजातीय लक्षण देख सकते हैं।



चित्र–8: (ब) जन्तुओं में सजातीय लक्षण

आपने चित्र–8 (ब) में पक्षी व चमगादड़ के पंख, डाल्फिन व सील के पंख, भेड़ व कुत्ते की अगली टांग एवं मनुष्य व छछूंदर के अग्रपादों को देखा है, ये सभी उत्पत्ति व रचना की दृष्टि से समानता प्रदर्शित करते हैं। इनकी अग्र टांगों की अगली हड्डियाँ ह्यूमेरस हैं एवं उसके साथ जुड़ी हड्डियाँ रेडियस और अल्ना हैं, अर्थात् इनकी संरचना एक जैसी है; यानि इनके पूर्वज एक से थे। क्या इन सभी के कार्य एक हैं? यदि नहीं तो ऐसा क्यों हुआ होगा?

कुछ अन्य लक्षण जैसे तितलियों और पक्षियों के पंखों का कार्य समान है पर उनकी उत्पत्ति एक समान नहीं है। एक तरफ जहाँ पक्षी का पंख उसके अग्र टाँग से बना है वहीं तितलियों का पंख उनकी टाँग से नहीं बल्कि मुख्य रूप से त्वचा से बना है। इस प्रकार के लक्षणों को 'समवृत्ति लक्षण' (Analogous characters) कहा जाता है जो यह दर्शाते हैं कि इनके पूर्वज अलग–अलग थे। अर्थात्, सजातीय लक्षण ऐसे लक्षण हैं जिनकी उत्पत्ति एक जैसी जबकि कार्य अलग हैं और समवृत्ति लक्षणों में उत्पत्ति अलग–अलग हैं पर कार्य एक जैसे हैं।

1.4.2 चयन और विकास (Selection and evolution)

बीगल का सफर खत्म हुआ तो डार्विन इंग्लैंड लौटकर अपने अध्ययन का विवरण तैयार करने लगे। उनके दिमाग में उन दिनों चल रहे कृत्रिम चयन (Artificial selection) यानि मनुष्य द्वारा अपनी इच्छा अनुसार लक्षणों का चयन कर जानवर और पौधों की अलग–अलग प्रजाति तैयार किए जाने की बात थी। उनके मन में यह विचार आया कि अगर मनुष्य नई प्रजाति तैयार कर सकता है तो क्या प्रकृति में दिखने वाले इतने विविध जीव प्रकृति में निरंतर होने वाली किसी चयन प्रक्रिया का नतीजा हैं?

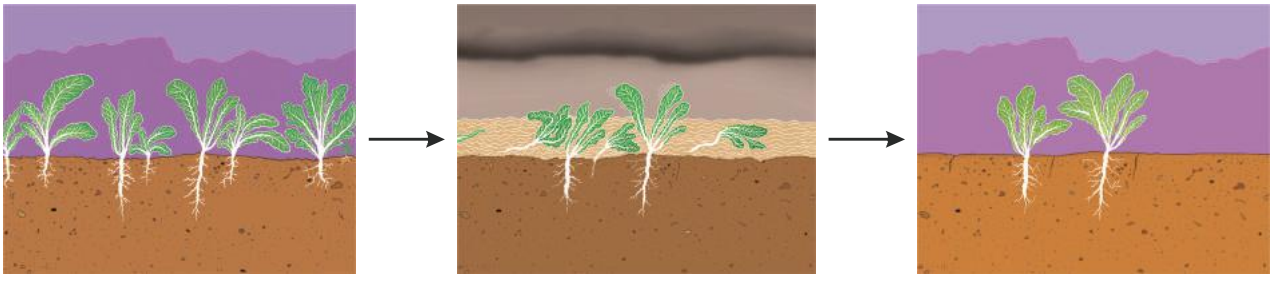
- मनुष्य द्वारा पसंदीदा लक्षणों का चुनाव कर जीव उत्पन्न करने की प्रक्रिया को क्या कहा जाता है?

डार्विन ने इसी के आधार पर सुझाया कि प्राकृतिक चयन (Natural selection) यानि प्रकृति में स्वतः चलने वाली चयन की प्रक्रिया से दुनिया के अधिकाँश जीवों की उत्पत्ति हुई है (प्राकृतिक चयन की प्रक्रिया को समझने के लिए पृष्ठ क्रमांक 341 में इस अध्याय सम्बन्धी परियोजना कार्य ज़रूर करें)

- परियोजना कार्य से प्रकृतिक चयन की प्रक्रिया के बारे में हमारी क्या समझ बनती है?
- क्या प्राकृतिक चयन, कृत्रिम चयन जैसी ही कोई सोची समझी सम्पादन की प्रक्रिया है?

क्रियाकलाप–2

नीचे कुछ चित्र दिए गए हैं। इन्हें देखकर तर्क सहित बताइए कि चित्र में किस प्रकार का चयन दर्शाया गया है?

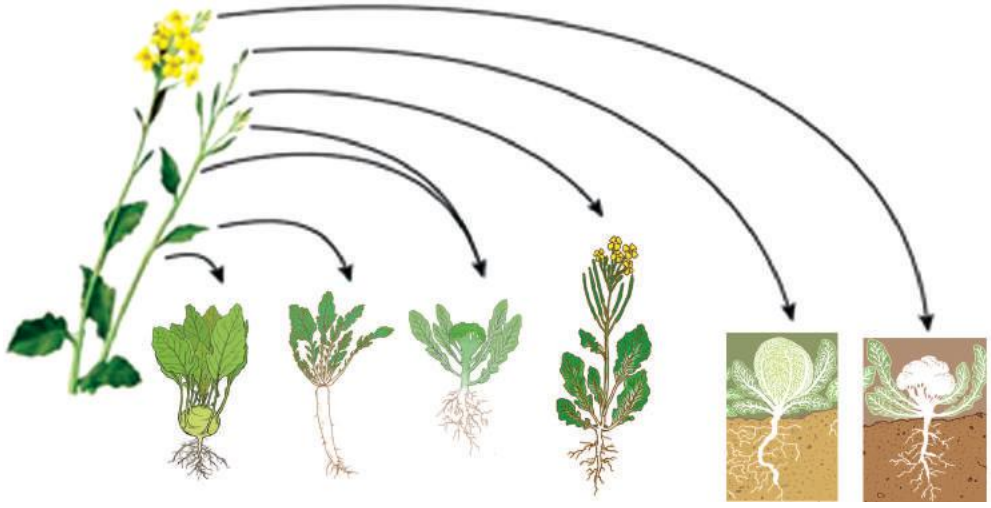


मूली का खेत **बाढ़ से कुछ पौधों का बह जाना** **मूली के खेत में बचे पौधे**

चित्र–9 : मूली के खेत पर बाढ़ का प्रभाव

क्या आप जानते हैं?

यह कृत्रिम चयन का ही नतीजा है कि आज धान, गेहूँ इत्यादि की हजारों किस्में पाई जाती हैं। सब्जियों में भी कई किस्में और प्रजातियाँ मनुष्य द्वारा चयन का नतीजा हैं।

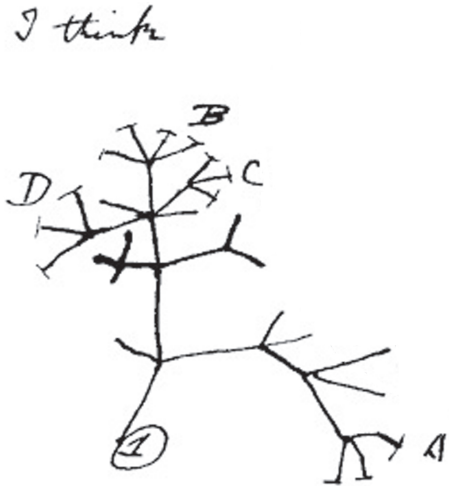


सरसों की प्रजातियाँ मनुष्य द्वारा सब्जियों के खाए जाने वाले भाग | नवलगोल तना | मूली जड़ | ब्रॉकली पुष्प कलिका एवं तना | सरसों पार्श्व पर्ण कलिका | पत्तागोभी पर्ण कलिका | फूलगोभी पुष्प कलिका

डार्विन के बीगल यात्रा के लगभग 20 साल बाद एक और वैज्ञानिक इंग्लैन्ड से अमेरिका तथा एशियाई द्वीपों तक बीगल जैसे खोजी यात्रा में निकले थे। यह अल्फ्रेड रसेल वैलेस थे। मुख्य रूप से तितलियों और कुछ स्तनधारी जीवों का अध्ययन किया और डार्विन जैसे निष्कर्ष पर पहुँचे। सुझाया कि प्रजातियाँ पूर्ववर्ती प्रजातियों से ही उत्पन्न होती है।

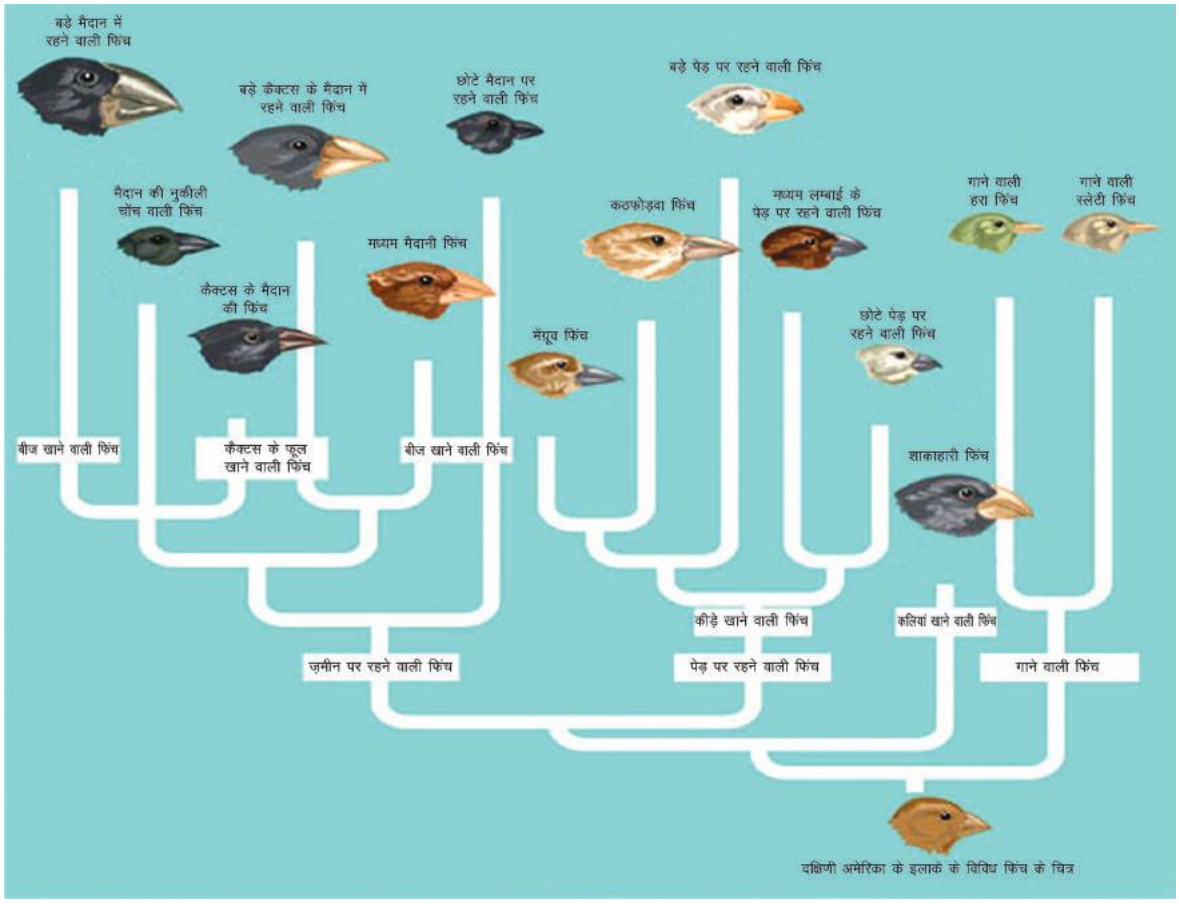
1.4.3 विकास का सिद्धान्त (Theory of evolution)

गहन अध्ययन, कई जीवों के अवलोकन एवं कई प्रमाण जुटाने के पश्चात् डार्विन और वैलेस मिलकर इस नतीजे पर पहुँचे कि



चित्र–10 : डार्विन का बनाया चित्र : विकास का शाखित पेड़

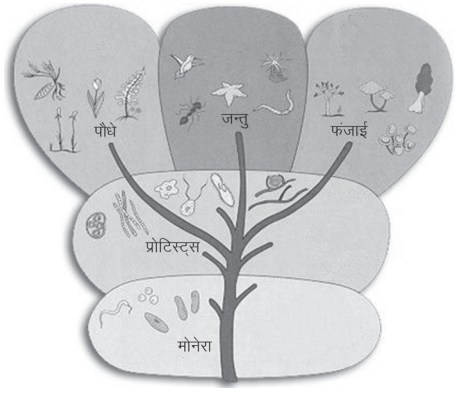
1. जीवों में विविधता पाई जाती है, जिसके कारण उनके जीने की क्षमता में भी थोड़े बहुत अंतर पाए जाते हैं। कोई कम जीता है तो कोई ज्यादा। किसी की कम संताने होती हैं तो किसी की ज़्यादा। जिनकी जीने की क्षमता ज्यादा होती है वही परिवेश में ढलकर जीते हैं और उनकी एक नई प्रजाति दिखाई देती है।
2. विश्व में प्रजातियों की रचना एक झटके में नहीं बल्कि पहले से मौजूद प्रजातियों से होती है।
3. विविध जीवों की उत्पत्ति एक समान पूर्वज से हुई है इसलिए विकास की प्रक्रिया को एक शाखित पेड़ के रूप में दर्शाया जा सकता है।
4. किसी भी जगह की जनसंख्या में पाए जाने वाले जीवों में विभिन्नताएँ होती हैं। इनमें से कुछ विभिन्नताएँ ही एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में जाती हैं।



चित्र–10 : फिंचों की वंशावली का शाखित पेड़

5. हर प्राणी विशेष का अस्तित्व बनाए रखने के लिए उनमें कुछ खास विभिन्नताएँ होती हैं। एक प्रजाति में यह विभिन्नताएँ एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी तक पहुँचती हैं तो धीरे–धीरे संतान पीढ़ी, जनक पीढ़ी से भिन्न होती रहती है और एक नई प्रजाति का रूप ले लेती है। प्रजातियों का विकास, पीढ़ी दर पीढ़ी पहुँचने वाली ऐसी कुछ विभिन्नताओं से होता है और किसी परिस्थिति में ये लाभदायक सिद्ध होती हैं।

क्या आप जानते हैं?



डार्विन का शाखित पेड़ : पांच जगत के संदर्भ में

6. लाभदायक भिन्नताओं वाली विविध प्रजातियाँ किसी आवास में पनपने लगती हैं और समय के साथ इन प्रजातियों की आबादी में वृद्धि होती रहती है जो पहले से उपस्थित प्रजातियों की आबादी को प्रभावित करता है। उस आवास में जीने के लिए ज्यादा सक्षम प्रजातियों की आबादी अन्य प्रजातियों की आबादी का स्थान लेने लगती है। इस प्रकार प्रजातियों की आबादी में क्रमशः बदलाव होता है जिससे जीवों का विकास चलता रहता है।

क्या डायनोसॉर का विलुप्तीकरण किसी सक्षम प्रजाति के विकास के कारण हुआ है? इस संदर्भ में आपकी क्या राय है?

क्या आप जानते हैं?

जैव विकास के सिद्धान्त एवं उसे प्रतिपादित करने का विवरण डार्विन द्वारा लिखित पुस्तक "ऑन द ऑरिजिन ऑफ स्पीशीस बाइ नैचुरल सेलेक्शन" तथा वैलेस द्वारा लिखित पुस्तक "डारविनिज़्म" में मिलता है। ये पुस्तकें क्रमशः सन् 1859 और 1889 में छपी थीं।

H79W9U

1.5 प्रजातिकरण (Speciation)

1.5.1 अनुकूलन और प्रजातिकरण (Adaptation and Speciation)

जैसा कि हमने पढ़ा है, फिंच पक्षी की विविधता खाद्य संसाधनों के अनुसार नज़र आई थी और समय के अनुसार अलग अलग टापू उनका आवास बन गए। इस तरह समय के साथ किसी जीव का अपने आवास में ढल जाने की प्रक्रिया को हम 'अनुकूलन' (adaptation) कहते हैं। अपने आवास में अनुकूलित जीवों की आबादी समय के साथ बढ़ती रहती है।

- क्या डायनोसॉर अपने आवास में अनुकूलित नहीं रह पाए जिससे वे विलुप्त हो गए?
- सोचकर बताएं कि कुटुमसर गुफा की कानी मछरी की प्रजाति कैसे अपने ही वंश की मछलियों से अलग हो गई और अपने आवास में अनुकूलित हो गई?

हमने पढ़ा है कि दक्षिण अमेरिका के महाद्वीप के फिंच की एक प्रजाति से गलापागोस के द्वीपों पर विविध प्रकार के प्रजाति के फिंच बने, जो अलग–अलग आवास में पनपने लगे थे। ये इतने विविध हो गए कि एक द्वीप के फिंच अलग द्वीप के फिंच के साथ लैंगिग प्रजनन करने में असमर्थ हो गए। इस प्रकार जीवों में विविधता से अलग–अलग प्रजातियों के बनने को प्रजातिकरण (speciation) कहा जाता है।

1.5.2 प्रजातियाँ आखिर क्या हैं?

डार्विन के समय से ही प्रजाति जीव के उस समूह को कहा जाता रहा है जो आपस में लैंगिक प्रजनन कर सकें। प्रजाति की इस परिभाषा को "जैविक प्रजाति" माना गया। पर डार्विन इस परिभाषा को लेकर चिंतित रहे क्योंकि उन्हें कई ऐसे उदाहरण कछुआ, छिपकली आदि की प्रजाति में मिले जहाँ प्रजातियों में लैंगिक प्रजनन होने के बावजूद इतनी भिन्नता थी कि उन्हें एक नई प्रजाति मानना बेहतर होता। जैविक प्रजाति की परिभाषा यूँ तो वर्गीकरण को व्यवस्थित करने में मददगार सिद्ध हुई है पर यह ऐसे जीवों की प्रजातियों के बारे में कुछ भी सिद्ध नहीं कर पाई जिनकी पीढ़ी लैंगिक प्रजनन से नहीं बल्कि अलैंगिक प्रजनन से बढ़ती हो जैसे जीवाणु, कुछ पौधे आदि।

किसी प्राकृतिक आपदा से या आवास और खाद्य संसाधनों में बदलाव से अक्सर प्रजातिकरण होने की संभावना रहती है।

विविधताएँ कैसे उत्पन्न होती हैं और इससे अलग किस्म या अलग प्रजाति के जीव कैसे बनते होंगे, इस दिशा में भी डार्विन कई प्रयोग करते रहे। कुछ तो पौधों के साथ और कुछ जंतुओं के साथ जैसे– मिराबिलस (गुलब्बाँस), कबूतर। विविधताओं के साधनों के बारे में डार्विन के ही समसामयिक ग्रेगर जोहॉन मेंण्डल के अध्ययनों का उल्लेखनीय योगदान रहा। इनके बारे में हम 'आनुवंशिकी' अध्याय में पढ़ेंगे।

मुख्य शब्द (keywords)

जीवों का विकास, प्रजातिकरण, अनुकूलन, प्राकृतिक चयन, कृत्रिम चयन, जीवाश्म, समवृत्ति लक्षण, सजातीय लक्षण।

हमने सीखा

1. जीवों का विकास के सिद्धान्त के अनुसार समय के साथ प्रजातियों की आबादी में अंतर आता है। प्रकृति में नई प्रजातियाँ पूर्ववर्ती प्रजातियों से प्राकृतिक चयन की प्रक्रिया द्वारा उत्पन्न होती रहती हैं।
2. किसी भी सिद्धान्त को प्रतिपादित करने से पहले कई प्रकार के प्रमाण और तथ्य जुटाना, उनकी निरंतर जाँच करना और गहन अध्ययन करना ज़रूरी है।
3. मनुष्य द्वारा चयनित लक्षणों के अनुसार जीवों में परिवर्तन लाने की प्रक्रिया कृत्रिम चयन है।
4. प्रकृति में निरंतर होने वाली चयन की प्रक्रिया जिनमें भौगोलिक परिस्थितियों के अनुरूप लक्षणों का चयन होता रहता है, प्राकृतिक चयन कहा जाता है।
5. किसी जीव के अपने आवास में ढल जाने की प्रक्रिया को हम 'अनुकूलन' कहते हैं। अपने आवास में अनुकूलित जीवों की आबादी समय के साथ बढ़ती रहती है।
6. प्रजाति या जीवों का ऐसा समूह जो आपस में लैंगिक प्रजनन कर सके, "जैविक प्रजाति" माना गया।
7. विविध जीवों की उत्पत्ति एक समान पूर्वज से हुई है, इसलिए विकास की प्रक्रिया को एक शाखित पेड़ के रूप में दर्शाया जा सकता है।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखिए–

(i) पालतू कुत्तों की आधुनिकतम नस्ल किस प्रक्रिया के फलस्वरूप बनी है–

(अ) प्राकृतिक चयन (ब) कृत्रिम चयन (स) यौवन चयन (द) कार्य चयन

(ii) कुत्ते व भेड़ के अग्रपाद चलने, व्हेल के अग्रपाद तैरने और चमगादड़ के अग्रपाद उड़ने के लिए हैं, ये किसके उदाहरण है–

(अ) समवृत्ति अंग (ब) समजात अंग (स) अविकसित अंग (द) इनमें से सभी

(iii) निम्नलिखित में से कौन सी समवृत्ति संरचनाएँ हैं–

(अ) चमगादड़ के पंख और तितली के पंख

(ब) प्रॉन के गिल और मछली के गलफड़े

(स) कुकुरबिटा के काँटें और लौकी के तंतु

(द) चमगादड़ के पंख और घोड़े के पैर

WIN5QE

(iv) डार्विन का सिद्धांत आधारित है–

(अ) अपनी यात्रा के दौरान दिए गए अवलोकनों से

(ब) कोशिका सिद्धांत से

(स) मेण्डल के वंशागति के नियम से

(द) इनमें से कोई नहीं

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए–

(i) जीवों का वह समूह जो आपस में लैंगिक प्रजनन कर सके, ... कहलाता है।

(ii) फिंचों की चोंच में अंतर, उनमें पाई जाने वाली ..... को दर्शाता है।

(iii) कुछ जीवाणु स्ट्रेप्टोमाइसिन (एन्टिबायोटिक) युक्त माध्यम में पनपने में समर्थ होते हैं, इसका कारण ..... है।

3. हमारे शरीर के अन्दर विशेषकर हमारी आँतों में कई जीवाणु पाए जाते हैं। यह लगभग हर 20 मिनट में प्रजनन करते हैं। प्रजनन के दौरान विभिन्नताएँ उत्पन्न होती हैं। पीढ़ी दर पीढ़ी कुछ विभिन्नताएँ बढ़ती हैं जिनसे इनकी आबादी में काफी विभिन्नताएँ पाई जाती हैं। इस प्रकार इनमें बहुत जल्दी विकास होता है। एन्टीबायोटिक दवाइयों से जीवाणुओं की कई प्रजातियाँ खत्म हो जाती हैं पर विभिन्नताओं के कारण कोई न कोई प्रजाति बच जाती है जिन पर एन्टीबायोटिक का कोई असर नहीं हुआ हो। इनकी आबादी बढ़ने से ये एन्टीबायोटिक प्रतिरोधक बन जाते हैं।

इस जानकारी की मदद से निम्नलिखित सवालों का उत्तर दीजिए–

(क) 'जीवाणुओं का विकास प्राकृतिक चयन द्वारा होता है।' इस कथन की पुष्टि कीजिए।

(ख) किस प्रक्रिया के दौरान विभिन्नताएँ उत्पन्न होती हैं?

(ग) विकास में विभिन्नताओं की क्या भूमिका है?

(घ) 'विकास की प्रक्रिया धीमी भी हो सकती है और जल्दी भी।' इस कथन के अनुसार धीमी और तेज गति से होने वाले विकास का एक–एक उदाहरण दीजिए।

(ङ) क्या जीवाणुओं की ज्यादा अनुकूलित प्रजाति, एन्टीबायोटिक प्रतिरोधक बन जाती है? तर्क सहित उत्तर दीजिए।

4. कृत्रिम और प्राकृतिक चयन में दो अंतर लिखिए।

5. डार्विन और वैलेस द्वारा प्रतिपादित जीवों का विकास के सिद्धांत से हमें क्या पता चलता है?

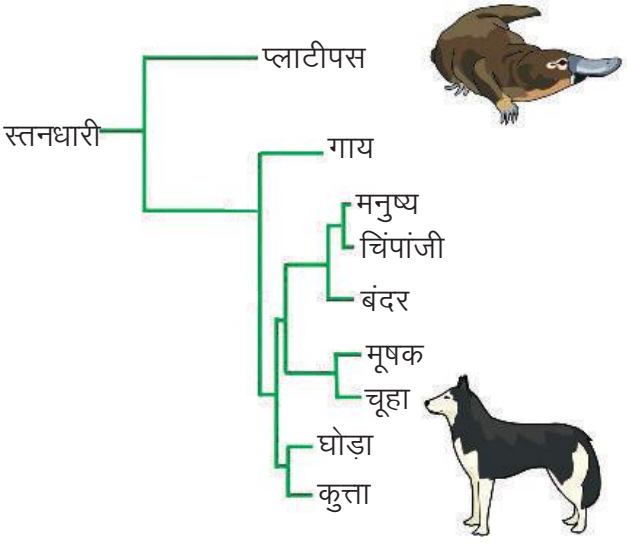
6. जीवों के विकास के सिद्धांत के मुख्य बिन्दु क्या हैं?

7. जीवों के विकास में चयन और अनुकूलन की क्या भूमिका है?

8. चित्र देखकर बताइए कि यह सजातीय या समवृत्ति लक्षण दर्शा रहा है। अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए।

घटपर्णी मटर प्रतान बोगिनविला कैक्टस

9.



(i) स्तनधारियों के इस शाखित पेड़ को देखकर बताइए कि कौन सा जन्तु मनुष्य का सबसे निकट संबंधी है?

(ii) इस चित्र के अनुसार– अ. दो जन्तुओं के नाम लिखिए जिनमें सम्बन्ध कम से कम हों? ब. दो जन्तुओं के नाम लिखिए जिनमें सबसे ज्यादा सम्बन्ध हों?

(iii) इस चित्र से इन जन्तुओं के विकास के बारे में अपनी समझ को विस्तार से लिखिए।

अध्याय–2

अम्ल, क्षारक एवं लवण

(ACIDS, BASES AND SALTS)

अम्ल, क्षारक एवं लवण तथा उनकी कुछ विशेषताओं के बारे में आपने पिछली कक्षाओं में पढ़ा है। क्या आपने कभी सोचा है कि लाल चींटी या ततैया के काटने पर साबुन रगड़ने की सलाह क्यों दी जाती है? हमने यह भी देखा है कि अगर कपड़े में हल्दी का दाग लग जाए तब उस पर साबुन लगाने से उसका रंग बदल जाता है। अगर कोई व्यक्ति एसिडिटी से पीड़ित है तो उसे खाने का सोडा दिया जाता है। ताँबे के बर्तन को चमकाने के लिए नींबू या इमली के रस का उपयोग किया जाता है। सोचिए, दैनिक जीवन में और कहाँ–कहाँ अम्ल तथा क्षारक के प्रभाव दिखाई देते हैं।

आपने, कुछ सूचकों (indicators) के बारे में भी पढ़ा है जिनकी सहायता से हम किसी पदार्थ को अम्लीय, क्षारीय या उदासीन पदार्थ में वर्गीकृत करते हैं। लिटमस भी एक ऐसा ही सूचक है जो अम्ल (acid) एवं क्षार (alkali) की उपस्थिति में अपना रंग परिवर्तित करता है। आप यह भी जानते हैं कि अम्ल एवं क्षारक (base) के बीच अभिक्रिया से लवण तथा जल बनता है।

2.1 *कहाँ–कहाँ बिखरे हैं अम्ल एवं क्षारक?*

आइए, देखें हमारे आस–पास पाए जाने वाले पदार्थों में कौन–कौन से अम्ल व क्षारक उपस्थित हैं।

सारणी–1 : प्राकृतिक स्रोतों में उपस्थित अम्ल एवं क्षारक

क्र.	प्राकृतिक स्रोत	अम्ल	क्र.	प्राकृतिक स्रोत	क्षारक
1	इमली	टार्टरिक अम्ल	5	चूना	कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड
2	सेब	मैलिक अम्ल	6	खाने का सोडा	सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट
3	सिरका	ऐसीटिक अम्ल	7	प्रति अम्ल (antacid)	मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड
4	टमाटर	ऑक्सैलिक अम्ल	8	कपड़े धोने का सोडा	सोडियम कार्बोनेट

इन अम्लों के अतिरिक्त कुछ अन्य खनिज/अकार्बनिक अम्ल जैसे–नाइट्रिक अम्ल (HNO_3), सल्फ्यूरिक अम्ल (H_2SO_4), हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCI) इत्यादि भी होते हैं। इसी प्रकार अमोनियम हाइड्रॉक्साइड (NH_4OH), सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH), पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) आदि अन्य क्षार हैं।

क्षार और क्षारक

सभी क्षारक (bases) जल में घुलनशील नहीं होते हैं। जल में घुलनशील क्षारक को क्षार (alkali) कहते हैं।

2.2 कैसे करें अम्ल और क्षारक की पहचान?

आप जानते हैं कि अम्ल की उपस्थिति में नीला लिटमस, लाल तथा क्षार की उपस्थिति में लाल लिटमस, नीला हो जाता है। इसी तरह किसी विलयन की प्रकृति की जाँच करने के लिए कुछ पदार्थों का उपयोग किया जाता है, जिन्हें हम सूचक कहते हैं। ये सूचक अपने रंग एवं अन्य गुणों में परिवर्तन के द्वारा हमें अम्ल एवं क्षार को पहचानने में सहायता करते हैं। गुड़हल, लाल पत्ता गोभी के रस एवं हल्दी आदि का उपयोग भी अम्ल–क्षार सूचक के रूप में किया जा सकता है, ये प्राकृतिक सूचक हैं। क्या आप ऐसे ही कुछ और सूचकों को खोज सकते हैं, जो अम्ल एवं क्षारकों को पहचानने में हमारी मदद कर सकें?

क्या आप जानते हैं?

लिटमस विलयन रंजकों का मिश्रण होता है जो लाइकेन (lichen) से प्राप्त किया जाता है। यह एक प्राकृतिक सूचक के रूप में प्रयुक्त होता है। उदासीन विलयन में इसका रंग बैंगनी होता है।

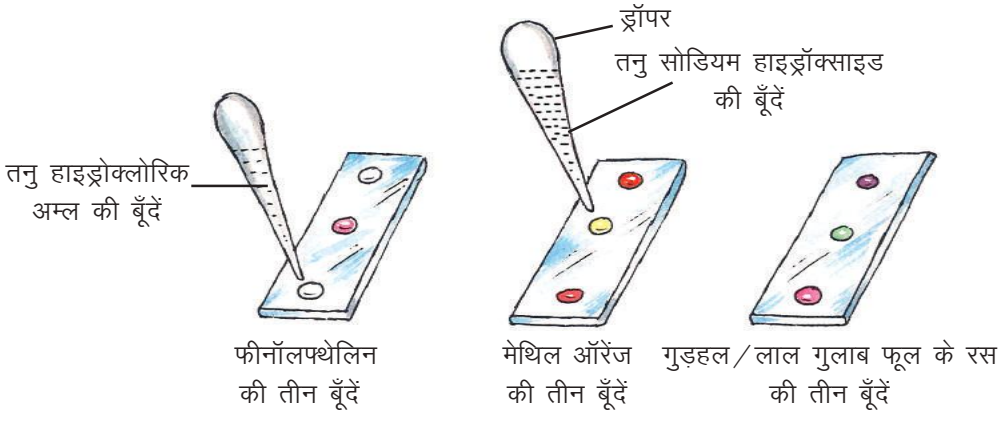
इन प्राकृतिक सूचकों के अलावा कुछ रासायनिक सूचक भी होते हैं जैसे मेथिल रेड, मेथिल ऑरेंज, फीनॉलफ्थेलिन इत्यादि। आइए, इन्हें समझने के लिए एक क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–1

- काँच की तीन स्लाइड लीजिए।
- पहली स्लाइड पर ड्रॉपर की सहायता से तीन अलग–अलग स्थानों पर एक–एक बूँद फीनॉलफ्थेलिन की डालें (चित्र–1)।
- इसी प्रकार दूसरी स्लाइड पर मेथिल ऑरेंज तथा तीसरी स्लाइड पर गुड़हल/लाल गुलाब के फूल के रस की एक–एक बूँद तीन अलग–अलग स्थानों पर डालें। ध्यान रहे कि बूँदें आपस में न मिलें।

  (यदि क्रियाकलाप हेतु उल्लेखित सूचक उपलब्ध न हों तब जो सूचक उपलब्ध हों उनकी सहायता से क्रियाकलाप करें)
- ड्रॉपर की सहायता से प्रत्येक स्लाइड की पहली बूँद पर एक बूँद तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल डालें। दूसरे ड्रॉपर से दूसरी बूँद पर एक बूँद तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की डालें तथा रंग परिवर्तन को सारणी–2 में नोट करें।

  (नोट–विलयन बनाते समय हमेशा आसुत जल का उपयोग करने से सटीक परिणाम प्राप्त होते हैं।)
- प्रत्येक स्लाइड की तीसरी बूँद सूचक के वास्तविक रंग को प्रदर्शित करती है जिसका उपयोग रंग में हुए परिवर्तन को पहचानने के लिए किया जाता है।



चित्र–1 : अलग–अलग सूचकों का अम्लीय तथा क्षारीय माध्यम में रंग परिवर्तन

सारणी–2 : अम्ल व क्षार से सूचकों का रंग परिवर्तन

सूचक	सूचक का वास्तविक रंग	तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में रंग	तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड में रंग
फीनॉलफ्थेलिन	————————	————————	————————
मेथिल ऑरेंज	————————	————————	————————
लाल गुलाब / गुड़हल के फूल का रस	————————	————————	————————

- क्या आप बता सकते हैं कि तनु सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ मेथिल ऑरेंज का रंग क्या होगा?

सूचक अम्ल एवं क्षार के साथ क्रिया कर नए पदार्थ बनाते हैं जिसके कारण रंग में परिवर्तन होता है। क्या आप जानते हैं कि हमारे आस–पास कुछ ऐसे पदार्थ हैं जो अम्ल व क्षार के साथ अपनी गंध में परिवर्तन द्वारा सूचना देते हैं। ऐसे सूचकों को घ्राण / गंधीय सूचक (olfactory indicators) कहते हैं। आइए, ऐसे सूचकों के साथ क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–2

- प्याज को काट कर सफेद कागज पर रगड़ें। इस कागज के तीन टुकड़े करें।
- पहले टुकड़े पर एक बूँद तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की तथा दूसरे टुकड़े पर एक बूँद तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड की डालें।
- पहले तथा दूसरे कागज के टुकड़े की गंध की तुलना, तीसरे कागज के टुकड़े की गंध से करें।
- पहले तथा दूसरे कागज के टुकड़ों की गंध में क्या परिवर्तन हुआ?

प्याज के अलावा भी कुछ और घ्राण सूचक हैं जैसे वैनिला और लौंग का तेल इत्यादि। परीक्षण के लिए इनके तनु विलयन का उपयोग करना चाहिए। तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की उपस्थिति में वैनिला अपनी गंध नहीं बदलता परन्तु तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड की उपस्थिति में इसकी मधुर गंध गायब हो जाती है। यही क्रियाकलाप लौंग के तेल के साथ भी करें और अपना अवलोकन नोट करें।

खुद बनाएँ अपना सूचक

काला जामुन, कनेर का फूल, हल्दी, कचनार का फूल आदि में से किसी एक को सफेद कागज पर रगड़िए और उस पेपर का अम्ल–क्षार पहचान सूचक के रूप में उपयोग कीजिए।

प्रश्न

1. अचार को ताँबे, ऐलुमिनियम के बर्तन में क्यों नहीं रखा जाता ?
2. मध्यान्ह भोजन करते समय थोड़ी सी सब्जी कुसुम के कपड़ों पर गिर गई। घर जाकर जब उसने उस स्थान पर साबुन लगाया तो कपड़ा लाल हो गया, इसका कारण समझाइए।
3. सुरेश एक दृष्टिबाधित छात्र है वह किन–किन सूचकों का प्रयोग कर अम्ल एवं क्षार की पहचान कर सकता है?

2.3 अम्ल एवं क्षारक के रासायनिक गुणधर्म (Chemical properties of acids and bases)

हमने अलग–अलग सूचकों के साथ अम्ल एवं क्षारकों के गुणों को समझा। आइए, अब हम इनके कुछ अन्य रासायनिक गुणधर्मों को समझें।

2.3.1 *अम्ल एवं क्षारक धातुओं के साथ कैसे अभिक्रिया करते हैं?*

हम जानते हैं कि सामान्यतः धातुएँ अम्लों से अभिक्रिया कर लवण बनाती हैं तथा हाइड्रोजन गैस का विस्थापन करती हैं। अम्ल की धातु के साथ अभिक्रिया को इस प्रकार व्यक्त कर सकते हैं।

अम्ल + धातु ⟶ लवण + हाइड्रोजन

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की जिंक धातु से अभिक्रिया द्वारा जिंक क्लोराइड बनता है तथा हाइड्रोजन गैस विस्थापित होती है।

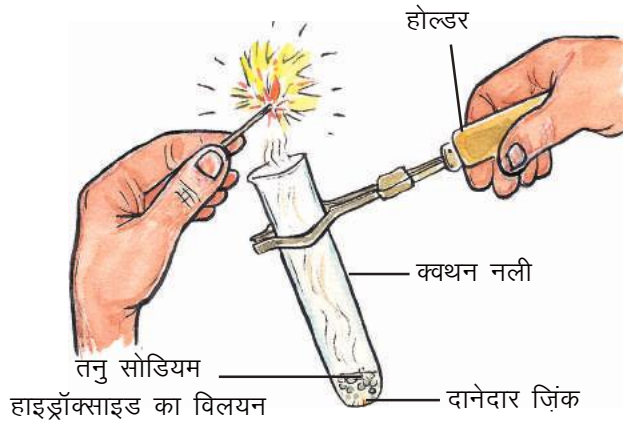
$$2HCl(aq) + Zn(s) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2\uparrow$$

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल — जिंक — जिंक क्लोराइड — हाइड्रोजन

कुछ ऐसी धातुओं की हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया के समीकरण लिखिए जिनका अध्ययन आपने पहले किया है। आइए, क्षार की धातु से अभिक्रिया को समझने के लिए एक क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–3

- एक परखनली में दानेदार जिंक के कुछ टुकड़े लें।
- परखनली में 2 mL तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड का विलयन डालें। (चित्र–2)।
- दानेदार जिंक के टुकड़ों की सतह पर आपको क्या परिवर्तन दिखायी देता है?
- निकलने वाली गैस का परीक्षण आप कैसे करेंगे?



चित्र–2 : दानेदार जिंक की तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ अभिक्रिया तथा H_2 गैस का परीक्षण

इस अभिक्रिया को इस प्रकार व्यक्त कर सकते हैं–

$$2NaOH(aq) + Zn(s) \xrightarrow{\text{गर्म}} Na_2ZnO_2(aq) + H_2\uparrow$$

सोडियम हाइड्रॉक्साइड — जिंक — सोडियम जिंकेट — हाइड्रोजन

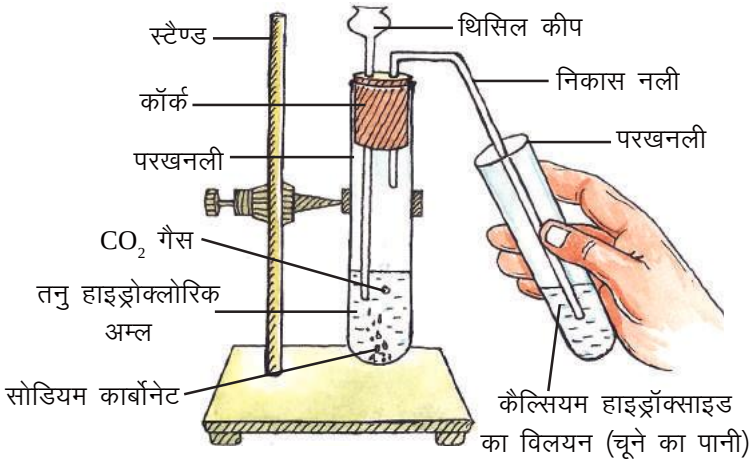
कुछ धातुएँ क्षारों के साथ भी क्रिया कर लवण बनाती हैं तथा हाइड्रोजन गैस मुक्त करती हैं।

2.3.2 *अम्ल, धातु कार्बोनेट एवं धातु हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ कैसे अभिक्रिया करते हैं?*

आइए, इसे एक क्रियाकलाप द्वारा समझें–

क्रियाकलाप–4

- एक परखनली में 0.5 g सोडियम कार्बोनेट लें।
- अब इस परखनली में लगभग 2 mL तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल थिसिल फनल द्वारा डालें (चित्र–3)।
- क्या कोई परिवर्तन दिखाई दिया?
- निकलने वाली गैस कार्बन डाइऑक्साइड है, इसका परीक्षण आप किस प्रकार करेंगे?
- यही क्रियाकलाप अब आप सोडियम कार्बोनेट के स्थान पर सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट लेकर दोहराएँ।



चित्र–3 : अम्ल की धातु कार्बोनेट एवं धातु हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ अभिक्रिया

धातु कार्बोनेट/धातु हाइड्रोजनकार्बोनेट + अम्ल ⟶ लवण + कार्बन डाइऑक्साइड + जल

उपरोक्त क्रियाकलाप में होने वाली अभिक्रियाओं के रासायनिक समीकरण निम्नानुसार हैं–

$$Na_2CO_3(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2\uparrow$$

$$NaHCO_3(s) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2\uparrow$$

सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट

सभी धातु कार्बोनेट एवं हाइड्रोजनकार्बोनेट अम्ल के साथ अभिक्रिया करके संगत लवण, कार्बन डाइऑक्साइड एवं जल बनाते हैं। इस अभिक्रिया को इस प्रकार व्यक्त कर सकते हैं।

2.3.3 क्षारक, अधातु ऑक्साइड के साथ कैसे अभिक्रिया करते हैं?

कार्बन, सल्फर आदि अधातुएँ ऑक्सीजन के साथ अभिक्रिया करके कार्बन डाइऑक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड आदि का निर्माण करती हैं। क्षारक, इन अधात्विक ऑक्साइड के साथ अभिक्रिया करके लवण तथा जल बनाते हैं।

अधात्विक ऑक्साइड + क्षारक ⟶ लवण + जल

सल्फर डाइऑक्साइड, सोडियम हाइड्रॉक्साइड के साथ अभिक्रिया करके सोडियम सल्फाइट तथा जल बनाती है।

$$SO_2(g) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_3(aq) + H_2O(l)$$

सोडियम सल्फाइट

2.3.4 अम्ल और क्षारक आपस में कैसे अभिक्रिया करते हैं?

हम जानते हैं कि अम्ल और क्षारक आपस में अभिक्रिया करके लवण और पानी बनाते हैं।

अम्ल + क्षार ⟶ लवण + जल

आइए, इसे एक क्रियाकलाप द्वारा समझें–

क्रियाकलाप–5

- एक परखनली में 20 बूँदें तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की लेकर 1–2 बूँद फीनॉलफ्थेलिन डालिए।
- परखनली को हिलाते हुए उसमें ड्रॉपर की सहायता से बूँद–बूँद कर तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन तब तक डालें जब तक विलयन का रंग हल्का गुलाबी न हो जाए।
- विलयन के रंग परिवर्तन का क्या कारण है?

इस अभिक्रिया को रासायनिक समीकरण द्वारा इस प्रकार व्यक्त किया जाता है–

$$HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

अम्ल में क्षार की एक बूँद डालने पर वह अम्ल के कुछ अणुओं से क्रिया कर लवण और पानी बनाता है, यह क्रिया उदासीनीकरण (neutrilization) कहलाती है। इस प्रकार क्षार, अम्ल के साथ अभिक्रिया करता जाता है। जब अम्ल के सारे अणु, क्षार के साथ अभिक्रिया कर लेते हैं तब विलयन उदासीन हो जाता है। इसके पश्चात क्षार की एक और बूँद डालते ही विलयन का रंग गुलाबी हो जाता है। अब, बताइए इस विलयन की प्रकृति क्या होगी?

प्रश्न

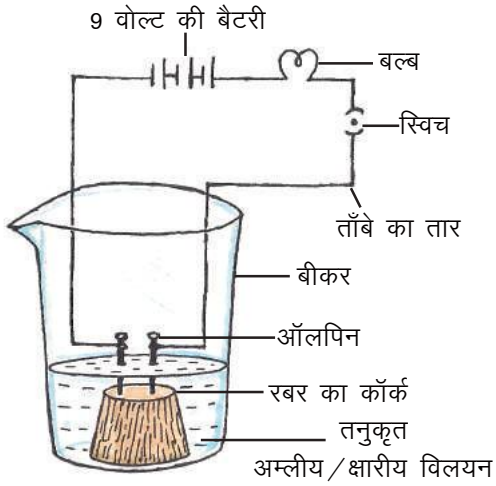
1. धातु की तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से होने वाली अभिक्रिया को एक उदाहरण द्वारा समझाइए।
2. कैल्सियम हाइड्रोजनकार्बोनेट की हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से होने वाली अभिक्रिया का संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।
3. अधात्विक ऑक्साइड की प्रकृति अम्लीय होती है उदाहरण दीजिए।

2.3.5 क्या अम्ल और क्षार विद्युत का चालन करते हैं?

आइए, इसे समझने के लिए एक क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–6

- 100 mL का एक बीकर लेकर उसमें 50 mL तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल लें।
- एक रबर कॉर्क पर दो आलपिन लगाकर बीकर में रख दीजिए (चित्र–4)।
- चित्रानुसार आलपिनों को 9 वोल्ट की एक बैटरी, टॉर्च के एक बल्ब तथा स्विच को ताँबे के तार के माध्यम से जोड़ दीजिए।
- क्या बल्ब जला?
- इसी प्रक्रिया को तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के साथ दोहराइए।
- क्या बल्ब अब भी जला?



चित्र–4 : अम्ल/क्षार के जलीय विलयन में विद्युत चालन

कक्षा 9वीं में हमने क्रियाकलाप के द्वारा समझा है कि आयनिक यौगिकों के जलीय विलयन में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर बल्ब जलने लगता है, इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि आयनिक पदार्थ विलयन में अपने आयनों

में विभक्त हो कर विद्युत का चालन करते हैं। इसी प्रकार उपरोक्त क्रियाकलाप में अम्ल और क्षार के विलयन द्वारा विद्युत चालकता यह प्रदर्शित करती है कि अम्ल और क्षार का भी आयनीकरण होता है।

2.4 आयनीकरण (Ionisation)

अम्ल एवं क्षारों के जलीय विलयन के व्यवहार को समझने का प्रयास समय–समय पर कई वैज्ञानिकों ने किया। स्वीडन के वैज्ञानिक आरेनिअस (Arrhenius) ने सन् 1884 में अपने अवलोकनों के आधार पर कहा कि अम्ल और क्षारों में कुछ विशिष्ट गुण होते हैं। उनके अनुसार अम्ल एक ऐसा अणु है जो कि जलीय विलयन में धन आवेशित हाइड्रोजन आयन (H^+) तथा एक ऋण आवेशित आयन में वियोजित होता है। इसी प्रकार क्षार, जलीय विलयन में ऋण आवेशित हाइड्रॉक्साइड आयन (OH^-) और एक धनावेशित आयन में वियोजित होता है। ये आयन उपरोक्त क्रियाकलाप–6 में विद्युत चालन के लिए उत्तरदायी हैं।

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$

$$Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$$

आयनीकरण (ionisation), मुख्यतः पदार्थ की विलयन में सान्द्रता और उसके आयनों में वियोजित होने की क्षमता पर निर्भर करता है।

***स्वान्ते ऑगस्ट आरेनिअस* (Svante August Arrhenius) (1859-1927)**

वे स्वीडन के वैज्ञानिक थे, उन्होंने जलीय विलयनों में आयनिक पदार्थों की विद्युत चालकता को समझाया। उन्होंने सुझाव दिया कि आयनिक पदार्थ जलीय विलयन में अपने अवयवी आयनों में विभक्त हो जाते हैं तथा यही आयन विद्युत का चालन करते हैं।

उन्होंने अम्ल और क्षार के गुणों को H^+ आयन तथा OH^- आयन के बनने के आधार पर समझाया। उन्हें सन् 1903 में नोबल पुरस्कार द्वारा सम्मानित किया गया।

2.4.1 क्या सभी यौगिक जिनमें हाइड्रोजन है वे अम्ल हैं?

क्रियाकलाप–7

- एक 100 mL के बीकर में 50 mL ग्लूकोज विलयन लेकर उपकरण को क्रियाकलाप–6 में दर्शाए अनुसार व्यवस्थित करें।
- क्या बल्ब जला?

क्रियाकलाप–6 में तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल लिए जाने पर बल्ब का जलना यह इंगित करता है कि HCl अणु के आयनन के पश्चात H^+ आयन बनते हैं। जबकि ग्लूकोस विलयन में H^+ आयन नहीं बनते। अतः यह आवश्यक नहीं है कि ऐसे सभी यौगिक जिनके रासायनिक सूत्र में हाइड्रोजन होता है वे अम्ल ही होते हैं।

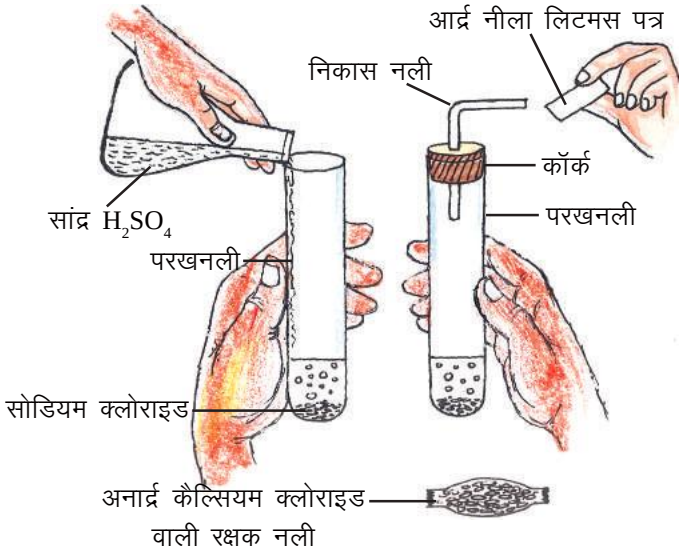
2.4.2 क्या अम्ल केवल जलीय विलयन में ही आयन उत्पन्न करते हैं?

क्रियाकलाप–8

- एक शुष्क परखनली में लगभग 1 g सोडियम क्लोराइड लीजिए।
- इसमें 1–2 mL सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल परखनली की दीवार की सहायता से डालिए।
- क्या परखनली से कोई गैस बाहर निकलती है?
- अब परखनली के मुँह के समीप शुष्क नीला लिटमस पेपर ले जाइए।

- क्या नीले लिटमस पेपर का रंग बदला?
- अब परखनली के मुँह के समीप गीला नीला लिटमस पेपर ले जाइए।
- क्या अब नीले लिटमस पेपर का रंग बदला?

शिक्षकों के लिए निर्देशः–यदि हवा में नमी हो, तब हाइड्रोजन क्लोराइड गैस के परीक्षण से पहले उसे अनार्द्र कैल्सियम क्लोराइड से भरी नली में प्रवाहित कर शुष्क कर लें।



चित्र–5 : HCl का परीक्षण

उपरोक्त अवलोकन से यह पता चलता है कि HCl केवल पानी की उपस्थिति में ही, अम्लीय व्यवहार प्रदर्शित करता है, क्योंकि पानी के सपंर्क में ही यह अपने हाइड्रोजन परमाणु को H^+ आयन के रूप में अलग करता है। कुछ ऐसे यौगिक होते हैं जो पानी के सम्पर्क में आकर OH^- आयन (हाइड्रॉक्साइड) देते हैं, ये क्षार कहलाते हैं जैसे–NH_4OH, NaOH आदि।

कोई भी अम्ल या क्षार कितना प्रबल या दुर्बल है यह उसके आयनन की मात्रा पर निर्भर करता है। प्रबल अम्ल तथा क्षार के अणु पूर्णतः आयनित होते हैं जबकि दुर्बल अम्ल तथा क्षार के अणु आंशिक रूप से आयनित होते हैं अर्थात् दुर्बल अम्ल या क्षार के विलयन में उनके कुछ ही अणु आयनित होते हैं, ज्यादातर अणु अनआयनित रहते हैं।

प्रश्न

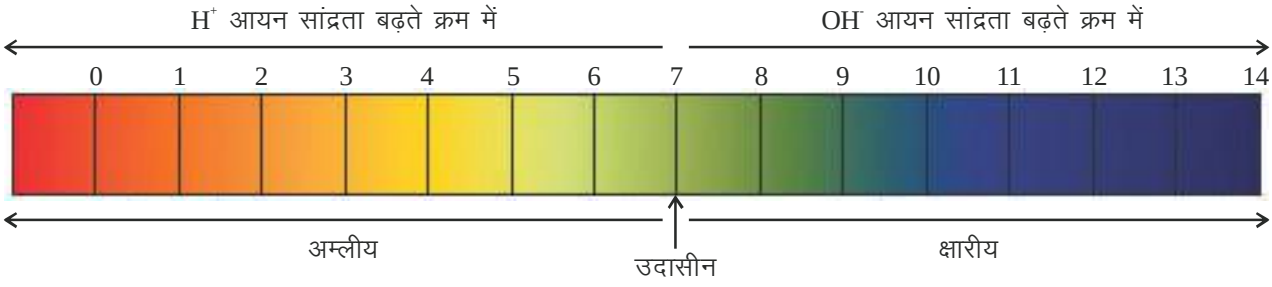
1. निम्नलिखित में से अम्लों को पहचानिए– HNO_3, Na_2CO_3, $Ca(OH)_2$, HCl
2. सल्फ्यूरिक अम्ल प्रबल अम्ल तथा अमोनियम हाइड्रॉक्साइड दुर्बल क्षार है समझाइए।
3. जब सोडियम हाइड्रॉक्साइड के कुछ टुकड़ों को सूखे लाल लिटमस पेपर पर रखा जाता है तब प्रारंभ में रंग में कोई परिवर्तन दिखाई नहीं देता, किन्तु कुछ समय पश्चात् उसका रंग नीला होने लगता है, कारण समझाइए।
4. ग्लूकोज़ और स्टार्च के जलीय विलयन अम्लीय गुण प्रदर्शित नहीं करते, जबकि सल्फ्यूरिक तथा ऐसीटिक अम्ल करते हैं। क्यों?

2.5 अम्ल व क्षार के विलयन कितने प्रबल?

हम विलयन में H^+ अथवा OH^- आयनों के आधार पर उसकी अम्ल या क्षार के रूप में पहचान करते हैं। क्या हम किसी विलयन में उपस्थित आयनों की संख्या जान सकते हैं? क्या हम यह ज्ञात कर सकते हैं कि विलयन में अम्ल अथवा क्षार कितना प्रबल है?

क्या है pH मान? अम्ल एवं क्षारकों की प्रबलता के अंतर को समझने के लिए डेनमार्क के वैज्ञानिक सॉरेन्सन (Sorenson) ने 1909 में एक पैमाना तैयार किया जिसे pH स्केल कहते हैं। यहाँ 'p' का तात्पर्य potenz (शक्ति) है अर्थात् दिए गए विलयन में हाइड्रोजन आयन (H^+) की मात्रा कितनी है यह pH द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। pH स्केल से सामान्यतः शून्य (अधिक अम्लीयता) से चौदह (अधिक क्षारीयता) तक pH मान ज्ञात किए जा सकते हैं। pH एक ऐसी संख्या है जो किसी तनु विलयन की अम्लीयता अथवा क्षारीयता को दर्शाती है।

किसी विलयन के pH को ज्ञात करने एवं तुलना करने के लिए हम सार्वत्रिक सूचक का प्रयोग करते हैं। सार्वत्रिक सूचक अनेक सूचकों का मिश्रण होता है। इसकी सहायता से किसी अम्लीय व क्षारीय विलयन की प्रबलता ज्ञात की जाती है। यह विलयन में हाइड्रोजन आयन की विभिन्न सांद्रता को विभिन्न रंगों से प्रदर्शित करते हैं।



चित्र– 6 : pH मान (रंग सिर्फ मार्गदर्शन के लिए दिए गए हैं)

क्रियाकलाप–9

नीला, लाल लिटमस पत्र तथा सार्वत्रिक सूचक की सहायता से सारणी–3 में दिए गए विलयनों का परीक्षण कर होने वाले रंग परिवर्तन के आधार पर विलयन की प्रकृति तथा pH मान नोट कीजिए।

सारणी–3 : विभिन्न विलयनों की प्रकृति तथा pH मान

क्र.	विलयन	लिटमस पत्र द्वारा ज्ञात विलयन की प्रकृति	सार्वत्रिक सूचक से ज्ञात pH मान
1.	नींबू का रस		
2.	दूध		
3.	टमाटर का रस		
4.	खाने का सोडा		
5.	तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल		
6.	तनु सोडियम हाइड्रॉक्साइड		
7.	जल		
8.	साबुन का जल में घोल		
9.	कॉपर सल्फेट		
10.	विरंजक चूर्ण		
11.	अमोनियम ऐसीटेट		
12.	नमक		

आप जानते है कि pH, हाइड्रोजन आयन की मात्रा की माप है। क्रियाकलाप–9 में हमने देखा कि क्षारीय पदार्थों के भी pH मान प्राप्त हुए हैं। किसी क्षारीय पदार्थ में H^+ आयन की मात्रा का क्या तात्पर्य है? आइए इसे समझें।

शुद्ध जल का आंशिक आयनन होता है जिसके फलस्वरूप H^+ तथा OH^- आयन बनते हैं–

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

इस आंशिक आयनीकरण के कारण प्रत्येक जलीय विलयन में कुछ मात्रा में H^+ तथा OH^- आयन उपस्थित रहते हैं इसलिए अम्लीय विलयन में कुछ OH^- आयन तथा क्षारीय विलयन में कुछ H^+ आयन उपस्थित रहते हैं। H^+ तथा OH^- आयनों की संख्या में व्युत्क्रम संबंध होता है। जब विलयन में H^+ आयनों की संख्या अधिक होती है तब उस विलयन में OH^- आयनों की संख्या कम होती है। इसके विपरीत विलयन में OH^- आयनों की संख्या अधिक होने पर H^+ आयनों की संख्या कम होती है।

pH, H^+ और OH^- के सापेक्षिक मान को व्यक्त करता है, इसे सारणी–4 में दर्शाया गया है।

25°C पर शुद्ध पानी के आयनन से समान मात्रा में H^+ तथा OH^- आयन बनते हैं। सारणी–4 में हम देखते हैं कि pH 7 पर H^+ तथा OH^- आयन की सांद्रता बराबर (10^{-7}mol/L) है। इस प्रकार pH 7, किसी भी विलयन की उदासीन प्रकृति को प्रदर्शित करता है। pH मान 7 से कम, विलयन की अम्लीय तथा 7 से अधिक, क्षारीय प्रकृति को दर्शाता है।

सारणी–4 : H^+ एवं OH^- आयन सान्द्रण तथा pH मान

अम्लता का बढ़ता क्रम → **क्षारीयता का बढ़ता क्रम**

pH मान	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
H^+ mol/L	10^{0}	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}
OH^- mol/L	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^{0}

← ~~mol/L~~

2.6 दैनिक जीवन में pH *का महत्व* (Importance of pH in daily life)

pH मान किसी भी पदार्थ की अम्लीयता व क्षारीयता को समझने में मदद करता है। हमारे शरीर में भी ऐसे कई द्रव हैं जिनका विशिष्ट pH होता है और इस pH के अनुसार ही हमारे शरीर की जैव–रासायनिक क्रियाएँ संचालित होती हैं। हमारे आसपास पानी, मिट्टी आदि का pH हमारे दैनिक जीवन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

आइए, कुछ उदाहरणों से समझें:–

1. पाचन की प्रक्रिया और pH

हमारा आमाशय तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का स्राव करता है। यह आमाशय को किसी प्रकार की हानि नहीं पहुँचाता बल्कि भोजन के पाचन में सहायता करता है। अपच की स्थिति में आमाशय द्वारा अधिक मात्रा में अम्ल स्त्रावित होता है जिसके कारण जलन तथा दर्द का अनुभव होता है। अधिक अम्ल को प्रतिअम्लों जैसे– दुर्बल क्षारकों के द्वारा उदासीन किया जाता है।

2. रक्त का pH और जैविक प्रक्रियाएँ

हमारे रक्त का pH 6.8 से 7.8 तक होता है जो जैविक प्रक्रियाओं के लिए उपयुक्त होता है क्योंकि उक्त pH मानों के बीच रक्त प्लाज्मा और सीरम में अधिकतर रसायन का उचित संतुलन बना रहता है उदाहरण के लिए अम्लीय माध्यम में हीमोग्लोबिन के अणु की आकृति बदल जाती है और ये अणु ऑक्सीजन अच्छी तरह से ग्रहण नहीं कर पाते इसलिए रक्त का pH इस स्तर से कम अर्थात् अम्लीय नहीं होना चाहिए।

3. लार का pH

हमारे दाँतों का इनैमल (enamel) कैल्सियम फॉस्फेट से बनता है, यह कठोर पदार्थ पानी में घुलता नहीं है। जब हमारे मुँह के अंदर उपस्थित लार का pH 5.5 से कम होता है तब दाँतों में सड़न प्रारंभ होती है। इससे बचने के लिए हमें प्रतिदिन दाँतों को क्षारकीय दंतमंजन से साफ करना चाहिए।

4. pH और पौधों व जन्तुओं की आत्मरक्षा

कुछ पौधों जैसे बिच्छु पौधे, में बारीक एवं चुभने वाले रेशे या रोम होते हैं। जब भी कोई मनुष्य या जन्तु इनके संपर्क में आता है तब ये उनके शरीर में चुभकर फार्मिक अम्ल छोड़ देते हैं जिससे जलन और दर्द का अनुभव होता है, इससे पौधा खाए जाने से बच जाता है। मधुमक्खी भी डंक मारने पर एक अम्ल का स्राव करती है जिसके कारण भी दर्द एवं जलन का अनुभव होता है, इस प्रकार पौधे तथा जंतु अपनी रक्षा करते हैं।

5. मिट्टी का pH और फसल का उत्पादन

धान के उत्पादन के लिए अनुकूल मिट्टी वह होती है जिसका pH 5 से 8 पाया जाता है। मिट्टी का pH इस स्तर से ज्यादा या कम होने पर फसल का उत्पादन प्रभावित न हो इसके लिए किसानों द्वारा खेतों में खाद या चूना या राख भी डाली जाती है।

इसी प्रकार हाइड्रेंजिया का फूल मिट्टी की अम्लीयता के अनुसार ही अपना रंग प्रदर्शित करता है। जब मिट्टी अम्लीय होती है तो यह नीला रंग तथा जब मिट्टी हल्की क्षारीय हो तो यह गुलाबी रंग प्रदर्शित करता है।

प्रश्न

1. क्या क्षारीय विलयन में H^+ आयन उपस्थित होते हैं, अगर हाँ तो यह विलयन क्षारीय क्यों होता है?
2. आपके पास दो जलीय विलयन 'A' एवं 'B' हैं। विलयन 'A' का pH मान 6 एवं विलयन 'B' का pH मान 8 है। किस विलयन में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता अधिक है? इनमें से कौन–सा विलयन अम्लीय तथा कौन–सा क्षारीय है?
3. जूली ने जब पाँच विलयन 'A', 'B', 'C', 'D' व 'E' की सार्वत्रिक सूचक से जाँच की तब pH मान क्रमशः 9, 7, 1, 13 एवं 6 प्राप्त हुए। इस आधार पर बताइए कि कौन–सा विलयन–

   (अ) दुर्बल अम्लीय है (ब) दुर्बल क्षारीय है (स) प्रबल अम्लीय है

   (द) प्रबल क्षारीय है (इ) उदासीन है
4. प्रश्न 3 में दिए गए आंकड़ों के आधार पर पाँचों विलयनों की हाइड्रोजन आयन सांद्रता को बढ़ते क्रम में लिखिए।

2.7 *लवण* (Salts)

हम जानते हैं कि जलीय माध्यम में अम्ल और क्षार क्रमशः H^+ आयन और OH^- आयन, उत्पन्न करते हैं। जब अम्ल और क्षार आपस में क्रिया करते हैं तब यही H^+ आयन और OH^- आयन मिलकर जल के अणु बनाते हैं साथ ही लवण (salts) का निर्माण होता है। लवण ऐसे आयनिक यौगिक हैं जिसमें एक भाग धन आवेशित और दूसरा भाग ऋण आवेशित होता है। इसमें धनात्मक आवेशों की संख्या, ऋणात्मक आवेशों की संख्या के बराबर होती है और लवण विद्युत उदासीन होता है। लवण बनाने के कई तरीके हैं जिनमें से मुख्य है अम्ल और क्षारक की उदासीनीकरण अभिक्रिया।

$HNO_3(aq)$	+	$KOH(aq)$	⟶	$KNO_3(aq)$	+	$H_2O(l)$
नाइट्रिक अम्ल		पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड		पोटैशियम नाइट्रेट		जल
$H_2SO_4(aq)$	+	$Cu(OH)_2(aq)$	⟶	$CuSO_4(aq)$	+	$2H_2O(l)$
सल्फ्यूरिक अम्ल		कॉपर हाइड्रॉक्साइड		कॉपर सल्फेट		जल
$CH_3COOH(aq)$	+	$NaOH(aq)$	⟶	$CH_3COONa(aq)$	+	$H_2O(l)$
ऐसीटिक अम्ल		सोडियम हाइड्रॉक्साइड		सोडियम ऐसीटेट		जल
$CH_3COOH(aq)$	+	$NH_4OH(aq)$	⟶	$CH_3COONH_4(aq)$	+	$H_2O(l)$
ऐसीटिक अम्ल		अमोनियम हाइड्रॉक्साइड		अमोनियम ऐसीटेट		जल

उपरोक्त उदाहरणों में हम देखते हैं कि लवण का धनात्मक भाग क्षारक से आता है जिसे क्षारीय मूलक (basic radical) एवं ऋणात्मक भाग अम्ल से आता है जिसे अम्लीय मूलक (acid radical) कहते हैं उदाहरण– पोटैशियम नाइट्रेट (KNO_3) में K^+ क्षारीय मूलक तथा NO_3^- अम्लीय मूलक है।

2.7.1 क्या सभी लवण उदासीन होते हैं?

क्रियाकलाप–9 में हमने नमक, अमोनियम ऐसीटेट, खाने का सोडा तथा कॉपर सल्फेट आदि लवणों का pH मान ज्ञात किया। इनमें से किस–किस विलयन का pH मान 7 है?

अम्ल और क्षार के मध्य उदासीनीकरण अभिक्रिया से लवण बनते हैं तो सोचिए लवणों के pH मान अलग–अलग क्यों आए हैं? इसे समझने के लिए हमें प्रत्येक लवण में उपस्थित अम्लीय तथा क्षारीय मूलक की प्रकृति को जानना होगा। साधारण नमक (NaCl) में क्षारीय मूलक (Na^+) प्रबल क्षार सोडियम हाइड्रॉक्साइड (NaOH) से तथा अम्लीय मूलक (Cl^-) प्रबल अम्ल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) से आते हैं। इस प्रकार प्रबल अम्ल तथा प्रबल क्षार से बने लवण के विलयन की प्रकृति उदासीन होती है। आइए, अन्य लवणों की प्रकृति को सारणी–5 द्वारा समझें।

सारणी–5 : लवणों की प्रकृति

लवण का सूत्र	क्षारीय मूलक का स्रोत		अम्लीय मूलक का स्रोत		लवण की प्रकृति
	स्रोत का सूत्र	स्रोत की प्रकृति	स्रोत का सूत्र	स्रोत की प्रकृति	
$CuSO_4$	$Cu(OH)_2$	दुर्बल	H_2SO_4	प्रबल	अम्लीय
$NaHCO_3$	NaOH	प्रबल	H_2CO_3	दुर्बल	क्षारीय
CH_3COONH_4	NH_4OH	दुर्बल	CH_3COOH	दुर्बल	उदासीन
NH_4Cl	?	?	?	?	?
KNO_3	KOH	प्रबल	HNO_3	प्रबल	?

हमने देखा दुर्बल अम्ल व प्रबल क्षार से बने लवण की प्रकृति क्षारीय व प्रबल अम्ल व दुर्बल क्षार से बने लवण की प्रकृति अम्लीय होती है। दुर्बल अम्ल तथा दुर्बल क्षार की अभिक्रिया से बने लवण की प्रकृति भी उदासीन होती है।

2.8 अम्ल वर्षा (Acid rain)

सामान्यतः वर्षा के जल का pH मान 7 होता है। किन्तु वायुमण्डल में उपस्थित गैसों के विलेय होने के कारण उस जल के pH मान में कमी हो जाती है। जब वर्षा के जल का pH मान 5.6 से कम हो जाता है तो उसे अम्ल वर्षा (acid rain) कहते हैं। अम्ल वर्षा का मुख्य कारण ईंधन के दहन से उत्पन्न कार्बन डाइऑक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) तथा नाइट्रोजन के ऑक्साइड हैं। साथ ही वनस्पतियों के सड़ने तथा ज्वालामुखी के फटने से उत्पन्न गैसें भी इसका एक कारण हैं। ये गैसें जल में घुलकर कार्बोनिक अम्ल, सल्फ्यूरिक अम्ल तथा नाइट्रिक अम्ल बनाती हैं।

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$
$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$
$$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$$

यह जल पृथ्वी की सतह पर पहुँच कर वनस्पतियों, प्राणियों तथा इमारतों को नुकसान पहुँचाता है।

प्रश्न

1. निम्नलिखित लवणों में से अम्लीय तथा क्षारीय मूलक पहचानिए–

   NH_4Cl, KNO_3, $(NH_4)_2CO_3$, $CuSO_4$

2. पोटैशियम क्लोराइड के जलीय विलयन की प्रकृति क्या होगी? समझाइए।

3. वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड, सल्फर डाइऑक्साइड तथा नाइट्रोजन के ऑक्साइड की अधिकता जनजीवन को किस प्रकार प्रभावित करती है?

हमने सीखा

- सूचक, अम्ल एवं क्षार के साथ क्रिया कर नए पदार्थ बनाते हैं जिसके कारण सूचक के रंग में परिवर्तन होता है।
- अम्ल की उपस्थिति में नीला लिटमस, लाल तथा क्षार की उपस्थिति में लाल लिटमस, नीले रंग में परिवर्तित हो जाता है।
- हम अपने आस–पास पाए जाने वाले गुड़हल एवं लाल गुलाब के फूल, लाल पत्तागोभी, हल्दी, कचनार का फूल आदि का उपयोग भी अम्ल–क्षार सूचक के रूप में कर सकते हैं।
- हमारे आस–पास कुछ ऐसे पदार्थ हैं जो अपनी गंध में परिवर्तन द्वारा अम्ल एवं क्षार की सूचना देते हैं। ऐसे सूचकों को घ्राण सूचक (olfactory indicator) कहते हैं जैसे लौंग का तेल, प्याज तथा वैनिला आदि।
- अम्ल और क्षारक, धातुओं से अभिक्रिया कर संगत लवण बनाकर हाइड्रोजन गैस विस्थापित करते हैं।
- अम्ल, धातु कार्बोनेट और हाइड्रोजनकार्बोनेट के साथ अभिक्रिया करके संगत लवण, कार्बन डाइऑक्साइड तथा जल बनाते हैं।
- क्षारक, अधात्विक ऑक्साइड से अभिक्रिया कर लवण और जल का निर्माण करते हैं।

- अम्ल और क्षार के बीच अभिक्रिया होने पर लवण और जल का निर्माण होता है, इस अभिक्रिया को उदासीनीकरण अभिक्रिया कहते हैं।
- अम्ल एवं क्षार के जलीय विलयन विद्युत का चालन करते हैं क्योंकि वे अपने अवयवी आयनों में विभक्त हो जाते हैं। अम्ल में H^+ आयन तथा एक ऋण आवेशित आयन तथा क्षार में OH^- आयन और एक धनावेशित आयन बनते हैं।
- pH मान द्वारा किसी तनु विलयन में हाइड्रोजन आयन (H^+) की मात्रा को शून्य से चौदह तक के स्केल में व्यक्त किया जाता है।
- किसी उदासीन विलयन का pH मान 7, अम्लीय विलयन का pH मान 7 से कम तथा क्षारीय विलयन का pH मान 7 से अधिक होता है।
- लवण का धनात्मक भाग क्षारक से आता है जिसे क्षारीय मूलक तथा ऋणात्मक भाग अम्ल से आता है जिसे अम्लीय मूलक कहते हैं।
- लवण की प्रकृति अम्लीय, क्षारीय या उदासीन हो सकती है।

मुख्य बिन्दु (Keywords)

प्रतिअम्ल, क्षार, क्षारक, सूचक, घ्राण/गंधीय सूचक, उदासीनीकरण अभिक्रिया, अम्ल वर्षा, अम्लीय मूलक, क्षारीय मूलक।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनिए–

(i) नींबू के रस में होंगे–

(अ) H^+ आयन अधिक, OH^- आयन कम (ब) H^+ आयन कम, OH^- आयन अधिक

(स) H^+ तथा OH^- आयन बराबर (द) केवल H^+ आयन होते हैं।

(ii) जब अम्ल किसी धातु कार्बोनेट से अभिक्रिया करता है तो बनते हैं–

(अ) लवण + जल (ब) लवण + जल + कार्बन डाइऑक्साइड

(स) लवण + सल्फर डाइऑक्साइड (द) लवण + हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

(iii) निम्नलिखित में से प्रबल अम्ल नहीं है–

(अ) HCl (ब) HNO_3

(स) CH_3COOH (द) H_2SO_4

(iv) उदासीन विलयन का pH मान होता है–

(अ) 1 (ब) 0

(स) 14 (द) 7

(v) सकीना के पेट में अम्लता के कारण जलन होने लगी, उसे आवश्यकता है–

(अ) प्रबल अम्ल की (ब) प्रबल क्षार की

(स) दुर्बल क्षार की (द) दुर्बल अम्ल की

(vi) दंत क्षय का कारण है लार का pH –

(अ) 6.5 हो जाना (ब) 7 हो जाना

(स) 5.5 से कम हो जाना (द) 7.5 से अधिक हो जाना

(vii) किस लवण की प्रकृति अम्लीय होती है–

(अ) NaCl (ब) Na_2SO_4

(स) NH_4Cl (द) KNO_3

2. भोज्य पदार्थों में पाए जाने वाले किन्हीं दो अम्लों के नाम लिखिए।

3. घ्राण सूचक के द्वारा अम्ल तथा क्षार की पहचान कैसे की जाती है?

4. ताजे दूध के pH का मान 6 होता है। दही बन जाने पर इसके pH में क्या परिवर्तन होगा?

5. आपको तीन परखनलियाँ दी गई हैं। इनमें से एक में आसुत जल एवं शेष दो में से एक में अम्लीय तथा दूसरे में क्षारीय विलयन है। यदि आपको केवल लाल लिटमस पत्र दिया गया है तो आप प्रत्येक परखनली में रखे गए विलयन की प्रकृति की पहचान कैसे करेंगे?

6. नीलम तथा मनीष ने प्रयोग करते समय शुष्क सोडियम क्लोराइड में सान्द्र सल्फ्यूरिक अम्ल डाला। अभिक्रिया के फलस्वरूप गैस निकली। मनीष ने परखनली के मुँह के समीप शुष्क नीला लिटमस पत्र रखा तो कोई परिवर्तन नहीं हुआ किन्तु जब गीला लिटमस पत्र रखा तो वह लाल हो गया। इसका कारण समझाइए।

7. कुछ पदार्थों के pH मान निम्नलिखित हैं:–

सारणी में दिए गए आंकड़ों का विश्लेषण कर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए–

पदार्थ	pH मान
खाने के सोडे का विलयन	8.2
नींबू का रस	2.2
सिरका	5.5
सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन	13
पानी	7

(अ) किन पदार्थो की प्रकृति क्षारीय है?

(ब) किन पदार्थों की प्रकृति अम्लीय है?

(स) किन पदार्थो की प्रकृति उदासीन है?

8. अम्ल 'A' तथा 'B' दो बीकर में लिए गए हैं। अम्ल 'A' का जल में आंशिक आयनन होता है जबकि अम्ल 'B' का जल में पूर्ण आयनन होता है। इस आधार पर बताइए–

(अ) 'A' तथा 'B' में कौन सा अम्ल दुर्बल तथा कौन–सा प्रबल है?

(ब) दुर्बल अम्ल किसे कहते हैं?

(स) प्रबल अम्ल किसे कहते हैं?

(द) प्रत्येक के उदाहरण दीजिए।

9. धातु के साथ अम्ल की अभिक्रिया होने पर सामान्यतः कौन सी गैस निकलती है? आप निकलने वाली गैस का परीक्षण कैसे करेंगे? मैग्नीशियम धातु का उदाहरण लेकर समझाइए।

10. अंडे के छिलके की तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया कराने पर बुदबुदाहट के साथ एक गैस निकलती है तथा झाग बनती है। झाग के बैठ जाने के पश्चात् परखनली के अंदर सुलगती हुई अगरबत्ती ले जाने पर वह बुझ जाती है। इस क्रियाकलाप को निम्नलिखित बिंदुओं के आधार पर समझाइए–
    - प्रयोग विधि
    - उपकरण का चित्र
    - अभिक्रिया का संतुलित रासायनिक समीकरण

11. टिकेश्वरी के खेत की मिट्टी का pH मान 4.2 है। धान की अच्छी उपज के लिए वह मिट्टी के pH पर किस प्रकार नियंत्रण रख सकती है?

12. उदासीनीकरण अभिक्रिया किसे कहते हैं ? दो उदाहरणों द्वारा समझाइए।

13. समारू ने ताजे दूध में खाने का सोडा मिलाकर उसका pH मान 6 से बदलकर 8 कर दिया। इस दूध से दही बनने में अधिक समय लगेगा क्यों?

14. लवण किसे कहते हैं? किसी लवण की प्रकृति किस प्रकार निर्धारित होती है? NH_4NO_3 और Na_2CO_3 का उदाहरण लेकर समझाइए।

अध्याय–3

ऊष्मा और ताप

(HEAT AND TEMPERATURE)

हमारे दैनिक जीवन में गर्म–ठण्डा जैसे शब्द बहुत महत्त्व रखते हैं। हमारे वातावरण का तापमान ऐसा होना चाहिए जिसमें हम हमारे कार्य आराम से कर पाएँ। खाने को सड़ने से बचाने के लिए वातावरण ठण्डा होना चाहिए, जबकि खाना पकाने के लिए गर्म। गर्मी के दिनों में हमें पंखा चलाना पड़ता है, जबकि सर्दी के दिनों में कम्बल ओढ़ना पड़ता है। चाय हमेशा गर्म पसंद आती है जबकि शर्बत ठण्डा। अर्थात् तापमान व ऊष्मा की मात्रा को नियंत्रित रखना हमारी कई आवश्यकताओं के लिए महत्वपूर्ण है।

3.1 कितना गर्म, कितना ठण्डा?

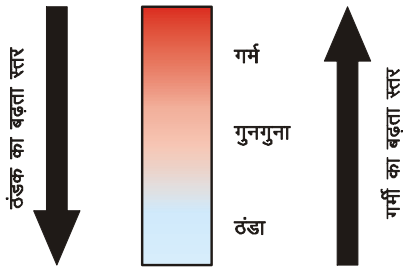
गर्म और ठण्डा – क्या केवल ये दो शब्द किसी वस्तु का तापमान बताने के लिए पर्याप्त हैं? गुनगुने पानी को छूने पर आप उसे क्या मानेंगे? गर्म पानी की तुलना में वह ठण्डा है किंतु ठण्डे पानी की तुलना में गर्म। गर्म दूध को थोड़े देर के लिए कमरे में खुला रख देने पर आप कहेंगे कि वह ठण्डा हो गया, लेकिन क्या वह वाकई में फ्रिज से निकाले हुए दूध के समान ठण्डा है? अर्थात् केवल छूकर, महसूस कर या देखकर ही यह बताया नहीं जा सकता कि कौनसी वस्तु कितनी गर्म है या कितनी ठण्डी है। तापमान के प्रति हमारी संवेदनशीलता भरोसेमंद न होने के साथ–साथ, बहुत सीमित भी है। खासकर, आजकल के व्यावहारिक और वैज्ञानिक कार्यों के लिए जैसे, उबलते पानी को छूकर तापमान कोई बताना नहीं चाहेगा।

सामान्यतः हम तापमान की व्याख्या तुलनात्मक रूप से करते हैं, परंतु ऊपर दिए गए कारणों के चलते, समय के साथ–साथ हमें कुछ ऐसे तरीकों और उपकरणों की आवश्यकता पड़ी, जिससे हम वस्तु कितनी गर्म है या कितनी ठण्डी है, इसका सही, सटीक एवं वस्तुपरक मापन कर सकें।

3..1.1 तापमान (Temperature)

हम जानते हैं कि गर्म वस्तु ठण्डी, व ठण्डी वस्तु गर्म हो सकती है या की जा सकती है। क्या आप अपने दैनिक जीवन में होने वाले ऐसे कुछ उदाहरण बता सकते हैं? आपस में चर्चा करें।

नीचे दिए गए चित्र का अध्ययन करके बताएं कि क्या गर्म और ठण्डा अलग–अलग वर्ग है?



चित्र–1 : ठण्डा, गुनगुना व गर्म को एक ही पैमाने पर वस्तुपरक मापन से दर्शाया जा सकता है।

जैसा कि आपने चित्र–1 में देखा गर्म और ठण्डा अलग–अलग वर्ग नहीं है। ये दोनों एक ही मापक के दो मूल्य (value) हैं, एक छोटा; तो दूसरा बड़ा। हम यह भी कह सकते हैं कि सभी वस्तुएँ गर्म होती हैं, कुछ कम गर्म तो दूसरी अधिक गर्म। अथवा यह भी कहा जा सकता है कि सभी वस्तुएँ ठण्डी होती हैं, कुछ कम ठण्डी तो कुछ अधिक ठण्डी।

गर्माहट अथवा ठण्डक के वस्तुपरक मापन को इस स्तर का तापमान कहा जाता है और इसका मान प्रत्येक वस्तु के लिए अलग हो सकता है। जब हम दो वस्तुओं के तापमान का अध्ययन करते हैं तो गर्म वस्तु वह कहलाती है जिसका तापमान दूसरी वस्तु की तुलना में अधिक हो। कम तापमान वाली वस्तु ठण्डी वस्तु कहलाती है। तापमान इसी का तुलनात्मक परीक्षण है।

3.1.2 तापमान कैसे मापें?

किसी भी वस्तु का तापमान मापक के लिए हमें केवल निम्नानुसार बातों की आवश्यकता होती है–

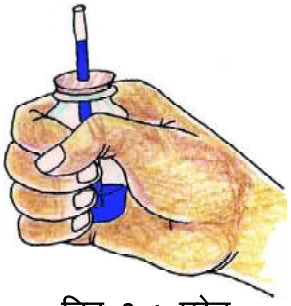
1. पदार्थों का एक ऐसा गुण जो तापमान पर निर्भर हो और जिसका तापमान के साथ परिवर्तन स्पष्ट रूप से दृष्टिगोचर हो।
2. इस गुण के परिवर्तन को समरूप दर्शाने वाला एक पदार्थ।
3. और एक सर्वमान्य व प्रचलित मापदण्ड की जो इस गुण के एक निश्चित बदलाव को तापमान के एक निश्चित घट–बढ़ से जोड़ता हो।

यदि आपके पास ये तीन बातों वाला पदार्थ यथा पारा, हवा, पानी उपलब्ध हों, तो आप भी अपना तापमापी यंत्र स्वयं बना सकते हैं। तापमापी यंत्र का प्रयोग प्रयोगशालाओं में, डॉक्टरों द्वारा मरीज का ताप मापने में एवं मौसम विभाग आदि में किया जाता है।

क्रियाकलाप–1 : अपना तापमापी यंत्र स्वयं बनाएं

आवश्यक सामग्री : काँच की एक छोटी सी शीशी, स्ट्रॉ, कैंची, स्याही, पानी, टेप या पुट्टी।

विधि : शीशी के ढक्कन में कैंची की मदद से एक छोटा सा छेद करें जिसमें से स्ट्रॉ आसानी से जा सके। अब शीशी में आधे स्तर तक पानी भरें और उसमें कुछ बूंद स्याही मिला दें। शीशी का ढक्कन लगाकर स्ट्रॉ इस तरह अंदर डालें कि वह शीशी के तल को न छूए। ढक्कन बंद करके क्ले (या टेप) से छेद को अच्छी तरह बंद कर दें। अब हाथों को आपस में रगड़कर शीशी के ऊपरी भाग पर रखें। क्या स्ट्रॉ में पानी का स्तर बढ़ा? ऐसा क्यों हुआ होगा?



चित्र–2 : घरेलू तापमापी यंत्र

इस प्रकार के ऊष्मामापी यंत्र को 'थर्मोस्कोप' कहा जाता है क्योंकि इसमें थर्मामीटर की तरह तापमापी पैमाना नहीं होता। केवल तरल पदार्थ के तापमान के साथ उतार–चढ़ाव से तापमान में बदलाव दर्शाया जाता है। इसका आविष्कार 'गैलीलेयो' ने किया था। हाथों को रगड़कर शीशी पर रखने से, हाथों द्वारा मिली ऊष्मा के कारण शीशी के अंदर की हवा गर्म होकर फैलने लगती है। शीशी के बंद होने के कारण यह गर्म हवा पानी पर दबाव डालती है जिस कारण पानी का स्तर स्ट्रॉ में बढ़ने लगता है।

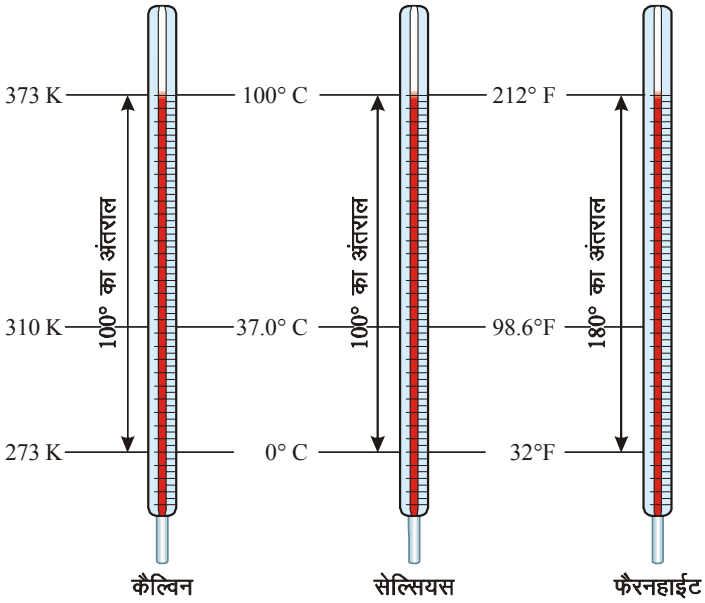
गैलीलेयो को 'फादर ऑफ मॉडर्न फिजिक्स', फादर ऑफ साईंस' आदि कहा जाता है। इन्होंने 1593 में पहला थर्मोस्कोप बनाया।

आयतन में परितर्वन से तापमान का मापन हमारे लिए सबसे सरल है। डॉक्टरी थर्मामीटर भी इसी सिद्धांत पर आधारित होता है। थर्मामीटर की मदद से गर्म पानी, रेत, बर्फ आदि का

तापमान नोट करें। थर्मामीटर की बनावट व उपयोग की विधि को समझने के लिए प्रायोगिक कार्य में उपयोग में आने वाले तापमापी/थर्मोस्कोप चित्र – 3 में देखें।

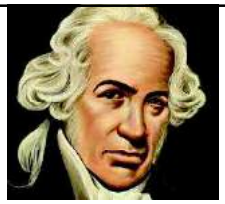
3.1.3 *तापमान के पैमाने* (Scales of Temperature)

तापमान मापने के तीन प्रचलित पैमाने हैं– फैरनहाइट, सेल्सियस और कैल्विन।



चित्र–3 : सेल्सियस, केल्विन व फैरनहाइट पैमाने वाले थर्मोस्कोप (थर्मामीटर)

फैरनहाइट पैमाने में सामान्य दाब पर पानी के उच्चतम ताप (वह तापमान जिस पर पानी भाप में परिवर्तित होता है) को 212° F और पानी के न्यूनतम ताप (अर्थात् वह तापमान जिस पर पानी जमकर बर्फ बन जाता है) को 32° F पर अंकित किया जाता है। फैरनहाइट के न्यूनतम व उच्चतम ताप को समान अंतराल के 180 भागों में विभाजित किया जाता है।



डेनिअल गब्रेल फैरनहाइट को मर्करी थर्मामीटर के आविष्कार (1714) के लिए जाना जाता है।

इसी प्रकार सेल्सियस पैमाने में पानी के उच्चतम ताप को 100°C और पानी के न्यूनतम ताप को 0°C पर अंकित किया जाता है। इसमें न्यूनतम व उच्चतम ताप के बीच के अंतराल को 100 समान भागों में विभाजित किया जाता है।

तापमान के पैमानों में संबंध निम्नानुसार स्थापित किया जा सकता है–

$$\text{प्रथम तापमापी का } \left(\frac{\text{तापमान पैमाना} - \text{निम्नतम बिंदु}}{\text{उच्चतम बिंदु} - \text{निम्नतम बिंदु}}\right) = \text{द्वितीय तापमापी का } \left(\frac{\text{तापमान पैमाना} - \text{निम्नतम बिंदु}}{\text{उच्चतम बिंदु} - \text{निम्नतम बिंदु}}\right) \quad \text{(समी.1)}$$

चलिए हम इसे एक उदाहरण द्वारा समझें–

उदाहरण– डॉक्टर द्वारा हमारा सामान्य तापमान 98.6° F बताया जाता है। सेल्सियस पैमाने में यह कितना होगा?

हल : $\frac{F-32}{212-32} = \frac{C-0}{100-0}$ समी. (1) से,

$$\Rightarrow \quad \frac{F-32}{180} = \frac{C}{100}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{F-32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{5}{9}\ (F-32) = C$$

अर्थात् 98.6° F का सेल्सियस में मान होगा

$$C = \frac{5}{9}\ (98.6–32)°$$

$$C = \frac{5}{9}\ (66.6)°$$

$$C = 37°$$

अर्थात् 98.6° F = 37°C, यही मनुष्य का सामान्य तापमान होता है।

इसी प्रकार केल्विन तापमापी पैमाने में पानी का न्यूनतम ताप नियत दाब पर लगभग 273 K व उच्चतम ताप 373 K पर अंकित होता है। इस पैमाने में न्यूनतम व उच्चतम ताप के बीच का अंतराल 100 समान भागों में विभाजित होता है।

उदाहरण– यदि किसी कमरे का तापमान 0 K है, तो सेल्सियस पैमाने में उसका तापमान कितना होगा?

हल :

$$\frac{K-273}{373-273} = \frac{C-0}{100-0}$$

$$\frac{K-273}{100} = \frac{C}{100}$$

अर्थात् $K–273 = C$ ..... अथवा, $K = C + 273$

अतः $C = 0 – 273$

$= –273$

0 K अथवा –273°C को परमशून्य तापमान (absolute zero) भी कहते हैं क्योंकि इसके नीचे का तापमान प्राप्त करना असंभव है। यह न्यूनतम ताप होता है।

सोचिए

यदि किसी पदार्थ का तापमान T है। क्या उस पदार्थ को दो बराबर भागों में बाँट देने से उसके तापमान का मान भी आधा–आधा होकर दोनों भागों में बराबर बँट जाएगा? इसी प्रकार, यदि किसी पदार्थ की दो बराबर मात्राओं का तापमान T है तो क्या दोनों मात्राओं को मिला देने पर उनका तापमान भी जुड़कर दुगुना हो जाएगा? आपस में चर्चा करें।

3.2 ऊष्मा (Heat)

यदि ठण्डे पानी के बर्तन में, गर्म पानी का छोटा बर्तन रख दिया जाए, तो हम पाएँगे कि जल्द ही गर्म पानी ठण्डा और ठण्डा पानी थोड़ा गर्म हो जाता है। थोड़े समय बाद दोनों बर्तनों में पानी का तापमान समान हो जाता है। अपने दैनिक जीवन में भी आप कई बार यह अनुभव करते ही होंगे। खाने को सड़ने से बचाने के लिए खाने के बर्तन को ठण्डे पानी के बर्तन में रख देते हैं।

जब दो वस्तुओं (जिनका तापमान अलग–अलग हो) को सम्पर्क में लाया जाता है तो उनका तापमान घट–बढ़ कर एक–दूसरे के समान हो जाता है। यह आपने देखा ही है। लेकिन क्या आपने कभी सोचा है कि यह क्यों और किस कारण होता है? वस्तु के तापमान बढ़ने या घटने के पीछे का कारण क्या है?

पहले ऐसा माना जाता था कि जब दो विभिन्न तापमान वाली वस्तुओं को संपर्क में लाया जाता है तो एक तरल अदृश्य पदार्थ का आदान–प्रदान होता है। गर्म वस्तु में इस पदार्थ की मात्रा अधिक होती है जबकि ठण्डी वस्तु में कम। अतः यह पदार्थ गर्म वस्तु से ठण्डी वस्तुओं में तब तक प्रवाह करता है जब तक इसका स्तर दोनों में समान न हो जाए। इस तरल पदार्थ को 'कैलोरिक' कहा जाता था। कैलोरिक की मात्रा बढ़ने पर तापमान की भी मात्रा बढ़ जाती है, ऐसा मानना था।

कैलोरिक का भ्रम कैसे टूटा?

बेंजामिन थोम्सन (1753–1814) जिन्हें बाद में काउंट रमफोर्ड के नाम से जाना गया, एक जाने माने वैज्ञानिक व कुशल युद्ध विशेषज्ञ थे।

काउंट रमफोर्ड

उस समय तोपों की नलियों में सुराख करने के लिए एक विशेष किस्म की धातु काटने वाले संयत्र लगी हुई मशीन का इस्तेमाल किया जाता था। इस खास किस्म के कटर्स को अश्व–शक्ति से घुमाया जाता था। तोपों में छेद करते समय नली जल्द ही गर्म हो जाती थी।

'कैलोरिक के सिद्धांत' के अनुसार तोपों की नलियों में भरी कैलोरिक का तोपों में छेद करने पर रिसाव होने लगता है और इस कारण नली गर्म हो जाती थी।

परंतु रमफोर्ड को यह बात ज़रा भी नहीं जंची। उन्होंने कैलोरिक सिद्धांत को परखने के लिए कई प्रयोग किए और पाया कि मात्र घर्षण से किसी भी धातु से, बिना उसमें बदलाव लाए, ढेर सारी गर्मी पैदा की जा सकती है। इस तरह गर्मी पैदा करने से धातु के द्रव्यमान पर कोई असर नहीं पड़ता। इसी से उनका निष्कर्ष था कि तोपों में छेद करते समय गर्मी पैदा होने का असली स्रोत उन घोड़ों की ऊर्जा है जिनकी शक्ति से सुराख करने वाला यंत्र चलता है। यानि घोड़ों की ताकत ही घर्षण द्वारा गर्मी में परिवर्तित हो जाती है। सन् 1798 में उनका दावा था कि ऊष्मा कोई पदार्थ नहीं हो सकती बल्कि यह ऊर्जा है। न्यूटन भी इसी प्रकार के मत रखते थे। सन् 1840–50 में जूल के प्रयोगों से भी यही साबित हुआ। उन्होंने यांत्रिक ऊर्जा व ऊष्मीय ऊर्जा की समतुल्यता को दर्शाया जिसके बारे में आप अगली कक्षाओं में पढ़ेंगे।

आज हम जानते हैं कि ऊष्मा कोई पदार्थ नहीं, बल्कि ऊर्जा है जिस कारण तापमान में बदलाव होता है। ऊर्जा का वह प्रकार जिस कारण हमें वस्तु की गर्माहट का आभास होता है, ऊष्मीय ऊर्जा कहलाती है। ऊष्मीय ऊर्जा का प्रवाह सदैव उच्च ताप से निम्न ताप की ओर होता है। ऊष्मा बढ़ाने पर वस्तु का तापमान बढ़ जाता है जबकि ऊष्मा घटाने पर वस्तु का तापमान कम हो जाता है। अर्थात्, किसी वस्तु को ऊष्मा देने पर वस्तु का तापमान बढ़ जाता है जबकि वस्तु से ऊष्मा लेने पर उसका तापमान कम हो जाता है।

चर्चा करें

अपने शिक्षक से चर्चा करें कि किसी वस्तु को छूने पर वह गर्म अथवा ठण्डी क्यों लगती है? हाथ से छूने पर इन दोनों स्थितियों में ऊष्मा के प्रवाह की दिशा के बारे में आप क्या कहेंगे?

ऊष्मीय ऊर्जा के मात्रक

1. C.G.S. पद्धति में ऊष्मा का मात्रक कैलोरी (cal) है। 1 कैलोरी ऊष्मा की वह मात्रा है जो 1 ग्राम पानी के तापमान को 14.5°C से 15.5°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक है। कैलोरी के स्थान पर किलो कैलोरी का भी उपयोग किया जा सकता है। 1 किलो–कैलोरी = 1000 कैलोरी

2. चूँकि ऊष्मा ऊर्जा का ही एक स्वरूप है, इसलिए ऊष्मा का S.I. मात्रक जूल होता है।

   1 कैलोरी = 4.18 जूल

   1 किलो कैलोरी = 4.18×10^3 जूल

3.2.1 ऊष्मा का संचरण

हमने देखा कि जिस प्रकार द्रव सदैव ऊँचे तल से निचले तल की ओर बहता है, ऊष्मा का प्रवाह भी सदैव ही उच्च ताप वाली वस्तु से निम्न ताप वाली वस्तु की ओर होता है। तापांतर के कारण ऊष्मा का एक स्थान से दूसरे स्थान तक हो रहे स्थानांतरण को ऊष्मा का संचरण कहते हैं।

चित्र–4 : ऊष्मा का संचरण तीन प्रकार से हो सकता है।

आपने कक्षा–9 में ध्वनि के बारे में पढ़ा है कि ध्वनि संचरित होने के लिए किसी माध्यम की आवश्यकता होती है।

सोचिए क्या ऊष्मा के संचरण के लिए भी सदैव किसी माध्यम की आवश्यकता होती है?

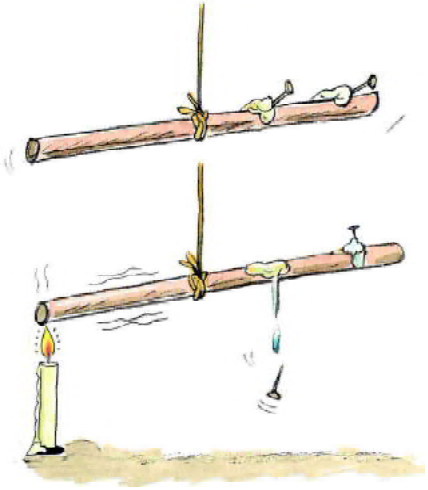
आइए, हम ऊष्मा संचरण के तीन प्रकारों को जानें– (चित्र क्र.–4)

1. चालन (conduction)

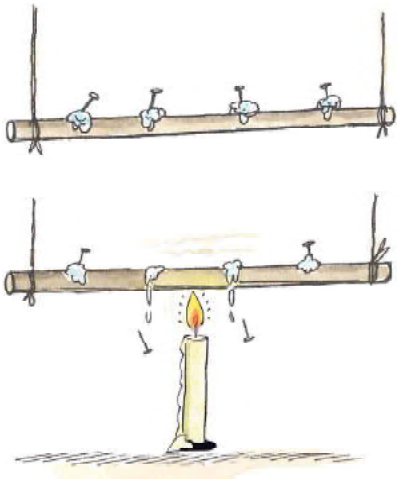
क्रियाकलाप–2

आवश्यक सामग्री : मोमबत्ती, लोहे, एल्युमीनियम, काँच और सिरेमिक की एक समान लम्बाई और मोटाई की छड़, कुछ ऑल–पिन।

सभी छड़ों पर बराबर दूरियों पर मोम से ऑल–पिन चिपकाएँ। छड़ के एक सिरे पर कपड़ा बाँध लें ताकि पकड़ने में आसानी हो। दूसरे सिरे को मोमबत्ती की लौ पर रखकर गर्म करें। आप क्या देखते हैं? (चित्र–5 (अ))



चित्र–5 (अ)



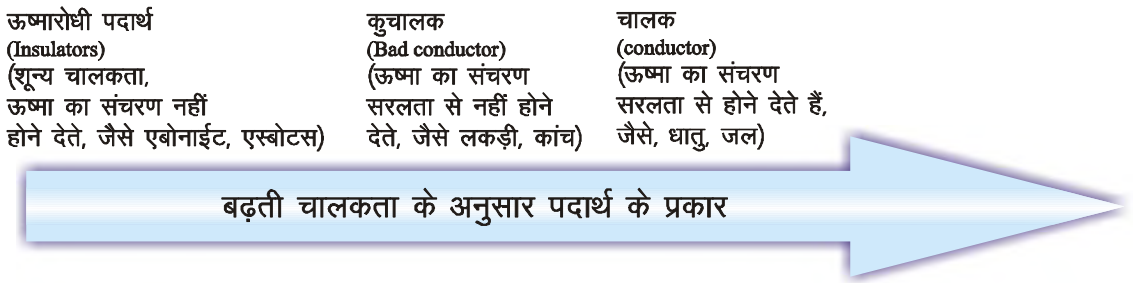
चित्र–5 (ब)

सभी छड़ों के ऑल–पिन, गिरने का समय नोट करें। क्या आप बता सकते हैं किस पदार्थ की छड़ का ऑल–पिन सबसे पहले गिरा और क्यों?

अब एक छड़ में मोमबत्ती से ऑल–पिन को इस प्रकार चिपकाएँ कि बीच का स्थान खाली रह जाए। दोनों ओर ऑल–पिन समान दूरियों पर चिपकाएँ चित्र–5 (ब)। अब छड़ को बीच में से गर्म करने पर क्या होता है? ऊष्मा के संचरण की दिशा के बारे में आप क्या कहेंगे?

चालन के द्वारा ऊष्मा पदार्थ के एक स्थान से दूसरे स्थान तक पदार्थ के कणों के द्वारा अपना स्थान छोड़े बिना ही संचरित हो जाती है। आपने देखा कि धातु की छड़ के एक सिरे को गर्म करने पर दूसरा सिरा भी शीघ्र ही गर्म हो गया। गर्म होने पर छड़ के उस भाग के कणों में कम्पन्नता बढ़ जाती है और उनमें ऊष्मीय ऊर्जा बढ़ जाती है। कम्पन्न करने वाले ये अणु अपने से आगे वाले अणुओं में ऊर्जा स्थानांतरण करते रहते हैं। ठोस पदार्थों में ऊष्मा का संचरण केवल इसी प्रकार संभव है।

चालन द्वारा ऊष्मा के प्रवाह को ऊष्मीय चालकता कहते हैं और यह पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है। ऊष्मीय चालकता के आधार पर पदार्थ तीन प्रकार के होते हैं।



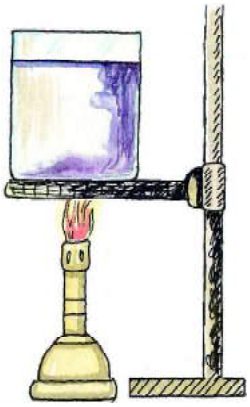
चित्र–6 : ऊष्मीय चालकता के आधार पर पदार्थ चालक, कुचालक अथवा ऊष्मारोधी हो सकता है

2. *संवहन* (Convection)

क्रियाकलाप–3

विधि : एक फ्लास्क में पानी भरें और स्पिरिट लैंप पर गर्म करने रखें। इसमें थोड़ी मात्रा में स्याही की बूँद डालें। क्या आप संवहन रेखाएँ देख सकते हैं?

फ्लास्क में द्रव लेकर गर्म करने पर पेंदी का द्रव शीघ्र गर्म हो जाता है और हल्का होकर ऊपर की ओर उठता है। इसका स्थान ऊपर का भारी द्रव ले लेता है। यह प्रक्रिया तब तक चलती है जब तक सारे द्रव का तापमान समान नहीं हो जाता। इस प्रकार संवहन धाराएँ चलने लगती हैं। गैसों व द्रवों में ऊष्मा का संचरण इसी प्रकार होता है।



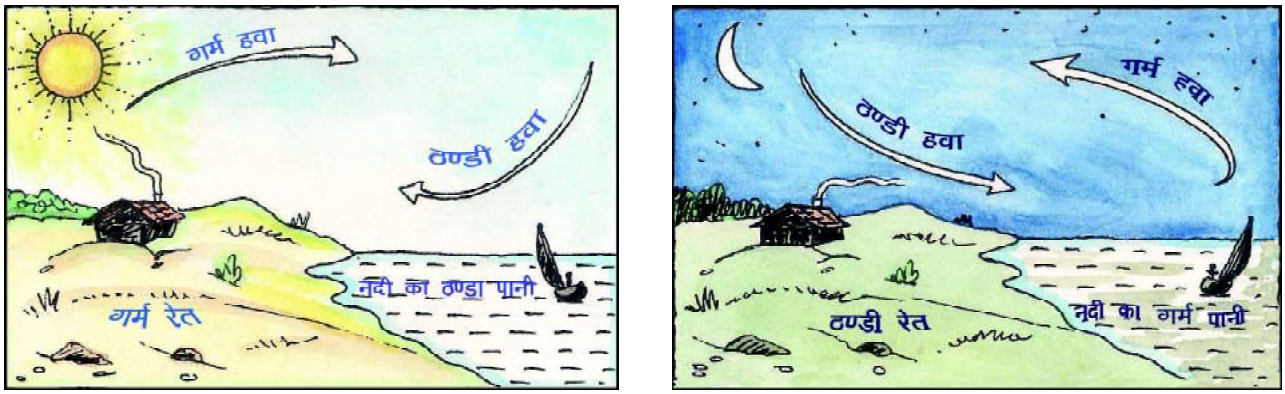
चित्र–7 : संवहन धाराएँ कुछ इस प्रकार दिखाई देंगी

प्रश्न क्या आप बता सकते हैं कि ठोस पदार्थों में ऊष्मा का संचरण संवहन के द्वारा क्यों नहीं हो सकता?

संवहन को आप प्रकृति की कई घटनाओं में भी देख सकते हैं।

नदी तट की रेत दिन के समय में जल्द गर्म हो जाती है, जिस कारण रेत के ऊपर की हवा भी गर्म होकर ऊपर उठती है और नदी से आने वाली ठण्डी हवा इसकी जगह ले लेती है। इसी प्रकार रात के समय में रेत जल्द ही ठण्डी हो जाती है जबकि नदी का पानी थोड़ा गर्म रहता है। अतः नदी के

ऊपर की गर्म हवा और ऊपर उठ जाती है जिसका स्थान रेत के ऊपर की शीतल हवा ले लेती है। इस प्रकार हवा का चक्र चलता रहता है।



दिन रात

चित्र–8 : हवा का चक्र

3. विकिरण (radiation)

क्या ऊष्मा संचरण के लिए सदैव ही कोई माध्यम की आवश्यकता होती है? सूर्य से आने वाली ऊष्मा के बारे में विचार कीजिए। ब्रह्माण्ड में वायु की उपस्थिति नहीं है, तो फिर सूर्य की ऊष्मा हम तक कैसे पहुँचती है?

प्रकाश की ही तरह ऊष्मा का भी संचरण निर्वात् में हो सकता है। विकिरण द्वारा ऊष्मा, प्रकाश की चाल से ही सरल रेखा में संचरित होती है।

किसी भी गर्म वस्तु में से ऊष्मा सभी दिशाओं में बराबर संचरित होती है। यह देखने के लिए एक बल्ब, लालटेन, लैम्प अथवा दीये के आस–पास अपना हाथ रखकर देखें। चारों ओर आपको समान गर्माहट महसूस होगी।

यदि विकिरण द्वारा ऊष्मा किसी तल पर पड़ती है और तल द्वारा अवशोषित कर ली जाती है, तब वह ऊष्मा का अच्छा अवशोषक (absorber) कहलाता है। ऊष्मा के अच्छे अवशोषक ऊष्मा के अच्छे उत्सर्जक (emitter) भी होते हैं।

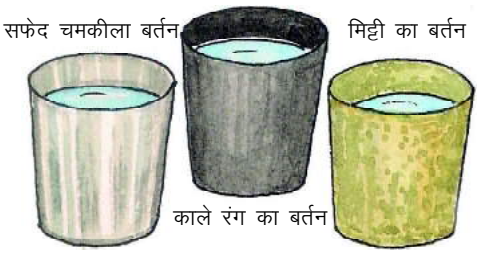
सोचिए

गर्मियों में हल्के या सफेद रंग के कपड़े और सर्दियों में काले या गहरे रंग के कपड़े क्यों पहने जाते हैं? इस प्रश्न का उत्तर आपको नीचे दिए क्रियाकलाप द्वारा मिलेगा।

क्रियाकलाप–4

आवश्यक सामग्री : एक बर्तन जिसे काले रंग से रंग दिया गया हो, एक चमकदार बर्तन (स्टील का), एक मिट्टी का बर्तन।

विधि : तीनों बर्तनों में पानी भरकर धूप में रख दें। अब कुछ समय बाद तीनों बर्तनों के पानी का तापमान थर्मामीटर की मदद से नोट करें। किस बर्तन के पानी का तापमान सबसे अधिक होगा, किसका सबसे कम होगा?



चित्र–9 : ऊष्मा का उत्सर्जन व अवशोषण वस्तु के रंग व प्रकृति पर निर्भर करता है।

इसी प्रकार तीनों बर्तनों को किसी ठण्डी जगह पर रख दें। किस बर्तन का तापमान सबसे पहले कम होगा? आपने देखा कि ऊष्मा का अवशोषण व उत्सर्जन दो बातों पर निर्भर करता है– (1) वस्तु के ताप पर, (2) वस्तु के रंग तथा उसकी सतह की प्रकृति पर (खुरदरा या चमकदार)।

3.2.2. ऊष्मा के प्रभाव

हम दैनिक जीवन में ऊष्मीय ऊर्जा के संचरण को देख नहीं सकते किंतु ऊष्मा के प्रभावों को अवश्य अनुभव कर सकते हैं। ऊष्मा देने पर वस्तु का ताप बढ़ता है, जितनी अधिक ऊष्मा वस्तु प्राप्त करेगा, उतना उसका ताप बढ़ता जाएगा और पदार्थ में प्रसार होगा। पदार्थ की अवस्था में भी परिवर्तन संभव है।

1. ताप में वृद्धि

क्या आपने कभी सोचा है कि धूप में पड़ी लोहे की बेंच, लकड़ी की बेंच से अधिक गर्म क्यों हो जाती है? नदी किनारे की रेत दिन के समय गर्म लगती है जबकि नदी का पानी गर्म नहीं लगता।

किसी वस्तु को गर्म करने पर वह ऊष्मा अवशोषित करती है तथा उसका ताप बढ़ता है। ठण्डे होने की प्रक्रिया में वस्तु में से ऊष्मा बाहर निकलती है तथा ताप घटता है। भिन्न–भिन्न पदार्थों वाली समान द्रव्यमान वाली वस्तुओं को समान ताप तक गर्म करने के लिए भिन्न–भिन्न मात्रा में ऊष्मा देनी पड़ती है। वस्तु द्वारा ली गई और दी गई ऊष्मा (Q) निम्न बातों पर निर्भर करती है–

1. वस्तु के द्रव्यमान (m) पर, $Q \alpha m$ .....(1)
2. वस्तु के ताप में हुए परिवर्तन (ΔT) पर, $Q \alpha \Delta T$ .....(2)
3. वस्तु के पदार्थ की प्रकृति पर

अर्थात्, $Q \alpha m. \Delta T$

$Q = m.S. \Delta T$ .....(3)

जहाँ S एक समानुपाती नियतांक है जिसका मान वस्तु की प्रकृति पर निर्भर करता है। इसे वस्तु के पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा (specific heat) अथवा विशिष्ट ऊष्मा धारिता (specific heat capacity) कहते हैं।

समीकरण (3) से ..... $S = Q/m \Delta T$

विशिष्ट ऊष्मा का SI मात्रक जूल प्रति किलोग्राम डिग्री सेल्सियस (J/kg°C) होता है।

यदि $m = 1$, $\Delta T = 1$ हो तो $Q = S$

अर्थात् पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा धारिता, ऊष्मा की वह मात्रा है जो उस पदार्थ के एकांक द्रव्यमान में एकांक ताप की वृद्धि कर सके। जिन पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होती है, वे देर से गर्म होते हैं और देर से ठण्डे होते हैं। इसी प्रकार कम ऊष्मा धारिता वाले पदार्थ जल्द ही गर्म व ठण्डे हो जाते हैं।

सोचिए

यदि सभी पदार्थों की विशिष्ट ऊष्मा धारिता समान होती, तो क्या होता? चर्चा करें। पानी की विशिष्ट उष्मा की तुलना अन्य पदार्थों की विशिष्ट उष्मा से करें।

प्रश्न

- क्या आप बता सकते हैं कि आग की चिंगारी को बुझाने के लिए पानी का छिड़काव किया जाता है। ऐसा क्यों?
- यदि 25 ग्राम कॉपर का तापमान 25°C से 75°C बढ़ाने के लिए 487.5 J ऊष्मा देनी पड़ती है, तो कॉपर की J/g°C में व्यक्त विशिष्ट ऊष्मा क्या होगी?

हल : हम जानते हैं–

$Q = mS.\Delta T$

अर्थात्, $487.5\ J = (25g.) \times S \times (75°C–25°C)$

$487.5\ J = 25g \times 50°C \times S$

$$S = \frac{487.5J}{25g \times 50°C} = 0.39\ J/g°C$$

ऊष्मा धारिता (Heat Capacity)

ऊष्मा की वह मात्रा जो वस्तु के सम्पूर्ण द्रव्यमान का ताप 1°C बढ़ाने के लिए आवश्यक है, ऊष्मा धारिता कहलाती है।

यदि वस्तु का द्रव्यमान 'm' तथा विशिष्ट ऊष्मा 'S' है तब,

ऊष्माधारिता = द्रव्यमान × विशिष्ट ऊष्मा

= $m \times S$

ऊष्माधारिता की इकाई J/°C होती है।

मिश्रण का साम्य ताप

आपने दो बाल्टियों में नहाने के लिए पानी ले रखा है, जिसमें से एक बाल्टी का पानी गर्म है व दूसरे का ठण्डा। दोनों पानी का तापमान क्रमशः 80°C व 20°C है। अब आप एक तीसरी बाल्टी में 1 लीटर गर्म पानी और 1 लीटर ठण्डा पानी मिलाते हैं, पानी के इस मिश्रण का ताप क्या होगा?

यहाँ पर दोनों स्थितियों में पानी की विशिष्ट ऊष्मा एक ही मानते हैं। अर्थात् $S_1 = S_2 = S$

यदि मिश्रण का ताप t मान लिया जाए,

तो गर्म वस्तु द्वारा दी गई ऊष्मा = $m_1 \times S_1 \times$ ताप में कमी (गर्म पानी का द्रव्यमान m_1 है और t_1 उसका प्रारंभिक ताप है)

= $m_1 S_1 (t_1 - t)$

ठण्डी वस्तु द्वारा ली गई ऊष्मा = $m_2 \times S_2 \times$ ताप में वृद्धि $= m_2 S_2 (t - t_2)$ (ठण्डे पानी का द्रव्यमान m_2 है और t_2 उसका प्रारंभिक ताप है)

ऊर्जा संरक्षण के नियमानुसार, मिश्रण विधि से ली गई ऊष्मा = दी गई ऊष्मा

$m_1 \times S_1 \times (t_1 - t) = m_2 \times S_2 \times (t - t_2)$

$m_1 \times \cancel{S} \times (t_1 - t) = m_2 \times \cancel{S} \times (t - t_2) \quad [S_1 = S_2]$

अर्थात् साम्य ताप, $t = \dfrac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$

$\Rightarrow \dfrac{1 \times 80 + 1 \times 20}{1 + 1}$

$\Rightarrow \dfrac{80 + 20}{2}$

$\Rightarrow \dfrac{100}{2}$

$\Rightarrow 50°C$

अतः पानी के मिश्रण का तापमान 50°C होगा।

चर्चा करें – उपरोक्त समीकरणों में $(t_1 - t)$ *तथा* $(t - t_2)$ *क्यों लिखा गया।*

2. *ऊष्मीय प्रसार* (Thermal expansion)

आपने देखा होगा कि उबलते पानी को काँच के बर्तन में डालने पर काँच चटक सकता है क्योंकि काँच का अंदरुनी भाग ऊष्मा के कारण फैल जाता है जबकि बाहर का नही। पर यह उच्च क्वालिटी काँच में नहीं होता। क्यों?

चर्चा करें

बिजली व टेलीफोन के तारों को ढीला क्यों बाँधा जाता है? कोंक्रीट से बनी सड़कों में ब्लॉक्स के बीच में खाली जगह क्यों छोड़ी जाती है? ऐसे अन्य उदाहरणों के बारे में चर्चा करें।

सामान्यतः पदार्थ को ऊष्मा देने पर पदार्थ का आयतन बढ़ता है और पदार्थ से ऊष्मा लेने पर पदार्थ का आयतन कम हो जाता है।

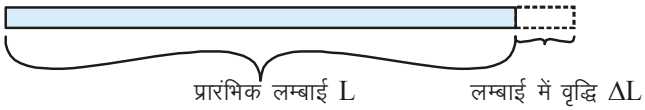
ठोस पदार्थ में ऊष्मीय प्रसार–

1. रेखीय प्रसार गुणांक (Coefficient of Linear Expansion)

किसी वस्तु की लम्बाई में वह प्रसार जो वस्तु की ईकाई लम्बाई की छड़ में 1°C ताप बढ़ने पर होता है, रेखीय प्रसार गुणांक कहलाता है, इसे 'α' (अल्फा) से प्रदर्शित करते हैं।

$$\alpha = \frac{\text{लम्बाई में वृद्धि}}{(\text{प्रारंभिक लम्बाई} \times \text{ताप वृद्धि})}$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta T}$$



चित्र–10 (अ) : रेखीय प्रसार गुणांक $\alpha = \frac{\Delta L}{L \times \Delta T}$

अर्थात् $\Delta L = \alpha (L \times \Delta T)$

लम्बाई में वृद्धि = रेखीय प्रसार गुणांक × (प्रारंभिक लंबाई × ताप वृद्धि)

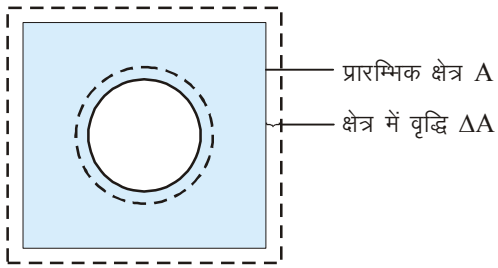
α का मात्रक 'प्रति डिग्री सेल्सियस' होता है। लोहे का रेखीय प्रसार गुणांक 0.00012 प्रति°C है, अर्थात् लोहे की 1m लम्बी छड़ का ताप 1°C बढ़ाने पर उसकी लम्बाई 0.00012 मी. से बढ़ जाती है।

2. क्षेत्रीय प्रसार गुणांक (Coefficient of Superficial Linear Expansion)

वस्तु के क्षेत्रफल में वह प्रसार, जो वस्तु के एकांक क्षेत्रफल का ताप 1°C बढ़ाने पर होता है, क्षेत्रीय प्रसार गुणांक कहलाता है। इसे 'β' (बीटा) से प्रदर्शित करते हैं।

$$\beta = \frac{\text{क्षेत्र फल में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक क्षेत्र फल} \times \text{ताप वृद्धि}}$$

$$\beta = \frac{\Delta A}{A \times \Delta T}$$



चित्र–10 (ब) : क्षेत्रीय प्रसार गुणांक $\beta = \frac{\Delta A}{A \times \Delta T}$

अर्थात् $\Delta A = \beta (A \times \Delta T)$

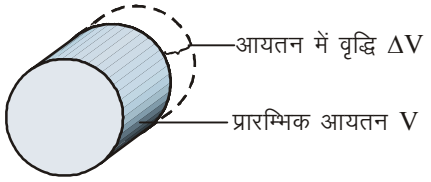
क्षेत्रफल में वृद्धि = क्षेत्रीय प्रसार गुणांक × (प्रारंभिक क्षेत्रफल × ताप में वृद्धि)

β का मात्रक भी प्रति °C होता है। क्षेत्रीय प्रसार गुणांक β, रेखीय प्रसार गुणांक α का दुगुना होता है। $\beta = 2\alpha$

3. आयतन प्रसार गुणांक (Coefficient of Volume Expansion)

किसी वस्तु के आयतन में वह प्रसार, जो वस्तु के एकांक आयतन का ताप 1°C बढ़ाने पर होता है, आयतन प्रसार गुणांक कहलाता है। इसे 'γ' (गामा) से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{आयतन प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप में वृद्धि}}$$



चित्र–10 (स) : आयतन प्रसार गुणांक $\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta T}$

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V \times \Delta T}$$

$$\Delta V = \gamma (V \times \Delta T)$$

आयतन में वृद्धि = आयतन प्रसार गुणांक × (प्रारंभिक आयतन × ताप वृद्धि)

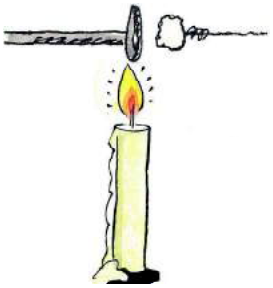
γ का मात्रक भी °C होता है।

आयतन प्रसार गुणांक, रेखीय प्रसार गुणांक का तिगुना होता है। अर्थात् $\gamma = 3\alpha$

क्रियाकलाप–5 : छल्ला और कील

तार का एक ऐसा छल्ला बनाइए जिसमें से कील का सिर आसानी से निकल पाए। अब कील के सिरे को मोमबत्ती से गर्म करें। क्या आप अब तार के छल्ले को कील के सिर पर से निकाल पाते हैं?

आपस में चर्चा करें कि ऐसा क्यों होता होगा?



चित्र–11 : ठोस पदार्थ में आयतन प्रसार

द्रव पदार्थ में ऊष्मीय प्रसार–

आप जानते ही हैं कि द्रवों का अपना कोई आकार नहीं होता। द्रवों को जिस बर्तन में रख दिया जाता है, वे उसी का आकार ले लेते हैं। जब हम किसी द्रव को बर्तन में भरकर गर्म करते हैं, तो पहले बर्तन का प्रसार होता है फिर द्रव का। अतः आयतन प्रसार दो प्रकार के होते हैं–

(1) आभासी प्रसार (Apparent expansion) (2) वास्तविक प्रसार (Real expansion)

आइए, हम द्रवों के प्रसार को नीचे दिए गए क्रियाकलाप द्वारा समझते हैं।

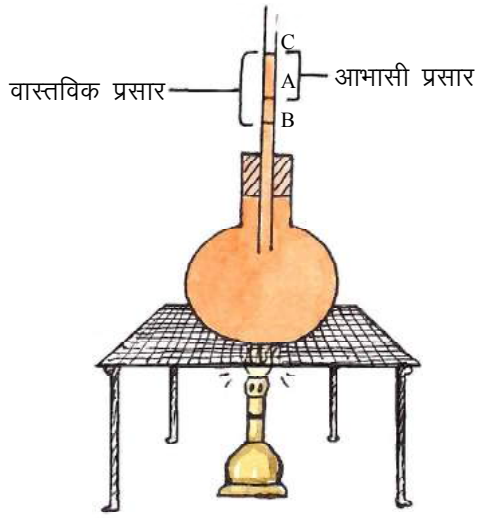
क्रियाकलाप–6

काँच का एक फ्लास्क लें। इसमें एक पतली व पारदर्शी नली लगा दें। पूरे फ्लास्क में ऊपर तक द्रव भर दें और फ्लास्क का मुँह कॉर्क द्वारा बंद कर दें।

मानो शुरुआत में द्रव का तल A तक है। जब फ्लास्क को गर्म किया जाता है तो द्रव का तल पहले A से B तक गिरता है और फिर B से C तक बढ़ता है, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है।

क्या आप बता सकते हैं कि ऐसा क्यों होता है?

गर्म करने पर सबसे पहले ऊष्मा फ्लास्क को मिलती है जिस कारण फ्लास्क फैल जाता है और पानी का स्तर नीचे गिर जाता है। इसके बाद ऊष्मा द्रव को मिलती है और वह फैलने लगता है, जिस कारण द्रव का तल ऊपर उठता है।



चित्र–12 : द्रव के आयतन में ऊष्मीय प्रसार

तलों A,B,C का मान नोट कर लें। हम देख सकते हैं कि द्रव का आभासी प्रसार तो A से C तक ही है, लेकिन वास्तविक प्रसार B से C तक है। A से B तक फ्लास्क का प्रसार है। द्रव के आभासी प्रसार में बर्तन के प्रसार को नजरअंदाज़ कर दिया जाता है लेकिन वास्तविक प्रसार में बर्तन के प्रसार को भी ध्यान में रखा जाता है।

$BC = AC + AB$

अर्थात् द्रव का वास्तविक प्रसार = द्रव का आभासी प्रसार + बर्तन का प्रसार

यह भी जानिए : अन्य द्रवों की तरह, पानी भी गर्म करने पर फैलता है। लेकिन नैसर्गिक बात यह है कि यह 0°C से 4°C के बीच नहीं फैलता।

यही कारण है कि ठण्डे प्रदेशों में भी जलीय जीवन सुरक्षित रह पाता है। पानी के ऊपरी सतह का ताप यदि 0°C से कम भी हो, तब भी तालाबों के निचले तल का ताप 4°C रहता है जिस कारण जल जीवन को कोई हानि नहीं पहुँचती।

गैसों में ऊष्मीय प्रसार–

गर्म करने पर गैसों का प्रसार ठोसों व द्रवों की तुलना में अधिक होता है। गैसों में भी द्रवों की ही तरह केवल आयतन प्रसार संभव है। ये प्रसार दो प्रकार का होता है–

1. **नियत दाब पर–** यदि नियत दाब पर गैस का ताप बढ़ाया जाए, तो गैस का आयतन बढ़ेगा। इस प्रकार के प्रसार गुणांक को आयतन प्रसार गुणांक कहते हैं। किसी गुब्बारे को ऊष्मा देने पर, उसके भीतर की हवा गर्म होकर फैलने लगती है, यह आप गुब्बारे के बढ़ते आयतन से देख सकते हैं।

$$\text{अतः गैस का आयतन प्रसार गुणांक} = \frac{\text{आयतन में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक आयतन} \times \text{ताप वृद्धि}}$$

$$\text{अर्थात्} \quad \gamma_p = \frac{\triangle V}{V \triangle T}$$

2. **नियत आयतन पर–** जब नियत आयतन पर गैस का ताप बढ़ाया जाए, तो गैस का दाब बढ़ता रहता है। इस प्रकार के प्रसार गुणांक को दाब प्रसार गुणांक कहते हैं। जैसा कि आपने कूकर में देखा होगा। गर्म करने पर कूकर की सीटी बजती है और सीटी में से भाप निकलती है। यह इसलिए होता है क्योंकि नियत आयतन पर कूकर के अंदर दाब बढ़ता जाता है।

$$\text{अतः} \quad \text{गैस का दाब प्रसार गुणांक} = \frac{\text{दाब में वृद्धि}}{\text{प्रारंभिक दाब} \times \text{ताप वृद्धि}}$$

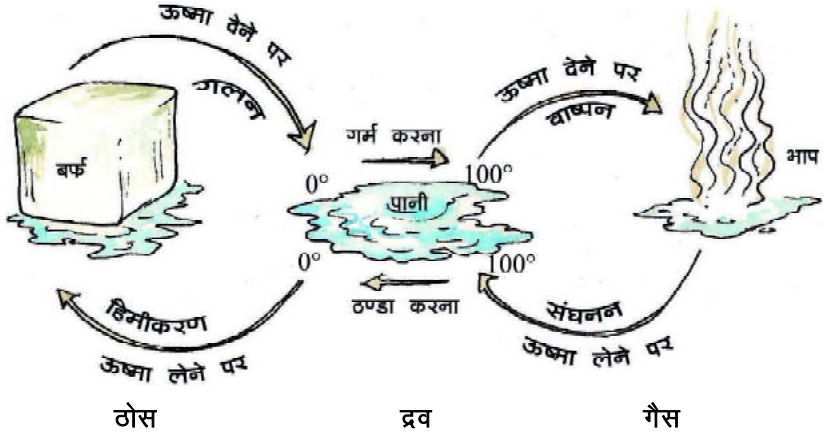
$$\text{अर्थात्} \quad \gamma_v = \frac{\triangle P}{P \triangle T}$$

क्रियाकलाप–7

काँच की एक छोटी सी खाली बोतल के मुँह पर पानी की कुछ बूँदें लगाएँ और मुँह को सिक्के से ढक दें। अब हाथों को आपस में रगड़कर गर्म करें और आधे मिनट के लिए बोतल को हाथ से पकड़ें। आपको सिक्का नाचता नज़र आएगा। सोचिए ऐसा क्यों हुआ होगा? यह गैस का किस प्रकार का प्रसार है, नियत आयतन पर प्रसार या नियत दाब पर प्रसार?

प्रश्न : गैसों और द्रवों में केवल आयतन प्रसार ही क्यों संभव है?

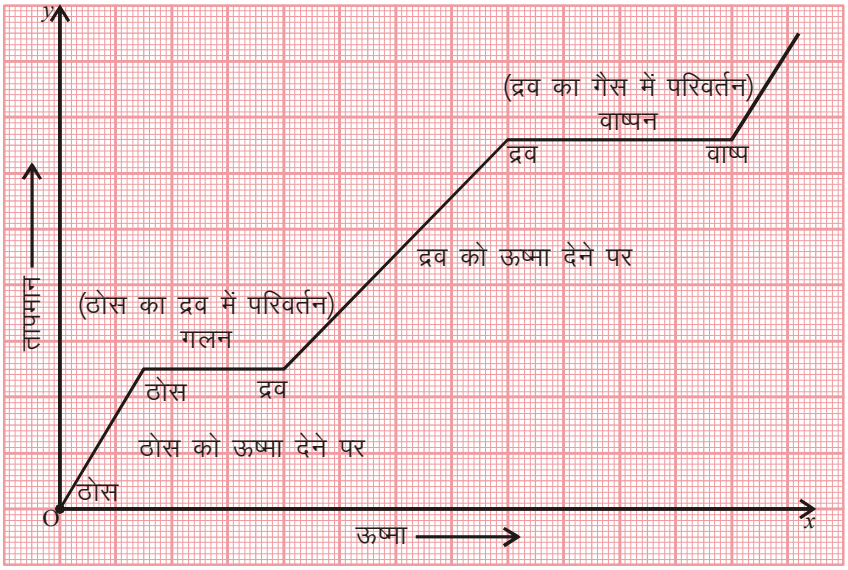
3. **भौतिक अवस्था में परिवर्तन–** ऊष्मा मिलने पर पदार्थ की अवस्था एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित हो सकती है। नीचे दिए गए चित्र का अवलोकन करें और उदाहरणों के साथ समझें।



चित्र–13 : वस्तु को ऊष्मा देने अथवा लेने से वस्तु की भौतिक अवस्था में परिवर्तन

क्रियाकलाप–8

एक बर्तन में बर्फ के कुछ टुकड़े लें और थर्मामीटर की मदद से इसका ताप नोट करें। जैसे–जैसे आप बर्फ को गर्म करेंगे, वह पिघलने लगेगी। उसका ताप नोट करते रहें जब तक की बर्फ पिघल नहीं जाती। अब इस पानी को और गर्म करते रहिए और ताप नोट करते जाएँ। जब यह पानी उबलने लगे और भाप में परिवर्तित होने लगे, इसका ताप नोट करें। अब अपने अवलोकन का ग्राफ बनाएँ। क्या यह ग्राफ कुछ इस प्रकार दिखेगा?



चित्र–14 : अवस्था परिवर्तन में ली गई/दी गई ऊष्मा ताप वृद्धि में दिखाई नहीं देती।

हमने देखा कि गर्म करने पर पदार्थ का ताप बढ़ता जाता है। एक ताप पर पहुँचने पर पदार्थ की अवस्था में परिवर्तन होने लगता है और इस परिस्थिति में पदार्थ का ताप बढ़ना रूक जाता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि गर्म करने पर प्राप्त की गई ऊष्मीय ऊर्जा पदार्थ का ताप बढ़ाने के जगह, अवस्था परिवर्तन में व्यय हो जाती है। चूँकि यह दी गई अथवा पदार्थ से ली गई ऊष्मा ताप वृद्धि के रूप में दिखाई नहीं पड़ती, इसलिए इसे गुप्त ऊष्मा (Latent heat) कहते हैं। गुप्त ऊष्मा दो प्रकार की होती है।

1. गलन की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of fusion)

जब एकांक द्रव्यमान के पदार्थ को ऊष्मा देने पर वह ठोस अवस्था से द्रव अवस्था में बदल जाता है, तब bl i£Ø; keanhxbZ Å"ekdh ek=k xyu dh xqIr Å"ek dgykrh gSA xqIr Å"ek dks 'L' से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक कैलोरी/ग्राम या किलोकैलोरी/किलोग्राम है। बर्फ के गलन की गुप्त ऊष्मा 80 किलो–कैलोरी/किलोग्राम है। अर्थात् 0°C ताप पर 1 किग्रा बर्फ को 0°C के ही 1 किग्रा. जल में बदलने के लिए 80 किलो–कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। यदि किसी पदार्थ का द्रव्यमान m तथा गुप्त ऊष्मा L हो, तो एक निश्चित ताप पर पदार्थ द्वारा दी गई या ली गई ऊष्मा $Q = mL$ होती है। द्रव से ठोस में बदलने के लिए समान मात्रा में ऊष्मा पदार्थ से ली जाती है।

2. वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of vapourization)

एकांक द्रव्यमान के द्रव को उसके क्वथनांक पर पूरी तरह गैस में परिवर्तित करने के लिए लगने वाली ऊष्मा को वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहते हैं। इस गुप्त ऊष्मा को भी 'L' से प्रदर्शित करते हैं। वाष्प से द्रव में बदलने के लिए भी समान मात्रा में ऊष्मा पदार्थ में से ली जाती है।

हमने सीखा

- गर्म और ठण्डा एक ही मापक के दो मूल्य है।
- सिर्फ छूकर, देखकर व महसूस कर सटीक तापमान नहीं बताया जा सकता।
- गर्माहट व ठण्डक का सांखिए स्तर तापमान कहलाता है।
- मापे हुए तापमान को एक पैमाने से दूसरे पैमाने में बदलना संभव है।
- तापमान में परिवर्तन ऊष्मीय ऊर्जा के आदान–प्रदान के कारण होता है।
- ऊष्मा का SI मात्रक जूल होता है।
- ऊष्मा के संचरण के लिए सदैव ही माध्यम की आवश्यकता नहीं होती। विकिरण के द्वारा ऊष्मा निर्वात् में भी संचरित हो सकती है।
- ठोस पदार्थों में ऊष्मा का संचरण केवल चालन के द्वारा संभव है। संवहन द्वारा ऊष्मा का संचरण केवल द्रवों व गैसों में हो सकता है।
- ऊष्मा का संचरण सभी दिशाओं में समान रूप से होता है।
- सभी पदार्थों के समान मात्रा का ताप समान मात्रा में बढ़ाने के लिए ऊष्मा की विभिन्न मात्राएँ लगती हैं। इसे पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं।
- ठोसों में ऊष्मीय प्रसार में रेखीय प्रसार, क्षेत्रीय प्रसार व आयतन प्रसार के बीच 1 : 2 : 3 का अनुपात होता है।
- द्रवों में ऊष्मीय प्रसार दो प्रकार का होता है– आभासी प्रसार व वास्तविक प्रसार।
- भौतिक अवस्था में परिवर्तन के लिए उपयोग में ली गई ऊष्मीय ऊर्जा को गुप्त ऊष्मा कहते हैं।

मुख्य शब्द (Keywords)

ऊष्मीय ऊर्जा, फैरनहाइट, सेल्सियस, केल्विन, कैलोरी, तापांतर, ऊष्मीय संचरण, चालन, संवहन, विकिरण, ऊष्मा धारिता, विशिष्ट ऊष्मा धारिता, रेखीय प्रसार गुणांक, क्षेत्रीय प्रसार गुणांक, आयतन प्रसार गुणांक, आभासी प्रसार, वास्तविक प्रसार, गलन व वाष्पन की गुप्त ऊष्मा।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखें–

   (i) ठोस में रेखीय, क्षेत्रीय व आयतन प्रसार का अनुपात होता है–

   (अ) 1 : 1 : 1 (ब) 1 : 2 : 3 (स) 1 : 2 : 1 (द) 3 : 2 : 1

   (ii) वस्तु A व वस्तु B में से वस्तु A की विशिष्ट ऊष्मा वस्तु B की तुलना में कम है, तो–

   (अ) वस्तु A जल्द गर्म होगी (ब) वस्तु B जल्द गर्म होगी

   (स) दोनों वस्तुएँ समान रूप से गर्म होंगी (द) इनमें से कोई नहीं

   (iii) नीचे दी गई वस्तुओं में से कौनसी वस्तु सबसे अच्छा ऊष्मा चालक–

   (अ) लोहा (ब) एस्बेस्टोस (स) काँच (द) लकड़ी

   (iv) नीचे दी गई कौनसी वस्तुओं में ऊष्मा का संचार संवहन द्वारा नहीं हो सकता है–

   (अ) चाय (ब) पानी (स) हवा (द) निर्वात्

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए–

   (i) ऊष्मा कोई पदार्थ नहीं बल्कि ..... है।

   (ii) ..... के कारण ऊष्मा का स्थानांतरण होता है।

   (iii) चालन के द्वारा ऊष्मा का संचरण केवल ..... में संभव है।

   (iv) विकिरण द्वारा ऊष्मा के संचरण हेतु ..... की आवश्यकता नहीं होती है।

   (v) पदार्थ की भौतिक अवस्था में परिवर्तन के लिए ली गई/दी गई ऊष्मा के कारण तापमान में बदलाव ..... होता है।

3. जब दो वस्तुओं को, जिनका तापमान एक दूसरे से अलग हो को संपर्क में लाया जाता है तब उन दोनों का तापमान समान क्यों हो जाता है?

4. गुप्त ऊष्मा किसे कहते है?

5. गैस से भरा गुब्बारा आग के पास लाने से फूट क्यों जाता है?

6. निम्न तापमानों को अन्य पैमाने में परिवर्तित कीजिए–

   (i) 14° F को सेल्सियस में

   (ii) 100° C को फैरनहाइट में

   (iii) 12 K को सेल्सियस में

7. जल की महत्तम विशिष्ट ऊष्मा के दैनिक जीवन में तीन उपयोग लिखिए।

8. 1 किग्रा. जल का ताप 60°C है। यदि इसे 40°C वाले 1 किग्रा. जल में मिश्रित कर दें तो मिश्रण का ताप क्या होगा? (उत्तर–50)

9. तांबे के एक बर्तन का द्रव्यमान 500 ग्राम है। इसका ताप 40°C तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा की गणना कीजिए। तांबे की विशिष्ट ऊष्मा 0.09 जूल/किग्रा. °C है। (उत्तर–1.8 J)

10. तांबे के एक तार की लंबाई 100 सेमी. है। इसके ताप को 30°C से 50°C तक बढ़ाने में इसकी लंबाई में कितनी वृद्धि होगी? तांबे के लिए $\alpha = 26 \times 10^{-6}/\,°C$ होता है। (उत्तर–52×10^{-5} m)

11. विशिष्ट ऊष्मा धारिता क्या है?

12. ऊष्मा के संचरण के प्रकारों के बारे में लिखें।

13. ऊष्मा के प्रभावों के हमारे दैनिक जीवन से जुड़े कुछ उदाहरण बताइए।

प्रोजेक्ट कार्य –

1. विभिन्न द्रवों का उपयोग थर्मामीटर बनाने में करें।
   आपके निरिक्षण को सूचीबद्ध करें।

2. क्षेत्र प्रसार तथा आयतन प्रसार पृथ्वी के लिए लगातार चिंतन करें।

3. रबर के लिए रेखीय प्रसार गुणांक ज्ञात करने में आई कठिनाइयों का वर्णन करें।

4. थर्मस फ्लास्क बनाएँ।

अध्याय–4

तत्वों का आवर्ती वर्गीकरण

(PERIODIC CLASSIFICATION OF ELEMENTS)

हमारे आस–पास विभिन्न पदार्थ पाए जाते हैं जिन्हें हम तत्व, यौगिक एवं मिश्रण के रूप में वर्गीकृत करते हैं। आज इन्हें जिस प्रकार वर्गीकृत किया गया है क्या वर्गीकरण का स्वरूप पहले भी ऐसा ही था? यदि हम तत्वों को ही देखें तो किसी पदार्थ को तत्व के रूप में समझ पाने में लम्बा समय लगा है, जिसका इतिहास काफी रोचक है।

4.1 तत्व, तब और अब

दार्शनिक अरस्तु (ईसा पूर्व 384–322) के अनुसार ब्रह्माण्ड पाँच तत्वों अग्नि, जल, वायु, पृथ्वी तथा आकाश से मिलकर बना है। बाद में ब्रिटिश वैज्ञानिक राबर्ट बॉयल (1627–1691) ने पदार्थों के संबंध में कई प्रयोग किए। इन प्रयोगों के आधार पर उनका तर्क था कि अरस्तु द्वारा उल्लेखित पंच तत्वों को तत्व की श्रेणी में नहीं रखा जा सकता।

18वीं शताब्दी में फ्रांसिसी रसायनज्ञ लवाइजिए के अनुसार तत्व वह पदार्थ है जिसे और सरल पदार्थ में विघटित नहीं किया जा सकता, उदाहरण के लिए हम जानते हैं कि जल को हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन में विघटित किया जा सकता है अतः जल तत्व नहीं है। लवाइजिए ने रासायनिक तत्वों के प्रायोगिक आंकड़ों के आधार पर जो सूची बनायी उसमें 33 तत्व थे। वर्तमान में 118 तत्व ज्ञात हैं। इतने सारे तत्वों और उनके गुणधर्मों का अलग–अलग अध्ययन कर पाना बहुत कठिन है। इस कठिनाई को दूर करने के लिए वैज्ञानिकों ने कई प्रयास किए ताकि तत्वों का अध्ययन आसानी से किया जा सके।

4.2 तत्वों को क्रम में व्यवस्थित करने की आवश्यकता क्यों?

हम अपने घर में विभिन्न वस्तुओं को उनके गुणधर्मों तथा उपयोगिता के आधार पर अलग–अलग रखते हैं जैसे– पहनने के कपड़ों को अलग तथा बिछाने और ओढ़ने के कपड़ों को अलग। यहाँ तक कि पहनने के कपड़ों में भी ठंड में पहनने वाले कपड़ों को गर्मी में पहनने वाले कपड़ों से अलग रखा जाता है। क्या आपने कभी सोचा, किराना दुकानदार से कोई भी सामान माँगने पर वह उसे आसानी से कैसे दे पाता है?

वस्तुओं को व्यवस्थित रखने पर समय तथा ऊर्जा की बचत होती है। इस प्रकार वैज्ञानिकों ने भी तत्वों को उनके गुणधर्मो के आधार पर व्यवस्थित करने के कई प्रयास किए।

कक्षा 9वीं में हमने तत्वों की परमाणु संख्या (atomic number), परमाणु भार (atomic weight) तथा इलेक्ट्रॉनिक विन्यास (electronic configuration) का अध्ययन किया है। सारणी–1 में कुछ तत्वों के परमाणु भार तथा परमाणु संख्या दी गई है, उन्हें–

(क) बढ़ते हुए परमाणु भार के क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

(ख) बढ़ती हुई परमाणु संख्या के क्रम में व्यवस्थित कीजिए।

सारणी–1

तत्व	परमाणु भार	परमाणु संख्या	तत्व	परमाणु भार	परमाणु संख्या
S	32.1	16	B	10.8	5
Li	6.9	3	P	31	15
Al	27	13	Ca	40.1	20
O	16	8	Ne	22.2	10
Ar	39.9	18	C	12	6
Be	9	4	Cl	35.5	17
H	1	1	Na	23	11
Si	28.08	14	N	14	7
F	19	9	Mg	24.3	12
He	4	2	K	39.1	19

- क्या (क) तथा (ख) के अनुसार व्यवस्थित तत्वों का क्रम एक समान है?
- इन तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास बनाइए।
- क्या इन तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर भी समूह बन सकते हैं?

अब आप समझ गए होंगे कि तत्वों को व्यवस्थित क्यों करते हैं तथा व्यवस्थित करने के कई तरीके हो सकते हैं। आइए, पूर्व में रसायनज्ञों द्वारा किए गए प्रयासों को समझें।

तत्वों के वर्गीकरण के प्रयास डाल्टन के परमाणु सिद्धांत (1808) से पूर्व ही प्रारंभ हो गए थे, उनके परमाणु सिद्धांत ने वैज्ञानिकों को एक नई दिशा दी कि तत्वों के परमाणु भार तथा गुणों में संबंध होता है।

4.3 डॉबेराइनर का त्रिक नियम (Dobereiner's law of triads)

जर्मन वैज्ञानिक डॉबेराइनर ने परमाणु भार के आधार पर तत्वों का वर्गीकरण किया। उन्होंने जब समान गुणधर्म वाले तीन तत्वों, जैसे– पोटैशियम, लिथियम और सोडियम को परमाणु भार के बढ़ते क्रम में एक के नीचे एक रखा तब उन्होंने देखा कि बीच वाले तत्व का परमाणु भार अन्य दो तत्वों के परमाणु भार का औसत होता है।

जे. डब्ल्यू. डॉबेराइनर (1780–1849)

जोहान्न वुल्फगांग डॉबेराइनर ने जर्मनी के स्यून्शबर्ग में औषधिक विज्ञान की पढ़ाई की और उसके बाद स्ट्रैसबर्ग में रसायन शास्त्र का अध्ययन किया। उन्होंने सबसे पहले प्लैटिनम को उत्प्रेरक के रूप में पहचाना तथा तीन त्रिकों की खोज की जिससे आगे चलकर तत्वों की आवर्त सारणी का विकास हुआ।

Li
6.9
Na
23
K
39.1

यहाँ सोडियम का परमाणु भार लिथियम और पोटैशियम के परमाणु भारों के औसत के निकट है। इसके गुणधर्म भी लिथियम और पोटैशियम के गुणधर्मों के मध्य हैं। डॉबेराइनर ने तत्वों के परमाणु भार और उसके गुणधर्मों के बीच इस संबंध को एक नियम के रूप में प्रतिपादित किया कि समान गुणों वाले तीन तत्वों को यदि उनके बढ़ते हुए परमाणु भार के क्रम में व्यवस्थित किया जाए तो समूह के बीच वाले तत्व का परमाणु भार तथा गुणधर्म शेष दो तत्वों के परमाणु भारों का औसत तथा गुणधर्म उनके मध्य के होते हैं। डॉबेराइनर उस समय तक ज्ञात तत्वों में से केवल तीन त्रिक ही बना सके थे (सारणी–2)।

यह नियम कुछ ही तत्वों के लिए सही पाया गया, इसलिए त्रिक में वर्गीकृत करने की यह पद्धति सफल नहीं रही।

जैसे ही परमाणु भार के आधार पर तत्वों के गुणधर्मों की समानता का पता चला, वैसे ही कई तरह से तत्वों को व्यवस्थित करने के प्रयास किए जाने लगे। ऐसा ही एक प्रयास न्यूलैंड्स ने भी किया।

सारणी–2 : डॉबेराइनर के त्रिक

तत्वों के त्रिक		
I	**II**	**III**
Li	Ca	Cl
Na	Sr	Br
K	Ba	I

4.4 न्यूलैंड्स का अष्टक सिद्धांत (Newlands' law of octaves)

क्या आप जानते हैं?

भारतीय संगीत प्रणाली में सात सुर होते हैं –

सा रे ग म प ध नि

पाश्चात्य संगीत में ये सुर हैं– *डो रे मि फा सो ला टि*

प्रत्येक आठवाँ सुर पहले सुर जैसा होता है तथा वह अगली पंक्ति का पहला सुर होता है। इन सुरों की सहायता से संगीत की रचना की जाती है।

डॉबेराइनर के प्रयासों ने दूसरे रसायनज्ञों का ध्यान इस ओर आकर्षित किया कि तत्वों के गुणधर्म उनके परमाणु भार से संबंधित होते हैं। इसी क्रम में ब्रिटिश वैज्ञानिक जॉन एलेक्जेंडर न्यूलैंड्स (1837–1898) ने अष्टक का नियम दिया जिसके अनुसार यदि तत्वों को उनके बढ़ते परमाणु भार के क्रम में व्यवस्थित किया जाए तो वे इस प्रकार क्रमबद्ध हो जाते हैं कि एक निश्चित अंतराल के बाद उनके गुणों की पुनरावृत्ति होती है और प्रत्येक आठवें तत्व की विशेषताएं या गुणधर्म पहले तत्व के गुणधर्म से मिलते हैं। उन्होंने इसकी तुलना संगीत के सुरों से की इसलिए इसे अष्टक का सिद्धांत कहा जाता है। इसे उन्होंने सबसे कम परमाणु भार वाले तत्व हाइड्रोजन से प्रारंभ किया तथा 56वें तत्व थोरियम पर समाप्त किया।

सारणी–3 : न्यूलैंड्स का अष्टक

भारतीय संगीत के सुर	सा	रे	ग	म	प	ध	नि
पाश्चात्य संगीत के सुर	डो	रे	मि	फा	सो	ला	टि
तत्व	H	Li	Be	B	C	N	O
	F	Na	Mg	Al	Si	P	S
	Cl	K	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe

न्यूलैंड्स के अष्टक में हाइड्रोजन और फ्लुओरीन के गुणधर्म समान थे। फ्लुओरीन, हाइड्रोजन के बाद आठवाँ तत्व है इसी तरह लिथियम और सोडियम में समानता है।

न्यूलैंड्स की सारणी में कई विसंगतियाँ पाई गईं जैसे–

- यह केवल 56 तत्वों तक ही सीमित थी व इसमें नए तत्वों के लिए कोई रिक्त स्थान नहीं था।
- यह सिद्धांत केवल कैल्सियम तक ही लागू होता था क्योंकि कैल्सियम के बाद आठवें तत्व के गुणधर्म पहले तत्व से नहीं मिलते थे।
- कुछ तत्व जिनके गुण समान नहीं हैं उन्हें एक ही समूह में स्थान दिया गया, जैसे– आयरन के रासायनिक गुणधर्म ऑक्सीजन तथा सल्फर से नहीं मिलते।

अतः इस नियम के अनुसार भी तत्वों का सफल वर्गीकरण नहीं किया जा सका।

प्रश्न

1. दी गई सारणी का अवलोकन कीजिए और बताइए कि–

समूह ''अ''	तत्व	Li	?	K
	परमाणु भार	6.9	23.0	39.1
समूह''ब''	तत्व	Ca	Sr	Ba
	परमाणु भार	40.1	?	137.3
समूह''स''	तत्व	Cl	Br	I
	परमाणु भार	35.5	?	126.9

(i) समूह ''अ'' के मध्य में कौन सा तत्व आएगा?

(ii) समूह ''ब'' के मध्य वाले तत्व का परमाणु भार क्या होगा?

(iii) समूह ''स'' के मध्य वाले तत्व का परमाणु भार क्या होगा?

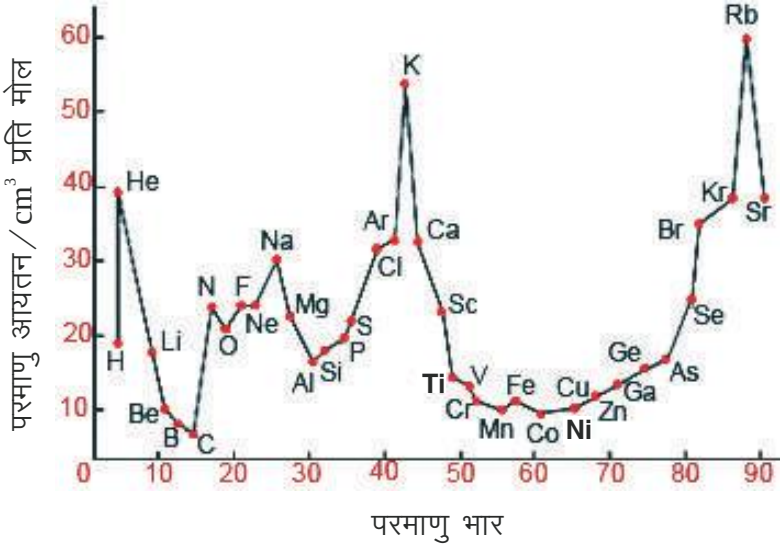
2. डॉबेराइनर के वर्गीकरण की क्या सीमाएँ हैं ?

3. सारणी–3 के आधार पर बताइए, सोडियम के गुण किन–किन तत्वों से मिलते हैं?

4.5 लोथर मेयर का परमाणु आयतन वक्र (Lothar Meyer's atomic volume curve)

जर्मन वैज्ञानिक लोथर मेयर (1830–95) ने तत्वों के परमाणु भार तथा परमाणु आयतन के मध्य ग्राफ बनाया। उन्होंने देखा कि वक्र में सोडियम, पोटैशियम और रूबिडियम तत्व वक्र के उच्चतम शिखर पर तथा फ्लुओरीन, क्लोरीन और ब्रोमीन चढ़ाव के बीच स्थित हैं। मैग्नीशियम, कैल्सियम आदि धातुएँ वक्र में घटाव वाले भागों पर तथा बेरिलियम, बोरॉन, कार्बन, ऐलुमिनियम आदि धातुएँ वक्र के निम्नतम बिन्दुओं पर स्थित हैं (चित्र 1)।

लोथर मेयर का ग्राफ



चित्र–1 : लोथर मेयर का वक्र

इसके आधार पर उन्होंने देखा कि समान गुणों वाले तत्व वक्र में समान स्थानों पर स्थित हैं अर्थात् तत्वों के परमाणु आयतन उनके परमाणु भार के आवर्ती फलन (periodic function) होते हैं।

जब लोथर मेयर के द्वारा परमाणु आयतन और परमाणु भार के आधार पर तत्वों का वर्गीकरण किया गया, उसी दौरान मेन्डेलीफ द्वारा परमाणु भार और तत्वों के भौतिक एवं रासायनिक गुणधर्मों के आधार पर वर्गीकरण सरल

रूप में प्रस्तुत किया गया। लोथर मेयर ने तत्वों के गुणधर्मों के लिए आवर्ती शब्द का उपयोग कर मेन्डेलीफ को एक दिशा दी जिससे मेन्डेलीफ को अपनी आवर्त सारणी बनाने में सहायता मिली।

WLIV9I

4.6 मेन्डेलीफ का वर्गीकरण (Mendeleev's classification)

तत्वों के वर्गीकरण का मुख्य श्रेय रूसी रसायनज्ञ डमित्री इवानोविच मेन्डेलीफ को जाता है। तत्वों की आवर्त सारणी के प्रारंभिक विकास में उनका प्रमुख योगदान रहा। जब मेन्डेलीफ ने अपना कार्य आरंभ किया तब 63 तत्व ज्ञात थे। उन्होंने तत्वों के परमाणु भार एवं उनके भौतिक तथा रासायनिक गुणधर्मों के बीच संबंधों का अध्ययन किया। रासायनिक गुणधर्मों के अंतर्गत मेन्डेलीफ ने तत्वों के ऑक्सीजन एवं हाइड्रोजन के साथ बने यौगिकों को चुना क्योंकि दोनों तत्व अत्यन्त सक्रिय हैं तथा अधिकांश तत्वों के साथ यौगिक बनाते हैं।

उन्होंने 63 कार्ड लिए एवं प्रत्येक कार्ड पर अलग–अलग तत्वों के गुणधर्मों को लिखा। समान गुणधर्म वाले तत्वों के समूह बनाने पर उन्होंने पाया कि तत्व अपने परमाणु भार के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित हो गए थे। उन्होंने अधिकांश तत्वों को एक सारणी की तरह व्यवस्थित कर दिया जिसमें समान गुणधर्म वाले तत्व एक दूसरे के नीचे आते थे।

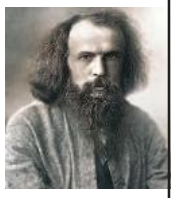
यह भी देखा गया कि समान गुणधर्म वाले तत्व एक निश्चित अंतराल के बाद फिर आते हैं। इस आधार पर मेन्डेलीफ ने आवर्त नियम बनाया कि तत्वों के भौतिक और रासायनिक गुण उनके परमाणु भारों के आवर्ती फलन होते हैं। मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में उर्ध्व स्तंभ को समूह/वर्ग (group) कहते हैं तथा क्षैतिज पंक्तियों को आवर्त (period) कहते हैं (चित्र 2)।

समूह	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ऑक्साइड हाइड्राइड	R_2O RH	RO RH_2	R_2O_3 RH_3	RO_2 RH_4	R_2O_5 RH_3	RO_3 RH_2	R_2O_7 RH	RO_4
आवर्त ↓	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	संक्रमण श्रेणी
1	H 1.008							
2	Li 6.939	Be 9.012	B 10.81	C 12.011	N 14.007	O 15.999	F 18.998	
3	Na 22.99	Mg 24.31	Al 29.98	Si 28.09	P 30.974	S 32.06	Cl 35.453	
4 प्रथम श्रेणी: द्वितीय श्रेणी:	K 39.102 Cu 63.54	Ca 40.08 Zn 65.37	Sc 44.96 Ga 69.72	Ti 47.90 Ge 72.59	V 50.94 As 74.92	Cr 50.20 Se 78.96	Mn 54.94 Br 79.909	Fe 55.85 Co 58.93 Ni 58.71
5 प्रथम श्रेणी: द्वितीय श्रेणी:	Rb 85.47 Ag 107.87	Sr 87.62 Cd 112.40	Y 88.91 In 114.82	Zr 91.22 Sn 118.69	Nb 92.91 Sb 121.75	Mo 95.94 Te 127.60	Tc 99 I 126.90	Ru 101.07 Rh 102.91 Pd 106.4
6 प्रथम श्रेणी: द्वितीय श्रेणी:	Cs 132.90 Au 196.97	Ba 137.34 Hg 200.59	La 138.91 Tl 204.37	Hf 178.49 Pb 207.19	Ta 180.95 Bi 208.98	W 183.85		Os 190.2 Ir 192.2 Pt 195.09

चित्र–2 : मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी

मेन्डेलीफ आवर्त सारणी का प्रकाशन 1872 में एक जर्मन पत्रिका में हुआ। सारणी के उर्ध्व स्तंभ के शीर्ष पर ऑक्साइड तथा हाइड्राइड के सूत्र दिए गए। जिसमें अँग्रेजी का अक्षर 'R' समूह के किसी तत्व को प्रदर्शित करता है अर्थात् कार्बन के हाइड्राइड CH_4 को RH_4 तथा ऑक्साइड CO_2 को RO_2 लिखा गया। मेन्डेलीफ ने किसी तत्व की समूह में स्थिति का निर्धारण उसके यौगिकों के आधार पर किया। यौगिक के सूत्र द्वारा तत्वों की संयोजकता ज्ञात की। किसी वर्ग या समूह की क्रम संख्या उस वर्ग के तत्वों की ऑक्सीजन के सापेक्ष संयोजकता दर्शाती है, जैसे–जिस तत्व के ऑक्साइड का सूत्र R_2O है वे प्रथम समूह में और जिनका सूत्र RO है उन्हें द्वितीय समूह में रखा गया। क्या आप बता सकते हैं कि तृतीय समूह के ऑक्साइड का सूत्र क्या होगा?

डमित्री इवानोविच मेन्डेलीफ (1834–1907)



रूसी रसायनज्ञ मेन्डेलीफ को आवर्त सारणी का जनक कहा जाता है। इसके साथ–साथ रूसी रसायन उद्योग और खनन के आधुनिकीकरण में उनका बड़ा योगदान रहा। उन्होंने पेट्रोलियम की उत्पत्ति के लिए एक सिद्धांत भी प्रतिपादित किया। रसायन शास्त्र अध्यापन की एक नई पद्धति विकसित करने के उनके प्रयास के परिणामस्वरुप तत्वों की आवर्त सारणी को व्यवस्थित स्वरूप मिला।

इस प्रकार प्रथम, द्वितीय और तृतीय समूह के तत्वों की संयोजकताएँ क्रमशः 1, 2 और 3 हैं।

4.6.1 मेन्डेलीफ आवर्त सारणी की उपलब्धियाँ (Achievements of Mendeleev's periodic table)

1. **तत्वों के अध्ययन में सहायक**–मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में प्रत्येक आवर्त में तत्वों के गुणों में क्रमिक परिवर्तन दिखाई देता है। वहीं एक वर्ग के तत्वों के गुणों में समानता पाई जाती है। अतः किसी वर्ग के एक तत्व के सामान्य गुणों की जानकारी होने पर उस वर्ग के अन्य तत्वों के गुणों के बारे में आसानी से जाना जा सकता है। इस प्रकार मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी तत्वों के अध्ययन में सहायक हुई।

2. **नए तत्वों की खोज में सहायक–** मेन्डेलीफ ने अपनी आवर्त सारणी में कुछ स्थान रिक्त छोड़ दिए थे। इन रिक्त स्थानों को दोष के रूप में देखने के बजाय मेन्डेलीफ ने कुछ ऐसे तत्वों के अस्तित्व का अनुमान लगाया जो उस समय तक ज्ञात नहीं थे। इनका नामकरण उन्होंने उसी समूह में इससे पहले आने वाले तत्व के नाम में 'एका' उपसर्ग लगाकर किया। उदाहरण के लिए, बाद में खोजे गए तत्व स्कैंडियम, गैलियम, जर्मेनियम को क्रमशः एका–बोरॉन, एका–ऐलुमिनियम तथा एका–सिलिकन कहा।

3. **संदिग्ध परमाणु भार में सुधार–** मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में बेरिलियम के परमाणु भार को संयोजकता के आधार पर ठीक किया गया। इसे त्रिसंयोजक न मानकर द्विसंयोजक माना और उसका स्थान लिथियम और बोरॉन के बीच रखा गया। इंडियम, यूरेनियम आदि तत्वों के परमाणु भारों में भी इसी प्रकार सुधार किया गया।

4. **अक्रिय गैसों को स्थान –** मेन्डेलीफ के समय तक हीलियम, निऑन और ऑर्गान जैसी अक्रिय गैसों की खोज नहीं हुई थी इसलिए आवर्त सारणी में इनके लिए कोई स्थान नहीं रखा गया था। जब इन गैसों की खोज हुई तो इन तत्वों का एक अलग समूह बनाकर आवर्त सारणी में नौवां स्तंभ शून्य समूह के रूप में वैज्ञानिक रेमसे (Ramsay) द्वारा जोड़ा गया।

4.6.2 मेन्डेलीफ आवर्त सारणी की सीमाएँ (Limitations of Mendeleev's periodic table)

1. **हाइड्रोजन का स्थान अनिश्चित**– हाइड्रोजन क्षार धातुओं के आयनों (Na^+, K^+) की भांति H^+ आयन तथा हैलोजन आयन (Cl^-, Br^-) की भांति H^- आयन भी बनाता है। इसलिए यह निश्चित नहीं किया जा सका कि उसे किस वर्ग में रखना उचित होगा।
2. **भारी तत्वों को हल्के तत्वों से पहले रखा जाना**– संयोजकता के अनुसार रखे जाने पर कुछ स्थानों पर भारी तत्वों को हल्के तत्वों से पहले रखा गया जो मेन्डेलीफ नियम के अनुसार नहीं है जैसे– कोबाल्ट (परमाणु भार 58.9) को निकैल (परमाणु भार 58.7) के पहले रखा गया।
3. **समस्थानिकों को अलग–अलग स्थान नहीं दिया जाना**– किसी तत्व के समस्थानिकों के रासायनिक गुणधर्म समान किन्तु परमाणु भार अलग–अलग होते हैं अतः उन्हें आवर्त सारणी में अलग–अलग स्थान मिलना चाहिए, परंतु मेन्डेलीफ आवर्त सारणी में समस्थानिकों के लिए कोई स्थान नहीं था।
4. **एक तत्व से दूसरे तत्व की ओर बढ़ने पर परमाणु भार नियमित रूप से नहीं बढ़ना–** इसलिए यह अनुमान लगाना कठिन हो गया कि दो तत्वों के मध्य कितने तत्व खोजे जा सकते हैं, विशेषकर जब हम भारी तत्वों पर विचार करते हैं, तो कठिनाई आती है।

प्रश्न

1. लोथर मेयर के द्वारा तत्वों के वर्गीकरण का आधार क्या है?
2. मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी के समूह 1 व 2 में पाए जाने वाले प्रथम चार–चार तत्वों के नाम तथा संकेत लिखिए।
3. मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में कुछ रिक्त स्थान छोड़े गए थे, उनमें रखे गए तत्वों के नाम लिखिए।
4. उन दो तत्वों के नाम लिखिए जिनके संदिग्ध परमाणु भार में मेन्डेलीफ द्वारा सुधार किया गया।
5. अक्रिय गैसों को एक पृथक समूह में रखने का क्या कारण है? लिखिए।

मेण्डेलीफ के वर्गीकरण की कमियों को 20वीं सदी के आरंभ में अवपरमाणुक कणों (subatomic particles) की खोज और परमाणु की आंतरिक संरचना की समझ बनने के बाद दूर करना संभव हुआ।

4.7 मोसले का आधुनिक आवर्त नियम (Moseley's modern periodic law)

ब्रिटिश वैज्ञानिक हेनरी मोसले (1887–1915) ने तत्वों के परमाणुओं के एक्स किरण (X-ray) स्पेक्ट्रम का अध्ययन किया तब उन्हें तत्वों की एक्स किरण तरंग लंबाई और मेन्डेलीफ आवर्त सारणी में तत्वों के क्रमांक के बीच संबंध दिखाई दिया। मेन्डेलीफ के समय परमाणु भार तत्व की पहचान थी। मोसले के काम से परमाणु के एक और गुण की पहचान हुई जिसे परमाणु संख्या कहा गया जो तत्व की विशिष्ट पहचान बनी। यह किसी तत्व के परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोट्रॉनों की संख्या को दर्शाता है। इस आधार पर उन्होंने तत्वों के परमाणु भार के स्थान पर परमाणु संख्या को वर्गीकरण का आधार बनाने का सुझाव दिया। उन्होंने बताया कि तत्वों के रासायनिक गुण उनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास पर निर्भर करते हैं और इलेक्ट्रॉनिक विन्यास परमाणु संख्या के आधार पर होते हैं। अतः उन्होंने मेन्डेलीफ के आवर्त नियम में संशोधन कर 1913 में आधुनिक आवर्त नियम दिया, जिसके अनुसार तत्वों के भौतिक और रासायनिक गुण उनकी परमाणु संख्या के आवर्ती फलन (periodic function) होते हैं।

आधुनिक आवर्त सारणी

1	2											13	14	15	16	17	18
1 H हाइड्रोजन 1.0																	2 He हीलियम 4.0
3 Li लिथियम 6.9	4 Be बेरिलियम 9.0											5 B बोरॉन 10.8	6 C कार्बन 12.0	7 N नाइट्रोजन 14.0	8 O ऑक्सीजन 16.0	9 F फ्लुओरीन 19.0	10 Ne निऑन 20.2
11 Na सोडियम 23.0	12 Mg मैग्नीशियम 24.3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al ऐलुमिनियम 27.0	14 Si सिलिकन 28.1	15 P फॉस्फोरस 31.0	16 S सल्फर (गंधक) 32.1	17 Cl क्लोरीन 35.5	18 Ar ऑर्गान 39.9
19 K पोटेशियम 39.1	20 Ca कैल्सियम 40.1	21 Sc स्कैन्डियम 44.9	22 Ti टाइटेनियम 47.9	23 V वैनेडियम 50.9	24 Cr क्रोमियम 52.0	25 Mn मैंग्नीज 54.9	26 Fe आयरन (लोहा) 55.8	27 Co कोबाल्ट 58.9	28 Ni निकैल 58.7	29 Cu कॉपर (ताँबा) 63.5	30 Zn जिंक (जस्ता) 65.4	31 Ga गैलियम 69.7	32 Ge जर्मेनियम 72.6	33 As आर्सेनिक 74.9	34 Se सिलीनियम 79.0	35 Br ब्रोमीन 79.9	36 Kr क्रिप्टॉन 83.8
37 Rb रूबिडियम 85.5	38 Sr स्ट्रॉन्शियम 87.5	39 Y इट्रियम 88.9	40 Zr जर्कोनियम 91.2	41 Nb नायोबियम 92.9	42 Mo मॉलिब्डेनम 95.9	43 Tc टेक्नीशियम (98)	44 Ru रुथीनियम 101.1	45 Rh रोडियम 102.9	46 Pd पैलेडियम 106.4	47 Ag सिल्वर (चाँदी) 107.9	48 Cd कैडमियम 112.4	49 In इंडियम 114.8	50 Sn टिन 118.7	51 Sb ऐन्टिमनी 121.8	52 Te टैल्यूरियम 127.6	53 I आयोडीन 126.9	54 Xe जीनॉन 131.3
55 Cs सीज़ियम 132.9	56 Ba बेरियम 137.3	57 * La लैन्थेनम 138.9	72 Hf हाफनियम 178.5	73 Ta टैन्टेलम 180.9	74 W टंग्स्टेन 183.9	75 Re रीनियम 186.2	76 Os ऑस्मियम 190.2	77 Ir इरीडियम 192.2	78 Pt प्लैटिनम 195.1	79 Au गोल्ड (सोना) 197.0	80 Hg मर्करी (पारा) 200.6	81 Tl थैलियम 204.4	82 Pb लेड (सीसा) 207.2	83 Bi बिस्मथ 209.0	84 Po पोलोनियम (209)	85 At ऐस्टैटीन (210)	86 Rn रेडॉन (222)
87 Fr फ्रेंसियम (223)	88 Ra रेडियम (226)	89 ** Ac ऐक्टिनियम (227)	104 Rf रदरफर्डियम (261)	105 Db डुबनियम (262)	106 Sg सीबोर्गियम (263)	107 Bh बोहरियम (262)	108 Hs हैसियम (265)	109 Mt मिटनेरियम (267)	110 Ds डार्मस्टेशियम (281.2)	111 Rg रॉन्टगेनियम (282.2)	112 Cn कॉपरनिसियम (285.2)	113 Nh निहोनियम (286.2)	114 Fl फ्लोरोवियम (289.2)	115 Mc मॉस्कोवियम (289.2)	116 Lv लिवरमोरियम (293.2)	117 Ts टेनेसीन (294.2)	118 Og ऑग्नेसॉन (294.2)

1 — परमाणु संख्या
H — संकेत
हाइड्रोजन — नाम
1.0 — परमाणु भार

धातुएँ | उपधातुएँ | अधातुएँ | नोबल गैसें (अक्रिय) | अध्ययन जारी

कोष्ठक () में दी गई संख्या उस तत्व के सबसे लम्बी अर्धायु वाले आइसोटोप (समस्थानिक) का परमाणु भार है।

लैन्थेनाइड *	58 Ce सीरियम 140.1	59 Pr प्रासियोडायमियम 140.9	60 Nd नियोडिमियम 144.2	61 Pm प्रोमिथियम (145)	62 Sm सेमेरियम 150.4	63 Eu यूरोपियम 152.0	64 Gd गैडोलिनियम 157.3	65 Tb टरबियम 158.9	66 Dy डिप्रोसियम 162.5	67 Ho होल्मियम 164.9	68 Er अर्बियम 167.3	69 Tm थूलियम 168.9	70 Yb इटर्बियम 173.0	71 Lu ल्यूटीशियम 175.0
ऐक्टिनाइड **	90 Th थोरियम 232.0	91 Pa प्रोटैक्टिनियम (231)	92 U यूरेनियम 238.0	93 Np नेप्ट्यूनियम (237)	94 Pu प्लूटोनियम (244)	95 Am ऐमेरिशियम (243)	96 Cm क्यूरियम (247)	97 Bk बर्केलियम (247)	98 Cf कैलीफोर्नियम (251)	99 Es आइन्स्टाइनियम (254)	100 Fm फर्मियम (257)	101 Md मेन्डेलीनियम (258)	102 No नोबेलियम (259)	103 Lr लोरेन्सियम (262)

चित्र–3 : आधुनिक आवर्त सारणी

4.8 आधुनिक आवर्त सारणी (Modern periodic table)

बोर ने मोसले के नियम के अनुसार तत्वों को बढ़ती हुई परमाणु संख्या के आधार पर एक सारणी में व्यवस्थित किया जिसे बोर की आवर्त सारणी कहते हैं। उस समय तक ज्ञात 92 तत्वों को उन्होंने इस सारणी में स्थान दिया। इसे आवर्त सारणी का दीर्घ रूप (long form of periodic table) या आधुनिक आवर्त सारणी (modern periodic table) भी कहते हैं (चित्र–3)। वर्तमान में परमाणु संख्या 92 के बाद वाले संश्लेषित तत्वों (परमाणु संख्या 118 तक) को इस सारणी में स्थान मिल चुका है। परमाणु संख्या 113, 115, 117 तथा 118 वाले तत्वों के IUPAC द्वारा प्रस्तावित नामों को 8 नवम्बर 2016 तक अंतिम रूप दिया जाएगा।

इस सारणी में 18 उर्ध्व खाने हैं इन्हें वर्ग/समूह (group) कहते हैं और 7 क्षैतिज पंक्तियाँ हैं जिन्हें आवर्त (period) कहते हैं।

समूह– जिस प्रकार मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में तत्वों की समूह में स्थिति संयोजकता द्वारा निर्धारित की जाती है उसी प्रकार आधुनिक आवर्त सारणी में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को आधार माना गया।

- समूह 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 और 18 के तत्व सामान्य तत्व कहलाते हैं।
- समूह 3 से 12 तक के तत्व संक्रमण तत्व कहलाते हैं।
- समूह 3 में लैन्थेनम (La परमाणु संख्या 57) के पश्चात् 14 तत्व आवर्त सारणी में नीचे स्थित हैं, जिन्हें लैन्थेनाइड कहते हैं। इसी प्रकार समूह 3 में ही ऐक्टिनियम (Ac परमाणु संख्या 89) के पश्चात् 14 तत्व सारणी में नीचे स्थित हैं। जिन्हें ऐक्टिनाइड कहते हैं। इन्हें मुख्य सारणी के नीचे इसलिए दर्शाया जाता है ताकि आवर्त सारणी का स्वरूप सुविधाजनक हो।

आवर्त– आधुनिक आवर्त सारणी में किसी एक आवर्त में स्थित सभी तत्वों में कोशों की संख्या समान होती है।

किसी आवर्त में बाईं ओर से दाईं ओर बढ़ने पर तत्व की परमाणु संख्या में क्रमशः एक की वृद्धि होती है, तो संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या में भी एक की वृद्धि होती है। लिथियम, बेरिलियम, बोरॉन, कार्बन, नाइट्रोजन आदि तत्वों के संयोजी इलेक्ट्रॉनों की संख्या अलग–अलग है, अतः यह अलग–अलग समूह के तत्व हैं किन्तु इनमें कोशों की संख्या समान होने के कारण ये एक ही आवर्त के तत्व हैं। क्या आप बता सकते हैं कि ये किस आवर्त के तत्व हैं?

विभिन्न कोशों में भरे जाने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या के आधार पर हम इन आवर्तो में तत्वों की संख्या बता सकते हैं। हम जानते हैं कि किसी कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या सूत्र $2n^2$ के द्वारा ज्ञात की जाती है जहाँ n = कोश की संख्या है।

जैसे– K कोश = $2 \times (1)^2 = 2$ इसलिए प्रथम आवर्त में तत्वों की संख्या दो है।

उपरोक्त आधार पर तीसरे आवर्त में तत्वों की संख्या कितनी होगी? यदि M कोश में अधिकतम संभावित इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना की जाए तो वह 18 प्राप्त होगी। किन्तु आप जानते हैं कि बोर–बरी नियम के अनुसार बाह्यतम कक्ष में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 से अधिक नहीं हो सकती। चूंकि यहाँ M कोश बाह्यतम कोश है, अतः इसमें 8 से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं आ सकते और यही कारण है कि सारणी के तीसरे आवर्त में तत्वों की संख्या 8 होती है।

इसके आगे के आवर्तों में तत्वों की संख्या का निर्धारण, कोश में इलेक्ट्रॉनों के वितरण के अन्य नियमों के अनुसार होता है, जिसका अध्ययन हम अगली कक्षाओं में करेंगे।

- आधुनिक आवर्त सारणी के आरंभ के 3 आवर्त, लघु आवर्त कहलाते हैं इनमें क्रमशः 2, 8 और 8 तत्व होते हैं।
- इसके बाद के दो आवर्त, दीर्घ आवर्त कहलाते हैं, इनमें 18,18 तत्व होते हैं।
- छठवें आवर्त में 32 तत्व हैं, वर्तमान में सातवें आवर्त में भी चार नए तत्वों की खोज के साथ 32 तत्व हो चुके हैं।

4.8.1 आधुनिक आवर्त सारणी की विशेषताएँ (Characteristics of Modern periodic table)

- आवर्त सारणी परमाणु संख्या पर आधारित है।
- प्रत्येक तत्व की स्थिति उसके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर निश्चित की गई है।
- यह विभिन्न तत्वों के गुणों में क्रमिक परिवर्तन को अधिक स्पष्ट रूप से दर्शाती है।
- हाइड्रोजन के द्वारा ऋण आयन (H^-) और धन आयन (H^+) दोनों बनाने की क्षमता के कारण वह रासायनिक गुणों में समूह 17 के सदस्यों (जो ऋण आयन देते हैं) और समूह 1 के सदस्यों (जो धन आयन देते हैं) दोनों के समान है। इसलिए मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी की तरह ही आधुनिक आवर्त सारणी में भी उसका स्थान अनिश्चित है। लेकिन हाइड्रोजन को सामान्यतः समूह एक के शीर्ष पर दर्शाया जाता है।

प्रश्न

1. आधुनिक आवर्त नियम के अनुसार तत्वों के गुणधर्म किसके आवर्ती फलन होते हैं?
2. दूसरे आवर्त में तत्वों की संख्या कितनी होगी?
3. क्या आप विभिन्न तत्वों के समस्थानिकों का स्थान आवर्त सारणी में सुनिश्चित कर सकते हैं? स्पष्ट कीजिए।
4. आधुनिक आवर्त सारणी में आर्गान एवं पोटैशियम के स्थान कैसे निर्धारित किए गए हैं?
5. तीन तत्वों x, y एवं z की परमाणु संख्या क्रमशः 6, 10 एवं 18 है तो बताइए कि–
   (i) कौन से दो तत्व समान वर्ग के हैं? (ii) कौन से दो तत्व समान आवर्त के हैं?

4.8.2 तत्वों के आवर्ती गुण (Periodic properties of elements)

आवर्त नियम के अनुसार तत्वों को उनकी परमाणु संख्या के बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित करने पर तत्वों के गुणों में आवर्तिता (periodicity) पायी जाती है। बढ़ती हुई परमाणु संख्या के साथ इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की पुनरावृत्ति ही गुणों की आवर्तिता का आधार है।

आवर्त सारणी में जब हम वर्ग में नीचे की ओर बढ़ते हैं तथा आवर्त में बाईं से दाईं ओर बढ़ते हैं तब, हमें तत्वों के भौतिक व रासायनिक गुणों में नियमित परिवर्तन मिलते हैं। आइए, हम कुछ आवर्ती गुणों का अध्ययन करें–

1. संयोजकता (Valency)

संयोजकता तत्वों का महत्वपूर्ण गुणधर्म है। इसे तत्व के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर समझा जा सकता है। किसी तत्व के बाह्यतम कोश में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की संख्या या अष्टक पूर्ण करने के लिए आवश्यक इलेक्ट्रॉनों की संख्या संयोजकता है। क्या अब आप बता सकते हैं कि समूह में नीचे की ओर तथा आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर संयोजकता किस प्रकार से परिवर्तित होती है? आइए, इसे सारणी–4 में दिए गए दूसरे आवर्त के तत्वों तथा उनके हाइड्राइड के द्वारा समझें।

सारणी–4 : दूसरे आवर्त के तत्वों की संयोजकता में आवर्तिता

तत्व	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
हाइड्राइड	LiH	BeH_2	BH_3	CH_4	NH_3	H_2O	HF	-
संयोजकता	1	2	3	4	3	2	1	0

आवर्त सारणी के दूसरे आवर्त में हाइड्रोजन के सापेक्ष तत्वों की संयोजकता एक से चार तक बढ़ती है और फिर शून्य तक घटती है।

प्रश्न

1. किसी तत्व के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास से आप संयोजकता की गणना कैसे करेंगे?
2. समूह में ऊपर से नीचे आने पर संयोजकता किस प्रकार परिवर्तित होती है?

2. परमाणु आकार (Atomic size)

अलग–अलग तत्वों के परमाणुओं का आकार भी अलग–अलग होता है। उनके आकारों की तुलना उनकी परमाणु त्रिज्याओं के मान के आधार पर की जाती है। परमाणु त्रिज्या (atomic radius) से तात्पर्य है परमाणु के नाभिक के केन्द्र से उसके बाह्यतम इलेक्ट्रॉनिक कोश के बीच की दूरी।

सारणी–5 : कुछ परमाणु त्रिज्याएँ

17 वें समूह के तत्व	परमाणु त्रिज्या (pm)
Br	114
F	64
I	133
Cl	99
At	144

सारणी–5 में समूह 17 के तत्वों की परमाणु त्रिज्याएँ दी गई हैं। इन्हें बढ़ते हुए क्रम में व्यवस्थित कीजिए और प्रश्नों का उत्तर दीजिए।

1. किस तत्व का परमाणु आकार सबसे बड़ा तथा किसका सबसे छोटा है?
2. समूह में ऊपर से नीचे जाने पर परमाणु आकार में क्या परिवर्तन होता है?

हम देखते हैं कि समूह में ऊपर से नीचे जाने पर परमाणु का आकार बढ़ता है। इसका कारण है कि नीचे जाने पर एक नया कोश जुड़ जाता है। इससे नाभिक और बाहरी कोश के बीच की दूरी बढ़ जाती है।

सारणी–6 में तीसरे आवर्त के तत्वों की परमाणु त्रिज्याएँ दी गई हैं।

सारणी–6 : तीसरे आवर्त के तत्वों की परमाणु त्रिज्याएँ

तीसरे आवर्त के तत्व	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
परमाणु त्रिज्या (pm)	186	160	143	117	110	104	99

- आवर्त में बाईं ओर से दाईं ओर जाने पर परमाणु त्रिज्या किस प्रकार बदलती है?

हम देखते हैं कि आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर परमाणु त्रिज्या घटती है। नाभिक में आवेश बढ़ने से नाभिक इलेक्ट्रॉनों को ज्यादा आकर्षित करता है, जिससे परमाणु का आकार घटता जाता है।

3. धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म (Metallic and non-metallic properties)

अब तक 118 तत्वों की खोज की जा चुकी है। प्रत्येक तत्व के अपने कुछ लाक्षणिक गुण होते हैं। इन्हीं गुणों के आधार पर प्रारंभ में तत्वों को मुख्य रूप से दो भागों में बाँटा गया– धातु एवं अधातु।

सारणी–7 : द्वितीय आवर्त के तत्वों में धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म

द्वितीय आवर्त	Li	Be	B	C	N	O	F
परमाणु संख्या	3	4	5	6	7	8	9

सारणी–7 देखकर बताइए कि–

- कौन से तत्व धन आयन व कौन से तत्व ऋण आयन बनाते हैं?
- सारणी–7 में धातु एवं अधातु किस–किस ओर स्थित हैं?
- सारणी में बाईं ओर से दाईं ओर जाने पर धात्विक एवं अधात्विक गुणधर्म किस प्रकार परिवर्तित होते हैं?

हम जानते हैं कि जो तत्व इलेक्ट्रॉन त्यागकर धनायन बनाते हैं धातुएँ कहलाते हैं उदाहरण– लोहा, जिंक, सोडियम आदि। जो तत्व इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ऋणायन बनाते हैं, वे अधातुएँ कहलाते हैं उदाहरण– ऑक्सीजन, क्लोरीन आदि। आइए, इसे अन्य उदाहरणों द्वारा समझें।

आधुनिक आवर्त सारणी में एक टेढ़ी–मेढ़ी रेखा धातुओं को अधातुओं से अलग करती है। इस रेखा पर आने वाले तत्व – बोरॉन, सिलिकन, जर्मेनियम, आर्सेनिक, ऐन्टिमनी, टेल्यूरियम एवं पोलोनियम – धातुओं एवं अधातुओं दोनों के गुणधर्म प्रदर्शित करते हैं, इन्हें अर्द्ध–धातु या उपधातु कहते हैं।

आवर्त सारणी का अवलोकन करने पर हमें ज्ञात होता है कि समूह में ऊपर से नीचे आने पर धात्विक गुणों में वृद्धि और अधात्विक गुणों में कमी होती है।

- सोचिए, क्या आवर्त में भी इन गुणों में परिवर्तन होता है ?

4. आयनन ऊर्जा/आयनन विभव (Ionisation energy/Ionisation potential)

गैसीय अवस्था में किसी विलगित परमाणु के सबसे दुबर्लता से बंधे इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने के लिए जितनी ऊर्जा की आवश्यकता होती है उसे आयनन ऊर्जा/आयनन विभव कहते हैं। विलगित परमाणु प्राप्त करने के लिए ठोस तथा द्रव तत्वों को गैस में परिवर्तित किया जाता है एवं यदि तत्व अणु रूप में हो तो उसे पहले परमाणु के रूप में वियोजित किया जाता है। आयनन ऊर्जा की इकाई इलेक्ट्रॉन वोल्ट (eV) होती है।

आइए, प्रथम समूह के तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को देखें–

सारणी–8 : प्रथम समूह के तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास

तत्व	परमाणु संख्या	इलेक्ट्रॉनिक विन्यास
H	1	1
Li	3	2,1
Na	11	2,8,1
K	19	2,8,8,1

हाइड्रोजन से पोटैशियम की ओर जाने पर इलेक्ट्रॉनों की संख्या बढ़ने के साथ–साथ कक्षाओं की संख्या भी बढ़ती जाती है इसलिए नाभिक की अंतिम इलेक्ट्रॉन से दूरी बढ़ जाती है। जिसके कारण बाहरी कोश से इलेक्ट्रॉन को निकालने के लिए कम ऊर्जा की आवश्यकता होती है। अतः वर्ग में ऊपर से नीचे आने पर आयनन ऊर्जा का मान कम होता जाता है।

आइए, अब हम द्वितीय आवर्त को देखते हैं –

सारणी–9 : द्वितीय आवर्त के तत्वों की आयनन ऊर्जा

तत्व	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
आयनन ऊर्जा (eV)	5.6	9.9	8.3	11.3	14.5	13.6	17.4	21.6

लिथियम से निऑन की तरफ बढ़ते हुए क्या कक्षों की संख्या में कोई परिवर्तन होता है? हम देखते हैं कि सभी में कक्षाओं की संख्या दो (K और L) ही है लेकिन परमाणु संख्या बढ़ती जाती है जिस कारण नाभिकीय आवेश में वृद्धि होती है। अतः इलेक्ट्रॉनों पर नाभिकीय आकर्षण बढ़ जाने के कारण बाहरी कोश के इलेक्ट्रॉनों को निकालने के लिए अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। इसलिए आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर प्रायः आयनन ऊर्जा का मान बढ़ता जाता है।

प्रश्न

1. किसी वर्ग (समूह) में आयनन ऊर्जा किस प्रकार परिवर्तित होती है?
2. एक ही आवर्त के तत्वों की आयनन ऊर्जा में किस प्रकार परिवर्तन होता है? उसका कारण समझाइए।

5. इलेक्ट्रॉन बंधुता (Electron affinity)

हम जानते हैं कि धातुएँ इलेक्ट्रॉन त्यागकर धन आयन बनाती हैं। समूह 1 व 2 के तत्वों के बाहरी कोश में 1 व 2 इलेक्ट्रॉन होते हैं, ये इलेक्ट्रॉन त्यागकर एक संयोजी (+1) व द्विसंयोजी (+2) आयन बनाते हैं। ये सभी तत्व आवर्त सारणी में बाईं ओर स्थित हैं।

आवर्त सारणी के दाईं ओर अधातुएँ होती हैं, ये इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर ऋण आयन बनाती हैं। परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन को जोड़ने से बने हुए आयन पर एक ऋण आवेश आता है तथा ऊर्जा निकलती है, निकली हुई यह ऊर्जा इलेक्ट्रॉन बंधुता कहलाती है।

सामान्यतः किसी आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर इलेक्ट्रॉन बन्धुता का मान बढ़ता है और किसी वर्ग में ऊपर से नीचे आने पर इसका मान कम होता है।

6. विद्युत ऋणता (Electronegativity)

यदि दो अलग–अलग प्रकार के परमाणुओं के बीच एक सहसंयोजक बंध हो तो किसी एक परमाणु की साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करने की प्रवृत्ति दूसरे परमाणु की इस प्रवृत्ति से अधिक होती है। जैसे– HCl अणु में साझे का एक इलेक्ट्रॉन युग्म है। इसमें क्लोरीन परमाणु, हाइड्रोजन परमाणु की अपेक्षा साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को अधिक आकर्षित करता है। इसलिए इलेक्ट्रॉन युग्म क्लोरीन के अधिक निकट रहता है। वह परमाणु जो साझे के इस इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करता है अधिक ऋणविद्युती कहलाता है और वह आंशिक ऋणावेशित हो जाता है।

अतः किसी यौगिक के अणु में उसके किसी परमाणु द्वारा साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को अपनी ओर आकर्षित करने (और इस प्रकार आंशिक ऋणावेशित हो जाने) की प्रवृत्ति को विद्युत ऋणता कहते हैं।

सामान्यतः किसी आवर्त में बाईं से दाईं ओर जाने पर विद्युत ऋणता बढ़ती है और किसी वर्ग में नीचे आने पर इसका मान कम होता है।

इलेक्ट्रॉन बन्धुता और विद्युत ऋणता एक दूसरे से भिन्न हैं। विद्युत ऋणता सहसंयोजक बंध से जुड़े दो परमाणुओं के साझे के इलेक्ट्रॉन युग्म को किसी एक परमाणु द्वारा आकर्षित करने का गुण है। अतः यह सापेक्ष संख्या है तथा इसकी कोई इकाई नहीं होती, जबकि इलेक्ट्रॉन बन्धुता स्वतंत्र गैसीय परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन जोड़ने पर मुक्त ऊर्जा है जिसकी इकाई eV है।

प्रश्न

1. इलेक्ट्रॉन बंधुता किस प्रकार विद्युत ऋणता से भिन्न है?
2. किस वर्ग के तत्वों की इलेक्ट्रॉन बंधुता सर्वाधिक होती है?

हमने सीखा

- तत्वों का वर्गीकरण उनके समान गुणधर्मों के आधार पर किया गया है।
- तत्वों के वर्गीकरण के प्रयास डाल्टन के परमाणु सिद्धांत (1808) से पूर्व ही प्रारंभ हो गए थे किन्तु उनके परमाणु सिद्धांत ने वैज्ञानिकों को एक नई दिशा दी कि तत्व के परमाणु भार तथा गुण में संबंध होता है।
- डॉबेराइनर ने समान गुणों वाले तीन–तीन तत्वों की त्रिक बनाकर वर्गीकरण किया।
- न्यूलैंड्स ने तत्वों का वर्गीकरण कर अष्टक सिद्धांत दिया तथा उसकी तुलना संगीत के सुरों से की।
- लोथर मेयर ने तत्वों के गुणधर्मों के लिए आवर्ती शब्द का उपयोग कर मेन्डेलीफ को एक दिशा दी जिससे मेन्डेलीफ को आवर्त सारणी बनाने में सहायता मिली।
- मेन्डेलीफ ने तत्वों को उनके परमाणु भार के बढ़ते हुए क्रम में वर्गीकृत किया।
- मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में छोड़े गए रिक्त स्थानों से भविष्य में नए तत्वों की खोज करने में सहायता मिली।
- मोसले ने परमाणु संख्या पर आधारित आधुनिक आवर्त नियम दिया।
- आधुनिक आवर्त सारणी में 18 समूह (वर्ग) व 7 आवर्त हैं जिसमें 118 तत्वों को इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर व्यवस्थित किया गया है।
- समूह तथा आवर्त में तत्वों के विभिन्न गुण जैसे–संयोजकता, परमाणु आकार, धात्विक व अधात्विक गुण, आयनन ऊर्जा, इलेक्ट्रॉन बंधुता एवं विद्युत ऋणता में क्रमिक परिवर्तन होता है।
- तत्वों के गुणों में आवर्तिता तत्व के बाह्य कक्ष में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की पुनरावृत्ति के कारण होती है।

मुख्य बिन्दु (Keywords)

त्रिक नियम, अष्टक नियम, आवर्ती फलन, आवर्तिता, परमाणु आकार, परमाणु त्रिज्या, आयनन विभव, इलेक्ट्रॉन बंधुता, विद्युत ऋणता।

WLZLDQ

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनिए–

(i) किस तत्व का आवर्त सारणी में स्थान निश्चित नहीं है–

(अ) सोडियम (ब) क्लोरीन (स) हीलियम (द) हाइड्रोजन

(ii) मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में तत्वों को व्यवस्थित किया गया है–

(अ) अणुभार के वृद्धि क्रम में (ब) परमाणु भार के वृद्धि क्रम में

(स) परमाणु संख्या के वृद्धि क्रम में (द) परमाणु त्रिज्या के वृद्धि क्रम में

(iii) आधुनिक आवर्त नियम प्रतिपादित किया–

(अ) न्यूलैंड्स ने (ब) मोसले ने

(स) मेन्डेलीफ ने (द) डॉबेराइनर ने

(iv) समूह में ऊपर से नीचे आने पर धात्विक गुण–

(अ) न तो बढ़ता है और न ही घटता है (ब) घटता है

(स) बढ़ता है (द) पहले बढ़ता है फिर घटता है।

(v) Na, Li, K के आकार का बढ़ता हुआ क्रम होगा–

(अ) Li < Na < K (ब) K< Na< Li

(स) Na < Li < K (द) इनमें से कोई नहीं

2. एक ही वर्ग में उपस्थित तत्वों के रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं, क्यों?

3. हाइड्रोजन को किस समूह तथा किस आवर्त में रखना चाहिए? तर्क दीजिए।

4. निम्नलिखित जोड़ों में से उस तत्व को चुनिए जिसका आकार बड़ा है तथा उसका कारण भी लिखिए।

(i) Mg (परमाणु संख्या 12) या Cl (परमाणु संख्या 17)

(ii) Na (परमाणु संख्या 11) या K (परमाणु संख्या 19)

5. तीन तत्वों A, B एवं C की परमाणु संख्या क्रमशः 3, 9 एवं 11 है। कारण सहित व्याख्या कीजिए कि किन दो तत्वों के रासायनिक गुण समान होंगे।

6. तीन तत्वों की परमाणु संख्या क्रमशः 5, 7 एवं 10 है बताइए कि–

(i) कौन सा तत्व वर्ग 18 का है?

(ii) कौन सा तत्व वर्ग 15 का है?

(iii) कौन सा तत्व वर्ग 13 का है?

ये सभी तत्व किस आवर्त के हैं?

7. किसी त्रिक के तीन तत्व 'A', 'B' एवं 'C' में 'A' का परमाणु भार 7 एवं C का परमाणु भार 39 है तो डोबेराइनर त्रिक नियम के अनुसार तत्व 'B' का परमाणु भार क्या होगा?

8. आवर्त सारणी का एक भाग दिया गया है–

Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

यदि हम बाएँ से दाएँ क्षैतिज रूप से चलते हैं तो–

(i) तत्वों के धात्विक गुणों में क्या परिवर्तन होगा?

(ii) विद्युतऋणता में क्या परिवर्तन होगा?

(iii) आयनन ऊर्जा में क्या परिवर्तन होगा?

9. मेन्डेलीफ ने अपनी आवर्त सारणी में रिक्त स्थान क्यों छोड़े थे? अपने उत्तर की व्याख्या एक उदाहरण द्वारा कीजिए।

10. क्या डॉबेराइनर के त्रिक, न्यूलैंड्स के अष्टक स्तंभ में भी पाए जाते हैं? तुलना कर लिखिए।

11. आधुनिक आवर्त सारणी में समूह में ऊपर से नीचे जाने पर और बाएँ से दाएँ जाने पर निम्नलिखित गुणों में किस प्रकार परिवर्तन होता है? संयोजकता, परमाणु आकार, आयनन विभव, विद्युत ऋणता।

12. एक तत्व B का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 7 है तथा वह तत्व A के साथ अभिक्रिया कर AB_2 प्रकार का आयनिक यौगिक बनाता है, तत्व A की संयोजकता क्या होगी?

13. आधुनिक आवर्त सारणी एवं मेन्डेलीफ की आवर्त सारणी में तत्वों की व्यवस्था की तुलना कीजिए।

अध्याय–5

हमारा पर्यावरण : पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा का प्रवाह

(Our Environment : Energy Flow in the Ecosystem)

कक्षा 9 वीं में आपने पढ़ा था कि कानी मछरी का प्राकृतिक आवास कुटुमसर गुफा है। उसी अध्याय में आपने कई और जीवों के प्राकृतिक आवास के बारे में भी जाना था। किसी भी जीव के लिए आवास बहुत महत्वपूर्ण होता है। आवास के जैविक और अजैविक घटकों से जीवों का अंतर्संबंध होता है, जो उनके जीवन को प्रभावित करता है। 'जीवों का विकास' अध्याय में हमने पढ़ा कि अक्सर आवास में घटकों से अंतर्संबंध के फलस्वरूप विविध जीवों का अनुकूलन विविध प्रकार से होता है। अनुकूलित जीवों की आबादी बढ़ती रहती है और इसका असर अन्य जीवों की आबादी पर पड़ता है। आइए, विभिन्न जीवों, उनके आवास और अजैविक घटकों के बीच के अंतर्संबंधों का अध्ययन करने के लिए एक गतिविधि करते हैं–

5.1 अंतर्संबंधों का अध्ययन (Study of Interrelationship)

क्रियाकलाप–1

आप अपने घर/स्कूल के आसपास कोई बगीचे जैसी जगह चुन लें। ध्यान रखें कि जगह ऐसी हो जिसका अवलोकन आप 5 दिनों तक (प्रत्येक दिन कम से कम दो बार, सुबह और शाम) कर सकें। चयन की गई जगह के एक मीटर लम्बे व एक मीटर चौड़े हिस्से को चिन्हांकित कर लें।

चित्र–1 1m X 1m क्षेत्र

गौर से अवलोकन करें कि चिन्हांकित हिस्से में क्या कोई कीड़ा–मकोड़ा, कोई पक्षी, मेंढक या अन्य जीव नज़र आ रहा है? नज़र आने वाले जीवों के समूह का नाम लिखकर हर दिन उनकी संख्या अपनी कॉपी में नोट करें, जैसे पौधे–20, चीटियाँ–28 आदि (एक जीव की गिनती एक बार ही करने का प्रयास करें, मिट्टी को थोड़ा खोदकर भी जीवों को देखें)। यदि चिन्हांकित जगह पर कोई पेड़ हो तो उसे भी पौधों के समूह में ही गिनें। अपने अवलोकन के आधार पर लिखें कि–

- क्या आपको चिन्हांकित जगह पर कोई खाद्य श्रृंखला/खाद्य जाल नज़र आया?
- क्या पूरे बगीचे में कोई खाद्य श्रृंखला/खाद्य जाल नज़र आया?
- आपके इस इलाके में कौन–कौन से जैविक व अजैविक घटक हैं ?
- सुबह और शाम के जैविक व अजैविक घटकों में क्या अंतर है ?

पांच दिनों तक दिखने वाले हर एक जीव की कुल संख्या से प्रतिदिन के जीवों की औसत संख्या ज्ञात करें (जैसे कुल 50 चींटियाँ हो तो औसत संख्या है 10, इस संख्या को चुने गए क्षेत्र के क्षेत्रफल से गुणा करने पर उस क्षेत्र में चींटियों की आबादी ज्ञात की जा सकती है)।

- अनुमान से बताएँ कि क्या जीवों के लिए वहाँ पर्याप्त संसाधन हैं?

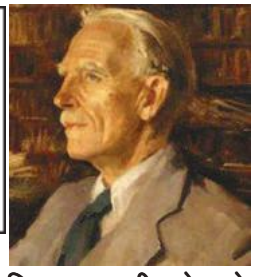
किसी पर्यावरण के छोटे–बड़े सभी जीव–जंतु भोजन, प्रजनन और सुरक्षा जैसी आधारभूत आवश्यकताओं के लिए एक–दूसरे पर और निर्जीव घटकों पर निर्भर रहते हैं। पर्यावरण और जीवों के बीच की इस निर्भरता का अध्ययन हम निम्नलिखित दो आधारों पर कर सकते हैं –

1. सजीव घटकों के बीच निर्भरता (विभिन्न प्राणियों में भोजन संबंध) जिसका अध्ययन हम खाद्य श्रृंखला, खाद्य जाल, पारिस्थितिक पिरामिड द्वारा करेंगे।
2. सजीव और निर्जीव घटकों के बीच निर्भरता (पौधों और जन्तुओं के जीवन पर मिट्टी, हवा, पानी, जलवायु, मौसम आदि का प्रभाव) जिसका अध्ययन हम पदार्थों के चक्र द्वारा करेंगे।

ऊर्जा के प्रवाह का अध्ययन, हम इन दोनों आधारों के सम्मिलित स्वरूप में करने का प्रयास करेंगे।

खाद्य श्रृंखला, खाद्य जाल, पारिस्थितिक पिरामिड, पदार्थों का चक्र, पर्यावरण के घटकों में अंतर्संबंध को दर्शाने के लिए प्रारूप मात्र हैं जिनसे हम किसी क्षेत्र विशेष के विविध जीवों और उनके पर्यावरण के बीच सम्बन्धों को समझने का प्रयास करते हैं। यह प्रारूप हमें अनुमान लगाने व अलग–अलग क्षेत्रों का तुलनात्मक अध्ययन करने में मदद करते हैं। अध्ययन सम्बन्धी आंकड़े जुटाने के लिए क्रियाकलाप–1 जैसे तरीकों को अपनाया जाता है।

5.2 पारिस्थितिक तंत्र से अभिप्राय (meaning of an ecosystem)



चित्र–2 ए.जी. टेन्सले (1875–1951)

प्रकृति के घटकों में अंतर्संबंध के कारण अपने आप संचालित एक व्यवस्था बन जाती है जिसे हम 'पारिस्थितिक तंत्र' कहते हैं। यह कतई जरूरी नहीं है कि यह व्यवस्था निरंतर एक जैसी बनी रहे। प्राकृतिक परिघटनाओं के फलस्वरूप इसमें लगातार बदलाव आता रहता है। मानवीय हस्तक्षेप से भी इसमें व्यापक परिवर्तन आ सकता है। 'Eco-system' (अर्थात पारिस्थितिक तंत्र) शब्द का उपयोग सबसे पहले 1935 में ए.जी.टेंसले ने किया था। टेंसले के अनुसार– ''पर्यावरण का अध्ययन उसके सभी जैविक और अजैविक घटकों के अंतर्संबंधों के आधार पर बनी एक व्यवस्था अर्थात 'पारिस्थितिक तंत्र' के रूप में किया जाना चाहिए। किसी क्षेत्र विशेष के जैविक समुदाय के साथ अजैविक घटकों के अंतर्संबंध तथा उनमें होने वाले फेरबदल की विस्तृत अध्ययन को पारिस्थितिक तंत्र का अध्ययन कहा जाता है।''

किसी पारिस्थितिक तंत्र का अध्ययन हम किसी पेड़, बगीचे, खेत, तालाब, गुफा, जंगल आदि इलाके में कर सकते हैं। कुटुमसर गुफा में कानी मछरी के आवास का अध्ययन जब गुफा के सभी जैविक व अजैविक घटकों के बीच के अंतर्संबंध के आधार पर किया जाएगा तो यह एक पारिस्थितिक तंत्र का अध्ययन कहलाएगा। एक बड़ा पारिस्थितिक तंत्र समुद्र है तो एक छोटा तंत्र कोशिका है। कोशिका में कई सूक्ष्म जीव जैसे जीवाणु, विषाणु आदि रहते हैं जिनका कोशिका के अंदर के वातावरण के कई अजैविक घटकों के साथ अंतर्संबंध है।

क्या आप जानते हैं?

पारिस्थितिक तंत्र की अवधारणा के पहले जीवों के बीच अंतःनिर्भरता की पहचान और पर्यावरण के साथ उनके संबंधों के वैज्ञानिक अध्ययन को पारिस्थितिकी (Ecology) कहा गया था। यूनानी भाषा में ईको (eco) का अर्थ है घर और लोगास (logos) का अर्थ है अध्ययन। वैज्ञानिक अर्नेस्ट हेकल ने 1866 में Ecology शब्द का प्रयोग प्रकृति को एक घर की व्यवस्था के रुप में समझाने के लिए किया। 1869 में उन्होंने और अधिक विस्तार से परिभाषा दी– पारिस्थितिकी पौधों और जन्तुओं का एक–दूसरे से तथा उनके वातावरण से संबंधों का अध्ययन है। जीव वैज्ञानिकों के द्वारा इन अंतर्संबंधों को समझने के लिए जीवों का जीवन चक्र, उनके प्रजनन संबंधी व्यवहार, परजीविता, शत्रुओं से बचाव के तरीके आदि से संबंधित अवलोकन व अध्ययन किए जाते रहे हैं।

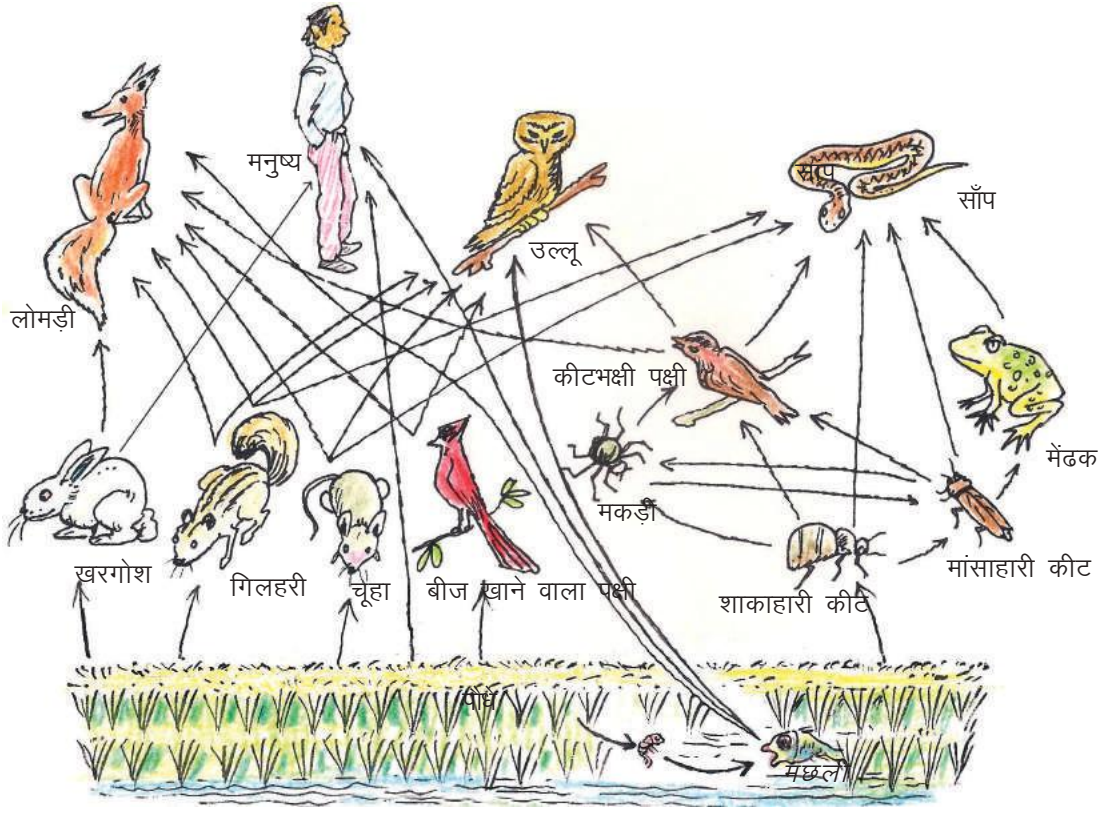
चलिए, एक पारिस्थितिक तंत्र के अध्ययन से अंतर्संबंधों को समझने का प्रयास करते हैं।

5.2.1 धान के खेत का पारिस्थितिक तंत्र (Ecosystem of a rice farm)

चित्र–3 : धान का खेत

हम जानते हैं कि अधिकतर खाद्य श्रृंखलाएं पौधे से ही शुरू होती हैं। पौधे प्रकाश संश्लेषण के द्वारा सौर ऊर्जा को, भोजन के रूप में, रासायनिक ऊर्जा में बदल सकते हैं। इसलिए पौधों को उत्पादक (producer) कहा जाता है। अध्याय 'जैविक क्रियाएं भाग–1' में आप इसके बारे में विस्तार से पढ़ेंगे। एक खाद्य श्रृंखला में उत्पादक को छोड़कर सभी जीव उपभोक्ता (consumer) हैं। किसी धान के खेत में प्रमुख उत्पादक धान के पौधे ही हैं। कई प्रकार के जीव धान के खेत में पनपते हैं जिनमें से कई खेत की मिट्टी में, तो कई खेत में भरे पानी में। कई धान के पौधे पर ही पनपते हैं तो कई समय–समय पर खेत में आते जाते रहते हैं। हमें यहाँ एक पूरा पारिस्थितिक तंत्र नज़र आता है। आइए, इसका अध्ययन करने का प्रयास करते हैं–

- आपने धान का खेत देखा होगा। अपने अनुभव व चित्र–3 को देखकर बताएँ कि धान के खेत में कौन–कौन से अजैविक घटक हैं?
- धान के खेत के खाद्य जाल का एक उदाहरण चित्र–4 में दिया गया है। अपने साथियों से चर्चा करके लिखिए कि अजैविक घटकों पर जीवों की क्या कोई निर्भरता है? कैसे?
- इस खाद्य जाल में कौन–कौन सी खाद्य श्रृंखलाएं हैं ? कोई 5 छाँटकर लिखिए।



चित्र–3 : खाद्य जाल

चित्र–3 में दी गई एक खाद्य श्रृंखला का विस्तृत अध्ययन करके जब 0.1 हेक्टेयर (1000 m^2) क्षेत्रफल में जीवों की संख्या का पता लगाया गया तो उनके बीच का संबन्ध कुछ इस प्रकार मिला –

100000 धान के पौधे → 1000 चूहे → 50 सांप → 5 बाज

इस उदाहरण के आधार पर साथियों से चर्चा करें और लिखें कि –

- उपरोक्त खाद्य श्रृंखला में कौन–कौन से जीव उपभोक्ता हैं ?
- एक चूहा कितने धान के पौधों पर निर्भर है?
- एक बाज कितने साँपों पर निर्भर है?
- यदि चूहों को खत्म कर दिया जाए तो इसका प्रभाव धान के पौधों पर, साँप और बाज पर किस प्रकार पड़ेगा?
- उपरोक्त सवाल का उत्तर, खाद्य जाल को ध्यान में रखकर देने का प्रयास किया जाए तो चूहे के खत्म होने का प्रभाव गिलहरी या शाकाहारी कीटों पर किस प्रकार पड़ेगा?

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र में जैव विविधता इतनी अधिक होती है कि खाने व खाए जाने के संबंध खाद्य श्रृंखला से नही बल्कि खाद्य जाल से पता लगाए जा सकते हैं। खाद्य श्रृंखला एवं खाद्य जाल में हम देखते हैं कि कुछ जीव पूर्ण रूप से पौधों पर तो कुछ अन्य जीवों पर निर्भर हैं अर्थात हमें पोषण के अलग–अलग स्तर नज़र आते हैं।

5.2.2 पारिस्थितिक तंत्र और पोषक स्तर (Ecosystem and trophic levels)

धान के खेत के खाद्य जाल में आपको कई खाद्य श्रृंखलाएं मिली होंगी। हमने यह भी देखा कि धान के पौधों (उत्पादकों) से खाद्य श्रृंखलाओं की शुरुआत हुई है। इन पौधों को खाने वाले जीव जैसे चिड़िया, कीड़े, चूहे, खरगोश और गिलहरी हैं। ये प्राथमिक उपभोक्ता हैं।

- इनको खाने वाले कौन–कौन से जीव हैं? ये जीव द्वितीय उपभोक्ता हैं।
- क्या इस खाद्य जाल में उपरोक्त जीवों को खाने वाले और जीव हैं ? ऐसे जीव तृतीय उपभोक्ता हैं।

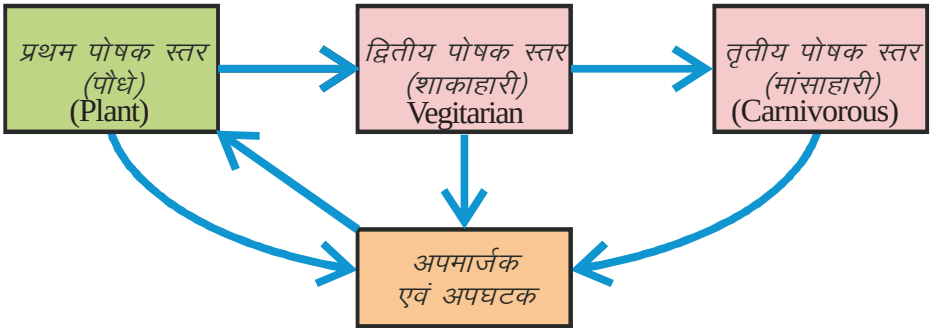
इस प्रकार के समूहों में जीवों के अध्ययन का सामान्य प्रस्तुतीकरण करने के लिए इन्हें किसी न किसी स्तर पर माना गया और उन सभी स्तरों को 'पोषक स्तर' कहा गया। जैसे–

उत्पादक (Producer)	–	प्रथम पोषक स्तर (First trophic level)
प्राथमिक उपभोक्ता (Primary consumer)	–	द्वितीय पोषक स्तर (Second trophic level)
द्वितीय उपभोक्ता (Secondary consumer)	–	तृतीय पोषक स्तर (Third trophic level)
तृतीय उपभोक्ता (Tertiary consumer)	–	चतुर्थ पोषक स्तर (Fourth trophic level)
चतुर्थ (अक्सर सर्वोच्च) उपभोक्ता (Quarternary(usually also top) consumer)	–	पंचम पोषक स्तर (Fifth trophic level)

अक्सर किसी एक पोषक स्तर के जीवों के समुदाय में भोजन, पानी इत्यादि संसाधनों के लिए प्रतिस्पर्धा रहती है। एक पोषक स्तर के जीवों के समुदाय की उससे पहले वाले पोषक स्तर के जीवों के समुदाय पर भोजन सम्बन्धी निर्भरता होती है। किसी पोषक स्तर के जीव समुदाय की अगले पोषक स्तर द्वारा संख्या पर नियंत्रण सम्बन्धी निर्भरता होती है।

पारिस्थितिक तंत्र में ऐसे जीव भी होते हैं जो अन्य जीवों के अपशिष्ट पदार्थों और मृत जीवों के शरीर से अपना भोजन प्राप्त करते हैं। ये अपमार्जक जैसे कौआ, तिलचट्टा आदि तथा अपघटक जैसे जीवाणु, कवक आदि होते हैं।

- इस समूह के जीवों को किस पोषक स्तर पर रखना चाहिए ?
- किस पोषक स्तर पर मनुष्य जैसे सर्वाहारी जीवों (जो पौधों एवं अन्य जीवों को खाते हैं) को रखना चाहिए?



चित्र–5 : पोषक स्तर और अपघटक (Trophic level and decomposers)

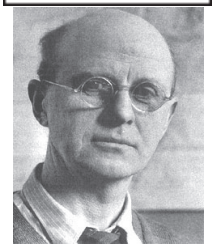
हम चित्र में देख सकते हैं कि हर पोषक स्तर पर अपघटक क्रिया करते हैं और अपघटित पदार्थों को प्रथम पोषक स्तर के लिए उपलब्ध कराते हैं।

पोषक स्तरों में जीवों के बीच निर्भरता, संसाधनों का वितरण, ऊर्जा का प्रवाह इत्यादि के मात्रात्मक अध्ययन के प्रस्तुतीकरण के लिए हम एक और प्रारूप 'पारिस्थितिक पिरामिड' की मदद लेते हैं। इससे अलग–अलग पारिस्थितिक तंत्रों का तुलनात्मक अध्ययन करना आसान हो जाता है।

5.3 *पारिस्थितिक पिरामिड* (Ecological Pyramid)

5.3.1 *जीव संख्या के पिरामिड* (Pyramid of numbers)

1927 में चार्ल्स एल्टन ने अपनी पुस्तक 'एनिमल इकोलॉजी' में पहली बार संख्या के पारिस्थितिक पिरामिड की बात की। उनका कहना था कि, ''किसी भी क्षेत्र के पारिस्थितिक तंत्र में खाद्य श्रृंखला के अंत में वही प्राणी होते हैं जो साल भर में कम से कम बच्चे पैदा करते हैं। साथ ही ऐसे प्राणियों या इनके परिवारों के लिए यह क्षेत्र उनका आवास होता है। अतः ऐसे क्षेत्र में खाद्य श्रृंखला के खाने व खाए जाने वाले प्राणियों की संख्या को पिरामिड के रूप में दर्शाया जा सकता है। पिरामिड के चौड़े आधार में ऐसे प्राणी होंगे जिनकी संख्या सबसे ज्यादा होगी तथा शीर्ष पर ऐसे जिनकी सबसे कम। ऐसे पिरामिड से जीवों की संख्या व भोजन की उपलब्धता को दर्शाया जा सकता है।'' एल्टन के विवरण में पिरामिड का चित्र नज़र नहीं आता परन्तु पिरामिड का प्रयोग व्यापक रूप से होता रहा है। अधिकाँश पिरामिड में आँकड़ों को अनुपातिक रूप से कभी भी दर्शाया नहीं जा सका।

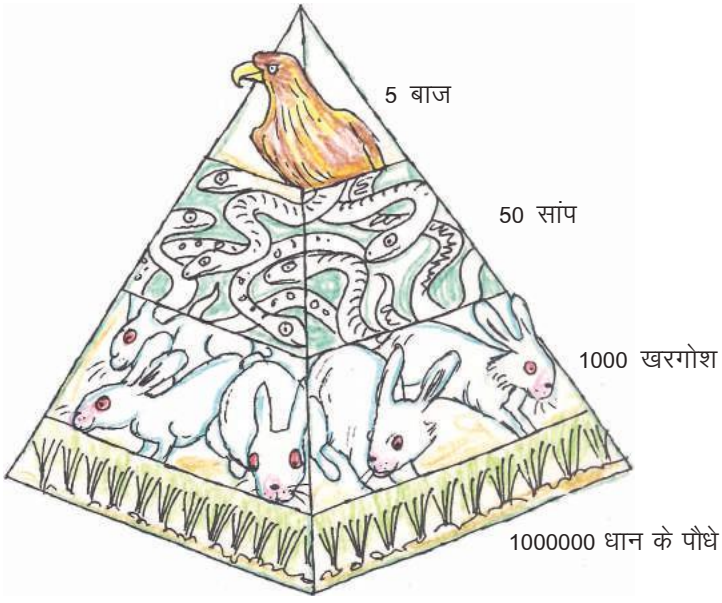


चित्र–6 : चार्ल्स एल्टन (1900–1991)

क्या आप जानते हैं?

आपने मिस्र के पिरामिडों के बारे में सुना होगा। पिरामिड एक ज्यामितीय संरचना है। इसका आधार चौड़ा है और शीर्ष एक बिन्दु। एक सामान्य पिरामिड में चार त्रिभुजाकार पृष्ठ होते हैं और उसका आधार वर्गाकार होता है।

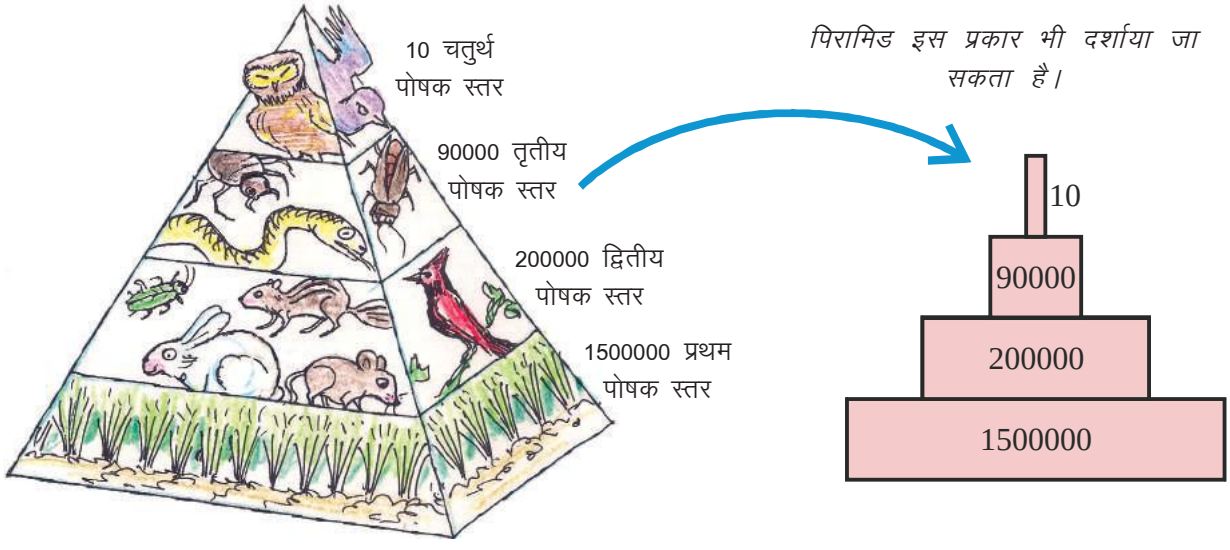
धान के खेत की खाद्य श्रृंखला के जीवों को संख्या के पिरामिड में इस प्रकार दर्शाया जा सकता है–



चित्र–7 (अ) : खाद्य श्रृंखला के जीवों की संख्या का पिरामिड (धान का खेत)

- क्रियाकलाप 1 में ज्ञात किए गए जीवों की संख्याओं को पोषक स्तर के अनुसार पिरामिड बनाकर दर्शाइए।

धान के खेत के पारिस्थितिक पिरामिड में पोषक स्तरों को चिन्हित करते हुए एक निश्चित समय पर यदि सभी जीवों की संख्या को दर्शाया जाता तो पिरामिड कुछ इस प्रकार दिखता–

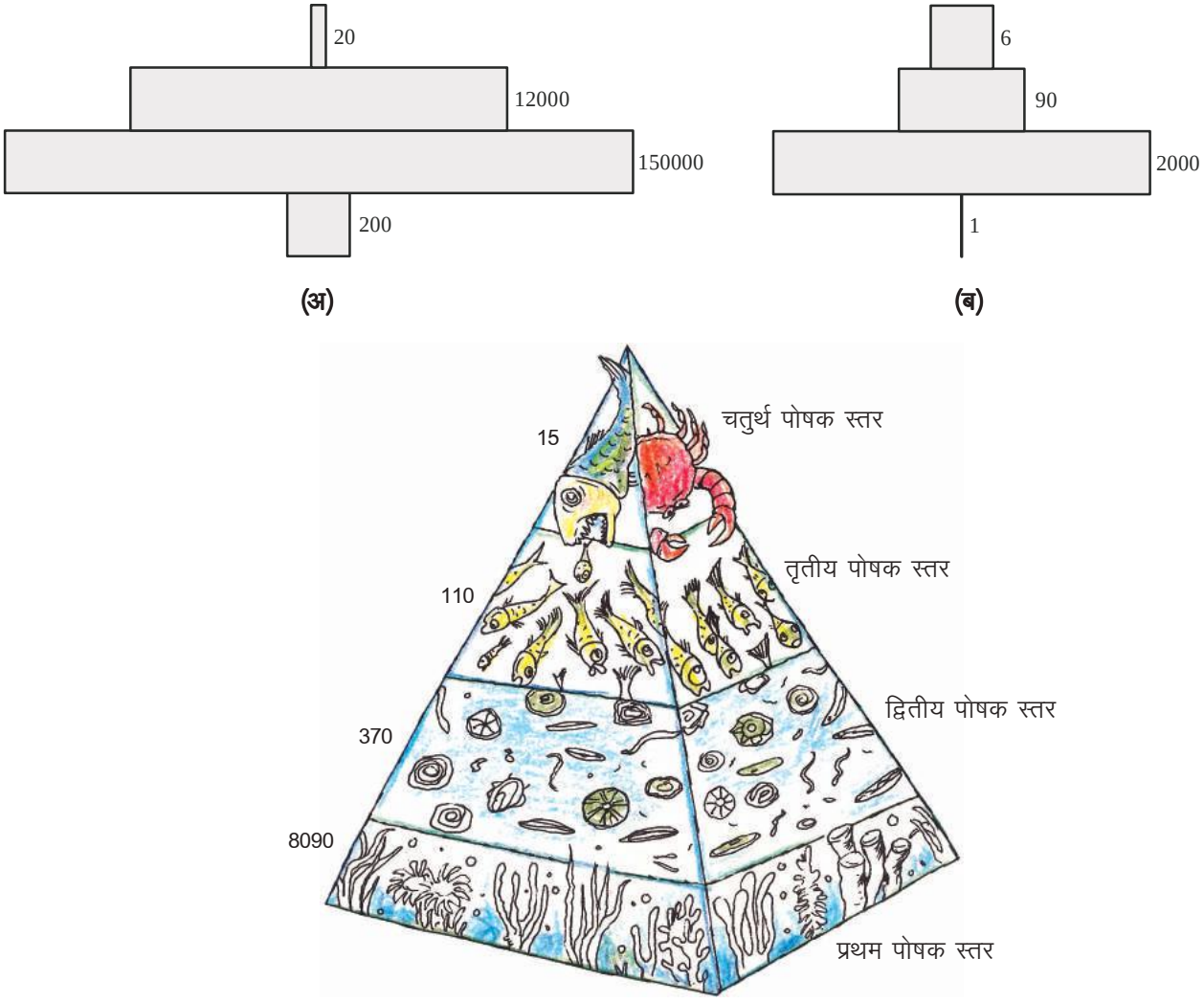


चित्र–7 (ब) : धान के खेत की जीव संख्या का पिरामिड

- धान की कटाई के पश्चात् इस पारिस्थितिक तंत्र के जीवों का क्या होगा?
- क्या तब भी हर स्तर पर इतने ही जीव बचेंगे?

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र की परिस्थितियाँ मानवीय हस्तक्षेप एवं प्राकृतिक परिघटनाओं से बदलती रहती है। धान की कटाई से कई जीव या तो मर जाते हैं या खेत के आस–पास के क्षेत्र में चले जाते हैं। जीवों के

संरक्षण के लिए जरूरी है कि पारिस्थितिक तंत्र की कुछ परिस्थितियों को बनाए रखने का प्रयास किया जाए। आपने आजकल सुना होगा कि खेत में एक से अधिक फसलों को उगाने की सलाह दी जाती है। हमारे देश मे कई जगह धान के साथ दलहन फसलों को उगाया जाता है। खेत में पेड़ों को उगाने एवं उसके आस–पास सिंचाई के पानी के स्रोत में मछली पालन करने की सलाह भी दी जाती है। इससे जैव विविधता को बनाए रखा जा सकता है और खेतों को प्रभावित करने वाले जीवों की संख्या प्राकृतिक रूप से नियंत्रित रहती है। इस प्रकार के प्रभाव को समझने के लिए संख्या के कुछ अन्य पारिस्थितिक पिरामिडों का अध्ययन करना होगा।



चित्र–8 : संख्या के पिरामिड (अ) जंगल (प्रति हेक्टेयर में) (ब) पेड़ (स) तालाब (प्रति हेक्टेयर में)

पेड़ या जंगल के पारिस्थितिक पिरामिड में हम देख सकते हैं कि प्राथमिक पोषक स्तर पर कम जीव हों तब भी अगले स्तरों पर कई जीव हैं।

- इस आधार पर धान के खेत के पारिस्थितिक पिरामिड और पेड़ के पिरामिड में एक अंतर लिखें।
- किसी जलीय पारिस्थितिक तंत्र का पिरामिड चित्र–8 (स) में दर्शाया गया है। जलीय जीवों की आबादी में इस प्रकार का सम्बन्ध धान के खेत में कब दिखता होगा?
- धान के खेत और जलीय पारिस्थितिक तंत्र की पिरामिडों में कोई एक अंतर और एक समानता लिखिए।

- यदि पिरामिड का आधार चौड़ा (चित्र–8 स) है तो इसका अर्थ क्या है ?
- उपरोक्त उदाहरणों में से किसी एक के अनुसार खाद्य जाल बनाइए।
- उपरोक्त उदाहरणों में कितने पोषक स्तर हैं?
- प्रथम पोषक स्तर के जीवों की कितनी संख्या पर द्वितीय पोषक स्तर का एक जीव निर्भर है, हर पिरामिड के लिए अलग–अलग निकालें।
- यदि पारिस्थितिक तंत्र में उत्पादकों की संख्या कम हो तो भी क्या अगले स्तर को पर्याप्त भोजन मिलेगा?

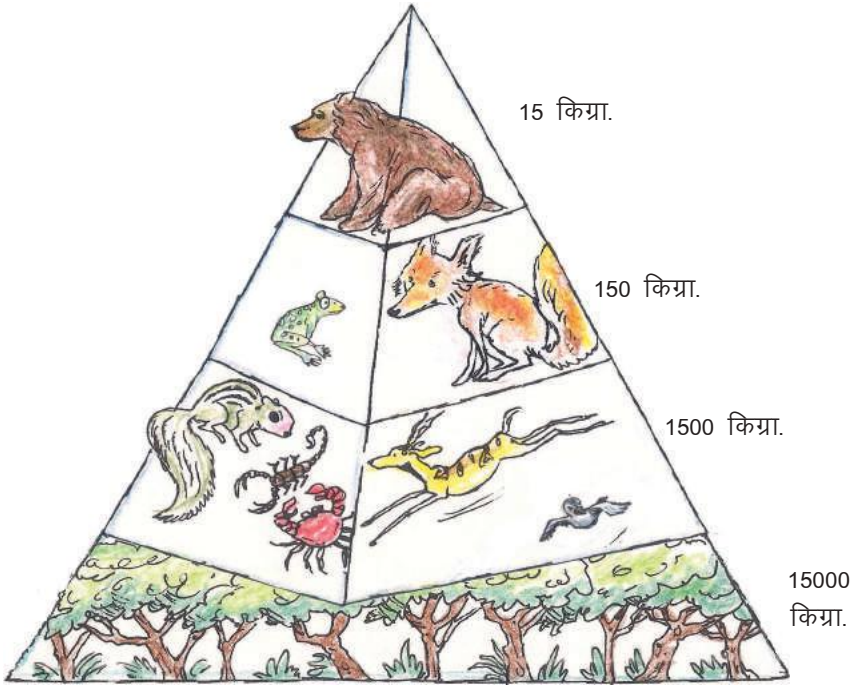
5.3.2 उत्पादकों की भूमिका एवं जीव भार (Role of Producers and Biomass)

किसी पौधे में सौर ऊर्जा से प्रकाश संश्लेषण द्वारा कार्बनिक यौगिकों का बनना एवं उनका संग्रह ही उस पौधे का प्राथमिक उत्पादन (primary production) है। प्रति इकाई जमीनी क्षेत्र के समूचे पौधों का किसी निश्चित समय पर लिया गया भार कुल प्राथमिक उत्पादन को दर्शाता है और यही किसी पारिस्थितिक तंत्र के उत्पादकों का सम्मिलित जीव भार (biomass) भी कहलाता है। ऐसे ही अन्य पोषक स्तरों के लिए भी जीव भार ज्ञात किया जाता है। किसी खाद्य श्रृंखला में एक स्तर का जीव भार, अगले स्तर के भोजन व ऊर्जा का स्रोत होता है। हर स्तर पर कितना भोजन उपलब्ध है, यह केवल जीवों की संख्या के पिरामिड से ही नहीं वरन् जीव भार के पिरामिड से भी पता चलता है।

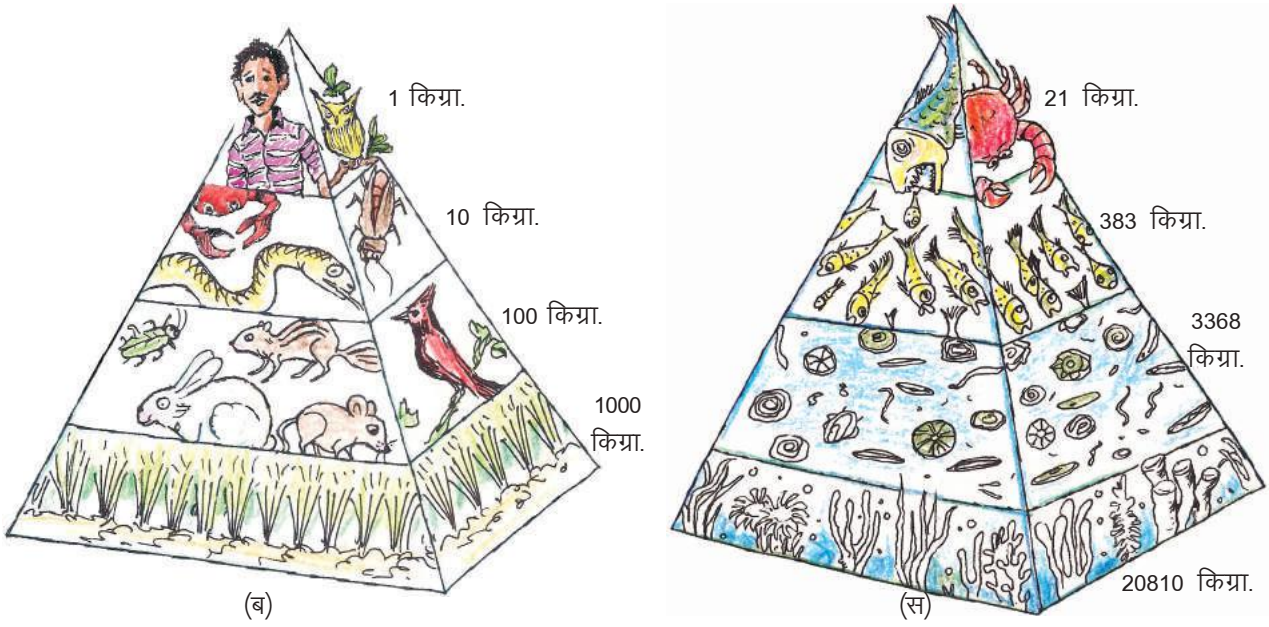
- धान के खेत और जंगल की संख्या के पारिस्थितिक पिरामिड अलग–अलग हैं। क्या उनके जीव भार के पिरामिडों में भी ऐसा ही अंतर होगा? सोचकर लिखें।

5.3.3 जीव भार के पिरामिड (Pyramid of Biomass)

कुछ पारिस्थितिक तंत्रों के जीव भार के पिरामिडों के उदाहरण इस प्रकार हैं–



(अ)



चित्र–9 : जीव भार के पिरामिड (जीव भार प्रति किग्रा./1000 वर्ग मीटर में)
(अ) जंगल (ब) धान के खेत या चरागाह (स) किसी जलीय पारिस्थितिक तंत्र में

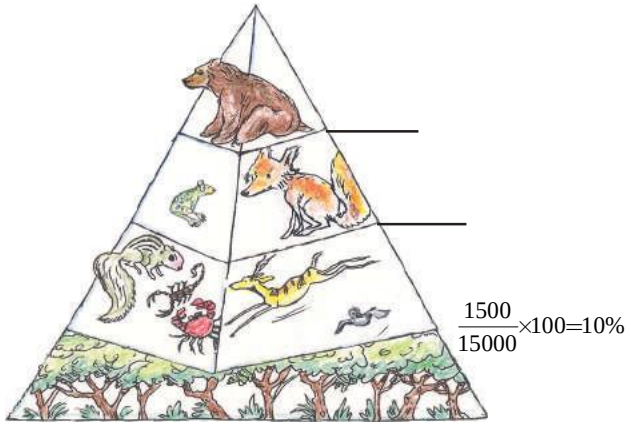
- चित्र–9 (ब) में दर्शाए गए जीव भार के पिरामिड में मनुष्य को क्या तृतीय या द्वितीय पोषक स्तर पर रखा जा सकता है? स्पष्ट करें।
- तीनों पारिस्थितिक तंत्र के जीव भार के पिरामिड में कोई दो समानता लिखें।
- क्या जंगल के जीव भार के पिरामिड के अनुसार उपभोक्ता के पहले स्तर के लिए पर्याप्त भोजन मिल रहा होगा?

  जीव भार का सीधा सम्बन्ध भोजन की उपलब्धता से है। हम जानते हैं कि हमें भोजन से ऊर्जा मिलती है।
- जीव भार के पिरामिड को देखकर अनुमान लगाएँ कि क्या द्वितीय पोषक स्तर को जितनी ऊर्जा मिल रही होगी, तृतीय या चतुर्थ पोषक स्तर को भी उतनी ही ऊर्जा मिल रही होगी?
- प्रथम पोषक स्तर से द्वितीय पोषक स्तर तक जीव भार कितना प्रतिशत घटा है? हर पिरामिड के लिए अलग–अलग ज्ञात करें।

5.3.4 पोषक स्तर के द्वारा ऊर्जा का प्रवाह
(Energy flow through trophic levels)

प्रत्येक पोषक स्तर को मिलने या दूसरे पोषक स्तर में जाने वाली ऊर्जा को ज्ञात करना बहुत मुश्किल है। अतः हम प्रायः जीवभार व प्राथमिक उत्पादन के आधार पर ही ऊर्जा के अनुमानित प्रवाह को दर्शाने का प्रयास करते हैं।

आइए, जीव भार के पिरामिड के आधार पर ही हर स्तर को मिलने वाली अनुमानित ऊर्जा के प्रतिशत को ज्ञात करने का प्रयास करें।



चित्र–10 : पोषक स्तरों में अनुमानित ऊर्जा का प्रतिशत

सामान्यतः पौधों में, प्राप्त होने वाली सौर ऊर्जा का लगभग 1 प्रतिशत भाग प्रकाश संश्लेषण द्वारा खाद्य पदार्थों की रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित होता है। इसके भी 10 प्रतिशत भाग पौधों को खाने वाले प्राथमिक उपभोक्ताओं को उपलब्ध होता है (अर्थात सौर ऊर्जा का 0.1 प्रतिशत)। प्राथमिक उपभोक्ताओं में खाए हुए भोजन का लगभग 10 प्रतिशत ही जैव भार में बदलता है जो अगले स्तर के उपभोक्ता को उपलब्ध हो पाता है (अर्थात ऊर्जा परिवर्तन की दक्षता लगभग 10% होती है)। ऊर्जा परिवर्तन की दक्षता अलग–अलग पारिस्थितिक तंत्रों में अलग होती है और 2 से लेकर 24 प्रतिशत तक के आँकड़े शोधकर्ताओं ने प्राप्त किये हैं। पौधों में प्रकाश संश्लेषण द्वारा सौर ऊर्जा का संग्रहण होता है (अध्याय–7 की मदद लें)। ऊर्जा की कुछ मात्रा जैविक क्रियाओं को चलाने में काम आती है तो कुछ जीव के शरीर से बाहर निकल जाती है। इस प्रकार अगले स्तर के उपभोक्ता के लिए ऊर्जा की बहुत कम मात्रा उपलब्ध हो पाती है अर्थात् लगभग सभी पारिस्थितिक तंत्रों के लिए ऊर्जा का पिरामिड सीधा होगा क्योंकि सबसे ज्यादा ऊर्जा उत्पादकों के स्तर पर ही होगी। इससे एक और बात स्पष्ट होती है कि पारिस्थितिक तंत्र कितना ही विविध क्यों न हो उनमें कुछ बुनियादी समानताएं हैं। ऊर्जा का प्रवाह ऐसी समानता को दर्शाता है।

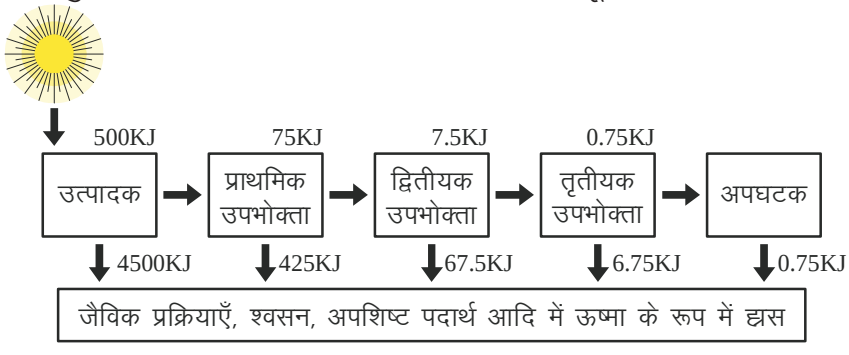
- सामान्यतः किसी खाद्य श्रृंखला में कितने पोषक स्तर होते हैं? ऐसा क्यों होता होगा?
- क्रियाकलाप–1 में अपने अवलोकन के आधार पर, आपने जो खाद्य श्रृंखला बनाई थी उसमें कितने पोषक स्तर थे?
- धान के खेत की खाद्य श्रृंखला में अधिकतम कितने पोषक स्तर हैं?
- यदि धान के खेत में उत्पादकों के स्तर के प्रति हेक्टेयर पर 5000 किलो कैलोरी ऊर्जा है, तो 0.5 किलो कैलोरी ऊर्जा तक खाद्य श्रृंखला में अधिकतम कितने स्तर होंगे? गणना कीजिए एवं पिरामिड बनाकर दर्शाइए (ध्यान रखें कि हर स्तर पर 10% ऊर्जा ही है)। क्या आपके द्वारा बनाई गई खाद्य श्रृंखला में भी इतने ही स्तर हैं?

कोई भी खाद्य श्रृंखला ऊर्जा के प्रवाह का एक मार्ग दर्शाती है। खाद्य जाल ऊर्जा के प्रवाह के कई मार्गों को दर्शाता है। खाद्य श्रृंखला एवं ऊर्जा के पिरामिड से स्पष्ट होता है कि ऊर्जा का प्रवाह एक ही दिशा में होता है, अर्थात् प्रथम स्तर को ही देखें तो पौधों द्वारा उपयोग में लाई गई ऊर्जा पुनः सौर ऊर्जा में परिवर्तित नहीं होती। पोषक स्तरों में ऊर्जा के प्रवाह को दर्शाने के लिए चित्र –11 की मदद ली जा सकती है।

सोचें और चर्चा करें कि–

- क्या हर पोषक स्तर पर ऊर्जा का ह्रास होता होगा?

  (याद कीजिए कि अध्याय–3 में आपने ऊर्जा के रूपान्तरण के बारे में अध्ययन किया था)
- चित्र–11 के अनुसार ऊर्जा के प्रवाह में अपघटकों की क्या भूमिका होती होगी?



चित्र–11 : पारिस्थितिक तंत्र मे अनुमानित ऊर्जा का प्रवाह

क्या आप जानते हैं?

अपघटित होने वाले पदार्थों से भी खाद्य श्रृंखला एवं खाद्य जाल शुरू हो सकता है। इसके एक उदाहरण के बारे में आपने कानी मछरी के आवास में जाना था। यहाँ एक खाद्य जाल का उदाहरण दिया गया है।

अपघटित होने वाला पदार्थ ऊर्जा का स्रोत *प्राथमिक उपभोक्ता* *द्वितीय उपभोक्ता*

समुद्र के तल पर जहां सूर्य की रोशनी नही पहुँच पाती वहाँ जीवाणुओं से शुरू होने वाला एक खाद्य जाल ऐसा भी है जहाँ ऊर्जा का स्रोत सूर्य नही बल्कि समुद्र के तल का रासायनिक पदार्थ युक्त अत्यधिक गरम पानी है। यह गरम पानी समुद्र के तल के ज्वालामुखियों के निकास से होकर निकलते रहता है जिससे पानी का तापमान लगभग 400°C तक पहुँच जाता है।

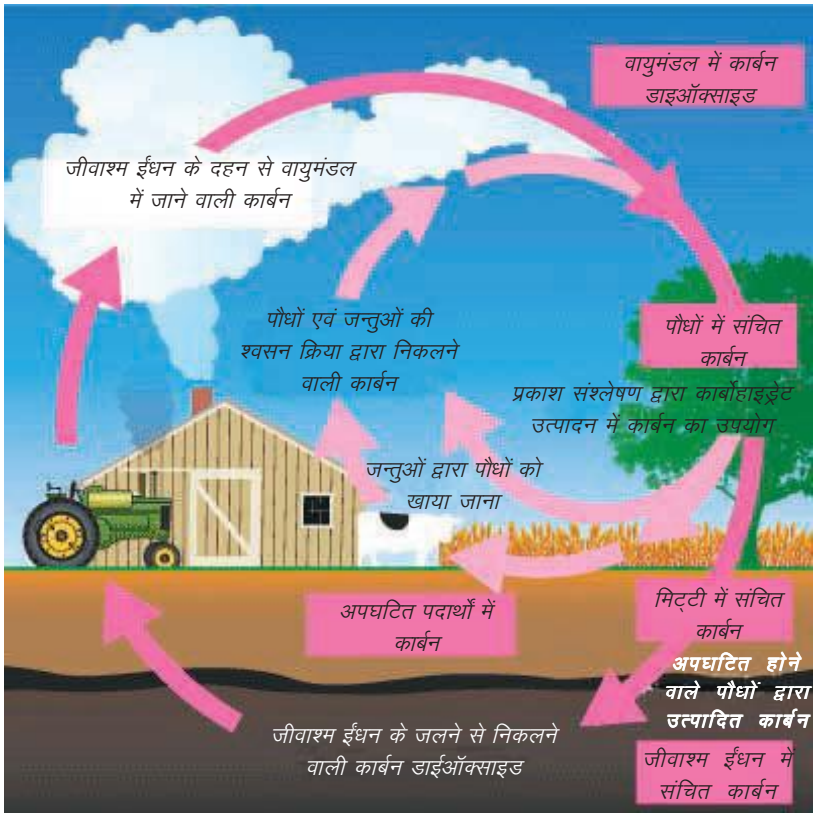
हमने देखा कि प्रत्येक पोषक स्तर से श्वसन तथा विभिन्न जैविक क्रियाओं के द्वारा ऊष्मा के रूप में ऊर्जा बाहर निकल जाती है, साथ ही अपशिष्ट पदार्थों के रूप में जीवों के शरीर से जो पदार्थ निकल जाते हैं, उनमें भी ऊर्जा होती है पर वह उस जीव के काम नहीं आती। इन पदार्थों का पर्यावरण में अन्य जीवों के भोजन या अन्य किसी रूप में चक्रीकरण होता रहता है। पर्यावरण के अजैविक घटकों एवं जीवों के अपशिष्ट पदार्थ एवं अवशेष में पाए जाने वाले पोषक तत्वों के चक्रीकरण का पोषक चक्रों के रूप में अध्ययन किया जाता है।

5.4 पोषक चक्र–पदार्थों का प्रवाह (Nutrient cycle-Flow of substances)

आपको मालूम ही है कि हमारी पृथ्वी पर सौ से अधिक तत्व पाए जाते हैं। ये तत्व पर्यावरण में ठोस, द्रव या गैस अवस्था में पाए जाते हैं। इनमें से कुछ तत्व जीवधारियों के शरीर निर्माण में काम आते हैं। किसी जीव के शरीर में इन्हीं तत्वों की रासायनिक क्रियाओं द्वारा विभिन्न प्रकार के पदार्थ जैसे– कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, वसा आदि का निर्माण होता है। इनका चक्रीकरण– कार्बन चक्र, नाइट्रोजन चक्र आदि के रूप में होता है।

सोचें और नोट करें–

- पृथ्वी पर कार्बन डाइऑक्साइड गैस कहाँ–कहाँ पाई जाती है?
- कार्बन डाइऑक्साइड गैस किन क्रियाओं से निकलती है?
- पौधों में कार्बनिक खाद्य पदार्थ किस प्रक्रिया के फलस्वरूप बनता है?
- पौधों से जन्तुओं के शरीर में यह खाद्य पदार्थ कैसे पहुँचते हैं?



चित्र–12 : कार्बन चक्र

- चित्र देखकर बताएँ कि वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड किन–किन स्रोतों से पहुँचता है?

प्रकृति में कार्बन का चक्र, कार्बन डाइऑक्साइड के गैसीय चक्र के रूप में चलता रहता है। हरे पौधे प्रकाश संश्लेषण क्रिया में वायुमंडल की कार्बन डाइऑक्साइड से जटिल खाद्य पदार्थ बनाते हैं। इन पदार्थों का कुछ भाग कोयला, चूना पत्थर आदि के निर्माण में व्यय हो जाता है। किन्तु इन सभी कार्बनिक पदार्थों के दहन से कार्बन डाइऑक्साइड पुनः वायुमंडल में चली जाती है। पौधों और जन्तुओं की श्वसन क्रिया द्वारा भी कार्बन डाईऑक्साइड वायुमंडल में चली जाती है। जब जन्तु पौधों को खाते हैं तब कार्बनिक पदार्थ जन्तुओं में पहुँचते हैं। अन्त में सूक्ष्म जीवों द्वारा मृत कार्बनिक पदार्थों के अपघटन से (पौधों और जन्तुओं के मृत शरीर एवं अंगों के सड़ने आदि से) कार्बन डाइऑक्साइड वायुमंडल में चली जाती है। इस प्रकार प्रकृति में कार्बन का एक चक्र चलता रहता है।

5.5 पारिस्थितिक तंत्र में मनुष्य का हस्तक्षेप (Human intervention in ecosystem)

किसी भी पारिस्थितिक तंत्र पर मनुष्य कई तरह से प्रभाव डालता है। कार्बन के चक्रीकरण को ही देखें तो जीवाश्म ईंधनों के अत्यधिक उपयोग से पर्यावरण में कार्बन के ऑक्साइडों की मात्रा बढ़ने लगी है। साथ ही हवा में कार्बन के कणों की मात्रा भी अधिक हो रही है।

सोचें, चर्चा करें और नोट करें–

- किन अजैविक घटकों पर मनुष्य का प्रतिकूल प्रभाव पड़ा है?
- किन जैविक घटकों को मनुष्य ने प्रभावित किया है?

HN25KB

धान के खेत के खाद्य जाल का उदहरण लें तो मनुष्य अपने फायदे के लिए दूसरे पोषक स्तर के कई जीवों को खत्म कर देता है।

- ऐसा करने पर उस पारिस्थितिक तंत्र पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- यदि धान के खेत की खाद्य श्रृंखला में किसी नई प्रजाति का जीव शामिल हो जाए तो क्या होगा?
- कीटनाशी दवाओं के प्रयोग से यदि हर धान के पौधे में 0.01 मिग्रा आर्सेनिक जमा हो जाता है तो 30 धान के पौधों में कितने मिग्रा आर्सेनिक जमा होगा ? अगर हर दिन आप लगभग 30 पौधों से प्राप्त दानों को खाते हैं, सोचिए कितना आर्सेनिक आपके शरीर में पहुँचता है?

हम जानते हैं कि नुकसान पहुँचाने वाले कीटों और सूक्ष्म जीवों से बचाने के लिए धान की तरह अन्य फसलों में भी विभिन्न कीटनाशी, कवकनाशी, शाकनाशी आदि दवाओं का उपयोग किया जाता है। इनमें से कुछ रसायनों का जल्दी अपघटन हो जाता है किन्तु कुछ लम्बे समय तक मिट्टी में पड़े रह जाते हैं, जो हानि पहुँचाने वाले जीवों को समाप्त करने के साथ–साथ मित्र जीवों और फसलों को भी नुकसान पहुँचाते हैं। कभी–कभी ये फसलों द्वारा अवशोषित होकर उन फसलों को खाने वाले मनुष्यों और पशुओं के शरीर में पहुँच जाते हैं और अनेक रोग भी उत्पन्न करते हैं।

क्या आप जानते हैं?

जलकुंभी तेज़ी से बढ़ने वाला एक जलीय पौधा है। सामान्यतः आप इसे अपने आस–पास के तालाबों और नदियों की ऊपरी सतह पर फैला हुआ देख सकते हैं। यह विदेश से लाया गया पौधा है जो जलीय पारिस्थितिक तंत्र के कई जीवों की आबादी पर विपरीत प्रभाव डालता है।

ऐसे कुछ रसायन जब लम्बे समय तक मिट्टी में पड़े रह जाते हैं तब मिट्टी के भौतिक एवं रासायनिक गुणों में परिवर्तन आ सकता है और फसल उत्पादन कम हो सकता है। ऐसी मिट्टी को फिर से उपजाऊ बनाना बहुत कठिन होता है। अतः पर्यावरण को हानि पहुँचाने वाले कृत्रिम तरीकों एवं रसायनों का उपयोग विशेषज्ञों की सलाह से, कम से कम किया जाना चाहिए ताकि हमारा पर्यावरण और हम सुरक्षित रह सकें।

- अपने घर या शाला के आसपास मनुष्य के हस्तक्षेप के कारण पर्यावरण को हो रहे नुकसान के अन्य उदाहरण के बारे में लिखें ।
- पर्यावरण को हानि से बचाने में आप की अपनी भूमिका क्या है? लिखें।

हमने सीखा

- किसी पर्यावरण के सभी जीव–जंतु एक–दूसरे पर और निर्जीव घटकों पर निर्भर रहते हैं।
- पारिस्थितिक तंत्र, वातारण के सभी जैविक और अजैविक घटकों के पूर्ण समन्वय से बनी व्यवस्था या तंत्र है।
- लगभग सभी पौधे, सौर ऊर्जा को प्रकाश संश्लेषण द्वारा अपने तथा कई अन्य जीवों के लिए खाद्य अर्थात् रासायनिक ऊर्जा के रुप में परिवर्तित करते हैं। अतः ये उत्पादक हैं।
- किसी पौधे में प्रकाश संश्लेषण द्वारा कार्बनिक यौगिकों का बनना एवं उनका संग्रह उस पौधे का प्राथमिक उत्पादन है।
- एक खाद्य श्रृंखला में उत्पादक को छोड़कर सभी जीव उपभोक्ता हैं।

- किसी पारिस्थितिक तंत्र में जीव भार, जीव संख्या तथा ऊर्जा संबन्धी आँकड़ों को पारिस्थितिक पिरामिडों के द्वारा दर्शाया जाता है।
- किसी पारिस्थितिक तंत्र के उत्पादकों का कुल प्राथमिक उत्पादन ही सम्मिलित जीव भार होता है।
- किसी पारिस्थितिक तंत्र में पौधे, प्राप्त हाने वाली सौर ऊर्जा का लगभग 1 प्रतिशत भाग प्रकाश संश्लेषण द्वारा खाद्य ऊर्जा के रुप में परिवर्तित करते हैं। पौधों को खाने वाले प्राथमिक उपभोक्ताओं में खाए हुए भोजन का लगभग 10 प्रतिशत ही जीव भार में बदलता है।
- जीवधारियों के शरीर निर्माण में काम आने वाले तत्वों का प्रकृति में चक्रीकरण होता रहता है।

मुख्य शब्द (Keywords)

पारिस्थितिकी, पारिस्थितिक तंत्र, स्तर, पारिस्थितिक पिरामिड, जीव भार, पोषक पदार्थों का चक्र

अभ्यास

1. सही विकल्प चुन कर लिखिए–

(i) आम के एक पेड़ पर लगभग 2234 कीड़े, 56 पक्षी और 3 साँप रहते हैं तो ऊर्जा का पिरामिड होगा–

(अ) सीधा (ब) उल्टा (स) आयताकार (द) निश्चित नहीं होगा

(ii) खुले, नम स्थान पर रखे ब्रेड के एक टुकड़े पर फफूंद उग आई। कुछ दिनों में उस पर कुछ कीड़े, मक्खियाँ आदि दिखाई देने लगे। इस खाद्य श्रृंखला में आखिरी पोषक स्तर पर है–

(अ) खाद्य पदार्थ (ब) ब्रेड (स) मक्खियाँ (द) इनमें से कोई नहीं

(iii) एक कीड़े के जीवन–चक्र में चार अवस्थाएं हैं– अंडा, लार्वा, प्यूपा व वयस्क। यदि उसकी अंडा, लार्वा व प्यूपा अवस्था किसी अन्य जीव के शरीर के अंदर पूरी होती है तो उसका जीवन–चक्र कितने पारिस्थितिक तंत्रों में पूरा होगा–

(अ) एक (ब) दो (स) तीन (द) चार

(iv) क्या होगा यदि किसी बड़े इलाके से सारी कीटभक्षी चिड़िया समाप्त कर दी जाएँ–

(अ) फसल उत्पादन बढ़ जाएगा

(ब) कीटों का प्रकोप बढ़ जाएगा

(स) दूसरे पक्षियों की संख्या बढ़ जाएगी

(द) कोई असर नहीं होगा

(v) एक गाय घास खाती है। उसका गोबर और उससे बने कंडे ईंधन के रूप में काम आते हैं। इस प्रक्रिया में बना धुआँ वायुमंडल में और अवशेष, राख आदि मिट्टी में मिला दिए जाते हैं, यह संपूर्ण प्रक्रिया है–

(अ) खाद्य श्रृंखला (ब) खाद्य जाल

(स) पदार्थों का चक्र (द) जीवन चक्र

(vi) एक तालाब के पारिस्थितिक तंत्र की खाद्य श्रृंखला का विस्तार जलीय पौधों, छोटी–बड़ी मछलियों से लेकर मनुष्यों तक है। यहां एक पोषक स्तर से अगले पोषक स्तर को प्राप्त होने वाली उर्जा–

(अ) कम होती जाएगी (ब) अधिक होती जाएगी

(स) समान बनी रहेगी (द) कभी कम, कभी अधिक होती रहेगी

(vii) किसी बगीचे के जीवों की गणना में 5567 घास के पौधे, 453 झाड़ियाँ, 23 पेड़ व 7769 जन्तु पाए गए। इस बगीचे का कुल प्राथमिक उत्पादन होगा–

(अ) बगीचे के समस्त जीवों का सम्मिलित जीव भार

(ब) बगीचे की समस्त वनस्पतियों का सम्मिलित जीव भार

(स) बगीचे के समस्त जन्तुओं का सम्मिलित जीव भार

(द) केवल घास के पौधों का सम्मिलित जीव भार

2. धान के भूसे पर एक प्रकार का फफूंद उगाया जाता है जिसे हम खाते हैं। क्या यह किसी खाद्य श्रृंखला को दर्शाता है? इसके लिए ऊर्जा का स्रोत क्या है?

3. किसी पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा कैसे प्रवाहित होती है? अपने शब्दों में समझाइए।

4. क्या होगा यदि पृथ्वी पर सजीवों के रूप में केवल मानव और वनस्पतियाँ ही रह जाए?

5. क्या होगा यदि किसी पारिस्थितिक तंत्र में ऊर्जा के प्राकृतिक प्रवाह में कोई बाधा आ जाए? उदाहरण सहित समझाइए।

6. अलग–अलग पोषक स्तर पर उपलब्ध ऊर्जा उस स्तर के जीवों की संख्या को कैसे प्रभावित करती है? संक्षेप में समझाइए।

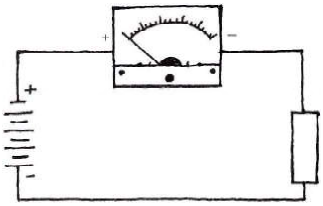
7. कोई ऐसा उदाहरण दीजिए जो मनुष्यों की क्रियाओं द्वारा पारिस्थितिक तंत्र में परिवर्तन को दर्शाता है।

नोट : अध्याय में अधिकाँश चित्रों में दिए गए आँकड़े केवल अध्ययन हेतु हैं, उन्हें रटने पर जोर न दिया जाए। साथ ही यह ध्यान दिया जाए कि एक पारिस्थितिक तंत्र दूसरे से बहुत भिन्न है, जैसे दो तालाबों के आँकड़े भी एक समान नहीं होंगे।

अध्याय–6

विद्युत धारा एवं परिपथ

(ELECTRIC CURRENT AND CIRCUIT)



पिछली कक्षाओं में आपने कुछ आसान विद्युत परिपथ बनाने सीखे हैं। क्या आप एक तार, एक बल्ब व एक बैटरी द्वारा पूर्ण परिपथ बना सकते हैं? आप इन सभी को कितने प्रकार से जोड़कर दिखा सकते हैं? ध्यान रहे कि आपको तार का केवल एक ही संयुक्त टुकड़ा उपयोग में लेना है।

इस अध्याय में हम विद्युत की कई अवधारणाओं के बारे में जानेंगे। आप जानते हैं कि विद्युत दो स्वरूपों में पाई जाती है, स्थिर विद्युत और धारा विद्युत। स्थिर विद्युत, विद्युत का वह स्वरुप है जिसमें विद्युत आवेश अपने स्थान पर स्थिर रहते हैं। परन्तु धारा विद्युत में विद्युत आवेश गतिशील होते हैं जिसके कारण विद्युत धारा उत्पन्न होती है। स्थिर विद्युत के बारे में हम पूर्व कक्षाओं में पढ़ चुके हैं। इस पाठ में हम धारा विद्युत के बारे में ही पढ़ेंगे।

6.1 *विद्युत धारा* (Electric Current)

आइए हम एक क्रियाकलाप की सहायता से विद्युत धारा की अवधारणा को समझने का प्रयास करें।

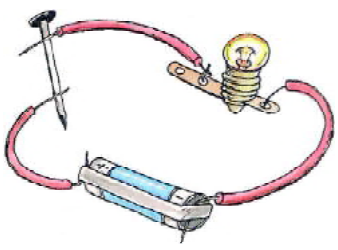
क्रियाकलाप–1

आवश्यक सामग्री : संयोजी तारें, लोहे की कील, लकड़ी की छड़ या पेन्सिल, एक विद्युत बल्ब और एक सेल।

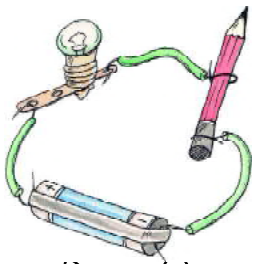
स्थिति–1 : चित्र–1 (अ) के अनुसार एक विद्युत परिपथ बनाएं। इसमें संयोजी तारों की मदद से एक सेल को एक कील व एक बल्ब के साथ जोड़कर परिपथ पूर्ण करें। परिपथ पूरा होने पर बल्ब का अवलोकन करें। क्या बल्ब जल उठता है?

स्थिति–2 : अब कील के स्थान पर परिपथ में एक पेन्सिल जोड़ें जैसा कि चित्र–1(ब) में दिखाया गया है। क्या परिपथ पूर्ण होने पर बल्ब जल उठता है? यदि नहीं तो क्यों?

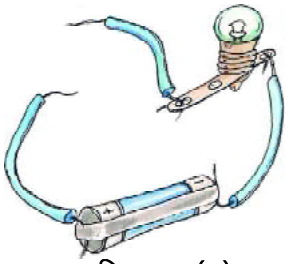
स्थिति–3 : परिपथ में दो संयोजी तारों के बीच चित्र–1(स) में दिखाए अनुसार, जगह छोड़ दें। अर्थात परिपथ टूटा हुआ छोड़ दें। क्या ऐसी स्थिति में बल्ब जलेगा?



चित्र–1 (अ)



चित्र–1 (ब)



चित्र–1 (स)

इसी प्रकार आप सिक्का, कांच की छड, कागज़, रबर आदि का उपयोग कर यह प्रयोग दोहरा सकते हैं।

हमने देखा कि जब परिपथ संयोजी तारों से जुड़ कर पूर्ण हो, अथवा उसमें चालक तारों के साथ ही कोई अन्य चालक वस्तु भी उपस्थित हो तब भी बल्ब जलने लगता है। अर्थात् ऐसी स्थिति में परिपथ में विद्युत आवेशों का प्रवाह बिना किसी रूकावट के होता है। परन्तु किसी विद्युतरोधी पदार्थ की उपस्थिति में, अथवा टूटे हुए परिपथ की स्थिति में आवेशों का प्रवाह रुक जाता है, और बल्ब नहीं जल पाता। ऊपर दिए गए प्रयोग में आपके द्वारा ली गई वस्तुओं को चालक व विद्युतरोधी की श्रेणी में बांटें।

हम कह सकते हैं की चालक वे पदार्थ होते हैं जिनमें से विद्युत धारा का प्रवाह हो पाता है, जबकि विद्युतरोधी अर्थात् कुचालक वे पदार्थ हैं जो विद्युत धारा का प्रवाह नहीं होने देते हैं। ध्यान रहे कि दरअसल प्रवाह विद्युतधारा का नहीं बल्कि विद्युत आवेशों का होता है, जिस कारण विद्युत की धारा उत्पन्न होती है। परन्तु सरलता के लिए हम विद्युत धारा का प्रवाह भी कहते हैं। यह उसी प्रकार है जिस प्रकार जल के बहाव के कारण जलधारा उत्पन्न होती है। यहाँ पर, जल की मात्रा, आवेशों की मात्रा के अनुरूप है। इस पाठ में हम विद्युत की कुछ अवधारणाओं को समझने के लिए इसी समरूपी परिस्थिति का उपयोग करेंगे। ध्यान रहे कि जिस प्रकार पानी या किसी पदार्थ के कण होते हैं, उस तरह बिजली के कण नहीं होते, क्योंकि बिजली/विद्युत कोई पदार्थ नहीं है। इसीलिए जिस प्रकार पानी के कटे हुए पाइप से पानी प्रवाह बाधित होता है, कटे हुए तार में से विद्युत का बहाव नहीं दिखता बल्कि बहाव रुक जाता है।

फ्रांसीसी वैज्ञानिक सर आंद्रे–मेरी एम्पीयर (1775–1836) को 'फादर ऑफ इलेक्ट्रोडाइनॉमिक्स' के नाम से जाना जाता है। इन्हीं के नाम पर एम्पीयर मात्रक का नाम पड़ा।

विद्युत धारा वह कुल आवेश (charge) है जो चालक के किसी अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल (cross section area) में से इकाई समय में गुज़रता है। आवेश का मात्रक कुलॉम्ब है। यदि 'Q' कुलॉम्ब आवेश किसी चालक से t सेकंड में प्रवाहित होता है तो उस चालक में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा का मान होगा,

विद्युत धारा, $I = Q / t$ ..... समी. (1)

विद्युत धारा का SI मात्रक एम्पीयर होता है जिसे 'A' द्वारा प्रदर्शित करते हैं। यह एक अदिश राशि है।

समी. (1) के अनुसार, हम कह सकते हैं कि जब एक चालक के अनुप्रस्थ काट में से 1 सेकंड में 1 कुलॉम्ब आवेश प्रवाहित होता है, तब उस चालक में से प्रवाहित विद्युत धारा की मात्रा 1 एम्पीयर कहलाती है।

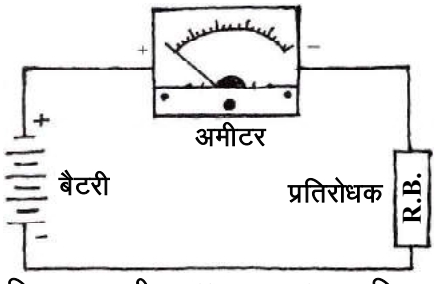
1 एम्पीयर = 1 कुलॉम्ब /1 सेकंड

कभी कभी एक छोटी इकाई मिली–एम्पीयर (mA) अथवा माइक्रो एम्पीयर (μA) का भी उपयोग किया जाता है।

$1\ mA = 1/1000\ A = 10^{-3}\ A$

$1\ \mu A = 1/1000000\ A = 10^{-6}\ A$

किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा का मापन अमीटर की मदद से किया जाता है। यह एक ऐसा उपकरण है जो विद्युत की मात्रा को दर्शाता है। अमीटर के धनात्मक सिरे को सेल के धनात्मक सिरे से, व ऋणात्मक सिरे को सेल के ऋणात्मक सिरे से जोड़ा जाता है। इस स्थिति में धारा का प्रवाह अमीटर के धनात्मक सिरे से ऋणात्मक सिरे की ओर होता है। अमीटर की प्रतिरोधकता बहुत कम होती है इसलिए अमीटर को परिपथ में हमेशा श्रेणी क्रम में ही संयोजित किया जाता है ताकि उसमें से अधिकतम धारा प्रवाहित हो।



चित्र–2 : अमीटर (Ammeter) का विद्युत परिपथ में श्रेणी क्रम में संयोजन।

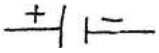
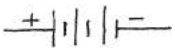
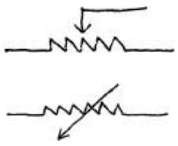
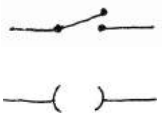
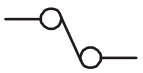
प्रश्न :

1. किसी विद्युत परिपथ में 0.4 A की विद्युत धारा 10 मिनट तक प्रवाहित होती है। विद्युत परिपथ से प्रवाहित विद्युत आवेश का परिमाण ज्ञात कीजिए।
2. विद्युत धारा के मात्रक की परिभाषा लिखिए।
3. क्या होगा विद्युत परिपथ में यदि अमीटर को समांतर क्रम में जोड़ा जाएगा?

6.2 विद्युत परिपथ के घटक

किसी विद्युत परिपथ में संयोजी तारें, विद्युत बल्ब, स्विच, अमीटर, वोल्टमीटर इत्यादि विद्युत घटक हो सकते हैं। हम किसी विद्युत परिपथ को सरलता के लिए विद्युत आरेख द्वारा दर्शा सकते हैं। जिसमें सभी घटकों को निम्न चिन्हों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है (सारणी–1)। इन सभी घटकों को इकठ्ठा करके इनके अलावा अन्य घटकों को भी सारणीबद्ध करने का प्रयास कीजिए।

सारणी–1 : विद्युत परिपथ के आरेख में प्रयुक्त चिन्ह

विद्युत घटक	चित्र	चिन्ह	विद्युत घटक	चित्र	चिन्ह
सेल			बैटरी		
संयोजी तार			प्रतिरोध		
संधि तार			परिवर्ती प्रतिरोध		
विद्युत बल्ब			अमीटर		
स्विच चालु			वोल्टमीटर		
स्विच बंद			फ्यूज		

प्रश्न :

1. क्या आप केवल विद्युत परिपथ में लगे तार को देखकर बता सकते हैं कि उस तार से विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है या नहीं? यदि नहीं तो आप किस तरह विद्युत धारा के प्रवाह को ज्ञात कर सकते हैं?

2. जब किसी व्यक्ति को विद्युत के सम्पर्क में आने पर बिजली के झटके लगते हैं तो उसे हटाने के लिए हम लकड़ी अथवा रबर की किसी वस्तु को उपयोग में क्यों लेते हैं?

6.3 विद्युत विभव एवं विभवान्तर (Electric potential and potential difference)

आपने अपने दैनिक जीवन में अनुभव किया है कि पानी का बहाव सदैव ही उच्च तल वाले बर्तन से निचले तल वाले बर्तन की ओर तब तक होता है जब तक की दोनों बर्तनों में पानी का तल समान न हो जाए। सामान्यतः पानी का यह प्रवाह दाबांतर के कारण ही होता है। और यह प्रवाह तब तक जारी रहता है जब तक दोनों बर्तनों में पानी का दाब समान न हो जाए। उपरोक्त घटना में उच्च दाब से निम्न दाब की ओर पानी प्रवाह स्वतः ही होता है।

इसी प्रकार विद्युत परिपथ में विद्युत आवेशों के प्रवाह के लिए विभवांतर (potential difference) होना आवश्यक है। परिपथ में विभवांतर के कारण ही आवेशों का प्रवाह अधिक विभव वाले सिरे से कम विभव वाले सिरे की ओर होता है। आवेशों के इस प्रवाह को विद्युत धारा कहते हैं। विद्युत विभवांतर को निरंतर बनाए रखने के लिए, हमें एक वोल्टेज स्रोत का उपयोग करना पड़ता है। बैटरी व सेल एक प्रकार के वोल्टेज स्रोत ही हैं।

विद्युत क्षेत्र (Electric Field)

आवेश का वह क्षेत्र जहाँ कोई अन्य आवेश रखने पर वह आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण बल का अनुभव करता है, विद्युत क्षेत्र कहलाता है। यदि कोई धन आवेश q किसी बिन्दु पर रखा हुआ है। तो इसके चारों ओर एक विद्युत क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। इस आवेश के निकट बिंदुओं पर विद्युत क्षेत्र अधिक तथा दूरी बढ़ने पर यह कम होता जाता है।

किसी विद्युत क्षेत्र में किसी बिन्दु पर एकांक धनावेश को रखने पर वह जितने बल का अनुभव करता है, वह उस बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता कहलाती है। इसे E से दर्शाते हैं। इसका मात्रक न्यूटन/कूलाम है। यदि q धनावेश रखने पर बल F है तो एकांक धनावेश पर बल $= \frac{F}{q}$ होगा

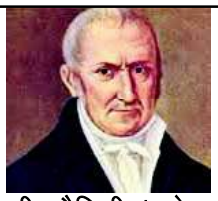
विद्युत क्षेत्र की तीव्रता $E = \frac{F}{q}$

विद्युत क्षेत्र में किसी बिन्दु P पर विद्युत विभव उस कार्य के बराबर होगा जो इकाई धन आवेश को अनंत से विद्युत क्षेत्र के उस बिन्दु पर लाने में करना पड़ेगा।

यदि q आवेश को अनंत से विद्युत क्षेत्र के किसी बिंदु तक लाने में W कार्य करना पड़ता है। तो इकाई आवेश को अनंत से विद्युत क्षेत्र के उस बिन्दु तक लाने में किया गया कार्य

$$\text{विभव } (V) = \frac{W}{q} = \frac{\text{कार्य}}{\text{आवेश}} \quad \text{..... समी. (2)}$$

S.I. पद्धति में विभव का मात्रक जूल/कूलॉम = वोल्ट होगा।



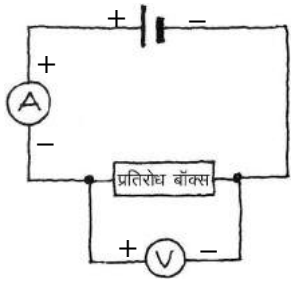
इतालवी भौतिकी 'अलेसान्द्रो वोल्टा' के नाम पर ही विद्युत विभव के मात्रक का नाम पड़ा।

इसी प्रकार दो बिन्दुओं के बीच का विद्युत विभवान्तर, कार्य की वह मात्रा है, जो किसी धनात्मक आवेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु पर ले जाने के लिए किया जाता है।

किसी विद्युत परिपथ में दो बिन्दुओं के बीच के विभवान्तर का मापन एक उपकरण 'वोल्टमीटर' द्वारा किया जाता है। वोल्टमीटर के धनात्मक सिरे को अमीटर की ही तरह सेल के धनात्मक सिरे से व ऋणात्मक सिरे को सेल के ऋणात्मक सिरे से समानांतर क्रम में जोड़ा जाता है।

विद्युत विभवांतर का मात्रक भी वोल्ट होता है। इसे 'V' द्वारा दर्शाया जाता है।

हम जानते हैं कि बैटरी अथवा सेल के धनात्मक सिरे का विभव ऋणात्मक सिरे के विभव की तुलना में अधिक होता है। अर्थात, जब हम किसी विद्युत परिपथ में धनात्मक सिरे से ऋणात्मक सिरे की ओर जाते हैं तो विभव का मान कम होने लगता है जिसे विभव पतन (voltage drop) कहते हैं।



चित्र–3 : परिपथ में वोल्टमीटर (voltmeter) का संयोजन

प्रश्न :–10V विभवान्तर के दो बिन्दुओं के बीच 2 कूलाम्ब आवेश को ले जाने में कितना कार्य किया जाएगा।

6.3.1 ओम का नियम (Ohm's Law)

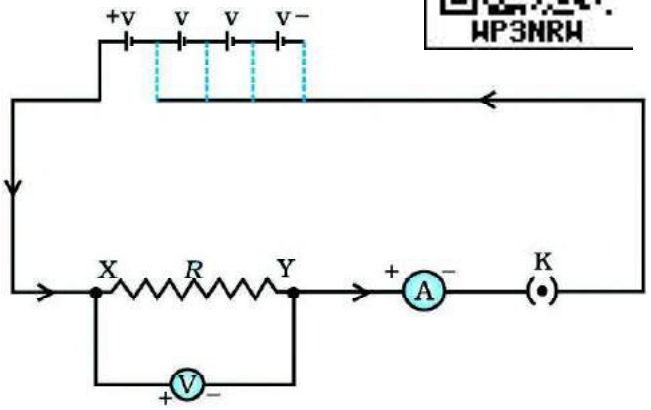
जॉर्ज साईमन ओम

सन् 1827 में भौतिक वैज्ञानिक 'जॉर्ज साईमन ओम' ने किसी विद्युत परिपथ में विभवांतर, विद्युत प्रतिरोध और प्रवाहित विद्युत धारा के बीच में सम्बन्ध स्थापित किया था। इस सम्बन्ध को समझने के लिए हम नीचे दिया क्रियाकलाप करेंगे।

HP3NRH

क्रियाकलाप–2

चित्र में दिखाए अनुसार एक परिपथ तैयार कीजिए। इस परिपथ के लिए एक 0.5 मीटर का नाइक्रोम का तार XY, एक अमीटर, एक वोल्टमीटर, चार विद्युत सेल जिनका विभव 1.5 वोल्ट हो, की आवश्यकता है।



चित्र–4 : ओम के नियम का परिपथ

सबसे पहले परिपथ में हम केवल एक सेल का उपयोग करेंगे। परिपथ में XY से प्रवाहित होने वाली विद्युतधारा के पाठ्यांक I के लिए अमीटर और तार के सिरों के बीच विभवांतर V के पाठ्यांक के लिए वोल्टमीटर का प्रयोग करेंगे।

इसके पश्चात् परिपथ में दो सेल जोड़िए और इसी प्रकार XY में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा तथा इसके बीच के विभवांतर का मान ज्ञात कीजिए।

इसी प्रकार तीन सेल, फिर चार सेल का परिपथ में उपयोग कर XY में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा तथा XY के बीच के विभवांतर का मान भी सारणी–2 में भरिए।

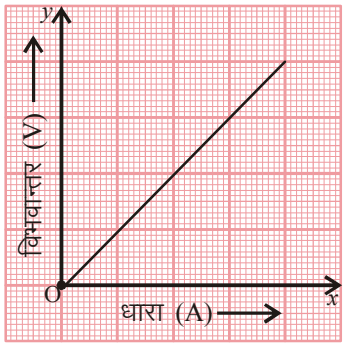
विभवांतर V तथा विद्युत धारा I के प्रत्येक युगल के लिए V/I का मान क्या होगा?

V तथा I के बीच ग्राफ खींचिए तथा इस ग्राफ की प्रकृति का प्रेक्षण कीजिए।

सारणी–2

क्र.	परिपथ में जुड़े सेलों की संख्या	नाइक्रोम तार से प्रवाहित विद्युत धारा (I)	नाइक्रोम तार के सिरों का विभवांतर (V)	V/I वोल्ट
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			

इस क्रियाकलाप में आप पाएंगे कि V/I का मान लगभग समान ही रहता है। इस प्रकार V, I ग्राफ चित्र में दिखाए अनुसार मूल बिंदू से गुज़रने वाली एक सरल रेखा होती है। अर्थात् V/I एक नियत अनुपात है। चालक तार के सिरों के बीच विभवान्तर V चालक में प्रवाहित विद्युत धारा के समानुपाती होती है। इसे ओम का नियम कहते हैं।



ग्राफ–1

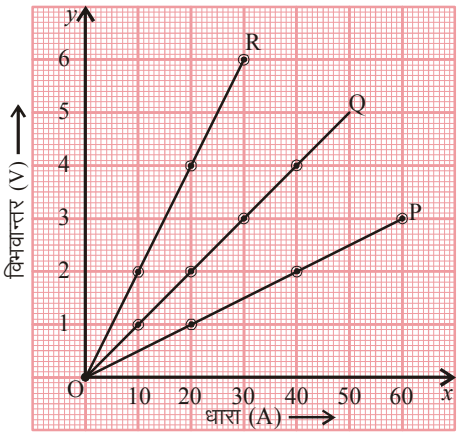
अतः $V \propto I$

$V = RI$ (जहाँ R एक नियतांक है।)

अथवा, $R = V/I$ या $I = V/R$ .....समी.(3)

यहाँ R एक नियतांक है जिसे तार का प्रतिरोध कहते हैं प्रतिरोध का SI मात्रक ओम (Ω) है। समी. (3) से, यदि किसी चालक के दोनों सिरों के बीच का विभवांतर 1 V है तथा उससे 1 A विद्युत धारा प्रवाहित होती है तब उस चालक का प्रतिरोध R, 1Ω होता है। $1 \text{ ओम} = \frac{1 \text{ वोल्ट}}{1 \text{ एम्पियर}}$

समीकरण (3) से स्पष्ट है कि किसी प्रतिरोधक से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा उसके प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती होती है। समान विभवांतर पर यदि प्रतिरोध दोगुना हो जाए तो विद्युत धारा आधी रह जाती है। व्यवहार में कई बार किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा को घटाना अथवा बढ़ाना आवश्यक हो जाता है। स्रोत की वोल्टता में बिना कोई परिवर्तन किए परिपथ की विद्युत धारा को नियंत्रित करने के लिए उपयोग किए जाने वाले अवयव को **परिवर्ती प्रतिरोध** (variable resistance) कहते हैं। इस युक्ति को धारा नियंत्रक (rheostat) भी कहते हैं।



ग्राफ–2

प्रश्नः प्रतिरोधक P,Q,R, के लिए विभव और धारा के बीच खींचा गया ग्राफ, ग्राफ–2 में प्रदर्शित है। इनके प्रतिरोधों को ज्ञात कीजिए। इनमें क्या अनुपात है, अर्थात् P : Q : R क्या होगा?

6.4 *धारा प्रतिरोध व चालकता* (Resistance and Conductance)

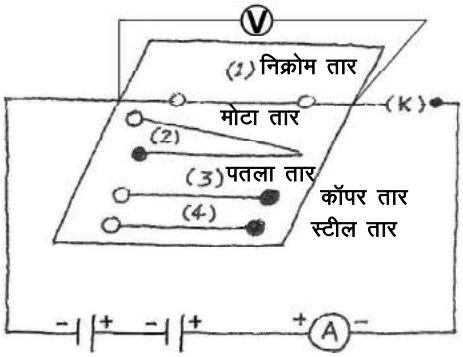
सामान्यतः आपने देखा होगा कि घरों के विद्युत परिपथ में कहीं मोटे तार का उपयोग होता है तो कहीं पतले तार का, ऐसा क्यों करते हैं? आप अनुमान लगा सकते हैं कि किसी विद्युत परिपथ में बहने वाली धारा केवल विद्युत विभव पर ही नहीं परन्तु परिपथ में उपस्थित धारा प्रतिरोध पर भी निर्भर करती है। समान मोटाई के लम्बे तार का प्रतिरोध छोटे तार की अपेक्षा अधिक होता है तथा समान लम्बाई के मोटे तार का प्रतिरोध पतले तार की अपेक्षा कम होता है। इसलिए परिपथ में मोटे एवं कम लम्बाई के तार से धारा का प्रवाह आसानी से होता है। अतः घरों के विद्युत परिपथ में प्रयोग में लाने वाले तार की लम्बाई एवं मोटाई पर विशेष ध्यान दिया जाता है।

किसी चालक में विद्युत प्रतिरोध, निम्न अवयवों पर निर्भर करता है।

- चालक की लम्बाई l के समानुपाती होती है।
- चालक के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल A के व्युत्क्रमानुपाती होती है।
- चालक के पदार्थ की प्रकृति पर, और
- चालक के ताप पर

क्रियाकलाप–3

चालक की लम्बाई पर



चित्र–5 : चालक के प्रतिरोध का अध्ययन

- 100 सेमी. लम्बा एक पतला नाइक्रोम का तार लें।
- तार के दोनों सिरों को विद्युत माउंट में लगाएँ। ध्यान रहे कि तार कसा हुआ हो और उसमें कहीं ऐंठन न बने।
- अब इसे श्रेणी क्रम में लगी 2V वाली दो सेल, एक अमीटर और एक वोल्टमीटर के साथ चित्रानुसार जोड़कर एक परिपथ बनाएं।
- परिपथ पूर्ण होने पर इस तार से प्रवाहित हो रही विद्युत धारा और इसके दोनों सिरों के बीच के विद्युत विभव का मान सारणी क्र.–3 (अ) में भरें।
- अब ऊपर दी गई प्रक्रिया को माउंट का उपयोग कर तार की लम्बाई 80 सेमी., 60 सेमी., 40 सेमी. और 20 सेमी. करके सारणी क्र.–3 (अ) भरें।

सारणी–3

	तार की लम्बाई (*l*)	**विद्युत धारा (I)**	**विद्युत विभव (V)**	**प्रतिरोध (V/I)**
3 (अ)	100 cm			
	80 cm			
	60 cm			
	40 cm			
	20 cm			
3 (ब)	**अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल**			
	पतला तार (100 cm)			
	मोटा तार (100 cm)			
3 (स)	**तार का पदार्थ**			
	नाइक्रोम (100 cm)			
	कॉपर (100 cm)			
	स्टील (100 cm)			

प्रतिरोध व तार की लम्बाई के बीच ग्राफ बनाकर इन दोनों के बीच सम्बन्ध स्थापित कीजिये।

क्या आपने पाया कि R, l के अनुक्रमानुपाती है?

चालक तार के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर

- 100 सेमी. या समान लम्बाई वाले नाइक्रोम के दो अलग अलग मोटाई वाले तार लें।
- एक एक करके तार को माउंट पर कसकर बांधे और तार से प्रवाहित विद्युत धारा व तार के दोनों सिरों के बीच के विभवान्तर का मान सारणी क्रमांक–3 (ब) में भरें।
- तार की मोटाई और प्रतिरोध के बीच में सम्बन्ध स्थापित करें।
- ध्यान रखें कि मोटे तार का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल पतले तार की तुलना में अधिक होगा। इसीलिए ज़्यादा अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के तार में पतले तार की तुलना में प्रतिरोध कम होगा या अधिक? आपने क्या पाया?

चालक तार के पदार्थ की प्रकृति पर

- नाइक्रोम, कॉपर, स्टील के समान लम्बाई व मोटाई के तार लें।
- एक एक करके परिपथ में जोड़ें और सारणी–3 (स) भरें।
- किस तार का प्रतिरोध सबसे अधिक है व किस तार का सबसे कम?

प्रायोगिक कार्य करने के पश्चात् आप पाएंगे कि,

प्रतिरोध $R \propto l$ ..... (1)

$R \propto \frac{1}{A}$ ..... (2) (मोटे तार के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल पतले तार से अधिक होगा)

(1) व (2) से,

$R \propto l/A$ ..... (3)

अथवा $R = \rho\, l/A$ ..... समी. (4)

यहाँ ρ (रो) अनुपातिक स्थिरांक है जिसे चालक की विद्युत **'प्रतिरोधकता'** (resistivity) कहते हैं। प्रतिरोधकता का SI मात्रक ओम–मीटर (Ωm) है। यह किसी पदार्थ का अभिलाक्षणिक गुणधर्म होता है। धातुओं तथा मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता अत्यंत कम होती है, जिसका परिसर $10^{-8}\,\Omega m$ से $10^{-6}\,\Omega m$ है। इसीलिए ये विद्युत के अच्छे चालक होते हैं। शुद्ध धातुओं की प्रतिरोधकता ताप वृद्धि पर बढ़ जाती है और ताप कम होने पर कम हो जाती है। परन्तु मिश्रधातुओं, जैसे नाइक्रोम, मेगनीन आदि की प्रतिरोधकता ताप पर निर्भर करती है। यही कारण है कि मिश्र धातुओं का उपयोग विद्युत इस्तरी, टोस्टर आदि सामान्य विद्युत तापन युक्तियों के निर्माण में किया जाता है। विद्युत बल्बों के तंतुओं के निर्माण में एकमात्र टंगस्टन धातु का ही उपयोग किया जाता है। इसका प्रतिरोध एवं गलनांक उच्च होता है। कॉपर तथा ऐल्युमिनियम का उपयोग विद्युत संचरण के लिए उपयोग होने वाले तारों के निर्माण में किया जाता है।

किसी पदार्थ की विद्युत प्रतिरोधकता उसकी लम्बाई व अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करती, केवल पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है। यदि हम ऐसा तार लें जिसकी लम्बाई एकांक हो तथा जिसका अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल भी एकांक हो।

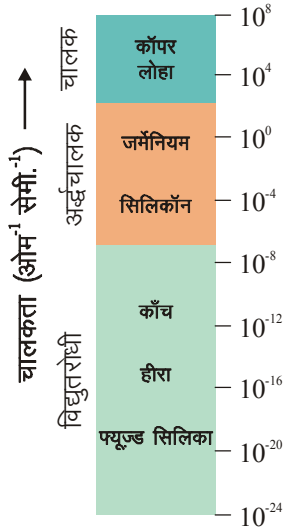
तब, प्रतिरोध $R = \rho \frac{l}{A}$

चूंकि $l = 1, A = 1$

$R = \rho$

अतः एकांक लम्बाई तथा एकांक अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले तार का प्रतिरोध ही उस तार की प्रतिरोधकता कहलाता है।

विद्युत प्रतिरोधकता किसी वस्तु की चालकता के व्युत्क्रमानुपाती होती है। जिन पदार्थों की प्रतिरोधकता कम होती है, अच्छे चालक होते हैं। जबकि अधिक प्रतिरोधकता वाले पदार्थ विद्युतरोधी होते हैं। कोई भी पदार्थ पूर्ण रूप से शुद्ध चालक अथवा विद्युतरोधी नहीं होता है। बढ़ती चालकता व घटती प्रतिरोधकता के आधार पर पदार्थों को निम्न क्रम में दर्शाया जा सकता है। चित्र–6 देखें।



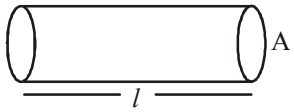
चित्र–6 : पदार्थों की चालकता का बढ़ता क्रम

उदाहरण–1 : यदि 8Ω प्रतिरोध वाले किसी तार को पिघला कर एक ऐसा तार बनाया जाए जिसका क्षेत्रफल पहले से दुगुना हो तो इस नये तार का प्रतिरोध कितना होगा?

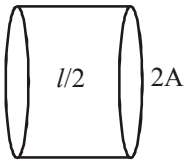
हल : दिया गया है $R = 8\Omega$

जब तार की मोटाई दुगुनी कर दी जाती है तो धातु का आयतन (V) निर्धारित होने के कारण उसकी लम्बाई आधी रह जाती है। तथा तार के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल दुगुना हो जाता है। जैसा कि हम जानते हैं कि–

$$\text{प्रतिरोध} = \text{प्रतिरोधकता} \times \frac{\text{तार की लम्बाई}}{\text{तार का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल}}$$



$$R = p\frac{l}{A}, \qquad R_{\text{नया}} = \rho\frac{\text{आधी लंबाई}}{\text{दुगुना अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल}} = \rho\frac{l/2}{2A}$$



$$\frac{R_{\text{नया}}}{R} = \left[p\frac{l/2}{2A}\right] / \left[p\frac{l}{A}\right] = \frac{1}{4}$$

अतः $R_{\text{नया}} = \frac{R}{4} = \frac{8\Omega}{4} = 2\Omega$

अतः तार का नया प्रतिरोध 2Ω है।

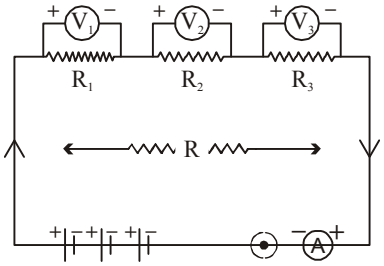
6.5 *प्रतिरोधों का संयोजन* (Combination of Resistance)

जैसा कि हमने पढ़ा है कि विद्युत धारा के प्रवाह के लिए एक पूर्ण परिपथ की आवश्यकता होती है जिसमें बहुत सारे विद्युत घटक उपस्थित होते हैं। जैसे प्रतिरोधक, विद्युत बल्ब, सेल, संयोजी तारें आदि। जब किसी परिपथ में विद्युत धारा को नियंत्रित करने के लिए एक से अधिक प्रतिरोध का इस्तेमाल किया जाता है तब प्रतिरोधों को परिपथ में निम्न दो प्रकार से संयोजित किया जा सकता है।

1. श्रेणी क्रम संयोजन 2. समानांतर क्रम संयोजन

6.5.1 *श्रेणी क्रम संयोजन* (Series Combination)

जब किसी विद्युत परिपथ में पहले प्रतिरोध का दूसरा सिरा, दूसरे प्रतिरोध के पहले सिरे से जोड़ देते हैं और दूसरे प्रतिरोध का दूसरा सिरा तीसरे प्रतिरोध के पहले सिरे से जोड़ देते हैं। तो ऐसे संयोजन को श्रेणीक्रम संयोजन कहते हैं। इस क्रम को हम आवश्यकता अनुसार बढ़ा सकते हैं। इस प्रकार पहले प्रतिरोध के पहले सिरे एवं अंतिम प्रतिरोध के दूसरे सिरे के मध्य आवश्यकता अनुसार सेल, स्विच एवं धारामापी जोड़ देते हैं।



चित्र–7 : श्रेणीक्रम में संयोजन

दिए गए चित्र में तीन प्रतिरोध R_1, R_2 व R_3 श्रेणी क्रम में जोड़े गए हैं। यदि कोई अकेला प्रतिरोध इन सभी प्रतिरोधों के संयोजन को इस प्रकार प्रतिस्थापित कर दे कि परिपथ में धारा का मान अपरिवर्तित रहे तो इस अकेले प्रतिरोध को तुल्य अथवा परिणामी प्रतिरोध कहते हैं।

यदि ऊपर दर्शाए चित्र–7 में विद्युत परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा I है तो समान विद्युत धारा I प्रत्येक प्रतिरोध में से प्रवाहित होगी। जैसा कि हम जानते हैं कि किसी विद्युत परिपथ में प्रत्येक बिन्दुओं के बीच का विभवांतर अलग–अलग होता है इसलिए प्रत्येक प्रतिरोध जो श्रेणीक्रम में जुड़े हैं उनका विभवांतर भी अलग–अलग

होगा। यदि प्रतिरोध R_1 का विभवांतर V_1 है, प्रतिरोध R_2 का विभवांतर V_2 है, प्रतिरोध R_3 का विभवांतर V_3 है, तो ओम के नियम के अनुसार

$V = IR$

अतः $V_1 = IR_1, V_2 = IR_2, V_3 = IR_3$ .....(i)

परन्तु श्रेणीक्रम में कुल विभवांतर प्रत्येक प्रतिरोध के विभवांतर का जोड़ होता है।

$V = V_1 + V_2 + V_3$.....(ii)

ऊपर दिए गए समीकरणों (i) और (ii) द्वारा

$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$

$R = R_1 + R_2 + R_3$

अर्थात् श्रेणीक्रम में जुड़े दो या उससे अधिक प्रतिरोधों का परिणामी प्रतिरोध उनका योग होता है।

श्रेणी क्रम में लगे प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध

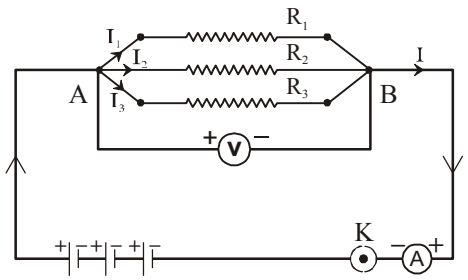
$R = R_1 + R_2 + R_3$ होता है।

श्रेणीक्रम परिपथ से एक प्रमुख हानि यह होती है कि जब परिपथ का एक अवयव कार्य करना बंद कर देता है तो परिपथ टूट जाता है और परिपथ का अन्य कोई अवयव भी कार्य नहीं कर पाता।

इसी प्रकार वोल्टमीटर व अमीटर का भी प्रतिरोध होता है। अमीटर का प्रतिरोध बहुत कम होता है इसीलिए उसे परिपथ में श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है ताकि उसमें से अधिकतम धारा प्रवाहित हो। जबकि वोल्टमीटर का प्रतिरोध अधिक होने के कारण उसे समानांतर क्रम में संयोजित किया जाता है ताकि कम धारा उसमें से प्रवाहित हो।

6.5.2 *समानांतर क्रम संयोजन* (Parallel Combination)

जब किसी विद्युत परिपथ में सभी प्रतिरोधों के पहले सिरों को एक बिंदु और दूसरे सिरों को दूसरे बिंदु पर जोड़ा जाता है तो यह संयोजन समानांतर संयोजन कहलाता है। इस क्रम को हम आवश्यकता अनुसार बढ़ा सकते हैं। यहाँ चित्र–8 में तीन प्रतिरोधों R_1, R_2 तथा R_3 को समानांतर क्रम में जोड़ा गया है। संयोजन में बैटरी, स्विच एवं अमीटर भी जोड़ा गया है। प्रत्येक प्रतिरोधों में समान विभवांतर V है। लेकिन प्रत्येक प्रतिरोध में प्रवाह होने वाली विद्युत धारा अलग–अलग होगी। यदि R_1, R_2 तथा R_3 में क्रमशः I_1, I_2 एवं I_3 धारा प्रवाहित हो,



चित्र–8 : समानान्तर क्रम में आयोजन

तो ओम के नियम के अनुसार प्रतिरोध R_1, R_2 व R_3 में बहने वाली धारा $I_1 = \frac{V}{R_1}$, $I_2 = \frac{V}{R_2}$, $I_3 = \frac{V}{R_3}$

सभी प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध R हो तो $I = \frac{V}{R}$

किन्तु $I = I_1 + I_2 + I_3$ (समानांतर संयोजित श्रेणी क्रम में कुल विद्युत धारा का मान प्रत्येक प्रतिरोध में प्रवाहित विद्युत धारा के योग के बराबर होता है।)

ऊपर दिए गए समीकरण द्वारा $\frac{V}{R}=\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}+\frac{V}{R_3}$

तुल्य प्रतिरोध $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$

जैसा कि आपने देखा श्रेणी क्रम संयोजन में तुल्य प्रतिरोध सबसे अधिकतम प्रतिरोध से भी अधिक होता है। लेकिन समानांतर क्रम संयोजन में तुल्य प्रतिरोध संयोजन के न्यूनतम प्रतिरोध से भी कम होता है।

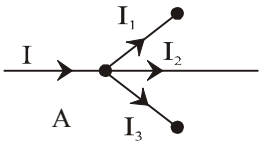
किरचौफ का नियम (Kirchoff's rule)

चित्र के अनुसार बिन्दु A पर I धारा आती है तथा बिन्दु A से I धारा तीन भागों (I_1, I_2 व I_3) में बँट जाती है।

अर्थात् बिंदु A पर,

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

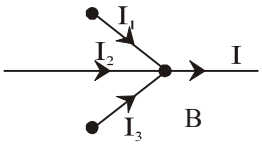
$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$



बिंदु B पर धारा I_1, I_2 व I_3 पुनः मिलती है व धारा का मान फिर से वही हो जाता है जो बटने के पूर्व था।

बिंदु B पर, $I_1 + I_2 + I_3 = I$

$$I_1 + I_2 + I_3 - I = 0$$



ये समीकरण किरचौफ के प्रथम नियम का गणितीय रूप है। अतः किरचौफ के अनुसार "किसी बिन्दु पर आने वाली धाराओं का बीज गणितीय योग उस बिन्दु से जाने वाली धाराओं के योगफल के बराबर होता है।"

परिपथ के किसी बिन्दु पर धारा का संग्रहण नहीं होता, बल्कि यह सतत् प्रवाहित होता रहता है। यह नियम आवेश संरक्षण नियम के अनुकूल है। इस प्रथम नियम को सन्धि नियम या धारा नियम भी कहते हैं।

सोचिए :

त्योहारों में सजावट के लिए श्रेणी क्रम में संयोजित LED बल्बों की लड़ी का उपयोग किया जाता है। यदि एक भी बल्ब खराब हो जाए तो पूरी लड़ी खराब हो जाती है। ऐसा क्यों? यदि हमारे घरों के उपकरण भी श्रेणी क्रम में संयोजित किए जाते तो क्या होता?

प्रश्न :

1. समान पदार्थ के दो तारों में यदि एक पतला तथा दूसरा मोटा हो और उन्हें समान विद्युत स्रोत से संयोजित किया गया हो तो इनमें से किसमें विद्युत धारा आसानी से प्रवाहित होगी और क्यों?
2. श्रेणी क्रम में जुड़े हुए दो प्रतिरोधकों A और B के प्रतिरोधों का अनुपात 1 : 4 है परिपथ में 10 एम्पीयर की धारा प्रवाहित हो रही है। यदि इन दोनों प्रतिरोधकों को समानांतर क्रम में जोड़ा जाए तो इन दोनों प्रतिरोधकों से बहने वाली धारा का अनुपात ज्ञात कीजिए।

उदाहरण–2 : नीचे दिए गए विद्युत परिपथ से निम्न प्रश्नों के उत्तर ज्ञात कीजिए?

(क) परिपथ का तुल्य प्रतिरोध

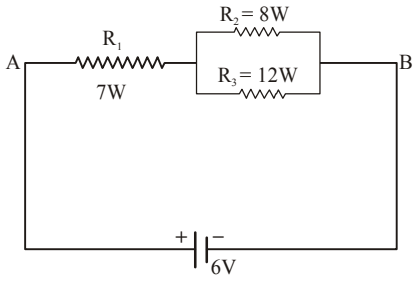
(ख) परिपथ में प्रवाहित कुल विद्युत धारा

हल : (क) पहले सामानांतर क्रम में संयोजित प्रतिरोधों R_2 व R_3 के तुल्य प्रतिरोध को ज्ञात करेंगे।

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{3+2}{24} = \frac{5}{24}$$

$$R = \frac{24}{5} \text{ ओम} = 4.8 \text{ ओम}$$



अब नए परिपथ के अनुसार तुल्य प्रतिरोध

सामानंतर क्रम में संयोजित प्रतिरोध R_2 एवं R_3 का तुल्य प्रतिरोध R, अब R_1 के साथ श्रेणी क्रम में संयोजित है। R व R_1 का अब तुल्य प्रतिरोध होगा–

$$R' = R_1 + R = 7\ \Omega + 4.8\ \Omega = 11.8\Omega$$

(ख) विद्युत बैटरी द्वारा परिपथ में कुल विभवांतर

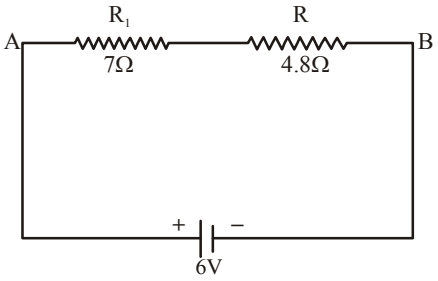
V = 6 वोल्ट

तुल्य प्रतिरोध परिपथ में = 11.8Ω

अब ओम के नियम के अनुसार

V = RI, I = V/R I = 6/11.8

= 0.508 एम्पीयर = 0.508 A



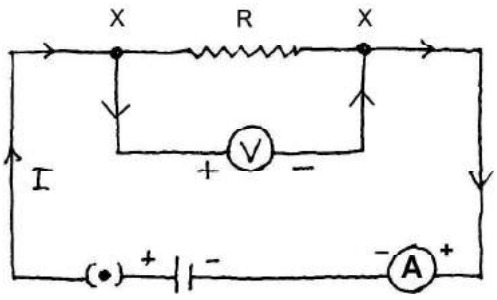
HPLFV7

6.6 विद्युत धारा का तापीय प्रभाव (Thermal Effect of Electric current)

हम अपने दैनिक जीवन में कई ऐसे उपकरणों का उपयोग करते हैं जो विद्युत उर्जा से कार्य करते हैं और कुछ समय कार्य करने के पश्चात हम इन उपकरणों के चारों तरफ ऊष्मा को महसूस कर सकते हैं। उदाहरणतः इस्त्री, विद्युत बल्ब आदि।

जब किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित होती है तब कुछ विद्युत ऊर्जा की हानि होती है। जैसा की हम उर्जा संरक्षण के नियम से जानते हैं कि उर्जा न ही उत्पन्न हो सकती है, न ही नष्ट, केवल एक रूप से दुसरे रूप में रूपांतरित हो सकती है। इसीलिए विद्युत उर्जा की हानि ऊष्मीय ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। विद्युत के इस प्रभाव को हम विद्युत धारा का ऊष्मीय या तापीय प्रभाव कहते हैं। परिपथ का गर्म होना विद्युत धारा के उष्मीय प्रभाव हैं।

जूल का तापन नियम– माना कि R प्रतिरोध के एक प्रतिरोधक में I धारा t सेकण्ड तक प्रवाहित की जाती है तथा प्रतिरोधक के सिरों के बीच विभवांतर V आरोपित किया गया है।



चित्र–9 : जूल का तापन नियम

तब t सेकण्ड में तार में बहने वाला आवेश = धारा × समय

या $Q = I \times t$ .....(i)

विभवांतर की परिभाषा से t समय में Q आवेश को एक सिरे से दूसरे सिरे तक ले जाने में किया गया कार्य $W = QV$

समीकरण (1) से $Q = I\,t$, तब $W = VIt$ .....(ii)

प्रतिरोधक R में आवेश Q को एक सिरे से दूसरे सिरे तक लाने में किया गया कार्य प्रतिरोध में उत्पन्न ऊष्मा के रूप में प्रकट होता है।

तब समी. (ii) में W के स्थान पर H लिखने पर $H = VIt$ .....(iii)

प्रतिरोधक में t समय में विद्युत धारा I द्वारा उत्पन्न ऊष्मा $H = I^2Rt$ (ओम के नियम $V = IR$ से) इसे जूल का तापन नियम कहते हैं।

इस नियम के अनुसार

1. प्रतिरोधक में उत्पन्न ऊष्मा H उसमें प्रवाहित धारा I के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होती है। अर्थात् $H \propto I^2$
2. प्रतिरोधक में उत्पन्न ऊष्मा H प्रतिरोधक के प्रतिरोध R के अनुक्रमानुपाती होती है। अर्थात् $H \propto R$
3. प्रतिरोधक में उत्पन्न ऊष्मा H प्रतिरोधक में धारा प्रवाहित करने के समय t के अनुक्रमानुपाती होती है। अर्थात् $H \propto t$

$H = I^2Rt$ .....(iv)

6.6.1 *विद्युत शक्ति* (Electric Power)

वह दर जिस पर विद्युत उर्जा किसी अन्य प्रकार की उर्जा में रूपांतरित हो जाती है विद्युतशक्ति कहलाती है। दूसरे शब्दों में कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। विद्युत शक्ति विद्युत धारा और विद्युत विभवांतर के गुणनफल जितनी होती है। किसी विद्युत परिपथ में ऊर्जा हानि की दर को भी विद्युत शक्ति कहते हैं। विद्युत शक्ति को P से व्यक्त करते हैं।

माना कि किसी विद्युत परिपथ में V वोल्ट विभवांतर पर I एम्पीयर की धारा प्रवाहित हो रही हो तो t सेकण्ड में विद्युत ऊर्जा हानि $W = VIt$

अतः 1 सेकण्ड में हुई विद्युत ऊर्जा हानि = $\frac{W}{t} = \frac{VI\cancel{t}}{\cancel{t}} = VI$

इसे विद्युत शक्ति (P) कहते हैं।

$$P = \frac{W}{t} = VI \quad \text{..... (v)}$$

विद्युत शक्ति का SI मात्रक वॉट (watt) है।

समी (6) से, समय t में स्त्रोत द्वारा परिपथ को प्रदान की गई ऊर्जा P×t है जो VIt के बराबर है।

$H = VIt$ समी. ..... (iii) से

$\therefore\ H = I^2RT \quad [V = IR]$

विद्युत की खपत H को हम kWh में या यूनिट में दर्शाते हैं।

1 किलोवॉट घंटा = 1 यूनिट = 1000 वॉट × 1 घंटा

= 1000 वॉट × 3600 सेकंड = 36×10^5 वॉट सेकंड

= 3.6×10^6 वॉट सेकंड

= 3.6×10^6 जूल

घरों में व्यय होने वाली विद्युत ऊर्जा के माप हेतु निम्नलिखित सूत्र प्रयुक्त करते हैं–

व्यय विद्युत ऊर्जा (विद्युत यूनिट में) = (विद्युत उपकरणों की संख्या × विद्युत उपकरण की शक्ति (वॉट में) × समय (घंटे में) × दिनों की संख्या) / 1000

उदाहरण–3 : एक घर में प्रतिदिन 60 वॉट के चार बल्ब 4 घंटे और 80 वॉट के दो पंखे 10 घंटे के लिए चलाये जाते हैं। तो इस घर में एक महीने (30 दिन) में खर्च होने वाली बिजली का मूल्य बताएं। यदि प्रति यूनिट बिजली का मूल्य 2 रु. है।

हल : 60 वॉट के चार बल्बों को चार घंटे तक जलाने पर एक महीने में खर्च ऊर्जा = विद्युत उपकरण की संख्या × विद्युत उपकरण की शक्ति × समय × दिनों की संख्या / 1000

$$= \frac{4\times60\times4\times30}{1000} = 28.8 \text{ यूनिट अथवा } 28.8 \text{ किलो वॉट घंटा}$$

और 80 वॉट के दो पंखों का 10 घंटे तक चलने पर एक महीने में खर्च ऊर्जा

$$= \frac{2\times80\times10\times30}{1000} = 48 \text{ यूनिट अथवा } 48 \text{ किलोवॉट घंटा}$$

अर्थात् 1 महीने में खर्च बिजली = 28.8 + 48 = 76.8 यूनिट

1 किलोवॉट घंटा अथवा 1 यूनिट का मूल्य = 2 रु.

76.8 यूनिट का मूल्य = 2 रु. × 76.8 153.6 रु.

उदाहरण–4 : किसी 4Ω प्रतिरोध से प्रति सेकण्ड 100 जूल ऊष्मा उत्पन्न हो रही है। प्रतिरोधक के सिरों पर विभवान्तर ज्ञात कीजिए।

हल : $H = 100$ (जूल), $R = 4\Omega$, $t = 1$ सेकण्ड, $V = ?$

जूल के तापन नियम के अनुसार

$H = I^2Rt$

$$I^2 = \frac{H}{R\times t}$$

$$I = \sqrt{\frac{H}{Rt}} = \sqrt{\frac{100}{4\times1}} = \sqrt{25} \text{ एम्पीयर} = 5 \text{ एम्पीयर}$$

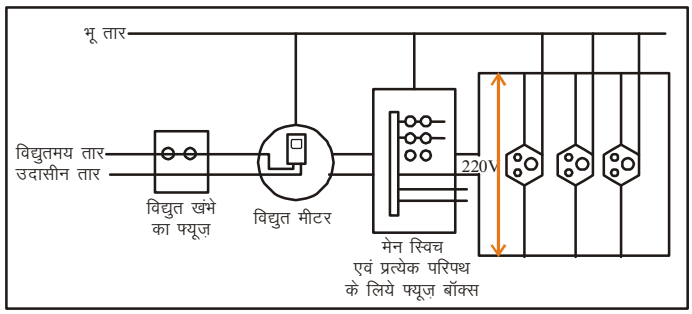
अतः ओम के नियमानुसार

$V = IR = 5 \times 4 = 20$ वोल्ट

नोट : बल्ब में तन्तु टंगस्टन धातु की लंबी एवं पतली तार का बना होता है बल्ब के अंदर यह तंतु ऐसा आभासित होता है कि यह बहुत छोटा है केवल कुछ इंच लम्बाई का परंतु वास्तव में इसकी लंबाई कई फीट होती है जिसे तंग कुंडली में बनाया जाता है।

6.7 घरेलु विद्युत परिपथ

हमारे घरों में विद्युत शक्ति की आपूर्ति मुख्य तारों (मेंस) से प्राप्त होती है। यह हमारे घरो में तीन तारों वाली वायरिंग के ज़रिये पहुँचती है। लाल रंग का तार विद्युतमय तार कहलाता है, नीले या काले रंग का तार उदासीन तार होता है, और हरे रंग का तार भू संपर्क तार होता है। हमारे देश में विद्युतमय तार एवं उदासीन तारों के बीच का विभवांतर 220 V होता है। भू संपर्क तार मोटा ताम्बे का बना तार होता है जिसे ताम्बे की एक पट्टी से जोड़कर भूमि में गाढ़ दिया जाता है। इसे विद्युत मीटर से जोड़ने के बाद मेन स्विच से जोड़ा जाता है। विद्युत खम्भे से आते हुए विद्युतमय व उदासीन तार सबसे पहले एक स्थिर बक्से से जिसे विद्युत मीटर कहते हैं, में जाते हैं। पूरे परिपथ में अतिभारण अथवा लघुपतन से लगने वाली आग से बचने के लिए इसे फ्यूज के साथ श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है। जब दुर्घटनावश विद्युतमय तार और उदासीन तार संपर्क में आ जाते हैं तो परिपथ का प्रतिरोध शून्य हो जाता है और परिपथ में से बहुत अधिक धारा बहने लगती है। इस कारण परिपथ में लगे उपकरण क्षतिग्रस्त हो जाते हैं और साथ में चिंगारी भी उत्पन्न हो सकती है। **फ्यूज़** किसी ऐसी धातु अथवा मिश्रधातु के तार का टुकड़ा होता है जिसका उचित गलनांक हो, उदाहरण के लिए एल्युमिनियम, कॉपर, आयरन, लैड आदि का बना होता है। यदि परिपथ में किसी निर्दिष्ट मान से अधिक मान की विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो फ्यूज़ तार के ताप में वृद्धि होती है। इससे फ्यूज़ तार पिघल जाता है और परिपथ टूट जाता है। घरों में प्रायः 1A, 2A, 3A, 5A,10A क्षमता वाला फ्यूज़ उपयोग में लिया जाता है।



चित्र–10 : घरेलु विद्युत परिपथ

बिजली उत्पादन स्रोत से विद्युतधारा प्रत्यावर्ती धारा के स्वरूप में उपलब्ध होती है। इस प्रकार की विद्युतधारा के प्रवाह की दिशा निरन्तर बदलती रहती है। इसे AC (alternating current) कहते हैं। घरेलू उपयोग के लिए 5A और औद्योगिक उपयोग के लिए 15A की प्रत्यावर्ती धारा की आवश्यकता होती है, जिसकी आवृत्ति 50 हर्ट्ज़ हो। सेल अथवा बैटरी से उत्पन्न होने वाली धारा, धारा का वह स्वरूप है जिसकी दिशा नियत रहती है, इसकी आवृत्ति 0 हर्ट्ज़ होती है। इसे दिष्ट धारा DC (direct current) कहते हैं।

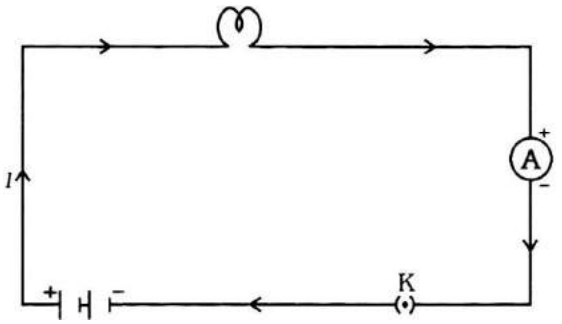
6.8 विद्युत प्रयोग में रखी जाने वाली सावधानियाँ

जैसा कि हमने देखा किसी विद्युत परिपथ में असावधानी से लघु–पतन अथवा अतिभारण के कारण आग लगने का खतरा रहता है। ज़रा सी लापरवाही के कारण विद्युत झटके भी लग सकते हैं। इसीलिए विद्युत प्रयोग के दौरान निम्नलिखित सावधानियाँ रखनी चाहिए।

- स्विच तथा प्लग को कसा हुआ जोड़ना चाहिए।
- उचित विद्युतरोधी परत के तार प्रयोग में लेने चाहिए।
- खराब अथवा क्षतिग्रस्त तार तुरंत बदल देने चाहिए।
- आग लगने या दुर्घटना होने पर परिपथ का स्विच तुरंत बंद कर देना चाहिए।
- प्रत्येक परिपथ में उचित पदार्थ व आवश्यक क्षमता वाले फ्यूज़ तार का उपयोग करना चाहिए।
- सभी विद्युत उपकरणों के लिए भूतार अवश्य लगाना चाहिए।
- बिजली के स्विचों व उपकरणों का उपयोग गीले हाथों से न करें।

कुछ अन्य आंकिक प्रश्नों के हल

1. किसी विद्युत बल्ब के तंतु में से 0.5A विद्युत धारा 10 मिनट तक प्रवाहित होती है। विद्युत परिपथ से प्रवाहित विद्युत आवेश का परिमाण ज्ञात कीजिए।



हल : दिया गया है, $I = 0.5\ A;\ t = 10\ min = 600\ s$

$Q = It$

$= 0.5A \times 600\ s$

$= 300\ C$

2. किसी धातु के 1 m लंबे तार का 20°C पर वैद्युत प्रतिरोध 26Ω है। यदि तार का व्यास 0.3 mm है, तो इस ताप पर धातु की वैद्युत, प्रतिरोधकता क्या है?

हलः दिया गया है तार का प्रतिरोध $R = 26\Omega$

व्यास $d = 0.3\ mm = 3\times10^{-4}\ m,\ r = \dfrac{3\times10^{-4}}{2} = 1.5\times10^{-4}$ तथा तार की लंबाई $l = 1\ m$

अतः समीकरण से, दिए गए धातु के तार की वैद्युत प्रतिरोधकता

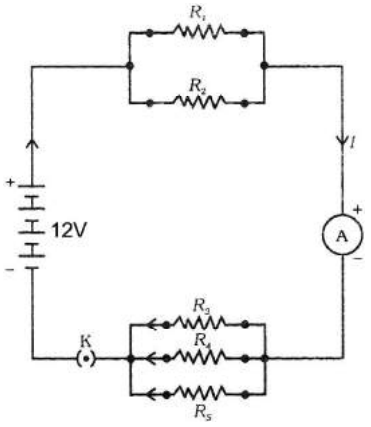
$$\rho = (RA/l) = (R\pi d^2/4l) = \frac{R\pi r^2}{l} = \frac{26\times22\times1.5\times10^{-4}\times1.5\times10^{-4}}{7\times1}$$

मानों को हल करने पर हमें प्राप्त होता है

$\rho = 1.84\times10^{-6}\ \Omega m$

इस प्रकार दिए गए तार की धातु की 20°C पर वैद्युत प्रतिरोधकता $1.84\times10^{-6}\ \Omega m$ है।

3. चित्र में $R_1 = 10\Omega,\ R_2 = 40\Omega,\ R_3 = 30\Omega,\ R_4 = 20\Omega,\ R_5 = 60\Omega$ है प्रतिरोधकों के इस विन्यास को 12 V से संयोजित किया जाता है। (a) परिपथ में कुल प्रतिरोध तथा (b) परिपथ में प्रवाहित कुल विद्युत धारा क्या होगी?



हलः मान लीजिए इन पार्श्वक्रम में संयोजित दो प्रतिरोधकों R_1 तथा R_2 को किसी तुल्य प्रतिरोधक जिसका प्रतिरोध R', है, द्वारा प्रतिस्थापित करते हैं। इस प्रकार हम पार्श्वक्रम में संयोजित तीन प्रतिरोधकों R_3, R_4 तथा R_5 को किसी अन्य तुल्य प्रतिरोधक जिसका प्रतिरोध R" द्वारा प्रतिस्थापित करते हैं। तब समीकरण का उपयोग करने पर हमें प्राप्त होता है।

$I/R' = 1/10 + 1/40 = 5/40;$ अर्थात् $R' = 8\Omega$

इसी प्रकार $1/R'' = 1/30 + 1/20 + 1/60 = 6/60;$

अर्थात् $R'' = 10\Omega$

इस प्रकार, कुल प्रतिरोध, $R = R' + R'',\ R = 8 + 10,\ R = 18\Omega$

विद्युत धारा का मान परिकलित करने के लिए ओम का नियम उपयोग करने पर हमें प्राप्त होता है।

$I = V/R = 12\ V / 18\ \Omega = 0.67\ A$

4. किसी विद्युत इस्तरी में अधिकतम तापन दर के लिए 840W की दर से ऊर्जा उपमुक्त होती है तथा 360 W की दर से उस समय उपमुक्त होती है जब तापन की दर निम्नतम है। यदि विद्युत स्रोत की वोल्टता 220 V है तो दोनों प्रकरणों में विद्युत धारा प्रतिरोध क्या होगा?

हल : समीकरण से हम यह जानते हैं कि निवेशी शक्ति

$P = V1$

इस प्रकार विद्युत धारा $I = P/V$

(a) जब तापन की दर अधिकतम है, तब

$I = 840\ W/220\ V = 3.82\ A;$

तथा विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध

$R = V/I = 220\ V/3.82\ A = 57.60\ \Omega$

(b) जब तापन की दर निम्नतम है, तब

$I = 360\ W/220\ V = 1.64\ A$

तथा विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध

$R = V/1 = 220\ V/1.64\ A = 134.15\ \Omega$

मुख्य शब्द (Keywords)

विद्युतधारा, विद्युत विभव, विद्युत विभवांतर, अमीटर, वोल्टमीटर, प्रतिरोध, प्रतिरोधकता, विद्युतरोधी, तुल्य प्रतिरोध, विद्युत शक्ति, दिष्टधारा, प्रत्यावर्ती धारा, फ्यूज़, अतिभारण, लघु–पतन, परिवर्ती प्रतिरोध, अर्धचालक

हमने सीखा

- किसी चालक में विद्युतधारा के प्रवाह के लिए एक पूर्ण परिपथ की आवश्यकता होती है।
- किसी चालक में विद्युतधारा का परिमाप विद्युत आवेश की वह मात्रा है जो चालक के किसी एक बिन्दु से एक सेकण्ड में गुजरती है।
- किसी विद्युत परिपथ में विद्युतधारा का मापन अमीटर की मदद से किया जाता है जो कि परिपथ में श्रेणी क्रम में संयोजित होता है।
- किसी विद्युत परिपथ में विद्युतधारा के प्रवाह के लिए विभवान्तर की आवश्यकता होती है।
- किसी विद्युत परिपथ में विद्युत विभवांतर का मापन एक उपकरण, वोल्टमीटर द्वारा किया जाता है। जो कि परिपथ में समानांतर क्रम में संयोजित होता है।
- ओम के नियम के अनुसार किसी विद्युत परिपथ में समान ताप पर धातु के तार के दो सिरों के बीच विभवांतर तथा उसमें प्रवाहित होने वाली विद्युतधारा समानुपाती होते हैं। $V \propto I$, $V = IR$
- धारा प्रतिरोध– किसी चालक का प्रतिरोध यह दर्शाता है कि वह अपने में से विद्युत धारा के प्रवाह का विरोध करता है। इसे R द्वारा दर्शाया जाता है।

- ρ एक आनुपातिकता स्थिरांक है जिसे चालक के पदार्थ की विद्युत प्रतिरोधकता कहते हैं। यह केवल पदार्थ की प्रकृति एवं ताप पर निर्भर करती है।
- श्रेणी क्रम में संयोजित प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध $R = R_1 + R_2 + R_3$..... होता है। श्रेणी क्रम में संयोजित प्रत्येक प्रतिरोध से समान विद्युतधारा प्रवाहित होती है। परन्तु प्रत्येक बिन्दुओं के बीच का विभवांतर अलग–अलग होता है।
- समानांतर व पार्श्वक्रम में संयोजित प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ द्वारा दिया जाता है तथा प्रत्येक प्रतिरोध द्वारा अलग–अलग विद्युत धारा प्रवाहित होती है। परन्तु प्रत्येक प्रतिरोध के दोनों बिन्दुओं के बीच का विभवांतर समान होता है।
- वह दर जिस पर विद्युत ऊर्जा किसी अन्य प्रकार की ऊर्जा में रुपांतरित हो जाती है, को विद्युत शक्ति कहते हैं। विद्युत शक्ति विद्युत धारा और विद्युत विभवांतर के गुणनफल के बराबर होता है। P =VI

HQ57YH

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखें–

(i) बताएँ कि निम्न में से कौन सा उदाहरण विद्युत का सुचालक है।

(ब) लकड़ी का टुकड़ा (ब) कागज का पेपर

(स) ताम्बे का तार (द) काँच की छड़

(ii) किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा की मात्रा को मापने वाला यंत्र है।

(अ) वोल्टमीटर (ब) अमीटर

(स) ओडोमीटर (द) इनमें से कोई नहीं

(iii) ओम के नियम के अनुसार किसी चालक तार के लिए V तथा I के बीच संबंध

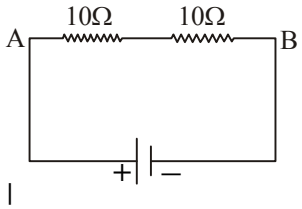
(अ) एक अनियत अनुपात है (ब) एक नियत अनुपात है

(स) कमी अनियत कमी अनियम (द) इनमें से कोई नहीं

(iv) एक विद्युत उपकरण का प्रतिरोध 22 ओम है, विभव 220 वोल्ट है। उपकरण को विद्युत स्रोत से जोड़ने पर बहने वाली धारा का मान ज्ञात कीजिए।

(अ) 5 A (ब) 20 A (स) 25 A (द) 10 A

(v) निम्नलिखित चित्र में दिखाए परिपथ का तुल्य प्रतिरोध होगा–



(अ) 25Ω (ब) 20Ω (स) 10Ω (द) 35Ω

2. रिक्त स्थान की पूर्ति करें–

(i) श्रेणी क्रम में संयोजित प्रतिरोधों का विभवांतर ..... होगा।

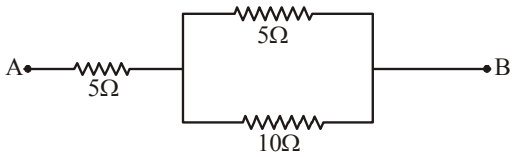
(ii) समानांतर क्रम में संयोजित प्रत्येक प्रतिरोधों में प्रवाहित विद्युत धारा ..... होगी।

(iii) विद्युत की खपत को हम kWh में या ..... में दर्शाते हैं।

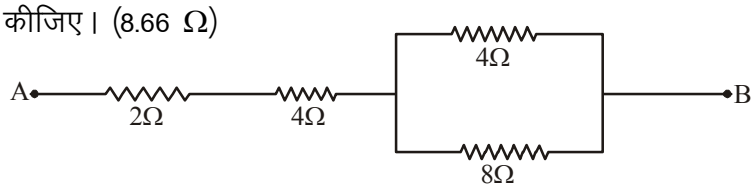
(iv) विद्युत लैंप में तंतु ..... धातु का उपयोग में लिया जाता है।

(v) चालक का ताप बढ़ने से उसकी ..... बढ़ जाती है।

3. परिपथ का प्रभावी तुल्य प्रतिरोध ज्ञात कीजिए। (8.33 Ω)



4. फ्यूज़ क्या है? यह किस पदार्थ का बना होता है?
5. ओम के नियम को अपने शब्दों में लिखिए, और V तथा I के बीच ग्राफ खींचकर दोनों के बीच संबंध को स्थापित करें।
6. एक विद्युत बल्ब एक मिनट में 2400 J ऊर्जा खपत करता है, तो उस बल्ब की शक्ति ज्ञात कीजिए। (40 W)
7. एक विद्युत हीटर जिस पर 3kW, 220V अंकित है। नीचे दिए गए प्रश्नों को ज्ञात कीजिए।
   (अ) विद्युतधारा (13.6A) (ब) हीटर का प्रतिरोध (16.12 Ω)
   (स) खर्च क्या होगा यदि 1 kWh के लिए 1.50 रु. लगते हों और हीटर को 10 घण्टे चलाया जाए।(45 रु.)
8. निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए।
   (i) घरेलु विद्युत परिपथों में श्रेणी क्रम संयोजन का उपयोग क्यों नहीं किया जाता है।
   (ii) विद्युत लैम्पों के तन्तुओं के निर्माण में प्रायः एकमात्र टंगस्टन का ही उपयोग क्यों किया जाता है।
9. किसी विद्युत बल्ब के तन्तु में से 0.5A विद्युत धारा 20 मिनट तक प्रवाहित होती है। विद्युत परिपथ से प्रवाहित विद्युत आवेश का परिमाण क्या होगा ज्ञात कीजिए? (600 कूलॉब)
10. एक घर में प्रतिदिन 40 वॉट की चार बल्ब 5 घंटे, 60 वॉट के 2 बल्ब 6 घंटे, 80 वॉट के 3 पंखे 6 घंटे चलते हैं तो इस घर में एक महीने में कितना खर्च आएगा? यदि एक यूनिट का मूल्य 50 पैसे हो तो? (44.4 Rs)
11. निम्नलिखित प्रश्नों पर विचार कीजिए।
   (i) अगर श्रेणी क्रम में संयोजित तीन बल्बों में से अगर एक बल्ब खराब हो जाए तो अन्य बल्बों पर क्या प्रभाव पड़ेगा? चर्चा करें।
   (ii) सामांतर क्रम में संयोजित तीन बल्बों में से एक खराब हो जाए तो क्या प्रभाव पड़ेगा चर्चा करें।
12. A व B के बीच तुल्य प्रतिरोध ज्ञात कीजिए। (8.66 Ω)



13. अगर किसी श्रेणीक्रम परिपथ में विद्युत बैटरी द्वारा 6 वोल्ट विभवांतर है अगर पहले बल्ब के पास 2 वोल्ट का विभवांतर है तो दूसरे बल्ब के पास विभवांतर ज्ञात कीजिए। (4 वॉट)
14. दो चालक तार जिनके पदार्थ, लम्बाई तथा व्यास समान हैं किसी विद्युत परिपथ में पहले श्रेणीक्रम में और फिर समान्तर क्रम में संयोजित किए जाते हैं। श्रेणीक्रम तथा समान्तर क्रम संयोजन में उत्पन्न ऊष्माओं का अनुपात क्या होगा? (4 : 1)
15. 9V की किसी बैटरी को 2Ω, 3Ω, 4Ω, 5Ω तथा 12Ω के प्रतिरोधकों के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित किया गया है। 2Ω के प्रतिरोधक से कितनी विद्युतधारा प्रवाहित होगी। (0.34 एम्पीयर)
16. अपने घरों में विद्युतधारा के ऊष्मीय प्रभाव पर कार्य करने वाले उपकरणों की सूची बनाकर चर्चा करें कि किस प्रकार कार्य करते हैं?
17. किसी बल्ब पर 200V - 100W अंकित है। इस बल्ब का प्रतिरोध कितना होगा? यदि ऐसे 5 बल्ब, 4 घण्टे के लिए कार्य करें तो कितनी विद्युत ऊर्जा की खपत होगी? 50 पैसे प्रति यूनिट की दर से लगने वाले खर्च की गणना करें। (400Ω, 2 kwh, 1 रु.)
18. 2Ω, 3Ω व 5Ω के तीन प्रतिरोधकों को आप किस प्रकार संयोजित करेंगे कि तुल्य प्रतिरोध 2.5Ω हो। चित्र बनाकर दिखाएँ।

अध्याय–7

जैविक प्रक्रियाएँ: पोषण, परिवहन, श्वसन, उत्सर्जन

(Life Processes: Nutrition, Transportation, Respiration, Excretion)

सभी सजीवों में कुछ प्रक्रियाएँ जैसे पोषण, परिवहन, श्वसन, उत्सर्जन इत्यादि होती हैं जो उनके जीवित रहने के लिए अनिवार्य हैं। इन प्रक्रियाओं के संचालन के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है और यह ऊर्जा उन्हें भोजन से प्राप्त होती है।

- आपको क्या लगता है, क्या सभी सजीव एक ही स्रोत से ऊर्जा प्राप्त करते हैं?

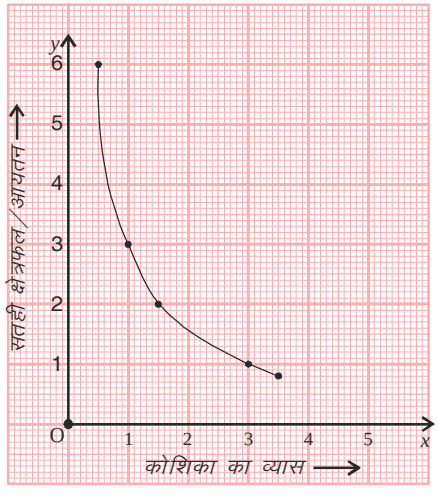
हमने खाद्य जालों में भी अध्ययन किया है कि पूरे जीव जगत के लिए पौधे ही मुख्य रूप से भोजन के स्रोत हैं। इनमें प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया द्वारा, सौर ऊर्जा का संग्रहण कार्बनिक पदार्थों के निर्माण से होता है, इसलिए इन्हें उत्पादक कहा जाता है।

समस्त जीव जगत में उपभोक्ता, उत्पादकों पर निर्भर हैं। उत्पादकों और उपभोक्ताओं की जैविक प्रक्रियाओं में समानताओं के साथ साथ कुछ बुनियादी अंतर है जैसे कि पोषण की प्रक्रिया में। अधिकाँश पौधों (उत्पादकों) में पोषण का पहला चरण कुछ सामान्य पदार्थों से शुरु होता है, जैसे– कार्बन डाइऑक्साइड, पानी आदि। इसके विपरीत अधिकाँश जन्तुओं (उपभोक्ताओं) का पोषण जटिल पदार्थों जैसे कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन आदि से शुरू होता है। पौधों और जन्तुओं में पोषण और उससे संबंधित अन्य जैविक क्रियाओं के लिए विशेष अंग तंत्रों की व्यवस्था है।

7.1 अंग तंत्रों का विकास (Development of organ system)

9वीं कक्षा में हमने कोशिकाओं के सतही क्षेत्रफल और आयतन के अनुपात का अध्ययन किया था। हमने यह पाया कि कोशिका जितनी बड़ी होती है, उसका सतही क्षेत्रफल और आयतन का अनुपात उतना ही कम हो जाता है एवं उसके अंदर की क्रियाओं की गति उतनी ही धीमी पड़ जाती है।

- निम्नलिखित ग्राफ देख कर बताइए कि किसी एककोशिकीय जीव की लम्बाई बढ़ जाए तो क्या होगा?



चित्र–1 : कोशिका की लम्बाई व सतही क्षेत्रफल और आयतन का अनुपात

उपरोक्त ग्राफ का अध्ययन करने पर आप पाएँगे कि यदि एक कोशिकीय जीव का आकार बढ़ जाता है तो उसका सतही क्षेत्रफल और आयतन का अनुपात घटता जाता है। ऐसी स्थिति में उनको जीवित रहने के लिए आवश्यक संसाधन पर्याप्त मात्रा में नहीं मिल पाते हैं। ऐसी ही परिस्थिति बहुकोशिकीय जीवों में होती है। जैसे–जैसे उनका आकार बढ़ता जाता है किसी विशेष व्यवस्था के बगैर उनकी सभी कोशिकाओं तक संसाधन नहीं पहुँच पाते। ग़ौर करने की बात यह भी है कि बहुकोशिकीय जीवों के शरीर की सभी कोशिकाएँ

बाह्य वातावरण के सीधे सम्पर्क में भी नहीं रहती हैं। इन्हें पर्याप्त संसाधन मिल सके और उनका उपयोग हो सके जिससे ये कुशलतापूर्वक तेज़ी से कार्य कर सकें इसके लिए कुछ व्यवस्थाएँ होती हैं, जैसे–

– शारीरिक संरचनाओं के सतह के परत दर परत मुड़ने या वलयित होने से, अवशोषण के लिए अतिरिक्त क्षेत्र का बढ़ना।

– एक ऐसी व्यवस्था की आवश्यकता जिसके माध्यम् से किसी तरल पदार्थ के ज़रिए कई अन्य पदार्थों का शरीर में तेज़ी से आवागमन।

– आवश्यकतानुसार शरीर में घर्षण कम करने के लिए लसलसे पदार्थ जैसे श्लेष्मा का स्राव, नमीयुक्त सतह का होना आदि।

– रासायनिक अभिक्रियाएँ और उनके लिए अनुकूल परिस्थितियों का होना।

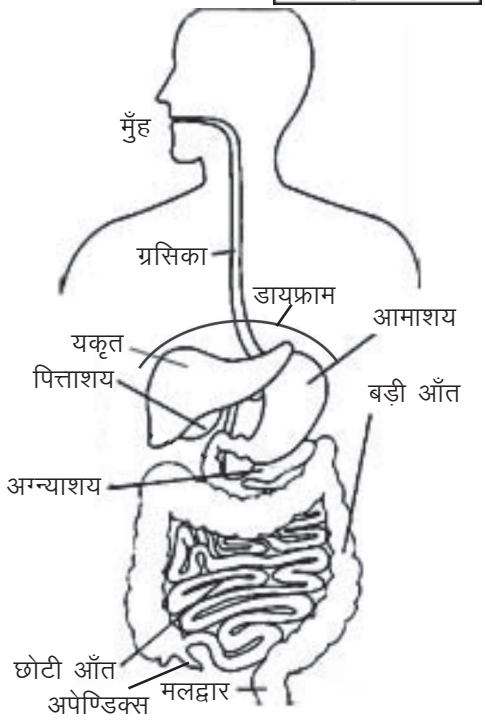
जैव विकास के फलस्वरूप हमें ऐसी व्यवस्थाएँ कई जीवों के शरीर की संरचना में नज़र आती हैं। उदाहरण के लिए पौधों में प्रकाश संश्लेषण, परिवहन आदि से सम्बन्धित तंत्रों तथा हमारे शरीर के पाचन तंत्र, श्वसन तंत्र, रक्त परिसंचरण तंत्र, लसिका तंत्र, उत्सर्जन तंत्र आदि में नज़र आते हैं।

मनुष्य व पौधे के उदाहरण से हम बहुकोशिकीय जीवों में भोजन सम्बन्धी उन तमाम जैविक प्रक्रियाओं के बारे में जानने का प्रयास करेंगे जो ऐसे तंत्रों की मदद से भोजन के अंतर्ग्रहण से शुरु होकर भोजन से ऊर्जा प्राप्त करने तथा अपशिष्ट पदार्थों के उत्सर्जन से जुड़ी हैं।

7.2 *मनुष्य में जैविक प्रक्रियाएँ* (Life Process in Human)

7.2.1 *पाचन और उससे जुड़ी व्यवस्थाएँ* (Digestion and organization of system reated to it)

भोजन के अवयवों का उपयोग शरीर को हमेशा ऊर्जा से भरपूर बनाए रखने में होता है। साथ ही शरीर की वृद्धि, मरम्मत करने और तापमान बनाए रखने में भी ऊर्जा की आवश्यकता होती है। ऊर्जा भोजन के अवयवों जैसे कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन एवं वसा के अपघटन से प्राप्त होती है। इनके बारे में हमने पिछली कक्षाओं में पढ़ा है और परीक्षण भी किया है (परिशिष्ट में इन परीक्षणों को करने की विधि दोहराई गई है)। इनके अलावा भी कई अन्य पदार्थों की ज़रुरत हमारे शरीर को होती है जैसे पानी, लवण, विटामिन आदि। आम तौर पर पाचन की प्रक्रिया द्वारा इन सभी की मात्रा रक्त में बनी रहती है। इससे शरीर की अलग अलग प्रकार से विशेषीकृत कोशिकाओं की ज़रूरतों की आपूर्ति हो पाती है। भोज्य पदार्थों में उपस्थित ग्लूकोज नामक शर्करा (कार्बोहाइड्रेट) की ज़रूरत लगभग सभी कोशिकाओं को होती है। यदि रक्त में इसकी मात्रा एक निश्चित मात्रा से कम हो जाए तो इसकी सूचना मस्तिष्क को हो जाती है। मस्तिष्क से आमाशय की दीवारों में संकुचन की प्रक्रिया आरंभ करने की सूचना प्रसारित होती है। इससे हमें भूख का एहसास होता है।



चित्र–2 : मनुष्य का पाचन तंत्र

- क्या आपको और भी किसी स्थिति में भूख लगती है? सोचिए जब आपको मनपसंद खाने की खुशबू आ रही होती है तो क्या होता है?

हमारा पाचन तंत्र मुख्य रूप से मुँह से मलद्वार तक फैली एक लंबी नली है जिसे आहार नली कहते हैं। आहार नली की दीवार में अनेक वलयित परतें पाई जाती हैं। इसमें तथा इसके बाहर कई प्रकार के पाचक अंग व ग्रंथियाँ हैं। आहार नली से जुड़ी ग्रंथियों एवं आहार नली के विभिन्न भागों से स्रावित रस पाचन की प्रक्रिया में सहायक होते हैं। इससे भोजन के अवयवों के जटिल बड़े अणु, छोटे सरल अणुओं में बदलते हैं।

- मनुष्य के पाचन तंत्र के चित्र में कौन–कौन से भागों को दर्शाया गया है?

7.2.2 पाचन की प्रक्रिया (Process of Digesation)

मुँह में भोजन को चबाने व लार के प्रभाव से भोजन का पाचन शुरू हो जाता है। लार का स्राव लार ग्रंथियों द्वारा होता है। हमारे मुँह में कई लार ग्रंथियाँ पाई जाती हैं जिनमें से तीन जोड़ी प्रमुख हैं। भोजन में पाए जाने वाले स्टार्च नामक कार्बोहाइड्रेट पर लार की क्रिया होती है। चलिए एक क्रियाकलाप द्वारा इसका अध्ययन करते हैं।

क्रियाकलाप–1

इस क्रियाकलाप को करने के लिए हमें आधा चम्मच (चाय वाला) गेहूँ का आटा, एक बीकर पानी, दो परखनलियाँ, ड्रापर और आयोडीन के तनु घोल (1%) की ज़रूरत होगी (इस परीक्षण के लिए आटे के स्थान पर आप उबले हुए चावल से निकाला गया पानी अर्थात् पसिया या माड़ का उपयोग भी कर सकते हैं)।

एक चम्मच आटे को आधा बीकर पानी में घोलें और इसकी थोड़ी सी मात्रा में स्टार्च का परीक्षण करें। आप जानते हैं कि किसी भोज्य पदार्थ में आयोडीन के घोल की कुछ बूँदें डाल कर परीक्षण किया जाए और घोल नीला काला हो जाए तो स्टार्च उपस्थित है। अब दो साफ परखनलियाँ लेकर उन्हें क और ख नामांकित करें। प्रत्येक परखनली में आटे के घोल की 20–25 बूँदें डालें। अब क परखनली को मुँह के पास लाकर उसमें घोल के बराबर माप की लार (थूक) डालें। लार डाल कर 'क' परखनली को अच्छी तरह हिलाएँ। 'ख' परखनली में लार नहीं डालना है। अब दोनों परखनलियों को रख दें और दो घंटे के बाद दोनों परखनलियों में आयोडीन की दो–दो बूँदें डालकर अवलोकन करें।

- क और ख परखनली में से किस परखनली का घोल स्टार्च की उपस्थिति दर्शाता है?
- ऐसा क्यों हुआ होगा?

चलिए यह भी पता लगाएँ कि किस प्रकार के माध्यम अर्थात् अम्लीय, क्षारीय या उदासीन में लार का प्रभाव दिखता है।

क्रियाकलाप–2

क्रियाकलाप–1 की तरह ही एक बीकर में गेहूँ के आटे का घोल या पसिया लें। अब तीन साफ परखनालियां लेकर उन्हें 'क','ख' और 'ग' नामांकित करें। 'क' परखनली में 8–10 बूँदें नींबू के रस की डालें। 'ख' परखनली में कपड़े धोने के सोडे का घोल डालें (चुटकी भर कपड़े धोने का सोडा एक पानी से भरी परखनली में डालकर घोल तैयार करें)। 'ग' परखनली में आसुत पानी डालें। प्रत्येक परखनली में आटे के घोल की 20–25 बूँदें डालकर फिर तीनों ही पखनलियों में लार मिला दें और लगभग दो घंटे बाद तीनों परखनलियों में आयोडीन घोल की कुछ बूँदें डालकर अपने अवलोकनों को दर्ज करें।

- क, ख, और ग में से किसमें अम्लीय घोल है, किसमें क्षारीय व किसमें उदासीन घोल है?
- क, ख, और ग में से किस परखनली का घोल स्टार्च की उपस्थिति दर्शाता है?
- ऐसा क्यों हुआ होगा कि समान आटे का घोल लेने पर भी दो परखनली में परीक्षण सफल हुआ और एक में नहीं?

ख और ग परखनली में लार में पाए जाने वाले विशिष्ट 'एन्जाइम' का स्टार्च पर प्रभाव हुआ। इससे हम कह सकते हैं कि इस 'एन्जाइम' की क्रियाशीलता एक निश्चित माध्यम में सर्वाधिक होती है।

इस प्रकार यदि मुँह में गेहूँ के दाने चबाएँ तो इस एन्जाइम के प्रभाव से जटिल पदार्थ स्टार्च अन्य सरल पदार्थ में बदल जाता है।

क्या आप जानते हैं?

खिड़की वाले पेट की कहानी और एन्जाइम के प्रभाव की खोज

सन् 1822 की बात है मार्टिन नाम के फौजी को गोली लग गई थी। उसे जख्मी हालात में डॉ. बोमोन के पास लाया गया। मार्टिन का इलाज शुरू हुआ और करीब डेढ़ साल तक डॉक्टर बोमोन, मार्टिन का इलाज करते रहे। इस दौरान डॉ. बोमोन ने देखा घाव तो ठीक होने लगा पर मार्टिन के पेट में छेद बना रहा। इसमें से पेट में नली डालकर आमाशय का रस बाहर निकाला जा सकता था। आमाशय के रस के प्रभाव का अध्ययन डॉ. बोमोन लंबे समय तक कई भोज्य पदार्थों पर करते रहे। उन्होंने पाया कि पेट में जितनी जल्दी पाचन की प्रक्रिया होती है उतनी पेट के बाहर नहीं। उनका मानना था कि पाचक रस में भोजन पचाने वाले पदार्थ किसी विशेष परिस्थिति में सबसे ज्यादा क्रियाशील होते हैं। बोमोन के अध्ययन के लगभग एक दशक बाद फ्रांसीसी रसायन विज्ञानी अनसेल्म पायेन ने अंकुरित जौ से 'एमाइलेज' नामक एक रासायनिक पदार्थ अलग किया और इसे 'डायस्टेज' नाम दिया। यह एक पाचक एन्जाइम है और यह हमारे आहार नाल के साथ–साथ अन्य कई जीवाणु, कवक व पौधों में पाया जाता है। लार में उपस्थित एमाइलेज के कारण ही हमें स्टार्च में बदलाव नजर आता है। हमारे अग्न्याशय द्वारा छोटी आँत में भी एमाइलेज स्रवित होता है। एमाइलेज एक नहीं बल्कि कई एन्जाइमों का एक समूह है।

अधिकाँश एन्जाइम प्रोटीन हैं। हमारे शरीर की एक कोशिका में ही कई एन्जाइम पाए जाते हैं। शरीर में अपघटन या संश्लेषण की प्रक्रियायों को एन्जाइम से गति मिलती है। एन्जाइम में कुछ विलक्षण गुण होते हैं। उदाहरण के लिए हमारे आमाशय में ''पेप्सिन'' नामक एन्जाइम स्रावित होता है। यह प्रति घंटा अपने वजन से पचास गुना प्रोटीन पचा सकता है और ऐसा कुछ घंटों तक कर सकता है। कोशिका में स्रावित होने वाले एन्जाइम से ही ज्यादातर जैविक क्रियाएँ सम्पन्न होती हैं। पाचन के लिए कई ज़रूरी एन्जाइम आहार नली के बाहर बनते है और इसमें पहुँचते हैं।

7.2.3 पाचन तंत्र का कार्य (Function of Digestive system)

अब तक हमने मुँह में पाचन की प्रक्रिया का अध्ययन किया। आहारनली की भित्ति में श्लेष्मा का स्राव होता रहता है। इसकी मांसपेशियों में क्रमशः संकुचन और फैलाव से भोजन आगे बढ़ता है। इस प्रक्रिया को हम क्रमानुकुंचन (peristalsis) कहते हैं। गले, आमाशय व छोटी आँत के सिरों में वाल्व जैसी संरचनाएँ होती हैं जिससे भोजन की निश्चित मात्रा ही आहार नली में आगे बढ़ती है। मुँह से भोजन ग्रसनी (pharynx) से होता हुआ एक लम्बी नली ग्रसिका (oesophagus) के द्वारा आमाशय में पहुँचता है। आमाशय की भित्ति में पाई जाने वाली ग्रंथियों के स्राव में मुख्यतः एन्जाइम पेप्सिन और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल होते हैं। इससे मुख्यतः प्रोटीन का पाचन होता है।

आमाशय में होने वाली क्रियाओं से भोज्य पदार्थ गाढ़े द्रव जैसा हो जाता है। यहाँ से यह छोटी आँत में जाता है। छोटी आँत आहार नली का सबसे लम्बा भाग है (लगभग 20 फीट)। यकृत और अग्न्याशय आहारनली से जुड़ी पाचक ग्रंथियाँ है। इनके द्वारा स्रावित पाचक रस नलियों द्वारा छोटी आँत में पहुँचते हैं। अग्न्याशय से स्रावित पाचक रस में उपस्थित सोडियम बाइकार्बोनेट से छोटी आँत का माध्यम क्षारीय हो जाता है। इस क्षारीय

माध्यम में पाचक रस के एन्जाइम क्रियाशील हो जाते हैं और कार्बोहाइड्रेट, वसा और प्रोटीन के पाचन की प्रक्रिया पूर्ण होती है। हमारे आहार नली में कई प्रकार के ऐसे पदार्थ भी स्रावित होते हैं जो उत्प्रेरक का काम करते हैं (यह अलग अलग प्रकार के हार्मोन्स हैं)। आपको जानकर आश्चर्य होगा कि यहाँ पाए जाने वाले सूक्ष्म जीवों (मुख्य रूप से जीवाणुओं) के जैविक प्रक्रियाओं से भी हमारी पाचन प्रक्रिया पूर्ण होती है।

क्या आप जानते हैं?

अग्न्याशय से निकलने वाले स्राव में एमाइलेज, ट्रिप्सिन और लाइपेज नामक एन्जाइम पाए जाते हैं और इनसे क्रमशः कार्बोहाइड्रेट प्रोटीन व वसा का पाचन होता है। पूर्ण पाचन से भोजन के मुख्य अवयवों का अपघटन होता है। प्रोटीन का अमीनो अम्ल में, जटिल कार्बोहाइड्रेट जैसे मंड, सरल कार्बोहाइड्रेट जैसे ग्लूकोज में, वसा वसीय अम्ल और ग्लिसरॉल में बदल जाते हैं।

यकृत से पित्त (Bile) का स्राव होता है। यह स्राव नली के द्वारा छोटी आँत में पहुँचता है। छोटी आँत में वसा की बड़ी गोलिकाएँ पित्त के द्वारा छोटी गोलिकाओं में टूटती हैं (इमल्सीकरण प्रक्रिया द्वारा) इससे वसा पर एन्जाइम लाइपेज का प्रभाव बढ़ जाता है।

छोटी आँत में पचे हुए भोजन का अवशोषण होता है। इसकी आन्तरिक सतह मुड़ी हुई होती है। इन मुड़ी हुई संरचनाओं को हम दीर्घ रोम (Villi) कहते हैं। इनमें भोजन के अवयवों के अवशोषण के लिए विस्तृत सतह उपलब्ध होती है। यहाँ से पचा हुआ भोजन रक्त परिवहन तंत्र की महीन रक्त वाहिनियों और लसिका वाहिनियों में जाता है। छोटी आँत में जल की कुछ मात्रा भी अवशोषित होती है। जिन पदार्थों का अवशोषण छोटी आँत में नहीं हो पाता है वह बड़ी आँत में पहुँचते हैं। यहाँ अधिकाँश जल का अवशोषण हो जाता है। शरीर की विभिन्न क्रियाओं के लिए जल महत्वपूर्ण विलायक है। अपचित भोजन या मल और कुछ गैसें, मलद्वार (Anus) से शरीर के बाहर निकल जाती हैं।

क्या आप जानते हैं?

हमारी आँतों में एक पारिस्थितिक तंत्र बना हुआ है जिसमें अधिकाँश जीवाणु हैं। हमारे आँत में बसे इन जीवाणुओं की जैविक प्रक्रियाओं के कारण पाचन की प्रक्रिया सुचारू रूप से चलती है। भोजन के कई अवयव जैसे कुछ प्रोटीन व विटामिन हमारे शरीर में इन जीवाणुओं की उपस्थिति के कारण उपयोगी स्वरूप में बदल जाते हैं। इनकी जैविक क्रियाओं से ही हमारे आँत में कई गैसें भी बनती हैं जैसे– हाइड्रोजन सल्फाइड, मिथेन, अमोनिया आदि। मनुष्य में जहाँ छोटी आँत बड़ी आँत से जुड़ती है वहाँ अपेन्डिक्स नामक रचना पाई जाती है। संभवतः पूर्व में यहाँ सेलुलोज का पाचन होता था।

- पचा हुआ भोजन शरीर में कहाँ–कहाँ पहुँचता होगा और कैसे?

7.2.4 परिवहन तंत्र से जुड़ी संरचनाएँ और उनके कार्य (Structure and function related to transport system)

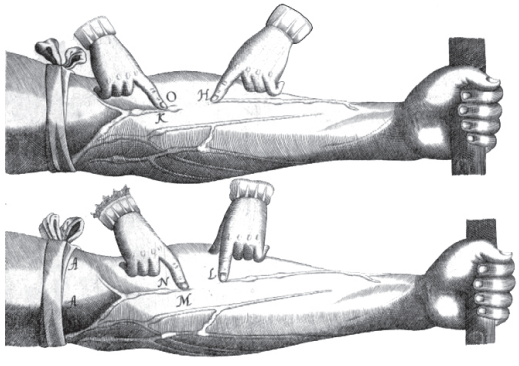
हमारे शरीर में पचा हुआ भोजन तथा कई प्रकार के पदार्थों का परिवहन मुख्य रूप से रक्त एवं लसिका द्वारा होता है। हज़ारों सालों से लोग यह जानते थे कि रक्त नलियों में बहता है और यह नलियाँ हृदय से जुड़ी हैं। पर यह धारणा थी कि हर धड़कन के साथ रक्त हृदय से बाहर नलियों से होकर बहता है और फिर हृदय में अवशोषित हो जाता है। आगे चलकर अलग–अलग नलियों की भी पहचान और नामकरण हुआ पर हमारे शरीर में रक्त कैसे बहता है और इसमें हृदय की ठीक क्या भूमिका है यह काफी समय के लिए पहेली बना रहा।

चित्र–3 (अ): विलियम हार्वे (1578–1657)

पंद्रहवीं से सत्रहवीं शताब्दी के दौरान हुए शोध से शरीर में रक्त के बहाव सम्बन्धी समझ बनी। इसका श्रेय मुख्य रूप से सत्रहवीं शताब्दी के 'विलियम हार्वे' नामक एक चिकित्सक को दिया जा सकता है। उनके लगभग समसामयिक साथी के एक और प्रयोग के परिणाम से यह स्थापित हुआ था कि शिराओं में वाल्व होते हैं जिससे रक्त एक दिशा में बहता है। इस परिणाम से प्रभावित होकर हार्वे ने शरीर में रक्त के बहाव अर्थात 'परिसंचरण' को समझने के लिए कई प्रयोग शुरु किए। इनके एक प्रयोग को आप भी करके देख सकते हैं।

क्रियाकलाप–3

चित्र–3 (ब) अनुसार अपने साथी के हाथ का ऊपरी हिस्सा बाँध दें। उसी हाथ को सीधा रखते हुए कसकर मुट्ठी बाँधकर 4–5 बार हिलाने (कोहनी से मोड़ कर सीधा करें) के लिए कहें। अब उभरी हुई नीली नलियों पर चित्र अनुसार अपनी अँगुलियों को रखें और दबाव डालते हुए एक अंगुली को कोहनी के तरफ तो एक को पंजे के तरफ सरकाएँ।



चित्र–3 (ब) : विलियम हार्वे के प्रयोग

- क्या इनके बीच नीला रंग गायब हो गया?

अब पंजे की तरफ से अँगुली को हटाएँ। फिर प्रयोग को दोहरा कर कोहनी की तरफ की अँगुली को हटाएँ।

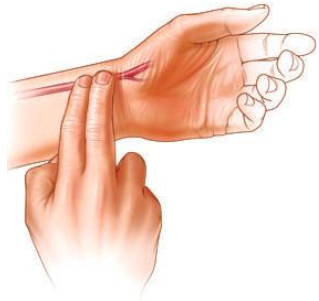
- रक्त किस तरफ बहता हुआ नज़र आता है?

इस प्रयोग से हार्वे ने पाया और आपने भी देखा होगा कि रक्त पंजे से कोहनी के तरफ नली में भरता हुआ नजर आता है। अर्थात् निश्चित ही ये नलियाँ हमारे हृदय तक रक्त का परिवहन कर रही होंगी। इस प्रयोग से हार्वे ने पाया कि रक्त पंजे से कोहनी की तरफ नलियों के द्वारा हृदय तक पहुँचता है। उनके अनुसार शिरा (vein) वो नलियाँ हैं जिनसे रक्त हृदय की तरफ बहता है और धमनी (artery) वे नलियाँ हैं जिनसे रक्त हृदय से शरीर के अन्य क्षेत्रों तक बहता है। उन्होंने सुझाया कि हमारे शरीर में रक्त का बहाव एक चक्रीय परिपथ में होता है। शिरा और धमनियों के बीच के सम्पर्क मार्ग को हार्वे दर्शा नहीं पाए पर उनकी उपस्थिति को उन्होंने सुझाया था। बाद में इसकी पुष्टि केशिकाओं (capillaries) की खोज से हुई।

हमारे शरीर में कई जगह शिराओं को त्वचा के नीचे देखा जा सकता है। उनमें बहता हुआ रक्त नीले रंग का प्रतीत होता है, पर वास्तव में यह रक्त गाढ़े लाल रंग का होता है। धमनियों में बहता हुआ रक्त सुर्ख लाल होता है। धमनियों को कुछ ही जगहों में महसूस कर सकते हैं जैसे कलाई, कोहनी आदि क्योंकि कुछ धमनियाँ ही सतही अर्थात त्वचा के ठीक नीचे पाई जाती हैं। चलिए एक धमनी को महसूस करते हैं।

क्रियाकलाप–4

आप अपने एक हाथ से दूसरे हाथ की कलाई को चित्र–4 अनुसार पकड़ें। अब अंगुलियों से कलाई को थोड़ा सा दबाएँ।



चित्र–4

- क्या कोई धड़कन महसूस हुई?

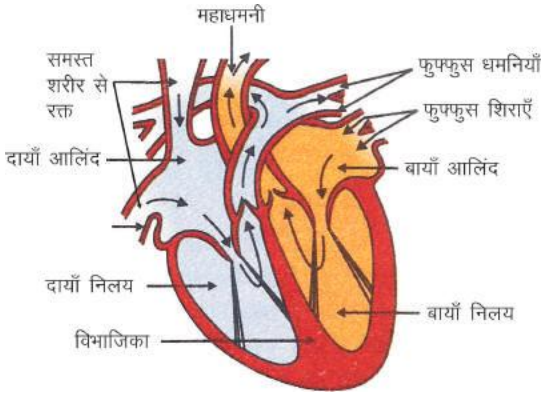
जब रक्त हृदय से धमनियों में जाता है, तब हृदय के साथ साथ धमनियों में भी धड़कन होती है। अतः कलाई में आपको धड़कन महसूस हुई। इसे हम नाड़ी भी कहते हैं।

क्या आप जानते हैं?

रक्त की सभी नलियाँ कोशिकाओं की बनी होती हैं। ज़रूरत पड़ने पर इनके अंतरकोशिकीय स्थान बढ़ने से नलियों में पदार्थ पहुँचते हैं अथवा रिसकर निकलते हैं– जैसे थक्का जमने के लिए आवश्यक पदार्थ।

7.2.5 परिवहन तंत्र में हृदय की भूमिका (Role of heart in transport system)

मनुष्य और अन्य स्तनधारियों का हृदय सुदृढ़ माँसपेशियों से बना एक पम्प है। हमारी मुट्ठी जितने बड़े आकार के इस अंग से दिन भर में लगभग 7000 लीटर रक्त पम्प होता है (4.7–5.5 लीटर रक्त दिनभर में लगभग 1500 बार हृदय से गुज़रता है)। हृदय के चार मुख्य प्रकोष्ठ हैं। ऊपरी दो प्रकोष्ठों को आलिंद (auricle) और निचले दो प्रकोष्ठों को निलय (ventricle) कहा जाता है। हृदय के दाएँ भाग का संपर्क बाएँ भाग से नहीं होता। दायाँ आलिंद व दायाँ निलय, बायाँ आलिन्द व बायाँ निलय, रक्त की नलियों और हृदय के प्रकोष्ठों के बीच, वाल्व होते हैं। इससे रक्त का उल्टा प्रवाह नहीं होता। हृदय के दाएँ प्रकोष्ठों में ऑक्सीजन रहित रक्त और बाएँ में ऑक्सीजन युक्त रक्त होता है। हृदय के आलिंदों का संकुचन एक साथ एवं निलयों का एक साथ होता है। आलिंदों में संकुचन से रक्त निलयों में भरता है। निलयों के संकुचन से रक्त का बहाव हृदय से बाहर की तरफ होता है साथ ही आलिंदों में शरीर के विभिन्न भागों से रक्त भरता है।



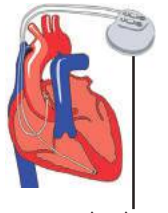
चित्र–5 (अ) : हृदय के प्रकोष्ठ

चित्र–5 (ब) : रक्त प्रवाह चक्र

हृदय का कार्य, मस्तिष्क से आने वाली तथा इसकी अपनी तंत्रिकाओं की एक विशेष व्यवस्था से, नियंत्रित होता है।

क्या आप जानते हैं?

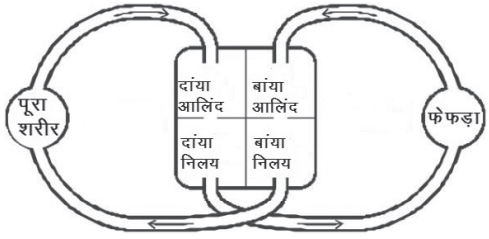
हृदय की तंत्रिकाओं की विशेष व्यवस्था को हम शिरा आलिन्द गाँठ (साइनो अरिक्यूलर नोड) कहते हैं। यह यदि काम करने में अक्षम हो जाए तो कृत्रिम रूप से इस कार्य को पेसमेकर यंत्र द्वारा एक लम्बे समय तक चलाया जा सकता है।


पेसमेकर

हृदय से रक्त का बहाव एक साथ दो परिपथों से होकर गुजरता है। चित्र–6 में इन परिपथों को दर्शाया गया है।

एक परिपथ ऐसा जिससे हृदय से शरीर की सभी कोशिकाओं तक और वहाँ से वापस हृदय तक रक्त का बहाव होता है। इसमें बाएँ निलय के संकुचन से महाधमनी में से होकर ऑक्सीजनयुक्त रक्त का बहाव कई

अन्य धमनियों से शरीर के तमाम ऊतकों तक पहुँचता है। इससे आगे केशिकाओं के माध्यम से शरीर की सभी कोशिकाओं तक रक्त पहुँचता है। कोशिकाओं से ऑक्सीजन रहित रक्त अन्य केशिकाओं एवं शिराओं के द्वारा हृदय के दाहिने आलिन्द तक बहता है।



चित्र–6 : रक्त के बहाव का दोहरा परिसंचरण

दूसरे परिपथ में, हृदय के दाएँ निलय के संकुचन से फुफ्फुस धमनी से फेफड़ों तक रक्त का बहाव होता है। रक्त की नलियों से बहते हुए रक्त का फेफड़ों में ऑक्सीकरण होता है। फुफ्फुस शिरा से ऑक्सीकृत रक्त हृदय के बाएँ आलिन्द तक बहता है।

- सामान्यतः हमारे शरीर की शिराओं में किस प्रकार का रक्त होता है?
- ''शिराओं से हमेशा अनॉक्सीकृत रक्त का बहाव नहीं होता।'' क्या आप इस कथन से सहमत हैं? क्यों/क्यों नहीं?

निलयों के संकुचन से उत्पन्न दाब से धमनियों में रक्त का बहाव बना रहता है। रक्त का दाब शिराओं तक बहुत कम हो जाता है। शिराओं के आस पास की माँसपेशियों में संकुचन और फैलाव से इनमें रक्त का बहाव बना रहता है। साथ ही शिराओं में वाल्व होते हैं जिससे उनमें रक्त का उल्टा प्रवाह नहीं होता।

क्या आप जानते हैं?

निलयों के संकुचन से उत्पन्न रक्त का निलयों के दीवार पर दाब एवं निलय के शिथिलन के समय के दाब को रक्त चाप के आंकड़े अर्थात् 120/80 के रूप में दर्शाया जाता है। हृदय के धड़कने की आवाज़ निलयों के संकुचन के समय आलिन्दों और निलयों के बीच के वाल्व बन्द होने से तथा निलय के शिथिलन के समय निलय और धमनियों के बीच वाल्व बन्द होने से होता है।

- दाएँ आलिन्द में रक्त कहाँ से आता है?
- दाएँ निलय से रक्त कहाँ जाता है?
- रक्त का ऑक्सीकरण कहाँ होता है?

हमारे हृदय से रक्त, धमनियों में से कई अंगों तक लगभग एक साथ, समानांतर रूप में पहुँचता है। इससे सभी अंगों तक समान दर से रक्त का बहाव होता है। अंगों से हृदय तक शिराओं से भी रक्त का बहाव समानांतर होता है। कुछ अंगों एवं धमनियों और शिराओं के बीच रक्त का बहाव श्रेणीक्रम में होता है। इससे रक्त के बहाव पर प्रतिरोध ज्यादा होता है और बहाव की गति धीमी हो जाती है। रक्त एक समान दर से कोशिकाओं तक नहीं पहुँचता। रक्त का बहाव धीरे होने से, कोशिकाओं तक पदार्थ पहुँचने व उनसे अपशिष्ट पदार्थ इक्ट्ठा होने में मदद मिलती है।

- अगर हृदय से रक्त श्रेणी क्रम में अंगों तक पहुँचता तो क्या होता?

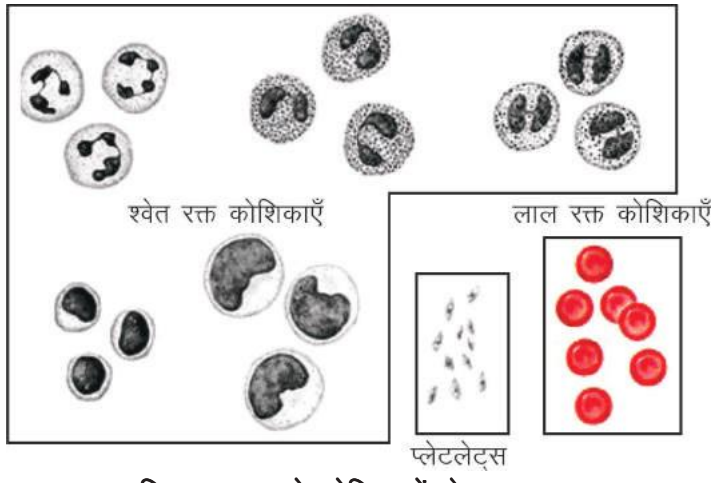
आँतों से चलकर रक्त का यकृत (liver) में से होकर गुजरना भी श्रेणीक्रम में होता है। उसके बाद रक्त हृदय में पहुँचता है। ज़ाहिर है कि पाचन क्रिया के चलते रक्त में ज्यादा भोज्य पदार्थ या पोषक तत्व होते हैं। इनमें से कई ऐसे पदार्थ होते हैं जिनकी मात्रा रक्त में ज्यादा हो तो शरीर के लिए हानिकारक हो सकते हैं। ऐसे कुछ पदार्थ जैसे अतिरिक्त शर्करा, वसा आदि रक्त से अलग होकर यकृत में संग्रहित हो जाते हैं। जब रक्त में इन पदार्थों की मात्रा मानक से कम हो जाती है तो यकृत से यह वापस रक्त में आ जाते हैं। इसके अलावा यकृत में कई विषैले पदार्थ भी हानिरहित पदार्थों में बदलते हैं और रक्त से इनका परिवहन होता है।

7.2.6 परिवहन तंत्र में रक्त की भूमिका (Role of blood in Transport system)

रक्त क्या है या उसमें से कौन से पदार्थों का परिवहन होता है यह जानकारी महज़ 400 साल पुरानी है। कोशिका की खोज के बाद रक्त की कोशिकाओं का अवलोकन किया गया। अवलोकन के दौरान रक्त की नलियों में जल जैसे द्रव्य में कोशिकाएँ बहती हुई नजर आईं। अतः रक्त के मुख्य दो घटकों का पता चला–

1. जल जैसे द्रव्य जिसे 'प्लाज्मा' कहा गया, 2. रक्त में उपस्थित कोशिकाएँ (देखिए चित्र–7)

लाल रक्त कोशिकाएँ चकती जैसी दिखती हैं और रक्त में इनकी संख्या अन्य कोशिकाओं से बहुत अधिक होती है। इनमें एक प्रकार का पदार्थ, 'हीमोग्लोबिन' होता है। यह लौहयुक्त वर्णक है। इसके लौह के साथ मुख्य रूप से ऑक्सीजन का आबन्ध बनता है। अतः ऑक्सीजन के परिवहन में हीमोग्लोबिन की मुख्य भूमिका होती है। लगभग 97 फीसदी ऑक्सीजन का परिवहन इसी तरह होता है।



चित्र–7: रक्त के कोशिकाओं के कुछ प्रकार

जिन कोशिकाओं में ऑक्सीजन की सांद्रता कम होती है वहाँ ऑक्सीजन रक्त में उपस्थित हीमोग्लोबिन से मुक्त होकर पहुँचती है तथा कोशिकाओं से कार्बन डाइआक्साईड रक्त में आ जाती है। रक्त में कुछ कोशिकाएँ रंगहीन व अलग अलग आकार की होती हैं जिनसे हमारा शरीर संक्रमण से सुरक्षित रहता है। ये श्वेत रक्त कोशिकाएँ हैं। शरीर में हल्की खरोंच या कटी–फटी जगह पर रक्त के थक्के के रूप में जमने की प्रक्रियाएँ मुख्य रूप से रक्त की एक अन्य प्रकार की कोशिकाओं के समूह 'प्लेटलेट्स' से होती है। इसके फलस्वरूप घाव भरता है। परंतु ऐसा ही कोई थक्का हमारे हृदय या मस्तिष्क में चला जाए तो हमारे लिए घातक सिद्ध होता है। रक्त में ऐसे पदार्थ भी हैं जो रक्त के थक्के को गला सकते हैं जिनसे कई अहम अंगों के अनावश्यक थक्के अक्सर गल जाते हैं।

ऑक्सीजन व कार्बन डाइऑसाइड के अलावा रक्त से कई अन्य पदार्थों का परिवहन होता है। ग्लूकोज़, कैल्सियम, पोटैशियम, यूरिया, एन्जाइम, हार्मोन, लवण आदि ऐसे पदार्थ हैं जिनकी रक्त में जाँच की जा सकती है। अस्वस्थ होने पर डॉक्टर आवश्यकता अनुसार हमारे रक्त की जाँच करवाते हैं।

क्या आप जानते हैं?

कॉलेस्टेरॉल नामक वसा के बारे में आपने सुना होगा। यह हृदय की धमनियों में जम जाए तो दिल का दौरा पड़ सकता है। परंतु एक निश्चित मात्रा में हमारे आहार नली की कोशिकाओं के लिए यह बहुत जरूरी है। साथ ही हमारी आँत में इसकी उपस्थिति से कई विटामिन का उपयोग हो पाता है। अर्थात् हमारे भोजन में एक निश्चित मात्रा में कॉलेस्टेरॉल का होना कतई नुकसानदेह नहीं है।

7.2.7 परिवहन तंत्र में लसिका तंत्र की भूमिका (Role of lymph in Transport system)

परिवहन की एक अन्य व्यापक और जटिल व्यवस्था लसिका तंत्र है। आम तौर पर यह माना जाता है कि रक्त वाहिनियों से रक्त के दबाव के कारण कुछ प्लाज्मा बाहर निकलकर ऊतकों के बीच के स्थान में आ जाता है। यह रंगहीन होता है और इसमें अल्प मात्रा में प्रोटीन होता है। यह द्रव्य लसिका है। रक्त वाहिनियों की तरह ही लसिका वाहिनियों के ज़रिए, यह द्रव्य ऊतकों के बीच से एकत्रित होकर शिराओं के रक्त में वापस पहुँचता

है, जिससे रक्त का संगठन नियमित बना रहता है। इसमें उपस्थित प्लाज्मा व श्वेत रक्त कोशिकाओं से शरीर में संक्रमण से रोकथाम, ऊतकों की मरम्मत आदि कार्य सम्पन्न होते हैं। वसा का परिवहन मुख्य रूप से लसिका द्वारा होता है। लसिका तंत्र की नलियों में वाल्व व क्रमानुकुंचन गति से उनमें द्रव्य का बहाव बना रहता है।

7.2.8 श्वसन तंत्र और उससे जुड़ी व्यवस्थाएँ और क्रियाएँ (Structure and function related to Respiratory system)

सभी सजीवों में चाहे पौधे हों या जन्तु, श्वसन एक निरंतर चलने वाली जैविक प्रक्रिया है। इसमें शरीर और वातावरण के बीच गैसीय आदान–प्रदान होता है, जिसके लिए पौधों में रंध्र और नलियाँ, तो जन्तुओं में गलफड़े, त्वचा या फेफड़े और नलियों की विशेष व्यवस्था है। हमारे शरीर में मुख्य रूप से दो फेफड़ों और श्वसन सम्बन्धी नलियों (श्वसनी) के ज़रिए गैसीय आदान–प्रदान की व्यवस्था है। चित्र–8 में इनकी स्थिति दर्शाई गई है। दाएँ फेफड़े का आकार बाएँ फेफड़े से थोड़ा बड़ा होता है।

फेफड़ों की बनावट स्पंजी होती है। इसके अन्दर श्वास नलियाँ कई शाखाओं में बँटी हुई होती हैं। इनकी सतह बारीक मुड़ी हुई बुलबुले जैसी संरचनाओं के रूप में होती हैं जिन्हें कुपिकाएँ (alveoli) कहा जाता है। तमाम कुपिकाओं की सतह को फैलाया जाए तो यह लगभग 100 वर्ग मीटर के क्षेत्र को ढक सकती है। यह संरचनाएँ गैसीय आदान प्रदान के लिए विस्तृत क्षेत्र उपलब्ध करवाती है। फेफड़ों में हवा और रक्त की केशिकाओं के बीच की यह सतह अत्यन्त महीन है। हृदय में जाने वाला रक्त यहाँ ऑक्सीजन युक्त हो जाता है। हमारे शरीर का यह सबसे दुर्बल हिस्सा भी है। किसी संक्रमण से, धूल, धूआँ आदि से फेफड़ों के रोग हो सकते हैं।

वास्तव में साँस लेना व छोड़ना शरीर कि उन गतिविधियों में से एक है जो हमारी कोशिकाओं का अंदरूनी पर्यावरण एक सा बनाए रखने का काम करती हैं। हमारे शरीर में पेशियों द्वारा पसलियों की गति से और सीने और उदर के बीच स्थित एक गुम्बदनुमा माँसपेशी, डायाफ्राम (diaphragm) के संकुचन से फेफड़ों में हवा भरती है। जब डायाफ्राम का संकुचन होता है तो वह नीचे की ओर झुककर सपाट हो जाता है। इससे वक्षगुहा का आयतन बढ़ जाता है और फेफड़ों में हवा भरती है। डायाफ्राम के शिथिलन से वक्षगुहा का आयतन कम होने से फेफड़ों में से हवा श्वास नलियों से होकर नाक या मुँह से बाहर निकलती है। फेफड़ों में ज्यादा से ज्यादा लगभग 4–6 लीटर हवा भरी रह सकती है। जीवित अवस्था में कभी भी फेफड़े पूर्ण रूप से खाली नहीं होते हैं। लगभग 1.5 से 2.5 लीटर हवा फेफड़ों में हमेशा होती है।

चेतावनी

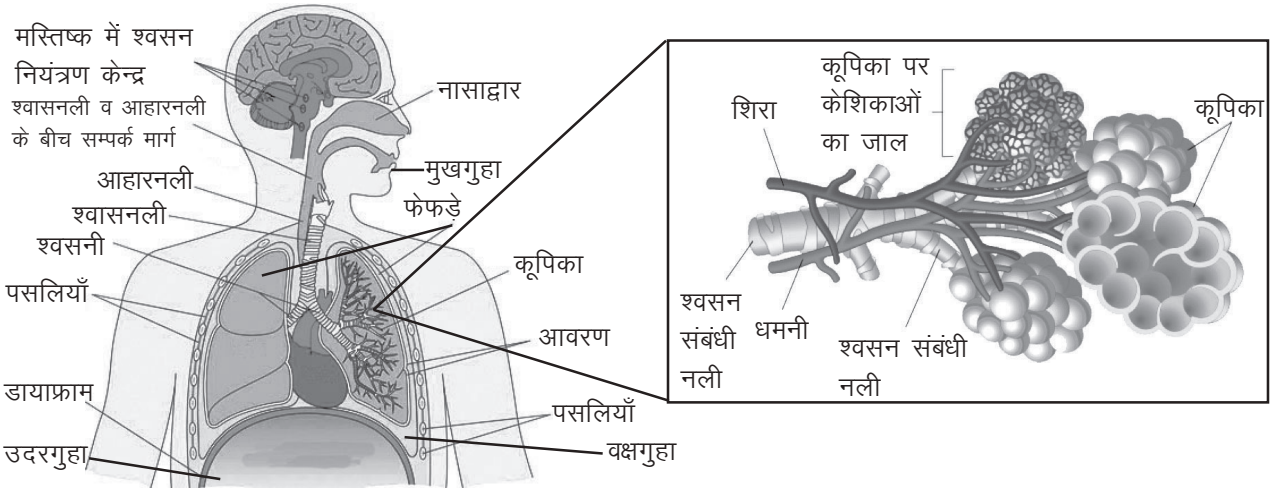
धूम्रपान से वायु प्रसार मार्ग में सूजन आ जाती है तथा श्लेष्मा ज्यादा मात्रा में एकत्रित होने के कारण यह मार्ग संकीर्ण हो जाता है। धूम्रपान करने से फेफड़ों के संक्रमण होने की संभावना ज्यादा हो जाती है। इसके कुछ लक्षण खाँसी, साँस लेने में तकलीफ आदि हैं। यह उस व्यक्ति और उसके परिवार जनों के स्वास्थ्य को स्थायी रूप से क्षति पहुँचाती है।

किसी के जीवन काल में एक फेफड़ा पूर्ण रूप से काम करना बन्द कर दे तो भी दूसरे से काम चल जाएगा ऐसा हमारे वृक्क के साथ भी है।

जैसा कि हम जानते हैं हमारे अंग तंत्रों में सम्पर्क है तथा ये आपसी समन्वय से कार्य करते हैं। चित्र–8 में ऐसा एक सम्पर्क का मार्ग हमारी श्वास नली और आहार नली में दर्शाया गया है।

- क्या आपने कभी इस सम्पर्क को महसूस किया है? कैसे?

  भोजन निगलते समय पल भर के लिए हमारी साँस रूक जाती है। एक क्रियाकलाप से आप इस बात की पुष्टि कर सकते हैं।



चित्र–8 : श्वसन तंत्र

क्रियाकलाप–5

एक पतले कागज की पट्टी को नाक के सामने रखें और साँस छोड़ते और लेते समय पट्टी की अवस्था को ध्यान से देखें। साँस लेते समय पट्टी नाक से चिपक रही होगी और साँस छोड़ते समय नाक से दूर जा रही होगी। आपकी साँस रूकी हो तो पट्टी पर कोई प्रभाव नहीं होता।

अब आप कोई भी खाने की चीज को गटकने की कोशिश करें।

- क्या खाना गटकते समय पट्टी पर कोई प्रभाव पड़ा? ऐसा क्यों हुआ होगा?
- कई बार खाना खाते समय या पानी पीते समय आपको ठसका क्यों लगता है?

आमतौर पर श्वास नली और आहार नाल के बीच का वाल्व साँस लेते समय खुला रहता है और भोजन गटकते समय वाल्व साँस नली को बन्द कर देता है। कभी जल्दी निगलते समय यह ठीक से बन्द नहीं हो पाता। गलती से खाना श्वास नली में चला भी जाए तो यहाँ की माँसपेशियों के संकुचन से आपको तेज़ खाँसी आती है जिससे यह गले से बाहर निकल सके।

साँस लेने की प्रक्रिया में नाक और मुँह से हवा अंदर जाती है और हवा ही बाहर निकलती है। बाहर निकलने वाली हवा का तापमान अपेक्षाकृत ज्यादा तथा उसमें ऑक्सीजन की मात्रा कम और कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा ज्यादा होती है। वातावरण और साँस की हवा में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा का तुलनात्मक अध्ययन के लिए चलिए एक क्रियाकलाप करते हैं।

क्या आप जानते हैं?

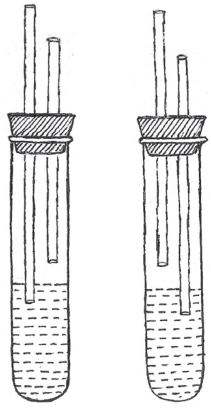
विश्राम करते हुए व्यक्ति के फेफड़ों में प्रति घंटा लगभग एक घन फुट बराबर ऑक्सीजन का उपयोग होता है। कड़ी मेहनत के दौरान यह मात्रा 10 गुना बढ़ सकती है। हमारे शरीर में जितनी ऑक्सीजन की खपत होती है उससे थोड़ी कम कार्बन डाइऑक्साइड बनती है, यह साँस से हमारे शरीर के बाहर निकल जाती है।

रक्त में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा सामान्य से बढ़ जाने तथा ऑक्सीजन की मात्रा घट जाने पर हम हाँफने लगते हैं और कार्बन डाइऑक्साइड कम होने तथा ऑक्सीजन बढ़ने पर हमारी साँस लेने की गति सामान्य हो जाती है।

क्रियाकलाप–6

दो काँच की परखनलियाँ, चूने का पानी, स्ट्रॉ/खाली रिफिल (आगे का हिस्सा कटा हुआ)/दो काँच की नली, दो छेदी रबर की कॉर्क, परखनली स्टेण्ड, घड़ी। दो परखनलियाँ लें व अ तथा ब नाम दें। दोनों परखनली में ताजा तैयार किया हुआ चूने का पानी डालें। अब परखनली अ में स्ट्रॉ की सहायता से मुँह द्वारा हवा छोड़ें। परखनली ब में मुँह से हवा खींचे।

उपरोक्त दोनों ही परिस्थितियों में चूने का पानी दूधिया हो जाता है। परखनली अ व ब में चूने का पानी दूधिया होने में लगे समय को नोट करें।



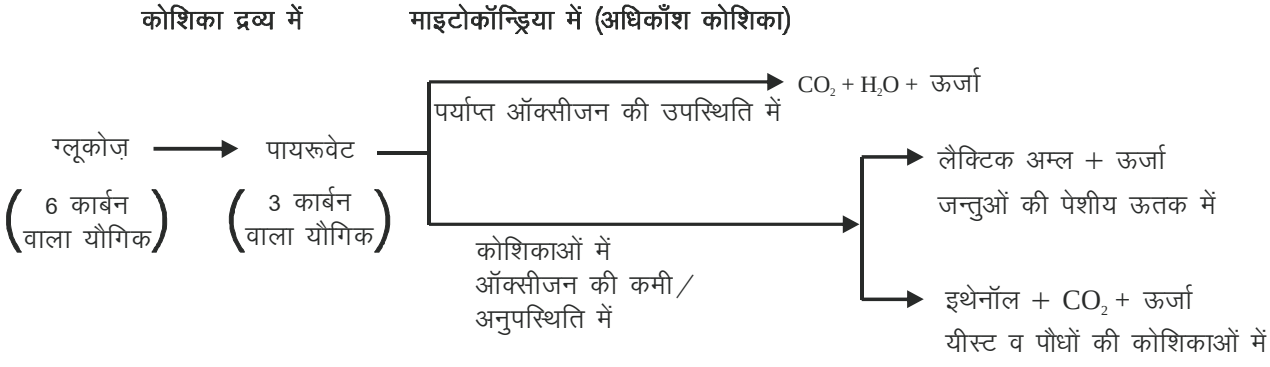
चित्र–9

- किस परखनली के चूने का पानी जल्दी दूधिया हो जाता है? ऐसा क्यों हुआ होगा?

आपने देखा होगा कि 'अ' परखनली में चूने का पानी जल्दी दूधिया हो जाता है अर्थात् हमारे साँस में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा हवा से अपेक्षाकृत ज्यादा है।

- यह अतिरिक्त कार्बन डाइऑक्साइड कहाँ से आई होगी?

इसके बारे में जानने के लिए हमें कोशिकाओं के स्तर पर होने वाली प्रक्रियाओं के बारे में जानना होगा। हमने पढ़ा है कि कोशिकाओं तक खाद्य पदार्थ (मुख्यतः कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, वसा, ग्लूकोज) एवं गैसें रक्त द्वारा पहुँचती हैं। इन सबसे ऊर्जा प्राप्त होती है। उदाहरण के लिए हम ग्लूकोज़ की बात करें तो कोशिकाओं में ग्लूकोज के अपघटन की प्रक्रिया ऑक्सीजन की उपस्थिति (अर्थात् ऑक्सीकरण द्वारा) या अनुपस्थिति में हो सकती है (चित्र–10 देखिए)। इससे ऊर्जा प्राप्त होती है। हमारे शरीर की अधिकाँश कोशिकाओं के माइटोकॉन्ड्रिया में ऑक्सीजन की उपस्थिति में ऊर्जा प्राप्त होती है। बहुत चलने या व्यायाम करने से हमारे पेशीय ऊतक की कोशिकाओं में आक्सीजन की अनुपस्थिति में ऊर्जा प्राप्त होती है। हमारे शरीर में ऊर्जा प्रमुख रूप से एडीनोसीन ट्राई फास्फेट (ATP) नामक पदार्थ के रूप में संचित होती है इसलिए इसे 'ऊर्जा मुद्रा' भी कहते हैं।



चित्र–10 : ग्लूकोज़ अपघटन के मार्ग

क्या आप जानते हैं?

किण्वन ऑक्सीजन की अनुपस्थिति (अर्थात् अवायवीय श्वसन) में होने वाली प्रक्रिया है। किण्वन का उपयोग औद्योगिक तौर पर विभिन्न कार्बनिक पदार्थों के बनाने में भी किया जाता है। इस क्रिया में ग्लूकोज़ अपघटित होकर विभिन्न कार्बनिक पदार्थों जैसे इथेनॉल, लैक्टिक अम्ल, एसीटिक अम्ल (सिरका) साइट्रिक अम्ल आदि में परिवर्तित होता है।

जीव जगत के तमाम प्राणी चाहे पौधे हों या जन्तु लगभग सभी में इन्हीं तरीकों से ग्लूकोज के अपघटन से ऊर्जा प्राप्त होती हैं। हवा के आदान–प्रदान से लेकर खाद्य पदार्थों मुख्यतः ग्लूकोज़ के अपघटन से ऊर्जा प्राप्त होने की तमाम प्रक्रियाएँ, श्वसन हैं।

हमारे शरीर में ग्लूकोज़ के अपघटन की प्रक्रिया में कुछ ऐसे पदार्थ बनते हैं जिनका निष्कासन जरूरी है।

- श्वसन की प्रक्रिया में कौन से पदार्थ बनते हैं जिनका निष्कासन ज़रूरी है?
- श्वसन की प्रक्रिया से बनने वाले ऐसे पदार्थों का निष्कासन कैसे होता है?
- श्वसन के अलावा और किस जैविक प्रक्रिया में ऐसे पदार्थ बनते हैं जिनका निष्कासन जरूरी है?

हमारे शरीर के जैविक क्रियाओं से कई ऐसे पदार्थ बनते हैं जिनका किसी न किसी प्रकार से निष्कासन होता है। उदाहरण के लिए साँस के ज़रिए अतिरिक्त कार्बन डाइऑक्साइड और पानी निकलता है। पसीने से अतिरिक्त लवण, पानी और मूत्र से मुख्य रूप से यूरिया, यूरिक अम्ल एवं पानी।

हमारे शरीर में मूत्र के बनने और उसकी मात्रा के नियंत्रण के लिए एक विशेष व्यवस्था है जिसे हम उत्सर्जन तंत्र कहते हैं।

7.2.9 उत्सर्जन तंत्र और उससे जुड़ी संरचनाएँ (Excretory system and structure related to it)

सामान्य वातावरणीय स्थिति में हमारे शरीर से एक दिन में लगभग 1.5 लीटर मूत्र निकलता है। यदि वातावरण गर्म और शुष्क हो तो आपने अनुभव किया होगा की मूत्र की मात्रा कम हो जाती है।

- ज्यादा पानी पीने से मूत्र पर क्या प्रभाव पड़ता है?
- क्या ज्यादा पसीना निकलने से आपका मूत्र भी ज्यादा होता है?

अधिक मात्रा में पानी पीने से हमें कई बार मूत्र त्यागना पड़ता है। पानी के अलावा मूत्र में कई अन्य अवयव भी होते हैं। अक्सर बीमार होने पर डाक्टर मूत्र और रक्त के अवयवों की जाँच करवाने को लिख देते हैं।

क्रियाकलाप–7

आइए हम एक व्यक्ति के जाँच रिपोर्ट के कुछ आंकड़ों का अवलोकन करके उसके रक्त और मूत्र के कुछ अवयवों की तुलना करते हैं।

सारणी–1 : रक्त और मूत्र की तुलनात्मक अध्ययन हेतु कुछ आँकड़े

अवयव	रक्त में		मूत्र में	
	परिणाम	सामान्य सीमा	परिणाम	सामान्य सीमा
ग्लूकोज़	82mg/dl*	70-100 mg/dl	65 mg/dl	50-80 mg/dl
यूरिया	29 mg/dl	15-40 mg/dl	35mg/day	20-30 mg/day
यूरिक अम्ल	7.5mg/dl	3.0-5.0 mg/dl	800mg/day	600 mg/day
कुल प्रोटीन	7.2 g/dl	6.0-7.5 g/dl	0.9g/day	<0.1g/day

*खाना खाए बिना लिया हुआ आँकड़ा

mg/dl–मिलिग्राम/डेसिलीटर

g/dl–ग्राम/डेसिलीटर

- रिपोर्ट देखकर बताइए कि उपरोक्त व्यक्ति के मूत्र में किन अवयवों की मात्रा सामान्य मात्रा से अधिक है?
- रक्त में कौन से अवयव की मात्रा सामान्य मात्रा से अधिक है?
- क्या मूत्र में भी ऐसा ही है?

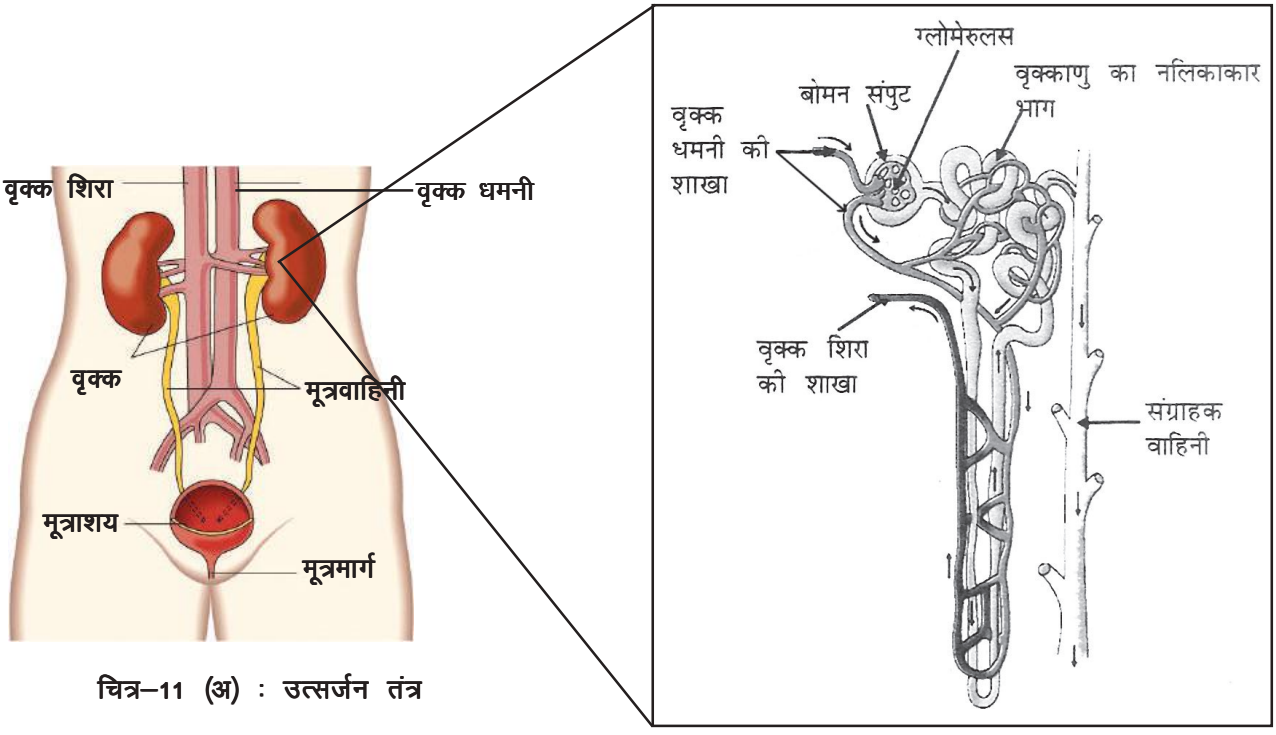
मूत्र में पाए जाने वाले अवयवों की मात्रा ग्रहण किए गए भोजन के प्रकार और उसकी मात्रा पर निर्भर करती है।

प्रत्येक दिन हमारे शरीर में भोजन से सम्बन्धित कई जैविक प्रक्रियाएँ चलती हैं जिनमें कई पदार्थों का निर्माण व अपघटन होता रहता है। इन पदार्थों में से नाइट्रोजनी पदार्थ जैसे प्रोटीन के अपघटन से बने मुख्य रूप से यूरिया व यूरिक अम्ल हमारे उत्सर्जन तंत्र से ही शरीर से बाहर निकलते हैं।

हमारे शरीर में उत्सर्जन तंत्र के मुख्य अंग एक जोड़ी वृक्क (kidney) है। ये सेम के बीज की आकृति के और भूरे लाल रंग के होते हैं। ये पीठ की तरफ रीढ़ की हड्डी के अगल–बगल स्थित होते हैं। चित्र देखकर बताएँ कि उत्सर्जन तंत्र में और कौन–कौन से अंग दर्शाए गए हैं? पूरे शरीर से होता हुआ रक्त हृदय में और हृदय से धमनियों द्वारा दोनों वृक्क में पहुँचता है। शिरा द्वारा रक्त वृक्क से बाहर निकलता है। अगर हम धमनी और शिरा के रक्त में पाए जाने वाले अवयवों की कुल मात्रा का अध्ययन करें तो पायेंगे की शिरा में अवयवों की मात्रा कुछ कम होती है। जैसे धमनी में यूरिया की मात्रा बहुत ज्यादा होती है, शिरा में नहीं के बराबर होती है।

क्या आप जानते हैं?

एक वयस्क व्यक्ति में एक दिन में लगभग 170 लीटर रक्त वृक्क से होकर गुजरता है जिसमें से लगभग 1.5 लीटर मूत्र ही बनता है। शेष द्रव का अधिकाँश भाग पुनः रक्त वाहिनियों में अवशोषित होकर रक्त में बहता है।



चित्र–11 (अ) : उत्सर्जन तंत्र

(ब) वृक्काणु

7.2.10 उत्सर्जन अंग की इकाई 'नेफ्रॉन' की संरचना व कार्य [Structure and function of Nephron:(unit of excretory system)]

हमने पढ़ा है कि फेफड़ों में केशिकाओं के आरपार गैसीय आदान–प्रदान होता है। इसी प्रकार हमारे वृक्क में कुछ बारीक नलियाँ हैं जिनके आस–पास केशिकाओं के आरपार कई पदार्थों का निष्कासन होता है। हर वृक्क में लाखों ऐसी नलियाँ हैं जिन्हें वृक्काणु (nephron) कहते हैं (चित्र–11 में देखिए)।

एक वृक्काणु का अगला सिरा कपनुमा आकृति का होता है। इसमें एक धमनी के केशिकाओं का गुच्छा होता है। यहाँ से धमनी वृक्काणु के अन्य भागों में फैली होती है। इन भागों में शिरा भी होती है। शिरा और धमनी के बीच केशिकाओं का जाल नली के आस–पास फैला होता है। रक्त में से यूरिया, कुछ लवण, पानी, कुछ प्रोटीनीय पदार्थ आदि रक्त वाहिनियों में से वृक्काणु के अग्र भाग में आ जाते हैं। जैसे–जैसे ये पदार्थ वृक्काणु के नली से आगे बढ़ता है, इनमें से कई पदार्थों का रक्त की नलियों में फिर से अवशोषण हो जाता है। कितने पदार्थ अवशोषित होंगे यह इस पर निर्भर करता है कि इनकी मात्रा रक्त में कितनी है। वृक्काणु में से बहकर निकलने वाला पदार्थ मूत्र है जो मूत्रवाहिनी से होता हुआ मूत्राशय में इकट्ठा होता है। मूत्राशय में मूत्र तब तक इकट्ठा रहता है जब तक कि इसमें दाब बढ़ न जाए। मूत्र मार्ग से होता हुआ मूत्र हमारे शरीर से बाहर निकल जाता है। मूत्राशय पेशीय ऊतक से बनी संरचना है और तंत्रिका तंत्र के नियंत्रण में है। अतः आमतौर पर मूत्र की निकासी पर ऐच्छिक रूप से नियंत्रण संभव है।

क्या आप जानते हैं?

कृत्रिम वृक्क : मनुष्य में वृक्क खराब हो जाएँ तो निष्कासित किये जाने वाले (वर्ज्य) पदार्थो की मात्रा शरीर के रक्त में सामान्य मात्रा से अधिक होने लगती है। ऐसी स्थिति में कृत्रिम रूप से शरीर से वर्ज्य पदार्थो को निकालने की व्यवस्था को कृत्रिम डॉयलिसिस (सामान्य रूप से हमारे शरीर में यही प्रक्रिया वृक्क से होती है) कहते है। इसके लिए एक शरीर के एक धमनी के रक्त को एक डायलाइजर मशीन (जो कृत्रिम वृक्क के रूप में काम करता है) में बहाया जाता है जिससे उसमें से वर्ज्य पदार्थ रक्त से अलग हो जाते हैं तथा रक्त को पुनः शरीर में शिरा द्वारा भेज दिया जाता है।

हमारे शरीर से जिन पदार्थों का निष्कासन होता है उनमें से कई पदार्थ अन्य जीवों के लिए आवश्यक हैं। हमने पहले भी पढ़ा था कि प्रकृति में पदार्थों का चक्र चलता रहता है जिसमें एक जीव के निष्कासित पदार्थ दूसरे के लिए पोषक पदार्थ होते हैं।

- मनुष्य तथा अन्य जन्तुओं के कौन से निष्कासित पदार्थ पौधों के लिए उपयोगी होंगे?
- पौधे इन पदार्थों का उपयोग किस प्रकार करते होंगे?

आइए, हम ये जानने का प्रयास करते हैं कि पौधे किन पदार्थों का उपयोग करके किन अन्य पदार्थों का निर्माण करने में सक्षम हैं। हम यह भी जानने का प्रयास करेंगे कि पौधों की कौन सी जैविक प्रक्रियाओं से ऐसे पदार्थों का निर्माण होता है जिन पर पूरा जन्तु जगत निर्भर है।

7.3 पौधों में जैविक प्रक्रियाएँ (Life process in plants)

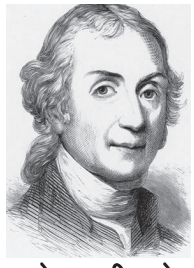
काफी लम्बे समय से लोग यह समझते रहे कि कई जैविक क्रियाएँ जो जन्तुओं में होती हैं, पौधों में नहीं होती। लोगों में यह धारणा थी कि सिर्फ मिट्टी से पौधों को जीवित रहने और बढ़ने के लिए सभी पदार्थ उपलब्ध हो जाते हैं। करीब 2000 साल पहले से अरस्तु की यही मान्यता थी। महज़ 400 साल पूर्व से किए गए प्रयोगों के नतीजों से हम आज पौधों में होने वाली जैविक क्रियाओं के बारे में बहुत कुछ जान पाए।

7.3.1 पोषण व श्वसन (Nutrition an Respiration)

फॉन हेल्मन्ट

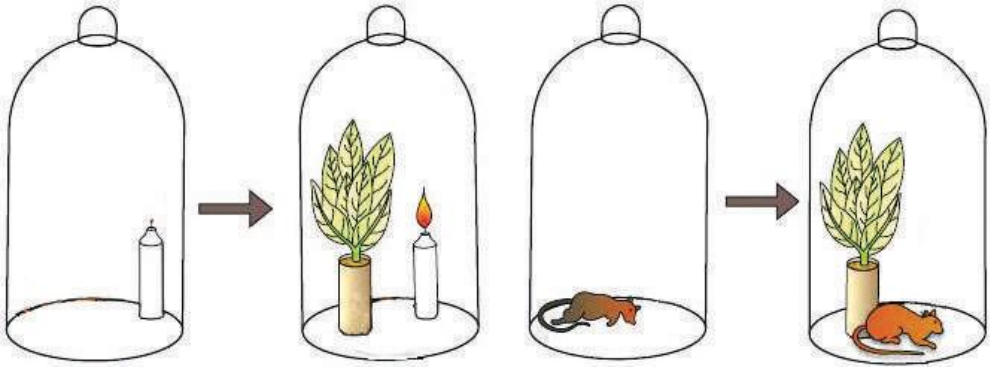
17वीं शताब्दी में फॉन हेल्मन्ट नामक एक वैज्ञानिक पौधों के पोषण और उसमें मिट्टी और पानी की भूमिका का अध्ययन कर रहे थे। लगभग 2 किलो के विलो (willow) के पौधे से उन्होंने अपना प्रयोग शुरु किया। उन्होंने वीलो के पौधे को एक गमले में लगा दिया। इस गमले की मिट्टी को प्रयोग शुरु करने से पहले ही तौल लिया। गमले को अच्छी तरह ढक कर रखा जिससे उसमें पानी के अलावा कोई अन्य चीज़ न जा सके। हेल्मन्ट नियमित रूप से नापे गए पानी से पौधे को सींचते रहे। 5 साल बाद उन्होंने गमले की मिट्टी और पौधे का वजन ज्ञात किया। उन्होंने पाया कि एक तरफ जहाँ पौधे का वजन लगभग 35 गुना बढ़ चुका था, गमले के वजन में महज़ 50 ग्राम का अंतर आया था। अतः उन्होंने यह निष्कर्ष निकाला कि पौधे मिट्टी से नहीं बल्कि पानी से बढ़ते हैं।

इस प्रयोग से एक तरफ जहाँ एक लम्बे समय तक चली आ रही धारणा टूटी कि पौधे अपना भोजन मिट्टी से लेते हैं, वहीं दूसरी ओर पौधे के पोषण में पानी की भूमिका के बारे में पता चला। इसमें हेल्मन्ट हवा की भूमिका को नज़रअंदाज़ कर गए। दरअसल उन दिनों हवा पर अध्ययन शुरु ही हुआ था और इसमें पाए जाने वाले गैसों के बारे में खोज चल रही थी। पौधे के पोषण में गैस की भूमिका के बारे में इसके लगभग 100 साल बाद पता चला।



जोसफ प्रीस्टले

जोसफ प्रीस्टले नामक एक वैज्ञानिक ने हवा में एक गैस को खोजा था जिसमें चीज़ें बहुत तेज़ी से जलती थीं। हवा के अवयवों तथा उन पर पौधों और जन्तुओं की भूमिका के संदर्भ में प्रीस्टले अपना प्रयोग कर रहे थे। उनके प्रयोग का विवरण चित्र–12 में दर्शाया गया है।



(अ) (ब) (स) (द)

चित्र–12 : प्रीस्टले व उनका प्रयोग

- चित्र देखकर बताइए कि अ, ब, स एवं द परिस्थितियों में प्रीस्टले के क्या अवलोकन रहे होंगे?
- प्रीस्टले के प्रयोग में 'ब' एवं 'द' परिस्थिति में क्रमशः मोमबत्ती जलती रही व चूहा जिन्दा रहा। ऐसा क्यों?

प्रीस्टले ने पाया कि 'अ' एवं 'स' परिस्थितियों में क्रमशः कुछ समय बाद मोमबत्ती बुझ गई व चूहा मर गया। 'ब' व 'द' परिस्थितियों में पौधे के कारण मोमबत्ती जलती रही और चूहा भी जिन्दा रहा। इससे प्रीस्टले ने निष्कर्ष निकाला कि जन्तुओं के साँस लेने व मोमबत्ती के जलने से हवा के जिस अवयव का उपयोग होता है पौधे उसी अवयव को बनाते हैं। इस अवयव के खोज के कई साल बाद इसका नाम 'ऑक्सीजन' रखा गया।

लोगों को यह तसल्ली हुई कि जब तक पृथ्वी पर पौधे होंगे तब तक हवा में ऑक्सीजन कभी खत्म नहीं होगी। पर सवाल यह था कि आखिर पौधों में ऐसा क्या होता है कि वे ऑक्सीजन बनाने में सक्षम हैं?

हमने श्वसन की प्रक्रिया के बारे में पढ़ा है कि जब कोशिकाओं में ऑक्सीजन की ग्लूकोज़ के साथ क्रिया होती है, तब कार्बन डाइऑक्साइड और पानी के बनने के साथ–साथ ऊर्जा निकलती है। वैज्ञानिकों के मन में यह सवाल था कि अगर कार्बन डाइऑक्साइड और पानी की क्रिया करवाई जाए तो क्या होगा?

वैज्ञानिकों ने यह पाया कि पौधों में दिन रात चलने वाली श्वसन की प्रक्रिया के अलावा एक और प्रक्रिया चलती है जो सिर्फ दिन में चलती है। इस प्रक्रिया में ऑक्सीजन गैस के बनने व कार्बनिक पदार्थों के निर्माण के लिए ऊर्जा का उपयोग होता है। अगर पौधे ऑक्सीजन बनाते हैं तो उन्हें कहीं न कहीं से ऊर्जा ज़रूर मिलती होगी।

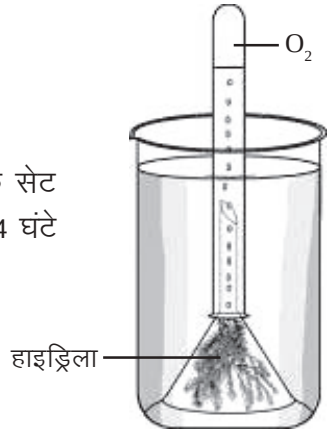
- पौधों को ऊर्जा कहाँ से मिलती है?

18वीं सदी में जे. इंगिनहाउस नामक एक वैज्ञानिक ने एक प्रयोग के ज़रिए इसका उत्तर खोजा था। आइए, इस प्रयोग को हम भी करके देखें।

क्रियाकलाप–8

इस क्रियाकलाप को करने के लिए आपको दो बीकर, दो कीप, दो परखनलियाँ, हाइड्रिला का पौधा, काला कागज़, एक बाल्टी पानी की ज़रूरत होगी।

हाइड्रिला समेत उपकरण, चित्र के अनुसार जमा लें। ऐसे दो उपकरण के सेट जमाएँ। एक सेट को धूप में और एक सेट को काले कागज़ से ढक कर छाँव में 3–4 घंटे के लिए रख दें। समय–समय पर अवलोकन करते रहें। काला कागज इस प्रकार ढकें कि उपकरण पर किसी भी तरफ से प्रकाश न पड़े।



चित्र–13 : उपकरण चित्र हाइड्रिला समेत

धूप में रखे हुए उपकरण में आधा परखनली भर गैस इकट्ठा हो जाए तो पूरे उपकरण को बाल्टी भर पानी में रखते हुए परखनली को कीप के ऊपर से हटा लें व अपने अंगूठे से उसके मुँह को ढक दें। अब परखनली को सीधी करके अंगूठा हटाकर उसमें तुरन्त सुलगती हुई अगरबत्ती डालकर गैस का परीक्षण कीजिए।

- क्या अगरबत्ती तेज़ी से जल उठी?
- ऐसा क्यों हुआ होगा?
- परखनली में कौन सी गैस इकट्ठी हुई? (याद कीजिए आपने इस प्रकार पिछली कक्षाओं में कौन सी गैस का परीक्षण किया था)
- किस उपकरण सेट में ज्यादा गैस इकट्ठी हुई और क्यों?

हमने इस प्रयोग में पाया कि धूप में रखने से हाइड्रिला पौधे ऑक्सीजन गैस छोड़ते हैं। ऐसा ही इंगिनहाउस ने भी पाया था। आगे चलकर वैज्ञानिकों ने यह भी पाया कि धूप में पौधों में कुछ जटिल पदार्थ जैसे स्टार्च, ग्लूकोज़ आदि भी बनते हैं।

धूप में ऊर्जा होती है और इसी ऊर्जा का उपयोग कर पेड़–पौधे ऑक्सीजन गैस व कुछ जटिल पदार्थ (जैसे ग्लूकोज़, मंड आदि) बनाते हैं। सरल पदार्थों से जटिल पदार्थों के निर्माण को वैज्ञानिक 'संश्लेषण' (एक साथ लाना) कहते हैं। जब सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में संश्लेषण की प्रक्रिया सम्पन्न होती है तो इसे प्रकाश संश्लेषण कहा जाता है।

प्रकाश संश्लेषण पृथ्वी पर होने वाली सबसे महत्वपूर्ण प्रक्रिया है। उसी से लगभग सारे भोजन और ऑक्सीजन का निर्माण होता है जो मनुष्य समेत लगभग सभी सजीवों के लिए अनिवार्य है। अधिकाँश भोज्य पदार्थ कार्बनिक पदार्थ होते हैं। प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया में बनने वाला कार्बनिक पदार्थ मुख्य रूप से ग्लूकोज होता है।

- पानी से तो केवल ऑक्सीजन और हाइड्रोजन ही मिलती है तो कार्बनिक पदार्थ ग्लूकोज़ के लिए कार्बन अणु कहाँ से उपलब्ध होते हैं?

इस सवाल का जवाब 18वीं सदी के अन्त तथा 19वीं सदी के शुरुआत में किए गए प्रयोग से प्राप्त हुआ। वैज्ञानिक तब यह दर्शा पाए कि पौधों में कार्बनिक पदार्थ मुख्यतः कार्बन और पानी से बना होता है एवं कार्बन का स्रोत हवा का एक अवयव 'कार्बन डाइऑक्साइड' गैस है।

इस प्रकार प्रकाश संश्लेषण की रासायनिक अभिक्रियाओं को लिखा जाए तो हमें निम्नलिखित समीकरण प्राप्त होगा–

कार्बन डाइऑक्साइड + पानी + प्रकाश ऊर्जा → भोजन + ऑक्सीजन

$nCO_2 + nH_2O$ + प्रकाश ऊर्जा $\rightarrow C_n(H_2O)_n + nO_2$

- 'n' का मान 6 हुआ तो यह समीकरण क्या होगा तथा भोजन के रूप में कौन सा कार्बनिक पदार्थ बन रहा है?

सभी सजीवों में दिन रात चलने वाली श्वसन की प्रक्रिया का समीकरण हमने इस अध्याय में पहले भी पढ़ा था। प्रकाश संश्लेषण और श्वसन के समीकरणों की तुलना करें तो हम पाएंगे कि ये एक दूसरे के विपरीत दिशा में चलती हैं। एक में प्रकाश ऊर्जा रासायनिक ऊर्जा में बदलती है और कार्बन डाइऑक्साइड व पानी से मुख्य रूप से ग्लूकोज़ बनता है। दूसरे में ग्लूकोज़ के अपघटन से कार्बन डाइऑक्साइड व पानी बनता है और इसमें रासायनिक ऊर्जा अन्य प्रकार के ऊर्जा में बदलती है। जिसका उपयोग सजीव अपने जैविक क्रियाओं के संचालन में करते हैं।

हम यह जानते हैं कि श्वसन की प्रक्रिया सभी सजीव कोशिकाओं में निरंतर चलती रहती है।

- क्या प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया पौधों की सभी कोशिकाओं में होती है?

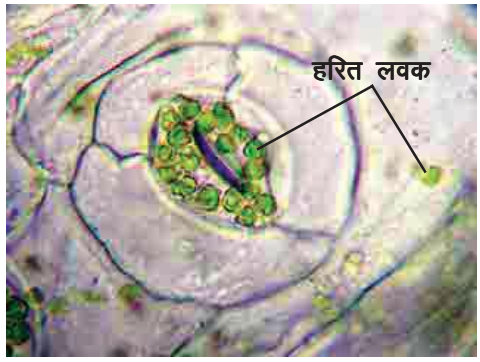
19वीं सदी से ही इस दिशा में शोध शुरु हो गया था और वैज्ञानिकों ने पाया कि पौधों के सिर्फ उन्हीं ऊतकों की कोशिकाओं में प्रकाश संश्लेषण होता है जिनमें हरित लवक होते हैं। हरित लवकों के हरे पदार्थ को इसी दौरान 'क्लोरोफिल' यानि पर्णहरिम कहा गया। 20वीं सदी में इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की खोज के पश्चात् पौधों के हरित लवक के अन्दर के उन भागों का भी अवलोकन किया गया जहाँ प्रकाश संश्लेषण की रासायनिक अभिक्रियाएँ होती हैं। वैज्ञानिकों ने अभिरंजक तकनीकों की मदद से ये भी पाया कि प्रकाश संश्लेषण के दौरान पानी के अणुओं से ऑक्सीजन मुक्त होती है और ये प्रकाश की उपस्थिति में ही होती है। जितने पानी के अणुओं की जरूरत होती है उनमें से लगभग आधे अणु प्रकाश संश्लेषण के प्रक्रिया के अंत में निकल जाते हैं। प्रकाश संश्लेषण द्वारा ग्लूकोज़ बनने की रासायनिक अभिक्रिया को हम निम्नलिखित समीकरण द्वारा दर्शा सकते हैं–

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{सूर्य का प्रकाश (प्रकाश ऊर्जा)}]{\text{पर्णहरिम}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

आप भी हरित लवक को देख सकते हैं–

क्रियाकलाप–9

इस क्रियाकलाप के लिए आपको रियो की पत्ती या किसी शैवाल, एक सूक्ष्मदर्शी, स्लाइड, कवरस्लिप, आलपिन की जरूरत होगी।



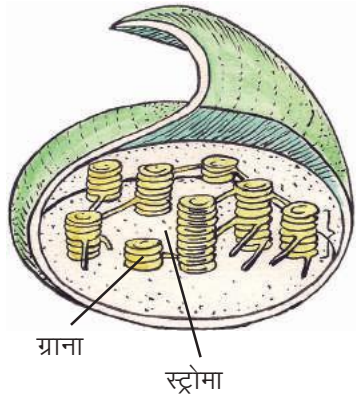
चित्र–14 : रियो के रंध्रों की द्वार कोशिकाओं में हरित लवक

रियो की पत्ती के ऊपरी सतह की एक बारीक परत निकाल लें। इसकी स्लाइड बनाकर इसमें रंध्रों को देखने की कोशिश कीजिए। रंध्र के दीवार की सेम के बीज के आकार की कोशिकाओं को ध्यान से देखें इसमें हरा भाग दिखेगा। अब रंध्र को सूक्ष्मदर्शी के उच्च आवर्धन में देखें। रंध्र के दीवार की कोशिकाओं का हरा अंग हरित लवक है। यही किसी शैवाल में देखना होता तो आलपिन की नोक से शैवाल का एक धागानुमा संरचना अलग कर लें। इस धागेनुमा संरचना को सूक्ष्मदर्शी में देखें तो धागों के गुच्छे सा नज़र आता है। इनमें हरा अंग दिखता है। यही हरित लवक है। अपने अवलोकन का चित्र ज़रूर बनाएँ।

- प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया के लिए पौधों को किन पदार्थों की ज़रूरत होती है?
- पौधों के हरित लवक तक ये पदार्थ कैसे पहुँचते होंगे?

क्या आप जानते हैं?

हरित लवक का व्यास किसी माइटोकॉन्ड्रिया से लगभग दुगुना होता है। हरित लवक दोहरी झिल्लीयुक्त संरचनाएँ होती हैं। दोनों झिल्ली के अलावा एक और झिल्ली पायी जाती है जिससे थैली जैसी संरचना संगठित होती है जिसे थायलकॉइड कहते हैं। थायलकॉइड सिक्कों के चट्टों की भांति ढेर के रूप में मिलते हैं, जिन्हें ग्रेना कहते हैं। झिल्लियों के बीच भरे पदार्थ को स्ट्रोमा कहते हैं।

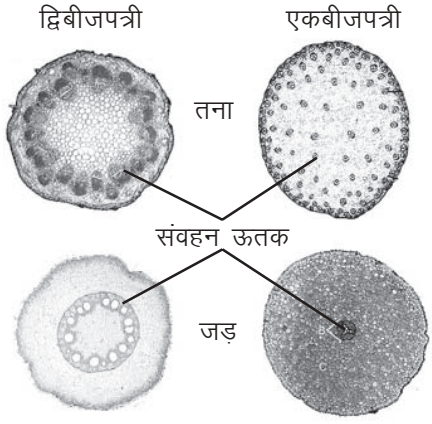


जूलीयस वोन सेक्स ने पहली बार 19वीं सदी में अपने प्रयोगों के माध्यम से दर्शाया कि हरे पत्तियों में स्टार्च के कण प्रकाश संश्लेषण की क्रिया के फलस्वरूप बनते हैं। उन्होंने यह भी दर्शाया कि प्रकाश संश्लेषण के लिए आवश्यक रंजक पर्णहरित लवकों में पाए जाते हैं। इनके ग्रेना में प्रकाश संश्लेषण की प्रकाश आधारित क्रियाएँ होती हैं जिनसे पानी का अपघटन होकर ऑक्सीजन गैस बनती है। इसके स्ट्रोमा में अन्य प्रक्रियाएँ होती हैं जिनसे मुख्य रूप से कार्बनिक पदार्थों का संश्लेषण होता है। हरित लवक में शर्कराओं (जैसे ग्लूकोज़) के अलावा अमीनो अम्ल, वसीय अम्ल आदि भी संश्लेषित होते हैं। साथ ही ये पौधों की प्रतिरक्षा प्रणाली में अहम भूमिका निभाते हैं।

कक्षा 9वीं में हमने पढ़ा कि हरित लवक पौधे की कोशिकाओं में सहजीविता से बना अंग है। पौधे की कोशिकाएँ इनका निर्माण नहीं कर पाती हैं और आनुवंशिक रूप से ये एक जनक कोशिका या जनक पौधे से संतान तक पहुँचते हैं। पौधों के बीज में इनके आनुवंशिक पदार्थ पाए जाते हैं।

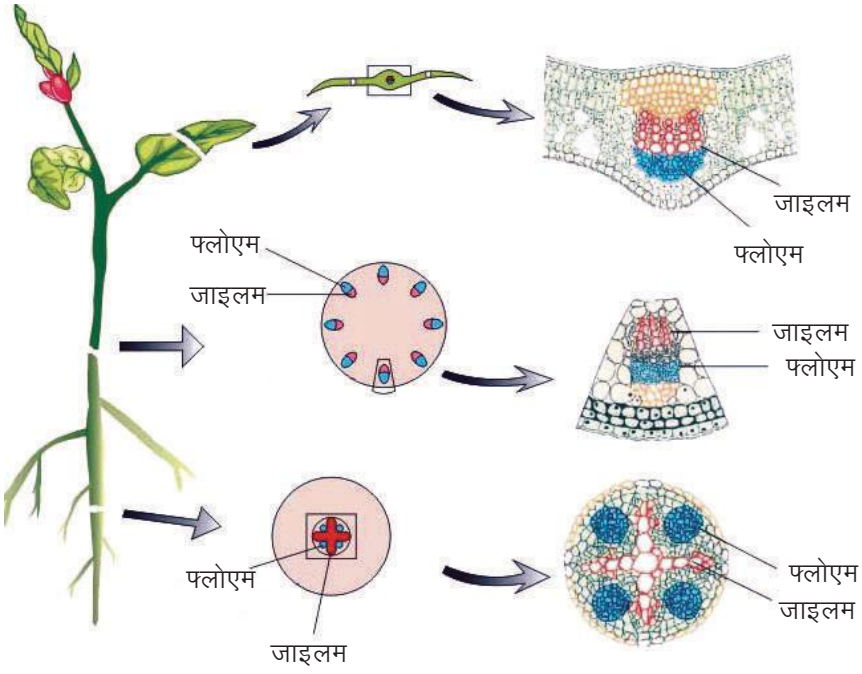
7.3.2 परिवहन तंत्र से जुड़ी संरचनाएँ व उनका कार्य (Structure and function related to transport system)

जैसा कि हमने पहले भी ज़िक्र किया था कि सभी जीवों के शरीर में जैविक प्रक्रियाओं के लिए जरूरी पदार्थों एवं जैविक प्रक्रियाओं से उत्पन्न उत्सर्जी पदार्थों का परिवहन होता है। मनुष्य के शरीर के रक्त वाहिनियों के बारे में हम जानते हैं। इसी प्रकार पौधों में विभिन्न प्रकार की नलियों की व्यवस्थाएँ हैं। पुष्पीय पौधों में हम इन नलियों की विशेष व्यवस्थाओं का अवलोकन कर सकते हैं। पिछले साल हमने पढ़ा था कि पौधों में जाइलम व फ्लोएम नामक ऊतक होते हैं जिनसे मुख्य रूप से विभिन्न प्रकार के पदार्थों का परिवहन होता है। पौधों के परिवहन सम्बन्धी ऊतक अर्थात् संवहन ऊतक जड़ों में अंदर की तरफ होते हैं तथा तनों में बाहर की तरफ। अधिकाँश द्विबीजपत्री पौधों में परिवहन सम्बन्धी ऊतक तने व जड़ में विशेष घेरों में पाए जाते हैं। एकबीजपत्री पौधों में यह पूरे जड़ या तने में बिखरे हुए नज़र आते हैं (चित्र–15 अ देखिए)।



चित्र–15 (अ) : एकबीजपत्री व द्विबीजपत्री पौधों में संवहन ऊतक की स्थिति

जड़ और तने के अलावा पत्तियों, फूलों, फलों आदि में भी परिवहन सम्बन्धी ऊतक पाए जाते हैं। जड़ से पानी में घुलकर कई प्रकार के लवण व नाइट्रोजनी पदार्थ जाइलम द्वारा पौधों के अन्य भागों तक पहुँचते हैं। जाइलम में पदार्थों के परिवहन कई प्रकार से होते हैं। एक तो जड़ की कोशिकाओं की तुलना में मिट्टी में पानी ज्यादा होने से परासरण द्वारा पानी जड़ों की कोशिकाओं में आ जाता है। आमतौर पर पौधों के रंध्र व पत्तियों की सतह से 'वाष्पोत्सर्जन' द्वारा कई पौधों से काफी मात्रा में पानी बाहर निकल जाता है। इनमें वाष्पोत्सर्जन के कारण जाइलम की नलियों में अवकाश होने से खिंचाव बढ़ता है व पानी बहुत जल्दी जड़ से अन्य भागों तक पहुँचता है। फ्लोएम ऊतक की अधिकाँश कोशिकाएँ जीवित हैं और उनके जरिए पानी में घुलित अन्य पदार्थ जैसे शर्कराएँ, अमीनो अम्ल आदि का परिवहन कई बार जीवित कोशिकाओं से ऊर्जा की मदद से होता है।



चित्र–15 (ब) : पौधों के अलग–अलग अंगों में संवहन ऊतक की स्थिति

7.3.3 अपशिष्ट पदार्थों का प्रबन्धन (Excretory product and their management)

पौधों में ज्यादातर पदार्थों का उपयोग किसी न किसी तरीके से हो जाता है। कुछ पदार्थ ऑक्सीजन, कार्बन डाइऑक्साइड तथा पानी पौधे की सतह के रंध्रों या अन्तर्कोशिकीय अवकाश से विसरण द्वारा निकल जाते हैं।

- क्या पौधों को इन पदार्थों की जरूरत होती है? यदि हाँ तो ये क्यों निकल जाते हैं?

दिन के समय प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया द्वारा बनी अतिरिक्त ऑक्सीजन (जो श्वसन में उपयोगी नहीं होती) रन्ध्रों के द्वारा निकल जाती है। जबकि श्वसन में बनी कार्बन डाइऑक्साइड का उपयोग प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया में किया जाता है। परन्तु रात में जैसे–जैसे प्रकाश संश्लेषण की दर कम होती जाती है तब अतिरिक्त कार्बन डाइऑक्साइड रन्ध्रों के द्वारा बाहर निकलती है।

वाष्पोत्सर्जन के द्वारा पौधों के विभिन्न भागों जैसे पत्तियाँ, तना या फल से अतिरिक्त पानी तथा कुछ अन्य पदार्थ निकलते हैं। इनके अलावा पौधों में अधिकाँश कार्बनिक पदार्थ जिनका निष्कासन जरूरी है मृत ऊतकों में संचित हो जाता है। समय–समय पर गिरने वाले पत्तों, फूलों तथा छाल के द्वारा इनका निष्कासन हो जाता है। बहुत से खनिज लवण भी पौधों के मृत ऊतक में जमा हो जाते है। ये अक्सर कोशिका रिक्तिका में संचित रहते हैं जो समय–समय पर पौधों के शरीर से बाहर कर दिए जाते हैं। कुछ पदार्थ जल द्वारा मिट्टी से निकल जाते हैं। जलीय पौधे से ऐसे पदार्थ सीधे पानी में निकल जाते हैं।

क्या आप जानते हैं?

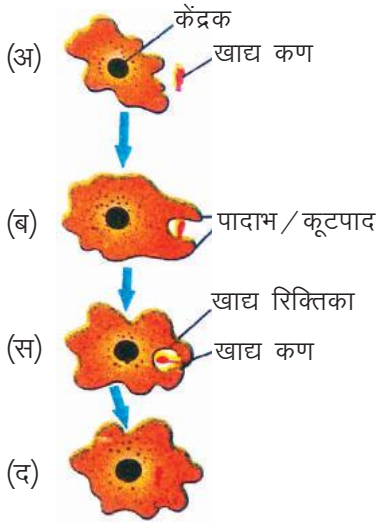
पौधों के कुछ पदार्थ जैसे लेटेक्स, गोंद, रेजिन, टेनिन और एल्केलॉयड जिनको सामान्य तौर पर अपशिष्ट पदार्थ कहा जाता है परंतु अधिकाँश पौधों में ये पदार्थ उनकी प्रतिरक्षा में सहायक होते हैं। इन पदार्थों को हम अपने लिए भी उपयोग में लाते हैं, उदाहरण– रबर के पौधे के लेटेक्स से हम रबर बनाते हैं।

तटीय क्षेत्र में उगने वाले एक विशेष प्रकार के पौधे के समूह जिन्हें 'मेंग्रूव' कहा जाता है, उनकी पत्तियों के आधार पर नमक ग्रंथियाँ होती हैं। जड़ द्वारा अवशोषित नमक इन ग्रंथियों के द्वारा पत्ती की सतह से निकल जाता है।

7.4 एक कोशिकीय जीवों में जैविक प्रक्रियाएँ

चित्र–17 में अमीबा में पोषण की प्रक्रिया को दर्शाया गया है। हमने पढ़ा है कि एक कोशिकीय जीवों का शरीर पर्यावरण के सीधे सम्पर्क में होता है। अतः भोजन, गैसीय आदान–प्रदान व अपशिष्ट पदार्थों का उत्सर्जन शरीर की पूरी सतह या उसके किसी विशिष्ट भाग से होता है। इनकी जैविक प्रक्रियाएँ कोशिकांगों के द्वारा सम्पन्न होती हैं।

HX1ELY



चित्र–16 : अमीबा में पोषण

मुख्य शब्द (Keywords)

एन्जाइम, क्रमानुकुंचन, दीर्घरोम, कूपिकाएँ, दोहरा परिपथ, दोहरा परिसंचरण, प्रकाश संश्लेषण

हमने सीखा

1. मनुष्य के पाचन तंत्र में आहार नली और पाचक ग्रंथियाँ पाई जाती हैं।
2. मनुष्य की आहार नली में पाए जाने वाले अंग हैं– मुख, ग्रसनी, ग्रसिका, आमाशय, छोटी आँत, बड़ी आँत और मलद्वार।
3. श्वसन की क्रिया में ग्रहण की गई ऑक्सीजन से भोजन का ऑक्सीकरण होता है। ऑक्सीकरण से कार्बन डाइऑक्साइड, पानी बनता है और ऊर्जा मुक्त होती है। यह ऊर्जा एडीनोसीन ट्राइ फास्फेट में संग्रहित होती है।
4. एडीनोसीन ट्राइ फास्फेट को ऊर्जा मुद्रा कहा जाता है।
5. मनुष्य के उत्सर्जन तंत्र में एक जोड़ी वृक्क (Kidney), एक जोड़ी मूत्रनलिकाएँ (Ureter), मूत्राशय (Urinary bladder), एवं मूत्र मार्ग (Urethra) होते हैं।
6. मनुष्य के परिवहन तंत्र में मुख्य रूप से हृदय एवं रक्त वाहिनियाँ (धमनी और शिरा) पाए जाते हैं।
7. धमनियाँ मुख्य रूप से ऑक्सीजन जनित रक्त एवं शिराएँ मुख्य रूप से ऑक्सीजन विहीन रक्त का परिवहन करती हैं।
8. पौधे प्रकाश संश्लेषण द्वारा सौर ऊर्जा को खाद्य पदार्थों के रूप में रासायनिक ऊर्जा में संग्रहित करते हैं। ये जीव जगत के लिए प्रथम पोषक स्तर हैं।
9. पौधे में होने वाली प्रकाश संश्लेषण हरित लवकों में होती है।
10. प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया में कार्बनिक पदार्थ जैसे शर्कराएँ, मंड आदि का निर्माण होता है तथा ऑक्सीजन गैस वातावरण में निकलती है। इस पर पूरा जन्तु जगत निर्भर है।
11. पौधों में संवहन ऊतक पाए जाते हैं जिनका फैलाव पौधों के जड़, पत्ती, तना, फूल, फल आदि तक होता है। ये ऊतक मुख्य रूप से जाइलम और फ्लोएम हैं।
12. कुछ अपशिष्ट पदार्थ पौधों से गिरने वाली पत्तियों से निकल जाते हैं। कुछ में अपशिष्ट पदार्थ कोशिका रिक्तका में संचित रहते हैं जो समय समय पर पौधों के शरीर से बाहर कर दिए जाते हैं।
13. पौधों में गैसीय आदान–प्रदान मुख्यतः रन्ध्रों के माध्यम से होता है।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनें–

(i) आमाशय की आँतरिक झिल्ली HCI अम्ल से सुरक्षित रहती है जिसका कारण है–

(अ) पेप्सिन (ब) श्लेष्मा

(स) लार के एमाइलेज के कारण (द) इनमें से कोई नहीं

(ii) श्वसन के दौरान गैसों का आदान प्रदान होता है–

(अ) श्वास नली व आहार नली में (ब) फेफड़ों की कूपिकाओं व रक्त केशिकाओं में

(स) वायु कूपिका व श्वास नलियों में (द) श्वास नली व श्वसनी में

(iii) मनुष्य के शरीर में फेफड़ों से ऑक्सीजन युक्त रक्त का परिवहन निम्न में से किसके द्वारा होता है:–

(अ) फुफ्फुस धमनी (ब) फुफ्फुस शिरा

(स) श्वसनी (द) इनमें से कोई नहीं

(iv) वृक्क की इकाई है–

(अ) नेफ्रॉन (ब) बोमन सम्पुट

(स) मूत्र नलिका (द) मूत्राशय

(v) निम्नलिखित में से वह प्रक्रिया जो प्रकाश संश्लेषण के दौरान नहीं होती है:–

(अ) प्रकाश ऊर्जा का रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तन

(ब) कार्बन डाइऑक्साइड का कार्बोहाइड्रेट में बदलना

(स) कार्बन का कार्बन डाइऑक्साइड में बदलना

(द) इस प्रक्रिया में ऑक्सीजन गैस निकलती है

2. शिरा, धमनी से किस प्रकार अलग है?

3. ऑक्सीजन की उपस्थिति व अनुपस्थिति में होने वाली श्वसन की प्रक्रियाओं में अन्तर स्पष्ट कीजिए।

4. उत्पादकों और उपभोक्ताओं के ऊर्जा स्रोतों में क्या अन्तर है? स्पष्ट कीजिए।

5. भोजन के आधार पर पौधे व जन्तुओं का आपस में क्या संबंध है?

6. मनुष्य में मूत्र का निर्माण तथा उसका निष्कासन क्यों आवश्यक है?

7. पौधों के जाइलम एवं फ्लोएम के द्वारा परिवहन करने वाले पदार्थों में अन्तर बताइए?

8. आमाशय में स्रावित HCl का कार्य बताइए।

9. अपने स्कूल या परिवेश के किसी पौधे की कुछ टहनियों को एक पॉलिथीन से करीब 3–4 घंटे तक ढक कर रखिये। उसके बाद उस पॉलिथीन में जमा हुए पानी को मापिए। अब क्या आप उस पूरे पौधे द्वारा 3–4 घंटे में वाष्पोत्सर्जित पानी की मात्रा बता सकते हैं? यदि हाँ क्यों और नहीं तो क्यों?

10. वाष्पोत्सर्जन आधारित कई प्रयोग समय–समय में खेती के संदर्भ में किए जाते हैं। एक पौधे पर निम्नलिखित तरीके से प्रयोग किया गया। प्रयोग में अरहर के पौधों की चार पत्तियों पर वेसलीन लगाया गया। सारणी देखकर बताइए कि पत्ती के किस सतह से अधिकतम वाष्पोत्सर्जन हुआ है।

सारणीः वाष्पोत्सर्जन से पत्ती के वजन में कमी

पत्ती क्रमांक	वेसलीन लगाई हुई सतह	पत्ती के वजन में कमी (प्रतिशत में)
1.	किसी भी सतह में वेसलीन नहीं	40%
2.	दोनों सतहों पर	2%
3.	ऊपरी सतह पर	36%
4.	निचली सतह पर	4%

- इस पत्ती में किस सतह पर रंध्र ज्यादा होंगे?
- पौधे से ज्यादा मात्रा में पानी निकल जाए तो क्या होगा?
- पौधे से पानी नहीं निकल पाया तो पौधे को क्या नुकसान होगा?

11. हृदय से रक्त का बहाव एक साथ दो परिपथों से किस प्रकार होता है? समझाइए।

परिशिष्ट

वसा परीक्षण

जिस पदार्थ का परीक्षण करना है उसकी थोड़ी सी मात्रा लेकर एक कागज के टुकड़े पर हल्के से रगड़ लें। इसे कुछ देर तक सूखने दें। यदि कागज चिकना और अल्प–पारदर्शक हो जाए तो उस पदार्थ में वसा (चर्बी) है।

प्रोटीन परीक्षण

जिस पदार्थ का परीक्षण करना हो उसकी 10 बूँदें एक साफ परखनली में लें। यदि पदार्थ ठोस है तो उसकी थोड़ी सी मात्रा पीसकर परखनली में लें और उसमें 10 बूँदें पानी डालकर अच्छी तरह से हिलाएँ।

इसमें नीले थोथे के 2 प्रतिशत घोल की दो बूँदें और कास्टिक सोडे के 10 प्रतिशत घोल की दस बूँदें डालकर अच्छी तरह हिलाएँ।

जामुनी रंग या बैंगनी रंग हो जाने का मतलब है कि उसमें प्रोटीन है।

मंड परीक्षण

जिस वस्तु का परीक्षण करना हो उसका पानी में घोल बनाकर, उस पर आयोडीन के हल्के घोल की दो–चार बूँदें डालें। यदि गहरा नीला या काला रंग हो जाए तो उस पदार्थ में मंड उपस्थित है। मंड को माड़ या स्टार्च भी कहते हैं।

अध्याय–8

जैविक प्रक्रियाएँ: नियंत्रण एवं समन्वय

(Life Processes: Control and Coordination)

आपने सजीवों में होने वाली विभिन्न जैविक प्रक्रियाओं के बारे में पढ़ा है। आइए, ऐसी ही कुछ प्रक्रियाओं पर विचार करते हैं।

खाना निगलते समय हमारी साँस पल भर के लिए रुक जाती है। हमारे शरीर में भोजन के पाचन की क्रिया के दौरान आहार नाल के अलग–अलग भागों में अलग–अलग पदार्थों का स्राव या अवशोषण होता रहता है। कभी कोई वस्तु अचानक आँखों के सामने आने से पलकें अपने आप बन्द हो जाती हैं।

इसी प्रकार पौधों की बातें करें तो छुईमुई पौधे की पत्तियाँ छूने से बंद हो जाती हैं। प्रकाश संश्लेषण के दौरान सामान्यतः पौधों में रंध्र खुले रहते हैं। ऐसी कई प्रक्रियाएँ निरंतर चलती रहती हैं।

सभी जीवों में, प्रक्रियाएँ स्वतः चल रही हों या एक प्रक्रिया के चलते रहने से दूसरे का बंद होना हो, सूचनाओं का आवागमन होता रहता है। इनके लिए जीवों के शरीर में कुछ व्यवस्थाएँ होती हैं जिससे किसी निश्चित समय में क्रियाएँ सम्पन्न होती हैं। आइए, इन व्यवस्थाओं का अध्ययन करते हैं।

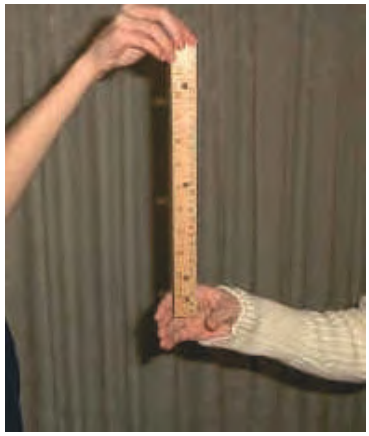
मनुष्य में मुख्य रूप से तंत्रिकाओं और कुछ विशेष रसायन द्वारा सूचनाओं का संचार होता है।

8.1 मनुष्य में सूचनाओं का संचार एवं व्यवस्था

आइए, हमारे शरीर में सूचनाओं के संचार के बारे में अध्ययन करने के लिए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप–1

लगभग 1/2 मीटर लम्बी स्केल या लकड़ी की छड़ी लें। अब चित्र के अनुसार अपनी अंगुलियों को रखें। अपने साथी से कहें कि छड़ी का ऊपरी छोर इस प्रकार पकड़े कि उसका निचला छोर आपकी अंगुलियों के बीच रहे ताकि जब आपका साथी छड़ी को छोड़े तब आप तुरंत पकड़ सकें। अपने साथी को कहें कि छड़ी को छोड़ने से ठीक पहले वह आप को बताए। यह ध्यान रखें कि छड़ी और आपकी अंगुलियों के बीच थोड़ा अंतर रहे। अब आपका साथी जैसे ही आपको छड़ी पकड़ने के लिए कहे और उसे छोड़े, आप तुरंत पकड़ने की कोशिश करें।



चित्र–1 : सूचना और प्रतिक्रिया में अन्तराल

- क्या आप छड़ी के निचले छोर को (जो आप की अंगुलियों के बीच था) पकड़ पाए?
- यदि नहीं तो ऐसा क्यों हुआ होगा?

- आपको कैसे पता चला कि छड़ी गिरने वाली थी?
- छड़ी को पकड़ने में शरीर का कौन सा अंग शामिल था?
- इस अंग के अलावा इस प्रक्रिया में शरीर के और कौन–कौन से अंगों की भूमिका रही होगी? सोचकर लिखिए।

8.1.1 सूचनाओं के संचार से सम्बधित अंगों के बारे में हमें कैसे पता चला?

क्रियाकलाप 1 में हाथ, आँख, कान जैसे अंगों के अलावा मस्तिष्क, मेरुरज्जु एवं तंत्रिकाओं की भी भूमिका है। इन अंगों और उनके कार्यों के बारे में हजारों सालों से अध्ययन हो रहा है।

हमारे देश में ''सुश्रुत'' नामक चिकित्सक ने लगभग 3000 साल पहले शरीर के कार्यों के नियंत्रण में मस्तिष्क की भूमिका को अहम माना था। उनके इलाज की प्रक्रिया में मस्तिष्क के दर्द निवारण से लेकर संवेदनहीन अंगों को यथास्थिति में लाना भी शामिल था। आज भी आयुर्वेद में संवेदी अंग और उनसे जुड़े इलाज में सुश्रुत के तरीकों को अपनाया जाता है। सुश्रुत के लगभग 500 साल बाद ग्रीस के चिकित्सकों ने संवेदनाओं के आवागमन में मस्तिष्क के साथ–साथ मेरुरज्जु और तंत्रिकाओं की भूमिका को भी अत्यंत महत्वपूर्ण माना। उस समय तंत्रिकाओं के बारे में यह समझा जाता था कि ये मस्तिष्क से निकलने वाली संरचनाएँ हैं जो शरीर में संवेदनाओं को ग्रहण करने और शरीर को गति प्रदान करने का कार्य करती हैं।

उन्हीं दिनों एक जाने माने ग्रीक चिकित्सक 'गैलन' एक मरीज का इलाज कर रहे थे। उन्होंने देखा कि गले के पास चोट लगने से उस मरीज़ के हाथ की संवेदनाएँ खत्म हो गई थी किन्तु उसके उस हाथ में कार्य करने की सामान्य क्षमता थी। इस अवलोकन के आधार पर गैलन का मानना था कि सूचनाओं के आवागमन के दो मार्ग होते हैं –एक संवेदनाओं के लिए और दूसरा प्रतिक्रियाओं के लिए। गैलन का यह भी मानना था कि हमारे शरीर में संवेदनाओं और प्रतिक्रियाओं का नियंत्रण मस्तिष्क द्वारा होता है। इसमें मे़रुरज्जु सहायक होती है और यह सूचनाओं के आवागमन का माध्यम होती है।

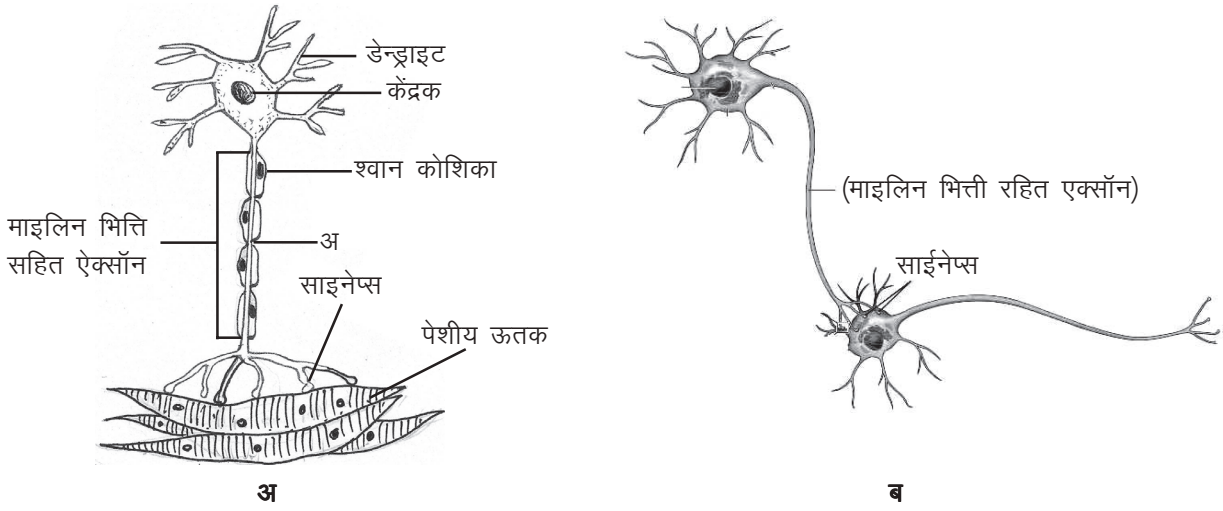
सोलहवीं और सत्रहवीं शताब्दी में किए गए शोध कार्यों से पता चला कि शरीर में होने वाली क्रियाओं का नियंत्रण सिर्फ मस्तिष्क से ही नहीं मेरुरज्जु से भी होता है। मस्तिष्क न होने पर भी शरीर की माँसपेशियों में संवेदनशीलता व गतिशीलता कुछ समय के लिए दिखायी देती है।

आगे चलकर कोशिकाओं के बारे में हुए शोध से मस्तिष्क और मेरुरज्जु में तंत्रिका कोशिकाओं की व्यवस्था, उनकी संरचना और कार्य के बारे में पता चला। कोशिका सिद्धांत प्रतिपादित करने वाले वैज्ञानिकों में से श्वॉन और गॉल्जीकाय की खोज करने वाले केमिलो गॉल्जी ने तंत्रिका कोशिकाओं का भी अध्ययन किया था। तंत्रिका कोशिकाओं में ही गॉल्जीकाय पहली बार देखा गया था।

कक्षा–9 में तंत्रिका कोशिकाओं और उनसे बनी जालनुमा संरचना या तंत्रिका ऊतक का चित्र दिया गया है। आइए, तंत्रिका कोशिका की संरचना और उसकी कार्यप्रणाली को समझने का प्रयास करें।

श्वॉन का अवलोकन था कि संवेदनाओं का वहन करने वाली तंत्रिकाओं पर वसीय कोशिकाओं की परत पायी जाती है। इस अवलोकन के लगभग दो दशक बाद तंत्रिका कोशिकाओं का विवरण प्रस्तुत किया गया था। मगर यह विवरण बहुत समय तक सर्वमान्य नहीं हो पाया क्योंकि इन कोशिकाओं का अवलोकन वैज्ञानिकों के लिए अत्यधिक चुनौतिपूर्ण रहा। एक तरफ तो यह जालनुमा संरचनाओं के रूप में दिखाई देती हैं और दूसरा इनको पेशीय ऊतकों से अलग करके देख पाना कठिन है।

8.1.2 तंत्रिका कोशिका की संरचना (Structure of Nerve cell)



चित्र–2 : तंत्रिका कोशिका– (अ) माइलिन भित्ती सहित एक्सॉन (ब) माइलिन भित्ती रहित एक्सॉन

अभिरंजक तकनीक एवं सूक्ष्मदर्शी के विकास के बाद 1910 के दशक में इनकी संरचना का स्पष्ट अवलोकन किया गया और पूर्ववर्ती विवरण की पुष्टि की गई। तंत्रिकाओं की व्यवस्था और वृद्धि सम्बन्धी शोध 1930 के दशक में इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी के आविष्कार के बाद आगे बढ़ा। इनकी संरचना के स्पष्ट अवलोकन से यह पाया गया कि तंत्रिकाएँ विविध प्रकार की होती हैं और यह तंत्रिका कोशिकाओं के गुच्छे से बनी होती हैं। प्रत्येक तंत्रिका कोशिका में एक केन्द्रक और कई माइटोकॉण्ड्रिया हैं। इनमें अन्य कोशिकांग भी पाए जाते हैं।

तंत्रिका कोशिका की विशेषता यह है कि इनकी कोशिका झिल्ली और कोशिका द्रव्य का विस्तार अनेक शाखित संरचनाओं के रूप में होता है जिन्हें डेन्ड्राइट' (dendrite: branched tree like) कहते हैं। इनमें से कुछ लम्बी विस्तारित संरचनाओं को एक्सॉन (Axon: axis) कहा जाता है। यह शरीर के दूरस्थ भागों तक पहुँचती हैं। कुछ एक्सॉन में वसायुक्त भित्ति पायी जाती है जिसे 'माइलिन भित्ति' कहते हैं। वैज्ञानिक श्वॉन ने अपने अध्ययन में पाया कि माइलिन भित्ति, कोशिकाओं की बनी होती है इसलिए इन कोशिकाओं को श्वॉन कोशिका नाम दिया गया।

क्या आप जानते हैं?

तंत्रिकाओं के विवरण के लिए वैज्ञानिक केमिलो गॉल्जी और रेमन कजाल को 1906 में नोबेल पुरस्कार मिला। उनका विवरण 1850 के दशक में रॉबर्ट रिमाक द्वारा दिए गए विवरण जैसा ही था। उन दिनों रिमॉक का विवरण किसी ने नहीं माना था।

एक एक्सॉन पर माइलिन भित्ति कि कोशिकाएँ ऐसे लिपटी हुई होती हैं कि बीच–बीच में नियमित रूप से कुछ रिक्त स्थान रह जाते हैं। चित्र में इन्हें 'अ' से दर्शाया गया है। माइलिन भित्ति से सूचनाओं के संचार को गति, एक्सॉन को सहारा और सुरक्षा एवं कई एक्सॉन का गुच्छा बनने में सहायता मिलती है। मस्तिष्क व मेरुरज्जु से शुरु होने वाली तंत्रिका कोशिकाओं के एक्सॉन हमारे शरीर के अन्य भागों तक पहुँचते हैं। आपको यह जानकर आश्चर्य होगा कि कुछ एक्सॉन इतने लम्बे होते हैं कि वे हमारे मस्तिष्क या मेरुरज्जु से लेकर पैर की अंगुलियों के अन्तिम छोर तक फैले होते हैं अतः आपकी कुछ तंत्रिका कोशिकाएँ आपकी लम्बाई के बराबर हैं।

- ऐसे लम्बे एक्सॉन वाली तंत्रिका कोशिका का केन्द्रक वाला सिरा कहाँ होगा?
- मस्तिष्क या मेरुरज्जु की सुरक्षा के लिए हमारे शरीर में और कौन से अंग हैं?

तंत्रिकाओं के अलावा हमारे मस्तिष्क व मेरुरज्जु में रक्त की नलिकाएँ एवं तंत्रिकाओं को सुरक्षित रखने वाली कई अन्य कोशिकाएँ भी पाई जाती हैं। यह समस्त संरचनाएँ त्वचीय ऊतक से लिपटी हुई होती हैं। इन पर भी अस्थियों से बने कवच (खोपड़ी और रीढ़ की हड्डी के रूप में) से मस्तिष्क व मेरुरज्जु की तंत्रिकाएं सुरक्षित रहती है।

सूचनाएँ, तंत्रिकाओं तथा तंत्रिका एवं माँसपेशियों के बीच के सम्पर्क के स्थानों से होते हुए प्रसारित होती हैं। ऐसे संपर्क स्थानों को 'साइनेप्स' कहा जाता है। गौर करने की बात यह है कि साइनेप्स शब्द का अर्थ जुड़ा हुआ है पर वास्तव में दो तंत्रिकाओं या तंत्रिकाओं और पेशीय ऊतक में साइनेप्स एक अंतराल है। इससे सूचनाएँ कुछ रसायनों द्वारा प्रसारित होती हैं। अब तक प्राप्त जानकारी के अनुसार सूचनाओं का आवागमन रासायनिक और विद्युतीय संकेतों के रूप में होता है। तंत्रिकाओं एवं साइनेप्स से सूचना का प्रसार एक अत्यन्त जटिल प्रक्रिया है। इसके बारे में आज भी शोध हो रहे हैं।

8.1.3 संवेदी अंग और तंत्रिकाएँ (Sense organ and Nerves)

हम कई प्रकार की बाह्य और आंतरिक संवेदनाओं को महसूस कर पाते हैं जैसे ताप, ध्वनि, स्वाद, प्रकाश, दाब, गन्ध आदि।

- हमारे शरीर में इन संवेदनाओं के लिए कौन–कौन से अंग हैं?

हमारे संवेदी अंग जैसे त्वचा, कान, नाक, आँखें, जीभ आदि के अलावा भी शरीर के अंदर की माँसपेशियों में संवेदनाएँ ग्रहण करने की क्षमता होती है। हमारी त्वचा में ही ठंडा, गर्म, स्पर्श, दबाव, दर्द जैसी तरह तरह की संवेदनाओं को अनुभव करने की क्षमता है।

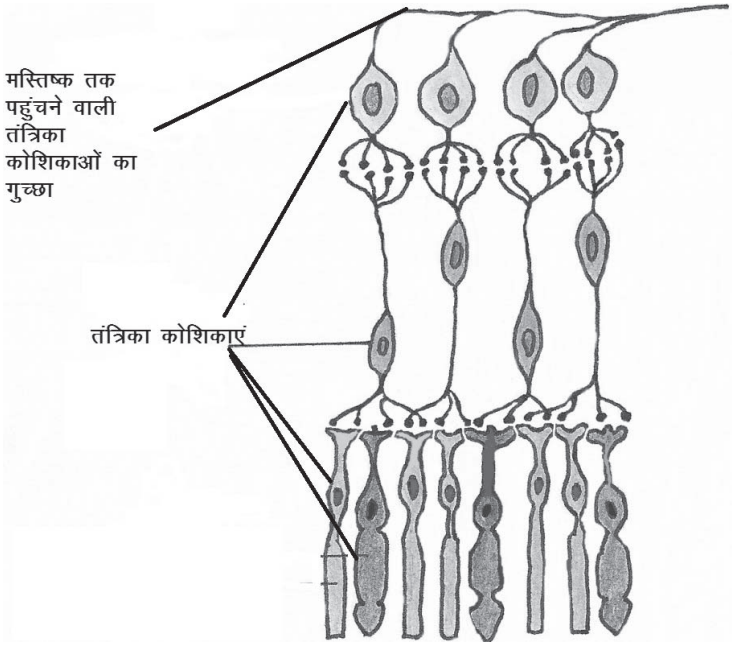
हमारे सभी संवेदी अंगों में विशेष प्रकार की संवेदी कोशिकाएँ होती हैं। यह संवेदी कोशिकाएँ या तो तंत्रिका कोशिकाएँ हैं या तंत्रिका कोशिकाओं के एक्सॉन के अंतिम छोर। इन कोशिकाओं के एक्सॉन का या तो अन्य तंत्रिका कोशिकाओं के डेन्ड्राइट से या सीधे मेरुरज्जु या मस्तिष्क की तंत्रिकाओं से साइनेप्स स्थापित होता है।

उदाहरण के लिए हमारी आँखों के पर्दे पर प्रकाश संवेदी तंत्रिका कोशिकाएँ हैं। इनका अन्य तंत्रिका कोशिकाओं के डेन्ड्राइट से साइनेप्स होता है, जिनके एक्सॉन का गुच्छा मस्तिष्क तक पहुँचता है (चित्र–3 देखें)। हमारे नाक में गंध के प्रति संवेदी संरचनाएँ मस्तिष्क से चलने वाली तंत्रिका कोशिकाओं के एक्सॉन के अंतिम छोर हैं। इन सभी व्यवस्थाओं के चलते हमारे शरीर के संवेदनाएँ ग्रहण करने वाले अंगों का कार्य मिलजुल कर होता है। उदाहरण के लिए भोजन के स्वादिष्ट होने का अहसास तभी होता है जब हम भोजन की गंध को भी महसूस कर पाते हैं।

क्रियाकलाप–2

आप थोड़ी सी सौंफ खाइए। अब मुँह धोकर अपनी नाक बन्द करके फिर से सौंफ खाइए।

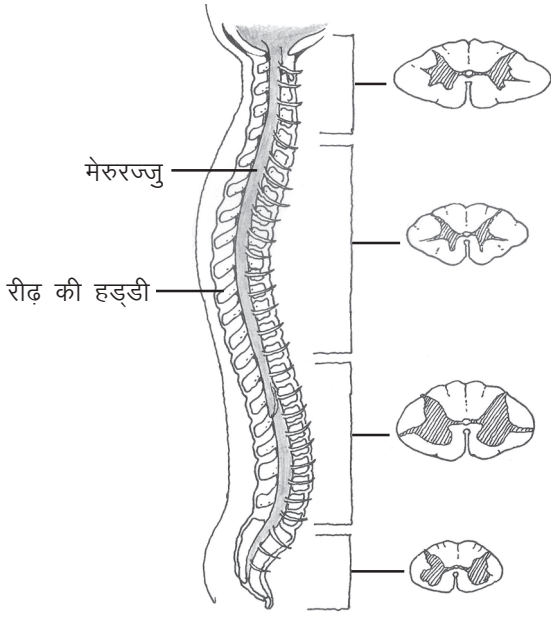
- क्या दोनों स्थितियों में स्वाद एक जैसा है?
- यदि अंतर है तो ऐसा क्यों हुआ होगा?



चित्र–3 : आँखों की तंत्रिकाएँ

8.1.4 मेरुरज्जु की संरचना एवं कार्य (Structure and function of spiral cord)

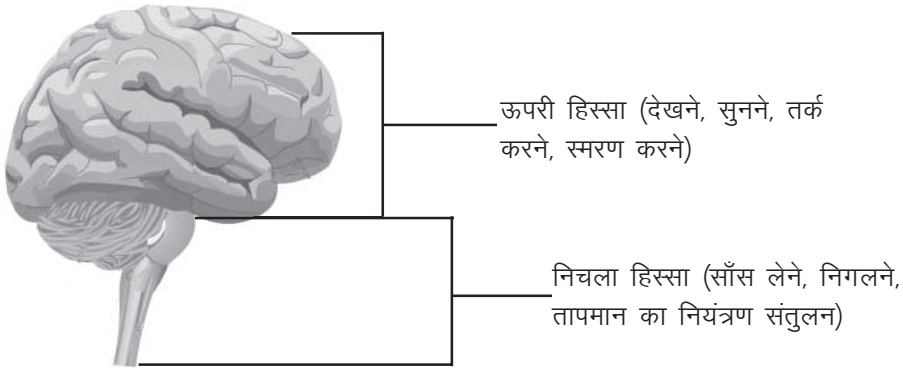
हमने तंत्रिकाओं और उनके द्वारा होने वाली प्रक्रियाओं का अध्ययन किया। हम जानते हैं कि इन प्रक्रियाओं में मस्तिष्क एवं मेरुरज्जु की प्रमुख भूमिका होती है। मेरुरज्जु मुख्य रूप से तंत्रिका कोशिकाओं से बनी तन्तुनुमा संरचना है, जो हमारी रीढ़ की हड्डी के बीच से गुजरती है। इन कोशिकाओं के वसीय आवरण युक्त (माइलिन भित्ति युक्त) एक्सॉन रीढ़ की हड्डी के बीच के स्थानों से बाहर निकल कर शरीर के अलग–अलग भागों में फैले होते हैं (काट में सफेद भाग)। मेरुरज्जु में कुछ आवरणहीन एक्सॉन भी होते हैं जो अंदर के तरफ होते हैं (काट में धूसर भाग)।



चित्र–4 : मेरुरज्जु एवं उसके अलग–अलग हिस्सों की आड़ी काट

किसी व्यक्ति के पीठ के बीच अगर मेरुरज्जु का कोई हिस्सा क्षतिग्रस्त हो जाता है एवं सूचनाएँ मस्तिष्क तक नहीं पहुँचती हैं तो पैर व पेट वाले हिस्से असंवेदी हो जाते हैं। अर्थात् व्यक्ति इन्हें अपनी इच्छा से हिला–डुला नहीं सकता। यदि ऐसे व्यक्ति के तलुए में गुदगुदी की जाए तो पैर हट जाता है, किन्तु उस व्यक्ति को इसका पता नहीं चलता। हमारे शरीर में भी कई ऐसी क्रियाएँ चलती रहती हैं जिनका हमें पता नहीं चलता जैसे– आमाशय में पाचन की क्रिया का होना, रक्त की नलिकाओं में विभिन्न पदार्थों का आवागमन, पाचक रसों का स्रावित होना, गरम चीज़ से हाथ का स्पर्श होने से हाथ का हट जाना आदि। इस तरह की क्रियाएँ जो हमारी इच्छा से संचालित नहीं होती अनैच्छिक क्रियाएँ कहलाती हैं। इनमें से कई सीधे मेरुरज्जु द्वारा संचालित होती हैं। इनकी सूचना मस्तिष्क तक भी पहुँचती है।

8.1.5 मस्तिष्क और उसकी भूमिका (Structure of brain and and its function)



चित्र–5 : मानव मस्तिष्क

हमारे शरीर में होने वाली अधिकाँश क्रियाओं में मस्तिष्क की प्रमुख भूमिका होती है। मस्तिष्क के अलग–अलग भाग से अलग–अलग क्रियाओं का नियंत्रण होता है। मस्तिष्क का अध्ययन करने के लिए वैज्ञानिक आजकल उसके सूक्ष्म काट लेकर परीक्षण करते हैं। अक्सर मस्तिष्क के तीन भाग अग्र, मध्य और पश्च के रूप में हम इसका अध्ययन करते हैं पर मध्य और पश्च तथा अग्र और मध्य भागों के कार्यों में कई समानताएँ हैं। अतः मोटे तौर पर हम यह कह सकते हैं कि मस्तिष्क के निचले भाग से साँस लेने, निगलने, शरीर के तापमान का नियंत्रण, जैसे कार्य होते हैं। जबकि ऊपरी भाग से देखने, सुनने, सूंघने, तर्क करने, स्मरण रखने आदि कार्यों का नियंत्रण होता है। यह भाग अन्य जीवों की तुलना में मनुष्यों में अधिक विकसित है।

मस्तिष्क, मेरुरज्जु द्वारा संचालित अनैच्छिक क्रियाओं पर भी नियंत्रण रखता है। जैसे जब आप चलते हैं तो आपके हाथ आपके कदमों के साथ अनैच्छिक रूप से एक विशेष तारतम्यता से चलते हैं। आप जब ''मार्च पास्ट'' सीख कर, कर रहे होते हैं तब आपके कदम और हाथ की स्थिति आपकी इच्छा के अनुसार होती है अर्थात् यह एक ऐच्छिक क्रिया है। ऐसी सभी ऐच्छिक क्रियाएँ मस्तिष्क द्वारा संचालित हैं। अतः जब हम सतर्क होकर कोई कार्य करते हैं तब वह कार्य मस्तिष्क के नियंत्रण में होता है। कुछ अनैच्छिक क्रियाएँ भी मस्तिष्क द्वारा संचालित होती हैं। जैसे– आँखों पर तेज़ रोशनी पड़ने से पुतली का सिकुड़ना।

क्या आप जानते हैं?

हमारे हृदय में तंत्रिकाओं का एक ऐसा जाल है, जिससे हृदय का धड़कना नियंत्रित रूप से चलता रहता है। मस्तिष्क से सूचनाएँ मिलना बन्द हो जाए तब भी यह कुछ समय तक हृदय के कार्य को संचालित कर सकता है।

- आप अपने दिनभर के कार्यों में से ऐच्छिक क्रियाओं की सूची बनाइए। उनमें से किसी एक क्रिया से सम्बन्धित अंगों की भी सूची बनाइए।

जब मस्तिष्क का ऊपरी भाग ठीक से काम करता है तो वह निम्नलिखित तीन में से कोई एक भूमिका निभा सकता है–

1. वह उन क्रियाओं को रोक सकता है जिन्हें नीचे वाला भाग तथा मेरुरज्जु करता है।
2. वह उन्हें नियंत्रित ढंग से चला सकता है।
3. मेरुरज्जु के नियंत्रण के बिना ही सीधे माँसपेशियों की क्रियाओं को संचालित कर सकता है।

आपको जानकर आश्चर्य होगा कि अक्सर मस्तिष्क के अधिकाँश बाएँ भाग से हमारे शरीर के दाएँ भाग के अधिकाँश कार्यों का नियंत्रण होता है। ठीक इसी तरह मस्तिष्क के दाएँ भाग से शरीर के बाएँ भाग के कार्यों का नियंत्रण होता है। हमारे शरीर के दोनों भागों से मस्तिष्क तक पहुँचने वाली सूचनाओं से सम्बन्धित प्रतिक्रियाएँ मिले जुले रुप में व्यक्त होती हैं। आइए, इसे क्रियाकलाप द्वारा समझने का प्रयास करें।

क्रियाकलाप–3

चित्र के अनुसार अपनी दोनों हथेलियों की तर्जनी अंगुलियों को आमने–सामने की ओर एक सीध में लाएँ।

पहले दोनों हथेलियों को एक साथ घड़ी की दिशा में घुमाएँ और फिर एक को घड़ी की दिशा में तो एक को इसके ठीक विपरीत दिशा में साथ–साथ घुमाएँ। फिर एक हथेली को रोककर दूसरी को घुमाएँ।

चित्र–6 : तर्जनी अंगुलियों को आमने–सामने लाना

- हथेलियों को साथ–साथ घुमाना आसान था या विपरीत दिशा में?
- ऐसा क्यों हुआ होगा?

जब आप दोनों हथेलियों को साथ–साथ घुमा रहे थे तब इनसे सम्बन्धित सूचनाओं की मस्तिष्क के भागों से मिली–जुली प्रतिक्रिया आपके हाथों पर काम रही थी।

- एक हथेली को रोककर दूसरे को घुमाना भी आसान क्यों लगा?
- जब आप चलते हैं तो आपके दाहिने पैर के आगे बढ़ने से आपका कौन सा हाथ आगे बढ़ता है और क्यों?

क्रियाकलाप–4

कक्षा के केन्द्र में बैठे एक विद्यार्थी की आँखों पर पट्टी बाँध दें। यह ध्यान रखें कि नाक के छिद्र खुले रहें। विद्यार्थी को निर्देश दें कि जब उसे ताली की आवाज सुनाई दे तब वह ताली के आवाज की दिशा को हाथ से दर्शाए।

अब शिक्षक इशारे से केन्द्र में बैठे उस विद्यार्थी के बराबर दूरी पर आगे तथा पीछे एक–एक विद्यार्थी को, इसी प्रकार दाईं एवं बाईं तरफ एक–एक विद्यार्थी को ताली बजाने के लिए चयनित कर लें। इन चयनित विद्यार्थियों को इशारे से, बारी–बारी ताली बजाने के लिए निर्देशित करें। शेष विद्यार्थी शांत रहकर हर बार ताली की दिशा एवं केन्द्र में बैठे विद्यार्थी के द्वारा हाथ से दर्शायी गई दिशा का अवलोकन करें। यह प्रक्रिया 8–10 बार दोहराई जाए।

यह क्रियाकलाप अन्य विद्यार्थियों पर भी दोहराएँ तथा देखें कि क्या सभी अवलोकन समान मिले?

- क्या केन्द्र में बैठे विद्यार्थी के द्वारा हमेशा ताली बजने की सही दिशा दर्शाई गई?
- उस विद्यार्थी को इस प्रक्रिया में किस अंग से सूचना मिल रही थी?
- उसके किस अंग के द्वारा प्रतिक्रिया दर्शाई जा रही थी?

आपने इस क्रियाकलाप में देखा कि केन्द्र में बैठे विद्यार्थी के द्वारा दाईं एवं बाईं दिशा सही दर्शायी गई पर जब आगे या पीछे ताली बजाई गई तो दिशा दर्शाने में भ्रम हुआ। हमारे दोनों कानों के बीच दूरी है इसलिए दायीं ओर से आने वाली ध्वनि की सूचनाओं का दोनों कानों तक पहुँचने के समय में भी अंतर आ जाता है, जिससे मस्तिष्क में इन सूचनाओं का भेद हो पाता है। परन्तु आगे या पीछे से आने वाली ध्वनि की सूचनाओं के समय

में कोई अन्तर न होने के कारण मस्तिष्क में इनका भेद नहीं हो पाता। अर्थात् मस्तिष्क तक आने वाली सूचनाओं के प्रति मस्तिष्क हमेशा एक जैसी प्रतिक्रियाएँ व्यक्त नहीं करता। कई सूचनाओं की प्रतिक्रियाएँ भ्रमित रुप में होती हैं जैसा आपने उपरोक्त क्रियाकलाप में देखा।

क्या आप जानते हैं ?

हमारे देश में मस्तिष्क सम्बन्धी वर्तमान शोध कार्यों से जुड़ी डा. शुभा तोले ने मस्तिष्क के विकास का व्यापक अध्ययन किया है और कुछ अनैच्छिक क्रियाओं एवं स्मरण सम्बन्धी क्षेत्रों के विकास के लिए आवश्यक आनुवंशिक पदार्थ की पहचान की है। इसके लिए उन्हें विश्वभर में ख्याति प्राप्त हुई है। उन्हें हमारे देश में सन् 2010 में 'शान्तिस्वरूप भटनागर पुरस्कार' से नवाज़ा गया है।

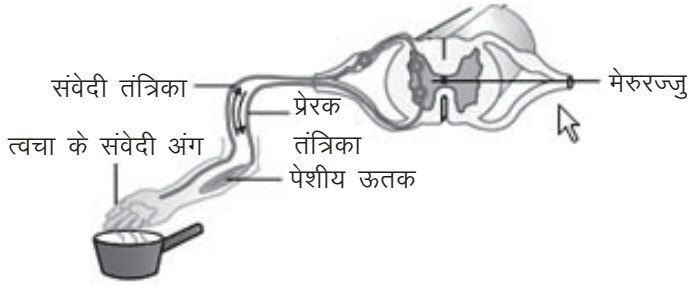
डा. शुभा तोले मुम्बई के टाटा अनुसंधान केन्द्र में अभी भी कार्यरत हैं।

8.1.6 सूचनाओं का आवागमन –उद्दीपन एवं प्रतिक्रिया (Transmission of information-stimulus and responses)

विभिन्न बाह्य एवं आन्तरिक स्रोतों से कई प्रकार की सूचनाएँ हमारे शरीर को अलग–अलग तरीके से प्रभावित करती रहती हैं। इस प्रकार की सूचनाओं को हम उद्दीपन कहते हैं। यदि हम इनके प्रति प्रतिक्रियाएँ व्यक्त नहीं कर पाते तो यह हमारे लिए कई तरह से नुकसानदेह हो जाता है।

उदाहरण के लिए किसी गरम बर्तन पर हाथ लग जाए तो तुरंत हाथ हट जाता है। गर्मी का उद्दीपन बर्तन से हाथों के संवेदी कोशिकाओं को मिलता है। यहाँ से संवेदी तंत्रिकाओं (sensory neuron) द्वारा यह मेरुरज्जु तक पहुँचता है। वहीं से प्रतिक्रिया प्रेरक तंत्रिकाओं (motor neuron) द्वारा हाथ के पेशीय ऊतक के संकुचन और फैलाव को इस प्रकार प्रभावित करती है कि हाथ हट जाता है। इस सम्पूर्ण प्रक्रिया अर्थात् उद्दीपन से प्रतिक्रिया तक को 'प्रतिवर्ती क्रिया' (reflex action) कहा जाता है। प्रतिवर्ती क्रियाओं (चित्र–7 देखें) का नियंत्रण आमतौर पर मेरुरज्जु द्वारा होता है।

- यदि उपरोक्त उदाहरण में प्रतिक्रिया व्यक्त नहीं होती तो क्या होता?
- बर्तन गरम हो तो आप सावधानी पूर्वक काम करते हैं? क्या मस्तिष्क की इसमें कोई भूमिका होती है?



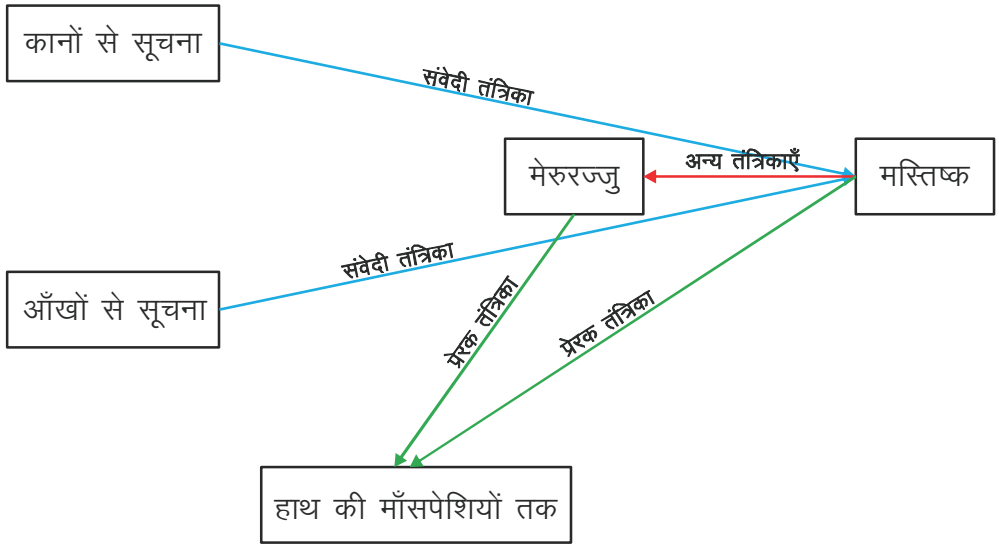
चित्र–7 : प्रतिवर्ती क्रिया– उद्दीपन के प्रति प्रतिक्रिया

क्रियाकलाप–1 में आपने छड़ी को आँखों से देखकर, हाथ से पकड़ने का प्रयास किया। आपको प्रक्रिया शुरू करने का संकेत कानों से मिला। आँखों और कानों से प्राप्त सूचना या उद्दीपन के प्रति आपने हाथ के द्वारा प्रतिक्रिया व्यक्त की गई। अर्थात इन तीनों अंगों के तालमेल से ही आप छड़ी को पकड़ पाए।

- सोच कर बताइए, इन तीन अंगों के अलावा शरीर के और कौन से अंग इस प्रक्रिया में भाग लेते हैं?

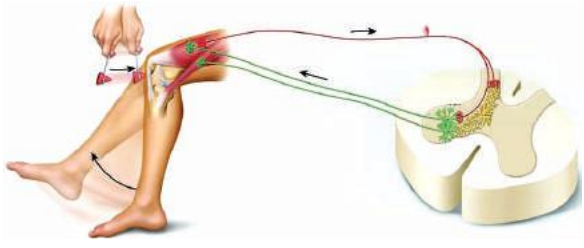
यहाँ आँखों व कानों से मेरुरज्जु या मस्तिष्क तक सूचना ले जाने वाली तंत्रिकाएं संवेदी तंत्रिकाएँ हैं। जबकि मेरुरज्जु या मस्तिष्क से हाथ की माँसपेशियों तक प्रतिक्रिया करने के लिए सूचना पहुँचाने वाली तंत्रिकाएँ प्रेरक तंत्रिकाएँ हैं। इनके बीच जुड़ाव या तो सीधे साइनेप्स द्वारा या अन्य तंत्रिकाओं द्वारा होता है।

यदि हम इस क्रियाकलाप में हो रही प्रक्रिया में सूचनाओं का मार्ग दर्शाने का प्रयास करें तो यह इस प्रकार होगा–



चित्र–8 : सूचनाओं का आवागमन

क्या आप जानते हैं?



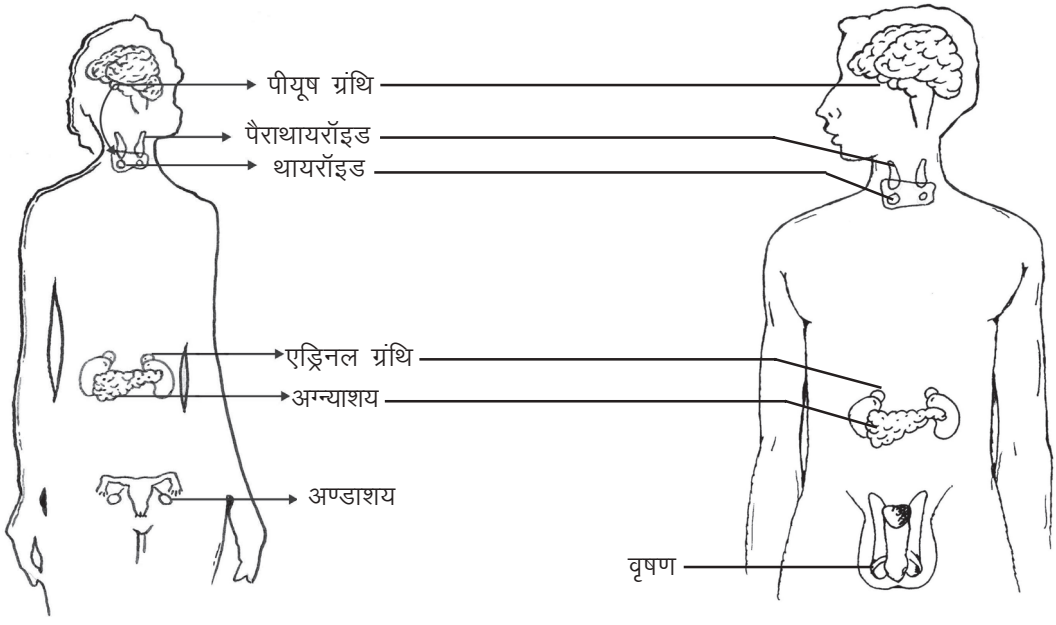
कई बार डॉक्टर घुटने के जोड़ पर रबर की हथौड़ी से हल्की चोट कर, दर्द और दबाव के अनुभव का पता लगाने की कोशिश करते हैं। यह दर्द और दबाव पेशियों से संवेदी तंत्रिकाओं के द्वारा मेरुरज्जु तक, फिर मेरुरज्जु से प्रेरक तंत्रिकाओं के द्वारा पैरों की पेशियों तक पहुँचता है। संवेदी और प्रेरक तंत्रिकाओं में सीधा सम्पर्क साइनेप्स द्वारा होता है। पैर के ऊपरी हिस्से की पेशियों में संकुचन व निचले हिस्से में फैलाव होने से पैर एक झटके से आगे की तरफ उछलता है। मेरुरज्जु से सूचना मस्तिष्क तक अन्य तंत्रिकाओं द्वारा पहुँचती है और दर्द का अनुभव होता है।

- इस प्रकार कि कुछ अन्य प्रतिवर्ती क्रियाओं के उदाहरण सोचकर लिखें।
- अचानक सुई चुभने से हाथ एक झटके से हट जाता है। इस प्रतिवर्ती क्रिया में कौन–कौन से अंग काम कर रहे हैं? सूचनाओं के आवागमन का मार्ग बनाएँ।

8.1.7 मनुष्य में हार्मोन द्वारा सूचनाओं का आवागमन (Transmission of information with the help of harmone)

तंत्रिकाओं के अलावा हमारे शरीर में क्रियाओं के नियंत्रण में कुछ ऐसे रसायनों की भी महत्वपूर्ण भूमिका है, जो हमारे रक्त के द्वारा शरीर के विभिन्न भागों तक पहुँचते हैं। ये मुख्य रूप से प्रोटीनीय पदार्थ हैं। इन्हें 'हार्मोन' कहा जाता है। यह यूनानी शब्द है जिसका अर्थ है गति प्रदान करना। हार्मोन विभिन्न अंगों की गतिविधियों के बीच की कड़ियाँ जोड़ने वाले प्रमुख एजेन्ट हैं।

हार्मोन द्वारा समन्वय के उदाहरण इस प्रकार हैं। हमारे अग्न्याशय (pancreas) में पाचन क्रिया के लिए बनने वाले रसायनों के अलावा इन्सुलिन नाम का एक हार्मोन बनता है। इन्सुलिन न हो तो हमारा शरीर शक्कर का उपयोग नहीं कर सकता। इन्सुलिन की अनुपस्थिति में हमारे वृक्क रक्त में उपस्थित शक्कर को मूत्र के साथ बाहर निकाल देते हैं और हम 'मधुमेह'(diabetes) के शिकार हो जाते हैं। दूसरी ओर यदि इन्सुलिन बहुत अधिक मात्रा में हो तो और अधिक घातक होता है। यदि किसी व्यक्ति के शरीर में इन्सुलिन की ज्यादा मात्रा का इन्जेक्शन दे दिया जाए तो उसका यकृत रक्त से सारी शक्कर ले लेता है जिससे मस्तिष्क को शक्कर नहीं मिल पाती और स्थिति गम्भीर हो जाती है। यह सत्य है कि शरीर की प्रत्येक कोशिका को इन्सुलिन की आवश्यकता होती है मगर यह भी जरूरी है कि इसकी एकदम सही मात्रा शरीर में रहे, इसलिए प्रत्येक कोशिका में इन्सुलिन बनाने के स्थान पर, यह एक ही अंग अग्न्याशय में तंत्रिका तंत्र के नियंत्रण से बनता है।



चित्र–9 : हार्मोन स्रावित करने वाले कुछ अंग

इसी प्रकार एक और हार्मोन गर्दन में उपस्थित पैराथायरॉइड ग्रन्थि द्वारा बनाया जाता है। यह रक्त में कैल्सियम की मात्रा का नियंत्रण करता है। यदि यह हार्मोन बहुत कम हो तो रक्त में कैल्सियम की मात्रा बहुत कम हो जाती है और माँसपेशियों में विचित्र ऐंठन होती है। संभवतः हड्डियाँ रक्त से कैल्सियम को सोखती हैं। यदि यह हार्मोन बहुत अधिक हो तो हड्डियाँ घुलने लगती हैं और रक्त में कैल्सियम की मात्रा बहुत बढ़ जाती है। दोनों ही स्थितियाँ जानलेवा हो सकती हैं।

- क्या पैराथायरॉइड हार्मोन के स्रावित होने में भी तंत्रिकाओं की भूमिका होती है?

गर्दन में ही एक अन्य ग्रंथि थायरॉइड स्थित होती है। इससे एक हार्मोन थायरॉक्सिन का निर्माण होता है। यह हार्मोन शरीर में ऑक्सीकरण की क्रिया को बढ़ावा देता है। अन्यथा ऑक्सीकरण एकदम न्यूनतम स्तर पर रहता है। यह हार्मोन कम हो तो व्यक्ति मोटा और सुस्त हो जाता है। यदि यह हार्मोन बहुत अधिक हो तो व्यक्ति दुबला–पतला, अति सक्रिय हो जाता है। उसकी नाड़ी बहुत तेज हो जाती है। कई अन्य लक्षण भी उभरने लगते हैं और व्यक्ति गम्भीर रूप से बीमार हो जाता है। कभी–कभी कैंसर या किसी अन्य कारण से यह ग्रंथि शरीर से निकाल दी जाती है तब उस व्यक्ति को एक निश्चित मात्रा में थायरॉक्सिन हार्मोन देना होता है। इतनी ही मात्रा यदि किसी स्वस्थ व्यक्ति को दी जाती है तो उस पर कोई असर नहीं होता। उसकी थायरॉइड ग्रन्थि

थायरॉक्सिन बनाना बंद कर देती है और रक्त में थायरॉक्सिन की मात्रा अपरिवर्तित रहती है। यदि उसे आवश्यक दैनिक मात्रा से अधिक हार्मोन दिया जाता है तो उसकी ऑक्सीजन की खपत बढ़ जाती है और व्यक्ति बीमार हो जाता है।

एक और ग्रन्थि से स्रावित होने वाले हार्मोन की हमारे शरीर के लवणों के संतुलन को बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका है। यह एड्रिनल ग्रन्थि है जो हमारे वृक्कों के पास स्थित होती है। इस ग्रन्थि का बाहरी भाग कई हार्मोन्स बनाता है। इनमें से एक हमारे शरीर में लवणों की मात्रा को नियंत्रित करता है। यदि किसी व्यक्ति के शरीर में यह हार्मोन नहीं बन रहा हो तो उसे प्रतिदिन थोड़ा अतिरिक्त नमक खिलाकर जीवित रखा जा सकता है, अन्यथा उसकी मृत्यु हो सकती है।

पुरुषों में वृषण और स्त्रियों में अंडाशय ऐसे हार्मोन्स बनाते हैं जिनके कारण किशोरावस्था में, शरीर में कई परिवर्तन होते हैं, जैसे दाढ़ी–मूछों या स्तनों का विकास आदि। एक अन्य हार्मोन जो स्त्रियों में पाया जाता है 'प्रोजेस्टेरॉन' पूरी गर्भावस्था में और प्रत्येक मासिक चक्र के समय बनता है।

8.1.8 हार्मोन्स की मात्रा का नियंत्रण (Control of amount of harmone)

सबसे अधिक हार्मोन्स पीयूष ग्रंथि से बनते हैं (चित्र–9 में मस्तिष्क में इसकी स्थिति को दर्शाया गया है)। इसके द्वारा निर्मित हार्मोन वृद्धि, शक्कर के उपयोग, स्तनपान कराने वाली माताओं में दूध के निर्माण के अलावा थायरॉइड, एड्रिनल, अंडाशय, वृषण जैसे सभी हार्मोन स्रावित करने वाली ग्रन्थियों की गतिविधियों को नियंत्रित करते हैं। किशोरावस्था में अंडाशय और वृषण का आकार पीयूष ग्रंथि द्वारा निर्मित हार्मोन्स के कारण ही बढ़ता है। पीयूष ग्रंथि, जननांग उद्दीपक हार्मोन (गोनेड स्टिम्यूलेटिंग हार्मोन) के उत्पादन का इस तरह नियंत्रण होता है कि शरीर में टेस्टोस्टेरॉन की मात्रा स्थिर बनी रहे। इसी प्रकार पीयूष ग्रंथि का एक अन्य हार्मोन, वृद्धि से संबंधित है और यह इंसुलिन के विरोधी की तरह काम करता है। एक अन्य हार्मोन थायरॉइड ग्रंथि का नियंत्रण करता है और रक्त में थायरॉक्सिन की मात्रा बढ़ने पर इसका उत्पादन रुक जाता है। कुछ हार्मोन्स की क्रिया और भी त्वरीत होती है और इनका उत्पादन जल्दी–जल्दी बंद चालू होता रहता है।

ऐसा ही एक हार्मोन है एड्रिनेलीन जो एड्रीनल ग्रंथि के मध्य भाग में बनता है, खासकर भावनात्मक परिस्थितियों में और कसरत या शारीरिक श्रम के दौरान यह हृदय को स्फूर्ति प्रदान करता है और रक्त को उन माँसपेशियों में भेजता है जहाँ उसकी आवश्यकता होती है। एड्रिनेलीन का असर बहुत जल्दी होता है पर ज्यादातर हार्मोन्स का असर होने में कई घन्टे या दिन लगते हैं।

जैसे–जैसे और जानकारियाँ प्राप्त होती जा रही हैं उनसे पता चल रहा है कि हमारी किसी भी संरचना या कार्य की स्थिरता दो परस्पर विरोधी प्रक्रियाओं के संतुलन पर निर्भर होती है। आज हम हार्मोन के बारे में बहुत कुछ जानते हैं किन्तु यदि हम इस जानकारी का उपयोग शरीर की आवश्यकता के अनुसार न करें तो हम अस्वस्थ हो जाएँगे।

तंत्रिकाओं और हार्मोन्स द्वारा सूचनाओं के आवागमन की प्रक्रिया एक दूसरे पर निर्भर है और आपसी समन्वय से चलती रहती है। मस्तिष्क में एक विशेष क्षेत्र में तंत्रिकाओं और पीयूष ग्रंथि के कार्य का तालमेल बना है। ऐसा ही हमारे शरीर में अन्य अंगों जिनसे हार्मोन स्रावित होता है, उन सभी से तंत्रिकाएँ जुड़ी हैं। हार्मोन तथा तंत्रिकाओं की महत्वपूर्ण भूमिका से हमारे शरीर के कार्य सुचारू एवं संगठित रूप में चलते रहते हैं।

8.2 पौधों में नियंत्रण एवं समन्वय (Control and co-ordination in plants)

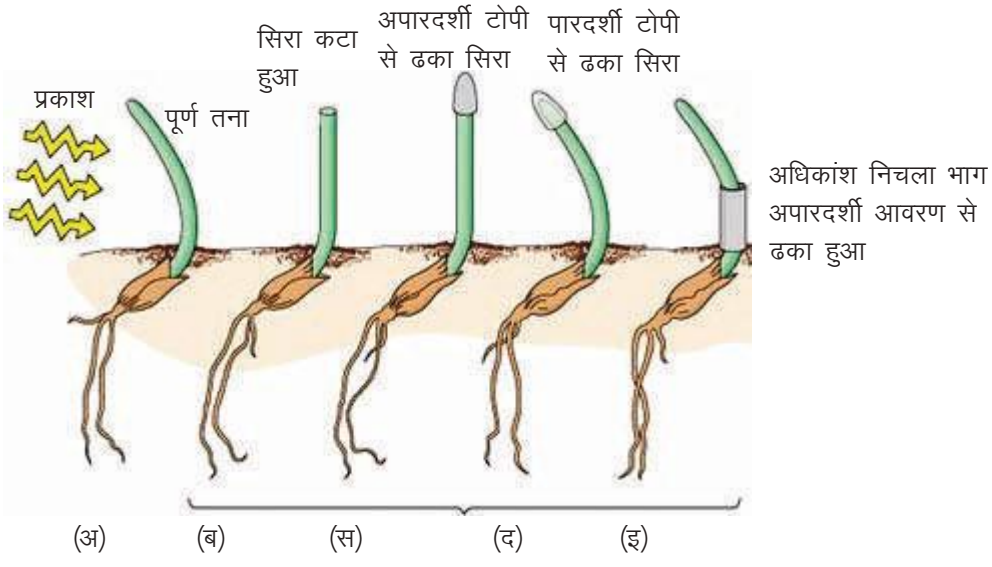
पौधों में नियंत्रण एवं समन्वय संबंधी शोध पिछले 200 सालों में ही हुए हैं। अब लोग यह मानने लगे हैं कि पौधों में भी जंतुओं के समान ही कुछ जैविक प्रक्रियाएँ चलती होंगी और इनमें भी सूचनाओं का आदान–प्रदान होता है।

चित्र–10 : छुईमुई का पौधा

छुईमुई से तो आप परिचित हैं। इसी प्रकार अधिकाँश पौधों में सुबह फूलों का खिलना जबकि रातरानी जैसे पौधों में रात को फूलों का खिलना, कुछ पौधों जैसे इमली की पत्तियों का रात में बंद होना, बेलों का किसी आधार पर लिपटकर किसी विशेष दिशा में मुड़ते हुए बढ़ना आदि क्रियाओं में किसी न किसी रूप में सूचनाओं का संचार होता है। अब तक मिली जानकारी के अनुसार, पौधों में सूचनाओं का संचार, मुख्य रूप से, कुछ विशेष रासायनिक पदार्थों के द्वारा होता है। ये रासायनिक पदार्थ हार्मोन्स हैं जो जन्तु हार्मोन्स से भिन्न होते हैं।

चार्ल्स डार्विन एवं उनके पुत्र फ्रांसिस डार्विन के 1870 के दशक से शुरू किए गए कुछ प्रयोगों से हमें पौधों की संवेदनाओं में रसायनों के संचार के बारे में पता चलता है।

वैज्ञानिकों ने पौधों में होने वाली जैविक प्रक्रियाओं में उद्दीपकों की प्रतिक्रियाओं का अध्ययन किया। इन वैज्ञानिकों के अनुसार, पौधों में उद्दीपनों को ग्रहण करने वाले केन्द्र और उन उद्दीपनों के आधार पर प्रभावित होने वाले अंगों (जिनमें परिवर्तन होते हैं), के मध्य सूचनाओं का प्रवाह होता है। इसके परिणाम स्वरूप एक विशेष प्रतिक्रिया पौधों में दिखायी देती है। यदि पौधे के तने के शीर्ष भाग पर किसी दिशा से निरंतर प्रकाश मिलता रहे तो उसके विपरीत दिशा की प्रविभाजी कोशिकाओं को मिलने वाली सूचनाओं के कारण कोशिकाओं का अधिक तेजी से विभाजन होता है, जिससे तना एक ओर से झुक जाता है। इससे यह अनुमान लगाया गया कि पौधों में विशेष रासायनिक पदार्थों के रूप में सूचनाओं का आदान–प्रदान होता है जिससे उनकी विभिन्न जैविक क्रियाएँ संचालित होती हैं।



चित्र–11 : (अ) चार्ल्स व फ्रांसिस डार्विन के प्रयोग (विभिन्न परिस्थितियों में)

- चित्र देखकर बताइए कि किन परिस्थितियों में तने का सिरा प्रकाश की तरफ मुड़ा है? ऐसा क्यों हुआ होगा?
- इस प्रयोग से क्या–क्या निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं?

इस क्षेत्र में निरंतर हो रहे शोधों से पता चला है कि पौधे प्रायः जल, प्रकाश, ऊष्मा, स्पर्श, रासायनिक पदार्थों आदि उद्दीपकों से प्राप्त सूचनाओं की प्रतिक्रिया व्यक्त करते हैं। ये सूचनाएँ पौधों में उपस्थित विशेष रसायनों के रूप में स्थानांतरित होती हैं जिन्हें पादप हार्मोन्स कहते हैं। इन रसायनों द्वारा पौधों में स्टोमेटा का खुलना या बंद होना, पत्तियों का गिरना, कोशिकाओं में विभाजन दर का बढ़ना, उनकी लम्बाई में वृद्धि, कलिकाओं की वृद्धि, फूलों का खिलना, फलों का पकना आदि होता है।

डार्विन वाले प्रयोग में तने के शीर्ष भाग पर पाया जाने वाला हार्मोन 'ऑक्सिन' कोशिकाओं की वृद्धि में सहायक होता है। पौधों में पाया जाने वाला ऐसा ही एक हार्मोन जिब्बेरेलिन है जो ऑक्सिन की तरह तने की वृद्धि में सहायक होता है। एक अन्य हार्मोन साइटोकाइनिन कोशिकाओं के विभाजन को प्रेरित करता है। यह फलों एवं बीजों में अधिक मात्रा में पाया जाता है।

आपने देखा या सुना होगा कि कुछ पेड़ों के नीचे दूसरे पौधे नहीं उगते। इसका कारण भी एक पादप हार्मोन ही है जो उन पेड़ों की जड़ों में बनता है और दूसरे पौधों को पनपने नहीं देता। आपने यह अनुभव किया होगा कि एक पका हुआ फल आस–पास में रखे हुए अन्य कच्चे फलों को भी पका देता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि पके फल से निकलने वाला एक रसायन इथीलीन गैस के रूप में आसपास फैलता है और अन्य फलों को भी पकाने में सहायक होता है।

आपने कीड़ों और तितलियों को फूलों पर मंडराते देखा होगा। इसका कारण फूलों के स्त्रीकेसर से निकलने वाला मीठा रस है। यह मीठा रस एक ऐसा रसायन है जो परागकणों के लिए उद्दीपक का कार्य करता है। इससे परागकणों में परागनलिकाएँ बनती हैं जो निषेचन के लिए बीजाण्ड की ओर बढ़ती हैं, ताकि आगे चलकर फलों और बीजों का विकास हो सके।

पौधों में वृद्धि करवाने के साथ–साथ उसे रोकने के लिए भी सूचनाओं की आवश्यकता होती है। एब्सिसिक अम्ल पौधों में वृद्धि का दमन करने वाला हार्मोन है। पौधों की पत्तियों का मुर्झाना इस हार्मोन का ही प्रभाव है। नियंत्रण एवं समन्वय से ही एक कोशिका से लेकर बहुकोशिकीय जीवों के जैविक कार्य सुचारू रूप से चलते हैं।

क्या आप जानते हैं?

दक्षिण अमेरिका के घास के मैदानों में कम वर्षा के कारण उस क्षेत्र में पानी की अत्यधिक कमी हो गयी। उन मैदानों में हमारे बबूल के पौधे जैसा पौधा पाया जाता है। उस पौधे की पत्तियों में टेनिन नामक पदार्थ होता है जिसकी मात्रा सामान्यतः इतनी कम होती है कि पत्तियाँ खाने वाले जीवों पर इसका कोई असर नहीं होता। एक समय अचानक वहाँ के हिरण और अन्य कीड़े–मकोड़े मरने लगे। परीक्षण करने पर वैज्ञानिकों को पता चला कि उन मृत जीवों की आँत में टेनिन की मात्रा इतनी अधिक थी कि वह उनकी मृत्यु का कारण बन गयी।

आगे परीक्षणों से पता चला कि उन पेड़ों की पत्तियों में सामान्य से बहुत अधिक मात्रा में टेनिन था जिसके कारण उन्हें खाने से जीवों के शरीर में टेनिन की मात्रा इतनी अधिक हो गयी कि वे जीव मर गए।

पादप वैज्ञानिकों ने पाया कि पत्तियों में टेनिन की मात्रा के अधिक होने का कारण उन पौधों द्वारा स्वयं को जीवित रखने के लिए पानी के बँटवारे को रोकना था। ताकि टेनिन के प्रभाव से उन्हें खाने वाले जीव तो मर जाएँ किन्तु पौधा स्वयं जीवित रहे।

वैज्ञानिकों के सामने एक प्रश्न और भी था कि अचानक पत्तियों में टेनिन की मात्रा को बढ़ाने के लिए उस क्षेत्र के सभी पौधों तक इस सूचना का प्रसार कैसे हुआ होगा? उस स्थान के पर्यावरण का अध्ययन कर रहे वैज्ञानिकों ने पाया कि वहाँ के वातावरण में इथिलीन गैस सामान्य से अधिक मात्रा में थी। तब उन्होंने निष्कर्ष निकाला कि पत्तियों में टेनिन की मात्रा को बढ़ाने संबंधी सूचना इथीलीन गैस के माध्यम से एक पेड़ से दूसरे तक पहुँच रही थी।

उपरोक्त जानकारी का स्रोत है– https://www.youtube.com/watch?v=ZrXksBKRWlA

मुख्य शब्द (Keywords)

नियंत्रण, समन्वय, संवेदी, प्रेरक, उद्दीपन

हमने सीखा

- हमारे शरीर में नियंत्रण एवं समन्वय का कार्य मुख्य रूप से तंत्रिका तंत्र तथा हार्मोन का है।
- शरीर में सूचनाओं का आदान–प्रदान रासायनिक और विद्युतीय संकेतों के रूप में होता है।
- प्रतिवर्ती क्रियाओं का नियंत्रण मुख्य रूप से मेरुरज्जु द्वारा ही होता है। इसमें मस्तिष्क की प्रमुख भूमिका नहीं होती।
- रासायनिक समन्वय पौधों में भी पाया जाता है।
- हार्मोन ऐसे रासायनिक पदार्थ हैं जिनसे विभिन्न जैविक प्रक्रियाओं का नियंत्रण एवं समन्वय होता है।

अभ्यास

HY6ZRQ

1. सही विकल्प चुनें–

(i) निम्नलिखित में से कौन सा पादप हार्मोन है?

(अ) इंसुलिन (ब) थायरॉक्सिन

(स) एस्ट्रोजन (द) साइटोकाइनिन

(ii) तंत्रिका कोशिका की संरचना में यह नहीं पाया जाता–

(अ) डेन्ड्राइट (ब) केन्द्रक

(स) एक्सॉन (द) सेल्युलोज की कोशिका भित्ती

(iii) मस्तिष्क में पायी जाने वाली एक ग्रन्थि जिससे हमारे शरीर के हार्मोन स्रावित करने वाली ग्रन्थियों का नियंत्रण होता है–

(अ) पीयूष ग्रंथि (ब) यकृत

(स) एड्रिनल ग्रंथि (द) पिनीयल ग्रंथि

(iv) रक्त में शर्करा की मात्रा का नियंत्रण करती है–

(अ) पैराथायरॉइड ग्रंथि (ब) अग्न्याशय

(स) एड्रिनल ग्रंथि (द) पिनीयल ग्रंथि

(v) रात को जब हम सोए हुए होते हैं और यदि हमें मच्छर काटता है तो सोते हुए भी हम उस मच्छर के काटने से बचने का प्रयास करते हैं, इस क्रिया का नियंत्रण होता है–

(अ) पीयूष ग्रंथि द्वारा (ब) मेरुरज्जु तथा मस्तिष्क द्वारा

(स) हार्मोन द्वारा (द) पिनीयल ग्रंथि

2. हमारे शरीर में होने वाली किसी प्रतिवर्ती क्रिया का रेखा चित्र बनाकर वर्णन कीजिए।

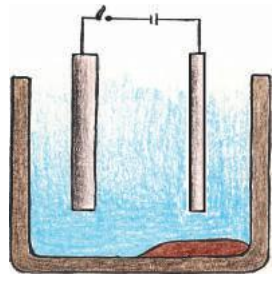
3. प्रतिवर्ती क्रिया पर मेरुरज्जु और मस्तिष्क की भूमिका पर टिप्पणी लिखिए।

4. ''तंत्रिका तंत्र और हार्मोन के स्राव में समन्वय है।'' इस कथन की पुष्टि करें।
5. एक तंत्रिका कोशिका की संरचना बनाइए तथा इसके कार्यों का वर्णन करें।
6. हमारे शरीर में अनैच्छिक क्रियाओं का संचालन कैसे होता है? उदाहरण सहित समझाइए।
7. पादपों में रासायनिक समन्वय का एक उदाहरण लिखें।
8. एक जीव में नियंत्रण व समन्वय की क्या आवश्यकता है? उदाहरण सहित उत्तर दें।
9. ''पौधे प्रकाश के प्रति संवेदी होते हैं'', क्या आप इस कथन से सहमत हैं? क्यों या क्यों नहीं?
10. क्या पौधों में उद्दीपन के प्रति प्रतिक्रिया व्यक्त करने की क्षमता है? उदाहरण सहित उत्तर लिखें।
11. हम जानते हैं कि मूलांकुर सदा बीज के एक ओर से ही निकलता है। प्रत्येक जाति के बीज के लिए यह स्थान निश्चित है। परंतु बीज बोते समय किसान इस बात का ध्यान नहीं रखते और बीजों को ऐसे ही फेंक देते हैं। बीज अवश्य उल्टे–पुल्टे होकर ज़मीन पर गिरते होंगे। इसके बावजूद अधिकाँश पौधों की जड़ें पृथ्वी के अंदर रहती हैं। ऐसा कैसे होता है? कारण सहित उत्तर दें।

अध्याय–9

धातु एवं धातुकर्म

(METALS AND METALLURGY)



पदार्थों को शुद्ध पदार्थ तथा मिश्रण के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। हम यह भी जानते हैं कि शुद्ध पदार्थ, तत्व या यौगिक हो सकते हैं। तत्व (सौ से अधिक) आपस में मिलकर हमारे चारों ओर पाए जाने वाले सभी पदार्थ बनाते हैं। तत्वों को पुनः धातुओं तथा अधातुओं में वर्गीकृत किया जाता है। किंतु क्या यह निश्चित करना आसान है कि कौन सा तत्व धातु है और कौन सा अधातु? इस अध्याय में हम तत्वों के उन गुणों का अध्ययन करेंगे जिनके आधार पर हम उन्हें धातु के रूप में पहचानते हैं।

9.1 धातुओं के भौतिक गुणधर्म कौन–कौन से हैं? (What are the physical properties of metals)

पिछली कक्षाओं में हमने धातुओं के भौतिक गुणों के बारे में सीखा है। हम जानते हैं कि धातुएँ चमकीली होती हैं। इन्हें पीटकर पतली चादर या पन्नी बनाई जा सकती है और इन्हें पतले तारों के रूप में भी खींचा जा सकता है। धातुएँ ऊष्मा और विद्युत की सुचालक होती हैं। धातुओं को पीटने पर आवाज उत्पन्न होती है तथा सामान्यतः सभी धातुएँ उच्च ताप पर पिघलती हैं।

आइए, हम धातुओं के गुणों का गहनता से अध्ययन करने के लिए एक क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–1

अपने आस–पास उपलब्ध कुछ धातुओं जैसे–लोहा, ऐलुमिनियम, ताँबा, जिंक के नमूने एकत्रित कीजिए। अब इन धातुओं का ध्यान से अवलोकन कर बताइए कि–

- क्या सभी धातुएँ चमकदार हैं?
- क्या सभी धातुओं को हथौड़ी से पीटकर चादर या पन्नी बनाई जा सकती है?

***(निर्देश**–धातुओं का चयन करते समय ध्यान रखें, आपको धातुओं का चयन करना है मिश्र धातुओं का नहीं।)*

हमने देखा कि धातुओं के इन दो गुणों में समानता होते हुए भी भिन्नता है। आइए, धातुओं के अन्य गुणों के अध्ययन के लिए कुछ प्रश्नों पर विचार करें–

- अलग–अलग विद्युत उपकरणों में तार किन–किन धातुओं के बनते हैं?
- घरों में वायरिंग के लिए किस धातु का उपयोग किया जाता है?
- हाईटेंशन तार किस धातु के बनते हैं?
- भोजन पकाने के बर्तन बनाने के लिए कौन–कौन सी धातुओं का उपयोग किया जाता है और क्यों ?

हमने देखा कि हर कार्य के लिए एक विशिष्ट धातु का चयन किया जाता है। क्या कारण है कि सभी कार्यों के लिए एक ही धातु का उपयोग नहीं किया जाता? आप सोच रहे होंगे कि चयन के पीछे एक से अधिक कारण हो सकते हैं उदाहरण के लिए चाँदी विद्युत की सबसे अच्छी चालक है किन्तु इसका उपयोग तार बनाने या

उपकरणों और इमारतों की वायरिंग में नहीं किया जाता, इसके लिए आर्थिक कारण (उसका अधिक महँगा होना) प्रभावी भूमिका निभाता है।

हम जानते हैं कि धातुएँ आघातवर्ध्य, तन्य, ऊष्मा और विद्युत की सुचालक होती हैं तथा ये धात्विक ध्वनि उत्पन्न करती हैं साथ ही इनके गलनांक व क्वथनांक उच्च होते हैं। किन्तु इनमें से कुछ गुण अधातुओं में भी पाए जाते हैं जैसे कार्बन का एक अपररूप हीरा, चमकदार तथा ऊष्मा का सुचालक है। जबकि दूसरा अपररूप ग्रेफाइट धूसर रंग का तथा विद्युत का सुचालक होता है। आयोडीन अधातु है फिर भी इसके रवे चमकदार होते हैं। इसलिए किसी एक गुण के आधार पर तत्व को धातु या अधातु की श्रेणी में रखना उचित नहीं है।

9.2 धातुओं के रासायनिक गुणधर्म (Chemical properties of metals)

हमने देखा कि धातुओं के भौतिक गुणों में काफी समानताएँ तथा कुछ भिन्नताएँ हैं। क्या आपको लगता है धातुओं के रासायनिक गुणों में भी ऐसा ही होगा? धातुओं की क्रियाशीलता के विषय में और अधिक जानकारी हमें तब प्राप्त होती है जब हम उनकी ऐतिहासिक पृष्ठभूमि का अध्ययन करते हैं। हम यह जानने का प्रयास करते हैं कि कितने समय पूर्व से मनुष्य द्वारा उनका उपयोग किया जा रहा है और उनकी उपलब्धता कितनी है।

धातुओं के रासायनिक गुणों में अंतर के कारण इन्हें शुद्ध रूप में प्राप्त किए जाने वाले समय में अंतर दिखाई देता है (सारणी–1)। आइए, इसे समझने का प्रयास करते हैं, पिछली कक्षाओं में हमने विस्थापन अभिक्रियाओं का अध्ययन किया था। क्या आप बता सकते हैं कि क्यों कॉपर सल्फेट के विलयन में जिंक के टुकड़े डालने पर ताँबे का विस्थापन होता है, जबकि जिंक सल्फेट के विलयन में ताँबे की छीलन डालने पर कोई अभिक्रिया नहीं होती? आइए, इस प्रश्न का उत्तर देने से पहले कुछ और विस्थापन अभिक्रियाओं का अवलोकन करते हैं–

सारणी–1 : धातुओं की प्राप्ति की ऐतिहासिक पृष्ठभूमि

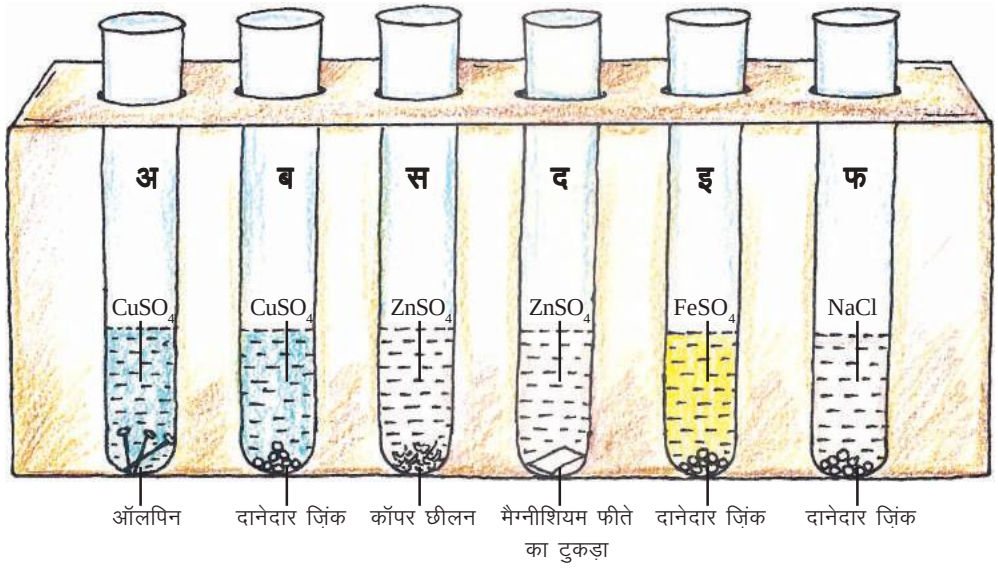
तत्व	प्राप्ति समय	भूपर्पटी में उपलब्धता
सोना	6000 ई.पू.	0.00000031%
ताँबा	4200 ई.पू.	0.0068%
चाँदी	4000 ई.पू.	0.0000079%
लेड	3500 ई.पू.	0.00099%
टिन	3000 ई.पू.	0.00022%
जिंक	2000 ई.पू.	0.0078%
आयरन	1500 ई.पू.	6.3%
मरकरी	750 ई.पू.	0.0000067%
प्लैटिनम	1735	0.0000037%
कोबाल्ट	1739	0.003%
निकैल	1751	0.0089%
टंग्स्टेन	1783	0.00011%
पोटैशियम	1807	1.5%
सोडियम	1807	2.3%
कैल्सियम	1808	5%
मैग्नीशियम	1808	2.9%
ऐलुमिनियम	1825	8.1%

क्रियाकलाप–2

(शिक्षकों के लिए निर्देश– *अलग–अलग बीकर में क्रमशः 2–2 g कॉपर सल्फेट, जिंक सल्फेट, आयरन सल्फेट और सोडियम क्लोराइड लेकर 100–100 mL जल में विलयन बनाइए। यह क्रियाकलाप समूहों में कराएँ।*)

- प्रत्येक समूह 6 परखनलियाँ लेकर इन्हें क्रमशः 'अ', 'ब', 'स', 'द', 'इ', 'फ' नामांकित करें।
- परखनली 'अ' तथा 'ब' में 5–5 mL कॉपर सल्फेट विलयन, परखनली 'स' तथा 'द' में 5–5 mL जिंक सल्फेट विलयन तथा परखनली 'इ' में 5 mL आयरन सल्फेट और 'फ' में 5 mL सोडियम क्लोराइड विलयन लीजिए।

- परखनली 'अ' में 2–3 लोहे की कीलें या आलपिन, परखनली 'ब' में दानेदार जिंक, परखनली 'स' में ताँबे की छीलन, परखनली 'द' में मैग्नीशियम के फीते का एक टुकड़ा, परखनली 'इ' तथा 'फ' में दानेदार जिंक डालिए (चित्र 1)।



चित्र–1 : विस्थापन अभिक्रिया द्वारा धातुओं की सक्रियता की तुलना

- पाँच–दस मिनट बाद सभी परखनलियों का अवलोकन कीजिए।
  - क्या विलयन या धातु के रंग–रूप में कोई परिवर्तन हुआ है ?
  - क्या कोई अवक्षेप बन रहा है ?
  - क्या आप बता सकते हैं कि कौन सी धातु किसी अन्य धातु को उसके लवण के विलयन से विस्थापित कर रही है ?

आपने देखा कि परखनली 'अ' में आयरन, कॉपर सल्फेट विलयन से कॉपर को, 'ब' में जिंक, कॉपर सल्फेट विलयन से कॉपर को ,'द' में मैग्नीशियम, जिंक सल्फेट विलयन से जिंक को तथा 'इ' में जिंक, आयरन सल्फेट विलयन से आयरन को विस्थापित करता है। जबकि परखनली 'स' में ताँबा, जिंक सल्फेट विलयन से जिंक को और 'फ' में जिंक, सोडियम क्लोराइड विलयन से सोडियम को विस्थापित नहीं करता।

अतः वह धातु जो किसी अन्य धातु को उसके लवण के विलयन से विस्थापित कर रही है अधिक सक्रिय धातु कहलाती है। धातुओं को उनकी सक्रियता के घटते क्रम में रखने पर जो श्रेणी प्राप्त होती है, उसे सक्रियता श्रेणी (activity series) कहते हैं। कुछ धातुओं की सक्रियता सारणी–2 में दर्शाई गई है।

सारणी–2 : सक्रियता श्रेणी

Li	लिथियम	**(सबसे अधिक अभिक्रियाशील)**
K	पोटैशियम	
Na	सोडियम	
Ca	कैल्सियम	
Mg	मैग्नीशियम	
Al	ऐलुमिनियम	
Zn	जिंक	
Cr	क्रोमियम	
Fe	आयरन	
Sn	टिन	
Pb	लेड	
H	हाइड्रोजन	
Cu	कॉपर	
Hg	मर्करी	
Ag	सिल्वर	
Au	गोल्ड	
Pt	प्लैटिनम	**(सबसे कम अभिक्रियाशील)**

घटती अभिक्रियाशीलता

सारणी–2 को देखने पर हमें जानकारी मिलती है कि जहाँ लिथियम सबसे ज्यादा सक्रिय धातु है वहीं प्लैटिनम सबसे कम सक्रिय धातु है। साथ ही हमें धातुओं के तुलनात्मक अध्ययन में भी सहायता मिलती है जैसे–आयरन, सिल्वर को सिल्वर के लवण से विस्थापित कर सकता है किन्तु आयरन, जिंक को जिंक के लवण से विस्थापित नहीं करेगा। सक्रियता श्रेणी में हाइड्रोजन के ऊपर आने वाली धातुएँ तनु अम्लों से अभिक्रिया कर हाइड्रोजन गैस मुक्त करती हैं।

अगर हम सक्रियता श्रेणी की धातुओं को उनके शुद्ध रूप में प्राप्त होने के समय के साथ तुलना करें तो पता चलता है कि सबसे ज्यादा अभिक्रियाशील धातुएँ जैसे– सोडियम, पोटैशियम और कैल्सियम लगभग 200 साल पहले शुद्ध तत्व के रूप में प्राप्त हुईं जबकि सबसे कम अभिक्रियाशील धातु जैसे–सोना आदि का प्राचीन सभ्यता में भी उपयोग हो रहा था। इन धातुओं को उपयोग में लाने का कारण उनका प्रकृति में तत्व रूप (शुद्ध रूप) में पाया जाना है। लोहे को उसके यौगिकों हैमेटाइट और मैग्नाटाइट से प्राप्त करने के लिए उच्च ताप की आवश्यकता होती है अतः ईंधन के रूप में लकड़ी के स्थान पर कोयला या कोक का उपयोग कर इसे प्राप्त किया गया। इतना उच्च ताप भट्टी द्वारा ही प्राप्त किया जा सकता है। इस तरह भूपर्पटी में उपलब्धता अधिक होने के बाद भी साढ़े तीन हजार वर्ष पूर्व ही इसे शुद्ध रूप में प्राप्त किया जा सका।

पारा, जस्ता और टिन ऐसी धातुएँ हैं जिन्हें उनके यौगिकों से केवल गर्म करके ही प्राप्त किया जा सकता है। लोहे से अधिक सक्रिय धातुएँ सोडियम, पोटैशियम केवल यौगिक के रूप में ही मिलती हैं जिन्हें रासायनिक रूप से अपचयित नहीं किया जा सकता।

आइए, देखें कि सक्रियता श्रेणी धातुओं की रासायनिक अभिक्रियाओं को समझने में कैसे सहायता करती है।

9.2.1 धातुओं का वायु में दहन करने से क्या होता है?

अधिक सक्रिय धातुएँ जैसे– सोडियम, पोटैशियम तथा लिथियम ऑक्सीजन के साथ शीघ्रता से क्रिया करती हैं। खुले में रखने पर ये हवा की ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर ऑक्साइड बनाती हैं। इसलिए इनका ऑक्सीजन से सम्पर्क रोकने के लिए इन्हें किरोसिन में रखा जाता है। सोडियम तथा पोटैशियम के ऑक्साइड जल में घुलकर क्षार बनाते हैं।

$$4Na + O_2 \longrightarrow 2Na_2O$$

$$Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq)$$

पोटैशियम के साथ होने वाली अभिक्रिया का संतुलित समीकरण लिखिए।

हम जानते हैं कि कुछ कम सक्रिय धातु जैसे–मैग्नीशियम हवा की ऑक्सीजन के साथ धीरे–धीरे क्रिया करती है तथा गर्म करने पर सफेद लौ के साथ तेजी से जलती है। इसी गुणधर्म के कारण मैग्नीशियम का उपयोग आतिशबाजी में किया जाता है।

क्रियाकलाप–3

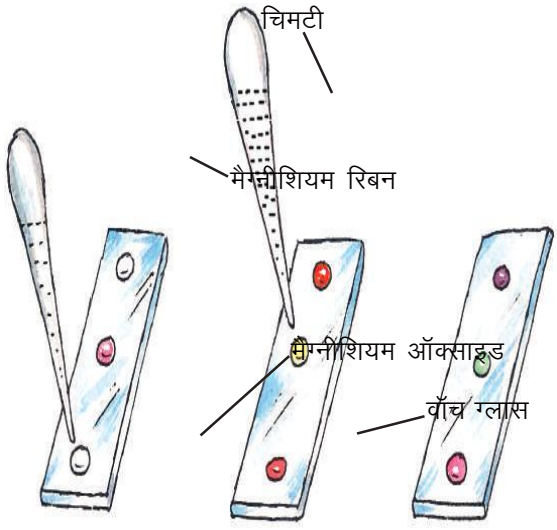
निर्देश : मैग्नीशियम के फीते के दहन से उत्पन्न चमक तथा धुआँ आँखों के लिए हानिकारक होता है अतः सावधानी रखें।

- मैग्नीशियम फीते का 3–4 इंच लम्बा टुकड़ा लीजिए।
- यदि उस पर सफेद रंग की परत जमी हो तो उसे तनु HCl में डुबोकर सफेद परत (मैग्नीशियम ऑक्साइड) हटा लें।
- ध्यान रखें कि मैग्नीशियम को तनु HCl में डुबाकर तुरंत निकाल लें नहीं तो सफेद परत के अलावा मैग्नीशियम भी अम्ल से अभिक्रिया करने लगेगा।

- उसके पश्चात् उसे फिल्टर पेपर से सुखाएं और चिमटी से पकड़कर स्पिरिट लैंप की सहायता से गर्म करें (चित्र–2)।
- मैग्नीशियम फीते के जलने पर बने सफेद रंग के धुएँ (मैग्नीशियम ऑक्साइड) के समीप गीला लिटमस पेपर रख कर उसकी प्रकृति की जाँच कीजिए।

मैग्नीशियम ऑक्साइड की प्रकृति अम्लीय है अथवा क्षारीय?

सामान्य ताप पर जिंक, लेड और ऐलुमिनियम धातुएँ भी वायु की ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर ऑक्साइड बनाती हैं जो इन धातुओं की सतह पर पतली परत बनाता है। यह परत धातु को और ऑक्सीकृत नहीं होने देती।



चित्र–2 : मैग्नीशियम का दहन

$$2Zn + O_2 \longrightarrow 2ZnO$$

$$4Al + 3O_2 \longrightarrow 2Al_2O_3$$

अधिकतर धात्विक ऑक्साइड क्षारीय प्रकृति के होते हैं, कुछ ऑक्साइड जैसे–जिंक ऑक्साइड तथा ऐलुमिनियम ऑक्साइड उभयधर्मी होते हैं। ये ऑक्साइड अम्ल तथा क्षार दोनों के साथ क्रिया कर लवण तथा पानी बनाते हैं।

$$Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2NaOH \longrightarrow \underset{\text{सोडियम ऐलुमिनेट}}{2NaAlO_2} + H_2O$$

कॉपर का दहन नहीं होता लेकिन धातु पर कॉपर ऑक्साइड की काले रंग की परत चढ़ जाती है। चाँदी तथा सोना धातुएँ उच्च ताप पर भी ऑक्सीजन से अभिक्रिया नहीं करतीं।

प्रश्न

1. हवा में खुला छोड़ने पर धातुओं की चमक कम क्यों हो जाती है?
2. सोना और प्लैटिनम का उपयोग गहने बनाने में क्यों किया जाता है?
3. लेड, मैग्नीशियम, ऐलुमिनियम धातुओं की ऑक्सीजन से अभिक्रिया का समीकरण लिखिए।

हमने देखा कि पोटैशियम, सोडियम तथा लिथियम धातुएँ अधिक क्रियाशील हैं। मैग्नीशियम धीमी गति से अभिक्रिया करता है। आइए, अन्य धातुओं की क्रियाशीलता का क्रम देखने के लिए कुछ और अभिक्रियाएँ देखते हैं।

9.2.2 क्या होता है जब धातुएँ जल से अभिक्रिया करती हैं?

अधिक अभिक्रियाशील धातुएँ सोडियम, पोटैशियम तथा लिथियम ठंडे जल से अभिक्रिया करके धात्विक हाइड्रॉक्साइड, हाइड्रोजन गैस और अत्यधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न करती हैं अर्थात् यहाँ ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया होती है।

$$2Na(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2\uparrow + \text{ऊष्मा}$$

सोडियम जल सोडियम हाइड्रॉक्साइड हाइड्रोजन

मैग्नीशियम जैसी कम अभिक्रियाशील धातु ठंडे जल के साथ मंद अभिक्रिया करती है, परंतु गर्म जल या जल वाष्प के साथ तेजी से अभिक्रिया करती है और मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड तथा हाइड्रोजन गैस बनाती है। बनी हुई हाइड्रोजन गैस के बुलबुले बची हुई धातु की सतह से चिपक जाते हैं अतः धातु तैरना आरंभ कर देती है।

$$Mg(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Mg(OH)_2(aq) + H_2\uparrow$$

ऐलुमिनियम, जिंक और लोहे जैसी धातुएँ न तो ठंडे जल से अभिक्रिया करती हैं और न ही गर्म जल के साथ। लेकिन जल वाष्प के साथ अभिक्रिया करके धातु ऑक्साइड तथा हाइड्रोजन गैस बनाती हैं।

$$2Al(s) + 3H_2O(g) \longrightarrow Al_2O_3(s) + 3H_2\uparrow$$

$$2Fe(s) + 3H_2O(g) \longrightarrow Fe_2O_3(s) + 3H_2\uparrow$$

सामान्य तापमान पर ताँबा, चाँदी, सोना आदि धातुएँ जल के साथ अभिक्रिया नहीं करतीं।

9.2.3 क्या होता है जब धातुएँ अम्लों से अभिक्रिया करती हैं?

हम जानते हैं कि धातुएँ तनु अम्लों के साथ अभिक्रिया करके संगत लवण तथा हाइड्रोजन गैस उत्पन्न करती हैं।

मैग्नीशियम, जिंक और लोहे की तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया का समीकरण लिखिए।

क्या सभी धातुएँ इसी प्रकार अभिक्रिया करती हैं? सक्रियता श्रेणी में अधिक सक्रिय धातु से कम सक्रिय धातु की ओर जाने पर अम्ल के साथ क्रियाशीलता कम होती जाती है। कम क्रियाशील धातुएँ जैसे– सोना और प्लैटिनम तनु अम्ल के साथ अभिक्रिया नहीं करती हैं।

ताँबा, सांद्र नाइट्रिक अम्ल से क्रिया कर कॉपर नाइट्रेट, नाइट्रोजन डाइऑक्साइड गैस और पानी बनाता है।

$$Cu(s) + 4HNO_3(aq) \longrightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$$

सोना और प्लैटिनम धातुएँ सिर्फ अम्लराज (aqua regia) (3 भाग सान्द्र HCl तथा 1 भाग सान्द्र HNO_3) से ही क्रिया करती हैं।

प्रश्न

1. इन अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए–

   (क) कैल्सियम की जल के साथ अभिक्रिया

   (ख) लोहे की जल वाष्प के साथ अभिक्रिया

2. ऐलुमिनियम धातु की तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अभिक्रिया के पश्चात कौन सी गैस बनती है? अभिक्रिया का समीकरण लिखिए।

3. अम्लराज किसे कहते हैं?

अब हम देखेंगे विभिन्न धातुओं को कैसे प्राप्त किया जाता है, उन्हें वातावरण के प्रभाव से कैसे बचाया जा सकता है, साथ ही उन्हें अन्य धातुओं के साथ मिश्रित कर कैसे अधिक उपयोगी बनाया जा सकता है।

9.3 धातुओं की प्राप्ति (Occurrence of metals)

धातुएँ मुख्यतः भूपर्पटी में उपस्थित रहती हैं। कुछ धातुएँ प्रकृति में मुक्त अवस्था और कुछ संयुक्त अवस्था में पाई जाती हैं। सामान्यतः सक्रियता श्रेणी में नीचे आने वाली धातुएँ मुक्त अवस्था में मिलती हैं जैसे–सोना एवं प्लैटिनम। जबकि अधिकांश सक्रिय धातुएँ अन्य तत्वों से क्रिया कर यौगिक बनाकर संयुक्त अवस्था में पाई जाती हैं। भूपर्पटी में प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले ठोस अकार्बनिक पदार्थ जिनका रासायनिक संघटन निश्चित होता है और इनके भौतिक गुणों का अनुमान लगाया जा सकता है, खनिज (mineral) कहलाते हैं, धातुओं का निष्कर्षण इन्हीं खनिजों से किया जाता है। ऐसे खनिज जिनमें धातु की मात्रा अधिक और अशुद्धियाँ कम होती हैं तथा जिनसे धातुओं का निष्कर्षण कम खर्च में और सुविधाजनक तरीके से किया जाता है अयस्क (ore) कहलाते हैं। सामान्यतः खनिज अलग–अलग प्रकार की चट्टानों में पाए जाते हैं। सभी अयस्क खनिज होते हैं किन्तु सभी खनिज अयस्क नहीं होते।

सारणी–3 : धातुओं के अयस्क

क्रमांक	अयस्क का प्रकार	अयस्क का नाम	अयस्क का सूत्र
1	ऑक्साइड	हैमेटाइट	Fe_2O_3
		मैग्नाटाइट	Fe_3O_4
		बॉक्साइट	$Al_2O_3.2H_2O$
		कैसिटेराइट	SnO_2
2	कार्बोनेट	डोलोमाइट	$MgCO_3.CaCO_3$
		लाइमस्टोन (चूना पत्थर)	$CaCO_3$
		कैलामाइन	$ZnCO_3$
3	सल्फाइड	आयरन पाइराइट	FeS_2
		कॉपर पाइराइटीज	$CuFeS_2$
4.	सल्फेट	जिप्सम	$CaSO_4.2H_2O$

9.3.1 छत्तीसगढ़ के प्रमुख खनिज एवं उनका वितरण (Important minerals and their distribution in Chhattisgarh)

छत्तीसगढ़ खनिज संपदा की दृष्टि से संपन्न राज्य है। राष्ट्रीय खनिज उत्पादन में छत्तीसगढ़ का देश में महत्वपूर्ण स्थान है। यहाँ कुल मिलाकर 28 प्रकार के खनिज उपलब्ध हैं। सामरिक महत्व के खनिज टिन के अयस्क का यह एक मात्र उत्पादक राज्य है। छत्तीसगढ़ के प्रमुख खनिज सारणी–4 में दर्शाए गए हैं।

सारणी–4 : छत्तीसगढ़ के प्रमुख खनिज

क्र.	खनिज का नाम	जिला जहाँ खनिज पाया जाता है
1	हैमेटाइट	दंतेवाड़ा, बस्तर, कांकेर, नारायणपुर, रायपुर, कबीरधाम
2	बॉक्साइट	सरगुजा, कोरबा, जशपुर, कांकेर, बस्तर, कबीरधाम
3	लाइमस्टोन	रायपुर, रायगढ़, जांजगीर–चांपा, कबीरधाम, बस्तर, बिलासपुर, दुर्ग, राजनांदगांव
4	डोलोमाइट	दुर्ग, कबीरधाम, बिलासपुर, जांजगीर–चांपा
5	अलेक्जेंड्राइट (क्राइसोबेराइल)	रायपुर (देवभोग)
6	कैसिटेराइट	दंतेवाड़ा, बस्तर
7	कोरण्डम	दंतेवाड़ा
8	सोना	रायपुर, कांकेर, रायगढ़, महासमुन्द, बस्तर
9	अभ्रक	रायपुर, बस्तर, सरगुजा, जशपुर

HYKPHU

9.4 धातुकर्म (Metallurgy)

अयस्क से धातु प्राप्त करने की प्रक्रिया धातुकर्म (metallurgy) या धातु का निष्कर्षण कहलाती है। धातुकर्म के तीन चरण होते हैं–

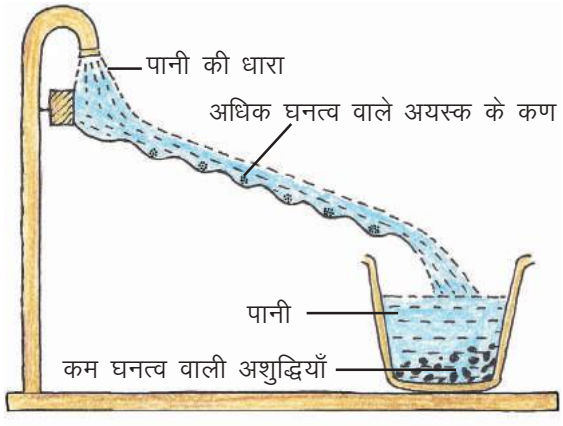
1. अयस्क का सांद्रण (concentration of ore) 2. धातु का निष्कर्षण (extraction of metal)
3. धातु का शुद्धिकरण (purification of metal)

भिन्न–भिन्न धातुओं के अयस्कों से धातु प्राप्त करने के लिए अलग–अलग विधियों का उपयोग किया जाता है। आइए, इसे समझें–

9.4.1 अयस्क का सांद्रण (Concentration of ore)

खदानों से प्राप्त अयस्क में अत्यधिक मात्रा में मिट्टी, रेत, पत्थर तथा अन्य अशुद्धियाँ पाई जाती हैं जिसे आधात्री या गैंग (gangue) कहते हैं। अयस्क से धातु प्राप्त करने के लिए इन अशुद्धियों को अलग करना आवश्यक है, इसे अयस्क का सांद्रण कहते हैं। आइए, अयस्क के सांद्रण की कुछ सामान्य विधियों के बारे में जानें–

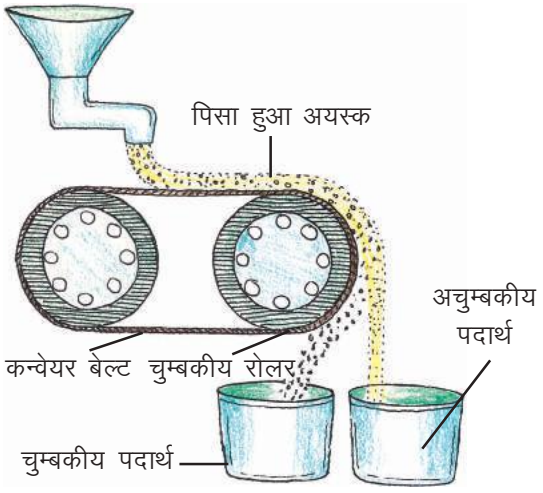
(i) गुरुत्व पृथक्करण विधि (Gravity separation method)– जब अयस्क तथा आधात्री के आपेक्षिक घनत्वों में अन्तर होता है तब अयस्क के सांद्रण के लिए इस विधि का उपयोग किया जाता है। इस विधि में अयस्क को बारीक पीसकर पानी की धारा प्रवाहित कर हिलाया जाता है। जिससे अयस्क के भारी कण नीचे बैठ जाते हैं एवं अशुद्धियाँ ऊपर तैरने लगती हैं जिन्हें अलग कर लिया जाता है अथवा ये पानी की धारा के साथ बहकर अलग हो जाती हैं (चित्र–3)। प्रायः कार्बोनेट तथा ऑक्साइड अयस्कों के सांद्रण के लिए इस विधि का प्रयोग किया जाता है, हैमेटाइट अयस्क का सांद्रण इस विधि से किया जाता है।



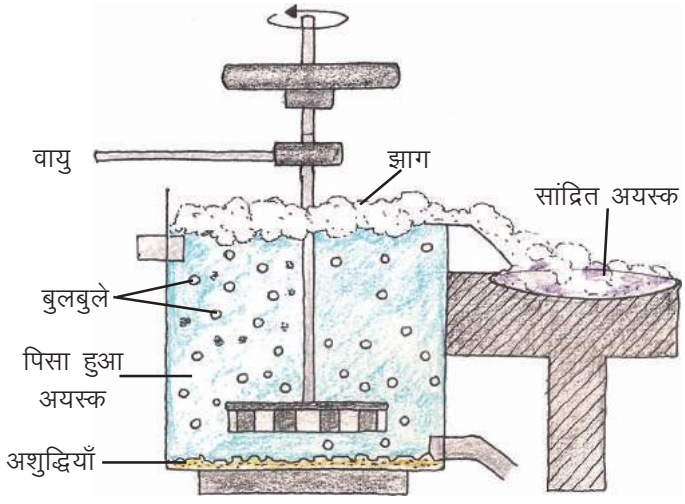
चित्र–3 : गुरुत्व पृथक्करण विधि

(ii) चुम्बकीय पृथक्करण विधि (Magnetic separation method)

अयस्क में चुम्बकीय पदार्थ उपस्थित होने पर इस विधि का उपयोग किया जाता है। इस विधि में अयस्क को बारीक पीसकर चुम्बक पर चलने वाले रबर के पट्टे (कन्वेयर बेल्ट) पर डाला जाता है। अचुम्बकीय पदार्थ पट्टे के उर्ध्वाधर होते ही गिर जाते हैं परंतु चुम्बकीय पदार्थ पट्टे पर तब तक चिपके रहते हैं जब तक कि वह चुम्बक के प्रभाव से बाहर नहीं हो जाते। इस प्रकार दो ढेर मिलते हैं एक चुम्बकीय पदार्थ का और दूसरा अचुम्बकीय पदार्थ का (चित्र–4)। इस विधि का उपयोग टिन के अयस्क (SnO_2) में उपस्थित चुम्बकीय अशुद्धियों को पृथक करने हेतु किया जाता है।



चित्र–4 : चुम्बकीय पृथक्करण विधि



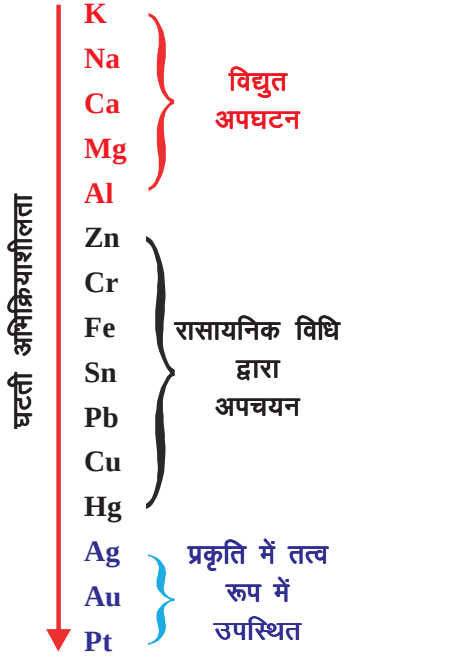
चित्र–5 : झाग उत्प्लावन विधि

(iii) झाग उत्प्लावन विधि (Froth floatation process)

सल्फाइड अयस्क के सांद्रण के लिए इस विधि का उपयोग किया जाता है। इस विधि में बारीक पिसे सल्फाइड अयस्क में पाइन तेल तथा जल मिलाकर उसमें अधिक दाब पर वायु प्रवाहित की जाती है जिस कारण झाग उत्पन्न होती है। सल्फाइड अयस्क के कणों पर तेल की एक परत बन जाती है जिसके कारण हवा के बुलबुले इससे चिपक जाते हैं। इस प्रकार यह कण हल्के होकर झाग के साथ ऊपर आते हैं जबकि मिट्टी, कंकड़, पत्थर जैसी अशुद्धियाँ तली में बैठ जाती हैं (चित्र–5)।

छत्तीसगढ़ में अधिक मात्रा में लौह अयस्क उपस्थित हैं, पता कीजिए इन अयस्कों का सांद्रण किस प्रकार किया जाता है?

सारणी–5 : सक्रियता श्रेणी एवं संबंधित धातुकर्म



9.4.2 धातु का निष्कर्षण (Extraction of metal)

धातु के निष्कर्षण की विधि धातु की सक्रियता तथा अयस्क की प्रकृति पर निर्भर करती है।

(क) हम जानते हैं कि अधिक क्रियाशील धातुओं सोडियम, पोटैशियम और कैल्सियम आदि को उनके यौगिकों से तत्व के रूप में प्राप्त करना कठिन है। इन यौगिकों में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर धनायन (cation), ऋण आयन (anion) से अलग होकर कैथोड पर जाकर अपचयित हो जाते हैं तथा धातु प्राप्त होती है। इस प्रक्रिया को विद्युत अपघटन (electrolysis) कहते हैं। ऐलुमिनियम को भी इसी विधि द्वारा प्राप्त किया जाता है (सारणी–5)।

(ख) मध्यम और निम्न क्रियाशील धातुओं को उनके ऑक्साइड, सल्फाइड या कार्बोनेट अयस्कों से रासायनिक अपचयन विधि द्वारा प्राप्त किया जाता है। कुछ कम या निम्न सक्रिय धातु जैसे–पारा को उसके ऑक्साइड या सल्फाइड से केवल गर्म करके प्राप्त किया जा सकता है।

अन्य धातुओं के सल्फाइड, ऑक्साइड तथा कार्बोनेट के लिए दो प्रमुख पदों का उपयोग किया जाता है जिससे अयस्क से धातु का अपचयन सरलता से हो सके।

9.4.2.1 धातुओं के सल्फाइड या कार्बोनेट अयस्क का ऑक्साइड में परिवर्तन

धातुओं के सल्फाइड या कार्बोनेट अयस्क को ऑक्साइड में परिवर्तित करने की विधियाँ उसमें उपस्थित अशुद्धियों पर निर्भर करती हैं।

(i) सान्द्रित सल्फाइड अयस्क को जब वायु या ऑक्सीजन की उपस्थिति में उसके गलनांक से कम तापक्रम तक गर्म किया जाता है तब यह प्रक्रिया भर्जन (roasting) कहलाती है। इस क्रिया में अशुद्धियाँ वाष्पित हो जाती हैं जिस कारण धातु के यौगिक के अपचयन में सरलता होती है। भर्जन मुख्यतः सल्फाइड अयस्कों का किया जाता है।

$$2ZnS + 3O_2 \xrightarrow{\triangle} 2ZnO + 2SO_2\uparrow$$

(ii) सान्द्रित अयस्क को जब वायु की अनुपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म किया जाता है तो इस प्रक्रिया को निस्तापन (calcination) कहते हैं। यह विधि कार्बोनेट अयस्क के लिए प्रयुक्त की जाती है।

$$ZnCO_3 \xrightarrow{\triangle} ZnO + CO_2\uparrow$$

कार्बोनेट अयस्कों को गर्म करने पर वे विघटित होकर कार्बन डाइऑक्साइड गैस मुक्त करते हैं तथा धातु का ऑक्साइड प्राप्त होता है।

9.4.2.2 धातुओं के ऑक्साइड का धातुओं में अपचयन

अयस्कों के ऑक्साइड में परिवर्तन के पश्चात् धातुओं के ऑक्साइड का अपचयन किया जाता है। धातु ऑक्साइड को अपचायक तथा गालक के साथ मिलाकर गर्म किया जाता है तब धातु द्रव अवस्था में प्राप्त होती है। इस प्रक्रिया को प्रगलन (smelting) कहते हैं। गालक सरलता से न पिघलने वाली अशुद्धियों को हटाने में सहायता करते हैं। प्रगलन प्रक्रिया दो प्रकार से की जाती है।

(i) कार्बन अपचयन विधि (Carbon reduction method)– भर्जित या निस्तापित अयस्क को कोक या कार्बन के साथ वात्या भट्टी (blast furnace) में उच्च ताप (700°C-1800°C) तक गर्म किया जाता है। जिससे धातु अपचयित होकर पिघली अवस्था में प्राप्त होती है।

$$ZnO + C \xrightarrow{\triangle} Zn + CO\uparrow$$

(ii) रासायनिक अपचयन विधि (Chemical reduction method)– सक्रियता श्रेणी में ऊपर स्थित धातु अपने से नीचे स्थित धातु को उसके लवण के विलयन से विस्थापित कर देती है। इस सिद्धांत का उपयोग कर विस्थापन विधि द्वारा धातु को पृथक किया जाता है। हमने पूर्व में देखा है कि कॉपर सल्फेट के विलयन में आयरन या जिंक चूर्ण डालने पर कॉपर विस्थापित हो जाता है।

$$CuSO_4 + Fe \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

$$CuSO_4 + Zn \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$$

क्या आप जानते हैं इस विधि द्वारा किन–किन धातुओं का निष्कर्षण किया जा सकता है?

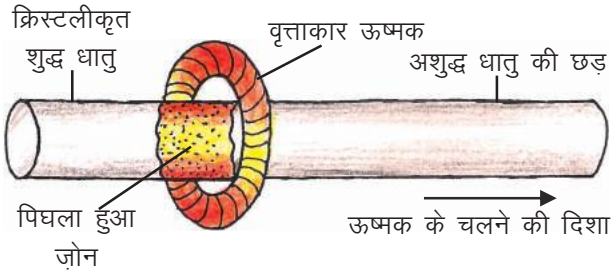
9.4.3 धातुओं का शोधन (Purification of metals)

अपचयन से प्राप्त धातु में अशुद्धियाँ होती हैं, इस धातु को अशुद्ध या अपरिष्कृत धातु (impure metal) कहते हैं। धातु को शुद्ध रूप में प्राप्त करने की प्रक्रिया धातु शोधन या धातु परिष्करण कहलाती है। धातु शोधन मुख्यतः दो विधियों द्वारा किया जाता है।

(i) भौतिक विधियाँ (Physical methods)–इसके अंतर्गत मुख्यतः द्रवण तथा प्रभाजी क्रिस्टलन द्वारा शुद्ध धातु प्राप्त की जाती है।

(क) द्रवण (Liquification)–शीघ्र पिघलने वाली धातु जैसे–टिन, लेड आदि को ढलान वाली परावर्तक भट्टी में गर्म किया जाता है। धातु पिघलकर नीचे बह जाती है और अशुद्धियाँ वहीं रह जाती हैं।

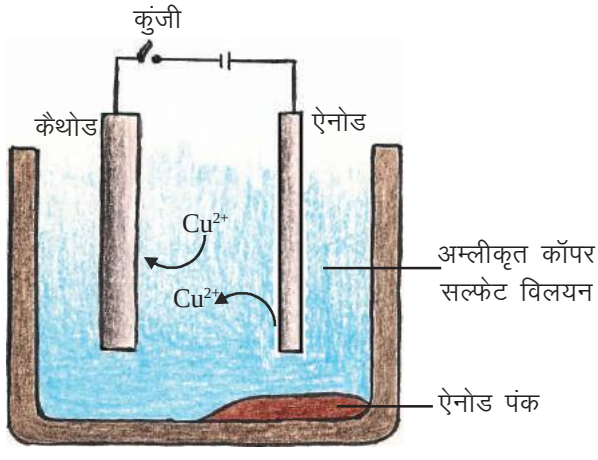
(ख) ज़ोन शोधन या प्रभाजी क्रिस्टलीकरण (Zone refining or Fractional crystallisation)– धातु में अशुद्धियों के कारण उसका गलनांक कम हो जाता है। ज़ोन शोधन इस सिद्धान्त पर आधारित है कि अशुद्धियाँ धातु की ठोस अवस्था की अपेक्षा द्रव अवस्था में अधिक विलेय होती हैं। इस विधि से गोल्ड, सिल्वर तथा प्लैटिनम को शुद्ध किया जाता है।



चित्र–6 : ज़ोन शोधन

इस विधि में अशुद्ध धातु की छड़ बनाकर उसके एक सिरे को वृत्ताकार ऊष्मक से पिघलने तक गर्म करते हुए धीरे–धीरे छड़ के दूसरे सिरे की ओर खिसकाते जाते हैं। ऊष्मक द्वारा धातु का एक भाग पिघल जाता है तथा वह अपने साथ अशुद्धियों को लेते हुए और ठोस होती हुई शुद्ध धातु को पीछे छोड़ते हुए दूसरे सिरे की ओर बढ़ता जाता है। इस प्रकार दूसरे सिरे पर अधिक अशुद्धियाँ पहुँच जाती हैं तथा बचा हुआ भाग शुद्ध हो जाता है। इस प्रक्रिया को बार–बार दोहराने से अति शुद्ध धातु प्राप्त होती है। अशुद्धि युक्त दूसरे सिरे को काट कर पृथक कर दिया जाता है।

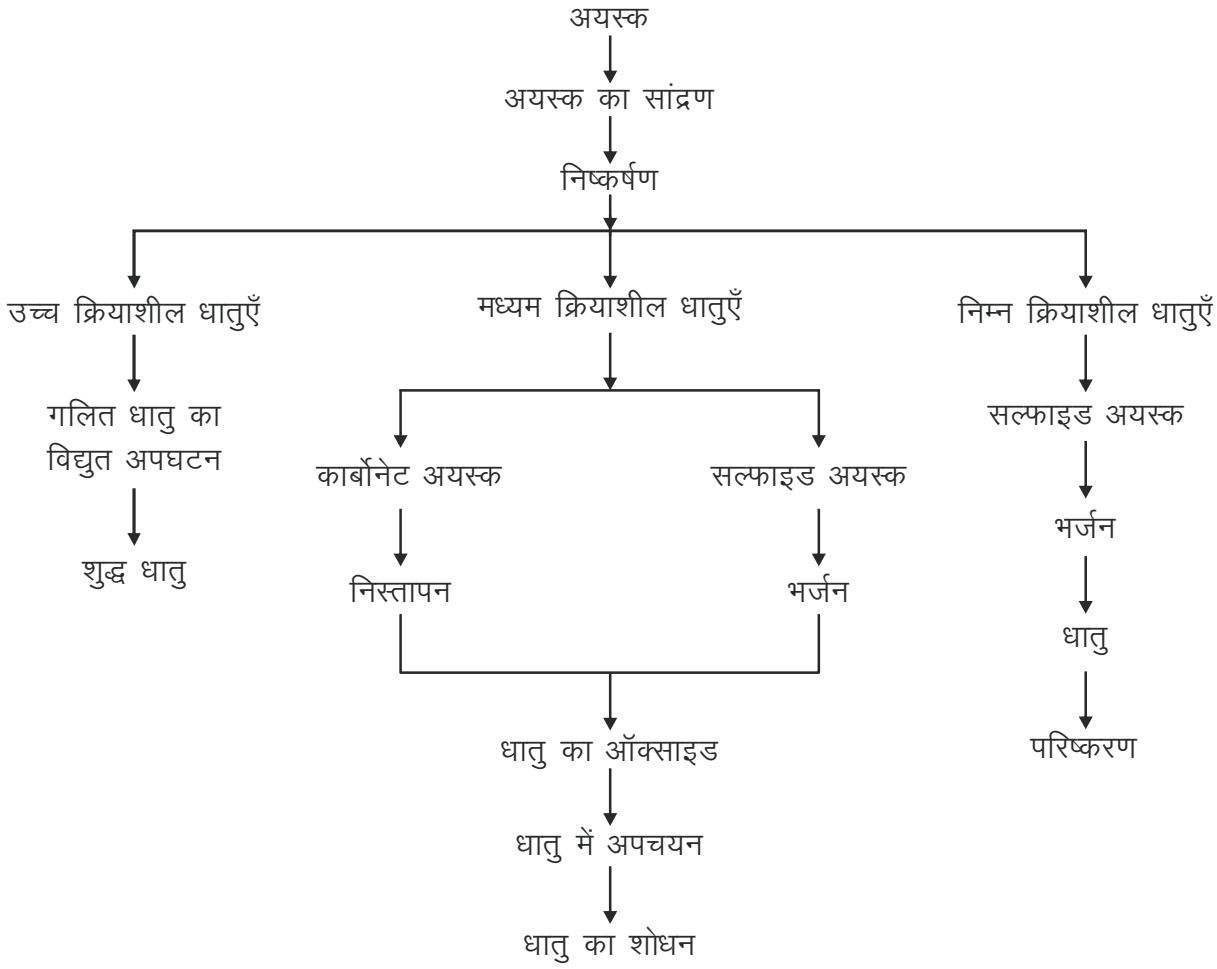
(ii) रासायनिक विधियाँ (Chemical methods)–कुछ धातुओं का रासायनिक विधियों द्वारा भी शोधन किया जाता है। अधिक शुद्ध



चित्र –7 : धातु का विद्युत अपघटनी परिष्करण

धातु प्राप्त करने के लिए विद्युत अपघटन विधि का प्रयोग किया जाता है। अशुद्ध धातु की मोटी छड़ धन इलेक्ट्रोड तथा शुद्ध धातु की पतली छड़ ऋण इलेक्ट्रोड के रूप में प्रयुक्त की जाती है। इसी धातु के लवण के घोल को विद्युत अपघट्य के रूप में प्रयुक्त किया जाता है।

जब विद्युत अपघट्य में विद्युत धारा प्रवाहित की जाती है तब विलयन में उपस्थित धन आयन (धातु आयन) ऋण इलेक्ट्रोड की ओर जाकर धातु के रूप में अपचयित हो जाते हैं। धन इलेक्ट्रोड से धातु के परमाणु ऑक्सीकृत होकर विलयन में घुलते जाते हैं। विलयन में घुलने के बाद यह आयन भी कैथोड की ओर चले जाते हैं। ऐनोड में धातु के साथ मिली हुई अशुद्धियाँ प्रायः अघुलनशील होती हैं जैसे–जैसे ऐनोड से धातु के परमाणु विलयन में प्रवेश करते हैं वैसे–वैसे ऐनोड का पदार्थ कम होता जाता है तथा अशुद्धियाँ ऐनोड के नीचे तल पर एकत्रित हो जाती हैं जिसे ऐनोड पंक या कीचड़ (anode mud) कहते हैं (चित्र–7)। इस विधि का प्रयोग क्रोमियम, निकैल, कॉपर, जिंक आदि धातुओं के शोधन हेतु किया जाता है।



प्रवाह आरेख–1 : धातुकर्म

क्रियाकलाप–4

ताँबे की दो अलग–अलग मोटाई के तार लीजिए, दोनों तारों पर यदि कोई पर्त हो तो उसे रेगमाल पेपर से रगड़ कर साफ कर लीजिए। मोटे तार को एक सेल के धन सिरे से तथा पतले तार को ऋण सिरे से जोड़

दीजिए। दोनों तारों को कॉपर सल्फेट के विलयन में डुबोकर रख दीजिए। ध्यान रहे कि विलयन के अंदर ये तार एक दूसरे के संपर्क में न रहें। कुछ देर बाद अवलोकन कर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए–

- क्या ताँबा एक इलेक्ट्रोड से दूसरे इलेक्ट्रोड की ओर गया ?
- किस इलेक्ट्रोड में ताँबे की मात्रा में कमी हुई और किसमें वृद्धि?

इसी प्रकार जब धातु का विद्युत अपघटनी परिष्करण किया जाता है तब धातु ऋण इलेक्ट्रोड पर प्राप्त होती है।

प्रश्न

1. आयरन के ऑक्साइड अयस्कों के नाम तथा सूत्र लिखिए।
2. सल्फाइड अयस्कों को किस विधि द्वारा सांद्रित किया जाता है?
3. Na, K तथा Ca धातुओं को उनके यौगिकों से विद्युत अपघटन द्वारा प्राप्त किया जाता है क्यों?

9.5 लोहा (Iron)

HYPRV1

लोहा मानव सभ्यता का एक प्रमुख हिस्सा रहा है और लौह युग सबसे लम्बा चलने वाला ऐतिहासिक काल भी था। लोहा एक सक्रिय धातु है तथा यह प्रकृति में अन्य तत्वों के साथ संयुक्त अवस्था में पाया जाता है। लोहे के प्रमुख अयस्क हैं– हैमेटाइट (Fe_2O_3), मैग्नाटाइट (Fe_3O_4), सिडेराइट ($FeCO_3$), आयरन पाइराइट (FeS_2) इत्यादि।

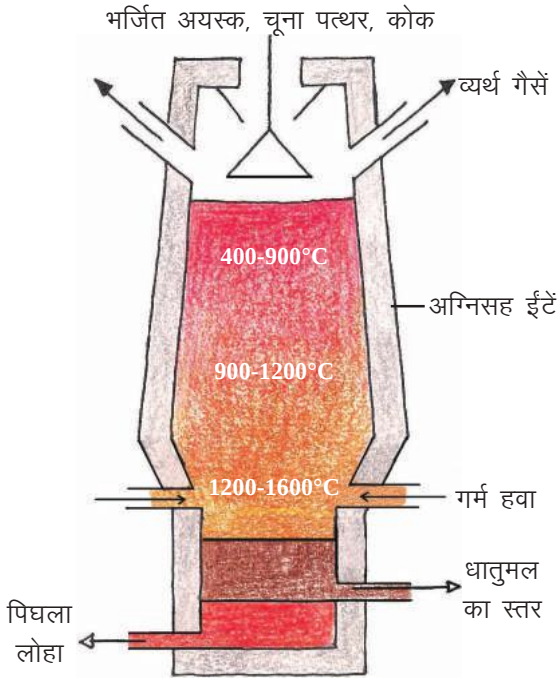
9.5.1 लोहे का धातुकर्म (Metallurgy of Iron)

छत्तीसगढ़ में पाया जाने वाला लोहे का प्रमुख अयस्क हैमेटाइट (Fe_2O_3) है। अयस्क को खदानों से प्राप्त करने के पश्चात् उसे कूटकर (क्रशर या स्टैम्प मिल द्वारा) महीन चूर्ण में बदला जाता है तथा गुरुत्व पृथक्करण विधि द्वारा उसका सांद्रण किया जाता है।

सांद्रण के पश्चात् अयस्क का भर्जन करते हैं जिससे अयस्क में उपस्थित आर्सेनिक और सल्फर की अशुद्धियाँ वाष्पशील ऑक्साइड बनाकर दूर हो जाती हैं। अयस्क रंध्रमय हो जाता है जिससे उसका धातु में अपचयन सुविधाजनक हो जाता है।

$$4As + 3O_2 \longrightarrow 2As_2O_3\uparrow$$

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2\uparrow$$



चित्र–8 : वात्या भट्टी

अयस्क में मुख्यतः रेत अशुद्धि के रूप में पायी जाती है जिसे प्रगलन के समय चूना पत्थर (कैल्सियम कार्बोनेट) की सहायता से हटाया जाता है। लोहे के ऑक्साइड का अपचयन, कार्बन (कोक या ऐन्थ्रासाइट) द्वारा किया जाता है। इस प्रक्रिया में अधिक तापमान (लगभग 1800°C) की आवश्यकता होती है। अगर यह प्रक्रिया रुक–रुक कर की जाए तो मिश्रण को बार–बार गर्म करने से ऊष्मा का अपव्यय होता है इसलिए प्रगलन एक बड़ी वात्या भट्टी (blast furnace) में निरंतर किया जाता है (चित्र–8)।

वात्या भट्टी इस्पात की बनी बेलनाकार भट्टी होती है और इसकी भीतरी सतह पर अग्निसह ईंटों का अस्तर लगा होता है। बीच के चौड़े स्थान पर नलियाँ होती हैं, जिसके द्वारा भट्टी में गर्म हवा (700-800°C) भेजी जाती है। भट्टी के ऊपरी सिरे से अभिक्रिया में बनी गैसें निकलने का मार्ग होता है। निचले भाग में दो छिद्र होते हैं, जिनमें से ऊपरी छिद्र से धातुमल तथा निचले छिद्र से पिघली धातु निकाली जाती है।

भर्जित अयस्क को चूना पत्थर तथा कोक के साथ मिलाकर वात्या भट्टी में ऊपर से डाला जाता है और नीचे से गर्म हवा भेजी जाती है। वात्या भट्टी में तापमान एक समान नहीं रहता जैसे–जैसे अयस्क, चूना पत्थर तथा कोक नीचे की ओर जाते हैं उन्हें तापमान के विभिन्न क्षेत्रों से होकर गुजरना पड़ता है, वात्या भट्टी में निम्नलिखित अभिक्रियाएँ होती हैं–

कोक, ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर कार्बन डाइऑक्साइड गैस बनाता है। चूंकि कोक अधिक मात्रा में डाला जाता है अतः बचा हुआ कोक बनी हुए कार्बन डाइऑक्साइड से पुनः क्रिया कर कार्बन मोनोऑक्साइड गैस बनाता है। कोक की कुछ मात्रा ऑक्सीजन की अपर्याप्त मात्रा से अभिक्रिया कर कार्बन मोनोऑक्साइड गैस बनाती है। इस प्रक्रिया से भट्टी में उच्च ताप (400ºC-900ºC) बना रहता है।

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2\uparrow$$

$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO\uparrow$$

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO\uparrow$$

ऑक्साइड अयस्क, कार्बन मोनोऑक्साइड से क्रिया कर आयरन और कार्बन डाइऑक्साइड बनाता है। यह अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी होती है।

$$Fe_2O_3 + 3CO \longrightarrow 2Fe + 3CO_2\uparrow$$

इस अभिक्रिया के कारण भट्टी का ताप उच्च बना रहता है अतः कार्बन डाइऑक्साइड को बाहर नहीं जाने दिया जाता और पुनः भट्टी में भेज दिया जाता है। यह कार्बन डाइऑक्साइड कोक से पुनः क्रिया करती है। कुछ मात्रा में हैमेटाइट भी कोक के साथ अभिक्रिया करके लोहा और कार्बन मोनोऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है।

$$Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 2Fe + 3CO\uparrow$$

भट्टी में उच्च ताप (900ºC-1200ºC) पर चूना पत्थर का विघटन होता है और वह अनबुझा चूना (कैल्सियम ऑक्साइड) तथा कार्बन डाइऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है। यह एक ऊष्माशोषी अभिक्रिया है इसलिए चूना पत्थर की सीमित मात्रा ही भट्टी में डाली जाती है। अधिक मात्रा में उपयोग से ऊष्मा की हानि होती है। इस अभिक्रिया में बनने वाला अनबुझा चूना, अयस्क की अशुद्धियाँ दूर करने के लिए प्रयुक्त होता है इसे गालक (flux) कहते हैं। यह सिलिका से अभिक्रिया कर कैल्सियम सिलिकेट बनाता है, जिसे धातुमल (slag) कहते हैं।

$$CaCO_3 \xrightarrow{\triangle} CaO + CO_2$$

$$CaO + SiO_2 \xrightarrow{\triangle} CaSiO_3$$

गालक + अशुद्धि → *धातुमल*

भट्टी का ताप 1200ºC से 1600ºC होने के कारण लोहा तथा कैल्सियम सिलिकेट पिघली हुई अवस्था में ही रहते हैं। दोनों के घनत्वों में अंतर होने के कारण यह भट्टी की तली में दो पर्तों के रूप में एकत्रित होते जाते हैं। जिन्हें समय–समय पर अलग–अलग तलों पर स्थित निकास द्वार से निकाला जाता है।

वात्या भट्टी से प्राप्त इस लोहे में काफी मात्रा में कार्बन मिला होता है जिसे कच्चा लोहा (pig iron) कहते हैं। इसे अलग–अलग प्रक्रियाओं द्वारा शुद्ध किया जाता है और भिन्न–भिन्न ग्रेड के लोहे का निर्माण किया जाता है जैसे–ढलवाँ लोहा (cast iron) तथा पिटवाँ लोहा (wrought iron)।

छत्तीसगढ़ का धातु शिल्प

छत्तीसगढ़ की पारंपरिक शिल्प कला में लौह शिल्प का प्रमुख स्थान है। प्राचीन काल में लौहयुक्त पत्थरों को तोड़कर, कोयले के साथ मिलाकर छाना भट्टी में गलाकर लोहा बनाया जाता था। आज भी कहीं–कहीं विशेष प्रकार के पत्थर से लोहा निकालकर कलाकृतियाँ बनाने का कार्य किया जाता है। अधिकांशतः अब बाजार से ही लोहा खरीदकर एवं कटिंग कर भट्टी में गर्म किया जाता है तथा उससे घर में उपयोग आने वाली तथा सजावटी वस्तुएँ जैसे–छुरी, चिमटा, चाकू, कुल्हाड़ी, कजरौती के लिए दीप स्तंभ, घोड़ा, हिरण, फूलदान आदि बनाए जाते हैं। बस्तर के लौह शिल्प में देवी देवताओं की पूजा अर्चना के लिए पारंपरिक रूप से कलात्मक कृतियों का निर्माण किया जाता है। लौह शिल्प से दरवाजे, खिड़कियाँ, झूले आदि बनाए जाते हैं।

ढोकरा शिल्प में शिल्पी द्वारा कलाकृतियों को मोम पर तैयार कर उसमें मिट्टी का लेप लगाया जाता है तथा इसे भट्टी में पकाकर उसमें पिघली हुई पीतल धातु डाली जाती है। पीतल मोम का स्थान ले लेती है और उस पर आकृति तैयार हो जाती है। इससे देवी–देवता, हाथी–घोड़े, बैल आदि सजावटी सामग्री तैयार की जाती है। ढोकरा शिल्प रायगढ़, कोंडागाँव, बस्तर आदि क्षेत्रों में तैयार किया जाता है। इससे गौर का सींग, मुकुट, दरवाजे के हैंडल आदि भी बनाए जाते हैं।

चित्र–धातु शिल्प

प्रश्न

1. वात्याभट्टी में तापक्रम उच्च बनाए रखने हेतु कौन सी अभिक्रियाएँ सहायक होती हैं?
2. लोहे के निष्कर्षण हेतु वात्याभट्टी में गालक के रूप में कौन से पदार्थ का उपयोग किया जाता है?

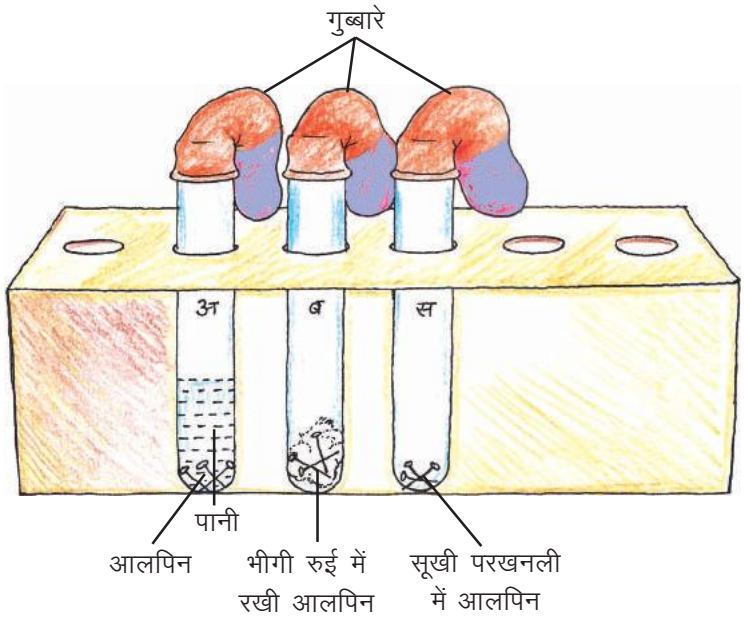
9.6 संक्षारण (Corrosion)

हम जानते हैं क्रियाशील धातुएँ जैसे–जिंक, ऐलुमिनियम शीघ्र ही ऑक्सीजन तथा नमी से क्रिया करती हैं और उनके यौगिकों में परिवर्तित हो जाती हैं यह क्रिया संक्षारण कहलाती है। लोहे की ऑक्सीजन और जल से क्रिया को जंग लगना (corrosion) कहते हैं। यहाँ हम जंग लगने की प्रक्रिया तथा उनसे बचने के तरीकों का अध्ययन करेंगे।

क्रियाकलाप–5

(नोट– *इस क्रियाकलाप को गर्मी या सर्दी के मौसम में किया जाना चाहिए, वर्षा ऋतु में नमी अधिक होने के कारण परिणाम प्राप्त करना कठिन होता है।)*

- तीन परखनलियाँ लीजिए तथा इन्हें क्रमशः 'अ', 'ब' तथा 'स' नामांकित कीजिए।
- प्रत्येक परखनली में 3–4 आलपिन डाल दीजिए। परखनली 'अ' में इतना पानी डालें कि आलपिन डूब जाएँ।
- परखनली 'ब' में रुई गीली कर नीचे तक फँसा दें।
- परखनली 'स' में रखे आलपिन को ऐसे ही रहने दें।
- अब तीनों परखनलियों के मुँह पर गुब्बारा लगाकर वायुरोधी कर दें। तीनों परखनलियों को स्टैंड में रखकर गर्म जगह (धूप) में रख दें तथा 3–4 घंटे बाद अवलोकन करें (चित्र–9)। ठंड में क्रिया की गति धीमी होती है।
- क्या तीनों परखनलियों में रखे आलपिन में जंग लगा है?
- क्या जंग लगने की मात्रा समान है?
- क्या परखनलियों में लगे गुब्बारों की स्थिति में कुछ परिवर्तन हुआ है?
- यह परिवर्तन किस गैस के बनने अथवा खर्च होने के कारण हुआ है?
- किस परखनली ('अ', 'ब' तथा 'स') में अधिक परिवर्तन हुए?



चित्र–9 : जंग लगने की किया पर वायु तथा नमी का प्रभाव

लोहे पर जंग लगने के लिए ऑक्सीजन और नमी का होना आवश्यक है, लेकिन जंग लगने पर अन्य कारकों का भी प्रभाव पड़ता है जैसे–लवण या अम्लों की उपस्थिति। इनकी उपस्थिति में जंग अधिक शीघ्रता से लगता है। इसलिए समुद्र के पास के इलाकों में लोहे पर जंग जल्दी लगता है।

धातु की प्रकृति भी संक्षारण (धातु की सतह पर ऑक्साइड की पर्त जमना) लगने की दर को प्रभावित करती है, अधिक क्रियाशील धातु पर संक्षारण शीघ्र होता है। वायुमंडल में अशुद्धियों, धातुओं की प्रकृति तथा परिवेश के pH मान में परिवर्तन से भी धातुओं के संक्षारण दर में परिवर्तन होता है।

9.6.1 जंग लगने को नियंत्रित करना

हमने क्रियाकलाप–5 में देखा कि हवा और पानी की उपस्थिति में लोहे पर जंग लगता है इसलिए अधिकांश जंगरोधी विधियों में धातु का हवा और पानी से संपर्क रोका जाता है। लोहे तथा वायुमंडल के मध्य जंगरोधी परत लगाने की क्रिया रोधिका रक्षण (barrier protection) कहलाती है, जिसमें लोहे पर पेंट या ग्रीस लगाया जाता है। विद्युत लेपन द्वारा भी लोहे के ऊपर टिन, निकैल, क्रोमियम जैसी धातु की पर्त चढ़ायी जाती है।

क्रियाकलाप– 6

- अपने विद्यालय और घर में उपयोग की जाने वाली लोहे की बनी वस्तुओं की सूची बनाइए और नोट कीजिए कि इनमें से किन–किन वस्तुओं पर पेंट लगा है तथा किन पर ग्रीस।

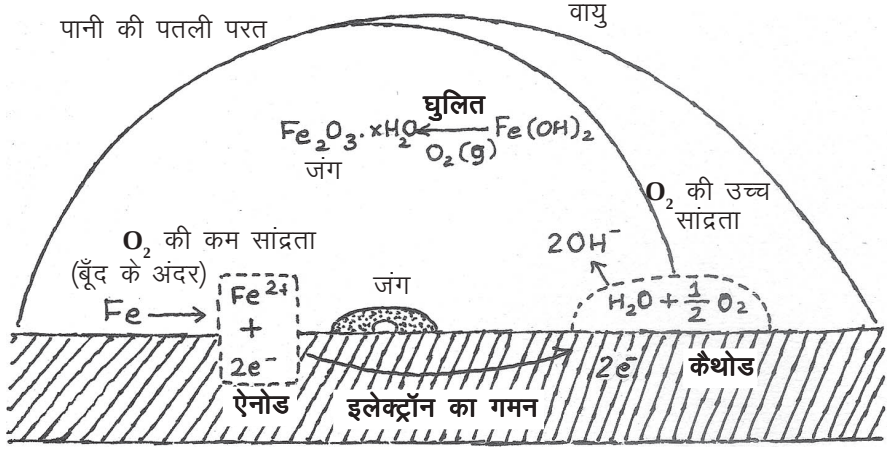
- इन दोनों उपायों में से किसी एक के चयन का आधार क्या है?

अधिक सक्रिय धातुओं का उपयोग करके भी धातु को संक्षारण से बचाया जा सकता है। यह प्रक्रिया उत्सर्ग रक्षण (sacrificial protection) कहलाती है। आपने गैल्वेनाइज्ड लोहे के बारे में सुना होगा, इसमें लोहे की वस्तु के ऊपर जिंक की पतली परत चढ़ायी जाती है। जिंक, लोहे से ज्यादा क्रियाशील है, इसलिए वह ज्यादा आसानी से ऑक्सीजन से क्रिया करता है तथा मोटी परत (ZnO) के रूप में रहता है अतः लोहा, जंग लगने से बच जाता है।

- कुछ धातुओं में जंगरोधी विलयन लगाकर भी संक्षारण से बचाव किया जाता है। इस विधि में क्षारीय क्रोमेट या क्षारीय फॉस्फेट विलयन का जंगरोधी विलयन के रूप में उपयोग किया जाता है।
- कभी–कभी लोहे को अन्य धातुओं के साथ मिलाकर मिश्र धातुएँ बनाई जाती हैं जिन पर जंग बहुत कम या नहीं लगता है।

9.6.2 लोहे पर जंग लगने का रासायनिक सिद्धांत **(Chemical theory of rusting)**

संक्षारण की क्रिया विद्युत रासायनिक अभिक्रियाओं के द्वारा सम्पन्न होती है। जब धातु जैसे–लोहे को वायु और नमी युक्त वातावरण में रखा जाता है तब धातु की सतह पर धनात्मक और ऋणात्मक क्षेत्र निर्मित हो जाने के कारण सतह विद्युत रासायनिक सेल की भांति व्यवहार करने लगती है।



चित्र–10 : लोहे में जंग लगने की रासायनिक अभिक्रिया

ऐनोड पर– Fe, Fe^{2+} के रूप में विलयन में चला जाता है–

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

कैथोड पर– ऑक्सीजन की उपस्थिति में ये इलेक्ट्रॉन जल के अणुओं द्वारा ले लिए जाते हैं तथा OH^- आयन बनाते हैं–

$$2H_2O + O_2 + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$$

ऐनोड पर बने Fe^{2+} आयन OH^- आयनों से क्रिया करके $Fe(OH)_2(s)$ बनाते हैं। यह आयरन हाइड्रॉक्साइड वायुमण्डल की ऑक्सीजन द्वारा नमी की उपस्थिति में हाइड्रेटेड आयरन ऑक्साइड बनाता है–

$$2Fe(OH)_2 + \frac{1}{2} O_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow Fe_2O_3.xH_2O(s)$$

यही हाइड्रेटेड आयरन ऑक्साइड जंग (rust) कहलाता है।

9.7 मिश्र धातु (Alloys)

किसी धातु के गुणधर्मों को बेहतर बनाने के लिए मिश्र धातु बनाना एक प्रचलित विधि है। ऐसा समांगी मिश्रण जिसका मुख्य अवयव एक धातु हो मिश्र धातु कहलाता है। इसे ठोस विलयन भी कहते हैं। मानव द्वारा प्रागैतिहासिक काल से अनेक मिश्र धातुओं का निर्माण एवं उपयोग किया जा रहा है। मिश्र धातु बनाने का मुख्य कारण धातु की गुणवत्ता बढ़ाना, उसे कठोर बनाना तथा धातु के गलनांक को कम करना है। मिश्र धातु आसानी से ढाली जा सकती है तथा इसका विभिन्न क्षेत्रों में उपयोग किया जाता है।

मिश्र धातु बनाने के लिए एक धातु को पिघलाकर उसमें अन्य धातु या अधातु तत्व का निश्चित अनुपात मिलाया जाता है। बाद में इसे ठंडा कर मिश्र धातु प्राप्त की जाती है। इसे बनाते समय धातुओं (या अन्य तत्वों) का चयन उनके विशेष गुणों के आधार पर किया जाता है ताकि मिश्र धातुओं में हम वांछित गुण प्राप्त कर सकें।

लोहा सर्वाधिक उपयोगी धातु है लेकिन इसका शुद्ध अवस्था में उपयोग नहीं किया जा सकता क्योंकि यह अपेक्षाकृत नर्म होता है। जब इसमें थोड़ा कार्बन मिला दिया जाता है तब यह कठोर हो जाता है। स्टेनलेस स्टील, लोहे की एक मिश्र धातु है जिसमें कार्बन के अतिरिक्त निकैल और क्रोमियम मिलाया जाता है। क्रोमियम लोहे को जंग लगने से बचाता है, जिससे लोहे की उपयोगिता बढ़ जाती है।

सारणी–6 : महत्वपूर्ण मिश्र धातुएँ

क्र.	मिश्र धातु	अवयव एवं प्रतिशत	उपयोग
1.	पीतल	Cu - 60 से 80%, Zn - 40 से 20%	बर्तन एवं घरेलू सामान बनाने में
2.	काँसा	Cu - 75 से 90%, Sn - 25 से 10%	सिक्के, बर्तन, मूर्तियाँ बनाने में
3.	जर्मन सिल्वर	Cu - 50%, Zn- 25%, Ni - 25%	बर्तन, सिक्के, आभूषण बनाने में
4.	मैग्नैलियम	Mg - 5% , Al - 95%	वायुयान ढांचा निर्माण में
5.	बेल मेटल	Cu - 80% , Sn - 20%	घंटियाँ बनाने में
6.	गन मेटल	Cu - 87% , Zn - 3%, Sn -10%	इंजीनियरिंग सामान बनाने में
7.	सोल्डर (रांगा)	Sn - 50% से 75%, Pb - 50 से 25%	धातुओं के तारों को जोड़ने में (सोल्डरिंग)
8.	डूरैलूमिन	Al-95%, Cu-4%, Mg-0.5% Mn-0.5%	वायुयान, हेलीकॉप्टर, जेट विमान निर्माण में
9.	स्टेनलेस स्टील	Cr-11.5%, Ni- 2 %, C- अल्पमात्रा, शेष-Fe	भोजन पकाने के बर्तन, चाकू इत्यादि बनाने में
10.	एल्निको	Al-12 %, Co-5 %, Ni-20%, शेष– Fe	स्थायी चुम्बक बनाने में

क्रियाकलाप–*7*

- अपने घर और विद्यालय में उपयोग की जाने वाली धातुओं की सभी वस्तुओं की सूची बनाइए।
- इनमें से कौन–कौन सी वस्तुएँ शुद्ध धातु से बनी हैं तथा कौन सी मिश्र धातु से उसे नोट कीजिए। इन्हें धातु या मिश्र धातु से बनाए जाने के कारणों पर विचार कीजिए।

छत्तीसगढ़ लौह अयस्क का प्रमुख स्त्रोत है, यहाँ कई इस्पात संयंत्र भी हैं। छत्तीसगढ़ में लौह कार्य का एक प्राचीन इतिहास है और अलग–अलग क्षेत्रों में लोहे की कारीगरी की तरह–तरह की परंपराएँ भी हैं। हमारे पूर्वजों ने न सिर्फ लोहे के अयस्कों से निष्कर्षण की विधियाँ ढूँढीं बल्कि लोहे को अन्य धातुओं के साथ मिलाकर अनेक मिश्र धातुएँ भी तैयार की हैं।

प्रश्न

1. अधिक लवणयुक्त जल में संक्षारण की दर किस प्रकार प्रभावित होगी?
2. मिश्र धातुएँ क्यों बनाई जाती हैं?
3. गैल्वेनाइज़ेशन किसे कहते हैं?

मुख्य शब्द (Keywords)

खनिज, अयस्क, धातुकर्म, निष्कर्षण, भर्जन, निस्तापन, गुरुत्व पृथक्करण विधि, झाग उत्प्लावन विधि, चुम्बकीय पृथक्करण विधि, द्रवण, प्रगलन, गालक, धातुमल, वात्या भट्टी, परिष्करण, संक्षारण, रोधिका रक्षण, उत्सर्ग रक्षण, मिश्र धातु

हमने सीखा

- धातुओं में धात्विक चमक, तन्यता, आघातवर्ध्यता तथा ध्वनिकता होती है तथा ये ऊष्मा और विद्युत की सुचालक होती हैं।
- धातुओं को उनकी सक्रियता के घटते क्रम में व्यवस्थित करने पर सक्रियता श्रेणी प्राप्त होती है।
- अधिक क्रियाशील धातु कम क्रियाशील धातुओं को उनके लवण के विलयन से विस्थापित कर देती है।
- धातुएँ ऑक्सीजन से क्रिया कर ऑक्साइड बनाती हैं जिनकी प्रकृति क्षारीय अथवा उभयधर्मी हो सकती है।
- धातुएँ जल से क्रिया कर हाइड्रोजन गैस मुक्त करती हैं।
- धातुएँ अम्लों से क्रिया कर संगत लवण तथा हाइड्रोजन बनाती हैं।
- धातुएँ प्रकृति में मुक्त अथवा संयुक्त रूप में उपस्थित रहती हैं।
- धातुओं को उनके अयस्कों से पृथक करने की विधि धातुकर्म कहलाती है। धातुकर्म के तीन चरण हैं– 1. अयस्क का सांद्रण 2. धातु का निष्कर्षण 3. धातु का शुद्धिकरण
- धातु के अयस्क की प्रकृति के आधार पर उसके सांद्रण की विधि का चयन किया जाता है।
- सांद्रण मुख्यतः गुरुत्व पृथक्करण विधि, झाग उत्प्लावन विधि तथा चुम्बकीय पृथक्करण विधि से किया जाता है।
- सान्द्रित अयस्क को वायु या ऑक्सीजन की उपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म करना भर्जन (roasting) कहलाता है। सान्द्रित अयस्क को वायु या ऑक्सीजन की अनुपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म करना निस्तापन (calcination) कहलाता है।
- धातु के ऑक्साइड का धातु में अपचयन मुख्यतः कोयला अथवा कोक से करते हैं।
- अयस्क में उपस्थित अशुद्धियों को पिघले रूप में हटाने के लिए मिलाए गए पदार्थ को गालक (flux) कहते हैं। गालक, अशुद्धियों के साथ क्रिया कर धातुमल (slag) बनाते हैं।
- क्रियाशील धातुएँ ऑक्सीजन तथा नमी से क्रिया करती हैं तथा उनके यौगिक (मुख्यतः ऑक्साइड) में परिवर्तित हो जाती हैं यह क्रिया संक्षारण कहलाती है।
- धातुओं को अन्य धातुओं अथवा अधातुओं के साथ मिश्रित कर मिश्र धातु बनायी जाती है।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनिए –

(i) निम्नलिखित धातुओं में से सबसे सक्रिय धातु है–

(अ) Mg (ब) Al

(स) Na (द) Zn

(ii) बॉक्साइट अयस्क का सूत्र है –

(अ) $MgCO_3$ (ब) $Al_2O_3.2H_2O$

(स) Fe_2O_3 (द) SnO_2

(iii) आयरन पाइराइट के सांद्रण के लिए निम्नलिखित में से कौन सी विधि प्रयुक्त की जाती है–

(अ) चुम्बकीय पृथक्करण (ब) गुरुत्व पृथक्करण

(स) झाग उत्प्लावन (द) विद्युत अपघटन

(iv) कैल्सियम सिलिकेट है–

(अ) मिश्र धातु (ब) गैंग

(स) धातुमल (द) गालक

(v) स्टेनलेस स्टील की अवयवी धातुएँ हैं –

(अ) कॉपर, जिंक तथा टिन (ब) आयरन, क्रोमियम तथा निकैल

(स) कॉपर, आयरन तथा जिंक (द) आयरन, टिन तथा ऐलुमिनियम

2. रिक्त स्थान की पूर्ति कीजिए–

(i) अधिक सक्रिय धातु द्वारा कम सक्रिय धातु को उसके लवण के विलयन से हटाने की क्रिया ..... कहलाती है। (विस्थापन/अवक्षेपण)

(ii) छत्तीसगढ़ में पाए जाने वाला लोहे का प्रमुख अयस्क ..... है। (हैमेटाइट/मैग्नाटाइट)

(iii) मिश्र धातु दो या दो से अधिक धातु अथवा धातु एवं अधातु का ..... मिश्रण होता है। (समांगी/विषमांगी)

(iv) अयस्क को वायु की अनुपस्थिति में उसके गलनांक से कम ताप तक गर्म करने की प्रक्रिया ..... कहलाती है। (भर्जन/निस्तापन)

3. निम्नलिखित को समझाइए –

(i) अयस्क (ii) खनिज (iii) धातुमल (iv) गालक

4. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए संतुलित समीकरण दीजिए –

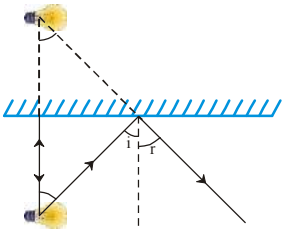
(i) ऐलुमिनियम धातु की जल वाष्प से अभिक्रिया।

(ii) जिंक ऑक्साइड की सोडियम हाइड्रॉक्साइड से अभिक्रिया।

(iii) कैल्सियम कार्बोनेट को गर्म करने पर अभिक्रिया।

(iv) सोडियम की ऑक्सीजन से अभिक्रिया।

5. धात्विक ऑक्साइड से धातु के अपचयन की रासायनिक प्रक्रिया समझाइए।
6. संक्षारण से बचने के विभिन्न उपायों को लिखिए।
7. किसी धातु (M) के विद्युत अपघटनी शुद्धीकरण के लिए ऐनोड, कैथोड तथा विद्युत अपघट्य क्या होंगे उदाहरण द्वारा समझाइए।
8. अयस्कों के सांद्रण की निम्नलिखित विधियों को समझाइए।
   (i) गुरुत्व पृथक्करण विधि
   (ii) झाग उत्प्लावन विधि
   (iii) चुंबकीय पृथक्करण विधि
9. हैमेटाइट से लोहे के निष्कर्षण को निम्नलिखित पदों के आधार पर समझाइए–
   (i) अयस्क का सांद्रण
   (ii) ऑक्साइड का धातु में अपचयन (रासायनिक समीकरण सहित)
   (iii) वात्या भट्टी का चित्र
10. जंग लगने के विद्युत रासायनिक सिद्धांत को समझाइए।
11. कारण बताइए–
   (i) आभूषण बनाने के लिए सोना, चाँदी तथा प्लैटिनम धातुओं का उपयोग किया जाता है।
   (ii) सोडियम, पोटैशियम तथा लिथियम धातु को किरोसिन में डुबाकर रखा जाता है।
   (iii) ऐलुमिनियम एक सक्रिय धातु है फिर भी इसका उपयोग बर्तन बनाने में किया जाता है।
   (iv) कार्बोनेट तथा सल्फाइड अयस्क से धातु के निष्कर्षण के लिए उसे ऑक्साइड में परिवर्तित किया जाता है।



अध्याय–10

प्रकाश : परावर्तन एवं अपवर्तन समतल सतह से

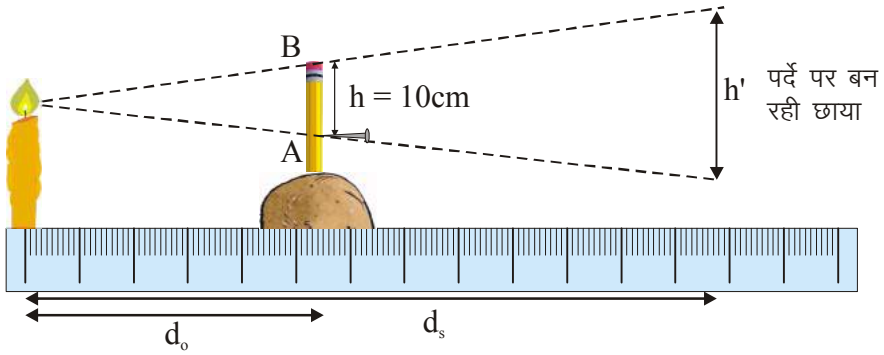
(LIGHT: REFLECTION AND REFRACTION FROM PLANE SURFACE)

पिछली कक्षा में आपने पढ़ा है कि प्रकाश सरल रेखा में गमन करता है। किसी प्रकाश स्रोत से दर्पण व काले कागज की सहायता से प्रकाश किरण प्राप्त की थी। इस प्रकाश किरण से आपने कई प्रयोग भी करके देखे थे। आपने देखा था कि जब कोई वस्तु प्रकाश के मार्ग में रुकावट पैदा करती है, तो उस वस्तु की छाया उत्पन्न होती है। छाया इस बात पर निर्भर करता है कि वस्तु प्रकाश के लिए कितनी अपारदर्शक है। पूर्णतः पारदर्शक वस्तु की छाया नहीं बनती। परंतु वास्तविकता में अधिकांश वस्तुएँ पूर्णतः पारदर्शक अथवा अपारदर्शक नहीं होती हैं। वस्तु अपने ऊपर पड़ने वाले प्रकाश की कुछ मात्रा को परावर्तित करती हैं, कुछ मात्रा को अपवर्तित करती हैं व कुछ मात्रा को अवशोषित करती हैं।

आपने प्रयोगों द्वारा यह भी देखा था कि प्रकाश हमेशा सरल रेखीय पथ पर गमन करता है। क्या यही कारण है कि हमें दूसरे कमरे में रखी वस्तु दिखाई नहीं देती है?

इस अध्याय में हम समतल सतहों पर प्रकाश के परावर्तन एवं अपवर्तन की घटना का अध्ययन करेंगे। हम प्रकाश किरण को एक सरल रेखा से प्रदर्शित करते हुए छाया व परावर्तन या अपवर्तन द्वारा बनने वाले प्रतिबिंब के बारे में अध्ययन करेंगे। इसमें आप सीखेंगे कि रेखागणित का उपयोग कर हम कई उपयोगी सूत्र बना सकते हैं और उनसे प्रतिबिंब का स्थान, प्रकृति, आकृति का सटीक अनुमान लगा सकते हैं। परंतु उससे पहले हम छाया का अवलोकन एक क्रियाकलाप द्वारा करेंगे।

क्रियाकलाप–1



चित्र–1

पेंसिल के भाग की छाया की लंबाई का अवलोकन करने के लिए पेंसिल को आलू के कटे टुकड़े पर लंबवत लगाएँ ताकि वह स्थिर रहे। अब पेंसिल के ऊपरी भाग से 10 सेमी. नीचे एक ऑलपिन को मोम या गोंद से लंबवत चिपकाएं। पेंसिल की छाया का अवलोकन करें। प्रकाश स्रोत से पेंसिल व पर्दे की दूरी को बढ़ाने व घटाने से छाया की लम्बाई में होने वाले परिवर्तन को देखेंगे।

- यदि स्रोत से पेंसिल की दूरी घटा दी जाए, अर्थात् पेंसिल व पर्दे की दूरी बढ़ा दी जाए और पर्दे को स्थिर रखा जाए, तो छाया का आकार बढ़ जाता है। यदि पेंसिल को स्रोत से दूर लिया जाए तो छाया छोटी हो जाती है।
- यदि पर्दे व पेंसिल को स्थिर रखा जाए और स्रोत को पेंसिल के पास लाया जाए, तो छाया बड़ी होती है, स्रोत को और दूर ले जाने पर छाया छोटी हो जाती है।
- यदि पेंसिल व स्रोत को स्थिर रखा जाए और पर्दे को पेंसिल से दूर बढ़ाया जाए तो पेंसिल की छाया का आकार बड़ा हो जाता है जबकि पर्दे को पेंसिल के करीब लाने पर छाया छोटी हो जाती है।

छाया के आकार व प्रकाश स्रोत की दूरी का अनुपात, वस्तु के आकार व उसकी स्रोत से दूरी के अनुपात के बराबर होता है। अर्थात्

$$\frac{\text{वस्तु की लंबाई}}{\text{वस्तु व प्रकाश स्रोत की दूरी}} = \frac{\text{छाया की लंबाई}}{\text{छाया व प्रकाश स्रोत की दूरी}}$$

$$\frac{h}{d_o} = \frac{h'}{d_s} \Rightarrow h' = \frac{h d_s}{d_o}$$

ऊपर किए गए क्रियाकलाप से नीचे दी गई सारणी को भरें– पेंसिल की लम्बाई (h) = 10 सेमी.

सूत्र से छाया की लम्बाई $= h' = \frac{h d_s}{d_o} = 10 \times \frac{d_s}{d_o}$

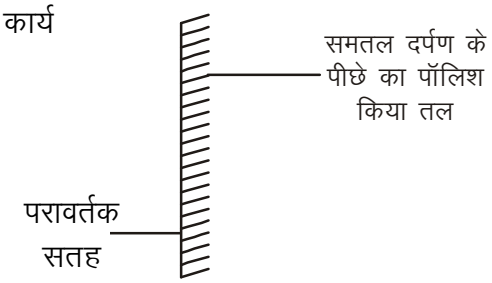
क्र.	मोमबत्ती से पेंसिल की दूरी (d_o)	मोमबत्ती से पर्दे की दूरी (d_s)	पेंसिल की लम्बाई (h)	सूत्र से प्राप्त छाया की लम्बाई (h')
1.	20 सेमी.	10 सेमी.		
2.	20 सेमी.	20 सेमी.		
3.	30 सेमी.	10 सेमी.		
4.	30 सेमी.	20 सेमी.		
5.	40 सेमी.	10 सेमी.		
6.	40 सेमी.	20 सेमी.		

क्या आप सूत्र की पुष्टि कर पाए?

अब आप भी किसी परिस्थिति में छाया की लंबाई का अनुमान लगा सकेंगे।

10.1 समतल दर्पण पर परावर्तन द्वारा प्रतिबिंब रचना

कोई भी समतल चमकमदार सतह समतल दर्पण की तरह कार्य करती है। समतल दर्पण में दरअसल एक सिल्वर धातु की पतली सी परत होती है जिसे सुरक्षित रखने के लिए एक और पारदर्शी काँच व दूसरी ओर गहरा रंग पोता जाता है। सिल्वर धातु प्रकाश का बहुत अच्छा परावर्तक होता है। यह दर्पण में परावर्तक तल का कार्य करता है।



चित्र–2 : परावर्तन तल

आपने परावर्तन के नियम पढ़े हैं जिसके अनुसार

1. परावर्तन कोण सदैव आपतन कोण के बराबर होता है।
2. आपतित किरण, आपतन बिंदु पर अभिलंब तथा परावर्तित किरण सभी एक ही तल में होते हैं।

आइए हम क्रियाकलापों द्वारा इन नियमों को समझेंगे।

10.1.1 परावर्तन के नियमों का अध्ययन

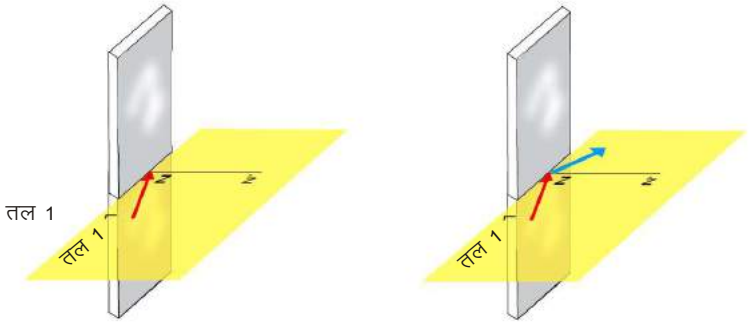
1. परावर्तन कोण, आपतन कोण के बराबर होता है

इस नियम को समझने के लिए हम प्रायोगिक कार्य–2 पृ. सं. 330 करके देखेंगे।

2. आपतित किरण, अभिलंब तथा परावर्तित किरण एक ही तल में होते हैं।

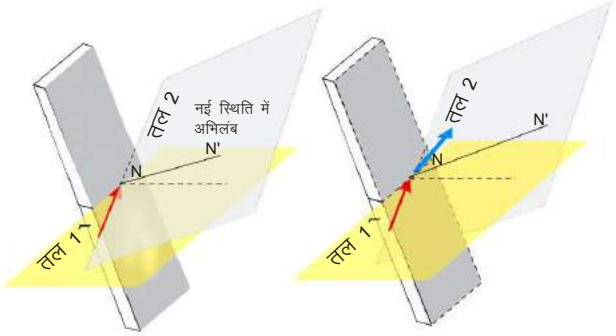
आपतित किरण दर्पण पर जिस बिंदु पर पड़ती है, आपतन बिंदु कहलाता है। आपतन बिंदु पर दर्पण से बनने वाला अभिलंब व आपतित किरण जिस तल पर है, परावर्तित किरण भी उसी तल पर होती है। यही परावर्तन का दूसरा नियम है। इस स्थिति में तीनों ही कागज़ के तल पर हैं। ऐसी स्थिति में यह आवश्यक है कि कागज की सतह दर्पण के तल के ठीक अभिलंब पर हो।

नीचे दिए चित्र में दर्पण को सतह पर सीधा खड़ा रखा गया है। आपतित किरण (लाल रंग) व अभिलंब के तल को पीले रंग में दर्शाया है। परावर्तन के दूसरे नियम के अनुसार परावर्तन किरण (नीले रंग में दशाई गई है) भी इसी तल पर होगी।



चित्र–3 (अ)

यदि हम दर्पण को नीचे दिए चित्र अनुसार घुमा दें तो क्या होगा? अभिलंब कहाँ होगा?



चित्र–3 (ब)

अभिलंब की दिशा को समझने के लिए किसी समतल दर्पण पर गोंद या मोम से एक माचिस की तीली को लंबवत चिपका लें। अब दर्पण को अलग–अलग कोणों पर घुमाकर माचिस की दिशा (अभिलंब की दिशा) को देखें।

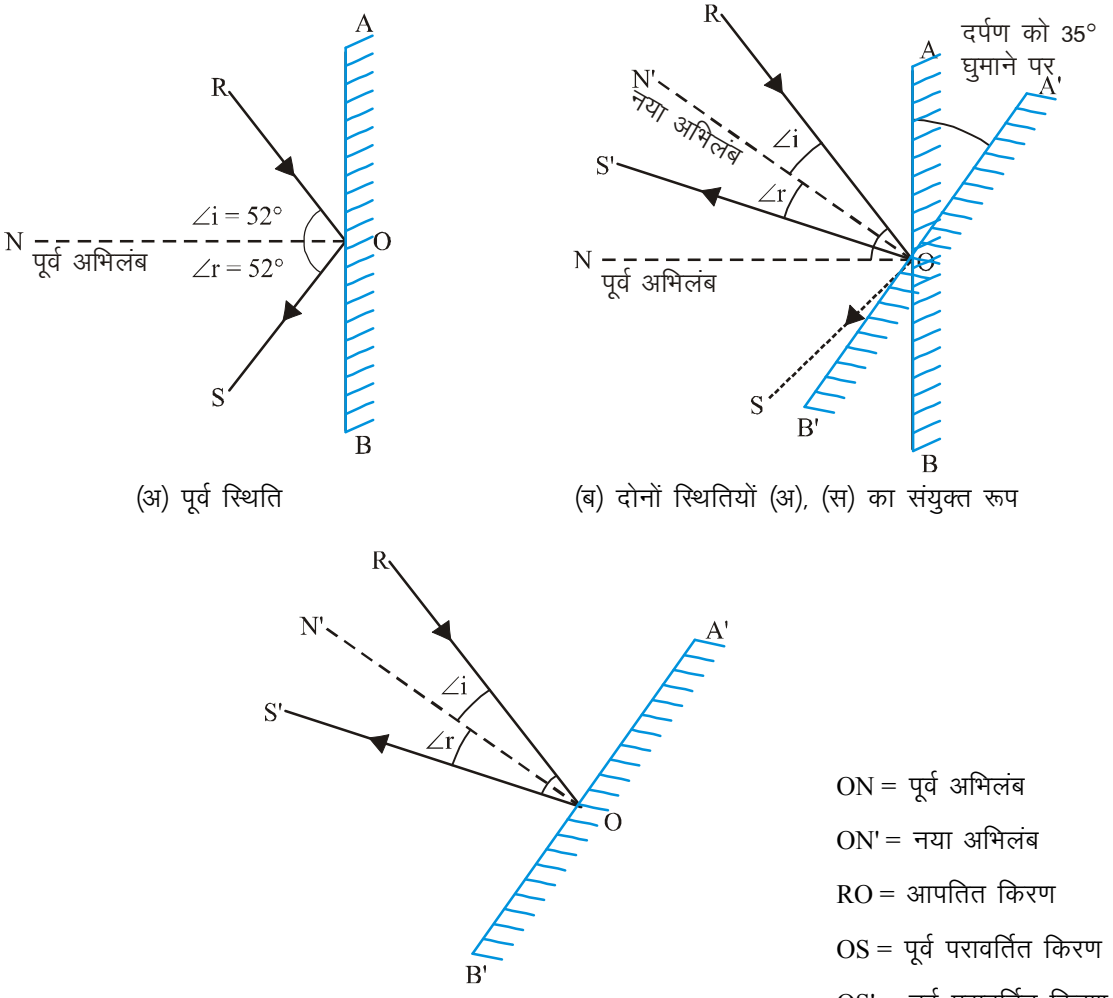
10.1.2 समतल दर्पण के घूमने का परावर्तित किरण पर प्रभाव

यदि हम समतल दर्पण को $\theta = 35°$ कोण से घुमा दें तो दर्पण पर बनने वाले अभिलंब की दिशा क्या होगी? परावर्तित किरण कितने कोण से घूम जाएगी? इसे हम चित्र–4 द्वारा समझेंगे।

एक प्रकाश किरण समतल दर्पण AB पर अभिलंब से 52° कोण पर आपतित होती है।

अब आपतित किरण को स्थिर रखते हुए, समतल दर्पण को आपतन बिंदु पर $\theta = 35°$ के कोण से घुमा दिया जाए। तो आपतन बिंदु पर बना अभिलंब भी पूर्व स्थिति से $\theta = 35°$ कोण से घूम जाता है। इस समय दर्पण की नई स्थिति A'B' व अभिलंब की नई स्थिति ON' हो जाती है। जैसा कि हम देख सकते हैं, आपतन कोण नई स्थिति में पूर्व की तुलना में छोटा हो जाता है।

क्या आप बता सकते हैं कि नई स्थिति में परावर्तन कोण कितना होगा?



(अ) पूर्व स्थिति

(ब) दोनों स्थितियों (अ), (स) का संयुक्त रूप

(स) $\theta = 35°$ कोण से घूमने पर स्थिति

चित्र–4

हल : नये अभिलंब से आपतन कोण $= \angle i - 35° = 52° - 35° = 17°$

परावर्तन के नियम अनुसार $\angle i = \angle r$

अतः नये अभिलंब से परावर्तन कोण $= 17°$

$\angle SON$ और $\angle S'ON'$ में अंतर $= 52 + 35 - 17 = 70°$

अर्थात् हमारी परावर्तित किरण $70° = 2 \times 35°$ प्राप्त हुई।

अतः जब समतल दर्पण आपतन बिंदु पर θ कोण से घूमता है तब परावर्तन किरणें $2\theta°$ कोण से घूम जाती हैं।

क्रियाकलाप–2

सारणी की पूर्ति करें–

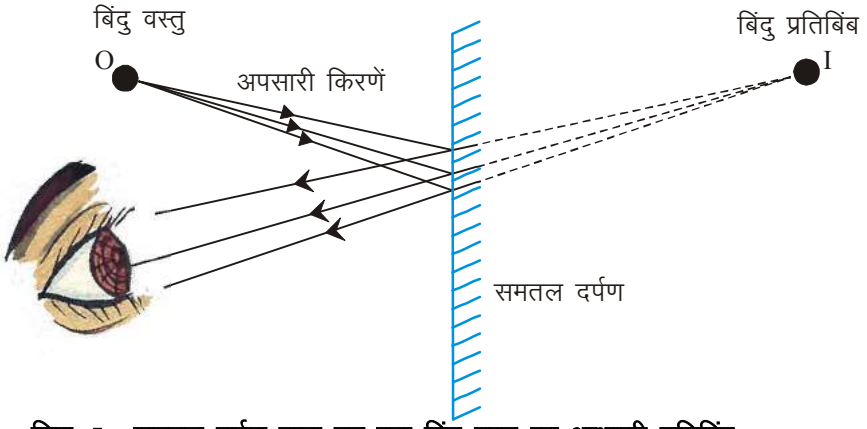
क्र.	आपतन कोण	दर्पण को θ कोण से घूमाने पर	नई स्थिति में परावर्तन कोण

10.2 समतल दर्पण पर बिन्दु वस्तु का प्रतिबिंब बनना

चित्र में दिखाए अनुसार एक बिंदु वस्तु O समतल दर्पण के सामने रखी हुई है। वस्तु O से कुछ प्रकाश की किरणें दर्पण पर पड़कर परावर्तित हो जाती हैं। जब हम दर्पण में देखते हैं तो ऐसा लगता है कि परावर्तित किरणें बिंदु I से आ रही हैं। अर्थात् बिंदु I, बिंदु O का प्रतिबिंब है।

जब हमारी आँखों को आभास होता है कि प्रकाश किरणें एक बिंदु से आ रही है जबकि वास्तव में प्रकाश किरणें उस बिंदु से नहीं आ रही होती हैं। तब ऐसे बिंदु को आभासी बिंदु कहते हैं और इस प्रकार से बनने वाले प्रतिबिंब को आभासी प्रतिबिंब कहते हैं।

इस प्रकार का प्रतिबिंब आभासी प्रतिबिंब होता है। यह दर्पण पर परावर्तन पश्चात्, फैली हुई किरणों को दर्पण के पीछे की तरफ बढ़ाकर एक बिंदु पर मिलाने से बनता है।



चित्र–5 : समतल दर्पण द्वारा बन रहा बिंदु वस्तु का आभासी प्रतिबिंब

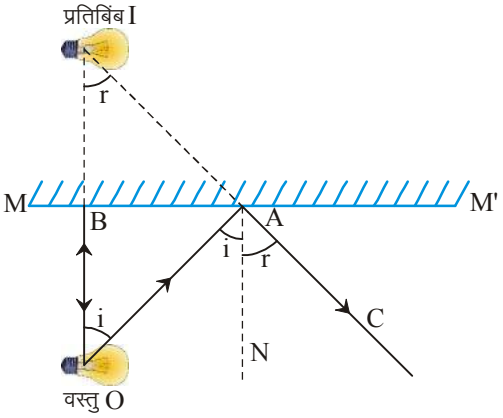
आँखों द्वारा ग्रहण की गई प्रकाश की परावर्तित किरण दर्पण के पीछे किसी बिंदु से उत्पन्न होती प्रतीत होती है। प्रतिबिंब I उतनी ही दूरी पर नज़र आता है जितनी दूरी पर वस्तु O है। इसको हम ज्यामितीय द्वारा भी सिद्ध कर सकते हैं।

10.2.1 समतल दर्पण द्वारा बने आभासी प्रतिबिंब की दूरी

समतल दर्पण के सामने खड़े होकर आप देखेंगे कि आपका प्रतिबिंब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर दिखाई देता है जितनी दूरी पर आप दर्पण के सामने खड़े हैं। यह देखने के लिए आप अपने और दर्पण के बीच एक मीटर स्केल रखकर देखें। आपका प्रतिबिंब मीटर स्केल से कितनी दूरी पर बनता है? जब आप दर्पण की तरफ बढ़ते हैं तब आपका प्रतिबिंब किस ओर बढ़ता है? दर्पण से दूर जाने पर क्या होता है?

माना कि कोई वस्तु समतल दर्पण MM' से OB दूरी पर है। AN दर्पण पर अभिलंब है।

परावर्तन के नियमों के अनुसार प्रकाश की किरण OA दर्पण पर आपतित होती है और परावर्तन के पश्चात् AC दिशा में चली जाती है। प्रकाश की दूसरी किरण OB, जो दर्पण से अभिलंबित है, परावर्तन के पश्चात् उसी दिशा में वापस आ जाती है। इन दोनों परावर्तित किरणों AC व OB को दर्पण के पीछे की ओर बढ़ाने पर वे बिंदु I पर मिलती हैं। अर्थात् वस्तु O का आभासी प्रतिबिंब I बिंदु पर बनता है।



चित्र–6

चित्र के अनुसार,

यदि आपतन कोण $\angle OAN = \angle i$ है,

तो $\angle BOA = \angle i$ (एकांतर कोण) .....(1)

और यदि परावर्तन कोण $\angle NAC = \angle r$ है,

तो $\angle BIA = \angle r$ (संगत कोण) .....(2)

परावर्तन के नियमानुसार $\angle i = \angle r$ .....(3)

अतः समी. (1), (2) व (3) से

ΔBOA और ΔBIA में

$\angle BOA = \angle BIA$ ($\angle i = \angle r$)

$\angle OBA = \angle IBA$ (अभिलंब द्वारा 90° बना)

$AB = AB$ (उभयनिष्ठ भुजा)

(को. भु. को. सर्वांगसमता प्रमेय से) ΔBOA और ΔBIA एवं $OB = BI$

$\angle OAB = \angle IAB$ (त्रिभुज के अंतःकोणों का योग 180°)

अर्थात् प्रतिबिंब की दूरी समतल दर्पण से उतनी ही है जितनी वस्तु की दूरी।

प्रश्न–2 : यदि कोई वस्तु समतल दर्पण से 30 सेमी. की दूरी पर स्थित है। तब समतल दर्पण द्वारा बनने वाले प्रतिबिम्ब की वस्तु से कुल दूरी ज्ञात कीजिए।

हल : वस्तु की समतल दर्पण से दूरी = 30 सेमी.

वस्तु का प्रतिबिंब समतल दर्पण से उतनी ही दूरी पर बनता है जितनी दूरी पर समतल दर्पण से दूर वस्तु रखी गई है।

अतः प्रतिबिंब की दर्पण से दूरी = दर्पण की वस्तु से दूरी

वस्तु से प्रतिबिंब की दूरी

= 30 सेमी + 30 सेमी

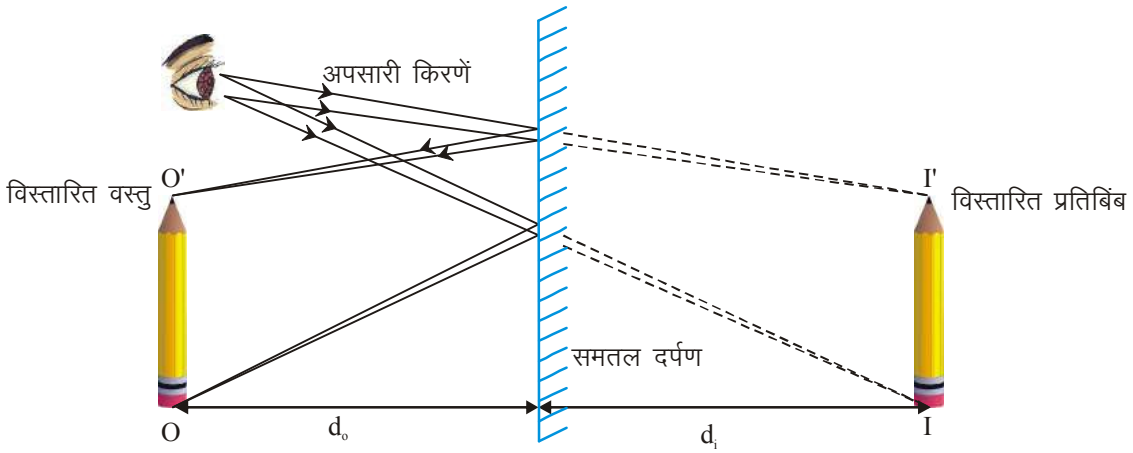
= 60 सेमी

अतः प्रतिबिंब की वस्तु से कुल दूरी 60 सेमी.

10.3 समतल दर्पण पर विस्तारित वस्तु का प्रतिबिंब बनना

XTRGXN

मान लीजिए कि एक वस्तु OO' दर्पण के सामने रखी है। परावर्तन के नियम के अनुसार दर्पण पर पड़ने वाली आपतित किरणें व परावर्तित किरणें कुछ इस प्रकार होंगी।



चित्र–7 : समतल दर्पण द्वारा किसी वस्तु O O' का आभासी प्रतिबिंब I I'

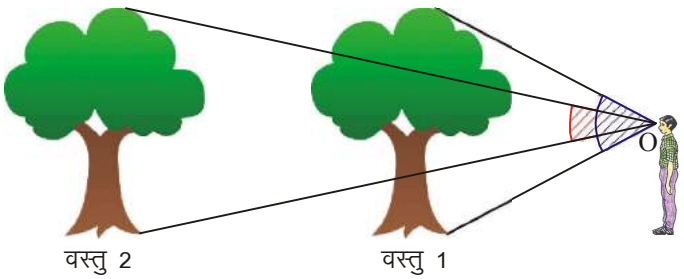
बिंदु O व O' से आने वाली किरणें दर्पण द्वारा परावर्तित हो जाती हैं और ऐसा लगता है मानों I व I' से आ रही हों। अर्थात् I, O का प्रतिबिंब है व I', O' का प्रतिबिंब है। O व O' के बीच के शेष सभी बिंदुओं के प्रतिबिंब भी I व I' के बीच में बन जाते हैं।

जब आप स्वयं को समतल दर्पण में देखते हैं तो आपके प्रतिबिंब के आकार और आपके आकार में क्या फर्क होता है? क्या आपके प्रतिबिंब की ऊँचाई आपके ऊँचाई जितनी ही होती है?

आप अपने हाथ में एक पेंसिल अथवा कोई वस्तु पकड़कर समतल दर्पण के सामने अपना प्रतिबिंब देखें। अब वस्तु को दर्पण से दूर व अपनी आँख के पास ले जाएँ। वस्तु के प्रतिबिंब के आकार में क्या कोई अंतर आया?

इसे समझने के लिए एक उदाहरण लेते हैं।

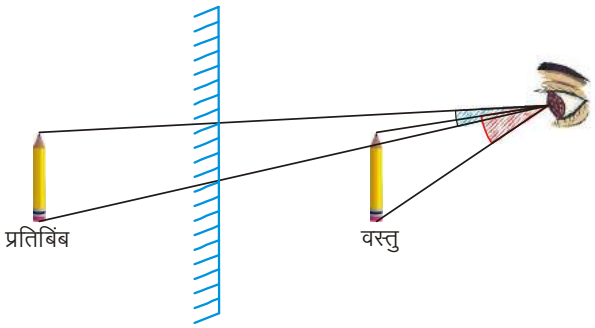
एक व्यक्ति बिंदु O पर खड़े होकर दो समान आकार वाले पेड़ों को देख रहा है।



नज़दीक वाला पेड़ व्यक्ति को दूर वाले पेड़ की तुलना में बड़ा नज़र आता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि अधिक दूरी वाले पेड़ से परावर्तित होकर आ रही प्रकाश किरणें व्यक्ति की आँख में छोटा कोण बनाती है। जबकि पास वाला पेड़ बड़ा कोण बनाता है। हमारी आँख में वस्तु से आ रही किरणों द्वारा बनने वाला ये कोण ही वस्तु का आभासी आकार निर्धारित करता है।

चित्र–8 (अ) : वस्तु के समीप आने पर दर्शण कोण बढ़ जाता है।

इसीलिए जब हम वस्तु को दर्पण से, हमारी ओर बढ़ाते हैं तो दर्पण से बनने वाला प्रतिबिंब दर्पण से और पीछे की ओर खिसक जाता है। इस कारण प्रतिबिंब और हमारे आँख के बीच की दूरी बढ़ जाती है और प्रतिबिंब का हमारी आँख पर बन रहे कोण का मान वस्तु द्वारा बन रहे कोण से छोटा हो जाता है। फलस्वरूप प्रतिबिंब हमें वस्तु से छोटा दिखाई देता है।

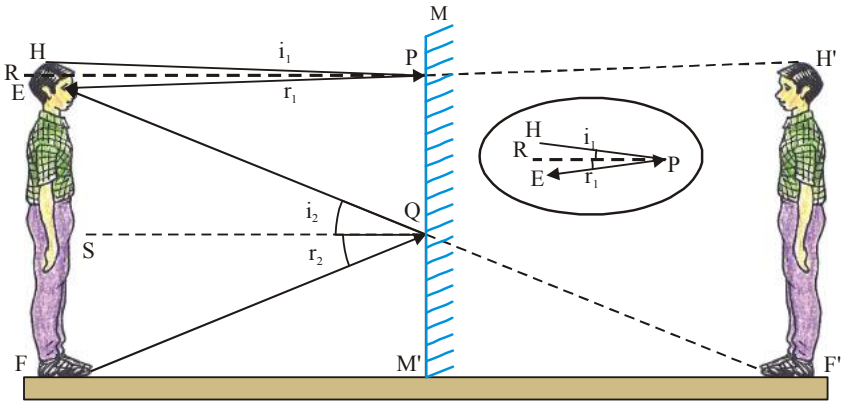


चित्र–8 (ब)

10.3.1 पूर्ण प्रतिबिंब बनने के लिए कितनी लंबाई के दर्पण की आवश्यकता होती है?

दिए गए चित्र में आप देख सकते हैं कि दर्पण MM' का PQ भाग हमें हमारा पूर्ण प्रतिबिंब दिखाने के लिए पर्याप्त है, यदि दर्पण को M'O ऊँचाई पर रखा गया है।

ΔHPE व ΔEQF को ध्यान से देखें।



चित्र–9

हमारे सिर H से आ रही किरण P पर परावर्तित होकर हमारी आँख E में प्रवेश करती है और हमें हमारे सिर का प्रतिबिंब H' पर दर्पण के पीछे बना हुआ दिखाई देता है। इसी प्रकार हमारे पैर F से आ रही प्रकाश किरण Q से टकराकर हमारी आँख E में पहुँचती है और F' पर पैर का प्रतिबिंब बनता है। इसी प्रकार अन्य बिंदुओं का प्रतिबिंब भी H' F' के बीच बनता है। अर्थात् पूर्ण प्रतिबिंब बनने के लिए दर्पण का केवल PQ भाग ही उपयोग में आता है।

ΔHPE व ΔEQF में PR व QS को क्रमशः HF पर अभिलंबित कीजिए।

चूँकि $\angle i_1 = \angle r_1$

और $\angle i_2 = \angle r_2$ (परावर्तन का नियम)

इसलिए $HR = RE = \frac{HE}{2}$ .....(1)

और $SF = SE = \frac{EF}{2}$ .....(2)

अब, $PQ = RS,$

$PQ = RE + ES$

$PQ = \frac{HE}{2} + \frac{EF}{2}$

$$PQ = \frac{1}{2}[HE+EF]$$

$$PQ = \frac{1}{2} HF$$

अर्थात् दर्पण का उपयोगी भाग उस व्यक्ति की लंबाई का आधा होगा जो दर्पण में अपना प्रतिबिंब देख रहा है।

और चूंकि $QM' = SF$

$$QM' = \frac{EF}{2}$$

अर्थात् दर्पण को आँख के स्तर के आधी ऊँचाई पर रखने की आवश्यकता होगी।

चर्चा करें

समतल दर्पण द्वारा बने किसी वस्तु के प्रतिबिंब के क्या–क्या अभिलक्षण होते हैं।

प्रश्न–3 : एक व्यक्ति की लम्बाई 160 सेमी. है उसे अपना पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए कितनी लम्बाई के दर्पण की आवश्यकता होगी?

हल : व्यक्ति की लम्बाई = 160 सेमी.

हम जानते हैं कि व्यक्ति को अपना पूर्ण प्रतिबिंब देखने के लिए अपने लम्बाई की आधी दर्पण की आवश्यकता होती है।

अतः दर्पण की लम्बाई $= \frac{1}{2}$ व्यक्ति की लम्बाई

$= \frac{1}{2} \times 160$

= 80 सेमी.

अतः 160 सेमी. लम्बाई वाले व्यक्ति का अपना प्रतिबिंब देखने के लिए कम से कम 80 सेमी. की लम्बाई वाले दर्पण की आवश्यकता होती है।

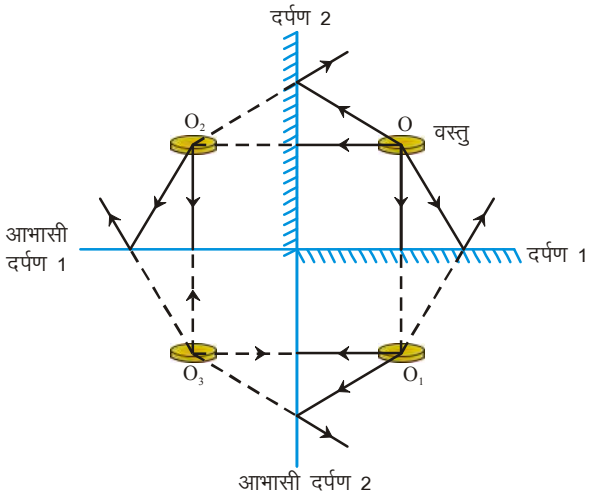
10.4 बहु प्रतिबिंब

आप जानते हैं कि एक समतल दर्पण वस्तु का केवल एक ही प्रतिबिंब बनाता है। यदि दो समतल दर्पणों को संयोजित किया जाए तो क्या होगा?

दो समतल दर्पणों को आपस में समकोण बनाते हुए रखें। दर्पणों के बीच यदि एक सिक्का रखा जाए तो सिक्के के कितने प्रतिबिंब बनेंगे?

चित्र में दिखाए अनुसार दर्पण 1 द्वारा वस्तु O का प्रतिबिंब O_1 पर बनता है। इसी प्रकार दर्पण 2 द्वारा वस्तु O का प्रतिबिंब O_2 पर बनता है।

दर्पण 1 द्वारा दर्पण 2 का प्रतिबिंब दर्पण 1 के पीछे बनता है। यह दर्पण 2 का आभासी प्रतिबिंब है। यह आभासी दर्पण O_1 पर बने वस्तु के प्रतिबिंब को वस्तु मानकर उसका प्रतिबिंब O_3 पर बनाता है। इसी प्रकार दर्पण 2 द्वारा बने दर्पण 1 के आभासी प्रतिबिंब द्वारा आभासी वस्तु O_2 का प्रतिबिंब भी O_3 पर ही बनता है। अतः दो लम्बवत दर्पणों के मध्य रखे किसी वस्तु के कुल तीन ही प्रतिबिंब बनते हैं। अर्थात् किसी वस्तु का प्रतिबिंब आभासी वस्तु की भाँति कार्य करता है जिसका हम आभासी प्रतिबिंब प्राप्त कर सकते हैं। कलाइडोस्कोप भी इसी सिद्धांत पर आधारित है।



चित्र–10

अब दर्पणों को आपस में 30°, 45°, 60°, 120°, 180° आदि कोण बनाते हुए संयोजित करें। प्रत्येक प्रकरण में वस्तु के कितने प्रतिबिंब बनते हैं? जब दर्पणों को एक दूसरे के समानांतर खड़ा रखा जाए तो कितने प्रतिबिंब बनेंगे?

आप अपने अवलोकनों से पाएँगे कि प्रतिबिंब की संख्या इस बात पर निर्भर करेगी कि दोनों समतल दर्पणों के बीच का कोण कितना है।

$$\text{प्रतिबिंब की संख्या} = \frac{360}{\theta} - 1$$

यदि दोनों दर्पणों के बीच का कोण 90° है तो $\frac{360}{\theta} - 1 = 4 - 1 = 3$ प्रतिबिंब बनें

10.5 प्रकाश का समतल सतह पर अपवर्तन

दैनिक जीवन में आपने अपवर्तन की कई घटनाओं को देखा होगा।

आपने देखा होगा कि पानी से भरे किसी बर्तन की तली उठी हुई दिखाई देती है। क्या आप जानते हैं ऐसा क्यों होता है?

यदि पानी के स्थान पर हम कोई अन्य द्रव जैसे मिट्टी का तेल, तारपीन का तेल प्रयोग करें तो क्या बर्तन की तली उतनी ही उठी हुई प्रतीत होगी?

पानी से भरे गिलास में पेंसिल या चम्मच डालकर देखें। वस्तु मुड़ी हुई नज़र आती है। इसके पीछे की अवधारणा हम क्रियाकलाप द्वारा समझेंगे।

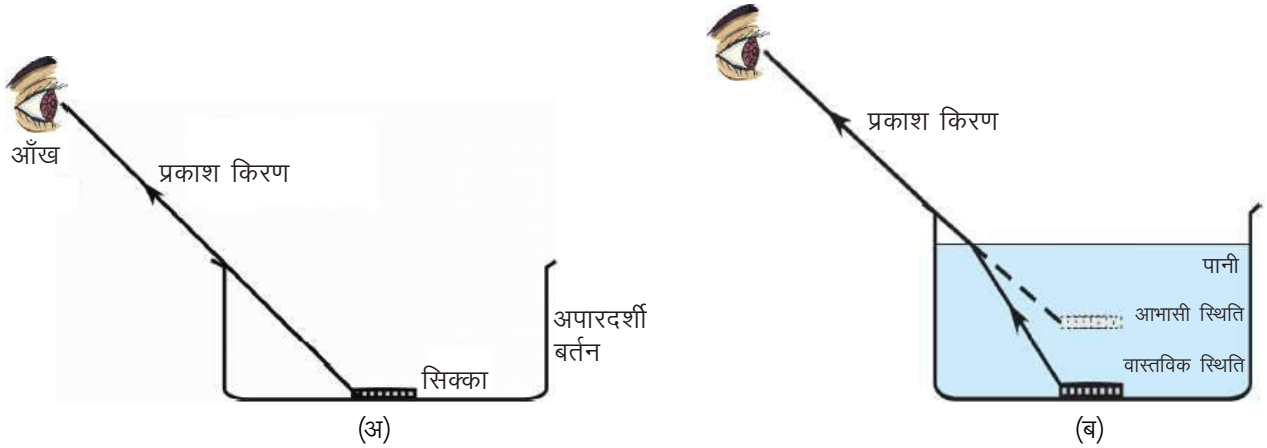
क्रियाकलाप–2

एक मेज़ पर एक कटोरी रखिए। कटोरी के तल में एक सिक्का रखें। अपने दोस्त को कहिए कि मेज़ के पास खड़े होकर कटोरी को देखें। अब उस विद्यार्थी को मेज़ से धीरे–धीरे दूर हटने को कहें ताकि सिक्का दिखाई देना बंद हो जाए। उस जगह पर उसे खड़े होने को कहें।

अब आप कटोरी में सिक्के को बिना हटाए उसमें पानी डालते जाएं।

क्या आपका दोस्त जहाँ खड़ा है वहाँ से उसे अब सिक्का दिखने लगा है? यह कैसे संभव हुआ?

पानी में हो रहे प्रकाश के अपवर्तन के कारण सिक्का अपनी वास्तविक स्थिति से थोड़ा सा ऊपर उठा हुआ प्रतीत होता है। सिक्के का यही आभासी प्रतिबिंब आपके दोस्त को दिखाई देता है।

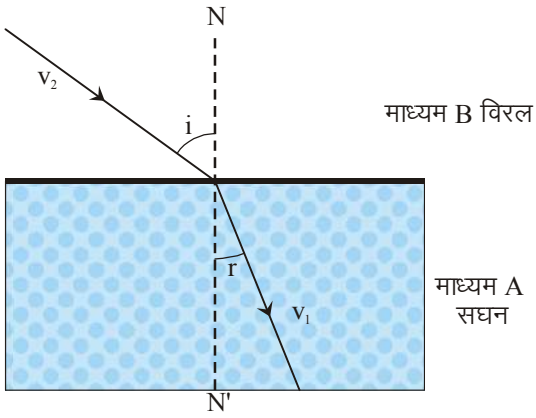


चित्र–11 : प्रकाश अपवर्तन के कारण सिक्का ऊँचा उठा दिखता है।

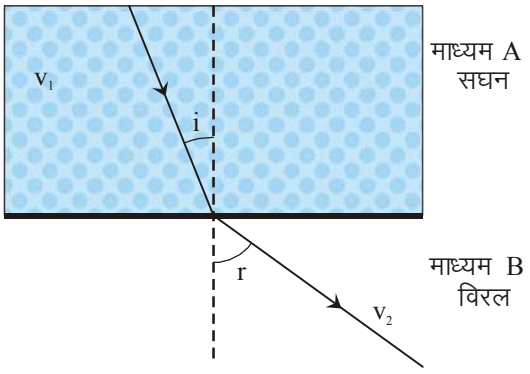
हम जानते हैं कि प्रकाश की किरण किसी एक माध्यम में जब गमन करती है तब सरल रेखा में चलती है। पर क्या होता है जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है? प्रकाश के सरल रेखीय पथ का दोनों माध्यमों के अंतरापृष्ठ पर क्या होता है? जब प्रकाश किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में तिरछा प्रवेश करता है, तो दूसरे माध्यम में इसके मार्ग की दिशा बदल जाती है। अर्थात् जब प्रकाश किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करती है तो यह अपने पथ से विचलित हो जाती है, इस घटना को प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं।

प्रकाश किरण का दो माध्यमों के अंतरापृष्ठ पर चाल बदलना और सरल रेखा से मुड़ जाना ही अपवर्तन कहलाता है। प्रकाश किरण यदि समतल सतह पर अभिलंबवत् प्रवेश कर रही हो, तो उसकी दिशा में अपवर्तन पश्चात् कोई परिवर्तन नहीं होता है।

इस अध्याय में हम 'विरल माध्यम' व 'सघन माध्यम' शब्दों का प्रयोग कर रहे हैं। इनका अर्थ प्रकाशिक घनत्व से है। प्रकाशिक घनत्व, द्रव्यमान घनत्व से अलग होता है। अधिक अपवर्तनांक वाला माध्यम दूसरे की अपेक्षा प्रकाशिक सघन होता है।



चित्र–12 (अ) : अपवर्तित किरण विरल से सघन माध्यम में जाते समय अभिलंब की ओर मुड़ जाती है।



चित्र–12 (ब) : अपवर्तित किरण सघन से विरल माध्यम में जाते समय अभिलंब से दूर जाती है।

जब प्रकाश किरण विरल माध्यम से सघन माध्यम में प्रवेश करती है तब अपवर्तित किरण, दोनों माध्यमों के अंतरापृष्ठ पर बने अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है।

क्या आप बता सकते हैं कि अपवर्तित किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाते समय अभिलम्ब की ओर मुड़ेगी या उससे दूर? चित्र को देखकर बताएं और इसके पीछे के कारण पर चर्चा करें।

आपतित किरण द्वारा अभिलम्ब से बने कोण को आपतन कोण ($\angle i$) व अपवर्तित किरण के द्वारा लम्ब से बने कोण को अपवर्तन कोण ($\angle r$) कहते हैं।

क्या आप बता सकते हैं कि सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाते समय प्रकाश किरण द्वारा बने $\angle i$ व $\angle r$ में से कौनसा कोण बड़ा होगा? चित्र–12 (ब)

चित्र–12 (अ) माध्यम A, माध्यम B की तुलना में अधिक सघन है तो माध्यम B में प्रकाश की चाल V_2, माध्यम A में प्रकाश की चाल v_1 से अधिक होगी।

10.5.1 अपवर्तनांक

हमने देखा कि प्रकाश की चाल अलग–अलग पारदर्शी माध्यमों में अलग–अलग होती है। निर्वात में प्रकाश की चाल 3×10^8 m/s है जो अन्य किसी भी माध्यम में प्रकाश की चाल से अधिक है। वायु में प्रकाश की चाल निर्वात की तुलना में थोड़ी ही कम होती है।

यदि किसी माध्यम में प्रकाश की चाल 'v' है, व निर्वात् में प्रकाश की चाल 'c' है, तो निर्वात् में प्रकाश की चाल व माध्यम में प्रकाश की चाल के अनुपात को परम अपवर्तनांक (absolute Refractive Index) या आपेक्षिक अपवर्तनांक या निरपेक्ष अपवर्तनांक कहते हैं, इसे 'n' से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{परम अपवर्तनांक} = \frac{\text{निर्वात् में प्रकाश की चाल}}{\text{माध्यम में प्रकाश की चाल}}$$

$$\text{अर्थात्} \qquad n = c/v \qquad \text{समी. (1)}$$

प्रश्न–4 : यदि पानी का परम अपवर्तनांक $\frac{4}{3}$ है तो पानी में प्रकाश की चाल ज्ञात कीजिए।

हल : पानी का अपवर्तनांक $= \frac{4}{3}$

निर्वात में प्रकाश की चाल $c = 3\times10^8$ मी./से.

पानी में प्रकाश की चाल $v = ?$

हम जानते हैं कि

$$\text{माध्यम का अपवर्तनांक} = \frac{\text{निर्वात में प्रकाश की चाल}}{\text{पानी में प्रकाश की चाल}}$$

$$n_w = \frac{c}{v_w}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{3\times10^8 m/s}{v_w}$$

$$v_w = \frac{3\times3\times10^8 m/s}{4}$$

$$v_w = \frac{9\times10^8 m/s}{4}$$

$$= 2.25\times10^8 \text{ m/s}$$

पानी में प्रकाश की चाल 2.25×10^8 m/s होगी।

किसी माध्यम में प्रकाश कितनी तेज़ या धीमी गति से गमन कर रही है इसकी जानकारी हमें पदार्थ के अपवर्तनांक से होता है। अधिक अपवर्तनांक वाले पदार्थ में प्रकाश की चाल कम होगी।

नीचे दी गई सारणी में अलग–अलग पदार्थों के अपवर्तनांक और आपेक्षिक घनत्व का मान दिया गया है $n = \frac{c}{v}$ के आधार पर हम विभिन्न माध्यमों में प्रकाश की चाल की गणना कर सकते हैं। सारणी को पूरा करें।

सारणी–1 : कुछ पदार्थों के अपवर्तनांक एवं आपेक्षिक घनत्व

क्र.	पदार्थ (माध्यम)	अपवर्तनांक	आपेक्षिक घनत्व	प्रकाश की चाल
1.	हीरा	2.42	3.52	1.24×10^8 m/s
2.	फ्लिंट काँच	1.64	2.9–4.5	1.83×10^8 m/s
3.	क्राउन काँच	1.52	2.5–2.7	.....
4.	साधारण काँच	1.50	2.5	.....
5.	पानी	1.33	1.00	.....
6.	बर्फ	1.31	0.92	.....

10.5.2 सापेक्षिक अपवर्तनांक (Relative Reflective index)

पहले माध्यम में प्रकाश की चाल एवं दूसरे माध्यम में प्रकाश की चाल के अनुपात को सापेक्षिक अपवर्तनांक कहते हैं। इसे प्रायः संकेत ${}_1\mu_2$ अथवा n_{21} से व्यक्त करते हैं।

$$n_{21} = \frac{\text{प्रथम माध्यम में प्रकाश की चाल}}{\text{द्वितीय माध्यम में प्रकाश की चाल}} \quad \text{.....(1)}$$

$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$ समी. (2) जहाँ v_1 प्रथम माध्यम में प्रकाश की चाल है व v_2 दूसरे माध्यम में प्रकाश की चाल है।

यदि हम समी. (2) को ऊपर नीचे c से भाग करें, तो

$$n_{21} = \frac{v_1/c}{v_2/c}$$

$$= \frac{v_1}{c}\times\frac{c}{v_2}$$

$$= \frac{1}{n_1}\times n_2$$

$$= \frac{n_2}{n_1}$$

अर्थात्, सापेक्षिक अपवर्तनांक $(n_{21}) = \frac{\text{द्वितीय माध्यम का आपेक्षिक अपवर्तनांक } (n_2)}{\text{प्रथम माध्यम का आपेक्षिक अपवर्तनांक } (n_1)}$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \qquad \text{समी. (3)}$$

सोचिए

क्या अपवर्तनांक आपतन कोण पर निर्भर करता है?

प्रश्न–5 : यदि जल का अपवर्तनांक 1.33 तथा काँच का अपवर्तनांक 1.5 हो तो जल के सापेक्ष काँच का अपवर्तनांक $({}_{W}n_{g})$

$= \frac{n_g}{n_w} = \frac{1.5}{1.33} = 1.13$ लगभग होगा।

तथा काँच के सापेक्ष जल का अपवर्तनांक ${}_{g}n_{w} = \frac{n_w}{n_g} = \frac{1.33}{1.5} = 0.89$ (लगभग) होगा

टिप्पणी : उपर्युक्त में हम देखते हैं कि;

$$\frac{n_g}{n_w} \times \frac{n_w}{n_g} = 1$$

${}_{g}n_{w} \times {}_{w}n_{g} = 1$ या ${}_{1}n_{2} \times {}_{2}n_{1} = 1$

अर्थात् माध्यम 1 के सापेक्ष माध्यम 2 का अपवर्तनांक × माध्यम 2 के सापेक्ष माध्यम 1 का अपवर्तनांक = 1

अतः ${}_{1}n_{2} = \frac{1}{{}_{2}n_{1}}$

याद रखें:

- निरपेक्ष अपवर्तनांक का मान सदैव एक से अधिक होगा क्योंकि प्रकाश की निर्वात् में चाल सदैव अन्य माध्यम में प्रकाश की चाल से अधिक होती है।
- वायु का अपवर्तनांक 1.003 होता है परन्तु उसे सरलता के लिए 1 माना जाता है।

10.5.3 अपवर्तन के नियम

प्रयोग : आपतन कोण व अपवर्तन कोण के बीच में संबंध स्थापित करना।

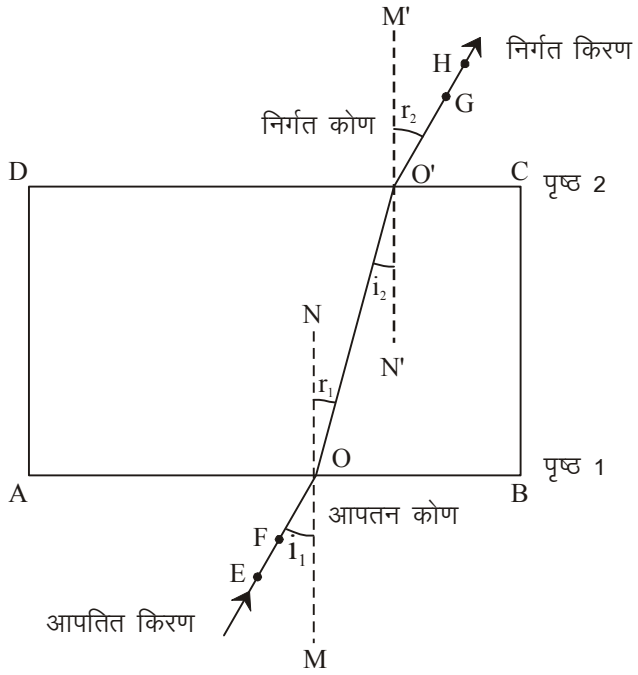
आवश्यक सामग्री : ड्राईंग बोर्ड, सफेद कागज़ की शीट, ड्राइंग पिन, आलपिन, कांच का आयताकार गुटका, पेंसिल, स्केल व चांदा।

विधि : ड्राईंग बोर्ड पर सफेद कागज़ की शीट लगाएं। शीट के बीचों बीच काँच का आयताकार गुटका रखें।

पेंसिल से गुटके की सीमा रेखा खींचकर, इसे ABCD नामांकित करें। गुटके को हटाकर AB पर लंब MN खींचे। MN से किसी कोण पर एक रेखा खींचे और दो पिनें E व F इस रेखा पर उर्ध्वाधर लगाएं। अब गुटके को फिर से सीमा रेखा पर रखें। दो अन्य पिन लेकर विपरीत फलक से, पिन E तथा F के सीध में लगाएं। गुटके को हटा दें इसके पश्चात् सभी पिनें हटाकर पिनों द्वारा बने बिंदुओं पर छोटे गोले बना लें।

अब EF को AB तक बढ़ाकर O पर मिलाएं व GH को CD तक बढ़ाकर O' पर मिलाएं। O तथा O' को मिलाएं। O' पर अभिलंब M'N' खींचिएं।

आप देख सकते हैं कि प्रकाश किरण ने बिन्दुओं O व O' पर अपनी दिशा बदली है जो दोनों माध्यमों को पृथक करने वाले पृष्ठों पर स्थित हैं।



चित्र–13 : आयताकार गुटके के दोनों पृष्ठों से हो रहा अपवर्तन।

उपर्युक्त प्रयोग को अलग–अलग आपतन कोण के लिए कई बार दोहराकर प्राप्त परिणाम को सारणी में भरो।

सारणी–2

	पृष्ठ 1		पृष्ठ 2	
क्रम	आपतन कोण (i_1)	अपवर्तन कोण (r_1)	आपतन कोण (i_2)	अपवर्तन कोण/ निर्गत कोण (r_2)

दोनों अपवर्तक पृष्ठों पर आपतन कोण तथा अपवर्तन कोण के मानों की तुलना करें।

चित्र में दिखाए अनुसार आप देख सकते हैं कि निर्गत किरण GH, आपतित किरण EF की दिशा के समानांतर है। प्रत्येक युग्म के लिए आपतन कोण व निर्गत कोण का मान भी समान पाया जाता है। अर्थात्, आयताकार कांच के गुटके के विपरीत फलकों पर प्रकाश किरण के मुड़ने का परिणाम समान तथा विपरीत है।

प्रयोग दर्शाते हैं कि प्रकाश का अपवर्तन निश्चित नियमों के आधार पर होता है। अपवर्तन के नियम निम्नलिखित हैं–

(i) आपतित किरण, अपवर्तित किरण तथा दोनों माध्यमों को पृथक करने वाले पृष्ठ के आपतन बिंदु पर अभिलंब सभी एक ही तल में होते हैं।

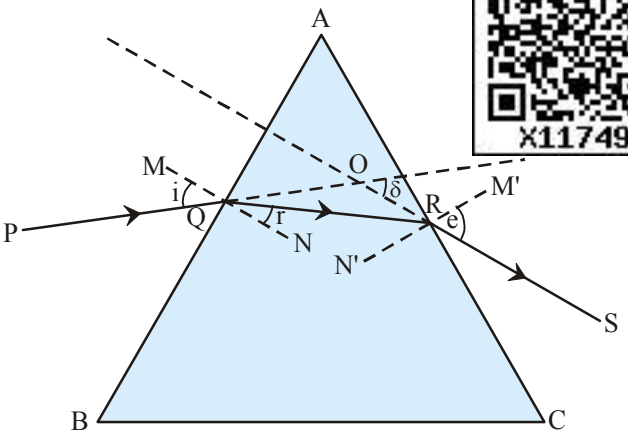
(ii) प्रकाश के किसी निश्चित रंग तथा निश्चित माध्यमों के युग्म के लिए आपतन कोण की ज्या (sine) तथा अपवर्तन कोण की ज्या (sine) का अनुपात स्थिर होता है। इस नियम को स्नेल का अपवर्तन का नियम भी कहते हैं। यदि i आपतन कोण हो तथा r अपवर्तन कोण हो तो

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{स्थिरांक} \quad \text{या} \quad \mu = \frac{\sin i}{\sin r}$$

इस स्थिरांक के मान को दूसरे माध्यम का पहले माध्यम के सापेक्ष अपवर्तनांक (refractive index) कहते हैं। यह स्नेल का नियम भी है।

10.6 प्रिज्म द्वारा प्रकाश का अपवर्तन

अभी तक हमने अपवर्तन की घटना का अध्ययन काँच की स्लेब, पानी तथा अन्य माध्यमों में किया है। इन सभी क्रियाकलापों में माध्यम की दोनों अपवर्तक सतहें एक–दूसरे के समानान्तर थीं। क्या होगा यदि दो अपवर्तक सतहें एक–दूसरे से कोण बनाएँ? आइए, यहां हम कुछ कोण पर झुकी हुई दो अपवर्तक सतहों में प्रकाश किरण की अपवर्तन घटना का अध्ययन करेंगे।



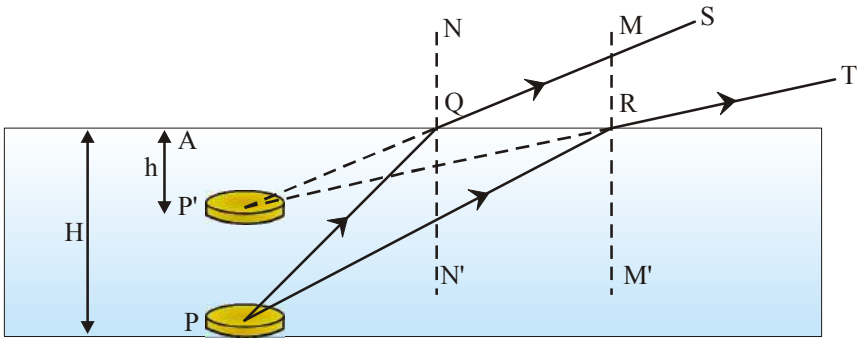
PQ = आपतित किरण
QR = अपवर्तित किरण
RS = निर्गत किरण
∠δ = विचलन कोण
∠i = आपतन कोण
∠r = अपवर्तन कोण
∠e = निर्गत कोण

चित्र–14

चित्र के अनुसार आपतित किरण PQ किसी प्रिज्म के पृष्ठ AB पर i आपतन कोण पर आपतित होती है तथा इस पृष्ठ से QR दिशा में अपवर्तित हो जाती है। यह किरण पृष्ठ AC के लिये आपतित किरण होती है जो पृष्ठ AC से अपवर्तित होकर RS दिशा में निर्गत हो जाती है। इस प्रकार यदि आपतित किरण PQ को आगे और निर्गत किरण RS को पीछे की ओर बढाएं तो वे O बिन्दु पर मिल जाती हैं। प्रिज्म में प्रकाश के अपवर्तन की घटना के फलस्वरूप प्रकाश किरण की दिशा में परिवर्तन अथवा विचलन हो जाता है। जिसे हम विचलन कोण कहते है।

10.7 वास्तविक एवं आभासी गहराई

शुरूआत में आपने पानी के कटोरे में सिक्के के आभासी प्रतिबिंब का जो प्रयोग किया था, क्या अब आप बता सकते है कि वह कैसे संभव हुआ था?



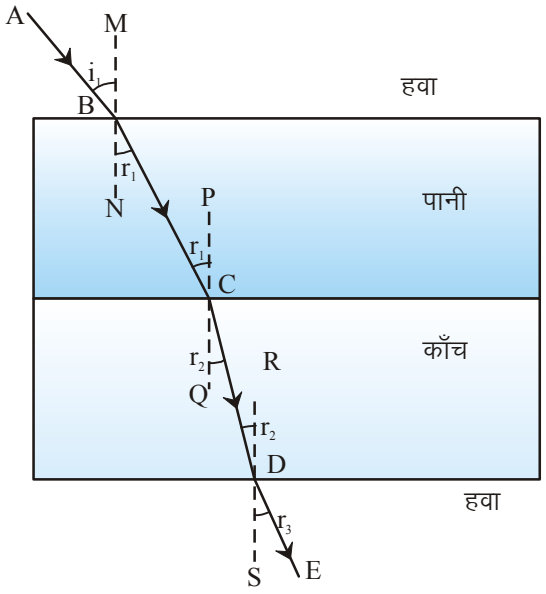
चित्र–15

मान लिजिए कि सिक्का पानी में AP = H गहराई पर स्थित है। Q बिन्दु पर प्रकाश की किरणें सघन माध्यम (पानी) से विरल माध्यम (हवा) में अपवर्तित होती हैं और अभिलंब NN' से दूर हटकर चली जाती हैं। ये किरण पीछे से बिन्दु P' से आती हुई प्रतीत होती हैं। अतः P का प्रतिबिंब P' पर बनता है। यही कारण है कि सिक्के की आभासी गहराई AP' = h वास्तविक गहराई H से कम होती है और सिक्के का प्रतिबिंब ऊँचे तल पर दिखाई देता है।

$$\text{अपवर्तनांक} = \frac{\text{वास्तविक गहराई}}{\text{आभासी गहराई}} = \frac{H}{h}$$

10.8 उत्क्रमणीयता का सिद्धान्त

अब तक हमने क्रियाकलापों द्वारा देखा कि एक प्रकाश किरण अलग–अलग माध्यमों से अपवर्तित होती हुई एक विशेष पथ पर चलती है। क्या आपने कभी सोचा है कि किरण के मार्ग की दिशा बदलने पर वह किस पथ का अनुसरण करेगी? उत्क्रमणीयता के सिद्धान्त को समझने के लिए हम चित्रानुसार एक काँच का आयताकार गुटका तथा पानी का एक निकाय बनाते हैं।



चित्र–16

किरण AB वायु से पानी (विरल से सघन माध्यम) में अपवर्तित होकर बिंदु B से अभिलंब MN की ओर झुक जाती है और पथ BC का अनुसरण करती है। किरण BC जब बिन्दु C पर जल (विरल) से काँच (सघन) में प्रवेश करती है तो यह अपवर्तित किरण CD अभिलंब PQ की ओर झुक जाती है। काँच से वायु में प्रवेश करते समय आपतित किरण CD, आपतन बिन्दु D पर अभिलंब RS से दूर हट जाती है। इस प्रकार वायु–जल–काँच–वायु वाले निकाय में प्रकाश किरण का पथ ABCDE होगा। इस निकाय को उल्टा करने पर नए निकाय का क्रम वायु–काँच–जल–वायु होगा। इस स्थिति में अपवर्तन के नियमानुसार हमें प्रकाश किरण का मार्ग EDCBA प्राप्त होगा। इससे हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि प्रकाश के विभिन्न माध्यमों में गमन के मार्ग में यदि किसी बिन्दु पर उसकी दिशा पलट दी जाए तब उसके चलने के मार्ग में उत्क्रमणीय व्यवहार दिखाई देता है।

10.9 क्रांतिक कोण तथा पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Critical Angle and Total Internal Reflection)

पिछले क्रियाकलाप की भांति हम एक काँच की मोटी सिल्ली लेते है तथा लेज़र लाईट की प्रकाश किरण का उपयोग करते हुए प्रकाश के अपवर्तन तथा अन्य घटनाओं का अध्ययन करते हैं। जब काँच की सिल्ली से प्रकाश किरण वायु में आती है, तब प्रकाश किरण का अपवर्तन सघन से विरल माध्यम में होता है। हम अपनी क्रियाकलाप में सर्वप्रथम लेजर प्रकाश किरण को अभिलंब से शून्य 0° का कोण बनाते हुए काँच की सिल्ली में गमन कराते है। इसके पश्चात् निम्न बिन्दुओं का अवलोकन करते है।

- क्या आप अपवर्तित किरण को देख सकते है?
- क्या काँच से वायु में जाने पर प्रकाश किरण के मार्ग में विचलन हो रहा है?

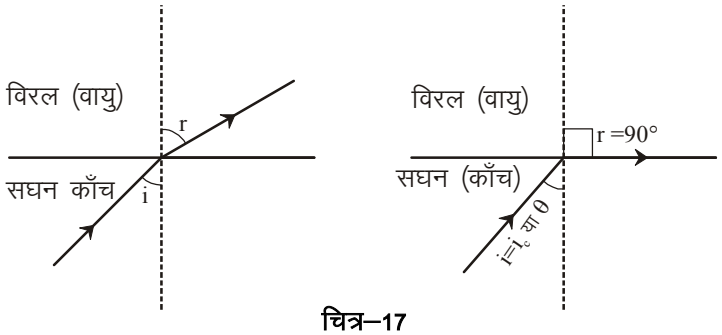
आप शायद देख सकते हैं कि इस स्थिति में विचलन नहीं होता है।

इस क्रियाकलाप को हम विभिन्न आपतन कोण 5°, 10°, 15° आदि पर दोहराते हैं तथा अपवर्तन कोण का अवलोकन करते हैं।

आपतन कोण के किसी एक मान के लिए निर्गत अपवर्तित किरण दोनों माध्यमों को अलग करने वाले पृष्ठ को छूती हुई निकलती है। यही कोण उस पदार्थ का क्रांतिक कोण (Critical angle) कहलाता है।

जब प्रकाश सघन माध्यम जैसे (कांच) से विरल माध्यम (वायु) में प्रवेश करता है तो वह अभिलंब से दूर हट जाता है। इस स्थिति में अपवर्तन कोण r का मान आपतन कोण i से बड़ा होता है। ($\angle r > \angle i$)

अब यदि आपतन कोण i का मान बढ़ाया जाए तो अपवर्तन कोण r का मान भी बढ़ता जाता है। किन्तु आपतन कोण के एक विशेष मान पर एक स्थिति ऐसी आती है कि अपवर्तन कोण का मान $\angle r = 90°$ हो जाता है। इस दशा में अपवर्तित किरण दोनों माध्यमों को अलग करने वाले तल को छूती हुई निकलती है। इस विशेष स्थिति को क्रांतिक स्थिति कहते हैं तथा इस स्थिति में आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण कहलाता है, इसे i_c या θ_c से व्यक्त करते हैं।

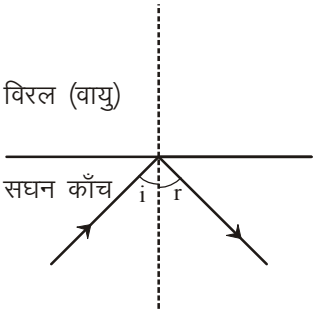


चित्र–17

अतः क्रांतिक कोण सघन माध्यम में आपतन कोण का वह मान हैं जिसके लिए विरल माध्यम में अपवर्तन कोण 90° के बराबर होता है।

10.9.1 पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Total Internal Reflection)

अब यदि उक्त प्रकरण में सघन माध्यम (कांच) में आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण (i_c या θ) से अधिक हो जाए ($i > i_c$) तो अपवर्तन कोण का मान 90° से अधिक हो जायेगा तब प्रकाश विरल माध्यम में (वायु में) न जाकर सघन माध्यम में (कांच में) ही नये मार्ग पर जाएगा। स्पष्ट है कि यह स्थिति अपवर्तन की नहीं परावर्तन की है। अर्थात् जब प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करे तथा उसका आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक हो जाए तो प्रकाश उसी माध्यम में आंतरिक रूप से परावर्तित हो जाता है, इसे पूर्ण आंतरिक परावर्तन कहते हैं।



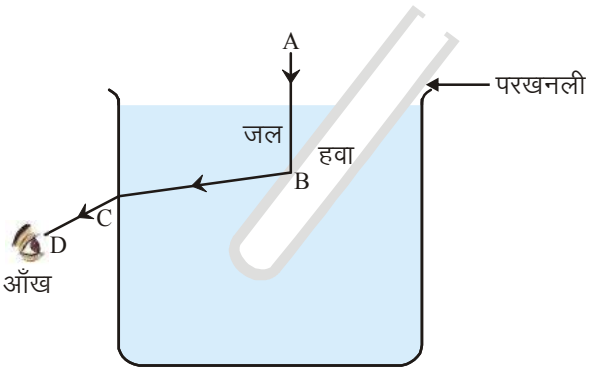
चित्र–18

पूर्ण आंतरिक परावर्तन के लिए ज़रूरी है कि–

1. प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करें।
2. आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक हो।

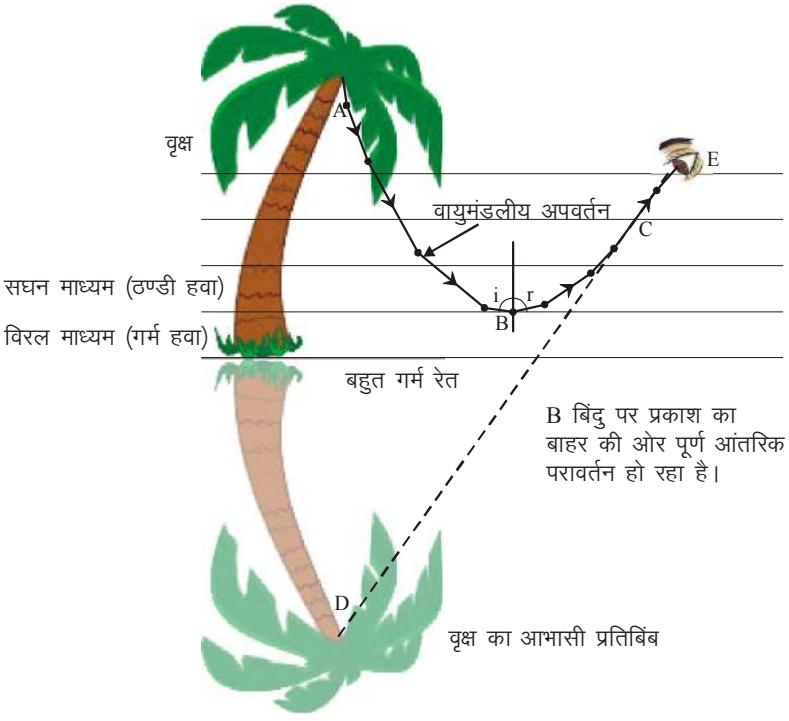
10.9.2 पूर्ण आंतरिक परावर्तन के उदाहरण

1. पानी से भरे बीकर में एक खाली परखनली को तिरछा डुबाकर उसे ऊपर से देखने पर उसका ऊपरी भाग इस प्रकार चमकदार दिखाई देता है जैसे कि कलई कर दी गई हो। इसका कारण यह है कि प्रकाश की किरणें पानी से चलकर परखनली पर आपतित होती है परखनली के अन्दर वायु है। अतः प्रकाश किरणें सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती हैं इनमें से कुछ किरणे ऐसी होती है जिनका आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक होता है। अतः ये किरणें पूर्ण परावर्तित होकर आंख में पहुंचती है जिससे परखनली का वह भाग चांदी के समान चमकदार दिखाई देता है। यदि परखनली में पानी भर दें तो चमक समाप्त हो जाएगी। यह घटना बुलबुलों पर देखने का प्रयास करें।



चित्र–19

2. **मृगतृष्णा या मरीचिका**– रेगिस्तान में गर्मी के दिनों में मनुष्य को दूरी पर स्थित खजूर का वृक्ष का उल्टा प्रतिबिंब दिखाई देता है जिससे मनुष्य समझता है उस वृक्ष के पास जल है परन्तु प्यासे लोग जब पेड़ के पास जाते हैं तो उसे वहाँ जल नहीं मिलता यह मनुष्य की आँख का धोखा होता है जिसे मृगतृष्णा या मरीचिका कहते हैं।



चित्र–20

गर्मी के दिनों में ऊपर की वायु ठंडी होने के कारण सघन तथा भूमि को स्पर्श करने वाली वायु गर्म होने के कारण विरल होती है। अतः पृथ्वी के धरातल से जैसे जैसे हवा ऊपर उठती जाती है वह सघन होती जाती है।

वृक्ष के ऊपरी भाग से चलने वाली प्रकाश किरणों को भूमि तक पहुँचने के लिए सघन से विरल माध्यम में प्रवेश करना पड़ता है। भिन्न भिन्न घनत्व की हवा की परतें समानांतर रेखाओं द्वारा दिखाई गई है। जैसे जैसे प्रकाश की किरणें आगे बढ़ती हैं आपतन कोण का मान बढ़ता जाता है, एक ऐसी स्थिति आती है जब आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से ज्यादा होता है और किरण का उसी माध्यम में पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है। इसी प्रकार कंक्रीट की पक्की सड़कों पर भी आपने मरीचिका बनते देखा होगा। आपस में चर्चा कीजिए कि यह कैसे होता होगा?

चित्र–21

मुख्य शब्द (Keywords)

परावर्तन, अपवर्तन अभिलंब, आपतित किरण, परावर्तित किरण, अपवर्तित किरण, निर्गत किरण, आपतन कोण, परावर्तन कोण, अपवर्तन कोण, विचलन कोण, निर्गत कोण, वास्तविक प्रतिबिंब, आभासी प्रतिबिंब, अपवर्तन, अपवर्तनांक, प्रिज़्म, उत्क्रमणीयता सिद्धांत, क्रांतिक कोण, पूर्ण आंतरिक परावर्तन, वास्तविक गहराई, आभासी गहराई।

हमने सीखा

- जब प्रकाश अपारदर्शी वस्तु पर पड़ता है, तब वस्तु के पीछे पर्दे पर वस्तु की छाया बनती है।
- आपतन कोण परावर्तण कोण के बराबर होता है।
- आपतित किरण, परावर्तित किरण और अभिलंब एक ही तल में होते है।
- समतल दर्पण द्वारा सदैव आभासी, सीधा तथा वस्तु के बराबर प्रतिबिंब बनाता है।
- समतल दर्पण को θ कोण से घुमाने पर परावर्तित किरण $2\ \theta$ कोण से घूमेगी।
- समतल दर्पण द्वारा किसी वस्तु का पूरा समान आकार का प्रतिबिंब देखने के लिए दर्पण की लंबाई कम–से–कम वस्तु के लंबाई की आधी होनी चाहिए।
- यदि दो समतल दर्पण एक दूसरे से θ कोण बनाते हों तो बनने वाले प्रतिंबिंब की संख्या $\frac{360}{\theta}-1$ होगी।
- जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है तो वह संपर्क सतह से अपने मार्ग से विचलित हो जाता है यह प्रकाश का अपवर्तन कहलाता है।
- निर्वात में प्रकाश की चाल $3\times10^{8} m/s$ होती है।
- जब प्रकाश सघन से विरल माध्यम में जाता है तो वह अभिलंब से दूर जाता है।
- जब प्रकाश विरल से सघन माध्यम में जाता है तो वह अभिलंब की ओर झुकता है।
- किसी पारदर्शी माध्यम का अपवर्तनांक प्रकाश की निर्वात में चाल तथा माध्यम में प्रकाश की चाल का

अनुपात होता है। इसे निरपेक्ष अपवर्तनांक कहते हैं।

- उत्क्रमणीयता के सिद्धांत से $2n_1 = \frac{1}{1n_2}$ प्रकाश किरण जिस मार्ग का अनुसरण करती है वही मार्ग विपरीत दिशा में भी सत्य है।
- अपवर्तन का द्वितीय नियम ${}_1\mu_2 = \frac{\sin i}{\sin r}$ स्नैल के नियम से जाना जाता है।
- प्रिज्म में आपतित किरण व निर्गत किरण के बीच का कोण विचलन कोण कहलाता है।

X1IY7J

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखिए–

(i) समतल दर्पण को 2θ कोण से घुमाने पर परावर्तित किरण कितने कोण से घूम जाती है।

(अ) 2θ (ब) 3θ (स) 4θ (द) θ

(ii) समतल दर्पण में किसी वस्तु का पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए दर्पण की न्यूनतम लम्बाई होगी।

(अ) वस्तु की लम्बाई की एक चौथाई (ब) वस्तु की लम्बाई की एक तिहाई

(स) वस्तु की लम्बाई के बराबर (द) वस्तु की लम्बाई की आधी

(iii) कोई वस्तु दो समतल दर्पणों के बीच रखी है यदि दोनों दर्पणों के बीच का कोण 45° हो तो उस वस्तु के बनने वाले प्रतिबिम्ब होंगे।

(अ) 5 (ब) 6 (स) 7 (द) 8

(iv) यदि वस्तु समतल दर्पण से 3 से.मी. की दूरी पर हो तो प्रतिबिंब की वस्तु से दूरी होगी–

(अ) 4 से.मी. (ब) 6 से.मी. (स) 3 से.मी. (द) 12 से.मी.

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए।

(i) समतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब सीधा, अभासी और .....होता है।

(ii) अपवर्तन के दूसरे नियम को .....नियम के नाम से जाना जाता है।

(iii) प्रकाश किरण समतल दर्पण पर अभिलंबवत आपतित होती है, उसके परावर्तन कोण का माप . .....होगा।

(iv) ..... की घटना हेतु प्रकाश को सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाना आवश्यक होता है।

3. परावर्तन के नियम लिखिए?
4. अपवर्तन के नियम लिखिए?
5. दो माध्यमों A और B के अपवर्तनांक क्रमशः n_A तथा n_B है। इनमें से किस माध्यम से किस माध्यम में जाने पर प्रकाश का पूर्ण आंतरिक परावर्तन संभव है, यदि $n_A > n_B$?
6. पूर्ण आंतरिक परावर्तन क्या है इसके लिए क्या आवश्यक है?
7. अपवर्तन की घटना के दैनिक जीवन में कोई दो उदाहरण दीजिए?