विज्ञान

कक्षा 9 के लिए पाठ्यपुस्तक

0965

© NCERT
not to be republished

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

0965 – विज्ञान
कक्षा 9 के लिए पाठ्यपुस्तक

ISBN 81-7450-513-X

प्रथम संस्करण
मार्च 2006 फाल्गुन 1927

पुनर्मुद्रण
अक्तूबर 2006, दिसंबर 2007
फरवरी 2009, दिसंबर 2009
नवंबर 2010, जनवरी 2012
अक्तूबर 2012, फरवरी 2014
दिसंबर 2016, दिसंबर 2017
दिसंबर 2018, सितंबर 2019
जनवरी 2021

संशोधित संस्करण
अक्तूबर 2022, कार्तिक 2022

पुनर्मुद्रण
मार्च 2024 चैत्र 1946
दिसंबर 2024 अग्रहायण 1946

PD 50T M

© राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, 2006, 2022

₹ 125.00

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

प्रकाशन प्रभाग में सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविंद मार्ग, नई दिल्ली 110 016 द्वारा प्रकाशित तथा स्वप्ना प्रिंटिंग वर्क्स प्राइवेट लिमिटेड, 52, राजा राममोहन सरानी, कोलकाता-700009 द्वारा मुद्रित।

सर्वाधिकार सुरक्षित

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

एन सी ई आर टी के प्रकाशन प्रभाग के कार्यालय

एन.सी.ई.आर.टी. कैंपस
श्री अरविंद मार्ग
नई दिल्ली 110 016 फोन : 011-26562708

108, 100 फीट रोड
हेली एक्सटेंशन, होस्डेकेरे
बनाशंकरी III इस्टेज
बेंगलुरु 560 085 फोन : 080-26725740

नवजीवन ट्रस्ट भवन
डाकघर नवजीवन
अहमदाबाद 380 014 फोन : 079-27541446

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

सी.डब्ल्यू.सी. कॉम्प्लैक्स
मालीगांव
गुवाहाटी 781021 फोन : 0361-2674869

प्रकाशन सहयोग

अध्यक्ष, प्रकाशन प्रभाग	:	*एम.वी.श्रीनिवासन*
मुख्य संपादक	:	*बिज्ञान सुतार*
मुख्य उत्पादन अधिकारी (प्रभारी)	:	*जहान लाल*
मुख्य व्यापार प्रबंधक	:	*अमिताभ कुमार*
संपादक	:	*नरेश यादव*
सहायक उत्पादन अधिकारी	:	*प्रकाश वीर सिंह*

आवरण
निधि वाधवा

सज्जा एवं चित्रांकन
डिजिटल एक्सप्रेशंस

© NCERT not to be republished

आमुख

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

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

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

© NCERT not to be republished

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

निदेशक

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्

नयी दिल्ली

20 दिसंबर 2005

© NCERT not to be republished

पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन

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

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

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

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

© NCERT not to be republished

© NCERT not to be republished

पाठ्यपुस्तक निर्माण समिति

अध्यक्ष, विज्ञान और गणित पाठ्यपुस्तकों की सलाहकार समिति

जे.वी. नार्लीकर, *इमेरिटस प्रोफ़ेसर,* अंतर-विश्वविद्यालय केंद्र : खगोलविज्ञान और खगोलभौतिकी, पुणे

मुख्य सलाहकार

रूपमञ्जरी घोष, *प्रोफ़ेसर,* भौतिक विज्ञान संस्थान, जवाहरलाल नेहरू विश्वविद्यालय, नयी दिल्ली

सदस्य

अंजनी कौल, *प्रवक्ता,* विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

अनुपम पचौरी, 1317, सेक्टर-37, फरीदाबाद, हरियाणा

अनुराधा गुलाटी, *पी.जी.टी,* सी.आर.पी.एफ. पब्लिक स्कूल, रोहिणी, दिल्ली

असफा एम. यासीन, *रीडर,* पंडित सुंदरलाल शर्मा केंद्रीय व्यावसायिक शिक्षा संस्थान, एन.सी.ई.आर.टी., भोपाल

उमा सुधीर, एकलव्य, इंदौर, मध्य प्रदेश

एच. एल. सतीश, *टी.जी.टी.,* डी.एम. विद्यालय, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, मैसूर, कर्नाटक

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

एस. के. दास, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

एस. लवानिया, *रीडर,* वनस्पति शास्त्र विभाग, लखनऊ विश्वविद्यालय, लखनऊ, उत्तर प्रदेश

चारू मेनी, *पी.जी.टी.,* डी.ए.वी. विद्यालय, सेक्टर-14, गुड़गाँव, हरियाणा

दिनेश कुमार, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

पूरन चंद, *संयुक्त निदेशक,* एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

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

माधुरी महापात्रा, *रीडर,* क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भुवनेश्वर, उड़ीसा

सुजाता जी. डी., *सहायक शिक्षिका,* वी.वी.एस. सरदार पटेल हाई स्कूल, राजाजी नगर, बंगलौर, कर्नाटक

सत्यजीत रथ, *वैज्ञानिक,* नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ इम्यूनोलॉजी, जे.एन.यू. कैम्पस, नयी दिल्ली

सुखवीर सिंह, *रीडर,* डी.ई.एस.एम., क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, अजमेर, राजस्थान

हिंदी अनुवादक

कृष्ण भगवान गुप्त, *प्रोफ़ेसर* (अवकाश प्राप्त), एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

कन्हैया लाल, *प्राचार्य* (अवकाश प्राप्त), 121 अफगानन, दिल्ली गेट, गाज़ियाबाद, उत्तर प्रदेश

गरिमा एस. वर्मा, स्पेक्ट्रम कम्युनिकेशन्स, शहीद भगत सिंह मार्केट, नयी दिल्ली

प्रवीण कुमार सिंह, स्पेक्ट्रम कम्युनिकेशन्स, शहीद भगत सिंह मार्केट, नयी दिल्ली

सदस्य-समन्वयक

गगन गुप्त, *रीडर,* विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली

© NCERT not to be republished

आभार

पुस्तक के अंतिम स्वरूप के लिए आयोजित कार्यशाला में भाग लेने वाले निम्नलिखित प्रतिभागियों की बहुमूल्य टिप्पणियों के बारे में परिषद् आभार व्यक्त करती है: समरकेतु, *पी.जी.टी.* (भौतिकी), जवाहर नवोदय विद्यालय, मेसरा, राँची; कुलदीप सिंह, *टी.जी.टी.* (विज्ञान), जवाहर नवोदय विद्यालय, सरध ना, मेरठ, उत्तर प्रदेश; सुमित कुमार भटनागर, *टी.जी.टी* (विज्ञान), सर्वोदय उच्चतर माध्यमिक विद्यालय, आनंद विहार, दिल्ली; ललित गुप्ता, *टी.जी.टी.* (विज्ञान), उच्चतर माध्यमिक विद्यालय नं. 2, उत्तम नगर, नयी दिल्ली; मनोज कुमार गुप्ता, *प्रवक्ता* (रसायन विज्ञान), मुखर्जी मेमोरियल उच्चतर माध्यमिक विद्यालय, शाहदरा, दिल्ली; बी. एन. पाण्डे, *प्राचार्य,* ऑर्डीनेंस फैक्ट्री, उच्चतर माध्यमिक विद्यालय, देहरादून; वी. एन. पाठक, *प्रोफ़ेसर* (रसायन विज्ञान), राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर; आर. ए. गोयल, *प्राचार्य* (अवकाश प्राप्त), पीतमपुरा, दिल्ली; आर. जी. शर्मा, *वरिष्ठ विज्ञान काउंसिलर,* सांइस सेंटर नं. 2, बसंत विहार, नयी दिल्ली; विजय कुमार, *उपप्राचार्य,* सर्वोदय उच्चतर माध्यमिक विद्यालय, आनंद विहार, दिल्ली; पी. एन. वार्ष्णेय, *प्राचार्य* (अवकाश प्राप्त), शिक्षा विभाग, दिल्ली; डी. सी. पाण्डेय, *ए. डी. ई.* (अवकाश प्राप्त), शिक्षा विभाग, नयी दिल्ली; सीमा गुप्ता, *विज्ञान शिक्षिका*, एस.एल.एस. डी.ए.वी. पब्लिक स्कूल, मौसम विहार, दिल्ली; जय प्रकाश गुप्ता, *प्रवक्ता* (भौतिक विज्ञान), डी. एस. कॉलेज, अलीगढ़; आई. पी. अग्रवाल, *प्रोफ़ेसर* (रसायन विज्ञान), क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, भोपाल।

शैक्षिक व प्रशासनिक सहयोग के लिए परिषद् एम. चन्द्रा, *प्रोफ़ेसर* तथा *विभागाध्यक्ष*, डी.ई.एस.एम, एन.सी.ई.आर.टी., नयी दिल्ली की आभारी है।

परिषद्, साएमा, विजय कुमार, रितु व मोहम्मद खालिद रज़ा, गीता, *डी.टी.पी. ऑपरेटर;* रणधीर ठाकुर, दुर्गा देवी और हरि दर्शन लोधी, *प्रूफ रीडर;* सतीश झा, कल्पना वाजपेयी, मो. क़मर तब्रेज़, गोविंद राम उपाध्याय, *कॉपी एडीटर;* दीपक कपूर, *कंप्यूटर स्टेशन प्रभारी,* डी.ई.एस.एम., एन.सी.ई.आर.टी. और प्रकाशन विभाग के सहयोग हेतु हार्दिक आभार ज्ञापित करती है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

विषय-सूची

	आमुख	*iii*
	पाठ्यपुस्तकों में पाठ्य सामग्री का पुनर्संयोजन	*v*
अध्याय 1	हमारे आस-पास के पदार्थ	1
अध्याय 2	क्या हमारे आस-पास के पदार्थ शुद्ध हैं?	15
अध्याय 3	परमाणु एवं अणु	28
अध्याय 4	परमाणु की संरचना	42
अध्याय 5	जीवन की मौलिक इकाई	54
अध्याय 6	ऊतक	66
अध्याय 7	गति	80
अध्याय 8	बल तथा गति के नियम	97
अध्याय 9	गुरुत्वाकर्षण	112
अध्याय 10	कार्य तथा ऊर्जा	127
अध्याय 11	ध्वनि	143
अध्याय 12	खाद्य संसाधनों में सुधार	158
उत्तरमाला		172
पारिभाषिक शब्दावली		175

© NCERT not to be republished

भारत का संविधान

उद्देशिका

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

सामाजिक, आर्थिक और राजनैतिक **न्याय,**

विचार, अभिव्यक्ति, विश्वास, धर्म

और उपासना की **स्वतंत्रता,**

प्रतिष्ठा और अवसर की **समता**

प्राप्त कराने के लिए,

तथा उन **सब में**

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

और अखंडता] सुनिश्चित करने वाली **बंधुता**

बढ़ाने के लिए

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

---

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

© NCERT not to be republished

उत्तरमाला

अध्याय 3

4. (a) $MgCl_2$
   (b) CaO
   (c) $Cu(NO_3)_2$
   (d) $AlCl_3$
   (e) $CaCO_3$
5. (a) कैल्शियम, ऑक्सीजन
   (b) हाइड्रोजन, ब्रोमीन
   (c) सोडियम, हाइड्रोजन, कॉर्बन तथा ऑक्सीजन
   (d) पोटैशियम, सल्फ़र तथा ऑक्सीजन
6. (a) 26 g
   (b) 256 g
   (c) 124 g
   (d) 36.5 g
   (e) 63 g

अध्याय 4

10. 80.006
11. ${}^{16}_{8}X = 90\%$, ${}^{18}_{8}X = 10\%$
12. संयोजकता = 1, तत्व का नाम लीथियम है।
13. द्रव्यमान संख्या: X =12, Y=14, दोनों समस्थानिक हैं।

14.	(a) F	(b) F	(c) T	(d) F
15.	(a) ✓	(b) ×	(c) ×	(d) ×
16.	(a) ×	(b) ×	(c) ✓	(d) ×
17.	(a) ×	(b) ✓	(c) ×	(d) ×
18.	(a) ×	(b) ×	(c) ×	(d) ✓

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

19.

परमाणु संख्या	द्रव्यमान संख्या	न्यूट्रॉनों की संख्या	प्रोटॉनों की संख्या	इलेक्ट्रॉनों की संख्या	परमाणु स्पीशीज़ का नाम
9	19	10	9	9	फ़्लोरीन
16	32	16	16	16	सल्फ़र
12	24	12	12	12	मैग्नीशियम
1	2	1	1	1	ड्यूटेरियम
1	1	0	1	0	प्रोटियम

अध्याय 7

1. (a) दूरी = 2200 m; विस्थापन = 200 m.
2. (a) औसत चाल = औसत वेग = 2.00 m s^{-1}
   (b) औसत चाल = 1.90 m s^{-1}; औसत वेग = 0.952 m s^{-1}
3. औसत चाल = 24 km h^{-1}
4. तय की गई दूरी = 96 m
7. वेग = 20 m s^{-1}; समय = 2 s
10. चाल = 3.07 km s^{-1}

अध्याय 8

4. c
5. 2 m s^{-2}, 14000 N
6. – 4 N
7. (a) 35000 N
   (b) 1.944 m s^{-2}
8. 2550 N गाड़ी की गति के विपरीत दिशा में।
9. d
10. 200 N
12. 3 kg m s^{-1}
13. 2.25 m; 50 N
14. 10 kg m s^{-1}; 10 kg m s^{-1}; 5/3 m s^{-1}
15. 500 kg m s^{-1}; 800 kg m s^{-1}; 50 N
17. 40 kg m s^{-1}

A2. 240 N
A3. 2500 N
A4. 5 m s^{-2}; 24000 kg m s^{-1}; 6000 N

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

अध्याय 9

3. 9.8 N
12. पृथ्वी पर भार 98 N तथा चंद्रमा पर भार 16.3 N है।
13. अधिकतम ऊँचाई 122.5 m तथा कुल समय 10 s है।
14. अंतिम वेग = 19.6 $m\ s^{-1}$ ।
15. अधिकतम ऊँचाई = 80 m, नेट विस्थापन = 0, कुल तय की गई दूरी = 160 m ।
16. गुरुत्वाकर्षण बल = 3.56×10^{22} N ।
17. 4 s पश्चात्, चोटी से 80 m नीचे।
18. प्रारंभिक वेग = 29.4 $m\ s^{-1}$, ऊँचाई = 44.1 m, 4 s पश्चात् गेंद ऊपर से 4.9 m दूरी पर होगी या नीचे से 39.2 m दूरी पर होगी।
21. पदार्थ डूब जाएगा।
22. पैकेट डूब जाएगा। विस्थापित पानी का द्रव्यमान 350 g होगा।

अध्याय 10

2. शून्य
4. 210 J
5. शून्य
9. 9×10^8 J
10. 2000 J, 1000 J
11. शून्य
14. 5.4×10^7 जूल
17. 208333.3 J
18. (i) शून्य
    (ii) धनात्मक
    (iii) ऋणात्मक
20. 7.2×10^7 जूल

अध्याय 11

6. 17.2 m, 0.0172 m
7. 18.55
8. 6000
12. 11.47 s
13. 22600 Hz

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

पारिभाषिक शब्दावली

अ

अनियमित	Random
अभिकर्मक	Reagent
अभिकारक	Reactant
अभिग्रहित	Postulates
अभिलाक्षणिक	Characteristic
अनुमोदन	Recommendations
अन्योन्य	Crossover
अविभाज्य	Indivisible
अवपरमाणुक	Sub-atomic
अविनाशी	Indestructible
अक्रिय	Inert
अष्टक	Octet
अणु	Molecule
अनुप्रयोग	Applications
अल्प परासण दाबी घोल	Hypo osmotic pressure solution
अति परासरण दाबी घोल	Hyper osmotic pressure solution
अलवणीय जल	Fresh Water
अंतर्द्रव्यीय जालिका	Endoplasmic Reticulum (ER)
अस्थि	Bone
अरेखित पेशी	Unstriated muscle
असमतापी	Cold-blooded
अवपंकी	Slimy
असमान	Non-uniform
अभिकेंद्र-बल	Centripetal-force
अभिकलन	Compute
अधिकतम	Maximum

अधोमुखी	Downward
अभिकर्ता	Agent
अनुदैर्घ्य	Longitudinal
अनुप्रस्थ	Transverse
अनुरणन	Reverberation
अवश्रव्य	Infrasonic
अभिग्रहण	Receiving
असंक्रामक	Non-infectious
अजैव कारक	Abiotic Component
आनुवंशिकीय रूपांतरित	Genetically Modified
अनुकूलता	Adaptability
अक्षय	Inexhaustible
अक्षांश	Latitude
अर्बुद	Tumour
अमिश्रणीय	Immiscible
अस्थि चालक	Bone conducting
अदिश	Scalars
अतिसूक्ष्मी स्तर	Hyperfine level
असमान गति	Non-uniform motion
अवनमन कोण	Angle of depression
अर्धसूत्री विभाजन	Meiosis
अति ऊष्मित	Superheated
अतिसंतृप्त	Super saturated
अतिसार	diarrhoea
अभयारण्य	Sanctuaries
अपधातु	Metalloid
अपघटक	Decomposers
अपघटन	Decomposition
अपरिष्कृत तेल	Crude oil

© NCERT not to be republished

अपरदन	Erosion
अपोपचय अभिक्रिया	Redox reaction
अपचायक	Reducing agent
अरीय	Radial
असंगतियाँ	Anomalies
असंचरणीय (असंक्रामक) रोग	Non-communicable disease
असीमकेंद्रक	Prokaryotes
अवर्णी लवक	Leucoplast
अवक्षेप	Precipitate
अवायवीय	Anaerobic
अनवीकरणीय	Non-renewable
अगुणित	Haploid
अल्पपोषण	Undernutrition
अपकेंद्रण	Centrifugation

आ

आर्द्रता	Humdity
आघातवर्ध्य	Malleable
आवर्धक लेंस	Magnifying glass
आण्विक	Molecular
आवेश	Charge
आवास	Habitat
आनुपातिकता स्थिरांक	Constant of proportionality
आवृत्ति	Frequency
आयाम	Amplitude
आमाशय	Stomach
आकाशगंगा	Galaxy
आयतन प्रसार गुणांक	Coefficient of volume expansion
आयनकारी	Ionising
आण्विक गति	Molecular motion
आदिप्ररूप	Prototype
आपेक्षिक घनत्व	Relative density
आपेक्षिक आर्द्रता	Relative humidity
ऑक्सीकारक	Oxidising agent
आपेक्षिक बाहुल्य	Relative abundance
आप्लावित	Flooding
आरक्षित जैवमंडल	Biosphere reserve
आर्द्रक्षेत्र	Wet zone
आवर्तिता	Periodicity
आवर्ती पुनरावृत्ति	Periodic recurrence
आत्मघाती थैली	Suicide bag
आनुवंशिक परिवर्तनशीलता	Genetic variability

उ

उत्पाद	Product
उपापचयी	Metabolism
उद्दीपन	Stimulus
उपास्थि	Cartilage
उत्सर्जन	Excretion
उभयचर	Amphibian
उभयलिंगी	Hermophrodite
उद्गम बिंदु	Origin
उत्प्लावकता	Buoyancy
उत्प्लावन बल	Buoyant force
उथला	Shallow
उपार्जित	Acquired
उपरिमृदा	Top soil
उच्चता	Altitude
उपोत्पाद	Byproduct
उदर	Abdomen
उल्का पिंड	Meteorites
उल्का	Meteors
उर्वरा शक्ति	Fertility
उत्खनन	Excavation
उत्पादक	Producers
उत्सर्जन स्पेक्ट्रम	Emmission spectrum

Reprint 2025-26

उत्सर्जन नलिका	Discharge tube

ऊ

ऊर्ध्वपातन	Sublimation
ऊर्जा स्तर	Energy level
ऊर्ध्वमुखी	Upward
ऊर्जा	Energy
ऊष्मागतिकी	Thermodynamics
ऊतक	Tissue
ऊष्माक्षेपी	Exothermic
ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक	Mechanical equivalent of heat
ऊष्मा	Heat
ऊर्मिकाएँ	Ripples
ऊर्ध्वाधर	Vertical

ए

एपिथीलियमी ऊतक	Epithelial tissue
एरिओलर	Areolar
एपिडर्मिस	Epidermis
एककोशिक	Unicellular
एक बीज पत्री	Monocot
एकसमान	Uniform
एकसमान गति	Uniform motion

ऐ

ऐरेंकाइमा	Aeranchyma
ऐम्फिबिया	Amphibia
ऐच्छिक सस्य-विज्ञान गुण	Desirable agronomic characteristics
ऐक्सॉन	Axon

औ

औजार	Tool

अं

अंतर्विष्ट विभज्योतक	Intercalary maristeme
अंडाशय	Ovary
अंत:कंकाल	Endoskeleton
अंतराकिस्मीय	Intervarietal
अंतरास्पीशीज़	Interspecific
अंतरवंशीय	Intergeneric
अंतराफसलीकरण	Intercropping
अंगक	Organell
अंत:परिवर्तित	Interconvertible
अंशांकन	Calibrate
अंत:श्वसन उपचार	Inhalation therapy
अंत:क्षिप्त	Inject
अंतरानाभिक	Internuclear
अंतर्दहन इंजन	Internal combustion engine

क

कक्षा	Orbit
कोश	Shell
केंद्रक	Nucleus
कोष्ठक	Compartment
कोशिकांग	Cell organelles
कोशिकाद्रव्य	Cytoplasm
कार्यात्मक खंड	Functional segment
केंद्रकाय	Nucleoid
क्यूटिन	Cutin
कूपिका	Alveole
कंकाल पेशी	Skeletal muscles
कंडरा	Tendon
कूटसीलोम	Pseudocoelom

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

कंकाल	Skeleton
कुल, फैमिली	Family
कवक, फंजाई	Fungi
कोशिका भित्ति	Cell wall
क्रिप्टोगैम	Cryptogem
कंपन	Vibrate
कोशिका	Cell
क्लोरोफिल	Chlorophyll
कॉलेंकाइमा	Collenchyma
कगार	Ledge
कलन	Calculus
कार्य	Work
कर्ण पटह	Ear drum
कर्ण पल्लव	Pinna
कर्णावर्त	Cochlea
कूड़ा-करकट	Garbage
कारक	Agent
कोहरा	Fog
कुक्कुट पालन	Poultry
कीटनाशी	Pesticides
कर्षण	Pluck
कर्षित वाद्य यंत्र	Plucked musical instrument
कार्तीय	Cartesian
क्रमवीक्षण	Scanning
कृषि-वानिकी	Agro-forestry
कृषिनाशक जीव	Agricultural pest
कृत्रिम पुनः आवेशन	Artificial recharging
कृत्रिम वीर्यसंचन	Artificial insemination
किरणित	Irradiated
कशेरुक-दंड	Vertebral column
कोशिकांग	Cell organelles
कर्दम	Slurry
क्लोमछिद्र	Gill slits
क्वथनांक	Boiling point

ख

खुरदरी अंतर्द्रव्यीय जालिका	Rough Endoplasmic Reticulum (RER)
खगोलीय	Celestial
खगोलीय पिंड	Celestial body
खरपतवार	Weeds
खाद्य जाल	Food web

ग

ग्रहण	Gain
ग्रंथिल एपिथीलियम	Glandular epithelium
गण, आर्डर	Order
गलफड़ा	Gill
ग्रन्थि	Gland
गुरुत्वीय स्थिरांक	Gravitational Constant
गुटिका	Pebble
गतिज ऊर्जा	Kietic energy
गर्त	depression
गोलक	Bob
गर्त	Trough
गरज (गर्जन)	Thunder
ग्रहणी	Duodenum
गौ-चेचक	Cowpox
ग्राह्यता	Susceptibility
गुरुत्व केंद्र	Centre of Gravity
गुरुत्वाकर्षण	Gravitation
गुरुत्वानुवर्तन	Geotropism
गुप्त ऊष्मा	Latent heat
गलन	Melting
ग्राही (अभिग्राही)	Receiver
गॉल्जी काय	Golgi body
गॉल्जी सम्मिश्र	Golgi complex
गुणांक	Coefficient
गुणसूत्र	Chromosomes

Reprint 2025-26

घ

घटक	Components
घटक	Constituents
घनाकार एपिथीलियम	Cuboidal epithelium
घर्णन	Rotate
घर्षण	Friction
घोषित शक्ति	Rated power
घातरोधी	Shock absorbing

च

चिकनी अंतर्द्रव्यीय जालिका	Smooth Endoplasmic Reticulum (SER)
चिकनी पेशी	Smooth muscles
चपटे कृमि	Flatworm
चाल	Speed
चक्रवात	Cyclone
चेचक	Smallpox
चिकनी मिट्टी	Clay soil
चालक	Conductor
चतुर्थांश	Quadrant
चट्टान	Cliff

ज

ज्वलन नली	Ignition tube
जाइलम	Xylem
जीवाणु	Bacteria
जैव विकास	Organic Evolution
जगत, किंगडम	Kingdom
जाति, स्पीशीज़	Species
ज्वार-भाटा	Tide
जुगत	Gadgets
जूँ	Lice
जलमंडल	Hydrosphere
जीवमंडल	Biosphere
जैविक कारक	Biotic component
जल-संचय	Water Harvesting
जैवविविधता	Biodiversity
जीव भूरासायनिक चक्रण	Biogeochemical cycle
जैव-उर्वरक	Biofertilizers
जैव-कीटनाशी	Biopesticides
जल-कृषि	Mariculture, Aquaculture
ज्योति तीव्रता	Luminous intensity
जड़त्व	Inertia
जठरवाही गुहा	Gastrovascular cavity
जीवक	Zooid
जीवाश्मी ईंधन	Fossil fuel
जीवजात	Biota
जैव आवर्धन	Biomagnification
जैवमात्रा	Biomass
जैव प्रौद्योगिकी	Biotechnology
जलधारण क्षमता	Water holding capacity
जल निकास	Drainage
जल तल	Water level
जलभीति	Hydrophobia
जलोद्भिद	Hydrophyte

झ

झिल्ली	Membrane

ट

ट्रैकिड्स	Tracheds
टीका	Vaccine
टीकाकरण	Vaccination
टिकाऊ कृषि	Sustainable agriculture

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

ड

डेंड्राइट — Dendrite

त

तन्य — Ductile
त्याग — Loss
तांत्रिका ऊतक — Nervous Tissue
त्वरण — Acceleration
त्वरित — Accelerated
तंत्रिका कोशिका — Nerve cell
तरल — Fluid
तानित — Stretched
तरंग — Wave
तंरगदैर्घ्य — Wave length
तीव्रता — intensity
तीव्र (प्रचंड) — Acute
तंत्रिकारज्जु — Nerve cord
तापीय अपघटन — Thermal decomposition
तप्तता की कोटि — Degree of hotness
तप्तता — Hotness
ताप — Temperature
तापीय साम्य — Thermal equilibrium

थ

थैली (पुटिका) — Bag

द

दृढ़ — Rigid
द्रव्य — Matter
द्रव्यमान — Mass
द्वि–आवेशित — Doubly charged
द्रव्यमान संख्या — Mass number
द्रव्य कुंचन — Plasmolysis
द्विबीज पत्री — Dicot
द्वपार्श्व सममिति — Bilateral symmetry
द्विकोरिक — Diploblastic
देहगुहा — Coelom
द्विनाम पद्धति — Binomial nomenclature
दूरी — Distance
दाब — Pressure
दैर्घ्यवृद्धि — Elongation
दीर्घवृत्त — Ellipse
दोलन — Oscillation
दीर्घकालिक — Chronic
दुधारू–पशु — Mulched animal
दुग्ध — Lactation period
देशी — Indigenous
दंशन कोशिकाएँ — Stinging cells
दोहन — Exploitation
दुर्दम — Malignant
दुग्धमापी — Lactometer
दुग्धस्रवण — Lactation
दुर्लभ — Rare
देशज — Indegenous
द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमिति — Mass spectrometry
द्रव्यमान केंद्र — Centre of mass
द्विधात्वीय पत्ती — Bimetallic strip
द्विविस्थापन अभिक्रियाएँ — Double displacement reactions
द्विपादिता — Bipedality
द्विगुणित — Diploid

ध

धनायन — Cation
धनावेशित — positively charged
धारा रेखीय — Streamlined

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

ध्वनि बूम	Sonic boom	निचय	Reserve
ध्वनि पट्ट	Sound board	निर्जलीकरण	Dehydration
ध्वनि निर्बंध	Persistance of sound	निर्वात	Vaccum
धूम-कोहरा	Smog	**प**	
धूमन	Fumigation	परिघटना	Phenomenon
धमनी-काठिन्य	Arterio-sclerosis	परित्याग करना	Expose
धातुक्रमीय	Metallurgical	पिघलना	Melting
ध्रुवीय हिमाच्छद	Polar ice caps	प्रतिदर्श	Model
		पृथक करने की कीप	Separating Funnel
	न	परिक्षिप्त	Dispersed
न्यूनतम	minimum	परिक्षेपण	dispersion
निष्कर्ष	Conclusion	प्रावस्था	Phase
निलंबन	Suspension	प्रभाजी आसवन	Fractional Distillation
निचोड़	Extract	प्रभाजी स्तम्भ	Fractionating column
निरीक्षण	Observe	पंखुड़ियाँ	Petals
नाभिकीय	Nuclear	प्रतिध्वनि उत्पन्न करने वाले	Sonorous
न्यूरॉन	Neuron	पादांक	Subscript
नील-हरित शैवाल	Blue-green Algae	परमाण्विक	Atomic
नाम पद्धति	Nomenclature	पदार्थ	Substance
नियत	Constant	प्रायोगिक तौर पर	Experimentally
नाभिक	Nucleus	परिकलन	Calculate
निकाय	System	पन्नी	Foil
निहाई	Anvil	प्रकीर्णन	Scattering
निलम्बित	Suspended	परमाणु संख्या	Atomic number
नाद् पट	Sound board	परमाणु द्रव्यमान	Atomic mass
नोदक	Propellar	प्रतीक	Symbol
नालतंत्र	Canal system	प्लाज़्मा झिल्ली	Plasma Membrane
नस्ल	Breed	परासरण नियम	Osmosis Law
नैदानिक	Diagnostic	पेशीय ऊतक	Muscular Tissue
नलकूप	Tubewell	पक्ष्माभी एपिथीलियम	Cilliary epithelium
निषेचन	Fertilisation	प्लैज़्मा	Plasma
निक्षेप	Deposit		
निमज्जन	Land submergence		
निम्नीकरण	Degradation		

© NCERT not to be republished

पदानुक्रम	Hierarchy	पराध्वनि (पराश्रव्य)	Ultra sound
पारस्परिक	Mutual	प्रेषित्र	Transmitter
परस्पर संबंधी	Mutually related	प्रेषण	Transmission
प्रकाश संश्लेषण	Photosynthesis	प्रतिध्वनिक परासन	Echo ranging
प्रवाल	Coral	पर्यावरण	Environment
प्रोटिस्ता	Protista	पेप्टिक व्रण	Peptic Ulcer
पादपजगत, प्लांटी	Plantae	पीलिया	Jaundice
प्राणिजगत ऐनिमेलिया	Animalia	प्रतिजैविक	Antibiotic
प्रोकैरियोटिक	Prokaryotic	प्रभाजी आसवन	Fractional distillation
पर्णहरित, क्लोरोफिल	Chlorophyll		
पर	Feotheros	प्रतिरक्षीकरण	Immunisation
पंख	Wings	प्रवाहिका	Diarrhoea
परिमाण	Magnitude	पेशी–कंकाल	Musculoskeletal
परिक्रमण	Revolve	पीड़कनाशी	Pesticides
पृष्ठ	Surface	प्रकाशसंश्लेषण	Photosynthesis
प्रतिक्षेप	Recoil	प्रतिध्वनि गभीरतामापी	Echo-sounder
प्रणोद	Thrust	पशुधन	Livestock
पेशीय कोशिका	Mascular cell	परिपक्वन काल	Maturity duration
पादप ऊतक	Plant Tissue	प्रग्रहित क्षेत्र	Catchment area
पार्श्व विभज्योतक	Lateral meristem	पशु पालन	Animal husbandary
प्रकाश संश्लेषण	Photosynthesis	पर्ण वृंत	Petiole
पैरेंकाइमा	Parenchyma	पख	Fin
पेक्टिन	Pectin	परास	Range
पार्थिव	Terrestrial	परवलय	Parabola
प्लवन	Floatation	पक्षाघात	Paralysis
प्रणोद	Thrust	पंचांगुलि	Pentadactylus
परिरुद्ध	Confined	परिरक्षण	Preservation
परिशुद्ध	Precise	परिशुद्ध	Exact
प्रतीक	Symbol	परिवर्ती, चर	Variable
पाल नाव	Sail boat	परम (निरपेक्ष)	Absolute
प्रबलता	Loudness	परिष्करणशालाएँ	Refineries
पराध्वनिक	Supersonic	परिक्षेपण माध्यम	Dispersion medium
प्रघाती तरंगें	Shock waves	परिक्षिप्त प्रावस्था	Dispersed phase
प्रतिध्वनि	Echo		

Reprint 2025-26

परिशोधन	Purification
पीढ़ी एकांतरण	Alternation of generation
पीली कटेरी	Argemone
परभक्षी	Predator
परभोक्ता	Consumers
परजीवी	Parasites
पर्यावरण–अनुकूल	Ecofriendly
पादप प्रजनन	Plant breeding
पद्धति (प्रणाली)	System
पार्श्वीय संपीडित	Laterally compressed
पशुमहामारी	Rinderpest
पोषण–चक्रण	Nutrient cycling
पुर:स्थापन	Introduction
पुरातत्ववेत्ता	Archaeologists
पेशीय वेदना	Muscular pain
पूर्वलग्न	Prefix
प्लावमान गैस टंकी	Floating cylinder gas
प्याली	Crucible
प्रक्रमण	Processing
प्राणिजात	Fauna
प्रक्षेप्य	Projectile
प्रकीर्णन	Dissemination
प्रमोचित	Launched
प्रतिदर्श, नमूना	Sample
प्ररोह	Shoot
प्रस्फोट	Burst
प्रक्रम	Process
प्रचंड	Violent
प्रागैतिहासिक	Pre-historic

फ

फिसलना	Slip
फैलना	Scatter
फैनेरोगेम	Phenerogems
फ्लोएम	Phloem
फीता, पट्टा	Strap
फेफड़ा	Lung
फसल किस्मों में सुधार	Varietal improvement
फसल चक्र	Crop rotation
फसली सूचकांक	Cropping index
फफूँद (कवक)	Fungi
फलीदार फसलें	Legumes

ब

बनावट	Texture
बहुपरमाणुक	Poly-atomic
बहुकोशिकीय जीव	Multicellular animal
बहुकोशिक	Multicellular
बीजपत्र	Seed coat
बहि:कंकाल	Exoskeleton
बल	Force
बोलचाल	Parlance
बीमारी (रोग)	Disease
बाधित आराम	Dis-ease
बहुकोशिक	Multicellular
बाह्य कंकाल	Dyoskeletan
बदरंग	Decolouration
बहुतंत्रिकाशोथ	Polyneuritis
बहुलित प्रतिध्वनि	Multiple echo
बहुलकीकरण	Polymerisation
बाह्य उपचार	Prophylactic treatment
बाह्य दहन इंजन	External combustion engine

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

बागवानी-चारा प्रणाली	Horti-pastoral system

भ

भिन्नात्मक	Fractional
भ्रूण	Embryo
भ्रूणपोष	Endosperm
भार	Weight
भूसा	Hay
भूकंप	Earthquake
भंडार-गृह	Ware houses
भंजक आसवन	Destructive distillation
भंजन	Cracking
भारवाही	Draft
भूकंपी तरंग	Seismic waves
भौतिक संरचना	Physical structure
भौम जल	Ground water

म

मध्यवर्तीय	Intermediate
मापक सिलिंडर	Measuring cylinder
मेरुरज्जु	Spinal cord
मटमैला जल	Muddy water
मत	Doctrine
मापना	Determine
मूल टोप	Root cap
मूलभूत संरचनात्मक इकाई	Basic structural unit
मूलभूत कार्यात्मक इकाई	Basic functional unit
मौलिक	Fundamental
मोनेरा	Monera
मृतजीवी	Saprophyte
मूसला जड़	Taproot
मेरुदंड	Vertebral column
माइक्रोस्कोप	Microscope
मुक्त पतन	Free Fall
मुदरक	Hammar
मुँहासे	Acne
मंगल	Mars
मत्स्य-उत्पादन	Fisheries
मधुमक्खी पालन	Bee keeping
मिश्रित खेती	Mixed Cropping
मधु-वाटिका	Apiary
मधु-निष्कर्षक	Honey extractor
मत्स्य डिम्भ	Fish Seed
मछली पालन	Fish farming
मछली-संवर्धन	Culture-fishery
मरूद्भिद	Xerophytes
मखनिया दूध	Skimmed milk
मंदन	Retardation
मरमर श्रावी गैलरी	Whispering gallery
मापिकी (माप विज्ञान)	Meterology
मापन	Measurement
मानक	Standard
मीन पख	Flippers
मांसलोद्भिद/गूदेदार	Succulent
माहू	Aphids
मानसिक आध:पतन	Dementia memory disorder
मचली	Nausea
मुख दाह	Sore mouth
मुक्तप्लावी	Free swimming
मुक्तजीवी	Free living
मूल बिन्दु	Reference point
मूलानुपाती सूत्र	Empirical formula

य

यौगिक	Compound
युग्म	Pair
यकृत	Liver

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

यूकैरियोटिक	Eukoryotic
युक्ति	Device
यांत्रिक	Mechanical
याम्योत्तर	Meridian
युग्मतारे	Double star
यूथचर	Gregarious

र

रिक्त स्थान	Space
रंजक	Dye
रासायनिक सूत्र	Chemical formula
रचनात्मक	Constructive
रक्तवाहिनी	Blood vessel
रेखित पेशी	Skeletal muscles
रेशेदार जड़	Fibrous root
रबड़ की नली	Hose
रक्त	Blood
रोगमुक्त	Disease Free
रक्तचाप	Blood Pressure
रोगी	Sick
रोग जनक	Pathogenes
रूक्षांस	Roughage
रूक्ष	Rough
रेखीय प्रसार गुणांक	Coefficient of linear expansion
रोगाणुनाशन	Disinfection
रोगवाहक	Disease vector
रतौंधी	Night blindness
रतुआ	Rust
रन्ध्र	Stomata
रसधानी	Vacuole

ल

लवक	Plastid
लिग्निन	Lignin
लोलक	Pendulum
लक्षण	Symptoms

व

वर्णरेखा	Streak
वैद्युत रासायनिक	Electrochemical
विभाज्य	Divisible
विभाज्योतक	Meristem
विक्षेपित	Deflected
विविक्त	Discrete
बाह्यतम	Outermost
विन्यास	Configuration
वरणात्मक पारगम्य झिल्ली	Selective permeable membrane
वाहिका	Vessels
वृक्क	Kidney
वसामय ऊतक	Adipose Tissue
विविधता	Diversity
वर्गीकरण	Classification
व्यवहार	Behaviour
वर्ग, क्लास	Class
वंश, जीनस	Genus
विषमपोषी	Heterotroph
विभेदित	Differentiated
वृत्ताकार	Circular
विस्थापन	Displacement
वेग	Velocity
विलुप्त करना	Eliminate
व्युत्पन्न	Derive
विषवुत वृत	Equator
विमा	Dimension
व्यंजक	Expression
विन्यास	Configuration
विक्षोभ	Disturbance
वायुरुद्ध	Air tight

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

विरलन	Rarefaction
वलयक	Stirrup
विनाशकारी	Disasterous
वायुजनित	Airborne
वायुमंडल	Atmosphere
विकिरण	Radiation
वाष्पीकरण	Evaporation
वर्ण लवक	Chromoplast
वाष्प दाब	Vapour pressure
वाष्पन	Vaporisation, Evaporation
वर्धन काल	Growing period
व्युत्क्रमन	Inversion
व्युत्क्रमित	Inverted
वृक्षवासी	Arboreal
वृत्तीय गति	Circular motion
वृहतधानी	Large vacuole
वर्गिकी	Taxonomy
वाताशय	Swim bladder
वनोन्मूलन	Deforestation
वनस्पतिजात	Flora
वैश्विक ऊष्णता	Global Warming
वृहत-पोषक	Macro-nutrients
वर्मी-कम्पोस्ट	Vermi-compost
विदेशी नस्ल	Exotic breed
वियोजित	Resolved
विखंडन	Fission
विक्षेपण	Deflection
विशिष्ट ऊष्मा धारिता	Specific heat capacity
विनिर्दिष्ट	Specified
विद्युत अपघटन	Electrolysis
विद्युत चुंबकीय तरंगें	Electromagnetic waves
विकर्ण	Diagonal
विनिमय	Exchange
विस्कासिता	Viscosity
विसकासी	Viscous
विस्मयकारी लक्षण	Striking feature
विदेशज	Exotic
विवृत खनन	Opencast mining
विलयन	Solution
विलयित	Dissolved
विलुप्त	Extinct
विलेय	Solute

श

शांत	Undisturb
शल्की एपिथीलियम	Squamous epithelium
शैवाल	Algae
शल्क	Scale
श्वसन	Respiration
शंक्वाकार	Conical
श्लीपद (फीलपाँव), हाथीपाँव	Elephantiasis
शुक्र	Venus
शाक-नाशी	Herbicides
शिरोवक्ष	Cephalothorax
शीर्ष बेधक	Top borer
शीतचरण	Cold stage
शुष्क क्षेत्र	Arid zone

स

स्खलन करना	Slide
समष्टि	Bulk
संगलन	Fusion
सामग्री	Material
संपीडन	Compression
संगलन	Melting

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

संयोजकता	Valency
संयोजन अभिक्रियाएँ	Combination reactions
संक्रमण	Infection
संवहन तंत्र	Vascular system
संवहन गर्भस्राव	Brucellosis
संचरणीय (संक्रामक) रोग	Communicable disesase
संतृप्त क्षेत्र	Zone of saturation
संतृप्त विलयन	Saturated solution
संतति कोशिकाएँ	Daughter cells
समीकरण का संतुलन	Balance of equation
समोदभिद्	Mesophyte
सर्पी घर्षण	Sliding friction
सरल आवर्ती	Harmonic
सदिश	Vectors
सार्वत्रिक	Universal
समांगी	Homogeneous
समस्थानिक	Isotopes
समसूत्री विभाजन	Mitosis
स्पंद	Pulse
स्पंदन	Pulsation
स्थानबद्ध	Sessile
स्थूल पोषक तत्व	Macro-nutrients
स्थलमंडल	Lithosphere
स्नेहक	Lubricants
सिंचित मैदान	Basin
साम्यावस्था	Equilibrium
सामिष	Non-vegetarion
सामिधातु	Semi metal
सार्वत्रिक विलायक	Universal solvent
समुद्र तल	Seabed
ससीमकेन्द्रक	Eukaryotes
स्वच्छता	Hygiene
स्वेदन चरण	Sweating stage
स्वेदन	Sweating
सर्वभक्षी	Omnivores
सुभेद्य	Vulnerable
स्फुरदीप्ति	Phosphorescence
सतत् प्रावस्था	Continuous phase
स्नायुविकार	Nervous disorder
स्नेहक तेल	Lubricating oil
सूक्ष्म पोषक तत्व	Micro-nutrients
सगर्भता	Pregnancy
संकल्पना	Concept
सापेक्ष (आपेक्षिक) परमाणु द्रव्यमान	Relative atomic mass
संघटन	Constitution
स्थापित	Establish
संरक्षण	Conservation
स्थिर–विद्युत	Static-electricity
संरचना	Structure
सक्रिय	Reactive
संयोजन–शक्ति	Combining capacity
संयोजकता	Valency
साझेदारी	Sharing
स्थानान्तरण	Transfer
समस्थानिक	Isotopes
समभारिक	Isobars
समपरासारी दाबी घोल	Iso-osmotic pressure solution
संतति	Generation
स्टोमेटा	Stomata
साइटोप्लाज़्म	Cytoplasm
स्तरित	Stratified
स्नायु	Ligament
संयोजी ऊतक	Connective tissue
स्तंभाकार एपिथीलियम	Columner epithelium
साइटोप्लाज़्म	Cytoplasm

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

स्तरित	Stratified
सूक्ष्मदर्शी	Microscope
समुदाय	Community
संघ, फाइलम	Phylum
स्वपोषी	Autotroph
सहजीवी	Symbiotic
संवहन	Conduction
समतापी	Warm blooded
स्वेद	Sweat
स्तनधारी, मेमेलिया	Mammalia
संकेत	Symbol
सांकेतिक	Reference
संकेत पटल	Sign Board
संलग्न	Enclose
समलंब	Trapezium
संवेग	Momentum
संरक्षण	Conservation
संघट्टन	Collision
स्थायी ऊतक	Permanent Tissue
स्कलेरेंकाइमा	Sclarenchyma
संवहन बंडल	Vascular Bundle
सैफ्रैनीन	Safrannin
सार्वत्रिक	Universal
स्पर्श रेखा	Tangent
सिद्धांतवादी	Theorist
संश्लेषण	Synthesis
स्थिर, नियत	Constant
संकल्पना, धारणा	Concept
स्रोत	Source
स्थितिज ऊर्जा	Potential energy
सत्ता	Entity
संरक्षण	Conservation
स्वरित्र द्विभुज	Tuning fork
स्वर	Note

संपीडन	Compression
संचरण	Propagation
संसूचक	Detector
समय अंतराल	Time interval
स्पंद	Pulse
संवेदी	Sensitive
स्वास्थ्य	Health
संक्रामक	Infectious
समुदाय	Community
सूक्ष्मजीवी	Micro-organism
संचरणीय रोग	Communicable disease
स्वास्थ्य विज्ञान	Hygiene
सूक्ष्मदर्शीय	Microscopic
संपदा	Resources
स्थल मंडल	Lithosphere
संवहन	Convection
संघनन	Condensation
स्थलीय	Terrestrial
संपूषणीय	Sustainability
स्थिरीकरण	Fixation
संकरण	Hybridisation
सूक्ष्म-पोषक	Micro-nutrients
सांद्र	Concentrate
सिक्के मुद्राप्रणाली	Coinage system
स्थिर गुम्बदी	Fixed dome
सैलखड़ी	Soapstone
संक्षारण	Corrosion
संकर नस्ल	Cross breed
संकर	Hybrid
संकुलित	Packed
संविरचन	Fabrication
संरेखित	Alligned

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

संक्रमण	Transition
संतृप्त वाष्प	Saturated vapour
सीमान्त घर्षण	Limiting friction
संकुलन	Congestion
संकेंद्रित	Concentrates
संकटापन्न	Endangered
संश्लिष्ट तंतु	Synthetic fibre
संदूषित	Contaminated
संदूषण	Contamination, spoilage

ह

हृद पेशी	Heart muscles
हिम शैल	Iceberg
हृदय	Heart
हरी-खाद	Green manure
हिमनद	Glaciers
हिमखंड	Iceberg
हिमांक	Freezing point
हरित क्रांति	Green revolution
हरित लवक	Chloroplast
हीनताजन्य रोग	Deficiency disease

ऋ

ऋणायन	Anion

श्र

श्रमविभाजन	Division of Labour
शृंग	Crest
श्रव्यता का परिसर	Range of hearing
श्रवण नलिका	Auditory canal
श्रेणीकरण	Gradation

क्ष

क्षय रोग	Tuberculosis
क्षय योग्य	Exhaustible
क्षैतिज	Horizontal column

त्र

त्रिंक	Triads
त्रिक बिंदु	Triple point
त्रिकोरकी	Triploblastic
त्रिविमीय व्यवस्था	Spatial arrangement

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

टिप्पणी

© NCERT not to be republished

0965CH01

अध्याय 1

हमारे आस-पास के पदार्थ
(Matter in Our Surroundings)

अपने चारों ओर नज़र दौड़ाने पर हमें विभिन्न प्रकार की वस्तुएँ नज़र आती हैं, जिनका आकार, आकृति और बनावट अलग-अलग होता है। इस विश्व में प्रत्येक वस्तु जिस सामग्री से बनी होती है उसे वैज्ञानिकों ने 'पदार्थ' का नाम दिया। जिस हवा में हम श्वास लेते हैं, जो भोजन हम खाते हैं, पत्थर, बादल, तारे, पौधे एवं पशु, यहाँ तक कि पानी की एक बूँद या रेत का एक कण, ये सभी पदार्थ हैं। ध्यान देने योग्य बात यह भी है कि ऊपर लिखी सभी वस्तुओं का द्रव्यमान होता है और ये कुछ स्थान (आयतन*) घेरती हैं।

प्राचीन काल से ही मनुष्य अपने आस-पास को समझने का प्रयास करता रहा है। भारत के प्राचीन दार्शनिकों ने पदार्थ को पाँच मूल तत्वों में वर्गीकृत किया, जिसे 'पंचतत्व' कहा गया। ये पंचतत्व हैं: वायु, पृथ्वी, अग्नि, जल और आकाश। उनके अनुसार, इन्हीं पंचतत्वों से सभी वस्तुएँ बनी हैं, चाहे वो सजीव हों, या निर्जीव। उस समय के यूनानी दार्शनिकों ने भी पदार्थ को इसी प्रकार वर्गीकृत किया है।

आधुनिक वैज्ञानिकों ने पदार्थ को भौतिक गुणधर्म एवं रासायनिक प्रकृति के आधार पर दो प्रकार से वर्गीकृत किया है।

इस अध्याय में हम भौतिक गुणों के आधार पर पदार्थ के बारे में ज्ञान अर्जित करेंगे। पदार्थ के रासायनिक पहलुओं को आगे के अध्यायों में पढ़ेंगे।

1.1 पदार्थ का भौतिक स्वरूप

1.1.1 पदार्थ कणों से मिलकर बना होता है

बहुत समय तक पदार्थ की प्रकृति के बारे में दो विचारधाराएँ प्रचलित थीं। एक विचारधारा का यह मानना था कि पदार्थ लकड़ी के टुकड़े की तरह सतत होते हैं। परंतु अन्य विचारधारा का मानना था कि पदार्थ रेत की तरह के कणों से मिलकर बने हैं। आइए एक क्रियाकलाप के द्वारा पदार्थ के स्वरूप के बारे में ये निर्णय करते हैं कि ये सतत हैं या कणों से बने हैं?

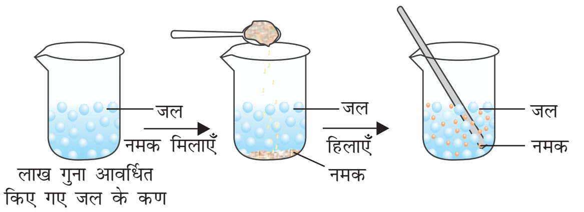
क्रियाकलाप 1.1

- एक 100 mL का बीकर लें। इस बीकर को जल से आधा भरकर जल के स्तर पर निशान लगा दें।
- दिए गए नमक या शर्करा को काँच की छड़ की मदद से जल में घोल दें।
- जल के स्तर में आए बदलाव पर ध्यान दें।
- आपके अनुसार, नमक या शर्करा का क्या हुआ?
- ये कहाँ गायब हो गए?
- क्या जल के स्तर में कोई बदलाव आया?

इन प्रश्नों के उत्तर पाने के लिए हमें इस विचार को स्वीकारना होगा कि सभी पदार्थ कणों से बने होते हैं। उपरोक्त क्रियाकलाप में चम्मच में रखी गई नमक या शर्करा अब पूरे पानी में घुल गई है। जैसा कि चित्र 1.1 में दर्शाया गया है।

© NCERT not to be republished

* अंतर्राष्ट्रीय मात्रक पद्धति के अनुसार आयतन का मात्रक (1) घन मीटर (m^3) है। आयतन मापने का साधारण मात्रक लीटर (L) है। $1 L = 1 dm^3$, $1 L = 1000 mL$, $1 m = 10^3 cm^3$।

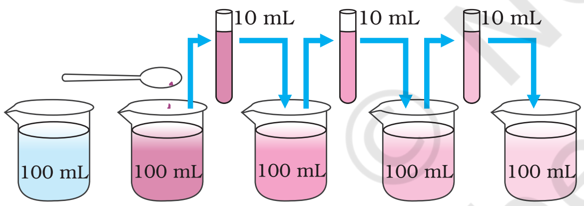


चित्र 1.1: *जब हम जल में नमक घोलते हैं, तो नमक के कण जल के कणों के बीच के रिक्त स्थानों में समावेशित हो जाते हैं।*

1.1.2 पदार्थ के ये कण कितने छोटे हैं?

क्रियाकलाप 1.2

- पोटैशियम परमैंगनेट के दो या तीन क्रिस्टल को 100 mL पानी में घोल लें।
- इस घोल में से लगभग 10 mL घोल निकालकर उसे 90 mL जल में मिला दें।
- फिर इस उपरोक्त घोल में से 10 mL निकालकर उसे भी 90 mL जल में मिला दें।
- इसी प्रकार इस घोल को 5 से 8 बार तक तनुकृत करते रहें।
- क्या जल अब भी रंगीन है?



चित्र 1.2: *अनुमान लगाइए कि पदार्थ के कण कितने छोटे हैं? प्रत्येक बार तनुकृत करने पर घोल का रंग हलका होता जाता है, फिर भी पानी रंगीन नज़र आता है।*

यह प्रयोग दर्शाता है कि पोटैशियम परमैंगनेट के बहुत थोड़े से क्रिस्टलों से पानी की बहुत अधिक मात्रा (1000 L) भी रंगीन हो जाती है। इससे हम ये निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि पोटैशियम परमैंगनेट के केवल एक क्रिस्टल में कई सूक्ष्म कण होंगे। ये कण छोटे-छोटे कणों में विभाजित होते रहते हैं। अन्ततः एक स्थिति में ये कण और छोटे भागों में विभाजित नहीं किये जा सकते हैं।

पोटैशियम परमैंगनेट की जगह 2 mL डेटॉल से भी हम ये क्रियाकलाप कर सकते हैं। लगातार तनुकृत होने पर भी उसकी महक हमें मिलती रहती है।

> पदार्थ के कण बहुत छोटे होते हैं — इतने छोटे कि हम कल्पना भी नहीं कर सकते।

1.2 पदार्थ के कणों के अभिलाक्षणिक गुण

1.2.1 पदार्थ के कणों के बीच रिक्त स्थान होता है

क्रियाकलाप 1.1 और 1.2 में नमक, शर्करा, डेटॉल या पोटैशियम परमैंगनेट के कण समान रूप से पानी में वितरित हो गए। इसी प्रकार, जब हम चाय, कॉफ़ी या नींबू-पानी बनाते हैं, तो एक पदार्थ के कण दूसरे पदार्थ के कणों के रिक्त स्थानों में समावेशित हो जाते हैं। यह दर्शाता है, कि पदार्थ के कणों के बीच पर्याप्त रिक्त स्थान होता है।

1.2.2 पदार्थ के कण निरंतर गतिशील होते हैं

क्रियाकलाप 1.3

- अपनी कक्षा के किसी कोने में एक बुझी हुई अगरबत्ती रख दें। इसकी सुगंध लेने के लिए आपको इसके कितने समीप जाना पड़ता है?
- अब अगरबत्ती जला दें। क्या होता है? क्या दूर से ही इसकी सुगंध अपको मिलती है?
- अपने प्रेक्षण को नोट करें।

क्रियाकलाप 1.4

- जल से भरे दो गिलास या दो बीकर लें।
- पहले बीकर के एक सिरे पर सावधानी से एक बूँद लाल या नीली स्याही डाल दें और दूसरे में शहद डाल दें।
- इनको अपने घर में या कक्षा के एक कोने में रख दें।
- अपने प्रेक्षण को नोट करें।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- स्याही की बूँद डालने के तुरंत बाद आपने क्या देखा?
- शहद की बूँद डालने के तुरंत बाद आपने क्या देखा?
- स्याही का रंग पूरे जल में एकसमान रूप से फैलने में कितने दिन या घंटे लगते हैं?

क्रियाकलाप *1.5*

- एक गिलास गर्म पानी से और दूसरा ठंडे पानी से भरे गिलास में कॉपर सल्फ़ेट या पोटैशियम परमैंगनेट का एक क्रिस्टल डालें और एक ओर रख दें। हिलाएँ नहीं।
- क्रिस्टल को सतह पर बैठने दें।
- गिलास में ठोस क्रिस्टल के ठीक ऊपर क्या दिखाई देता है?
- समय बीतने पर क्या होता है?
- इससे ठोस और द्रव के कणों के बारे में क्या पता चलता है?
- क्या तापमान के साथ मिश्रित होने की दर बदलती है? क्यों और कैसे?

उपरोक्त तीनों क्रियाकलापों (1.3, 1.4 और 1.5) से हम निम्नलिखित निष्कर्ष निकाल सकते हैं:

पदार्थ के कण निरंतर गतिशील होते हैं, अर्थात, उनमें गतिज ऊर्जा होती है। तापमान बढ़ने से कणों की गति तेज़ हो जाती है। इसलिए हम कह सकते हैं कि तापमान बढ़ने से कणों की गतिज ऊर्जा भी बढ़ जाती है।

उपरोक्त तीनों क्रियाकलापों में हमने देखा कि पदार्थ के कण अपने आप ही एक-दूसरे के साथ अंत:मिश्रित हो जाते हैं। ऐसा कणों के रिक्त स्थानों में समावेश के कारण होता है। दो विभिन्न पदार्थों के कणों का स्वत: मिलना ही विसरण कहलाता है। हमें यह भी पता चलता है कि गर्म करने पर विसरण तेज़ हो जाता है। ऐसा क्यों होता है?

1.2.3 पदार्थ के कण एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं

क्रियाकलाप *1.6*

- इस खेल को एक मैदान में खेलें। आगे बताए गए ढंग से चार समूह बनाकर मानव-शृंखला बनाएँ:
- पहला समूह 'ईद्-मिश्मी नर्तकों' की तरह एक-दूसरे को पीछे से कसकर पकड़ ले।

चित्र 1.3

- दूसरा समूह एक-दूसरे का हाथ पकड़कर मानव शृंखला बना ले।
- तीसरा समूह केवल उंगली के सिरे से छूकर एक शृंखला बना ले।
- अब चौथा समूह उपरोक्त वर्णित तीनों मानव शृंखलाओं को तोड़कर छोटे समूहों में बाँटने का प्रयास करे।
- किस समूह को तोड़ना आसान था? और क्यों?
- यदि हम प्रत्येक विद्यार्थी को पदार्थ का एक कण मानें, तो किस समूह में कणों ने एक-दूसरे को सबसे अधिक बल से पकड़ रखा था?

क्रियाकलाप *1.7*

- एक लोहे की कील, एक चॉक का टुकड़ा और एक रबर बैंड लें।
- इन पर हथौड़ा मार कर, काट कर, या खींचकर उसे भंगुर करने का प्रयास करें।
- इन तीनों में से किसके कण अधिक बल से एक-दूसरे से जुड़े हैं?

Reprint 2025-26

क्रियाकलाप ______ 1.8

- एक थाली में जल लेकर उसे उंगली से काटने का प्रयास करें।
- क्या जल की सतह कटती है?
- जल की सतह न कटने का क्या कारण है?

उपरोक्त तीनों क्रियाकलाप सुझाते हैं कि पदार्थ के कणों के बीच एक बल कार्य करता है। यह बल कणों को एक साथ रखता है। इस आकर्षण बल का सामर्थ्य प्रत्येक पदार्थ में अलग-अलग होता है।

प्रश्न

1. *निम्नलिखित में से कौन-से पदार्थ हैं - कुर्सी, वायु, स्नेह, गंध, घृणा, बादाम, विचार, शीत, नींबू पानी, इत्र की सुगंध।*
2. *निम्नलिखित प्रेक्षण के कारण बताएँ - गर्म-गरम खाने की गंध कई मीटर दूर से ही आपके पास पहुँच जाती है लेकिन ठंडे खाने की महक लेने के लिए आपको उसके पास जाना पड़ता है।*
3. *स्वीमिंग पूल में गोताखोर पानी काट पाता है। इससे पदार्थ का कौन-सा गुण प्रेक्षित होता है?*
4. *पदार्थ के कणों की क्या विशेषताएँ होती हैं?*

1.3 पदार्थ की अवस्थाएँ

अपने आस-पास के पदार्थों को ध्यान से देखें। ये कितने प्रकार के हैं? हम पाते हैं कि पदार्थ अपने तीन रूप में होते हैं — ठोस, द्रव और गैस। पदार्थ की ये अवस्थाएँ उसके कणों की विभिन्न विशेषताओं के कारण होती हैं।

अब हम पदार्थ की तीनों अवस्थाओं के गुणों का विस्तार से अध्ययन करेंगे।

1.3.1 ठोस अवस्था

क्रियाकलाप ______ 1.9

- निम्नलिखित वस्तुओं को एकत्रित करें - पेन, किताब, सूई और लकड़ी की छड़।
- इन वस्तुओं के चारों ओर पेंसिल घुमाकर इनके आकार का रेखाचित्र बनाएँ।
- क्या इन सभी का निश्चित आकार, स्पष्ट सीमाएँ तथा स्थिर आयतन है?
- इन पर हथौड़ा मारने, खींचने या गिराने से क्या होता है?
- क्या इनका एक-दूसरे में विसरण संभव है?
- बल लगाकर इनको संपीडित करने का प्रयास करें। क्या इनका संपीडन होता है?

उपरोक्त सभी उदाहरण ठोस के हैं। हम देख सकते हैं कि इन सभी का एक निश्चित आकार, स्पष्ट सीमाएँ तथा स्थिर आयतन यानी नगण्य संपीड्यता होती है। बाह्य बल लगाने पर भी ठोस अपने आकार को बनाए रखते हैं। बल लगाने पर ठोस टूट सकते हैं लेकिन इनका आकार नहीं बदलता। इसलिए ये दृढ़ होते हैं।

निम्नलिखित पर विचार कीजिए:

(a) रबर बैंड को क्या माना जाएगा। क्या खींचकर इसका आकार बदला जा सकता है? क्या ये ठोस है?

(b) विभिन्न आकार के बर्तनों में रखने पर चीनी और नमक उन्हीं बर्तनों के आकार ले लेते हैं। क्या ये ठोस हैं?

(c) स्पंज क्या है? यह ठोस है लेकिन फिर भी इसका संपीडन संभव है। क्यों?

ये सभी ठोस ही हैं क्योंकि-

- बाह्य बल लगाए जाने पर रबर बैंड का आकार बदलता है और बल हटा लेने पर यह पुनः अपने मूल आकार में आ जाता है। अत्यधिक बल लगाने पर यह टूट जाता है।
- चाहे हम शर्करा या नमक को अपने हाथ में लें, या किसी प्लेट या ज़ार में रखें, इनके क्रिस्टलों के आकार नहीं बदलते हैं।
- स्पंज में बहुत छोटे छिद्र होते हैं, जिनमें वायु का समावेश होता है। जब हम इसे दबाते हैं तो वे वायु बाहर निकलती है, जिससे इसका संपीडन संभव होता है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

1.3.2 द्रव अवस्था

क्रियाकलाप 1.10

- निम्नलिखित वस्तुओं को एकत्रित करें-
  - (a) जल, खाना पकाने का तेल, दूध, जूस, शीतल पेय।
  - (b) विभिन्न आकार के बर्तन। प्रयोगशाला के एक मापक सिलिंडर की सहायता से इन बर्तनों में 50 mL पर निशान लगा लें।
- इन द्रवों को फ़र्श पर डाल देने पर क्या होगा?
- किसी एक द्रव का 50 mL मापकर विभिन्न बर्तनों में क्रमश: एक-एक करके डालें। क्या प्रत्येक बार आयतन एकसमान रहता है?
- क्या द्रव का आकार एकसमान रहता है?
- द्रव को एक बर्तन से दूसरे बर्तन में उड़ेलने पर क्या यह आसानी से बहता है?

प्रेक्षण से हम पाते हैं कि द्रव का आकार नहीं लेकिन आयतन निश्चित होता है। जिस बर्तन में इन्हें रखा जाए तो ये उसी का आकार ले लेते हैं। द्रवों में बहाव होता है और इनका आकार बदलता है, इसीलिए ये दृढ़ नहीं लेकिन तरल होते हैं।

क्रियाकलाप 1.4 और 1.5 के संदर्भ में हमने देखा कि ठोस और द्रव का विसरण द्रवों में संभव है। वातावरण की गैसें विसरित होकर जल में घुल जाती हैं। ये गैसें, विशेषत: ऑक्सीजन एवं कार्बन डाइऑक्साइड जलीय जंतुओं तथा पौधों के लिए अनिवार्य होती हैं।

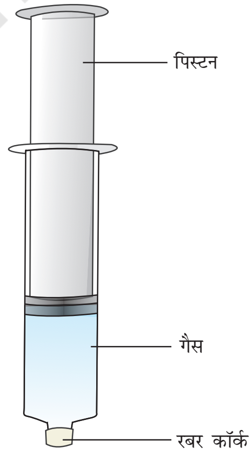
सभी जीवधारी अपने जीवन निर्वाह के लिए श्वास लेते हैं। जलीय जंतु जल में घुली ऑक्सीजन के कारण श्वास लेते हैं। इस तरह से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि द्रव में ठोस, द्रव और गैस तीनों का विसरण संभव है। ठोसों की अपेक्षा द्रवों में विसरण की दर अधिक होती है। ऐसा इसलिए है क्योंकि द्रव अवस्था में पदार्थ के कण स्वतंत्र रूप से गति करते हैं और ठोस की अपेक्षा द्रव के कणों में रिक्त स्थान भी अधिक होता है।

1.3.3 गैसीय अवस्था

आपने कभी उस गुब्बारेवाले पर ध्यान दिया है, जो गैस के एक ही सिलिंडर से बहुत सारे गुब्बारों में हवा भरता है? उससे पता लगाएँ कि एक सिलिंडर से वह कितने गुब्बारे भरता है? उससे पूछिए कि सिलिंडर में कौन-सी गैस है?

क्रियाकलाप 1.11

- 100 mL की तीन सिरिंज लें और उनके सिरे को रबर के कॉर्क से बंद कर दें, जैसा चित्र 1.4 में दिखाया गया है।
- सभी सिरिंजों के पिस्टन को हटा लें।
- पहली सिरिंज में हवा रहने दें, दूसरी में जल और तीसरी में चॉक के टुकड़े भर दें।
- पिस्टन को वापस सिरिंज में लगाएँ। सिरिंज के पिस्टन की गतिशीलता आसान करने के लिए उस पर थोड़ी वैसलीन लगा दें।
- अब पिस्टन को सिरिंज में डालकर संपीडित करने की कोशिश करें।



चित्र 1.4

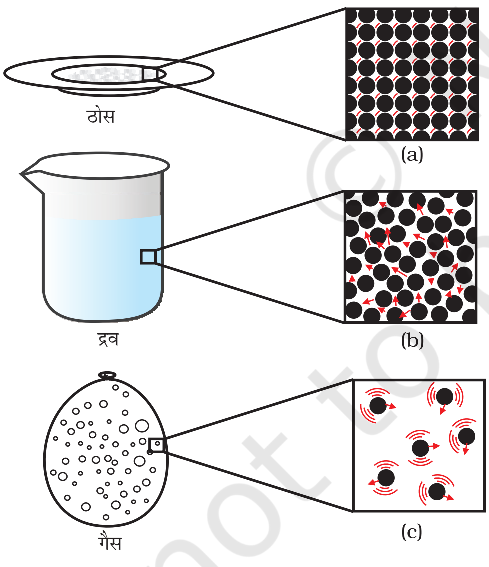
- आपने क्या देखा? किस स्थिति में पिस्टन आसानी से अंदर चला गया?
- अपने प्रेक्षण से आपने क्या अनुमान लगाया?

हमने देखा कि ठोसों एवं द्रवों की तुलना में गैसों की संपीड्यता (compression) काफ़ी अधिक होती है। हमारे घरों में खाना बनाने में उपयोग की जाने

Reprint 2025-26

वाली द्रवीकृत पेट्रोलियम गैस (LPG) या अस्पतालों में दिए जाने वाले ऑक्सीजन सिलिंडर में संपीडित गैस होती है। आजकल वाहनों में ईंधन के रूप में संपीडित प्राकृतिक गैस (CNG) का उपयोग होता हैं। संपीड्यता काफ़ी अधिक होने के कारण गैस के अत्यधिक आयतन को एक कम आयतन वाले सिलिंडर में संपीडित किया जा सकता है एवं आसानी से एक स्थान से दूसरे स्थान तक भेजा जा सकता है।

हमारी नाक तक पहुँचने वाली गंध से बिना रसोई में प्रवेश किए ही हम जान सकते हैं कि क्या पकाया जा रहा है? ये गंध हम तक कैसे पहुँचती है? खाने की गंध के कण वायु में मिल जाते हैं और रसोई से फैलकर हम तक पहुँच जाते हैं। यह गंध के कण और दूर भी जा सकते हैं। पके हुए गर्म खाने की महक हमारे पास तक कुछ ही क्षणों में पहुँच जाती है, इसकी तुलना ठोस एवं द्रवों के विसरण से करें। कणों की तेज़ गति और अत्यधिक रिक्त स्थानों के कारण गैसों का अन्य गैसों में विसरण बहुत तीव्रता से होता है।



चित्र 1.5: a, b तथा c पदार्थ की तीनों अवस्थाओं के कणों का योजनाबद्ध आवर्धित चित्रण है। तीनों अवस्थाओं में कणों की गति को देखा जा सकता है और उनकी तुलना की जा सकती है।

गैसीय अवस्था में कणों की गति अनियमित और अत्यधिक तीव्र होती है। इस अनियमित गति के कारण ये कण आपस में एवं बर्तन की दीवारों से टकराते हैं। बर्तन की दीवार पर गैस कणों द्वारा प्रति इकाई क्षेत्र पर लगे बल के कारण गैस का दबाव बनता है।

प्रश्न

1. *किसी तत्व के द्रव्यमान प्रति इकाई आयतन को घनत्व कहते हैं।*
   (घनत्व = द्रव्यमान/आयतन)
   बढ़ते हुए घनत्व के क्रम में निम्नलिखित को व्यवस्थित करें- वायु, चिमनी का धुआँ, शहद, जल, चॉक, रुई और लोहा।
2. *(a) पदार्थ की विभिन्न अवस्थाओं के गुणों में होने वाले अंतर को सारणीबद्ध कीजिए।*
   (b) निम्नलिखित पर टिप्पणी कीजिए – दृढ़ता, संपीड्यता, तरलता, बर्तन में गैस का भरना, आकार, गतिज ऊर्जा एवं घनत्व।
3. *कारण बताएँ –*
   (a) गैस पूरी तरह उस बर्तन को भर देती है, जिसमें इसे रखते हैं।
   (b) गैस बर्तन की दीवारों पर दबाव डालती है।
   (c) लकड़ी की मेज़ ठोस कहलाती है।
   (d) हवा में हम आसानी से अपना हाथ चला सकते हैं, लेकिन एक ठोस लकड़ी के टुकड़े में हाथ चलाने के लिए हमें कराटे में दक्ष होना पड़ेगा।
4. *सामान्यतया ठोस पदार्थों की अपेक्षा द्रवों का घनत्व कम होता है। लेकिन आपने बर्फ़ के टुकड़े को जल में तैरते हुए देखा होगा। पता लगाइए, ऐसा क्यों होता है?*

1.4 क्या पदार्थ अपनी अवस्था को बदल सकता है?

अपने प्रेक्षण से हम जानते हैं कि जल पदार्थ की तीनों अवस्थाओं में रह सकता है:

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- ठोस, जैसे बर्फ़,
- द्रव, जैसे जल, एवं
- गैस, जैसे जलवाष्प।

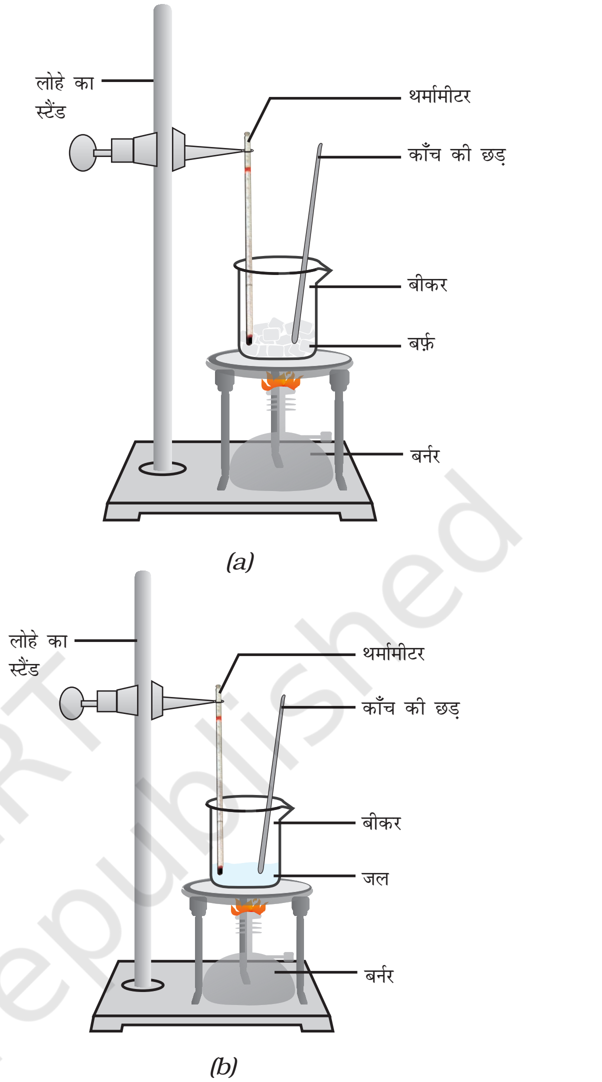
अवस्था बदलने के दौरान पदार्थ के अंदर क्या होता है? अवस्था के परिवर्तन से पदार्थ के कणों पर क्या प्रभाव पड़ता है? क्या हमें इन प्रश्नों का उत्तर नहीं खोजना चाहिए?

1.4.1 तापमान परिवर्तन का प्रभाव

क्रियाकलाप _____________ 1.12

- एक बीकर में 150 ग्राम बर्फ़ का टुकड़ा लें एवं चित्र 1.6 के अनुसार उसमें प्रयोगशाला में प्रयुक्त थर्मामीटर को इस प्रकार लटका दें कि थर्मामीटर का बल्ब बर्फ़ को छू रहा हो।
- धीमी आँच पर बीकर को गर्म करना शुरू करें।
- जब बर्फ़ पिघलने लगे, तो तापमान नोट कर लें।
- जब संपूर्ण बर्फ़ जल में परिवर्तित हो जाए, तो पुन: तापमान नोट करें।
- ठोस से द्रव अवस्था में होने वाले परिवर्तन में प्रेक्षण को नोट करें।
- अब बीकर में एक काँच की छड़ डालें और हिलाते हुए गर्म करें, जब तक जल उबलने न लगे।
- थर्मामीटर की माप पर बराबर नज़र रखे रहें, जब तक कि अधिकतर जलवाष्प न बन जाए।
- जल के द्रव अवस्था से गैसीय अवस्था में परिवर्तन में प्रेक्षण को नोट करें।

ठोस के तापमान को बढ़ाने पर उसके कणों की गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है। गतिज ऊर्जा में वृद्धि होने के कारण कण अधिक तेज़ी से कंपन करने लगते हैं। ऊष्मा के द्वारा प्रदत्त की गई ऊर्जा कणों के बीच के आकर्षण बल को पार कर लेती है। इस कारण कण अपने नियत स्थान को छोड़कर अधिक स्वतंत्र होकर गति करने लगते हैं। एक अवस्था ऐसी आती है, जब ठोस पिघलकर द्रव में परिवर्तित हो जाता है। जिस



चित्र 1.6: *(a) बर्फ़ का जल बदलने की प्रक्रिया, (b) जल से जलवाष्प में बदलने की प्रक्रिया*

न्यूनतम तापमान पर ठोस पिघलकर द्रव बन जाता है, वह इसका **गलनांक** कहलाता है।

> किसी ठोस का गलनांक उसके कणों के बीच के आकर्षण बल के सामर्थ्य को दर्शाता है।

बर्फ़ का गलनांक 273.15 K* है। गलने की प्रक्रिया यानी ठोस से द्रव अवस्था में परिवर्तन को संगलन

***नोट :** तापमान की अंतर्राष्ट्रीय (SI) मात्रक केल्विन (K) है, 0 C = 273.15 K होता है। सुविधा के लिए हम दशमलव का पूर्णांक बनाकर 0^{0}C = 273 K ही मानते हैं। तापमान की माप केल्विन से सेल्सियस में बदलने के लिए दिए हुए तापमान से 273 घटाना चाहिए और सेल्सियस से केल्विन में बदलने के लिए दिए हुए तापमान में 273 जोड़ देना चाहिए।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

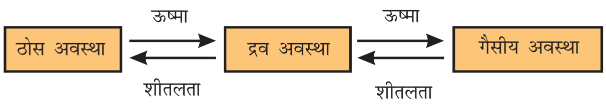
भी कहते हैं। **किसी ठोस के गलने की प्रक्रिया में तापमान समान रहता है, ऐसे में ऊष्मीय ऊर्जा कहाँ जाती है?**

गलने के प्रयोग की प्रक्रिया के दौरान आपने ध्यान दिया होगा कि गलनांक पर पहुँचने के बाद, जब तक संपूर्ण बर्फ़ पिघल नहीं जाती, तापमान नहीं बदलता है। बीकर को ऊष्मा प्रदान करने के बावजूद भी ऐसा ही होता है। कणों के पारस्परिक आकर्षण बल को वशीभूत करके पदार्थ की अवस्था को बदलने में इस ऊष्मा का उपयोग होता है। चूँकि तापमान में बिना किसी तरह की वृद्धि दर्शाए इस ऊष्मीय ऊर्जा को बर्फ़ अवशोषित कर लेती है, यह माना जाता है कि यह बीकर में ली गई सामग्री में छुपी रहती है, जिसे गुप्त ऊष्मा कहते हैं। यहाँ गुप्त का अभिप्राय छुपी हुई से है। वायुमंडलीय दाब पर 1 kg ठोस को उसके गलनांक पर द्रव में बदलने के लिए जितनी ऊष्मीय ऊर्जा की आवश्यकता होती है, उसे संगलन की प्रसुप्त ऊष्मा कहते हैं, अर्थात् 0 ^{0}C (273 K) पर जल के कणों की ऊर्जा उसी तापमान पर बर्फ़ के कणों की ऊर्जा से अधिक होती है।

जब हम जल में ऊष्मीय ऊर्जा देते हैं, तो कण अधिक तेज़ी से गति करते हैं। एक निश्चित तापमान पर पहुँचकर कणों में इतनी ऊर्जा आ जाती है कि वे परस्पर आकर्षण बल को तोड़कर स्वतंत्र हो जाते हैं। इस तापमान पर द्रव गैस में बदलना शुरू हो जाता है। वायुमंडलीय दाब पर वह तापमान जिस पर द्रव उबलने लगता है, उसे इसका क्वथनांक कहते हैं। क्वथनांक समष्टि गुण है। द्रव के सभी कणों को इतनी ऊर्जा मिल जाती है कि वे वाष्प में बदल जाते हैं।

जल के लिए यह तापमान 373 K (100 ^{0}C = 273 + 100 = 373 K)

क्या आप वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा को परिभाषित कर सकते हैं? इसे उसी तरह परिभाषित कीजिए, जैसे हमने संगलन की प्रसुप्त ऊष्मा को परिभाषित किया है। 373 K (100 ^{0}C) तापमान पर भाप अर्थात वाष्प के कणों में उसी तापमान पर पानी के कणों की अपेक्षा अधिक ऊर्जा होती है। ऐसा इसलिए है, क्योंकि भाप के कणों ने वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा के रूप में अतिरिक्त ऊष्मा अवशोषित कर ली है।

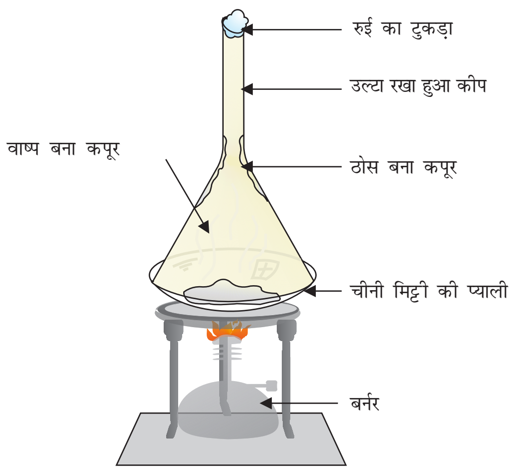


अत: हम यह कह सकते हैं कि तापमान बदलकर हम पदार्थ को एक अवस्था से दूसरी अवस्था में बदल सकते हैं।

हमने सीखा कि गर्म करने पर पदार्थ की अवस्था बदल जाती है। गर्म होने पर ये ठोस से द्रव और द्रव से गैस बन जाते हैं। लेकिन कुछ ऐसे पदार्थ हैं, जो द्रव अवस्था में परिवर्तित हुए बिना, ठोस अवस्था से सीधे गैस में और वापस ठोस में बदल जाते हैं।

क्रियाकलाप *1.13*

- थोड़ा सा कपूर लें और इसे चूर्ण करके चीनी की प्याली (China dish) में डाल दें।
- एक कीप को उल्टा करके इस प्याली के ऊपर रख दें।
- इस कीप के एक सिरे पर रुई का एक टुकड़ा रख दें, जैसा चित्र 1.7 में दर्शाया गया है।
- अब धीरे-धीरे गर्म करें और ध्यान से देखें।



चित्र 1.7: *कपूर का ऊर्ध्वपातन*

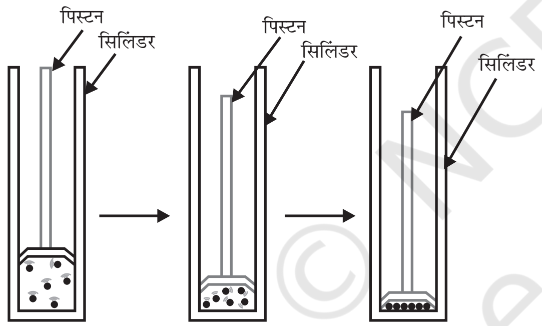
© NCERT not to be republished

- उपरोक्त क्रियाकलाप से आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

द्रव अवस्था में परिवर्तित हुए बिना ठोस अवस्था से सीधे गैस में बदलने की प्रक्रिया को ऊर्ध्वपातन कहते हैं और गैस से सीधे ठोस बनने की प्रक्रिया को निक्षेपण कहते हैं।

1.4.2 दाब-परिवर्तन का प्रभाव

हम जानते हैं कि घटक कणों के बीच की दूरी में अंतर होने के कारण पदार्थों की विभिन्न अवस्थाओं में अंतर होता है। किसी सिलिंडर में भरी गैस पर दाब लगाने एवं संपीडन करने पर क्या होगा? क्या इसके कणों के बीच की दूरी कम हो जाएगी? क्या आपको लगता है कि दाब बढ़ाने या घटाने से पदार्थ की अवस्था में परिवर्तन हो सकता है?

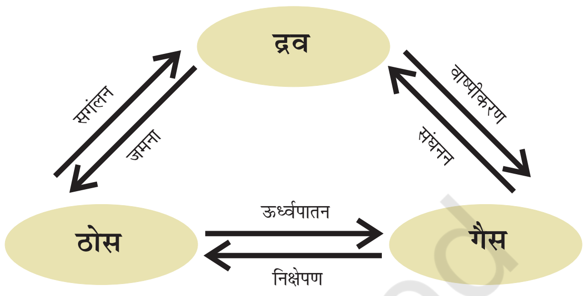


चित्र 1.8: दाब बढ़ाने पर पदार्थ के कणों को समीप लाया जा सकता है।

दाब के बढ़ने और तापमान घटने से गैस द्रव में बदल सकती है।

क्या आपने ठोस CO_2 के बारे में सुना है? इसे उच्च दाब पर संग्रहित किया जाता है। जब वायुमंडलीय दाब का माप 1 ऐटमॉस्फ़ीयर (atm)* हो, तो ठोस CO_2 द्रव अवस्था में आए बिना सीधे गैस में परिवर्तित हो जाती है। यही कारण है कि ठोस कार्बन डाइऑक्साइड को शुष्क बर्फ़ (dry ice) कहते हैं।

इस तरह से हम कह सकते हैं कि पदार्थ की अवस्थाएँ, यानी ठोस, द्रव और गैस, दाब और तापमान के द्वारा तय होती हैं।



चित्र 1.9: तीनों अवस्थाओं में पदार्थ का अंतरारूपांतरण

प्रश्न

1. *निम्नलिखित तापमान को सेल्सियस में बदलें।*
   a. 300 K b. 573 K.
2. *निम्नलिखित तापमान पर जल की भौतिक अवस्था क्या होगी?*
   a. 250 °C b. 100 °C ?
3. *किसी भी पदार्थ की अवस्था परिवर्तन के दौरान तापमान स्थिर क्यों रहता है?*
4. *वायुमंडलीय गैसों को द्रव में परिवर्तन करने के लिए कोई विधि सुझाइए।*

1.5 वाष्पीकरण

पदार्थ की अवस्था बदलने के लिए क्या सदैव ऊष्मा देना या दाब बदलना आवश्यक है? क्या अपने दैनिक जीवन से आप ऐसा कोई उदाहरण दे सकते हैं जिसमें बिना क्वथनांक पर पहुँचे हुए क्या कोई द्रव वाष्प अवस्था में बदल जाता है। जल को खुला छोड़ देने पर यह धीरे-धीरे वाष्प में परिवर्तित हो जाता है।

* ऐटमॉस्फ़ीयर (atm) गैसीय दाब के मापन का मात्रक है। दाब का SI मात्रक पास्कल (Pa) है। 1 atm = 1.01×10^5 Pa। वायुमंडल में वायु का दाब वायुमंडलीय दाब कहलाता है। समुद्र की सतह पर वायुमंडलीय दाब एक ऐटमॉस्फ़ीयर होता है और इसे सामान्य दाब कहा जाता है।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

गीले कपड़े सूख जाते हैं। इन दोनों उदाहरणों में जल का क्या हुआ?

हम जानते हैं कि पदार्थ के कण हमेशा गतिशील होते हैं और कभी रुकते नहीं। एक निश्चित तापमान पर गैस, द्रव या ठोस के कणों में विभिन्न मात्रा में गतिज ऊर्जा होती है। द्रवों में सतह पर स्थित कणों के कुछ अंशों में इतनी गतिज ऊर्जा होती है कि वे दूसरे कणों के आकर्षण बल से मुक्त हो जाते हैं। क्वथनांक से कम तापमान पर द्रव के वाष्प में परिवर्तित होने की इस प्रक्रिया को वाष्पीकरण कहते हैं।

1.5.1 वाष्पीकरण को प्रभावित करने वाले कारक

एक क्रियाकलाप के माध्यम से इसे समझते हैं।

क्रियाकलाप 1.14

- एक परखनली में 5 mL जल लें और इसे खिड़की के पास या पंखे के नीचे रख दें।
- खुली रखी चीनी मिट्टी की प्याली में 5 mL जल रखकर उसे खिड़की के पास या पंखे के नीचे रख दें।
- खुली चीनी मिट्टी की प्याली में 5 mL जल रखकर उसे अपनी कक्षा की किसी अलमारी के अंदर रख दें।
- कमरे का तापमान नोट करें।
- इन सभी परिस्थितियों में वाष्पीकरण में लगे समय या दिन को भी नोट करें।
- बारिश के दिन भी इन क्रियाकलापों को करके अपने प्रेक्षण लिखें।
- वाष्पीकरण के निम्नलिखित तथ्यों के बारे में आप क्या अनुमान लगा सकते हैं? तापमान का प्रभाव, सतह का क्षेत्र और वायु की चाल।

आपने ध्यान दिया होगा कि वाष्पीकरण की दर निम्नलिखित के साथ बढ़ती है:

- सतह क्षेत्र बढ़ने पर: अब हम जानते हैं कि वाष्पीकरण एक सतही प्रक्रिया है। सतही क्षेत्र बढ़ने पर वाष्पीकरण की दर भी बढ़ जाती है। जैसे, कपड़े सुखाने के लिए हम उन्हें फैला देते हैं।
- तापमान में वृद्धि: तापमान बढ़ने पर अधिक कणों को पर्याप्त गतिज ऊर्जा मिलती है, जिससे वे वाष्पीकृत हो जाते हैं।
- आर्द्रता में कमी: वायु में विद्यमान जलवाष्प की मात्रा को आर्द्रता कहते हैं। किसी निश्चित तापमान पर हमारे आस-पास की वायु में एक निश्चित मात्रा में ही जल वाष्प होता है। जब वायु में जल कणों की मात्रा पहले से ही अधिक होगी, तो वाष्पीकरण की दर घट जाएगी।
- वायु की गति में वृद्धि: हम जानते हैं कि तेज़ वायु में कपड़े जल्दी सूख जाते हैं। वायु के तेज़ होने से जलवाष्प के कण वायु के साथ उड़ जाते हैं जिससे आस-पास के जल-वाष्प की मात्रा घट जाती है।

1.5.2 वाष्पीकरण के कारण शीतलता कैसे होती है?

खुले हुए बर्तन में रखे द्रव में निरंतर वाष्पीकरण होता रहता है। वाष्पीकरण के दौरान कम हुई ऊर्जा को पुनः प्राप्त करने के लिए द्रव के कण अपने आस-पास से ऊर्जा अवशोषित कर लेते हैं। इस तरह आस-पास से ऊर्जा के अवशोषित होने के कारण शीतलता हो जाती है।

जब आप एसीटोन (या नाखूनों की पॉलिश हटाने वाले द्रव) को अपनी हथेली पर गिराते हैं तो क्या होता है? इसके कण आपकी हथेली या उसके आस-पास से ऊर्जा प्राप्त कर लेते हैं और वाष्पीकृत हो जाते हैं जिससे हथेली पर शीतलता महसूस होती है।

तेज़ धूप वाले गर्म दिन के बाद लोग अपनी छत या खुले स्थान पर जल छिड़कते हैं। क्योंकि जल के वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा गर्म सतह को शीतल बनाती है। क्या आप वाष्पीकरण के कारण शीतल होने के और उदाहरण दे सकते हैं?

गर्मियों में हमें सूती कपड़े क्यों पहनने चाहिए?

शारीरिक प्रक्रिया के कारण गर्मियों में हमें ज़्यादा पसीना आता है, जिससे हमें शीतलता मिलती है। जैसा

Reprint 2025-26

कि हम जानते हैं, वाष्पीकरण के दौरान द्रव की सतह के कण हमारे शरीर या आसपास से ऊर्जा प्राप्त करके वाष्प में बदल जाते हैं। वाष्पीकरण की प्रसुप्त ऊष्मा के बराबर ऊष्मीय ऊर्जा हमारे शरीर से अवशोषित हो जाती है, जिससे शरीर शीतल हो जाता है। चूँकि सूती कपड़ों में जल का अवशोषण अधिक होता है, इसलिए हमारा पसीना इसमें अवशोषित होकर वायुमंडल में आसानी से वाष्पीकृत हो जाता है।

बर्फ़ीले जल से भरे गिलास की बाहरी सतह पर जल की बूँदें क्यों नज़र आती हैं?

किसी बर्तन में हम बर्फ़ीला जल रखते हैं। जल्दी ही बर्तन की बाहरी सतह पर हमें जल की बूँदें नज़र आने लगेंगी। वायु में उपस्थित जलवाष्प की ऊर्जा ठंडे पानी के संपर्क में आकर कम हो जाती है और यह द्रव अवस्था में बदल जाता है, जो हमें जल की बूँदों के रूप में नज़र आता है।

प्रश्न

1. *गर्म, शुष्क दिन में कूलर अधिक ठंडा क्यों करता है?*
2. *गर्मियों में घड़े का जल ठंडा क्यों होता है?*
3. *एसीटोन/पेट्रोल या इत्र डालने पर हमारी हथेली ठंडी क्यों हो जाती है?*
4. *कप की अपेक्षा प्लेट से हम गर्म दूध या चाय जल्दी क्यों पी लेते हैं?*
5. *गर्मियों में हमें किस तरह के कपड़े पहनने चाहिए?*

आपने क्या सीखा

- द्रव्य सूक्ष्म कणों से मिलकर बना होता है।
- हमारे आस-पास द्रव्य तीन अवस्थाओं में विद्यमान होता है: ठोस, द्रव और गैस।
- ठोस के कणों में आकर्षण बल सबसे अधिक, गैस के कणों में सबसे कम और द्रव के कणों में इन दोनों के मध्यवर्तीय होते हैं।
- ठोस के कणों में ठोसों को निहित करने वाले कणों के बीच का रिक्त स्थान और गतिज ऊर्जा न्यूनतम, गैसों के लिए यह अधिकतम किंतु द्रवों के लिए मध्यवर्तीय है।
- ठोसों के लिए उनके कणों की व्यवस्था अत्यधिक क्रमित होती है। द्रवों में कणों की परतें एक-दूसरे पर से फिसल व स्खलित हो सकती हैं, गैसों में कोई क्रम नहीं होता और इनके कण अनियमित रूप से विचरण करते हैं।
- पदार्थ की अवस्थाएँ अंत:परिवर्तित होती हैं। पदार्थ की अवस्थाओं में परिवर्तन ताप और दाब में परिवर्तन से किया जा सकता है।
- ऊर्ध्वपातन प्रक्रम में ठोस पदार्थ द्रव में परिवर्तित हुए बिना ही सीधे गैसीय अवस्था में आ जाता है।

Reprint 2025-26

- निक्षेपण प्रक्रम में गैसीय पदार्थ सीधे ठोस अवस्था में आ जाता है।
- क्वथनांक की समष्टि परिघटना जिसमें समष्टि के कण द्रव अवस्था से वाष्प में परिवर्तित होते हैं।
- वाष्पीकरण एक सतह की परिघटना है। सतह के कण पर्याप्त ऊर्जा ग्रहण कर उनके बीच के परस्पर आकर्षण बलों को पार कर लेते हैं और द्रव को वाष्प अवस्था में परिवर्तित कर देते हैं।
- वाष्पीकरण की गति निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करती है: सतही क्षेत्रफल जिसका वायुमंडल के प्रति परित्याग होता है, तापमान, आर्द्रता और वायु की गति।
- वाष्पीकरण से ठंडक उत्पन्न होती है।
- वाष्पीकरण की गुप्त ऊष्मा ताप की वह मात्रा है जो 1 kg द्रव को वायुमंडलीय दाब और द्रव के क्वथनांक पर गैसीय अवस्था में परिवर्तन करने हेतु प्रयोग होती है।
- संगलन की गुप्त ऊष्मा ऊर्जा की वह मात्रा है जो 1 kg ठोस को वायुमंडलीय दाब पर ठोस को उसके संगलन बिंदु पर लाने के लिए प्रयोग होती है।
- कुछ मापने योग्य राशियाँ और उनके मात्रक जिनका हमें ज्ञान होना चाहिए।

राशि	मात्रक	प्रतीक
तापमान	केल्विन	K
लंबाई	मीटर	m
संहति	किलोग्राम	kg
भार	न्यूटन	N
आयतन	घन मीटर	m^3
घनत्व	किलोग्राम प्रति घनमीटर	$kg\ m^{-3}$
दाब	पास्कल	Pa

अभ्यास

1. निम्नलिखित तापमानों को सेल्सियस इकाई में परिवर्तित करें:
   (a) 300 K (b) 573 K.
2. निम्नलिखित तापमानों को केल्विन इकाई में परिवर्तित करें:
   (a) 25 °C (b) 373 °C.
3. निम्नलिखित अवलोकनो हेतु कारण लिखें:
   (a) नैफ़्थलीन को रखा रहने देने पर यह समय के साथ कुछ भी ठोस पदार्थ छोड़े बिना अदृश्य हो जाती है।

Reprint 2025-26

(b) हमें इत्र की गंध बहुत दूर बैठे हुए भी पहुँच जाती है।

4. निम्नलिखित पदार्थों को उनके कणों के बीच बढ़ते हुए आकर्षण के अनुसार व्यवस्थित करें:

   (a) जल (b) चीनी (c) ऑक्सीजन

5. निम्नलिखित तापमानों पर जल की भौतिक अवस्था क्या है:

   (a) 25 °C (b) 0 °C (c) 100 °C ?

6. पुष्टि हेतु कारण दें:

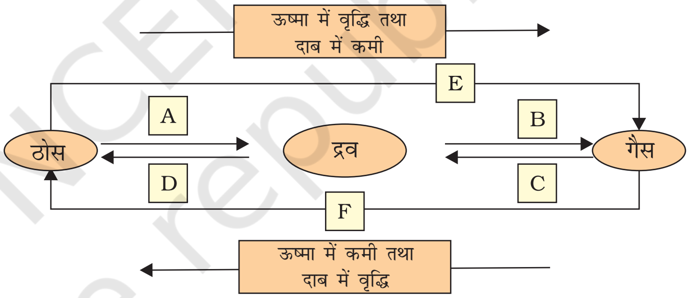
   (a) जल कमरे के ताप पर द्रव है।

   (b) लोहे की अलमारी कमरे के ताप पर ठोस है।

7. 273 K पर बर्फ़ को ठंडा करने पर तथा जल को इसी तापमान पर ठंडा करने पर शीतलता का प्रभाव अधिक क्यों होता है?

8. उबलते हुए जल अथवा भाप में से जलने की तीव्रता किसमें अधिक महसूस होती है?

9. निम्नलिखित चित्र के लिए A, B, C, D, E तथा F की अवस्था परिवर्तन को नामांकित करें:



समूह हेतु क्रियाकलाप

ठोसों, द्रवों और गैसों में कणों की गतिशीलता दर्शाने के लिए एक प्रतिदर्श का निर्माण करें।

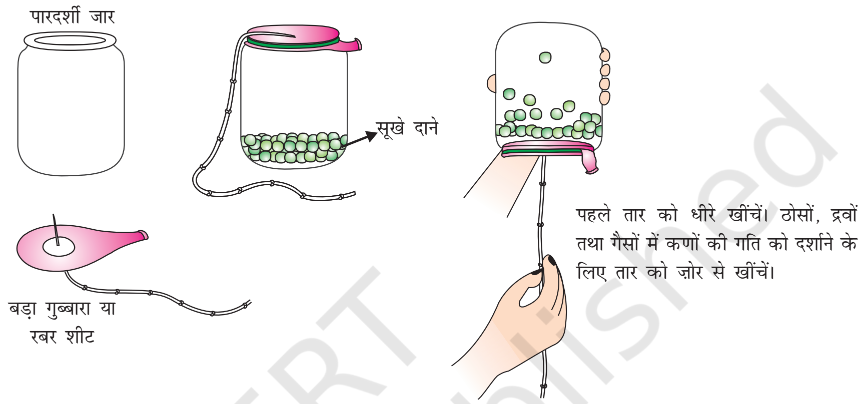
इसका निर्माण करने हेतु आपको इनकी आवश्यकता पड़ेगी

- एक पारदर्शी जार
- एक बड़ा रबर का गुब्बारा अथवा खींची गई रबर की एक शीट
- एक तार
- कुछ कुक्कुट को डाले जाने वाले दाने अथवा काले चने अथवा शुष्क हरे दाने।

Reprint 2025-26

प्रतिदर्श का निर्माण कैसे किया जाए?

- दानों को ज़ार में डालें
- तार को रबर शीट के मध्य में पिरो दें और इसे सुरक्षा की दृष्टि से टेप के माध्यम से कस कर बाँधें।
- अब रबर शीट को खींचे और इसे ज़ार के मुख पर बाँध दें।
- आपका प्रतिदर्श तैयार है। अब आप उँगली के माध्यम से तार को ऊपर नीचे धीरे से या तेज़ी से सरका सकते हैं।



चित्र 1.10: *ठोस से द्रव और द्रव से गैस में परिवर्तन के लिए एक प्रतिदर्श*

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

0965CH02

अध्याय 2

क्या हमारे आस-पास के पदार्थ शुद्ध हैं?

(Is Matter Around Us Pure?)

हम कैसे जान सकते हैं कि बाज़ार से खरीदा हुआ दूध, घी, मक्खन, नमक, मसाला, मिनरल जल या जूस शुद्ध हैं?

चित्र 2.1: *रसोई में उपयोग की जाने वाली कुछ वस्तुएँ*

क्या आपने कभी इन खाने वाले पदार्थों के डिब्बों के ऊपर लिखे 'शुद्ध' शब्द पर ध्यान दिया है? एक साधारण व्यक्ति के लिए शुद्ध का अर्थ होता है कि पदार्थ में कोई मिलावट न हो लेकिन, वैज्ञानिकों के लिए ये सभी वस्तुएँ विभिन्न पदार्थों के मिश्रण हैं, अतः शुद्ध नहीं हैं। उदाहरण के लिए दूध जल, वसा, प्रोटीन आदि का मिश्रण है। जब एक वैज्ञानिक किसी पदार्थ को शुद्ध कहता है तो इसका तात्पर्य है कि उस पदार्थ में मौजूद सभी कण समान रासायनिक प्रकृति के हैं। एक शुद्ध पदार्थ एक ही प्रकार के कणों से मिलकर बना होता है।

जब हम अपने चारों ओर देखते हैं तो पाते हैं कि सभी पदार्थ दो या दो से अधिक शुद्ध अवयवों के मिलने से बने हैं, उदाहरण के लिए, समुद्र का जल, खनिज, मिट्टी आदि सभी मिश्रण हैं।

2.1 मिश्रण क्या है?

मिश्रण एक या एक से अधिक शुद्ध तत्वों या यौगिकों से मिलकर बना होता है। हम जानते हैं कि जल में घुले हुए सोडियम क्लोराइड को वाष्पीकरण या आसवन विधि द्वारा जल से पृथक् किया जा सकता है। यद्यपि, सोडियम क्लोराइड अपने आप में एक शुद्ध पदार्थ है और इसे भौतिक विधि के द्वारा इसके रासायनिक अवयवों में पृथक् नहीं किया जा सकता है। इसी प्रकार चीनी एक पदार्थ है क्योंकि यह एक ही प्रकार का शुद्ध अवयव रखता है और इसका यौगिक समान रहता है।

पेय पदार्थ और मिट्टी में एकसमान कण नहीं होते हैं। शुद्ध पदार्थ किसी भी स्रोत से प्राप्त हो इसके अभिलाक्षणिक गुण एकसमान होंगे।

इस प्रकार हम कह सकते हैं कि मिश्रण में एक से अधिक शुद्ध पदार्थ होते हैं।

2.1.1 मिश्रण के प्रकार

अवयवों की प्रकृति के अनुसार विभिन्न प्रकार के मिश्रणों का निर्माण होता है। इस तरह मिश्रण के कई प्रकार होते हैं।

क्रियाकलाप 2.1

- कक्षा को अ, ब, स और द समूहों में बाँटें।
- एक बीकर जिसमें 50 mL जल और एक चम्मच कॉपर सल्फ़ेट चूर्ण हो, समूह 'अ' को दें।
- समूह 'ब' को एक बीकर में 50 mL जल तथा दो चम्मच कॉपर सल्फ़ेट चूर्ण दें।
- कॉपर सल्फ़ेट और पोटैशियम परमैंगनेट या साधारण नमक (सोडियम क्लोराइड) समूह 'स' और 'द' को दें। (दोनों को अवयवों की पृथक्-पृथक् मात्रा दें)।

© NCERT not to be republished

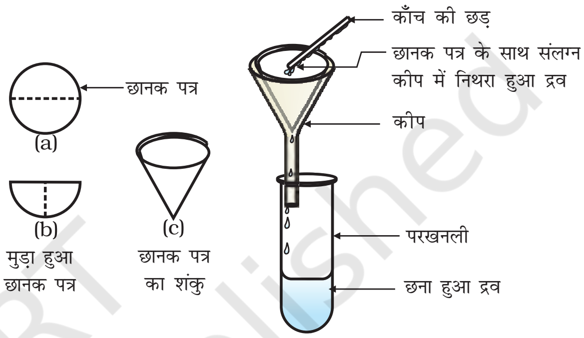
- अब पृथक्-पृथक् समूह के उन अवयवों को मिलाकर मिश्रण तैयार करें।
- उनके रंग और बनावट के आधार पर एक रिपोर्ट तैयार करें।
- समूह 'अ' और 'ब' को एक मिश्रण प्राप्त होता है जिसकी बनावट समान होती है। इस तरह के मिश्रण को हम समांगी मिश्रण अथवा विलयन कहते हैं। इस तरह के मिश्रणों के कुछ अन्य उदाहरण हैं, जल में नमक और जल में चीनी। दोनों समूहों से प्राप्त घोल के रंगों की तुलना करें। यद्यपि दोनों समूह के पास कॉपर सल्फ़ेट का घोल है, लेकिन उन दोनों घोल के रंगों की तीव्रता पृथक्-पृथक् है। यह दिखलाता है कि समांगी मिश्रण पृथक्-पृथक् संघटन रख सकते हैं।
- समूह 'स' और 'द' ने जो मिश्रण प्राप्त किया है, उनके अंश भौतिक दृष्टि से पृथक् हैं। इस तरह के मिश्रण को विषमांगी मिश्रण कहते हैं। सोडियम क्लोराइड और लोहे की छीलन, नमक और सल्फ़र एवं जल और तेल विषमांगी मिश्रण के अन्य उदाहरण हैं।

क्रियाकलाप ______________ 2.2

- आइए पुन: कक्षा को चार समूहों अ, ब, स और द में बाँटें।
- प्रत्येक समूह को नीचे दिए हुए नमूने में से एक दें:
  - समूह 'अ' को कॉपर सल्फ़ेट के कुछ क्रिस्टल दें।
  - समूह 'ब' को एक चम्मच कॉपर सल्फ़ेट दें।
  - समूह 'स' को चॉक का चूर्ण या गेहूँ का आटा दें।
  - समूह 'द' को दूध या स्याही की कुछ बूँदें दें।
- छात्रों को काँच की छड़ की सहायता से नमूनों को जल में मिलाने को कहें। क्या कण जल में दिखाई देते हैं?
- अब टॉर्च से प्रकाश की किरण को बीकर पर डालें और इसको सामने से देखें। क्या प्रकाश की किरण का मार्ग दिखाई देता है?
- अब मिश्रण को कुछ समय तक शांत छोड़ दें। इस बीच मिश्रण छानने वाले उपकरण को तैयार कर लें। क्या मिश्रण स्थिर है या कुछ समय के बाद कण नीचे बैठना शुरू करते हैं?
- मिश्रण को छान लें। क्या छानक पत्र पर कुछ शेष बचा है?

कक्षा में परिणामों पर चर्चा कर इस क्रिया पर एक मत बनाने का प्रयत्न करें।

- समूह 'अ' और 'ब' एक विलयन पाते हैं।
- समूह 'स' एक निलंबन पाता है।
- समूह 'द' एक कोलाइड विलयन पाता है।



चित्र 2.2: निस्यंदन (छानने की प्रक्रिया)

अब हम विलयनों, निलंबनों और कोलाइड विलयनों के बारे में पढ़ेंगे।

प्रश्न

1. *पदार्थ से आप क्या समझते हैं?*
2. *समांगी और विषमांगी मिश्रणों में अंतर बताएँ।*

2.2 विलयन क्या है?

विलयन दो या दो से अधिक पदार्थों का समांगी मिश्रण है। आप प्रतिदिन बहुत प्रकार के विलयनों को देखते होंगे। नींबू जल, सोडा जल आदि विलयन के उदाहरण हैं। प्राय: हम एक विलयन को ऐसे तरल पदार्थ के रूप में विचार करते हैं जिसमें ठोस, द्रव या गैस मिले हों लेकिन प्रकृति में ठोस विलयन (मिश्र धातु) और गैसीय विलयन (वायु) भी होते हैं। एक

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

विलयन के कणों में समांगिकता होती है। उदाहरण के लिए नींबू जल का स्वाद सदैव समान रहता है। यह दर्शाता है कि इस विलयन में चीनी और नमक के कण समान रूप से वितरित होते हैं।

> **इसे भी जानें**
>
> **मिश्र धातुएँ:** ये धातुओं के समांगी मिश्रण होते हैं जिन्हें भौतिक क्रिया द्वारा अवयवों में पृथक् नहीं किया जा सकता है लेकिन फिर भी मिश्र धातुओं को मिश्रण माना जाता है क्योंकि ये अपने घटकों के गुणों को दर्शाते हैं और पृथक्-पृथक संघटन रखते हैं। उदाहरण के लिए पीतल, ज़िंक (लगभग 30%) और कॉपर (लगभग 70%) का मिश्रण है।

किसी विलयन को दो भागों विलायक और विलय में बाँटा जाता है। विलयन का वह घटक (जिनकी मात्रा दूसरे से अधिक होती है) जो दूसरे घटक को विलयन में मिलाता है उसे विलायक कहते हैं। विलयन का वह घटक (प्राय: कम मात्रा में होता है) जो कि विलायक में घुला होता है उसे विलेय कहते हैं।

उदाहरण के लिए:

(i) चीनी और जल का विलयन एक तरल घोल में ठोस का उदाहरण है। इसमें चीनी विलेय है और जल विलायक है।

(ii) आयोडिन और ऐल्कोहॉल का विलयन जिसे टिंक्चर आयोडीन के नाम से जाना जाता है, इसमें आयोडीन विलेय है और ऐल्कोहॉल विलायक है।

(iii) वातयुक्त पेय जैसे सोडा जल, कोक इत्यादि तरल विलयन में गैस के रूप में हैं। इनमें कार्बन डाइऑक्साइड गैस विलेय और जल विलायक है।

(iv) वायु गैस में गैस का विलयन है। यह मुख्यत: दो घटकों ऑक्सीजन (21%) और नाइट्रोजन (78%) का समांगी मिश्रण है। नाइट्रोजन को वायु का विलायक कहा जाता है। वायु में दूसरी गैसें बहुत कम मात्रा में उपलब्ध होती हैं।

विलयन के गुण

- विलयन एक समांगी मिश्रण है।
- विलयन के कण व्यास में 1 nm (10^{-9} metre) से भी छोटे होते हैं। इसलिए वे आँख से नहीं देखे जा सकते हैं।
- अपने छोटे आकार के कारण विलयन के कण, गुजर रही प्रकाश की किरण को फैलाते नहीं हैं। इसलिए विलयन में प्रकाश का मार्ग दिखाई नहीं देता।
- छानने की विधि द्वारा विलेय के कणों को विलयन में से पृथक् नहीं किया जा सकता है। विलयन को शांत छोड़ देने पर भी विलेय के कण नीचे नहीं बैठते हैं, अर्थात् विलयन स्थाई है।

2.2.1 विलयन की सांद्रता

क्रियाकलाप 2.2 में हमने देखा कि समूह 'अ' और समूह 'ब' के पास एक ही पदार्थ के विभिन्न आभाओं के रंगों के विलयन हैं। हम लोग जानते हैं कि विलयन में पृथक्-पृथक् मात्रा में विलायक और विलेय पदार्थ होते हैं। विलयन में मौजूद विलेय पदार्थ की मात्रा के आधार पर इसे तनु, सांद्र या संतृप्त घोल कहा जा सकता है। तनु और सांद्र तुलनात्मक शब्द हैं। क्रियाकलाप 2.2 में समूह 'अ' द्वारा प्राप्त विलयन समूह 'ब' की तुलना में तनु है।

क्रियाकलाप 2.3

- दो पृथक्-पृथक् बीकरों में 50 mL जल लें।
- एक बीकर में नमक और दूसरे में चीनी अथवा बेरियम क्लोराइड मिलाकर अच्छी तरह मिला लें।
- जब विलेय पदार्थ और अधिक न घुले तब 5°C ताप बढ़ाने के लिए बीकर को गर्म करें।
- विलेय पदार्थ को पुन: मिलाना शुरू करें।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

क्या किसी दिए गए ताप पर चीनी, नमक अथवा बेरियम क्लोराइड की जल में घोली गई मात्राएँ बराबर हैं?

किसी निश्चित तापमान पर उतना ही विलेय पदार्थ घुल सकता है जितनी कि विलयन की क्षमता होती है। दूसरे शब्दों में, दिए गए निश्चित तापमान पर यदि विलयन में विलेय पदार्थ नहीं घुलता है तो उसे संतृप्त विलयन कहते हैं। विलेय पदार्थ की वह मात्रा, जो इस ताप पर संतृप्त विलयन में उपस्थित है, उसकी घुलनशीलता कहलाती है।

यदि एक विलयन में विलेय पदार्थ की मात्रा संतृप्तता से कम है तो इसे असंतृप्त विलयन कहा जाता है।

यदि विलयन में विलेय पदार्थ की सांद्रता संतृप्त स्तर से कम हो तो उसे असंतृप्त विलयन कहते हैं।

यदि आप किसी विशिष्ट ताप पर एक संतृप्त विलयन लें तथा उसे धीरे-धीरे ठंडा करें तो क्या होगा?

उपरोक्त किए गए क्रियाकलाप से हम कह सकते हैं कि दिए हुए एक निश्चित तापमान पर पृथक्-पृथक् पदार्थों की विलयन क्षमता भिन्न होती है।

विलायक की मात्रा (द्रव्यमान अथवा आयतन) में घुले हुए विलेय पदार्थ की मात्रा को विलयन की सांद्रता कहते हैं।

विलयन की सांद्रता को दर्शाने की बहुत सी विधियाँ हैं, लेकिन हम यहाँ सिर्फ़ तीन विधियों के बारे में चर्चा करेंगे।

(i) द्रव्यमान/विलयन के द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{\text{विलेय पदार्थ का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100$$

(ii) द्रव्यमान/विलयन के आयतन प्रतिशत

$$= \frac{\text{विलेय पदार्थ का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का आयतन}} \times 100$$

(iii) विलयन के आयतन/आयतन प्रतिशत

$$= \frac{\text{विलेय का आयतन}}{\text{विलयन का आयतन}} \quad 100$$

उदाहरण 2.1 एक विलयन के 320 g विलायक जल में 40 g साधारण नमक विलेय है। विलयन की सांद्रता का परिकलन करें।

हल:

विलेय पदार्थ (नमक) का द्रव्यमान = 40 g

विलायक (जल) का द्रव्यमान = 320 g

हम जानते हैं,

विलयन का द्रव्यमान = विलेय पदार्थ का द्रव्यमान + विलायक का द्रव्यमान

= 40 g + 320 g

= 360 g

विलयन का द्रव्यमान प्रतिशत

$$= \frac{\text{विलेय पदार्थ का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100$$

$$= \frac{40}{360} \times 100 = 11.1\%$$

2.2.2 निलंबन क्या है?

क्रियाकलाप 2.2 में समूह 'स' के द्वारा पाया गया विषमांगी घोल जो ठोस द्रव में परिक्षेपित हो जाता है, निलंबन कहलाता है। निलंबन एक विषमांगी मिश्रण है, जिसमें विलेय पदार्थ कण घुलते नहीं हैं बल्कि माध्यम की समष्टि में निलंबित रहते हैं। ये निलंबित कण आँखों से देखे जा सकते हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

निलंबन के गुणधर्म

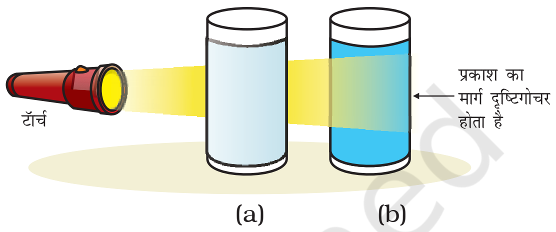
- यह एक विषमांगी मिश्रण है।
- ये कण आँखों से देखे जा सकते हैं।
- ये निलंबित कण प्रकाश की किरण को फैला देते हैं, जिससे उसका मार्ग दृष्टिगोचर हो जाता है।
- जब इसे शांत छोड़ देते हैं तब ये कण नीचे की ओर बैठ जाते हैं अर्थात निलंबन अस्थायी होता है। छानन विधि द्वारा इन कणों को मिश्रण से पृथक् किया जा सकता है।

जब सभी कण नीचे बैठ जाते हैं तो निलंबन समाप्त हो जाता है तथा विलयन में प्रकाश की किरण का प्रकीर्णन रुक जाता है।

2.2.3 कोलाइडल विलयन क्या है?

क्रियाकलाप 2.2 में समूह 'द' के द्वारा प्राप्त मिश्रण को कोलाइड या कोलाइडल विलयन कहा जाता है। कोलाइड के कण विलयन में समान रूप से फैले होते हैं। निलंबन की अपेक्षा कणों का आकार छोटा होने के कारण यह मिश्रण समांगी प्रतीत होता है लेकिन वास्तविकता में विलयन विषमांगी मिश्रण है, जैसे दूध।

कोलाइडल कणों के छोटे आकार के कारण हम इसे आँख से नहीं देख पाते हैं लेकिन ये कण प्रकाश की किरण को आसानी से फैला देते हैं, जैसा कि हमने क्रियाकलाप 2.2 में देखा है। प्रकाश की किरण का फैलाना टिन्डल प्रभाव (Tyndall effect) कहा जाता है। टिन्डल नामक वैज्ञानिक ने इसकी खोज की थी। एक कमरे में छोटे छिद्र के द्वारा जब प्रकाश की किरण आती है तब वहाँ पर हम टिन्डल प्रभाव को देख सकते



चित्र 2.3: (a) कॉपर सल्फ़ेट का विलयन टिन्डल प्रभाव नहीं दर्शाता है; (b) दूध तथा पानी का मिश्रण टिन्डल प्रभाव दर्शाता है

हैं। यह कमरे में मौजूद धूल और कार्बन के कणों के द्वारा प्रकाश के फैलने के कारण होता है।

जब एक घने जंगल के आच्छादन से सूर्य की किरण गुजरती है वहाँ हम टिन्डल प्रभाव को देख सकते हैं। जंगल के कोहरे में छोटे-छोटे जल के कण होते हैं जो कि कोलाइड कणों के समान व्यवहार करते हैं।

सारणी 2.1: कोलाइड्स के सामान्य उदाहरण

परिक्षिप्त प्रावस्था	परिक्षेपण माध्यम	प्रकार	उदाहरण
द्रव	गैस	ऐरोसोल	कोहरा, बादल, कुहासा
ठोस	गैस	ऐरोसोल	धुआँ, स्वचालित वाहन का निथार (exhaust)
गैस	द्रव	फ़ोम	शेविंग क्रीम
द्रव	द्रव	इमल्शन	दूध, फ़ेस क्रीम
ठोस	द्रव	सोल	मैगनेशिया-मिल्क, कीचड़
गैस	ठोस	फ़ोम	फ़ोम, रबड़, स्पंज, प्यूमिस
द्रव	ठोस	जैल	जेली, पनीर, मक्खन
ठोस	ठोस	ठोस सोल	रंगीन रत्न पत्थर, दूधिया काँच

Reprint 2025-26

चित्र 2.4: टिनडल प्रभाव

कोलाइड के गुणधर्म

- यह एक विषमांगी मिश्रण है।
- कोलाइड के कणों का आकार इतना छोटा होता है कि ये पृथक् रूप में आँखों से नहीं देखे जा सकते हैं।
- ये इतने बड़े होते हैं कि प्रकाश की किरण को फैलाते हैं तथा उसके मार्ग को दृश्य बनाते हैं।
- जब इनको शांत छोड़ दिया जाता है तब ये कण तल पर बैठते हैं अर्थात् ये स्थायी होते हैं।
- ये छानन विधि द्वारा मिश्रण से पृथक् नहीं किए जा सकते। किंतु एक विशेष विधि अपकेंद्रीकरण तकनीक द्वारा पृथक् किए जा सकते हैं।

कोलाइडल विलयन परिक्षिप्त प्रावस्था और परिक्षेपण माध्यम से बनता है। विलेय पदार्थ की तरह का घटक या परिक्षिप्त कण जो कि कोलाइडल रूप में रहता है उसे परिक्षिप्त प्रावस्था (dispersed phase) कहते हैं तथा वह घटक जिसमें परिक्षिप्त प्रावस्था निलंबित रहता है, उसे परिक्षेपण माध्यम (dispersing medium) कहते हैं। कोलाइडल को परिक्षेपण माध्यम (ठोस, द्रव या गैस) की अवस्था और परिक्षिप्त प्रावस्था के अनुसार वर्गीकृत किया जाता है। सारणी 2.1 में कुछ उदाहरण दिए गए हैं।

प्रश्न

1. उदाहरण के साथ समांगी एवं विषमांगी मिश्रणों में विभेद कीजिए।

2. विलयन, निलंबन और कोलाइड एक-दूसरे से किस प्रकार भिन्न हैं?

3. एक संतृप्त विलयन बनाने के लिए 36 g सोडियम क्लोराइड को 100 g जल में 293 K पर घोला जाता है। इस तापमान पर इसकी सांद्रता प्राप्त करें।

2.3 भौतिक एवं रासायनिक परिवर्तन

पिछले अध्याय में हमने पदार्थ के भौतिक गुणों के बारे में अध्ययन किया है। ऐसे गुण जिनका हम अवलोकन एवं वर्णन कर सकते हैं, जैसे कि रंग, कठोरता, दृढ़ता, बहाव, घनत्व, द्रवनांक तथा क्वथनांक इत्यादि को भौतिक गुण कहा जाता है।

अवस्थाओं का अंत:रूपांतरण एक भौतिक परिवर्तन है क्योंकि ये परिवर्तन पदार्थों के संघटन में बिना परिवर्तन किए होते हैं और उनकी रासायनिक प्रकृति में भी कोई परिवर्तन नहीं होता है। यद्यपि बर्फ़ जल और वाष्प अलग-अलग दिखते हैं और ये भिन्न-भिन्न भौतिक गुणों को दर्शाते हैं लेकिन ये रासायनिक रूप से समान होते हैं।

जल तथा खाना पकाने वाले तेल दोनों द्रव हैं, लेकिन इनके रासायनिक गुणधर्म भिन्न हैं। इनकी गंध और ज्वलनशीलता में अंतर है। हम जानते हैं कि तेल हवा में जलता है, जबकि जल आग को बुझाता है। तेल का यह रासायनिक गुण जल से इसे अलग करता है। जलना एक रासायनिक परिवर्तन है। जलने की प्रक्रिया में एक पदार्थ दूसरे से क्रिया करके अपने रासायनिक संघटन में परिवर्तन लाता है। रासायनिक परिवर्तन पदार्थ के रासायनिक गुणधर्मों में परिवर्तन लाता है तथा हम नया पदार्थ पाते हैं। रासायनिक परिवर्तन को रासायनिक प्रतिक्रिया भी कहा जाता है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

मोमबत्ती के जलने की प्रक्रिया में भौतिक एवं रासायनिक दोनों परिवर्तन होते हैं। क्या आप इनकी पहचान कर सकते हैं?

प्रश्न

1. निम्न को रासायनिक और भौतिक परिवर्तनों में वर्गीकृत करें :
- *पेड़ों को काटना,*
- *मक्खन का एक बर्तन में पिघलना,*
- *अलमारी में जंग लगना,*
- *जल का उबलकर वाष्प बनना,*
- *विद्युत तरंग का जल में प्रवाहित होना तथा उसका हाइड्रोजन और ऑक्सीजन गैसों में विघटित होना,*
- *जल में साधारण नमक का घुलना,*
- *फलों से सलाद बनाना तथा*
- *लकड़ी और कागज़ का जलना।*

2. अपने आस-पास की चीज़ों को शुद्ध पदार्थों या मिश्रण से अलग करने का प्रयत्न करें।

2.4 शुद्ध पदार्थों के क्या प्रकार हैं?

पदार्थों को उनके रासायनिक संघटन के आधार पर तत्वों या यौगिकों में वर्गीकृत किया जा सकता है।

2.4.1 तत्व

रॉबर्ट बायल पहले वैज्ञानिक थे, जिन्होंने सन् 1661 में सर्वप्रथम तत्व शब्द का प्रयोग किया। फ्रांस के रसायनज्ञ एंटोनी लॉरेंट लवाइजिए (सन् 1743 – सन् 1794) ने सबसे पहले तत्व की परिभाषा को प्रयोग द्वारा प्रतिपादित किया। उनके अनुसार तत्व पदार्थ का वह मूल रूप है जिसे रासायनिक प्रतिक्रिया द्वारा अन्य सरल पदार्थों में विभाजित नहीं किया जा सकता।

तत्वों को साधारणतया धातु, अधातु तथा उपधातु में वर्गीकृत किया जा सकता है।

धातुएँ प्रायः दिए हुए निम्न गुणधर्मों में से सभी को या कुछ को प्रदर्शित करती हैं।

- ये चमकीली होती हैं।
- ये चाँदी जैसी सफ़ेद या सोने की तरह पीले रंग की होती हैं।
- ये ताप तथा विद्युत की सुचालक होती हैं।
- ये तन्य होती हैं (और इनको तार के रूप में खींचा जा सकता है)।
- ये आघातवर्ध्य होती हैं। इनको पीटकर महीन चादरों में ढाला जा सकता है।
- ये प्रतिध्वनिपूर्ण होती हैं।

सोना, चाँदी, ताँबा, लोहा, सोडियम, पोटैशियम इत्यादि धातु के उदाहरण हैं। पारा धातु होते हुए भी कमरे के तापमान पर द्रव है।

अधातुएँ दिए गए निम्न गुणों में से प्रायः कुछ को या सभी को प्रदर्शित करती हैं:
- ये विभिन्न रंगों की होती हैं।
- ये ताप और विद्युत की कुचालक होती हैं।
- ये चमकीली, प्रतिध्वनिपूर्ण और आघातवर्ध्य नहीं होती हैं।

हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, आयोडीन, कार्बन, (कोल, कोक), ब्रोमीन, क्लोरीन इत्यादि अधातुओं के उदाहरण हैं। कुछ तत्व धातु और अधातु के बीच के गुणों को दर्शाते हैं, जिन्हें उपधातु (metalloid) कहा जाता है, जैसे बोरान, सिलिकन, जर्मेनियम इत्यादि।

इसे भी जानें
- अभी तक ज्ञात तत्वों की संख्या 100 से अधिक है। इनमें से 92 तत्व प्राकृतिक हैं जबकि शेष मानव-निर्मित हैं।
- अधिकतर तत्व ठोस हैं।
- 11 तत्व कमरे के तापमान पर गैसें हैं।
- 2 तत्व पारा तथा ब्रोमीन कमरे के तापमान पर द्रव हैं।
- गैलियम तथा सीज़ियम तत्व कमरे के तापमान (303 K) से कुछ अधिक तापमान पर द्रव अवस्था ले लेते हैं।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

2.4.2 यौगिक

एक यौगिक वह पदार्थ है जो कि दो या दो से अधिक तत्वों के नियत अनुपात में रासायनिक तौर पर संयोजन से बना है।

जब दो या दो से अधिक तत्व आपस में मिलते हैं तो हम क्या पाते हैं?

क्रियाकलाप 2.4

- कक्षा को दो समूहों में विभक्त करें। दोनों समूहों को 50 g लोहे का चूर्ण और 3 g सल्फ़र, एक चीनी मिट्टी की प्याली में दें।

समूह I

- लोहे के चूर्ण और सल्फ़र पाउडर को पीसकर मिलाएँ।

समूह II

- लोहे के चूर्ण और सल्फ़र पाउडर को पीसकर मिलाएँ। मिश्रण को तीव्र ताप पर लाल होने तक गर्म करें। अब ज्वाला को हटा दें तथा मिश्रण को ठंडा होने दें।

समूह I और II

- प्राप्त सामग्री में चुंबकीय गुण की जाँच करें। सामाग्री के निकट एक चुंबक को लाएँ। जाँच करें कि क्या सामग्री चुंबक की ओर आकर्षित होती है?
- दोनों समूहों द्वारा प्राप्त सामग्री के रंग और बनावट की तुलना करें।
- प्राप्त सामग्री के एक भाग में कार्बन डाइसल्फाइड मिलाएँ। मिश्रण अच्छी तरह मिलाएँ तथा छान लें।
- प्राप्त पदार्थ के दूसरे भाग में तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल या तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल को मिलाएँ। (इस क्रियाकलाप के लिए अध्यापक का निर्देशन आवश्यक है।)
- इस क्रियाकलाप को लोहा तथा सल्फर तत्वों के साथ अलग-अलग दोहराएँ। अवलोकनों को नोट करें।

अब उत्तर दें

- *क्या दोनों समूहों द्वारा प्राप्त सामग्री दिखने में समान है?*
- *किस समूह द्वारा प्राप्त सामग्री में चुंबकीय गुण विद्यमान है?*
- *क्या प्राप्त सामग्री के घटकों को हम पृथक् करने में सक्षम हैं।*
- *क्या तनु सल्फ़्यूरिक अम्ल या तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल सामग्री पर डालने से दोनों समूहों को गैस प्राप्त होती है? क्या दोनों स्थितियों में प्राप्त गैस की गंध समान है या अलग-अलग है?*

समूह I द्वारा प्राप्त गैस हाइड्रोजन है। यह रंगहीन, गंधहीन और ज्वलनशील है। इसकी ज्वलनशीलता की जाँच कक्षा में न करें।

समूह II द्वारा प्राप्त गैस हाइड्रोजन सल्फ़ाइड है। यह रंगहीन गैस है और इसकी गंध सड़े हुए अंडे जैसी है।

आपने पाया कि दोनों समूहों द्वारा प्राप्त पदार्थ भिन्न गुणों को दर्शाते हैं। यद्यपि प्रारंभ में दिए गए पदार्थ समान थे, समूह I की क्रिया के फलस्वरूप भौतिक परिवर्तन हुआ जबकि समूह II की क्रिया के फलस्वरूप पदार्थों में रासायनिक परिवर्तन हुआ।

- समूह I द्वारा प्राप्त सामग्री दो पदार्थों का मिश्रण है। दिए गए पदार्थ लोहा तथा सल्फ़र हैं।
- मिश्रण का गुण उन दोनों मिले हुए तत्वों के गुण के समान है।
- समूह II द्वारा प्राप्त सामग्री यौगिक है।

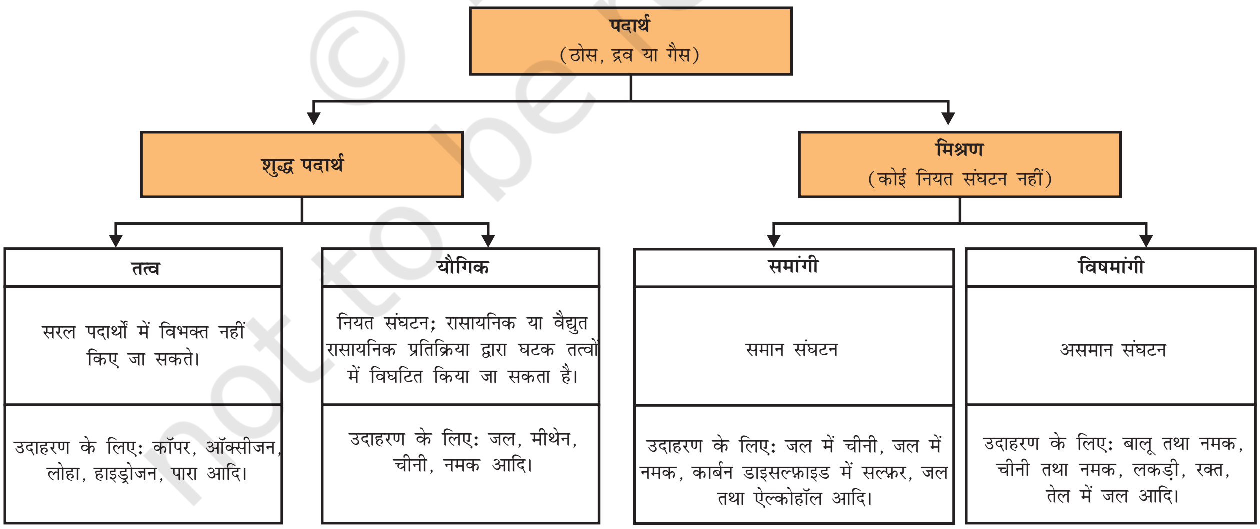
Reprint 2025-26

सारणी 2.2: मिश्रण तथा यौगिक

मिश्रण	यौगिक
1. तत्व या यौगिक केवल मिश्रण बनाने के लिए मिलते हैं। किंतु किसी नए यौगिक का निर्माण नहीं करते।	1. तत्व क्रिया करके नए यौगिक का निर्माण करते हैं।
2. मिश्रण का संघटन परिवर्तनीय होता है।	2. नए पदार्थ का संघटन सदैव स्थायी होता है।
3. मिश्रण उसमें उपस्थित घटकों के गुणधर्मों को दर्शाता है।	3. नए पदार्थ के गुणधर्म पूरी तरह से भिन्न होते हैं।
4. घटकों को भौतिक विधियों द्वारा सुगमता से पृथक् किया जा सकता है।	4. घटकों को केवल रासायनिक या वैद्युत रासायनिक प्रतिक्रिया द्वारा ही पृथक् किया जा सकता है।

- दोनों तत्वों को तीव्रता से गर्म करने पर हमने यौगिक पाया, जिसका गुण मिले हुए तत्वों से पूरी तरह भिन्न है।
- यौगिक का संघटन पूरे पदार्थ में समान है। हम यह भी देख सकते हैं कि यौगिक की बनावट और रंग भी सभी स्थानों पर समान है।

इस प्रकार संक्षेप में हम पदार्थ की भौतिक और रासायनिक प्रकृति को निम्न आरेख द्वारा व्यवस्थित कर सकते हैं।



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

आपने क्या सीखा

- मिश्रण में एक से अधिक पदार्थ (तत्व तथा/अथवा यौगिक) किसी भी अनुपात में मिले होते हैं।
- मिश्रणों को पृथक् करने के लिए उचित विधियों से शुद्ध पदार्थों में पृथक्करण किया जा सकता है।
- विलयन दो या दो से अधिक पदार्थों का समांगी मिश्रण है। विलयन के बड़े अवयव को विलायक कहते हैं तथा अवयव को विलेय कहते हैं।
- विलयन की सांद्रता उसके इकाई आयतन में उपस्थित विलेय का द्रव्यमान अथवा आयतन है।
- वह पदार्थ जो विलायक में अघुलनशील तथा आँखों से देखा जा सकता है, निलंबन कहलाता है। निलंबन एक विषमांगी मिश्रण होता है।
- कोलाइड एक विषमांगी मिश्रण है, जिसके कणों का आकार इतना छोटा है कि उन्हें सरलता से देखा नहीं जा सकता, किंतु इतना बड़ा है कि ये प्रकाश का फैलाव कर सकने में सक्षम होते हैं। कोलाइड उद्योगों में तथा दैनिक जीवन में महत्वपूर्ण है। विलेय कणों को परिक्षिप्त प्रावस्था कहते हैं और विलायक जिसमें ये पूरी तरह से वितरित रहते हैं, उसे परिक्षेपण माध्यम कहते हैं।
- शुद्ध पदार्थ तत्व या यौगिक हो सकते हैं। तत्व पदार्थ का मूल रूप होता है, जिसे रासायनिक क्रिया द्वारा सरल पदार्थों में विभाजित नहीं किया जा सकता है। यौगिक वह पदार्थ है जो दो या दो से अधिक तत्वों के स्थिर अनुपात में रासायनिक रूप में संयोजन से निर्मित होता है।
- यौगिकों के गुण उसमें निहित तत्वों के गुणों से भिन्न होते हैं, जबकि मिश्रण में उपस्थित तत्व और यौगिक अपने-अपने गुणों को दर्शाते हैं।

अभ्यास

1. निम्नलिखित को पृथक् करने के लिए आप किन विधियों को अपनाएँगे?
   (a) सोडियम क्लोराइड को जल के विलयन से पृथक् करने में।
   (b) अमोनियम क्लोराइड को सोडियम क्लोराइड तथा अमोनियम क्लोराइड के मिश्रण से पृथक् करने में।
   (c) धातु के छोटे टुकड़े को कार के इंजन आयॅल से पृथक् करने में।
   (d) दही से मक्खन निकालने के लिए।

Reprint 2025-26

(e) जल से तेल निकालने के लिए।

(f) चाय से चाय की पत्तियों को पृथक् करने में।

(g) बालू से लोहे की पिनों को पृथक् करने में।

(h) भूसे से गेहूँ के दानों को पृथक् करने में।

(i) पानी में तैरते हुए महीन मिट्टी के कण को पानी से अलग करने के लिए।

(j) पुष्प की पंखुड़ियों के निचोड़ से विभिन्न रंजकों को पृथक् करने में।

2. चाय तैयार करने के लिए आप किन-किन चरणों का प्रयोग करेंगे। विलयन, विलायक, विलेय, घुलना, घुलनशील, अघुलनशील, घुलेय (फ़िल्ट्रेट) तथा अवशेष शब्दों का प्रयोग करें।

3. प्रज्ञा ने तीन अलग-अलग पदार्थों की घुलनशीलताओं को विभिन्न तापमान पर जाँचा तथा नीचे दिए गए आँकड़ों को प्राप्त किया। प्राप्त हुए परिणामों को 100 g जल में विलेय पदार्थ की मात्रा, जो संतृप्त विलयन बनाने हेतु पर्याप्त है, निम्नलिखित तालिका में दर्शाया गया है।

विलेय पदार्थ	तापमान K में				
	283	293	313	333	353
पोटैशियम नाइट्रेट	21	32	62	106	167
सोडियम क्लोराइड	36	36	36	37	37
पोटैशियम क्लोराइड	35	35	40	46	54
अमोनियम क्लोराइड	24	37	41	55	66

(a) 50 g जल में 313 K पर पोटैशियम नाइट्रेट के संतृप्त विलयन को प्राप्त करने हेतु कितने ग्राम पोटैशियम नाइट्रेट की आवश्यकता होगी?

(b) प्रज्ञा 353 K पर पोटैशियम क्लोराइड का एक संतृप्त विलयन तैयार करती है और विलयन को कमरे के तापमान पर ठंडा होने के लिए छोड़ देती है। जब विलयन ठंडा होगा तो वह क्या अवलोकित करेगी? स्पष्ट करें।

(c) 293 K पर प्रत्येक लवण की घुलनशीलता का परिकलन करें। इस तापमान पर कौन-सा लवण सबसे अधिक घुलनशील होगा?

(d) तापमान में परिवर्तन से लवण की घुलनशीलता पर क्या प्रभाव पड़ता है?

4. निम्न की उदाहरण सहित व्याख्या करें:

(a) संतृप्त विलयन

(b) शुद्ध पदार्थ

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

(c) कोलाइड
(d) निलंबन

5. निम्नलिखित में से प्रत्येक को समांगी और विषमांगी मिश्रणों में वर्गीकृत करें:
सोडा जल, लकड़ी, बर्फ़, वायु, मिट्टी, सिरका, छनी हुई चाय।

6. आप किस प्रकार पुष्टि करेंगे कि दिया हुआ रंगहीन द्रव शुद्ध जल है?

7. निम्नलिखित में से कौन-सी वस्तुएँ शुद्ध पदार्थ हैं?
(a) बर्फ़
(b) दूध
(c) लोहा
(d) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल
(e) कैल्सियम ऑक्साइड
(f) पारा
(g) ईंट
(h) लकड़ी
(i) वायु

8. निम्नलिखित मिश्रणों में से विलयन की पहचान करें।
(a) मिट्टी
(b) समुद्री जल
(c) वायु
(d) कोयला
(e) सोडा जल

9. निम्नलिखित में से कौन टिनडल प्रभाव को प्रदर्शित करेगा?
(a) नमक का घोल
(b) दूध
(c) कॉपर सल्फ़ेट का विलयन
(d) स्टार्च विलयन

10. निम्नलिखित को तत्व, यौगिक तथा मिश्रण में वर्गीकृत करें:
(a) सोडियम
(b) मिट्टी
(c) चीनी का घोल
(d) चाँदी
(e) कैल्सियम कार्बोनेट
(f) टिन
(g) सिलिकन

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

(h) कोयला
(i) वायु
(j) साबुन
(k) मीथेन
(l) कार्बन डाइऑक्साइड
(m) रक्त

11. निम्नलिखित में से कौन–कौन से परिवर्तन रासायनिक हैं?
(a) पौधों की वृद्धि
(b) लोहे में जंग लगना
(c) लोहे के चूर्ण तथा बालू को मिलाना
(d) खाना पकाना
(e) भोजन का पाचन
(f) जल से बर्फ़ बनना
(g) मोमबत्ती का जलना

समूह क्रियाकलाप

एक मिट्टी का मटका, बालू तथा कुछ कंकड़ लें। मटमैले जल को साफ़ करने हेतु छोटे स्तर पर एक छानक युक्ति (Filteration plant) की डिज़ाइन बनाएँ।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

0965CH03

अध्याय 3

परमाणु एवं अणु
(Atoms and Molecules)

प्राचीन भारतीय एवं ग्रीक दार्शनिक द्रव्य के अज्ञात एवं अदृश्य रूपों से सदैव चकित होते रहे। पदार्थ की विभाज्यता के मत के बारे में भारत में बहुत पहले, लगभग 500 ईसा पूर्व विचार व्यक्त किया गया था।

भारतीय दार्शनिक महर्षि कनाड (Maharshi Kanad) ने प्रतिपादित किया था कि यदि हम द्रव्य (पदार्थ) को विभाजित करते जाएँ तो हमें छोटे-छोटे कण प्राप्त होते जाएँगे तथा अंत में एक सीमा आएगी जब प्राप्त कण को पुनः विभाजित नहीं किया जा सकेगा अर्थात् वह सूक्ष्मतम कण अविभाज्य रहेगा। इस अविभाज्य सूक्ष्मतम कण को उन्होंने परमाणु कहा। एक अन्य भारतीय दार्शनिक पकुधा कात्यायाम (Pakudha Katyayama) ने इस मत को विस्तृत रूप से समझाया तथा कहा कि ये कण सामान्यतः संयुक्त रूप में पाए जाते हैं, जो हमें द्रव्यों के भिन्न-भिन्न रूपों को प्रदान करते हैं।

लगभग इसी समय ग्रीक दार्शनिक डेमोक्रिटस (Democritus) एवं लियुसीपस (Leucippus) ने सुझाव दिया था कि यदि हम द्रव्य को विभाजित करते जाएँ, तो एक ऐसी स्थिति आएगी जब प्राप्त कण को पुनः विभाजित नहीं किया जा सकेगा। उन्होंने इन अविभाज्य कणों को परमाणु (अर्थात् अविभाज्य) कहा था। ये सभी सुझाव दार्शनिक विचारों पर आधारित थे। इन विचारों की वैधता सिद्ध करने के लिए 18वीं शताब्दी तक कोई अधिक प्रयोगात्मक कार्य नहीं हुए थे।

18वीं शताब्दी के अंत तक वैज्ञानिकों ने तत्वों एवं यौगिकों के बीच भेद को समझा तथा स्वाभाविक रूप से यह पता करने के इच्छुक हुए कि तत्व कैसे तथा क्यों संयोग करते हैं? जब तत्व परस्पर संयोग करते हैं, तब क्या होता है?

वैज्ञानिक आंतवाँ एल. लवाइजिए (Antonie L. Lavoisier) ने रासायनिक संयोजन के दो महत्वपूर्ण नियमों को स्थापित किया जिसने रसायन विज्ञान को महत्वपूर्ण आधार प्रदान किया।

3.1 रासायनिक संयोजन के नियम

लवाइजिए एवं जोजफ एल. प्राउस्ट (Joseph L. Proust) ने बहुत अधिक प्रायोगिक कार्यों के पश्चात् रासायनिक संयोजन के निम्नलिखित दो नियम प्रतिपादित किए।

3.1.1 द्रव्यमान संरक्षण का नियम

जब रासायनिक परिवर्तन (रासायनिक अभिक्रिया) संपन्न होता है, तब क्या द्रव्यमान में कोई परिवर्तन होता है?

क्रियाकलाप 3.1

- निम्न X एवं Y रसायनों का एक युगल लीजिए।

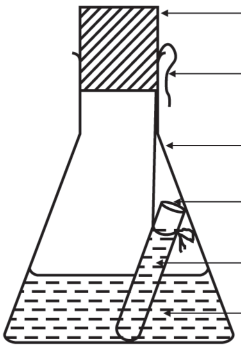
	X	Y
(i)	कॉपर सल्फेट	सोडियम कार्बोनेट
(ii)	बेरियम क्लोराइड	सोडियम सल्फेट
(iii)	लेड नाइट्रेट	सोडियम क्लोराइड

- X एवं Y युगलों की सूची में से किसी एक युगल के रसायनों के अलग-अलग विलयन 10 mL जल में तैयार कीजिए।
- उपरोक्त तैयार युगल विलयनों में से Y के

© NCERT not to be republished

विलयन को एक शंक्वाकार फ्लास्क में लीजिए एवं X के विलयन को एक छोटी परख नली में लीजिए।

- छोटी परख नली को विलय युक्त फ्लास्क में इस प्रकार लटकाइए ताकि दोनों विलयन परस्पर मिश्रित न हों। तत्पश्चात् फ्लास्क के मुख पर एक कार्क चित्र 3.1 की भाँति लगाइए।



चित्र 3.1: *Y के विलयन युक्त शंक्वाकार फ्लास्क में डूबी हुई X के विलयन युक्त छोटी परख नली।*

- अंतर्वस्तु युक्त फ्लास्क को सावधानीपूर्वक तौल लीजिए।
- अब फ्लास्क को झुकाकर इस प्रकार घुमाएँ जिससे X एवं Y के विलयन परस्पर मिश्रित हो जाएँ।
- अब इस फ्लास्क को पुन: तौल लीजिए।
- शंक्वाकार फ्लास्क में क्या अभिक्रिया हुई?
- क्या आप सोचते हैं कि कोई रासायनिक अभिक्रिया हुई?
- फ्लास्क के मुख पर कार्क क्यों लगाते हैं?
- क्या फ्लास्क के द्रव्यमान एवं अंतर्वस्तुओं में कोई परिवर्तन हुआ?

द्रव्यमान संरक्षण के नियम के अनुसार किसी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान का न तो सृजन किया जा सकता है न ही विनाश।

3.1.2 स्थिर अनुपात का नियम

लवाइजिए एवं अन्य वैज्ञानिकों ने इस बात पर प्रकाश डाला कि कोई भी यौगिक दो या दो से अधिक तत्वों से निर्मित होता है। इस प्रकार प्राप्त यौगिकों में, इन तत्वों का अनुपात स्थिर होता है चाहे इसे किसी स्थान से प्राप्त किया गया हो अथवा किसी ने भी इसे बनाया हो।

यौगिक जल में हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन के द्रव्यमानों का अनुपात सदैव 1:8 होता है चाहे जल का स्रोत कोई भी हो। इसी प्रकार यदि 9 g जल का अपघटन करें तो सदैव 1 g हाइड्रोजन तथा 8 g ऑक्सीजन ही प्राप्त होगी। इसी प्रकार अमोनिया (NH_3) में, नाइट्रोजन एवं हाइड्रोजन द्रव्यमानों के अनुसार सदैव 14:3 के अनुपात में विद्यमान रहते हैं, चाहे अमोनिया किसी भी प्रकार से निर्मित हुई हो अथवा किसी भी स्रोत से ली गई हो।

उपरोक्त उदाहरणों से स्थिर अनुपात के नियम की व्याख्या होती है जिसे निश्चित अनुपात का नियम भी कहते हैं। प्राउस्ट ने इस नियम को इस प्रकार से व्यक्त किया था "किसी भी यौगिक में तत्व सदैव एक निश्चित द्रव्यमानों के अनुपात में विद्यमान होते हैं"।

जॉन डाल्टन

जॉन डाल्टन का जन्म सन् 1766 में इंग्लैंड के एक गरीब जुलाहा परिवार में हुआ था। बारह वर्ष की आयु में उन्होंने एक शिक्षक के रूप में अपनी जीविका शुरू की। सात साल बाद वह एक स्कूल के प्रिंसिपल बन गए। सन् 1793 में जॉन डाल्टन एक कॉलेज में गणित, भौतिकी एवं रसायन शास्त्र पढ़ाने के लिए मैनचेस्टर चले गए। वहाँ पर उन्होंने अपने जीवन का अधिकांश समय शिक्षण एवं शोधकार्य में व्यतीत किया। सन् 1808 में इन्होंने अपने परमाणु सिद्धांत को प्रस्तुत किया, जो द्रव्यों के अध्ययन के लिए एक महत्वपूर्ण सिद्धांत साबित हुआ।

वैज्ञानिकों की अगली समस्या इन नियमों की उचित व्याख्या करने की थी। अंग्रेज रसायनज्ञ, जॉन डाल्टन ने

Reprint 2025-26

द्रव्यों की प्रकृति के बारे में एक आधारभूत सिद्धांत प्रस्तुत किया। डाल्टन ने द्रव्यों की विभाज्यता का विचार प्रदान किया जिसे उस समय तक दार्शनिकता माना जाता था। ग्रीक दार्शनिकों के द्वारा द्रव्यों के सूक्ष्मतम अविभाज्य कण, जिसे परमाणु नाम दिया था, उसे डाल्टन ने भी परमाणु नाम दिया। डाल्टन का यह सिद्धांत रासायनिक संयोजन के नियमों पर आधारित था। डाल्टन के परमाणु सिद्धांत ने द्रव्यमान के संरक्षण के नियम एवं निश्चित अनुपात के नियम की युक्तिसंगत व्याख्या की।

डाल्टन के परमाणु सिद्धांत के अनुसार सभी द्रव्य चाहे तत्व, यौगिक या मिश्रण हो, सूक्ष्म कणों से बने होते हैं जिन्हें परमाणु कहते हैं। डाल्टन के सिद्धांत की विवेचना निम्न प्रकार से कर सकते हैं :

(i) सभी द्रव्य परमाणुओं से निर्मित होते हैं, जो कि रासायनिक अभिक्रिया में भाग लेते हैं।
(ii) परमाणु अविभाज्य सूक्ष्मतम कण होते हैं जो रासायनिक अभिक्रिया में न तो सृजित होते हैं न ही उनका विनाश होता है।
(iii) दिए गए तत्व के सभी परमाणुओं का द्रव्यमान एवं रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं।
(iv) भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणुओं के द्रव्यमान एवं रासायनिक गुणधर्म भिन्न-भिन्न होते हैं।
(v) भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु परस्पर छोटी पूर्ण संख्या के अनुपात में संयोग कर यौगिक निर्मित करते हैं।
(vi) किसी भी यौगिक में परमाणुओं की सापेक्ष संख्या एवं प्रकार निश्चित होते हैं।

आप अगले अध्याय में यह अध्ययन करेंगे कि परमाणु में और भी छोटे-छोटे कण विद्यमान होते हैं।

प्रश्न

1. *एक अभिक्रिया में 5.3 g सोडियम कार्बोनेट एवं 6.0 g एसीटिक अम्ल अभिकृत होते हैं। 2.2 g कार्बन डाइऑक्साइड, 8.2 g सोडियम एसीटेट एवं 0.9 g जल उत्पाद के रूप में प्राप्त होते हैं। इस अभिक्रिया द्वारा दिखाइए कि यह परीक्षण द्रव्यमान संरक्षण के नियम के अनुरूप है।*
   सोडियम कार्बोनेट + एसीटिक अम्ल → सोडियम एसीटेट + कार्बन डाइऑक्साइड + जल
2. *हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन द्रव्यमान के अनुसार 1:8 के अनुपात में संयोग करके जल निर्मित करते हैं। 3 g हाइड्रोजन गैस के साथ पूर्ण रूप से संयोग करने के लिए कितने ऑक्सीजन गैस के द्रव्यमान की आवश्यकता होगी?*
3. *डाल्टन के परमाणु सिद्धांत का कौन-सा अभिग्रहीत द्रव्यमान के संरक्षण के नियम का परिणाम है?*
4. *डाल्टन के परमाणु सिद्धांत का कौन-सा अभिग्रहीत निश्चित अनुपात के नियम की व्याख्या करता है?*

3.2 परमाणु क्या होता है?

क्या आपने कभी किसी इमारत की दीवार बनते देखी है? इन दीवारों से एक कमरा एवं कई कमरों के समूह से एक इमारत निर्मित होती है। उस विशाल इमारत की रचनात्मक इकाई क्या है? किसी बाँबी (Ant-Hill) की रचनात्मक इकाई क्या होती है? यह रेत का छोटा-सा कण होता है। इसी प्रकार, सभी द्रव्यों की रचनात्मक इकाई परमाणु होती है।

परमाणु कितने बड़े होते हैं?

परमाणु बहुत छोटे होते हैं। ये किसी भी वस्तु, जिसकी हम कल्पना या तुलना कर सकते हैं, से भी छोटे होते हैं। लाखों परमाणुओं को जब एक के ऊपर एक चट्टे के रूप में रखें, तो बड़ी कठिनाई से कागज की एक शीट जितनी मोटी परत बन पाएगी।

परमाणु त्रिज्या को नेनोमीटर (nm) में मापा जाता है।

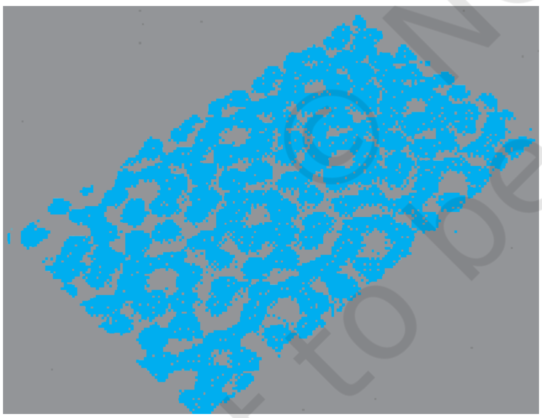
10^{-9} m = 1nm

1m = 10^{9} nm

Reprint 2025-26

सापेक्ष आकार	
त्रिज्या (मीटर में)	**उदाहरण**
10^{-10}	हाइड्रोजन परमाणु
10^{-9}	जल अणु
10^{-8}	हीमोग्लोबिन अणु
10^{-4}	रेत कण
10^{-3}	चींटी
10^{-1}	सेब

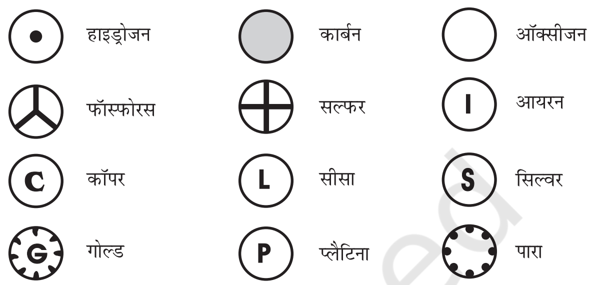
जब परमाणु का आकार इतना सूक्ष्म है कि हम इसे नगण्य मान सकते हैं, तो हम इसके बारे में क्यों सोचें? हम इसके बारे में इसलिए सोचते हैं क्योंकि हमारा पूरा विश्व ही परमाणुओं से बना है। चाहे हम उन्हें देख नहीं सकें, फिर भी वे यहाँ विद्यमान हैं तथा हमारे प्रत्येक क्रियाकलापों पर उनका प्रभाव पड़ता रहता है। अब हम आधुनिक तकनीकों की सहायता से तत्वों की सतहों के आवर्धित प्रतिबिंबों को दिखा सकते हैं, जिनमें उपस्थित परमाणु स्पष्ट दिखाई देते हैं।



चित्र 3.2: सिलिकॉन सतह का प्रतिबिंब

3.2.1 विभिन्न तत्वों के परमाणुओं के आधुनिक प्रतीक क्या हैं?

डाल्टन ऐसे प्रथम वैज्ञानिक थे, जिन्होंने तत्वों के प्रतीकों का प्रयोग अत्यंत विशिष्ट अर्थ में किया। जब उन्होंने किसी तत्व के प्रतीक का प्रयोग किया, तो यह प्रतीक उस तत्व की एक निश्चित मात्रा की ओर इंगित करता था अर्थात् यह प्रतीक तत्व के एक परमाणु को प्रदर्शित करता था। बर्जिलियस ने तत्वों के ऐसे प्रतीकों का सुझाव दिया, जो उन तत्वों के नामों के एक या दो अक्षरों से प्रदर्शित होता था।



चित्र 3.3: डाल्टन द्वारा सुझाए गए कुछ तत्वों के प्रतीक

प्रारंभ में तत्वों के नामों की व्युत्पत्ति उन स्थानों के नामों से की गई, जहाँ वे सर्वप्रथम पाए गए थे। उदाहरणस्वरूप, कॉपर (Copper) का नाम साइप्रस (Cyprus) से व्युत्पन्न हुआ। कुछ तत्वों के नामों को विशिष्ट रंगों से लिया गया। उदाहरणस्वरूप, स्वर्ण (gold) का नाम अंग्रेजी के उस शब्द से लिया गया, जिसका अर्थ होता है पीला।

इंटरनेशनल यूनियन ऑफ प्योर एंड एप्लाइड केमिस्ट्री (IUPAC) एक अन्तर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक संस्था है जो तत्वों के नामों, प्रतीकों और मात्रकों को स्वीकृति प्रदान करती है। अधिकतर तत्वों के प्रतीक उन तत्वों के अंग्रेजी नामों के एक या दो अक्षरों से बने होते हैं। किसी प्रतीक के पहले अक्षर को सदैव बड़े अक्षर (capital letter) में तथा दूसरे अक्षर को छोटे अक्षर (small letter) में लिखा जाता है।

उदाहरणार्थ

(i) हाइड्रोजन, H
(ii) ऐलुमिनियम, Al न कि AL
(iii) कोबाल्ट, Co न कि CO

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

कुछ तत्वों के प्रतीक उनके अंग्रेजी नामों के प्रथम अक्षर तथा बाद में आने वाले किसी एक अक्षर को संयुक्त करके बनाते हैं। उदाहरण : (i) क्लोरीन, Cl, (ii) जिंक, Zn इत्यादि।

अन्य तत्वों के प्रतीकों को लैटिन, जर्मन या ग्रीक भाषाओं में उनके नामों से बनाया गया है। उदाहरणार्थ: लौह (Iron) का प्रतीक Fe है, जो उसके लैटिन नाम फेरम से व्युत्पन्न किया गया है। इसी प्रकार सोडियम का प्रतीक Na तथा पोटैशियम का प्रतीक K क्रमश: नैट्रियम एवं केलियम से व्युत्पन्न हैं। इस प्रकार प्रत्येक तत्व का एक नाम एवं एक अद्वितीय रासायनिक प्रतीक होता है।

3.2.2 परमाणु द्रव्यमान

डाल्टन के परमाणु सिद्धांत की सबसे विशिष्ट संकल्पना परमाणु द्रव्यमान की थी। उनके अनुसार प्रत्येक तत्व का एक अभिलाक्षणिक परमाणु द्रव्यमान होता है। डाल्टन का सिद्धांत स्थिर अनुपात के नियम को इतनी भली-भाँति समझाने में समर्थ था कि वैज्ञानिक इससे प्रेरित होकर परमाणु द्रव्यमान को मापने की ओर अग्रसर हुए। चूँकि एक परमाणु के द्रव्यमान को ज्ञात करना अपेक्षाकृत कठिन कार्य था इसलिए रासायनिक संयोजन के नियमों के उपयोग एवं उत्पन्न यौगिकों के द्वारा सापेक्ष परमाणु द्रव्यमानों को ज्ञात किया गया।

सारणी 3.1: कुछ तत्वों के प्रतीक

तत्व	प्रतीक	तत्व	प्रतीक	तत्व	प्रतीक
ऐलुमिनियम	Al	कॉपर	Cu	नाइट्रोजन	N
आर्गन	Ar	फ्लुओरीन	F	ऑक्सीजन	O
बेरियम	Ba	स्वर्ण (गोल्ड)	Au	पोटैशियम	K
बोरॉन	B	हाइड्रोजन	H	सिलिकॉन	Si
ब्रोमीन	Br	आयोडीन	I	चाँदी (सिल्वर)	Ag
कैल्सियम	Ca	आयरन	Fe	सोडियम	Na
कार्बन	C	सीसा	Pb	सल्फर	S
क्लोरीन	Cl	मैग्नीशियम	Mg	यूरेनियम	U
कोबाल्ट	Co	नियॉन	Ne	जिंक	Zn

(जब कभी आप तत्वों का अध्ययन करें, तो आपके संदर्भ के लिए उपरोक्त सारणी दी गई है। इस पूरी सारणी को एक बार में याद करने की आवश्यकता नहीं है। समय-समय पर एवं बार-बार उपयोग करते रहने से आप स्वत: ही इन प्रतीकों को निर्मित करना सीख जाएँगे।)

हम यहाँ पर एक यौगिक, कार्बन मोनोक्साइड (CO) का उदाहरण लेते हैं, जो कार्बन एवं ऑक्सीजन द्वारा निर्मित होता है। प्रायोगिक तौर पर यह निरीक्षित किया गया कि 3 g कार्बन तथा 4 g ऑक्सीजन के संयोजन से कार्बन मोनोक्साइड निर्मित हुई है। दूसरे शब्दों में कहा जा सकता है कि कार्बन अपने 4/3 गुणा अधिक

© NCERT not to be republished

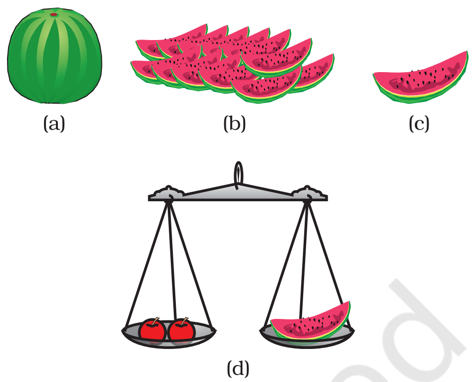
Reprint 2025-26

द्रव्यमान वाले ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होती है। मान लीजिए, हम परमाणु द्रव्यमान की इकाई को एक कार्बन परमाणु द्रव्यमान के बराबर मानते हैं तो कार्बन परमाणु को 1.0 u तथा ऑक्सीजन परमाणु द्रव्यमान को 1.33 u निर्दिष्ट करेंगे। (प्रारंभ में परमाणु द्रव्यमान को amu द्वारा संक्षेप में लिखते थे, लेकिन आजकल IUPAC के नवीनतम अनुमोदन द्वारा इसको 'u' –यूनीफाइड द्रव्यमान द्वारा प्रदर्शित करते हैं।) लेकिन द्रव्यमानों की इकाई को यथासंभव पूर्णांक या लगभग पूर्णांक में व्यक्त करना अधिक सुविधाजनक होता है। आगे चलकर वैज्ञानिकों ने परमाणु द्रव्यमानों की भिन्न–भिन्न इकाइयों के बारे में विचार व्यक्त किए। वैज्ञानिक जब विभिन्न परमाणु द्रव्यमानों की इकाइयों के बारे में शोधरत थे तो उन्होंने प्रारंभ में प्रकृतिजन्य ऑक्सीजन परमाणु के द्रव्यमान के 1/16 भाग को इकाई के रूप में लिया। दो कारणों से इसे सुसंगत समझा गया:

- ऑक्सीजन अनेक तत्वों के साथ अभिक्रिया करके यौगिक बनाता है।
- इस परमाणु द्रव्यमान इकाई द्वारा अधिकांश तत्वों के परमाणु द्रव्यमान पूर्णांक में प्राप्त होते हैं।

तथापि, 1961 में परमाणु द्रव्यमानों को ज्ञात करने के लिए परमाणु द्रव्यमान इकाई कार्बन–12 समस्थानिक (आइसोटोप) को मानक संदर्भ के रूप में सार्वभौमिक रूप से स्वीकार किया गया था। कार्बन–12 समस्थानिक के एक परमाणु द्रव्यमान के 1/12 वें भाग को मानक परमाणु द्रव्यमान इकाई के रूप में लेते हैं। कार्बन-12 समस्थानिक के एक परमाणु द्रव्यमान के सापेक्ष सभी तत्वों के परमाणु द्रव्यमान प्राप्त किए गए।

कल्पना कीजिए कि एक फल विक्रेता बिना मानक भार के फल बेच रहा है। वह एक तरबूज लेकर कहता है कि “इसका द्रव्यमान 12 इकाई है” (12 तरबूजीय इकाई अथवा 12 फल द्रव्यमान इकाई)। वह तरबूज के 12 बराबर टुकड़े करता है तथा पाता है कि उसके द्वारा बेचे जा रहे प्रत्येक फल का द्रव्यमान तरबूज के एक टुकड़े के द्रव्यमान के सापेक्ष है। जैसा कि चित्र 3.4 में दिखाया गया है, अब वह फलों को सापेक्ष फल द्रव्यमान इकाई (fmu) में बेचता है।



***चित्र* 3.4 : (a) तरबूज (b) 12 टुकड़े (c) तरबूज का 1/12 वाँ भाग (d) तरबूज के टुकड़ों का उपयोग करके वह फल विक्रेता फलों को कैसे तौल सकता है**

किसी तत्व के सापेक्षिक परमाणु द्रव्यमान को उसके परमाणुओं के औसत द्रव्यमान का कार्बन–12 परमाणु के द्रव्यमान के 1/12वें भाग के अनुपात द्वारा परिभाषित किया जाता है।

सारणी 3.2: कुछ तत्वों के परमाणु द्रव्यमान

तत्व	परमाणु द्रव्यमान (u)
हाइड्रोजन	1
कार्बन	12
नाइट्रोजन	14
ऑक्सीजन	16
सोडियम	23
मैग्नीशियम	24
सल्फर	32
क्लोरीन	35.5
कैल्सियम	40

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

3.2.3 परमाणु किस प्रकार अस्तित्व में रहते हैं?

अधिकांश तत्वों के परमाणु स्वतंत्र रूप से अस्तित्व में नहीं रह पाते। परमाणु अणु एवं आयन बनाते हैं। ये अणु अथवा आयन अत्यधिक संख्या में पुंजित होकर वह द्रव्य बनाते हैं, जिसे हम देख सकते हैं, अनुभव कर सकते हैं अथवा छू सकते हैं।

प्रश्न

1. परमाणु द्रव्यमान इकाई को परिभाषित कीजिए।

2. एक परमाणु को आँखों द्वारा देखना क्यों संभव नहीं होता है?

3.3. अणु क्या है?

साधारणतया अणु ऐसे दो या दो से अधिक परमाणुओं का समूह होता है जो आपस में रासायनिक बंध द्वारा जुड़े होते हैं अथवा वे परस्पर आकर्षण बल के द्वारा कसकर जुड़े होते हैं। अणु को किसी तत्व अथवा यौगिक के उस सूक्ष्मतम कण के रूप में परिभाषित कर सकते हैं जो स्वतंत्र रूप से अस्तित्व में रह सकता है तथा जो उस यौगिक के सभी गुणधर्म को प्रदर्शित करता है। एक ही तत्व के परमाणु अथवा भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु परस्पर संयोग करके अणु निर्मित करते हैं।

3.3.1 तत्वों के अणु

किसी तत्व के अणु एक ही प्रकार के परमाणुओं द्वारा संरचित होते हैं। आर्गन (Ar), हीलियम (He) इत्यादि जैसे अनेक तत्वों के अणु उसी तत्व के केवल एक परमाणु द्वारा निर्मित होते हैं। लेकिन अधिकांश अधातुओं में ऐसा नहीं होता है। उदाहरणार्थ, ऑक्सीजन अणु दो ऑक्सीजन परमाणुओं से बनता है, इसलिए इसे द्वि-परमाणुक अणु, O_2 कहते हैं। यदि सामान्यत: 2 के स्थान पर 3 ऑक्सीजन परमाणु परस्पर संयोग करते हैं तो हमें ओजोन, O_3 प्राप्त होता है। किसी अणु की संरचना में प्रयुक्त होने वाले परमाणुओं की संख्या को उस अणु की परमाणुकता कहते हैं।

धातु अणुओं एवं कुछ अन्य तत्वों के अणुओं जैसे कि कार्बन के अणुओं की सरल संरचना नहीं होती है किंतु उनके अणुओं में असीमित परमाणु परस्पर बँधे होते हैं।

आइए, कुछ तत्वों की परमाणुकता का अवलोकन करें।

सारणी 3.3: कुछ तत्वों की परमाणुकता

तत्वों के प्रकार	नाम	परमाणुकता
अधातु	आर्गन	एक परमाणुक
	हीलियम	एक परमाणुक
	ऑक्सीजन	द्विपरमाणुक
	हाइड्रोजन	द्विपरमाणुक
	नाइट्रोजन	द्विपरमाणुक
	क्लोरीन	द्विपरमाणुक
	फॉस्फोरस	चतुर्परमाणुक
	सल्फर	बहुपरमाणुक
धातु	सोडियम	एकपरमाणुक
	आयरन	एकपरमाणुक
	ऐलुमिनियम	एकपरमाणुक
	कॉपर	एकपरमाणुक

3.3.2 यौगिकों के अणु

भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु एक निश्चित अनुपात में परस्पर जुड़कर यौगिकों के अणु निर्मित करते हैं। सारणी 3.4 में कुछ उदाहरण दिए गए हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

सारणी 3.4: कुछ यौगिकों के अणु

यौगिक	संयुक्त तत्व	द्रव्यमान अनुपात
जल	हाइड्रोजन, ऑक्सीजन	1:8
अमोनिया	नाइट्रोजन, हाइड्रोजन	14:3
कार्बन डाइऑक्साइड	कार्बन, ऑक्सीजन	3:8

क्रियाकलाप 3.2

- अणुओं में विद्यमान परमाणुओं के द्रव्यमान अनुपातों के लिए सारणी 3.4 एवं तत्वों के परमाणु द्रव्यमानों के लिए सारणी 3.2 देखिए। सारणी 3.4 में दिए गए यौगिकों के अणुओं में प्रयुक्त तत्वों के परमाणुओं की संख्या के अनुपातों को ज्ञात कीजिए।
- जल अणु में प्रयुक्त परमाणुओं की संख्याओं का अनुपात निम्न प्रकार से प्राप्त किया जा सकता है :

तत्व	द्रव्यमान अनुपात	परमाणु द्रव्यमान (u)	द्रव्यमान अनुपात/ परमाणु द्रव्यमान	सरलतम अनुपात
H	1	1	$\frac{1}{1}=1$	2
O	8	16	$\frac{8}{16}=\frac{1}{2}$	1

- इस प्रकार, जल अणु में प्रयुक्त परमाणुओं की संख्याओं का अनुपात H:O = 2:1

3.3.3 आयन क्या होता है?

धातु एवं अधातु युक्त यौगिक आवेशित कणों से बने होते हैं। इन आवेशित कणों को आयन कहते हैं। आयन एक आवेशित परमाणु अथवा परमाणुओं का एक ऐसा समूह होता है जिस पर नेट आवेश विद्यमान होता है। यह ऋण आवेश अथवा धन आवेश होता है। ऋण आवेशित आयन को ऋणायन (anion) तथा धन आवेशित आयन को धनायन (cation) कहते हैं। उदाहरण के लिए सोडियम क्लोराइड ($NaCl$) को लीजिए। इसमें धनात्मक सोडियम आयन (Na^+) तथा ऋणात्मक क्लोराइड आयन (Cl^-) संघटक कण के रूप में विद्यमान होते हैं। परमाणुओं के समूह जिन पर नेट आवेश विद्यमान हो उसे बहुपरमाणुक आयन कहते हैं (सारणी 3.6)। हम आयनों के निर्माण के बारे में अध्याय-4 में और अधिक जानकारी प्राप्त करेंगे।

सारणी 3.5: कुछ आयनिक यौगिक

आयनिक यौगिक	संघटक तत्व	द्रव्यमान अनुपात
कैल्सियम ऑक्साइड	कैल्सियम एवं ऑक्सीजन	5:2
मैग्नीशियम सल्फाइड	मैग्नीशियम एवं सल्फर	3:4
सोडियम क्लोराइड	सोडियम एवं क्लोरीन	23:35.5

3.4 रासायनिक सूत्र लिखना

किसी यौगिक का रासायनिक सूत्र उसके संघटक का प्रतीकात्मक निरूपण होता है। भिन्न-भिन्न यौगिकों के रासायनिक सूत्र सरलतापूर्वक लिखे जा सकते हैं। इस अभ्यास के लिए हमें तत्वों के प्रतीकों एवं उनकी संयोजन क्षमताएँ ज्ञात होनी चाहिए।

किसी तत्व की संयोजन शक्ति (अथवा क्षमता) उस तत्व की संयोजकता कहलाती है। किसी एक तत्व के परमाणु दूसरे तत्व के परमाणुओं के साथ किस प्रकार से संयुक्त होकर एक रासायनिक यौगिक का निर्माण करते हैं? इसको ज्ञात करने के लिए संयोजकता का उपयोग करते हैं। किसी तत्व के परमाणु की संयोजकता को उसके हाथ अथवा भुजा के रूप में विचार किया जा सकता है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

सारणी 3.6: कुछ सामान्य, सरल एवं बहुपरमाणुक आयन

संयोज-कता	आयन का नाम	संकेत	अधात्विक तत्व	संकेत	बहुपरमाणुक आयन	संकेत
1.	सोडियम	Na^+	हाइड्रोजन	H^+	अमोनियम	NH_4^+
	पोटैशियम	K^+	हाइड्राइड	H^-	हाइड्रॉक्साइड	OH^-
	सिल्वर	Ag^+	क्लोराइड	Cl^-	नाइट्रेट	NO_3^-
	कॉपर (I)*	Cu^+	ब्रोमाइड	Br^-	हाइड्रोजन	
			आयोडाइड	I^-	कार्बोनेट	HCO_3^-
2.	मैग्नीशियम	Mg^{2+}	ऑक्साइड	O^{2-}	कार्बोनेट	CO_3^{2-}
	कैल्सियम	Ca^{2+}	सल्फाइड	S^{2-}	सल्फाइट	SO_3^{2-}
	जिंक	Zn^{2+}			सल्फेट	SO_4^{2-}
	आयरन (II)*	Fe^{2+}				
	कॉपर (II)*	Cu^{2+}				
3.	ऐलुमिनियम	Al^{3+}	नाइट्राइड	N^{3-}	फॉस्फेट	PO_4^{3-}
	आयरन (III)*	Fe^{3+}				

* कुछ तत्व एक से अधिक संयोजकता दर्शाते हैं। संयोजकता को कोष्ठकों में रोमन संख्यांक द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

मानव की दो भुजाएँ तथा ऑक्टोपस की आठ भुजाएँ होती हैं। ऑक्टोपस की एक भुजा मानव की केवल एक भुजा पकड़ सकती है। यदि एक ऑक्टोपस को कुछ मानवों को इस प्रकार से पकड़ना है कि उसकी आठ भुजाएँ मानवों की दोनों भुजाओं के साथ प्रयुक्त हो जाएँ तो आपके विचार में ऑक्टोपस कुल कितने मानवों को पकड़ सकता है? अब ऑक्टोपस को O तथा मानव को H से निरूपित कीजिए। क्या आप इस संयोजन के लिए सूत्र लिख सकते हैं? क्या आप OH_4 को सूत्र के रूप में प्राप्त करेंगे? पादांक 4 ऑक्टोपस द्वारा पकड़े गए मानवों की संख्या को प्रदर्शित करता है।

सारणी 3.6 में कुछ सरल एवं बहुपरमाणुक आयनों की संयोजकताएँ दी गई हैं। संयोजकता के बारे में हम और अधिक जानकारी अगले अध्याय में प्राप्त करेंगे। रासायनिक सूत्र लिखते समय आपको निम्न नियमों का पालन करना चाहिए:

- आयन की संयोजकता अथवा आवेश संतुलित होना चाहिए।
- जब एक यौगिक किसी धातु एवं अधातु के संयोग से निर्मित होता है तो धातु के नाम अथवा उसके प्रतीक को रासायनिक सूत्र में पहले लिखते हैं। उदाहरणार्थ: कैल्सियम ऑक्साइड (CaO), सोडियम क्लोराइड (NaCl), आयरन सल्फाइड (FeS), कॉपर ऑक्साइड (CuO) ... इत्यादि, जहाँ पर ऑक्सीजन, क्लोरीन, सल्फर अधातुएँ हैं तथा उन्हें दायीं तरफ लिखते हैं, जबकि कैल्सियम, सोडियम, आयरन एवं कॉपर धातुएँ हैं तथा उन्हें बायीं तरफ लिखते हैं।
- बहुपरमाणुक आयनों द्वारा निर्मित यौगिकों में आयनों की संख्या दर्शाने के लिए आयन को कोष्ठक में लिखकर आयनों की संख्या कोष्ठक के बाहर लिखते हैं उदाहरण $Mg(OH)_2$ है। यदि बहुपरमाणुक आयन की संख्या 1 हो तो कोष्ठक

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

की आवश्यकता नहीं होती। उदाहरण के लिए NaOH ।

3.4.1 सरल यौगिकों के सूत्र

दो भिन्न–भिन्न तत्वों से निर्मित सरलतम यौगिकों को द्विअंगी यौगिक कहते हैं। सारणी 3.6 में कुछ आयनों की संयोजकताएँ दी गई हैं। आप इनका उपयोग यौगिकों के सूत्रों को लिखने के लिए कर सकते हैं।

आण्विक यौगिकों के रासायनिक सूत्र लिखते समय हम पहले संघटक तत्वों के प्रतीक लिखकर उनकी संयोजकताएँ लिखते हैं जैसा कि निम्न उदाहरणों में दर्शाया गया है। तत्पश्चात् संयोजित परमाणुओं की संयोजकताओं को क्रॉस करके (cross over) अणु सूत्र लिखते हैं।

उदाहरण

1. हाइड्रोजन क्लोराइड का सूत्र

तत्व प्रतीक H Cl

संयोजकता 1 1

अतः हाइड्रोजन क्लोराइड का रासायनिक सूत्र HCl है।

2. हाइड्रोजन सल्फाइड के सूत्र

तत्व प्रतीक H S

संयोजकता 1 2

अतः हाइड्रोजन सल्फाइड का सूत्र : H_2S है।

3. कार्बन टेट्राक्लोराइड का सूत्र

तत्व प्रतीक C Cl

संयोजकता 4 1

अतः कार्बन टेट्राक्लोराइड का सूत्र : CCl_4 है।

मैग्नीशियम क्लोराइड का सूत्र ज्ञात करने के लिए पहले हम धनायन का संकेत (Mg^{2+}) लिखते हैं इसके पश्चात् ऋणायन क्लोराइड (Cl^-) लिखते हैं। तत्पश्चात् इनके आवेशों को आड़ा–तिरछा (criss-cross) करके हम सूत्र प्राप्त करते हैं।

4. मैग्नीशियम क्लोराइड का सूत्र

तत्व प्रतीक Mg Cl

आवेश 2+ 1-

अतः सूत्र : $MgCl_2$

इस प्रकार हम देखते हैं कि मैग्नीशियम क्लोराइड के अणु में दो क्लोराइड आयन (Cl^-) प्रत्येक मैग्नीशियम आयन (Mg^{2+}) के लिए होता है। इस प्रकार के आयनिक यौगिकों में धनात्मक तथा ऋणात्मक आवेशों का संतुलन होना चाहिए तथा संपूर्ण संरचना उदासीन होनी चाहिए। ध्यान देने योग्य बात यह है कि इस प्रकार के सूत्रों में आयनों के आवेशों को नहीं दर्शाया जाता है।

5. ऐलुमिनियम ऑक्साइड का सूत्रः

तत्व प्रतीक Al O

आवेश 3+ 2-

अतः सूत्र : Al_2O_3

6. कैल्सियम ऑक्साइड का सूत्रः

तत्व प्रतीक Ca O

आवेश 2+ 2-

यहाँ पर दोनों तत्वों की संयोजकताएँ समान हैं। अतः इसका सूत्र Ca_2O_2 प्राप्त होगा, किंतु हम इस सूत्र को CaO के रूप में सरलीकृत करते हैं।

बहुपरमाणुक आयनों वाले यौगिक

सोडियम नाइट्रेट का सूत्रः

तत्व प्रतीक/सूत्र Na NO_3

आवेश 1+ 1-

अतः सूत्र : $NaNO_3$

कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड का सूत्रः

तत्व प्रतीक/सूत्र Ca OH

आवेश 2+ 1-

अतः सूत्र : $Ca(OH)_2$

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

ध्यान देने योग्य बात यह है कि कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड का सूत्र $Ca(OH)_2$ है न कि $CaOH_2$। जब सूत्र में एक ही आयन के दो या दो से अधिक आयन होते हैं तो हम उनके लिए कोष्ठक का उपयोग करते हैं। यहाँ पर OH को कोष्ठक में रखकर पादांक 2 लगाते हैं जो यह निर्दिष्ट करता है कि एक कैल्सियम परमाणु के साथ दो हाइड्रोक्सील समूह जुड़े हैं। दूसरे शब्दों में, कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड में ऑक्सीजन एवं हाइड्रोजन प्रत्येक के दो-दो परमाणु हैं।

सोडियम कार्बोनेट का सूत्र:

तत्व प्रतीक/सूत्र Na CO_3

आवेश 1+ 2-

अतः सूत्र : Na_2CO_3

उपरोक्त उदाहरण में कोष्ठक के उपयोग की आवश्यकता नहीं है क्योंकि बहुपरमाणुक आयन कार्बोनेट का एक ही आयन विद्यमान है।

अमोनियम सल्फेट का सूत्र:

सूत्र NH_4 SO_4

आवेश 1+ 2-

अतः सूत्र : $(NH_4)_2SO_4$

प्रश्न

1. निम्न के सूत्र लिखिए:
(i) सोडियम ऑक्साइड
(ii) ऐलुमिनियम क्लोराइड
(iii) सोडियम सल्फाइड
(iv) मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड

2. निम्नलिखित सूत्रों द्वारा प्रदर्शित यौगिकों के नाम लिखिए :
(i) $Al_2(SO_4)_3$
(ii) $CaCl_2$
(iii) K_2SO_4
(iv) KNO_3
(v) $CaCO_3$

3. रासायनिक सूत्र का क्या तात्पर्य है?

4. निम्न में कितने परमाणु विद्यमान हैं?
(i) H_2S अणु एवं
(ii) PO_4^{3-} आयन?

3.5 आण्विक द्रव्यमान

अनुभाग 3.2.2 में हम परमाणु द्रव्यमान की अवधारणा की विवेचना कर चुके हैं। इस अवधारणा का विस्तार आण्विक द्रव्यमानों का परिकलन करने के लिए किया जा सकता है। किसी पदार्थ का आण्विक द्रव्यमान उसके सभी संघटक परमाणुओं के द्रव्यमानों का योग होता है। इस प्रकार यह अणु का वह सापेक्ष द्रव्यमान है जिसे परमाणु द्रव्यमान इकाई (u) द्वारा व्यक्त किया जाता है।

उदाहरण 3.1 (a) जल (H_2O) के सापेक्ष आण्विक द्रव्यमान का परिकलन कीजिए।

(b) नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) के आण्विक द्रव्यमान का परिकलन कीजिए।

हल:

(a) हाइड्रोजन का परमाणु द्रव्यमान = 1 u तथा ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान = 16 u है।

अतः जल, जिसमें दो परमाणु हाइड्रोजन एवं एक परमाणु ऑक्सीजन होते हैं, का आण्विक द्रव्यमान

$= 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18$ u होगा।

(b) नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) के आण्विक द्रव्यमान = H का परमाणु द्रव्यमान + N का परमाणु द्रव्यमान + 3 × O का परमाणु द्रव्यमान

हाइड्रोजन का परमाणु द्रव्यमान = 1 u

ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान = 16 u तथा

नाइट्रोजन का परमाणु द्रव्यमान = 14 u होता है।

अतः HNO_3 का आण्विक द्रव्यमान

$= 1\text{ u} + 14\text{ u} + 3 \times 16\text{ u} = 63\text{ u}$ है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

3.5.1 सूत्र इकाई द्रव्यमान

किसी पदार्थ का सूत्र इकाई द्रव्यमान उसके सभी संघटक परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों का योग होता है। सूत्र द्रव्यमान का परिकलन उसी प्रकार से करते हैं जिस प्रकार से हमने आण्विक द्रव्यमान का परिकलन किया है। अंतर केवल इतना होता है कि यहाँ पर हम उस पदार्थ के लिए सूत्र इकाई का उपयोग करते हैं, जिसके संघटक आयन होते हैं। उदाहरणार्थ: सोडियम क्लोराइड (इकाई सूत्र NaCl)। इसके इकाई सूत्र द्रव्यमान का परिकलन निम्न प्रकार से करते हैं:

$1 \times 23\ u + 1 \times 35.5\ u = 58.5\ u$

उदाहरण 3.2 $CaCl_2$ के सूत्र इकाई द्रव्यमान का परिकलन कीजिए

हल:

कैल्सियम क्लोराइड का सूत्र इकाई द्रव्यमान $CaCl_2$ है।

कैल्सियम (Ca) का परमाणु द्रव्यमान = 40 u

क्लोरीन (Cl) का परमाणु द्रव्यमान = 35.5 u

अत: $CaCl_2$ का सूत्र इकाई द्रव्यमान

$= 1 \times 40\ u + 2 \times 35.5\ u = 40\ u + 71\ u$

$= 111\ u$

प्रश्न

1. *निम्न यौगिकों के आण्विक द्रव्यमान का परिकलन कीजिए:*
   H_2, O_2, Cl_2, CO_2, CH_4, C_2H_6, C_2H_4, NH_3 *एवं* CH_3OH
2. *निम्न यौगिकों के सूत्र इकाई द्रव्यमान का परिकलन कीजिए:*
   ZnO, Na_2O *एवं* K_2CO_3
   दिया गया है:
   Zn का परमाणु द्रव्यमान = 65 u
   Na का परमाणु द्रव्यमान = 23 u
   K का परमाणु द्रव्यमान = 39 u,
   C का परमाणु द्रव्यमान = 12 u *एवं*
   O का परमाणु द्रव्यमान = 16 u *है।*

आपने क्या सीखा

- किसी भी अभिक्रिया में, अभिकारकों और उत्पादों के द्रव्यमानों का योग अपरिवर्तनीय होता है। यह द्रव्यमान के संरक्षण का नियम कहलाता है।
- एक शुद्ध रासायनिक यौगिक में तत्व हमेशा द्रव्यमानों के निश्चित अनुपात में विद्यमान होते हैं, इसे निश्चित अनुपात का नियम कहते हैं।
- तत्व का सूक्ष्मतम कण परमाणु होता है, जो स्वतंत्र रूप से प्राय: नहीं रह सकता है तथा उसके सभी रासायनिक गुणधर्मों को प्रदर्शित करता है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- अणु, किसी तत्व अथवा यौगिक का वह सूक्ष्मतम कण होता है जो सामान्य दशाओं में स्वतंत्र रह सकता है। यह पदार्थ के सभी गुणधर्मों को प्रदर्शित करता है।
- किसी यौगिक का रासायनिक सूत्र उसके सभी संघटक तत्वों तथा संयोग करने वाले सभी तत्वों के परमाणुओं की संख्या को दर्शाता है।
- परमाणुओं का वह पुंज जो आयन की तरह व्यवहार करता है, उसे बहुपरमाणुक आयन कहते हैं। उनके ऊपर एक निश्चित आवेश होता है।
- आण्विक यौगिकों के रासायनिक सूत्र प्रत्येक तत्व की संयोजकता द्वारा निर्धारित होते हैं।
- आयनिक यौगिकों में, प्रत्येक आयन के ऊपर आवेशों की संख्या द्वारा यौगिक के रासायनिक सूत्र ज्ञात करते हैं।

अभ्यास

1. 0.24 g ऑक्सीजन एवं बोरॉन युक्त यौगिक के नमूने में विश्लेषण द्वारा यह पाया गया कि उसमें 0.096 g बोरॉन एवं 0.144 g ऑक्सीजन है। उस यौगिक के प्रतिशत संघटन का भारात्मक रूप में परिकलन कीजिए।
2. 3.0 g कार्बन 8.00 g ऑक्सीजन में जलकर 11.00 g कार्बन डाइऑक्साइड निर्मित करता है। जब 3.00 g कार्बन को 50.00 g ऑक्सीजन में जलाएँगे तो कितने ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड का निर्माण होगा? आपका उत्तर रासायनिक संयोजन के किस नियम पर आधारित होगा?
3. बहुपरमाणुक आयन क्या होते हैं? उदाहरण दीजिए।
4. निम्नलिखित के रासायनिक सूत्र लिखिए :
   (a) मैग्नीशियम क्लोराइड
   (b) कैल्सियम क्लोराइड
   (c) कॉपर नाइट्रेट
   (d) ऐलुमिनियम क्लोराइड
   (e) कैल्सियम कार्बोनेट
5. निम्नलिखित यौगिकों में विद्यमान तत्वों का नाम दीजिए:
   (a) बुझा हुआ चूना
   (b) हाइड्रोजन ब्रोमाइड

Reprint 2025-26

(c) बेकिंग पाउडर (खाने वाला सोडा)

(d) पोटैशियम सल्फेट

6. निम्नलिखित पदार्थों के मोलर द्रव्यमान का परिकलन कीजिए:

(a) एथाइन, C_2H_2

(b) सल्फर अणु, S_8

(c) फॉस्फोरस अणु, P_4 (फॉस्फोरस का परमाणु द्रव्यमान = 31)

(d) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, HCl

(e) नाइट्रिक अम्ल, HNO_3

समूह क्रियाकलाप

सूत्र लिखने के लिए एक खेल खेलिए

उदाहरण 1 : तत्वों के संकेतों एवं संयोजकताओं से युक्त अलग-अलग ताश के पत्ते बनाइए। प्रत्येक विद्यार्थी दो ताश के पत्तों को जिसमें से एक संकेत युक्त ताश के पत्ते को दाँए हाथ में तथा दूसरा संयोजकता युक्त ताश के पत्ते को बाँए हाथ में लीजिए। संकेतों को ध्यान में रखते हुए विद्यार्थी अपने ताश के पत्तों को अन्योन्य (criss-cross) (तिर्यक) करके यौगिक का सूत्र बनाएँगे।

उदाहरण 2 : सूत्र लिखने का एक सस्ता मॉडल: दवाओं के उस पैक को जिसमें से गोलियाँ निकाल ली गई हों, लीजिए। जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, तत्व की संयोजकता के अनुसार उसे समूह में काट लीजिए। अब आप एक प्रकार के आयन को दूसरे प्रकार के आयनों में लगाकर सूत्र बना सकते हैं।

उदाहरणार्थ :

सोडियम सल्फेट के सूत्र के लिए:

2 सोडियम आयनों को एक सल्फेट आयन पर लगाइए। अत: सूत्र Na_2SO_4 होगा।

अपने आप कीजिए : सोडियम फॉस्फेट का सूत्र लिखिए।

© NCERT not to be republished

0965CH04

अध्याय 4 परमाणु की संरचना

(Structure of the Atom)

अध्याय 3 में हम पढ़ चुके हैं कि पदार्थ, परमाणुओं और अणुओं से मिलकर बने हैं। विभिन्न प्रकार के पदार्थों का अस्तित्व उन परमाणुओं के कारण होता है, जिनसे वे बने हैं। अब प्रश्न उठता है कि : (i) किसी एक तत्व का परमाणु दूसरे तत्व के परमाणुओं से भिन्न क्यों होता है? और (ii) क्या परमाणु वास्तव में अविभाज्य होते हैं, जैसा कि डाल्टन ने प्रतिपादित किया था या परमाणुओं के भीतर छोटे अन्य घटक भी विद्यमान होते हैं? इस अध्याय में हमें इस प्रश्न का उत्तर मिलेगा। हम अवपरमाणुक कणों और परमाणु के विभिन्न प्रकार के मॉडलों के बारे में पढ़ेंगे, जिनसे यह पता चलता है कि ये कण परमाणु के भीतर किस प्रकार व्यवस्थित होते हैं।

19वीं शताब्दी के अंत में वैज्ञानिकों के समक्ष सबसे बड़ी चुनौती थी, परमाणु की संरचना और उसके गुणों के बारे में पता लगाना। परमाणुओं की संरचना को अनेक प्रयोगों के आधार पर समझाया गया है।

परमाणुओं के अविभाज्य न होने के संकेतों में से एक संकेत स्थिर-विद्युत तथा विभिन्न पदार्थों द्वारा विद्युत चालन की परिस्थितियों के अध्ययन से मिला।

4.1 पदार्थों में आवेशित कण

पदार्थों में आवेशित कणों की प्रकृति को जानने के लिए, आइए हम निम्न क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 4.1

A. सूखे बालों पर कंघी कीजिए। क्या कंघी कागज़ के छोटे-छोटे टुकड़ों को आकर्षित करती है?

B. काँच की एक छड़ को सिल्क के कपड़े पर रगड़िए और इस छड़ को हवा से भरे गुब्बारे के पास लाइए। क्या होता है, ध्यान से देखिए।

इन क्रियाकलापों से क्या हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि दो वस्तुओं को आपस में रगड़ने से उनमें विद्युत आवेश आ जाता है? यह आवेश कहाँ से आता है? इसका उत्तर तब मिला जब यह पता चला कि परमाणु विभाज्य है और आवेशित कणों से बना है।

परमाणु में उपस्थित आवेशित कणों का पता लगाने में कई वैज्ञानिकों ने योगदान दिया।

19वीं शताब्दी तक यह जान लिया गया था कि परमाणु साधारण और अविभाज्य कण नहीं है, बल्कि इसमें कम से कम एक अवपरमाणुक कण इलेक्ट्रॉन विद्यमान होता है, जिसका पता जे. जे. टॉमसन ने लगाया था। इलेक्ट्रॉन के संबंध में जानकारी प्राप्त होने के पहले, ई. गोल्डस्टीन ने 1886 में एक नए विकिरण की खोज की, जिसे उन्होंने 'केनाल रे' का नाम दिया। ये किरणें धनावेशित विकिरण थीं, जिसके द्वारा अंततः दूसरे अवपरमाणुक कणों की खोज हुई। इन कणों का आवेश इलेक्ट्रॉन के आवेश के बराबर, किंतु विपरीत था। इनका द्रव्यमान इलेक्ट्रॉनों की अपेक्षा लगभग 2000 गुणा अधिक होता है। उनको प्रोटॉन नाम दिया गया। सामान्यतः इलेक्ट्रॉन को 'e^-' के द्वारा और प्रोटॉन को– 'p^+' के द्वारा दर्शाया जाता है। प्रोटॉन का द्रव्यमान 1 इकाई और इसका आवेश +1 लिया जाता है। इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान नगण्य और आवेश -1 माना जाता है।

© NCERT not to be republished

ऐसा माना गया कि परमाणु प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन से बने हैं, जो परस्पर आवेशों को संतुलित करते हैं। यह भी प्रतीत हुआ कि प्रोटॉन परमाणु के सबसे भीतरी भाग में होते हैं। इलेक्ट्रॉनों को आसानी से निकाला जा सकता है लेकिन प्रोटॉनों को नहीं। अब सबसे बड़ा प्रश्न यह था कि ये कण परमाणु की संरचना किस प्रकार करते हैं? हमें इस प्रश्न का उत्तर नीचे मिलेगा।

प्रश्न

1. केनाल किरणें क्या हैं?

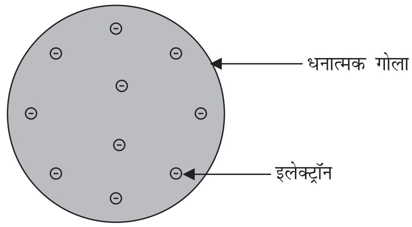
2. यदि किसी परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन और एक प्रोटॉन है, तो इसमें कोई आवेश होगा या नहीं?

4.2 परमाणु की संरचना

हमने अध्याय 3 में डाल्टन के परमाणु सिद्धांत के बारे में पढ़ा है, जिसके अनुसार परमाणु अविभाज्य और अविनाशी था। लेकिन परमाणु के भीतर दो मूल कणों, इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन की खोज ने डाल्टन के परमाणु सिद्धांत की इस धारणा को गलत साबित कर दिया। अब यह जानना आवश्यक था कि इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन परमाणु के भीतर किस तरह व्यवस्थित हैं। इसको समझाने के लिए बहुत से वैज्ञानिकों ने भिन्न-भिन्न प्रकार के मॉडलों को प्रस्तुत किया। जे. जे. टॉमसन पहले वैज्ञानिक थे जिन्होंने परमाणुओं की संरचना से संबंधित पहला मॉडल प्रस्तुत किया।

4.2.1 टॉमसन का परमाणु मॉडल

टॉमसन ने परमाणुओं की संरचना से संबंधित एक मॉडल प्रस्तुत किया, जो क्रिसमस केक की तरह था। इनके अनुसार परमाणु एक धनावेशित गोला था, जिसमें इलेक्ट्रॉन क्रिसमस केक में लगे सूखे मेवों की तरह थे। तरबूज का उदाहरण भी ले सकते हैं, जिसके अनुसार परमाणु में धन आवेश तरबूज के खाने वाले लाल भाग की तरह बिखरा है, जबकि इलेक्ट्रॉन धनावेशित गोले में तरबूज के बीज की भांति धँसे हैं (चित्र 4.1)।



चित्र 4.1: *टॉमसन का परमाणु मॉडल*

ब्रिटिश भौतिकशास्त्री, जे. जे. टॉमसन (1856-1940), का जन्म 18 दिसंबर, 1856 में मैनचेस्टर के कीचम हिल क्षेत्र में हुआ था। इलेक्ट्रॉन की खोज के कारण 1906 में उनको भौतिकशास्त्र में नोबेल पुरस्कार मिला। 35 वर्ष तक वे कैम्ब्रिज में कैवेन्डिश प्रयोगशाला के निदेशक थे और उनके शोध के सात सहयोगियों को भी आगे चलकर नोबेल पुरस्कार मिला।

टॉमसन ने प्रस्तावित किया कि:

(i) परमाणु धन आवेशित गोले का बना होता है और इलेक्ट्रॉन उसमें धँसे होते हैं।

(ii) ऋणात्मक और धनात्मक आवेश परिमाण में समान होते हैं। इसलिए परमाणु वैद्युतीय रूप से उदासीन होते हैं।

यद्यपि टॉमसन के मॉडल से परमाणु के उदासीन होने की व्याख्या हो गई किंतु दूसरे वैज्ञानिकों द्वारा किए गए प्रयोगों के परिणामों को इस मॉडल के द्वारा समझाया नहीं जा सका, जैसा कि हम आगे देखेंगे।

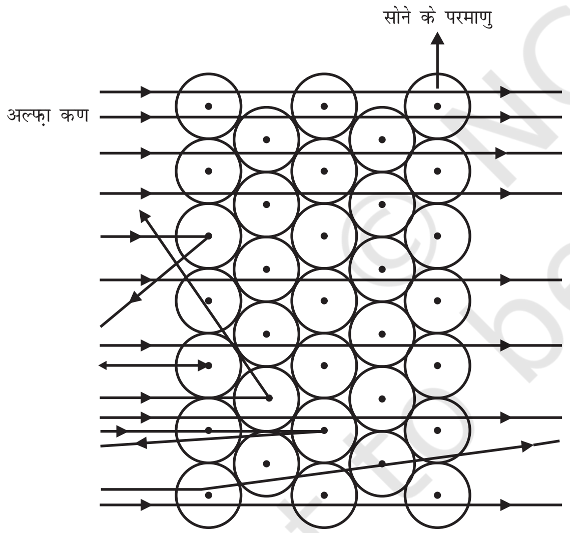
© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

4.2.2 रदरफ़ोर्ड का परमाणु मॉडल

अरनेस्ट रदरफ़ोर्ड यह जानने के इच्छुक थे कि इलेक्ट्रॉन परमाणु के भीतर कैसे व्यवस्थित हैं। उन्होंने एक प्रयोग किया। इस प्रयोग में, तेज़ गति से चल रहे अल्फ़ा कणों को सोने की पन्नी पर टकराया गया।

- इन्होंने सोने की पन्नी इसलिए चुनी क्योंकि वे बहुत पतली परत चाहते थे। सोने की यह पन्नी 1000 परमाणुओं के बराबर मोटी थी।
- अल्फ़ा कण द्विआवेशित हिलीयम कण होते हैं अत: ये धनावेशित होते हैं। चूँकि इनका द्रव्यमान 4 u होता है इसलिए तीव्र गति से चल रहे इन अल्फ़ा कणों में पर्याप्त ऊर्जा होती है।
- यह अनुमान था कि अल्फ़ा कण सोने के परमाणुओं में विद्यमान अवपरमाणुक कणों के द्वारा विक्षेपित होंगे। चूँकि अल्फ़ा कण प्रोटॉन से बहुत अधिक भारी थे, इसलिए उन्होंने इनके अधिक विक्षेपण की आशा नहीं की थी।



चित्र *4.2: सोने की परत द्वारा अल्फ़ा कणों का प्रकीर्णन*

लेकिन अल्फ़ा कण-प्रकीर्णन प्रयोग ने आशा के बिल्कुल विपरीत परिणाम दिया (चित्र 4.2)। इससे निम्नलिखित परिणाम मिले –

(i) तेज़ गति से चल रहे अधिकतर अल्फ़ा कण सोने की पन्नी से सीधे निकल गए।

(ii) कुछ अल्फ़ा कण पन्नी के द्वारा बहुत छोटे कोण से विक्षेपित हुए।

(iii) आश्चर्यजनक रूप से प्रत्येक 12000 कणों में से एक कण वापस आ गया।

रदरफ़ोर्ड के अनुसार, "यह परिणाम उसी प्रकार अविश्वसनीय था, जैसे अगर आप एक 15 इंच के तोप के गोले को टिशू पेपर के टुकड़े पर मारते हैं और वह लौटकर आपको ही चोट पहुँचाता है।"

ई. रदरफ़ोर्ड (1871–1937) का जन्म 30 अगस्त, 1871 में स्प्रिंग ग्रोव में हुआ था। उनको नाभिकीय भौतिकी का जनक माना जाता था। रेडियोधर्मिता पर अपने योगदान और सोने की पन्नी के द्वारा परमाणु के नाभिक की खोज के लिए वे बहुत प्रसिद्ध हुए। 1908 में उनको नोबेल पुरस्कार मिला।

इस प्रयोग के निष्कर्ष को समझने के लिए खुले मैदान में एक क्रियाकलाप करते हैं। मान लें कि एक बच्चा अपनी आँखों को बंद किए हुए एक दीवार के सामने खड़ा है। उसे दीवार पर कुछ दूरी से पत्थर फेंकने को कहें। प्रत्येक पत्थर के दीवार से टकराने के साथ ही वह एक आवाज़ सुनेगा। अगर वह इसे दस बार दोहराएगा तो वह दस बार आवाज़ सुनेगा। लेकिन जब आँख बंद किया हुआ बच्चा तार से घिरी हुई चारदिवारी पर पत्थर फेंकेगा तो अधिकतर पत्थर उस घेरे पर नहीं टकराएँगे और कोई आवाज़ सुनाई नहीं पड़ेगी। क्योंकि घेरे के बीच में बहुत सारे खाली स्थान हैं, जिनके बीच से पत्थर निकल जाता है।

इसी तर्क के अनुसार, अल्फ़ा कण-प्रकीर्णन प्रयोग के आधार पर रदरफ़ोर्ड ने निम्न परिणाम निकाले–

(i) परमाणु के भीतर का अधिकतर भाग खाली है क्योंकि अधिकतर अल्फ़ा कण बिना विक्षेपित हुए सोने की पन्नी से बाहर निकल जाते हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

(ii) बहुत कम कण अपने मार्ग से विक्षेपित होते हैं जिससे यह ज्ञात होता है कि परमाणु में धनावेशित भाग बहुत कम है।

(iii) बहुत कम अल्फ़ा कण 180° पर विक्षेपित हुए थे, जिससे यह संकेत मिलता है कि सोने के परमाणु का पूर्ण धनावेशित भाग और द्रव्यमान, परमाणु के भीतर बहुत कम आयतन में सीमित है।

प्राप्त आँकड़ों के आधार पर उन्होंने यह निष्कर्ष निकाला कि नाभिक की त्रिज्या परमाणु की त्रिज्या से 10^5 गुणा छोटी है।

अपने प्रयोगों के आधार पर रदरफ़ोर्ड ने परमाणु का नाभिकीय-मॉडल प्रस्तुत किया, जिसके निम्नलिखित लक्षण थे:

(i) परमाणु का केंद्र धनावेशित होता है जिसे नाभिक कहा जाता है। एक परमाणु का लगभग संपूर्ण द्रव्यमान नाभिक में होता है।

(ii) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वर्तुलाकार मार्ग में चक्कर लगाते हैं।

(iii) नाभिक का आकार परमाणु के आकार की तुलना में काफ़ी कम होता है।

रदरफ़ोर्ड के परमाणु मॉडल की कमियाँ

वर्तुलाकार मार्ग में चक्रण करते हुए इलेक्ट्रॉन का स्थायी हो पाना संभावित नहीं है। कोई भी आवेशित कण गोलाकार कक्ष में त्वरित होगा। त्वरण के दौरान आवेशित कणों से ऊर्जा का विकिरण होगा। इस प्रकार स्थायी कक्ष में घूमता हुआ इलेक्ट्रॉन अपनी ऊर्जा विकिरित करेगा और नाभिक से टकरा जाएगा। अगर ऐसा होता, तो परमाणु अस्थिर होता जबकि हम जानते हैं कि परमाणु स्थायी होते हैं।

4.2.3 बोर का परमाण्विक मॉडल

रदरफ़ोर्ड के मॉडल पर उठी आपत्तियों को दूर करने के लिए, नील्स बोर ने परमाणु की संरचना के बारे में निम्नलिखित अवधारणाएँ प्रस्तुत कीं–

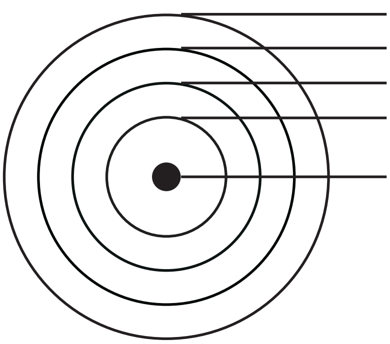
(i) इलेक्ट्रॉन केवल कुछ निश्चित कक्षाओं में ही चक्कर लगा सकते हैं, जिन्हें इलेक्ट्रॉन की विविक्त कक्षा कहते हैं।

(ii) जब इलेक्ट्रॉन इस विविक्त कक्षा में चक्कर लगाते हैं, तो उनकी ऊर्जा का विकिरण नहीं होता है।

नील्स बोर (1885–1962) का जन्म 7 अक्टूबर, 1885 में कोपेनहेगन में हुआ था। 1916 में कोपेनहेगन विश्वविद्यालय में उनको भौतिकशास्त्र का प्रोफ़ेसर नियुक्त किया गया। 1922 में उनको परमाणु की संरचना पर अपने योगदान के लिए नोबेल पुरस्कार मिला। प्रोफ़ेसर बोर के विविध लेखों पर आधारित तीन पुस्तकें प्रकाशित हुईं–

(i) दि थ्योरी ऑफ़ स्पेक्ट्रा एंड एटॉमिक कॉन्स्टीट्यूशन
(ii) एटॉमिक थ्योरी, और
(iii) दि डिस्क्रिप्शन ऑफ़ नेचर।

इन कक्षाओं (या कोशों) को ऊर्जा-स्तर कहते हैं। चित्र 4.3 में एक परमाणु के ऊर्जा स्तरों को दिखाया गया है।



चित्र 4.3: *किसी परमाणु में कुछ ऊर्जा स्तर*

ये कक्षाएँ (या कोश) K,L,M,N.......या संख्याओं, 1, 2, 3, 4........ के द्वारा दिखाई जाती हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

प्रश्न

1. परमाणु उदासीन है, इस तथ्य को टॉमसन के मॉडल के आधार पर स्पष्ट कीजिए।
2. रदरफ़ोर्ड के परमाणु मॉडल के अनुसार, परमाणु के नाभिक में कौन सा अवपरमाणुक कण विद्यमान है?
3. तीन कक्षाओं वाले बोर के परमाणु मॉडल का चित्र बनाइए।
4. क्या अल्फ़ा कणों का प्रकीर्णन प्रयोग सोने के अतिरिक्त दूसरी धातु की पन्नी से संभव होगा?

4.2.4 न्यूट्रॉन

1932 में जे. चैडविक ने एक और अवपरमाणुक कण को खोज निकाला, जो अनावेशित और द्रव्यमान में प्रोटॉन के बराबर था। अंततः इसका नाम न्यूट्रॉन पड़ा। हाइड्रोजन को छोड़कर ये सभी परमाणुओं के नाभिक में होते हैं। समान्यतः, न्यूट्रॉन को 'n' से दर्शाया जाता है। परमाणु का द्रव्यमान नाभिक में उपस्थित प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के द्रव्यमान के योग के द्वारा प्रकट किया जाता है।

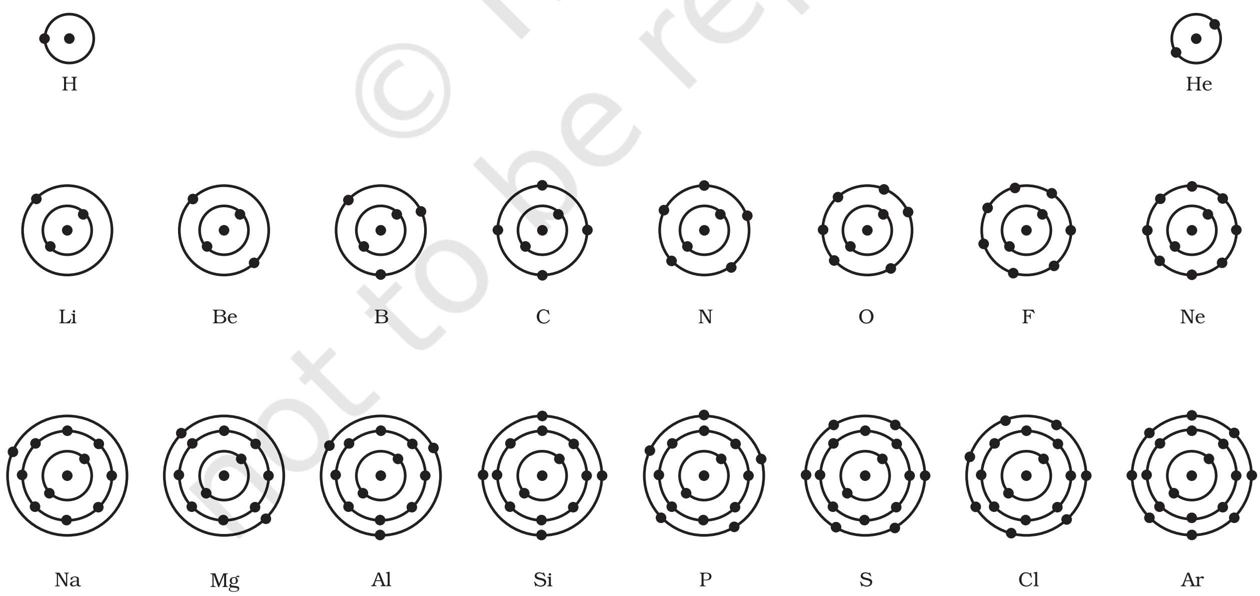
प्रश्न

1. परमाणु के तीन अवपरमाणुक कणों के नाम लिखें।
2. हीलियम परमाणु का परमाणु द्रव्यमान 4 u है और उसके नाभिक में दो प्रोटॉन होते हैं। इसमें कितने न्यूट्रॉन होंगे?

4.3 विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन कैसे वितरित होते हैं?

परमाणुओं की विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों के वितरण के लिए बोर और बरी ने कुछ नियम प्रस्तुत किए जिसे बोर बरी स्कीम के नाम से जाना जाता है।

(i) इन नियमों के अनुसार किसी कक्षा में उपस्थित अधिकतम इलेक्ट्रॉनों की संख्या को सूत्र $2n^2$ से दर्शाया जाता है, जहाँ 'n' कक्षा की संख्या या ऊर्जा स्तर है। इसलिए इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या पहले कक्ष या K कोश में होगी $= 2 \times 1^2 = 2$, दूसरे कक्ष या L कोश में होगी $= 2 \times 2^2 = 8$, तीसरे कक्ष या M कोश में होगी $= 2 \times 3^2 = 18$, चौथे कक्ष या N कोश में होगी $= 2 \times 4^2 = 32$।



चित्र 4.4: पहले अठारह तत्वों की परमाण्विक संरचना का व्यवस्था चित्र

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

(ii) सबसे बाहरी कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 8 हो सकती है।

(iii) किसी परमाणु के दिए गए कोश में इलेक्ट्रॉन तब तक स्थान नहीं लेते हैं जब तक कि उससे पहले वाले भीतरी कक्ष पूर्ण रूप से भर नहीं जाते। इससे स्पष्ट होता है कि कक्षाएँ क्रमानुसार भरती हैं।

पहले 18 तत्वों की परमाणु संरचना के व्यवस्था चित्र को चित्र 4.4 में दिखाया गया है।

क्रियाकलाप 4.2

- स्थायी परमाण्विक मॉडल तैयार करें तथा पहले अठारह तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास को दिखाएँ।
- पहले अठारह तत्वों के परमाणुओं की संयोजन सारणी 4.1 में दी गई है।

प्रश्न

1. कार्बन और सोडियम के परमाणुओं के लिए इलेक्ट्रान-वितरण लिखिए।

2. अगर किसी परमाणु का K और L कोश भरा है, तो उस परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या क्या होगी?

4.4 संयोजकता

हम पढ़ चुके हैं कि परमाणुओं की विभिन्न कक्षाओं (या कोशों) में इलेक्ट्रॉन किस प्रकार व्यवस्थित होते हैं। किसी परमाणु की सबसे बाहरी कक्षा में उपस्थित इलेक्ट्रानों को संयोजकता-इलेक्ट्रॉन कहा जाता है।

बोर-बरी स्कीम से हम जानते हैं कि किसी परमाणु का बाह्यतम कक्ष अधिकतम 8 इलेक्ट्रॉन रख सकता है। यह देखा गया था कि जिन तत्वों के परमाणुओं के बाह्यतम कक्ष पूर्ण रूप से इलेक्ट्रॉनों (8) से भरे होते हैं वे रासायनिक रूप से सक्रिय नहीं होते हैं। दूसरे शब्दों में, ऐसे तत्वों की संयोजन-शक्ति या संयोजकता शून्य होती है। इन अक्रिय तत्वों में से हीलियम-परमाणु के बाह्यतम कक्ष में दो (2) इलेक्ट्रॉन होते हैं और अन्य में आठ (8) होते है। सक्रिय तत्वों के परमाणुओं की संयोजन-शक्ति अर्थात् अपने समान या अन्य किसी तत्व के परमाणुओं से मिलकर अणु बनाने की प्रवृत्ति, अपने बाह्यतम कक्ष को पूर्ण रूप से भरने का प्रयास माना जाता है। आठ इलेक्ट्रॉन वाले सबसे बाहरी (बाह्यतम) कक्ष को अष्टक माना जाता है। परमाणु अपने अंतिम कक्ष में अष्टक प्राप्त करने के लिए क्रिया करते हैं। यह आपस में इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी करने, उनको ग्रहण करने या उनका त्याग करने से होता है। परमाणु के बाह्यतम कक्ष में इलेक्ट्रॉनों के अष्टक बनाने के लिए जितनी संख्या में इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी या स्थानांतरण होता है, वही उस तत्व की संयोजकता-शक्ति अर्थात् संयोजकता होती है, जिसकी चर्चा पिछले अध्याय में की गई है। उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन, लीथियम या सोडियम प्रत्येक के परमाणुओं के बाह्यतम कक्ष में एक-एक इलेक्ट्रॉन होता है। अतः यह एक इलेक्ट्रॉन का त्याग कर सकते हैं। इसलिए उनकी संयोजकता एक (1) कही जाती है। क्या आप बता सकते हैं कि मैग्नीशियम और एल्युमिनियम की संयोजकता क्या है? यह क्रमशः 2 और 3 है क्योंकि मैग्नीशियम के बाह्यतम कक्ष में 2 तथा एलुमिनियम के 3 इलेक्ट्रॉन होते हैं।

यदि किसी परमाणु के बाह्यतम कक्ष में इलेक्ट्रॉनों की संख्या उसकी क्षमता के अनुसार लगभग पूरी है तो संयोजकता एक अन्य प्रकार से प्राप्त की जाती है। उदाहरण के लिए, फ़्लोरीन परमाणु के बाह्यतम कक्ष में सात (7) इलेक्ट्रॉन होते हैं और इसकी संयोजकता सात (7) हो सकती है किंतु बाह्यतम कक्ष में अष्टक बनाने के लिए फ़्लोरीन के लिए 7 इलेक्ट्रॉनों का त्याग करने की अपेक्षा एक (1) इलेक्ट्रॉन प्राप्त करना अधिक आसान है। अतः इसकी संयोजकता,

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

सारणी 4.1: विभिन्न शैलों में इलेक्ट्रॉनों के वितरण के साथ पहले अठारह तत्वों के परमाणुओं का संयोजन

तत्व का नाम	प्रतीक	परमाणु संख्या	प्रोटॉनों की संख्या	न्यूट्रॉनों की संख्या	इलेट्रॉनों की संख्या	इलेट्रॉनों का वितरण				संयोज–कता
						K	L	M	N	
हाइड्रोजन	H	1	1	-	1	1	-	-	-	1
हीलियम	He	2	2	2	2	2	-	-	-	0
लीथियम	Li	3	3	4	3	2	1	-	-	1
बेरिलियम	Be	4	4	5	4	2	2	-	-	2
बोरान	B	5	5	6	5	2	3	-	-	3
कार्बन	C	6	6	6	6	2	4	-	-	4
नाइट्रोजन	N	7	7	7	7	2	5	-	-	3
ऑक्सीजन	O	8	8	8	8	2	6	-	-	2
फ्लोरीन	F	9	9	10	9	2	7	-	-	1
नियॉन	Ne	10	10	10	10	2	8	-	-	0
सोडियम	Na	11	11	12	11	2	8	1	-	1
मैग्नीशियम	Mg	12	12	12	12	2	8	2	-	2
ऐलुमिनियम	Al	13	13	14	13	2	8	3	-	3
सिलिकॉन	Si	14	14	14	14	2	8	4	-	4
फॉस्फोरस	P	15	15	16	15	2	8	5	-	3,5
सल्फर	S	16	16	16	16	2	8	6	-	2
क्लोरीन	Cl	17	17	18	17	2	8	7	-	1
ऑर्गन	Ar	18	18	22	18	2	8	8		0

अष्टक (8) में से सात (7) घटाकर प्राप्त की जाती है और इस तरह फ़्लोरीन की संयोजकता एक (1) है। ऑक्सीजन की संयोजकता का परिकलन भी इसी प्रकार किया जा सकता है। इस परिकलन से ऑक्सीजन की संयोजकता कितनी होगी?

अत: प्रत्येक तत्व के परमाणु की एक निश्चित संयोजन–शक्ति होती है, जिसे संयोजकता कहते हैं। पहले 18 तत्वों की संयोजकता सारणी 4.1 के अंतिम स्तंभ में दी गई है।

प्रश्न

1. *क्लोरीन, सल्फ़र और मैग्नीशियम की परमाणु संख्या से आप इनकी संयोजकता कैसे प्राप्त करेंगे?*

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

4.5 परमाणु संख्या तथा द्रव्यमान संख्या

4.5.1 परमाणु संख्या

हम जानते हैं कि परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन विद्यमान होते हैं। एक परमाणु में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या उसकी परमाणु संख्या को बताती है। इसे Z के द्वारा दर्शाया जाता है। किसी तत्व के सभी अणुओं की परमाणु संख्या (Z) समान होती है। वास्तव में तत्वों को उनके परमाणु में विद्यमान प्रोटॉनों की संख्या से परिभाषित किया जाता है। हाइड्रोजन के लिए Z = 1, क्योंकि हाइड्रोजन परमाणु के नाभिक में केवल एक प्रोटॉन होता है। इसी प्रकार, कार्बन के लिए Z = 6. इस प्रकार, एक परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की कुल संख्या को परमाणु संख्या कहते हैं।

4.5.2 द्रव्यमान संख्या

एक परमाणु के अवपरमाणुक कणों के अध्ययन के बाद हम इस निष्कर्ष पर पहुँच सकते हैं कि व्यावहारिक रूप में परमाणु का द्रव्यमान उसमें विद्यमान प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों के द्रव्यमान के कारण होता है। ये परमाणु के नाभिक में विद्यमान होते हैं इसलिए इन्हें न्यूक्लियॉन भी कहते हैं। परमाणु का लगभग संपूर्ण द्रव्यमान उसके नाभिक में होता है। उदाहरण के लिए, कार्बन का द्रव्यमान 12 u है क्योंकि इसमें 6 प्रोट्रॉन और 6 न्यूट्रॉन होते हैं, 6 u + 6 u = 12। इसी प्रकार, ऐलुमिनियम का द्रव्यमान 27 u है (13 प्रोटॉन + 14 न्यूट्रॉन)। एक परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों की कुल संख्या के योग को द्रव्यमान संख्या कहा जाता है।

किसी परमाणु को दर्शाने के लिए परमाणुक संख्या, द्रव्यमान-संख्या और तत्व का प्रतीक इस प्रकार से लिखा जाता है।

द्रव्यमान संख्या

तत्व का प्रतीक

परमाणु संख्या

उदाहरण के लिए, नाइट्रोजन को इस प्रकार लिखा जाता है, $^{14}_{7}N$।

प्रश्न

1. यदि किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 है और प्रोटॉनों की संख्या भी 8 है तब, (a) परमाणु की परमाणुक संख्या क्या है? (b) परमाणु का क्या आवेश है?

2. सारणी 4.1 की सहायता से ऑक्सीजन और सल्फ़र-परमाणु की द्रव्यमान संख्या ज्ञात कीजिए।

4.6 समस्थानिक

प्रकृति में, कुछ तत्वों के परमाणुओं की पहचान की गई है, जिनकी परमाणु संख्या समान लेकिन द्रव्यमान संख्या अलग-अलग होती है। उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन परमाणु को लें। इसके तीन परमाण्विक स्पीशीज़ होते हैं: प्रोटियम $^{1}_{1}H$, ड्यूटीरियम ($^{2}_{1}H$ या D), ट्राइटियम ($^{3}_{1}H$ या T), प्रत्येक की परमाणु संख्या समान है। लेकिन द्रव्यमान संख्या क्रमश: 1, 2 और 3 है। इस तरह के अन्य उदाहरण हैं: (1) कार्बन, $^{12}_{6}C$ और $^{14}_{6}C$; (2) क्लोरीन, $^{35}_{17}Cl$ और $^{37}_{17}Cl$।

इन उदाहरणों के आधार पर समस्थानिकों को इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है, "एक ही तत्व के परमाणु जिनकी परमाणु संख्या समान लेकिन द्रव्यमान संख्या भिन्न होती है।" इस तरह हम कह सकते हैं कि हाइड्रोजन परमाणु के तीन समस्थानिक प्रोटियम, ड्यूटीरियम और ट्राइटियम होते हैं।

बहुत से तत्वों में समस्थानिक का मिश्रण भी होता है। किसी तत्व का प्रत्येक समस्थानिक शुद्ध पदार्थ होता है। समस्थानिकों के रासायनिक गुण समान लेकिन भौतिक गुण अलग-अलग होते हैं।

प्रकृति में क्लोरीन दो समस्थानिक रूपों में पाया जाता है, जिसका द्रव्यमान 35 u और 37 u, जो 3: 1 के अनुपात में होते हैं। अब यह प्रश्न उठता है कि

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

किस द्रव्यमान को क्लोरीन परमाणु का द्रव्यमान मानना चाहिए? आइए इसका पता लगाएँ।

क्लोरीन का औसत परमाणु द्रव्यमान होगा,

$$\left[\left(35 \times \frac{75}{100} + 37 \times \frac{25}{100}\right)\right.$$

$$\left. = \left(\frac{105}{4} + \frac{37}{4}\right) = \frac{142}{4} = 35.5 \text{ u}\right]$$

किसी प्राकृतिक तत्व के एक परमाणु का द्रव्यमान उस तत्व में विद्यमान सभी प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले परमाणुओं के औसत द्रव्यमान के बराबर होता है। अगर किसी एक तत्व का कोई समस्थानिक नहीं है तो परमाणु का द्रव्यमान उसमें उपस्थित प्रोटॉन और न्यूट्रॉनों के द्रव्यमान का योग होता है लेकिन अगर एक तत्व समस्थानिक रूप में उपस्थित होता है तो हमें प्रत्येक समस्थानिक रूप का प्रतिशत जानना होगा और औसत द्रव्यमान की गणना करनी होगी।

इसका मतलब यह नहीं है कि क्लोरीन के परमाणु का द्रव्यमान एक भिन्नात्मक संख्या 35.5 u है। इसका तात्पर्य यह हुआ कि अगर आप क्लोरीन की कुछ मात्रा लेते हैं तो इसमें क्लोरीन के समस्थनिक होंगे और औसत द्रव्यमान 35.5 u होगा।

समस्थानिकों के अनुप्रयोग

कुछ समस्थानिकों के विशेष गुण होते हैं, जिनका उपयोग हम विभिन्न क्षेत्रों में करते हैं। उनमें से कुछ निम्नलिखित हैं:

(i) यूरेनियम के एक समस्थानिक का उपयोग परमाणु भट्टी (atomic reactor) में ईंधन के रूप में होता है।

(ii) कैंसर के उपचार में कोबाल्ट के समस्थानिक का उपयोग होता है।

(iii) घेंघा रोग के इलाज में आयोडीन के समस्थानिक का उपयोग होता है।

4.6.1 समभारिक

दो तत्वों– कैल्शियम, परमाणु संख्या 20 और आर्गन परमाणु संख्या 18 के बारे में विचार कीजिए। परमाणुओं में प्रोटॉनों की संख्या भिन्न-भिन्न है, दोनों तत्वों की द्रव्यमान संख्या 40 है। यानी, तत्वों के इस जोड़े के अणुओं में कुल न्यूक्लियॉनों की संख्या समान है। अलग–अलग परमाणु संख्या वाले तत्वों को जिनकी द्रव्यमान संख्या समान होती है, समभारिक कहा जाता है।

प्रश्न

1. *चिह्न H, D और T के लिए प्रत्येक में पाए जाने वाले तीन अवपरमाणुक कणों को सारणीबद्ध कीजिए।*
2. *समस्थानिक और समभारिक के किसी एक युग्म का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।*

आपने क्या सीखा

- इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन की खोज क्रमशः जे. जे. टॉमसन और ई. गोल्डस्टीन ने की।
- जे. जे. टॉमसन ने यह प्रस्तावित किया था कि इलेक्ट्रॉन धनात्मक गोले में धँसे होते हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- रदरफ़ोर्ड के अल्फ़ा कणों के प्रकीर्णन प्रयोग ने परमाणु केंद्रक की खोज की।
- रदरफ़ोर्ड के परमाणु मॉडल ने प्रस्तावित किया कि परमाणु के अंदर बहुत छोटा केंद्रक होता है और इलेक्ट्रॉन केंद्रक के चारों ओर घूमते हैं। परमाणु की स्थिरता की इस मॉडल से व्याख्या नहीं की जा सकी है।
- नील बोर द्वारा दिया गया परमाणु का मॉडल अधिक सफल था। उन्होंने प्रस्तावित किया कि इलेक्ट्रॉन केंद्रक के चारों ओर निश्चित ऊर्जा के साथ अलग-अलग कक्षाओं में वितरित हैं। अगर परमाणु की सबसे बाहरी कक्षाएँ भर जाती हैं, तो परमाणु स्थिर होगा और कम क्रियाशील होगा।
- जे. चैडविक ने परमाणु के अंदर न्यूट्रॉन की उपस्थिति को खोजा। इस प्रकार परमाणु के तीन अवपरमाणुक कण हैं- इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन। इलेक्ट्रॉन ऋण आवेशित होते हैं, प्रोटॉन धनावेशित होते हैं और न्यूट्रॉन अनावेशित होते हैं। इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान के 1/2000 गुणा होता है। प्रोटॉन और न्यूट्रॉन में प्रत्येक का द्रव्यमान एक इकाई लिया जाता है।
- परमाणु के कक्षों को K, L, M, N...... नाम दिया गया है।
- संयोजकता परमाणु की संयोजन शक्ति है।
- एक तत्व की परमाणु संख्या केंद्रक में विद्यमान प्रोटॉनों की संख्या के बराबर होती है।
- परमाणु की द्रव्यमान संख्या केंद्रक में विद्यमान न्यूक्लियानों की संख्या के बराबर होती है।
- समस्थानिक एक ही तत्व के परमाणु हैं जिनकी द्रव्यमान संख्या भिन्न-भिन्न होती है।
- समभारिक वे परमाणु हैं जिनकी द्रव्यमान संख्या समान लेकिन परमाणु संख्या भिन्न-भिन्न होती है।
- तत्वों को उनके प्रोटॉनों की संख्या के आधार पर परिभाषित किया जा सकता है।

अभ्यास

1. इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन के गुणों की तुलना कीजिए।
2. जे. जे. टॉमसन के परमाणु मॉडल की क्या सीमाएँ हैं?
3. रदरफ़ोर्ड के परमाणु मॉडल की क्या सीमाएँ हैं?
4. बोर के परमाणु मॉडल की व्याख्या कीजिए।
5. इस अध्याय में दिए गए सभी परमाणु मॉडलों की तुलना कीजिए।
6. पहले अठारह तत्वों के विभिन्न कक्षों में इलेक्ट्रॉन वितरण के नियम को लिखिए।

Reprint 2025-26

7. सिलिकॉन और ऑक्सीजन का उदाहरण लेते हुए संयोजकता की परिभाषा दीजिए।

8. उदाहरण के साथ व्याख्या कीजिए- परमाणु संख्या, द्रव्यमान संख्या, समस्थानिक और समभारिक समस्थानिकों के कोई दो उपयोग लिखिए।

9. Na^+ के पूरी तरह से भरे हुए K व L कोश होते हैं- व्याख्या कीजिए।

10. अगर ब्रोमीन परमाणु दो समस्थानिकों [$^{79}_{35}Br$ (49.7%) तथा $^{81}_{35}Br$ (50.3%)] के रूप में है, तो ब्रोमीन परमाणु के औसत परमाणु द्रव्यमान की गणना कीजिए।

11. एक तत्व X का परमाणु द्रव्यमान 16.2 u है तो इसके किसी एक नमूनें में समस्थानिक $^{16}_{8}X$ और $^{18}_{8}X$ का प्रतिशत क्या होगा?

12. यदि तत्व का Z = 3 हो तो तत्व की संयोजकता क्या होगी? तत्व का नाम भी लिखिए।

13. दो परमाणु स्पीशीज़ के केंद्रकों का संघटन नीचे दिया गया है

	X	**Y**
प्रोटॉन	6	6
न्यूट्रॉन	6	8

X और Y की द्रव्यमान संख्या ज्ञात कीजिए। इन दोनों स्पीशीज़ में क्या संबंध है?

14. निम्नलिखित वक्तव्यों में गलत के लिए F और सही के लिए T लिखें।
   (a) जे. जे. टॉमसन ने यह प्रस्तावित किया था कि परमाणु के केंद्रक में केवल न्यूक्लीयॉन्स होते हैं।
   (b) एक इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन मिलकर न्यूट्रॉन का निर्माण करते हैं इसलिए यह अनावेशित होता है।
   (c) इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान प्रोटॉन से लगभग $\frac{1}{2000}$ गुणा होता है।
   (d) आयोडीन के समस्थानिक का इस्तेमाल टिंक्चर आयोडीन बनाने में होता है। इसका उपयोग दवा के रूप में होता है।

प्रश्न संख्या 15, 16 और 17 में सही के सामने (✓) का चिह्न और गलत के सामने (×) का चिह्न लगाइए।

15. रदरफ़ोर्ड का अल्फ़ा कण प्रकीर्णन प्रयोग किसकी खोज के लिए उत्तरदायी था-
   (a) परमाणु केंद्रक
   (b) इलेक्ट्रॉन
   (c) प्रोटॉन
   (d) न्यूट्रॉन

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

16. एक तत्व के समस्थानिक में होते हैं–

(a) समान भौतिक गुण (b) भिन्न रासायनिक गुण

(c) न्यूट्रॉनों की अलग-अलग संख्या (d) भिन्न परमाणु संख्या

17. Cl^- आयन में संयोजकता-इलेक्ट्रॉनों की संख्या है–

(a) 16 (b) 8 (c) 17 (d) 18

18. सोडियम का सही इलेक्ट्रॉनिक विन्यास निम्न में कौन सा है?

(a) 2,8 (b) 8,2,1 (c) 2,1,8 (d) 2,8,1

19. निम्नलिखित सारणी को पूरा कीजिए–

परमाणु संख्या	द्रव्यमान संख्या	न्यूट्रॉनों की संख्या	प्रोटॉनों की संख्या	इलेक्ट्रॉनों की संख्या	परमाणु स्पीशीज़
9	–	10	–	–	–
16	32	–	–	–	सल्फ़र
–	24	–	12	–	–
–	2	–	1	–	–
–	1	0	1	0	–

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

0965CH05

अध्याय 5

जीवन की मौलिक इकाई
(The Fundamental Unit of Life)

कार्क की पतली काट के अवलोकन पर राबर्ट हुक ने पाया कि इनमें अनेक छोटे-छोटे प्रकोष्ठ हैं, जिसकी सरंचना मधुमक्खी के छत्ते जैसी प्रतीत होती है। कार्क एक पदार्थ है जो वृक्ष की छाल से प्राप्त होता है। सन् 1665 में हुक ने इसे स्वनिर्मित सूक्ष्मदर्शी से देखा था। राबर्ट हुक ने इन प्रकोष्ठकों को कोशिका कहा। Cell (कोशिका) लैटिन शब्द है जिसका अर्थ है "छोटा कमरा"।

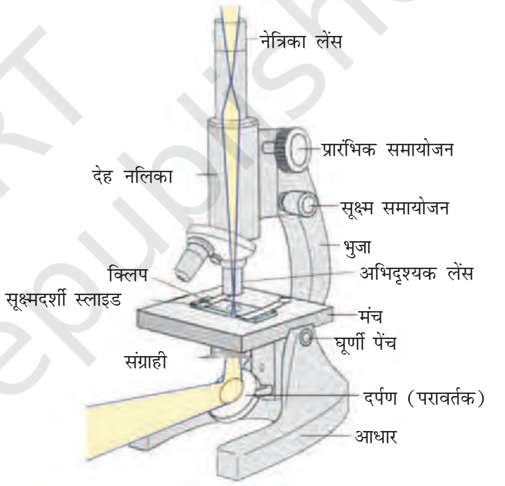
उपरोक्त घटना छोटी तथा अर्थहीन लगती हो लेकिन विज्ञान के इतिहास में यह एक बहुत ही महत्वपूर्ण घटना है। इस प्रकार सबसे पहले हुक ने देखा कि सजीवों में अलग-अलग एकक होते हैं। इन एककों का वर्णन करने के लिए जीव विज्ञान में कोशिका शब्द का उपयोग आज तक किया जाता है।

आओ, कोशिका के विषय में और जानकारी प्राप्त करें।

5.1 सजीव किससे बने होते हैं?

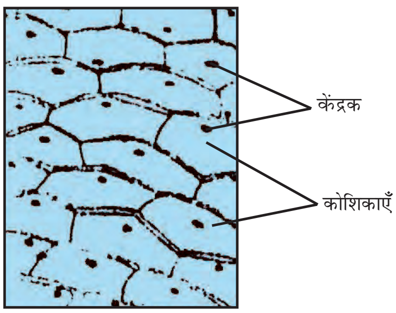
क्रियाकलाप 5.1

- प्याज का एक छोटा टुकड़ा लो। चिमटी की सहायता से हम प्याज की अवतल सतह की ओर (भीतरी सतह) से झिल्ली उतार सकते हैं। इस झिल्ली को तुरंत पानी वाले वॉच ग्लास में रख लेते हैं। इससे झिल्ली मुड़ने अथवा सूखने से बच जाएगी। हम इस झिल्ली से क्या करें?
- एक काँच की स्लाइड लो। इस पर पानी की एक बूँद डालो। अब वॉच ग्लास में रखी झिल्ली के इस छोटे टुकड़े को इस स्लाइड पर रख दो। यह ध्यान रखें कि झिल्ली बिलकुल सीधी हो। एक पतला पेंट ब्रुश इस झिल्ली को स्लाइड पर रखने में आपकी सहायता कर सकता है। अब इस पर एक बूँद सेफ्रामाइन की डालो और इसे कवर स्लिप से ढक दो। कवर स्लिप को सुई की सहायता से इस प्रकार रखें जिससे कि इसमें वायु के बुलबुले न आने पाएँ। अपने अध्यापक से सहायता लें। हमने प्याज की झिल्ली की अस्थायी स्लाइड बनाई है। अब हम इसे पहले कम शक्ति वाले तथा उसके बाद उच्च शक्ति वाले संयुक्त सूक्ष्मदर्शी से देखते हैं।



चित्र 5.1: संयुक्त सूक्ष्मदर्शी

आपने क्या देखा? क्या आप जो संरचना सूक्ष्मदर्शी के द्वारा देखते हैं उसे कागज पर खींच सकते हैं? क्या यह चित्र 5.2 जैसी दिखाई देती है?



चित्र 5.2: प्याज की झिल्ली की कोशिकाएँ

© NCERT not to be republished

अब हम विभिन्न आकार वाली प्याज की झिल्लियों से अस्थायी स्लाइड बनाएँगे। हम क्या देखते हैं? क्या हम एकसमान संरचनाओं को देखते हैं अथवा भिन्न-भिन्न?

ये संरचनाएँ क्या हैं?

ये सभी संरचनाएँ एक जैसी दिखाई देती हैं। ये सभी मिलकर एक बड़ी संरचना (शल्क कंद) बनाते हैं जैसे प्याज। इस क्रियाकलाप से हमें पता चलता है कि विभिन्न आकार के प्याज में सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखने पर एक जैसी संरचनाएँ दिखाई देती हैं। प्याज की झिल्ली की कोशिकाएँ एकसमान हैं। प्याज के आकार से इसका कोई संबंध नहीं है।

ये छोटी-छोटी संरचनाएँ जो हम देख रहे हैं शल्क कंद प्याज की मूलभूत इकाई है। इन संरचनाओं को कोशिका कहते हैं। न केवल प्याज बल्कि जितने भी जीव-जंतु हम अपने आस-पास देखते हैं वे सभी कोशिकाओं से बनते हैं। यद्यपि, कुछ जीव एककोशिक भी होते हैं।

आवर्धक लेंस की खोज के बाद सूक्ष्मदर्शी का आविष्कार संभव हो सका। यह पता चला है कि एक मात्र कोशिका स्वयं में ही एक संपूर्ण जीव जैसे *अमीबा, क्लैमिडोमोनास, पैरामीशियम* तथा *बैक्टीरिया* हो सकती है। इन सजीवों को एककोशिक जीव कहते हैं। इसके अतिरिक्त बहुकोशिक जीवों में अनेक कोशिकाएँ समाहित होकर विभिन्न कार्यों को सम्पन्न करने हेतु विभिन्न अंगों का निर्माण करती हैं। इसके कुछ उदाहरण हैं फंजाई (कवक), पादप तथा जंतु। क्या हम कुछ और एककोशिक जीवों के विषय में पता कर सकते हैं?

प्रत्येक बहुकोशिक जीव एक कोशिका से ही विकसित हुआ है। कैसे? कोशिकाएँ विभाजित होकर अपनी ही जैसी कोशिकाएँ बनाती हैं। इस प्रकार सभी कोशिकाएँ अपनी पूर्ववर्ती कोशिकाओं से उत्पन्न होती हैं।

इसे भी जानें

कोशिका का सबसे पहले पता रॉबर्ट हुक ने 1665 में लगाया था। उसने कोशिका को कार्क की पतली काट में अनगढ़ सूक्ष्मदर्शी की सहायता से देखा। ल्यूवेनहॉंक (1674) ने सबसे पहले उन्नत सूक्ष्मदर्शी से तालाब के जल में स्वतंत्र रूप से जीवित कोशिकाओं का पता लगाया। रॉबर्ट ब्राउन ने 1831 में कोशिका में केंद्रक का पता लगाया। जे. ई. पुरोकंज ने 1839 में कोशिका में स्थित तरल जैविक पदार्थ को जीवद्रव्य का नाम दिया। दो जीव वैज्ञानिक – एम. स्लीडन (1838) तथा टी. स्वान (1839) ने कोशिका सिद्धांत के विषय में बताया। इस सिद्धांत के अनुसार सभी पौधे तथा जंतु कोशिकाओं से बने हैं और वे जीवन की मूलभूत इकाई हैं। विरचो (1855) ने कोशिका सिद्धांत को और आगे बढ़ाया। उन्होंने बताया कि सभी कोशिकाएँ पूर्ववर्ती कोशिकाओं से बनती हैं। 1940 में इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की खोज के बाद कोशिका की जटिल संरचना तथा बहुत से अंगकों को समझना संभव हो सका।

क्रियाकलाप 5.2

- हम पत्ती की झिल्ली, प्याज की मूलाग्र अथवा विभिन्न आकार के प्याज की झिल्ली की अस्थायी स्लाइड बना सकते हैं।
- उपरोक्त क्रियाकलाप करने के बाद निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए :
  - (i) क्या सभी कोशिकाएँ आकार तथा आकृति की दृष्टि से एक जैसी दिखाई देती हैं?
  - (ii) क्या सभी कोशिकाओं की संरचना एक जैसी दिखाई देती है?
  - (iii) क्या पादप के विभिन्न भागों में पायी जाने वाली कोशिकाओं में कोई अंतर है?
  - (iv) हमें कोशिकाओं में क्या समानता दिखाई देती है?

Reprint 2025-26

कुछ जीवों में विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ भी हो सकती हैं। निम्नलिखित तस्वीर को देखो। ये मानव शरीर की कुछ कोशिकाएँ हैं।

चित्र 5.3: मानव शरीर की विभिन्न कोशिकाएँ

कोशिकाओं की आकृति तथा आकार उनके विशिष्ट कार्यों के अनुरूप होते हैं। कुछ कोशिकाएँ अपना आकार बदलती रहती हैं जैसे एककोशिक *अमीबा*। कुछ जीवों में कोशिका का आकार लगभग स्थिर रहता है और प्रत्येक प्रकार की कोशिका के लिए विशिष्ट होता है; उदाहरण के लिए तंत्रिका कोशिका।

प्रत्येक जीवित कोशिका में कुछ मूलभूत कार्य करने की क्षमता होती है, जो सभी सजीवों का गुण है। एक जीवित कोशिका ये मूलभूत कार्य कैसे करती है? हम जानते हैं कि बहुकोशिक जीवों में श्रम विभाजन होता है जैसा कि मनुष्यों में। इसका अर्थ यह है कि शरीर के विभिन्न अंग विभिन्न कार्य करते हैं। जैसे मनुष्य के शरीर में हृदय रुधिर को पम्प करता है तथा आमाशय भोजन का पाचन आदि। इसी प्रकार एककोशिक में भी श्रम विभाजन होता है। वास्तव में ऐसी प्रत्येक कोशिका में कुछ विशिष्ट घटक होते हैं जिन्हें कोशिकांग कहते हैं। प्रत्येक कोशिकांग एक विशिष्ट कार्य करता है जैसे कोशिका में नए पदार्थ का निर्माण, अपशिष्ट पदार्थों का निष्कासन आदि। इन कोशिकांगों के कारण ही एक कोशिका जीवित रहती है और अपने सभी कार्य करती है। ये कोशिकांग मिलकर एक मूलभूत इकाई बनाते हैं जिसे कोशिका कहते हैं। यह बड़ा रुचिकर है कि सभी कोशिकाओं में एक ही प्रकार के कोशिकांग होते हैं। इससे कोई फर्क नहीं पड़ता कि उसके कार्य क्या हैं अथवा वे किस जीव में पाई जाती हैं।

प्रश्न

1. *कोशिका की खोज किसने और कैसे की?*
2. *कोशिका को जीवन की संरचनात्मक व क्रियात्मक इकाई क्यों कहते हैं?*

5.2 कोशिका किससे बनी होती है? कोशिका का संरचनात्मक संगठन क्या है?

हमने देखा कि कोशिका में विशिष्ट घटक होते हैं जिन्हें कोशिकांग कहते हैं। कोशिका कैसे संगठित होती है?

यदि हम कोशिका का अध्ययन सूक्ष्मदर्शी से करें तो हमें लगभग प्रत्येक कोशिकाओं में तीन गुण दिखाई देंगे; **प्लैज़्मा झिल्ली**, **केंद्रक** तथा **कोशिकाद्रव्य**। कोशिका के अंदर होने वाले समस्त क्रियाकलाप तथा उसकी बाह्य पर्यावरण से पारस्परिक क्रियाएँ इन्हीं गुणों के कारण संभव हैं। आओ देखें कैसे?

5.2.1 प्लैज़्मा झिल्ली अथवा कोशिका झिल्ली

यह कोशिका की सबसे बाहरी परत है जो कोशिका के घटकों को बाहरी पर्यावरण से अलग करती है। प्लैज़्मा झिल्ली कुछ पदार्थों को अंदर अथवा बाहर आने-जाने देती है। यह अन्य पदार्थों की गति को भी रोकती है। कोशिका झिल्ली को इसलिए वर्णात्मक पारगम्य झिल्ली कहते हैं।

कोशिका में पदार्थों की गति कैसे होती है? पदार्थ कोशिका से बाहर कैसे आते हैं?

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

कुछ पदार्थ जैसे कार्बन डाइऑक्साइड अथवा ऑक्सीजन कोशिका झिल्ली के आर-पार विसरण प्रक्रिया द्वारा आ-जा सकते हैं। हम पिछले अध्यायों में विसरण की प्रक्रिया के विषय में पढ़ चुके हैं। हमने देखा है कि पदार्थों की गति उच्च सांद्रता से निम्न सांद्रता की ओर होती है।

कुछ इसी प्रकार की प्रक्रिया कोशिका में होती है, उदाहरण के लिए, जब कुछ पदार्थ जैसे CO_2 (जो एक कोशिकीय अपशिष्ट है और जिसका निष्कासन आवश्यक है) कोशिका में एकत्र हो जाती है तो उसकी सांद्रता बढ़ जाती है। कोशिका के बाह्य पर्यावरण में CO_2 की सांद्रता कोशिका में स्थित CO_2 की सांद्रता की अपेक्षा कम होती है। जैसे ही कोशिका के अंदर और बाहर CO_2 की सांद्रता में अंतर आता है उसी समय उच्च सांद्रता से निम्न सांद्रता की ओर विसरण द्वारा कोशिका से CO_2 बाहर निकल जाती है। इसी प्रकार जब कोशिका में ऑक्सीजन की सांद्रता कम हो जाती है तो O_2 बाहर से कोशिका में विसरण द्वारा अंदर चली जाती है। अतः कोशिका तथा बाह्य पर्यावरण में गैसों के आदान-प्रदान में विसरण एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है।

जल भी विसरण के नियमों के अनुकूल व्यवहार करता है। जल के अणुओं की गति जब विभेदक वर्णात्मक पारगम्य झिल्ली द्वारा हो तो उसे परासरण कहते हैं। प्लैज़्मा झिल्ली से जल की गति जल में घुले पदार्थों की मात्रा के कारण भी प्रभावित होती है। इस प्रकार परासरण की क्रिया में जल का नेट विसरण एक विभेदक वर्णात्मक परागम्य झिल्ली के द्वारा उच्च विलेय साद्रंता की ओर होता है।

यदि हम किसी जंतु कोशिका अथवा पादप कोशिका को शक्कर अथवा नमक के विलयन में रखें तो क्या होगा? निम्नलिखित तीन घटनाओं में से एक घटना हो सकती है:

1. यदि कोशिका को तनु विलयन वाले माध्यम अर्थात् जल में शक्कर अथवा नमक की मात्रा कम और जल की मात्रा ज्यादा है, में रखा गया है तो जल परासरण विधि द्वारा कोशिका के अंदर चला जाएगा। ऐसे विलयन को अल्पपरासरण दाबी विलयन कहते हैं।

   जल के अणु कोशिका झिल्ली के दोनों ओर आवागमन करने के लिए स्वतंत्र होते हैं, लेकिन कोशिका के अंदर जाने वाले जल की मात्रा कोशिका से बाहर आने वाले जल की मात्रा से अधिक होगी। इस प्रकार शुद्ध परिणाम यह होगा कि जल कोशिका के अंदर गया। इससे कोशिका फूलने लगेगी।

2. यदि कोशिका को ऐसे माध्यम विलयन में रखा जाए जिसमें बाह्य जल की सांद्रता कोशिका में स्थित जल की सांद्रता के ठीक बराबर हो तो कोशिका झिल्ली से जल में कोई शुद्ध गति नहीं होगी। ऐसे विलयन को समपरासारी विलयन कहते हैं।

   जल कोशिका झिल्ली के दोनों ओर आता-जाता है, लेकिन जल की जो मात्रा अंदर गई उतनी ही बाहर आ जाती है। इस प्रकार व्यापक रूप से जल की कोई गति नहीं हुई। इसलिए कोशिका के माप में कोई परिवर्तन नहीं आएगा।

3. यदि कोशिका के बाहर वाला विलयन अंदर के घोल से अधिक सांद्र है तो जल परासरण द्वारा कोशिका से बाहर आ जाएगा। ऐसे विलयन को अतिपरासरणदाबी विलयन कहते हैं।

   पुनः जल कोशिका झिल्ली के दोनों ओर आ-जा सकता है, लेकिन इस स्थिति में कोशिका से अधिक जल बाहर आएगा और कम जल अंदर जाएगा। इसलिए कोशिका सिकुड़ जाएगी।

परासरण इस प्रकार विसरण की एक विशिष्ट विधि है जिसमें वर्णात्मक झिल्ली द्वारा गति होती है। आओ, निम्नलिखित क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 5.3

(a) अंडे को तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में डालकर उसके कवच को हटाओ। इसका कवच अधिकांशतः कैल्सियम कार्बोनेट का बना होता है। एक पतली बाह्य त्वचा (झिल्ली) अब अंडे को

Reprint 2025-26

घेरे रखती है। अंडे को शुद्ध जल में रखो और 5 मिनट के बाद इसका अवलोकन करो। आप क्या देखते हैं?

अंडा फूल जाता है क्योंकि परासरण द्वारा जल अंडे के अंदर चला जाता है।

(b) इसी प्रकार का एक कवचरहित अंडा नमक के सांद्रित विलयन में रखो और 5 मिनट तक उसका अवलोकन करो। अंडा सिकुड़ जाता है। क्यों? जल अंडे से निकलकर नमक के विलयन में आ जाता है, क्योंकि नमक का घोल अधिक सांद्रित है।

इस प्रकार का क्रियाकलाप हम सूखी किशमिश अथवा खूबानी से भी करने का प्रयत्न कर सकते हैं।

क्रियाकलाप 5.4

- सूखी किशमिश अथवा खूबानी को केवल जल में रखो और उसे कुछ समय के लिए छोड़ दो। उसके बाद उसे शक्कर अथवा नमक के सांद्रित विलयन में रखो। आप निम्नलिखित अंतर देखेंगे।
  (a) जब उन्हें जल में रखा गया तो वे जल ग्रहण करके फूल गईं।
  (b) जब उन्हें सांद्रित घोल में रखा गया तो वे जल को बाहर निकाल कर सिकुड़ गईं।

एककोशिकीय अलवणीय जलीय जीवों तथा अधिकांश पादप कोशिकाएँ परासरण द्वारा जल ग्रहण करते हैं। पौधों के मूल द्वारा जल का अवशोषण परासरण का एक उदाहरण है।

इस प्रकार कोशिका के जीवन में विसरण जल तथा गैसों के आदान-प्रदान की प्रक्रिया में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसके अतिरिक्त विसरण, कोशिका को अपने बाहरी पर्यावरण से पोषण ग्रहण करने में सहायता करता है। कोशिका से विभिन्न अणुओं का अंदर आना तथा बाहर निकलना भी विसरण द्वारा ही होता है। इस प्रकार के परिवहन में ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

प्लैज़्मा झिल्ली लचीली होती है और कार्बनिक अणुओं जैसे लिपिड तथा प्रोटीन की बनी होती है। प्लैज़्मा झिल्ली की रचना हम केवल इलैक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से देख सकते हैं।

कोशिका झिल्ली का लचीलापन एककोशिक जीवों में कोशिका के बाह्य पर्यावरण से अपना भोजन तथा अन्य पदार्थ ग्रहण करने में सहायता करता है। ऐसी प्रक्रिया को एन्डोसाइटोसिस कहते हैं। अमीबा अपना भोजन इसी प्रक्रिया द्वारा प्राप्त करता है।

क्रियाकलाप 5.5

- विद्यालय के पुस्तकालय अथवा इंटरनेट से इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी के विषय में पता करें। इसके विषय में अपने अध्यापक से चर्चा करें।

प्रश्न

1. CO_2 तथा पानी जैसे पदार्थ कोशिका से कैसे अंदर तथा बाहर जाते हैं? इस पर चर्चा करें।

2. प्लैज्मा झिल्ली को वर्णात्मक पारगम्य झिल्ली क्यों कहते हैं?

5.2.2 कोशिका भित्ति

पादप कोशिकाओं में प्लैज़्मा झिल्ली के अतिरिक्त कोशिका भित्ति भी होती है। पादप कोशिका भित्ति मुख्यत: सेल्यूलोज की बनी होती है। सेल्यूलोज एक बहुत जटिल पदार्थ है और यह पौधों को संरचनात्मक दृढ़ता प्रदान करता है।

जब किसी पादप कोशिका में परासरण द्वारा पानी की हानि होती है तो कोशिका झिल्ली सहित आंतरिक पदार्थ संकुचित हो जाते हैं। इस घटना को जीवद्रव्य कुंचन कहते हैं। हम इस परिघटना को निम्न क्रियाकलाप द्वारा देख सकते हैं।

क्रियाकलाप 5.6

- रिओ की पत्ती की झिल्ली को पानी में रखकर एक स्लाइड बनाओ। इसे उच्च शक्ति वाले सूक्ष्मदर्शी से देखो। छोटे-छोटे हरे कण दिखाई देंगे। इन्हें क्लोरोप्लास्ट कहते हैं। इनमें एक हरा पदार्थ होता है जिसे क्लोरोफिल कहते हैं। इस

Reprint 2025-26

- स्लाइड पर शक्कर अथवा नमक का सांद्र विलयन डालो। एक मिनट प्रतीक्षा करो और इसे सूक्ष्मदर्शी से देखो। हम क्या देखते हैं?
- अब रिओ की पत्तियों को कुछ मिनट तक जल में उबालो। इससे पत्तियों की सभी कोशिकाएँ मर जाएँगी। अब एक पत्ते को स्लाइड पर रखो और उसे सूक्ष्मदर्शी से देखो। स्लाइड पर रखी इस पत्ती पर शक्कर अथवा नमक का सांद्र विलयन डालो। एक मिनट प्रतीक्षा करो और पुनः सूक्ष्मदर्शी से देखो। हम क्या देखते हैं? क्या अब जीवद्रव्य कुंचन हुआ?

इस क्रियाकलाप से क्या निष्कर्ष निकलता है? इससे पता लगता है कि केवल जीवित कोशिकाओं में ही परासरण द्वारा जल अवशोषण की क्षमता होती है न कि मृत कोशिकाओं में।

कोशिका भित्ति पौधों, कवक तथा बैक्टीरिया की कोशिकाओं को अपेक्षाकृत कम तनु विलयन (अल्पपरासरण दाबी विलयन) में बिना फटे बनाए रखती है। ऐसे माध्यम से कोशिका परासरण विधि द्वारा पानी लेती है। कोशिका फूल जाती है और कोशिका भित्ति के ऊपर दबाव डालती है। कोशिका भित्ति भी फूली हुई कोशिका के प्रति समान रूप से दबाव डालती है। कोशिका भित्ति के कारण पादप कोशिकाएँ परिवर्तनीय माध्यम को जंतु कोशिका की अपेक्षा आसानी से सहन कर सकती है।

5.2.3 केंद्रक

आपको याद होगा कि हमने प्याज की झिल्ली की अस्थायी स्लाइड बनाई थी। हमने इस झिल्ली पर आयोडीन की बूँद डाली थी। क्यों? यदि हम बिना आयोडीन के स्लाइड देखें तो हम क्या देखेंगे? प्रयत्न करो और देखो कि क्या अंतर है। जब हमने आयोडीन का घोल डाला तो क्या प्रत्येक कोशिका समान रूप से रंगीन हो गई?

कोशिका के विभिन्न भाग रासायनिक संघटन के आधार पर विभिन्न रंगों से रँगे जाते हैं। कुछ क्षेत्र अधिक गहरे रंग के प्रतीत होते हैं तथा कुछ कम। कोशिका को रँगने के लिए हम आयोडीन विलयन के अतिरिक्त सैफ्रानिन अथवा मेथलीन ब्लू विलयन का भी उपयोग कर सकते हैं।

हमने प्याज की कोशिका को देखा है; आओ, अब हम अपने शरीर से ली गई कोशिकाओं को देखें।

क्रियाकलाप 5.7

- काँच की एक स्लाइड लो और उस पर एक बूँद पानी रखो। आइसक्रीम खाने वाले चम्मच से अपने गाल के अंदर की खाल को धीरे से खुरचो। क्या चम्मच पर कोई वस्तु चिपक गई है? सूई की सहायता से इसे स्लाइड पर समान रूप से फैला कर रखो। इसे रँगने के लिए एक बूँद मेथलीन ब्लू की डालें। सूक्ष्मदर्शी द्वारा अवलोकन के लिए स्लाइड तैयार है। इस पर कवर स्लिप रखना ना भूलें।
- हम क्या देखते हैं? कोशिकाओं की आकृति कैसी है? इस आकृति को एक पेपर (कागज) पर बनाएँ।
- क्या आप कोशिका के मध्य में एक गहरे रंग वाली गोलाकार अथवा अंडाकार, डॉट की तरह की संरचना देख रहे हैं? इस संरचना को केंद्रक कहते हैं। क्या इसी प्रकार की संरचना प्याज की झिल्ली में भी थी?

केंद्रक के चारों ओर दोहरे परत का एक स्तर होता है जिसे केंद्रक झिल्ली कहते हैं। केंद्रक झिल्ली में छोटे-छोटे छिद्र होते हैं। इन छिद्रों के द्वारा केंद्रक के अंदर का कोशिकाद्रव्य केंद्रक के बाहर जा पाता है। कोशिकाद्रव्य के विषय में हम अनुभाग 5.2.4 में पढ़ेंगे।

केंद्रक में क्रोमोसोम होते हैं जो कोशिका विभाजन के समय छड़ाकार दिखाई पड़ते हैं। क्रोमोसोम में आनुवांशिक गुणों की जो सूचना होती है वो माता-पिता से DNA (डिऑक्सी राइबो न्यूक्लीक अम्ल) अणु के रूप में अगली संतति में जाते हैं। क्रोमोसोम DNA तथा प्रोटीन के बने होते हैं। DNA अणु में कोशिका के निर्माण व संगठन की सभी आवश्यक सूचनाएँ होती हैं। DNA के क्रियात्मक खंड को जीन कहते हैं। जो कोशिका विभाजित नहीं हो रही होती है उसमें यह DNA क्रोमैटिन पदार्थ के

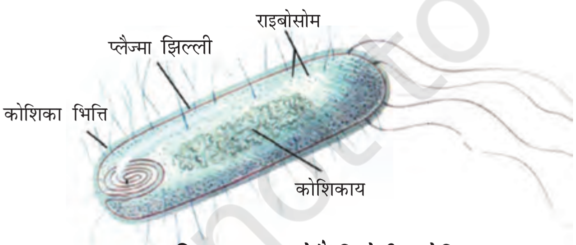
Reprint 2025-26

रूप में विद्यमान रहता है। क्रोमैटिन पदार्थ धागे की तरह की रचनाओं के एक जाल का पिंड होता है। जब कभी भी कोशिका विभाजित होने वाली होती है, तब यह क्रोमोसोम में संगठित हो जाता है।

कुछ जीवों में कोशिकीय जनन में केंद्रक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस प्रक्रिया में एक अकेली कोशिका विभाजित होकर दो नयी कोशिकाएँ बनाती हैं। यह कोशिका के विकास व परिपक्वन को निर्धारित करता है तथा साथ ही सजीव कोशिका की रासायनिक क्रियाओं को भी निर्देशित करता है।

बैक्टीरिया जैसे कुछ जीवों में कोशिका का केंद्रकीय क्षेत्र बहुत कम स्पष्ट होता है क्योंकि इसमें केंद्रक झिल्ली नहीं होती। ऐसे अस्पष्ट केंद्रक क्षेत्र में केवल क्रोमैटिन पदार्थ होता है। ऐसे क्षेत्र को केंद्रकाय कहते हैं। ऐसे जीव जिसकी कोशिकाओं में केंद्रक झिल्ली नहीं होती उन्हें प्रोकैरियोट (प्रो–आदि अथवा पूर्व; कैरियोट = कैरियोन = केंद्रक)। जिन जीवों की कोशिकाओं में केंद्रक झिल्ली होती है उन्हें यूकैरियोट कहते हैं।

प्रोकैरियोटी कोशिकाओं (चित्र 5.4) में और भी अन्य अधिकांश द्रव्य अंगक नहीं होते हैं जो कि यूकैरियोटी कोशिकाओं में होते हैं। ऐसे अंगकों के अनेक कार्य भी कोशिका द्रव्य के असंगठित भागों द्वारा ही किए जाते हैं (अनुभाग 5.2.4 पढ़ें)। प्रकाश संश्लेषी बैक्टीरिया में क्लोरोफिल झिल्लीदार पुटिका (थैले की तरह की संरचना) के साथ होता है जबकि यूकैरियोटी कोशिकाओं में क्लोरोफिल प्लैस्टिड में होता है (अनुभाग 5.2.5 देखें)।



चित्र 5.4: प्रोकैरियोटी कोशिका

5.2.4 कोशिका द्रव्य

जब हमने प्याज की झिल्ली तथा मनुष्य के गाल की कोशिकाओं की स्लाइड को देखा, तब हमें प्रत्येक कोशिका में एक बड़ा क्षेत्र दिखा जो कोशिका झिल्ली से घिरा हुआ था। इस क्षेत्र में बहुत हलका धब्बा था। इसे कोशिका द्रव्य कहते हैं। प्लैज़्मा झिल्ली के अंदर कोशिका द्रव्य एक तरल पदार्थ है। इसमें बहुत से विशिष्ट कोशिका के घटक होते हैं जिन्हें कोशिक का अंगक कहते हैं। प्रत्येक अंगक कोशिका के लिए विशिष्ट कार्य करते हैं। कोशिका द्रव्य तथा केंद्रक दोनों को मिलाकर जीवद्रव्य कहते हैं।

कोशिका अंगक झिल्ली युक्त होते हैं। प्रोकैरियोटी कोशिकाओं में वास्तविक केंद्रक के अतिरिक्त झिल्ली युक्त अंगक भी नहीं होते। जबकि यूकैरियोटी कोशिकाओं में केंद्रकीय झिल्ली तथा झिल्ली युक्त अंगक होते हैं।

झिल्ली की सार्थकता वाइरस के उदाहरण से स्पष्ट कर सकते हैं। वाइरस में किसी भी प्रकार की झिल्ली नहीं होती और इसलिए इसमें जीवन के गुण तब तक लक्षित नहीं होते जब तक कि यह किसी सजीव के शरीर में प्रविष्ट करके कोशिका की मशीनरी का उपयोग कर अपना बहुगुणन नहीं कर लेता।

प्रश्न

1. *क्या अब आप निम्नलिखित तालिका में दिए गए रिक्त स्थानों को भर सकते हैं, जिससे कि प्रोकैरियोटी तथा यूकैरियोटी कोशिकाओं में अंतर स्पष्ट हो सके:*

प्रोकैरियोटी कोशिका	यूकैरियोटी कोशिका
1. आकार प्रायः छोटा (1 – 10 μm) 1 μm = 10^{-6} m	1. आकार प्रायः बड़ा (5 – 100 μm)
2. केंद्रकीय क्षेत्र : ________________ ________________ और उसे____कहते हैं।	2. केंद्रकीय क्षेत्र : सुस्पष्ट जो चारों ओर से केंद्रकीय झिल्ली से घिरा रहता है।
3. क्रोमोसोम : एक	3. क्रोमोसोम: एक से अधिक
4. झिल्ली युक्त कोशिका अंगक अनुपस्थित	4. ________________ ________________

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

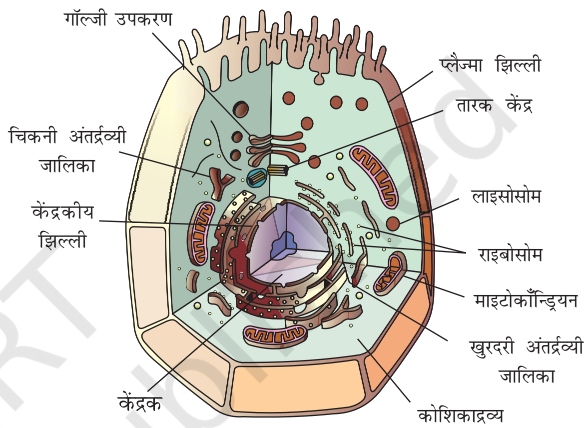
5.2.5 कोशिका अंगक

प्रत्येक कोशिका के चारों ओर अपनी झिल्ली होती है जिससे कि उसमें स्थित पदार्थ बाह्य पर्यावरण से अलग रहे। बड़ी तथा जटिल कोशिकाओं, जिसमें बहुकोशिक जीवों की कोशिकाएँ भी शामिल हैं, को भी उपापचयी क्रियाओं की बहुत आवश्यकता होती है जिससे कि वे जटिल संरचना तथा कार्य को सहारा दे सकें। इन विभिन्न प्रकार की उपापचयी क्रियाओं को अलग-अलग रखने के लिए, ये कोशिकाएँ झिल्लीयुक्त छोटी-छोटी संरचनाओं (अंगक) का उपयोग करती हैं। यह यूकैरियोटी कोशिकाओं का एक ऐसा गुण है जो उन्हें प्रोकैरियोटी कोशिकाओं से अलग करता है। इनमें से कुछ अंगक केवल इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से ही देखे जा सकते हैं।

हमने पिछले अनुभाग में केंद्रक के विषय में पढ़ा है। अंतर्द्रव्यी जालिका, गॉल्जी उपकरण, लाइसोसोम, माइटोकॉन्ड्रिया तथा प्लैस्टिड; कोशिका अंगकों के महत्वपूर्ण उदाहरण हैं जिन पर हम विचार करेंगे। ये इसलिए महत्वपूर्ण हैं क्योंकि ये कोशिकाओं के बहुत निर्णायक कार्य करते हैं।

5.2.5 (i) *अंतर्द्रव्यी जालिका (ER)*

अंतर्द्रव्यी जालिका झिल्ली युक्त नलिकाओं तथा शीट का एक बहुत बड़ा तंत्र है। ये लंबी नलिका अथवा गोल या आयताकार थैलों (पुटिकाओं) की तरह दिखाई देती हैं। अंतर्द्रव्यी जालिका की रचना भी प्लैज्मा झिल्ली के समरूप होती है। अंतर्द्रव्यी जालिका दो प्रकार की होती है: खुरदरी अंतर्द्रव्यी जालिका (RER) तथा चिकनी अंतर्द्रव्यी जालिका (SER)। RER सूक्ष्मदर्शी से देखने पर खुरदरी दिखाई पड़ती है क्योंकि इस पर राइबोसोम लगे होते हैं। राइबोसोम पर प्रोटीन संश्लेषित होती है। RER तैयार प्रोटीन को आवश्यकतानुसार ER के द्वारा कोशिका के अन्य भागों में भेज देता है। SER वसा अथवा लिपिड अणुओं के बनाने में सहायता करती है। यह कोशिकीय क्रिया के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। कुछ प्रोटीन तथा वसा कोशिका झिल्ली को बनाने में सहायता करते हैं। इस प्रक्रिया को झिल्ली जीवात्-जनन कहते हैं। कुछ अन्य प्रोटीन तथा वसा, एंजाइम एवं हार्मोन की भाँति कार्य करते हैं। यद्यपि विभिन्न कोशिकाओं में ER भिन्न रूपों में दिखाई देती है परंतु सदैव एक जालिका तंत्र का निर्माण करती है।



***चित्र 5.5 :** जंतु कोशिका*

इस प्रकार ER का एक कार्य कोशिकाद्रव्य के विभिन्न क्षेत्रों के मध्य अथवा कोशिकाद्रव्य के विभिन्न क्षेत्रों तथा केंद्रक के मध्य पदार्थों (मुख्यत: प्रोटीन) के परिवहन के लिए नलिका के रूप में कार्य करना है। ER कोशिका की कुछ जैव रासायनिक क्रियाओं के लिए कोशिका द्रव्यी ढाँचे का कार्य भी करती है। एक वर्ग के जंतुओं, जिन्हें कशेरुकी भी कहते हैं (अध्याय-7 देखें), के यकृत की कोशिकाओं में SER विष तथा दवा को निराविषीकरण करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

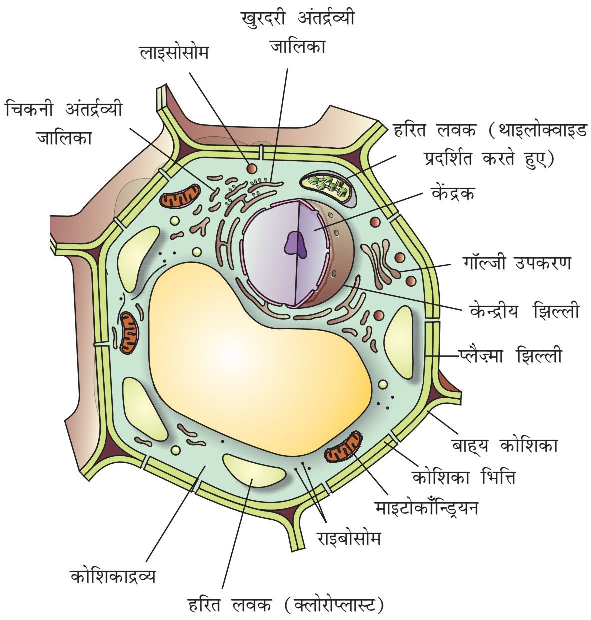
5.2.5 (ii) *गॉल्जी उपकरण*

कैमिलो गॉल्जी द्वारा वर्णित गॉल्जी उपकरण झिल्ली युक्त चपटी पुटिकाओं का एक तंत्र है जो एक-दूसरे के ऊपर समानांतर रूप से सजी रहती है जिन्हें

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

कुंडिका कहते हैं। इन झिल्लियों का संपर्क ER झिल्लियों से होता है और इसलिए जटिल कोशिकीय झिल्ली तंत्र के दूसरे भाग को बनाती है।



चित्र 5.6 : *पादप कोशिका*

ER में संश्लेषित पदार्थ गॉल्जी उपकरण में पैक किए जाते हैं ओर उन्हें कोशिका के बाहर तथा अंदर विभिन्न क्षेत्रों में भेज दिया जाता है। इस कार्य में शामिल हैं पुटिका में पदार्थों का संचयन, रूपांतरण तथा बंद करना। कुछ परिस्थिति में गॉल्जी उपकरण में सामान्य शक्कर से जटिल शक्कर बनती है। गॉल्जी उपकरण के द्वारा लाइसोसोम को भी बनाया जाता है।

5.2.5 (iii) *लाइसोसोम*

संरचनात्मक दृष्टि से, लाइसोसोम में झिल्ली से घिरी हुई संरचना होती है जिनमें पाचक एंजाइम होते हैं। RER इन एंजाइमों को बनाते हैं।

लाइसोसोम कोशिका का अपशिष्ट निपटाने वाला तंत्र है। ये बाहरी पदार्थ एवं कोशिका अंगकों के टूटे-फूटे भागों को पाचित करके कोशिका को साफ करते हैं। कोशिका के अंदर आने वाले बाहरी पदार्थ जैसे बैक्टीरिया अथवा भोजन तथा पुराने अंगक लाइसोसोम में चले जाते हैं जो उन्हें छोटे-छोटे टुकड़ों में तोड़ देते हैं। लाइसोसोम में बहुत शक्तिशाली पाचनकारी एंज़ाइम होते हैं जो जटिल पदार्थों को सरल पदार्थों में तोड़ते हैं। कोशिकीय चयापचय (metabolism) में व्यवधान के कारण जब कोशिका क्षतिग्रस्त या मृत हो जाती है, तो लाइसोसोम फट जाते हैं और एंज़ाइम अपनी ही कोशिकाओं को पाचित कर देते हैं इसलिए लाइसोसोम को कोशिका की 'आत्मघाती थैली' भी कहते हैं।

कैमिलो गॉल्जी का जन्म 7 जुलाई, 1843 को ब्रेसिका के समीप कोरटनो में हुआ था। उन्होंने पाविआ विश्वविद्यालय से मेडिसिन का अध्ययन किया। 1865 में स्नातक के बाद उन्होंने पाविआ के सेंट मेटिओ के अस्पताल में अध्ययन जारी रखा। उस समय उनकी सारी खोज तंत्रिका तंत्र से संबंधित थी। 1872 में उन्होंने एबियाटेग्रेसो के एक दीर्घकालिक रोग के अस्पताल में मुख्य चिकित्सा पदाधिकारी का पदभार ग्रहण किया। उन्होंने सबसे पहले अपनी खोज इस अस्पताल के किचन में तंत्रिका तंत्र पर की। उन्होंने इस छोटी-सी किचन को प्रयोगशाला बना लिया था। उनका सबसे महत्वपूर्ण कार्य यह था कि उन्होंने अकेली तंत्रिका तथा कोशिका संरचनाओं को अभिरंगित करने की क्रांतिकारी विधि प्रदान की। इस विधि को "ब्लैक रिएक्शन" के नाम से जाना गया। इस विधि में उन्होंने सिल्वर नाइट्रेट के तनु घोल का उपयोग किया था और विशेषत: यह कोशिकाओं की कोमल शाखाओं की प्रक्रियाओं का मार्ग पता लगाने में महत्वपूर्ण था। सारा जीवन वे इसी दिशा में कार्य करते रहे और इस विधि में सुधार करते रहे। गॉल्जी ने अपने शोध के लिए उच्चतम उपाधि तथा पुरस्कार प्राप्त किए। सन् 1906 में इन्हें सैंटियागो रैमोनी कजाल के साथ संयुक्त रूप से तंत्रिका तंत्र की संरचना कार्य के लिए नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

5.2.5 (iv) *माइटोकॉन्ड्रिया*

माइटोकॉन्ड्रिया कोशिका का बिजलीघर है। माइटोकॉन्ड्रिया दोहरी झिल्ली की बनी होती है। बाहरी झिल्ली छिद्रित होती है। भीतरी झिल्ली बहुत अधिक वलित होती है। ये वलय ATP-बनाने वाली रासायनिक क्रियाओं के क्षेत्र को बड़ा बनाती हैं। जीवन के लिए आवश्यक विभिन्न रासायनिक क्रियाओं को करने के लिए माइटोकॉन्ड्रिया ATP (ऐडिनोसिन ट्राइफॉस्फेट) के रूप में ऊर्जा प्रदान करते हैं। ATP कोशिका की ऊर्जा है। शरीर नए रासायनिक यौगिकों को बनाने तथा यांत्रिक कार्य के लिए ATP में संचित ऊर्जा का उपयोग करता है।

माइटोकॉन्ड्रिया बहुत अद्‌भुत अंगक है क्योंकि इसमें उसका अपना DNA तथा राइबोसोम होते हैं। अत: माइटोकॉन्ड्रिया अपना कुछ प्रोटीन स्वयं बनाते हैं।

5.2.5 (v) *प्लैस्टिड*

प्लैस्टिड केवल पादप कोशिकाओं में स्थित होते हैं। प्लैस्टिड दो प्रकार के होते हैं: क्रोमोप्लास्ट (रंगीन प्लैस्टिड) तथा ल्यूकोप्लास्ट (श्वेत तथा रंगहीन प्लैस्टिड)। जिस क्रोमोप्लास्ट में क्लोरोफिल वर्णक होता है उसे क्लोरोप्लास्ट कहते हैं। पौधों में क्लोरोप्लास्ट प्रकाश संश्लेषण के लिए बहुत आवश्यक है। क्लोरोप्लास्ट में क्लोरोफिल के अतिरिक्त विभिन्न पीले अथवा नारंगी रंग के वर्णक भी होते हैं। ल्यूकोप्लास्ट प्राथमिक रूप से अंगक है जिसमें स्टार्च, तेल तथा प्रोटीन जैसे पदार्थ संचित होते हैं।

क्लोरोप्लास्ट की भीतरी रचना में बहुत–सी झिल्ली वाली परतें होती हैं जो स्ट्रोमा में स्थित होती हैं। प्लैस्टिड बाह्य रचना में माइटोकॉन्ड्रिया की तरह होते हैं। माइटोकॉन्ड्रिया की तरह प्लैस्टिड में भी अपना DNA तथा राइबोसोम होते हैं।

5.2.5 (vi) *रसधानियाँ*

रसधानियाँ ठोस अथवा तरल पदार्थों की संग्राहक थैलियाँ हैं। जंतु कोशिकाओं में रसधानियाँ छोटी होती हैं जबकि पादप कोशिकाओं में रसधानियाँ बहुत बड़ी होती हैं। कुछ पौधों की कोशिकाओं की केंद्रीय रसधानी की माप कोशिका के आयतन का 50% से 90% तक होता है।

पादप कोशिकाओं की रसधानियों में कोशिका द्रव्य भरा रहता है और ये कोशिकाओं को स्फीति तथा कठोरता प्रदान करती हैं। पौधों के लिए आवश्यक बहुत से पदार्थ रसधानी में स्थित होते हैं। ये अमीनो अम्ल, शर्करा, विभिन्न कार्बनिक अम्ल तथा कुछ प्रोटीन हैं। एककोशिक जीवों, जैसे अमीबा, की खाद्य रसधानी में उनके द्वारा उपभोग में लाए गए खाद्य पदार्थ होते हैं। कुछ एककोशिक जीवों में विशिष्ट रसधानियाँ अतिरिक्त जल तथा कुछ अपशिष्ट पदार्थों को शरीर से बाहर निकालने में महत्वपूर्ण भूमिकाएँ निभाती हैं।

प्रश्न

1. *क्या आप दो ऐसे अंगकों का नाम बता सकते हैं जिनमें अपना आनुवंशिक पदार्थ होता है?*
2. *यदि किसी कोशिका का संगठन किसी भौतिक अथवा रासायनिक प्रभाव के कारण नष्ट हो जाता है, तो क्या होगा?*
3. *लाइसोसोम को आत्मघाती थैली क्यों कहते हैं?*
4. *कोशिका के अंदर प्रोटीन का संश्लेषण कहाँ होता है?*

प्रत्येक कोशिका की अपनी एक संरचना होती है, जिसके द्वारा वे विशिष्ट कार्य जैसे श्वसन, पोषण तथा अपशिष्ट पदार्थों का उत्सर्जन अथवा नई प्रोटीन बनाने में सहायता करते हैं। ऐसा उनकी झिल्ली तथा अंगकों की विशिष्ट संरचना के कारण संभव हो पाता है।

अत: कोशिका सजीवों की एक मूलभूत संरचनात्मक इकाई है। यह जीवन की एक मूलभूत क्रियात्मक इकाई भी है।

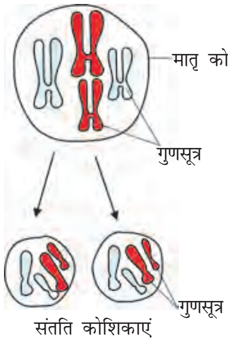
कोशिका विभाजन

जीवधारियों में वद्धि हेतु नई कोशिकाएं बनती हैं जिससे पुरानी मृत एवं क्षतिग्रस्त कोशिकाओं का प्रतिस्थापन और प्रजनन हेतु युग्मक बनते हैं। नई कोशिकाओं के बनने की प्रक्रिया को कोशिका विभाजन कहते हैं। सूत्री विभाजन और अर्ध सूत्री विभाजन नामक दो मुख्य प्रकार की कोशिका विभाजन की प्रक्रिया है।

कोशिका विभाजन की प्रक्रिया, जिससे अधिकतर कोशिकाएं वृद्धि हेतु विभाजित होती हैं, उसे सूत्री

Reprint 2025-26

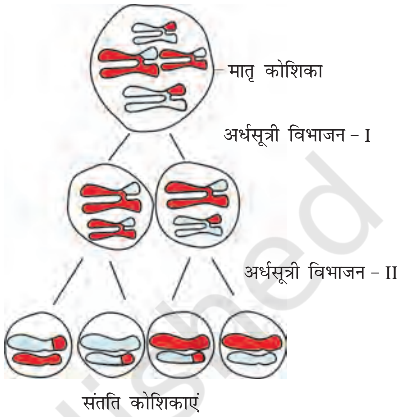
© NCERT not to be republished



चित्र 5.7 : समसूत्री विभाजन

विभाजन कहते हैं। इस प्रक्रिया में प्रत्येक कोशिका जिसे मातृ कोशिका भी कह सकते हैं, विभाजित होकर दो समरूप संतति कोशिकाएं बनाती हैं (चित्र 5.7)। संतति कोशिकाओं में गुणसुत्रों की संख्या मातृकोशिका के समान होती है। यह जीवों में वृद्धि एवं ऊतकों के मरम्मत में सहायता करती है।

जंतुओं और पौधों के प्रजनन अंगों अथवा ऊतकों की विशेष कोशिकाएं विभाजित होकर युग्मक बनाती है जो निषेचन के पश्चात् संतति निर्माण करती है। यह एक अलग प्रकार का विभाजन है जिसे अर्धसूत्रण कहते हैं जिसमें क्रमशः दो विभाजन होते हैं। जब कोशिका अर्ध सूत्रण द्वारा विभाजित होती है तो इससे दो की जगह चार नई कोशिकाएं बनती हैं (चित्र 5.8)। नई कोशिकाओं में मातृ कोशिकाओं की तुलना में गुणसूत्रों की संख्या आधी होती है। क्या आप सोच सकते हैं कि संतति कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या क्यों आधी हो गई है?



चित्र 5.8 : अर्धसूत्री विभाजन

आपने क्या सीखा

- कोशिका जीवन की मूलभूत संरचनात्मक इकाई है।
- कोशिका के चारों ओर प्लैज़्मा झिल्ली होती है। ये झिल्लियाँ लिपिड तथा प्रोटीन की बनी होती हैं।
- कोशिका झिल्ली कोशिका का सक्रिय भाग है। यह पदार्थों की गति को कोशिका के भीतर तथा बाहरी वातावरण से नियमित करती है।
- पादप कोशिका में कोशिका झिल्ली के चारों ओर एक कोशिका भित्ति होती है। कोशिका भित्ति सेल्यूलोज की बनी होती है।
- पादप की कोशिकाओं में स्थित कोशिका भित्ति फंजाई तथा बैक्टीरिया को अल्प परासरण दाबी घोल (माध्यम) में बिना फटे जीवित रहने देती है।
- यूकैरियोट में केंद्रक दोहरी झिल्ली द्वारा कोशिकाद्रव्य से अलग होता है। यह कोशिका की जीवन प्रक्रियाओं को निर्देशित करता है।
- ER अंत:कोशिकीय परिवहन तथा उत्पादक सतह के रूप में कार्य करता है।
- गॉल्जी उपकरण झिल्ली युक्त पुटिकाओं का स्तंभ है। यह कोशिका में बने पदार्थों का संचयन, रूपांतरण तथा पैकेजिंग करता है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- अधिकांश पादप कोशिकाओं में झिल्ली युक्त अंगक जैसे प्लैस्टिड होते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं – क्रोमोप्लास्ट तथा ल्यूकोप्लास्ट।
- क्रोमोप्लास्ट जिसमें क्लोरोफिल होता है उन्हें क्लोरोप्लास्ट कहते हैं। ये प्रकाश संश्लेषण करते हैं।
- ल्यूकोप्लास्ट का प्राथमिक कार्य संचय करना है।
- अधिकांश परिपक्व पादप कोशिकाओं में एक बड़ी केंद्रीय रसधानी होती है। यह कोशिका की स्फीति को बनाए रखती है और यह अपशिष्ट पदार्थों सहित महत्वपूर्ण पदार्थों का संचय करती है।
- प्रोकैरियोटी कोशिकाओं में कोई भी झिल्ली युक्त अंगक नहीं होता। उनके क्रोमोसोम के स्थान पर न्यूकलीक अम्ल होता है और उनमें केवल छोटे राइबोसोम अंगक के रूप में होते हैं।
- जीवधाारियों में कायिक वृद्धि हेतु कोशिकाएं विभाजित होती हैं।

अभ्यास

1. पादप कोशिकाओं तथा जंतु कोशिकाओं में तुलना करो।
2. प्रोकैरियोटी कोशिकाएँ यूकैरियोटी कोशिकाओं से किस प्रकार भिन्न होती हैं?
3. यदि प्लैज़्मा झिल्ली फट जाए अथवा टूट जाए तो क्या होगा?
4. यदि गॉल्जी उपकरण न हो तो कोशिका के जीवन में क्या होगा?
5. कोशिका का कौन-सा अंगक बिजलीघर है? और क्यों?
6. कोशिका झिल्ली को बनाने वाले लिपिड तथा प्रोटीन का संश्लेषण कहाँ होता है?
7. अमीबा अपना भोजन कैसे प्राप्त करता है?
8. परासरण क्या है?
9. निम्नलिखित परासरण प्रयोग करें :
   छिले हुए आधे-आधे आलू के चार टुकड़े लो, इन चारों को खोखला करो जिससे कि आलू के कप बन जाएँ। इनमें से एक कप को उबले आलू में बनाना है। आलू के प्रत्येक कप को जल वाले बर्तन में रखो। अब
   (a) कप 'A' को खाली रखो,
   (b) कप 'B' में एक चम्मच चीनी डालो,
   (c) कप 'C' में एक चम्मच नमक डालो तथा
   (d) उबले आलू से बनाए गए कप 'D' में एक चम्मच चीनी डालो।
   आलू के इन चारों कपों को दो घंटे तक रखने के पश्चात् उनका अवलोकन करो तथा निम्न प्रश्नों का उत्तर दो :
   (i) 'B' तथा 'C' के खाली भाग में जल क्यों एकत्र हो गया? इसका वर्णन करो।
   (ii) 'A' आलू इस प्रयोग के लिए क्यों महत्वपूर्ण है?
   (iii) 'A' तथा 'D' आलू के खाली भाग में जल एकत्र क्यों नहीं हुआ? इसका वर्णन करो।
10. कायिक वृद्धि एवं मरम्मत हेतु किस प्रकार के कोशिका विभाजन की आवश्यकता होती है तथा इसका औचित्य बताएं?
11. युग्मकों के बनने के लिए किस प्रकार का कोशिका विभाजन होता है? इस विभाजन का महत्व बताएं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

0965CH06

अध्याय 6

ऊतक (Tissues)

हमने पिछले अध्याय में पढ़ा कि सभी जीवित प्राणी या पौधे कोशिकाओं के बने होते हैं। एक कोशिक जीवों में, सभी मौलिक कार्य एक ही कोशिका द्वारा किए जाते हैं। उदाहरण के लिए, अमीबा में एक ही कोशिका द्वारा गति, भोजन लेने की क्रिया, गैसीय विनिमय और उत्सर्जन क्रिया संपन्न की जाती है। लेकिन बहुकोशिक जीवों में लाखों कोशिकाएँ होती हैं। इनमें से अधिकतर कोशिकाएँ कुछ विशिष्ट कार्यों को ही संपन्न करने में सक्षम होती हैं। प्रत्येक विशेष कार्य कोशिकाओं के विभिन्न समूहों द्वारा किया जाता है। कोशिकाओं के ये समूह एक विशिष्ट कार्य को ही अति दक्षता पूर्वक संपन्न करने के लिए सक्षम होते हैं। मनुष्यों में, पेशीय कोशिका फैलती और सिकुड़ती है, जिससे गति होती है, तंत्रिका कोशिकाएँ संदेशों की वाहक होती हैं; रक्त, ऑक्सीजन, भोजन, हॉर्मोन और अपशिष्ट पदार्थों का वहन करता है। पौधों में, वाहक नलियों से संबंधित कोशिकाएँ भोजन और पानी को एक जगह से दूसरी जगह ले जाती हैं। अतः बहुकोशिक जीवों में श्रम विभाजन होता है। शरीर के अंदर ऐसी कोशिकाएँ जो एक तरह के कार्य को संपन्न करने में दक्ष होती हैं, सदैव एक समूह में होती हैं। इससे ज्ञात होता है कि शरीर के अंदर एक निश्चित कार्य एक निश्चित स्थान पर कोशिकाओं के एक विशिष्ट समूह द्वारा संपन्न किया जाता है। कोशिकाओं का यह समूह ऊतक कहलाता है। ये ऊतक अधिकतम दक्षता के साथ कार्य कर सकने के लिए एक विशिष्ट क्रम में व्यवस्थित होते हैं। रक्त, फ़्लोएम तथा पेशी ऊतक के उदाहरण हैं।

वे कोशिकाएँ जो आकृति में एक समान होती हैं तथा किसी कार्य को एक साथ संपन्न करती हैं, समूह में एक ऊतक का निर्माण करती हैं।

6.1 क्या पौधे और जंतु एक ही तरह के ऊतकों से बने होते हैं?

आइए हम विभिन्न ऊतकों की संरचनाओं तथा उनके कार्यों की तुलना करें। क्या पौधों और जंतुओं की संरचनाएँ समान होती हैं? क्या दोनों समरूप कार्य करते हैं?

दोनों में स्पष्ट अंतर होता है। पौधे स्थिर होते हैं– वे गति नहीं करते हैं। चूंकि उन्हें सीधा खड़ा होना होता है अतः उनमें बड़ी मात्रा में सहारा प्रदान करने वाले ऊतक होते हैं। ये सहारा प्रदान करने वाले ऊतक प्रायः मृत कोशिकाओं के बने होते हैं।

दूसरी ओर, जंतु भोजन, साथी और आश्रय की खोज में इधर-उधर विचरण करते हैं। ये पौधों की अपेक्षा ऊर्जा का अधिक उपभोग करते हैं। जंतुओं के अधिकांश ऊतक जीवित होते हैं।

जंतु और पौधों के बीच उनकी वृद्धि के प्रतिरूप में एक और भिन्नता है। पौधों की वृद्धि कुछ क्षेत्रों में ही सीमित रहती है जबकि जंतुओं में ऐसा नहीं होता। पौधों के कुछ ऊतक जीवन भर विभाजित होते रहते हैं। ऐसे ऊतक कुछ क्षेत्रों में ही सीमित रहते हैं। ऊतकों की विभाजन-क्षमता के आधार पर ही पौधों के ऊतकों (पादप ऊतकों) का वर्गीकरण किया जाता है:

© NCERT not to be republished

वृद्धि अथवा विभज्योतक तथा स्थायी ऊतक। जंतुओं में कोशिका वृद्धि अधिक एकरूप होती है। अतः जंतुओं में विभाज्य तथा अविभाज्य क्षेत्रों की कोई निश्चित सीमा नहीं होती।

अंगों और अंग-तंत्रों का संरचनात्मक संगठन जटिल पौधों की अपेक्षा जटिल जंतुओं में अति विशिष्ट तथा सीमित होता है। यह मूल अंतर जीवधारियों के दो महत्वपूर्ण समूहों के जीवनयापन के विभिन्न तरीकों को दर्शाता है, विशेषकर इनके भोजन करने की प्रक्रिया में। संरचनात्मक संगठन, एक ओर पौधों के गतिहीन अस्तित्व तथा दूसरी ओर जंतुओं के प्रचलन के लिए अंगतंत्रों के विकास हेतु विभिन्न प्रकार से अनुकूलित होते हैं।

जटिल जंतुओं तथा पौधों के संदर्भ में अब हम ऊतकों की अवधारणा के बारे में विस्तृत चर्चा करेंगे।

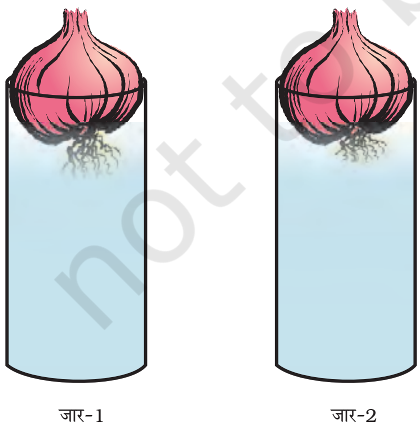
प्रश्न

1. ऊतक क्या है?

2. बहुकोशिक जीवों में ऊतकों का क्या उपयोग है?

6.2 पादप ऊतक

6.2.1 विभज्योतक



चित्र 6.1: *प्याज के मूल में वृद्धि*

क्रियाकलाप 6.1

- दो शीशे के जार लेते हैं और उनमें पानी भर देते हैं।
- अब दो प्याज़ लेते हैं और दोनों जारों पर एक-एक प्याज़ रख देते हैं, जैसा कि चित्र 6.1 में दिखाया गया है।
- कुछ दिनों तक दोनो प्याज़ों की मूलों की लंबाई मापते हैं।
- पहले, दूसरे और तीसरे दिनों में मूल की लंबाई को माप लेते हैं।
- दूसरे जार में रखी प्याज़ की मूल को चौथे दिन 1 cm काट लेते हैं। इसके बाद दोनों जार में रखी प्याज़ की मूलों की लंबाइयों का पाँच दिनों तक निरीक्षण करें और उनमें हुई प्रत्येक दिन की वृद्धि की माप को नीचे दी गई तालिका में लिखें।

लंबाई	दिन-1	दिन-2	दिन-3	दिन-4	दिन-5
जार-1					
जार-2					

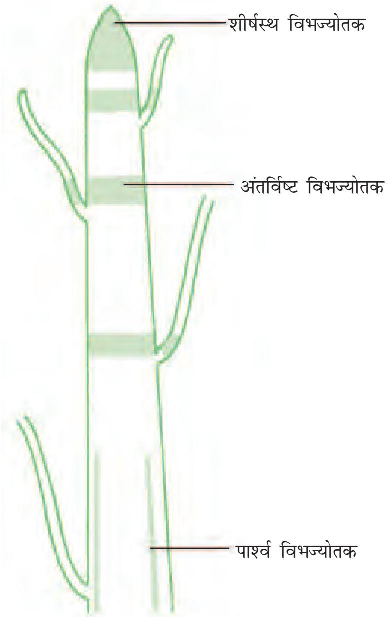
- ऊपर के निरीक्षणों को देखते हुए नीचे दिए गए प्रश्नों के उत्तर दें:
  1. किस जार में रखी हुई प्याज़ की मूल लंबी है?
  2. हमारे द्वारा मूल के ऊपरी हिस्से को काट लेने के बाद भी क्या वह वृद्धि करती रहती है?
  3. जब हम जार-2 में रखी प्याज़ की मूल के ऊपरी हिस्से को काटते हैं तो वे वृद्धि करना बंद कर देंगी, क्यों?

पौधों में वृद्धि कुछ निश्चित क्षेत्रों में ही होती है। ऐसा विभाजित ऊतकों के उन भागों में पाए जाने के कारण होता है। ऐसे ऊतकों को विभज्योतक (Meristematic tissue) भी कहा जाता है। ये विभज्योतक किस भाग में स्थित हैं, विभज्योतक की उपस्थिति वाले क्षेत्रों के आधार पर इन्हें शीर्षस्थ, केंबियम (पार्श्वीय) तथा अंतर्विष्ट भागों में वर्गीकृत किया जाता है (चित्र 6.2)। विभज्योतक के द्वारा तैयार नई कोशिकाएँ प्रारंभ में विभज्योतक की तरह

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

होती हैं लेकिन जैसे ही ये बढ़ती और परिपक्व होती हैं, इनके गुणों में धीर–धीरे परिवर्तन होता है और ये दूसरे ऊतकों के घटकों के रूप में विभाजित हो जाती हैं।



चित्र 6.2: *किसी पौधे में विभज्योतक की स्थिति*

प्रोह के शीर्षस्थ विभज्योतक जड़ों एवं तनों की वृद्धि वाले भाग में विद्यमान रहता है तथा वह इनकी लंबाई में वृद्धि करता है। तने की परिधि या मूल में वृद्धि पार्श्व विभज्योतक (कैंबियम) के कारण होती है। अंतर्विष्ट विभज्योतक कुछ पौधों में पर्वसंधियों के पास पाए जाते हैं।

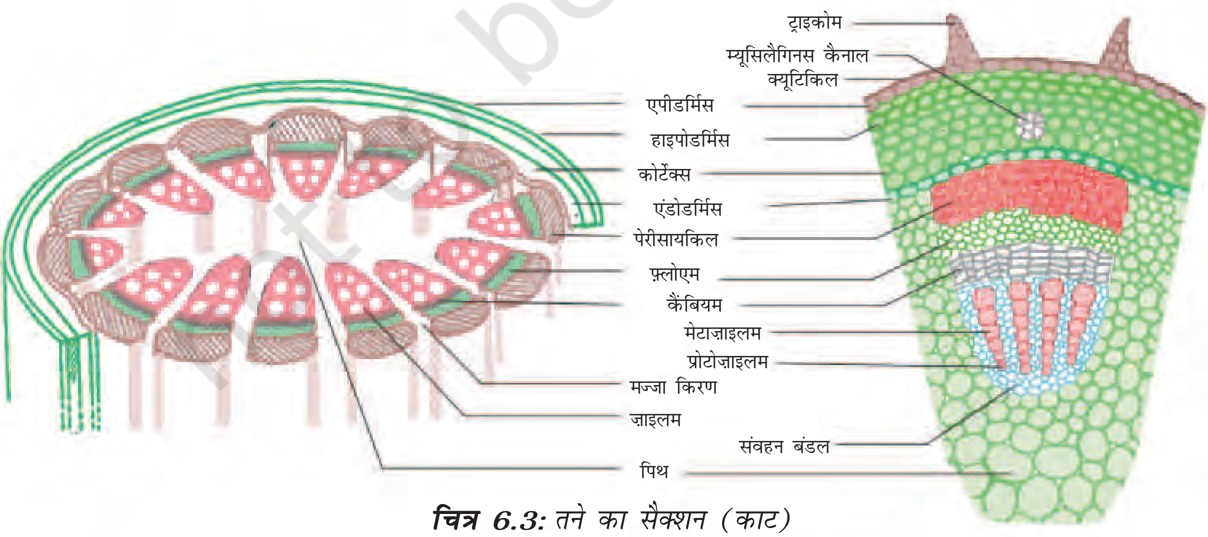
विभ्ज्योतक की कोशिकाएँ अत्यधिक क्रियाशील होती हैं, उनके पास बहुत अधिक कोशिकाद्रव्य, पतली कोशिका भित्ति, और स्पष्ट केंद्रक होते हैं। उनके पास रसधानी नहीं होती है। क्या हम सोच सकते हैं कि उनके पास रसधानी क्यों नहीं होती है? (आप कोशिकाओं पर आधारित अध्याय में उल्लेखित रसधानियों के कार्यों का संज्ञान ले सकते हैं।)

6.2.2 स्थायी ऊतक

विभज्योतक द्वारा बनी कोशिकाओं का क्या होता है? ये एक विशिष्ट कार्य करती हैं और विभाजित होने की शक्ति को खो देती हैं जिसके फलस्वरूप वे स्थायी ऊतक का निर्माण करती हैं। इस प्रकार एक विशिष्ट कार्य करने के लिए स्थायी रूप और आकार लेने की क्रिया को विभेदीकरण कहते हैं। विभज्योतक की कोशिकाएँ विशिष्टीकृत होकर विभिन्न प्रकार के स्थायी ऊतक का विकास करती है।

क्रियाकलाप 6.2

- एक पौधे के तने को लीजिए तथा अपने शिक्षक की सहायता से उसके पतले सैक्शन काटिए।



चित्र 6.3: *तने का सैक्शन (काट)*

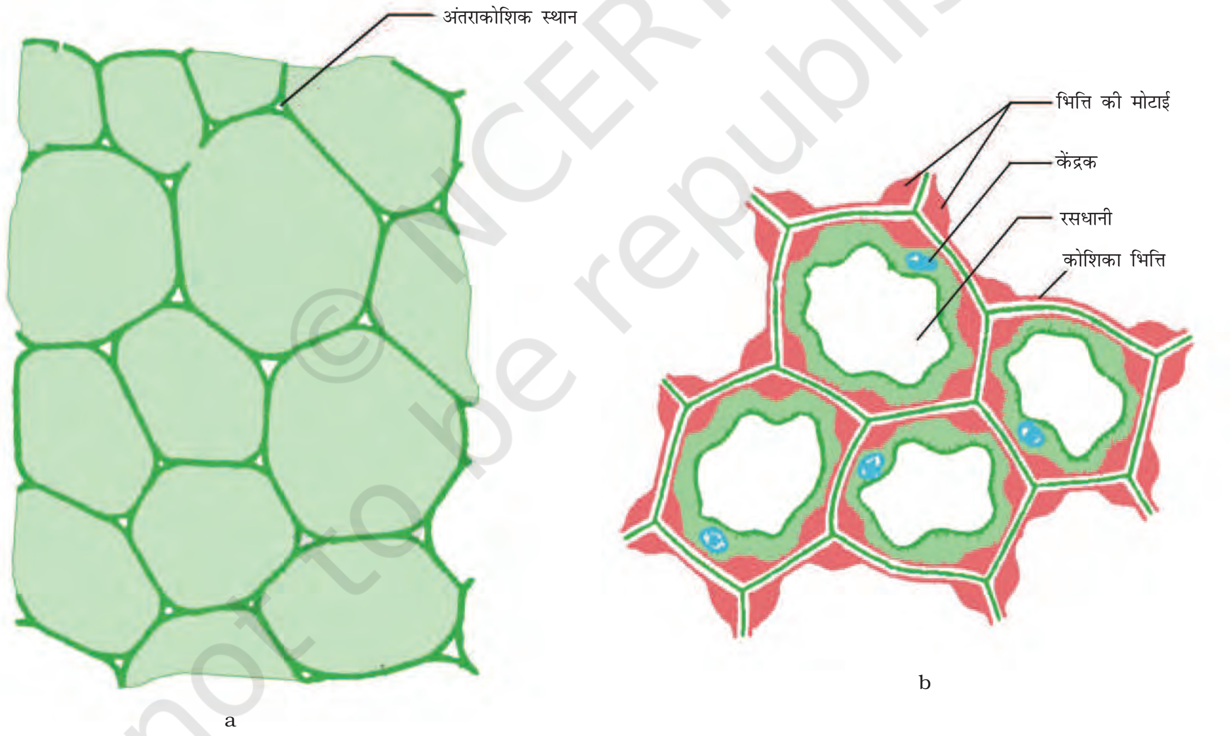
© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- अब सभी सैक्शन को सेफ्रेनिन से रंजित करें। एक अच्छे से कटे हुए सैक्शन को स्लाइड पर रखें और उस पर ग्लिसरीन की एक बूँद डालें।
- उसको कवर–स्लिप से ढक दें और स्लाइड का निरीक्षण सूक्ष्मदर्शी से करें। विभिन्न प्रकार की कोशिकाओं का अध्ययन करें और उनके विन्यास को देखें। चित्र 6.3 से इसकी तुलना करें।
- अब नीचे दिए गए प्रश्नों पर विचार करें और निरीक्षण के आधार पर उनके उत्तर दें:
  1. क्या सभी कोशिकाओं की संरचनाएँ समान हैं?
  2. कितने प्रकार की कोशिकाओं को देखा जा सकता है?
  3. क्या हम उन कारणों पर विचार कर सकते हैं कि कोशिकाओं के इतने प्रकार क्यों हैं?
- हम पौधे की मूलों का सैक्शन काटने की कोशिश कर सकते हैं। हम विभिन्न पौधों के मूल और तने का सैक्शन भी काट सकते हैं।

6.2.2 (i) *सरल स्थायी ऊतक*

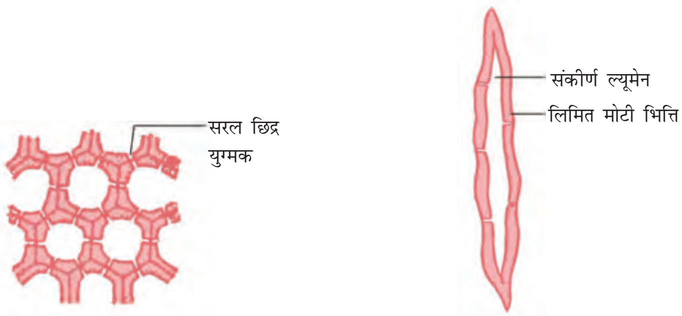
एपिडर्मिस के नीचे कोशिकाओं की कुछ परतें होती हैं जिसे सरल स्थायी ऊतक कहते हैं। पैरेन्कइमा सबसे अधिक पाया जाने वाला सरल स्थायी ऊतक है। यह पतली कोशिका भित्ति वाली सरल कोशिकाओं का बना होता है। ये जीवित कोशिकाएँ हैं। ये प्रायः बंधन मुक्त होती हैं तथा इस प्रकार के ऊतक की कोशिकाओं के मध्य काफी रिक्त स्थान पाया जाता है [चित्र 6.4 a]। ये ऊतक प्रायः भोजन का भंडारण



चित्र 6.4: *विभिन्न प्रकार के सरल ऊतक: (a) पैरेन्काइमा (b) कॉलेन्काइमा*

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26



चित्र 6.4: (c) स्क्लेरेन्काइमा (i) अनुप्रस्थ सैक्शन (ii) अनुदैर्ध्य सैक्शन

करती हैं। कुछ पैरेन्काइमा ऊतकों में क्लोरोफिल पाया जाता है, जिसके कारण प्रकाश संश्लेषण की क्रिया संपन्न होती है। इन ऊतकों को क्लोरेन्काइमा (हरित ऊतक) कहा जाता है। जलीय पौधों में पैरेन्काइमा की कोशिकाओं के मध्य हवा की बड़ी गुहिकाएँ (cavities) होती हैं, जिसके कारण ये जल में उतराती हैं। इस प्रकार के पैरेन्काइमा को ऐरेन्काइमा कहते हैं।
पौधों में लचीलेपन का गुण एक अन्य स्थायी ऊतक, कॉलेन्काइमा के कारण होता है। यह पौधों के विभिन्न भागों (पत्ती, तना) में बिना टूटे हुए लचीलापन लाता है। यह पौधों को यांत्रिक सहायता भी प्रदान करता है। हम इस ऊतक को एपिडर्मिस के नीचे पर्णवृत में पा सकते हैं। इस ऊतक की कोशिकाएँ जीवित, लंबी और अनियमित ढंग से कोनों पर मोटी होती हैं तथा कोशिकाओं के बीच बहुत कम स्थान होता है [चित्र 6.4 (b)]।

एक अन्य प्रकार का ऊतक स्क्लेरेन्काइमा होता है। यह ऊतक पौधे को कठोर एवं मज़बूत बनाता है। हमने नारियल के रेशेयुक्त छिलके को देखा है। यह स्क्लेरेन्काइमा ऊतक से बना होता है। इस ऊतक की कोशिकाएँ मृत होती हैं। ये लंबी और पतली होती हैं क्योंकि इस ऊतक की भित्ति लिग्निन के कारण मोटी होती है। ये भित्तियाँ प्राय: इतनी मोटी होती हैं कि कोशिका के भीतर कोई आंतरिक स्थान नहीं होता है [चित्र 6.4 (c)]। यह ऊतक तने में, संवहन बंडल के समीप, पत्तों की शिराओं में तथा बीजों और फलों के कठोर छिलके में उपस्थित होता है। यह पौधों के भागों को मज़बूती प्रदान करता है।

क्रियाकलाप 6.3

- रियो की ताज़ा तोड़ी हुई पत्ती लीजिए।
- इसे दबाव लगाकर इस तरह तोड़िए कि पत्ती का छिलका अलग निकल आए।
- इस छिलके को अलग करके जल से भरी हुई पैट्रिडिश में रखें।
- इसमें कुछ बूँद सेफ्रेनिन विलयन की डालिए।

चित्र 6.5: द्वार कोशिकाएँ तथा एपीडर्मिस कोशिकाएँ: (a) पार्श्व दृश्य, (b) पृष्ठ दृश्य

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- कुछ समय (लगभग दो मिनट) पश्चात् छिलके को स्लाइड पर रख दीजिए तथा इसे धीरे से कवर स्लिप से ढकें।
- इसका सूक्ष्मदर्शी द्वारा अवलोकन कीजिए।

जो आप देख रहे हैं वह कोशिकाओं की सबसे बाहरी परत एपीडर्मिस है। एपीडर्मिस प्रायः कोशिकाओं के एक परत की बनी होती है। शुष्क स्थानों पर मिलने वाले पादपों में एपीडर्मिस मोटी हो सकती है। जो जल के क्षय से बचाव हेतु महत्वपूर्ण है। पौधे की पूरी सतह एपीडर्मिस से ढकी रहती है। यह पौधे के सभी भागों की रक्षा करती है। एपीडर्मल कोशिका पौधों की बाह्य सतह पर प्रायः एक मोम जैसी जल प्रतिरोधी परत बनाती है। यह जल क्षय के विरुद्ध यांत्रिक आघात तथा परजीवी कवक के प्रवेश से पौधों की रक्षा करती है। क्योंकि एपीडर्मल कोशिकाओं का उत्तरदायित्व रक्षा करने का है, अतः इसकी कोशिकाएँ बिना किसी अंतर्कोशिकीय स्थान के अछिन्न परत बनाती हैं। अधिकांश एपीडर्मल कोशिकाएँ अपेक्षाकृत चपटी होती हैं। सामान्यतः उनकी बाह्य तथा पार्श्व भित्तियाँ उनकी आंतरिक भित्तियों से मोटी होती हैं।

पत्ती की एपीडर्मिस में हम छोटे-छोटे छिद्रों को देख सकते हैं। इन छिद्रों को स्टोमेटा कहते हैं (चित्र 6.5)। स्टोमेटा को दो वृक्क के आकार की कोशिकाएँ घेरे रहती हैं, जिन्हें रक्षी कोशिकाएँ कहते हैं। ये कोशिकाएँ वायुमंडल से गैसों का आदान-प्रदान करने के लिए आवश्यक हैं। वाष्पोत्सर्जन (वाष्प के रूप में पानी का निकलना) की क्रिया भी स्टोमेटा के द्वारा होती है।

याद करें प्रकाश संश्लेषण के लिए किस गैस की आवश्यकता होती है?

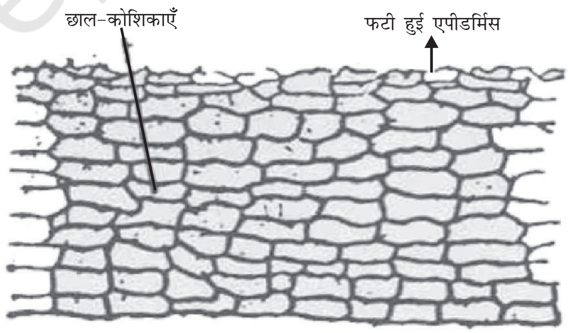
पौधों में वाष्पोत्सर्जन के कार्यों का उल्लेख करें।

जड़ों की एपीडर्मल कोशिकाएँ पानी को सोंखने का कार्य करती हैं। साधारणतः उनमें बाल जैसे प्रवर्ध होते हैं, जिससे जड़ों की कुल अवशोषक सतह बढ़ जाती है तथा उनकी पानी सोंखने की क्षमता में वृद्धि होती है।

मरुस्थलीय पौधों की बाहरी सतह वाले एपीडर्मिस में क्यूटिन (एक जल अवरोधक रासायनिक पदार्थ) का लेप होता है। क्या हम इसका कारण सोच सकते हैं?

क्या एक पेड़ की बाहरी शाखा की परत नए तने की बाह्य परत से भिन्न होती है?

जैसे-जैसे वृक्ष की आयु बढ़ती है, उसके बाह्य सुरक्षात्मक ऊतकों में कुछ परिवर्तन होता है। द्वितीयक विभज्योतक की एक पट्टी जो कॉर्टेक्स में होती है कॉर्क नामक कोशिकाओं की परतों को बनाती है इन छालों की कोशिकाएँ मृत होती हैं। ये बिना अंतःकोशिकीय स्थानों (चित्र 6.6) के व्यवस्थित होती हैं। इनकी भित्ति पर सुबरिन (suberin) नामक पदार्थ होता है जो इन छालों को हवा एवं पानी के लिए अभेद्य बनाता है।



चित्र 6.6: *रक्षी ऊतक*

6.2.2 (ii) *जटिल स्थायी ऊतक*

अब तक हम एक ही प्रकार की कोशिकाओं से बने हुए भिन्न-भिन्न प्रकार के ऊतकों पर विचार कर

Reprint 2025-26

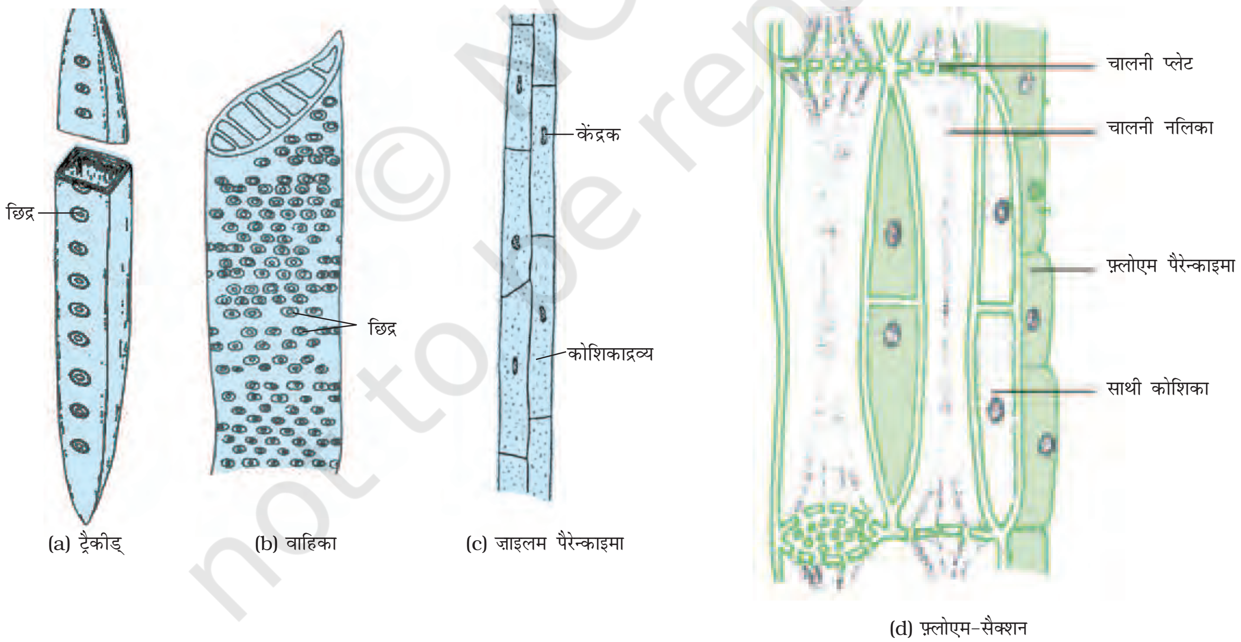
चुके हैं, जो कि एक ही तरह के दिखाई देते हैं। ऐसे ऊतकों को साधारण स्थायी ऊतक कहते हैं। अन्य प्रकार के स्थायी ऊतक को जटिल ऊतक कहते हैं। जटिल ऊतक एक से अधिक प्रकार की कोशिकाओं से मिलकर बने होते हैं और ये सभी एक साथ मिलकर एक इकाई की तरह कार्य करते हैं। ज़ाइलम और फ़्लोएम इसी प्रकार के जटिल ऊतकों के उदाहरण हैं।

इन दोनों को संवहन ऊतक भी कहते हैं और ये मिलकर संवहन बंडल का निर्माण करते हैं। सवंहन ऊतक जटिल पौधों की एक विशेषता है, जो कि उनको स्थलीय वातावरण में रहने के अनुकूल बनाती है। चित्र 6.3 में तने का एक भाग दिखाया गया है। क्या हम संवहन बंडल में मौजूद विभिन्न प्रकार की कोशिकाओं को देख सकते हैं?

ज़ाइलम ट्रैकीड् (वाहिनिका), वाहिका, ज़ाइलम पैरेन्काइमा [चित्र 6.7(a), (b) तथा (c)] और ज़ाइलम फ़ाइबर (रेशे) से मिलकर बना होता है। ट्रैकीड् एवं वाहिका की कोशिका भित्ति मोटी होती है और इनमें से कई परिपक्व कोशिकाएँ मृत होती हैं। ट्रैकीड् और वाहिकाओं की संरचना नलिकाकार होती है। इनके द्वारा पानी और खनिज लवण का ऊर्ध्वाधर संवहन होता है। पैरेन्काइमा भोजन का संग्रह करता है ज़ाइलम फ़ाइबर (रेशे) मुख्यत: सहारा देने का कार्य करते हैं।

फ़्लोएम पांच प्रकार के अवयवों: चालनी कोशिकाएं, चालनी नलिका (sieve tubes), साथी कोशिकाएँ, फ़्लोएम पैरेन्काइमा तथा फ़्लोएम रेशों से मिलकर बना होता है [चित्र 6.7(d)]। चालनी नलिका छिद्रित भित्ति वाली तथा नलिकाकार कोशिका होती है। फ़्लोएम पत्तियों से भोजन को पौधे के विभिन्न भागों तक पहुँचाता है। फ़्लोएम रेशों को छोड़कर, फ़्लोएम कोशिकाएँ जीवित कोशिकाएँ हैं।

© NCERT
not to be republished



चित्र 6.7: *जटिल ऊतकों के प्रकार*

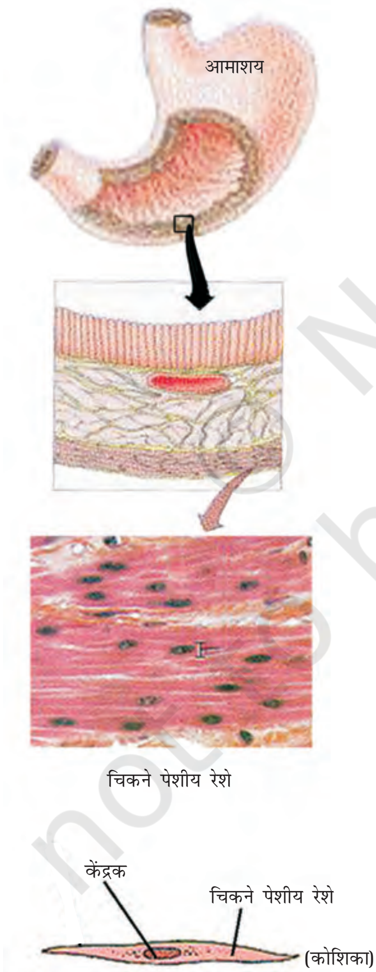
Reprint 2025-26

प्रश्न

1. *सरल ऊतकों के कितने प्रकार हैं?*
2. *प्ररोह का शीर्षस्थ विभज्योतक कहाँ पाया जाता है?*
3. *नारियल का रेशा किस ऊतक का बना होता है?*
4. *फ़्लोएम के संघटक कौन-कौन से हैं?*

6.3 जंतु ऊतक

जब हम साँस लेते हैं तब हम अपनी छाती की गति को महसूस कर सकते हैं। शरीर के ये अंग कैसे गति करते हैं? इसके लिए हमारे पास कुछ विशेष कोशिकाएँ होती हैं जिन्हें हम पेशीय कोशिकाएँ कहते हैं (चित्र 6.8)। इन कोशिकाओं का फैलना और सिकुड़ना अंगों को गति प्रदान करता है।



चित्र 6.8: पेशीय रेशे

साँस लेते समय हम ऑक्सीजन लेते हैं। यह ऑक्सीजन कहाँ जाती है? यह फेफड़ों के द्वारा अवशोषित की जाती है तथा रक्त के साथ शरीर की सभी कोशिकाओं तक पहुँच जाती है। कोशिकाओं को ऑक्सीजन की आवश्यकता क्यों होती है? माइटोकॉन्ड्रिया का कार्य इस प्रश्न के हल के लिए एक संकेत देता है, जिसके बारे में हम पहले पढ़ चुके हैं। रक्त अपने साथ विभिन्न पदार्थों को शरीर में एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाता है। उदाहरण के लिए यह भोजन और ऑक्सीजन को सभी कोशिकाओं तक पहुँचाता है। यह शरीर के सभी भागों से अपशिष्ट पदार्थों को एकत्र कर यकृत तथा वृक्क तक उत्सर्जन के लिए पहुँचाता है।

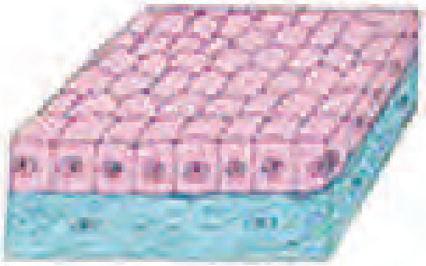
रक्त और पेशियाँ दोनों ही हमारे शरीर में पाए जाने वाले ऊतकों के उदाहरण हैं। उनके कार्य के आधार पर हम विभिन्न प्रकार के जंतु ऊतकों के बारे में विचार कर सकते हैं जैसे कि एपिथीलियमी ऊतक, संयोजी ऊतक, पेशीय ऊतक तथा तंत्रिका ऊतक। रक्त, संयोजी ऊतक का एक प्रकार है तथा पेशी, पेशीय ऊतक का।

6.3.1 एपिथीलियमी ऊतक

जंतु के शरीर को ढकने या बाह्य रक्षा प्रदान करने वाले ऊतक एपिथीलियमी ऊतक हैं। एपिथीलियम शरीर के अंदर स्थित बहुत से अंगों और गुहिकाओं को ढकते हैं। ये भिन्न-भिन्न प्रकार के शारीरिक तंत्रों को एक-दूसरे से अलग करने के लिए अवरोध का निर्माण करते हैं। त्वचा, मुँह, आहारनली, रक्त वाहिनी नली का अस्तर, फेफड़ों की कूपिका, वृक्कीय नली आदि सभी एपिथीलियमी ऊतक से बने होते हैं। एपिथीलियमी ऊतक की कोशिकाएँ एक-दूसरे से सटी होती हैं और ये एक अनवरत परत का निर्माण

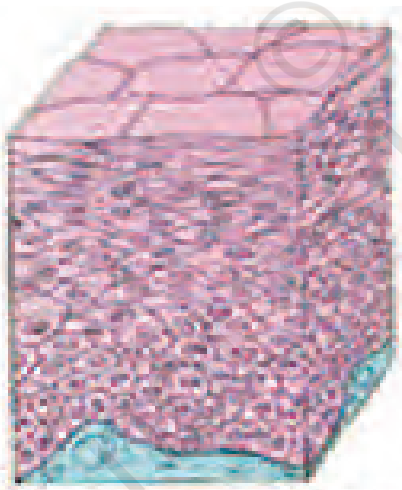
Reprint 2025-26

(a) शल्की



(b) घनाकार

(c) स्तंभाकार (पक्ष्माभी)



(d) स्तरित शल्की

चित्र 6.9: *विभिन्न प्रकार के एपिथीलियम ऊतक*

करती हैं। इन परतों के बीच चिपकाने वाले पदार्थ कम होते हैं तथा कोशिकाओं के बीच बहुत कम स्थान होता है। स्पष्टतः जो भी पदार्थ शरीर में प्रवेश करता है या बाहर निकलता है, वह एपिथीलियम की किसी परत से होकर अवश्य गुज़रता है। इसके फलस्वरूप विभिन्न प्रकार की एपिथीलियमी कोशिकाओं के बीच की पारगम्यता शरीर तथा बाहरी वातावरण और शरीर के विभिन्न अंगों के बीच पदार्थों के आदान–प्रदान में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। सामान्यतः सभी एपिथीलियमों को एक बाह्य रेशेदार आधार झिल्ली नीचे रहने वाले ऊतकों से अलग करती है।

चित्र 6.9 में दर्शाए अनुसार, विभिन्न एपिथीलियम की संरचनाएँ विभिन्न प्रकार की होती हैं, जो उनके कार्यों पर निर्भर करती हैं। उदाहरण के लिए, कोशिकाओं में रक्त नलिका अस्तर या कूपिका, जहाँ पदार्थों का संवहन वरणात्मक पारगम्य झिल्ली द्वारा होता है, वहाँ पर चपटी एपिथीलियमी ऊतक कोशिकाएँ होती हैं। इनको सरल शल्की एपिथीलियम कहते हैं। ये अत्यधिक पतली और चपटी होती हैं तथा कोमल अस्तर का निर्माण करती हैं। आहारनली तथा मुँह का अस्तर शल्की एपिथीलियम से ढका होता है। शरीर का रक्षात्मक कवच अर्थात् त्वचा इन्हीं शल्की एपिथीलियम से बनी होती है। त्वचा की एपिथीलियमी कोशिकाएँ इनको कटने तथा फटने से बचाने के लिए कई परतों में व्यवस्थित होती हैं। चूँकि ये कई परतों के पैटर्न में व्यवस्थित होती हैं इसलिए इन एपिथीलियम को स्तरित शल्की एपिथीलियम कहते हैं।

जहाँ अवशोषण और स्राव होता है, जैसे आँत के भीतरी अस्तर (lining) में, वहाँ लंबी एपिथीलियमी कोशिकाएँ मौजूद होती हैं। यह स्तंभाकार एपिथीलियम, एपिथीलियमी अवरोध को पार करने में सहायता प्रदान करता है। श्वास नली में, स्तंभाकार एपिथीलियमी ऊतक में पक्ष्माभ (Cilia) होते हैं, जो कि एपिथीलियमी ऊतक की कोशिकाओं की सतह पर बाल जैसी रचनाएँ होती हैं। ये पक्ष्माभ गति कर सकते हैं तथा

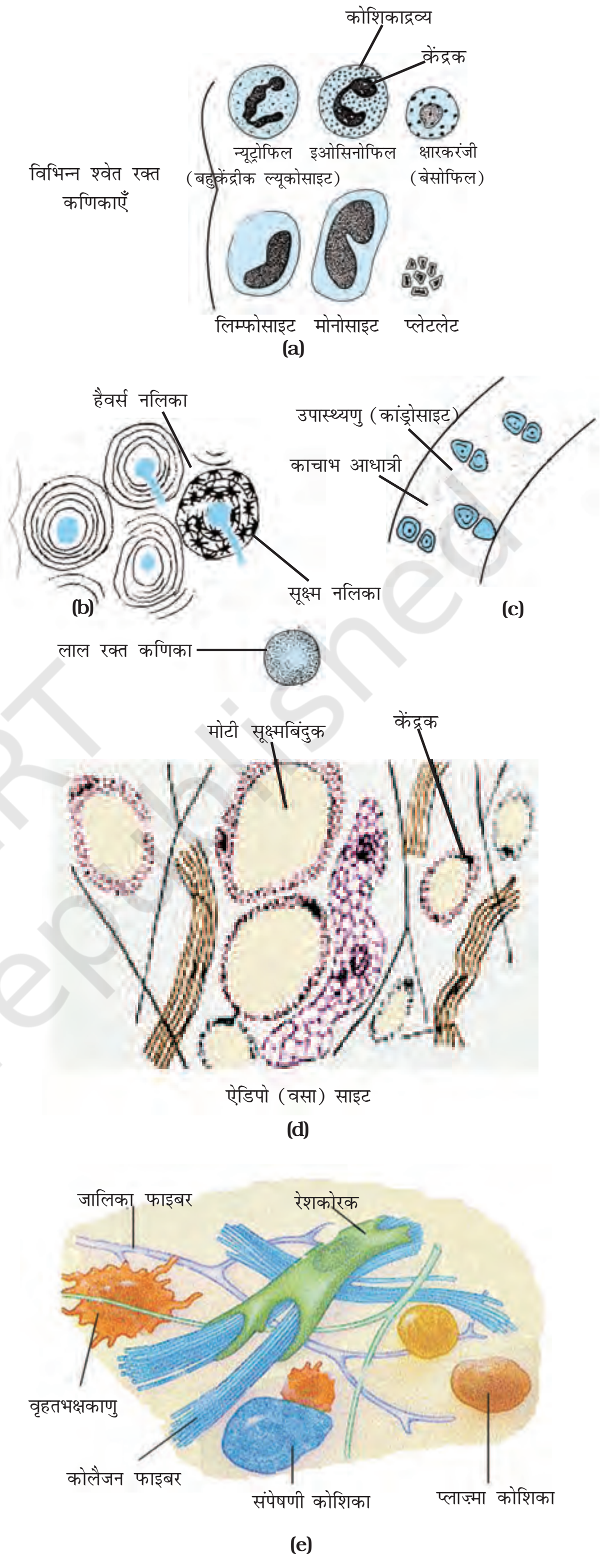
Reprint 2025-26

इनकी गति श्लेष्मा को आगे स्थानांतरित करके साफ़ करने में सहायता करती हैं। इस प्रकार के एपिथीलियम को पक्ष्माभी स्तंभाकार एपिथीलियम कहते हैं।

घनाकार एपिथीलियम वृक्कीय नली तथा लार ग्रंथी की नली के अस्तर का निर्माण करता है, जहाँ यह उसे यांत्रिक सहारा प्रदान करता है। ये एपिथीलियम कोशिकाएँ प्राय: ग्रंथि कोशिका के रूप में अतिरिक्त विशेषता अर्जित करती हैं, जो एपिथीलियमी ऊतक की सतह पर पदार्थों का स्राव कर सकती हैं। कभी–कभी एपिथीलियमी ऊतक का कुछ भाग अंदर की ओर मुड़ा होता है तथा एक बहुकोशिक ग्रंथि का निर्माण करता है। यह ग्रंथिल एपिथीलियम कहलाता है।

6.3.2 संयोजी ऊतक

रक्त एक प्रकार का संयोजी ऊतक है। इसे संयोजी ऊतक क्यों कहते हैं? इस अध्याय की भूमिका में इस संबंध में एक संकेत दिया गया है। आइए अब हम इस तरह के ऊतक के बारे में विस्तृत जानकारी लें। संयोजी ऊतक की कोशिकाएँ आपस में कम जुड़ी होती हैं और अंतरकोशिकीय आधात्री (matrix) में धँसी होती हैं (चित्र 6.10)। यह आधात्री जैली की तरह, तरल, सघन या कठोर हो सकती है। आधात्री की प्रकृति, विशिष्ट संयोजी ऊतक के कार्य के अनुसार बदलती रहती है।



चित्र 6.10: *संयोजी ऊतकों के प्रकार: (a) विभिन्न रक्त कणिकाएं, (b) संहत अस्थि, (c) काचाभ उपास्थि, (d) वसामय ऊतक, (e) एरिओलर ऊतक*

क्रियाकलाप 6.4

- *रक्त की एक बूँद स्लाइड पर लें और उसमें मौज़ूद विभिन्न कोशिकाओं को सूक्ष्मदर्शी में देखें।*

रक्त के तरल आधात्री भाग को प्लाज़्मा कहते हैं। प्लाज़्मा में लाल रक्त कणिकाएं (RBC), श्वेत रक्त कणिकाएं (WBC) तथा प्लेटलेट्स निलंबित होते हैं। प्लाज़्मा में प्रोटीन, नमक तथा हॉर्मोन भी होते हैं। रक्त गैसों, शरीर के पचे हुए भोजन, हॉर्मोन और उत्सर्जी पदार्थों को शरीर के एक भाग से दूसरे भाग में संवहन करता है।

© NCERT not to be republished

अस्थि संयोजी ऊतक का एक अन्य उदाहरण है। यह पंजर का निर्माण कर शरीर को आकार प्रदान करती है। यह मांसपेशियों को सहारा देती है और शरीर के मुख्य अंगों को सहारा देती है। यह ऊतक मज़बूत और कठोर होता है। (अस्थि कार्यों के लिए इन गुणों के क्या उपयोग हैं?) अस्थि कोशिकाएँ कठोर आधात्री में धँसी होती हैं, जो कैल्सियम तथा फॉस्फोरस से बनी होती हैं।

दो अस्थियाँ आपस में एक-दूसरे से, एक अन्य संयोजी ऊतक जिसे स्नायु (अस्थि बंधान तंतु) कहते हैं, से जुड़ी होती हैं। यह ऊतक बहुत लचीला एवं मज़बूत होता है। स्नायु में आधात्री बहुत कम होती है और अस्थियों को अस्थियों से जोड़ती है। एक अन्य प्रकार का संयोजी ऊतक कंडरा (tendon) है, जो अस्थियों से मांसपेशियों को जोड़ता है। कंडरा मज़बूत तथा सीमित लचीलेपन वाले रेशेदार ऊतक होते हैं।

उपास्थि (cartilage) एक अन्य प्रकार का संयोजी ऊतक होता है, जिसमें कोशिकाओं के बीच पर्याप्त स्थान होता है। इसकी ठोस आधात्री प्रोटीन और शर्करा की बनी होती है। यह अस्थियों के जोड़ों को चिकना बनाती है। उपास्थि नाक, कान, कंठ और श्वास नली में भी उपस्थित होती है। हम कान की उपास्थि को मोड़ सकते हैं, परंतु हाथ की अस्थि को नहीं। सोचिए, ये दो ऊतक किस प्रकार भिन्न हैं!

एरिओलर संयोजी ऊतक त्वचा और मांसपेशियों के बीच, रक्त नलिका के चारों ओर तथा नसों और अस्थि मज्जा में पाया जाता है। यह अंगों के भीतर की खाली जगह को भरता है, आंतरिक अंगों को सहारा प्रदान करता है और ऊतकों की मरम्मत में सहायता करता है।

हमारे शरीर में वसा कहाँ संचित होता है? वसा का संग्रह करने वाला वसामय ऊतक त्वचा के नीचे आंतरिक अंगों के बीच पाया जाता है। इस ऊतक की कोशिकाएँ वसा की गोलिकाओं से भरी होती हैं। वसा संग्रहित होने के कारण यह ऊष्मीय कुचालक का कार्य भी करता है।

6.3.3 पेशीय ऊतक

पेशीय ऊतक लंबी कोशिकाओं का बना होता है जिसे पेशीय रेशा (muscle fibre) भी कहा जाता है। यह हमारे शरीर में गति के लिए उत्तरदायी है। पेशियों में एक विशेष प्रकार की प्रोटीन होती है, जिसे सिकुड़ने वाला प्रोटीन कहते हैं, जिसके संकुचन एवं प्रसार के कारण गति होती है।

कुछ पेशियों की हम इच्छानुसार गति करा सकते हैं। हाथ और पैर में विद्यमान पेशियों को हम अपनी इच्छानुसार आवश्यकता पड़ने पर गति करा सकते हैं या उनकी गति को रोक सकते हैं। इस तरह की पेशियों को ऐच्छिक पेशी (voluntary muscle) कहा जाता है [चित्र 6.11(a)]। इन पेशियों को कंकाल पेशी भी कहा जाता है क्योंकि ये अधिकतर हड्डियों से जुड़ी होती हैं तथा शारीरिक गति में सहायक होती हैं। सूक्ष्मदर्शी से देखने पर ये पेशियाँ हलके तथा गहरे रंगों में एक के बाद एक रेखाओं या धारियों की तरह प्रतीत होती हैं। इसी कारण इसे रेखित पेशी भी कहते हैं। इस ऊतक की कोशिकाएँ लंबी, बेलनाकार, शाखारहित और बहुनाभीय होती हैं।

आहारनली में भोजन का प्रवाह या रक्त नलिका का प्रसार एवं संकुचन जैसी गतियाँ ऐच्छिक नहीं हैं। इन गतिविधियों को हम स्वयं संचालित नहीं कर सकते हैं, अर्थात् हम इन गतियों को इच्छानुसार प्रारंभ या बंद नहीं कर सकते हैं। चिकनी पेशियाँ [चित्र 6.11(b)] अथवा अनैच्छिक पेशियाँ इनकी गति को नियंत्रित करती हैं। ये आँख की पलक, मूत्रवाहिनी और फेफड़ों की श्वसनी में भी पाया जाता है। कोशिकाएँ लंबी और इनका आखिरी सिरा नुकीला (तर्कुरूपी - spindle shaped) होता है। ये एक-केंद्रकीय होती हैं। इनको आरेखित पेशी भी कहा जाता है। इनका नाम आरेखित क्यों है?

हृदय की पेशियाँ जीवन भर लयबद्ध होकर प्रसार एवं संकुचन करती रहती हैं। इन अनैच्छिक पेशियों को कार्डिक (हृद) पेशी कहा जाता है [चित्र 6.11(c)]। हृदय की पेशी कोशिकाएँ बेलनाकार, शाखाओं वाली और एक-केंद्रकीय होती हैं।

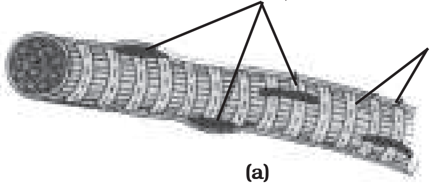
Reprint 2025-26

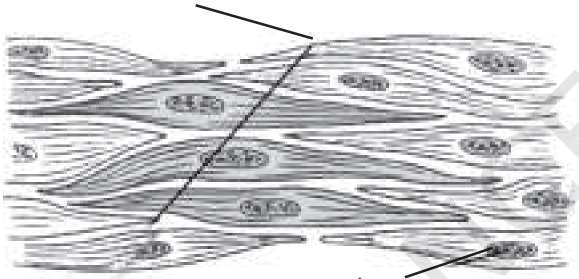
© NCERT not to be republished

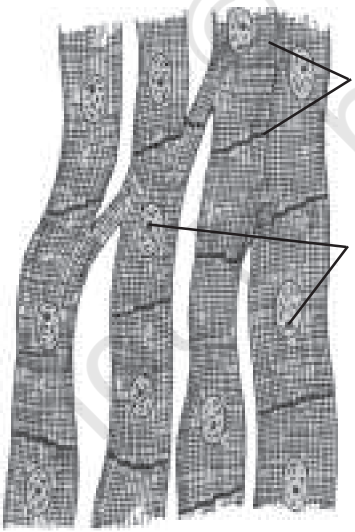
क्रियाकलाप 6.5

- *विभिन्न प्रकार की पेशीय ऊतकों की संरचना की तुलना करें। उनके आकार, केंद्रक की संख्या तथा कोशिका में केंद्रक की स्थिति को नोट करें।*

लक्षण	रेखित	चिकनी	हृद्
आकार			
केंद्रकों की संख्या			
केंद्रकों की स्थिति			



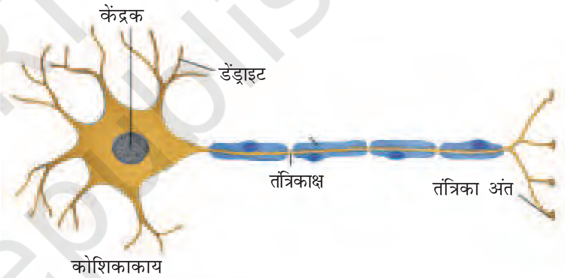




चित्र 6.11: *पेशीय ऊतक: (a) रेखित पेशी, (b) चिकनी पेशी, (c) कार्डिक (हृदयक) पेशी*

6.3.4 तंत्रिका ऊतक

सभी कोशिकाओं में उत्तेजना के अनुकूल प्रतिक्रिया करने की क्षमता होती है। यद्यपि, तंत्रिका ऊतक की कोशिकाएँ बहुत शीघ्र उत्तेजित होती हैं और इस उत्तेजना को बहुत ही शीघ्र पूरे शरीर में एक स्थान से दूसरे स्थान तक पहुँचाती हैं। मस्तिष्क, मेरुरज्जु तथा तंत्रिकाएँ सभी तंत्रिका ऊतकों की बनी होती हैं। तंत्रिका ऊतक की कोशिकाओं को तंत्रिका कोशिका या न्यूरॉन कहा जाता है। न्यूरॉन में कोशिकाएँ केंद्रक तथा कोशिकाद्रव्य (साइटोप्लाज़्म) होते हैं। इससे लंबे, पतले बालों जैसी शाखाएँ निकली होती हैं (चित्र 6.12)। प्राय: प्रत्येक न्यूरॉन में इस तरह का एक लंबा प्रवर्ध होता है, जिसको एक्सॉन कहते हैं तथा बहुत सारे छोटी शाखा वाले प्रवर्ध (डेंडराइट्स) होते हैं। एक तंत्रिका कोशिका 1 मीटर तक लंबी हो सकती है। बहुत सारे तंत्रिका रेशे संयोजी ऊतक के द्वारा एक साथ मिलकर एक तंत्रिका का निर्माण करते हैं।



चित्र 6.12: न्यूरॉन-तंत्रिका ऊतक की इकाई

तंत्रिका रेशे से गुजरने वाली संवेदना को तंत्रिका स्पंदन कहते हैं। तंत्रिका स्पंदन का संचरण तंत्रिका अंत से होता हुआ अगली तंत्रिका कोशिका के डेंड्राइट में होता है। तंत्रिका का स्पंदन हमें इच्छानुसार अपनी पेशियों की गति करने में सहायता करता है। तंत्रिका तथा पेशीय ऊतकों का कार्यात्मक संयोजन प्राय: सभी जीवों में मौलिक है। साथ ही, यह संयोजन उत्तेजना के अनुसार जंतुओं को गति प्रदान करता है।

प्रश्न

1. *उस ऊतक का नाम बताएँ जो हमारे शरीर में गति के लिए उत्तरदायी है।*
2. *न्यूरॉन देखने में कैसा लगता है?*
3. *हृदय पेशी के तीन लक्षणों को बताएँ।*
4. *एरिओलर ऊतक के क्या कार्य हैं?*

Reprint 2025-26

आपने क्या सीखा

- ऊतक कोशिकाओं का समूह होता है जिसमें कोशिकाओं की संरचना तथा कार्य एकसमान होते हैं।
- पौधों के ऊतक (पादप ऊतक) दो प्रकार के होते हैं — विभज्योतक तथा स्थायी ऊतक।
- विभज्योतक (मेरिस्टेमेटिक) ऊतक एक विभाज्य ऊतक है तथा यह पौधों के वृद्धि वाले क्षेत्रों में पाए जाते हैं।
- स्थायी ऊतक विभज्योतक से बनते हैं, जो विभाजित होने की क्षमता को खो देते हैं। इनको सरल तथा जटिल ऊतकों में वर्गीकृत किया जाता है।
- पैरेन्काइमा, कॉलेन्काइमा तथा स्क्लेरेन्काइमा सरल ऊतकों के तीन प्रकार हैं। ज़ाइलम और फ़्लोएम जटिल ऊतकों के प्रकार हैं।
- एपिथीलियमी, पेशीय, संयोजी तथा तंत्रिका ऊतक जंतु ऊतक होते हैं।
- आकृति और कार्य के आधार पर एपिथीलियमी ऊतक को शल्की, घनाकार, स्तंभाकार, रोमीय तथा ग्रंथिल श्रेणियों में वर्गीकृत किया जाता है।
- हमारे शरीर में विद्यमान संयोजी ऊतक के विभिन्न प्रकार हैं: एरिओलर ऊतक, एडीपोज़ (वसामय) ऊतक, अस्थि, कंडरा, स्नायु, उपास्थि तथा रक्त (रुधिर)।
- पेशीय ऊतक के तीन प्रकार होते हैं — रेखित, आरेखित और कार्डिक (हृदयक पेशी)।
- तंत्रिका ऊतक न्यूरॉन का बना होता है, जो संवेदना को प्राप्त और संचालित करता है।

अभ्यास

1. ऊतक को परिभाषित करें।
2. कितने प्रकार के तत्व मिलकर ज़ाइलम ऊतक का निर्माण करते हैं? उनके नाम बताएँ।
3. पौधों में सरल ऊतक जटिल ऊतक से किस प्रकार भिन्न होते हैं?
4. कोशिका भित्ति के आधार पर पैरेन्काइमा, कॉलेन्काइमा और स्क्लेरेन्काइमा के बीच भेद स्पष्ट करें।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

5. रंध्र के क्या कार्य हैं?

6. तीनों प्रकार के पेशीय रेशों में चित्र बनाकर अंतर स्पष्ट करें।

7. कार्डिक (हृदयक) पेशी का विशेष कार्य क्या है?

8. रेखित, अरेखित तथा कार्डिक (हृदयक) पेशियों में शरीर में स्थित कार्य और स्थान के आधार पर अंतर स्पष्ट करें।

9. न्यूरॉन का एक चिह्नित चित्र बनाएँ।

10. निम्नलिखित के नाम लिखें:

    (a) ऊतक जो मुँह के भीतरी अस्तर का निर्माण करता है।

    (b) ऊतक जो मनुष्य में पेशियों को अस्थि से जोड़ता है।

    (c) ऊतक जो पौधों में भोजन का संवहन करता है।

    (d) ऊतक जो हमारे शरीर में वसा का संचय करता है।

    (e) तरल आधात्री सहित संयोजी ऊतक।

    (f) मस्तिष्क में स्थित ऊतक।

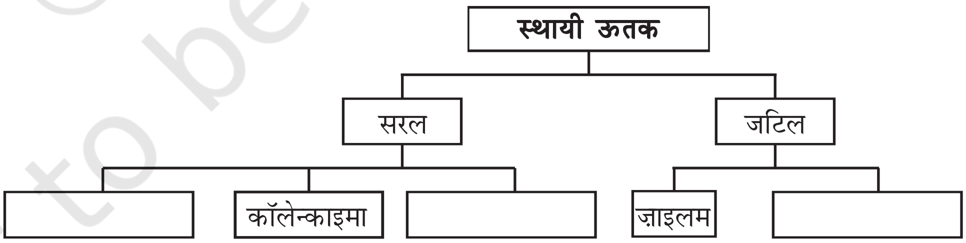
11. निम्नलिखित में ऊतक के प्रकार की पहचान करें:
त्वचा, पौधे का वल्क, अस्थि, वृक्कीय नलिका अस्तर, संवहन बंडल।

12. पैरेन्काइमा ऊतक किस क्षेत्र में स्थित होते हैं?

13. पौधों में एपिडर्मिस की क्या भूमिका है?

14. छाल (कॉर्क) किस प्रकार सुरक्षा ऊतक के रूप में कार्य करता है?

15. निम्न दी गई तालिका को पूर्ण करें:



© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

0965CH08

अध्याय 7

गति
(Motion)

दैनिक जीवन में हम कुछ वस्तुओं को विरामावस्था में तथा कुछ वस्तुओं को गतिमान अवस्था में देखते हैं। पक्षी उड़ते हैं, मछलियाँ तैरती हैं, रक्त का प्रवाह शिराओं और धमनियों में होता है तथा मोटरगाड़ियाँ चलती हैं। परमाणु, अणु, ग्रह, तारे और आकाशगंगाएँ सभी गतिमान हैं। हम प्राय: यह समझते हैं कि कोई वस्तु गति में तभी है जब वह समय के साथ अपनी स्थिति को परिवर्तित करती है। तथापि ऐसी कई अवस्थाएँ हैं, जिनमें गति के अस्तित्व के अप्रत्यक्ष साक्ष्य हैं। उदाहरण के लिए, हम हवा की गति का अनुमान धूल-कणों के उड़ने व पेड़ों की शाखाओं और पत्तियों के हिलने-डुलने से लगाते हैं। सूर्योदय, सूर्यास्त एवं मौसम परिवर्तन की परिघटनाओं के क्या कारण हैं? क्या यह पृथ्वी की गति के कारण हैं? यदि यह सही है तो हम पृथ्वी की गति का अनुमान प्रत्यक्ष रूप से क्यों नहीं लगा पाते हैं?

किसी व्यक्ति के लिए एक वस्तु गतिशील प्रतीत हो सकती है, जबकि दूसरे के लिए स्थिर। गति कर रही बस के यात्रियों के लिए, सड़क के किनारे लगे पेड़-पौधे पीछे की ओर गतिमान प्रतीत होते हैं। जबकि सड़क के किनारे खड़ा एक व्यक्ति बस के साथ यात्रियों को भी गति करते हुए पाता है। यद्यपि बस के अंदर बैठा हुआ एक यात्री अपने साथी यात्रियों को विरामावस्था में पाता है। ये अवलोकन क्या संकेत करते हैं?

बहुत-सी गतियाँ जटिल होती हैं। कुछ वस्तुएँ सीधी रेखा में, तो कुछ वस्तुएँ वृत्तीय पथ पर गतिमान हो सकती हैं। कुछ घूर्णन कर सकती हैं एवं कुछ कंपन कर सकती हैं। ऐसी भी स्थिति हो सकती है जिसमें ये क्रियाएँ साथ-साथ हों। इस अध्याय में हम सबसे पहले सीधी रेखा में गतिमान वस्तुओं का वर्णन करेंगे। हम इस तरह की गति को साधारण समीकरणों और ग्राफ़ों के माध्यम से व्यक्त करना भी सीखेंगे। बाद में, हम वृत्तीय गति के बारे में चर्चा करेंगे।

क्रियाकलाप ______________ 7.1

- आपकी कक्षा की दीवार विरामावस्था में है या गति में, चर्चा करें।

क्रियाकलाप ______________ 7.2

- क्या आपने कभी अनुभव किया है कि रेलगाड़ी, जिसमें आप बैठे हैं, गति करती हुई प्रतीत होती है जबकि वास्तव में वह विरामावस्था में है? इस बिंदु पर चर्चा करें और विचारों का आदान-प्रदान करें।

सोचें एवं करें

हम कभी-कभी अपने आस-पास की वस्तुओं की गति के कारण ख़तरे में घिर जाते हैं, विशेषत: यदि वह गति अनिश्चित व अनियंत्रित हो, जैसे- बाढ़ वाली नदी, तूफ़ान या सुनामी में देखा गया है। दूसरी ओर, नियंत्रित गति मानव की सेवा में सहायक हो सकती है, जैसे- पानी के द्वारा विद्युत उत्पादन। क्या आप महसूस करते हैं कि कुछ वस्तुओं की अनियमित गति का अध्ययन करना तथा उन्हें नियंत्रित करने के विषय में जानना आवश्यक है?

© NCERT not to be republished

7.1 गति का वर्णन

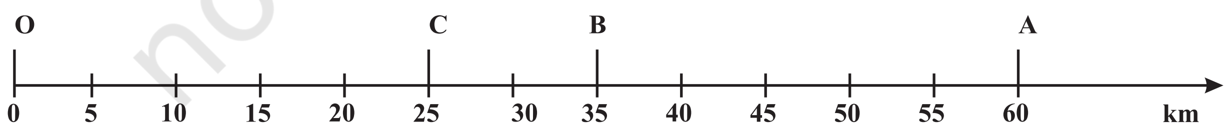
हम किसी वस्तु की स्थिति को, एक निर्देश बिंदु निर्धारित कर, व्यक्त करते हैं। आइए, हम इसे एक उदाहरण के द्वारा समझें। माना किसी गाँव में एक स्कूल रेलवे स्टेशन से 2 km उत्तर दिशा में है। हमने स्कूल की स्थिति को रेलवे स्टेशन के सापेक्ष निर्धारित किया है। इस उदाहरण में रेलवे स्टेशन निर्देश बिंदु है। हम दूसरे निर्देश बिंदुओं का भी अपनी सुविधानुसार चयन कर सकते हैं। इसलिए किसी वस्तु की स्थिति को बताने के लिए हमें एक निर्देश बिंदु की आवश्यकता होती है, जिसे मूल बिंदु कहा जाता है।

7.1.1 सरल रेखीय गति

गति का सबसे साधारण प्रकार सरल रेखीय गति है। हमें सबसे पहले एक उदाहरण के द्वारा इसे व्यक्त करना सीखना होगा। माना कोई वस्तु सरल रेखीय पथ पर गतिमान है। वस्तु अपनी गति बिंदु 'O' से प्रारंभ करती है, जिसे निर्देश बिंदु माना जा सकता है (चित्र 7.1)। माना कि भिन्न-भिन्न क्षणों में A, B और C वस्तु की स्थितियों को प्रदर्शित करते हैं। पहले यह C और B से गुजरती है तथा A पर पहुँचती है। इसके पश्चात् यह उसी पथ पर लौटती है और B से गुज़रते हुए C तक पहुँचती है।

वस्तु के द्वारा तय की गई कुल दूरी OA + AC है, अर्थात्, 60 km + 35 km = 95 km। यह वस्तु के द्वारा तय की गई दूरी है। किसी वस्तु की दूरी को निर्धारित करने के लिए हमें केवल अंकीय मान की आवश्यकता होती है, न कि गति की दिशा की। कुछ ऐसी राशियाँ होती हैं, जिन्हें केवल उनके अंकीय मान द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। किसी भौतिक राशि का अंकीय मान उसका परिमाण है। इस उदाहरण के द्वारा क्या आप वस्तु के प्रारंभिक स्थिति O से उसकी अंतिम स्थिति C तक की दूरी ज्ञात कर सकते हैं? यह दूरी आपको, A से गुज़रते हुए O से C तक के विस्थापन का अंकीय मान देगा। वस्तु की प्रारंभिक व अंतिम स्थिति के बीच की न्यूनतम दूरी को वस्तु का विस्थापन कहते हैं।

क्या विस्थापन का परिमाण वस्तु के द्वारा तय की गई दूरी के बराबर हो सकता है? चित्र 7.1 में दिए गए उदाहरण को लें। O से A तक वस्तु की गति के लिए तय की गई दूरी 60 km है तथा विस्थापन का परिमाण भी 60 km है। O से A तथा पुनः B तक गति के दौरान तय की गई दूरी = 60 km + 25 km = 85 km, जबकि विस्थापन का परिमाण 35 km होगा। इसलिए विस्थापन का परिमाण (35 km) तय की गई दूरी (85 km) के बराबर नहीं होगा। पुनः हम देखेंगे कि गति के दौरान विस्थापन का परिमाण शून्य (0) हो सकता है परंतु तय की गई दूरी शून्य नहीं होगी। यदि हम मान लेते हैं कि वस्तु गति करते हुए पुनः O तक जाती है, तो प्रारंभिक स्थिति और अंतिम स्थिति आपस में मिल जाती हैं। अतः विस्थापन शून्य है। यद्यपि इस यात्रा में तय की गई दूरी OA + AO = 60 km + 60 km = 120 km है। इस प्रकार



चित्र 7.1: किसी सरल रेखीय पथ पर गतिमान वस्तु की स्थितियाँ

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

दो विभिन्न भौतिक राशियों — दूरी एवं विस्थापन का प्रयोग वस्तु की पूरी गति प्रक्रिया को व्यक्त करने में तथा दिए गए समय में वस्तु की प्रारंभिक स्थिति के सापेक्ष अंतिम स्थिति ज्ञात करने में किया जाता है।

क्रियाकलाप 7.3

- एक मीटर स्केल और एक लंबी रस्सी लीजिए। बास्केट बॉल कोर्ट के एक कोने से दूसरे कोने तक उसके किनारे से होते हुए जाएँ।
- अपने द्वारा तय की गई दूरी और विस्थापन के परिमाण को मापें।
- दोनों भौतिक राशियों के मापन में आप क्या अंतर पाते हैं?

क्रियाकलाप 7.4

- स्वचलित वाहनों में एक यंत्र लगा होता है जो उनके द्वारा तय की गई दूरी को प्रदर्शित करता है। इस यंत्र को ओडोमीटर कहते हैं। एक कार को भुवनेश्वर से नयी दिल्ली ले जाया जाता है। ओडोमीटर के अंतिम पाठ्यांक और आरंभिक पाठ्यांकों के बीच का अंतर 1850 km है।
- भारत के सड़क मानचित्र की सहायता से भुवनेश्वर तथा नयी दिल्ली के बीच के विस्थापन के परिमाण को ज्ञात करें।

प्रश्न

1. *एक वस्तु के द्वारा कुछ दूरी तय की गई। क्या इसका विस्थापन शून्य हो सकता है? अगर हाँ, तो अपने उत्तर को उदाहरण के द्वारा समझाएँ।*
2. *एक किसान 10 m की भुजा वाले एक वर्गाकार खेत की सीमा पर 40 s में चक्कर लगाता है। 2 minute 20 s के बाद किसान के विस्थापन का परिमाण क्या होगा?*
3. *विस्थापन के लिए निम्न में कौन सही है?*
   (a) *यह शून्य नहीं हो सकता है।*
   (b) *इसका परिमाण वस्तु के द्वारा तय की गई दूरी से अधिक है।*

7.1.2 एकसमान गति और असमान गति

माना कि एक वस्तु एक सीधी रेखा पर चल रही है। माना पहले 1 सेकंड में यह 50 m, दूसरे सेकंड में 50 m, तीसरे सेकंड में 50 m तथा चौथे सेकंड में 50 m दूरी तय करती है। इस स्थिति में वस्तु प्रत्येक सेकंड में 50 m की दूरी तय करती है क्योंकि वस्तु समान समयांतराल में समान दूरी तय करती है तो उसकी गति को एकसमान गति कहते हैं। इस तरह की गति में समयांतराल छोटा होना चाहिए। हम दैनिक जीवन में कई बार देखते हैं कि वस्तुओं के द्वारा समान समयांतराल में असमान दूरी तय की जाती है। उदाहरण के लिए, भीड़ वाली सड़क पर जा रही कार या पार्क में दौड़ रहा एक व्यक्ति। ये असमान गति के कुछ उदाहरण हैं।

क्रियाकलाप 7.5

- दो वस्तुओं A तथा B की गति से संबंधित आँकड़ों को सारणी 7.1 में दिया गया है।
- ध्यान से देखें और बताएँ कि वस्तुओं की गति एकसमान है या असमान।

सारणी 7.1

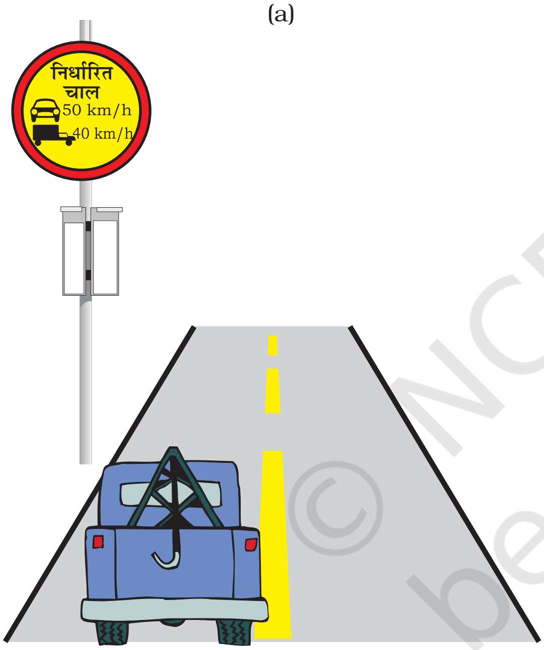
समय	वस्तु A के द्वारा तय की गई दूरी मीटर में	वस्तु B के द्वारा तय की गई दूरी मीटर में
9:30 am	10	12
9:45 am	20	19
10:00 am	30	23
10:15 am	40	35
10:30 am	50	37
10:45 am	60	41
11:00 am	70	44

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

7.2 गति की दर का मापन

(a)



(b)

चित्र 7.2

चित्र 7.2 में दी गयी स्थिति को देखें। चित्र 7.2 (a) में यदि गेंद की गति 143 km/h है, तो इसका क्या अर्थ है? चित्र 7.2(b) में दिए गए साइन बोर्ड से आप क्या समझते हैं?

किसी दी गई निश्चित दूरी को तय करने के लिए अलग–अलग वस्तुएँ अलग–अलग समय लेंगी। इनमें से कुछ तेज चलती हैं तो कुछ धीमे। वस्तुओं की गति करने की दर अलग–अलग हो सकती है। अलग–अलग वस्तुएँ समान दर से भी गति कर सकती हैं। वस्तु द्वारा इकाई समय में तय की गई दूरी के उपयोग से उस वस्तु की गति की दर प्राप्त की जा सकती है। इस राशि को चाल कहा जाता है। चाल का मात्रक मीटर प्रति सेकंड है। यह $m\ s^{-1}$ चिह्न द्वारा प्रदर्शित की जाती है। चाल का अन्य मात्रक सेंटीमीटर प्रति सेकंड ($cm\ s^{-1}$) और किलोमीटर प्रति घंटा ($km\ h^{-1}$)। वस्तु की गति को व्यक्त करने के लिए हमें केवल उसके परिमाण की आवश्यकता होती है। यह आवश्यक नहीं है कि वस्तु की गति नियत हो। अधिकतर अवस्थाओं में वस्तुएँ असमान गति में होंगी। इसलिए हम उन वस्तुओं की गति की दर को उनकी औसत चाल के रूप में व्यक्त करते हैं। वस्तु की औसत चाल उसके द्वारा तय की गई कुल दूरी को कुल समयावधि से भाग देकर प्राप्त किया जा सकता है।

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की गई कुल दूरी}}{\text{कुल समयावधि}}$$

यदि एक वस्तु t समय में s दूरी तय करती है तो इसकी चाल

$$v = \frac{s}{t} \qquad (7.1)$$

आइए इसे उदाहरण के द्वारा समझें। एक कार 2 h में 100 km की दूरी तय करती है। इसकी औसत चाल 50 km/h है। कार पूरे समय 50 km/h की चाल से नहीं चली होगी। कुछ समय यह इससे अधिक तो कुछ समय इससे कम चाल से चली होगी।

उदाहरण 7.1 एक वस्तु 16 m की दूरी 4 s में तय करती है तथा पुन: 16 m की दूरी 2 s में तय करती है। वस्तु की औसत चाल क्या होगी?

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

हल:

वस्तु के द्वारा तय की गई कुल दूरी = $16\ m + 16\ m = 32\ m$

लिया गया कुल समय = $4\ s + 2\ s = 6\ s$

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की गई कुल दूरी}}{\text{लिया गया समय}}$$

$$= \frac{32\ m}{6\ s} = 5.33\ m\ s^{-1}$$

इसलिए वस्तु की औसत चाल $5.33\ m\ s^{-1}$ है।

7.2.1 दिशा के साथ चाल

किसी वस्तु की गति की दर और भी अधिक व्यापक हो सकती है अगर हम उसकी चाल के साथ-साथ दिशा को भी व्यक्त करें। वह राशि जो इन दोनों पक्षों को व्यक्त करती है उसे वेग कहा जाता है। अत:, एक निश्चित दिशा में चाल को वेग कहते हैं। किसी वस्तु का वेग समान या असमान हो सकता है। यह वस्तु की चाल, गति की दिशा या दोनों के परिवर्तन के साथ परिवर्तित हो सकती है। जब एक वस्तु सीधी रेखा में बदलती हुई चाल के साथ गति कर रही है, तो हम इसके गति की दर के परिमाण को औसत वेग के द्वारा व्यक्त कर सकते हैं। इसकी गणना औसत चाल की गणना के समान ही होती है।

यदि वस्तु का वेग समान रूप से परिवर्तित हो रहा है, तब दिए गए प्रारंभिक वेग और अंतिम वेग के अंकगणितीय माध्य के द्वारा औसत वेग प्राप्त किया जा सकता है।

$$\text{औसत वेग} = \frac{\text{प्रारंभिक वेग} + \text{अंतिम वेग}}{2}$$

$$v_{av} = \frac{u + v}{2} \qquad (7.2)$$

जहाँ v_{av} औसत वेग है, u प्रारंभिक वेग है तथा v वस्तु का अंतिम वेग है। चाल तथा वेग दोनों का मात्रक समान होता है अर्थात्, $m\ s^{-1}$ या m/s।

क्रियाकलाप 7.6

- अपने घर से बस स्टॉप या स्कूल जाने में लगे समय को मापिए। यदि आप मान लें कि आपके पैदल चलने की औसत चाल 4 km/h है। तो अपने घर से बस स्टॉप या स्कूल की दूरी का आकलन कीजिए।

क्रियाकलाप 7.7

- जब आसमान में बादल छाए होते हैं, तो बिजली के चमकने और बादलों के गरजने की क्रिया बार-बार हो सकती है। पहले बिजली की चमक दिखाई देती है। उसके कुछ समय पश्चात् बादलों के गरजने की ध्वनि आप तक पहुँचती है।
- क्या आप बता सकेंगे, ऐसा क्यों होता है?
- इनके बीच के समयांतराल को एक डिजिटल कलाई घड़ी या स्टॉप घड़ी से मापें।
- बिजली की चमक के निकटतम बिंदु की दूरी का परिकलन कीजिए। (वायु में ध्वनि की चाल $346\ m\ s^{-1}$ है।)

प्रश्न

1. *चाल एवं वेग में अंतर बताइए।*
2. *किस अवस्था में किसी वस्तु के औसत वेग का परिमाण उसकी औसत चाल के बराबर होगा?*
3. *एक गाड़ी का ओडोमीटर क्या मापता है?*
4. *जब वस्तु एकसमान गति में होती है तब इसका मार्ग कैसा दिखाई पड़ता है?*
5. *एक प्रयोग के दौरान, अंतरिक्षयान से एक सिग्नल को पृथ्वी पर पहुँचने में 5 मिनट का समय लगता है। पृथ्वी पर स्थित स्टेशन से उस अंतरिक्षयान की दूरी क्या है? (सिग्नल की चाल = प्रकाश की चाल = $3 \times 10^8\ m\ s^{-1}$)*

उदाहरण 7.2 यात्रा शुरू होते समय कार का ओडोमीटर 2000 km प्रदर्शित करता है और यात्रा समाप्ति पर 2400 km प्रदर्शित करता है।

© NCERT not to be republished
Reprint 2025-26

यदि इस यात्रा में 8 h लगते हैं, तो कार की औसत चाल को $km\ h^{-1}$ और $m\ s^{-1}$ में ज्ञात करें।

हल:

कार के द्वारा तय की गई दूरी

s = 2400 km – 2000 km = 400 km

दूरी तय करने में लगा कुल समय t = 8 h

कार की औसत चाल

$$v_{av} = \frac{s}{t} = \frac{400\ km}{8\ h} = 50\ km\ h^{-1}$$

$$= 50\ \frac{km}{h} \times \frac{1000\,m}{1\,km} \times \frac{1\,h}{3600\,s}$$

$$= 13.9\ m\ s^{-1}$$

कार की औसत चाल 50 $km\ h^{-1}$ अथवा 13.9 $m\ s^{-1}$ है।

उदाहरण 7.3 ऊषा 90 m लंबे तालाब में तैरती है। वह एक सिरे से दूसरे सिरे तक सरल रेखीय पथ पर जाती है तथा वापस आती है। इस दौरान वह कुल 180 m की दूरी 1 मिनट में तय करती है। ऊषा की औसत चाल और औसत वेग को ज्ञात कीजिए।

हलः

ऊषा द्वारा 1 मिनट में तय की गई कुल दूरी 180 m है।

1 मिनट में ऊषा का विस्थापन = 0 m

$$\text{औसत चाल} = \frac{\text{तय की गई कुल दूरी}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

$$= \frac{180\,m}{1\,min} = \frac{180\ m}{1\,min} \times \frac{1\ min}{60\,s}$$

$$= 3\ m\ s^{-1}$$

$$\text{औसत वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{लिया गया कुल समय}}$$

$$= \frac{0\,m}{60\ s}$$

$$= 0\ m\ s^{-1}$$

अतः ऊषा की औसत चाल 3 $m\ s^{-1}$ है और औसत वेग 0 $m\ s^{-1}$ है।

7.3 वेग में परिवर्तन की दर

किसी वस्तु की एकसमान सरल रेखीय गति के दौरान, समय के साथ वेग नियत रहता है। इस अवस्था में किसी भी समयांतराल में वस्तु के वेग में परिवर्तन शून्य है। यद्यपि असमान गति में वेग समय के साथ परिवर्तित होता है। इसका मान विभिन्न समयों पर एवं विभिन्न बिंदुओं पर भिन्न-भिन्न होता है। इस प्रकार, किसी भी समयांतराल पर वस्तु के वेग में परिवर्तन शून्य नहीं होता है। क्या अब हम वस्तु के वेग में परिवर्तन को व्यक्त कर सकते हैं?

इस तरह के प्रश्नों का उत्तर देने के लिए हमें एक अन्य भौतिक राशि त्वरण के बारे में जानना होगा, जो कि एक वस्तु के प्रति इकाई समय में वेग परिवर्तन की माप है।

$$\text{अर्थात्, त्वरण} = \frac{\text{वेग में परिवर्तन}}{\text{लिया गया समय}}$$

यदि एक वस्तु का वेग प्रारंभिक वेग u से t समय में बदलकर v हो जाता है, तो त्वरण निम्न होगा।

$$a = \frac{v-u}{t} \qquad (7.3)$$

इस प्रकार की गति को त्वरित गति कहा जाता है। यदि त्वरण, वेग की दिशा में है तो इसे धनात्मक लिया जाता है तथा यदि यह वेग के विपरीत दिशा में है तो इसे ऋणात्मक लिया जाता है। त्वरण का मात्रक $m\ s^{-2}$ है।

यदि एक वस्तु सीधी रेखा में चलती है और इसका वेग समान समयांतराल में समान रूप से घटता

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

या बढ़ता है, तो वस्तु के त्वरण को एकसमान त्वरण कहा जाता है। स्वतंत्र रूप से गिर रही एक वस्तु की गति एकसमान त्वरित गति का उदाहरण है। दूसरी ओर, एक वस्तु असमान त्वरण से चल सकती है यदि उसका वेग असमान रूप से बदलता है। उदाहरण के लिए, यदि एक कार सीधी सड़क पर चलते हुए समान समयांतराल में असमान दर से चाल को परिवर्तित करती है, तब कहा जाता है कि कार असमान त्वरण के साथ गतिमान है।

क्रियाकलाप 7.8

- आप दैनिक जीवन में बहुत प्रकार की गतियों को देखते होंगे, जिनमें प्रमुख हैं:
  (a) गति की दिशा में त्वरण है,
  (b) त्वरण गति की दिशा के विरुद्ध है,
  (c) एकसमान त्वरण है, तथा
  (d) असमान त्वरण है।
- क्या आप ऊपर दी प्रत्येक प्रकार की गति के लिए एक-एक उदाहरण दें सकते हैं?

उदाहरण 7.4 विरामावस्था से राहुल अपनी साइकिल को चलाना शुरू करता है और 30 s में 6 m s⁻¹ का वेग प्राप्त करता है। वह इस प्रकार से ब्रेक लगाता है कि साइकिल का वेग अगले 5 s में कम होकर 4 m s⁻¹ हो जाता है। दोनों स्थितियों में साइकिल के त्वरण की गणना करें।

हल:

पहली स्थिति में,

प्रारंभिक वेग, $u = 0$;

अंतिम वेग, $v = 6 \text{ m s}^{-1}$;

समय, $t = 30 \text{ s}$.

समीकरण (8.3), से,

$$a = \frac{v-u}{t}$$

u, v और t का दिया हुआ मान ऊपर दिए गए समीकरण में रखने पर,

$$a = \frac{\left(6 \text{ m s}^{-1} - 0 \text{ m s}^{-1}\right)}{30 \text{ s}}$$

$$= 0.2 \text{ m s}^{-2}$$

दूसरी अवस्था में,

प्रारंभिक वेग, $u = 6 \text{ m s}^{-1}$;

अंतिम वेग, $v = 4 \text{ m s}^{-1}$;

समय, $t = 5 \text{ s}$.

तब, $$a = \frac{\left(4 \text{ m s}^{-1} - 6 \text{ m s}^{-1}\right)}{5 \text{ s}}$$

$$= -0.4 \text{ m s}^{-2}.$$

साइकिल का त्वरण पहली स्थिति में 0.2 m s^{-2} है और दूसरी स्थिति में -0.04 m s^{-2} है।

प्रश्न

1. *आप किसी वस्तु के बारे में कब कहेंगे कि,*
   (i) वह एकसमान त्वरण से गति में है?
   (ii) वह असमान त्वरण से गति में है?
2. *एक बस की गति 5 s में 80 km h⁻¹ से घटकर 60 km h⁻¹ हो जाती है। बस का त्वरण ज्ञात कीजिए।*
3. *एक रेलगाड़ी स्टेशन से चलना प्रारंभ करती है और एकसमान त्वरण के साथ चलते हुए 10 मिनट में 40 km h⁻¹ की चाल प्राप्त करती है। इसका त्वरण ज्ञात कीजिए।*

7.4 गति का ग्राफ़ीय प्रदर्शन

कई घटनाओं के बारे में मूल जानकारी सुविधाजनक विधि से ग्राफ़ द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है। उदाहरण के लिए, किसी एक दिवसीय क्रिकेट मैच के प्रसारण में किसी टीम द्वारा प्रत्येक ओवर में बनाए गए रनों की दर को प्राय: ऊर्ध्वाधर बार ग्राफ़ से दिखाया जाता है। जैसा कि आपने गणित में पढ़ा है

Reprint 2025-26

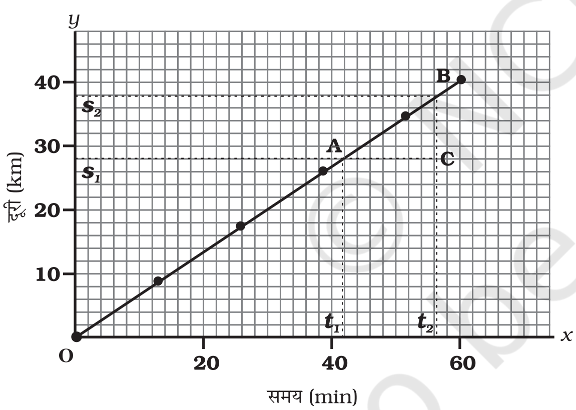
© NCERT not to be republished

कि एक सरल रेखीय ग्राफ़ की सहायता से दो चर युक्त रैखिक समीकरण का हल ज्ञात किया जाता है।

किसी वस्तु की गति को दर्शाने के लिए, एक रेखीय ग्राफ़ की आवश्यकता होती है। इस स्थिति में रेखा ग्राफ़ किसी एक भौतिक राशि पर निर्भरता को दर्शाता है जैसे दूरी या वेग का दूसरी राशि, जैसे समय पर।

7.4.1 दूरी-समय ग्राफ़

समय के साथ किसी वस्तु की स्थिति परिवर्तन को एक सुविधाजनक पैमाना अपनाकर दूरी–समय ग्राफ़ द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। इस ग्राफ़ में समय को x-अक्ष और दूरी को y-अक्ष पर प्रदर्शित किया जाता है। दूरी–समय ग्राफ़ को विभिन्न अवस्थाओं में प्रदर्शित किया जा सकता है जैसे वस्तु एकसमान चाल या असमान चाल से चल रही है, विरामावस्था में है इत्यादि।



चित्र 7.3: एकसमान चाल से गतिमान किसी वस्तु का दूरी–समय ग्राफ़

हम जानते हैं कि जब कोई वस्तु समान दूरी समान समयांतराल में तय करती है, तब इसकी चाल एकसमान होती है। अतः वस्तु के द्वारा तय की गई दूरी, लिए गए समय के समानुपाती होती है। इस प्रकार एकसमान चाल के लिए, समय के साथ तय की गई दूरी का ग्राफ़ एक सरल रेखा है जैसा कि चित्र 7.3 में प्रदर्शित है। ग्राफ़ का OB भाग यह दर्शाता है कि दूरी, एकसमान दर से बढ़ रही है। यदि आप y-अक्ष पर विस्थापन का परिमाण, तय की गई दूरी के बराबर लेते हैं, तो आप एकसमान चाल के स्थान पर एकसमान वेग पद का भी प्रयोग कर सकते हैं।

हम दूरी–समय ग्राफ़ का प्रयोग वस्तु की चाल ज्ञात करने के लिए कर सकते हैं। ऐसा करने के लिए, चित्र 7.3 में दिए गए दूरी समय ग्राफ़ के भाग AB को लें। बिंदु A से x-अक्ष के समानान्तर एक रेखा तथा बिंदु B से y-अक्ष के समानांतर एक रेखा खींचें। ये दोनों रेखाएँ बिंदु C पर मिलकर एक त्रिभुज ABC बनाती है। अब ग्राफ़ पर, AC समयांतराल $(t_2 - t_1)$ को बताता है, जबकि BC दूरी $(s_2 - s_1)$ को बताता है। हम ग्राफ़ से देख सकते हैं कि वस्तु A से B बिंदु तक जाने में $(t_2 - t_1)$ समय में $(s_2 - s_1)$ दूरी तय करती है। अतः वस्तु की चाल निम्न प्रकार से व्यक्त की जा सकती है:

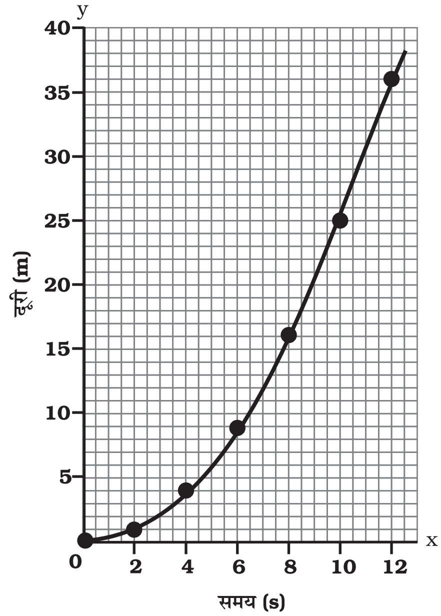
$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \qquad (7.4)$$

हम त्वरित गति के लिए भी दूरी–समय ग्राफ़ अंकित कर सकते हैं। सारणी 7.2 एक कार के द्वारा 2 s के समयांतराल में तय की गई दूरियों को प्रदर्शित करती है।

सारणी 7.2: तय की गई दूरी

समय (s)	दूरी (m)
0	0
2	1
4	4
6	9
8	16
10	25
12	36

Reprint 2025-26

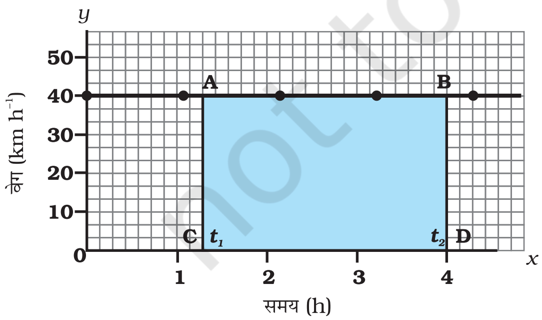


चित्र 7.4: असमान चाल से गतिमान किसी कार का दूरी–समय ग्राफ़

कार की गति के लिए दूरी–समय ग्राफ़ चित्र 7.4 में दर्शाया गया है। ध्यान दें कि इस ग्राफ़ की आकृति चित्र 7.3 में दिए गए ग्राफ़ से भिन्न है। इस ग्राफ़ की प्रकृति समय के साथ कार द्वारा तय की गयी दूरी का आरेखीय परिवर्तन दर्शाता है। इस प्रकार, चित्र 7.4 में दिखाया गया ग्राफ़ असमान चाल को व्यक्त करता है।

7.4.2 वेग–समय ग्राफ़

एक सरल रेखा में चल रही वस्तु के वेग में समय के साथ परिवर्तन को वेग–समय ग्राफ़ द्वारा दर्शाया जा



चित्र 7.5: एकसमान चाल से गतिमान किसी कार का वेग–समय ग्राफ़

सकता है। इस ग्राफ़ में, समय को x-अक्ष पर और वेग को y-अक्ष पर दर्शाया जाता है। यदि वस्तु एकसमान वेग से गतिमान है, तो समय के साथ वेग–समय ग्राफ़ की ऊँचाई में कोई परिवर्तन नहीं होगा (चित्र 7.5)। यह x-अक्ष के समानांतर एक सीधी रेखा होगी। चित्र 7.5 में, एक कार जो कि 40 km h^{-1} के एकसमान वेग से गति कर रही है, के वेग समय–ग्राफ़ को दर्शाया गया है।

हम जानते हैं कि एकसमान वेग से चल रही किसी वस्तु के वेग तथा समय के गुणनफल से विस्थापन प्राप्त किया जाता है। वेग–समय ग्राफ़ तथा समय अक्ष के द्वारा घेरा गया क्षेत्र विस्थापन के परिमाण के बराबर होता है।

चित्र 7.5 से t_1 और t_2 समय के बीच कार द्वारा तय की गई दूरी को ज्ञात करने के लिए समय t_1 व t_2 के संगत बिंदुओं से ग्राफ़ पर लंब खींचें। 40 km h^{-1} के वेग को ऊँचाई AC या BD और समय $(t_2 - t_1)$ को लंबाई AB से प्रदर्शित किया गया है।

इसलिए समय $(t_2 - t_1)$ में कार द्वारा तय की गई दूरी को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है,

s = AC × CD

= [(40 km h^{-1}) × $(t_2 - t_1)$ h]

= 40 $(t_2 - t_1)$ km

= चतुर्भुज ABDC का क्षेत्रफल

(चित्र 7.5 में छायांकित)

वेग–समय ग्राफ़ के द्वारा हम एकसमान रूप से त्वरित गति का अध्ययन भी कर सकते हैं। मान लें कि एक कार के इंजन को जाँचने के लिए सीधे मार्ग पर चलाया जाता है। माना कि चालक के साथ में बैठा एक व्यक्ति प्रत्येक 5 s के बाद कार के स्पीडोमीटर का पाठ्यांक लेता है। कार का वेग विभिन्न समयों पर m s^{-1} व km h^{-1} में सारणी 7.3 में प्रदर्शित किया गया है।

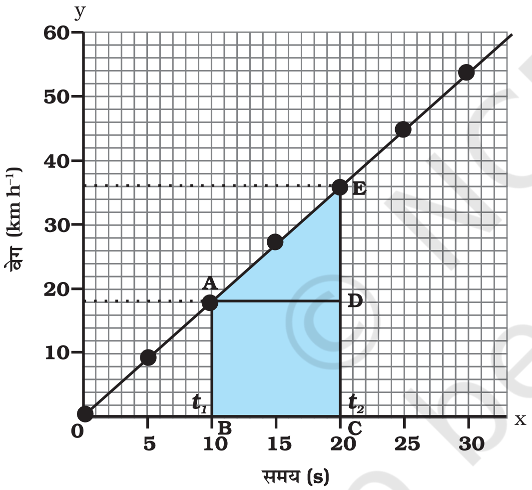
© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

सारणी 7.3: विभिन्न समय पर कार का वेग

समय (s)	कार का वेग ($m\ s^{-1}$)	($km\ h^{-1}$)
0	0	0
5	2.5	9
10	5.0	18
15	7.5	27
20	10.0	36
25	12.5	45
30	15.0	54

इस स्थिति में कार की गति के लिए समय-वेग ग्राफ़ चित्र 7.6 में प्रदर्शित किया गया है। ग्राफ़ की प्रकृति यह बताती है कि समान समयांतराल में वेग में परिवर्तन समान रूप से होता है। इस प्रकार सभी एकसमान त्वरित गतियों के लिए वेग-समय ग्राफ़ सीधी रेखा है।



***चित्र 7.6:** एकसमान त्वरित गति से गतिमान किसी कार का वेग-समय ग्राफ़*

आप कार के द्वारा तय की गई दूरी को वेग-समय ग्राफ़ द्वारा प्राप्त कर सकते हैं। वेग-समय ग्राफ़ का क्षेत्रफल दिए गए समयांतराल में कार द्वारा तय की गई दूरी (विस्थापन के परिमाण) को बताता है। यदि कार एकसमान वेग से गति करे, तो ग्राफ़ (चित्र 7.6) में दर्शाए गए क्षेत्र ABCD द्वारा तय की गई दूरी को दर्शाया जाएगा। चूँकि कार के वेग का परिमाण त्वरण के कारण परिवर्तित हो रहा है, अतः कार के द्वारा तय की गई दूरी s, वेग-समय ग्राफ़ (चित्र 7.6) में प्रदर्शित क्षेत्र ABCDE द्वारा व्यक्त की जाएगी।

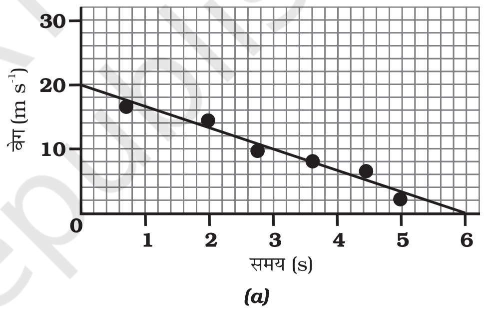
s = ABCDE का क्षेत्रफल

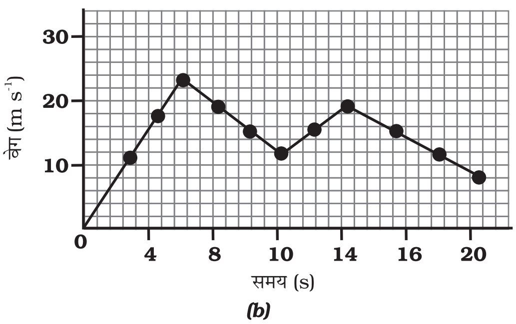
= आयत ABCD का क्षेत्रफल + त्रिभुज ADE का क्षेत्रफल

$$= AB \times BC + \frac{1}{2}(AD \times DE)$$

असमान त्वरित गति की स्थिति में वेग-समय ग्राफ़ किसी भी आकृति का हो सकता है।

चित्र 7.7(a) वेग-समय ग्राफ़ को दर्शाता है, जो कि एक वस्तु के गति को प्रदर्शित करता है, जिसका वेग समय के साथ घटता है। जबकि चित्र 7.7(b) में किसी वस्तु के वेग में असमान परिवर्तन को वेग-समय ग्राफ़ द्वारा दर्शाया गया है।





***चित्र 7.7:** असमान त्वरित गति से गतिमान एक वस्तु के वेग-समय ग्राफ़*

क्रियाकलाप 7.9

- एक ट्रेन के तीन विभिन्न स्टेशनों A,B और C पर आगमन और प्रस्थान करने के समय एवं स्टेशन A से स्टेशन B व C की दूरी सारणी 7.4 में दी गई है।

Reprint 2025-26

सारणी 7.4: स्टेशन A से B तथा C की दूरी तथा ट्रेन के आगमन व प्रस्थान करने का समय

स्टेशन	A से दूरी (km)	आगमन का समय (घंटे)	प्रस्थान का समय (घंटे)
A	0	08:00	08:15
B	120	11:15	11:30
C	180	13:00	13:15

- मान लें कि किन्हीं दो स्टेशनों के बीच ट्रेन की गति एकसमान है तो इस आधार पर वेग-समय ग्राफ़ खींचें तथा इसकी व्याख्या करें।

क्रियाकलाप 7.10

- फ़िरोज़ और उसकी बहन सानिया अपनी साइकिलों से स्कूल जाते हैं। वे दोनों घर से एक ही समय पर प्रस्थान करते हैं एवं एक ही मार्ग से जाते हैं फिर भी अलग-अलग समय पर स्कूल पहुँचते हैं। सारणी 7.5 उन दोनों के द्वारा अलग-अलग समय में तय की गई दूरी को दर्शाती है। उन दोनों की गति के लिए एक ही पैमाने पर दूरी-समय ग्राफ़ खींचें तथा व्याख्या करें।

सारणी 7.5: फ़िरोज़ और सानिया द्वारा अपने साइकिलों पर अलग-अलग समय में तय की गई दूरी

समय	फ़िरोज़ के द्वारा तय की गई दूरी (km)	सानिया के द्वारा तय की गई दूरी (km)
8:00 am	0	0
8:05 am	1.0	0.8
8:10 am	1.9	1.6
8:15 am	2.8	2.3
8:20 am	3.6	3.0
8:25 am	–	3.6

प्रश्न

1. किसी वस्तु के एकसमान व असमान गति के लिए समय-दूरी ग्राफ़ की प्रकृति क्या होती है?

2. किसी वस्तु की गति के विषय में आप क्या कह सकते हैं, जिसका दूरी-समय ग्राफ़ समय अक्ष के समानांतर एक सरल रेखा है?

3. किसी वस्तु की गति के विषय में आप क्या कह सकते हैं, जिसका चाल-समय ग्राफ़ समय अक्ष के समानांतर एक सरल रेखा है?

4. वेग-समय ग्राफ़ के नीचे के क्षेत्र से मापी गई राशि क्या होती है?

7.5 गति के समीकरण

कोई वस्तु सीधी रेखा में एकसमान त्वरण से चलती है तो एक निश्चित समयांतराल में समीकरणों के द्वारा उसके वेग, गति के दौरान त्वरण व उसके द्वारा तय की गई दूरी में संबंध स्थापित करना संभव है, जिन्हें गति के समीकरण के नाम से जाना जाता है। सुविधा के लिए, इस प्रकार के तीन समीकरणों का एक समुच्चय निम्नलिखित हैं:

$$v = u + at \quad (7.5)$$

$$s = ut + \tfrac{1}{2} at^2 \quad (7.6)$$

$$2as = v^2 - u^2 \quad (7.7)$$

जहाँ u वस्तु का प्रारंभिक वेग है जो कि t समय के लिये एकसमान त्वरण a से चलती है, v अंतिम वेग है तथा t समय में वस्तु के द्वारा तय की गई दूरी s है। समीकरण (7.5) वेग एवं समय में संबंध व्यक्त करती है तथा समीकरण (7.6) समय व स्थिति के बीच संबंध व्यक्त करती है। समीकरण (7.7) जो कि वेग एवं स्थिति के बीच संबध व्यक्त करती है, जिसे समीकरण (7.5) एवं (7.6) से t को विलुप्त कर प्राप्त किया जा सकता है। इन तीनों समीकरणों को ग्राफ़ीय विधि से भी प्राप्त किया जा सकता है।

© NCERT not to be republished

उदाहरण 7.5 एक रेलगाड़ी विरामावस्था से चलना प्रारंभ करती है और 5 मिनट में 72 km/h का वेग प्राप्त कर लेती है। मान लें कि त्वरण एकसमान है, परिकलन कीजिए, (i) त्वरण, (ii) इस वेग को प्राप्त करने के लिए रेलगाड़ी द्वारा तय की गई दूरी।

हल:

दिया है,

$u = 0$; $v = 72\ \text{km h}^{-1} = 20\ \text{m s}^{-1}$ और

$t = 5$ min. $= 300$ s.

(i) समीकरण (7.5) से हम जानते हैं,

$$a = \frac{(v-u)}{t}$$

$$= \frac{20\ \text{m s}^{-1} - 0\ \text{m s}^{-1}}{300\ \text{s}}$$

$$= \frac{1}{15}\ \text{m s}^{-2}$$

(ii) समीकरण (7.7) से हम जानते हैं,

$2\,a\,s = v^2 - u^2 = v^2 - 0$

अतः

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

$$= \frac{(20\ \text{m s}^{-1})^2}{2 \times (1/15)\ \text{m s}^{-2}}$$

$= 3000$ m

$= 3$ km

रेलगाड़ी का त्वरण $\frac{1}{15}\ \text{m s}^{-2}$ है तथा तय की गई दूरी 3 km है।

उदाहरण 7.6 कोई कार एकसमान रूप से त्वरित होकर 5 s में 18 km h^{-1} से 36 km h^{-1} की गति प्राप्त करती है। ज्ञात करें (i) त्वरण, (ii) उतने समय में कार के द्वारा तय की गई दूरी।

हल:

दिया गया है,

$u = 18\ \text{km h}^{-1} = 5\ \text{m s}^{-1}$

$v = 36\ \text{km h}^{-1} = 10\ \text{m s}^{-1}$ और

$t = 5$ s.

(i) समीकरण (7.5) से हम जानते हैं,

$$a = \frac{v-u}{t}$$

$$= \frac{10\ \text{m s}^{-1} - 5\ \text{m s}^{-1}}{5\ \text{s}}$$

$= 1\ \text{m s}^{-2}$

(ii) समीकरण (7.6) से हम जानते हैं,

$$s = u\,t + \frac{1}{2}\,a\,t^2$$

$$= 5\ \text{m s}^{-1} \times 5\ \text{s} + \frac{1}{2} \times 1\ \text{m s}^{-2} \times (5\ \text{s})^2$$

$= 25$ m $+ 12.5$ m

$= 37.5$ m

कार का त्वरण $1\ \text{m s}^{-2}$ तथा तय की गई दूरी 37.5 m है।

उदाहरण 7.7 किसी कार पर ब्रेक लगाने पर वह गति के विपरीत दिशा में 6 m s^{-2} का त्वरण उत्पन्न करती है। यदि कार ब्रेक लगाए जाने के बाद रुकने में 2 s का समय लेती है तो उतने समय में तय की गई दूरी की गणना करें।

हल:

दिया गया है,

$a = -6\ \text{m s}^{-2}$; $t = 2$ s तथा $v = 0\ \text{m s}^{-1}$.

समीकरण 7.5 से हम जानते हैं,

$v = u + at$

$0 = u + (-6\ \text{m s}^{-2})\ 2\ \text{s}$

या $u = 12\ \text{m s}^{-1}$.

समीकरण 7.6 से हम पाते हैं,

$$s = u\,t + \frac{1}{2}\,a\,t^2$$

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

$= (12\ \text{m s}^{-1}) \times (2\ \text{s}) + \frac{1}{2}(-6\ \text{m s}^{-2}) \times (2\ \text{s})^2$

$= 24\ \text{m} - 12\ \text{m}$

$= 12\ \text{m}$

अतः कार रुकने के पहले 12 m की दूरी तय करेगी।

क्या अब आप इस महत्त्व को समझ सकते हैं कि चालक सड़क पर गाड़ी चलाते समय दूसरी गाड़ी से दूरी क्यों बना कर रखते हैं?

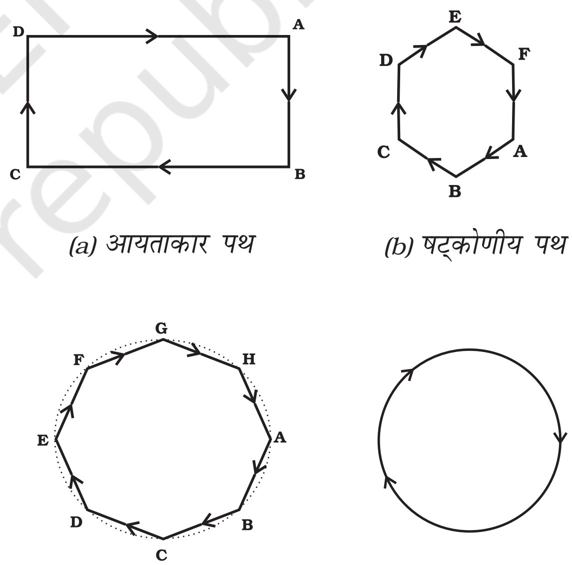
प्रश्न

1. *कोई बस विरामावस्था से चलना प्रारंभ करती है तथा 2 मिनट तक 0.1 m s^{-2} के एकसमान त्वरण से चलती है। परिकलन कीजिए, (a) प्राप्त की गई चाल तथा (b) तय की गई दूरी।*
2. *कोई रेलगाड़ी 90 km h^{-1} के चाल से चल रही है। ब्रेक लगाए जाने पर वह $-0.5\ \text{m s}^{-2}$ का एकसमान त्वरण उत्पन्न करती है। रेलगाड़ी विरामावस्था में आने के पहले कितनी दूरी तय करेगी?*
3. *एक ट्रॉली एक आनत तल पर 2 m s^{-2} के त्वरण से नीचे जा रही है। गति प्रारंभ करने के 3 s के पश्चात् उसका वेग क्या होगा?*
4. *एक रेसिंग कार का एकसमान त्वरण 4 m s^{-2} है। गति प्रारंभ करने के 10 s पश्चात् वह कितनी दूरी तय करेगी?*
5. *किसी पत्थर को ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर 5 m s^{-1} के वेग से फेंका जाता है। यदि गति के दौरान पत्थर का नीचे की ओर दिष्ट त्वरण 10 m s^{-2} है, तो पत्थर के द्वारा कितनी ऊँचाई प्राप्त की गई तथा उसे वहाँ पहुँचने में कितना समय लगा?*

7.6 एकसमान वृत्तीय गति

जब वस्तु के वेग में परिवर्तन होता है तब हम कहते हैं कि वह वस्तु त्वरित हो रही है। वेग में यह परिवर्तन, वेग के परिमाण या गति की दिशा या दोनों के कारण हो सकता है। क्या आप एक उदाहरण के बारे में सोच सकते हैं, जिसमें एक वस्तु अपने वेग के परिमाण को नहीं बदलती, परंतु अपनी गति की दिशा को बदलती है?

किसी बंद पथ (मार्ग) पर एक वस्तु की गति का उदाहरण लें चित्र 7.8(a)। किसी एथलीट (धावक) को एक आयताकार पथ ABCD के अनुदिश दर्शाता है। माना एथलीट पथ के सीधे भागों AB, BC, CD और DA पर एकसमान चाल से दौड़ता है। अपने आपको पथ पर बनाए रखने के लिए कोनों पर वह शीघ्रता से अपनी चाल बदलता है। एक चक्कर पूरा



(a) आयताकार पथ *(b) षट्कोणीय पथ* *(c) अष्टकोणीय पथ* *(d) वृत्तीय पथ*

चित्र 7.8: *एक एथलीट (धावक) की विभिन्न आकृतियों के बंद पथ पर गति*

Reprint 2025-26

करने में उसे कितनी बार अपनी गति की दिशा बदलनी पड़ेगी? यह स्पष्ट है कि आयताकार पथ पर एक चक्कर लगाने के दौरान उसने चार बार अपनी गति की दिशा को बदला होगा।

अब मान लें कि एथलीट आयताकार पथ के स्थान पर षट्कोणीय पथ ABCDEF के अनुदिश दौड़ रहा है जैसा कि चित्र 7.8 (b) में प्रदर्शित है। इस स्थिति में, एथलीट को एक चक्कर पूरा करने में, छः बार अपनी दिशा को बदलना होगा। यदि पथ षट्भुजाकार न होकर सम अष्टभुजाकार पथ ABCDEFGH हो [चित्र 7.8(c)] तो क्या होगा? यह देखा गया है कि पथ की भुजाओं की संख्या में वृद्धि के साथ ही एथलीट को अपने मुड़ने कि संख्या में वृद्धि करनी पड़ती है। अगर हम अनिश्चित रूप से पथ की भुजाओं की संख्या बढ़ाएँ तो उन भुजाओं का आकार कैसा होगा? यदि आप ऐसा करते हैं तो आप पाएँगे कि सभी भुजाओं की लंबाई घटकर एक बिंदु के समान हो जाएगी और पथ का आकार लगभग वृत्त के समान हो जाता है। अगर एथलीट एक वृत्तीय पथ पर नियत परिमाण वाले वेग के साथ दौड़ता है तो उसके वेग में परिवर्तन केवल गति की दिशा में परिवर्तन के कारण होता है। इसलिए वृत्तीय पथ पर दौड़ता हुआ एक एथलीट, त्वरित गति का एक उदाहरण है।

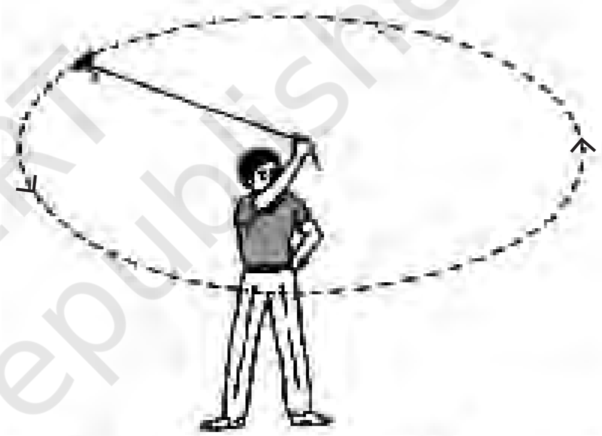
हम जानते हैं कि त्रिज्या r वाले वृत्त की परिधि $2\pi r$ होती है। अगर एथलीट r त्रिज्या वाले वृत्तीय पथ का एक चक्कर लगाने में t सेकंड का समय लेता है तो वेग v होगा,

$$v = \frac{2\pi r}{t} \tag{7.8}$$

जब एक वस्तु वृत्तीय रास्ते पर एकसमान चाल से चलती है तब उसकी गति को एकसमान वृत्तीय गति कहा जाता है।

क्रियाकलाप 7.11

- एक धागे का टुकड़ा लें और उसके एक छोर पर एक छोटे से पत्थर को बाँध दें। धागे के दूसरे छोर को पकड़कर पत्थर को वृत्तीय पथ पर नियत चाल से घुमाएँ जैसा कि चित्र 7.9 में दिखाया गया है।
- अब पत्थर सहित धागे को छोड़ दें। क्या आप बता सकते हैं कि धागा छोड़ने के बाद पत्थर किस दिशा में जाएगा? इस क्रिया को बार-बार दोहराएँ और वृत्तीय पथ के अलग-अलग जगहों से पत्थर को छोड़ें और यह देखें कि पत्थर के गति करने की दिशा समान है या नहीं।



चित्र 7.9: *पत्थर नियत परिमाण के वेग से वृत्तीय पथ को निर्दिष्ट करता है*

ध्यानपूर्वक देखने पर आप पाएँगे कि पत्थर वृत्तीय पथ के स्पर्शरेखीय सीधी रेखा के साथ गति करता है। ऐसा इसलिए क्योंकि जब पत्थर को छोड़ा जाता है तो वह उसी दिशा में गति जारी रखता है जिस दिशा में उस क्षण वह गति कर रहा है। इससे पता चलता है कि जब किसी पत्थर को वृत्तीय पथ पर घुमाया जाता है तो उसकी गति की दिशा प्रत्येक बिंदु पर परिवर्तित होती है।

Reprint 2025-26

जब कोई एथलीट खेल प्रतियोगिता में एक चक्र (डिसकॅस) या गोले को फेंकता है, तो वह उसे अपने हाथ में पकड़ता है तथा अपने शरीर को घुमाकर उसे वृत्तीय गति प्रदान करता है। इच्छित दिशा में एक बार छूटने के बाद गोला या चक्र उसी दिशा में गति करता है जिस दिशा में वह छोड़ते समय गति कर रहा था। यह ठीक उसी प्रकार है जिस प्रकार उक्त क्रियाकलाप में पत्थर के लिए वर्णित है। वस्तुओं की एकसमान वृत्तीय गति के बहुत से चिरपरिचित उदाहरण हैं जैसे, चंद्रमा एवं पृथ्वी की गति, पृथ्वी के चारों ओर वृत्तीय कक्षा में घूर्णन करता हुआ एक उपग्रह, वृत्तीय पथ पर नियत चाल से चलता हुआ साइकिल सवार इत्यादि।

आपने क्या सीखा

- स्थिति में परिवर्तन एक गति है, इसकी व्याख्या तय की गई दूरी या विस्थापन के रूप में की जा सकती है।
- एक वस्तु की गति का समान या असमान होना उस वस्तु के वेग पर निर्भर करता है जो कि नियत है या बदल रहा है।
- प्रति इकाई समय में वस्तु के द्वारा तय की गई दूरी उसकी चाल है और प्रति इकाई समय में हुआ विस्थापन उसका वेग है।
- किसी वस्तु का त्वरण प्रति इकाई समय में उसके वेग में होने वाला परिवर्तन है।
- ग्राफ़ों के द्वारा वस्तु की समान और असमान गति को दर्शाया जा सकता है।
- एकसमान त्वरण से चल रही एक वस्तु की गति की व्याख्या निम्न समीकरणों के माध्यम से की जा सकती है:

  $$v = u + at$$

  $$s = ut + \frac{1}{2} at^2$$

  $$2as = v^2 - u^2$$

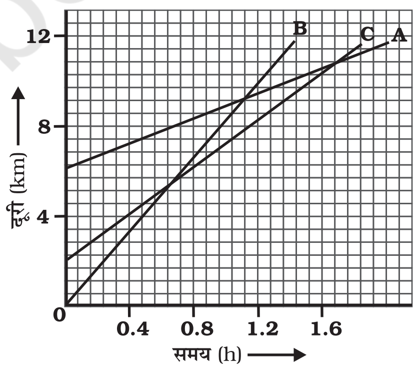
  जहाँ u वस्तु का प्रारंभिक वेग है, जो कि t समय के लिए एकसमान त्वरण a से गति करती है, इसका अन्तिम वेग v है और t समय में तय की गई दूरी s है।
- अगर कोई वस्तु वृत्तीय पथ पर एकसमान चाल से चलती है तो उसकी गति को एकसमान वृत्तीय गति कहा जाता है।

© NCERT not to be republished

अभ्यास

1. एक एथलीट वृत्तीय रास्ते, जिसका व्यास 200 m है, का एक चक्कर 40 s में लगाता है। 2 min 20 s के बाद वह कितनी दूरी तय करेगा और उसका विस्थापन क्या होगा?
2. 300 m सीधे रास्ते पर जोसेफ़ जॉगिंग करता हुआ 2 min 50 s में एक सिरे A से दूसरे सिरे B पर पहुंचता है और घूमकर 1 min. में 100 m पीछे बिंदु C पर पहुँचता है। जोसेफ़ की औसत चाल और औसत वेग क्या होंगे?

   (a) सिरे A से सिरे B तक तथा (b) सिरे A से सिरे C तक।
3. अब्दुल गाड़ी से स्कूल जाने के क्रम में औसत चाल को 20 km h^{-1} पाता है। उसी रास्ते से लौटने के समय वहाँ भीड़ कम है और औसत चाल 40 km h^{-1} है। अब्दुल की इस पूरी यात्रा में उसकी औसत चाल क्या है?
4. कोई मोटरबोट झील में विरामावस्था से सरल रेखीय पथ पर 3.0 m s^{-2} की नियत त्वरण से 8.0 s तक चलती है। इस समय अंतराल में मोटरबोट कितनी दूरी तय करती है?
5. किसी गाड़ी का चालक 52 km h^{-1} की गति से चल रही कार में ब्रेक लगाता है तथा कार विपरीत दिशा में एकसमान दर से त्वरित होती है। कार 5 s में रुक जाती है। दूसरा चालक 30 km h^{-1} की गति से चलती हुई दूसरी कार पर धीमे–धीमे ब्रेक लगाता है तथा 10 s में रुक जाता है। एक ही ग्राफ़ पेपर पर दोनों कारों के लिए चाल–समय ग्राफ़ आलेखित करें। ब्रेक लगाने के पश्चात् दोनों में से कौन–सी कार अधिक दूरी तक जाएगी?
6. चित्र 7.10 में तीन वस्तुओं A, B और C के दूरी–समय ग्राफ़ प्रदर्शित हैं। ग्राफ़ का अध्ययन करके निम्न प्रश्नों के उत्तर दीजिए:



चित्र 7.10

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

(a) तीनों में से कौन सबसे तीव्र गति से गतिमान है?

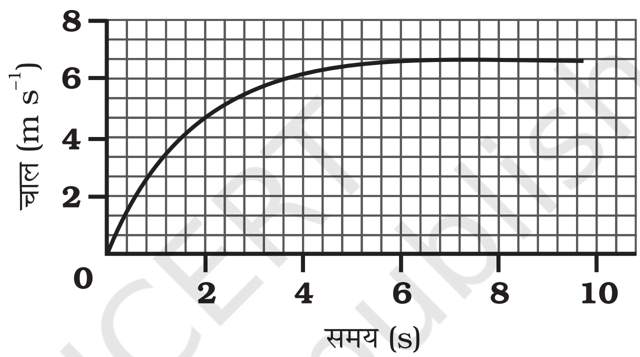
(b) क्या ये तीनों किसी भी समय सड़क के एक ही बिंदु पर होंगे?

(c) जिस समय B, A से गुजरती है उस समय तक C कितनी दूरी तय कर लेती है?

(d) जिस समय B, C से गुजरती है उस समय तक यह कितनी दूरी तय कर लेती है?

7. 20 m की ऊँचाई से एक गेंद को गिराया जाता है। यदि उसका वेग 10 m s^{-2} के एकसमान त्वरण की दर से बढ़ता है तो यह किस वेग से धरातल से टकराएगी? कितने समय पश्चात् वह धरातल से टकराएगी?

8. किसी कार का चाल–समय ग्राफ़ चित्र 7.11 में दर्शाया गया है।



चित्र 7.11

(a) पहले 4 s में कार कितनी दूरी तय करती है? इस अवधि में कार द्वारा तय की गई दूरी को ग्राफ़ में छायांकित क्षेत्र द्वारा दर्शाइए।

(b) ग्राफ़ का कौन–सा भाग कार की एकसमान गति को दर्शाता है?

9. निम्नलिखित में से कौन–सी अवस्थाएँ संभव हैं तथा प्रत्येक के लिए एक उदाहरण दें:

(a) कोई वस्तु जिसका त्वरण नियत हो परन्तु वेग शून्य हो।

(b) कोई त्वरित वस्तु एकसमान चाल से गति कर रही हो।

(c) कोई वस्तु किसी निश्चित दिशा में गति कर रही हो तथा त्वरण उसके लंबवत् हो।

10. एक कृत्रिम उपग्रह 42250 km त्रिज्या की वृत्ताकार कक्षा में घूम रहा है। यदि वह 24 घंटे में पृथ्वी की परिक्रमा करता है तो उसकी चाल का परिकलन कीजिए।

Reprint 2025-26

0965CH09

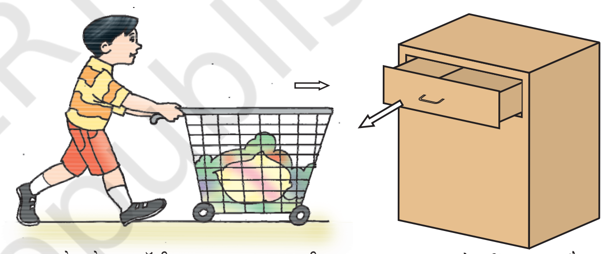
अध्याय 8

बल तथा गति के नियम
(Force and Laws of Motion)

पिछले अध्याय में हमने एक सरल रेखा में वस्तु की स्थिति, वेग तथा त्वरण के आधार पर वस्तु की गति का वर्णन किया। हमने देखा कि ऐसी गति में कभी एकरूपता होती है तथा कभी नहीं। लेकिन अभी हमने ये चर्चा नहीं की कि गति का कारण क्या होता है। समय के साथ वस्तु की चाल क्यों बदलती है? क्या सभी प्रकार की गतियों का कोई कारण होता है? यदि ऐसा है, तो इस कारण का स्वभाव क्या है? इस अध्याय में हम ऐसी ही सभी जिज्ञासाओं को बुझाएँगे।

सदियों से गति और इसके कारणों ने वैज्ञानिकों और दार्शनिकों को उलझा रखा था। फ़र्श पर रखी एक गेंद को धीमे से ठोकर लगाने पर वह हमेशा के लिए गतिशील नहीं रहती। ऐसी परिस्थितियों से यह पता चलता है कि किसी वस्तु की विराम की अवस्था ही उसकी स्वाभाविक अवस्था है। ऐसी मान्यता तब तक बनी रही जब तक कि गैलीलियो और आइज़क न्यूटन ने वस्तुओं की गति के बारे में एक पूर्णत: भिन्न संकल्पना प्रस्तुत की।

अपने प्रतिदिन के जीवन में हम देखते हैं कि एक स्थिर वस्तु को गति देने के लिए या गतिशील वस्तु को रोकने के लिए हमें कुछ प्रयास करना पड़ता है। सामान्य भाषा में इसके लिए हमें शारीरिक प्रयास करना पड़ता है तथा हम कहते हैं कि किसी वस्तु को गति की अवस्था में लाने के लिए हमें उसे खींचना, धकेलना या ठोकर लगाना पड़ता है। खींचने, धकेलने या ठोकर लगाने की इसी क्रिया पर बल की अवधारणा आधारित है। अब हम बल के विषय में विचार करते हैं। यह क्या है? वास्तव में बल को न तो किसी ने देखा है, न चखा है और न ही महसूस किया है। हालाँकि बल का प्रभाव हम प्राय: देखते या महसूस करते हैं। किसी वस्तु पर बल लगाने पर क्या होता है, यह जानकर हम बल की व्याख्या कर सकते हैं। वस्तु को खींचना, धकेलना या ठोकर लगाना, ये सभी क्रियाएँ वस्तु को गति देने की युक्तियाँ हैं (चित्र 8.1)। हमारे द्वारा किसी तरह का बल लगाने पर ही उनमें गति होती है।



(a) धकेलने पर ट्रॉली, लगाए गए बल की दिशा में गति करती है। *(b) दराज को खींचा जाता है।*

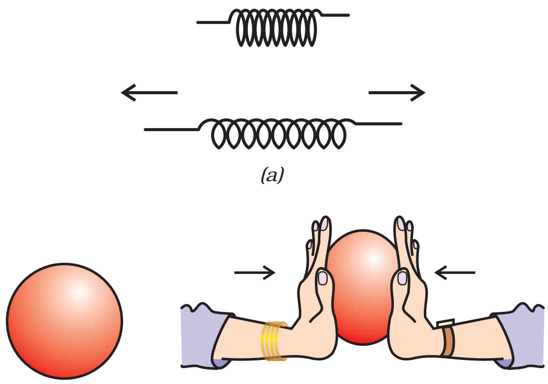
(c) हॉकी स्टिक से गेंद को आगे की ओर ठोकर लगाते हैं।

चित्र 8.1: *वस्तुओं को धकेलकर, खींचकर या ठोकर लगाकर उनकी गति की अवस्था को बदला जा सकता है।*

पिछली कक्षाओं में अर्जित ज्ञान के आधार पर आप इस बात से परिचित हैं कि किसी वस्तु में वेग का परिमाण बदलने (अर्थात् वस्तु की गति को तेज़ या धीमी करने) के लिए या उसकी गति की दिशा बदलने के लिए बल का प्रयोग होता है। आप यह भी

© NCERT not to be republished

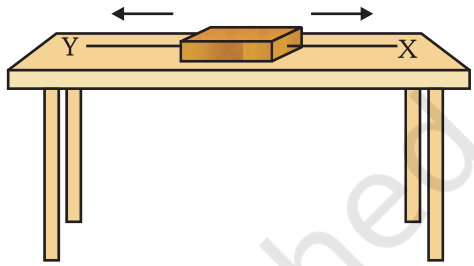
जानते हैं कि किसी बल के प्रयोग द्वारा वस्तु का आकार या आकृति भी बदली जा सकती है **(**चित्र 8.2**)।**



चित्र 8.2: *(a) बल लगाने पर स्प्रिंग फैलती है।*
(b) बल लगाने पर गोलाकार गेंद अंडाकार हो जाती है।

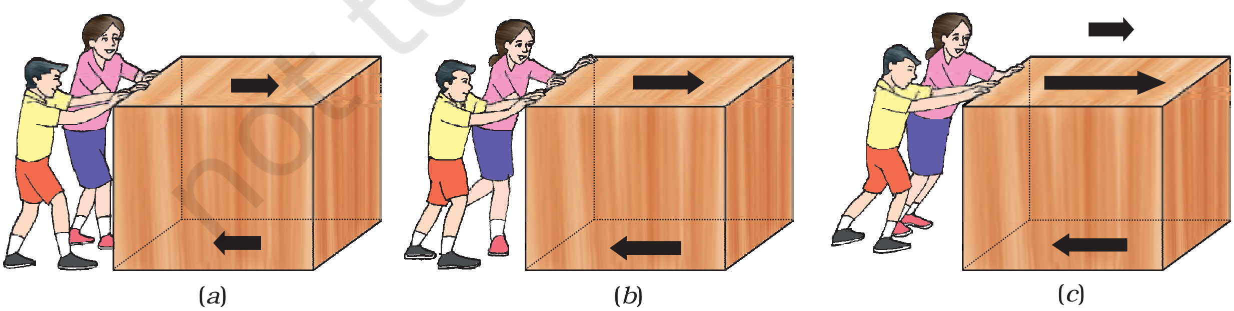
8.1 संतुलित और असंतुलित बल

चित्र 8.3 में लकड़ी का एक पिंड एक समतल मेज पर रखा है। चित्र में दर्शाए अनुसार, दो धागे X और Y पिंड के विपरीत सिरों से जुड़े हैं। अगर हम किसी बल द्वारा धागे X को खींचते हैं, तो पिंड दाहिनी ओर खिसकना शुरू करता है। उसी प्रकार अगर हम धागे Y को खींचते हैं, तो पिंड बाईं ओर खिसकना शुरू करता है। लेकिन अगर पिंड को दोनों ओर से समान बल द्वारा खींचा जाता है, तो ऐसी दशा में पिंड गति नहीं करता। इस तरह के बलों को संतुलित बल कहते हैं तथा यह गति की अवस्था को परिवर्तित नहीं करता। अब एक ऐसी अवस्था की कल्पना करें, जिसमें भिन्न परिमाण के दो विपरीत बल पिंड को खींचते हैं। इस अवस्था में, पिंड अधिक बल वाली दिशा में खिसकना शुरू करेगा। इस प्रकार दोनों बल संतुलित नहीं हैं और असंतुलित बल पिंड के खिसकने की दिशा में कार्य करता है। इससे यह पता चलता है कि किसी भी पिंड पर लगने वाला असंतुलित बल उसे गति प्रदान करता है।



चित्र 8.3: *लकड़ी के एक पिंड पर लगे दो बल*

क्या होता है जब कुछ बच्चे एक बक्से को खुरदरे फ़र्श पर धकेलने की कोशिश करते हैं? यदि वे कम बल के साथ बक्से को धकेलते हैं, तो बक्सा नहीं खिसकता है, क्योंकि घर्षण बल धकेलने की विपरीत दिशा में काम कर रहा है [चित्र 8.4.(a)]। यह घर्षण बल दोनों संपर्क सतहों के बीच में उत्पन्न होता है अर्थात् बक्से के नीचे की सतह तथा फ़र्श की खुरदरी सतह के बीच। यह घर्षण बल, धकेलने में लगे बल को संतुलित करता है और यही कारण है कि बक्सा नहीं खिसकता है। चित्र 8.4(b) में बच्चे बक्से को ज़ोर से धकेलते हैं लेकिन बक्सा फिर भी



चित्र 8.4

© NCERT not to be republished

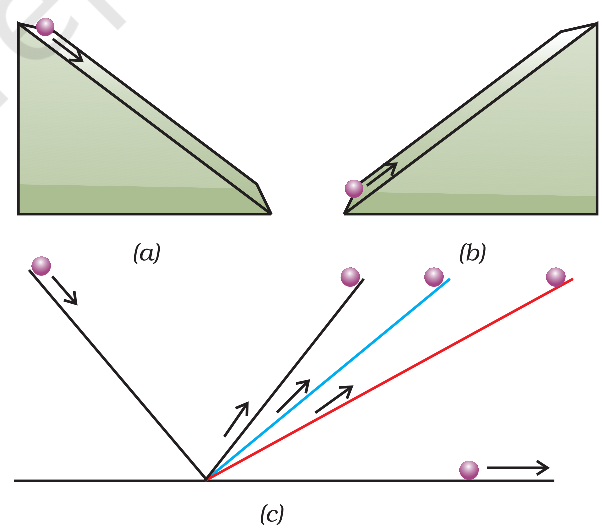
Reprint 2025-26

नहीं खिसकता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि घर्षण बल अभी भी धकेलने वाले बल को संतुलित कर रहा है। अगर बच्चे बक्से को ज़्यादा ज़ोर से धकेलते हैं तब धकेलने वाला बल घर्षण बल से अधिक हो जाता है [चित्र 8.4(c)]। यहाँ असंतुलित बल कार्य करता है, इसलिए बक्सा खिसकने लगता है।

जब हम साइकिल चलाते हैं, तो क्या होता है? पैडल चलाना बंद करने पर साइकिल की गति धीमी होने लगती है। ऐसा इसलिए होता है, क्योंकि घर्षण बल गति की दिशा के विपरीत दिशा में कार्य करता है। साइकिल को गति में रखने के लिए हमें फिर से पैडल चलाना पड़ता है। इस अवस्था में ऐसा प्रतीत होता है कि किसी वस्तु को सतत् गतिशील बनाए रखने के लिए एक असंतुलित बल की आवश्यकता है। तथापि वह बिलकुल गलत है। कोई वस्तु समान वेग के साथ केवल तभी गतिशील रह सकती है, जब उस पर लगने वाला बल (बाह्य तथा घर्षण) संतुलित होते हैं तथा वस्तु पर कोई नेट बाह्य बल कार्य नहीं करता है। अगर किसी वस्तु पर असंतुलित बल लगाया जाता है, तो उसके वेग में परिवर्तन या उसकी दिशा में परिवर्तन होता है। इस प्रकार किसी वस्तु को त्वरित करने के लिए एक असंतुलित बल की आवश्यकता होती है और उसकी गति या गति की दिशा में तब तक परिवर्तन होता रहेगा जब तक यह संतुलित बल उस पर कार्य करता रहेगा। तथापि, यह बल हटा लेने पर, वस्तु प्राप्त हुए वेग से गतिमान रहेगी।

8.2 गति का प्रथम नियम

वस्तुओं की किसी आनत तल पर गति को देखकर गैलीलियो ने यह निष्कर्ष निकाला कि जब तक कोई बाह्य बल कार्य नहीं करता, वस्तुएँ एक निश्चित गति से चलती हैं। उन्होंने देखा कि काँच की गोली आनत तल पर लुढ़कती है तो उसका वेग बढ़ जाता है [चित्र 8.4(a)]। अगले अध्याय में आप पढ़ेंगे कि गोली असंतुलित गुरुत्वीय बल के कारण नीचे गिरती है और नीचे पहुँचते-पहुँचते यह एक निश्चित वेग प्राप्त कर लेती है। चित्र 8.5(b) में दर्शाए अनुसार, जब यह काँच की गोली ऊपर की ओर चढ़ती है तब इसका वेग घटता है। चित्र 8.5(c) में दोनों ओर से एक आदर्श घर्षणरहित आनत तल पर एक गोली स्थिर है। गैलीलियो ने तर्क दिया कि जब गोली को बाईं ओर से छोड़ा जाता है तब यह ढाल पर नीचे की ओर लुढ़केगी तथा दाईं ओर के आनत तल पर उतनी ही ऊँचाई तक जाएगी, जितनी ऊँचाई से उसे छोड़ा गया था। यदि दोनों ओर के तलों के झुकाव समान हैं तो गोली उतनी ही दूरी चढ़ेगी जितनी दूर तक कि वह लुढ़की थी। अगर दाईं ओर के आनत तल के कोण को धीरे-धीरे कम किया जाए तो गोली को मूल ऊँचाई प्राप्त करने के लिए अधिक दूरी तय करनी होगी। अगर इस तल को क्षैतिज कर दिया जाए (अर्थात् ढाल को शून्य कर दिया जाए) तो गोली मूल ऊँचाई प्राप्त करने के लिए क्षैतिज तल पर लगातार चलती ही रहेगी। यहाँ गोली पर लगने वाला असंतुलित बल शून्य है। इस प्रकार यह ज्ञात होता है कि गोली की गति को बदलने के लिए एक असंतुलित बाह्य बल की आवश्यकता होती है लेकिन गोली की गति



चित्र 8.5: *(a) किसी काँच की गोली का आनत तल पर नीचे की ओर लुढ़कना; (b) गोली की ऊपर की ओर गति; तथा (c) काँच की गोली की द्वि-आनत तल पर गति*

Reprint 2025-26

गैलीलियो गैलिली का जन्म 15 फरवरी सन् 1564 में इटली के पीसा शहर में हुआ था। गैलीलियो की बचपन से ही गणित तथा प्राकृतिक दर्शन में रुचि थी। परंतु पिता विनेंजो गैलिली, उन्हें एक चिकित्सक बनाना चाहते थे। तदनुसार गैलीलियो ने सन् 1581 में चिकित्सा उपाधि के लिए पीसा विश्वविद्यालय में नामांकन लिया। इस पाठ्यक्रम को वे कभी पूरा नहीं कर पाए क्योंकि उनकी वास्तविक रुचि गणित में थी। सन् 1586 में उन्होंने अपनी प्रथम वैज्ञानिकी पुस्तक 'द लिटिल बैलेंस' (ला वैलेंसिटा) लिखी, जिसमें उन्होंने एक तुला द्वारा पदार्थों के आपेक्षिक घनत्व (अथवा विशिष्ट गुरुत्व) प्राप्त करने की आर्कीमिडीज़ की विधि का वर्णन किया। सन् 1589 में उन्होंने अपनी निबंध श्रेणी 'डी मौट्' में नत समतल के प्रयोग से, किसी गिरती हुई वस्तु के गिरने की दर कम होने संबंधी अपने सिद्धांत को प्रस्तुत किया।

गैलीलियो गैलिली
(1564 – 1642)

सन् 1592 में उन्हें वेनिस गणराज्य के पाडुआ विश्वविद्यालय में गणित के प्रोफेसर पद पर नियुक्त किया गया था। यहाँ भी उन्होंने लगातार गतिज सिद्धांतों पर प्रेक्षण किया। उन्होंने नत समतल तथा लोलक संबंधी अपने अध्ययन द्वारा नियत त्वरण से गतिशील वस्तुओं से संबंधित परिष्कृत नियम प्रतिपादित किया।

गैलीलियो एक कुशल शिल्पकार भी थे। उन्होंने विभिन्न प्रकार के दूरदर्शियों की श्रेणी विकसित की जिनकी प्रकाशिक दक्षता उस समय उपलब्ध दूरदर्शियों से काफी उत्तम थी। सन् 1640 के आस-पास उन्होंने प्रथम लोलक घड़ी की संरचना की। उनके खगोलीय आविष्कारों की एक पुस्तक 'स्टारी मैसेंजर' में गैलीलियो ने चंद्रमा पर पहाड़ों, छोटे-छोटे सितारों से मिलकर बनी आकाशगंगा तथा बृहस्पति ग्रह के परितः चार छोटे पिंडों को घूमते हुए देखने का दावा किया। उन्होंने अपनी पुस्तकों 'डिस्कोर्स ऑन फ्लोटिंग बॉडीज़' तथा 'लेटर्स ऑन दि सन स्पॉट' में सूर्य पर उपस्थित धब्बों के संदर्भ में अपने प्रेक्षणों का रहस्योद्घाटन किया।

अपने स्वयं के द्वारा निर्मित दूरदर्शियों के प्रयोग द्वारा शनि तथा शुक्र ग्रह के निरीक्षण से गैलीलियो ने यह तर्क दिया कि सभी ग्रह सूर्य के परितः ही कक्षीय गति करते हैं न कि पृथ्वी के परितः यह विचार उस समय प्रचलित विचारधारा के विपरीत था।

को एकरूप बनाए रखने के लिए किसी नेट बल की आवश्यकता नहीं होती है। वास्तविक अवस्था में शून्य असंतुलित बाह्य बल प्राप्त करना कठिन है। ऐसा गति की विपरीत दिशा में लगने वाले घर्षण बल के कारण होता है। इस प्रकार व्यवहार में गोली कुछ दूर चलने के बाद रुक जाती है। घर्षण के प्रभाव को न्यूनतम करने के लिए चिकनी काँच की गोली तथा चिकने समतल का प्रयोग एवं समतल की सतह पर चिकनाईयुक्त पदार्थ (लुब्रीकेंट) का लेप किया जाता है।

न्यूटन ने बल एवं गति के बारे में गैलीलियो के विचारों को आगे विकसित किया। उन्होंने तीन मौलिक नियमों को प्रस्तुत किया जो किसी वस्तु की गति को वर्णित करते हैं। इन नियमों को न्यूटन के गति के नियमों के नाम से जाना जाता है। गति का प्रथम नियम इस प्रकार है**:**

प्रत्येक वस्तु अपनी स्थिर अवस्था या सरल रेखा में एकसमान गति की अवस्था में बनी रहती है जब तक कि उस पर कोई बाहरी बल कार्यरत न हो।

दूसरे शब्दों में, सभी वस्तुएँ अपनी गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करती हैं। गुणात्मक रूप में किसी वस्तु के विरामावस्था में रहने या समान वेग से गतिशील रहने की प्रवृत्ति को जड़त्व कहते हैं। यही कारण है कि गति के पहले नियम को जड़त्व का नियम भी कहते हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

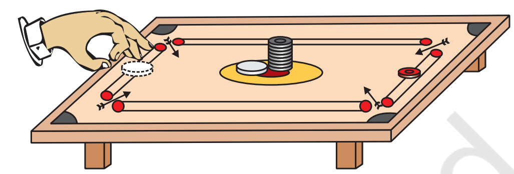
किसी मोटर गाड़ी में यात्रा करते समय होने वाले अनुभवों की व्याख्या जड़त्व के नियम द्वारा की जा सकती है। सीट के सापेक्ष हम तब तक विरामावस्था में रहते हैं जब तक कि मोटरगाड़ी को रोकने के लिए ब्रेक न लगाई जाए। ब्रेक लगाए जाने पर गाड़ी के साथ सीट भी विरामावस्था में आ जाती है, परंतु हमारा शरीर जड़त्व के कारण गतिज अवस्था में ही बने रहने की प्रवृत्ति रखता है। अचानक ब्रेक लगने पर सीट के आगे लगे पैनल से टकराकर हम घायल भी हो सकते हैं। इस तरह की दुर्घटनाओं से बचने के लिए सुरक्षा बेल्ट का उपयोग किया जाता है। ये सुरक्षा बेल्ट हमारे आगे बढ़ने की गति को धीमा करती है। इसके विपरीत अनुभव हमें तब होता है जब हम मोटर बस में खड़े होते हैं एवं मोटर बस अचानक चल पड़ती है। इस स्थिति में हम पीछे की ओर झुक जाते हैं। ऐसा इसलिए होता है, क्योंकि मोटर बस के अचानक गति में आ जाने से हमारा पैर, जो मोटर बस के फ़र्श के संपर्क में रहता है, गति में आ जाता है। परंतु शरीर का ऊपरी भाग जड़त्व के कारण इस गति का विरोध करता है।

जब कोई मोटरकार तीव्र गति के साथ किसी तीक्ष्ण मोड़ पर मुड़ती है तो हम एक ओर झुकने लगते हैं। इसे भी जड़त्व के नियम से समझा जा सकता है। हमारा शरीर अपनी एक सरल रेखीय गति को बनाए रखना चाहता है। जब मोटर कार की दिशा को बदलने के लिए इंजन द्वारा एक असंतुलित बल लगाया जाता है तब हम अपने शरीर के जड़त्व के कारण सीट पर एक ओर झुक जाते हैं।

एक वस्तु तब तक अपनी विरामावस्था में रहेगी जब तक कि उस पर कोई असंतुलित बल नहीं लगा है। इसे निम्न गतिविधि द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है।

क्रियाकलाप 8.1

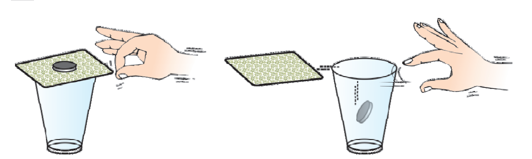
- चित्र 8.6 में दर्शाए अनुसार एक ही तरह की कैरम की गोटियों को एक के ऊपर एक रखकर ढेरी बनाएँ।
- एक अन्य गोटी (या स्ट्राइकर) को अपनी अंगुलियों से तीव्रता से क्षैतिज झटका देकर ढेरी की सबसे नीचे वाली गोटी पर टकराइए। यदि आप गोटी को पर्याप्त तीव्रता से टकराते हैं तो आप देखेंगे कि केवल नीचे वाली गोटी ही शीघ्रता से ढेरी से बाहर आती है। नीचे वाली गोटी के बाहर आ जाने के बाद शेष गोटियाँ अपने जड़त्व के कारण लंबवत् दिशा में नीचे की ओर 'गिर' जाती हैं।



चित्र 8.6: *किसी तीव्र गति की कैरम की गोटी (या स्ट्राइकर) से टकरा कर ढेरी के सबसे नीचे वाली गोटी ही ढेरी से बाहर आती है।*

क्रियाकलाप 8.2

- काँच के एक खाली गिलास के ऊपर एक कड़े ताश का पत्ता रखें।
- अब चित्र 8.7 में दर्शाए अनुसार पत्ते के ऊपर पाँच रुपये का एक सिक्का रखें। पत्ते को अंगुलियों से तीव्र क्षैतिज झटका दें।
- आप पाएँगे कि पत्ता आगे खिसक जाता है तथा सिक्का अपने जड़त्व के कारण नीचे की ओर गिलास में गिर जाता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि पत्ते के हटने के बाद भी सिक्का अपनी विरामावस्था को बनाए रखना चाहता है।



चित्र 8.7: *अंगुली से ताश के पत्ते को झटका देने पर पत्ते के ऊपर रखा सिक्का नीचे की ओर गिलास में गिर जाता है।*

क्रियाकलाप 8.3

- पानी से भरा गिलास किसी ट्रे पर रखिए।
- ट्रे को हाथ से पकड़कर जितनी तेजी से हो सके, घूम जाइए।

© NCERT not to be republished
Reprint 2025-26

- हम देखते हैं कि गिलास लुढ़क जाता है और पानी छलक जाता है, क्यों?

क्या आप अब समझे कि प्लेट में कप को रखने के लिए खाँचा क्यों बना होता है? अचानक झटका लगने की दशा में, प्लेट का खाँचा कप को गिरने से रोकता है।

8.3 जड़त्व तथा द्रव्यमान

अभी तक दिए सभी उदाहरणों और गतिविधियों से ज्ञात होता है कि प्रत्येक वस्तु अपनी गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करती है। चाहे वह विरामावस्था में हो या गतिशील, वह अपनी मूल अवस्था को बनाए रखना चाहती है। वस्तु का यह गुण उसका जड़त्व कहलाता है। क्या सभी वस्तुओं का जड़त्व समान होता है? हम जानते हैं कि पुस्तकों से भरे बक्से को धक्का देने की अपेक्षा खाली बक्से को धक्का देना आसान होता है। उसी प्रकार हम एक फुटबॉल को किक लगाते हैं तो वह दूर चली जाती है जबकि अगर हम उतने ही बल से किसी उतने ही बड़े पत्थर पर किक लगाएँ, तो हो सकता है कि वह खिसके भी नहीं। हो सकता है कि ऐसा करते समय हमें ही चोट लग जाए। क्रियाकलाप 8.2 में हम पाँच रुपये के सिक्के के स्थान पर यदि कम द्रव्यमान के सिक्के का प्रयोग करते हैं तो हम पाते हैं कि उसी क्रिया को करने में हमें कम बल की आवश्यकता होती है। एक ठेलागाड़ी को चलाने के लिए जितने बल की आवश्यकता होती है, उतना बल यदि किसी रेलगाड़ी पर लगाया जाए तो उसकी गति में न के बराबर परिवर्तन होगा क्योंकि ठेलागाड़ी की तुलना में रेलगाड़ी अपनी गति में कम परिवर्तन चाहती है। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि रेलगाड़ी का जड़त्व ठेलागाड़ी से अधिक है। इससे स्पष्ट है कि भारी वस्तुओं का जड़त्व अधिक होता है। मात्रात्मक रूप से, किसी वस्तु का जड़त्व उसके द्रव्यमान से मापा जाता है। अतः हम जड़त्व और द्रव्यमान को निम्न रूप में परिभाषित कर सकते हैं:

किसी भी वस्तु का जड़त्व उसका वह प्राकृतिक गुण है, जो उसकी विराम या गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करता है। इस प्रकार किसी वस्तु का द्रव्यमान उसके जड़त्व की माप है।

प्रश्न

1. निम्न में किसका जड़त्व अधिक है: (a) एक रबर की गेंद एवं उसी आकार का पत्थर, (b) एक साइकिल एवं एक रेलगाड़ी, (c) पाँच रुपये का एक सिक्का एवं एक रुपये का सिक्का।

2. नीचे दिए गए उदाहरण में गेंद का वेग कितनी बार बदलता है, जानने का प्रयास करें: "फुटबॉल का एक खिलाड़ी गेंद पर किक लगाकर गेंद को अपनी टीम के दूसरे खिलाड़ी के पास पहुँचाता है। दूसरा खिलाड़ी उस गेंद को किक लगाकर गोल की ओर पहुँचाने का प्रयास करता है। विपक्षी टीम का गोलकीपर गेंद को पकड़ता है और अपनी टीम के खिलाड़ी की ओर किक लगाता है।" इसके साथ ही उस कारक की भी पहचान करें जो प्रत्येक अवस्था में बल प्रदान करता है।

3. किसी पेड़ की शाखा को तीव्रता से हिलाने पर कुछ पत्तियाँ झड़ जाती हैं। क्यों?

4. जब कोई गतिशील बस अचानक रुकती है तो आप आगे की ओर झुक जाते हैं और जब विरामावस्था से गतिशील होती है तो पीछे की ओर हो जाते हैं, क्यों?

8.4 गति का द्वितीय नियम

गति का प्रथम नियम यह बताता है कि जब कोई असंतुलित बाह्य बल किसी वस्तु पर कार्य करता है तो उसके वेग में परिवर्तन होता है अर्थात् वस्तु त्वरण प्राप्त करती है। अब हम देखेंगे कि किसी वस्तु का त्वरण उस पर लगाए गए बल पर कैसे निर्भर होता है तथा उस बल को हम कैसे मापते हैं। आइए कुछ दैनिक अनुभवों का अध्ययन करें। टेबल-टेनिस खेलने के दौरान यदि गेंद किसी खिलाड़ी के शरीर से टकराती है, तो वह घायल नहीं होता। गति से आती हुई क्रिकेट की गेंद किसी दर्शक को लगने के बाद

Reprint 2025-26

उसे घायल कर सकती है। सड़क के किनारे खड़े किसी ट्रक से कोई दुर्घटना नहीं होती। परंतु 5 m s^{-1} जैसी कम गति से चलते हुए ट्रक से टक्कर, रास्ते में खड़े किसी व्यक्ति की मृत्यु का कारण बन सकती है। एक छोटे द्रव्यमान की वस्तु जैसे गोली को अगर बंदूक से तीव्र वेग से छोड़ा जाए तो वह भी किसी व्यक्ति की मृत्यु का कारण बन सकती है। इससे पता चलता है कि वस्तु के द्वारा उत्पन्न प्रभाव वस्तु के द्रव्यमान एवं वेग पर निर्भर करता है। इसी प्रकार यदि किसी वस्तु को त्वरित किया जाता है, तो अधिक वेग प्राप्त करने के लिए अधिक बल की आवश्यकता होती है। दूसरे शब्दों में, हम कह सकते हैं कि वस्तु के द्रव्यमान एवं वेग से संबंधित एक महत्वपूर्ण राशि होती है। संवेग नामक इस राशि को न्यूटन ने प्रस्तुत किया था। किसी वस्तु का संवेग p उसके द्रव्यमान m और वेग v के गुणनफल से परिभाषित किया जाता है।

$$p = mv \qquad (8.1)$$

संवेग में परिमाण और दिशा दोनों होते हैं। इसकी दिशा वही होती है, जो वेग v की होती है। संवेग का SI मात्रक किलोग्राम-मीटर/सेकंड (kg m s^{-1})होता है। चूँकि किसी असंतुलित बल के प्रयोग से उस वस्तु के वेग में परिवर्तन होता है, इसलिए यह कहा जा सकता है कि बल ही संवेग को भी परिवर्तित करता है।

एक ऐसी अवस्था के बारे में विचार करें जिसमें खराब बैट्री वाली एक कार को सीधी सड़क पर 1 m s^{-1} की गति प्रदान करने के लिए धक्का दिया जाता है, जो कि उसके इंजन को स्टार्ट करने के लिए पर्याप्त है। यदि एक या दो व्यक्ति इसे अचानक धक्का देते हैं तो भी यह स्टार्ट नहीं होती। लेकिन कुछ समय तक लगातार धक्का देने से कार उस गति पर आ जाती है। इससे स्पष्ट है कि कार के संवेग में परिवर्तन केवल बल के परिमाण से नहीं होता है, बल्कि उस समय से है जितने समय तक उस पर बल लगाया जाता है। इससे यह भी निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि वस्तु के संवेग में परिवर्तन लाने में लगने वाला बल उसकी उस समय दर पर निर्भर करता है, जिसमें कि संवेग में परिवर्तन होता है।

गति का द्वितीय नियम यह बताता है कि किसी वस्तु के संवेग में परिवर्तन की दर उस पर लगने वाले असंतुलित बल की दिशा में बल के समानुपातिक होती है।

8.4.1 गति के द्वितीय नियम की गणितीय गणना

माना कि m द्रव्यमान की कोई वस्तु u प्रारंभिक वेग से सीधी रेखा में चल रही है। t समय तक एक निश्चित बल F लगाने पर उस वस्तु का वेग v हो जाता है। तब इसका प्रारंभिक और अंतिम संवेग क्रमशः, $p_1 = mu$ और $p_2 = mv$ होंगे।

संवेग में परिवर्तन $\propto p_2 - p_1$

$$\propto mv - mu$$

$$\propto m \times (v - u)$$

संवेग में परिवर्तन की दर $\propto \dfrac{m \times (v-u)}{t}$

या लगाया गया बल, $F \propto \dfrac{m \times (v-u)}{t}$

$$F = \frac{km \times (v-u)}{t} \qquad (8.2)$$

$$= kma \qquad (8.3)$$

यहाँ $a \propto = [(v - u)/t]$ वेग में परिवर्तन की दर अर्थात् त्वरण है। k एक आनुपातिकता स्थिरांक है। द्रव्यमान और त्वरण के SI मात्रक क्रमशः kg और m s^{-2} हैं। हम बल का मात्रक इस प्रकार लेते हैं कि स्थिरांक k का मान एक हो जाता है। इस इकाई बल को उस मात्रा के रूप में परिभाषित करते हैं, 1 kg द्रव्यमान वाली किसी वस्तु में 1 m s^{-2} का त्वरण उत्पन्न करती है, अर्थात् 1 इकाई बल = k (1 g) × (1 m s^{-2})। इस प्रकार k का मान एक हो जाता है। समीकरण (8.3) से,

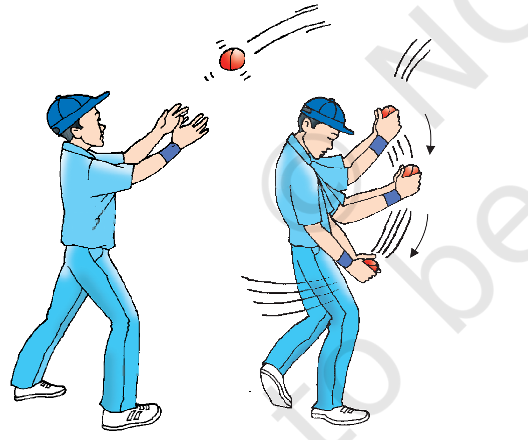
$$F = ma \qquad (8.4)$$

बल का मात्रक kg m s^{-2} है, इसे न्यूटन (आइजक न्यूटन के नाम पर) भी कहते हैं, जिसे N द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। गति के द्वितीय नियम से हमें किसी वस्तु पर लगने वाले बल को मापने की विधि मिलती है। बल को उस वस्तु में उत्पन्न त्वरण तथा वस्तु के द्रव्यमान के गुणनफल से प्राप्त किया जाता है।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

गति के द्वितीय नियम का प्रयोग हम अपने दैनिक जीवन में प्रायः देखते हैं। क्या आपने क्रिकेट मैच के दौरान मैदान में क्षेत्ररक्षक को तेज़ गति से आ रही गेंद को लपकते समय हाथ को पीछे की ओर खींचते देखा है? इस प्रकार से क्षेत्ररक्षक गेंद के वेग को शून्य करने में अधिक समय लगाता है। इस प्रकार गेंद में संवेग परिवर्तन की दर कम हो जाती है। इस कारण तेज़ गति से आ रही गेंद का प्रभाव हाथ पर कम पड़ता है। अगर गेंद को अचानक रोका जाता है तो तीव्र गति से आ रही गेंद का वेग बहुत कम समय में शून्य होता है अर्थात् गेंद के संवेग में परिवर्तन की दर अधिक होगी, इसलिए कैच लपकने में अधिक बल लगाना होगा जिससे हो सकता है कि खिलाड़ी की हथेली में चोट लग जाए। ऊँची कूद वाले मैदान में, खिलाड़ियों को कुशन या बालू पर कूदना होता है। ऐसा खिलाड़ियों के छलाँग लगाने के बाद गिरने के समय को बढ़ाने के लिए किया जाता है। इस स्थिति में संवेग में परिवर्तन की दर कम होती है। सोचो कि कैसे कराटे का एक खिलाड़ी एक ही झटके में बर्फ़ की एक सिल्ली को तोड़ देता है!



चित्र 8.8: क्रिकेट के खेल में कैच लपकने के लिए क्षेत्ररक्षक गेंद के साथ अपने हाथों को धीरे-धीरे पीछे की ओर खींचता है।

गति के द्वितीय नियम के गणितीय सूत्र [समीकरण (8.4)] के उपयोग से गति के प्रथम नियम को गणितीय रूप से प्राप्त किया जा सकता है। समीकरण (8.4) से,

$$F = ma$$

या $$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

$$(8.5)$$

या $$Ft = mv - mu$$

अर्थात् जब $F = 0$, तो किसी भी समय t पर, $v = u$ इसका अर्थ यह है कि वस्तु समान वेग u से चलती रहेगी। यदि u शून्य है तो v भी शून्य होगा अर्थात् वस्तु विरामावस्था में ही रहेगी।

उदाहरण 8.1 एक 5 kg द्रव्यमान वाली वस्तु पर 2 s के लिए एक नियत बल कार्यरत होता है। यह वस्तु के वेग को 3 m/s से बढ़ा कर 7 m/s कर देता है। लगाए गए बल की मात्रा ज्ञात करें। यदि इस बल को 5 s के लिए आरोपित किया जाए, तो वस्तु का अंतिम वेग क्या होगा?

हलः

हमें ज्ञात है: $u = 3 \text{ m s}^{-1}$ और $v = 7 \text{ m s}^{-1}$, $t = 2$ s और $m = 5$ kg

समीकरण (8.5) से $F = \frac{m(v-u)}{t}$

मान रखने पर

$F = 5 \text{ kg} (7 \text{ m s}^{-1} - 3 \text{ m s}^{-1})/2 \text{ s} = 10 \text{ N}$

अब अगर 5 s (t = 5 s) तक बल लगाया जाता है तो समीकरण (8.5) को पुनः लिखकर अंतिम वेग प्राप्त किया जा सकता है

$$v = u + \frac{Ft}{m}$$

u, F, m और t का मान रखने पर अंतिम वेग $v = 13 \text{ m s}^{-1}$

उदाहरण 8.2 किसमें अधिक बल की आवश्यकता होगी: 2 kg द्रव्यमान वाली किसी वस्तु को 5 m s^{-2} की दर से त्वरित करने में या 4 kg द्रव्यमान वाली वस्तु को 2 m s^{-2} की दर से त्वरित करने में?

Reprint 2025-26

हल:

समीकरण (8.4) से, $F = ma$

यहाँ $m_1 = 2$ kg; $a_1 = 5$ m s^{-2} तथा

$m_2 = 4$ kg; $a_2 = 2$ m s^{-2}.

इस प्रकार,

$F_1 = m_1a_1 = 2$ kg × 5 m s^{-2} = 10 N; तथा

$F_2 = m_2a_2 = 4$ kg × 2 m s^{-2} = 8 N

$\Rightarrow F_1 > F_2$

अत: 2 kg द्रव्यमान की वस्तु को 5 m s^{-2} की दर से त्वरित करने में अधिक बल की आवश्यकता होगी।

उदाहरण 8.3 एक कार 108 km/h की गति से चल रही है और ब्रेक लगाने के बाद यह रुकने में 4 s का समय लेती है। कार पर ब्रेक लगाए जाने के बाद लगने वाले बल की गणना करें। कार का यात्रियों सहित कुल द्रव्यमान 1000 kg है।

हल:

कार का प्रारंभिक वेग

u = 108 km/h

= 108 × 1000 m/(60 × 60 s)

= 30 m s^{-1}

तथा कार का अंतिम वेग, v = 0 m s^{-1}

कार का कुल द्रव्यमान = 1000 kg तथा कार को रोकने में लगा समय t = 4 s तथा समीकरण (8.5) से ब्रेक लगाने वाले बल F का परिमाण $m(v - u)/t$ है।

मान रखने पर,

F = 1000 kg × (0 – 30) m s^{-1}/4 s

= –7500 kg m s^{-2} या –7500 N

ऋणात्मक चिह्न दर्शाता है कि ब्रेक के द्वारा लगाया गया बल गाड़ी की गति के विपरीत दिशा में आरोपित है।

उदाहरण 8.4 5 N का एक बल किसी द्रव्यमान m_1 को 10 m s^{-2} का त्वरण देता है तथा द्रव्यमान m_2 को 20 m s^{-2} का त्वरण देता है। अगर दोनों द्रव्यमानों को एक साथ मिला दिया जाए, तो इस बल के द्वारा क्या त्वरण उत्पन्न होगा?

हल:

समीकरण (8.4) से $m_1 = F/a_1$; तथा

$m_2 = F/a_2$

यहाँ a_1 = 10 m s^{-2};

a_2 = 20 m s^{-2} तथा F = 5 N

इस प्रकार, m_1 = 5 N/10 m s^{-2} = 0.50 kg; तथा

m_2 = 5 N/20 m s^{-2} = 0.25 kg

जब दोनों द्रव्यमानों को एक साथ मिलाया जाता है,

पूरा द्रव्यमान m = 0.50 kg + 0.25 kg

= 0.75 kg

अब पूरे द्रव्यमान m पर 5 N बल द्वारा उत्पन्न किया गया त्वरण,

$a = F/m$ = 5 N/0.75 kg = 6.67 m s^{-2}

उदाहरण 8.5 एक लंबी मेज़ पर सीधी रेखा में जा रही 20 g द्रव्यमान की गेंद का वेग–समय ग्राफ़ चित्र 8.9 में दिया गया है। गेंद को विरामावस्था में लाने के लिए मेज़ द्वारा कितना बल लगेगा?

चित्र 8.9

Reprint 2025-26

हल:

गेंद का प्रारंभिक वेग 20 cm s^{-1} है। मेज़ के द्वारा गेंद पर घर्षण बल लगने के कारण गेंद का वेग 10 s में शून्य हो जाता है। चूँकि वेग-समय ग्राफ़ एक सीधी रेखा है इससे स्पष्ट है कि गेंद एक नियत त्वरित बल के साथ चलती है।

त्वरण, $a = \frac{v - u}{t}$

$= (0 \text{ cm s}^{-1} - 20 \text{ cm s}^{-1})/10 \text{ s}$

$= -2 \text{ cm s}^{-2} = -0.02 \text{ m s}^{-2}$

गेंद पर लगा घर्षण बल,

$F = ma = (20/1000) \text{ kg} \times (-0.02 \text{ m s}^{-2})$

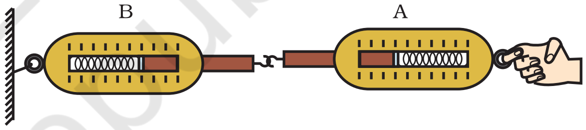
$= -0.0004 \text{ N}$

ऋणात्मक चिह्न दर्शाता है कि गेंद की गति की दिशा के विपरीत मेज़ द्वारा घर्षण बल आरोपित किया जाता है।

8.5 गति का तृतीय नियम

पहले दोनों गति के नियमों से हमें ज्ञात होता है कि कोई प्रयुक्त बल वस्तु की गति की अवस्था में परिवर्तन लाता है तथा इनसे हमें बल को मापने की विधि भी प्राप्त होती है। गति के तीसरे नियम के अनुसार, जब एक वस्तु दूसरी वस्तु पर बल लगाती है तब दूसरी वस्तु द्वारा भी पहली वस्तु पर तात्क्षणिक बल लगाया जाता है। ये दोनों बल परिमाण में सदैव समान लेकिन दिशा में विपरीत होते हैं। इसका तात्पर्य यह है कि बल सदैव युगल रूप में होते हैं। ये बल कभी एक वस्तु पर कार्य नहीं करते बल्कि दो अलग-अलग वस्तुओं पर कार्य करते हैं। फुटबॉल के खेल में प्राय: हम गेंद को तेज़ गति से किक मारने के क्रम में विपक्षी टीम के खिलाड़ी से टकरा जाते हैं। इस क्रम में दोनों खिलाड़ी एक-दूसरे पर बल लगाते हैं, अतएव दोनों ही खिलाड़ी चोटिल होते हैं। दूसरे शब्दों में, किसी एकल बल का अस्तित्व नहीं होता बल्कि ये सदैव युगल रूप में होते हैं। इन दोनों विरोधी बलों को क्रिया तथा प्रतिक्रिया बल कहा जाता है।

माना कि दो स्प्रिंग तुलाएँ एक-दूसरे से जुड़ी हैं, जैसा कि चित्र 8.10 में दर्शाया गया है। तुला B का स्थिर सिरा दीवार से जुड़ा है। जब तुला A के मुक्त सिरे पर बल लगाया जाता है तब हम पाते हैं कि दोनों तुलाएँ एक ही मान दर्शाती हैं। अर्थात् तुला A द्वारा तुला B पर प्रयुक्त बल तुला B के द्वारा तुला A पर लगाए गए बल के परिमाण में समान है परंतु इन दोनों बलों की दिशाएँ परस्पर विपरीत हैं। इन दोनों बलों में से कोई एक बल क्रिया और दूसरा बल प्रतिक्रिया कहलाता है। अत: गति के तृतीय नियम को इस प्रकार भी व्यक्त किया जाता है**:** किसी भी क्रिया के लिए ठीक उसके समान किंतु विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया होती है। यद्यपि यह अवश्य याद रखना चाहिए कि क्रिया और प्रतिक्रिया बल सदैव दो अलग-अलग वस्तुओं पर एक साथ कार्य करते हैं।



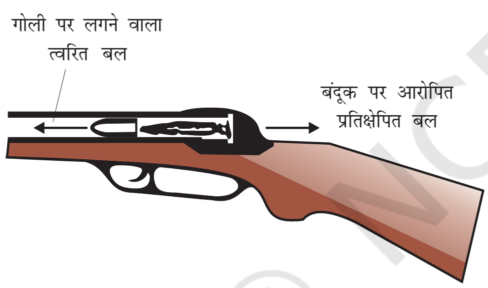
चित्र 8.10: *क्रिया तथा प्रतिक्रिया बल समान तथा विपरीत होते हैं।*

माना कि आप विश्राम की अवस्था में हैं और सड़क पर चलना प्रारंभ करते हैं। द्वितीय नियम के अनुसार इसके लिए एक बल की आवश्यकता होती है, जो आपके शरीर में त्वरण उत्पन्न करता है। यह कौन-सा बल है? क्या यह पेशीय बल है जो आप सड़क पर लगाते हैं? क्या यह बल हम उसी दिशा में लगाते हैं जिस दिशा में हम आगे बढ़ते हैं? नहीं, हम नीचे पृथ्वी की सतह को अपने पैरों से पीछे धकेलते हैं। सड़क भी आपके पैर पर उतना ही बल विपरीत दिशा में लगाती है जिसके प्रभाव से आप आगे बढ़ते हैं।

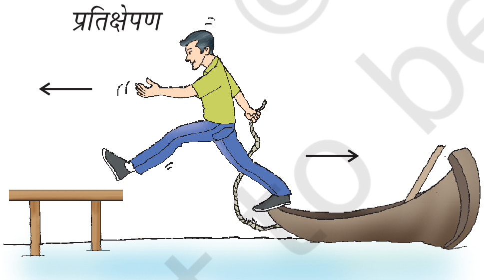
Reprint 2025-26

यह जानना आवश्यक है कि यद्यपि क्रिया और प्रतिक्रिया बल मान में हमेशा समान होते हैं फिर भी ये बल एकसमान परिमाण के त्वरण उत्पन्न नहीं कर सकते। ऐसा इसलिए है क्योंकि प्रत्येक बल अलग-अलग द्रव्यमान की वस्तुओं पर कार्य करते हैं।

बंदूक से गोली छोड़ने की अवस्था में, बंदूक द्वारा गोली पर आगे की ओर एक बल निरूपित होता है। गोली भी बंदूक पर एकसमान परंतु विपरीत दिशा में बल लगाती है। इससे बंदूक पीछे की ओर प्रतिक्षेपित होती है (चित्र 8.11)। चूँकि बंदूक का द्रव्यमान गोली के द्रव्यमान से बहुत अधिक होता है, इसलिए बंदूक का त्वरण गोली के त्वरण से काफ़ी कम होता है। एक नाविक द्वारा नाव से आगे की ओर कूदने की स्थिति में भी, गति के तीसरे नियम को प्रदर्शित किया जा सकता है। नाविक आगे की ओर कूदता है तो नाव पर लगने वाला प्रतिक्रिया बल नाव को पीछे की ओर धकेलता है (चित्र 8.12)।



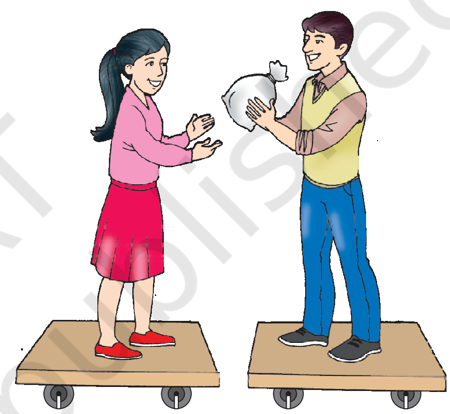
चित्र 8.11: *गोली पर लगने वाला त्वरित बल तथा बंदूक का प्रतिक्षेपण*



चित्र 8.12: *नाविक के आगे की ओर कूदने की स्थिति में नाव पीछे की ओर गति करती है।*

क्रियाकलाप 8.4

- दो बच्चों को पहिए वाली गाड़ी पर खड़ा होने को कहें जैसा कि चित्र 8.13 में दर्शाया गया है।
- उन्हें बालू से भरा थैला या कोई भारी वस्तु दे दें।
  अब उन्हें थैले को लपकते हुए खेलने को कहें।
- क्या बालू के थैले को फेंकने के कारण उसमें से प्रत्येक तात्क्षणिक बल का अनुभव करते हैं?
- आप गाड़ी के पहिए पर कोई सफ़ेद रेखा खींच दें, ताकि जब वे दोनों बच्चे थैले को फेंके तो गाड़ी की गति का अवलोकन किया जा सके।



चित्र 8.13

- अब दो बच्चों को किसी एक गाड़ी पर खड़ा कर दें तथा एक अन्य बच्चे को दूसरी गाड़ी पर। आप यहाँ गति के द्वितीय नियम को देख सकते हैं, क्योंकि इस अवस्था में यह बल अलग-अलग त्वरण उत्पन्न करेगा।

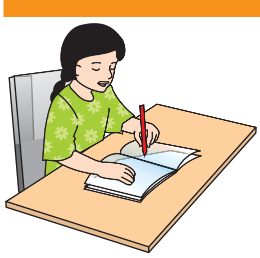
इस क्रिया में दिखाई गई गाड़ी 50 cm × 100 cm आकार के 12 mm या 18 mm मोटे प्लाइबोर्ड में दो जोड़े पहिए लगाकर बनाई जा सकती है। स्केटबोर्ड प्रभावी नहीं होगा क्योंकि इसका सीधी रेखा में गति करना कठिन है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

आपने क्या सीखा

- गति का प्रथम नियम: वस्तु अपनी विरामावस्था अथवा सरल रेखा पर एक समान गति की अवस्था में तब तक बनी रहती है, जब तक उस पर कोई असंतुलित बल कार्य न करे।
- वस्तुओं द्वारा अपनी गति की अवस्था में परिवर्तन का प्रतिरोध करने की प्रवृत्ति को जड़त्व कहते हैं।
- किसी वस्तु का द्रव्यमान उसके जड़त्व की माप है। इसका SI मात्रक किलोग्राम (kg) है।
- घर्षण बल सदैव वस्तु की गति का प्रतिरोध करता है।
- गति का द्वितीय नियम: किसी वस्तु के संवेग परिवर्तन की दर वस्तु पर आरोपित असंतुलित बल के समानुपाती एवं बल की दिशा में होती है।
- बल का SI मात्रक $kg\ m\ s^{-2}$ है। इसे न्यूटन के नाम से भी जाना जाता है तथा प्रतीक N द्वारा व्यक्त किया जाता है। 1 न्यूटन का बल किसी 1 kg द्रव्यमान की वस्तु में 1 $m\ s^{-2}$ का त्वरण उत्पन्न करता है।
- वस्तु का संवेग, उसके द्रव्यमान एवं वेग का गुणनफल होता है तथा इसकी दिशा वही होती है, जो वस्तु के वेग की होती है। इसका SI मात्रक $kg\ m\ s^{-1}$ होता है।
- गति का तृतीय नियम: प्रत्येक क्रिया के समान एवं विपरीत प्रतिक्रिया होती है। ये दो विभिन्न वस्तुओं पर कार्य करती हैं।



अभ्यास

1. कोई वस्तु शून्य बाह्य असंतुलित बल अनुभव करती है। क्या किसी भी वस्तु के लिए अशून्य वेग से गति करना संभव है? यदि हाँ, तो वस्तु के वेग के परिमाण एवं दिशा पर लगने वाली शर्तों का उल्लेख करें। यदि नहीं, तो कारण स्पष्ट करें।
2. जब किसी छड़ी से एक दरी (कार्पेट) को पीटा जाता है, तो धूल के कण बाहर आ जाते हैं। स्पष्ट करें।
3. बस की छत पर रखे सामान को रस्सी से क्यों बाँधा जाता है?
4. किसी बल्लेबाज द्वारा क्रिकेट की गेंद को मारने पर गेंद ज़मीन पर लुढ़कती है। कुछ दूरी चलने के पश्चात् गेंद रुक जाती है। गेंद रुकने के लिए धीमी होती है, क्योंकि

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

(a) बल्लेबाज ने गेंद को पर्याप्त प्रयास से हिट नहीं किया है।
(b) वेग गेंद पर लगाए गए बल के समानुपाती है।
(c) गेंद पर गति की दिशा के विपरीत एक बल कार्य कर रहा है।
(d) गेंद पर कोई असंतुलित बल कार्यरत नहीं है, अतः गेंद विरामावस्था में आने के लिए प्रयासरत है।

(सही विकल्प का चयन करें)

5. एक ट्रक विरामावस्था से किसी पहाड़ी से नीचे की ओर नियत त्वरण से लुढ़कना शुरू करता है। यह 20 s में 400 m की दूरी तय करता है। इसका त्वरण ज्ञात करें। अगर इसका द्रव्यमान 7 टन है तो इस पर लगने वाले बल की गणना करें। (1 टन = 1000 kg)।
6. 1 kg द्रव्यमान के एक पत्थर को 20 m s^{-1} के वेग से झील की जमी हुई सतह पर फेंका जाता है। पत्थर 50 m की दूरी तय करने के बाद रुक जाता है। पत्थर और बर्फ़ के बीच लगने वाले घर्षण बल की गणना करें।
7. एक 8000 kg द्रव्यमान का रेल इंजन प्रति 2000 kg द्रव्यमान वाले पाँच डिब्बों को सीधी पटरी पर खींचता है। यदि इंजन 40000 N का बल आरोपित करता है तथा यदि पटरी 5000 N का घर्षण बल लगाती है, तो ज्ञात करें:
   (a) नेट त्वरण बल तथा
   (b) रेल का त्वरण
8. एक गाड़ी का द्रव्यमान 1500 kg है। यदि गाड़ी को 1.7 m s^{-2} के ऋणात्मक त्वरण (अवमंदन) के साथ विरामावस्था में लाना है, तो गाड़ी तथा सड़क के बीच लगने वाला बल कितना होगा?
9. किसी m द्रव्यमान की वस्तु जिसका वेग v है का संवेग क्या होगा?
   (a) $(mv)^2$ (b) mv^2 (c) $(½)\, mv^2$ (d) mv
   (उपरोक्त में से सही विकल्प चुनें।)
10. हम एक लकड़ी के बक्से को 200 N बल लगाकर उसे नियत वेग से फ़र्श पर धकेलते हैं। बक्से पर लगने वाला घर्षण बल क्या होगा?
11. गति के तृतीय नियम के अनुसार जब हम किसी वस्तु को धक्का देते हैं, तो वस्तु उतने ही बल के साथ हमें भी विपरीत दिशा में धक्का देती है। यदि वह वस्तु एक ट्रक है जो सड़क के किनारे खड़ा है; संभवतः हमारे द्वारा बल आरोपित करने पर भी गतिशील नहीं हो पाएगा। एक विद्यार्थी इसे सही साबित करते हुए कहता है कि दोनों बल विपरीत एवं बराबर हैं जो एक-दूसरे को

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

निरस्त कर देते हैं। इस तर्क पर अपने विचार दें और बताएँ कि ट्रक गतिशील क्यों नहीं हो पाता?

12. 200 g द्रव्यमान की एक हॉकी की गेंद 10 $m\,s^{-1}$ से गति कर रही है। यह एक हॉकी स्टिक से इस प्रकार टकराती है कि यह 5 $m\,s^{-1}$ के वेग से अपने प्रारंभिक मार्ग पर वापस लौटती है। हॉकी स्टिक द्वारा आरोपित बल द्वारा हॉकी की गेंद में आये संवेग परिवर्तन के परिमाप का परिकलन कीजिए।

13. 10 g द्रव्यमान की एक गोली सीधी रेखा में 150 $m\,s^{-1}$ के वेग से चलकर एक लकड़ी के गुटके से टकराती है और 0.03 s के बाद रुक जाती है। गोली लकड़ी को कितनी दूरी तक भेदेगी? लकड़ी के गुटके द्वारा गोली पर लगाए गए बल के परिमाण की गणना करें।

14. एक वस्तु जिसका द्रव्यमान 1 kg है, 10 $m\,s^{-1}$ के वेग से एक सीधी रेखा में चलते हुए विरामावस्था में रखे 5 kg द्रव्यमान के एक लकड़ी के गुटके से टकराती है। उसके बाद दोनों साथ–साथ उसी सीधी रेखा में गति करते हैं। संघट्ट के पहले तथा बाद के कुल संवेगों की गणना करें। आपस में जुड़े हुए संयोजन के वेग की भी गणना करें।

15. 100 kg द्रव्यमान की एक वस्तु का वेग समान त्वरण से चलते हुए 6 s में 5 $m\,s^{-1}$ से 8 $m\,s^{-1}$ हो जाता है। वस्तु के पहले और बाद के संवेगों की गणना करें। उस बल के परिमाण की गणना करें जो उस वस्तु पर आरोपित है।

16. अख़्तर, किरण और राहुल किसी राजमार्ग पर बहुत तीव्र गति से चलती हुई कार में सवार हैं, अचानक उड़ता हुआ कोई कीड़ा, गाड़ी के सामने के शीशे से आ टकराया और वह शीशे से चिपक गया। अख़्तर और किरण इस स्थिति पर विवाद करते हैं। किरण का मानना है कि कीड़े के संवेग परिवर्तन का परिमाण कार के संवेग परिवर्तन के परिमाण की अपेक्षा बहुत अधिक है। (क्योंकि कीड़े के वेग में परिवर्तन का मान कार के वेग में परिवर्तन के मान से बहुत अधिक है।) अख़्तर ने कहा कि चूँकि कार का वेग बहुत अधिक था अतः कार ने कीड़े पर बहुत अधिक बल लगाया जिसके कारण कीड़े की मौत हो गई। राहुल ने एक नया तर्क देते हुए कहा कि कार तथा कीड़ा दोनों पर समान बल लगा और दोनों के संवेग में बराबर परिवर्तन हुआ। इन विचारों पर अपनी प्रतिक्रिया दें।

17. एक 10 kg द्रव्यमान की घंटी 80 cm की ऊँचाई से फ़र्श पर गिरी। इस अवस्था में घंटी द्वारा फ़र्श पर स्थानांतरित संवेग के मान की गणना करें। परिकलन में सरलता हेतु नीचे की ओर दिष्ट त्वरण का मान 10 $m\,s^{-2}$ लें।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

अतिरिक्त अभ्यास

A1. एक वस्तु की गति की अवस्था में दूरी समय सारणी निम्नवत् है:

समय (सेकंड)	दूरी (मीटर)
0	0
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125
6	216
7	343

(a) त्वरण के बारे में आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं? क्या यह नियत है? बढ़ रहा है? घट रहा है? या शून्य है?

(b) आप वस्तु पर लगने वाले बल के बारे में क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं?

A2. 1200 kg द्रव्यमान की कार को एक समतल सड़क पर दो व्यक्ति समान वेग से धक्का देते हैं। उसी कार को तीन व्यक्तियों द्वारा धक्का देकर 0.2 m s^{-2} का त्वरण उत्पन्न किया जाता है। कितने बल के साथ प्रत्येक व्यक्ति कार को धकेल पाते हैं। (मान लें कि सभी व्यक्ति समान पेशीय बल के साथ कार को धक्का देते हैं।)

A3. 500 g द्रव्यमान के एक हथौड़े द्वारा 50 m s^{-1} वेग से एक कील पर प्रहार किया जाता है। कील द्वारा हथौड़े को बहुत कम समय 0.01 s में ही रोक दिया जाता है। कील के द्वारा हथौड़े पर लगाए गए बल का परिकलन करें।

A4. एक 1200 kg द्रव्यमान की मोटरकार 90 km/h की वेग से एक सरल रेखा के अनुदिश चल रही है। उसका वेग बाहरी असंतुलित बल लगने के कारण 4 s में घटकर 18 km/h हो जाता है। त्वरण और संवेग में परिवर्तन का परिकलन करें। लगने वाले बल के परिमाण का भी परिकलन करें।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

अध्याय 9

गुरुत्वाकर्षण
(Gravitation)

अध्याय 7 तथा 8 में हमने वस्तुओं की गति के बारे में तथा बल को गति के कारक के रूप में अध्ययन किया है। हमने सीखा है कि किसी वस्तु की चाल या गति की दिशा बदलने के लिए बल की आवश्यकता होती है। हम सदैव देखते हैं कि जब किसी वस्तु को ऊँचाई से गिराया जाता है तो वह पृथ्वी की ओर ही गिरती है। हम जानते हैं कि सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते हैं। चंद्रमा पृथ्वी की परिक्रमा करता है। इन सभी अवस्थाओं में, वस्तुओं पर, ग्रहों पर तथा चंद्रमा पर लगने वाला कोई बल अवश्य होना चाहिए। आइजक न्यूटन इस तथ्य को समझ गए थे कि इन सभी के लिए एक ही बल उत्तरदायी है। इस बल को गुरुत्वाकर्षण बल कहते हैं।

इस अध्याय में हम गुरुत्वाकर्षण तथा गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के बारे में अध्ययन करेंगे। हम पृथ्वी पर गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव के अंतर्गत वस्तुओं की गति पर विचार करेंगे। हम अध्ययन करेंगे कि किसी वस्तु का भार एक स्थान से दूसरे स्थान पर किस प्रकार परिवर्तित होता है। द्रवों में वस्तुओं के प्लवन की शर्तों के बारे में भी हम विचार-विमर्श करेंगे।

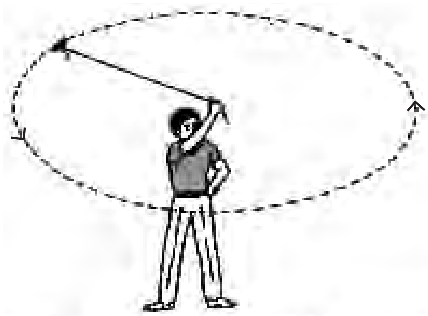
9.1 गुरुत्वाकर्षण

हम जानते हैं कि चंद्रमा पृथ्वी का चक्कर लगाता है। किसी वस्तु को जब ऊपर की ओर फेंकते हैं, तो वह कुछ ऊँचाई तक ऊपर पहुँचती है और फिर नीचे की ओर गिरने लगती है। कहते हैं कि जब न्यूटन एक पेड़ के नीचे बैठे थे तो एक सेब उन पर गिरा। सेब के गिरने की क्रिया ने न्यूटन को सोचने के लिए प्रेरित किया। उन्होंने सोचा कि यदि पृथ्वी सेब को अपनी ओर आकर्षित कर सकती है तो क्या यह चंद्रमा को आकर्षित नहीं कर सकती? क्या दोनों स्थितियों में वही बल लग रहा है? उन्होंने अनुमान लगाया कि दोनों अवस्थाओं में एक ही प्रकार का बल उत्तरदायी है। उन्होंने तर्क दिया कि अपनी कक्षा के प्रत्येक बिंदु पर चंद्रमा किसी सरल रेखीय पथ पर गति नहीं करता वरन् पृथ्वी की ओर गिरता रहता है। अतः वह अवश्य ही पृथ्वी द्वारा आकर्षित होता है। लेकिन हम वास्तव में चंद्रमा को पृथ्वी की ओर गिरते हुए नहीं देखते।

आइए चंद्रमा की गति को समझने के लिए क्रियाकलाप 7.11 पर पुनः विचार करें।

क्रियाकलाप 9.1

- धागे का एक टुकड़ा लीजिए। इसके एक सिरे पर एक छोटा पत्थर बाँधिए।
- धागे के दूसरे सिरे को पकड़िए और पत्थर को वृत्ताकार पथ में घुमाइए जैसा कि चित्र 9.1 में दिखाया गया है।



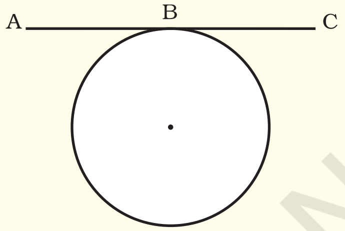
चित्र 9.1: *पत्थर द्वारा नियत परिमाण के वेग से वृत्ताकार पथ में गति*

- पत्थर की गति की दिशा को देखिए।
- अब धागे को छोड़िए।
- फिर से पत्थर की गति की दिशा को देखिए।

धागे को छोड़ने से पहले पत्थर एक निश्चित चाल से वृत्ताकार पथ में गति करता है तथा प्रत्येक बिंदु पर उसकी गति की दिशा बदलती है। दिशा के परिवर्तन में वेग-परिवर्तन या त्वरण सम्मिलित है। जिस बल के कारण यह त्वरण होता है तथा जो वस्तु को वृत्ताकार पथ में गतिशील रखता है, वह बल केंद्र की ओर लगता है। इस बल को अभिकेंद्र बल कहते हैं। इस बल की अनुपस्थिति में पत्थर एक सरल रेखा में मुक्त रूप से गतिशील हो जाता है। यह सरल रेखा वृत्तीय पथ पर स्पर्श रेखा होगी।

इसे भी जानें

वृत्त पर स्पर्श रेखा



कोई सरल रेखा जो वृत्त से केवल एक ही बिंदु पर मिलती है, वृत्त पर स्पर्श रेखा कहलाती है। इस चित्र में सरल रेखा ABC वृत्त के बिंदु B पर स्पर्श रेखा है।

पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा की गति अभिकेंद्र बल के कारण है। अभिकेंद्र बल पृथ्वी के आकर्षण बल के कारण मिल पाता है। यदि ऐसा कोई बल न हो तो चंद्रमा एकसमान गति से सरल रेखीय पथ पर चलता रहेगा।

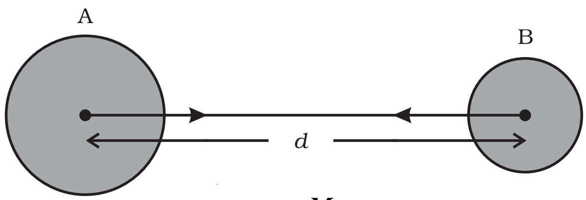
यह देखा गया है कि गिरता हुआ सेब पृथ्वी की ओर आकर्षित होता है। क्या सेब भी पृथ्वी को आकर्षित करता है? यदि ऐसा है, तो हम पृथ्वी को सेब की ओर गति करते क्यों नहीं देख पाते?

गति के तीसरे नियम के अनुसार सेब भी पृथ्वी को आकर्षित करता है। लेकिन गति के दूसरे नियम के अनुसार, किसी दिए हुए बल के लिए त्वरण वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है [समीकरण (8.4)]। पृथ्वी की अपेक्षा सेब का द्रव्यमान नगण्य है। इसीलिए हम पृथ्वी को सेब की ओर गति करते नहीं देखते। इसी तर्क का विस्तार यह जानने के लिए कीजिए कि पृथ्वी चंद्रमा की ओर गति क्यों नहीं करती।

हमारे सौर परिवार में, सभी ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं। पहले की भाँति तर्क करके हम कह सकते हैं कि सूर्य तथा ग्रहों के बीच एक बल विद्यमान है। उपरोक्त तथ्यों के आधार पर न्यूटन ने निष्कर्ष निकाला कि केवल पृथ्वी ही सेब और चंद्रमा को आकर्षित नहीं करती, बल्कि विश्व के सभी पिंड एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं। वस्तुओं के बीच यह आकर्षण बल गुरुत्वाकर्षण बल कहलाता है।

9.1.1 गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम

विश्व का प्रत्येक पिंड प्रत्येक अन्य पिंड को एक बल से आकर्षित करता है, जो दोनों पिंडों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह बल दोनों पिंडों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में लगता है।



$$F = G\frac{Mm}{d^2}$$

चित्र 9.2: *किन्हीं दो एकसमान पिंडों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल उनके केंद्रों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में निदेशित होता है*

Reprint 2025-26

मान लीजिए M तथा m द्रव्यमान के दो पिंड A तथा B एक-दूसरे से d दूरी पर स्थित हैं (चित्र 9.2)। मान लीजिए दोनों पिंडों के बीच आकर्षण बल F है। गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के अनुसार, दोनों पिंडों के बीच लगने वाला बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती है। अर्थात्,

$$F \propto M \times m \qquad (9.1)$$

तथा दोनों पिंडों के बीच लगने वाला बल उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती है, अर्थात्,

$$F \propto \frac{1}{d^2} \qquad (9.2)$$

समीकरणों (9.1) तथा (9.2) से हमें प्राप्त होगा

$$F \propto \frac{M \times m}{d^2} \qquad (9.3)$$

या, $$F = G\frac{M \times m}{d^2} \qquad (9.4)$$

जहाँ G एक आनुपातिकता स्थिरांक है और इसे सार्वत्रिक गुरुत्वीय स्थिरांक कहते हैं।

वज्र-गुणन करने पर, समीकरण (9.4) से प्राप्त होगा

$$F \times d^2 = G\,M \times m$$

या $$G = \frac{F d^2}{M \times m} \qquad (9.5)$$

समीकरण (9.5) में बल, दूरी तथा द्रव्यमान के मात्रक प्रतिस्थापित करने पर हमें G के SI मात्रक प्राप्त होंगे जो $N\,m^2\,kg^{-2}$ है।

हैनरी कैवेंडिस (1731-1810) ने एक सुग्राही तुला का उपयोग करके G का मान ज्ञात किया। G का वर्तमान मान्य मान $6.673 \times 10^{-11}\ N\,m^2\,kg^{-2}$ है।

हम जानते हैं कि किन्हीं भी दो वस्तुओं के बीच आकर्षण बल विद्यमान होता है। आप अपने तथा समीप बैठे अपने मित्र के बीच लगने वाले इस बल के मान का अभिकलन कीजिए। निष्कर्ष निकालिए कि आप इस बल का अनुभव क्यों नहीं करते।

इसे भी जानें

यह नियम सार्वत्रिक इस अभिप्राय से है कि यह सभी वस्तुओं पर लागू होता है, चाहे ये वस्तुएँ बड़ी हों या छोटी, चाहे ये खगोलीय हों या पार्थिव।

व्युत्क्रम-वर्ग

F, d के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती है इस कथन का अर्थ है कि यदि d को 6 गुणा कर दिया जाए, तो F का मान 36 वाँ भाग रह जाएगा।

उदाहरण 9.1 पृथ्वी का द्रव्यमान 6×10^{24} kg है तथा चंद्रमा का द्रव्यमान 7.4×10^{22} kg है। यदि पृथ्वी तथा चंद्रमा के बीच की दूरी 3.84×10^5 km है तो पृथ्वी द्वारा चंद्रमा पर लगाए गए बल का परिकलन कीजिए। ($G = 6.7 \times 10^{-11}\ N\,m^2\,kg^{-2}$)

हल:

पृथ्वी का द्रव्यमान, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

चंद्रमा का द्रव्यमान, $m = 7.4 \times 10^{22}$ kg

पृथ्वी तथा चंद्रमा के बीच की दूरी,

$$d = 3.84 \times 10^5\ km$$
$$= 3.84 \times 10^5 \times 1000\ m$$
$$= 3.84 \times 10^8\ m$$
$$G = 6.7 \times 10^{-11}\ N\,m^2\,kg^{-2}$$

समीकरण (9.4) से, पृथ्वी द्वारा चंद्रमा पर लगाया गया बल,

$$F = G\frac{M \times m}{d^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11}\ N\,m^2\,kg^{-2} \times 6 \times 10^{24}\ kg \times 7.4 \times 10^{22}\ kg}{(3.84 \times 10^8\ m)^2}$$

$= 2.02 \times 10^{20}$ N.

अतः पृथ्वी द्वारा चंद्रमा पर लगाया गया बल 2.02×10^{20} N है।

Reprint 2025-26
© NCERT not to be republished

प्रश्न

1. *गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम बताइए।*
2. *पृथ्वी तथा उसकी सतह पर रखी किसी वस्तु के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल का परिमाण ज्ञात करने का सूत्र लिखिए।*

9.1.2 गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम का महत्व

गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम अनेक ऐसी परिघटनाओं की सफलतापूर्वक व्याख्या करता है जो असंबद्ध मानी जाती थीं:

(i) हमें पृथ्वी से बाँधे रखने वाला बल;
(ii) पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा की गति;
(iii) सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति; तथा
(iv) चंद्रमा तथा सूर्य के कारण ज्वार-भाटा।

9.2 मुक्त पतन

मुक्त पतन का अर्थ जानने के लिए आइए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.2

- एक पत्थर लीजिए।
- इसे ऊपर की ओर फेंकिए।
- यह एक निश्चित ऊँचाई तक पहुँचता है और तब नीचे गिरने लगता है।

हम जानते हैं कि पृथ्वी वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करती है। पृथ्वी के इस आकर्षण बल को गुरुत्वीय बल कहते हैं। अतः जब वस्तुएँ पृथ्वी की ओर केवल इसी बल के कारण गिरती हैं, हम कहते हैं कि वस्तुएँ मुक्त पतन में हैं। क्या गिरती हुई वस्तुओं के वेग में कोई परिवर्तन होता है? गिरते समय वस्तुओं की गति की दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता। लेकिन पृथ्वी के आकर्षण के कारण वेग के परिमाण में परिवर्तन होता है। वेग में कोई भी परिवर्तन त्वरण को उत्पन्न करता है। जब भी कोई वस्तु पृथ्वी की ओर गिरती है, त्वरण कार्य करता है। यह त्वरण पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण है। इसलिए इस त्वरण को पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण या गुरुत्वीय त्वरण कहते हैं। इसे 'g' से निर्दिष्ट करते हैं। g के मात्रक वही हैं जो त्वरण के हैं, अर्थात् $m\ s^{-2}$।

गति के दूसरे नियम से हमें ज्ञात है कि बल द्रव्यमान तथा त्वरण का गुणनफल है। मान लीजिए क्रियाकलाप 9.2 में पत्थर का द्रव्यमान m है। हम पहले से ही जानते हैं कि मुक्त रूप से गिरती वस्तुओं में गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण लगता है और इसे g से निर्दिष्ट करते हैं। इसलिए गुरुत्वीय बल का परिमाण F, द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय त्वरण के गुणनफल के बराबर होगा, अर्थात्

$$F = m\,g \tag{9.6}$$

समीकरण (9.4) तथा (9.6) से हमें प्राप्त होता है

$$m\,g = G\,\frac{M \times m}{d^2}$$

या

$$g = G\,\frac{M}{d^2} \tag{9.7}$$

जहाँ पर M पृथ्वी का द्रव्यमान है तथा d वस्तु तथा पृथ्वी के बीच की दूरी है।

मान लीजिए एक वस्तु पृथ्वी पर या इसकी सतह के पास है। समीकरण (9.7) में दूरी d, पृथ्वी की त्रिज्या R के बराबर होगी। इस प्रकार पृथ्वी की सतह पर या इसके समीप रखी वस्तुओं के लिए

$$mg = G\,\frac{M \times m}{R^2} \tag{9.8}$$

$$g = G\,\frac{M}{R^2} \tag{9.9}$$

पृथ्वी एक पूर्ण गोला नहीं है। पृथ्वी की त्रिज्या ध्रुवों से विषुवत वृत्त की ओर जाने पर बढ़ती है, इसलिए g का मान ध्रुवों पर विषुवत वृत्त की अपेक्षा अधिक होता है। अधिकांश गणनाओं के लिए पृथ्वी की सतह पर या इसके पास g के मान को लगभग

Reprint 2025-26
© NCERT not to be republished

स्थिर मान सकते हैं लेकिन पृथ्वी से दूर की वस्तुओं के लिए पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण समीकरण (9. 7) से ज्ञात किया जा सकता है।

9.2.1 गुरुत्वीय त्वरण g के मान का परिकलन

गुरुत्वीय त्वरण g के मान का परिकलन करने के लिए हमें समीकरण (9.9) में G, M तथा R के मान रखने होंगे। जैसे,

सार्वत्रिक गुरुत्वीय नियतांक, $G = 6.7 \times 10^{-11}$ N m² kg⁻²,

पृथ्वी का द्रव्यमान, $M = 6 \times 10^{24}$ kg, तथा

पृथ्वी की त्रिज्या, $R = 6.4 \times 10^{6}$ m

$$g = G\frac{M}{R^2}$$

$$= \frac{6.7\times10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}} \times 6\times10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6.4\times10^{6}\ \mathrm{m})^2}$$

$$= 9.8\ \mathrm{m\,s^{-2}}$$

अतः पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण का मान

$$g = 9.8\ \mathrm{m\,s^{-2}}$$

9.2.2 पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के प्रभाव में वस्तुओं की गति

यह समझने के लिए कि क्या सभी वस्तुएँ खोखली या ठोस, बड़ी या छोटी, किसी ऊँचाई से समान दर से गिरेंगी, आइए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.3

- कागज़ की एक शीट तथा एक पत्थर लीजिए।
- दोनों को किसी इमारत की पहली मंजिल से एक साथ गिराइए। देखिए, क्या दोनों धरती पर एक साथ पहुँचते हैं।
- हम देखते हैं कि कागज़ धरती पर पत्थर की अपेक्षा कुछ देर से पहुँचता है। ऐसा वायु के प्रतिरोध के कारण होता है। गिरती हुई गतिशील वस्तुओं पर घर्षण के कारण वायु प्रतिरोध लगाती है। कागज़ पर लगने वाला वायु का प्रतिरोध पत्थर पर लगने वाले प्रतिरोध से अधिक होता है। इस प्रयोग को यदि हम काँच के ज़ार में करें जिसमें से हवा निकाल दी गई है तो कागज़ तथा पत्थर एक ही दर से नीचे गिरेंगे।

हम जानते हैं कि मुक्त पतन में वस्तु त्वरण का अनुभव करती है। समीकरण (9.9) से, वस्तु द्वारा अनुभव किया जाने वाला यह त्वरण इसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। इसका अर्थ हुआ कि सभी वस्तुएँ खोखली या ठोस, बड़ी या छोटी, एक ही दर से नीचे गिरनी चाहिए। एक कहानी के अनुसार, इस विचार की पुष्टि के लिए गैलीलियो ने इटली में पीसा की झुकी हुई मीनार से विभिन्न वस्तुओं को गिराया।

क्योंकि पृथ्वी के निकट g का मान स्थिर है, अतः एकसमान त्वरित गति के सभी समीकरण, त्वरण a के स्थान पर g रखने पर भी मान्य रहेंगे (देखिए अनुभाग 7.5)। ये समीकरण हैं :

$$v = u + at \qquad (9.10)$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \qquad (9.11)$$

$$v^2 = u^2 + 2as \qquad (9.12)$$

यहाँ u एवं v क्रमशः प्रारंभिक एवं अंतिम वेग तथा s वस्तु द्वारा t समय में चली गई दूरी है।

इन समीकरणों का उपयोग करते समय, यदि त्वरण (a) वेग की दिशा में अर्थात् गति की दिशा में लग रहा हो तो हम इसको धनात्मक लेंगे। त्वरण (a) को ऋणात्मक लेंगे जब यह गति की दिशा के विपरीत लगता है।

उदाहरण 9.2 एक कार किसी कगार से गिर कर 0.5 s में धरती पर आ गिरती है। परिकलन में सरलता के लिए g का मान 10 m s⁻² लीजिए।

(i) धरती पर टकराते समय कार की चाल क्या होगी?

(ii) 0.5 s के दौरान इसकी औसत चाल क्या होगी?

(iii) धरती से कगार कितनी ऊँचाई पर है?

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

हलः

समय, $t = 0.5$ s

प्रारंभिक वेग, $u = 0$ m s^{-1}

गुरुत्वीय त्वरण, $g = 10$ m s^{-2}

कार का त्वरण, $a = +10$ m s^{-2} (अधोमुखी)

(i) चाल $v = a\,t$

$v = 10$ m $s^{-2} \times 0.5$ s

$= 5$ m s^{-1}

(ii) औसत चाल $= \dfrac{u+v}{2}$

$= (0 \text{ m s}^{-1} + 5 \text{ m s}^{-1})/2$

$= 2.5$ m s^{-1}

(iii) तय की गई दूरी, $s = ½\, a\, t^2$

$= ½ \times 10 \text{ m s}^{-2} \times (0.5 \text{ s})^2$

$= ½ \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 0.25 \text{ s}^2$

$= 1.25$ m

अतः,

(i) धरती पर टकराते समय इसकी चाल

$= 5$ m s^{-1}

(ii) 0.5 सेकंड के दौरान इसकी औसत चाल

$= 2.5$ m s^{-1}

(iii) धरती से कगार की ऊँचाई

$= 1.25$ m

उदाहरण 9.3 एक वस्तु को ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंका जाता है और यह 10 m की ऊँचाई तक पहुँचती है। परिकलन कीजिए

(i) वस्तु कितने वेग से ऊपर फेंकी गई तथा

(ii) वस्तु द्वारा उच्चतम बिंदु तक पहुँचने में लिया गया समय।

हलः

तय की गई दूरी, $s = 10$ m

अंतिम वेग, $v = 0$ m s^{-1}

गुरुत्वीय त्वरण, $g = 9.8$ m s^{-2}

वस्तु का त्वरण, $a = -9.8$ m s^{-2} (ऊर्ध्वमुखी)

(i) $v^2 = u^2 + 2a\,s$

$0 = u^2 + 2 \times (-9.8 \text{ m s}^{-2}) \times 10 \text{ m}$

$-u^2 = -2 \times 9.8 \times 10 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

$u = \sqrt{196}$ m s^{-1}

$u = 14$ m s^{-1}

(ii) $v = u + a\,t$

$0 = 14 \text{ m s}^{-1} - 9.8 \text{ m s}^{-2} \times t$

$t = 1.43$ s.

अतः,

(i) प्रारंभिक वेग $u = 14$ m s^{-1} तथा

(ii) लिया गया समय $t = 1.43$ s

प्रश्न

1. *मुक्त पतन से आप क्या समझते हैं?*
2. *गुरुत्वीय त्वरण से आप क्या समझते हैं?*

9.3 द्रव्यमान

हमने पिछले अध्याय में पढ़ा है कि किसी वस्तु का द्रव्यमान उसके जड़त्व की माप होता है (अनुभाग 8.3)। हमने यह भी सीखा है कि जितना अधिक वस्तु का द्रव्यमान होगा, उतना ही अधिक उसका जड़त्व भी होगा। किसी वस्तु का द्रव्यमान उतना ही रहता है चाहे वस्तु पृथ्वी पर हो, चंद्रमा पर हो या फिर बाह्य अंतरिक्ष में हो। इस प्रकार वस्तु का द्रव्यमान स्थिर रहता है तथा एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहीं बदलता।

9.4 भार

हम जानते हैं कि पृथ्वी प्रत्येक वस्तु को एक निश्चित बल से आकर्षित करती है और यह बल वस्तु के द्रव्यमान (m) तथा पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण (g) पर निर्भर है। किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे यह पृथ्वी की ओर आकर्षित होती है।

हमें ज्ञात है कि

$$F = m \times a \qquad (9.13)$$

अर्थात्

$$F = m \times g \qquad (9.14)$$

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

वस्तु पर पृथ्वी का आकर्षण बल वस्तु का भार कहलाता है। इसे W से निर्दिष्ट करते हैं। इसे समीकरण (9.14) में प्रतिस्थापित करने पर

$$W = m \times g \tag{9.15}$$

क्योंकि वस्तु का भार एक बल है जिससे यह पृथ्वी की ओर आकर्षित होता है, भार का SI मात्रक वही है जो बल का है, अर्थात् न्यूटन (N)। भार एक बल है जो ऊर्ध्वाधर दिशा में नीचे की ओर लगता है, इसलिए इसमें परिमाण तथा दिशा दोनों होते हैं।

हम जानते हैं कि किसी दिए हुए स्थान पर g का मान स्थिर रहता है। इसलिए किसी दिए हुए स्थान पर, वस्तु का भार वस्तु के द्रव्यमान m के समानुपाती होता है। अर्थात् $W \propto m$। यही कारण है कि किसी दिए हुए स्थान पर हम वस्तु के भार को उसके द्रव्यमान की माप के रूप में उपयोग कर सकते हैं। किसी वस्तु का द्रव्यमान प्रत्येक स्थान पर, चाहे पृथ्वी पर या किसी अन्य ग्रह पर, उतना ही रहता है जबकि वस्तु का भार इसके स्थान पर निर्भर करता है क्योंकि g का मान स्थान पर निर्भर करता है।

9.4.1 किसी वस्तु का चंद्रमा पर भार

हमने सीखा है कि पृथ्वी पर किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे पृथ्वी उस वस्तु को अपनी ओर आकर्षित करती है। इसी प्रकार, चंद्रमा पर किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे चंद्रमा उस वस्तु को आकर्षित करता है। चंद्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी की अपेक्षा कम है। इस कारण चंद्रमा वस्तुओं पर कम आकर्षण बल लगाता है।

मान लीजिए किसी वस्तु का द्रव्यमान m है तथा चंद्रमा पर इसका भार W_m है। मान लीजिए चंद्रमा का द्रव्यमान M_m है तथा इसकी त्रिज्या R_m है।

गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम लगाने पर, चंद्रमा पर वस्तु का भार होगा

$$W_m = G\frac{M_m \times m}{R_m^2} \tag{9.16}$$

मान लीजिए उसी वस्तु का पृथ्वी पर भार W_e है। पृथ्वी का द्रव्यमान M तथा इसकी त्रिज्या R है।

सारणी 9.1

खगोलीय पिंड	द्रव्यमान (kg)	त्रिज्या (m)
पृथ्वी	$5.98\ \ 10^{24}$	$6.37\ \ 10^{6}$
चंद्रमा	$7.36\ \ 10^{22}$	$1.74\ \ 10^{6}$

समीकरणों (9.9) तथा (9.15) से हमें प्राप्त होता है,

$$W_e = G\frac{M \times m}{R^2} \tag{9.17}$$

समीकरण (9.16) तथा (9.17) में सारणी 9.1 से उपयुक्त मान रखने पर

$$W_m = G\frac{7.36 \times 10^{22}\,\text{kg} \times m}{\left(1.74 \times 10^{6}\,\text{m}\right)^2}$$

$$W_m = 2.431 \times 10^{10}\,G \times m \tag{9.18a}$$

तथा $W_e = 1.474 \times 10^{11}\,G \times m$ (9.18b)

समीकरण (9.18a) को समीकरण (9.18b) से भाग देने पर हमें प्राप्त होता है

$$\frac{W_m}{W_e} = \frac{2.431 \times 10^{10}}{1.474 \times 10^{11}}$$

या $\dfrac{W_m}{W_e} = 0.165 \approx \dfrac{1}{6}$ (9.19)

$$\frac{\text{वस्तु का चंद्रमा पर भार}}{\text{वस्तु का पृथ्वी पर भार}} = \frac{1}{6}$$

वस्तु का चंद्रमा पर भार

= (1/6) × इसका पृथ्वी पर भार

उदाहरण 9.4 एक वस्तु का द्रव्यमान 10 kg है। पृथ्वी पर इसका भार कितना होगा?

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

हलः

द्रव्यमान $m = 10$ kg
गुरुत्वीय त्वरण $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

$W = m \times g$

$W = 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} = 98 \text{ N}$

अतः वस्तु का भार 98 N है।

उदाहरण 9.5 एक वस्तु का भार पृथ्वी की सतह पर मापने पर 10 N आता है। इसका भार चंद्रमा की सतह पर मापने पर कितना होगा?

हल :

हमें ज्ञात है

चंद्रमा पर वस्तु का भार

= (1/6) × पृथ्वी पर इसका भार

अर्थात्,

$$W_m = \frac{W_e}{6} = \frac{10}{6} \text{ N}$$

$= 1.67$ N

अतः चंद्रमा की सतह पर वस्तु का भार 1.67 N होगा।

प्रश्न

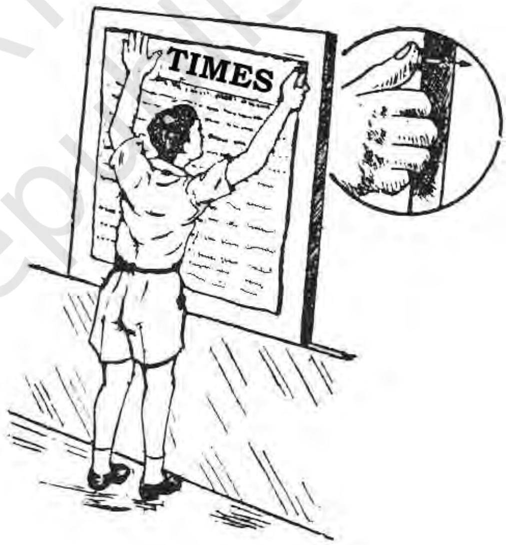
1. *किसी वस्तु के द्रव्यमान तथा भार में क्या अंतर है?*
2. *किसी वस्तु का चंद्रमा पर भार पृथ्वी पर इसके भार का $\frac{1}{6}$ गुणा क्यों होता है?*

9.5 प्रणोद तथा दाब

क्या कभी आपने सोचा है कि ऊँट रेगिस्तान में आसानी से क्यों दौड़ पाता है? सेना का टैंक जिसका भार एक हजार टन से भी अधिक होता है, एक सतत् चेन पर क्यों टिका होता है? किसी ट्रक या बस के टायर अधिक चौड़े क्यों होते हैं? काटने वाले औजारों की धार तेज़ क्यों होती है?

इन प्रश्नों का उत्तर जानने के लिए तथा इनमें शामिल परिघटनाओं को समझने के लिए दी गई वस्तु पर एक विशेष दिशा में लगने वाले नेट बल (प्रणोद) तथा प्रति एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाले बल (दाब) की धारणा से परिचय कराना सहायक होगा। प्रणोद तथा दाब का अर्थ समझने के लिए आइए निम्नलिखित स्थितियों पर विचार करें :

स्थिति 1 : किसी बुलेटिन बोर्ड पर आप एक चार्ट लगाना चाहते हैं जैसा कि चित्र 9.3 में दर्शाया गया है। यह कार्य करने के लिए आपको ड्राइंग पिनों को अपने अँगूठे से दबाना होगा। इस अवस्था में आप पिन के शीर्ष (चपटे भाग) के सतह के क्षेत्रफल पर बल लगाते हैं। यह बल बोर्ड की सतह (पृष्ठ) के लंबवत् लगता है। यह बल पिन की नोक पर अपेक्षाकृत छोटे क्षेत्रफल पर लगता है।



चित्र 9.3: चार्ट लगाने के लिए ड्राइंग पिनों को अँगूठे से बोर्ड के लंबवत् दबाया जाता है

स्थिति 2 : आप शिथिल (ढीले) रेत पर खड़े होते हैं। आपके पैर रेत में गहरे धँस जाते हैं। अब रेत पर लेटिए। आप देखेंगे कि आपका शरीर रेत में पहले जितना नहीं धँसता। दोनों अवस्थाओं में रेत पर लगने वाला बल आपके शरीर का भार है।

Reprint 2025-26

आप पढ़ चुके हैं कि भार ऊर्ध्वाधर दिशा में नीचे की ओर लगने वाला बल है। यहाँ बल रेत की सतह के लंबवत् लग रहा है। किसी वस्तु की सतह के लंबवत् लगने वाले बल को प्रणोद कहते हैं।

जब आप शिथिल रेत पर खड़े होते हैं तो बल अर्थात् आपके शरीर का भार, आपके पैरों के क्षेत्रफल के बराबर क्षेत्रफल पर लग रहा होता है। जब आप लेट जाते हैं तो वही बल आपके पूरे शरीर के संपर्क क्षेत्रफल के बराबर क्षेत्रफल पर लगता है जो कि आपके पैरों के क्षेत्रफल से अधिक है। इस प्रकार समान परिमाण के बलों का भिन्न-भिन्न क्षेत्रफलों पर भिन्न-भिन्न प्रभाव होता है। उपरोक्त स्थिति में प्रणोद समान है। लेकिन उसके प्रभाव अलग-अलग हैं। इसलिए प्रणोद का प्रभाव उस क्षेत्रफल पर निर्भर है जिस पर कि वह लगता है।

रेत पर प्रणोद का प्रभाव लेटे हुए की अपेक्षा खड़े होने की स्थिति में अधिक है। प्रति एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाले प्रणोद को दाब कहते हैं। इस प्रकार

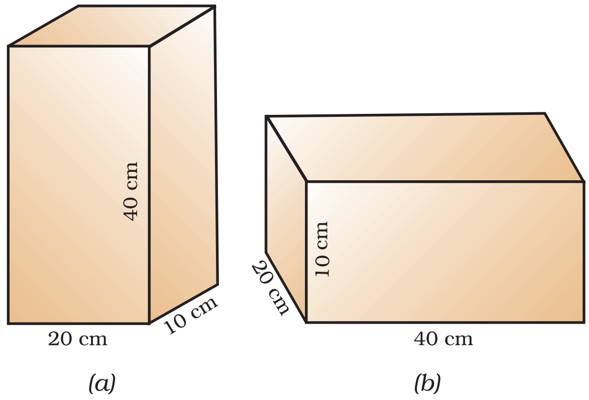
$$\text{दाब} = \frac{\text{प्रणोद}}{\text{क्षेत्रफल}} \qquad (9.20)$$

समीकरण (9.20) में प्रणोद तथा क्षेत्रफल के SI मात्रक प्रतिस्थापित करने पर हमें दाब का SI मात्रक प्राप्त होता है। यह मात्रक N/m^2 या $N\ m^{-2}$ है।

वैज्ञानिक ब्लैस पास्कल के सम्मान में, दाब के SI मात्रक को पास्कल कहते हैं, जिसे Pa से व्यक्त किया जाता है।

विभिन्न क्षेत्रफलों पर लगने वाले प्रणोद के प्रभाव को समझने के लिए आइए एक संख्यात्मक उदाहरण पर विचार करें।

उदाहरण 9.6 एक लकड़ी का गुटका मेज पर रखा है। लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान 5 kg है तथा इसकी विमाएँ 40 cm × 20 cm × 10 cm हैं। लकड़ी के टुकड़े द्वारा मेज पर लगने वाले दाब को ज्ञात कीजिए, यदि इसकी निम्नलिखित



चित्र 9.4

विमाओं की सतह मेज पर रखी जाती है: (a) 20 cm × 10 cm तथा (b) 40 cm × 20 cm।

हल:

लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान = 5 kg

तथा इसकी विमाएँ = 40 cm × 20 cm × 10 cm

यहाँ लकड़ी के गुटके का भार मेज की सतह पर प्रणोद लगाता है।

अर्थात्,

$$\text{प्रणोद} = F = m \times g$$
$$= 5\ kg \times 9.8\ m\ s^{-2}$$
$$= 49\ N$$

$$\text{सतह का क्षेत्रफल} = \text{लंबाई} \times \text{चौड़ाई}$$
$$= 20\ cm \times 10\ cm$$
$$= 200\ cm^2 = 0.02\ m^2$$

समीकरण (9.20) से,

$$\text{दाब} = \frac{49\,N}{0.02\,m^2}$$
$$= 2450\ N\ m^{-2}.$$

जब गुटके की 40 cm × 20 cm विमाओं की सतह मेज पर रखी जाती है, यह मेज की सतह पर पहले जितना ही प्रणोद लगाता है।

$$\text{क्षेत्रफल} = \text{लंबाई} \times \text{चौड़ाई}$$
$$= 40\ cm \times 20\ cm$$
$$= 800\ cm^2 = 0.08\ m^2$$

Reprint 2025-26

समीकरण (9.20) से,

$$\text{दाब} = \frac{49\,N}{0.08\,m^2}$$

$$= 612.5\,N\,m^{-2}$$

सतह 20 cm × 10 cm द्वारा लगाया गया दाब 2450 N m^{-2} है तथा सतह 40 cm × 20 cm द्वारा लगाया गया दाब 612.5 N m^{-2} है।

इस प्रकार वही बल जब छोटे क्षेत्रफल पर लगता है तो अधिक दाब तथा बड़े क्षेत्रफल पर कम दाब लगाता है। यही कारण है कि कीलों के सिरे नुकीले होते हैं, चाकू की तेज़ धार होती है तथा भवनों की नींव चौड़ी होती है।

9.5.1 तरलों में दाब

सभी द्रव या गैसें तरल हैं। ठोस अपने भार के कारण किसी सतह पर दाब लगाता है। इसी प्रकार, तरलों में भी भार होता है तथा वे जिस बर्तन में रखे जाते हैं उसके आधार तथा दीवारों पर दाब लगाते हैं। किसी परिरुद्ध द्रव्यमान के तरल पर लगने वाला दाब सभी दिशाओं में बिना घटे संचरित हो जाता है।

9.5.2 उत्प्लावकता

क्या आप कभी किसी तालाब में तैरे हैं और आपने स्वयं कुछ हलका अनुभव किया है? क्या कभी आपने किसी कुएँ से पानी खींचा है और अनुभव किया है कि जब पानी से भरी बाल्टी, कुएँ के पानी से बाहर आती है तो वह अधिक भारी लगती है? क्या कभी आपने सोचा है कि लोहे तथा स्टील से बना जलयान समुद्र के पानी में क्यों नहीं डूबता, लेकिन उतनी ही मात्रा का लोहा तथा स्टील यदि चादर के रूप में हो तो क्या वह डूब जाएगा? इन सभी प्रश्नों का उत्तर जानने के लिए उत्प्लावकता के बारे में जानना आवश्यक है। उत्प्लावकता का अर्थ समझने के लिए आइए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.4

- प्लास्टिक की एक खाली बोतल लीजिए। बोतल के मुँह को एक वायुरुद्ध डाट से बंद कर दीजिए। इसे एक पानी से भरी बाल्टी में रखिए। आप देखेंगे कि बोतल तैरती है।
- बोतल को पानी में धकेलिए। आप ऊपर की ओर एक धक्का महसूस करते हैं। इसे और अधिक नीचे धकेलने का प्रयत्न कीजिए। आप इसे और अधिक गहराई में धकेलने में कठिनाई अनुभव करेंगे। यह दिखाता है कि पानी बोतल पर ऊपर की दिशा में एक बल लगाता है। जैसे-जैसे बोतल को पानी में धकेलते जाते हैं, पानी द्वारा ऊपर की ओर लगाया गया बल बढ़ता जाता है जब तक कि बोतल पानी में पूरी तरह न डूब जाए।
- अब बोतल को छोड़ दीजिए। यह उछलकर सतह पर वापस आती है।
- क्या पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल इस बोतल पर कार्यरत है? यदि ऐसा है तो बोतल छोड़ देने पर पानी में डूबी ही क्यों नहीं रहती? आप बोतल को पानी में कैसे डुबो सकते हैं?

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल बोतल पर नीचे की दिशा में लगता है। इसके कारण बोतल नीचे की दिशा में खिंचती है। लेकिन पानी बोतल पर ऊपर की ओर बल लगाता है। अतः बोतल ऊपर की दिशा में धकेली जाती है। हम पढ़ चुके हैं कि वस्तु का भार पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के बराबर है। जब बोतल डुबोई जाती है तो बोतल पर पानी द्वारा लगने वाला ऊपर की दिशा में बल इसके भार से अधिक है। इसीलिए छोड़ने पर यह ऊपर उठती है।

बोतल को पूरी तरह डुबोए रखने के लिए, पानी के द्वारा बोतल पर ऊपर की ओर लगने वाले बल को संतुलित करना पड़ेगा। इसे नीचे की दिशा में लगने वाले एक बाहरी बल को लगाकर प्राप्त किया जा सकता है। यह बल कम से कम ऊपर की ओर लगने वाले बल तथा बोतल के भार के अंतर के बराबर होना चाहिए।

Reprint 2025-26

बोतल पर पानी द्वारा ऊपर की ओर लगने वाला बल उत्प्लावन बल कहलाता है। वास्तव में किसी तरल में डुबोने पर, सभी वस्तुओं पर एक उत्प्लावन बल लगता है। उत्प्लावन बल का परिमाण तरल के घनत्व पर निर्भर है।

9.5.3 पानी की सतह पर रखने पर वस्तुएँ तैरती या डूबती क्यों हैं?

इस प्रश्न का उत्तर प्राप्त करने के लिए आइए निम्नलिखित क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.5

- पानी से भरा एक बीकर लीजिए।
- एक लोहे की कील लीजिए और इसे पानी की सतह पर रखिए।
- देखिए क्या होता है?

कील डूब जाती है। कील पर लगने वाला पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल इसे नीचे की ओर खींचता है। पानी कील पर उत्प्लावन बल लगाता है जो इसे ऊपर की दिशा में धकेलता है। लेकिन कील पर नीचे की ओर लगने वाला बल, कील पर पानी द्वारा लगाए गए उत्प्लावन बल से अधिक है। इसलिए यह डूब जाती है (चित्र 9.5)।

चित्र 9.5: पानी की सतह पर रखने पर लोहे की कील डूब जाती है तथा कॉर्क तैरता है

क्रियाकलाप 9.6

- पानी से भरा बीकर लीजिए।
- एक कील तथा समान द्रव्यमान का एक कॉर्क का टुकड़ा लीजिए।
- इन्हें पानी की सतह पर रखिए।
- देखिए क्या होता है।

कॉर्क तैरता है जबकि कील डूब जाती है। ऐसा उनके घनत्वों में अंतर के कारण होता है। किसी पदार्थ का घनत्व, उसके एकांक आयतन के द्रव्यमान को कहते हैं। कॉर्क का घनत्व पानी के घनत्व से कम है। इसका अर्थ है कि कॉर्क पर पानी का उत्प्लावन बल, कॉर्क के भार से अधिक है। इसीलिए यह तैरता है (चित्र 9.5)।

लोहे की कील का घनत्व पानी के घनत्व से अधिक है। इसका अर्थ है कि लोहे की कील पर पानी का उत्प्लावन बल लोहे की कील के भार से कम है। इसीलिए यह डूब जाती है।

इस प्रकार द्रव के घनत्व से कम घनत्व की वस्तुएँ द्रव पर तैरती हैं। द्रव के घनत्व से अधिक घनत्व की वस्तुएँ द्रव में डूब जाती हैं।

प्रश्न

1. *एक पतली तथा मजबूत डोरी से बने पट्टे की सहायता से स्कूल बैग को उठाना कठिन होता है, क्यों?*
2. *उत्प्लावकता से आप क्या समझते हैं?*
3. *पानी की सतह पर रखने पर कोई वस्तु क्यों तैरती या डूबती है?*

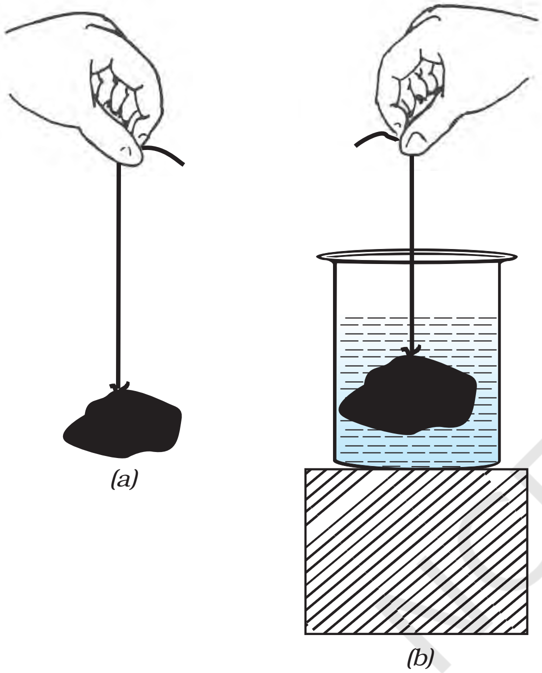
9.6 आर्किमीडीज़ का सिद्धांत

क्रियाकलाप 9.7

- एक पत्थर का टुकड़ा लीजिए और इसे कमानीदार तुला या रबड़ की डोरी के एक सिरे से बाँधिए।
- तुला या डोरी को पकड़ कर पत्थर को लटकाइए जैसा कि चित्र 9.6(a) में दिखाया गया है।

© NCERT not to be republished

- पत्थर के भार के कारण रबड़ की डोरी की लंबाई में वृद्धि या कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए।
- अब पत्थर को एक बर्तन में रखे पानी में धीरे से डुबोइए जैसा कि चित्र 9.6(b) में दिखाया गया है।
- प्रेक्षण कीजिए कि डोरी की लंबाई में या तुला की माप में क्या परिवर्तन होता है।



चित्र 9.6: *(a) हवा में लटके पत्थर के टुकड़े के भार के कारण रबड़ की डोरी में प्रसार का प्रेक्षण कीजिए। (b) पत्थर को पानी में डुबोने पर डोरी के प्रसार में कमी आ जाती है*

आप देखेंगे कि जैसे ही पत्थर को धीरे-धीरे पानी में नीचे ले जाते हैं, डोरी की लंबाई में या तुला के पाठ्यांक में भी कमी आती है। तथापि, जब पत्थर पानी में पूरी तरह डूब जाता है तो उसके बाद कोई परिवर्तन नहीं दिखाई देता। डोरी के प्रसार या तुला की माप में कमी से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

हम जानते हैं कि रबड़ की डोरी की लंबाई में परिवर्तन या तुला के पाठ्यांक में वृद्धि, पत्थर के भार के कारण होती है। क्योंकि पत्थर को पानी में डुबोने पर इन वृद्धियों में कमी आ जाती है, इसका अर्थ है कि पत्थर पर ऊपर की दिशा में कोई बल लगता है। इसके परिणामस्वरूप, रबड़ की डोरी पर लगने वाला नेट बल कम हो जाता है और इसीलिए लंबाई की वृद्धि में भी कमी आ जाती है। जैसी कि पहले ही चर्चा की जा चुकी है, पानी द्वारा ऊपर की ओर लगाया गया यह बल, उत्प्लावन बल कहलाता है।

किसी वस्तु पर लगने वाले उत्प्लावन बल का परिमाण कितना होता है? क्या किसी एक ही वस्तु के लिए यह सभी तरलों में समान होता है? क्या किसी दिए गए तरल में, सभी वस्तुएँ समान उत्प्लावन बल का अनुभव करती हैं? इन प्रश्नों का उत्तर आर्किमीडीज़ के सिद्धांत द्वारा प्राप्त होता है, जिसको निम्न प्रकार से व्यक्त किया जाता है:

जब किसी वस्तु को किसी तरल में पूर्ण या आंशिक रूप से डुबोया जाता है तो वह ऊपर की दिशा में एक बल का अनुभव करती है जो वस्तु द्वारा हटाए गए तरल के भार के बराबर होता है।

क्या अब आप स्पष्ट कर सकते हैं कि क्रियाकलाप 9.7 में पत्थर के पानी में पूरी तरह डूबने के बाद डोरी के प्रसार में और कमी क्यों नहीं हुई थी?

आर्किमिडीज

आर्किमीडीज़ एक ग्रीक वैज्ञानिक थे। उन्होंने एक सिद्धांत की खोज की जो उन्हीं के नाम से विख्यात है। यह सिद्धांत उन्होंने यह देखने के बाद खोजा कि नहाने के टब में घुसने पर पानी बाहर बहने लगता है। वे सड़कों पर यूरेका (Eureka) - यूरेका चिल्लाते हुए भागे, जिसका अर्थ है "मैंने पा लिया है।"

इस ज्ञान का उपयोग उन्होंने राजा के मुकुट में उपयोग हुए सोने की शुद्धता को मापने के लिए किया।

Reprint 2025-26

उनके यांत्रिकी तथा ज्यामिति में किए गए कार्यों ने उन्हें प्रसिद्ध कर दिया। उत्तोलक, घिरनी तथा पहिया और धुरी के विषय में उनके ज्ञान ने ग्रीक सेना को रोमन सेना के विरुद्ध लड़ाई में बहुत सहायता की।

आर्किमीडीज़ के सिद्धांत के बहुत से अनुप्रयोग हैं। यह जलयानों तथा पनडुब्बियों के डिज़ाइन बनाने में काम आता है। दुग्धमापी, जो दूध के किसी नमूने की शुद्धता की जाँच करने के लिए प्रयुक्त होते हैं तथा हाइड्रोमीटर, जो द्रवों के घनत्व मापने के लिए प्रयुक्त होते हैं, इसी सिद्धांत पर आधारित हैं।

प्रश्न

1. एक तुला (weighing machine) पर आप अपना द्रव्यमान 42 kg नोट करते हैं। क्या आपका द्रव्यमान 42 kg से अधिक है या कम?

2. आपके पास एक रुई का बोरा तथा एक लोहे की छड़ है। तुला पर मापने पर दोनों 100 kg द्रव्यमान दर्शाते हैं। वास्तविकता में एक-दूसरे से भारी है। क्या आप बता सकते हैं कि कौन-सा भारी है और क्यों?

आपने क्या सीखा

- गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार किन्हीं दो पिंडों के बीच आकर्षण बल उन दोनों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह नियम सभी पिंडों पर लागू होता है चाहे वह विश्व में कहीं भी हों। इस प्रकार के नियम को सार्वत्रिक नियम कहते हैं।
- गुरुत्वाकर्षण एक क्षीण बल है जब तक कि बहुत अधिक द्रव्यमान वाले पिंड संबद्ध न हों।
- गुरुत्वीय बल पृथ्वी तल से ऊँचाई बढ़ने पर कम होता जाता है। यह पृथ्वी तल के विभिन्न स्थानों पर भी परिवर्तित होता है और इसका मान ध्रुवों से विषुवत वृत्त की ओर घटता जाता है।
- किसी वस्तु का भार, वह बल है जिससे पृथ्वी उसे अपनी ओर आकर्षित करती है।
- किसी वस्तु का भार, द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय त्वरण के गुणनफल के बराबर होता है।
- किसी वस्तु का भार भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न हो सकता है, किंतु द्रव्यमान स्थिर रहता है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- सभी वस्तुएँ किसी तरल में डुबाने पर उत्प्लावन बल का अनुभव करती हैं।
- जिस द्रव में वस्तुओं को डुबोया जाता है उसके घनत्व से कम घनत्व की वस्तुएँ द्रव की सतह पर तैरती हैं। यदि वस्तु का घनत्व, डुबोए जाने वाले द्रव से अधिक है तो वे द्रव में डूब जाती हैं।

अभ्यास

1. यदि दो वस्तुओं के बीच की दूरी को आधा कर दिया जाए तो उनके बीच गुरुत्वाकर्षण बल किस प्रकार बदलेगा?
2. सभी वस्तुओं पर लगने वाला गुरुत्वीय बल उनके द्रव्यमान के समानुपाती होता है। फिर एक भारी वस्तु हलकी वस्तु के मुकाबले तेज़ी से क्यों नहीं गिरती?
3. पृथ्वी तथा उसकी सतह पर रखी किसी 1 kg की वस्तु के बीच गुरुत्वीय बल का परिमाण क्या होगा? (पृथ्वी का द्रव्यमान 6×10^{24} kg है तथा पृथ्वी की त्रिज्या 6.4×10^{6} m है)।
4. पृथ्वी तथा चंद्रमा एक-दूसरे को गुरुत्वीय बल से आकर्षित करते हैं। क्या पृथ्वी जिस बल से चंद्रमा को आकर्षित करती है वह बल, उस बल से जिससे चन्द्रमा पृथ्वी को आकर्षित करता है बड़ा है या छोटा है या बराबर है? बताइए क्यों?
5. यदि चंद्रमा पृथ्वी को आकर्षित करता है, तो पृथ्वी चंद्रमा की ओर गति क्यों नहीं करती?
6. दो वस्तुओं के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल का क्या होगा, यदि
   (i) एक वस्तु का द्रव्यमान दोगुना कर दिया जाए?
   (ii) वस्तुओं के बीच की दूरी दोगुनी अथवा तीन गुनी कर दी जाए?
   (iii) दोनों वस्तुओं के द्रव्यमान दोगुने कर दिए जाएँ?
7. गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के क्या महत्व हैं?
8. मुक्त पतन का त्वरण क्या है?
9. पृथ्वी तथा किसी वस्तु के बीच गुरुत्वीय बल को हम क्या कहेंगे?
10. एक व्यक्ति A अपने एक मित्र के निर्देश पर ध्रुवों पर कुछ ग्राम सोना खरीदता है। वह इस सोने को विषुवत वृत्त पर अपने मित्र को देता है। क्या उसका मित्र खरीदे हुए सोने के भार से संतुष्ट होगा? यदि नहीं, तो क्यों? (*संकेत:* ध्रुवों पर g का मान विषुवत वृत्त की अपेक्षा अधिक है।)
11. एक कागज की शीट, उसी प्रकार की शीट को मरोड़ कर बनाई गई गेंद से धीमी क्यों गिरती है?

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

12. चंद्रमा की सतह पर गुरुत्वीय बल, पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय बल की अपेक्षा 1/6 गुणा है। एक 10 kg की वस्तु का चंद्रमा पर तथा पृथ्वी पर न्यूटन में भार क्या होगा?

13. एक गेंद ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर 49 m/s के वेग से फेंकी जाती है। परिकलन कीजिए

 (i) अधिकतम ऊँचाई जहाँ तक कि गेंद पहुँचती है।

 (ii) पृथ्वी की सतह पर वापस लौटने में लिया गया कुल समय।

14. 19.6 m ऊँची एक मीनार की चोटी से एक पत्थर छोड़ा जाता है। पृथ्वी पर पहुँचने से पहले इसका अंतिम वेग ज्ञात कीजिए।

15. कोई पत्थर ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर 40 m/s के प्रारंभिक वेग से फेंका गया है। $g = 10\ m/s^2$ लेते हुए ग्राफ की सहायता से पत्थर द्वारा पहुँची अधिकतम ऊँचाई ज्ञात कीजिए। नेट विस्थापन तथा पत्थर द्वारा चली गई कुल दूरी कितनी होगी?

16. पृथ्वी तथा सूर्य के बीच गुरुत्वाकर्षण बल का परिकलन कीजिए। दिया है, पृथ्वी का द्रव्यमान = 6×10^{24} kg तथा सूर्य का द्रव्यमान = 2×10^{30} kg। दोनों के बीच औसत दूरी 1.5×10^{11} m है।

17. कोई पत्थर 100 m ऊँची किसी मीनार की चोटी से गिराया गया और उसी समय कोई दूसरा पत्थर 25 m/s के वेग से ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंका गया। परिकलन कीजिए कि दोनों पत्थर कब और कहाँ मिलेंगे।

18. ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंकी गई एक गेंद 6 s पश्चात् फेंकने वाले के पास लौट आती है। ज्ञात कीजिए

 (a) यह किस वेग से ऊपर फेंकी गई;

 (b) गेंद द्वारा पहुँची गई अधिकतम ऊँचाई; तथा

 (c) 4 s पश्चात् गेंद की स्थिति।

19. किसी द्रव में डुबोई गई वस्तु पर उत्प्लावन बल किस दिशा में कार्य करता है?

20. पानी के भीतर किसी प्लास्टिक के गुटके को छोड़ने पर यह पानी की सतह पर क्यों आ जाता है?

21. 50 g के किसी पदार्थ का आयतन 20 cm^3 है। यदि पानी का घनत्व 1 g cm^{-3} हो, तो पदार्थ तैरेगा या डूबेगा?

22. 500 g के एक मोहरबंद पैकेट का आयतन 350 cm^3 है। पैकेट 1 g cm^{-3} घनत्व वाले पानी में तैरेगा या डूबेगा? इस पैकेट द्वारा विस्थापित पानी का द्रव्यमान कितना होगा?

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

0965CH11

अध्याय 10

कार्य तथा ऊर्जा
(Work and Energy)

पिछले कुछ अध्यायों में हम वस्तुओं की गति के वर्णन करने के तरीकों, गति का कारण तथा गुरुत्वाकर्षण के बारे में चर्चा कर चुके हैं। कार्य एक अन्य अवधारणा है जो हमें अनेक प्राकृतिक घटनाओं को समझने तथा उनकी व्याख्या करने में सहायता करती है। ऊर्जा तथा शक्ति का कार्य से निकट संबंध है। इस अध्याय में हम इन अवधारणाओं के बारे में अध्ययन करेंगे।

सभी सजीवों को भोजन की आवश्यकता होती है। जीवित रहने के लिए सजीवों को अनेक मूलभूत गतिविधियाँ करनी पड़ती हैं। इन गतिविधियों (क्रियाकलापों) को हम जैव प्रक्रम कहते हैं। इन प्रक्रमों के लिए ऊर्जा भोजन से प्राप्त होती है। कुछ अन्य क्रियाकलापों; जैसे – खेलने, गाने, पढ़ने, लिखने, सोचने, कूदने, दौड़ने तथा साइकिल चलाने के लिए भी हमें ऊर्जा की आवश्यकता होती है। कठिन क्रियाकलापों में अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

जंतु भी क्रियाकलापों में व्यस्त रहते हैं। उदाहरण के लिए वे कूद या दौड़ सकते हैं। उन्हें लड़ना पड़ता है, अपने शत्रुओं से दूर भागना पड़ता है, भोजन खोजना या आवास के लिए सुरक्षित स्थान खोजना पड़ता है। इसके अतिरिक्त कुछ जंतुओं को हम बोझा ढोने, गाड़ी खींचने या खेत जोतने के लिए उपयोग में लाते हैं। इन सभी क्रियाकलापों के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

मशीनों के बारे में सोचिए। उन मशीनों की सूची बनाइए जिनका उपयोग आप करते हैं। उन्हें कार्य करने के लिए किस चीज़ की आवश्यकता होती है? कुछ इंजनों को पेट्रोल तथा डीज़ल की आवश्यकता क्यों होती है? सजीवों तथा मशीनों को ऊर्जा की आवश्यकता क्यों होती है?

10.1 कार्य

कार्य क्या है? हम अपने दैनिक जीवन में जिस रूप में कार्य शब्द का प्रयोग करते हैं और जिस रूप में हम इसे विज्ञान में उपयोग करते हैं, उनमें अंतर है। इस बात को स्पष्ट करने के लिए आइए कुछ उदाहरणों पर विचार करें।

10.1.1 कठोर काम करने के बावजूद कुछ अधिक 'कार्य' नहीं!

कमली परीक्षा की तैयारी कर रही है। वह अध्ययन में बहुत-सा समय व्यतीत करती है। वह पुस्तकें पढ़ती है, चित्र बनाती है, अपने विचारों को सुव्यवस्थित करती है, प्रश्न-पत्रों को एकत्रित करती है, कक्षाओं में उपस्थित रहती है, अपने मित्रों के साथ समस्याओं पर विचार-विमर्श करती है तथा प्रयोग करती है। इन क्रियाकलापों पर वह बहुत-सी ऊर्जा व्यय करती है। सामान्य बोलचाल में वह 'कठोर काम' कर रही है। यदि हम कार्य को वैज्ञानिक परिभाषा के अनुसार देखें तो इस 'कठोर काम' में बहुत थोड़ा 'कार्य' सम्मिलित है।

आप एक बहुत बड़ी चट्टान को धकेलने के लिए कठोर परिश्रम कर रहे हैं। मान लीजिए आपके सारे प्रयत्नों के बावजूद चट्टान नहीं हिलती। आप पूर्णतया

© NCERT not to be republished

थक चुके हैं। तथापि, आपने चट्टान पर कोई कार्य नहीं किया क्योंकि चट्टान में कोई विस्थापन नहीं हुआ।

आप अपने सिर पर एक भारी बोझा रखकर कुछ मिनट के लिए बिना हिले-डुले खड़े रहते हैं। आप थक जाते हैं। आपने प्रयास किया है तथा अपनी बहुत-सी ऊर्जा व्यय की है। क्या आप बोझे पर कुछ कार्य कर रहे हैं? हम विज्ञान में जिस प्रकार 'कार्य' शब्द का अर्थ समझते हैं उस रूप में, इस स्थिति में कार्य नहीं किया गया है।

प्राकृतिक दृश्यों को देखने के लिए, आप सीढ़ियों पर चढ़कर इमारत की ऊपरी मंजिलों पर पहुँच जाते हैं। आप एक ऊँचे पेड़ पर भी चढ़ सकते हैं। वैज्ञानिक परिभाषा के अनुसार इन क्रियाकलापों में बहुत-सा कार्य निहित है।

अपने दैनिक जीवन में, हम किसी भी लाभदायक शारीरिक या मानसिक परिश्रम को कार्य समझते हैं। कुछ क्रियाकलापों; जैसे - मैदान में खेलना, मित्रों से बातचीत करना, किसी धुन को गुनगुनाना, किसी चलचित्र (Cinema) को देखना, किसी समारोह में सम्मिलित होना को कभी-कभी कार्य नहीं समझा जाता। कार्य क्या होता है यह इस बात पर निर्भर है कि हम उसे कैसे परिभाषित करते हैं। विज्ञान में हम कार्य शब्द को भिन्न प्रकार से प्रयोग तथा परिभाषित करते हैं। इसे जानने के लिए आइए निम्न क्रियाकलाप करें:

क्रियाकलाप 10.1

- उपरोक्त अनुच्छेदों में हमने अनेक ऐसे क्रियाकलापों की चर्चा की जिन्हें प्राय: हम अपने दैनिक जीवन में कार्य मानते हैं। इनमें से प्रत्येक क्रियाकलाप के लिए निम्नलिखित प्रश्नों का उत्तर दीजिए :
  (i) किस वस्तु पर कार्य किया गया?
  (ii) वस्तु पर क्या घटित हो रहा है?
  (iii) कार्य कौन (क्या) कर रहा है?

10.1.2 कार्य की वैज्ञानिक संकल्पना

विज्ञान के दृष्टिकोण से हम कार्य को किस प्रकार देखते और परिभाषित करते हैं यह समझने के लिए, आइए कुछ स्थितियों पर विचार करें:

किसी सतह पर रखे एक गुटके को धकेलें। गुटका कुछ दूरी तय करता है। आपने गुटके पर कुछ बल लगाया जिससे गुटका विस्थापित हो गया। इस स्थिति में कार्य हुआ।

एक लड़की किसी ट्रॉली को खींचती है और ट्रॉली कुछ दूर तक चलती है। लड़की ने ट्रॉली पर बल लगाया और यह विस्थापित हुई; इसलिए कार्य किया गया।

एक पुस्तक को किसी ऊँचाई तक उठाइए। ऐसा करने के लिए आपको बल लगाना पड़ेगा। पुस्तक ऊपर उठती है। पुस्तक पर एक बल लगाया गया तथा पुस्तक गतिमान हुई; इसलिए कार्य किया गया।

उपरोक्त स्थितियों को ध्यानपूर्वक देखने से ज्ञात होता है कि कार्य करने के लिए दो दशाओं का होना आवश्यक है: (i) वस्तु पर कोई बल लगना चाहिए, तथा (ii) वस्तु विस्थापित होनी चाहिए।

यदि इनमें से कोई भी दशा पूरी नहीं होती तो कार्य नहीं किया गया। विज्ञान में हम कार्य को इसी दृष्टि से देखते हैं।

एक बैल किसी गाड़ी को खींच रहा है। गाड़ी चलती है। गाड़ी पर एक बल लग रहा है तथा गाड़ी कुछ दूर चली है। क्या आपके विचार में इस स्थिति में कार्य किया गया है?

क्रियाकलाप 10.2

- अपने दैनिक जीवन की कुछ स्थितियों पर विचार कीजिए जिनमें कार्य सम्मिलित हो।
- इनकी सूची बनाइए।
- अपने मित्रों से विचार-विमर्श कीजिए कि क्या प्रत्येक स्थिति में कार्य किया गया है।
- अपने उत्तरों का कारण जानने का प्रयत्न कीजिए।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

- यदि कार्य हुआ है तो वस्तु पर कौन सा बल कार्य कर रहा है?
- वह कौन-सी वस्तु है जिस पर कार्य किया गया है?
- जिस वस्तु पर कार्य किया गया है उसकी स्थिति में क्या परिवर्तन होता है?

क्रियाकलाप 10.3

- कुछ स्थितियों पर विचार कीजिए जब वस्तु पर बल लगने के बावजूद वह विस्थापित नहीं होती।
- ऐसी स्थिति पर भी विचार कीजिए जब कोई वस्तु बल लगे बिना ही विस्थापित हो जाए।
- प्रत्येक के लिए जितनी स्थितियाँ आप सोच सकें उनकी सूची बनाइए।
- अपने मित्रों से विचार-विमर्श कीजिए कि क्या इन स्थितियों में कार्य हुआ है।

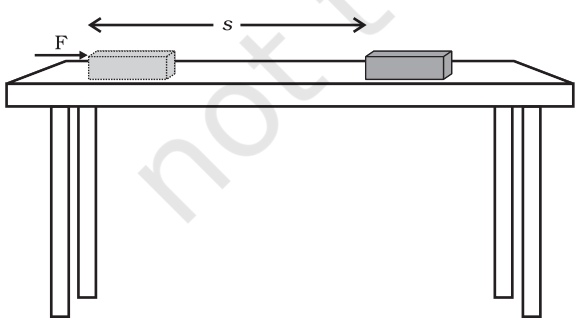
10.1.3 एक नियत बल द्वारा किया गया कार्य

विज्ञान में कार्य को कैसे परिभाषित किया जाता है? इसे समझने के लिए, पहले हम उस स्थिति पर विचार करते हैं जब बल विस्थापन की दिशा में लग रहा हो।

मान लीजिए किसी वस्तु पर एक नियत बल F कार्य करता है। मान लीजिए कि वस्तु बल की दिशा में s दूरी विस्थापित हुई (चित्र 10.1)। मान लीजिए W किया गया कार्य है। कार्य की परिभाषा के अनुसार किया गया कार्य बल तथा विस्थापन के गुणनफल के बराबर है।

किया गया कार्य = बल × विस्थापन

$$W = F\,s \qquad (10.1)$$



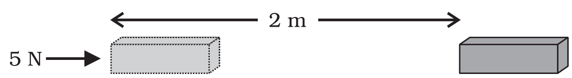
चित्र 10.1

अतः, किसी वस्तु पर लगने वाले बल द्वारा किया गया कार्य बल के परिमाण तथा बल की दिशा में चली गई दूरी के गुणनफल के बराबर होता है। कार्य में केवल परिमाण होता है तथा कोई दिशा नहीं होती।

समीकरण (10.1) में यदि $F = 1$ N तथा $s = 1$ m हों, तो बल द्वारा किया गया कार्य 1 N m होगा। यहाँ बल का मात्रक न्यूटन मीटर (N m) या जूल (J) है। अतः 1 J किसी वस्तु पर किए गए कार्य की वह मात्रा है जब 1 N का बल वस्तु को बल की क्रिया रेखा की दिशा में 1 m विस्थापित कर दे।

समीकरण (10.1) को ध्यानपूर्वक देखिए। यदि वस्तु पर लगने वाला बल शून्य है तो किया गया कार्य कितना होगा? यदि वस्तु का विस्थापन शून्य है तो किया गया कार्य कितना होगा? उन दशाओं का उल्लेख कीजिए जिनका कार्य होने के लिए पूरा होना आवश्यक है।

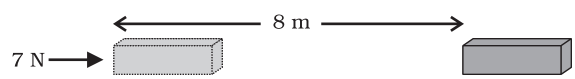
उदाहरण 10.1 किसी वस्तु पर 5 N बल लग रहा है। बल की दिशा में वस्तु 2 m विस्थापित होती है (चित्र 10.2)। यदि विस्थापन होते समय लगातार वस्तु पर बल लगता रहे, तो समीकरण (10.1) के अनुसार किया गया कार्य होगा 5 N × 2 m =10 N m या 10 J।



चित्र 10.2

प्रश्न

1. *किसी वस्तु पर 7 N का बल लगता है। मान लीजिए बल की दिशा में विस्थापन 8 m है (चित्र 10.3)। मान लीजिए वस्तु के विस्थापन के समय लगातार वस्तु पर बल लगता रहता है। इस स्थिति में किया गया कार्य कितना होगा?*

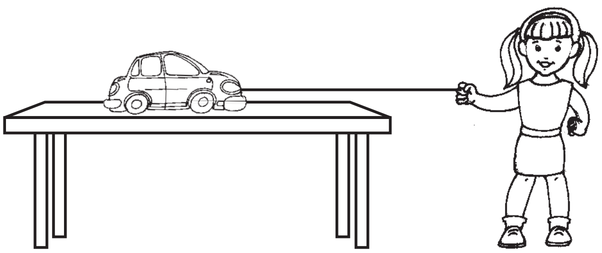


चित्र 10.3

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

एक अन्य स्थिति पर विचार करें जिसमें बल तथा विस्थापन एक ही दिशा में है; एक बच्चा किसी खिलौना कार को चित्र 10.4 में दर्शाए अनुसार धरती के समानांतर खींच रहा है। बच्चे ने कार के विस्थापन की दिशा में बल लगाया है। इस स्थिति में किया गया कार्य बल तथा विस्थापन के गुणनफल के बराबर होगा। इस प्रकार की स्थिति में बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक माना जाता है।



चित्र 10.4

अब एक स्थिति पर विचार करें जिसमें कि एक वस्तु समान वेग से किसी नियत दिशा में गति कर रही है और उस पर विपरीत दिशा में एक अवमंदक बल, F, आरोपित किया जाता है, अर्थात्, दोनों दिशाओं के बीच 180^{o} का कोण बन रहा है। माना कि वस्तु s दूरी के विस्थापन के पश्चात रुक जाती है। ऐसी स्थिति में बल F द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक माना जाता है और इसे ऋण चिह्न द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है। बल द्वारा किया गया कार्य $F \times (-s)$ या $(-F \times s)$ है।

जब बल विस्थापन की दिशा के विपरीत दिशा में लगता है तो किया गया कार्य ऋणात्मक होता है। जब बल विस्थापन की दिशा में लगता है तो किया गया कार्य धनात्मक होता है।

उपरोक्त विचार-विमर्श से यह स्पष्ट है कि किसी बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक अथवा ऋणात्मक, दोनों में से कोई एक, हो सकता है। इसे समझने के लिए आइए निम्नलिखित क्रियाकलाप करें:

क्रियाकलाप 10.4

- किसी वस्तु को ऊपर उठाइए। आपके द्वारा वस्तु पर लगाए गए बल के द्वारा कार्य किया गया। वस्तु ऊपर की ओर चलती है। आपके द्वारा लगाया गया बल विस्थापन की दिशा में है। तथापि वस्तु पर गुरुत्वीय बल भी कार्यरत है।
- इनमें से कौन-सा बल धनात्मक कार्य कर रहा है?
- कौन सा बल ऋणात्मक कार्य कर रहा है?
- कारण बताइए।

उदाहरण 10.2 एक कुली 15 kg का बोझ धरती से 1.5 m ऊपर उठाकर अपने सिर पर रखता है। उसके द्वारा बोझे पर किए गए कार्य का परिकलन कीजिए।

हल:

बोझ का द्रव्यमान $m = 15$ kg तथा

विस्थापन $s = 1.5$ m

किया गया कार्य $W = F \times s = mg \times s$

$= 15\ \text{kg} \times 10\ \text{m s}^{-2} \times 1.5\ \text{m}$

$= 225\ \text{kg m s}^{-2}\ \text{m}$

$= 225\ \text{N m} = 225\ \text{J}$

कुली द्वारा बोझे पर किया गया कार्य 225 J है।

प्रश्न

1. *हम कब कहते हैं कि कार्य किया गया है?*
2. *जब किसी वस्तु पर लगने वाला बल इसके विस्थापन की दिशा में हो तो किए गए कार्य का व्यंजक लिखिए।*
3. *1 J कार्य को परिभाषित कीजिए।*
4. *बैलों की एक जोड़ी खेत जोतते समय किसी हल पर 140 N बल लगाती है। जोता गया खेत 15 m लंबा है। खेत की लंबाई को जोतने में कितना कार्य किया गया?*

10.2 ऊर्जा

ऊर्जा के बिना जीवन असंभव है। ऊर्जा की आवश्यकता दिन प्रतिदिन बढ़ रही है। हमें ऊर्जा कहाँ से प्राप्त

Reprint 2025-26

होती है? सूर्य हमारे लिए ऊर्जा का सबसे बड़ा प्राकृतिक स्रोत है। हमारे ऊर्जा के बहुत-से स्रोत सूर्य से व्युत्पन्न होते हैं। हम परमाणुओं के नाभिकों से, पृथ्वी के आंतरिक भागों से तथा ज्वार-भाटों से भी ऊर्जा प्राप्त कर सकते हैं। क्या आप ऊर्जा के अन्य स्रोतों के बारे में सोच सकते हैं?

क्रियाकलाप 10.5

- ऊर्जा के कुछ स्रोतों को ऊपर दिया गया है। ऊर्जा के अनेक अन्य स्रोत भी हैं। उनकी सूची बनाइए।
- छोटे समूहों में विचार-विमर्श कीजिए कि किस प्रकार ऊर्जा के कुछ स्रोत सूर्य के कारण हैं।
- क्या ऊर्जा के कुछ ऐसे स्रोत भी हैं जो सूर्य के कारण नहीं हैं?

ऊर्जा शब्द का प्रयोग प्रायः हमारे दैनिक जीवन में होता रहता है किंतु विज्ञान में इसका एक निश्चित एवं परिशुद्ध अर्थ है। आइए, निम्नलिखित उदाहरणों पर विचार करें: जब तीव्र वेग से गतिशील क्रिकेट की गेंद स्थिर विकेटों से टकराती है, तो विकेट दूर जा गिरते हैं। इसी प्रकार, जब हम किसी वस्तु को किसी निश्चित ऊँचाई तक उठाते हैं तब उसमें कार्य करने की क्षमता समाहित हो जाती है। आपने अवश्य ही देखा होगा कि ऊँचाई तक उठाया गया हथौड़ा जब लकड़ी के किसी टुकड़े पर रखी हुई कील पर प्रहार करता है तो वह कील को लकड़ी में ठोक देता है। हमने बच्चों को खिलौनों (जैसे खिलौना कार) में चाबी भरते भी देखा है और जब यह खिलौना किसी फर्श पर रखा जाता है तो ये गति करने लगता है। जब किसी गुब्बारे में हवा भर कर उसे दबाते हैं तो उसकी आकृति में परिवर्तन होता है। यदि हम गुब्बारे को कम बल लगाकर दबाते हैं तो बल को हटाने पर यह अपनी मूल आकृति में वापस आ सकता है। किंतु यदि हम गुब्बारे को अधिक बल से दबाएँ तो यह विस्फोटक ध्वनि करते हुए फट भी सकता है। इन सभी उदाहरणों में वस्तुएँ, विभिन्न प्रकार से, कार्य करने की क्षमता अर्जित कर लेती हैं। यदि किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता है तो कहा जाता है कि इसमें ऊर्जा है। जो वस्तु कार्य करती है उसमें ऊर्जा की हानि होती है और जिस वस्तु पर कार्य किया जाता है उसमें ऊर्जा की वृद्धि होती है।

किसी वस्तु में यदि ऊर्जा है तो यह कैसे कार्य करती है? कोई वस्तु जिसमें ऊर्जा है तो वह दूसरी वस्तु पर बल लगा सकती है। जब ऐसा होता है तो ऊर्जा पहली वस्तु से दूसरी वस्तु में स्थानांतरित हो जाती है। दूसरी वस्तु क्योंकि कुछ ऊर्जा ग्रहण करती है इसलिए कुछ कार्य कर सकती है और इस प्रकार यह गति में आ सकती है। इस प्रकार पहली वस्तु में कार्य करने की क्षमता है। इसका अर्थ हुआ कि कोई भी वस्तु जिसमें ऊर्जा है, कार्य कर सकती है।

इस प्रकार किसी वस्तु में निहित ऊर्जा को उसकी कार्य करने की क्षमता के रूप में मापा जाता है। इसीलिए ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का है अर्थात जूल (J)। एक जूल कार्य करने के लिए आवश्यक ऊर्जा की मात्रा 1 J होती है। कभी-कभी ऊर्जा के बड़े मात्रक किलो जूल (kJ) का उपयोग किया जाता है। 1 kJ, 1000 J के बराबर होता है।

10.2.1 ऊर्जा के रूप

सौभाग्य से जिस संसार में हम रहते हैं उसमें ऊर्जा अनेक रूपों में विद्यमान है। विभिन्न रूपों में स्थितिज ऊर्जा, गतिज ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, विद्युत् ऊर्जा तथा प्रकाश ऊर्जा सम्मिलित हैं।

इसे सोचिए!

आप कैसे ज्ञात करेंगे कि कोई सत्ता (वस्तु जिसका अस्तित्व है) ऊर्जा का रूप है। अपने मित्रों तथा अध्यापकों से विचार-विमर्श कीजिए।

Reprint 2025-26

जेम्स प्रेसकॉट जूल (1818 — 1889)

जेम्स प्रेसकॉट जूल एक प्रतिभाशाली ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी थे। वे अपने विद्युत् तथा ऊष्मागतिकी के अनुसंधानों के लिए विशेष रूप से प्रसिद्ध हुए। अन्य विचारों के अतिरिक्त उन्होंने विद्युत् के ऊष्मीय प्रभाव के बारे में नियम बनाया। उन्होंने ऊर्जा संरक्षण नियम को प्रयोगात्मक रूप से सत्यापित किया तथा ऊष्मा के यांत्रिक तुल्यांक के मान की खोज़ की। ऊर्जा तथा कार्य के मात्रक का नाम जूल, उन्हीं के सम्मान में रखा गया है।

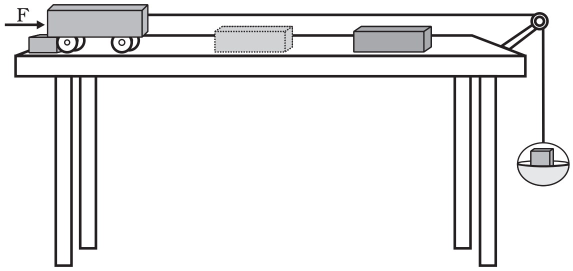
10.2.2 गतिज ऊर्जा

क्रियाकलाप 10.6

- एक भारी गेंद लीजिए। इसे रेत की मोटी परत (क्यारी) पर गिराइए। गीले रेत की सतह अच्छा कार्य करेगी। गेंद को रेत पर लगभग 25 cm की ऊँचाई से गिराइए। गेंद रेत में एक गर्त (गड्ढा) बना देती है।
- इस क्रियाकलाप को 50 cm, 1 m तथा 1.5 m की ऊँचाइयों से गेंद को गिराकर दोहराइए।
- सुनिश्चित कीजिए कि सभी गर्त सुस्पष्ट दिखाई दें।
- गेंद को गिराने की ऊँचाई के अनुसार सभी गर्तों पर निशान लगाएँ।
- उनकी गहराइयों की तुलना करें।
- इनमें से कौन-सी गर्त सबसे अधिक गहरी है।
- कौन-सा गड्ढा सबसे अधिक उथला है। ऐसा क्यों है?
- गेंद ने किस कारण से गहरा गड्ढा बनाया?
- विचार-विमर्श कीजिए तथा विश्लेषण कीजिए।

क्रियाकलाप 10.7

- चित्र 10.5 के अनुसार उपकरण सज्जित कीजिए।
- एक ज्ञात द्रव्यमान के लकड़ी के गुटके को



चित्र 10.5

ट्रॉली के सामने किसी सुविधाजनक निश्चित दूरी पर रखिए।
- पलड़े पर एक ज्ञात द्रव्यमान रखिए जिससे कि ट्रॉली गतिमान हो जाए।
- ट्रॉली आगे चलती है तथा लकड़ी के गुटके से टकराती है।
- मेज पर एक अवरोधक इस प्रकार लगाइए कि गुटके से टकराने के पश्चात् ट्रॉली वहीं रुक जाए।
- गुटका विस्थापित हो जाता है।
- गुटके के विस्थापन को मापिए। इसका अर्थ हुआ कि जैसे ही गुटके ने ऊर्जा ग्रहण की, ट्रॉली द्वारा गुटके पर कार्य किया गया।
- यह ऊर्जा कहाँ से आई?
- पलड़े पर रखे द्रव्यमान को बढ़ाकर इस प्रयोग को दोहराइए।
- किस अवस्था में विस्थापन अधिक है? किस अवस्था में किया गया कार्य अधिक होगा?
- इस क्रियाकलाप में गतिशील ट्रॉली कार्य करती है अत: इसमें ऊर्जा विद्यमान है।

एक चलती हुई वस्तु कार्य कर सकती है। एक तेज़ चलती वस्तु, अपने सदृश अपेक्षाकृत धीमी चलती हुई वस्तु से अधिक कार्य कर सकती है। एक गतिशील गोली, बहती हुई हवा, घूमता हुआ पहिया, एक गतिशील पत्थर, ये सभी कार्य कर सकते हैं। गोली लक्ष्य को कैसे भेद पाती है? बहती हुई हवा पवन चक्की की पंखुड़ियों को कैसे घुमा पाती है? गतिशील वस्तुओं में ऊर्जा होती है।

गिरता हुआ नारियल, गतिशील कार, लुढ़कता हुआ पत्थर, उड़ता हुआ हवाई जहाज, बहता हुआ

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

पानी, बहती हुई हवा, दौड़ता हुआ खिलाड़ी आदि सभी में गतिज ऊर्जा विद्यमान है। संक्षेप में, किसी वस्तु में उसकी गति के कारण निहित ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं। किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा उसकी चाल के साथ बढ़ती है।

किसी गतिशील वस्तु में उसकी गति के कारण कितनी ऊर्जा निहित होती है। परिभाषा के अनुसार हम कह सकते हैं कि किसी निश्चित वेग से गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा उस वस्तु पर इस वेग को प्राप्त करने के लिए किए गए कार्य के बराबर है।

आइए अब किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा को एक समीकरण के रूप में व्यक्त करें। मान लीजिए m द्रव्यमान की एक वस्तु एकसमान वेग u से गतिशील है। अब मान लीजिए जब इस पर एक नियत बल F विस्थापन की दिशा में लगता है तो वस्तु s दूरी तक विस्थापित हो जाती है। समीकरण (10.1) से, किया गया कार्य W, $F\,s$ के बराबर है। वस्तु पर किए गए कार्य के कारण इसके वेग में परिवर्तन होगा। मान लीजिए कि इसका वेग u से v हो जाता है। मान लीजिए उत्पन्न हुए त्वरण का मान a है।

अनुभाग 7.5 में, हमने गति के तीन समीकरणों के बारे में अध्ययन किया है। एकसमान त्वरण a से गतिशील किसी वस्तु के प्रारंभिक वेग (u), अंतिम वेग (v) तथा विस्थापन s के बीच निम्न संबंध है

$$v^2 - u^2 = 2a\,s. \qquad (7.7)$$

या

$$s = \frac{v^2 - u^2}{2a} \qquad (10.2)$$

अनुभाग 8.4 से, हमें ज्ञात है कि $F = m\,a$ । इस प्रकार समीकरण (10.2) को समीकरण (10.1) में रखने पर हम बल F द्वारा किए गए कार्य को लिख सकते हैं

$$W = m\,a \times \frac{v^2 - u^2}{2a}$$

अथवा

$$W = \frac{1}{2} m \left(v^2 - u^2\right) \qquad (10.3)$$

यदि वस्तु की गति अपनी विराम अवस्था से प्रारंभ होती है, अर्थात् $u = 0$, तब

$$W = \frac{1}{2} m\,v^2 \qquad (10.4)$$

यह स्पष्ट है कि किया गया कार्य वस्तु की गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर है।

यदि $u = 0$, किया गया कार्य होगा $\frac{1}{2} m\,v^2$ ।

अतः m द्रव्यमान की तथा एकसमान वेग v से गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा का मान

$$E_k = \frac{1}{2} m\,v^2 \qquad (10.5)$$

उदाहरण 10.3 15 kg द्रव्यमान की एक वस्तु 4 m s^{-1} के एकसमान वेग से गतिशील है। वस्तु की गतिज ऊर्जा कितनी होगी?

हलः

वस्तु का द्रव्यमान $m = 15$ kg,
वस्तु का वेग $v = 4 \text{ m s}^{-1}$
समीकरण (10.5) से

$$E_k = \frac{1}{2} m\,v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-1} \times 4 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 120 \text{ J}$$

वस्तु की गतिज ऊर्जा 120 J है।

उदाहरण 10.4 यदि किसी कार का द्रव्यमान 1500 kg है तो उसके वेग को 30 km h^{-1} से 60 km h^{-1} तक बढ़ाने में कितना कार्य करना पड़ेगा?

हलः

कार का द्रव्यमान m = 1500 kg
कार का प्रारंभिक वेग $u = 30 \text{ km h}^{-1}$

© NCERT not to be republished
Reprint 2025-26

$$= \frac{30 \times 1000\,\text{m}}{60 \times 60\,\text{s}}$$

$$= 25/3\ \text{m s}^{-1}$$

इसी प्रकार कार का अंतिम वेग

$$v = 60\ \text{km h}^{-1} = 50/3\ \text{m s}^{-1}$$

इसलिए कार की प्रारंभिक गतिज ऊर्जा

$$E_{ki} = \frac{1}{2} m u^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1500\ \text{kg} \times (25/3\ \text{m s}^{-1})^2$$

$$= 156250/3\ \text{J}$$

इसी प्रकार, कार की अंतिम गतिज ऊर्जा

$$E_{kf} = \frac{1}{2} \times 1500\ \text{kg} \times (50/3\ \text{m s}^{-1})^2$$

$$= 625000/3\ \text{J}$$

अतः किया गया कार्य = गतिज ऊर्जा में परिवर्तन

$$= E_{kf} - E_{ki}$$

$$= 156250\ \text{J}$$

प्रश्न

1. *किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा क्या होती है?*
2. *किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा के लिए व्यंजक लिखो।*
3. *$5\ \text{m s}^{-1}$ के वेग से गतिशील किसी m द्रव्यमान की वस्तु की गतिज ऊर्जा $25\ \text{J}$ है। यदि इसके वेग को दोगुना कर दिया जाए तो इसकी गतिज ऊर्जा कितनी हो जाएगी? यदि इसके वेग को तीनगुना बढ़ा दिया जाए तो इसकी गतिज ऊर्जा कितनी हो जाएगी?*

10.2.3 स्थितिज ऊर्जा

क्रियाकलाप 10.8

- एक रबड़ बैंड (रबड़ का छल्ला) लीजिए।
- इसके एक सिरे को पकड़कर दूसरे सिरे से खींचिए। छल्ला खिंच जाता है।
- छल्ले के एक सिरे को छोड़िए।
- क्या होता है?
- छल्ला अपनी प्रारंभिक लंबाई प्राप्त करने का प्रयत्न करेगा। स्पष्ट है कि छल्ले ने अपनी खिंची हुई स्थिति में कुछ ऊर्जा उपार्जित कर ली है।
- खींचने पर यह ऊर्जा किस प्रकार उपार्जित कर लेता है?

क्रियाकलाप 10.9

- एक स्लिंकी लीजिए।
- निम्न चित्र में दशाये अनुसार अपने मित्र से इसके एक सिरे को पकड़ने के लिए कहिए। आप दूसरे सिरे को पकड़िए तथा अपने मित्र से दूर चले जाइए।

- अब आप स्लिंकी को छोड़ दीजिए।
- क्या होता है?
- खींचने पर स्लिंकी ने किस प्रकार ऊर्जा उपार्जित की?
- क्या संपीडित करने पर भी स्लिंकी ऊर्जा उपार्जित करेगी?

क्रियाकलाप 10.10

- एक खिलौना कार लीजिए। इसमें चाबी भरिए।
- कार को जमीन पर रखिए।
- क्या ये चलती है?
- इसने ऊर्जा कहाँ से उपार्जित की।
- क्या उपार्जित ऊर्जा, चाबी द्वारा भरे गये लपेटनों की संख्या पर निर्भर है?
- आप इसकी जाँच कैसे कर सकते हैं?

क्रियाकलाप 10.11

- किसी वस्तु को एक निश्चित ऊँचाई तक उठाइए।
- वस्तु अब कार्य कर सकती है। छोड़ने पर यह नीचे गिरने लगती है। इसका अर्थ है कि इसने कुछ ऊर्जा उपार्जित कर ली है।
- अधिक ऊँचा उठाने पर यह अधिक कार्य कर सकती है और इस प्रकार इसमें अधिक ऊर्जा विद्यमान हो जाती है।
- इसे ऊर्जा कहाँ से प्राप्त होती है? सोचिए तथा विचार-विमर्श कीजिए।

© NCERT not to be republished

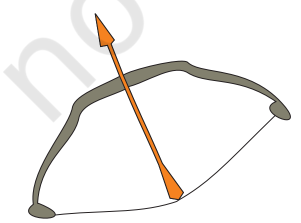
Reprint 2025-26

उपरोक्त परिस्थितियों में, वस्तु पर किए गए कार्य के कारण इसमें ऊर्जा संचित हो जाती है। किसी वस्तु को स्थानांतरित की गई ऊर्जा इसमें स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित रहती है यदि यह वस्तु की चाल या वेग में परिवर्तन करने के लिए उपयोग में नहीं आती है। वस्तु कार्य करने के लिए स्थिति प्राप्त कर लेती है।

जब आप किसी रबड़ बैंड को खींचते हैं तो आप कुछ ऊर्जा स्थानांतरित करते हैं। बैंड में स्थानांतरित की गई ऊर्जा इसमें स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है। किसी खिलौना कार से चाबी भरते समय आप कार्य करते हैं। इसके अंदर कमानी में स्थानांतरित की गई ऊर्जा स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है। किसी वस्तु द्वारा इसकी स्थिति अथवा विन्यास में परिवर्तन के कारण प्राप्त ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।

क्रियाकलाप 10.12

- बाँस की एक खपच्ची लीजिए और इससे चित्र 10.6 में दिखाए अनुसार एक धनुष बनाइए।
- किसी हलकी डंडी का एक तीर बनाइए।
- तीर का एक सिरा धनुष की तानित डोरी पर रखिए।
- अब डोरी को खींचिए और तीर को मुक्त कीजिए।
- तीर को धनुष से दूर जाते हुए देखिए।
- धनुष की आकृति में परिवर्तन पर ध्यान दीजिए।
- धनुष की आकृति में परिवर्तन के कारण उसमें संचित स्थितिज ऊर्जा, तीर को गतिज ऊर्जा प्रदान करती है जिससे तीर गतिशील होकर दूर जा गिरता है।



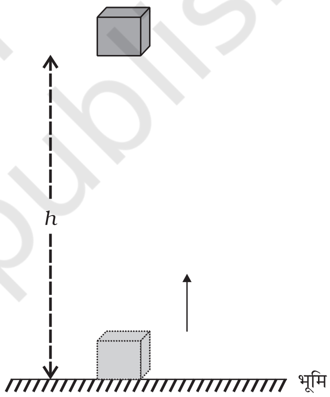
***चित्र 10.6:** धनुष की तानित डोरी पर रखा तीर*

10.2.4 किसी ऊँचाई पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा

वस्तु को किसी ऊँचाई तक उठाने में उसकी ऊर्जा में वृद्धि होती है। इसका कारण है कि इसको ऊपर उठाने में इस पर गुरुत्व बल के विरुद्ध कार्य किया जाता है। इस प्रकार की वस्तु में विद्यमान ऊर्जा उसकी गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा है।

भूमि से ऊपर किसी बिंदु पर किसी वस्तु की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा को, वस्तु को भूमि से उस बिंदु तक उठाने में गुरुत्वीय बल के विरुद्ध किए गए कार्य द्वारा परिभाषित करते हैं।

किसी ऊँचाई पर किसी वस्तु के गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा के व्यंजक को ज्ञात करना सरल है।



***चित्र** 10.7*

एक m द्रव्यमान की वस्तु के बारे में विचार कीजिए। मान लीजिए इसे धरती से h ऊँचाई तक ऊपर उठाया जाता है। ऐसा करने के लिए एक बल की आवश्यकता है। वस्तु को उठाने के लिए आवश्यक न्यूनतम बल वस्तु के भार के बराबर अर्थात् mg है। वस्तु में इस पर किए गए कार्य के बराबर ऊर्जा उपार्जित होगी। मान लीजिए कि वस्तु पर गुरुत्वीय बल के विरुद्ध किया गया कार्य W है। तब,

किया गया कार्य W = बल × विस्थापन

$= mg \times h$

$= mgh$

© NCERT not to be republished

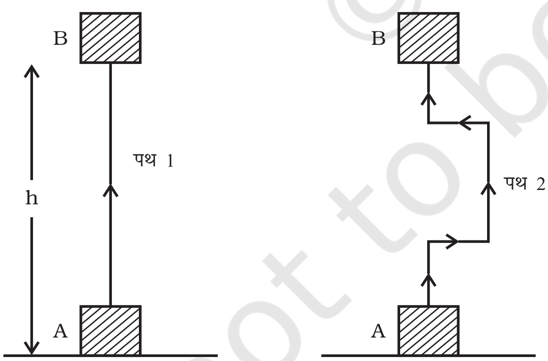
क्योंकि वस्तु पर किया गया कार्य *mgh* के बराबर है, इसलिए वस्तु को *mgh* इकाई के बराबर ऊर्जा उपार्जित होगी। यह वस्तु की स्थितिज ऊर्जा (E_p) है।

$$E_p = mgh \qquad (10.6)$$

इसे भी जानें

वस्तु की किसी ऊँचाई पर स्थितिज ऊर्जा भूमि तल या आपके द्वारा चुने गए शून्य तल पर निर्भर है। किसी वस्तु के लिए दी हुई स्थिति के लिए एक तल के सापेक्ष स्थितिज ऊर्जा का कोई विशेष मान हो सकता है और किसी दूसरे तल के सापेक्ष स्थितिज ऊर्जा का कोई दूसरा मान हो सकता है।

यह ध्यान देने योग्य बात है कि गुरुत्वीय बल द्वारा किया गया कार्य वस्तु की प्रारंभिक तथा अंतिम स्थितियों की ऊर्ध्वाधर ऊँचाइयों के अंतर पर निर्भर है न कि उस रास्ते पर जिस पर कि वस्तु ने गति की है। चित्र 10.8 में ऐसी स्थिति दिखाई गई है जहाँ एक गुटका स्थिति A से स्थिति B तक दो विभिन्न पथों से पहुँचाया गया है। मान लीजिए ऊँचाई AB = *h* । दोनों ही स्थितियों में वस्तु पर किया गया कार्य *mgh* है।



चित्र 10.8

उदाहरण 10.5 10 kg द्रव्यमान की एक वस्तु को धरती से 6 m की ऊँचाई तक उठाया गया है। इस वस्तु में विद्यमान ऊर्जा का परिकलन कीजिए। *g* का मान 9.8 m s^{-2} है।

हल:

वस्तु का द्रव्यमान m = 10 kg,
विस्थापन (ऊँचाई) h = 6 m तथा
गुरुत्वीय त्वरण g = 9.8 m s^{-2}.
समीकरण (10.6) से

$$\text{स्थितिज ऊर्जा} = mgh$$
$$= 10\ \text{kg} \times 9.8\ \text{m s}^{-2} \times 6\ \text{m}$$
$$= 588\ \text{J}.$$

स्थितिज ऊर्जा 588 J है।

उदाहरण 10.6 12 kg द्रव्यमान की एक वस्तु धरती से एक निश्चित ऊँचाई पर स्थित है। यदि वस्तु की स्थितिज ऊर्जा 480 J है तो वस्तु की धरती के सापेक्ष ऊँचाई ज्ञात कीजिए। दिया है, परिकलन में सरलता के लिए *g* का मान 10 m s^{-2} लें।

हल :

वस्तु का द्रव्यमान m = 12 kg,
स्थितिज ऊर्जा E_p = 480 J.

$$E_p = mgh$$
$$480\ \text{J} = 12\ \text{kg} \times 10\ \text{m s}^{-2} \times h$$
$$h = \frac{480\ \text{J}}{120\ \text{kg m s}^{-2}}$$
$$= 4\ \text{m}.$$

वस्तु 4 m की ऊँचाई पर स्थित है।

10.2.5 क्या ऊर्जा के विभिन्न रूप परस्पर परिवर्तनीय हैं?

क्या हम ऊर्जा का एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरण कर सकते हैं? प्रकृति में हमें ऊर्जा रूपांतरण के अनेक उदाहरण देखने को मिलते हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

क्रियाकलाप 10.13

- छोटे समूहों में बैठिए।
- प्रकृति में ऊर्जा रूपांतरण की विभिन्न विधियों पर विचार करें।
- अपने समूह में निम्न प्रश्नों के बारे में विचार-विमर्श कीजिए:
  (i) हरे पौधे खाना कैसे बनाते हैं?
  (ii) उन्हें ऊर्जा कहाँ से प्राप्त होती है?
  (iii) वायु एक स्थान से दूसरे स्थान को क्यों बहती है?
  (iv) कोयला तथा पेट्रोलियम जैसे ईंधन कैसे बने?
  (v) किस प्रकार के ऊर्जा रूपांतरण जल चक्र को बनाए रखते हैं?

क्रियाकलाप 10.14

- अनेक मानव क्रियाकलापों तथा हमारे द्वारा उपयोग किए जाने वाले जुगतों में ऊर्जा रूपांतरण सम्मिलित है।
- इस प्रकार के क्रियाकलापों तथा जुगतों की एक सूची बनाइए।
- प्रत्येक क्रियाकलाप या जुगत में पहचानिए कि किस प्रकार का ऊर्जा रूपांतरण हो रहा है।

10.2.6 ऊर्जा संरक्षण का नियम

क्रियाकलाप 10.13 तथा 10.14 में हमने सीखा कि ऊर्जा एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित हो सकती है। इस प्रक्रिया में निकाय की कुल ऊर्जा का क्या हुआ? ऊर्जा-रूपातरंण की अवस्था में निकाय की कुल ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है। यह ऊर्जा संरक्षण के नियमानुसार है। इस नियम के अनुसार, ऊर्जा केवल एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरित हो सकती है; न तो इसकी उत्पत्ति की जा सकती है और न ही विनाश। रूपांतरण के पहले व रूपांतरण के पश्चात् कुल ऊर्जा सदैव अचर रहती है। ऊर्जा संरक्षण का नियम प्रत्येक स्थिति तथा सभी प्रकार के रूपांतरणों में मान्य है।

एक सरल उदाहरण पर विचार कीजिए। मान लीजिए m द्रव्यमान की एक वस्तु h ऊँचाई से स्वतंत्रतापूर्वक गिराई जाती है। प्रारंभ में, स्थितिज ऊर्जा mgh है तथा गतिज ऊर्जा शून्य है। गतिज ऊर्जा शून्य क्यों है? यह शून्य है क्योंकि इसका प्रारंभिक वेग शून्य है। इस प्रकार वस्तु की कुल ऊर्जा mgh है। जब यह वस्तु गिरती है तो इसकी स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होगी। यदि किसी दिए हुए क्षण पर वस्तु का वेग v है तो गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ होगी। वस्तु जैसे-जैसे नीचे गिरती है, इसकी स्थितिज ऊर्जा कम होती जाती है तथा गतिज ऊर्जा बढ़ती जाती है। जब वस्तु धरती पर पहुँचने वाली होती है तो $h = 0$ होगा तथा इस अवस्था में वस्तु का अंतिम वेग v अधिकतम हो जाएगा। इसलिए अब गतिज ऊर्जा अधिकतम तथा स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम होगी। तथापि, सभी बिंदुओं पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा का योग समान रहता है। अर्थात्,

स्थितिज ऊर्जा + गतिज ऊर्जा = अचर,

या $$mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \text{अचर} \qquad (10.7)$$

किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा का योग उसकी कुल यांत्रिक ऊर्जा है।

हम देखते हैं कि किसी पिंड के मुक्त रूप से गिरते समय, इसके पथ में किसी बिंदु पर स्थितिज ऊर्जा में जितनी कमी होती है गतिज ऊर्जा में उतनी ही वृद्धि हो जाती है। (यहाँ पिंड की गति पर वायु प्रतिरोध के प्रभाव आदि की उपेक्षा की गई है।) इस प्रकार गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में निरंतर रूपांतरण हो रहा है।

क्रियाकलाप 10.15

- 20 kg द्रव्यमान का कोई पिंड 4 m की ऊँचाई से मुक्त रूप से गिराया जाता है। निम्न सारणी के अनुसार प्रत्येक स्थिति में स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा की गणना करके, सारणी में रिक्त स्थानों को भरिए।

Reprint 2025-26

ऊँचाई जहाँ पर पिंड स्थित है m	स्थितिज ऊर्जा ($E_p = mgh$) J	गतिज ऊर्जा ($E_k = mv^2/2$) J	$E_p + E_k$ J
4			
3			
2			
1			
भूमि से ठीक ऊपर			

- परिकलन में सुविधा के लिए *g* का मान 10 m s^{-2} लीजिए।

विचार कीजिए!

यदि प्रकृति में ऊर्जा रूपांतरण संभव नहीं होता तो क्या होता? एक विचार के अनुसार ऊर्जा रूपांतरण के बिना जीवन संभव नहीं हो पाता। क्या आप इससे सहमत हैं?

10.3 कार्य करने की दर

क्या हम सब एक ही दर से कार्य करते हैं? क्या मशीनें ऊर्जा का उपयोग तथा रूपांतरण समान दर से करती हैं? अभिकर्ता (एजेंट) जो ऊर्जा रूपांतर करते हैं, विभिन्न दरों से कार्य करते हैं। आइए इसे निम्न क्रियाकलाप से समझें।

क्रियाकलाप 10.16

- दो बच्चे, मान लीजिए A तथा B के बारे में विचार कीजिए। मान लीजिए दोनों का द्रव्यमान समान है। दोनों रस्से पर अलग-अलग चढ़ना प्रारंभ करते हैं। दोनों 8 m की ऊँचाई तक पहुँचते हैं। मान लीजिए इस कार्य को करने में A 15 s लेता है तथा B 20 s लेता है।
- प्रत्येक बच्चे द्वारा किया गया कार्य कितना है?
- किया गया कार्य समान है। तथापि A ने कार्य करने के लिए B की अपेक्षा कम समय लिया।
- किस बच्चे ने दिए हुए समय, मान लीजिए 1 s, में अधिक कार्य किया?

एक शक्तिशाली व्यक्ति किसी दिए हुए कार्य को अपेक्षाकृत कम समय में पूरा कर सकता है। अधिक शक्तिशाली वाहन कम शक्तिशाली वाहन की अपेक्षा हमें किसी यात्रा को कम समय में पूरी करा सकता है। हम मोटरबाइक तथा मोटरकार जैसी मशीनों की शक्ति के बारे में बात करते हैं। इन वाहनों के वर्गीकरण का आधार यह है कि ये कितनी तेज़ी से ऊर्जा परिवर्तन या कार्य करते हैं। शक्ति, किए गए कार्य की गति को मापती है, अर्थात् कार्य कितनी शीघ्रता या देर से किया गया। शक्ति की परिभाषा इस प्रकार है — कार्य करने की दर या ऊर्जा रूपांतरण की दर को शक्ति कहते हैं। यदि कोई अभिकर्ता (एजेन्ट) t समय में W कार्य करता है, तो शक्ति का मान होगा:

शक्ति = कार्य/समय

या $$P = \frac{W}{t}. \qquad (10.8)$$

शक्ति का मात्रक वाट है तथा इसका प्रतीक W है। (यह मात्रक जेम्स वाट (1736 — 1819) के सम्मान में रखा गया है।) 1 वाट उस अभिकर्ता (एजेंट) की शक्ति है जो 1 सेकंड में 1 जूल कार्य करता है। हम यह भी कह सकते हैं कि यदि ऊर्जा के उपयोग की दर 1 J s^{-1} हो तो शक्ति 1 W होगी।

1 वाट = 1 जूल/सेकंड या 1 W = 1 J s^{-1}

हम ऊर्जा स्थानांतरण की उच्च दरों को किलोवाट (kW) में व्यक्त करते हैं

1 किलोवाट = 1000 वाट

1 kW = 1000 W या 1000 J s^{-1}

किसी अभिकर्ता (एजेंट) की शक्ति समय के साथ बदल सकती है। इसका अर्थ है कि अभिकर्ता विभिन्न समय अंतरालों में विभिन्न दरों से कार्य कर सकता है। इसीलिए औसत शक्ति की अवधारणा लाभप्रद है। औसत शक्ति को हम कुल उपयोग की गई ऊर्जा को, कुल लिए गए समय से विभाजित कर प्राप्त कर सकते हैं।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

उदाहरण 10.7 दो लड़कियाँ जिनमें से प्रत्येक का भार 400 N है एक रस्से पर 8 m की ऊँचाई तक चढ़ती हैं। हम एक लड़की का नाम A रखते हैं तथा दूसरी का B। इस कार्य को पूरा करने में लड़की A, 20 s का समय लेती है जबकि लड़की B, 50 s का समय लेती है। प्रत्येक लड़की द्वारा व्यय की गई शक्ति का परिकलन कीजिए।

हल:

(i) लड़की A द्वारा व्यय की गई शक्ति :

लड़की का भार $mg = 400$ N

विस्थापन (ऊँचाई) $h = 8$ m

लिया गया समय $t = 20$ s

समीकरण (10.8) से,

शक्ति P = किया गया कार्य/लिया गया समय

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400 \text{ N} \times 8 \text{ m}}{20 \text{s}}$$

$$= 160 \text{ W}$$

(ii) लड़की B द्वारा व्यय की गई शक्ति:

लड़की का भार $mg = 400$ N

विस्थापन (ऊँचाई) $h = 8$ m

लिया गया समय $t = 50$ s

$$\text{शक्ति } P = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400 \text{ N} \times 8 \text{ m}}{50 \text{s}}$$

$$= 64 \text{ W}$$

लड़की A द्वारा व्यय की गई शक्ति 160 W है तथा लड़की B द्वारा व्यय की गई शक्ति 64 W है।

उदाहरण 10.8 50 kg द्रव्यमान का एक लड़का एक सोपान (जीना) पर दौड़कर 45 सीढ़ियाँ 9 s में चढ़ता है। यदि प्रत्येक सीढ़ी की ऊँचाई 15 cm हो तो उसकी शक्ति का परिकलन कीजिए। g का मान 10 m s^{-2} लीजिए।

हल:

लड़के का भार

$$mg = 50 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} = 500 \text{ N}$$

45 सीढ़ियों की कुल ऊँचाई

$$h = 45 \times 15/100 \text{ m} = 6.75 \text{ m}$$

चढ़ने में लगा कुल समय $t = 9$ s

समीकरण (10.8) से

शक्ति P = किया गया कार्य/लिया गया समय

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{500 \text{ N} \times 6.75 \text{ m}}{9 \text{s}}$$

$$= 375 \text{ W}$$

लड़के की शक्ति 375 W है।

प्रश्न

1. शक्ति क्या है?

2. 1 वाट शक्ति को परिभाषित कीजिए।

3. एक लैंप 1000 J विद्युत ऊर्जा 10 s में व्यय करता है। इसकी शक्ति कितनी है?

4. औसत शक्ति को परिभाषित कीजिए।

क्रियाकलाप 10.17

- अपने घर में, विद्युत् परिपथ में लगे विद्युत् मीटर को ध्यानपूर्वक देखिए।
- इसके लक्षणों का बारीकी से प्रेक्षण कीजिए।
  प्रतिदिन प्रातः तथा सायं 6.30 बजे मीटर का पाठ्यांक नोट करें।
- इस क्रियाकलाप को लगभग एक सप्ताह तक कीजिए।
- दिन के समय कितनी 'यूनिट' व्यय होती है?

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

- रात के समय कितनी 'यूनिट' व्यय होती है?
- अपने प्रेक्षणों को सारणीबद्ध कीजिए।
- अपने आँकड़ों से निष्कर्ष निकालिए।
- अपने प्रेक्षणों की तुलना विद्युत् के मासिक बिल में दिए गए विवरणों से कीजिए।

(किन्ही विशेष विद्युत उपकरणों द्वारा व्यय होने वाली विद्युत ऊर्जा का आंकलन भी किया जा सकता है। इसके लिए विभिन्न उपकरणों के ज्ञात वाटेज तथा उनके उपयोग के समयों को सारणीबद्ध कर किया जा सकता है।)

आपने क्या सीखा

- किसी पिंड पर किया गया कार्य, उस पर लगाए गए बल के परिमाण व बल की दिशा में उसके द्वारा तय की गई दूरी के गुणनफल से परिभाषित होता है। कार्य का मात्रक जूल है अर्थात 1 जूल = 1 न्यूटन × 1 मीटर।
- किसी पिंड का विस्थापन शून्य है तो बल द्वारा उस पिंड पर किया गया कार्य शून्य होगा।
- यदि किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता हो तो यह कहा जाता है कि उसमें ऊर्जा है। ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का है।
- किसी गतिमान पिंड में उसकी गति के कारण ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं। v वेग से गतिशील किसी m द्रव्यमान की वस्तु की गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ के बराबर होती है।
- वस्तु द्वारा उसकी स्थिति अथवा आकृति में परिवर्तन के कारण प्राप्त ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं। पृथ्वी के तल से h ऊँचाई तक उठाई गई किसी m द्रव्यमान की वस्तु की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा mgh होगी।
- ऊर्जा–संरक्षण नियम के अनुसार ऊर्जा का केवल एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरण हो सकता है। इसकी न तो उत्पत्ति की जा सकती है और न ही विनाश। रूपांतरण के पहले व रूपांतरण के पश्चात् कुल ऊर्जा सदैव अचर रहती है।
- प्रकृति में ऊर्जा विभिन्न रूपों में विद्यमान रहती है; जैसे – गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा आदि। किसी वस्तु की गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं के योग को उसकी कुल यांत्रिक ऊर्जा कहते हैं।
- कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। शक्ति का SI मात्रक वाट है। 1 W = 1 J/s

Reprint 2025-26

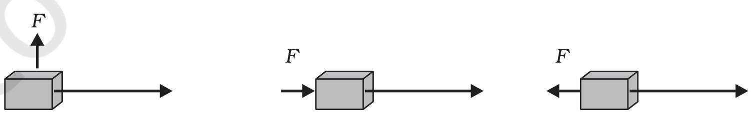
अभ्यास

1. निम्न सूचीबद्ध क्रियाकलापों को ध्यान से देखिए। अपनी कार्य शब्द की व्याख्या के आधार पर तर्क दीजिए कि इनमें कार्य हो रहा है अथवा नहीं।
   - सूमा एक तालाब में तैर रही है।
   - एक गधे ने अपनी पीठ पर बोझा उठा रखा है।
   - एक पवन चक्की (विंड मिल) कुएँ से पानी उठा रही है।
   - एक हरे पौधे में प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया हो रही है।
   - एक इंजन ट्रेन को खींच रहा है।
   - अनाज के दाने सूर्य की धूप में सूख रहे हैं।
   - एक पाल–नाव पवन ऊर्जा के कारण गतिशील है।
2. एक पिंड को धरती से किसी कोण पर फेंका जाता है। यह एक वक्र पथ पर चलता है और वापस धरती पर आ गिरता है। पिंड के पथ के प्रारंभिक तथा अंतिम बिंदु एक ही क्षैतिज रेखा पर स्थित हैं। पिंड पर गुरुत्व बल द्वारा कितना कार्य किया गया?
3. एक बैटरी बल्ब जलाती है। इस प्रक्रम में होने वाले ऊर्जा परिवर्तनों का वर्णन कीजिए।
4. 20 kg द्रव्यमान पर लगने वाला कोई बल इसके वेग को 5 m s^{-1} से 2 m s^{-1}. में परिवर्तित कर देता है। बल द्वारा किए गए कार्य का परिकलन कीजिए।
5. 10 kg द्रव्यमान का एक पिंड मेज़ पर A बिंदु पर रखा है। इसे B बिंदु तक लाया जाता है। यदि A तथा B को मिलाने वाली रेखा क्षैतिज है तो पिंड पर गुरुत्व बल द्वारा किया गया कार्य कितना होगा? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।
6. मुक्त रूप से गिरते एक पिंड की स्थितिज ऊर्जा लगातार कम होती जाती है। क्या यह ऊर्जा संरक्षण नियम का उल्लंघन करती है। कारण बताइए।
7. जब आप साइकिल चलाते हैं तो कौन–कौन से ऊर्जा रूपांतरण होते हैं?
8. जब आप अपनी सारी शक्ति लगा कर एक बड़ी चट्टान को धकेलना चाहते हैं और इसे हिलाने में असफल हो जाते हैं तो क्या इस अवस्था में ऊर्जा का स्थानांतरण होता है? आपके द्वारा व्यय की गई ऊर्जा कहाँ चली जाती है?
9. किसी घर में एक महीने में ऊर्जा की 250 'यूनिटें' व्यय हुईं। यह ऊर्जा जूल में कितनी होगी?
10. 40 kg द्रव्यमान का एक पिंड धरती से 5 m की ऊँचाई तक उठाया जाता है। इसकी स्थितिज ऊर्जा कितनी है? यदि पिंड को मुक्त रूप से गिरने दिया जाए

Reprint 2025-26

तो जब पिंड ठीक आधे रास्ते पर है उस समय इसकी गतिज ऊर्जा का परिकलन कीजिए। (g = 10 ms^{-2})

11. पृथ्वी के चारों ओर घूमते हुए किसी उपग्रह पर गुरुत्व बल द्वारा कितना कार्य किया जाएगा? अपने उत्तर को तर्कसंगत बनाइए।
12. क्या किसी पिंड पर लगने वाले किसी भी बल की अनुपस्थिति में, इसका विस्थापन हो सकता है? सोचिए। इस प्रश्न के बारे में अपने मित्रों तथा अध्यापकों से विचार–विमर्श कीजिए।
13. कोई मनुष्य भूसे के एक गट्ठर को अपने सिर पर 30 मिनट तक रखे रहता है और थक जाता है। क्या उसने कुछ कार्य किया या नहीं? अपने उत्तर को तर्कसंगत बनाइए।
14. एक विद्युत्–हीटर (ऊष्मक) की घोषित शक्ति 1500 W है। 10 घंटे में यह कितनी ऊर्जा उपयोग करेगा?
15. जब हम किसी सरल लोलक के गोलक को एक ओर ले जाकर छोड़ते हैं तो यह दोलन करने लगता है। इसमें होने वाले ऊर्जा परिवर्तनों की चर्चा करते हुए ऊर्जा संरक्षण के नियम को स्पष्ट कीजिए। गोलक कुछ समय पश्चात् विराम अवस्था में क्यों आ जाता है? अंततः इसकी ऊर्जा का क्या होता है? क्या यह ऊर्जा संरक्षण नियम का उल्लंघन है?
16. m द्रव्यमान का एक पिंड एक नियत वेग v से गतिशील है। पिंड पर कितना कार्य करना चाहिए कि यह विराम अवस्था में आ जाए?
17. 1500 kg द्रव्यमान की कार को जो 60 km/h के वेग से चल रही है, रोकने के लिए किए गए कार्य का परिकलन कीजिए।
18. निम्न में से प्रत्येक स्थिति में m द्रव्यमान के एक पिंड पर एक बल F लग रहा है। विस्थापन की दिशा पश्चिम से पूर्व की ओर है जो एक लंबे तीर से प्रदर्शित की गई है। चित्रों को ध्यानपूर्वक देखिए और बताइए कि किया गया कार्य ऋणात्मक है, धनात्मक है या शून्य है।



19. सोनी कहती है कि किसी वस्तु पर त्वरण शून्य हो सकता है चाहे उस पर कई बल कार्य कर रहे हों। क्या आप उससे सहमत हैं? बताइए क्यों?
20. चार युक्तियाँ, जिनमें प्रत्येक की शक्ति 500 W है 10 घंटे तक उपयोग में लाई जाती हैं। इनके द्वारा व्यय की गई ऊर्जा जूल में परिकलित कीजिए।
21. मुक्त रूप से गिरता एक पिंड अंततः धरती तक पहुँचने पर रूक जाता है। इसकी गतिज ऊर्जा का क्या होता है?

Reprint 2025-26

अध्याय 11

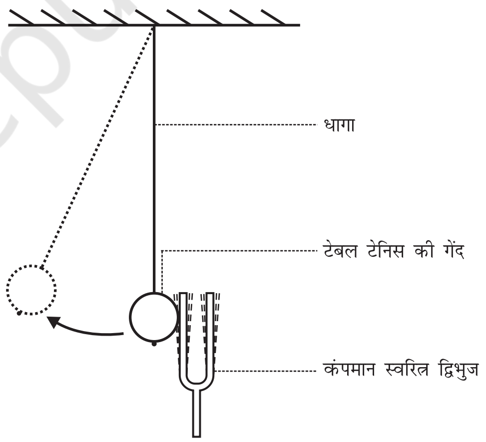
ध्वनि
(Sound)

हम प्रतिदिन विभिन्न स्रोतों; जैसे मानवों, पक्षियों, घंटियों, मशीनों, वाहनों, टेलिविज़न, रेडियो आदि की ध्वनि सुनते हैं। ध्वनि ऊर्जा का एक रूप है जो हमारे कानों में श्रवण का संवेदन उत्पन्न करती है। ऊर्जा के अन्य रूप भी हैं; जैसे यांत्रिक ऊर्जा, प्रकाश ऊर्जा, आदि। पिछले अध्यायों में आप यांत्रिक ऊर्जा का अध्ययन कर चुके हैं। आपको ऊर्जा संरक्षण के बारे में ज्ञात है। इसके अनुसार आप ऊर्जा को न तो उत्पन्न कर सकते हैं और न ही उसका विनाश कर सकते हैं। आप इसे केवल एक से दूसरे रूप में रूपांतरित कर सकते हैं। जब आप ताली बजाते हैं तो ध्वनि उत्पन्न होती है। क्या आप अपनी ऊर्जा का उपयोग किए बिना ध्वनि उत्पन्न कर सकत हैं? ध्वनि उत्पन्न करने के लिए आपने ऊर्जा के किस रूप का उपयोग किया? इस अध्याय में हम सीखेंगे कि ध्वनि कैसे उत्पन्न होती है और किसी माध्यम में यह किस प्रकार संचरित होकर हमारे कानों द्वारा ग्रहण की जाती है।

11.1 ध्वनि का उत्पादन

क्रियाकलाप 11.1

- एक स्वरित्र द्विभुज लीजिए और इसकी किसी भुजा को एक रबड़ के पैड पर मार कर इसे कंपित कराइए।
- इसे अपने कान के समीप लाइए।
- क्या आप कोई ध्वनि सुन पाते हैं? कंपमान स्वरित्र द्विभुज की एक भुजा को अपनी अंगुली से स्पर्श कीजिए और अपने अनुभव को अपने मित्रों के साथ बाँटिए।
- अब एक टेबल टेनिस या एक छोटी प्लास्टिक की गेंद को एक धागे की सहायता से किसी आधार से लटकाइए (एक लंबी सूई और धागा लीजिए। धागे के एक सिरे पर एक गाँठ लगाइए और सूई की सहायता से धागे को गेंद में पिरोइए)। पहले कंपन न करते हुए स्वरित्र द्विभुज की एक भुजा से गेंद को स्पर्श कीजिए। फिर कंपन करते हुए स्वरित्र द्विभुज की एक भुजा से गेंद को स्पर्श कीजिए (चित्र 11.1)।
- देखिए क्या होता है? अपने मित्रों के साथ विचार-विमर्श कीजिए और दोनों अवस्थाओं में अंतर की व्याख्या करने का प्रयत्न कीजिए।



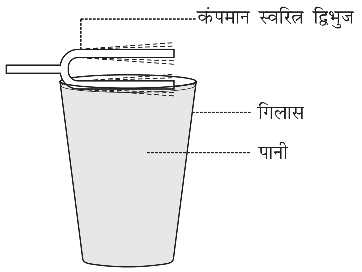
चित्र 11.1: कंपमान स्वरित्र द्विभुज लटकी हुई टेबल टेनिस की गेंद को स्पर्श करते हुए

क्रियाकलाप 11.2

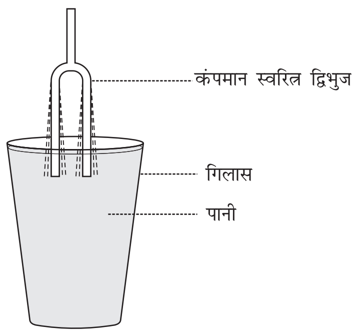
- एक बीकर या गिलास को ऊपर तक पानी से भरिए। कंपमान स्वरित्र द्विभुज की एक भुजा को चित्र 11.2 में दर्शाए अनुसार पानी की सतह से स्पर्श कराइए।

© NCERT not to be republished

- अब चित्र 11.3 में दर्शाए अनुसार कंपमान स्वरित्र द्विभुज की दोनों भुजाओं को पानी में डुबोइए।
- देखिए कि दोनों अवस्थाओं में क्या होता है?
- अपने साथियों के साथ विचार-विमर्श कीजिए कि ऐसा क्यों होता है?



चित्र 11.2: *कंपमान स्वरित्र द्विभुज की एक भुजा पानी की सतह को स्पर्श करते हुए*



चित्र 11.3: *कंपमान स्वरित्र द्विभुज की दोनों भुजाएँ पानी में डूबी हुई*

उपरोक्त क्रियाकलापों से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? क्या आप किसी कंपमान वस्तु के बिना ध्वनि उत्पन्न कर सकते हैं?

अब तक वर्णित क्रियाकलापों में हमने स्वरित्र द्विभुज से आघात द्वारा ध्वनि उत्पन्न की। हम विभिन्न वस्तुओं में घर्षण द्वारा, खुरच कर, रगड़ कर, वायु फूँक कर या उनको हिलाकर ध्वनि उत्पन्न कर सकते हैं। इन क्रियाकलापों में हम क्या करते हैं? हम वस्तु को कंपमान करते हैं और ध्वनि उत्पन्न करते हैं। कंपन का अर्थ होता है किसी वस्तु का तेज़ी से बार-बार इधर-उधर गति करना। मनुष्यों में वाकध्वनि उनके वाक-तंतुओं के कंपित होने के कारण उत्पन्न होती है। जब कोई पक्षी अपने पंख को फड़फड़ाता है तो क्या आप कोई ध्वनि सुनते हैं? क्या आप जानते हैं कि मक्खी भिनभिनाने की ध्वनि कैसे उत्पन्न करती है? एक खींचे हुए रबड़ के छल्ले को बीच में से खींच कर छोड़ने पर यह कंपन करता है और ध्वनि उत्पन्न करता है। यदि आपने कभी ऐसा नहीं किया है तो इसे कीजिए और तनी हुई रबड़ के छल्ले के कंपनों को देखिए।

क्रियाकलाप ***11.3***

- विभिन्न वाद्य यंत्रों की सूची बनाइए और अपने मित्रों के साथ विचार-विमर्श कीजिए कि ध्वनि उत्पन्न करने के लिए इन वाद्य यंत्रों का कौन-सा भाग कंपन करता है।

11.2 ध्वनि का संचरण

हम जानते हैं कि ध्वनि कंपन करती हुई वस्तुओं द्वारा उत्पन्न होती है। द्रव्य या पदार्थ जिससे होकर ध्वनि संचरित होती है, माध्यम कहलाता है। यह ठोस, द्रव या गैस हो सकता है। स्रोत से उत्पन्न होकर ध्वनि सुनने वाले तक किसी माध्यम से होकर पहुँचती है। जब कोई वस्तु कंपन करती है तो यह अपने चारों ओर विद्यमान माध्यम के कणों को कंपमान कर देती है। ये कण कंपमान वस्तु से हमारे कानों तक स्वयं गति कर नहीं पहुँचते। सबसे पहले कंपमान वस्तु के संपर्क में रहने वाले माध्यम के कण अपनी संतुलित अवस्था से विस्थापित होते हैं। ये अपने समीप के कणों पर एक बल लगाते हैं। जिसके फलस्वरूप निकटवर्ती कण अपनी विरामावस्था से विस्थापित हो जाते हैं। निकटवर्ती कणों को विस्थापित करने के पश्चात् प्रारंभिक कण अपनी मूल अवस्थाओं में वापस लौट आते हैं। माध्यम में यह प्रक्रिया तब तक चलती रहती है जब तक कि ध्वनि आपके कानों तक नहीं पहुँच जाती है। माध्यम में ध्वनि द्वारा उत्पन्न

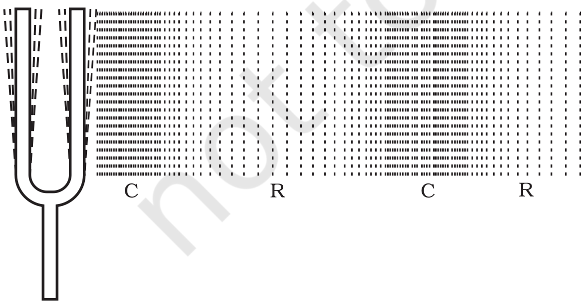
© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

विक्षोभ (माध्यम के कण नहीं) माध्यम से होता हुआ संचरित होता है।

तरंग एक विक्षोभ है जो किसी माध्यम से होकर गति करता है और माध्यम के कण निकटवर्ती कणों में गति उत्पन्न कर देते हैं। ये कण इसी प्रकार की गति अन्य कणों में उत्पन्न करते हैं। माध्यम के कण स्वयं आगे नहीं बढ़ते, लेकिन विक्षोभ आगे बढ़ जाता है। किसी माध्यम में ध्वनि के संचरण के समय ठीक ऐसा ही होता है। इसलिए ध्वनि को तरंग के रूप में जाना जा सकता है। ध्वनि तरंगें माध्यम के कणों की गति द्वारा अभिलक्षित की जाती हैं और यांत्रिक तरंगें कहलाती हैं।

ध्वनि के संचरण के लिए वायु सबसे अधिक सामान्य माध्यम है। जब कोई कंपमान वस्तु आगे की ओर कंपन करती है तो अपने सामने की वायु को धक्का देकर संपीडित करती है और इस प्रकार एक उच्च दाब का क्षेत्र उत्पन्न होता है। इस क्षेत्र को संपीडन (C) कहते हैं (चित्र 11.4)। यह संपीडन कंपमान वस्तु से दूर आगे की ओर गति करता है। जब कंपमान वस्तु पीछे की ओर कंपन करती है तो एक निम्न दाब का क्षेत्र उत्पन्न होता है जिसे विरलन (R) कहते हैं (चित्र 11.4)। जब वस्तु कंपन करती है अर्थात आगे और पीछे तेज़ी से गति करती है तो वायु में संपीडन और विरलन की एक श्रेणी बन जाती है। यही संपीडन और विरलन ध्वनि तरंग बनाते हैं जो माध्यम से होकर संचरित होती है। संपीडन उच्च दाब



***चित्र 11.4:** कंपमान वस्तु किसी माध्यम में संपीडन (C) तथा विरलन (R) की श्रेणी उत्पन्न करते हुए*

का क्षेत्र है और विरलन निम्न दाब का क्षेत्र है। दाब किसी माध्यम के दिए हुए आयतन में कणों की संख्या से संबंधित है। किसी माध्यम में कणों का अधिक घनत्व अधिक दाब को और कम घनत्व कम दाब को दर्शाता है। इस प्रकार ध्वनि का संचरण घनत्व परिवर्तन के संचरण के रूप में भी देखा जा सकता है।

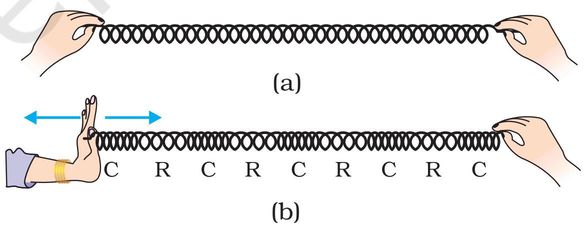
प्रश्न

1. किसी माध्यम में ध्वनि द्वारा उत्पन्न विक्षोभ आपके कानों तक कैसे पहुँचता है?

11.2.1 ध्वनि तरंगें अनुदैर्घ्य तरंगें हैं

क्रियाकलाप 11.4

- एक स्लिंकी लीजिए। अब स्लिंकी को चित्र 11.5 (a) में दर्शाए अनुसार खींचिए। अपने मित्र की ओर स्लिंकी को एक तीव्र झटका दें।
- आप क्या देखते हैं? यदि आप अपने हाथ से स्लिंकी को लगातार आगे-पीछे बारी-बारी से धक्का देते और खींचते रहें, तो आप क्या देखेंगे?



***चित्र 11.5:** स्लिंकी में अनुदैर्घ्य तरंग*

- यदि आप स्लिंकी पर एक चिह्न लगा दें, तो आप देखेंगे कि स्लिंकी पर लगा चिह्न विक्षोभ के संचरण की दिशा के समांतर आगे-पीछे गति करता है।

उन क्षेत्रों को जहाँ स्लिंकी की कुंडलियाँ पास-पास आ जाती हैं संपीडन (C) और उन क्षेत्रों को जहाँ कुंडलियाँ दूर-दूर हो जाती हैं विरलन (R) कहते हैं। आप जानते हैं कि किसी माध्यम में ध्वनि संपीडनों तथा

Reprint 2025-26

विरलनों के रूप में संचरित होती है। अब आप किसी स्लिंकी में विक्षोभ के संचरण तथा किसी माध्यम में विक्षोभ की तुलना कर सकते हैं। ये तरंगें अनुदैर्ध्य तरंगें कहलाती हैं। इन तरंगों में माध्यम के कणों का विस्थापन विक्षोभ के संचरण की दिशा के समांतर होता है। कण एक स्थान से दूसरे स्थान तक गति नहीं करते लेकिन अपनी विराम अवस्था से आगे–पीछे दोलन करते हैं। ठीक इसी प्रकार ध्वनि तरंगें संचरित होती हैं, अतएव ध्वनि तरंगें अनुदैर्ध्य तरंगें हैं।

यदि आप स्लिंकी के अपने हाथ में पकड़े सिरे को आगे–पीछे धक्का न देकर दाएँ–बाएँ हिलाएँ तब भी आपको स्लिंकी में तरंग उत्पन्न होती दिखाई देगी। इस तरंग में कण तरंग संचरण की दिशा में कंपन नहीं करते लेकिन तरंग के चलने की दिशा के लंबवत् अपनी विराम अवस्था के ऊपर–नीचे कंपन करते हैं। इस प्रकार की तरंग को अनुप्रस्थ तरंग कहते हैं। इस प्रकार अनुप्रस्थ तरंग वह तरंग है जिसमें माध्यम के कण अपनी माध्य स्थितियों पर तरंग के संचरण की दिशा के लंबवत् गति करते हैं। किसी तालाब में पत्थर का टुकड़ा फेंकने पर जल की सतह पर दिखाई देने वाली तरंगें अनुप्रस्थ तरंग का एक उदाहरण है। प्रकाश भी अनुप्रस्थ तरंग है। किंतु प्रकाश में दोलन माध्यम के कणों या उनके दाब या घनत्व के नहीं होते। प्रकाश तरंगें यांत्रिक तरंगें नहीं हैं। आप अनुप्रस्थ तरंगों के बारे में अधिक जानकारी उच्च कक्षाओं में प्राप्त करेंगे।

11.2.2 ध्वनि तरंग के अभिलक्षण

किसी ध्वनि तरंग के निम्नलिखित अभिलक्षण होते हैं :

- आवृत्ति
- आयाम
- वेग

ध्वनि तरंग को ग्राफीय रूप में चित्र 11.6(c) में दिखाया गया है, जो प्रदर्शित करता है कि जब ध्वनि तरंग किसी माध्यम में गति करती है तो घनत्व तथा दाब में कैसे परिवर्तन होता है। किसी निश्चित समय पर माध्यम का घनत्व तथा दाब दोनों ही उनके औसत मान से ऊपर और नीचे दूरी के साथ परिवर्तित होते हैं। चित्र 11.6(a) तथा 11.6(b) प्रदर्शित करते हैं कि जब ध्वनि तरंग माध्यम में संचरित होती है तो घनत्व तथा दाब में क्या उतार–चढ़ाव होते हैं।

संपीडन वह क्षेत्र है जहाँ कण पास–पास आ जाते हैं, इन्हें वक्र के ऊपरी भाग में दिखाया गया है [चित्र 11.6 (c)] । शिखर अधिकतम संपीडन के क्षेत्र को प्रदर्शित करता है। इस प्रकार संपीडन वह क्षेत्र है जहाँ घनत्व तथा दाब दोनों ही अधिक होते है। विरलन निम्न दाब के क्षेत्र हैं जहाँ कण दूर–दूर हो जाते हैं और उन्हें घाटी से प्रदर्शित करते हैं। इन्हें वक्र के निम्न भाग से दिखाया गया है [चित्र 11.6(c)]। शिखर को तरंग का श्रृंग तथा घाटी को गर्त कहा जाता है।

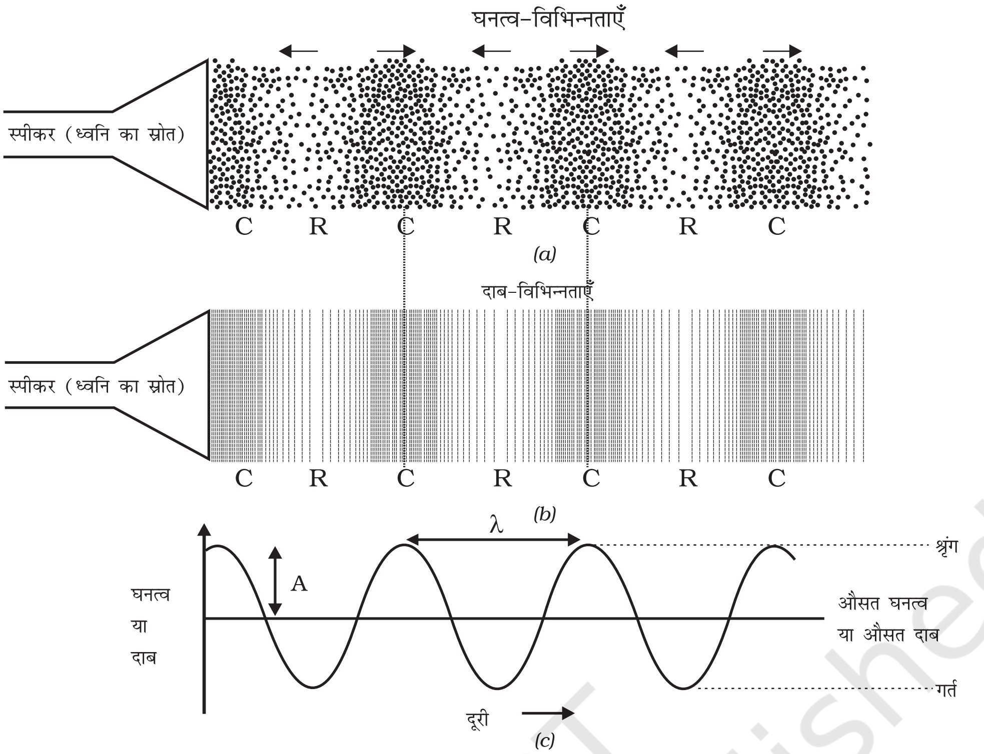
दो क्रमागत संपीडनों (C) अथवा दो क्रमागत विरलनों (R) के बीच की दूरी तरंगदैर्ध्य कहलाती है। तरंगदैर्ध्य को साधारणतः λ (ग्रीक अक्षर लैम्डा) से निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक मीटर (m) है।

हैनरिच रुडोल्फ हर्ट्ज

हैनरिच रुडोल्फ हर्ट्ज़ का जन्म 22 फरवरी 1857 को हैमबर्ग, जर्मनी में हुआ और उनकी शिक्षा बर्लिन विश्वविद्यालय में हुई। उन्होंने जे.सी. मैक्सवेल के विद्युतचुंबकीय सिद्धांत की प्रयोगों द्वारा पुष्टि की। उन्होंने रेडियो, टेलिफ़ोन, टेलिग्राफ तथा टेलिविज़न के भी भविष्य में विकास की नींव रखी। उन्होंने प्रकाश–विद्युत प्रभाव की भी खोज की जिसकी बाद में अल्बर्ट आइन्सटाइन ने व्याख्या की। आवृत्ति के SI मात्रक का नाम उनके सम्मान में रखा गया।

आवृत्ति से हमें ज्ञात होता है कि कोई घटना कितनी जल्दी–जल्दी घटित होती है। मान लीजिए आप किसी ढोल को पीट–पीट कर बजा रहे हैं। आप ढोल को एक सेकंड में जितनी बार पीटते हैं वह आपके द्वारा ढोल को पीटने की आवृत्ति है। हम जानते हैं कि जब ध्वनि किसी माध्यम में संचरित होती है तो माध्यम का घनत्व किसी

Reprint 2025-26



चित्र 11.6: *चित्र 11.6 (a) तथा 11.6 (b) में दिखाया गया है कि ध्वनि घनत्व या दाब के उतार-चढ़ाव के रूप में संचरित होती है। चित्र 11.6 (c) में घनत्व तथा दाब के उतार-चढ़ाव को ग्राफीय रूप में प्रदर्शित किया गया है।*

अधिकतम तथा न्यूनतम मान के बीच बदलता है। घनत्व के अधिकतम मान से न्यूनतम मान तक परिवर्तन में और पुनः अधिकतम मान तक आने पर एक दोलन पूरा होता है। एकांक समय में इन दोलनों की कुल संख्या ध्वनि तरंग की आवृत्ति कहलाती है। यदि हम प्रति एकांक समय में अपने पास से गुजरने वाले संपीडनों तथा विरलनों की संख्या की गणना करें तो हमको ध्वनि तरंग की आवृत्ति ज्ञात हो जाएगी। इसे सामान्यतया ν (ग्रीक अक्षर, न्यू) से प्रदर्शित किया जाता है। इसका SI मात्रक हर्ट्ज़ (hertz, प्रतीक Hz) है।

दो क्रमागत संपीडनों या दो क्रमागत विरलनों को किसी निश्चित बिंदु से गुजरने में लगे समय को तरंग का आवर्त काल कहते हैं। आप कह सकते हैं कि एक संपूर्ण दोलन में लिया गया समय ध्वनि तरंग का आवर्त काल कहलाता है। इसे T अक्षर से निरूपित करते हैं। इसका SI मात्रक सेकंड (s) है। आवृत्ति तथा आवर्त काल के बीच संबंध को निम्न प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :

$$\nu = \frac{1}{T}$$

इस प्रकार एक उच्च तारत्व की ध्वनि से हमें ज्ञात होता है कि किसी बिंदु से एकांक समय में संपीडन तथा विरलन की अधिक संख्या गुजरती है।

किसी आरकेस्ट्रा (वाद्यवृंद) में वायलिन तथा बाँसुरी एक ही समय बजाई जा सकती हैं। दोनों ध्वनियाँ एक ही माध्यम (वायु) में चलती हैं और हमारे कानों तक एक ही समय पर पहुँचती हैं। दोनों ही स्रोतों की ध्वनियाँ एक ही चाल से चलती हैं। लेकिन जो ध्वनियाँ हम ग्रहण करते हैं वे भिन्न-भिन्न

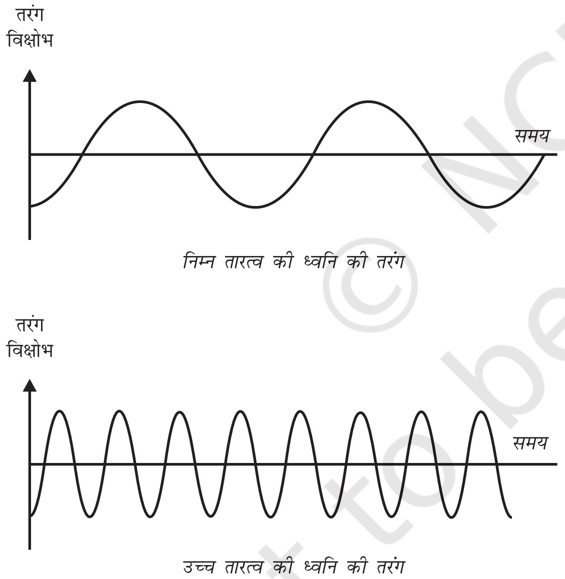
Reprint 2025-26

हैं। ऐसा ध्वनि से जुड़े विभिन्न अभिलक्षणों के कारण है। तारत्व इनमें से एक अभिलक्षण है।

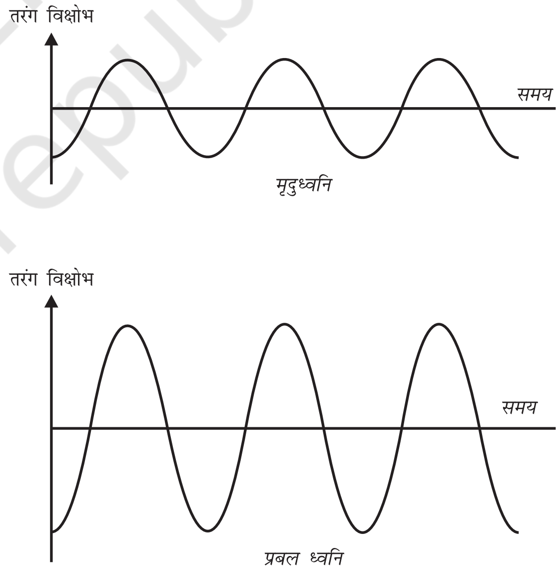
किसी उत्सर्जित ध्वनि की आवृत्ति को मस्तिष्क किस प्रकार अनुभव करता है, उसे तारत्व कहते हैं। किसी स्रोत का कंपन जितनी शीघ्रता से होता है, आवृत्ति उतनी ही अधिक होती है और उसका तारत्व भी अधिक होता है। इसी प्रकार जिस ध्वनि का तारत्व कम होता है उसकी आवृत्ति भी कम होती है जैसा कि चित्र 11.7 में दर्शाया गया है।

विभिन्न आकार तथा आकृति की वस्तुएँ विभिन्न आवृत्तियों के साथ कंपन करती हैं और विभिन्न तारत्व की ध्वनियाँ उत्पन्न करती हैं।

किसी माध्यम में मूल स्थिति के दोनों ओर अधिकतम विक्षोभ को तरंग का आयाम कहते हैं। इसे साधारणतः अक्षर A से निरूपित किया जाता है। जैसा कि चित्र 11.6(c) में दिखाया गया है। ध्वनि के लिए इसका मात्रक दाब या घनत्व का मात्रक होगा। ध्वनि की प्रबलता अथवा मृदुता मूलतः इसके आयाम से ज्ञात की जाती है। यदि हम किसी मेज़ पर धीरे से चोट मारें, तो हमें एक मृदु ध्वनि सुनाई देगी क्योंकि हम कम ऊर्जा की ध्वनि तरंग उत्पन्न करते हैं। यदि हम मेज़ पर जोर से चोट मारें तो हमें प्रबल ध्वनि सुनाई देगी। क्या आप इसका कारण बता सकते हैं? उत्पादक स्रोत से निकलने के पश्चात् ध्वनि तरंग फैल जाती है। स्रोत से दूर जाने पर इसका आयाम तथा प्रबलता दोनों ही कम होते जाते हैं। प्रबल ध्वनि अधिक दूरी तक चल सकती है क्योंकि यह अधिक ऊर्जा से संबद्ध है। चित्र 11.8 में समान आवृत्ति की प्रबल तथा मृदु ध्वनि की तरंग आकृतियाँ प्रदर्शित की गई हैं।



चित्र 11.7: *निम्न तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति कम तथा उच्च तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति अधिक होती है*



चित्र 11.8: *मृदु ध्वनि का आयाम कम होता है तथा प्रबल ध्वनि का आयाम अधिक होता है*

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

ध्वनि की यह गुणता (timbre) वह अभिलक्षण है जो हमें समान तारत्व तथा प्रबलता की दो ध्वनियों में अंतर करने में सहायता करता है। एकल आवृत्ति की ध्वनि को टोन कहते हैं। अनेक आवृत्तियों के मिश्रण से उत्पन्न ध्वनि को स्वर (note) कहते हैं और यह सुनने में सुखद होती है। शोर (noise) कर्णप्रिय नहीं होता जबकि संगीत सुनने मे सुखद होता है ।

प्रश्न

1. *तरंग का कौन-सा गुण निम्नलिखित को निर्धारित करता है? (a) प्रबलता, (b) तारत्व।*
2. *अनुमान लगाइए कि निम्न में से किस ध्वनि का तारत्व अधिक है? (a) गिटार (b) कार का हॉर्न।*

तरंग के किसी बिंदु जैसे एक संपीडन या एक विरलन द्वारा एकांक समय में तय की गई दूरी तरंग वेग कहलाती है।

हम जानते हैं

$$\text{वेग} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$$

$$= \frac{\lambda}{T} = \lambda \times \frac{1}{T}$$

यहाँ λ ध्वनि की तरंगदैर्घ्य है। यह तरंग द्वारा एक आवर्त काल (T) में चली गई दूरी है। अत:

$$\upsilon = \lambda\nu\left(\because \frac{1}{T} = \nu\right)$$

अथवा $\upsilon = \lambda\nu$

वेग = तरंगदैर्घ्य × आवृत्ति

किसी माध्यम के लिए समान भौतिक परिस्थितियों में ध्वनि का वेग सभी आवृत्तियों के लिए लगभग स्थिर रहता है।

उदाहरण 11.1 किसी ध्वनि तरंग की आवृत्ति 2 kHz और उसकी तरंगदैर्घ्य 35 cm है। यह 1.5 km दूरी चलने में कितना समय लेगी?

हल:

दिया हुआ है,

आवृत्ति, ν = 2 kHz = 2000 Hz

तरंगदैर्घ्य, λ = 35 cm = 0.35 m

हम जानते हैं, तरंग वेग v = तरंगदैर्घ्य × आवृत्ति

= 0.35 m × 2000 Hz = 700 m/s

तरंग को 1.5 km दूरी तय करने में लगने वाला समय

$$= \frac{\text{दूरी}}{\text{वेग}} = \frac{1.5 \quad 1000\,m}{700\,ms^{-1}} = 2.1\ s$$

ध्वनि 1.5 km तय करने में 2.1 s समय लेगी।

प्रश्न

1. *किसी ध्वनि तरंग की तरंगदैर्घ्य, आवृत्ति, आवर्त काल तथा आयाम से क्या अभिप्राय है*
2. *किसी ध्वनि तरंग की तरंगदैर्घ्य तथा आवृत्ति उसके वेग से किस प्रकार संबंधित है?*
3. *किसी दिए हुए माध्यम में एक ध्वनि तरंग की आवृत्ति 220 Hz तथा वेग 440 m/s है। इस तरंग की तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए।*
4. *किसी ध्वनिस्रोत से 450 m दूरी पर बैठा हुआ कोई मनुष्य 500 Hz की ध्वनि सुनता है। स्रोत से मनुष्य के पास तक पहुँचने वाले दो क्रमागत संपीडनों में कितना समय अंतराल होगा?*

किसी एकांक क्षेत्रफल से एक सेकंड में गुजरने वाली ध्वनि ऊर्जा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं। यद्यपि हम कभी-कभी 'प्रबलता' तथा 'तीव्रता' शब्दों का पर्याय के रूप में उपयोग करते हैं लेकिन इनका अर्थ एक ही नहीं है। प्रबलता ध्वनि के लिए कानों की

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

संवेदनशीलता की माप है। यद्यपि दो ध्वनियाँ समान तीव्रता की हो सकती हैं फिर भी हम एक को दूसरे की अपेक्षा अधिक प्रबल ध्वनि के रूप में सुन सकते हैं क्योंकि हमारे कान इसके लिए अधिक संवेदनशील हैं।

प्रश्न

1. ध्वनि की प्रबलता तथा तीव्रता में अंतर बताइए।

11.2.3 विभिन्न माध्यमों में ध्वनि की चाल

किसी माध्यम में ध्वनि एक निश्चित चाल से संचरित होती है। किसी पटाखे या तड़ित के गर्जन की ध्वनि प्रकाश की चमक दिखाई देने के कुछ देर बाद सुनाई देती है। इसलिए हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि ध्वनि की चाल प्रकाश की चाल से बहुत कम है। ध्वनि की चाल उस माध्यम के गुणों पर निर्भर करती है जिसमें ये संचरित होती है। आप इस संबंध को अपनी उच्च कक्षाओं में सीखेंगे। किसी माध्यम में ध्वनि की चाल माध्यम के ताप पर निर्भर करती है। जब हम ठोस से गैसीय अवस्था की ओर जाते हैं तो ध्वनि की चाल कम होती जाती है। किसी भी माध्यम में ताप बढ़ाने पर ध्वनि की चाल भी बढ़ती है। उदाहरण के लिए वायु में ध्वनि की चाल 0°C पर 331 m s^{-1} तथा 22 C पर 344 m s^{-1} है। सारणी 11.1 में विभिन्न माध्यमों में एक विशेष ताप पर ध्वनि की चाल को दर्शाया गया है। (इसे आपको याद रखने की आवश्यकता नहीं है।)

सारणी 11.1 : विभिन्न माध्यमों में 25 ºC पर ध्वनि की चाल

अवस्था	पदार्थ	चाल m/s में
ठोस	ऐलुमिनियम	6420
	निकैल	6040
	स्टील	5960
	लोहा	5950
	पीतल	4700
	काँच (फ्लिंट)	3980
द्रव	जल (समुद्री)	1531
	जल (आसुत)	1498
	इथेनॉल	1207
	मीथेनॉल	1103
गैस	हाइड्रोजन	1284
	हीलियम	965
	वायु	346
	ऑक्सीजन	316
	सल्फर डाइऑक्साइड	213

प्रश्न

1. वायु, जल या लोहे में से किस माध्यम में ध्वनि सबसे तेज़ चलती है?

11.3 ध्वनि का परावर्तन

किसी ठोस या द्रव से टकराकर ध्वनि उसी प्रकार वापस लौटती है जैसे कोई रबड़ की गेंद किसी दीवार से टकराकर वापस आती है। प्रकाश की भाँति ध्वनि भी किसी ठोस या द्रव की सतह से परावर्तित होती है तथा परावर्तन के उन्हीं नियमों का पालन करती है जिनका अध्ययन आप अपनी पिछली कक्षाओं में कर चुके हैं। परावर्तक सतह पर खींचे गए अभिलंब तथा

© NCERT not to be republished

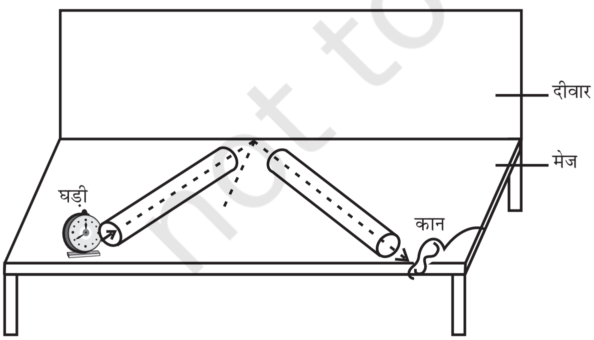
Reprint 2025-26

ध्वनि के आपतन होने की दिशा तथा परावर्तन होने की दिशा के बीच बने कोण आपस में बराबर होते हैं और ये तीनों दिशाएँ एक ही तल में होती हैं। ध्वनि तरंगों के परावर्तन के लिए बड़े आकार के अवरोधक की आवश्यकता होती है जो चाहे पालिश किए हुए हों या खुरदरे।

क्रियाकलाप 11.5

- चित्र 11.9 की भाँति दो एक जैसे पाइप लीजिए। आप चार्ट पेपर की सहायता से ऐसे पाइप बना सकते हैं।
- पाइपों की लंबाई पर्याप्त होनी चाहिए (चार्ट पेपर की लंबाई के बराबर)।
- इन्हें दीवार के समीप किसी मेज़ पर व्यवस्थित कीजिए। एक पाइप के खुले सिरे के पास एक घड़ी रखिए तथा दूसरे पाइप की ओर से घड़ी की ध्वनि सुनने की कोशिश कीजिए।
- दोनों पाइपों की स्थिति को इस प्रकार समायोजित कीजिए जिससे कि आपको घड़ी की ध्वनि अच्छी प्रकार स्पष्ट रूप से सुनाई देने लगे।
- इन पाइपों तथा अभिलंब के बीच के कोणों को मापिए तथा इनके बीच के संबंध को देखिए।
- दाईं ओर के पाइप को ऊर्ध्वाधर दिशा में थोड़ी सी ऊँचाई तक उठाइए और देखिए क्या होता है?

(इस क्रियाकलाप में घड़ी के स्थान पर किसी कम्पन्न मोड पर रखे मोबाइल फोन का उपयोग किया जा सकता है।)



चित्र 11.9: *ध्वनि का परावर्तन*

11.3.1 प्रतिध्वनि

किसी उचित परावर्तक वस्तु जैसे किसी इमारत अथवा पहाड़ के निकट यदि आप जोर से चिल्लाएँ या ताली बजाएँ तो आपको कुछ समय पश्चात् वही ध्वनि फिर से सुनाई देती है। आपको सुनाई देने वाली इस ध्वनि को प्रतिध्वनि कहते हैं। हमारे मस्तिष्क में ध्वनि की संवेदना लगभग 0.1 s तक बनी रहती है। स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए मूल ध्वनि तथा परावर्तित ध्वनि के बीच कम से कम 0.1 s का समय अंतराल अवश्य होना चाहिए। यदि हम किसी दिए हुए ताप, जैसे 22 C पर ध्वनि की चाल 344 m/s मान लें तो ध्वनि को अवरोधक तक जाने तथा परावर्तन के पश्चात् वापस श्रोता तक 0.1 s के पश्चात् पहुँचना चाहिए। अतः श्रोता से परावर्तक सतह तक जाने तथा वापस आने में ध्वनि द्वारा तय की गई कुल दूरी कम से कम (344 m/s) × 0.1 s = 34.4 m होनी चाहिए। अतः स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए अवरोधक की ध्वनि स्रोत से न्यूनतम दूरी ध्वनि द्वारा तय की गई कुल दूरी की आधी अर्थात् 17.2 m अवश्य होनी चाहिए। यह दूरी वायु के ताप के साथ बदल जाती है क्योंकि ताप के साथ ध्वनि के वेग में भी परिवर्तन हो जाता है। ध्वनि के बारंबार परावर्तन के कारण हमें एक से अधिक प्रतिध्वनियाँ भी सुनाई दे सकती हैं। बादलों के गड़गड़ाहट की ध्वनि कई परावर्तक पृष्ठों जैसे बादलों तथा भूमि से बारंबार परावर्तन के फलस्वरूप उत्पन्न होती है।

11.3.2 अनुरणन

किसी बड़े हॉल में उत्पन्न होने वाली ध्वनि दीवारों से बारंबार परावर्तन के कारण काफी समय तक बनी रहती है जब तक कि यह इतनी कम न हो जाए कि यह सुनाई ही न पड़े। यह बारंबार परावर्तन जिसके कारण ध्वनि-निर्बंध होता है, अनुरणन कहलाता है। किसी सभा भवन या बड़े हॉल में अत्यधिक अनुरणन

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

अत्यंत अवांछनीय है। अनुरणन को कम करने के लिए सभा भवन की छतों तथा दीवारों पर ध्वनि अवशोषक पदार्थों जैसे संपीडित फाइबर बोर्ड, खुरदरे प्लास्टर अथवा पर्दे लगे होते हैं। सीटों के पदार्थों का चुनाव इनके ध्वनि अवशोषक गुणों के आधार पर भी किया जाता है।

उदाहरण 11.2 एक मनुष्य किसी खड़ी चट्टान के पास ताली बजाता है और उसकी प्रतिध्वनि 2 s के पश्चात् सुनाई देती है। यदि ध्वनि की चाल 346 m s^{-1} ली जाए, तो चट्टान तथा मनुष्य के बीच की दूरी कितनी होगी?

हल:

ध्वनि की चाल, $v = 346$ m s^{-1}

प्रतिध्वनि सुनने में लिया गया समय $t = 2$ s

ध्वनि द्वारा चली गई दूरी

$= v \times t = 346$ m $s^{-1} \times 2$ s $= 692$ m

2 s में ध्वनि ने चट्टान तथा मनुष्य के बीच की दोगनी दूरी तय की। अतएव चट्टान तथा मनुष्य के बीच की दूरी = 692 m/2 = 342 m.

प्रश्न

1. कोई प्रतिध्वनि 3 s पश्चात् सुनाई देती है। यदि ध्वनि की चाल 342 m s^{-1} हो तो स्रोत तथा परावर्तक सतह के बीच कितनी दूरी होगी?

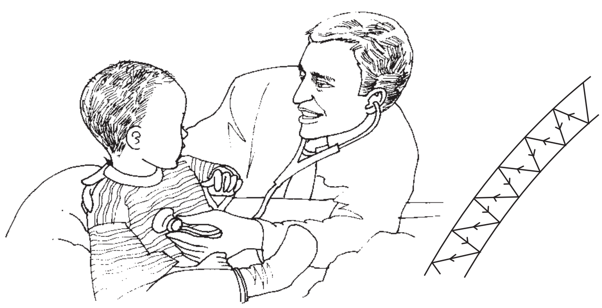
11.3.3 ध्वनि के बहुल परावर्तन के उपयोग

1. मेगाफ़ोन या लाउडस्पीकर, हॉर्न, तूर्य तथा शहनाई जैसे वाद्य यंत्र, सभी इस प्रकार बनाए जाते हैं कि ध्वनि सभी दिशाओं में फैले बिना केवल एक विशेष दिशा में ही जाती है, जैसा कि चित्र 11.10 में दर्शाया गया है।

चित्र 11.10: *मेगाफ़ोन हॉर्न*

इन यंत्रों में एक नली का आगे का खुला भाग शंक्वाकार होता है। यह स्रोत से उत्पन्न होने वाली ध्वनि तरंगों को बार-बार परावर्तित करके श्रोताओं की ओर आगे की दिशा में भेज देता है।

2. स्टेथोस्कोप एक चिकित्सा यंत्र है जो शरीर के अंदर, मुख्यत: हृदय तथा फेफड़ों में, उत्पन्न होने वाली ध्वनि को सुनने में काम आता है। स्टेथोस्कोप में रोगी के हृदय की धड़कन की ध्वनि, बार-बार परावर्तन के कारण डॉक्टर के कानों तक पहुँचती है (चित्र 11.11)।

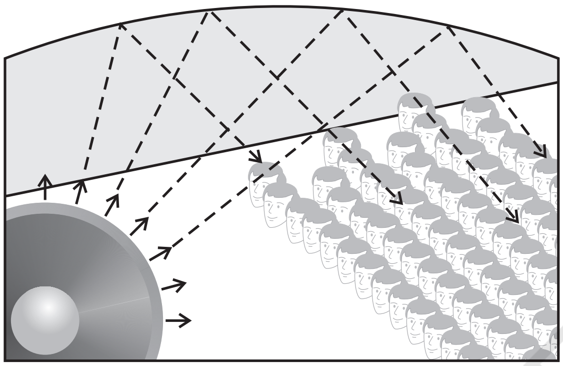


चित्र 11.11: *स्टेथोस्कोप*

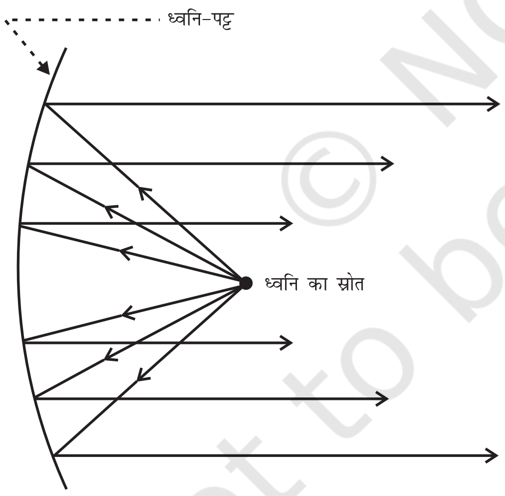
© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

3. कंसर्ट हॉल, सम्मेलन कक्षों तथा सिनेमा हॉल की छतें वक्राकार बनाई जाती हैं जिससे कि परावर्तन के पश्चात् ध्वनि हॉल के सभी भागों में पहुँच जाए, जैसा कि चित्र 11.12 में दर्शाया गया है। कभी-कभी वक्राकार ध्वनि-पट्टों को मंच के पीछे रख दिया जाता है जिससे कि ध्वनि, ध्वनि-पट्ट से परावर्तन के पश्चात् समान रूप से पूरे हॉल में फैल जाए (चित्र 11.13)।



चित्र 11.12: सम्मेलन कक्ष की वक्राकार छत



चित्र 11.13: बड़े हॉल में उपयोग किए जाने वाला ध्वनि-पट्ट

प्रश्न

1. कंसर्ट हॉल की छतें वक्राकार क्यों होती हैं?

11.4 श्रव्यता का परिसर

हम सभी आवृत्ति की ध्वनियों को नहीं सुन सकते। मनुष्यों में ध्वनि की श्रव्यता का परिसर लगभग 20 Hz से 20,000 Hz (one Hz = one cycle/s) तक होता है। पाँच वर्ष से कम आयु के बच्चे तथा कुछ जंतु जैसे कुत्ते 25 kHz तक की ध्वनि सुन सकते हैं। ज्यों-ज्यों व्यक्तियों की आयु बढ़ती जाती है उनके कान उच्च-आवृत्तियों के लिए कम सुग्राही होते जाते हैं। 20 Hz से कम आवृत्ति की ध्वनियों को अवश्रव्य ध्वनि कहते हैं। यदि हम अवश्रव्य ध्वनि को सुन पाते तो हम किसी लोलक के कंपनों को उसी प्रकार सुन पाते जैसे कि हम किसी मक्खी पंखों के कंपनों को सुन पाते हैं। राइनोसिरस (गैंडा) 5 Hz तक की आवृत्ति की अवश्रव्य ध्वनि का उपयोग करके संपर्क स्थापित करता है। ह्वेल तथा हाथी अवश्रव्य ध्वनि परिसर की ध्वनियाँ उत्पन्न करते हैं। यह देखा गया है कि कुछ जंतु भूकंप से पहले परेशान हो जाते हैं। भूकंप मुख्य प्रघाती तरंगों से पहले निम्न आवृत्ति की अवश्रव्य ध्वनि उत्पन्न करते हैं, जो संभवतः जंतुओं को सावधान कर देती है। 20 kHz से अधिक आवृत्ति की ध्वनियों को पराश्रव्य ध्वनि या पराध्वनि कहते हैं। डॉलफ़िन, चमगादड़ और पॉरपॉइज जैसे जंतु पराध्वनि उत्पन्न करते हैं। कुछ प्रजाति के शलभों (moths) के श्रवण यंत्र अत्यंत सुग्राही होते हैं। ये शलभ चमगादड़ों द्वारा उत्पन्न उच्च आवृत्ति की चींचीं की ध्वनि को सुन सकते हैं। उन्हें अपने आस-पास उड़ते हुए चमगादड़ के बारे में जानकारी मिल जाती है और इस प्रकार स्वयं को पकड़े जाने से बचा पाते हैं। चूहे भी पराध्वनि उत्पन्न करके कुछ खेल खेलते हैं।

श्रवण सहायक युक्ति: जिन लोगों को कम सुनाई देता है, उन्हें इस यंत्र की आवश्यकता होती है। यह बैट्री से चलने वाली एक इलेक्ट्रॉनिक युक्ति है। इसमें एक छोटा-सा माइक्रोफ़ोन, एक एंप्लीफायर व स्पीकर होता है। जब ध्वनि माइक्रोफ़ोन पर

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

पड़ती है तो वह ध्वनि तरंगों को विद्युत संकेतों में परिवर्तित कर देता है। एंप्लीफायर इन विद्युत संकेतों को प्रवर्धित कर देता है। ये संकेत स्पीकर द्वारा ध्वनि की तरंगों में परिवर्तित कर दिए जाते हैं। ये ध्वनि तरंगें कान के डायफ्राम पर आपतित होती हैं तथा व्यक्ति को ध्वनि साफ़ सुनाई देती है।

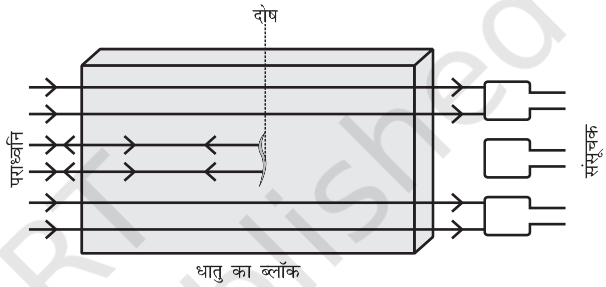
प्रश्न

1. *सामान्य मनुष्य के कानों के लिए श्रव्यता परास क्या है?*
2. *निम्न से संबंधित आवृत्तियों का परास क्या है?*
   - *(a) अवश्रव्य ध्वनि*
   - *(b) पराध्वनि*

11.5 पराध्वनि के अनुप्रयोग

पराध्वनियाँ उच्च आवृत्ति की तरंगें हैं। पराध्वनियाँ अवरोधों की उपस्थिति में भी एक निश्चित पथ पर गमन कर सकती हैं। उद्योगों तथा चिकित्सा के क्षेत्र में पराध्वनियों का विस्तृत रूप से उपयोग किया जाता है।

- पराध्वनि प्रायः उन भागों को साफ़ करने में उपयोग की जाती है जिन तक पहुँचना कठिन होता है; जैसे सर्पिलाकार नली, विषम आकार के पुर्जे, इलेक्ट्रॉनिक अवयव आदि। जिन वस्तुओं को साफ़ करना होता है उन्हें साफ़ करने वाले मार्जन विलयन में रखते हैं और इस विलयन में पराध्वनि तरंगें भेजी जाती हैं। उच्च आवृत्ति के कारण, धूल, चिकनाई तथा गंदगी के कण अलग होकर नीचे गिर जाते हैं। इस प्रकार वस्तु पूर्णतया साफ़ हो जाती है।
- पराध्वनि का उपयोग धातु के ब्लॉकों (पिंडों) में दरारों तथा अन्य दोषों का पता लगाने के लिए किया जा सकता है। धात्विक घटकों को प्रायः बड़े-बड़े भवनों, पुलों, मशीनों तथा वैज्ञानिक उपकरणों को बनाने के लिए उपयोग में लाया जाता है। धातु के ब्लॉकों में विद्यमान दरार या छिद्र जो बाहर से दिखाई नहीं देते, भवन या पुल की संरचना की मज़बूती को कम कर देते हैं। पराध्वनि तरंगें धातु के ब्लॉक से गुज़ारी (प्रेषित की) जाती हैं और प्रेषित तरंगों का पता लगाने के लिए संसूचकों का उपयोग किया जाता है। यदि थोड़ा-सा भी दोष होता है, तो पराध्वनि तरंगें परावर्तित हो जाती हैं जो दोष की उपस्थिति को दर्शाती है (चित्र 11.14)।



चित्र 11.14: *पराध्वनि धातु के ब्लॉक में दोषयुक्त स्थान से परावर्तित हो जाती है*

साधारण ध्वनि जिसकी तरंगदैर्घ्य अधिक होती है, दोषयुक्त स्थान के कोणों से मुड़कर संसूचक तक पहुँच जाती है, इसलिए इस ध्वनि का उपयोग इस कार्य के लिए नहीं किया जा सकता।

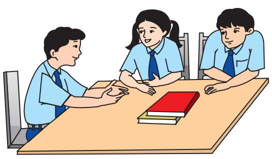
- पराध्वनि तरंगों को हृदय के विभिन्न भागों से परावर्तित करा कर हृदय का प्रतिबिंब बनाया जाता है। इस तकनीक को "इकोकार्डियोग्राफ़ी" (ECG)कहा जाता है।
- पराध्वनि संसूचक एक ऐसा यंत्र है जो पराध्वनि तरंगों का उपयोग करके मानव शरीर के आंतरिक अंगों का प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए काम में लाया जाता है। इस संसूचक से रोगी के अंगों; जैसे यकृत, पित्ताशय, गर्भाशय, गुर्दे आदि का प्रतिबिंब प्राप्त किया जा सकता है। यह संसूचक को शरीर की असमान्यताएँ, जैसे पित्ताशय तथा गुर्दे में पथरी तथा विभिन्न

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

अंगों में अर्बुद (ट्यूमर) का पता लगाने में सहायता करता है। इस तकनीक में पराध्वनि तरंगें शरीर के ऊतकों में गमन करती हैं तथा उस स्थान से परावर्तित हो जाती हैं जहाँ ऊतक के घनत्व में परिवर्तन होता है। इसके पश्चात् इन तरंगों को विद्युत संकेतों में परिवर्तित किया जाता है जिससे कि उस अंग का प्रतिबिंब बना लिया जाए। इन प्रतिबिंबों को मॉनीटर पर प्रदर्शित किया जाता है या फिल्म पर मुद्रित कर लिया जाता है। इस तकनीक को अल्ट्रासोनोग्राफी कहते हैं। अल्ट्रासोनोग्राफी का उपयोग गर्भ काल में भ्रूण की जाँच तथा उसके जन्मजात दोषों तथा उसकी वृद्धि की अनियमितताओं का पता लगाने में किया जाता है।

- पराध्वनि का उपयोग गुर्दे की छोटी पथरी को बारीक कणों में तोड़ने के लिए भी किया जा सकता है। ये कण बाद में मूत्र के साथ बाहर निकल जाते हैं।



आपने क्या सीखा

- ध्वनि विभिन्न वस्तुओं के कंपन करने के कारण उत्पन्न होती है।
- ध्वनि किसी द्रव्यात्मक माध्यम में अनुदैर्घ्य तरंगों के रूप में संचरित होती है।
- ध्वनि माध्यम में क्रमागत संपीडनों तथा विरलनों के रूप में संचरित होती है।
- ध्वनि संचरण में, माध्यम के कण आगे नहीं बढ़ते, केवल विक्षोभ ही संचरित होता है।
- घनत्व के अधिकतम मान से न्यूनतम मान और पुनः अधिकतम मान के परिवर्तन से एक दोलन पूरा होता है।
- वह न्यूनतम दूरी जिस पर किसी माध्यम का घनत्व या दाब आवर्ती रूप में अपने मान की पुनरावृत्ति करता है, ध्वनि की तरंगदैर्घ्य (λ) कहलाती है।
- तरंग द्वारा माध्यम के घनत्व के एक संपूर्ण दोलन में लिए गए समय को आवर्त काल (T) कहते हैं।
- एकांक समय में होने वाले दोलनों की कुल संख्या को आवृत्ति (ν) कहते हैं $\nu = \frac{1}{T}$.
- ध्वनि का वेग (v), आवृत्ति (ν) तथा तरंगदैर्घ्य (λ) में संबंध है, $v = \lambda\nu$
- ध्वनि की चाल मुख्यतः संचरित होने वाले माध्यम की प्रकृति तथा ताप पर निर्भर होती है।

Reprint 2025-26

- ध्वनि के परावर्तन के नियम के अनुसार, ध्वनि के आपतन होने की दिशा तथा परावर्तन होने की दिशा, परावर्तक सतह पर खींचे गए अभिलंब से समान कोण बनाते हैं और ये तीनों एक ही तल में होते हैं।
- स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए मूल ध्वनि तथा परावर्तित ध्वनि के बीच कम से कम 0.1 s का समय अंतराल अवश्य होना चाहिए।
- किसी सभागार में ध्वनि-निर्बंध बारंबार परावर्तनों के कारण होता है और इसे अनुरणन कहते हैं।
- ध्वनि के अभिलक्षण जैसे तारत्व, प्रबलता तथा गुणता; संगत तरंगों के गुणों द्वारा निर्धारित होते हैं।
- प्रबलता ध्वनि की तीव्रता के लिए कानों की शारीरिक अनुक्रिया है।
- किसी एकांक क्षेत्रफल से एक सेकंड में गुजरने वाली ध्वनि ऊर्जा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं।
- मानवों में ध्वनि की श्रव्यता की आवृत्तियों का औसत परास 20 Hz से 20 kHz तक है।
- श्रव्यता के परास से कम आवृत्तियों की ध्वनि को 'अवश्रव्य' ध्वनि तथा श्रव्यता के परास से अधिक आवृत्ति की ध्वनियों को 'पराध्वनि' कहते हैं।
- पराध्वनि के चिकित्सा तथा प्रौद्योगिक क्षेत्रों में अनेक उपयोग हैं।

अभ्यास

1. ध्वनि क्या है और यह कैसे उत्पन्न होती है?
2. एक चित्र की सहायता से वर्णन कीजिए कि ध्वनि के स्रोत के निकट वायु में संपीडन तथा विरलन कैसे उत्पन्न होते हैं।
3. ध्वनि तरंगों की प्रकृति अनुदैर्घ्य क्यों है?
4. ध्वनि का कौन-सा अभिलक्षण किसी अन्य अंधेरे कमरे में बैठे आपके मित्र की आवाज पहचानने में आपकी सहायता करता है?
5. तड़ित की चमक तथा गर्जन साथ-साथ उत्पन्न होते हैं। लेकिन चमक दिखाई देने के कुछ सेकंड पश्चात् गर्जन सुनाई देती है। ऐसा क्यों होता है?
6. किसी व्यक्ति का औसत श्रव्य परास 20 Hz से 20 kHz है। इन दो आवृत्तियों के लिए ध्वनि तरंगों की तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए। वायु में ध्वनि का वेग 344 m s^{-1} लीजिए।
7. दो बालक किसी ऐलुमिनियम पाइप के दो सिरों पर हैं। एक बालक पाइप के एक सिरे पर पत्थर से आघात करता है। दूसरे सिरे पर स्थित बालक तक वायु तथा ऐलुमिनियम से होकर जाने वाली ध्वनि तरंगों द्वारा लिए गए समय का अनुपात ज्ञात कीजिए।

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

8. किसी ध्वनि स्रोत की आवृत्ति 100 Hz है। एक मिनट में यह कितनी बार कंपन करेगा?
9. क्या ध्वनि परावर्तन के उन्हीं नियमों का पालन करती है जिनका कि प्रकाश की तरंगें करती हैं? इन नियमों को बताइए।
10. ध्वनि का एक स्रोत किसी परावर्तक सतह के सामने रखने पर उसके द्वारा प्रदत्त ध्वनि तरंग की प्रतिध्वनि सुनाई देती है। यदि स्रोत तथा परावर्तक सतह की दूरी स्थिर रहे तो किस दिन प्रतिध्वनि अधिक शीघ्र सुनाई देगी – (i) जिस दिन तापमान अधिक हो? (ii) जिस दिन तापमान कम हो?
11. ध्वनि तरंगों के परावर्तन के दो व्यावहारिक उपयोग लिखिए।
12. 500 मीटर ऊँची किसी मीनार की चोटी से एक पत्थर मीनार के आधार पर स्थित एक पानी के तालाब में गिराया जाता है। पानी में इसके गिरने की ध्वनि चोटी पर कब सुनाई देगी? (g = 10 m s^{-2} तथा ध्वनि की चाल = 340 m s^{-1})
13. एक ध्वनि तरंग 339 m s^{-1} की चाल से चलती है। यदि इसकी तरंगदैर्घ्य 1.5 cm हो, तो तरंग की आवृत्ति कितनी होगी? क्या ये श्रव्य होंगी?
14. अनुरणन क्या है? इसे कैसे कम किया जा सकता है?
15. ध्वनि की प्रबलता से क्या अभिप्राय है? यह किन कारकों पर निर्भर करती है?
16. वस्तुओं को साफ़ करने के लिए पराध्वनि का उपयोग कैसे करते हैं?
17. किसी धातु के ब्लॉक में दोषों का पता लगाने के लिए पराध्वनि का उपयोग कैसे किया जाता है वर्णन कीजिए।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

0965CH15

अध्याय 12 खाद्य संसाधनों में सुधार
(Improvements in Food Resources)

हम सभी जानते हैं कि सभी जीवधारियों को भोजन की आवश्यकता होती है। भोजन से हमें प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, विटामिन तथा खनिज लवण प्राप्त होते हैं। इन सभी तत्वों की आवश्यकता हमारे विकास, वृद्धि तथा स्वास्थ्य के लिए होती है। पौधे तथा जंतु दोनों ही हमारे भोजन के मुख्य स्रोत हैं। अधिकांश भोज्य पदार्थ हमें कृषि तथा पशुपालन से प्राप्त होते हैं।

हम प्रायः समाचार पत्रों में पढ़ते हैं कि कृषि उत्पादन तथा पशु पालन को बढ़ाने के प्रयास हो रहे हैं। यह आवश्यक क्यों है? हम वर्तमान उत्पादन स्तर पर ही क्यों नहीं निर्वाह कर सकते?

भारत की जनसंख्या बहुत अधिक है। हमारे देश की जनसंख्या सौ करोड़ (एक बिलियन) से अधिक है तथा इसमें लगातार वृद्धि हो रही है। इस बढ़ती हुई जनसंख्या के लिए अधिक अन्न उत्पादन की आवश्यकता होगी। यह वृद्धि अधिक भूमि पर कृषि करने से संभव हो सकती है। परंतु भारत में पहले से ही अत्यधिक स्थान पर खेती होती है। अतः कृषि के लिए और अधिक भूमि की उपलब्धता संभव नहीं है। इसलिए फसल तथा पशुधन के उत्पादन की क्षमता को बढ़ाना आवश्यक है।

अभी तक फसल उत्पादन को बढ़ाने के हमारे प्रयास कुछ सीमा तक सफल रहे हैं। हमने हरित क्रांति द्वारा फसल उत्पादन में वृद्धि की है तथा श्वेत क्रांति द्वारा दूध का उत्पादन बढ़ाया है और उसका अच्छा प्रबंधन भी किया है।

इन क्रांतियों की प्रक्रिया में हमारी प्राकृतिक संपदाओं का बहुत अधिक उपयोग हुआ है। इसके परिणामस्वरूप हमारी प्राकृतिक संपदा को हानि होने के अवसर बढ़ गए हैं जिससे प्राकृतिक संतुलन बिगड़ने का खतरा बढ़ गया है। अतः यह महत्वपूर्ण है कि फसल उत्पादन बढ़ाने के हमारे प्रयास पर्यावरण तथा पर्यावरण को संतुलित बनाए रखने वाले कारकों को क्षति न पहुँचाएँ। इसलिए कृषि तथा पशु पालन के लिए संपूषणीय प्रणालियों को अपनाने की आवश्यकता है।

केवल फसल उत्पादन बढ़ाने तथा उन्हें गोदामों में संचित करने से ही कुपोषण तथा भूख की समस्या का समाधान नहीं हो सकता। लोगों को अनाज खरीदने के लिए धन की आवश्यकता भी होती है। खाद्य सुरक्षा उसके उत्पादन तथा उपलब्धता दोनों पर निर्भर है। हमारे देश की अधिकांश जनसंख्या अपने जीवनयापन के लिए कृषि पर ही निर्भर है। इसलिए कृषि क्षेत्र में लोगों की आय भी बढ़नी चाहिए जिससे कि भूख की समस्या का समाधान हो सके। कृषि से अधिक उत्पादन प्राप्त करने के लिए हमें वैज्ञानिक प्रबंधन प्रणालियों को अपनाना होगा। संपूषणीय जीवनयापन के लिए मिश्रित खेती, अंतरा फसलीकरण तथा संघटित कृषि प्रणालियाँ अपनानी चाहिए। उदाहरण के लिए पशुधन, कुक्कुट पालन, मत्स्य पालन, मधुमक्खी पालन के साथ कृषि इत्यादि।

अब प्रश्न यह है कि हम फसल तथा पशुधन के उत्पादन को कैसे बढ़ाएँ?

© NCERT not to be republished

12.1 फसल उत्पादन में उन्नति

ऊर्जा की आवश्यकता के लिए अनाज; जैसे गेहूँ, चावल, मक्का, बाजरा तथा ज्वार से कार्बोहाइड्रेट प्राप्त होता है। दालें जैसे चना, मटर, उड़द, मूँग, अरहर, मसूर से प्रोटीन प्राप्त होती है और तेल वाले बीजों; जैसे सोयाबीन, मूँगफली, तिल, अरंड, सरसों, अलसी तथा सूरजमुखी से हमें आवश्यक वसा प्राप्त होती है (चित्र 12.1)। सब्जियाँ, मसाले तथा फलों से हमें विटामिन तथा खनिज लवण, कुछ मात्रा में प्रोटीन, वसा तथा कार्बोहाइड्रेट भी प्राप्त होते हैं। चारा फसलें; जैसे बर्सीम, जई अथवा सूडान घास का उत्पादन पशुधन के चारे के रूप में किया जाता है।

चित्र 12.1: विभिन्न प्रकार की फसलें

प्रश्न

1. अनाज, दाल, फल तथा सब्जियों से हमें क्या प्राप्त होता है?

विभिन्न फसलों के लिए विभिन्न जलवायु संबंधी परिस्थितियों, तापमान तथा दीप्तिकाल (photoperiods) की आवश्यकता होती है जिससे कि उनकी समुचित वृद्धि हो सके और वे अपना जीवन चक्र पूरा कर सकें। दीप्तिकाल सूर्य-प्रकाश के काल से संबंधित होता है। पौधों में पुष्पन तथा वृद्धि सूर्य-प्रकाश पर निर्भर करती है। जैसा कि हम सभी जानते हैं कि पौधे सूर्य के प्रकाश में प्रकाश संश्लेषण द्वारा अपना भोजन बनाते हैं। कुछ ऐसी फसलें जिन्हें हम वर्षा ऋतु में उगाते हैं, खरीफ़ फसल कहलाती हैं, जो जून से आरंभ होकर अक्तूबर मास तक होती हैं। कुछ फसलें शीत ऋतु में उगायी जाती हैं, जो नवंबर से अप्रैल मास तक होती हैं। इन फसलों को रबी फसल कहते हैं। धान, सोयाबीन, अरहर, मक्का, मूँग तथा उड़द खरीफ फसलें हैं। गेहूँ, चना, मटर, सरसों तथा अलसी रबी फसलें हैं।

भारत में सन् 1952 से सन् 2010 तक कृषि भूमि में 25% की वृद्धि हुई है जबकि अन्न की पैदावार में चार गुनी वृद्धि हुई है। पैदावार में यह उन्नति कैसे हुई? यदि हम कृषि में शामिल प्रणालियों के विषय में सोचें तो हम उनको तीन चरणों में बाँट सकते हैं। सबसे पहले है बीज का चुनना, दूसरा फसल की उचित देखभाल तथा तीसरा खेतों में उगी फसल की सुरक्षा तथा कटी हुई फसल को हानि से बचाना। इस प्रकार फसल उत्पादन में सुधार की प्रक्रिया में प्रयुक्त गतिविधियों को निम्न प्रमुख वर्गों में बाँटा गया है:

- फसल की किस्मों में सुधार
- फसल-उत्पादन प्रबंधन
- फसल सुरक्षा प्रबंधन

© NCERT not to be republished

12.1.1 फसल की किस्मों में सुधार

फसलों का उत्पादन अच्छा हो, यह प्रयास फसलों की किस्मों के चयन पर निर्भर करता है। फसल की किस्मों या प्रभेदों के लिए विभिन्न उपयोगी गुणों (जैसे रोगप्रतिरोधक क्षमता, उर्वरक के प्रति अनुरूपता, उत्पादन की गुणवत्ता तथा उच्च उत्पादन) का चयन प्रजनन द्वारा कर सकते हैं। फसल की किस्मों में ऐच्छिक गुणों को संकरण द्वारा डाला जा सकता है। संकरण विधि में विभिन्न आनुवंशिक गुणों वाले पौधों में संकरण करवाते हैं। यह संकरण अंतराकिस्मीय (विभिन्न किस्मों में), अंतरास्पीशीज (एक ही जीनस की दो विभिन्न स्पीशीजों में) अथवा अंतरावंशीय (विभिन्न जेनरा में) हो सकता है। फसल सुधार की दूसरी विधि है ऐच्छिक गुणों वाले जीन का डालना। इसके परिणामस्वरूप आनुवंशिकीय रूपांतरित फसल प्राप्त होती है।

नए प्रभेदों को अपनाने से पहले यह आवश्यक है कि फसल की किस्म विभिन्न परिस्थितियों में, जो विभिन्न क्षेत्रों में भिन्न-भिन्न होती है, अच्छा उत्पादन दे सकें। किसानों को अच्छी गुणवत्ता वाले विशेष बीज उपलब्ध होने चाहिए अर्थात् बीज उसी किस्म के होने चाहिए जो अनुकूल परिस्थिति में अंकुरित हो सकें।

कृषि प्रणालियाँ तथा फसल उत्पादन मौसम, मिट्टी की गुणवत्ता तथा पानी की उपलब्धता पर निर्भर करते हैं। चूँकि मौसम परिस्थितियाँ, जैसे सूखा तथा बाढ़ का पूर्वानुमान कठिन होता है इसलिए ऐसी किस्में अधिक उपयोगी हैं जो विविध जलवायु परिस्थितियों में भी उग सकें। इसी प्रकार ऐसी किस्में बनाई गई हैं जो उच्च लवणीय मिट्टी में भी उग सकें। किस्मों में सुधार के लिए कुछ कारक हैं:

- उच्च उत्पादन: प्रति एकड़ फसल की उत्पादकता बढ़ाना।
- उन्नत किस्में: फसल उत्पाद की गुणवत्ता, प्रत्येक फसल में भिन्न होती है। दाल में प्रोटीन की गुणवत्ता, तिलहन में तेल की गुणवत्ता और फल तथा सब्जियों का संरक्षण महत्वपूर्ण है।
- जैविक तथा अजैविक प्रतिरोधकता: जैविक (रोग, कीट तथा निमेटोड) तथा अजैविक (सूखा, क्षारता, जलाक्रांति, गरमी, ठंड तथा पाला) पारिस्थितियों के कारण फसल उत्पादन कम हो सकता है। इन परिस्थितियों को सहन कर सकने वाली किस्में फसल उत्पादन में सुधार कर सकती हैं।
- परिपक्वन काल में परिवर्तन: फसल को उगाने से लेकर कटाई तक कम से कम समय लगना आर्थिक दृष्टि से अच्छा है। इससे किसान प्रतिवर्ष अपने खेतों में कई फसलें उगा सकते हैं। कम समय होने के कारण फसल उत्पादन में धन भी कम खर्च होता है। समान परिपक्वन कटाई की प्रक्रिया को सरल बनाता है और कटाई के दौरान होने वाली फसल की हानि कम हो जाती है।
- व्यापक अनुकूलता: व्यापक अनुकूलता वाली किस्मों का विकास करना विभिन्न पर्यावरणीय परिस्थितियों में फसल उत्पादन को स्थायी करने में सहायक होगा। एक ही किस्म को विभिन्न क्षेत्रों में विभिन्न जलवायु में उगाया जा सकता है।
- ऐच्छिक सस्य विज्ञान गुण: चारे वाली फसलों के लिए लंबी तथा सघन शाखाएँ ऐच्छिक गुण हैं। अनाज के लिए बौने पौधे उपयुक्त हैं ताकि इन फसलों को उगाने के लिए कम पोषकों की आवश्यकता हो। इस प्रकार सस्य विज्ञान वाली किस्में अधिक उत्पादन प्राप्त करने में सहायक होती हैं।

प्रश्न

1. *जैविक तथा अजैविक कारक किस प्रकार फसल उत्पादन को प्रभावित करते हैं ?*
2. *फसल सुधार के लिए ऐच्छिक सस्य विज्ञान गुण क्या हैं?*

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

12.1.2 फसल उत्पादन प्रबंधन

अन्य कृषि प्रधान देशों के समान भारत में भी कृषि छोटे-छोटे खेतों से लेकर बहुत बड़े फार्मों तक में होती है। इसलिए विभिन्न किसानों के पास भूमि, धन, सूचना तथा तकनीकी की उपलब्धता कम अथवा अधिक होती है। संक्षिप्त में धन अथवा आर्थिक परिस्थितियाँ किसान को विभिन्न कृषि प्रणालियों तथा कृषि तकनीकों को अपनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। योगदान, उच्च निवेश तथा फसल उत्पादन में सह-संबंध है। इस प्रकार किसान की लागत क्षमता फसल तंत्र तथा उत्पादन प्रणालियों का निर्धारण करती है। इसलिए उत्पादन प्रणालियाँ भी विभिन्न स्तर की हो सकती हैं। 'बिना लागत' उत्पादन, 'अल्प लागत' उत्पादन तथा 'अधिक लागत' उत्पादन प्रणालियाँ इनमें सम्मिलित हैं।

12.1.2 (i) *पोषक प्रबंधन*

जैसे हमें विकास, वृद्धि तथा स्वस्थ रहने के लिए भोजन की आवश्यकता होती है, वैसे ही पौधों को भी वृद्धि के लिए पोषक पदार्थों की आवश्यकता होती है। पौधों को पोषक पदार्थ हवा, पानी तथा मिट्टी से प्राप्त होते हैं। पौधों के लिए अनेक पोषक पदार्थ आवश्यक हैं। हवा से कार्बन तथा ऑक्सीजन, पानी से हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन एवं शेष अन्य पोषक पदार्थ मिट्टी से प्राप्त होते हैं। इन पोषकों में से कुछ की अधिक मात्रा चाहिए इसलिए इन्हें वृहत्-पोषक कहते हैं। शेष पोषकों की आवश्यकता कम मात्रा में होती है इसलिए इन्हें सूक्ष्म-पोषक कहते हैं (सारणी 12.1)।

इन पोषकों की कमी के कारण पौधों की शारीरिक प्रक्रियाओं सहित जनन, वृद्धि तथा रोगों के प्रति प्रवृत्ति पर प्रभाव पड़ता है। अधिक उत्पादन प्राप्त करने के लिए मिट्टी में खाद तथा उर्वरक के रूप में इन पोषकों को मिलाना आवश्यक है।

सारणी 12.1 : हवा, पानी तथा मृदा से प्राप्त होने वाले पोषक

स्रोत	पोषक
हवा	कार्बन, ऑक्सीजन
पानी	हाइड्रोजन, ऑक्सीजन
मृदा	(i) *वृहत् पोषक:* नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, पोटैशियम, कैल्सियम, मैगनीशियम, सल्फर (ii) *सूक्ष्म पोषक:* आयरन, मैंगनीज, बोरॉन, जिंक, कॉपर, मॉलिब्डेनम्, क्लोरीन

प्रश्न

1. *वृहत् पोषक क्या हैं और इन्हें वृहत्-पोषक क्यों कहते हैं?*
2. *पौधे अपना पोषक कैसे प्राप्त करते हैं?*

खाद

खाद में कार्बनिक पदार्थों की मात्रा अधिक होती है तथा यह मिट्टी को अल्प मात्रा में पोषक प्रदान करते हैं। खाद को जंतुओं के अपशिष्ट तथा पौधों के कचरे के अपघटन से तैयार किया जाता है। खाद मिट्टी को पोषकों तथा कार्बनिक पदार्थों से परिपूर्ण करती है और मिट्टी की उर्वरता को बढ़ाती है। खाद में कार्बनिक पदार्थों की अधिक मात्रा मिट्टी की संरचना में सुधार करती है। इसके कारण रेतीली मिट्टी में पानी को रखने की क्षमता बढ़ जाती है। चिकनी मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों की अधिक मात्रा पानी को निकालने में सहायता करती है जिससे पानी एकत्रित नहीं होता।

खाद के बनाने में हम जैविक कचरे का उपयोग करते हैं। इससे उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग की आवश्यकता नहीं होगी तथा इस प्रकार से पर्यावरण

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

संरक्षण में सहयोग मिलेगा। खाद बनाने की प्रक्रिया में विभिन्न जैव पदार्थ के उपयोगों के आधार पर खाद को निम्न वर्गों में विभाजित किया जाता है:

(i) कंपोस्ट तथा वर्मी-कंपोस्ट: कंपोस्टीकरण प्रक्रिया में कृषि अपशिष्ट पदार्थ; जैसे-पशुधन का मलमूत्र (गोबर आदि), सब्जी के छिलके एवं कचरा, जानवरों द्वारा परित्यक्त चारे, घरेलू कचरे, सीवेज कचरे, फेंके हुए खर-पतवार आदि को गड्ढों में विगलित करते हैं। कंपोस्ट में कार्बनिक पदार्थ तथा पोषक बहुत अधिक मात्रा में होते हैं। कंपोस्ट को केंचुओं द्वारा पौधों तथा जानवरों के अपशिष्ट पदार्थों के शीघ्र निरस्तीकरण की प्रक्रिया द्वारा बनाया जाता है। इसे वर्मी-कंपोस्ट कहते हैं।

(ii) हरी खाद: फसल उगाने से पहले खेतों में कुछ पौधे; जैसे-पटसन, मूँग अथवा ग्वार आदि उगा देते हैं और तत्पश्चात् उन पर हल चलाकर खेत की मिट्टी में मिला दिया जाता है। ये पौधे हरी खाद में परिवर्तित हो जाते हैं जो मिट्टी को नाइट्रोजन तथा फॉस्फोरस से परिपूर्ण करने में सहायक होते हैं।

उर्वरक

उर्वरक व्यावसायिक रूप में तैयार पादप पोषक हैं। उर्वरक नाइट्रोजन, फॉस्फोरस तथा पोटैशियम प्रदान करते हैं। इनके उपयोग से अच्छी कायिक वृद्धि (पत्तियाँ, शाखाएँ तथा फूल) होती है और स्वस्थ पौधों की प्राप्ति होती है। अधिक उत्पादन के लिए उर्वरक का भी उपयोग होता है परंतु ये आर्थिक दृष्टि से मँहगे पड़ते हैं।

उर्वरक का उपयोग बड़े ध्यान से करना चाहिए और उसके सदुपयोग के लिए इसकी खुराक की उचित मात्रा, उचित समय तथा उर्वरक देने से पहले तथा उसके बाद की सावधानियों को अपनाना चाहिए। उदाहरण के लिए कभी-कभी उर्वरक अधिक सिंचाई के कारण पानी में बह जाते हैं और पौधे उसका पूरा अवशोषण नहीं कर पाते। उर्वरक की यह अधिक मात्रा जल प्रदूषण का कारण होती है।

जैसा कि हमने पिछली कक्षा में पढ़ा है, उर्वरक का सतत् प्रयोग मिट्टी की उर्वरता को घटाता है। क्योंकि कार्बनिक पदार्थ की पुन: पूर्ति नहीं हो पाती तथा इससे सूक्ष्मजीवों एवं भूमिगत जीवों का जीवन चक्र अवरुद्ध होता है। उर्वरकों के उपयोग द्वारा फसलों का अधिक उत्पादन कम समय में प्राप्त हो सकता है। परंतु यह मृदा की उर्वरता को कुछ समय पश्चात् हानि पहुँचाते हैं। जबकि खाद के उपयोग के लाभ दीर्घावधि हैं।

प्रश्न

1. *मिट्टी की उर्वरता को बनाए रखने के लिए खाद तथा उर्वरक के उपयोग की तुलना कीजिए।*

कार्बनिक खेती, खेती करने की वह पद्धति है जिसमें रासायनिक उर्वरक, पीड़कनाशी, शाकनाशी आदि का उपयोग बहुत कम या बिलकुल नहीं होता। इस पद्धति में अधिकाधिक कार्बनिक खाद, कृषि-अपशिष्ट (पुआल तथा पशुधन) का पुनर्चक्रण, जैविक-कारक जैसे कि नील-हरित शैवाल का संवर्धन, जैविक उर्वरक बनाने में उपयोग किया जाता है। नीम की पत्तियों तथा हल्दी का विशेष रूप से जैव कीटनाशकों के रूप में खाद्य संग्रहण में प्रयोग किया जाता है। कुशल फसलीकरण पद्धति के लिए मिश्रित खेती, अंतर-फसलीकरण तथा फसल चक्र (जैसा कि नीचे अनुभाग 12.1.2(iii) में वर्णित है) आवश्यक हैं। ये फसल तंत्र कीट, पीड़क तथा खरपतवार को नियंत्रित करते हैं और पोषक तत्व भी प्रदान करते हैं।

12.1.2 (ii) *सिंचाई*

भारत में अधिकांश खेती वर्षा पर आधारित है अर्थात् अधिकांश क्षेत्रों में फसल की उपज, समय पर मानसून आने तथा वृद्धिकाल में उचित वर्षा होने पर निर्भर

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

करती है। इसलिए कम वर्षा होने पर फसल उत्पादन कम हो जाता है। फसल की वृद्धि काल में उचित समय पर सिंचाई करने से संभावित फसल उत्पादन में वृद्धि हो सकती है। इसलिए अधिकाधिक कृषि भूमि को सिंचित करने के लिए बहुत से उपाय किए जाते हैं।

इसे भी जानें

पानी की कमी अथवा वर्षा की अनियमितता के कारण सूखा होता है। वर्षा पर आधारित कृषि को सूखे से बहुत हानि होती है विशेषत: उन क्षेत्रों में जहाँ पर किसान फसल उत्पादन में सिंचाई का उपयोग नहीं करते और केवल वर्षा पर ही निर्भर रहते हैं। हलकी मृदाओं में पानी को संचित रखने की क्षमता कम होती है। इसलिए जिन क्षेत्रों में हलकी मृदा होती है वहाँ पर सूखे के कारण फसलों की बहुत हानि होती है। वैज्ञानिकों ने कुछ फसलों की ऐसी किस्में तैयार कर ली हैं जो सूखे की स्थिति को सहन कर सकती हैं।

भारत में अनेक पानी के स्रोत हैं और विभिन्न प्रकार की जलवायु है। इन परिस्थितियों में, विभिन्न प्रकार के सिंचाई की विधियाँ पानी के स्रोत की उपलब्धता के आधार पर अपनायी जाती हैं। इन स्रोतों के कुछ उदाहरण कुएँ, नहरें, नदियाँ तथा तालाब हैं।

- कुएँ: कुएँ दो प्रकार के होते हैं खुदे हुए कुएँ तथा नलकूप। खुदे हुए कुएँ द्वारा भूमिगत जल स्तरों में स्थित पानी को एकत्रित किया जाता है। नलकूप में पानी गहरे जल स्तरों से निकाला जाता है। इन कुओं से सिंचाई के लिए पानी को पंप द्वारा निकाला जाता है।
- नहरें: यह सिंचाई का एक बहुत विस्तृत तथा व्यापक तंत्र हैं। इनमें पानी एक या अधिक जलाशयों अथवा नदियों से आता है। मुख्य नहर से शाखाएँ निकलती हैं जो विभाजित होकर खेतों में सिंचाई करती हैं।
- नदी जल उठाव प्रणाली: जिन क्षेत्रों में जलाशयों से कम पानी मिलने के कारण नहरों का बहाव अनियमित अथवा अपर्याप्त होता है वहाँ जल उठाव प्रणाली अधिक उपयोगी रहती है। नदियों के किनारे स्थित खेतों में सिंचाई करने के लिए नदियों से सीधे ही पानी निकाला जाता है।
- तालाब: छोटे जलाशय जो छोटे क्षेत्रों में बहे हुए पानी का संग्रह करते हैं, तालाब का रूप ले लेते हैं।

कृषि में पानी की उपलब्धि बढ़ाने के लिए आधुनिक विधियाँ, जैसे वर्षा के पानी का संग्रहण तथा जल विभाजन का उचित प्रबंधन द्वारा उपयोग किया जाता है। इसके लिए छोटे बाँध बनाने होते हैं जिससे कि भूमि के नीचे जलस्तर बढ़ जाए। ये छोटे बाँध वर्षा के पानी को बहने से रोकते हैं तथा मृदा अपरदन को भी कम करते हैं।

12.1.2 (iii) *फसल पैटर्न*

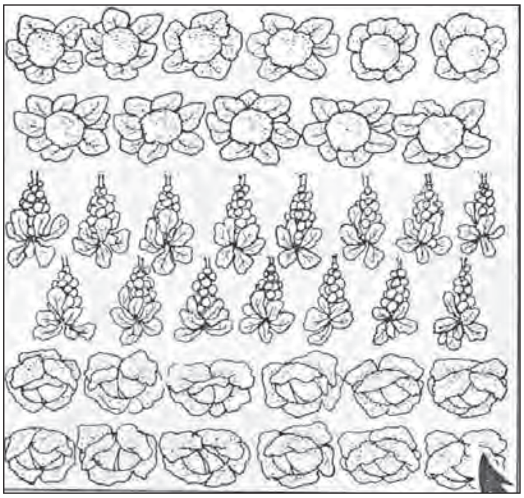
अधिक लाभ प्राप्त करने के लिए फसल उगाने की विभिन्न विधियों का उपयोग कर सकते हैं।

मिश्रित फसल में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक साथ ही एक खेत में उगाते हैं। जैसे कि– गेहूँ+चना अथवा गेहूँ+सरसों अथवा मूँगफली+सूर्यमुखी। इससे हानि होने की संभावना कम हो जाती है क्योंकि फसल के नष्ट हो जाने पर भी फसल उत्पादन की आशा बनी रहती है।

अंतराफसलीकरण में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक साथ एक ही खेत में निर्दिष्ट पैटर्न पर उगाते हैं (चित्र 12.2)। कुछ पंक्तियों में एक प्रकार की फसल तथा उनके एकांतर में स्थित दूसरी पंक्तियों में दूसरी प्रकार की फसल उगाते हैं। इसके उदाहरण हैं: सोयाबीन+मक्का अथवा बाजरा+लोबिया। फसल का चुनाव इस प्रकार करते हैं कि उनकी पोषक तत्वों की आवश्यकताएँ भिन्न-भिन्न हों जिससे पोषकों का अधिकतम उपयोग हो सके। इस विधि

Reprint 2025-26

द्वारा पीड़क व रोगों को एक प्रकार की फसल के सभी पौधों में फैलने से रोका जा सकता है। इस प्रकार दोनों फसलों से अच्छा उत्पादन प्राप्त किया जा सकता है।



चित्र 12.2: अंतराफसलीकरण

किसी खेत में क्रमवार पूर्व नियोजित कार्यक्रम के अनुसार विभिन्न फसलों के उगाने को फसल चक्र कहते हैं। परिपक्वन काल के आधार पर विभिन्न फसल सम्मिश्रण के लिए फसलचक्र अपनाया जाता है। एक कटाई के बाद कौन-सी फसल उगानी चाहिए यह नमी तथा सिंचाई की उपलब्धता पर निर्भर करता है। यदि फसल चक्र उचित ढंग से अपनाया जाए तो एक वर्ष में दो अथवा तीन फसलों से अच्छा उत्पादन किया जा सकता है।

12.1.3 फसल सुरक्षा प्रबंधन

खेतों में फसल खर-पतवार, कीट, पीड़क तथा रोगों से प्रभावित होती हैं। यदि समय रहते खर-पतवार तथा पीड़कों को नियंत्रित नहीं किया जाए तो वे फसलों को बहुत हानि पहुँचाते हैं।

खर-पतवार कृषि योग्य भूमि में अनावश्यक पौधे होते हैं उदाहरणत: गोखरू (*जैंथियम*), गाजर घास (*पारथेनियम*), व मोथा (*साइप्रस रोटेंडस*)। ये खर-पतवार भोजन, स्थान तथा प्रकाश के लिए स्पर्धा करते हैं। खर-पतवार पोषक तत्व भी लेते हैं जिससे फसलों की वृद्धि कम हो जाती है। इसलिए अच्छी पैदावार के लिए प्रारंभिक अवस्था में ही खर-पतवार को खेतों में से निकाल देना चाहिए।

प्राय: कीट-पीड़क तीन प्रकार से पौधों पर आक्रमण करते हैं: (1) ये मूल, तने तथा पत्तियों को काट देते हैं, (2) ये पौधे के विभिन्न भागों से कोशिकीय रस चूस लेते हैं, तथा (3) ये तने तथा फलों में छिद्र कर देते हैं। इस प्रकार ये फसल को खराब कर देते हैं और फसल उत्पादन कम हो जाता है।

पौधों में रोग बैक्टीरिया, कवक तथा वाइरस जैसे रोग कारकों द्वारा होता है। ये मिट्टी, पानी तथा हवा में उपस्थित रहते हैं और इन माध्यमों द्वारा ही पौधों में फैलते हैं।

खर-पतवार, कीट तथा रोगों पर नियंत्रण कई विधियों द्वारा किया जा सकता है। इनमें से सर्वाधिक प्रचलित विधि पीड़कनाशी रसायन का उपयोग है। इसके अंतर्गत शाकनाशी, कीटनाशी तथा कवकनाशी आते हैं। इन रसायनों को फसल के पौधों पर छिड़कते हैं अथवा बीज और मिट्टी के उपचार के लिए उपयोग करते हैं। लेकिन इनके अधिकाधिक उपयोग से बहुत-सी समस्याएँ उत्पन्न हो जाती हैं, जैसे कि ये कई पौधों तथा जानवरों के लिए विषैले हो सकते हैं और पर्यावरण प्रदूषण के कारण बन जाते हैं।

यांत्रिक विधि द्वारा खर-पतवारों को हटाना भी एक विधि है। निरोधक विधियाँ; जैसे-समय पर फसल उगाना, उचित क्यारियाँ तैयार करना, अंतराफसलीकरण तथा फसल चक्र खर-पतवार को नियंत्रित करने में सहायक होती हैं। पीड़कों पर नियंत्रण पाने के लिए प्रतिरोध क्षमता वाली किस्मों का उपयोग तथा ग्रीष्म काल में हल से जुताई कुछ निरोधक विधियाँ हैं। इस विधि में खर-पतवार तथा पीड़कों को नष्ट करने के लिए गर्मी के मौसम में गहराई तक हल चलाया जाता है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

प्रश्न

1. निम्नलिखित में से कौन-सी परिस्थिति में सबसे अधिक लाभ होगा? क्यों ?

(a) किसान उच्च कोटि के बीज का उपयोग करें, सिंचाई ना करें अथवा उर्वरक का उपयोग ना करें।

(b) किसान सामान्य बीजों का उपयोग करें, सिंचाई करें तथा उर्वरक का उपयोग करें।

(c) किसान अच्छी किस्म के बीज का प्रयोग करें, सिंचाई करें, उर्वरक का उपयोग करें तथा फसल सुरक्षा की विधियाँ अपनाएँ।

क्रियाकलाप 12.1

- किसी पास के बगीचे अथवा खेत में जाएं और उसमें पाए जाने वाले खरपतवार, पुष्प या फसल की सूची बनाएं। इन पुष्प या फसलों पर अगर कोई कीट पीड़क लगा हो तो उसकी सूची भी बनाएं।

अनाज का भंडारण

कृषि उत्पाद के भंडारण में बहुत हानि हो सकती है। इस हानि के जैविक कारक कीट, कृंतक, कवक, चिंचड़ी तथा जीवाणु हैं तथा इस हानि के अजैविक कारक भंडारण के स्थान पर उपयुक्त नमी व ताप का अभाव हैं। ये कारक उत्पाद की गुणवत्ता को खराब कर देते हैं, वजन कम कर देते हैं तथा अंकुरण करने की क्षमता कम कर देते हैं। उत्पाद को बदरंग कर देते हैं। ये सब लक्षण बाजार में उत्पाद की कीमत को कम कर देते हैं। इन कारकों पर नियंत्रण पाने के लिए उचित उपचार और भंडारण का प्रबंधन होना चाहिए।

निरोधक तथा नियंत्रण विधियों का उपयोग भंडारण करने से पहले किया जाता है। इन विधियों के भंडारण से पहले उत्पाद की नियंत्रित सफाई को अच्छी तरह सुखाना (पहले सूर्य के प्रकाश में और फिर छाया में) तथा धूमक (fumigation) का उपयोग, जिससे कि पीड़क मर जाए, सम्मिलित हैं।

प्रश्न

1. फसल की सुरक्षा के लिए निरोधक विधियाँ तथा जैव नियंत्रण क्यों अच्छा समझा जाता है?

2. भंडारण की प्रक्रिया में कौन-से कारक अनाज की हानि के लिए उत्तरदायी हैं?

क्रियाकलाप 12.2

- अनाज या दालों के दानों या बीजों को एकत्रित करें तथा इनकी बुवाई और फसल काटने के मौसम की जानकारी भी एकत्रित करें।

12.2 पशुपालन

पशुधन के प्रबंधन को पशुपालन कहते हैं। इसके अंतर्गत बहुत-से कार्य; जैसे भोजन देना, प्रजनन तथा रोगों पर नियंत्रण करना आता है। जनसंख्या वृद्धि तथा रहन-सहन के स्तर में वृद्धि के कारण अंडों, दूध तथा मांस की खपत भी बढ़ रही है। पशुधन के लिए

सारणी 12.2: पशु उत्पादों का पोषक मान (प्रतिशत में)

पशु उत्पाद	पोषक तत्वों की प्रतिशतता (%)					
	वसा	प्रोटीन	शक्कर	खनिज	जल	विटामिन
दूध (गाय)	3.60	4.00	4.50	0.70	87.20	B1, B2, B12, D, E
अंडा	12.00	13.00	*	1.00	74.00	B2, D
मांस	3.60	21.10	*	1.10	74.20	B2, B12
मछली	2.50	19.00	*	1.30	77.20	नियासीन D, A

*बहुत कम मात्रा में उपस्थित

Reprint 2025-26

© NCERT not to be republished

मानवीय व्यवहार के प्रति जागरूकता होने के कारण पशुधन खेती में कुछ नई परेशानियाँ भी आ गई हैं। इसलिए पशुधन उत्पादन बढ़ाने व उसमें सुधार की आवश्यकता है।

12.2.1 पशु कृषि

पशुपालन के दो उद्देश्य हैं: दूध देने वाले तथा कृषि कार्य (हल चलाना, सिंचाई तथा बोझा ढोने) के लिए पशुओं को पालना। भारतीय पालतू पशुओं की दो मुख्य स्पीशीज़ हैं: गाय (बॉस इंडिकस), भैंस (बॉस बुबेलिस)। दूध देने वाली मादाओं को दुधारू पशु कहते हैं।

दूध उत्पादन, पशु के दुग्धस्रवण के काल पर कुछ सीमा तक निर्भर करता है। जिसका अर्थ है बच्चे के जन्म पश्चात् दूध उत्पादन का समय काल। इस प्रकार दूध उत्पादन दुग्धस्रवण काल को बढ़ाने से बढ़ सकता है। लंबे समय तक दुग्धस्रवण काल के लिए विदेशी नस्लों जैसे जर्सी, ब्राउन स्विस का चुनाव करते हैं। देशी नस्लों जैसे रेडसिंधी, साहीवाल (चित्र 12.3) में रोग प्रतिरोधक क्षमता बहुत अधिक होती है। यदि इन दोनों नस्लों में संकरण कराया जाए तो एक ऐसी संतति प्राप्त होगी जिसमें दोनों ऐच्छिक गुण (रोग प्रतिरोधक क्षमता व लंबा दुग्धस्रवण काल) होंगे।

(a) रेडसिंधी

(b) साहीवाल

चित्र 12.3: *भारतीय नस्ल की गायें*

प्रश्न

1. पशुओं की नस्ल सुधार के लिए प्राय: कौन-सी विधि का उपयोग किया जाता है और क्यों ?

क्रियाकलाप 12.3

- पशुधन फार्म पर जाएँ और निम्नलिखित की ओर ध्यान दें।
- पशुओं की संख्या तथा विभिन्न प्रकार की नस्लों की संख्या।
- विभिन्न नस्लों से प्रतिदिन प्राप्त दूध।

उत्पादन की मात्रा मानवीय व्यवहार-आधारित पशुपालन में पशुओं के स्वास्थ्य तथा स्वच्छ दूध उत्पादन के लिए गाय तथा भैंस के शरीर की उचित सफाई तथा आवास की आवश्यकता होती है। पशु के शरीर पर झड़े हुए बाल तथा धूल को हटाने के लिए नियमित रूप से पशु की सफाई करनी चाहिए। उनका आवास छतदार तथा रोशनदान युक्त होना चाहिए। ऐसे आवास उन्हें वर्षा, गर्मी तथा सर्दी से बचाते हैं। आवास का फर्श ढलवा होना चाहिए जिससे कि वह साफ और सूखा रहे।

दूध देने वाले पशु (डेयरी पशु) के आहार की आवश्यकता दो प्रकार की होती है: (a) एक प्रकार का आहार जो उसके स्वास्थ्य को अच्छा बनाए रखे तथा (b) दूसरा वह जो दूध उत्पादन को बढ़ाए। इसकी आवश्यकता दुग्धस्रवण काल के समय होती है। पशु आहार के अंतर्गत आते हैं: (a) मोटा चारा (रुक्षांश) जो प्राय: मुख्यत: रेशे होते हैं तथा (b) सांद्र जिनमें रेशे कम होते हैं और प्रोटीन तथा अन्य पोषक तत्व अधिक होते हैं। पशु को एक संतुलित आहार की आवश्यकता होती है जिसमें उचित मात्रा में सभी पोषक तत्व हों। ऐसे पोषक तत्वों के अतिरिक्त कुछ सूक्ष्म पोषक तत्व भी मिलाए जाते हैं जो दुधारू पशुओं को स्वस्थ रखते हैं तथा दूध उत्पादन को बढ़ाते हैं।

Reprint 2025-26

पशु अनेक प्रकार के रोगों से ग्रसित हो सकते हैं जिनके कारण उनकी दूध उत्पादन क्षमता में कमी अथवा उनकी मृत्यु भी हो सकती है। एक स्वस्थ पशु नियमित रूप से खाता है और ठीक ढंग से बैठता व उठता है। पशु के बाह्य परजीवी तथा अंत:परजीवी दोनों ही होते हैं। बाह्य परजीवी त्वचा पर रहते हैं जिनसे पशु को त्वचा रोग हो सकते हैं। अंत:परजीवी; जैसे कीड़े, आमाशय तथा आँत को तथा पर्ण कृमि (फलूक) यकृत को प्रभावित करते हैं। संक्रामक रोग बैक्टीरिया तथा वाइरस के कारण होते हैं। अनेक विषाणु तथा जीवाणु जनित रोगों से पशुओं को बचाने के लिए टीका लगाया जाता है।

12.2.2 कुक्कुट (मुर्गी पालन)

अंडे व कुक्कुट मांस के उत्पादन को बढ़ाने के लिए मुर्गी पालन किया जाता है। इसलिए कुक्कुट पालन में उन्नत मुर्गी की नस्लें विकसित की जाती हैं। अंडों के लिए अंडे देने वाली (लेअर) मुर्गी पालन किया जाता है तथा मांस के लिए ब्रौलर को पाला जाता है।

एसिल   लेगहार्न

चित्र 12.4

निम्नलिखित गुणों के लिए नयी–नयी किस्में विकसित की जाती हैं। नयी किस्में बनाने के लिए देशी जैसे एसिल तथा विदेशी जैसे लेगहार्न नस्लों का संकरण कराया जाता है।

(i) चूज़ों की संख्या तथा गुणवत्ता;

(ii) छोटे कद के ब्रोलर माता–पिता द्वारा चूज़ों के व्यावसायिक उत्पादन हेतु;

(iii) गर्मी अनुकूलन क्षमता/उच्च तापमान को सहने की क्षमता;

(iv) देखभाल में कम खर्च की आवश्यकता;

(v) अंडे देने वाले तथा ऐसी क्षमता वाले पक्षी जो कृषि के उपोत्पाद (agricultural by-products) से प्राप्त सस्ते रेशेदार आहार का उपभोग कर सकें।

प्रश्न

1. निम्नलिखित कथन की विवेचना कीजिए–
''यह रुचिकर है कि भारत में कुक्कुट, अल्प रेशे के खाद्य पदार्थों को उच्च पोषकता वाले पशु प्रोटीन आहार में परिवर्तन करने के लिए सबसे अधिक सक्षम है। अल्प रेशे के खाद्य पदार्थ मनुष्यों के लिए उपयुक्त नहीं होते हैं।''

अंडों तथा ब्रौलर का उत्पादन

ब्रौलर चूज़ों को अच्छी वृद्धि दर तथा अच्छी आहार दक्षता के लिए विटामिन से प्रचुर आहार मिलते हैं। उनकी मृत्यु दर कम रखने और उनके पंख तथा मांस की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए सावधानी बरती जाती है। उन्हें ब्रौलर के रूप में उत्पादित किया जाता है तथा मांस के प्रयोजन के लिए विपणन किया जाता है।

मुर्गी पालन में अच्छा उत्पादन प्राप्त करने के लिए अच्छी प्रबंधन प्रणालियाँ बहुत आवश्यक हैं। इसके अंतर्गत इनके आवास में उचित ताप तथा स्वच्छता का निर्धारण करके कुक्कुट आहार की गुणवत्ता को बनाए रखा जाता है। इनके साथ–साथ रोगों तथा पीड़कों पर नियंत्रण तथा उनसे बचाव करना भी शामिल है।

ब्रौलर की आवास, पोषण तथा पर्यावरणीय आवश्यकताएँ अंडे देने वाले कुक्कुटों से कुछ भिन्न होती हैं। ब्रौलर के आहार में प्रोटीन तथा वसा प्रचुर मात्रा में होता है। कुक्कुट आहार में विटामिन A तथा विटामिन K की मात्रा भी अधिक रखी जाती है।

© NCERT not to be republished

Reprint 2025-26

जीवाणु, विषाणु, कवक, परजीवी तथा पोषणहीनता के कारण मुर्गियों में कई प्रकार के रोग हो सकते हैं। अतः सफाई तथा स्वच्छता का विशेष ध्यान रखना चाहिए। इसके लिए नियमित रूप से रोगाणुनाशी पदार्थों का छिड़काव आवश्यक है और मुर्गियों को संक्रामक रोगों से बचाने के लिए टीका लगवाना चाहिए जिससे महामारी से ये ग्रसित न हों। इन सावधानियों के बरतने से, रोगों के फैलने की दशा में, कुक्कुट को न्यूनतम हानि होती है।

प्रश्न

1. *पशुपालन तथा कुक्कुट पालन के प्रबंधन प्रणाली में क्या समानता है ?*
2. *ब्रौलर तथा अंडे देने वाली लेयर में क्या अंतर है। इनके प्रबंधन के अंतर को भी स्पष्ट करो।*

क्रियाकलाप 12.4

- कुक्कुट पालन केंद्र में जाओ। वहाँ विभिन्न प्रकार की नस्लों का अवलोकन करो।
- उनको दिए जाने वाले आहार, उनके आवास तथा प्रकाश सुविधाओं को नोट करो। अंडे देने वाली लेअर तथा ब्रौलर को पहचानो।

12.2.3 मत्स्य उत्पादन (मछली उत्पादन)

हमारे भोजन में मछली प्रोटीन का एक समृद्ध स्रोत है। मछली उत्पादन में पखयुक्त मछलियाँ, कवचीय मछलियाँ जैसे प्रॉन तथा मोलस्क सम्मिलित हैं। मछली प्राप्त करने की दो विधियाँ हैं: एक प्राकृतिक स्रोत (जिसे मछली पकड़ना कहते हैं) तथा दूसरा स्रोत मछली पालन (या मछली संवर्धन)।

मछलियों के जल स्रोत समुद्री जल तथा ताज़ा जल (अलवणीय जल) हैं। अलवणीय जल नदियों तथा तालाबों में होता है। इसलिए मछली पकड़ना तथा मछली संवर्धन समुद्र तथा ताज़े जल के पारिस्थितिक तंत्रों में किया जा सकता है।

12.2.3 (i) *समुद्री मत्स्यकी*

भारत का समुद्री मछली संसाधन क्षेत्र 7500 किलोमीटर समुद्री तट तथा इसके अतिरिक्त समुद्र की गहराई तक है। सर्वाधिक प्रचलित समुद्री मछलियाँ पॉमफ्रेट, मैकर्ल, टुना, सारडाइन, तथा बांबेडॅक हैं। समुद्री मछली पकड़ने के लिए विभिन्न प्रकार के जालों का उपयोग मछली पकड़ने वाली नावों से किया जाता है। सैटेलाइट तथा प्रतिध्वनि गभीरतामापी से खुले समुद्र में मछलियों के बड़े समूह का पता लगाया जा सकता है तथा इन सूचनाओं का उपयोग कर मछली का उत्पादन बढ़ाया जा सकता है।

कुछ आर्थिक महत्त्व वाली समुद्री मछलियों का समुद्री जल में संवर्धन भी किया जाता है। इनमें प्रमुख हैं : मुलेट, भेटकी तथा पर्लस्पॉट (पंखयुक्त मछलियाँ), कवचीय मछलियाँ जैसे झींगा (Prawn) (चित्र 12.5), मस्सल तथा ऑएस्टर, एवं साथ ही समुद्री खर-पतवार। ऑएस्टर का संवर्धन मोतियों को प्राप्त करने के लिए भी किया जाता है।

भविष्य में समुद्री मछलियों का भंडार (stock) कम होने की अवस्था में इन मछलियों की पूर्ति संवर्धन के द्वारा हो सकती है। इस प्रणाली को समुद्री संवर्धन (मेरीकल्चर) कहते हैं।

मेक्रोब्रेकियम रोजेनबर्गी (ताज़ा पानी) पीनियस मोनोडोन *(समुद्री)*

चित्र 12.5: *ताज़ा पानी व समुद्री झींगे*

12.2.3 (ii) *अंतःस्थली मत्स्यकी*

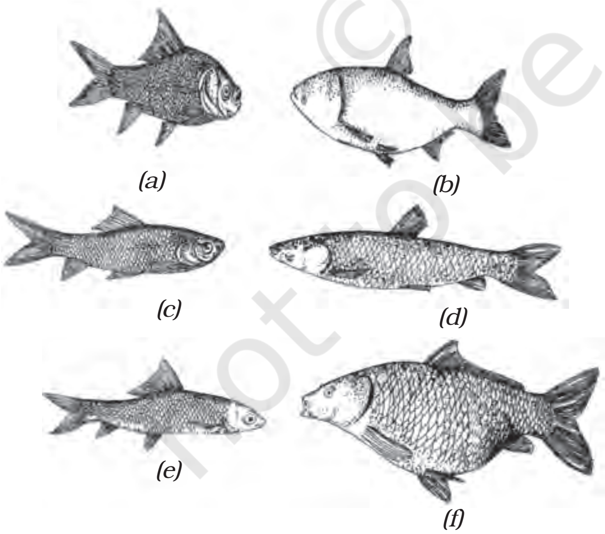
ताज़ा जल के स्रोत नाले, तालाब, पोखर तथा नदियाँ हैं। खारे जल के संसाधन, जहाँ समुद्री जल तथा ताजा जल मिश्रित होते हैं जैसे कि नदी मुख (एस्चुरी) तथा

© NCERT not to be republished

लैगून भी महत्वपूर्ण मत्स्य भंडारण हैं। जब मछलियों का प्रग्रहण अंत:स्थली वाले स्रोतों पर किया जाता है तो उत्पादन अधिक नहीं होता। इन स्रोतों से अधिकांश मछली उत्पादन जल संवर्धन द्वारा ही होता है।

मछली संवर्धन कभी-कभी धान की फसल के साथ भी किया जाता है। अधिक मछली संवर्धन मिश्रित मछली संवर्धन तंत्र से किया जा सकता है। इस प्रक्रिया में देशी तथा आयातित प्रकार की मछलियों का प्रयोग किया जाता है।

ऐसे तंत्र में एक ही तालाब में 5 अथवा 6 मछलियों की स्पीशीज़ का प्रयोग किया जाता है। इनमें ऐसी मछलियों को चुना जाता है जिनमें आहार के लिए प्रतिस्पर्धा न हो अथवा उनके आहार भिन्न-भिन्न हों। इसके परिणामस्वरूप तालाब के प्रत्येक भाग में उपलब्ध आहार का प्रयोग हो जाता है। जैसे कटला मछली जल की सतह से अपना भोजन लेती है। रोहु मछली तालाब के मध्य क्षेत्र से अपना भोजन लेती है। मृगल तथा कॉमन कार्प तालाब की तली से भोजन लेती हैं। ग्रास कार्प खर-पतवार खाती है। इस प्रकार ये सभी मछलियाँ साथ-साथ रहते हुए भी बिना स्पर्धा के अपना-अपना आहार लेती हैं (चित्र 12.6)। इससे तालाब से मछली के उत्पादन में वृद्धि होती है।



चित्र 12.6: (a) कटला, (b) सिल्वर कार्प, (c) रोहु, (d) ग्रास कार्प, (e) मृगल, (f) कॉमन कार्प

मिश्रित मछली संवर्धन में एक समस्या यह है कि इनमें से कई मछलियां केवल वर्षा ऋतु में ही जनन करती हैं। यहाँ तक कि यदि मत्स्य डिंभ देशी नस्ल से लिए जाएँ तो अन्य स्पीशीज़ के डिंभों के साथ मिल सकते हैं। अत: मछली संवर्धन के लिए अच्छी गुणवत्ता वाले डिंभों का उपलब्ध न होना, एक गंभीर समस्या है। इस समस्या के समाधान के लिए, ऐसी विधियाँ खोजी जा रही हैं कि तालाब में इन मछलियों का संवर्धन हार्मोन के उपयोग द्वारा किया जा सके। इससे ऐच्छिक मात्रा में शुद्ध मछली के डिंभ प्राप्त होते रहेंगे।

प्रश्न

1. मछलियाँ कैसे प्राप्त करते हैं?

2. मिश्रित मछली संवर्धन के क्या लाभ हैं?

क्रियाकलाप 12.5

- मछलियों के जनन काल में मछली फार्म में जाओ और निम्नलिखित का अवलोकन करो:
  (1) तालाब में मछलियों की विभिन्न किस्में।
  (2) तालाबों के प्रकार।
  (3) फार्म में प्रयुक्त आहार में शामिल तत्व।
  (4) ज्ञात करो कि फार्म की मछली उत्पादन क्षमता क्या है?

12.2.4 मधुमक्खी पालन

मधु या शहद का सर्वत्र उपयोग होता है अत: इसके लिए मधुमक्खी पालन का उद्यम एक कृषि उद्योग बन गया है। चूंकि मधुमक्खी पालन में पूँजी निवेश कम होता है, इसलिए किसान इसे धनार्जन का अतिरिक्त साधन मानते हैं। शहद के अतिरिक्त मधुमक्खी के छत्ते मोम के बहुत अच्छे स्रोत हैं। मोम का उपयोग औषधि तैयार करने में किया जाता है।

Reprint 2025-26

(a) (b)

चित्र 12.7: (a) मधुमक्खी के छत्तों की मधुवाटिका में व्यवस्था, (b) मधु निष्कर्षक

व्यावसायिक स्तर पर मधु उत्पादन के लिए देशी किस्म की मक्खी *ऐपिस सेरना इंडिका*, (सामान्य भारतीय मक्खी), *ऐपिस डोरसेटा* (एक शैल मक्खी) तथा ऐपिस फ्लोरी (*लिटिल* मक्खी) का प्रयोग करते हैं। एक इटालियन मक्खी की प्रजाति *(ऐपिस मेलीफेरा)* का प्रयोग मधु के उत्पादन को बढ़ाने के लिए किया जाता है। अत: व्यावसायिक मधु उत्पादन में इस मक्खी का प्राय: उपयोग किया जाता है।

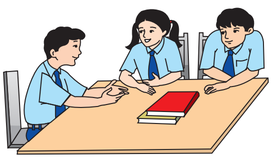
इटालियन मक्खी में मधु एकत्र करने की क्षमता बहुत अधिक होती है। वे डंक भी कम मारती हैं। वे निर्धारित छत्ते में काफी समय तक रहती है और प्रजनन तीव्रता से करती है। व्यावसायिक मधु उत्पादन के लिए मधुवाटिका अथवा मधुमक्खी फार्म बनाए गए हैं।

मधु की कीमत अथवा गुणवत्ता मधुमक्खियों के चरागाह अर्थात उनको मधु एकत्र करने के लिए उपलब्ध फूलों पर निर्भर करती है। मधुमक्खियाँ फूलों से मकरंद तथा पराग एकत्र करती हैं। चरागाह की पर्याप्त उपलब्धता के अतिरिक्त फूलों की किस्में मधु के स्वाद को निर्धारित करती हैं।

प्रश्न

1. *मधु उत्पादन के लिए प्रयुक्त मधुमक्खी में कौन-से ऐच्छिक गुण होने चाहिए ?*
2. *चरागाह क्या है और ये मधु उत्पादन से कैसे संबंधित है ?*

आपने क्या सीखा



- फसल के लिए अनेकों पोषक आवश्यक हैं। हवा से कार्बन तथा ऑक्सीजन, पानी से हाईड्रोजन तथा ऑक्सीजन एवं मिट्टी से शेष पोषक प्राप्त होते हैं। इन पोषकों में से कुछ पोषकों की मात्रा अधिक चाहिए इसलिए इन्हें वृहत्-पोषक कहते हैं। शेष अन्य पोषक कम मात्रा में चाहिए, जिन्हें सूक्ष्म-पोषक कहते हैं।
- फसल के लिए पोषकों के मुख्य स्रोत खाद तथा उर्वरक हैं।
- कार्बनिक कृषि प्रणालियों में उर्वरकों, पीड़कनाशकों तथा शाकनाशकों का निम्नतम या बिलकुल प्रयोग नहीं किया जाता है। इन प्रणालियों में स्वस्थ फसल तंत्र के साथ कार्बनिक खादों, पुनर्चक्रित अपशिष्टों तथा जैव-कारकों का अधिकतम उपयोग होता है।
- एक विशेष फार्म में फसल उत्पादन तथा पशुपालन आदि में बढ़ावा देने वाली खेती को मिश्रित खेती तंत्र कहते हैं।
- मिश्रित फसल में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक ही खेत में एक साथ उगाते हैं।

not to be republished © NCERT

Reprint 2025-26

- दो अथवा दो से अधिक फसलों को निश्चित कतार पैटर्न में उगाने को अंतराफसलीकरण कहते हैं।
- एक ही खेत में विभिन्न फसलों को पूर्व नियोजित अनुक्रम में उगाएँ तो उसे फसल चक्र कहते हैं।
- उच्च उत्पादन, अच्छी गुणवत्ता जैविक व अजैविक कारकों के प्रति प्रतिरोधिता, अल्प परिपक्वन काल तथा बदलती परिस्थितियों के लिए अनुकूल तथा ऐच्छिक सस्य विज्ञान गुण के लिए नस्ल सुधार की आवश्यकता है।
- फार्म पशुओं के लिए उचित देखभाल तथा प्रबंधन जैसे कि आवास, आहार, जनन, तथा रोगों पर नियंत्रण की आवश्यकता होती है। इसे पशुपालन कहते हैं।
- कुक्कुट पालन घरेलू मुर्गियों की संख्या को बढ़ाने के लिए करते हैं। कुक्कुट पालन के अंतर्गत अंडों का उत्पादन तथा मुर्गों के मांस के लिए ब्रौलर उत्पादन हैं।
- कुक्कुट पालन में उत्पादन को बढ़ाने तथा उन्नत किस्म की नस्लों के लिए भारतीय (देशी) तथा बाह्य नस्लों में संकरण कराते हैं।
- समुद्र तथा अंत:स्थली स्रोतों से मछलियाँ प्राप्त कर सकते हैं।
- मछली उत्पादन बढ़ाने के लिए उनका संवर्धन समुद्र तथा अंत:स्थली पारिस्थितिक प्रणालियों में कर सकते हैं।
- समुद्री मछलियों को पकड़ने के लिए प्रतिध्वनि गभीरतामापी तथा उपग्रह द्वारा निर्देशित मछली पकड़ने के जाल का प्रयोग करते हैं।
- मिश्रित मछली संवर्धन तंत्र प्राय: मत्स्य पालन के लिए अपनाते हैं।
- मधुमक्खी पालन मधु तथा मोम को प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

अभ्यास

1. फसल उत्पादन की एक विधि का वर्णन करो जिससे अधिक पैदावार प्राप्त हो सके।
2. खेतों में खाद तथा उर्वरक का उपयोग क्यों करते हैं?
3. अंतराफसलीकरण तथा फसल चक्र के क्या लाभ हैं?
4. आनुवंशिक फेरबदल क्या हैं? कृषि प्रणालियों में ये कैसे उपयोगी हैं?
5. भंडार गृहों (गोदामों) में अनाज की हानि कैसे होती है?
6. किसानों के लिए पशु पालन प्रणालियाँ कैसे लाभदायक हैं?
7. पशु पालन के क्या लाभ हैं?
8. उत्पादन बढ़ाने के लिए कुक्कुट पालन, मत्स्य पालन तथा मधुमक्खी पालन में क्या समानताएँ हैं?
9. प्रग्रहण मत्स्यन, मेरीकल्चर तथा जल संवर्धन में क्या अंतर है?

Reprint 2025-26