अन्वेषण

कक्षा 9 के लिए विज्ञान की पाठ्यपुस्तक

© NCERT not to be republished

0907

विद्यया ऽमृतमश्नुते

एन सी ई आर टी
NCERT

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

0907 – अन्वेषण
कक्षा 9 के लिए विज्ञान की पाठ्यपुस्तक

ISBN 978-93-5729-026-5

प्रथम संस्करण
जून 2026 ज्येष्ठ 1948

PD 300T M

© राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, 2026

₹ 205.00

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

सचिव, राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, श्री अरविंद मार्ग, नई दिल्ली 110 016 द्वारा प्रकाशन प्रभाग में प्रकाशित तथा लक्ष्मी ऑफ़सेट प्रिंटर्स, जी- 114-115, हीरावाला इंडस्ट्रियल एरिया, कानोता, आगरा रोड़, जयपुर द्वारा मुद्रित।

सर्वाधिकार सुरक्षित

- प्रकाशक की पूर्व अनुमति के बिना इस प्रकाशन के किसी भी भाग को छापना तथा इलैक्ट्रॉनिकी, मशीनी, फ़ोटो प्रतिलिपि, रिकॉर्डिंग अथवा किसी अन्य विधि से पुनः प्रयोग पद्धति द्वारा उसका संग्रहण अथवा प्रचारण वर्जित है।
- इस पुस्तक की बिक्री इस शर्त के साथ की गई है कि प्रकाशन 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।

रा.शै.अ.प्र.प. 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
बेंगलुरू 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. कॉम्प्लेक्स
मालीगाँव
गुवाहाटी 781 021 फोन : 0361-2676869

प्रकाशन सहयोग

अध्यक्ष, प्रकाशन प्रभाग	:	*एम.वी. श्रीनिवासन*
मुख्य संपादक	:	*बिज्ञान सुतार*
मुख्य व्यापार प्रबंधक	:	*अमिताभ कुमार*
मुख्य उत्पादन अधिकारी (प्रभारी)	:	*दीपक जैसवाल*
सहायक संपादक	:	*मीनाक्षी*
उत्पादन सहायक	:	*अश्वनी माचरा*

आवरण, ले आउट एवं चित्रांकन
फजरुद्दीन
जुनैद डिजिटल आर्ट्स

© NCERT not to be republished

आमुख

राष्ट्रीय शिक्षा नीति (एन.ई.पी.) 2020 ऐसी शिक्षा प्रणाली की संकल्पना करती है जो भारत के सांस्कृतिक एवं बौद्धिक ज्ञान, मूल्यों और नैतिक परंपराओं में सन्निहित है। समृद्ध बौद्धिक विरासत विद्यार्थियों को तीव्र गति से परिवर्तित हो रही वैश्विक जटिलताओं और संभावनाओं के साथ सार्थक रूप से जुड़ने में सक्षम बनाती है। विद्यालयी शिक्षा के लिए राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (एन.सी.एफ.-एस.ई.) 2023 इस परिकल्पना को मूर्त रूप प्रदान करती है। इसके अंतर्गत विद्यालयी शिक्षा के विभिन्न स्तरों पर एक सुव्यवस्थित पाठ्यचर्या का मार्ग निर्धारित किया गया है, जो परस्पर संबंधित वैश्विक समाज में विद्यार्थियों को उत्तरदायी नागरिक बनने के लिए आवश्यक मूल्यों एवं गुणों के साथ-साथ आलोचनात्मक चिंतन, सृजनात्मकता और संवेदनशीलता पोषित करता है।

विद्यार्थी आधारभूत, प्रारंभिक और मध्य स्तर पार कर चुके हैं, जहाँ उनकी अंतर्निहित क्षमताओं का समग्र विकास किया गया है। अब वे चिंतन, तर्क, जिज्ञासा और आत्म-अभिव्यक्ति की विकसित क्षमताओं के साथ माध्यमिक स्तर में प्रवेश कर रहे हैं। कक्षा 9 से 12 तक का यह स्तर, जो किशोरावस्था के रूप में भी जाना जाता है, विद्यार्थियों के बौद्धिक और व्यक्तिगत विकास का एक अत्यंत महत्त्वपूर्ण समय होता है। यह उन्हें अमूर्त विचारों, जटिल सामाजिक वास्तविकताओं, नैतिक दुविधाओं और ज्ञान के विस्तृत संसार से जुड़ने के लिए तैयार करता है, साथ ही स्वयं और अपने परिवेश की गहन समझ विकसित करता है।

विद्यालयी शिक्षा के लिए राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा 2023 अनुशंसा करती है कि कक्षा 9–10 के लिए पाठ्यक्रम को इस प्रकार तैयार किया जाना चाहिए जिससे विद्यार्थी जीवन में प्रगति करने के लिए आवश्यक कौशल अर्जित कर सकें। इस स्तर पर विद्यार्थी इन कौशलों का उपयोग तर्क-वितर्क करने तथा प्रभावी संवाद के लिए कर सकते हैं। इसका उद्देश्य उनकी विश्लेषणात्मक और वर्णनात्मक क्षमताओं को प्रोत्साहित करना है ताकि वे भविष्य में आने वाली चुनौतियों और अवसरों के लिए तैयार हो सकें। एक बहुआयामी पाठ्यक्रम, जिसमें दस विषय, तीन भाषाएँ जिनमें कम-से-कम दो भारतीय भाषाएँ हों, विज्ञान, गणित, सामाजिक विज्ञान, कला शिक्षा, शारीरिक शिक्षा एवं आरोग्य, समाज में व्यक्ति अथवा पर्यावरण शिक्षा और व्यावसायिक शिक्षा सम्मिलित हैं, विद्यार्थियों के समग्र विकास का मार्ग प्रशस्त करता है।

एन.सी.एफ.-एस.ई. 2023 के अनुसार, इस स्तर पर विज्ञान शिक्षा का उद्देश्य विद्यार्थियों में वैज्ञानिक सोच, आलोचनात्मक चिंतन और समस्या-समाधान कौशल को विकसित करना है। यह वैज्ञानिक अवधारणाओं को दैनिक जीवन से जोड़ने पर बल देती है, जिससे विद्यार्थी ज्ञान को सार्थक रूप से समझ सकें और उसका सार्थक प्रयोग कर सकें। यह रूपरेखा खोज-आधारित अधिगम, पर्यावरण जागरूकता तथा जिज्ञासा, वस्तुनिष्ठता एवं साक्ष्य के प्रति सम्मान जैसे मूल्यों को प्रोत्साहन देती है, जिससे विज्ञान अधिगम रोचक, प्रासंगिक और विद्यार्थी-केंद्रित बन जाता है।

कक्षा 9 के लिए विज्ञान की पाठ्यपुस्तक *अन्वेषण*, एन.ई.पी. 2020 और एन.सी.एफ.-एस.ई. 2023 के अनुरूप अनुभवात्मक और खोज-आधारित अधिगम को प्रोत्साहन देती है। यह विद्यार्थियों को प्रश्न पूछने, पूर्वानुमान लगाने, सूचनाओं का विश्लेषण करने और तार्किक निष्कर्ष निकालने के लिए प्रोत्साहित करती है।

© NCERT not to be republished

यह पाठ्यपुस्तक विज्ञान को सामूहिक प्रयास और निरंतर परिष्करण द्वारा सृजित ज्ञान के एक विकसित निकाय के रूप में प्रस्तुत करती है। भौतिकी, रसायन, जीव विज्ञान और पृथ्वी विज्ञान की अवधारणाओं को एकीकृत करके, यह विज्ञान के समग्र बोध का पोषण करती है एवं विज्ञान, प्रौद्योगिकी और समाज के मध्य अंतर्संबंध को स्पष्ट करती है।

व्यावहारिक गतिविधियों, वास्तविक जीवन के उदाहरणों और सहयोगात्मक शिक्षण अनुभवों के माध्यम से यह पाठ्यपुस्तक रचनात्मकता, तार्किक चिंतन और निर्णय लेने की क्षमता सशक्त बनाती है। यह जिज्ञासा, सहयोग, जीवन के प्रति सम्मान और पर्यावरण के प्रति चिंतन प्रोत्साहित करती है। *अन्वेषण* एक केंद्रीय शिक्षण संसाधन के रूप में कार्य करते हुए, विद्यार्थियों को पुस्तकों, मीडिया, डिजिटल अभिलेखागार, पुस्तकालयों और सामुदायिक ज्ञान के व्यापक जगत से जुड़ने के लिए भी आमंत्रित करती है। अत: इस स्तर पर पढ़ने, संवाद करने और स्वतंत्र अन्वेषण की समृद्ध संस्कृति के प्रोत्साहन हेतु शिक्षकों, अभिभावकों और विद्यालय-पुस्तकालयों की भूमिका महत्त्वपूर्ण है। यह पाठ्यपुस्तक प्रत्येक इकाई में क्यूआर कोड के उपयोग के माध्यम से प्रौद्योगिकी को एकीकृत करती है जो अतिरिक्त पठन सामग्री और संसाधन प्रदान करते हैं।

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्, पाठ्यपुस्तक विकास समूह, विषय विशेषज्ञों, शिक्षाशास्त्रियों, कार्यरत शिक्षकों, समीक्षकों और इस पाठ्यपुस्तक के विकास में सहयोग देने वाले सभी व्यक्तियों के प्रति हार्दिक आभार व्यक्त करती है। हमें आशा है कि *अन्वेषण* विद्यार्थियों को आलोचनात्मक चिंतन, आत्मविश्वास से परिपूर्ण संवाद करने और हमारे राष्ट्र एवं विश्व के बौद्धिक तथा सामाजिक जीवन में विचारपूर्वक भाग लेने के लिए प्रेरित करेगी। हम आगामी संस्करणों में भावी सुधार के लिए पाठ्यपुस्तक के सभी उपयोगकर्ताओं से सुझावों और प्रतिक्रियाओं का स्वागत करते हैं।

दिनेश प्रसाद सकलानी
निदेशक
राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान
और प्रशिक्षण परिषद्

नई दिल्ली
जून 2026

© NCERT not to be republished

पाठ्यपुस्तक के विषय में

आपने मध्य स्तर पर अपनी पाठ्यपुस्तक *जिज्ञासा* के माध्यम से विज्ञान सीखने का आनंद लिया होगा। आपने यह अनुभव किया होगा कि विज्ञान केवल उत्तरों तक सीमित नहीं है अपितु इसका आरंभ प्रश्नों से होता है। यह इस बात का संकेत है कि आपने विज्ञान को सीखने और अन्वेषण में रुचि विकसित करनी प्रारंभ कर दी है। आप जैसे-जैसे इस यात्रा में आगे बढ़ते हैं, प्रश्न पूछने और खोज करने का यह अविरल चक्र आपके विकास और संसार को समझने का स्वाभाविक अंग बन जाता है। कक्षा 8 के अंतिम सोपान तक आपने मध्य स्तर के लिए विद्यालयी शिक्षा हेतु राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा (एन.सी.एफ.-एस.ई.) 2023 में उल्लिखित निर्धारित सभी दक्षताओं का सफलतापूर्वक विकास कर लिया होगा।

इस सुदृढ़ आधार पर आगे बढ़ते हुए कक्षा 9 की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक का निर्माण राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 तथा विद्यालयी शिक्षा हेतु राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा 2023 के अनुरूप किया गया है ताकि विज्ञान की गूढ़ समझ और इसमें निरंतर रुचि विकसित हो सके। कक्षा 9 की इस विज्ञान की पाठ्यपुस्तक का शीर्षक *अन्वेषण* है जिसका अर्थ है— अवलोकन करना, प्रश्न पूछना और प्रयोग करना ताकि अज्ञात को खोजा और समझा जा सके। यह पाठ्यपुस्तक पदार्थ के संसार, परमाण्विक स्तर की अंत:क्रियाओं एवं गुणधर्मों तथा भौतिक जगत और उसे संचालित करने वाले वैज्ञानिक सिद्धांतों और नियमों, सजीव जगत की कोशिकीय स्तर पर जीवित संसार की संरचना और कार्य तथा जीवों एवं उनके पर्यावरण के बीच परस्पर संबद्धता आदि विषयों को समझने में आपकी सहायता करने के लिए निर्मित की गई है।

इस पाठ्यपुस्तक *अन्वेषण* का मुख्य उद्देश्य आपको विज्ञान की प्रक्रियाओं को समझने और नई सूचनाओं की खोज में सक्रिय रूप से जोड़े रखना है। इसमें जीव विज्ञान, रसायन, भौतिकी, पृथ्वी विज्ञान तथा अन्य संबंधित पाठ्यक्रम क्षेत्रों, जैसे— पर्यावरण शिक्षा, मूल्य शिक्षा और समावेशी शिक्षा के समन्वय पर विशेष बल दिया गया है। इसका उद्देश्य आपको तथ्यों को मात्र स्मरण करने के स्थान पर वास्तविक अनुभवों के माध्यम से सीखने में सहायता करना है। हमें आशा है कि इस पुस्तक का अध्ययन करने के पश्चात आप समाज के एक उत्तरदायी और संवेदनशील सदस्य बनेंगे।

अन्वेषण में कुल 13 अध्याय हैं। प्रत्येक अध्याय में आपके अधिगम स्तर में वृद्धि के लिए सहभागितापूर्ण क्रियाकलाप, विचारणीय प्रश्न और स्पष्ट चित्र सम्मिलित हैं जो आपके अधिगम में सहायता करते हैं। इस पुस्तक की रूपरेखा, अभिकल्पना और आवरण पृष्ठ मिलकर जिज्ञासा, अन्वेषण तथा विज्ञान की प्रकृति का दृश्यात्मक प्रस्तुतीकरण करते हैं। यह पाठ्यपुस्तक में सम्मिलित वैज्ञानिक अवधारणाओं का एक दृश्यात्मक अवलोकन भी प्रस्तुत करता है। प्रथम अध्याय 'अन्वेषण— माध्यमिक विज्ञान के संसार में प्रवेश' वैज्ञानिक संकल्पनाओं को अधिक निकटता से और सावधानीपूर्वक अध्ययन करने के लिए मार्गदर्शन प्रदान करता है। यह आपको वैज्ञानिक भाषा एवं वैज्ञानिक विचारों को और स्पष्ट एवं भ्रमरहित संप्रेषण के लिए उनके उचित उपयोग के प्रति जागरूक बनाता है। यह अध्याय प्रयोगों के माध्यम से अपने आस-पास के संसार को अधिक व्यवस्थित रूप से समझने में सहायता करता है तथा आपको इसे समझने के लिए प्रोत्साहित करता है कि किस प्रकार विज्ञान का गणित, प्रौद्योगिकी, कला और सामाजिक विज्ञान से स्वाभाविक संबंध है। इसके साथ ही यह आपको विषय-केंद्रित प्रश्न पूछने, प्रश्न का उत्तर देने के लिए सरल प्रयोगों की योजना

© NCERT not to be republished

बनाने और निष्पादन करने तथा अवलोकन,अन्वेषण और जाँच के अपने कौशलों द्वारा यह समझने के लिए प्रेरित करता है। आपको यह भी समझने में सहायता होती है कि विज्ञान केवल एक विषय ही नहीं है अपितु संसार को देखने का एक दृष्टिकोण भी है। यह अध्याय आपकी माध्यमिक स्तर की विज्ञान यात्रा का एक मैत्रीपूर्ण परिचय प्रस्तुत करता है।

पाठ्यपुस्तक में पृष्ठ संख्याओं को सोच-समझकर अभिकल्पित किया गया है। इन्हें एक **आवर्धक लैंस** और एक **दिशासूचक** यंत्र से सुसज्जित किया गया है। ये प्रतीक क्या इंगित कर सकते हैं? इसका अनुमान लगाने का प्रयास कीजिए। इनका अर्थ आपको प्रथम अध्याय में स्पष्ट होगा।

प्रत्येक अध्याय का आरंभ अध्याय के शीर्षक से संबंधित **विचारोत्तेजक छवि** से होता है। इसका उद्देश्य आपका ध्यान आकर्षित करना और आपके द्वारा सीखी गई वैज्ञानिक अवधारणाओं को दैनिक जीवन से जोड़ना है। पाठ्यपुस्तक की यह विशेषता आपको अध्ययन करते समय विचार करने, खोज करने और इसके अर्थ को समझने के लिए प्रोत्साहित करती है।

© NCERT not to be republished

चिंतन कीजिए

प्रत्येक अध्याय के शीर्षक के अंतर्गत **चिंतन कीजिए** में प्रश्न दिए गए हैं जो आपको गहन चिंतन करने और नए विचारों का अन्वेषण करने के लिए प्रोत्साहित करते हैं। इनमें से कुछ प्रश्न, मुक्त उत्तरीय प्रश्न और कुछ विचारोत्तेजक हैं जो प्रायः 'क्यों', 'क्या' अथवा 'कैसे' के रूप में प्रस्तुत किए गए हैं। इससे आपके तार्किक चिंतन और जिज्ञासा को प्रोत्साहन मिलने की पूर्ण संभावना है। संभवतः आपको सभी प्रश्नों के उत्तर तत्काल न मिल सकें परंतु इसके लिए चिंतित होने की आवश्यकता नही है। जैसे-जैसे आप अध्याय में आगे बढ़ेंगे आप इन प्रश्नों को गहनता से समझने में सक्षम हो पाएँगे। ये प्रश्न आपकी जिज्ञासा को और अधिक गहन एवं विज्ञान की कार्यप्रणाली में अंतर्दृष्टि विकसित करने में सहायक हैं। वास्तव में आपके मन में अनेक प्रश्न उत्पन्न हो सकते हैं और हमें आशा है कि अध्यायों को पढ़ते-पढ़ते आप इन प्रश्नों के उत्तर भी खोज ही लेंगे।

आइए, इस पाठ्यपुस्तक में अपनाई गई शैली पर एक दृष्टि डालें। यह पाठ्यपुस्तक क्रियाकलाप आधारित है। ये क्रियाकलाप यह दर्शाने के लिए सम्मिलित किए गए हैं कि विज्ञान किस प्रकार कार्य करता है जिसमें बौद्धिक तथा व्यावहारिक दोनों प्रकार के अनुभव प्राप्त होते हैं। ये सामूहिक कार्य एवं समावेशन दोनों को प्रोत्साहित करते हैं। आपसे यह अपेक्षा की जाती है कि आप क्रियाकलाप करके तथा शिक्षकों से मार्गदर्शन लेकर अवधारणाओं का अन्वेषण करें, विशेष रूप से उन प्रयोगों के समय जिनमें ताप उपकरणों, संक्षारक रसायनों, सूक्ष्मदर्शी तथा अन्य ऐसे उपकरणों का प्रयोग होता है। कुछ क्रियाकलापों में **सुरक्षा सर्वोपरि** अर्थात सुरक्षा संबंधी सावधानियाँ दी गई हैं ताकि आप सुरक्षित रूप से कार्य कर सकें, विशेष रूप से ज्वलनशील, संक्षारक, गर्म, तीक्ष्ण या टूटने वाले पदार्थों का जब आप उपयोग कर रहें हों। ये सावधानियाँ-दुर्घटनाएँ रोकने में सहायता करती हैं और यह सुनिश्चित करतीं है कि सभी विद्यार्थी सुरक्षित वातावरण में सीखते हुए क्रियाकलापों का आनंद ले सकें। शिक्षकों से यह भी अपेक्षा की जाती है कि वे विशेष आवश्यकता वाले बच्चों का सहयोग करते हुए उन पर विशेष ध्यान दें और सहपाठी सहभागिता को प्रोत्साहित करें। मुख्य विषय को बाधित किए बिना अतिरिक्त सूचनाओं, अन्वेषण या स्पष्टीकरण उपलब्ध कराने के लिए विभिन्न स्थानों पर **टिप्पणियाँ** जोड़ी गई हैं जो विषयवस्तु को अच्छे ढंग से समझने में आपकी सहायता करेगी।

कक्षा 8
जिज्ञासा
अध्याय 8

अध्याय के अंतर्गत विभिन्न स्थानों पर आपको **पाठ्यपुस्तक की कक्षा, पाठ्यपुस्तक का नाम और अध्याय संख्या** से जुड़े छोटे अनुसंकेत दिखाई देंगे जो आपकी पूर्व कक्षाओं में सीखी हुई बातों को स्मरण करने और उन्हें नई अवधारणाओं से जोड़ने में सहायता करेंगे।

एक सोपान ऊपर

एक सोपान ऊपर अनुभाग आपको यह अवगत कराता है कि विषय से सबंधित और भी गहन सूचनाएँ हैं जिन्हें आप आगे की कक्षाओं में पढ़ेंगे। कई अवधारणाएँ विज्ञान को अन्य विषयों से भी जोड़ती हैं। इन अंतर्संबंधों को उन्नत ढंग से समझने के लिए आप दी गई वेबसाइट लिंक- *https://ncert.nic.in/textbook.php* पर जाकर विभिन्न विषयों की पाठ्यपुस्तकों का अवलोकन कर सकते हैं।

सोचिए और बताइए

प्रत्येक अनुभाग अथवा उप-अनुभाग के बाद स्व-मूल्यांकन के लिए प्रश्न दिए गए हैं। ये प्रश्न आपकी समझ का आकलन करने और आपने कितना सीखा है, इस पर विचार करने में सहायता करते हैं। इनमें से कई प्रश्न समीक्षात्मक चिंतन और आत्म-विश्लेषण तथा अवधारणाओं के तार्किक विश्लेषण को प्रोत्साहित करते हैं। इसके साथ ही आवश्यकतानुसार अवधारणाओं को स्पष्ट करने के लिए हल किए गए संख्यात्मक उदाहरण भी सम्मिलित किए गए हैं।

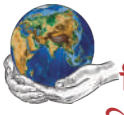
© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

जिज्ञासा-सूत्र बॉक्स में कुछ चुनौतीपूर्ण विचार, अतिरिक्त जानकारी, रोचक तथ्य और समृद्ध सामग्री अभिलक्षित की गई है। ये बॉक्स रोचक अवलोकन, विचारोत्तेजक प्रश्न और आकर्षक अंतर्दृष्टि के माध्यम से जिज्ञासा को प्रोत्साहित करने के लिए अभिकल्पित किए गए हैं।

आइए, और आगे बढ़ें

संबंधित बॉक्स में उन्नत अवधारणाएँ दी गई हैं जो विषय को और अधिक गहनता से समझने में सहायता करती हैं। बॉक्स में दी गई जानकारियाँ वैज्ञानिक सिद्धांतों और ज्ञान को वास्तविक जीवन के संदर्भ में उपयोग को दर्शाती हैं। इससे यह स्पष्ट होता है कि विज्ञान ने सामाजिक विकास में किस प्रकार योगदान दिया है। इसका उद्देश्य आपको पाठ्यसामग्री से आगे विचार करने और अन्वेषण करने का अवसर प्रदान करना है जिससे आप उच्च स्तरों पर भी अपनी वैज्ञानिक यात्रा निरंतर बनाए रखने के लिए प्रेरित हो सकें।



विज्ञान एवं समाज

विज्ञान एवं समाज का संबंध मुख्यतः यह दर्शाता है कि विज्ञान ने वास्तविक संसार की समस्याओं को हल करने में किस प्रकार सहायता की है। इसमें स्वास्थ्य सुधार, पर्यावरण संरक्षण, प्रौद्योगिकी विकास और जीवन की समग्र गुणवत्ता में वृद्धि जैसे विषय सम्मिलित हैं। इन बातों को समझकर आप यह सीख सकते हैं कि वैज्ञानिक अवधारणाओं का उपयोग करके आप एक उत्तरदायी और जागरूक नागरिक किस प्रकार बन सकते है।

विज्ञान को भारत का योगदान

यह अनुभाग दर्शाता है कि किस प्रकार व्यक्तियों और संस्थानों ने वैज्ञानिक दृष्टिकोण और स्वभाव को पोषित किया है। इसके साथ इन सभी की ऐसी उपलब्धियाँ प्रस्तुत की हैं जिन्होंने प्राचीन काल से लेकर वर्तमान समय तक समाज को प्रभावित किया और उन्नत आकार दिया है।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

अधिकांश अध्यायों में आपको **वैज्ञानिक की भाँति सोचिए** वाले बॉक्स देखने को मिलेंगे जहाँ आप प्रयोग में संशोधन करके या अलग दृष्टिकोण अपनाकर प्रयोगों का और अधिक अन्वेषण कर सकते हैं। इससे आपको गहनता से अध्ययन करने में सहायता प्राप्त होगी और यह नए प्रश्नों को उभारने-उभरने में सहायक होंगे। ये बॉक्स जटिल विचारों को सरल बनाने के लिए मॉडलों का उपयोग करते हुए सिद्धांतों को वास्तविक संसार के अनुप्रयोगों से जोड़ते हैं।

© NCERT not to be republished

वैज्ञानिक-परिचय

अध्यायों में **वैज्ञानिक परिचय** नामक एक विशेष अनुभाग भी सम्मिलित है जहाँ आप विषय से संबंधित भारतीय तथा अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिकों के योगदान के विषय में जान सकते हैं। इन अनुभागों में संक्षिप्त जीवन परिचय दिए गए हैं। यह अनुभाग दर्शाता है कि वैज्ञानिकों ने किस प्रकार महत्त्वपूर्ण परिवर्तन किए हैं। इसके अतिरिक्त कुछ अध्यायों में भारतीय संदर्भों से संबंधित रोचक उदाहरण भी सम्मिलित किए गए हैं ताकि राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 के अनुरूप शिक्षार्थियों में जड़ों से जुड़ाव की भावना विकसित हो सके।

क्या होगा यदि...

यह अनुभाग काल्पनिक परिस्थितियाँ या मुक्त-अंत वाले प्रश्न प्रस्तुत करता है जो आपको रचनात्मक रूप से विचार करने तथा वैज्ञानिक अवधारणाओं को नई परिस्थितियों में लागू करने के लिए प्रोत्साहित करता है। ऐसे प्रश्न नैतिक विषय से भी संबंधित हो सकते हैं जिससे आप सामाजिक उत्तरदायित्व और वैज्ञानिक विकास से संबंधित मूल्यों पर विचार कर सकें।

खोज जारी है...

यह अनुभाग ऐसे जटिल और वर्तमान समय तक अनुत्तरित प्रश्नों पर प्रकाश डालता है जो आधुनिक विज्ञान की समझ से अभी भी बाहर हैं। इससे आपको यह ज्ञात होता है कि विज्ञान एक निरंतर विकसित होने वाली प्रक्रिया है जिसमें वैज्ञानिक सक्रिय रूप से इन प्रश्नों के उत्तरों के शोध एवं खोज में जुटे रहते हैं।

सारांश

यह अनुभाग पूरे अध्याय का संक्षिप्त किंतु प्रभावशाली सार प्रस्तुत करता है जिसमें मुख्य बिंदुओं का समग्र अवलोकन किया गया है तथा प्रमुख विचारों को स्पष्टता और सुदृढ़ता के साथ पुनर्स्थापित किया गया है।

प्रत्येक अध्याय में पाठ के अंतर्गत **मुख्य बिंदु शब्द** सम्मिलित किए गए हैं जो महत्त्वपूर्ण संकल्पनाओं को प्रमुखता से दर्शाते हैं। ये विचारों को स्पष्ट रूप से समझने और समालोचनात्मक चिंतन में सहायक होते हैं। इसके साथ ही ये मुख्य शब्द वैज्ञानिक गतिविधियों में प्रयुक्त प्रक्रियाओं को भी रेखांकित करते हैं।

अभ्यास प्रश्न

प्रत्येक अध्याय के अंत में **अभ्यास प्रश्न** शीर्षक के अंतर्गत दिए गए अभ्यास प्रश्न, विविध प्रकारों और प्रारूपों में प्रस्तुत किए गए हैं जो अधिगम को चुनौतीपूर्ण एवं रोचक बनाते हैं। ये प्रश्न विद्यार्थियों द्वारा प्रत्येक अध्याय में विकसित की गई दक्षताओं का आकलन करने में भी सहायक होते हैं। शिक्षकों को प्रोत्साहित किया जाता है कि वे मूल्यांकन के उद्देश्य से इस अनुभाग में दिए गए इस प्रकार के प्रश्नों का उपयोग करें।

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

इस पुस्तक की एक प्रमुख विशेषता **परियोजना कार्य** अनुभाग भी है। इसमें ऐसे क्रियाकलाप और परियोजनाएँ अभिकल्पित की गई हैं जो आपको सहपाठियों, विषय-विशेषज्ञों, शिक्षकों, अभिभावकों और व्यापक समुदाय के साथ सकारात्मक सहभागिता के लिए प्रेरित करती हैं। ये क्रियाकलाप आपको विविध स्रोतों से सूचनाएँ संकलित करने और अपने निष्कर्ष स्वयं निकालने हेतु प्रोत्साहित करते हैं। इस प्रकार की शिक्षण पद्धति विज्ञान को अधिक रोचक, चुनौतीपूर्ण, अर्थपूर्ण तथा वास्तविक जीवन से घनिष्ठ रूप से संबंध व्यक्त करती है। कुछ क्रियाकलापों एवं परियोजनाओं के लिए पूर्व तैयारी अपेक्षित हो सकती है।

अंतिम पृष्ठ (उपसंहार) **नए आयामों की ओर?** प्रमुख अवधारणाओं की पुनरावृति करता है तथा कक्षा 10 के रोमांचक विज्ञान की ओर अग्रावलोकन के लिए प्रेरित करता है।

विज्ञान विषय की गंभीरता और सटीकता को बनाए रखते हुए पाठ्यपुस्तक में भाषा को सरल रखने पर विशेष ध्यान रखा गया है ताकि संकल्पनाओं को सरलता से समझा जा सके। पाठ्यपुस्तक सीखने का एक माध्यम है परंतु आपको अपने आस-पास के परिवेश का भी अवलोकन और अन्वेषण करना चाहिए। सूचना और संचार प्रौद्योगिकी का उचित उपयोग सीखने की प्रक्रिया को और अधिक प्रभावी बना सकता है। पाठ्यपुस्तक में दिए गए त्वरित प्रतिक्रिया (Quick Response) कोड और हाइपरलिंक (Hyperlink) आपको अन्योन्य क्रियात्मक संसाधनों तक पहुँच प्रदान करते हैं जिससे शिक्षार्थी अपनी गति से विषयों का अन्वेषण कर सकते हैं।

इंटरनेट पर सूचनाएँ खोजते और संग्रह करते समय सुरक्षित कैसे रहें?

- ऐसे प्रबल कूटशब्द (Password) का उपयोग कीजिए जिनमें अक्षर, संख्याएँ और प्रतीक सम्मिलित हों।
- अपने कूटशब्द किसी के साथ साझा न करें यहाँ तक कि अपने मित्रों के साथ भी नहीं।
- अज्ञात लिंक और पॉप-अप (Pop-up) विज्ञापनों पर क्लिक न करें।
- अज्ञात या अविश्वसनीय वेबसाइटों से एप्लिकेशन या फाइल्स डाउनलोड न करें।
- अपना दूरभाष नंबर या घर का पता जैसी व्यक्तिगत जानकारियाँ कभी साझा मत कीजिए।
- ईमेल या अन्य ऑनलाइन खातों का उपयोग करने के पश्चात सदैव लॉग आउट कीजिए और सत्र समाप्त कीजिए।
- यदि इंटरनेट पर आपको कुछ भी ऐसा देखने को मिले जो आपको असुरक्षित या असहज अनुभव कराए तो अपने शिक्षक या परिवार के किसी विश्वसनीय वरिष्ठ सदस्य के साथ इस विषय पर शीघ्रता से बात कीजिए।

उपर्युक्त सभी चरण आपकी **सुरक्षा** बनाए रखने में सहायक हैं।

अपनी जानकारी को ऑनलाइन **सुरक्षित** रखें!

मित्रों! विज्ञान आश्चर्यों से परिपूर्ण है और इसमें अन्वेषण की कोई सीमा नहीं है। यही कारण है कि अन्वेषण पाठ्यपुस्तक आपको निरंतर खोजने, जाँच-पड़ताल करने और नई सूचनाएँ प्राप्त करने के लिए प्रेरित करता है।

पाठ्यपुस्तक विकास दल

© NCERT not to be republished

राष्ट्रीय पाठ्यक्रम और शिक्षण अधिगम सामग्री समिति (एन.एस.टी.सी.)

1. महेश चंद्र पंत, *कुलाधिपति*, राष्ट्रीय शैक्षिक योजना एवं प्रशासन संस्थान (नीपा) ***(अध्यक्ष)***
2. मञ्जुल भार्गव, *आचार्य*, प्रिंसटन विश्वविद्यालय ***(सह-अध्यक्ष)***
3. सुधा मूर्ति, प्रतिष्ठित *लेखिका* एवं *शिक्षाविद्*
4. शेखर मांडे, पूर्व *महानिदेशक*, सी.एस.आई.आर., प्रतिष्ठित *आचार्य*, सावित्रीबाई फुले पुणे विश्वविद्यालय, पुणे
5. सुजाता रामदोरई, *आचार्य*, ब्रिटिश कोलंबिया विश्वविद्यालय, कनाडा
6. शंकर महादेवन, *संगीत विशेषज्ञ*, मुंबई
7. यू. विमल कुमार, *निदेशक*, प्रकाश पादुकोण बैडमिंटन अकादमी, बेंगलुरु
8. सुरीना राजन, *आई.ए.एस.* (सेवानिवृत्त), पूर्व *महानिदेशक*, हिपा, हरियाणा
9. चमू कृष्ण शास्त्री, *अध्यक्ष*, भारतीय भाषा समिति, शिक्षा मंत्रालय
10. संजीव सान्याल, *सदस्य*, प्रधानमंत्री की आर्थिक सलाहकार परिषद् (ई.ए.सी.–पी.एम.)
11. गजानन लोंढे, *प्रमुख*, प्रोग्राम ऑफिस, एन.एस.टी.सी.
12. रबिन छेत्री, *निदेशक*, राज्य शैक्षिक अनुसंधान एवं प्रशिक्षण परिषद्, सिक्किम
13. प्रत्युष कुमार मण्डल, *आचार्य इतिहास और संकायाध्यक्ष निर्देश, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, मैसूरु*
14. दिनेश कुमार, *आचार्य*, जंतु विज्ञान एवं *संकायाध्यक्ष* अनुसंधान, रा.शै.अ.प्र.प., *नई दिल्ली*
15. कीर्ति कपूर, पूर्व *आचार्य*, भाषा शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प.. नई दिल्ली
16. रंजना अरोड़ा, *आचार्य* एवं *विभागाध्यक्ष*, पाठ्यक्रम अध्ययन और विकास विभाग, रा.शै.अ.प्र.प. नई दिल्ली ***(सदस्य-सचिव)***

© 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. (मिति मार्गशीर्ष शुक्ला सप्तमी, संवत् दो हजार छह विक्रमी) 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

पाठ्यपुस्तक विकास समूह

योगदानकर्ता

शेखर सी. मांडे, एफ.एन.ए., एफ.ए.एससी., एफ.एन.ए.एससी., पूर्व *महानिदेशक*, सी.एस.आई.आर.; प्रतिष्ठित *आचार्य*, जैव सूचना विज्ञान केंद्र, सावित्रीबाई फुले पुणे विश्वविद्यालय; *मानद प्रतिष्ठित वैज्ञानिक*, राष्ट्रीय कोशिका विज्ञान केंद्र, पुणे ***(अध्यक्ष, पाठ्यचर्या क्षेत्र समूह-विज्ञान)***

अर्नब भट्टाचार्य, *केंद्र निदेशक*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र (एच.बी.सी.एस.ई), टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च (टी.आई.एफ.आर.), मुंबई; *वरिष्ठ आचार्य*, संघनित पदार्थ भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग, टी.आई.एफ.आर., मुंबई ***(समूह प्रमुख एवं अध्यक्ष, भौतिकी उप-समूह)***

आर. शंकर, *सलाहकार*, अंतर्राष्ट्रीय पृथ्वी विज्ञान शिक्षा संगठन, *समन्वयक*, अंतर्राष्ट्रीय पृथ्वी विज्ञान ओलंपियाड; पूर्व *आचार्य*, मैंगलोर विश्वविद्यालय, मैंगलुरु ***(अध्यक्ष, पृथ्वी विज्ञान उप-समूह)***

सरोज घसकादबी, पूर्व *वरिष्ठ आचार्य*, सावित्रीबाई फुले पुणे विश्वविद्यालय, पुणे
(अध्यक्ष, जीव विज्ञान उप-समूह)

उदय मैत्रा, *मानद आचार्य* एवं इन्सा *वरिष्ठ वैज्ञानिक*, भारतीय विज्ञान संस्थान, बेंगलुरु
(अध्यक्ष, रसायन उप-समूह)

अंजनी कौल, *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प. नई दिल्ली ***(सदस्य समन्वयक, पाठ्यचर्या क्षेत्र समूह: विज्ञान एवं समन्वयक, रसायन उप-समूह)***

रचना गर्ग, *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली
(समन्वयक, भौतिकी उप-समूह)

आर.आर. कोईरंग, *आचार्य*, पाठ्यचर्या अध्ययन एवं विकास विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली
(समन्वयक, पृथ्वी विज्ञान उप-समूह)

सुनीता फरक्या, *आचार्य* एवं *विभागाध्यक्ष*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प.. नई दिल्ली
(समन्वयक, जीव विज्ञान उप-समूह)

अभय कुमार, *सह-आचार्य*, केंद्रीय शैक्षिक प्रौद्योगिकी संस्थान, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

अदिति मुरलीधर, *वैज्ञानिक अधिकारी*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

अनिमेष कुमार महापात्रा, पूर्व *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, रा.शै.अ.प्र.प., भुवनेश्वर

अपाला चक्रवर्ती, *प्रधानाचार्य*, दी फ्यूचर स्कॉलर्स अकादमी सी.बी.एस.ई. विद्यालय, कलकत्ता, पश्चिम बंगाल

अरुण प्रताप सिकरवार, *सह-आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

© NCERT not to be republished

अमित भट्टाचार्य, *सह-आचार्य*, रामजस कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

आनंद आर्य, *सह-आचार्य*, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, रा.शै.अ.प्र.प., अजमेर

आशीष कुमार श्रीवास्तव, *सहायक आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

इन्द्राणी दास सेन, *वैज्ञानिक अधिकारी*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

ऋषिकेश बरूआ, *प्रधानाचार्य*, के.सी. दास कॉमर्स कॉलेज, गुवाहाटी

कार्तिक बालसुब्रमण्यम्, *वैज्ञानिक ई*, आघारकर अनुसंधान संस्थान, पुणे

गौरी रॉय, *पी.जी.टी.* (भौतिकी), प्रयोगिक बहुउद्देशीय विद्यालय, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, रा.शै.अ.प्र.प., मैसूरु

चारू मैनी, *प्रधानाचार्य*, डी.ए.वी. पब्लिक स्कूल, सेक्टर 49, गुरुग्राम, हरियाणा

जया पी. स्वामीनाथन, *टीचर डेवलपर*, रॉयल सोसायटी ऑफ केमिस्ट्री, बेंगलुरु

टी.ए. विश्वनाथ, पूर्व *सह-आचार्य*, गोवा विश्वविद्यालय, गोवा

तरुण चौबीसा, *वरिष्ठ परामर्शदाता*, प्रोग्राम ऑफिस, एन.एस.टी.सी.

दिव्य हरिदास, *आचार्य*, भौतिकी विभाग, केशव महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

नीरजा दशपुत्रे, *मुख्य तकनीकी अधिकारी* (शिक्षा), भारतीय विज्ञान शिक्षा और अनुसंधान संस्थान, पुणे

पी.वी. राघवेंद्र, *सह-आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

पुष्प लता वर्मा, *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

पुष्पा त्यागी, पूर्व *विभागाध्यक्ष* (भौतिकी), संस्कृति स्कूल, चाणक्यपुरी, नई दिल्ली

पूजा गोखले सिन्हा, *सहायक आचार्य*, श्री वेंकटेश्वर कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, नई दिल्ली

पूनम कत्याल, पूर्व *टी.जी.टी.*, जीनत महल सर्वोदय कन्या विद्यालय, जाफराबाद, दिल्ली

पंकज जैन, *निदेशक*, शैक्षणिक एवं संचालन, सीड2सैपलिंग एजुकेशन फाउंडेशन, बेंगलुरु

पूजा गोयल, *पी.जी.टी.* (रसायन) राजकीय मॉडल उच्चतर माध्यमिक विद्यालय, चंडीगढ़

प्रवीण पाठक, *वैज्ञानिक अधिकारी*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

फणीन्द्र शर्मा, *शिक्षाविद* एवं *परामर्शदाता*, चाणक्य विश्वविद्यालय, बेंगलुरु

मयूरी रेगे, *रीडर*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

मुनींद्र रुवाली, *सह-आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

मृदुला अरोरा, *प्रधानाचार्य*, नवयुग स्कूल, सरोजिनी नगर, नई दिल्ली

रविजोत संधू, *पी.जी.टी.* (रसायन), नवयुग स्कूल, लक्ष्मीबाई नगर, नई दिल्ली

रुचि वर्मा, *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

© NCERT not to be republished

रवीन्द्र कुमार पाराशर, *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

लिंटो आलप्पत, *सहायक आचार्य*, क्राइस्ट कॉलेज (स्वायत्त), इरिनजालाकुडा, त्रिशूर, केरल

शेखर वेंकटरमन, *विभागाध्यक्ष*, ईशा गृह विद्यालय, कोयम्बटूर

शशिभाल पांडे, *सह-आचार्य*, सी.एच.एम. कॉलेज, उल्लासनगर

शिरीष पठारे, *वैज्ञानिक अधिकारी*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

सी.वी. शिमरे, *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै. अ.प्र.प., नई दिल्ली

सरिता कुमार, *आचार्य*, आचार्य नरेंद्र देव कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

सरिता विग, *आचार्य*, भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान (आई.आई.एस.टी.), तिरुवनंतपुरम

स्मिता चतुर्वेदी, *सहायक आचार्य*, आंतरविद्याशाखीय प्रशाला-विज्ञान, सावित्रीबाई फुले पुणे विश्वविद्यालय, पुणे

सुदेश कुमार, *सह-आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

सुहृद मोरे, *आचार्य*, अंतर्विश्वविद्यालय खगोलविज्ञान एवं खगोलभौतिकी केंद्र (आई.यू.सी.ए.ए.), पुणे

विजय सिंह, पूर्व *आचार्य*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

वेद प्रकाश आर्य, *सहायक आचार्य*, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, रा.शै.अ.प्र.प., अजमेर

समीक्षक

मञ्जुल भार्गव, *आचार्य*, प्रिंसटन विश्वविद्यालय; *सह-अध्यक्ष*, एन.एस.टी.सी.

अनुराग बेहर, *मुख्य कार्यकारी अधिकारी*, अजीम प्रेमजी फाउंडेशन; *सदस्य*, राष्ट्रीय पाठ्यचर्या रूपरेखा निरीक्षण समिति

गजानन लोंढे, *अध्यक्ष*, प्रोग्राम ऑफिस, एन.एस.टी.सी.

अंकुश गुप्ता, *सह-आचार्य*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

एम.एस. श्रीराम, पूर्व *आचार्य* एवं *अध्यक्ष*, सैद्धांतिक भौतिकी विभाग, मद्रास विश्वविद्यालय, चेन्नई तथा अध्यक्ष के.वी. सरमा रिसर्च फाउंडेशन, चेन्नई

के.के. अरोड़ा, *पूर्व आचार्य*, जाकिर हुसैन दिल्ली कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

के.वी. श्रीदेवी, *सह-आचार्य*, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, रा.शै.अ.प्र.प., अजमेर

गिन्नी सिंह, *परामर्शदाता*, प्रोग्राम ऑफिस, एन.एस.टी.सी.

चारू डोगरा, *आचार्य*, रामजस कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

दिनेश कुमार, *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

बी.के. शर्मा, पूर्व *आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

© NCERT not to be republished

मोनिका कौल, *आचार्य*, हंसराज कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

मृणाल शाह, *निदेशक*, पाठ्यचर्या एवं आकलन, सीड2सैपलिंग एजुकेशन फाउंडेशन, बेंगलुरु

लक्ष्मी रविशंकर, पूर्व *आचार्य*, वी.जी. वाज कॉलेज ऑफ आर्ट्स, साइंस एवं कॉमर्स (केल्करह एजूकेशन ट्रस्ट), मुंबई

पी. सी. अग्रवाल, *आचार्य* एवं *संयुक्त निदेशक*, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

प्रीति खन्ना, *पुनर्वास पेशेवर* (दृष्टि बाधा), एन.ए.बी., नई दिल्ली

शुभा तोले, वरिष्ठ *आचार्य*, जैविक विज्ञान विभाग, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

साकेत बहुगुणा, *सहायक आचार्य* (भाषाविज्ञान), केंद्रीय हिंदी संस्थान, दिल्ली केंद्र, शिक्षा मंत्रालय, भारत सरकार

संजय पी. साने, *आचार्य*, राष्ट्रीय जैविक विज्ञान केंद्र, टी.आई.एफ.आर., बेंगलुरु

संजीव कुमार, पूर्व *आचार्य*, स्कूल ऑफ साईसेज, इंदिरा गांधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, नई दिल्ली

संतोष घरपुरे, *आचार्य*, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान बॉम्बे, मुंबई

सार्थक पारिख, *सहायक प्राचार्य*, भौतिकी विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, नई दिल्ली

सुजाता भार्गव, पूर्व *आचार्य*, सावित्रीबाई फुले पुणे विश्वविद्यालय, पुणे

सुरेंद्र घसकदबी, पूर्व *वैज्ञानिक 'जी'*, आघारकर अनुसंधान संस्थान, पुणे

सत्यजित रथ, *अतिथि आचार्य*, भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसंधान संस्थान, पुणे

सविता लाडगे, पूर्व *आचार्य*, होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र, टी.आई.एफ.आर., मुंबई

विजय सारदा, पूर्व *सह-आचार्य*, जाकिर हुसैन दिल्ली कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

विश्वजननी जे सत्तिगेरी, *अध्यक्ष*, सी.एस.आई.आर.-पारंपरिक ज्ञान डिजिटल लाइब्रेरी इकाई, नई दिल्ली

वी.बी. भाटिया, पूर्व *आचार्य*, भौतिकी एवं खगोलभौतिकी विभाग, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

युक्ति शर्मा, *आचार्य*, शिक्षा विभाग (सी.आई.ई.), दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

अनुवादक

आर. एस. दास, *उप-प्रधानाचार्य* (सेवानिवृत्त), बलवंत राय मेहता विद्या उच्चत्तर माध्यमिक विद्यालय, लाजपत नगर, नई दिल्ली

आशीष कुमार श्रीवास्तव, *सहायक आचार्य* (भौतिकी), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

किरण मांगलिक, *प्राचार्य* (सेवानिवृत्त), रसायन, अटल आदर्श विद्यालय, लोधी एस्टेट, नई दिल्ली

कुमकुम चतुर्वेदी, पूर्व *वरिष्ठ परामर्शदाता* (विज्ञान विद्यापीठ, इग्नू), नई दिल्ली

टीकम चंद लोया, पूर्व *कुलपति*, जय मीनेश आदिवासी विश्वविद्यालय, कोटा, राजस्थान

© NCERT not to be republished

धीरज कुमार शर्मा, *स्नातकोत्तर शिक्षक*, पी.एम.श्री. केंद्रीय विद्यालय पीतमपुरा, नई दिल्ली

नंदा शर्मा, *उप-प्रधानाचार्य* (सेवानिवृत्त), सूरजकुंड इंटरनेशनल स्कूल, फरीदाबाद, हरियाणा

प्रीति खन्ना, *परामर्शदाता* (समावेशी एवं विशेष शिक्षा), डी.एल.एफ., गुरुग्राम

प्रमिला तँवर, *आचार्य* (रसायन), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

पुष्प लता वर्मा, *आचार्य* (प्राणि विज्ञान), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

मुकेश कुमार गांधी, *शिक्षा अधिकारी* (सेवानिवृत्त), काउंसिल फॉर दी इंडियन स्कूल सर्टिफिकेट एग्जामिनेशन्स, नई दिल्ली

मुकेश कुमार, *सहायक आचार्य*, जाकिर हुसैन दिल्ली महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली

रमेश चंद गहलोत, *वरिष्ठ अनुवादक* (सेवानिवृत्त), केंद्रीय अनुवाद ब्यूरो, गृह मंत्रालय, नई दिल्ली

राकेश जुगरान, पूर्व *प्राचार्य*, जिला शिक्षा एवं प्रशिक्षण संस्थान. देहरादून, उत्तराखंड

रुचि वर्मा, *आचार्य* (रसायन), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

वंदिता, *वरिष्ठ हिंदी अधिकारी* (सेवानिवृत्त), सी.एस.आई.आर., नई दिल्ली

वेद प्रकाश आर्य, *सहायक आचार्य* (भौतिकी), क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, अजमेर

सुनीता मल्होत्रा, *आचार्य* (सेवानिवृत्त) रसायन, विज्ञान विद्यापीठ, इंदिरा गाँधी राष्ट्रीय मुक्त विश्वविद्यालय, नई दिल्ली

समीक्षक (हिंदी संस्करण)

अमर श्रीवास्तव, *आचार्य* (रसायन) एवं *प्राचार्य*, हर सहाय (पी.जी.) महाविद्यालय, कानपुर, उत्तर प्रदेश

अभिनव कुमार गुप्ता, *सहायक आचार्य*, डॉ. बी. आर. अंबेडकर विश्वविद्यालय, दिल्ली

अविनाश कुमार सिंह, *पी.जी.टी.* (सेवानिवृत्त), केंद्रीय विद्यालय संगठन, नई दिल्ली

आरती शर्मा, *सहायक आचार्य*, क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, अजमेर रा.शै.अ.प्र.प.

आर.पी. सिंह, *उप-प्रधानाचार्य* (सेवानिवृत्त), शिक्षा निदेशालय, दिल्ली सरकार, दिल्ली

आलोक चतुर्वेदी, *आचार्य* (रसायन), आयुक्तालय कॉलेज शिक्षा राजस्थान, जयपुर

कुलदीप गैरोला, पूर्व *अपर निदेशक* शिक्षा विभाग, उत्तराखंड तथा पूर्व अपर राज्य परियोजना निदेशक, समग्र शिक्षा, उत्तराखंड

जॉनसन डेविड, *व्याख्याता* (सेवानिवृत), शिक्षा निदेशालय, दिल्ली सरकार, दिल्ली

बिंदु सक्सेना, *सहायक आचार्य*, राज्य शैक्षिक अनुसंधान एवं प्रशिक्षण परिषद, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

राजेंद्र कुमार शर्मा, *आचार्य* (रसायन शास्त्र), क्षेत्रीय शिक्षा संस्थान, अजमेर रा.शै.अ.प्र.प.

© NCERT not to be republished

सरला सकलानी, *विभागाध्यक्ष* फार्मास्यूटिकल रसायन, हेमवती नंदन बहुगुणा गढ़वाल विश्वविद्यालय, श्रीनगर, उत्तराखंड

साकेत बहुगुणा, *सहायक आचार्य* (भाषा विज्ञान), केंद्रीय हिंदी संस्थान, दिल्ली केंद्र, शिक्षा मंत्रालय, भारत सरकार

सुनीता बंसल, *आचार्य* (रसायन), आत्मा राम सनातन धर्म महाविद्यालय, धौला कुआँ, नई दिल्ली

स्वस्ति शर्मा, *वरिष्ठ परामर्शदाता*, प्रोग्राम ऑफिस, एन.एस.टी.सी., रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

प्रशांत कुमार ओझा, *सहायक शिक्षक*, संविलियन विद्यालय अतरौरा, फूलपुर, प्रयागराज, उत्तर प्रदेश

शैक्षिक सदस्य समन्वयक (हिंदी संस्करण)

आशीष कुमार श्रीवास्तव, *सहायक आचार्य* (भौतिकी), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

पुष्प लता वर्मा, *आचार्य* (प्राणि विज्ञान), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग , रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

प्रमिला तँवर, *आचार्य* (रसायन), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

रुचि वर्मा, *आचार्य* (रसायन), विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग , रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली

© NCERT not to be republished

आभार

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद् (रा.शै.अ.प्र.प.), राष्ट्रीय पाठ्यचर्या रूपरेखा पर्यवेक्षण समिति के सम्माननीय अध्यक्ष एवं सदस्यों का पाठ्यपुस्तक में विद्यालयी शिक्षा के लिए राष्ट्रीय पाठ्यचर्या की रूपरेखा 2023 के दृष्टिकोण के समावेशन हेतु किए गए उनके अमूल्य योगदान, मार्गदर्शन एवं सहायता के लिए आभार व्यक्त करती है। रा.शै.अ.प्र.प. राष्ट्रीय पाठ्यक्रम एवं शिक्षण-अधिगम सामग्री समिति के अध्यक्ष, सह-अध्यक्ष एवं सदस्यों के प्रति भी उनके द्वारा दिए गए सतत मार्गदर्शन और पाठ्यपुस्तक की गहन समीक्षा के लिए कृतज्ञता व्यक्त करती है। इसके अतिरिक्त रा.शै.अ.प्र.प., पाठ्यचर्या विषय-क्षेत्र समूह के विज्ञान उप-समूह का तथा अन्य प्रासंगिक उप-समूहों के अध्यक्षों और सदस्यों का भी उनके समर्थन एवं अंतर्विषयक अवधारणाओं पर दिशा-निर्देश देने के लिए हृदय से धन्यवाद करती है।

परिषद्, पी.सी. अग्रवाल, *आचार्य* एवं *संयुक्त निदेशक*, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; हिमांशु गुप्ता, *सचिव*, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; अमरेंद्र पी. बेहरा, *आचार्य* एवं *संयुक्त निदेशक*, केंद्रीय शैक्षिक प्रौद्योगिकी संस्थान, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; रंजना अरोड़ा, *आचार्य* एवं *विभागाध्यक्ष*, पाठ्यचर्या अध्ययन एवं विकास विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; सुनीता फरक्या, *आचार्य* एवं *विभागाध्यक्ष*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; और आशुतोष केदारनाथ वझलवार, *आचार्य* एवं *विभागाध्यक्ष*, योजना एवं अनुवीक्षण प्रभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली का शैक्षणिक, प्रशासनिक एवं तकनीकी सहायता प्रदान करने हेतु हार्दिक आभार ज्ञापित करती है।

परिषद्, सरिता विज, *आचार्य*, आई.आई.एस.टी., तिरुवनंतपुरम; शुभा तोले, प्रतिष्ठित *आचार्य*, टी.आई.एफ.आर.; और सुहृद मोरे, *आचार्य*, आई.यू सी ए.ए., पुणे का कुछ अध्यायों की समीक्षा करने और अनमोल, पुनरावृत्तीय प्रतिपुष्टि करने जिससे इन अध्यायों की गुणवत्ता में उल्लेखनीय सुधार हुआ है, के लिए धन्यवाद करती है। अनुपमा साउरी दास, *अनुसंधान सहायक*, हर्ष मल्होत्रा, *अनुसंधान कृतिविद्*, मुकुल महास्की, *परियोजना वैज्ञानिक अधिकारी*, एच.बी.सी.एस.ई., मुंबई; कृष्णेन्दु कुंडु, *विभाग सदस्य*, आई.एन.एस.पी.आई.आर.ई. (प्रेरित अनुसंधान के लिए विज्ञान में नवाचार) और उमा रामकृष्णन, *आचार्य*, एन.सी.बी.एस., को कुछ अध्यायों के समीक्षात्मक अध्ययन; पुनीत शर्मा, *सहायक आचार्य*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली का अध्याय 12 की समीक्षा करने; और उदय वाई., *सहायक आचार्य*, ई.एस.डी., रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली का अध्याय 11 की समीक्षा करने के लिए कृतज्ञतापूर्वक धन्यवाद करती है। परिषद्, आई.यू.सी.ए.ए., पुणे के वैज्ञानिक जन-जागरूकता कार्यक्रम का अध्याय 6 और 7 के प्रतिरूप प्रदान करने हेतु आभार ज्ञापित करती है।

पाठ्यपुस्तक दल के मार्गदर्शक, अर्नब भट्टाचार्य को अध्याय 1, 2 और 13 के कुछ चित्रों और भरतवाक्य को प्रदान करने हेतु; अक्षत सिंघल, *अतिथि अध्येता*, एच.बी.सी.एस.ई., टी.आई.एफ.आर., मुंबई को अध्याय 10 के कुछ चित्रों को बनाने हेतु; अदिति मुरलीधर, वैज्ञानिक अधिकारी, एच.बी.सी.एस.ई., टी.आई.एफ.आर., मुंबई को कुछ अध्यायों के चित्र प्रदान करने के लिए; लिंटो आलप्पत, *सहायक आचार्य*, क्राइस्ट कॉलेज ऑटोनॉमस, इरिन्जालकुडा, त्रिशूर, केरल; एवं कंगबम बिक्रम सिंह, वन्य जीवन *छायाचित्रकार* और *उद्यमी*, मणिपुर को क्रमशः अध्याय 5 एवं अध्याय 12 के छायाचित्रों को प्रदान करने हेतु; प्रताप रे चौधरी, *आचार्य*, टी.आई.एफ.आर., मुंबई को एस.टी.एम. छवि; भाग्यश्री चाल्के, *वैज्ञानिक अधिकारी*,

टी.आई.एफ.आर. को एस.ई.एम. छवियों, मोहम्मद हाकिफ, *वैज्ञानिक सहायक*, एच.बी.सी.एस.ई., टी.आई.एफ.आर.; एवं मनोज नायर, *वैज्ञानिक अधिकारी*, एच.बी.सी.एस.ई., टी.आई.एफ.आर. विज्ञान मीडिया केंद्र को अध्यायों में कई चित्र प्रदान करने हेतु; और *सचिव*, नाभिकीय ऊर्जा विभाग, भारत सरकार को नाभिकीय शक्ति संयंत्रों के चित्र उपलब्ध कराने हेतु हार्दिक आभार व्यक्त करती है।

रा.शै.अ.प्र.प., एम. प्रमोद कुमार और पूर्वा भट्ट, *वरिष्ठ परामर्शदाताओं*, प्रोग्राम ऑफिस, एन.एस.टी.सी.; यदुनाथ देशपांडे, *सदस्य* प्रोग्राम, ऑफिस, एन.एस.टी.सी.; और प्रोग्राम ऑफिस, एन.एस.टी.सी. के अन्य सदस्यों को उनकी बहुमूल्य निविष्टियों के लिए उनके योगदान की सराहना करती है।

परिषद्, *वरिष्ठ शोध सहायकों* अर्चना, धर्मेंद्र कुमार, गोनमेई ज़ीनस पिउथाइमेई, मोनल, मोनिका लामोरिया और तमन्ना कपूर, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; नेहा, *कनिष्ठ परियोजना अध्येता*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग; रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; नितिका रानी, *पाठ्यक्रम प्रशासक* विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली के अंग्रजी माध्यम में पाठ्यपुस्तक विकास के प्रक्रम में उनके समर्पित प्रयासों एवं सहयोग की सराहना करती है।

परिषद्, पाठ्यपुस्तक के विकास में सहयोग हेतु प्रीति शर्मा, *वरिष्ठ शोध सहायक*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; ब्रिजेश, हिमानी, कुणाल राजोरिया और नितिन, *ग्राफिक्स डिजाइनर*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; सचिन तँवर, बिट्टू कुमार महतो और गीता *डी.टी.पी. ऑपरेटर*; रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली; अमार कुमार एवं नवीन गुलिया, *प्रयोगशाला सहायक*, विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली, आभार व्यक्त करती है।

रा.शै.अ.प्र.प., पाठ्यपुस्तक की पांडुलिपि के संपादन के लिए अंकिता बेजबोरूआ, स्वतंत्र भाषा संपादक की आभारी है। परिषद्, ए.पी.सी. कार्यालय और विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग के प्रशासनिक कर्मचारियों द्वारा प्रदान किए गए सहयोग के लिए हार्दिक आभारी है।

हिंदी संस्करण के पुनरावलोकन, संपादन एवं अंतिम स्वरूप देने में सहायता के लिए परिषद् के आचार्यों दिनेश कुमार, सुनीता फरक्या, अंजनी कौल, रचना गर्ग एवं आर.आर. कोईरंग तथा विशेषज्ञों सुनीता मल्होत्रा (आचार्य), सुनीता बंसल (आचार्य), आर.एस. दास, किरण मांगलिक, मुकेश कुमार गांधी, नंदा शर्मा, कुमकुम चतुर्वेदी एवं प्रीति खन्ना के प्रति कृतज्ञतापूर्वक आभार व्यक्त है।

परिषद्, *वरिष्ठ शोध सहायक* गौरव सोनारे, नितेश कुमार जाँगिड़, रिया बाठला एवं शुभांजलि शाक्य तथा नेहा सिंह, *कनिष्ठ शोध सहायक* विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग, रा.शै.अ.प्र.प., नई दिल्ली के प्रयासों की सराहना करती है।

परिषद्, एपीसी कार्यालय और विज्ञान एवं गणित शिक्षा विभाग के प्रशासनिक कर्मचारियों तथा *डी.टी.पी. ऑपरेटर* (संविदा) अतुल, अब्दुल सत्तार, दीपक, विशाल शर्मा, सौरभ कुमार (शैक्षिक किट प्रभाग) तथा *टंकक हिंदी* (संविदा) शिवानी सिंह तथा *ग्राफिक डिजाइनर* (संविदा) नितिन द्वारा हिंदी रूपांतरण में प्रदान किए गए सहयोग के लिए भी आभार व्यक्त करती है।

परिषद्, पुस्तक की रूपरेखा तैयार करने एवं पुस्तक को अंतिम रूप देने हेतु पवन कुमार बरियार, *प्रभारी डी.टी.पी. प्रकोष्ठ*; मोहन सिंह, विवेक मंडल और अनिता कुमारी *डी.टी.पी. ऑपरेटर* (संविदा), प्रकाशन प्रभाग, रा.शै.अ.प्र.प. का आभार व्यक्त करती है। परिषद् संपादन कार्य के लिए पारुल त्यागी, कहकशा *सहायक संपादक* (संविदा); प्रूफ रीडिंग के लिए *प्रूफ रीडर* (संविदा) अलका दिवाकर, कमल भाटी, सुनील कुमार, श्रेया गुप्ता, आफरीन एवं प्रियंका का आभार ज्ञापित करती है।

© NCERT not to be republished

गांधी जी का जंतर

तुम्हें एक जंतर देता हूँ। जब भी तुम्हें संदेह हो या तुम्हारा अहम् तुम पर हावी होने लगे, तो यह कसौटी आज़माओ :

जो सबसे गरीब और कमज़ोर आदमी तुमने देखा हो, उसकी शक्ल याद करो और अपने दिल से पूछो कि जो कदम उठाने का तुम विचार कर रहे हो, वह उस आदमी के लिए कितना उपयोगी होगा। क्या उससे उसे कुछ लाभ पहुँचेगा? क्या उससे वह अपने ही जीवन और भाग्य पर कुछ काबू रख सकेगा? यानी क्या उससे उन करोड़ों लोगों को स्वराज्य मिल सकेगा, जिनके पेट भूखे हैं और आत्मा अतृप्त है?

तब तुम देखोगे कि तुम्हारा संदेह मिट रहा है और अहम् समाप्त होता जा रहा है।

© NCERT not to be republished

भारत का संविधान

भाग-3 (अनुच्छेद 12-35)
(अनिवार्य शर्तों, कुछ अपवादों और युक्तियुक्त निर्बंधन के अधीन)
द्वारा प्रदत्त

मूल अधिकार

समता का अधिकार

- विधि के समक्ष एवं विधियों के समान संरक्षण;
- धर्म, मूलवंश, जाति, लिंग या जन्मस्थान के आधार पर;
- लोक नियोजन के विषय में;
- अस्पृश्यता और उपाधियों का अंत।

स्वातंत्र्य-अधिकार

- अभिव्यक्ति, सम्मेलन, संघ, संचरण, निवास और वृत्ति का स्वातंत्र्य;
- अपराधों के लिए दोष सिद्धि के संबंध में संरक्षण;
- प्राण और दैहिक स्वतंत्रता का संरक्षण;
- छः से चौदह वर्ष की आयु के बच्चों को निःशुल्क एवं अनिवार्य शिक्षा;
- कुछ दशाओं में गिरफ्तारी और निरोध से संरक्षण।

शोषण के विरुद्ध अधिकार

- मानव के दुर्व्यापार और बलात श्रम का प्रतिषेध;
- परिसंकटमय कार्यों में बालकों के नियोजन का प्रतिषेध।

धर्म की स्वतंत्रता का अधिकार

- अंतःकरण की और धर्म के अबाध रूप से मानने, आचरण और प्रचार की स्वतंत्रता;
- धार्मिक कार्यों के प्रबंध की स्वतंत्रता;
- किसी विशिष्ट धर्म की अभिवृद्धि के लिए करों के संदाय के संबंध में स्वतंत्रता;
- राज्य निधि से पूर्णतः पोषित शिक्षा संस्थाओं में धार्मिक शिक्षा या धार्मिक उपासना में उपस्थित होने के संबंध में स्वतंत्रता।

संस्कृति और शिक्षा संबंधी अधिकार

- अल्पसंख्यक-वर्गों को अपनी भाषा, लिपि या संस्कृति विषयक हितों का संरक्षण;
- अल्पसंख्यक-वर्गों द्वारा अपनी शिक्षा संस्थाओं का स्थापन और प्रशासन।

सांविधानिक उपचारों का अधिकार

- उच्चतम न्यायालय एवं उच्च न्यायालय के निर्देश या आदेश या रिट द्वारा प्रदत्त अधिकारों को प्रवर्तित कराने का उपचार।

© NCERT not to be republished

विषय सूची

आमुख *iii*

पाठ्यपुस्तक के विषय में *v*

अध्याय 1
अन्वेषण — माध्यमिक विज्ञान के संसार में प्रवेश 1

अध्याय 2
कोशिका — जीवन की निर्माण इकाई 8

अध्याय 3
क्रियाशील ऊतक 28

अध्याय 4
अपने परिवेश में गति का वर्णन 48

अध्याय 5
मिश्रण एवं उनके पृथक्करण का अन्वेषण 72

अध्याय 6
गति पर बलों का प्रभाव 94

अध्याय 7
कार्य, ऊर्जा एवं सरल मशीनें 116

अध्याय 8
एक यात्रा — परमाणु के भीतर 140

अध्याय 9
द्रव्य का परमाण्विक आधार 162

अध्याय 10
ध्वनि तरंगें — अभिलक्षण एवं अनुप्रयोग 184

© NCERT not to be republished

अध्याय 11
जनन — जीवन की निरंतरता 208

अध्याय 12
जीवजगत का स्वरूप — विविधता एवं वर्गीकरण 228

अध्याय 13
पृथ्वी एक तंत्र — ऊर्जा, द्रव्य और जीवन 252

उत्तर कुंजी 271

© NCERT not to be republished

अध्याय

1

अन्वेषण — माध्यमिक विज्ञान के संसार में प्रवेश

0907CH01

मध्य स्तर पर विज्ञान ने आपको जिज्ञासु बनने, संसार का निकटता से अवलोकन करने, प्रश्न पूछने, साथ ही वस्तुओं के कार्य करने की प्रणालियों को जानने के लिए प्रेरित किया। अपनी इस यात्रा में हमने यह जाना कि विज्ञान का आरंभ जिज्ञासा और विस्मय से हुआ और सावधानीपूर्वक किए गए प्रयोगों के माध्यम से विकसित हुआ है। हमने सजीव और निर्जीव संसार के विविध विचारों के बीच संबंध स्थापित किया। अब हम माध्यमिक स्तर में प्रवेश कर रहे हैं तो यह यात्रा सतत रहेगी परंतु इसमें गहन अध्ययन और अन्वेषण पर विशेष ध्यान दिया जाएगा। विज्ञान केवल इस विषय तक सीमित नहीं है कि हम उसे जानते हैं अपितु यह भी है कि हम उसे किस प्रकार जानते है, किस प्रकार अवलोकन मापन का आधार बनते हैं, पैटर्न को किस प्रकार प्रतीकों और समीकरणों के रूप में अभिव्यक्त करते हैं एवं जटिल प्रणालियों को दर्शाने के लिए किस प्रकार मॉडल निर्मित किए जाते हैं। इसके साथ हम यह भी समझते हैं कि किस प्रकार विचारों का परीक्षण, संशोधन एवं कभी-कभी उन्हें अस्वीकार भी किया जाता है। हमारी माध्यमिक स्तर की विज्ञान की पाठ्यपुस्तक ***अन्वेषण*** में हम और गहनता के साथ अध्ययन करेंगे, सावधानीपूर्वक अवधारणाओं पर विचार करेंगे। इसके साथ हम यह भी समझेंगे कि वैज्ञानिक विचार प्रकृति, प्रौद्योगिकी और उनके मध्य हमारे अस्तित्व को समझने में किस प्रकार सहायक होते हैं।

इस पाठ् यपुस्तक के दृष्टिकोण को स्पष्ट करने हेतु, पृष्ठ क्रमांकों को अत्यंत विचारपूर्वक अभिकल्पित किया गया है एवं आवर्धक लैंस व दिशासूचक द्वारा उन्हें फ्रेम में दर्शाया गया है। आवर्धक लैंस सूक्ष्म अवलोकन के प्रतीक हैं — पैटर्न को समझना और उन सूक्ष्म बातों पर ध्यान देना जो सामान्यत: हमारी दृष्टि से छूट जाती हैं।

वहीं दिशासूचक यंत्र हमें स्मरण कराता है कि अन्वेषण के लिए सही दिशा भी महत्त्वपूर्ण है, जैसे— उपयुक्त मॉडलों का चयन करना, सही प्रश्न पूछना और यह समझना कि हमारे विचारों की सीमा कहाँ तक है। इसके साथ ही हमें यह अवगत कराते हैं कि विज्ञान में अन्वेषण का अर्थ, उद्देश्यहीन भटकना नहीं है अपितु हमारे संसार को ध्यानपूर्वक और उद्देश्य के साथ समझने का प्रयास करना है।

प्राकृतिक रूप से हमारा संसार जटिल है और इसका गहनता से अध्ययन सामान्यत: असंभव है। इस जटिलता को समझने के लिए विज्ञान मॉडलों का उपयोग करता है। ये वास्तविक प्रणालियों के सरल रूप में अध्ययन करने के तरीके हैं जिनका ध्यान किसी दिए गए प्रश्न के लिए सबसे महत्त्वपूर्ण अवधाराणाओं तक सीमित रहता है। भौतिकी में एक गतिशील कार को एक बिंदु से दर्शाया जा सकता है जबकि रसायन में परमाणुओं और अणुओं को गोलों और आबंधों से चित्रित किया जा सकता है। जीव विज्ञान के अंतर्गत कोशिकाओं के महत्त्वपूर्ण भागों को उनके चित्रों द्वारा दर्शाया जा सकता है और पृथ्वी विज्ञान में पृथ्वी को विभिन्न परतों में विभाजित करके एक समतल गोले के रूप में निरूपित किया जा सकता है। इस प्रकार के मॉडलों के निर्माण के लिए कुछ धारणाएँ बनानी होती हैं और कुछ निश्चित विवरणों को जानबूझकर उपेक्षित करना होता है। उदाहरण के लिए— एक गिरते हुए पिंड की गति के अध्ययन में गुरुत्व के मूल प्रभाव को समझने के लिए वायु प्रतिरोध की उपेक्षा की जा सकती है। जीव विज्ञान में हृदय द्वारा रक्त को पंप करने के अध्ययन हेतु कई एकल कोशिकाओं के कार्य को अनदेखा कर दिया जाता है जिससे संपूर्ण अंग को एक कार्यशील तंत्र के रूप में देखा जा सकता है। ये चयन कोई त्रुटियाँ नहीं होते बल्कि जानबूझकर किए जाते हैं ताकि विषय को पर्याप्त रूप से सरल बनाया जा सके और जिससे आवश्यक उत्तर प्राप्त करना संभव हो सके।

उदाहरण 1.1 — क्रिकेट का एक शॉट। कल्पना कीजिए कि एक क्रिकेट की गेंद को छक्का लगाने के लिए बल्ले से मारा जाता है। यदि आप इसका एक सरल मॉडल तैयार करना चाहते है तो आप इनमें कौन-से विवरण सम्मिलित करेंगे? और किन विवरणों को अनावश्यक मानकर छोड़ देंगे?

उत्तर — हमें यह प्रश्न पूछना चाहिए, "क्या गेंद सतह पर टकराए बिना सीमारेखा को पार कर जाएगी?" इसके लिए बल्ले का ब्रांड, गेंद का रंग, मैदान पर घास की मात्रा आदि का कोई विशेष प्रभाव नहीं पड़ेगा। दूसरी ओर गेंद का द्रव्यमान, उसकी गति और उसे किस दिशा में मारा गया है, ये पक्ष अत्यंत महत्त्वपूर्ण होंगे। वायु प्रतिरोध, गेंद का घूर्णन और सीम पर धागों की सिलाई आदि प्रभाव न्यून होते हैं जिन्हें एक सरल मॉडल में उपेक्षित किया जा सकता है। जैसे-जैसे हम अधिक जटिल मॉडल बनाते हैं वैसे-वैसे ही हम अधिक सटीकता हेतु अतिरिक्त विवरणों को जोड़ते हैं।

क्रियाकलाप 1.1 — आइए, मॉडल बनाएँ

मान लीजिए आप अपने विद्यालय से घर तक साइकिल चलाकर जाते हैं। आपको विद्यालय से घर तक पहुँचने में लगने वाले समय पर एक मॉडल तैयार करना है। आप अपने मॉडल में किन विवरणों को सम्मिलित करेंगे और किन विवरणों को अनदेखा करेंगे? सुझाव दीजिए कि कुछ विवरणों को अनदेखा करना वास्तव में क्यों उपयोगी हो सकता है।

जब आप विज्ञान का अन्वेषण अधिक गहनता के साथ करेंगे तो आप समझेंगे कि इसमें भाषा का उपयोग अत्यंत सजगता और सटीकता से किया जाता है। हम अपने दैनिक जीवन में अनेक शब्द, जैसे — बल, कार्य, कोशिका अथवा अभिक्रिया का उपयोग करते हैं। इनका विज्ञान में एक विशिष्ट अर्थ होता है। सामान्यत: ये अर्थ इस कारण से बहुत विशिष्ट होते हैं क्योंकि वैज्ञानिक विचारों को स्पष्टता और सटीकता के साथ संप्रेषित किया जा सके। समस्त विश्व के वैज्ञानिकों के अवलोकनों का वर्णन करने, परिणामों की तुलना करने, सामूहिक रूप से नवीन विचारों का विकास करने में, विज्ञान इन विशिष्ट शब्दों, **प्रतीकों** और इकाईयों की एक साझेदारी वाली भाषा का उपयोग करता है।

वैज्ञानिक-परिचय

भारतीय डाक टिकट पर अंकित मेघनाद साहा

तारों का सरलीकृत अध्ययन — सामान्यतः विज्ञान में शुरुआत कुछ विवरणों को अनदेखा करने से होती है। जब भौतिकविद **मेघनाद साहा** ने तारों से आने वाले प्रकाश का अध्ययन किया तो इन्होंने तारे के भीतर प्रत्येक परमाणु, अभिक्रिया और गति हेतु मॉडल निर्माण का प्रयास नहीं किया। यद्यपि इन्होंने तारे के पदार्थ को एक उष्ण गैस की तरह माना और अनेक जटिल प्रक्रियाओं की उपेक्षा करते हुए केवल तापमान, दाब और परमाणुओं के आयन बनने की प्रकिया पर ध्यान केंद्रित किया। इस सरलीकृत अध्ययन से इन्हें यह समझने में सहायता हुई कि किस प्रकार तारों का रंग उनके ताप से गहराई से जुड़ा हुआ होता है।

© NCERT not to be republished

मात्राएँ, जैसे — द्रव्यमान, वेग, बल, और विद्युत धारा जैसी भौतिक राशियों को m, v, F और I जैसे **प्रतीकों** से निरूपित करते हैं और प्रत्येक का एक निर्धारित मात्रक होता है।

यहाँ तक कि विज्ञान के तथ्यों और आवधारणाओं को और भी सटीक बनाने के लिए विज्ञान प्राय: गणित की सहायता लेता है। इससे राशियों के मध्य संबंधों को स्पष्ट रूप से व्यक्त किया जा सकता है एवं इनका सावधानीपूर्वक परीक्षण किया जा सकता है। यह कभी-कभी चुनौतीपूर्ण भी प्रतीत हो सकता है परंतु यह ध्यान रखना अत्यंत आवश्यक है कि विज्ञान में गणित के समावेश को बाधा के रूप में नहीं समझना चाहिए। यद्यपि यह एक ऐसी भाषा है जो हमें संसार के बारे में और अधिक स्पष्ट रूप से विचार करने में सहायता करती है। एक समीकरण केवल परिकलन का साधन नहीं है अपितु इस विषय का संक्षिप्त विवरण है कि कुछ राशियाँ आपस में किस प्रकार संबंधित हैं। उदाहरण के लिए — जब गति के वर्णन हेतु राशियाँ, जैसे — दूरी, समय और वेग का प्रयोग करते हैं तो इस प्रश्न का उत्तर मिल जाता है कि कुछ समय पश्चात एक पिंड कहाँ होगा। इसी प्रकार गणितीय व्यंजकों का उपयोग, रासायनिक अभिक्रियाओं की दर, जनसंख्या वृद्धि के पैटर्न, निकाय के भीतर ऊर्जा का परिवर्तन आदि के वर्णन के लिए किया जाता है। विज्ञान में गणित के उपयोग को सीखने का अर्थ समीकरणों को याद करना नहीं है अपितु इसका अर्थ यह है कि पहले स्थिति को समझना, उससे संबंधित महत्त्वपूर्ण राशियाँ पहचानना और इसके पश्चात गणितीय संबंधों का उपयोग करके सोच समझकर तर्क देना है। इस प्रकार से गणित केवल संख्यात्मक उत्तर प्राप्त करने का साधन मात्र नहीं रहता अपितु विचार करने की एक सशक्त भाषा बन जाता है। यदि आप पहले स्थितियों और उनमें सम्मिलित राशियों पर ध्यान केंद्रित करते हैं तो समीकरण बाधाओं की भाँति कम अपितु आपके विज्ञान के अन्वेषण में सहायक एवं मार्गदर्शक अधिक प्रतीत होंगे।

जिज्ञासा-सूत्र

प्रकाश के वेग को 'c' से क्यों निरूपित किया जाता है?

वैज्ञानिक प्रतीक प्राय: इतिहास से संबंधित होते हैं और वे सदैव सुविधा के लिए बनाए गए संक्षिप्त रूप नहीं होते अपितु अंतर्राष्ट्रीय सहमतियों पर आधारित होते हैं। उदाहरण के लिए — प्रकाश की गति को सामान्यत: प्रतीक c द्वारा व्यक्त किया जाता है क्योंकि यह लैटिन शब्द *सेलेरिटास* (celeritas) से लिया गया है। इसका अर्थ गति है। वर्तमान में प्रकाश की गति को एक निश्चित भौतिक स्थिरांक माना जाता है जिसका मान ठीक 299792458 m/s के रूप में परिभाषित किया जाता है।

आइए, और आगे बढ़ें

वायुयान ईंधन की गलत गणना

एक प्रसिद्ध घटना में एक यात्री विमान का ईंधन उड़ान के मध्य में ही समाप्त हो गया जो ईंधन मापन इकाइयों की गड़बड़ी के कारण हुआ। उड़ान के लिए कुल 22,300 किलोग्राम ईंधन की आवश्यकता थी लेकिन ईंधन भरने वाले कर्मचारी दल (ग्राउंड क्रू) द्वारा आवश्यक ईंधन की गलत गणना कर दी गई। ऐसा इसलिए हुआ क्योंकि उन्होंने ईंधन के घनत्व की गणना किलोग्राम प्रति लीटर के स्थान पर पाउंड प्रति लीटर में कर दी। फलस्वरूप विमान में 15,000 लीटर ईंधन की कमी हो गई। सौभाग्य से विमान का फिसलन के साथ आपातकालीन अवतरण सफल रहा जिससे विमान को तो क्षति पहुँची परंतु कोई भी जनहानि नहीं हुई थी। पाउंड और किलोग्राम अलग-अलग इकाई हैं। मानक इकाइयों (SI) का प्रयोग वैज्ञानिक और तकनीकी कार्यों में आवश्यक है जिससे त्रुटियों और रूपांतरण संबंधित समस्याओं से सरलता से बचा जा सकता है।

जिज्ञासा-सूत्र

किलोग्राम का उपयोग सभी मापन कार्यों में क्यों किया जाता है?

जब हम चावल और सब्जियाँ खरीदते हैं तो यह अपेक्षा करते हैं कि एक किलोग्राम का तात्पर्य सभी स्थानों पर समान मात्रा में होगा। (चित्र 1.1) कल्पना कीजिए कि यदि हम सभी स्थानों पर अलग-अलग भार मात्रक का उपयोग करें तो कितनी भ्रम की स्थिति उत्पन्न होगी। सौभाग्य से मापन, स्थानीय वस्तुओं या व्यक्तिगत विचारों पर आधारित नहीं होते हैं अपितु अंतर्राष्ट्रीय मानकों पर आधारित होते हैं। मानक इकाइयों से वैज्ञानिक परिणामों की तुलना संभव हो पाती है और दैनिक जीवन व व्यापार में निष्पक्षता सुनिश्चित होती है।

चित्र 1.1 — तराजू का उपयोग करते हुए सब्जी विक्रेता

© NCERT not to be republished

प्रेक्षणों की पुनरावृत्ति से मापनों को अधिक परिष्कृत किया जाता है और प्रयोगों द्वारा विचारों की पुष्टि की जाती है जिसके परीक्षण से हम संसार के विषय में अपने ज्ञान को व्यवस्थित ढंग से विकसित कर सकते हैं। मध्य स्तर पर आप नियम, सिद्धांत और आधारभूत सिद्धांत जैसे शब्दों से परिचित होंगे जिनका विज्ञान में विशिष्ट अर्थ होता है। सामान्यत: एक **नियम** प्रकृति के अवलोकन के एक नियमित पैटर्न का वर्णन करता है जिसे प्राय: शब्दों या गणितीय संबंधों के रूप में व्यक्त किया जाता है। उदाहरण के लिए — न्यूटन के गति नियम ये स्पष्ट करते हैं कि एक बस के अचानक रुकने पर हमें झटका क्यों लगता है। **सिद्धांत**, एक कदम आगे बढ़ कर यह व्याख्या करता है कि ये पैटर्न क्यों उत्पन्न होते हैं और सामान्यत: समय के साथ एकत्रित साक्ष्यों व उपलब्ध प्रमाणों पर आधारित होते हैं। उदाहरण के लिए — परमाणु सिद्धांत व्याख्या करता है कि अणु कैसे बनते हैं। **आधारभूत सिद्धांत** व्यापक विचार होते हैं जो दी गई परिस्थितियों को समझने में हमें सहायता करते हैं, जैसे — सीढ़ियाँ चढ़ते समय ऊर्जा के संरक्षण का सिद्धांत लागू होता है।

स्मरण रखिए कि विज्ञान में एक सिद्धांत का तात्पर्य अनुमान या बिना परीक्षण का विचार नहीं होता अपितु यह एक सावधानीपूर्वक किए गए परीक्षण और विवेचनात्मक जाँच पर आधारित एक स्पष्टीकरण होता है। विज्ञान में विचार स्थिर नहीं माने जाते; नए प्रमाण प्राप्त होने पर उनमें परिवर्तन और परिष्करण होता रहता है। यही अवधारणा विज्ञान को विश्वसनीय बनाती है।

सोचिए और बताइए

1. उस पूर्वानुमान के विषय में विचार कीजिए जो वर्तमान में आपने या आपके परिवार के किसी सदस्य ने किया हो (जैसे — क्रिकेट मैच के परिणाम का पूर्वानुमान)। क्या यह पूर्वानुमान प्रमाणों और तर्कों पर आधारित था या मात्र अनुमान पर? विचार कीजिए कि वैज्ञानिक सोच किस प्रकार से ऐसे पूर्वानुमानों में सुधार ला सकती है?

विज्ञान की एक अत्यधिक सराहनीय विशेषता इसकी **पूर्वानुमान** करने की सशक्त क्षमता है। जब नियम, सिद्धांत और मॉडल भली प्रकार से स्थापित हो जाते हैं तो हमें यह अनुमान लगाने में सक्षम बनाते हैं कि नवीन अथवा भिन्न परिस्थितियों में क्या परिणाम प्राप्त होंगे, यहाँ तक कि उन परिस्थितियों में भी जहाँ प्रयोग करना संभव नहीं हो पाता। गति संबंधी विचारों का उपयोग करते हुए हम पूर्वानुमान लगा सकते हैं कि एक किक मारी हुई फुटबॉल (लात से मारी गई फुटबॉल) कितनी दूर तक जाएगी। रासायनिक अभिक्रियाओं के ज्ञान का उपयोग करके हम यह आकलन कर सकते हैं कि किसी अभिक्रिया में कार्बन डाइऑक्साइड की कितनी मात्रा उत्पन्न होगी या एक सेंकी हुई ब्रेड कितनी नरम रहेगी। जैविक सिद्धांतों का उपयोग करके हम यह अनुमान लगा सकते हैं कि दौड़ते समय व्यक्ति की श्वांस लेने की प्रक्रिया किस प्रकार परिवर्तित होगी। याद रखिए कि ये पूर्वानुमान केवल अनुमान नहीं हैं अपितु प्रमाणों और सावधानीपूर्ण चिंतन पर आधारित तर्कयुक्त अपेक्षाएँ हैं। जब पूर्वानुमान एवं अवलोकन समानता प्रदर्शित करते हैं तो अंतर्निहित विज्ञान में विश्वास की भावना बढ़ती है परंतु इससे भी अधिक महत्त्वपूर्ण यह है कि जब वे समानता प्रदर्शित नहीं करते हैं तो वैज्ञानिक उनकी धारणा, मॉडल और मापन का पुनः परीक्षण करते हैं। इस प्रकार पूर्वानुमान एक सशक्त साधन है जो अन्वेषण को आगे बढ़ाता है और संसार की गहन समझ को प्रेरित करता है।

उदाहरण 1.2 — हम पूर्वानुमान किस प्रकार लगाएँ?

वर्षा ने अपनी सहेली मेघना को बताया, "आज दोपहर में वर्षा होगी क्योंकि बादल काले दिखाई दे रहे हैं।" उन प्रश्नों के विषय में सोचिए जो मेघना द्वारा वर्षा से पूछे जा सकते हैं जिससे इस पूर्वानुमान को वैज्ञानिक रूप से परीक्षण योग्य बनाया जा सके।

उत्तर — उत्तम वैज्ञानिक प्रश्न, मापन योग्य प्रमाणों और पिछले पैटर्न पर आधारित होते हैं। ऐसे प्रश्न जिनका उत्तर केवल हाँ या ना में होता है, वे बहुत उपयोगी नहीं होते है। मेघना, वर्षा से ऐसे प्रश्न पूछ सकती है, जैसे (ये केवल उदाहरण हैं) "जब पिछली बार वर्षा हुई थी तो आकाश की स्थिति क्या थी? आज आर्द्रता का स्तर कितना है? क्या विगत समय में यह 80 प्रतिशत थी? आज वायु की गति और दिशा क्या है? क्या तापमान वैसे ही कम हो गया है जैसा वर्तमान में हुई वर्षा से पूर्व हुआ था?" ऐसे प्रश्न मापन योग्य आँकड़ों और पूर्व के पैटर्न से संबंधित होते हैं जो केवल 'बादल काले दिखाई दे रहे हैं' जैसी साधारण वाक्य से कहीं आगे जाते हैं।

© NCERT not to be republished

आइए, और आगे बढ़ें

मौसम संबंधी पूर्वानुमान कभी-कभी त्रुटिपूर्ण क्यों हो जाते हैं?

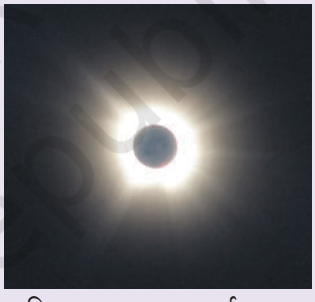
मौसम अनेक परिवर्तनशील कारकों पर निर्भर करता है, जैसे— ताप, दाब, आर्द्रता और वायु। मौसम का पूर्वानुमान, मापनों और मॉडल का उपयोग करता है। इसके पश्चात भी समय के साथ परिस्थितियों में होने वाले सूक्ष्म परिवर्तन भी वृहद हो सकते हैं। इसी कारण से परिणाम पूरी तरह परिवर्तित हो जाते हैं। फलस्वरूप पूर्वानुमान सामान्यत: कुछ घंटों, यहाँ तक कि कुछ दिनों के लिए तो विश्वसनीय रहते है किंतु जैसे ही समय की गति बढ़ती है वैसे ही इनकी विश्वसनीयता में कमी होती जाती है।

यहाँ तक कि अति सफल वैज्ञानिक सिद्धांतों की भी अपनी सीमाएँ होती हैं और जब उन्हें नई परिस्थितियों पर परखा जाता है या जब मापन अधिक सटीक होते जाते हैं तो वे भी असफल हो सकते हैं। इस प्रकार की विफलताएँ विज्ञान की दुर्बलताएँ नहीं होतीं अपितु इसकी सबसे बड़ी शक्ति होती हैं। जब पूर्वानुमान प्रेक्षणों से मेल नहीं खाते तो वैज्ञानिक किसी विचार को 'मत' या 'विश्वास' के आधार पर नहीं अपितु प्रमाणों के आधार पर अस्वीकृत करते हैं। कोई भी वैज्ञानिक सिद्धांत अंतिम नहीं होता है और न ही ऐसा होता है जिस पर कोई सवाल नहीं उठाया जा सके। प्रकृति द्वारा स्वयं सुधार किए जाने के प्रति यह खुलापन ही विज्ञान को उस संसार को समझने में सहायक बनाता है जिसमें हम रहते हैं।

जिज्ञासा-सूत्र

सोशल मीडिया पर तीव्र गति से फैलने वाले (वायरल) दावों की जाँच — क्या ग्रहण के समय भोजन करना हानिकारक है?

एक सामान्य रूप से प्रचलित धारणा है कि "ग्रहण के दौरान भोजन नहीं खाना चाहिए, क्योंकि वह हानिकारक हो जाता है।" एक सरल वैज्ञानिक प्रश्न पूछकर इसे अप्रमाणित सिद्ध किया जा सकता है। एक ग्रहण केवल छायाओं का खेल होता है (चित्र 1.2)। ग्रहण के समय वास्तव में कौन-कौन से भौतिक परिवर्तन होते हैं? क्या ताप में कोई महत्त्वपूर्ण परिवर्तन आता है? यदि भोजन को ग्रहण की छाया में छोड़ दिया जाए तो क्या वह खराब हो जाता है? इन प्रश्नों के आधार पर हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि इस दावे का समर्थन करने वाला कोई भौतिक, रासायनिक या जैविक प्रमाण नहीं है।



चित्र 1.2 — खग्रास सूर्य ग्रहण

जैसे-जैसे आप कक्षा 9 व 10 में विज्ञान के माध्यम से अपनी यात्रा को सतत बनाए रखेंगे वैसे-वैसे आप के मस्तिष्क में चिंतन की ऐसी आदतें विकसित होंगी जो कक्षा से बाहर भी बहुत उपयोगी होंगी। एक सहायक कार्यनीति यह है कि सर्वप्रथम जिस स्थिति का अध्ययन किया जा रहा है उसे उचित प्रकार से समझा जाए। इसके पश्चात पदार्थ की उन राशियों की पहचान की जाए जो आवश्यक हैं। अंततः एक अनुमानित आकलन द्वारा यह जाँच की जाए कि उत्तर का उचित अर्थ बनता है या नहीं। तर्किक विचार के प्रारंभिक चरणों में सदैव सटीक मान आवश्यक नहीं होते हैं। सामान्यतः एक सन्निकट मान आकलन के लिए पर्याप्त होता है कि परिणाम उचित हैं, अनुचित हैं या असंभव हैं। सीखने से आप में एक सहज प्रज्ञा जागृत होती है जो त्रुटियों को पहचानने में सहायता करती हैं। इसके साथ ही आपके अपने स्वयं के विचारों पर आत्मविश्वास विकसित होता है। सामान्यत: विज्ञान में ध्यानपूर्वक तर्क को सटीक गणनाओं से अधिक महत्त्व दिया जाता है।

© NCERT not to be republished

आइए, और आगे बढ़ें

एक चार सदस्यीय परिवार के लिए एक माह में कितना चावल पर्याप्त होगा?

एक सामान्य अनुमान लगाने के लिए हम यह मान लेते हैं कि सभी सदस्यों की कैलोरी या ऊर्जा की पूर्ति केवल चावल द्वारा ही होती है (चित्र 1.3)। एक औसत वयस्क व्यक्ति को लगभग 2000–2500 kcal ऊर्जा की आवश्यकता होती है। ज्ञात कीजिए कि 100 g पका हुआ चावल कितनी ऊर्जा प्रदान करेगा और इस गणना का उपयोग करके यह अनुमान लगाइए कि संपूर्ण परिवार की दैनिक ऊर्जा की आवश्यकता क्या होगी। इसका उद्देश्य सटीक संख्या निकालना नहीं है अपितु ये जाँच करना है कि उत्तर का कोई सही अर्थ बनता भी है या नहीं, जैसे— एक माह के लिए 100 g चावल की मात्रा बहुत कम है जबकि कुछ टन चावल की मात्रा बहुत अधिक होगी। इस प्रकार का अनुमान विज्ञान को भोजन और संसाधनों से जुड़े दैनिक जीवन के प्रश्नों से जोड़ता है तथा यह दर्शाता है कि अनुमान आधारित तर्क करना एक महत्त्वपूर्ण वैज्ञानिक कौशल है।

चित्र 1.3— गैस स्टोव पर पकते हुए चावल

उदाहरण 1.3— अनुमान लगाइए कि एक दिन में आप कितने लीटर वायु श्वास में लेते हैं। इसका अनुमान यहाँ से प्रारंभ कीजिए कि एक मिनट में आप कितनी बार श्वास लेते हैं और एक श्वास में वायु का कितना आयतन प्रयुक्त होता है। आपका उद्देश्य सटीक उत्तर प्राप्त करना नहीं है अपितु एक उचित अनुमान लगाना है।

उत्तर— विश्राम की स्थिति में हम एक मिनट में लगभग 12–15 बार श्वास प्रति मिनट लेते हैं और एक दिन में $60 \times 24 = 1440$ मिनट होते हैं। अत: हम लगभग 18–22 हजार श्वास प्रतिदिन लेते हैं अर्थात लगभग 20 हजार श्वास प्रतिदिन हमें एक श्वास में वायु के प्रयुक्त आयतन का अनुमान लगाना है। इसके आकलन की एक विधि यह है कि एक सामान्य रबर के गुब्बारे को भरने में लगभग 4 से 5 बार श्वास भरनी पड़ती है और जब गुब्बारा फूल जाता है तो उसका आयतन लगभग 2 लीटर हो जाता है। अतः एक श्वास का आयतन लगभग 0.5 लीटर होता है। इस प्रकार हम एक दिन में लगभग 10,000 लीटर वायु श्वास में लेते हैं। अब यह समझना कठिन है कि ये अनुमान तर्कसंगत है या नहीं। परंतु यदि हम अपने गुब्बारे के उदाहरण पर पुनः विचार करें तो पता चलता है कि एक गुब्बारे को फुलाने में लगभग 20 सेकंड लगते हैं तो हम एक मिनट में लगभग 3 गुब्बारे फुला सकते हैं। इस प्रकार $\frac{3 \text{ गुब्बारे}}{\text{मिनट}} \times \frac{2 \text{ लीटर}}{\text{गुब्बारा}} \times \frac{1440 \text{ मिनट}}{\text{प्रतिदिन}}$ के अनुसार गुणा करने पर लगभग 8640 लीटर मात्रा प्राप्त होती है जो कि गणना के उद्देश्य से पूर्व के अनुमानित मान 10,000 लीटर के बहुत समीप है। स्वाभाविक रूप से यदि लगातार गुब्बारे फुलाते रहें तो शीघ्र ही बहुत अधिक थक जाएँगे जबकि आराम से श्वास लेने में ऐसा नहीं होगा।

सोचिए और बताइए

2. एक ऐसी स्थिति का वर्णन कीजिए जहाँ अनुमानित उत्तर ही पर्याप्त हो और एक ऐसी स्थिति भी जहाँ आपको बहुत सटीक मान की आवश्यकता हो।

कक्षा 10 के पश्चात यदि आप विज्ञान पढ़ने का निर्णय लेते हैं तो इसे भौतिकी, रसायन, जीव विज्ञान और पृथ्वी विज्ञान जैसी शाखाओं में विभाजित किया जाएगा। कक्षा 9 और 10 में भी जो अध्याय हैं वे इनमें से कुछ क्षेत्रों पर ध्यान केंद्रित करेंगे। हमने कुछ रोचक तथ्यों को प्रमुखता से दर्शाया है जिन्हें आप

© NCERT not to be republished

अगले एक सोपान ऊपर से सीख सकते हैं। यद्यपि स्मरण रखिए कि प्राकृतिक संसार की ऐसी कोई विभाजन रेखाएँ नहीं होती हैं। ये विभाजन केवल ज्ञान को व्यवस्थित करने में सहायता करने के लिए हमारे द्वारा बनाई गई हैं एवं ये एक-दूसरे से स्वतंत्र नहीं हैं। वर्तमान की अधिकाश वास्तविक समस्याएँ, जैसे जलवायु परिवर्तन को समझना, औषधियों को विकसित करना या सतत प्रौद्योगिकी को अभिकल्पित करना आदि कई विषयों के विचारों को एक साथ मिलाकर ही हल किया जा सकता है। विज्ञान का गणित, प्रौद्योगिकी, कला और सामाजिक विज्ञान के साथ स्वाभाविक रूप से संबंध है। संसार को पूर्णतः समझने के लिए हमें ज्ञान और अभिव्यक्ति की अनेक शैलियों को जोड़ना होता है जो एक दूसरे को पूर्ण करते हैं।

सोचिए और बताइए

3. किसी दैनिक उपयोग की वस्तु (संभवतः एक प्रेशर कुकर या मोबाइल फोन) अथवा कोई वास्तविक समस्या (संभवतः आपके विद्यालय के पास एक ट्रैफिक जाम की स्थिति) का चयन कीजिए। एक रूपरेखा तैयार कीजिए जिसमें सूचीबद्ध हो कि भौतिकी, रसायन विज्ञान, जीव विज्ञान, पृथ्वी विज्ञान, या गणित से किस प्रकार के दृष्टिकोण उपरोक्त समस्या से संबंधित हैं। यह भी दर्शाइए कि आपके उदाहरण में विज्ञान की कम-से-कम दो शाखाएँ परस्पर किस प्रकार जुड़ी हुई हैं।

आइए, और आगे बढ़ें

मास्क वास्तव में किस प्रकार कार्य करता है ?

वास्तविक समस्याओं को हल करने के लिए विज्ञान की कई शाखाओं के ज्ञान की आवश्यकता होती है। कोविड-19 महामारी के समय हम सभी ने सुरक्षा उद्देश्य से मास्क का प्रयोग किया (चित्र 1.4)। एक मास्क किस प्रकार कार्य करता है इसे समझने के लिए भौतिकी (कणीय गति व वैद्युत स्थैतिक आकर्षण), रसायन (बहुलक रेशों के गुणधर्म), जीव विज्ञान (विषाणु की आमाप और प्रकृति), और गणित (वायुप्रवाह और निस्यंदन दक्षता के प्रतिरूपण) आदि अवधारणाओं की आवश्यकता होती है।

चित्र 1.4 — शल्य चिकित्सा हेतु मास्कों का संग्रह

अंततः जैसा कि हमने प्रत्येक पाठ्यपुस्तक में उल्लेख किया है कि विज्ञान केवल तथ्यों, समीकरणों या प्रयोगों का संग्रह नहीं होता है यह एक ऐसी मानवीय गतिविधि है जो जिज्ञासा, सृजनात्मकता, सहयोग और सावधानीपूर्वक प्रश्न पूछने से आकार लेती है। विज्ञान तब विकसित होता है जब लोग प्रश्न पूछते हैं, विचारों का परीक्षण करते हैं, परिणामों को साझा करते हैं और त्रुटियों से सीखते हैं। विज्ञान समय के साथ अनेक लोगों के योगदान से विकसित होता है जो विभिन्न संस्कृतियों और पीढ़ियों से संबंधित होते हैं। भले ही आप कक्षा 10 से आगे विज्ञान विषय का चयन न करे तब भी वैज्ञानिक दृष्टिकोण आपके जीवन में अत्यंत उपयोगी रहेगा। आपको अपने आस-पास की प्रौद्योगिकी को समझने में, सूचनाओं का आलोचनात्मक मूल्यांकन करने में और उस संसार को भी समझने में सहायता करेगा जिसमें आप रहते हैं। इस अन्वेषण की यात्रा के प्रारंभ में विज्ञान आपको केवल संसार के विषय में सीखने के लिए ही नहीं अपितु यह जानने के लिए भी प्रोत्साहित करता है कि हम उसे समझने का प्रयास किस प्रकार करते हैं।

अन्वेषण की अपनी यात्रा पर निकल पड़िए — प्रमाणों के आवर्धक लैंस द्वारा गहराई से निरीक्षण करते हुए और जिज्ञासा के दिशा-सूचक से मार्गदर्शित होते हुए।

अन्वेषण की शुभ यात्रा!

© NCERT not to be republished

0907CH02

अध्याय

2

कोशिका — जीवन की निर्माण इकाई

वैज्ञानिक समुदाय में व्यापक रूप से यह स्वीकृत है कि जीवन की उत्पत्ति जल में हुई थी। कुछ शोधकर्ताओं का मानना है कि जीवन की उत्पत्ति महासागरों की अपेक्षा परिवर्तित होती हुई पर्यावरणीय परिस्थितियों वाले छोटे जलकुंडों में हुई होगी। पर्यावरण के ऐसे उदाहरण उष्ण स्रोत हैं। भारत में लद्दाख की पुगा घाटी के उष्ण स्रोत ठंडी जलवायु में भी अत्यधिक उच्च तापमान (लगभग जल के क्वथनांक के बराबर) बनाए रखते हैं। ऐसी पर्यावरणीय परिस्थितियाँ लगभग 3.5 अरब वर्ष पूर्व आदिकालीन पृथ्वी की स्थितियों के समान प्रतीत होती हैं। इन उष्ण स्रोतों में रहने वाले जीव अधिकांशतः ऊष्मा-स्नेही जीवाणु होते हैं जिन्हें **तापरागी जीवाणु (thermophiles)** कहा जाता है जो एककोशिकीय होते हैं।

लखनऊ स्थित बीरबल साहनी पुराविज्ञान संस्थान के वैज्ञानिकों ने इन उष्ण स्रोतों का अध्ययन किया और यह पाया कि इन उष्ण स्रोतों के चारों ओर कैल्सियम कार्बोनेट तीव्र गति से निर्मित हुआ। कैल्सियम कार्बोनेट के ये निक्षेप प्रारंभिक कार्बनिक अणुओं को हानिकारक विकिरण और चरम स्थितियों से बचाते रहे होंगे। संभवतः इन्होंने पहली सुरक्षात्मक झिल्ली बनाने में भी सहायता की होगी— जो कोशिका की सीमा निर्धारित करती है।

सभी सजीव कोशिकाओं से बने होते हैं। कोशिका जीवन के अस्तित्व के मूलभूत स्तर का प्रतिनिधित्व करती है। जीवाणु एवं यीस्ट जैसे कुछ जीव केवल एक कोशिका से बने होते हैं (एककोशिकीय/unicellular) जबकि अन्य जीव, जैसे— पादप, मछली, पक्षी या मनुष्य लाखों कोशिकाओं से बने होते हैं (बहुकोशिकीय/multicellular), जो मिलकर कार्य करती हैं। एक जैसा कार्य करने वाली समान कोशिकाओं का समूह ऊतक बनाता है। विभिन्न ऊतक मिलकर एक अंग बनाते हैं तथा अनेक अंग मिलकर कार्य करते हैं और अंग-तंत्र बनाते हैं।

चिंतन कीजिए

- कोशिका कहाँ से आती है?
- नग्न आँखों से परे संसार को समझने के लिए तकनीकी प्रयोगों ने नए ज्ञान के सृजन में किस प्रकार सहायता की है?
- कोशिका जीवन की संरचनात्मक और कार्यात्मक इकाई किस प्रकार है?
- कोशिका किस प्रकार गुणन करती है?

© NCERT not to be republished

उदाहरण के लिए— नासा रंध्र, नासा गुहा, श्वासनली और फेफड़े मिलकर श्वसन तंत्र का निर्माण करते हैं।

यद्यपि कोशिकाएँ ऊतकों, अंगों और अंग तंत्रों में संगठित होती है तब भी कोशिका सभी सजीवों में संरचना और कार्य की मूलभूत इकाई बनी रहती है। अत: ऐसे में यह आश्चर्य होना स्वाभाविक है कि ये सूक्ष्म कोशिकाएँ किस प्रकार कार्य करती हैं। कोशिका के विभिन्न घटक क्या हैं? हमारे शरीर की कोशिकाओं के मध्य संचार किस प्रकार होता है? क्या कोशिकाएँ सदैव जीवित रहती हैं अथवा वे मृत हो जाती हैं? इस अध्याय में हम कोशिकाओं के रोमांचक संसार में प्रवेश करते हुए इन प्रश्नों के उत्तर जानने के लिए अन्वेषण करेंगे!

2.1 कोशिकाओं का अध्ययन कैसे करें?

मानव नेत्र द्वारा दो अति निकट वस्तुओं को अलग और विशिष्ट रूप से देखने की क्षमता को हम क्या कहते हैं? एक कागज पर बनाए गए दो छोटे बिंदुओं की कल्पना कीजिए। जैसे-जैसे ये बिंदु हमारी आँख के निकट आते हैं तब एक स्थिति ऐसी आती है जहाँ वे अलग-अलग दिखाई नहीं देते हैं। लगभग 25 cm (मानव नेत्र का निकट बिंदु) से देखने पर दो बिंदुओं के बीच की दूरी यदि लगभग 0.1 mm होती है तो वे दोनों अलग-अलग बिंदुओं के रूप से देखे जा सकते हैं; अन्यथा इससे कम दूरी में वे एक ही बिंदु के रूप में प्रतीत होते हैं। इसे मानव नेत्र की **विभेदन सीमा** कहा जाता है जो 0.1 mm है।

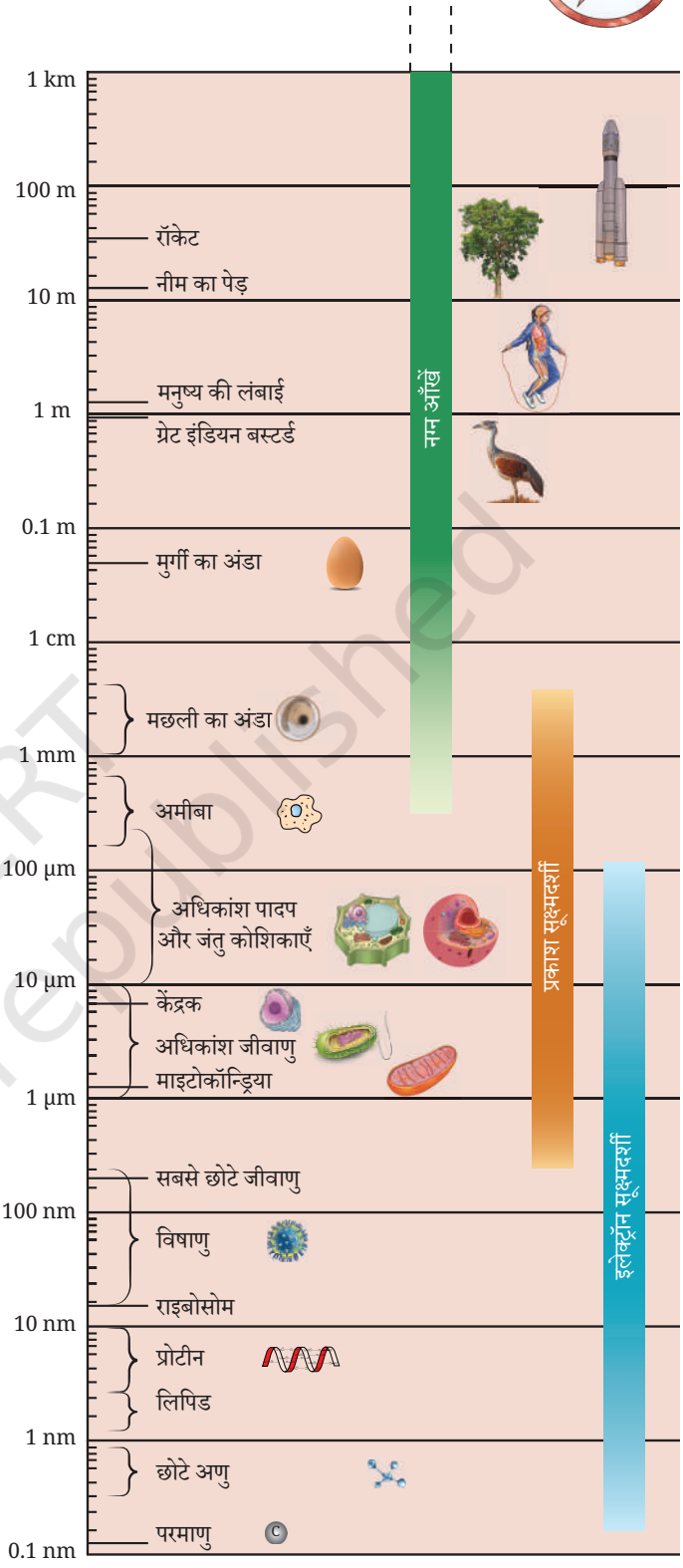
सामान्यतः कोशिका इतनी छोटी है कि उसे नग्न आँखों से नहीं देखा जा सकता (चित्र 2.1)। इससे एक महत्त्वपूर्ण प्रश्न उठता है कि कोशिका जीवविज्ञानियों ने मानव नेत्र की विभेदन सीमा से बहुत छोटी कोशिकाओं की संरचना और कार्य का अध्ययन किस प्रकार से किया होगा?

आपने उत्तल लेंस के विषय में पढ़ा है। किसी वस्तु का **आवर्धन** करने के लिए एक उत्तल लेंस या लेंसों का संयोजन अर्थात एक अभिदृश्यक लेंस और एक नेत्रिका का उपयोग किया जाता है (चित्र 2.1) जिससे वस्तु का आकार बड़ा दिखाई देता है।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 10

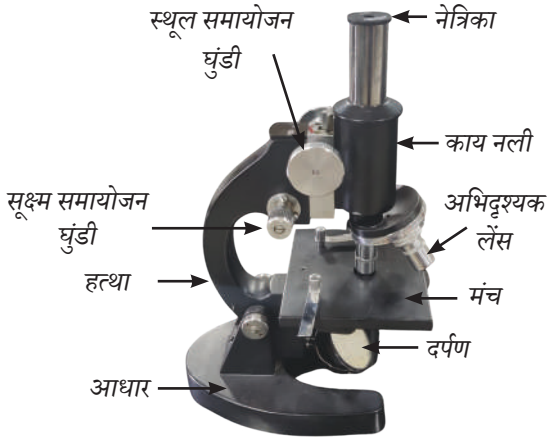
रॉबर्ट हुक पहले ऐसे व्यक्ति थे जिन्होंने वर्ष 1665 में एक स्व-निर्मित सूक्ष्मदर्शी (लगभग 200–300 गुना आवर्धन क्षमता वाला) का उपयोग करके कोशिका का अवलोकन किया। कॉर्क के एक पतले टुकड़े की जाँच करते समय इन्होंने बक्से जैसे छोटे कोष्ठ देखें और उन्हें 'सेल' (कोशिका) नाम दिया। विद्यालय की प्रयोगशालाओं में प्रकाश सूक्ष्मदर्शी का उपयोग वस्तुओं के अवलोकन के लिए किया

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 2



चित्र 2.1 — वस्तुओं का आमाप और नग्न नेत्रों एवं सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखने पर उनकी दृश्यता

© NCERT not to be republished



चित्र 2.2 — प्रकाश सूक्ष्मदर्शी की संरचना

जाता है। सूक्ष्मदर्शी के विभिन्न अभिदृश्यक लेंसों (जैसे— 10X, 40X) से दृश्य प्रकाश में बेहतर आवर्धन और विभेदन प्राप्त करने में सहायता मिलती है। अपने विद्यालय की प्रयोगशाला में सूक्ष्मदर्शी (चित्र 2.2) के विभिन्न भागों का अवलोकन कीजिए और विभिन्न वस्तुओं की सूक्ष्म संरचनाओं का अवलोकन करने के लिए इसका उपयोग कीजिए। सूक्ष्मदर्शी से देखने के पश्चात आपको वस्तु का आवर्धित प्रतिबिंब दिखेगा। क्या अब आप उसके वास्तविक आकार का अनुमान लगा सकते हैं?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 9

क्रियाकलाप 2.1— आइए, कोशिका के आकार का अनुमान लगाएँ

1. मिलीमीटर (mm) संकेत चिह्नों वाली एक पारदर्शी मापनी लीजिए।
2. मापनी को सूक्ष्मदर्शी के मंच पर रखिए, समायोजन घुंडी से उस पर फोकस कीजिए और नेत्रिका के माध्यम से गोलाकार दृश्य क्षेत्र के व्यास का **अवलोकन** करके इसे मिलीमीटर में मापिए।
3. व्यास को मिलीमीटर से माइक्रोमीटर (µm) में परिवर्तित कीजिए। मान लीजिए दृश्य क्षेत्र का व्यास 5 mm है— इसका अर्थ है $5 \times 1000 = 5000$ µm
4. मापनी हटाइए और सूक्ष्मदर्शी के मंच पर प्याज की झिल्ली की स्लाइड रखिए।
5. स्लाइड पर फोकस कीजिए और एक सीधी रेखा में दृश्य क्षेत्र के व्यास के अनुदिश उपस्थित कोशिकाओं की संख्या गिनिए।
6. निम्नलिखित सूत्र का उपयोग करके कोशिका के वास्तविक आमाप का **अनुमान** लगाइए—

इकाई रूपांतरण—
1 मिलीमीटर (mm) = 1000 माइक्रोमीटर (µm)

$$\text{प्याज की झिल्ली की कोशिका का अनुमानित आमाप} = \frac{\text{माइक्रोमीटर में दृश्य क्षेत्र का व्यास}}{\text{व्यास के अनुदिश कोशिकाओं की संख्या}}$$

मान लीजिए व्यास के अनुदिश 25 कोशिकाएँ दिखाई देती हैं। ऐसी स्थिति में एक प्याज की कोशिका का आमाप 5000 µm/25 = 200 µm होगा।

यदि प्याज की झिल्ली की एक कोशिका का अनुमानित आमाप 200 µm है तो प्रकाश सूक्ष्मदर्शी इस कोशिका को कितना आवर्धित करेगा? सूक्ष्मदर्शी का कुल आवर्धन उसकी नेत्रिका और अभिदृश्यक लेंस की आवर्धन क्षमता पर निर्भर करता है। यदि नेत्रिका और अभिदृश्यक लेंस में प्रत्येक की आवर्धन क्षमता 10X है तो कुल आवर्धन 100X होगा। इसका अर्थ है कि 200 µm के अनुमानित आकार वाली कोशिका 100 गुना बड़ी दिखेगी।

आइए, और आगे बढ़ें

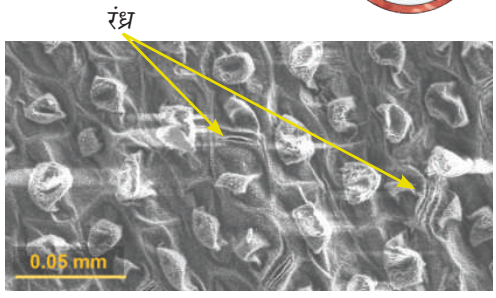
चित्र 2.3 — एक इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी

प्रकाश सूक्ष्मदर्शी के अतिरिक्त वैज्ञानिक उच्च क्षमता वाले इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी का भी उपयोग करते हैं जो कोशिका संरचना का सूक्ष्म विवरण दर्शाते हैं। इन उपकरणों में अत्यधिक आवर्धित प्रतिबिंब बनाने के लिए प्रकाश की अपेक्षा इलेक्ट्रॉन पुंज का उपयोग किया जाता हैं। इससे हम नैनोमीटर स्तर पर कोशिका संरचना को उल्लेखनीय स्पष्टता के साथ देख सकते हैं (एक नैनोमीटर एक मीटर का एक अरबवाँ भाग होता है)।

© NCERT not to be republished

इस प्रकार सूक्ष्मदर्शी द्वारा छोटी से छोटी संरचनाओं को स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है जो कोशिका संरचना के अध्ययन को और स्पष्ट बनाता है। वर्षों से वैज्ञानिकों ने सूक्ष्मदर्शी की तीन मुख्य विशेषताओं— विभेदन (स्पष्टता का माप), विपर्यास (किसी वस्तु के विभिन्न भागों की द्युति में अंतर) और आवर्धन में सुधार करके सूक्ष्मदर्शी को बेहतर बनाया है। इन सुधारों ने सूक्ष्मदर्शी को कोशिकाओं के अध्ययन के लिए एक सशक्त उपकरण में परिवर्तित किया है।

क्रमवीक्षण इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (scanning electron microscope) द्वारा अवलोकन की गई *कोलोकेशिया* की पत्ती की निचली सतह का चित्र आप देख सकते हैं (चित्र 2.4)।



चित्र 2.4 — रंध्र को दर्शाते हुए कोलोकेशिया की पत्ती की निचली सतह का इलेक्ट्रॉन माइक्रोग्राफ

2.2 कोशिका की संरचना

अब आप समझ चुके हैं कि कोशिकाएँ विशेष ऊतकों और अंगों में संगठित होती हैं और सामूहिक रूप से विशिष्ट कार्य करती हैं। इन कोशिकाओं को इकाइयों के रूप में कार्य करने के लिए एक-दूसरे के साथ और अपने परिवेश के साथ अन्योन्यक्रिया करने में सक्षम होना चाहिए। ये अन्योन्यक्रियाएँ कोशिका की सीमा पर होती हैं जहाँ पदार्थ कोशिकाओं और उनके बाहरी परिवेश के बीच आवागमन करते हैं। एककोशिकीय जीव भी कोशिका झिल्ली के माध्यम से पदार्थों का आदान-प्रदान करते हैं और अपने परिवेश के प्रति प्रतिक्रिया करते हैं।

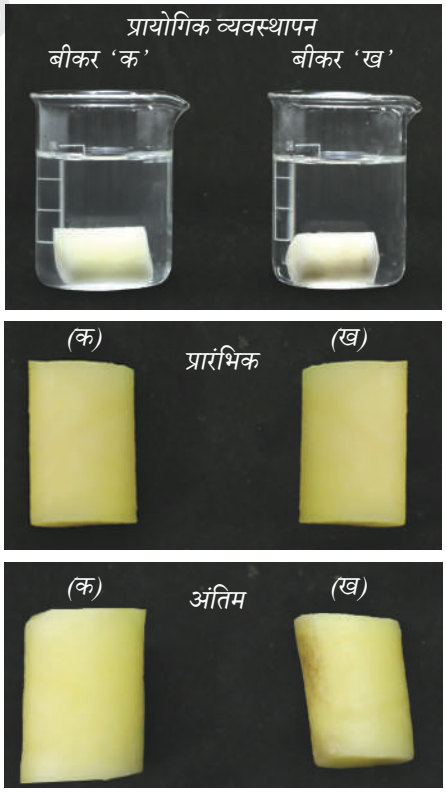
2.2.1 कोशिका झिल्ली — कोशिका की सार्वत्रिक विशेषता

कोशिका झिल्ली एक पतला आवरण है जो कोशिका को प्रत्येक ओर से घेर कर रखती है। और उसकी अंतर्वस्तुओं की रक्षा करती है। यह कोशिका की विशिष्टता को निर्धारित करती है जिसे **प्लाज्मा झिल्ली (plasma membrane)** भी कहा जाता है। कोशिका झिल्ली वरणात्मक रूप से पारगम्य होती है अर्थात यह कुछ पदार्थों को अपने से होकर पार जाने देती है जबकि कुछ पदार्थों को रोक लेती है। आपने पढ़ा है कि ऑक्सीजन और कार्बन डाइऑक्साइड फेफड़ों की कूपिकाओं की कोशिका झिल्ली से किस प्रकार पार हो जाती हैं। कूपिकाओं की कोशिकाओं में कोशिका झिल्ली की संरचना उससे पार होकर जाने वाले पदार्थों की गति को किस प्रकार नियंत्रित करती है?

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 9

क्रियाकलाप 2.2— आइए, प्रयोग करें

1. चाकू की सहायता से एक आलू को सावधानीपूर्वक लगभग समान आकार के दो टुकड़ों में काटिए (चित्र 2.5)।
2. तुला का उपयोग करके दोनों टुकड़ों का प्रारंभिक भार मापिए और अभिलेखित कीजिए।
3. बीकर 'क' में साधारण जल लीजिए और उसमें आलू का एक टुकड़ा रखिए।
4. बीकर 'ख' में 20 प्रतिशत नमक अथवा चीनी के घोल में आलू का दूसरा टुकड़ा रखिए।
5. इन्हें लगभग एक घंटे के लिए (अथवा टुकड़ों के आकार में दृश्यमान परिवर्तन होने तक) बिना हिलाए एक ही स्थान पर रखिए।
6. प्रत्येक टुकड़े का अंतिम भार मापिए और अभिलेखित कीजिए।
7. इनके प्रारंभिक और अंतिम भार के बीच के अंतर का परिकलन कीजिए।



चित्र 2.5— प्रायोगिक व्यवस्थापन और आलू के टुकड़ों की प्रारंभिक एवं अंतिम अवस्थाएँ (क) साधारण जल तथा (ख) 20 प्रतिशत नमक के घोल में

© NCERT not to be republished

क्या होगा यदि...

मूँग के बीजों को 12 घंटे तक जल में भिगोने के पश्चात एक सांद्र विलयन में रखा जाए, बताइए इनमें क्या परिवर्तन होगा?

आपने क्या अवलोकन किया? आप देख सकते हैं कि—

बीकर 'क' — आलू के टुकड़े के आमाप में वृद्धि हो जाती है।

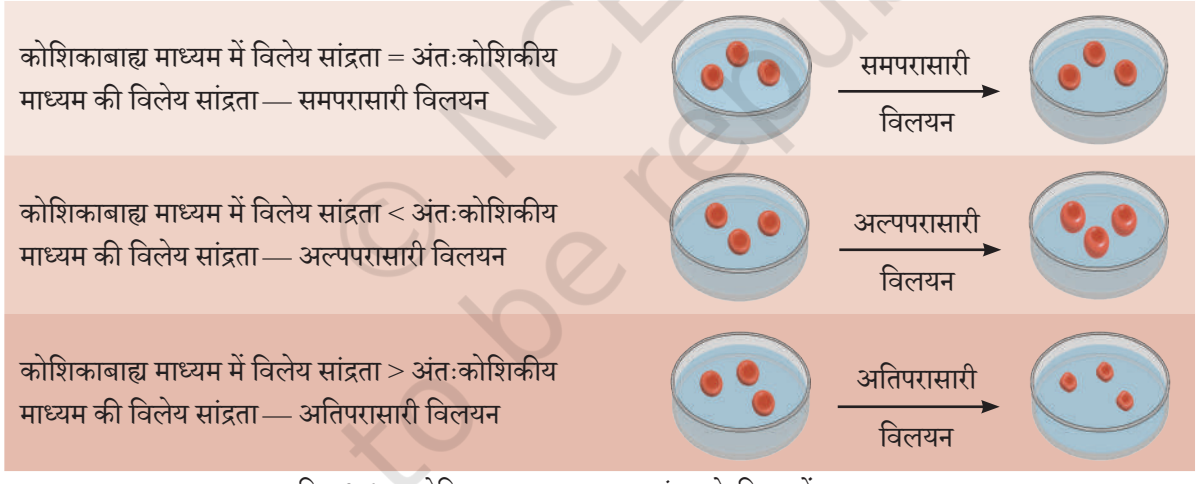
बीकर 'ख' — आलू का टुकड़ा संकुचित हो जाता है।

इससे आप क्या **निष्कर्ष** निकालते हैं? उनके भार में परिवर्तन के संदर्भ में आप क्या अनुमान लगाते हैं? बीकर 'क' में आलू के टुकड़े के भार में वृद्धि हो जाती है जबकि बीकर 'ख' में आलू के टुकड़े का भार कम हो जाता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि कोशिका झिल्ली, जल को कोशिका के भीतर और बाहर आने-जाने देती है, किंतु चीनी या नमक के अणुओं को रोक देती है। जल तनु विलयन क्षेत्र (जहाँ जल के अणुओं की सांद्रता अधिक और विलेय के अणुओं की सांद्रता कम होती है) से सांद्र विलयन क्षेत्र (जहाँ जल के अणुओं की सांद्रता कम और विलेय के अणुओं की सांद्रता अधिक होती है) की ओर गति करता है जब तक दोनों क्षेत्रों की सांद्रता एक समान नहीं हो जाती है। एक वरणात्मक पारगम्य झिल्ली के माध्यम से जल की इस गति को **परासरण (osmosis)** कहते हैं। आपने कक्षा 8 के अध्याय 7 में क्रियाकलाप 7.8 (जल में रंजक का फैलना) और 7.9 (वायु में सुगंध का फैलना) में पढ़ा है कि पदार्थ के कण सांद्रता में अंतर के कारण परस्पर मिश्रित होते हैं जिसे सांद्रता प्रवणता भी कहते हैं। **विसरण (diffusion)** उच्च से निम्न सांद्रता की ओर कणों की शुद्ध गति है (जो झिल्ली के बिना भी होती है)। परासरण एक वरणात्मक रूप से पारगम्य झिल्ली के पार जल का विसरण है। जल इसी परासरण की प्रक्रिया द्वारा मिट्टी से पौधों की जड़ों की कोशिकाओं में प्रवेश करता है।

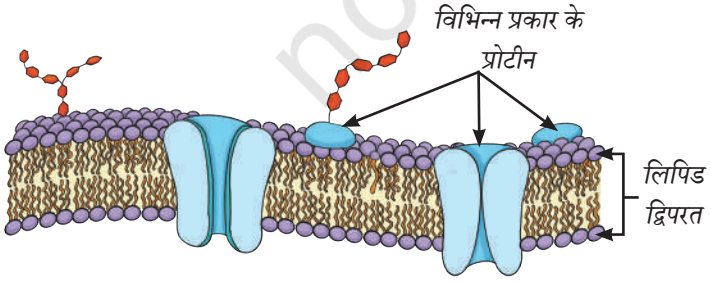
कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 7

क्या होगा यदि...

एक कोशिका को अलग-अलग सांद्रताओं के नमक या चीनी के विलयन में रखा जाए?



चित्र 2.6 — कोशिका पर अलग-अलग सांद्रता के विलयनों का प्रभाव



चित्र 2.7 — कोशिका झिल्ली की संरचना

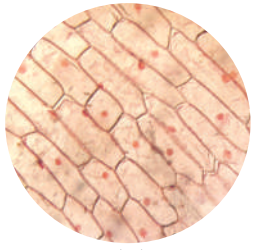
संरचनात्मक रूप से कोशिका झिल्ली अत्यंत पतली होती है, लगभग 7 से 10 नैनोमीटर (nm) मोटी (1 नैनोमीटर = 0.000001 mm)। यह लिपिड (वसा) और प्रोटीन से बनी होती है। **तरल-मोजेक मॉडल (fluid-mosaic model)** इसकी संरचना को स्पष्ट करता है (चित्र 2.7)—

- झिल्ली में लिपिड की एक द्विपरत होती है (विशेष वसा अणुओं की दो परतें जिनमें जल-आकर्षी शीर्ष बाहर की ओर तथा जल-प्रतिकर्षी पूँछें भीतर की ओर होती हैं) जिनमें प्रोटीन अंतःस्थापित होते हैं।

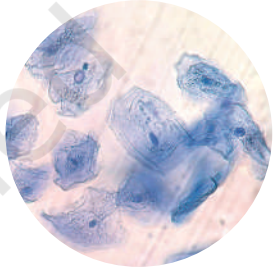
© NCERT not to be republished

- चूँकि झिल्ली के अंदर अणु पार्श्व गति कर सकते हैं, पलट सकते हैं और घूम सकते हैं, इसलिए यह **तरल (fluid)** है।
- झिल्ली में प्रोटीन गेटकीपर की भाँति कार्य करते हैं और पदार्थों को भीतर आने और बाहर जाने में सहायता करते हैं।
- चूँकि अणु इस तरह व्यवस्थित होते हैं, जैसे— मोजेक में टाइलें इसलिए इसे **मोजेक (mosaic)** मॉडल कहते हैं।

सभी जीवित कोशिकाएँ अपने परिवेश और अपने आस-पास की कोशिकाओं के साथ कोशिका झिल्ली के माध्यम से संप्रेषण करती हैं। यद्यपि पादपों, कवकों और जीवाणुओं की कोशिकाओं में कोशिका झिल्ली के चारों ओर एक अतिरिक्त परत होती है जिसे कोशिका भित्ति कहा जाता है। आपके विचार से इन कोशिकाओं में कोशिका भित्ति की क्या आवश्यकता है?



(क)



(ख)

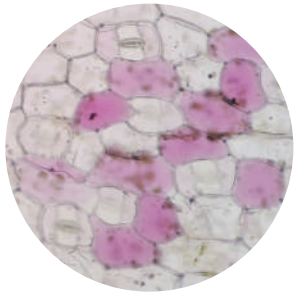
चित्र 2.8— (क) प्याज की झिल्ली की कोशिकाएँ और (ख) मानव कपोल कोशिकाएँ

क्रियाकलाप 2.3— आइए, जाँच करें

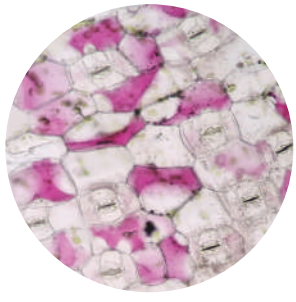
1. प्याज की पत्ती अथवा *रोइओ* (क्रेडल लिली) की पत्ती की विशल्क (एक पतली झिल्ली) की अस्थायी स्लाइड तैयार कीजिए और पादप कोशिकाओं का सूक्ष्मदर्शी द्वारा अवलोकन करने के लिए विशल्क को सैफ्रेनीन से अभिरंजित करके उस पर कवरस्लिप आरोपित कीजिए।
2. इसी प्रकार कपोल (गाल) की भीतरी सतह को रुई के फाहे या टूथपिक के कुंद सिरे से हलके से खुरचकर कपोल कोशिकाओं की एक अस्थायी स्लाइड तैयार कीजिए।
3. कपोल कोशिकाओं को एक काँच की स्वच्छ स्लाइड पर फैलाइए।
4. स्लाइड पर एक बूँद जल के पश्चात मेथिलीन ब्लू अभिरंजक की कुछ बूँदें डालिए और सावधानीपूर्वक कवरस्लिप रखिए।
5. दोनों स्लाइडों का सूक्ष्मदर्शी द्वारा अवलोकन कीजिए।

आपने क्या अवलोकन किया? प्याज की झिल्ली की कोशिकाएँ (चित्र 2.8 क) अथवा *रोइओ* की पत्ती की विशल्क कोशिकाएँ बॉक्स जैसे आकार की हैं और नियमित रूप से व्यवस्थित हैं, जबकि कपोल कोशिकाएँ अनियमित रूप से व्यवस्थित हैं (चित्र 2.8 ख)। आपके विचार से यह भिन्नता क्यों दिखाई देती है?

रोइओ की पत्ती की विशल्क और मानव कपोल कोशिकाओं की दो स्लाइड पुनः तैयार कीजिए और उन पर 20 प्रतिशत चीनी का घोल डालिए। आधे घंटे पश्चात इन्हें सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखिए। आप क्या देखते हैं? आपने देखा होगा कि पादप कोशिकाओं का आवरण वैसा ही रहता है किंतु उनकी अंतर्वस्तुएँ संकुचित हो जाती हैं और आंतरिक और बाह्य आवरणों के बीच का स्थान बढ़ जाता है (चित्र 2.9 क और ख)। दूसरी ओर, आप देख सकते हैं कि कपोल कोशिकाएँ अत्यधिक संकुचित हो गई हैं।



(क)



(ख)

चित्र 2.9— क्रेडल लिली की पत्ती की विशल्क कोशिकाएँ (क) जल में और (ख) 20 प्रतिशत चीनी के घोल में

2.2.2 कोशिका भित्ति— कोशिकाओं का बाहरी आवरण

सामान्यतः पादप एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहीं जा सकते इसलिए इन्हें प्रतिकूल पर्यावरणीय परिस्थितियों (जैसे— वायु और वर्षा) को सहन करने के लिए एक दृढ़ संरचना की आवश्यकता होती है। अतः पादप कोशिकाओं में कोशिका झिल्ली के बाहर एक अतिरिक्त आवरण होता है जिसे **कोशिका भित्ति (cell wall)** कहते हैं। कोशिका भित्ति पत्तियों और फूलों की दृढ़ता बनाए रखने, उनके आकार को बनाए रखने और पौधों को सीधा खड़े रहने में भी सहायता करती है। दृढ़ होते हुए भी कोशिका भित्ति पारगम्य होती है, जिसका अर्थ है कि जल और कुछ घुले हुए खनिज उसमें से आर-पार जा सकते हैं। कोशिका झिल्ली की वरणात्मक पारगम्यता के साथ-साथ कोशिका भित्ति की पारगम्यता पादप जड़ों को मृदा से जल और पोषक तत्व अवशोषित करने में सहायता करती हैं।

जब हम चीनी के सांद्र विलयन में *रोइओ* की पत्ती या प्याज की झिल्ली को रखते हैं तो परासरण के कारण पादप कोशिकाओं से जल की हानि होती है। तथापि कोशिकाएँ आकार में नहीं सिकुड़ती हैं क्योंकि उनकी दृढ़ कोशिका भित्ति उनका आकार बनाए रखती है। जब कोशिका झिल्ली कोशिका भित्ति से दूर

© NCERT not to be republished

खिंचती है तब कोशिका की अंतर्वस्तुएँ संकुचित हो जाती हैं। इससे यह ज्ञात होता है कि कोशिका भित्ति पादप कोशिकाओं के मूल आकार को बनाए रखने में सहायक होती है।

जंतु कोशिकाओं, जैसे— कपोल कोशिकाओं, में कोशिका भित्ति नहीं होती है। अतः चीनी के सांद्र विलयन में रखने पर वे जल की हानि के कारण संकुचित हो जाती हैं। सुदृढ़ कोशिका भित्ति के अभाव में जंतु कोशिकाएँ सरलता से आकार में परिवर्तन कर सकती हैं। यह कोशिकीय लचीलापन जंतु ऊतकों की गति और कार्यप्रणाली में सहायक होता है।

पादप कोशिका भित्ति प्राथमिक रूप से सेल्युलोस से बनी होती है जो एक प्रकार का कार्बोहाइड्रेट होता है। यह अनेक ग्लूकोस इकाइयों के जुड़ने से बनता है। हमारे आहार में सेल्युलोस रुक्षांश (roughage) के रूप में कार्य करता है जो पाचन में सहायता करता है। कवकों और जीवाणुओं जैसे कुछ सूक्ष्मजीवों में भी अपनी कोशिकाओं को सुरक्षा और संरचनात्मक सहायता प्रदान करने के लिए कोशिका भित्ति होती है।

सोचिए और बताइए

1. एक स्थान से दूसरे स्थान पर गति करने वाले जंतुओं की अपेक्षा एक स्थान पर स्थिर रहने वाले पादपों में कोशिका भित्ति की आवश्यकता के संबंध में आप क्या तर्क देंगे?
2. यदि किसी पादप कोशिका की कोशिका भित्ति, कोशिका झिल्ली के समान लचीली हो जाए तो आप किन परिणामों का पूर्वानुमान लगाएँगे?
3. दो आलू के टुकड़ों को लगभग समान आकार में काट कर उन्हें विभिन्न तरल पदार्थों में रखने से पूर्व उनके आरंभिक भार का मापन क्यों महत्त्वपूर्ण है?

2.3 कोशिका का आंतरिक भाग— एक समन्वित कार्य प्रणाली

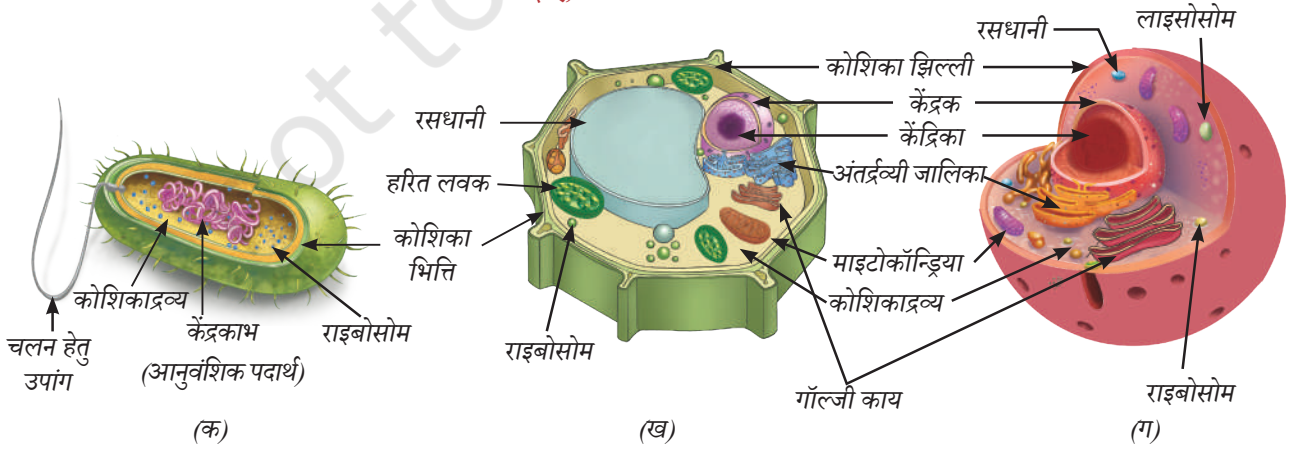
आपने पढ़ा है कि अधिकांश कोशिकाओं के तीन मूलभूत भाग होते हैं—

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 9

- एक वरणात्मक रूप से पारगम्य झिल्ली जिसे प्लाज्मा झिल्ली कहते हैं,
- एक अर्धतरल जेली जैसा पदार्थ जिसे कोशिकाद्रव्य कहते हैं, और
- एक सुस्पष्ट केंद्रक।

केंद्रक के अतिरिक्त कोशिकाद्रव्य में अनेक उप-कोशिकीय घटक होते हैं जिन्हें **कोशिकांग (organelles)** कहते हैं और इसमें अन्य पदार्थ भी होते हैं जिनमें से अधिकांश केवल इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी के द्वारा ही स्पष्ट रूप से देखे जा सकते हैं।

क्रियाकलाप 2.4— आइए, अध्ययन करें



चित्र 2.10— (क) एक प्ररूपी जीवाणु कोशिका, (ख) एक प्ररूपी पादप कोशिका और (ग) एक प्ररूपी जंतु कोशिका

© NCERT not to be republished

1. दिए गए जीवाणु कोशिका, पादप कोशिका और जंतु कोशिका के चित्रों का अध्ययन कीजिए (चित्र 2.10 क, ख और ग)।
2. प्रत्येक कोशिका में उपस्थित विभिन्न संरचनाओं का अवलोकन कीजिए।
3. तालिका 2.1 में अपने अवलोकन अभिलेखित कीजिए।

एक जीवाणु कोशिका में सुस्पष्ट केंद्रक और झिल्ली-आबद्ध कोशिकांग (कोशिकांग अपनी झिल्ली से घिरे होते हैं) नहीं होते हैं। ऐसी कोशिकाओं को **प्रोकैरयोटिक (पूर्वकेंद्रकी) कोशिकाएँ (prokaryotic cells)** कहते हैं (*pro* का अर्थ है पूर्व और *karyon* का अर्थ है केंद्रक)। पूर्वकेंद्रकी कोशिकाओं में अधिकांश कोशिकीय गतिविधियाँ प्रत्यक्षतः कोशिकाद्रव्य में होती हैं। इसके विपरीत पादप और जंतु कोशिकाओं में एक सुस्पष्ट केंद्रक और अनेक झिल्ली-आबद्ध कोशिकांग होते हैं। ऐसी कोशिकाओं को **यूकैरयोटिक (सुकेंद्रकी) कोशिकाएँ (eukaryotic cells)** कहते हैं (*eu* का अर्थ है वास्तविक और *karyon* का अर्थ है केंद्रक)। पूर्वकेंद्रकी और सुकेंद्रकी कोशिकाओं की विशेषताओं का अधिक विवरण तालिका 2.2 में दिया गया है।

तालिका 2.1— संरचना के आधार पर विभिन्न प्रकार की कोशिकाओं की तुलना

क्र.सं.	कोशिका संरचनाएँ	जीवाणु कोशिका	पादप कोशिका	जंतु कोशिका
1.	कोशिका झिल्ली			
2.	कोशिका भित्ति			
3.	कोशिकाद्रव्य			
4.	सुस्पष्ट केंद्रक (झिल्ली से घिरा आनुवंशिक पदार्थ)			
5.	आद्य केंद्रक (केंद्रकाभ) (झिल्ली रहित आनुवंशिक पदार्थ)			
6.	झिल्ली-आबद्ध कोशिकांग			

तालिका 2.2— पूर्वकेंद्रकी और सुकेंद्रकी कोशिकाओं के मध्य तुलना

विशेषताएँ	पूर्वकेंद्रकी कोशिका	सुकेंद्रकी कोशिका
आद्य केंद्रक	उपस्थित	अनुपस्थित
एक सामान्य कोशिका का व्यास	1 से 10 µm	10 से 100 µm
एक जीव में कोशिकाओं की संख्या	सामान्यतः एककोशिकीय	एककोशिकीय या बहुकोशिकीय हो सकते हैं।
झिल्ली-आबद्ध कोशिकांग	अनुपस्थित	उपस्थित
झिल्ली-आबद्ध केंद्रक	अनुपस्थित	उपस्थित

चित्र 2.10 में दी गई कोशिकाओं में से कौन-सी कोशिकाएँ पूर्वकेंद्रकी और सुकेंद्रकी कोशिकाओं की श्रेणियों में आती हैं?

आइए, और चिंतन करें

विषाणु (viruses), विषाणुभ (viroids) और प्रोसंक (prions) अकोशिकीय (कोशिका रहित) संक्रामक कारक हैं जो इतने छोटे होते है कि उन्हें प्रकाश सूक्ष्मदर्शी से नहीं देखा जा सकता है। विषाणु कुछ आनुवंशिक सामग्री और एक प्रोटीन आवरण से बने होते हैं। विषाणुभ में उनकी आनुवंशिक सामग्री के चारों ओर प्रोटीन आवरण नहीं होता जबकि प्रोसंक अपवलित (असामान्य रूप से मुड़े हुए) प्रोटीन होते हैं जिनमें आनुवंशिक सामग्री नहीं होती।

आइए, और आगे बढ़ें

सुकेंद्रकी कोशिकाओं में अत्यंत पतले तंतुओं का जाल एक कोशिका पंजर (cytoskeleton) बनाता है। यह कोशिका पंजर कोशिका को संरचनात्मक स्थिरता प्रदान करता है एवं कोशिका के आकार को बनाए रखता है तथा कोशिका की गति और आंतरिक परिवहन में सहायता प्रदान करता है। यह केवल इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी के द्वारा एक अलग इकाई के रूप में दिखाई देता है। कोशिकाद्रव्य में मंड (पादप कोशिकाओं में) अथवा कैल्सियम ऑक्जलेट या सिलिका के क्रिस्टल (कुछ पादप कोशिकाओं में) भी संग्रहीत हो सकते हैं। इन्हें कोशिका अंतरंगक (cell inclusions) कहा जाता है।

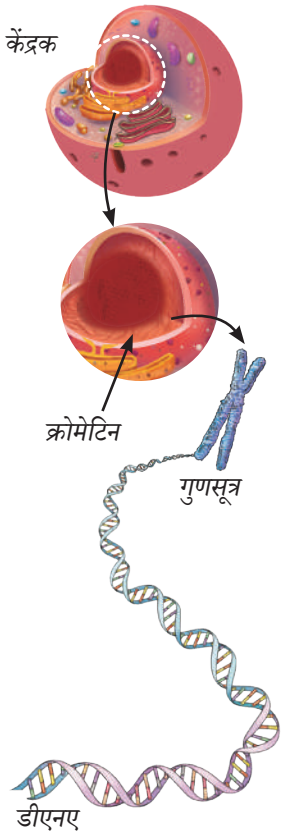
© NCERT not to be republished

2.3.1 सुकेंद्रकी कोशिकाओं को इन कोशिकांगों की आवश्यकता क्यों होती है?

सुकेंद्रकी कोशिकाएँ, विभिन्न कोशिकांगों में एक साथ स्वतंत्र रूप से विभिन्न जैव प्रक्रियाएँ संपन्न करती हैं।

कोशिकांग कोशिका में नए पदार्थ बनाने, अपशिष्ट हटाने और कोशिका को ऊर्जा प्रदान करने में सहायता करते हैं। ये मिलकर एक कोशिका के सभी कार्य करते हैं। दूसरे शब्दों में कोशिका एक सूक्ष्म सजीव कार्यशाला की भाँति होती है जिसका प्रत्येक भाग एक विशिष्ट कार्य करता है।

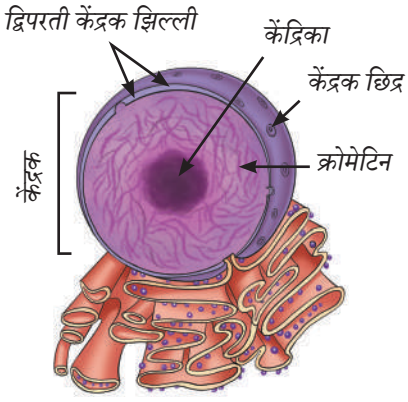
आइए, हम एक कोशिका के भीतर उपस्थित इन विशेष संरचनाओं का अन्वेषण करें।



चित्र 2.12— कोशिका से डीएनए तक

केंद्रक— कूटबद्ध अनुदेशों का केंद्र

केंद्रक (nucleus) का एक द्विपरती आवरण होता है जिसे केंद्रक झिल्ली कहा जाता हैं। इसमें छिद्र होते हैं जो केंद्रक और कोशिकाद्रव्य के बीच पदार्थों के आवागमन को संभव बनाते हैं। केंद्रिका, केंद्रक में स्थित एक सघन गोल पिंड होता है जिसमें राइबोसोम की उपइकाइयों का संश्लेषण होता है। इसके पश्चात ये उपइकाइयाँ केंद्रक से कोशिकाद्रव्य में प्रवेश करती हैं जहाँ एक बड़ी और एक छोटी उपइकाई मिलकर राइबोसोम का निर्माण करती हैं (चित्र 2.11)।



चित्र 2.11— केंद्रक की संरचना

केंद्रक में गुणसूत्र (chromosome) होते हैं जो केवल कोशिका विभाजन के समय छड़ाकार संरचनाओं के रूप में दिखाई देते हैं। गुणसूत्रों में माता-पिता से अगली पीढ़ी में लक्षणों की वंशागति के लिए डीएनए (Deoxyribonucleic acid) के रूप में सूचना सन्निहित होती है। गुणसूत्र डीएनए और विशेष प्रोटीन से बने होते हैं। डीएनए अणुओं में आनुवंशिक जानकारी होती है। डीएनए के कार्यात्मक खंडों को जीन कहते हैं। विभाजन न करने वाली कोशिका में यह डीएनए क्रोमेटिन पदार्थ के भाग के रूप में उपस्थित रहता है। क्रोमेटिन पदार्थ धागे जैसी संरचनाओं के उलझे हुए जाल के रूप में दिखाई देता है। जब भी कोशिका विभाजित होने वाली होती है तो क्रोमेटिन पदार्थ गुणसूत्रों में संगठित हो जाता है (चित्र 2.12)।

जिज्ञासा-सूत्र

कुछ कोशिकाएँ विशिष्ट कार्य करने के लिए विशेषीकृत होती हैं। उदाहरण के लिए— मनुष्यों में परिपक्व लाल रक्त कोशिकाओं में केंद्रक नहीं होता (केंद्रक-रहित)। केंद्रक की अनुपस्थिति हीमोग्लोबिन के लिए अधिक स्थान प्रदान करती है, जिससे यह शरीर की सभी कोशिकाओं तक अधिक मात्रा में ऑक्सीजन का परिवहन कर सकता है। चूँकि इन कोशिकाओं में केंद्रक नहीं होता है इसलिए ये स्वयं की मरम्मत या विभाजन नहीं कर सकती हैं। परिणामस्वरूप उनका जीवनकाल कम होता है और ये लगभग 120 दिन तक जीवित रहती हैं। क्या आप बिना केंद्रक की किसी अन्य कोशिका के विषय में जानते हैं?

पूर्वकेंद्रकी कोशिकाओं में एक सुस्पष्ट केंद्रक नहीं होता। उनका डीएनए विशेष प्रोटीन से संबद्ध एकल गोल अणु के रूप में विद्यमान होता है। इस आनुवंशिक पदार्थ वाले क्षेत्र को **केंद्रकाभ (nucleoid)** कहते हैं।

राइबोसोम— प्रोटीन की फैक्टरी

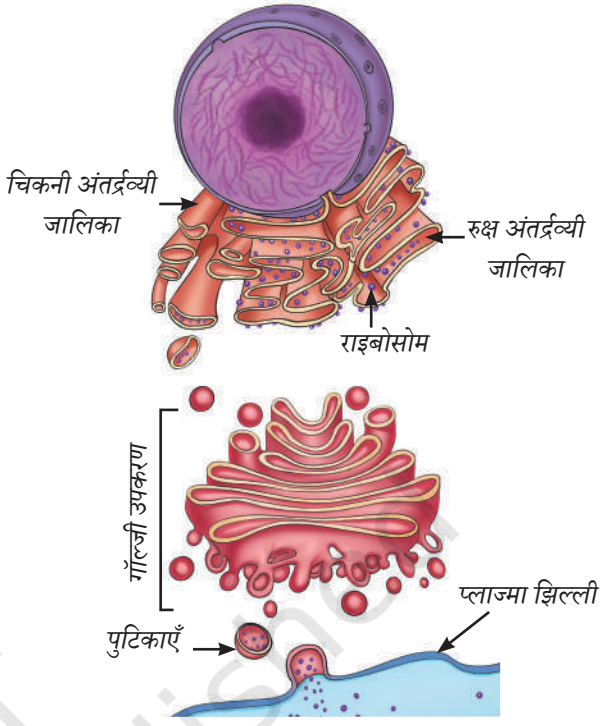
ये सूक्ष्म संरचनाएँ हैं जो कोशिकाद्रव्य में मुक्त रूप से उपस्थित अथवा अंतर्द्रव्यी जालिका से जुड़ी हुई हो सकती हैं। राइबोसोम में प्रोटीन संश्लेषण होता है।

© NCERT not to be republished

अंतर्द्रव्यी जालिका— निर्माणशाला

अंतर्द्रव्यी जालिका (Endoplasmic Reticulum) एक बड़ा कोशिकांग है जो कोशिका के कोशिकाद्रव्य के भीतर एक जाल के रूप में फैली होती है। यह केंद्रक आवरण की बाहरी झिल्ली के साथ जुड़ी हुई होती है। अंतर्द्रव्यी जालिका कुछ विशेषीकृत कोशिकाओं में प्रोटीन, वसा (लिपिड) और कुछ हार्मोन के संश्लेषण और परिवहन में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है। कोशिका में अंतर्द्रव्यी जालिका की संरचना उसके कार्य के अनुसार भिन्न होती है। अंतर्द्रव्यी जालिका दो प्रकार की होती है—

- **रुक्ष (खुरदुरी) अंतर्द्रव्यी जालिका (Rough Endoplasmic Reticulum, RER)**— यह इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से देखने पर खुरदुरी दिखाई देती है क्योंकि इसकी सतह पर राइबोसोम जुड़े होते हैं। यह मुख्यतः प्रोटीन संश्लेषण और प्रोटीन के स्रवण में सम्मिलित होती है (उदाहरण के लिए— अग्न्याशयी कोशिकाओं में ग्रंथि कोशिकाएँ)।
- **चिकनी अंतर्द्रव्यी जालिका (Smooth Endoplasmic Reticulum, SER)**— इसकी सतह पर राइबोसोम नहीं होते हैं इसलिए यह चिकनी दिखाई देती है। यह वसा और हार्मोन के संश्लेषण और भंडारण का कार्य करती है (चित्र 2.13)।



चित्र 2.13— अंतर्द्रव्यी जालिका और गॉल्जी उपकरण— प्रोटीन प्रसंस्करण और स्रवण का पथ

गॉल्जी उपकरण— पैकेजिंग और शिपिंग केंद्र

यदि आप ध्यान से किसी कोशिका का चित्र देखेंगे (चित्र 2.10 ख और ग) तो उसमें आपको चपटी, थैली जैसी संरचनाओं की ढेरियाँ दिखाई देंगी। ये ढेरियाँ मिलकर गॉल्जी उपकरण (golgi apparatus) बनाती हैं (चित्र 2.13)। यह कार्यात्मक रूप से अंतर्द्रव्यी जालिका, कोशिका झिल्ली और अन्य कोशिकांगों से जुड़ी होती हैं। गॉल्जी उपकरण कोशिका के 'डाकघर' की भाँति कार्य करता है। यह प्रोटीन और/अथवा लिपिड को रूपांतरित वर्गीकृत और पुटिकाओं में पैक करके परिवहन, स्रवण अथवा लाइसोसोम निर्माण करता है।

लाइसोसोम— निर्मलन प्रणाली

कोशिकाएँ अपनी कोशिकीय गतिविधियों के दौरान अपशिष्ट पदार्थ और क्षतिग्रस्त जीर्ण-कोशिकांग निर्मित करती हैं। कोशिका इन अपशिष्टों को अपने भीतर संचित होने से किस प्रकार रोकती है?

लाइसोसोम (लयनकाय) एंजाइम से भरे एकल झिल्ली-आबद्ध थैले होते हैं जो अवांछित प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा और कोशिका के क्षतिग्रस्त अंगों को भी विघटित कर सकते हैं जिससे कोशिका स्वच्छ और स्वस्थ रहती है। विघटन से बने उत्पाद कोशिकाद्रव्य में निर्मुक्त होते हैं जहाँ उनका अन्य कोशिकीय प्रक्रियाओं में पुनः उपयोग हो सकता है।

वैज्ञानिक-परिचय

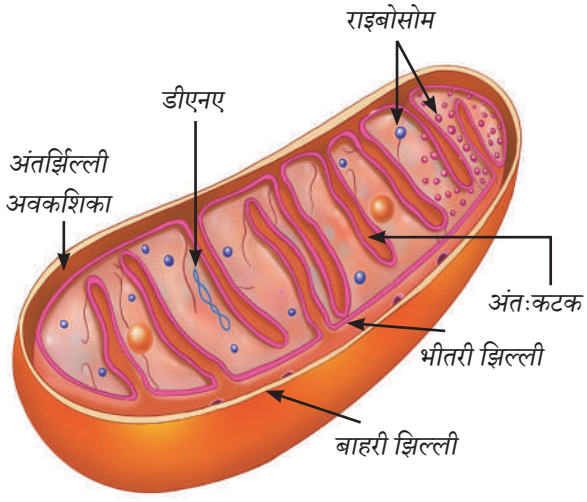
गॉल्जी उपकरण को पहली बार वर्ष 1898 में एक इतालवी वैज्ञानिक **कैमिलो गॉल्जी** ने एक श्वेत उल्लू (बार्न उल्लू) की तंत्रिका कोशिकाओं में देखा था। विशेष अभिरंजन तकनीकों का उपयोग करके इन्होंने एक धागे जैसे जाल का अवलोकन किया। आरंभिक सूक्ष्मदर्शी में इनका स्पष्ट विभेदन नहीं हो सका था, अतः कई लोगों ने इसके अस्तित्व पर संदेह भी किया। यद्यपि, कई दशक पश्चात इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से किए गए अवलोकनों ने इसके होने की पुष्टि की।

जब संरचना स्पष्ट रूप से दिखी और पुष्टि हुई तो इसे उनके सम्मान में 'गॉल्जी उपकरण' नाम दिया गया।

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

मानव की शुक्राणु कोशिकाओं में लाइसोसोमीय एंजाइम होते हैं। जब एक शुक्राणु किसी अंडाणु के संपर्क में आता है तो ये एंजाइम अंडाणु की बाहरी परत के विघटन में सहायता करते हैं जिससे निषेचन संपन्न होता है। आप मानव शुक्राणु कोशिकाओं के विषय में आगे अध्याय 11 में पढ़ेंगे।



चित्र 2.14 — माइटोकॉन्ड्रिया की संरचना

माइटोकॉन्ड्रिया— कोशिका का ऊर्जा केंद्र

माइटोकॉन्ड्रिया (सूत्रकणिका) को प्रायः कोशिका का 'ऊर्जा केंद्र' (powerhouse) कहा जाता हैं क्योंकि वे अधिकांश कोशिकीय गतिविधियों के लिए आवश्यक ऊर्जा प्रदान करते हैं। प्रत्येक माइटोकॉन्ड्रिया (चित्र 2.14) दो झिल्लियों से घिरा होता है—

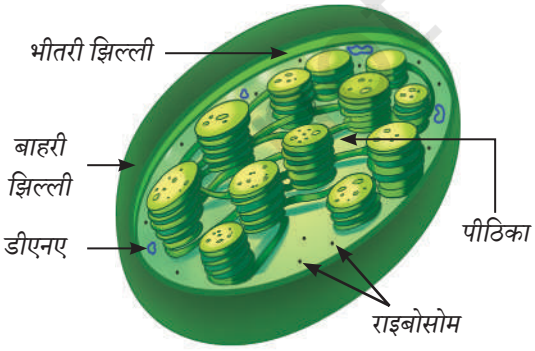
कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 9

- **बाहरी झिल्ली** चिकनी और छिद्रित होती है।
- **भीतरी झिल्ली** अँगुली जैसे उभारों में अंतर्वलित होती है इन्हें **अंत:कटक (cristae)** कहा जाता है। ये रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए सतह का क्षेत्र बढ़ाती हैं और ऊर्जा उत्पादन को सुगम बनाती हैं।

माइटोकॉन्ड्रिया में ग्लूकोस और अन्य अणु विघटित होकर कोशिकीय श्वसन नामक प्रक्रिया के समय ऊर्जा निर्मुक्त करते हैं। आप इस विषय में पहले पढ़ चुके हैं। निर्मुक्त हुई ऊर्जा ऐडेनोसिन ट्राइफॉस्फेट (एटीपी) नामक अणु के रूप में संग्रहीत होती है जो ऊर्जा की मुद्रा के रूप में कार्य करती है। इसका उपयोग अधिकांश कोशिकीय गतिविधियों के लिए होता है।

लवक— पादप कोशिकाओं में भोजन संश्लेषण और अन्य क्रियाकलापों का केंद्र

आपने पूर्व में पढ़ा है कि माइटोकॉन्ड्रिया कोशिका को ऊर्जा प्रदान करता है जो वह भोजन से उत्पन्न करता है। जंतु अपने परिवेश से भोजन प्राप्त कर सकते हैं यद्यपि पादप सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में भोजन संश्लेषित करते हैं। परंतु पादप अपना भोजन कहाँ संश्लेषित करते हैं एवं कोशिकीय गतिविधियों के लिए पादपों को ऊर्जा कहाँ से मिलती है? पौधे भोजन संश्लेषण और भंडारण के लिए **लवक (plastid)** नामक विशेष कोशिकांगों का उपयोग करते हैं।



चित्र 2.15 — हरितलवक की संरचना

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 9

जैसा आपने पढ़ा है कि पादप सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में प्रकाश-संश्लेषण की प्रक्रिया द्वारा अपना भोजन तैयार करते हैं। एक हरा वर्णक, जिसे **पर्णहरित (chlorophyll)** कहते हैं, हरितलवक (एक प्रकार का लवक) में उपस्थित होता है और सूर्य के प्रकाश को अवशोषित करता है। हरितलवक, माइटोकॉन्ड्रिया की भाँति दोहरी झिल्ली-आबद्ध कोशिकांग हैं। हरितलवक के भीतर (चित्र 2.15) एक अर्ध-तरल पदार्थ होता है जिसे **पीठिका** (stroma) कहते हैं। पीठिका के भीतर चक्रिका (disc) के आकार की झिल्लीनुमा संरचनाएँ होती हैं जिनमें पर्णहरित होता है। प्रकाश संश्लेषण के दौरान इनके द्वारा प्रकाश ऊर्जा का अवशोषण किया जाता है। इस प्रक्रिया में संश्लेषित शर्करा स्टार्च के कणों के साथ पीठिका में संग्रहीत होती है।

© NCERT not to be republished

माइटोकॉन्ड्रिया और लवकों में कुछ ऐसी विशेषताएँ होती हैं जो कुछ जीवाणुओं से मिलती-जुलती होती हैं। उदाहरण के लिए— दोनों में अपना डीएनए और राइबोसोम होता है और इस प्रकार वे अपने कुछ प्रोटीन स्वयं बना सकते हैं। ये विशेषताएँ इंगित करती हैं कि माइटोकॉन्ड्रिया और लवक दोनों इन एककोशिकीय जीवों के साथ एक विकासीय इतिहास साझा करते हैं।

क्या पादप कोशिकाओं में ऐसे अन्य लवक भी हैं जिनमें हरित वर्णक के अतिरिक्त कोई अन्य वर्णक होते हैं?

फूल, फल और सब्जियाँ विभिन्न रंग किस प्रकार प्राप्त करते हैं?

फूलों की पंखुड़ियों और फलों के लवकों में पर्णहरित के अतिरिक्त अन्य वर्णक होते हैं। इन लवकों को वर्णीलवक (chromoplast) कहते हैं (ग्रीक में *क्रोमा* का अर्थ है— रंग)। फूलों और फलों में उनके वर्णक चटक रंगों (पीले, नारंगी या लाल हो सकते हैं) के स्रोत होते हैं। ऐसे चटकीले रंग परागण के लिए परागणकारियों और फल खाने वाले जंतुओं को आकर्षित करने में सहायक होते हैं। इससे बीजों के प्रकीर्णन में सहायता मिलती है।

कुछ लवकों में वर्णक नहीं होते, अतः वे रंगहीन होते हैं। इन्हें **अवर्णी लवक (leucoplast)** कहते हैं (ग्रीक में *ल्यूकोस* का अर्थ है— सफेद या रंगहीन)। अवर्णी लवक खाद्य सामग्री, जैसे— स्टार्च, तेल या प्रोटीन का भंडारण करते हैं और उनके द्वारा संग्रहीत भोजन के प्रकार के आधार पर वर्गीकृत किए जाते हैं। उदाहरण के लिए— आलू और अरबी (*कोलोकेशिया*) की कोशिकाओं में कुछ अवर्णी लवक स्टार्च संग्रहीत करते हैं।

रसधानी — भंडारण और अवलंब के लिए कोशिकांग

लवक जैसे हरितलवक पौधों को भोजन तैयार करने और उसे अस्थायी रूप से संग्रहीत करने में सहायता करते हैं। अन्य लवक जैसे अवर्णी लवक भोजन के भंडारण में सहायता करते हैं। परंतु कोशिका में जल, खनिज और अपशिष्ट पदार्थ कहाँ संग्रहीत होते हैं? जब पौधों को पर्याप्त मात्रा में जल प्राप्त नहीं होता तो वे मुरझाए हुए क्यों दिखाई देते हैं?

एक परिपक्व पादप कोशिका में सामान्यतः एक **बड़ी केंद्रीय रसधानी (large central vacuole)** होती है जो एकल वरणात्मक रूप से पारगम्य झिल्ली द्वारा घिरी होती है। रसधानी **कोशिका-रस (cell sap)** नामक जलीय तरल से भरी होती है। रसधानी जल, खनिज, शर्करा और अपशिष्ट पदार्थ संग्रहीत करती है। बड़ी मात्रा में जल संग्रहीत करके रसधानी कोशिका के भीतर दबाव बनाए रखने में सहायता करती है जो पादप कोशिका को दृढ़ रखती है। जब पौधे को पर्याप्त मात्रा में जल प्राप्त नहीं होता है तो रसधानी से जल की हानि होती है। इसके साथ ही कोशिकाओं की दृढ़ता कम हो जाती है और पौधा मुरझा जाता है।

जंतु कोशिकाओं में कभी-कभी रसधानियाँ उपस्थित होती हैं। यद्यपि ये पादप रसधानियों जितनी बड़ी नहीं होती हैं तथापि ये पदार्थों के अस्थायी भंडारण में सहायता करती हैं।

सोचिए और बताइए

4. क्या सफेद फूलों में कोई वर्णक होता है? कारण बताइए।
5. निम्न संकेतों का उपयोग करके एक पादप या जंतु कोशिका का सुस्पष्ट रूप से नामांकित आरेखी चित्र बनाइए—
   (i) कोशिका के भीतर केंद्रक एक सघन और गोल पिंड के रूप में दिखाई देता है।
   (ii) अंतर्द्रव्यी जालिका विस्तारित केंद्रक आवरण के संजाल की तरह फैलती है।
   (iii) माइटोकॉन्ड्रिया और हरितलवक छड़ाकार होते हैं।

आप चित्र 2.10 को देख सकते हैं।

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

वर्ष 2010 में वैज्ञानिक जे. क्रेग वेंटर और उनके दल ने सांश्लेषिक जैविकी के क्षेत्र में एक महत्त्वपूर्ण खोज की। इन्होंने पहले कंप्यूटर प्रोग्रामिंग का उपयोग करके *माइकोप्लाज्मा माइकोइड्स* नामक एक सरल जीवाणु के पूर्ण डीएनए अनुक्रम का अध्ययन किया। फिर इन्होंने (प्रयोगशाला में) इस डीएनए की रासायनिक रूप से एक यथार्थ प्रति संश्लेषित की।

इसके बाद इन्होंने एक अन्य निकट रूप से संबंधित जीवाणु लिया और उसका डीएनए निकाल दिया किंतु, कोशिका के शेष भागों (जैसे— कोशिकाद्रव्य और कोशिका झिल्ली) को अक्षुण्ण रखा। इन्होंने इस कोशिका में संश्लिष्ट डीएनए प्रविष्ट किया। इसके पश्चात कोशिका नए अंतर्निविष्ट संश्लिष्ट डीएनए के अनुदेशों के अनुसार वृद्धि करने और विभाजित होने लगी। इस प्रयोग ने दर्शाया कि डीएनए कोशिका की संरचना और गतिविधियों को नियंत्रित करता है।

यद्यपि, वैज्ञानिकों ने नए सिरे से एकदम नई कोशिका का सृजन नहीं किया, इसमें केवल डीएनए संश्लेषित था। कोशिका के अन्य भाग पहले से विद्यमान एक जीवित कोशिका से लिए गए थे।

2.4 सामान्य कोशिकाएँ किस प्रकार वृद्धि और विभाजन करती हैं?

चित्र 2.16 — जल से भरे एक जार में प्याज की वर्धनशील जड़ें

जब आपकी त्वचा पर छोटा-सा कट लग जाता है तो यह कुछ दिनों में स्वतः ठीक हो जाता है। जब आपके बाल गिरते हैं तो नए बाल उग आते हैं। ऐसा कैसे होता है? ऐसा इसलिए होता है क्योंकि हमारे शरीर की कोशिकाएँ पुरानी, मृत या क्षतिग्रस्त कोशिकाओं को प्रतिस्थापित करने के लिए **वृद्धि करती हैं (grow)** और **विभाजित (divide)** होती हैं। जब हमारा शरीर वृद्धि करता है तो ऐसा केवल इसलिए नहीं होता कि कोशिकाएँ बड़ी हो जाती हैं। कोशिकाएँ केवल एक निश्चित आकार तक ही बढ़ सकती हैं परंतु वृद्धि इसलिए होती है क्योंकि कोशिकाएँ विभाजित होकर नई कोशिकाएँ बनाती हैं। यह समझने के लिए कि कोशिकाएँ किस प्रकार विभाजित होती हैं आइए, हम प्याज के ताजा वर्धनशील मूलाग्रों का अध्ययन करें (चित्र 2.16)।

क्रियाकलाप 2.5— आइए, अपने कौशलों को उन्नत करें

1. एक जार लीजिए और उसे साधारण जल से भरिए।
2. अब प्याज के कंद को जार के ऊपर इस प्रकार रखिए कि उसका जड़ युक्त आधार जल में डूबा रहे।
3. व्यवस्थापन को 5–6 दिनों के लिए रख दीजिए और अवलोकन कीजिए। क्या आप जड़ों को वृद्धि करते हुए देखते हैं? नई उगी हुई जड़ों को 2–3 सेंटीमीटर तक काट लीजिए और उन्हें ताजे बने एसीटो-ऐल्कोहॉल (ग्लेशियल एसिटिक अम्ल : एथेनॉल :: 1:3) में स्थानांतरित कीजिए। मूलाग्रों को एसीटो-ऐल्कोहॉल में 24 घंटे तक के लिए रखिए। इसके पश्चात उन्हें 70 प्रतिशत एथेनॉल (परिरक्षण के लिए) में स्थानांतरित कीजिए।
4. एक या दो परिरक्षित जड़ें लीजिए इन्हें जल से धो कर स्वच्छ स्लाइड पर रखिए।
5. ऊतक को नरम करने के लिए मूलाग्रों पर तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) की 1–2 बूँद डालिए। 10–15 मिनट के पश्चात जड़ों को धो लीजिए। इसके पश्चात उन पर एसीटो-कार्मिन अभिरंजक की 2–3 बूँदें डालिए।
6. स्लाइड को 5–10 मिनट के लिए रखिए। इसके पश्चात सावधानीपूर्वक स्पिरिट लैंप पर इसे हल्का-सा गर्म कीजिए।
7. स्लाइड पर रखे जड़ के अग्र भाग को काटिए और उस पर कवरस्लिप रखिए। स्लाइड पर कोशिकाओं को फैलाने के लिए अपने अँगूठे से कवरस्लिप को धीरे से दबाइए।
8. सूक्ष्मदर्शी द्वारा स्लाइड का अवलोकन कीजिए।

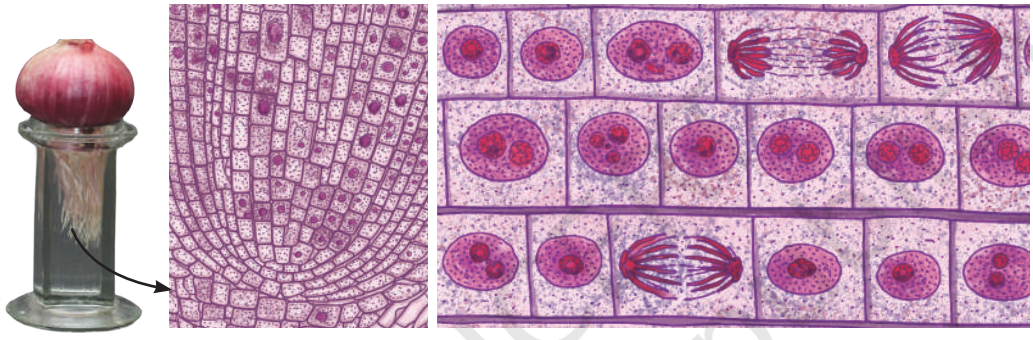
© NCERT not to be republished

आपने क्या अवलोकन किया? क्या आपने प्याज के मूलाग्रों की कोशिकाओं का अवलोकन किया? क्या वे संरचना में समान हैं? क्या आपको इन कोशिकाओं में कोई संरचनात्मक अंतर दिखाई देते हैं? यदि हाँ, तो ऐसा क्यों है?

ऐसा इसलिए होता है क्योंकि प्याज के मूलाग्रों की वर्धनशील कोशिकाएँ निरंतर विभाजित होती रहती हैं। इस प्रक्रिया को **कोशिका विभाजन (cell division)** कहते हैं। चित्र 2.17 कोशिका विभाजन की विभिन्न अवस्थाओं को दर्शाता है। अतः ये कोशिकाएँ कोशिका विभाजन की विभिन्न अवस्थाओं के अनुरूप भिन्न संरचनाएँ दर्शाती हैं। क्या आप पहचान सकते हैं कि कोशिका विभाजन के दौरान कौन-सी अवस्था पहले आती है?

हमारे शरीर में अनुमानित रूप से प्रतिदिन सैकड़ों अरब कोशिकाएँ प्रतिस्थापित होती हैं जो हमारे शरीर में कोशिकाओं की कुल संख्या का लगभग 1 प्रतिशत होता है। पूर्वकेंद्रकी और सुकेंद्रकी दोनों प्रकार की कोशिकाएँ विभाजित होती हैं परंतु सुकेंद्रकी कोशिकाएँ **कोशिका चक्र (cell cycle)** नामक प्रक्रिया द्वारा अधिक नियंत्रित और व्यवस्थित ढंग से विभाजित होती हैं। आप उच्चतर कक्षाओं में कोशिका विभाजन की अवस्थाओं के विषय में पढ़ेंगे।

एक सोपान ऊपर



चित्र 2.17— प्याज के मूलाग्रों की कोशिकाओं में कोशिका विभाजन की विभिन्न अवस्थाएँ

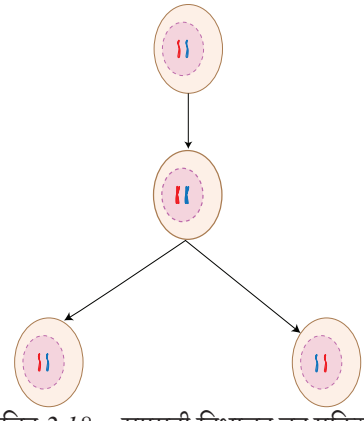
2.4.1 कोशिका विभाजन

कोशिका विभाजन वह प्रक्रिया है जिसके द्वारा पूर्वविद्यमान कोशिकाओं से नई कोशिकाएँ उत्पन्न होती हैं। इससे सजीवों में वृद्धि, क्षतिग्रस्त ऊतकों की मरम्मत और जनन संभव होता है। कुछ कोशिकाएँ जैसे त्वचा की कोशिकाएँ नियमित रूप से क्षय होने वाली कोशिकाओं को प्रतिस्थापित करने के लिए निरंतर विभाजन करती हैं। कोशिका विभाजन के दो प्रमुख प्रकार हैं— **समसूत्री विभाजन (mitosis)** और **अर्धसूत्री विभाजन (meiosis)**। समसूत्री विभाजन सामान्यत: वृद्धि, मरम्मत, रखरखाव और अलैंगिक जनन के लिए महत्त्वपूर्ण है जबकि अर्धसूत्री विभाजन लैंगिक जनन में आनुवंशिक विविधता के सृजन के लिए महत्त्वपूर्ण है।

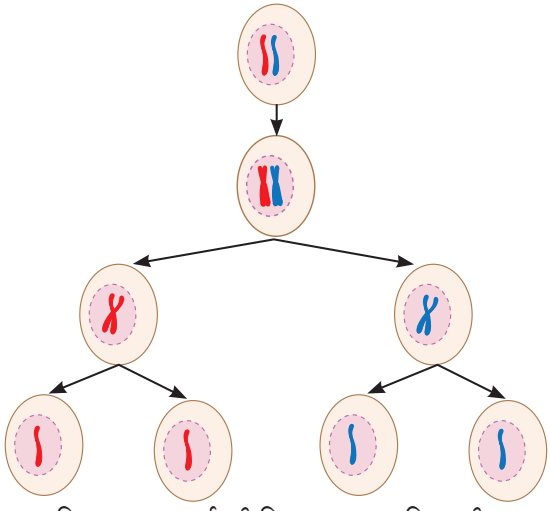
समसूत्री विभाजन

प्रत्येक मनुष्य के जीवन का आरंभ एक एकल निषेचित अंडाणु से होता है। यह एक कोशिका शरीर में खरबों कोशिकाओं को बनाने के लिए बार-बार विभाजित होती है। समसूत्री विभाजन के माध्यम से कोशिकाओं की संख्या में वृद्धि होती है, यह सबसे सामान्य प्रकार का कोशिका विभाजन है (चित्र 2.18)।

समसूत्री विभाजन एक जनक कोशिका से आनुवंशिक रूप से समान दो संतति कोशिकाएँ उत्पन्न करता है। प्रत्येक नई कोशिका को जनक कोशिका के समान डीएनए और समान संख्या में गुणसूत्र मिलते हैं। इससे यह सुनिश्चित होता है कि आनुवंशिक सूचना व्यापक रूप से शरीर की सभी कोशिकाओं में बनी रहे।



चित्र 2.18— समसूत्री विभाजन वह प्रक्रिया है जिससे आनुवंशिक रूप से समान दो संतति कोशिकाएँ बनती हैं।



चित्र 2.19— अर्धसूत्री विभाजन— एक द्वि-चरणीय प्रक्रिया है जिससे चार युग्मक निर्मित होते हैं।

अर्धसूत्री विभाजन

अर्धसूत्री विभाजन एक ऐसे प्रकार का कोशिका विभाजन है जिसमें युग्मक (gametes) बनते हैं और यह केवल जनन अंगों की कोशिकाओं में होता है। लैंगिक जनन के लिए निर्मित युग्मक सजीवों में विभिन्नताएँ और विविधता उत्पन्न करते हैं। इसी कारण बच्चे अपने माता-पिता से मिलते-जुलते होते हैं किंतु पूर्णतः उनके जैसे नहीं होते हैं। मनुष्य सहित जंतुओं में अर्धसूत्री विभाजन मात्र नर के **वृषण (testes)** की कोशिकाओं में शुक्राणु बनाने के लिए और मादा के **अंडाशय (ovaries)** की कोशिकाओं में अंडाणु बनाने के लिए होता है। पौधों में अर्धसूत्री विभाजन परागकण (जो बाद में नर युग्मक बनाते हैं) बनाने के लिए **परागकोश (anthers)** (नर भागों) में और अंडकोशिकाएँ बनाने के लिए **अंडाशय** (मादा भागों) में होता है। अर्धसूत्री विभाजन में जनक कोशिका दो बार (एक के बाद एक) विभाजित होकर चार संतति कोशिकाएँ बनाती हैं (चित्र 2.19)। प्रथम विभाजन में कोशिकाएँ दो संतति कोशिकाओं में विभाजित होती हैं और प्रत्येक संतति कोशिका में गुणसूत्रों की संख्या घट कर आधी हो जाती है। दूसरा विभाजन समसूत्री विभाजन के समान होता है जहाँ प्रत्येक संतति कोशिका दो कोशिकाओं में विभाजित होती हैं जिससे चार संतति कोशिकाएँ बनती हैं। इनमें गुणसूत्रों की संख्या आधी होती है। परिणामस्वरूप प्रत्येक युग्मक में जनक कोशिका की तुलना में डीएनए की संख्या आधी होती है। निषेचन के समय जब दो जीवों के युग्मक मिलते हैं तो गुणसूत्रों की मूल संख्या पुर्नस्थापित हो जाती है। आप अध्याय 11 में इस प्रक्रिया के विषय में विस्तार से पढ़ेंगे।

वैज्ञानिक-परिचय

अरुण कुमार शर्मा प्रसिद्ध भारतीय वैज्ञानिक हैं जो गुणसूत्रों पर किए गए अपने कार्य के लिए विख्यात हैं। एक वनस्पतिशास्त्री के रूप में वे पादप वर्गिकी, विकास और परिवर्धन के क्षेत्र में अपने कार्य के लिए जाने जाते हैं। इन्होंने पादपों में गुणसूत्रों के अध्ययन के लिए अनेक उपयोगी प्रयोगशाला विधियाँ भी खोजी हैं। वनस्पति विज्ञान में इनके योगदान के लिए इन्हें अनेक सम्मान प्राप्त हुए जिनमें 'शांति स्वरूप भटनागर पुरस्कार' और 'पद्म भूषण' सम्मिलित हैं।

विज्ञान एवं समाज

वैज्ञानिकों ने जंतुओं की कोशिकाओं को विशेष परिस्थितियों में शरीर के बाहर वृद्धि करने की विधियाँ विकसित की हैं। इसे कोशिका संवर्धन (tissue culture) कहते हैं। इस प्रक्रिया में किसी जीव से कोशिकाएँ पृथक कर पोषक समृद्ध माध्यम में रखी जाती हैं जिससे उनकी वृद्धि और गुणन संभव होता है। संवर्ध को सुरक्षित रखने के लिए निर्जर्मीकृत परिस्थितियों में उचित तापमान, अम्लीय अथवा क्षारीय परिस्थितियाँ और नमी बनाए रखी जाती है। कोशिका संवर्धन कोशिकाओं के कार्य का अध्ययन करने तथा जैव-रसायनों, भोजन, औषधि, टीकों इत्यादि के उत्पादन के लिए अत्यंत महत्त्वपूर्ण है।

सोचिए और बताइए

6. एक कोशिका में अनेक छोटे-छोटे माइटोकॉन्ड्रिया की अपेक्षा एक विशाल माइटोकॉन्ड्रिया क्यों नहीं होता? यह पृष्ठीय क्षेत्रफल की अवधारणा से किस प्रकार संबंधित है?
7. यदि त्वचा की कोशिकाएँ समसूत्री विभाजन की अपेक्षा अर्धसूत्री विभाजन करने लगें तो आपके विचार से त्वचा के कटने पर क्या होगा?

समसूत्री और अर्धसूत्री विभाजन की प्रक्रियाएँ उचित और नियंत्रित विधि से होनी चाहिए। क्या होगा यदि अर्धसूत्री और समसूत्री विभाजन उचित रूप से संपन्न नहीं होंगे? यदि इन प्रक्रियाओं में कोई त्रुटि होगी तो यह जीव के शरीर में विभिन्न समस्याओं का कारण बन सकती है।

समसूत्री विभाजन में त्रुटियाँ, अनियंत्रित कोशिका विभाजन का कारण बनती हैं। इससे अर्बुद (tumour) का निर्माण हो सकता है और कायिक कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या असामान्य हो सकती है।

अर्धसूत्री विभाजन में त्रुटियाँ होने पर आनुवंशिक विकार उत्पन्न हो सकते हैं यह विकार विकास संबंधी समस्याओं या विशिष्ट शारीरिक लक्षणों से संबंधित हो सकते हैं। त्रुटिपूर्ण अर्धसूत्री विभाजन से गर्भावस्था के प्रारंभिक चरण में गर्भपात या प्रजनन क्षमता में कमी की भी संभावना हो सकती है।

© NCERT not to be republished

2.5 कोशिका सिद्धांत — जीव विज्ञान का एकीकरण सिद्धांत

सजीवों के विषय में एक महत्त्वपूर्ण अवलोकन यह है कि सभी जीवों का निर्माण कोशिकाओं से होता है। वर्ष 1838 में मैथियास श्लीडेन (Matthias Schleiden) नामक एक जर्मन वनस्पतिशास्त्री ने बताया कि सभी पादप कोशिकाओं से बने होते हैं। वर्ष 1839 में जर्मन प्राणिविज्ञानी थियोडोर श्वान (Theodor Schwann) ने पाया कि सभी जंतु भी कोशिकाओं से बने होते हैं। इसके पश्चात वर्ष 1855 में रुडोल्फ विरचो (Rudolf Virchow) नामक जर्मन वैज्ञानिक ने कोशिका सिद्धांत का यह कहकर विस्तार किया कि नई कोशिकाएँ केवल पूर्व विद्यमान कोशिकाओं से बनती हैं। इन सभी के कार्यों ने कोशिका सिद्धांत को निरूपित किया।

पुरातन (क्लासिकल) कोशिका सिद्धांत के अनुसार—

- सभी सजीव एक या एक से अधिक कोशिकाओं से बने होते हैं।
- कोशिका सजीवों में संरचना और कार्य की मूलभूत इकाई है।
- सभी कोशिकाएँ पूर्वविद्यमान कोशिकाओं से उत्पन्न होती हैं।

यह सिद्धांत जीवाणुओं से लेकर मनुष्य तक सभी जीवों को एकीकृत करता है एवं कोशिका विभाजन के माध्यम से जीवन की निरंतरता की व्याख्या करता है।

2.5.1 क्या कोशिकाएँ चिरकाल तक वृद्धि और जनन करती हैं?

कोशिकाएँ नियंत्रित विधि से वृद्धि और विभाजन करती हैं, अपने निर्धारित स्थान पर बनी रहती हैं, स्वयं के कार्य करती हैं और अंततः जब उनकी आवश्यकता नहीं रहती तो वे मृत हो जाती हैं। मृत कोशिकाएँ नई कोशिकाओं द्वारा प्रतिस्थापित हो जाती हैं जो उनके समान ही कार्य करती हैं। इस प्रकार प्रत्येक कोशिका की एक निश्चित जीवन अवधि होती है। यदि कोशिकाएँ तब नहीं मरती जब उन्हें मरना चाहिए या यदि वे बहुत जल्दी मर जाती है तो शरीर में विकार उत्पन्न हो सकते हैं। अनेक जंतु कोशिकाओं में कोशिका विभाजन सामान्यतः उस समय अवरुद्ध हो जाता है जब कोशिकाएँ निकटवर्ती कोशिकाओं के संपर्क में आती हैं। इस प्रक्रिया को **संपर्क अवरोध** कहते हैं। यद्यपि कैंसर कोशिकाएँ यह नियंत्रण खो देती हैं और अनियंत्रित रूप से विभाजित होती रहती हैं, जिससे **अर्बुद (tumours)** बनते हैं। पादप कोशिकाएँ भिन्न प्रकार से वृद्धि करती हैं। अपनी कठोर कोशिका भित्ति के कारण पादप कोशिकाएँ संपर्क अवरोध नहीं दर्शातीं और वृद्धि के एक भिन्न प्रतिरूप का अनुसरण करती हैं।

यद्यपि कोशिकाएँ अत्यंत सूक्ष्म होती हैं तब भी वे उल्लेखनीय कार्य करती हैं। वे ऊर्जा उत्पन्न करती हैं, पदार्थों का संश्लेषण और स्रवण करती हैं, नई कोशिकाएँ बनाने के लिए विभाजित होती हैं और शरीर की उचित कार्यप्रणाली को बनाए रखने के लिए मिलकर कार्य करती हैं। एक सूक्ष्म जीवाणु से लेकर एक विशाल वृक्ष तक सभी सजीव कोशिकाओं से बने होते हैं। आप भी इन्हीं सूक्ष्म परिश्रमी कोशिकाओं के उत्पाद हैं।

आइए, और चिंतन करें

कोशिकाएँ संतुलन बनाए रखने के लिए अपनी वृद्धि का अनुवीक्षण किस प्रकार करती हैं?
कोशिकाओं में संतुलन बनाए रखने के लिए मरने के प्राकृतिक तरीके भी होते हैं। क्रमादेशित कोशिका मृत्यु (पी.सी.डी.) कोशिका के वरणात्मक रूप से नष्ट होने की आनुवांशिकतः नियंत्रित और व्यवस्थित प्रक्रिया है। यह सामान्य विकास कोशिकीय गुणवत्ता नियंत्रण और प्रतिरक्षा कार्य के लिए अनिवार्य है। जब एक भ्रूण विकसित होता है तो पी.सी.डी. अँगुलियों के बीच की कोशिकाओं को लुप्त करके अँगुलियाँ बनाने में सहायता करता है तो इसके बिना हमारे हाथ जालयुक्त होते।
आप ऐसी भिन्न पद्धतियों का अन्वेषण कीजिए जिनके द्वारा कोशिकाएँ स्वयं को बनाए रखती हैं।

वैज्ञानिक-परिचय

वर्ष 1902 में ऑस्ट्रियाई वनस्पतिशास्त्री **गॉटलीब हैबरलैंड्ट** ने प्रस्तावित किया कि **किसी भी जीवित पादप कोशिका** को यहाँ तक कि स्थायी ऊतक पूर्णतः परिपक्व कोशिका को भी यदि उपयुक्त पोषक तत्व और अनुकूल परिस्थितियाँ प्रदान की जाएँ तो वह एक संपूर्ण पादप में विकसित हो सकती है। इन्होंने सुझाव दिया कि पादप कोशिकाओं में विभिन्न प्रकार की कोशिकाएँ बनाने और उन्हें परिवर्तित करने की क्षमता भी होती है। पादप कोशिकाओं की इस विशेष क्षमता को पूर्णशक्तता (totipotency) कहते हैं। हैबरलैंड्ट के विचार ने जीव विज्ञान की एक नई शाखा की नींव रखी जिसे **पादप ऊतक संवर्धन प्रौद्योगिकी** के नाम से जाना जाता है।

जिज्ञासा-सूत्र

कैंसर कोशिकाएँ किस प्रकार वृद्धि करती हैं और फैलती हैं?
सामान्य कोशिकाएँ नियंत्रित विधि से वृद्धि करती, जीर्ण होती और मृत हो जाती हैं। कई बार यह प्रणाली विफल हो जाती है और असामान्य कोशिकाएँ अनियंत्रित रूप से वृद्धि करने और विभाजित होने लगती हैं। इसके परिणामस्वरूप अर्बुद बनते हैं जो सुदम्य या दुर्दम हो सकते हैं। कैंसरयुक्त अर्बुद आस-पास के ऊतकों में प्रवेश कर सकते हैं और शरीर के अन्य भागों में भी फैलकर नए अर्बुद बना सकते हैं।

© NCERT not to be republished

सारांश

- कोशिका, सभी सजीवों की मूलभूत संरचनात्मक और कार्यात्मक इकाई होती है।
- पूर्वकेंद्रकी कोशिकाओं में सुस्पष्ट केंद्रक नहीं होता है बल्कि इसकी आनुवंशिक सामग्री केंद्रकाभ नामक एक क्षेत्र में उपस्थित होती है। उनमें झिल्ली-आबद्ध कोशिकांग भी नहीं होते।
- सुकेंद्रकी कोशिकाएँ बड़ी और अधिक जटिल होती हैं। इनमें एक सुस्पष्ट केंद्रक और अनेक झिल्ली-आबद्ध कोशिकांग होते हैं।
- सभी कोशिकाएँ, कोशिका झिल्ली से घिरी होती हैं। इसके अतिरिक्त पादप, कवक और जीवाणुओं की कोशिकाओं में कोशिका झिल्ली के बाहर एक कोशिका भित्ति होती है।
- सुकेंद्रकी कोशिकाओं के केंद्रक में गुणसूत्र होते हैं। यह गुणसूत्र डीएनए और संबद्ध प्रोटीन से बने होते हैं और आनुवंशिक सूचना का वहन करते हैं।
- सभी कोशिकाएँ कोशिकाद्रव्य से भरी होती हैं। सुकेंद्रकी कोशिकाओं के कोशिकाद्रव्य में अनेक कोशिकांग होते हैं जिनमें से प्रत्येक का एक विशिष्ट कार्य होता है।
- महत्त्वपूर्ण कोशिकांगों में केंद्रक, अंतर्द्रव्यी जालिका, माइटोकॉन्ड्रिया, गॉल्जी उपकरण, राइबोसोम और लाइसोसोम सम्मिलित होते हैं।
- पादप कोशिकाओं में लवक नामक विशेष कोशिकांग भी होते हैं, जैसे— हरितलवक, अवर्णी लवक और वर्णीलवक।
- समसूत्री विभाजन में जनक कोशिका के समान दो संतति कोशिकाएँ उत्पन्न होती हैं।
- अर्धसूत्री विभाजन एक द्वि-चरणीय विभाजन प्रक्रिया है जिसमें चार संतति कोशिकाएँ उत्पन्न होती हैं इनमें से प्रत्येक में गुणसूत्रों की संख्या आधी होती है।
- सामान्य कोशिकाएँ नियंत्रित विधि से वृद्धि करती हैं, अपने कार्य करती हैं और स्वाभाविक रूप से मृत हो जाती हैं जबकि कैंसर की कोशिकाएँ अपना नियंत्रण खो देती हैं और अनियंत्रित रूप से विभाजित होती रहती हैं जिससे अर्बुद बनते हैं।

अभ्यास प्रश्न

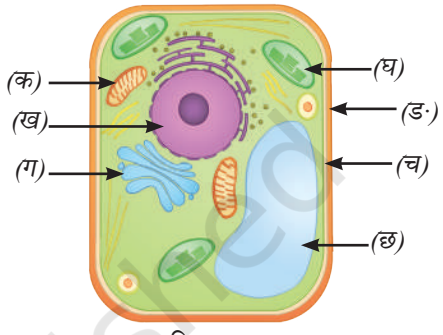
1. कोष्ठक में दिए गए संकेतों के आधार पर निम्नलिखित युग्मों के बीच अंतर स्पष्ट कीजिए—
   (i) कोशिका झिल्ली और कोशिका भित्ति (पारगम्यता)
   (ii) रूक्ष अंतर्द्रव्यी जालिका और चिकनी अंतर्द्रव्यी जालिका (संरचना)
   (iii) हरितलवक और वर्णीलवक (वर्णक)
2. दो समान जंतु कोशिकाओं को दो अलग-अलग विलयनों में रखा जाता है—
   - कोशिका X को शुद्ध जल में रखा जाता है।
   - कोशिका Y को नमक के सांद्र विलयन में रखा जाता है।

   कुछ समय पश्चात कोशिकाओं का अवलोकन किया जाता है। कोशिका X फूल जाती है और कोशिका Y संकुचित हो जाती है। निम्नलिखित में से कौन-सा कथन उपर्युक्त अवलोकनों का सही स्पष्टीकरण है?

© NCERT not to be republished

(i) नमक के अणु कोशिका Y में प्रवेश कर गए जिस कारण वह संकुचित हो गई।
(ii) कोशिका X में जल प्रवेश कर गया और कोशिका Y से बाहर गए जल की मात्रा उसमें प्रवेश कर गए नमक के विलयन की मात्रा से अधिक थी।
(iii) कोशिका झिल्ली के माध्यम से जल कोशिका X में प्रवेश कर गया और कोशिका Y से बाहर चला गया।
(iv) विलेय के संचलन के कारण दोनों कोशिकाओं में परासरण हुआ।

3. चित्र 2.20 में एक कोशिका का चित्र देखिए। (क) से (छ) तक चिह्नित भागों की पहचान कीजिए और नीचे दिए गए कार्यों से उनका सही मिलान कीजिए—
(i) कोशिका की सभी गतिविधियों का नियंत्रण करना।
(ii) कोशिकीय श्वसन का स्थल।
(iii) भंडारण कोशिकांग जो कोशिका को दृढ़ता भी प्रदान करता है।
(iv) कोशिका के अवयवों को परिवेश से अलग करता है।
(v) कोशिका को संरचनात्मक दृढ़ता प्रदान करता है।
(vi) अंतर्द्रव्यी जालिका से प्राप्त सामग्री को पैक और संग्रहीत करता है।
(vii) भोजन निर्माण में सहायता करता है।



चित्र 2.20

4. निम्नलिखित में से कोशिकांगों के कौन-से युग्म दिए गए वर्गों से सही सुमेलित हैं?

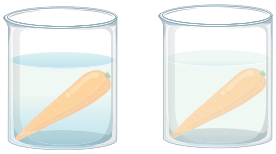
विकल्प	पादप कोशिका में उपस्थित	जंतु कोशिका में अनुपस्थित
(i)	अवर्णी लवक	कोशिका भित्ति
(ii)	माइटोकॉन्ड्रिया	राइबोसोम
(iii)	कोशिका भित्ति	गॉल्जी उपकरण
(iv)	लाइसोसोम	अंतर्द्रव्यी जालिका

5. दो विद्यार्थी, रेणु और रोहित लवकों पर चर्चा कर रहे थे। रेणु ने इस बात पर बल दिया कि पौधों के सभी भागों में यहाँ तक कि जड़ों में भी लवक होते हैं। यद्यपि रोहित इस कथन से सहमत नहीं था और उसने बताया कि पादप की जड़ों में लवक अनुपस्थित होते हैं क्योंकि जड़ें भूमिगत होती हैं और उन्हें प्रकाश-संश्लेषण करने की आवश्यकता नहीं होती। कौन सही है? अपने उत्तर का औचित्य सिद्ध कीजिए।

6. माइटोकॉन्ड्रिया और हरितलवक एक पादप कोशिका के दो महत्त्वपूर्ण कोशिकांग हैं। विवेचना कीजिए कि ये दोनों कोशिकांग संरचनात्मक और कार्यात्मक रूप से एक-दूसरे से किस प्रकार समान और भिन्न हैं?

7. निम्नलिखित में से कोशिकांगों के कौन-से जोड़े में डीएनए होता है?
(i) हरितलवक, राइबोसोम
(ii) माइटोकॉन्ड्रिया, केंद्रक
(iii) गॉल्जी उपकरण, राइबोसोम
(iv) केंद्रक, लाइसोसोम

© NCERT not to be republished



(क) (ख)

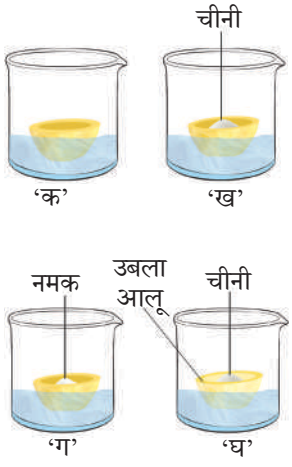
चित्र 2.21 — प्रायोगिक व्यवस्थापन, जिसमें गाजर (क) साधारण जल में और (ख) लवण के विलयन में रखी हुई है।

8. एक शोधकर्ता ने एक प्रयोग किया जिसमें उसने समान आकार की दो गाजरों का उपयोग किया। उसने एक गाजर को साधारण जल में और दूसरी को नमक के सांद्र विलयन में रखा (चित्र 2.21)। 24 घंटे के पश्चात उसने अपने अवलोकन अभिलेखित किए।
   (i) वह इस प्रयोग के माध्यम से कौन-सी परिकल्पना का परीक्षण करना चाहती है?
   (ii) इस प्रयोग में सुधार के लिए आप क्या सुझाव देंगे?
   (iii) साधारण जल में रखी हुई गाजर अनम्य (कठोर) और कड़क (कुरकुरी) रहती है लेकिन नमक के सांद्र विलयन में रखी हुई गाजर रबर जैसी लचीली एवं नरम क्यों हो जाती है?

9. जीवाणु और जंतु कोशिकाओं में निम्नलिखित संरचनाओं की उपस्थिति या अनुपस्थिति इंगित कीजिए—

कोशिका में संरचनाएँ	जीवाणु कोशिका	जंतु कोशिका
गुणसूत्र		
केंद्रक		
माइटोकॉन्ड्रिया		
गॉल्जी उपकरण		
वर्णीलवक		

10. निम्नलिखित प्रयोग कीजिए—
छिले हुए आलू के चार आधे-आधे भाग लीजिए और प्रत्येक में आलू को खोखला करके कप का आकार बनाइए। इनमें से एक कप उबले हुए आलू से बना होना चाहिए। प्रत्येक आलू के कप को जल से भरकर बीकर में रखिए (चित्र 2.22)। अब प्रयोग को निम्न प्रकार से व्यवस्थित कीजिए—
(क) कप 'क' खाली रखिए।
(ख) कप 'ख' में एक चम्मच चीनी डालिए।
(ग) कप 'ग' में एक चम्मच नमक डालिए।
(घ) कप 'घ' (उबले हुए आलू) में एक चम्मच चीनी डालिए।
चारों आलू के कप का कम-से-कम दो घंटे तक अवलोकन कीजिए और निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए—
   (i) कप 'ख' और कप 'ग' के खोखले भाग में जल क्यों जमा होता है?
   (ii) इस प्रयोग के लिए कप 'क' क्यों आवश्यक है?
   (iii) स्पष्ट कीजिए कि कप 'क' और 'घ' के खोखले भागों में पानी क्यों नहीं एकत्र होता है।



चित्र 2.22— प्रायोगिक व्यवस्थापन (चीनी, नमक, उबला आलू)

11. उस युग्म की पहचान कीजिए जो कोशिकांग और उसके कार्य के साथ सुमेलित नहीं है।
   (i) राइबोसोम — प्रोटीन संश्लेषण
   (ii) चिकनी अंतर्द्रव्यी जालिका — लिपिड और सेल्युलोस का संश्लेषण
   (iii) लाइसोसोम — बाह्य पदार्थों का पाचन

12. यदि किसी सुकेंद्रकी कोशिका से सभी माइटोकॉन्ड्रिया निकाल दिए जाएँ तो आप किस परिणाम की आशा करते हैं?

13. मानव शरीर में अर्बुद के निर्माण को कौन-सी परिघटना रोकती या संदमित करती है? क्या पौधों में भी अर्बुद का विकास हो सकता है ? स्पष्ट कीजिए।

© NCERT not to be republished

14. कोशिका की कोशिका झिल्ली प्रोटीन और लिपिड से निर्मित होती है। बताइए कि कोशिका झिल्ली के संश्लेषण में कौन-से कोशिकांग सहायता करते हैं? इन यौगिकों के संश्लेषण के स्थान से कोशिका झिल्ली तक के पथ को लिखिए और इसे एक नामांकित चित्र के द्वारा दर्शाइए।
15. यदि युग्मक समसूत्री विभाजन द्वारा बनाए जाएँ तो क्या होगा?
16. दीपा नामक एक कृषक अपने खेत में आँवले और नींबू की पैदावार से बहुत प्रसन्न थी। यद्यपि वह स्थानीय बाजार में अपनी उपज के मात्र एक-चौथाई भाग को ही बेच सकी। तथापि यह अनुमान लगाते कि फसल संग्रह के बाद अधिक मात्रा में उत्पाद नष्ट हो सकता है, उसने आँवलों और नींबू की निधानी आयु (shelf life) अवधि को बढ़ाने के लिए एक पारंपरिक किंतु वैज्ञानिक रूप से सही विधि अपनाई। उसने विकारीय उत्पाद (perishable produce) को लाभदायक उत्पादों, जैसे— अचार और शरबत में परिवर्तित किया। उसने अतिरिक्त उपज का उपयोग करके फलों के छोटे-छोटे टुकड़ों और उनके रस में उपयुक्त मात्रा में नमक, चीनी या गुड़ मिलाकर अचार, मुरब्बा और शरबत तैयार किए। इन्हें बिक्री के लिए छोटी काँच की बोतलों में संग्रहीत किया गया इससे कटाई के पश्चात उपज को व्यर्थ होने से बचाने में सहायता मिली। खेती से कृषि-प्रसंस्करण का यह परिवर्तन खाद्य सुरक्षा को सुदृढ़ करेगा और स्थानीय अर्थव्यवस्था को बढ़ावा देगा। इससे एक संधारणीय (sustainable) मॉडल विकसित हुआ जिसने अपशिष्ट की मात्रा को कम किया और उसकी आय बढ़ा दी। उपर्युक्त गद्यांश के आधार पर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए—
    (i) कृषक ने खेत उत्पाद के संरक्षण में कौन-सी वैज्ञानिक अवधारणा का उपयोग किया है?
    (ii) नमक और चीनी के उच्च सांद्रता में मिलाने से किस प्रकार एक ऐसा पर्यावरण बनता है जो भोजन को दूषित करने वाले जीवाणुओं और कवकों की वृद्धि को रोकता है?
    (iii) इस प्रकार के खाद्य परिरक्षण के लिए एक स्वास्थ्यवर्धक पाकविधि सुझाइए।
    (iv) उपर्युक्त स्थिति में कौन-से वैज्ञानिक मूल्यों पर ध्यान दिया गया है?

परियोजना कार्य

- कोशिका विभाजन के एनिमेशन अथवा अनुरूपण (simulation) बनाने के लिए चयनित सॉफ्टवेयर या डिजिटल उपकरणों का उपयोग कीजिए और उन्हें कक्षा में साझा कीजिए।
- कम लागत वाली पर्यावरण के प्रति अनुकूल सामग्री का उपयोग करके किसी भी प्रकार की 'संश्लेषित कोशिका' (synthetic cell) का प्रतिरूप बनाइए।
- अपने सहपाठियों के साथ विज्ञान परियोजना या प्रदर्शनी के लिए समसूत्री अथवा अर्धसूत्री विभाजन का प्रतिरूप बनाइए। इस क्रियाकलाप की सफलता में सामूहिक कार्य ने किस प्रकार योगदान दिया? क्या इस क्रियाकलाप ने कोशिका विभाजन के संबंध में आपके दृष्टिकोण अथवा समझ में कोई परिवर्तन किया? यदि हाँ, तो किस प्रकार?
- विभिन्न कोशिकांगों के कार्यों के विषय में सामुदायिक जागरूकता के लिए सरल संवादों में एक *नुक्कड़ नाटक* तैयार कीजिए।

खोज जारी है...

निर्जीव रसायनों के उपयोग द्वारा संश्लेषित कोशिकाओं के विकास का भविष्य क्या है? यदि एक संश्लेषित कोशिका तैयार की जाती है तो संबंधित नैतिक विषय क्या हो सकते हैं?

© NCERT not to be republished

0907CH03

अध्याय

3

क्रियाशील ऊतक

जीवन का आरंभ तब होता है जब एक कोशिका अनेक बार विभाजित होकर असंख्य कोशिकाओं को उत्पन्न करती है। ये कोशिकाएँ क्रमिक रूप से त्वचा (सुरक्षा), मांसपेशियों (गति), अस्थियों (अवलंब), तंत्रिकाओं (नियंत्रण और समन्वय) और अन्य सभी अंगों का निर्माण करती हैं। यह प्रक्रिया इतनी जटिल है कि इसे प्रकृति के महानतम अभियांत्रिकी चमत्कारों में से एक माना जाता है। शोधकर्ता मानव कल्याण हेतु इस प्रक्रिया को समझने, प्रतिकृत और संशोधित करने का प्रयास कर रहे हैं। ऐसा करने के लिए पादपों और जंतुओं में वृद्धि और विकास को नियंत्रित करने वाले प्राकृतिक जैव प्रक्रमों को समझना आवश्यक है। कोशिकाएँ ऊतक बनाने के लिए समूहित क्यों होती हैं? कुछ ऊतक आजीवन वृद्धि करते हैं जबकि अन्य नहीं, ऐसा क्यों?

चिंतन कीजिए

- जैव प्रक्रमों और मानव कल्याण को समझने के लिए कोशिकाओं और ऊतकों का अध्ययन किस प्रकार से महत्त्वपूर्ण है?
- पादपों और जंतुओं के ऊतक किस प्रकार भिन्न हैं और क्यों?
- बहुकोशिकीय जीवों में संगठन के विभिन्न स्तरों पर श्रम विभाजन किस प्रकार उनकी संरचना और कार्य से संबंधित है?

अध्याय 2 'कोशिका — जीवन की निर्माण इकाई' में आपने अध्ययन किया है कि कोशिका जीवन की मूल इकाई है। अनेक कोशिकाएँ मिलकर एक बहुकोशिकीय जीव बनाती हैं। सभी बहुकोशिकीय जीवों में संगठन का एक पदानुक्रम होता है। समान प्रकार की कोशिकाएँ जो समान कार्य करती हैं मिलकर **ऊतक (tissue)** बनाती हैं और एक से अधिक प्रकार के ऊतक मिलकर **अंग (organs)** बनाते हैं। इसके साथ ही, विभिन्न अंग मिलकर **अंग तंत्र (organ system)** बनाते हैं तथा अंग तंत्रों से मिलकर एक **जीव (organism)** बनता है। *अमीबा* जैसे एककोशिकीय जीवों में एक ही कोशिका जीवन के सभी कार्य करती है। पादपों और जंतुओं जैसे बहुकोशिकीय जीवों में विभिन्न कोशिकाओं के समूह अलग-अलग कार्य करते हैं। **ऊतक** ऐसी कोशिकाओं (समान संरचना वाली) का समूह होता है जो एक विशिष्ट प्रकार्य के लिए मिलकर कार्य करते हैं। विभिन्न प्रकार के ऊतकों का निर्माण श्रम विभाजन की ओर ले जाता है जिससे शरीर की कार्यक्षमता में वृद्धि होती है और वह जटिल जैव प्रक्रमों को क्रियान्वित

© NCERT not to be republished

करने में सक्षम होता है। उदाहरण के लिए — जंतुओं में पेशीय ऊतक गति को संभव बनाते हैं और तंत्रिका ऊतक शरीर के विभिन्न भागों तक संदेश पहुँचाते हैं। पादपों में संवहनी ऊतक, जैसे — जाइलम (दारु), जल और खनिजों का परिवहन करते हैं, जबकि फ्लोएम (पोषवाह) भोजन का परिवहन करता है।

3.1 पादप और जंतु ऊतक भिन्न क्यों हैं?

अध्याय 2 'कोशिका — जीवन की निर्माण इकाई' में आपने पादप और जंतु कोशिकाओं की तुलना की और उनके मध्य प्रमुख अंतरों का अध्ययन किया। अधिकांश पादप एक ही स्थान पर स्थिर रहते हैं और जंतुओं की भाँति एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहीं जा सकते हैं। इन्हें स्थिर और सीधा रहने के लिए अवलंब (सहारा) की आवश्यकता होती है। पादप कोशिकाओं में कोशिका भित्ति होती है जो उन्हें दृढ़ता और अनम्यता प्रदान करती है। सामान्यतः जंतु गतिशील होते हैं (यद्यपि स्पंज जैसे कुछ जंतु अचल होते हैं)। दृढ़ कोशिका भित्ति के अभाव में जंतु कोशिकाएँ सरलता से अपना आकार परिवर्तित कर सकती हैं। यह कोशिकीय लचीलापन अंततः उनके शरीर को गति करने के लिए उपयुक्त बनाता है।

पादपों और जंतुओं के मध्य एक अन्य प्रमुख अंतर पोषण की विधि है। जंतुओं में ऐसे ऊतक होते हैं जो इन्हें विभिन्न खाद्य स्रोतों से प्राप्त भोजन के पाचन में सहायता करते हैं, जबकि पादपों में ऐसे ऊतक होते हैं जो उन्हें प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से सौर ऊर्जा का उपयोग करके भोजन घटकों को संश्लेषित करने में सहायता करते हैं। पादपों और जंतुओं में शरीर के विभिन्न भागों में भोजन और जल के परिवहन के लिए विशिष्ट ऊतक होते हैं। पादपों और जंतुओं में वृद्धि के पैटर्न भी भिन्न होते हैं, क्योंकि वृद्धि के लिए उत्तरदायी ऊतकों की संरचना एवं प्रकार्यों में विभिन्नता होती है। इस अध्याय में हम जानेंगे कि पादप और जंतुओं के ऊतकों की संरचना उनके विशिष्ट प्रकार्यों से किस प्रकार संबंधित है।

वैज्ञानिक-परिचय

बी.जी.एल. स्वामी एक प्रसिद्ध भारतीय वनस्पति विज्ञानी थे जिन्हें पादप आकारिकी और शरीर रचना विज्ञान के क्षेत्र में अपने योगदान के लिए जाना जाता है। इनकी पुस्तक *हसुरु होन्नु* कन्नड़ भाषा की एक लोकप्रिय पुस्तक है। यह पुस्तक विज्ञान, व्यंग्य और संस्कृति का एक अनूठा सम्मिश्रण है। इस पुस्तक में पश्चिमी घाट के जंगलों में वनस्पति भ्रमण का वर्णन किया गया है। इसके साथ यह पुस्तक पादप का वर्णन, उपयोग, संरक्षण प्रथाओं, वनस्पति लोककथाओं और मिथकों का भंडार है। इस पुस्तक को वर्ष 1978 में केंद्र साहित्य अकादमी पुरस्कार प्रदान किया गया।

3.2 पादपों में वृद्धि के लिए ऊतक

आपने अवश्य देखा होगा कि एक छोटा नवोद्भिद बढ़कर वृक्ष बन जाता है, जड़ें मिट्टी में गहराई तक फैल जाती हैं, तना समय के साथ मोटा होता जाता है और जंतुओं द्वारा घास चरने के पश्चात भी घास पुनः उग जाती है। इन परिवर्तनों के लिए कौन-से ऊतक उत्तरदायी हैं?

पादप विभिन्न प्रकार से वृद्धि करते हैं —

- **लंबाई** में वृद्धि (तने की ऊँचाई और जड़ों की गहराई)
- तने की **मोटाई** (परिधि) में वृद्धि, और
- शाखाओं को काटने या जंतुओं द्वारा चरने के पश्चात **पुनःवृद्धि**

इस वृद्धि के लिए सक्रिय रूप से विभाजित होने वाली कोशिकाओं की आवश्यकता होती है जो सामूहिक रूप से एक विशेष ऊतक बनाती हैं जिसे विभज्योतक (Meristematic) ऊतक कहा जाता है।

आइए, विभिन्न प्रकार के विभज्योतकी ऊतकों का अन्वेषण करें।

3.2.1 शीर्षस्थ विभज्योतक — पौधे लंबाई में किस प्रकार वृद्धि करते हैं?

आइए, प्याज के शल्क कंद (bulb) की जड़ों में वृद्धि का अध्ययन करें।

क्रियाकलाप 3.1 — आइए, प्रयोग अभिकल्पित करें

1. दो काँच के जार या कोपलिन जार लीजिए और उन्हें जल से भरिए।
2. अब प्याज के दो शल्क कंद लीजिए और प्रत्येक जार में एक-एक कंद को चित्र 3.1 में दर्शाए अनुसार रखिए।

(क) जार 'क' *(ख) जार 'ख'*

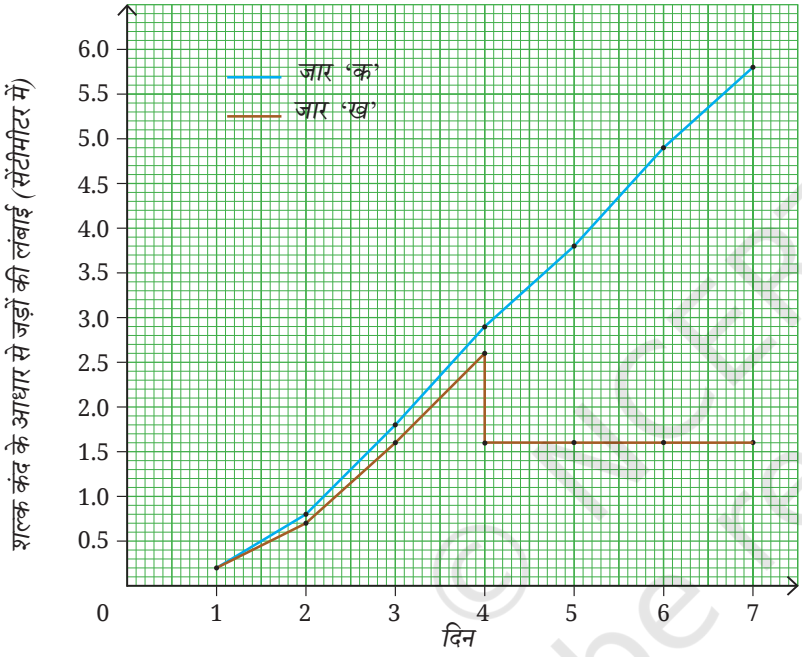
चित्र 3.1 — जड़ों में वृद्धि का अवलोकन करने हेतु प्रायोगिक व्यवस्थापन

© NCERT not to be republished

3. कुछ दिनों तक दोनों शल्क कंदों में जड़ों की वृद्धि का अवलोकन कीजिए।
4. पहले, दूसरे एवं तीसरे दिन जड़ों की लंबाई मापिए।
5. तीसरे दिन, जार 'ख' में प्याज के शल्क कंद के मूलाग्रों (सिरों) को लगभग 1 सेंटीमीटर तक काट दीजिए। तत्पश्चात चार दिनों तक (चौथे दिन से) दोनों जारों में जड़ों की वृद्धि का अवलोकन कीजिए, उनकी लंबाई मापिए और तालिका 3.1 में अपने अवलोकन अभिलेखित कीजिए।

तालिका 3.1 — प्रायोगिक आँकड़े

प्रायोगिक जार	शल्क कंद के आधार से निकली जड़ों की लंबाई (cm)						
	दिन 1	दिन 2	दिन 3	दिन 4	दिन 5	दिन 6	दिन 7
क							
ख							



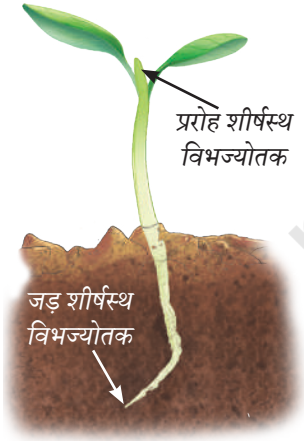
चित्र 3.2 — प्याज की जड़ों में वृद्धि

तालिका 3.1 में आपके द्वारा अभिलेखित किए गए आँकड़ों में आपने क्या **अवलोकन** किया? क्या आपके अवलोकन चित्र 3.2 में प्रस्तुत ग्राफीय निरूपण के समान हैं? इससे आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

- जार 'क' की जड़ें लंबाई में वृद्धि करती हैं।
- जार 'ख' के मूलाग्र काटे जाने के पश्चात जड़ें वृद्धि करना बंद कर देती हैं।

यह ग्राफ दर्शाता है कि जड़ें केवल अपने मूलाग्रों से वृद्धि करती हैं। मूलाग्रों में वे कोशिकाएँ होती हैं जो निरंतर विभाजन करती हैं।

अध्याय 2 'कोशिका— जीवन की निर्माण इकाई' में प्याज की जड़ के मूलाग्रों में समसूत्री विभाजन का अवलोकन आपको स्मरण होगा। इस अवलोकन से यह पुष्टि होती है कि जड़ के मूलाग्रों में सक्रिय रूप से विभाजित होने वाली कोशिकाएँ होती हैं। इसी प्रकार, प्ररोह के अग्रभाग में भी सक्रिय रूप से विभाजित होने वाली कोशिकाएँ होती हैं जो प्ररोहों को लंबाई में वृद्धि करने में सहायता करती हैं। इस प्रकार हम निष्कर्ष निकालते हैं कि पौधों में उनकी जड़ों और प्ररोह के अग्रभाग पर वृद्धि क्षेत्र होते हैं जिन्हें **शीर्षस्थ विभज्योतक (apical meristem)** कहते हैं जो पौधों की लंबाई में वृद्धि करने में सहायता करते हैं (चित्र 3.3)।



चित्र 3.3 — एक छोटे पौधे में शीर्षस्थ विभज्योतक की स्थिति

चित्र 3.4 — वार्षिक वृद्धि वलयों को दर्शाती एक वृक्ष के तने की अनुप्रस्थ काट

3.2.2 पार्श्व विभज्योतक — पौधे परिधि में किस प्रकार वृद्धि करते हैं?

अपने आस-पास देखिए। आपने देखा होगा कि द्विबीजपत्री पौधों के तने न केवल लंबाई में वृद्धि करते हैं, अपितु समय के साथ व्यास या परिधि में भी वृद्धि करते हैं। परिधि में यह वृद्धि किस कारण होती है? इसका एक संभावित स्पष्टीकरण विभज्योतकी ऊतकों की गतिविधि हो सकती है। यदि आप कभी लकड़ी के गोदाम में गए हों या आपने किसी पेड़ का कटा हुआ तना देखा हो,

© NCERT not to be republished

तो आपने लकड़ी की कटी हुई सतह पर कई वलयाकार पैटर्न देखे होंगे (चित्र 3.4)। ये वार्षिक वृद्धि वलय हैं। कुछ वार्षिक वलय चौड़े और कुछ संकरे होते हैं जो किसी विशेष वर्ष में अनुकूल या प्रतिकूल वृद्धि परिस्थितियों को दर्शाते हैं। वैज्ञानिक इन वार्षिक वलयों को गिनकर एक वृक्ष की आयु का अनुमान लगा सकते हैं और उन जलवायु परिस्थितियों को भी समझ सकते हैं जिनमें उसकी वृद्धि हुई।

एक वलय के रूप में व्यवस्थित सक्रिय रूप से विभाजित होने वाली कोशिकाओं की उपस्थिति के कारण तने की परिधि में वृद्धि होती है। ये कोशिकाएँ विभाजित होकर संकेंद्री रूप से भीतर और बाहर की ओर नई कोशिकाएँ निर्मित करती हैं जिससे तने के व्यास में वृद्धि होती है। इस विभज्योतकी ऊतक को **पार्श्व विभज्योतक (lateral meristem)** कहते हैं।

चित्र 3.5 — तने की पर्व संधि से निकलती हुई नई शाखाएँ

3.2.3 अंतर्वेशी विभज्योतक — काट दिए जाने के पश्चात पादप किस प्रकार वृद्धि करते हैं?

हमने अध्ययन किया है कि विभज्योतकी ऊतक जड़ों और प्ररोहों के अग्रभाग पर उपस्थित होते हैं। यदि किसी युवा तने का अग्रभाग काट दिया जाए तो आपके विचार से पौधे की वृद्धि पर क्या प्रभाव होगा? तना लंबाई में वृद्धि करना बंद कर देता है, किंतु तने की पर्वसंधि से नई शाखाएँ निकलती हैं (चित्र 3.5)। अंतर्वेशी विभज्योतक, पर्व के आधार पर या पर्वसंधि के ठीक ऊपर स्थित होता है। पर्वसंधि तने का वह बिंदु है जहाँ से शाखाएँ या पत्तियाँ निकलती हैं। तने की दो पर्वसंधियों के मध्य का भाग **पर्व** कहलाता है। आपने यह भी देखा होगा कि जब किसी उद्यान की बाड़ की छँटाई कर दी जाती है तो कुछ समय पश्चात अधिक शाखाएँ आ जाती हैं जिससे बाड़ घनी दिखाई देती है। घास काटने (चित्र 3.6) अथवा जंतुओं द्वारा घास चरने के पश्चात घास पुनः उग जाती है। यह तने के पर्वों पर विभज्योतक की उपस्थिति के कारण होता है। इन विभज्योतकी ऊतकों को **अंतर्वेशी विभज्योतक (intercalary meristems)** कहते हैं।

चित्र 3.6 — उद्यान में उगी हुई घास की कटाई

इस प्रकार, पौधों में तीन प्रकार के विभज्योतकी ऊतक होते हैं — शीर्षस्थ, पार्श्व और अंतर्वेशी। जड़ और प्ररोह के अग्रभाग पर स्थित शीर्षस्थ विभज्योतक उसकी लंबाई में वृद्धि करता है। तने की परिधि के अनुदिश स्थित पार्श्व विभज्योतक परिधि में वृद्धि करता है। घास जैसे कुछ पौधों के आधार पर स्थित अंतर्वेशी विभज्योतक काटने के पश्चात उनके पुनरुद्भवन में सहायता करता है। ये सभी विभज्योतक मिलकर पौधों में लंबाई, परिधि और शाखाओं में वृद्धि के लिए उत्तरदायी होते हैं।

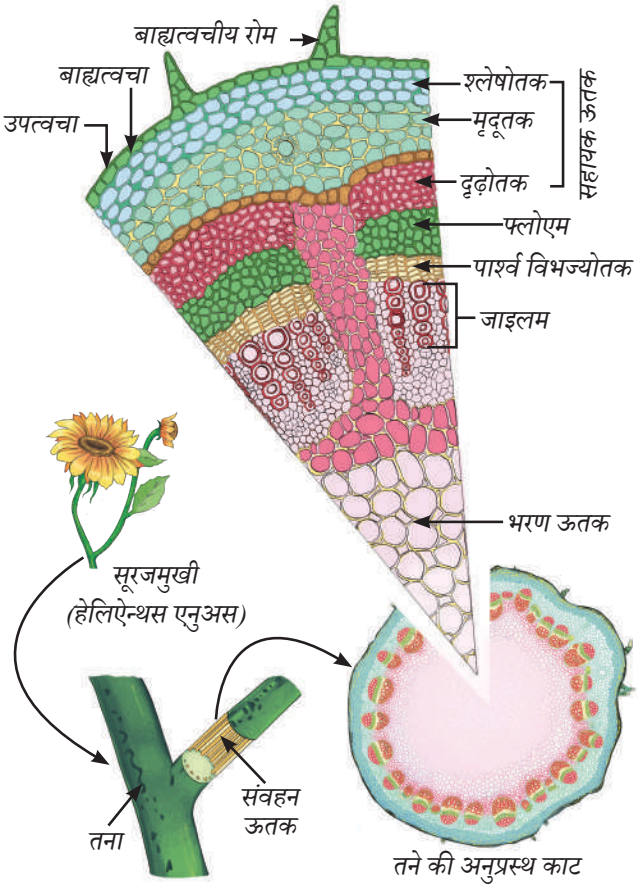
विभज्योतकी ऊतकों की कोशिकाएँ छोटी होती हैं, कोशिका भित्ति पतली होती है, केंद्रक बड़ा और सुस्पष्ट होता है और कोशिकाद्रव्य सघन होता है जिसमें अनेक कोशिकांग होते हैं। रसधानियाँ सामान्यतः अनुपस्थित होती हैं और कोशिकाएँ कम या बिना अंतःकोशिकीय अंतराल के संहत रूप से व्यवस्थित होती हैं। विभज्योतकी ऊतक की इन विशेषताओं के कारण इनमें निरंतर और तीव्रता से कोशिका विभाजन होता है। आपके विचार से विभज्योतकी ऊतक की कोशिकाओं में रसधानियाँ क्यों नहीं होतीं?

निरंतर कोशिका विभाजन के कारण विभज्योतकी ऊतक पादप काया में नई कोशिकाएँ जोड़ता है। नई बनी कुछ कोशिकाएँ विभज्योतक बनी रहती हैं जबकि अन्य कोशिकाओं में विभाजित होने की क्षमता समाप्त हो जाती है। जिन कोशिकाओं में विभाजन की क्षमता समाप्त हो जाती है, उनकी संरचना और प्रकार्यों में परिवर्तन होते हैं और वे **स्थायी ऊतक (permanent tissue)** में परिवर्तित हो जाती हैं। ये कोशिकाएँ अवलंब, परिवहन अथवा भंडारण जैसे विशिष्ट कार्य करने के लिए विशेषीकृत हो जाती हैं। यह प्रक्रिया **विभेदन (differentiation)** कहलाती है। विभेदन की प्रक्रिया से विभज्योतकी ऊतक स्थायी ऊतक में परिवर्तित हो जाता है।

3.2.4 स्थायी ऊतक

किसी शाकीय पौधे की जड़ अथवा तने की अनुप्रस्थ काट (transverse section) अथवा पत्ती की ऊर्ध्वाधर काट (vertical section) को सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखिए। सूक्ष्मदर्शी द्वारा दिखने वाले सूरजमुखी

© NCERT not to be republished



चित्र 3.7 — सूरजमुखी के तने की आंतरिक संरचना

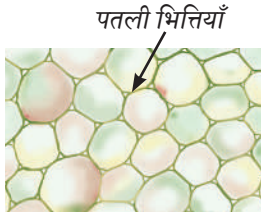
के तने की अनुप्रस्थ काट की आंतरिक संरचना चित्र 3.7 में दर्शाई गई है। आपने क्या अवलोकन किया है? क्या सभी कोशिकाएँ आकार और आमाप में समान हैं? आप विभिन्न प्रकार के कितने ऊतक **पहचान** सकते हैं? उनमें आप क्या अंतर देखते हैं? विभिन्न प्रकार की कोशिकाओं और ऊतकों की उपस्थिति का क्या कारण हो सकता है? आप देख सकते हैं कि कोशिकाओं के विभिन्न समूह उपस्थित हैं और प्रत्येक ऊतक एक विशिष्ट कार्य करने के लिए विशेषीकृत है। ये **स्थायी ऊतक** हैं। स्थायी ऊतक सरल (केवल एक प्रकार की कोशिकाओं से बने) या जटिल (एक से अधिक प्रकार की कोशिकाओं से बने) हो सकते हैं।

निम्नलिखित संकेतकों के आधार पर चित्र 3.7 में दिए गए ऊतकों के प्रकारों का अवलोकन कीजिए—

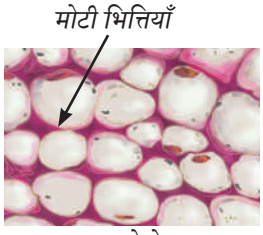
(i) सुरक्षात्मक ऊतक — बाह्यत्वचा

बलकृत क्षति, जल की हानि, हानिकारक सूक्ष्मजीवों और चरम पर्यावरणीय परिस्थितियों से पादपों की सुरक्षा कौन करता है?

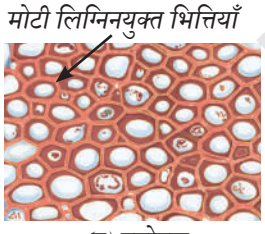
बाह्यत्वचा (epidermis) पादप काया की सबसे बाहरी परत बनाती है। यह संहत चपटी और आयताकार कोशिकाओं की एकल परत से बनी होती है। यह पौधे के सभी भागों की सुरक्षा करती है। ये कोशिकाएँ क्यूटिन नामक मोमी परत से ढकी होती हैं जिसे **उपत्वचा (cuticle)** कहते हैं। अत्यंत शुष्क पर्यावास में पाए जाने वाले कुछ पौधों में बाह्यत्वचा उपत्वचा की एक मोटी परत से ढकी हो सकती है जिससे रंध्रों द्वारा वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रिया में जल हानि कम हो सके। उपत्वचा बलकृत क्षति और परजीवियों के आक्रमण से भी सुरक्षा प्रदान करती है। अनेक पादपों में बाह्यत्वचीय कोशिकाओं से बाल जैसे उभार निकलते हैं। जड़ों के इन उभारों को मूलरोम कहते हैं जो मृदा से जल और खनिजों के अवशोषण के लिए सतह क्षेत्रफल को बढ़ा देते हैं। पत्तियों की बाह्यत्वचा में **रंध्र (stomata)** नामक छिद्र होते हैं जो गैसीय विनिमय के अतिरिक्त वाष्पोत्सर्जन (अर्थात रंध्रों के माध्यम से जल का वाष्पन) में भी सहायता करते हैं। अतः वाष्पोत्सर्जन जाइलम में एक वाष्पोत्सर्जन अभिकर्ष उत्पन्न करके जल परिवहन में सहायता करता है। वाष्पोत्सर्जन पादप शरीर से अपशिष्ट पदार्थों के निष्कासन में भी सहायता करता है।



(क) मृदूतक



(ख) श्लेषोतक



(ग) दृढ़ोतक

चित्र 3.8 — विभिन्न प्रकार के सरल स्थायी ऊतक

(ii) सहायक ऊतक — सरल स्थायी ऊतक

पादप सीधे कैसे रहते हैं? एक नई टहनी क्यों मुड़ जाती है, किंतु एक सूखी टहनी क्यों टूट जाती है? बीजों के आवरण कठोर क्यों होते हैं और जलीय पौधे कैसे तैरते हैं? ये कार्य सहायक ऊतकों द्वारा किए जाते हैं। सहायक ऊतक या सरल स्थायी ऊतक तीन प्रकार के होते हैं— मृदूतक, श्लेषोतक और दृढ़ोतक। इनमें से प्रत्येक की संरचना भिन्न होती है और ये सहायक के रूप में कार्य करते हैं।

(क) मृदूतक

मृदूतक (parenchyma) में पतली भित्तियों वाली सजीव कोशिकाएँ होती हैं (चित्र 3.8 क)। ये कोशिकाएँ विरल रूप से व्यवस्थित होती हैं जिनमें अंतरा कोशिकीय अवकाश होते हैं। मृदूतक मुख्यतः भोजन का भंडारण करने के साथ-साथ पादपों के हरित भागों में प्रकाश-संश्लेषण भी करते हैं। जलीय पादपों में विशेषीकृत मृदूतक वायु गुहिकाएँ बनाते हैं जो उन्हें तैरने में सहायता करती हैं।

(ख) श्लेषोतक

श्लेषोतक (collenchyma) सजीव कोशिकाओं से बने होते हैं जिनके कोने पेक्टिन (रबर की तरह लचीलापन देने वाला रसायन) के निक्षेपण के कारण असमान रूप से स्थूलित (मोटे) होते हैं (चित्र 3.8 ख)।

© NCERT not to be republished

यह ऊतक सहारा और लचीलापन प्रदान करता है जिससे पादप के तने और प्रतान जैसे भाग बिना टूटे झुक सकते है।

(ग) दृढ़ोतक

दृढ़ोतक (sclerenchyma) कोशिकाएँ लिग्निन के निक्षेपण के कारण मोटी भित्ति वाली होती हैं (चित्र 3.8 ग) क्योंकि लिग्निन का निक्षेपण उन्हें कठोर और सुदृढ़ बनाता है (ये काष्ठीय संरचनाएँ निर्मित करते हैं)। इनमें से अधिकांश कोशिकाएँ मृत होती हैं। यह ऊतक तनों, पर्ण शिराओं और बीजों तथा गिरियों के कठोर आवरणों, जैसे— नारियल के रेशे और अखरोट के छिलके में पाया जाता है।

(iii) संवहन ऊतक — जटिल स्थायी ऊतक

ऊँचे वृक्षों की पत्तियों में जल किस प्रकार पहुँचता है? पत्तियों में तैयार भोजन पादप के अन्य भागों तक किस प्रकार पहुँचता है?

पादपों में **जाइलम (xylem)** और **फ्लोएम (phloem)** नामक विशेषीकृत संवहन ऊतक होते हैं जो **जटिल स्थायी ऊतक (complex permanent tissue)** कहलाते हैं, क्योंकि ये विभिन्न प्रकार की कोशिकाओं से बने होते हैं जो मिलकर कार्य करती हैं। जाइलम (चित्र 3.9 क) वह ऊतक है जो जल और खनिजों का जड़ों से पादपों के अन्य भागों तक परिवहन करता है। यह पादप को दृढ़ता भी प्रदान करता है। जाइलम में वाहिनिकाएँ, वाहिकाएँ, जाइलम मृदूतक और जाइलम तंतु होते हैं। वाहिनिकाएँ और वाहिकाएँ नलिकाकार और मोटी भित्ति वाली होती हैं। जाइलम मृदूतक, जाइलम का एकमात्र जीवित घटक है जबकि वाहिनिकाएँ, वाहिकाएँ और जाइलम तंतु प्राथमिक रूप से दृढ़ोतकीय होते हैं। जाइलम के विपरीत फ्लोएम अधिकांशतः सजीव कोशिकाओं से बना होता है (चित्र 3.9 ख)। इसमें चालनी नलिकाएँ, सहचर कोशिकाएँ, फ्लोएम मृदूतक और फ्लोएम तंतु होते हैं। कुछ कोशिकाएँ लंबी और नलिकाकार होती हैं जो छिद्रित भित्तियों द्वारा एक सिरे से दूसरे सिरे तक परस्पर जुड़ी होती हैं। ये कोशिकाएँ **चालनी नलिकाएँ (sieve tubes)** बनाती हैं। चालनी नलिकाएँ पत्तियों से पादप के अन्य भागों तक भोजन का परिवहन करती हैं। चालनी नलिका कोशिकाओं के कोशिकीय कार्यों का नियमन सहचर कोशिकाओं द्वारा किया जाता है। **सहचर कोशिकाएँ (companion cells)** विशेषीकृत मृदूतक कोशिकाएँ हैं। सहचर कोशिकाओं का मुख्य प्रकार्य चालनी नलिकाओं में शर्करा के भारण और अभारण का अनुवीक्षण करना है। फ्लोएम मृदूतक खाद्य पदार्थ, राल (resin), टैनिन और रबड़क्षीर (latex) संग्रहीत करता है। चालनी नलिकाओं को फ्लोएम तंतुओं से भी सहारा मिलता है जो मुख्यतः दृढ़ोतकीय होते हैं और दृढ़ता प्रदान करते हैं।

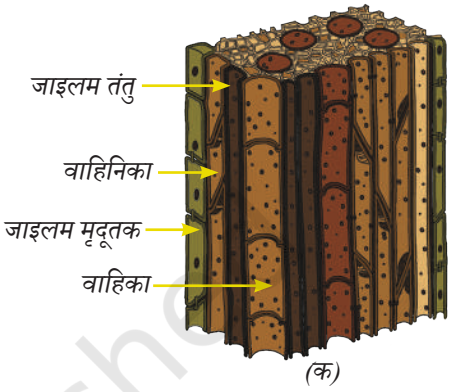
अब तक हमने पादप ऊतकों के विभिन्न प्रकारों का उनके कार्यों — सुरक्षा, अवलंब और संवहन के आधार पर अध्ययन किया है। पादप शरीर में ये ऊतक अकेले कार्य नहीं करते हैं। ये मिलकर बड़े समूहों में संगठित होते हैं जिन्हें **ऊतक तंत्र** कहा जाता है।

पादप ऊतक तीन ऊतक तंत्रों (चित्र 3.10) में संगठित होते हैं —

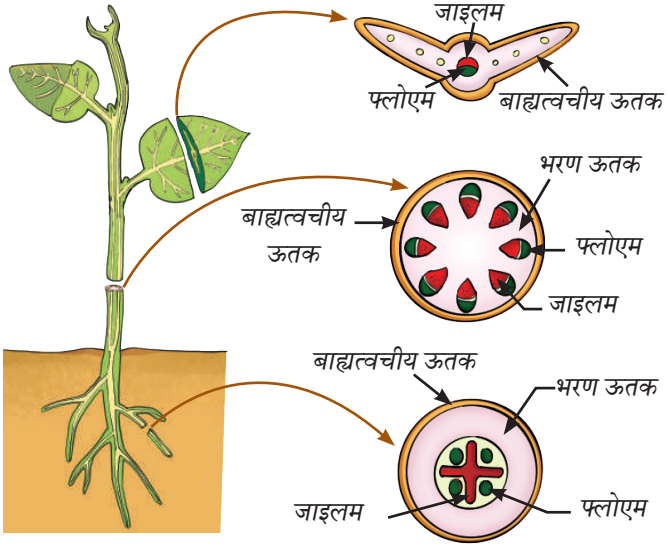
1. **त्वचीय ऊतक तंत्र** — यह पौधे का बाहरी आवरण बनाता है। यह आंतरिक भागों की रक्षा करता है और जल-हानि को कम करता है।

सोचिए और बताइए

1. आपने देखा होगा कि नारियल के रेशे के तंतु कठोर और भंगुर होते हैं जबकि धनिए के पर्णवृंत नरम और लचीले होते हैं। कारण जानने का प्रयास कीजिए।



चित्र 3.9 — संवहन ऊतक — (क) जाइलम (ख) फ्लोएम



चित्र 3.10 — पादपों में ऊतक तंत्र

© NCERT not to be republished

वैज्ञानिक-परिचय

सिप्रा गुहा मुखर्जी ने **एस.सी. माहेश्वरी** के सहयोग से पादप ऊतक संवर्धन के क्षेत्र में एक महत्त्वपूर्ण खोज की। उनके शोध ने नियंत्रित प्रयोगशाला परिस्थितियों में एक कृत्रिम पोषक का उपयोग करके परागकोष संवर्धन द्वारा एक पूर्ण पादप का विकास किया। इस अग्रणी कार्य ने फसल सुधार में व्यापक योगदान दिया और इसके कारण आधुनिक कृषि में महत्त्वपूर्ण प्रगति हुई।

आइए, और चिंतन करें

नए पौधों में बाहरी सुरक्षात्मक परत एकल-स्तरीय बाह्यत्वचा होती है। जैसे-जैसे पादप वृद्धि करते हैं, तने की बाह्यत्वचा के नीचे की कुछ कोशिकाएँ विभाजन की क्षमता विकसित करती हैं एवं पार्श्व विभज्योतकी कोशिकाओं के रूप में कार्य करती हैं और काग एधा (cork cambium) बनाती हैं। काग एधा कोशिकाओं के विभाजन से काग (cork) कोशिकाएँ उत्पन्न होती हैं। काग कोशिकाएँ मृत और संहत रूप से व्यवस्थित होती हैं तथा एक ऐसे पदार्थ से युक्त होती हैं जो उन्हें जल और गैसों के लिए अपारगम्य बनाता है। इनसे पेड़ की छाल बनती है।

2. **भरण ऊतक तंत्र** — यह त्वचीय और संवहन ऊतकों के मध्य मुख्य पादप काया को बनाता है। इसमें मृदूतक, श्लेषोतक और दृढ़ोतक सम्मिलित होते हैं।
3. **संवहन ऊतक तंत्र** — इसमें संवहन ऊतक — जाइलम और फ्लोएम होते हैं।

सोचिए और बताइए

2. आपके विचार में मरुस्थल में रहने वाले पादपों की बाह्यत्वचा की बाहरी भित्ति की मोटी उपत्वचा (cuticle) मरुस्थलीय पादपों के लिए लाभदायक एवं जलमग्न पादपों के लिए हानिकारक क्यों है?
3. पादप की जड़ों द्वारा जल अवशोषित होने पर तो इसे जाइलम के माध्यम से गुरुत्वाकर्षण के विपरीत गति करनी होती है। जाइलम की 'मृत' कोशिकाएँ ऊपरी पत्तियों की सजीव कोशिकाओं के साथ मिलकर जल को गतिमान रखने के लिए किस प्रकार कार्य करती हैं?
4. यदि तने या पत्तियों की बाह्यत्वचा में रंध्र न हों तो आपके विचार में क्या होगा?

3.3 जंतु ऊतक

पौधों के समान, जंतु कोशिकाएँ भी एक साथ समूहित होती हैं और विशेषीकृत होकर विभिन्न कार्य करती हैं। समान कोशिकाओं के ये समूह जंतु ऊतक बनाते हैं। आइए, कुछ सरल क्रियाकलाप करें —

- अपनी आँखें तेजी से झपकाइए।
- अपनी मुट्ठी बंद कीजिए और खोलिए।
- गहरी श्वास लीजिए।
- किसी गर्म या ठंडी वस्तु को स्पर्श कीजिए।

अब सोचिए कौन-सा ऊतक आपको क्रिया करने में सहायता करता है? कौन-सा ऊतक आपको ऊष्णता और शीतलता का बोध करने में सक्षम बनाता है? कौन-से ऊतक द्वारा ऑक्सीजन रक्त में प्रविष्ट होती है? कौन-से ऊतक द्वारा शरीर एक साथ जुड़ा रहता है जिस कारण त्वचा उससे अलग नहीं हो पाती?

इस प्रकार के अनेक प्रश्न पूछे जा सकते हैं किंतु उत्तर जंतु ऊतकों की विविधता में निहित हैं जो विभिन्न प्रकार्यों को करने के लिए विशेष रूप से अनुकूलित हैं। यह समझना रोचक है कि किसी जंतु ऊतक की संरचना उसके विशिष्ट प्रकार्य के लिए किस प्रकार उपयुक्त है।

आइए, विभिन्न प्रकार के जंतु ऊतकों का अध्ययन करें। प्रत्येक ऊतक एक विशिष्ट कार्य करता है।

3.3.1 उपकला ऊतक — संरचना और प्रकार्य

उपकला ऊतक (epithelial tissue) शरीर के बाहरी आवरण (त्वचा) का निर्माण करता है और आंतरिक अंगों, जैसे — मुँह, फेफड़ों, रक्त वाहिकाओं और आँत का

© NCERT not to be republished

आस्तर भी बनाता है। यह बहुत कम अंतराल वाली संहत रूप से व्यवस्थित कोशिकाओं से बना होता है। यह संरचना रोगाणुओं के प्रवेश को रोकती है, जल-हानि कम करती है और पदार्थों के अवशोषण, स्रवण और गति में भी सहायता करती है। विभिन्न प्रकार के उपकला ऊतक अलग-अलग प्रकार्य करने के लिए संरचनात्मक रूप से अनुकूलित होते हैं (तालिका 3.2)।

उपकला ऊतकों की संरचना और प्रकार्य किस प्रकार संबंधित हैं यह समझने के लिए तालिका 3.2 का चित्र 3.11 में दिए गए संगत चित्रों के साथ अध्ययन कीजिए।

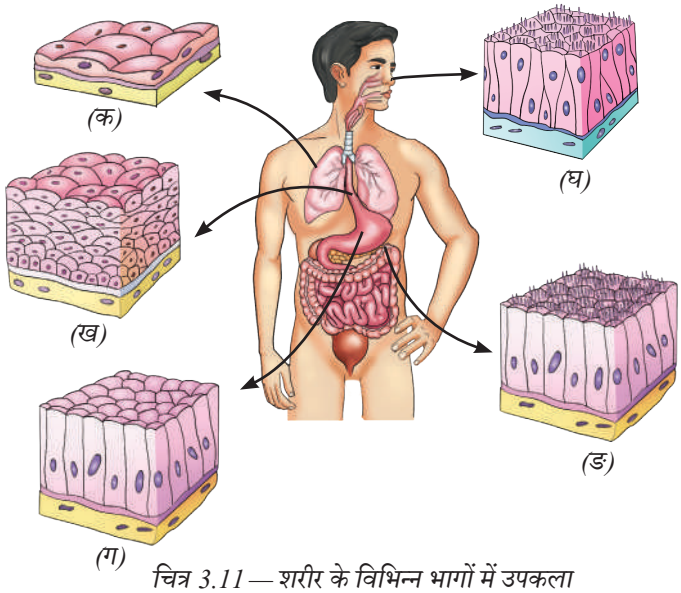
तालिका 3.2 — कार्यात्मक और संरचनात्मक रूप से भिन्न उपकला ऊतकों की विशेषताएँ

प्रकार्य	संरचना	शरीर में स्थान
विनिमय — द्रवों और गैसों के द्रुत विसरण में सहायता करता है।	पतली, चपटी कोशिकाओं की एकल परत (चित्र 3.11 क)	रक्त वाहिकाओं और फेफड़ों के ऊतकों का आस्तर
सुरक्षा — अंतर्निहित ऊतकों को बलकृत क्षति, घर्षण और सूक्ष्मजीवों के प्रवेश से बचाता है।	कोशिकाओं की अनेक परतें, बाहरी कोशिकाएँ चपटी और संहत होती हैं (चित्र 3.11 ख)	त्वचा, मुँह और ग्रासनली
स्रवण — श्लेष्म, एंजाइम, हार्मोन, स्वेद, लार का उत्पादन और स्रवण	पदार्थों के उत्पादन और मोचन के लिए विशेषीकृत कोशिकाएँ; घनाकार (cuboidal) अथवा स्तंभाकार (columnar) हो सकती हैं (चित्र 3.11 ग)	लार ग्रंथियों, स्वेद ग्रंथियों और आमाशय का आस्तर
संवेदी प्रकार्य — गंध, स्वाद, ध्वनि और संतुलन	रोम जैसे पक्ष्माभ (cilia) वाली विशेषीकृत ग्राही कोशिकाएँ (चित्र 3.11 घ)	नासाछिद्र, स्वाद-कलिकाएँ और आंतर कर्ण
अवशोषण — पोषक तत्वों, जल आदि का प्रभावी उद्ग्रहण	लंबी, स्तंभ जैसी कोशिकाओं की एकल परत, प्रायः रोम जैसी संरचना के साथ (चित्र 3.11 ङ)	छोटी आँत का आस्तर

3.3.2 हमारे शरीर के विभिन्न भाग किस प्रकार परस्पर जुड़े होते हैं?

आपने अध्ययन किया है कि रक्त शरीर के विभिन्न भागों को पोषक तत्वों, गैसों, हार्मोन आदि का परिवहन करके परस्पर जोड़ता है। उसी प्रकार अस्थियाँ शरीर को सिर से पैर तक जोड़ती और सहारा देती हैं। वह ऊतक जो अन्य ऊतकों को जोड़ता और सहारा देता है, **संयोजी ऊतक (connective tissue)** कहलाता है। रक्त और अस्थियाँ दोनों संयोजी ऊतक हैं। यद्यपि दोनों संयोजी ऊतक हैं, परंतु ये संयोजन और संगतता में भिन्न होते हैं। रक्त तरल है जबकि अस्थि कठोर है। यह अंतर आधात्री (matrix) के कारण है, जो रक्त में जलीय, मृदु और जेली जैसी होती है, किंतु अस्थियों में कठोर, ठोस और दृढ़ होती है (चित्र 3.12क)।

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 9



चित्र 3.11 — शरीर के विभिन्न भागों में उपकला ऊतकों के प्रकार

© NCERT not to be republished

क्रियाकलाप 3.2 — आइए, अधिक विस्तार से समझें

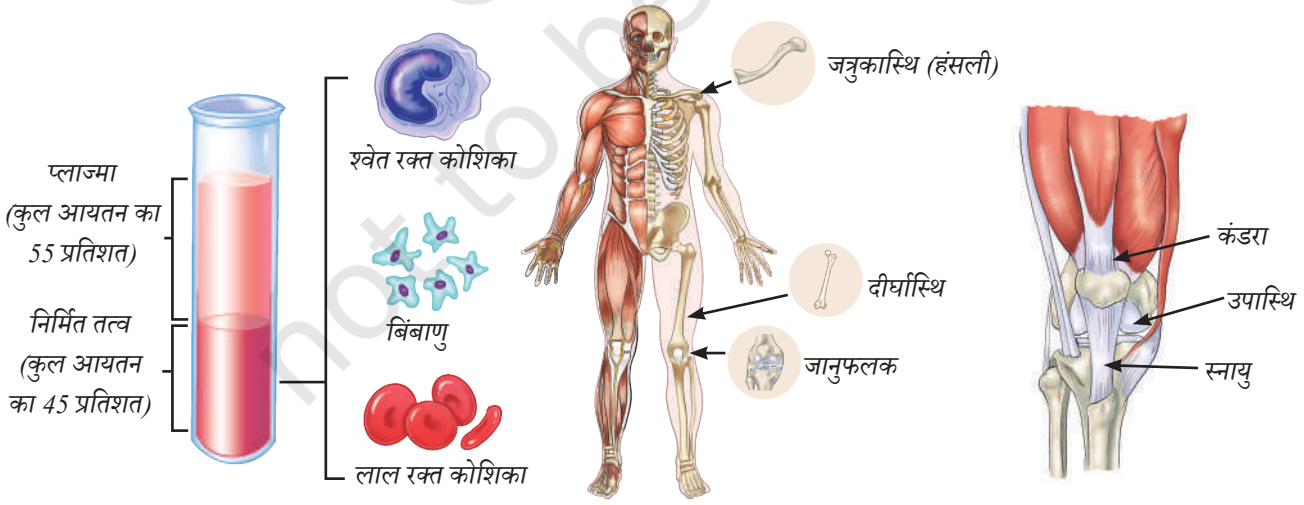
- तालिका 3.3 के पहले स्तंभ में दिए गए दैनिक अनुभवों का स्मरण कीजिए।
- अपने अवलोकन और प्रश्न अपनी नोट-बुक में लिखिए।
- अपने अवलोकनों की तालिका 3.3 में दिए गए अवलोकनों से **तुलना** कीजिए।

तालिका 3.3 — आपके दैनिक जीवन के अनुभव, अवलोकन और प्रश्न

अनुभव	अवलोकन	प्रश्न
जब आपकी त्वचा थोड़ी-सी कट गई हो।	कटे हुए स्थान से लाल रक्त निकलता है। कुछ समय पश्चात थक्का बन जाता है।	रक्त का थक्का (स्कंदन) बनने का क्या कारण है?
जब आपको त्वचा में संक्रमण हुआ हो।	वह क्षेत्र लाल हो जाता है और संभवतः सूजन भी हो जाती है। आपको ज्वर भी हो सकता है।	
जब आप व्यायाम करते हैं या दौड़ते हैं।	आप तेजी से श्वास लेते हैं और आपका चेहरा लाल भी हो सकता है।	

उपर्युक्त दैनिक अनुभव रक्त एवं उसके घटकों से संबंधित हैं।

1. रक्त का लाल रंग हीमोग्लोबिन के कारण होता है जो लाल रक्त कोशिकाओं में पाया जाने वाला एक लौह-समृद्ध प्रोटीन है। लाल रक्त कोशिकाएँ लगभग 4 महीने तक जीवित रहती हैं और नियमित रूप से प्रतिस्थापित होती रहती हैं।
2. बिंबाणु (platelets) चोट के स्थान पर रक्त का थक्का बनाने में सहायता करते हैं।
3. व्यायाम अथवा दौड़ते समय, माँसपेशियों को अधिक ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है अतः श्वास लेने की गति तीव्र हो जाती है और रक्त प्रवाह बढ़ जाता है (चेहरा लाल दिखता है)।
4. श्वेत रक्त कोशिकाएँ संक्रमित क्षेत्रों में एकत्र होती हैं जिससे मवाद (pus) का निर्माण और शोथ होता है (संक्रमित क्षेत्र में लालिमा, सूजन और मवाद निर्माण)।



(क) रक्त के घटक (ख) अस्थियों के उदाहरण (ग) किसी संधि पर ऊतकों का विन्यास

चित्र 3.12 — संयोजी ऊतकों के उदाहरण

© NCERT not to be republished

विभिन्न क्रियाओं द्वारा अनुभूत किए गए अन्य संयोजी ऊतकों के कार्य।

क्रियाकलाप 3.3 — आइए, करके देखें

1. तालिका 3.4 में दी गई क्रियाएँ कीजिए।
2. अपने अनुभव लिखिए और उनकी तुलना तालिका 3.4 में दिए गए अनुभवों से कीजिए।
3. संयोजी ऊतकों के कार्यों का अध्ययन कीजिए एवं उनकी पहचान कीजिए (चित्र 3.12)।

तालिका 3.4 — संयोजी ऊतक

क्रिया	अनुभव	प्रकार्य	पहचाना गया संयोजी ऊतक
धीरे से अपनी कोहनी का स्पर्श कीजिए।	एक कठोर और दृढ़ संरचना	सुदृढ़ता, अवलंब (सहारा) और सुरक्षा देती है।	अस्थि (चित्र 3.12 ख)
अपना कान दबाइए और मोड़िए अथवा अपनी नाक को धीरे से दबाइए और रुकिए।	एक नरम और लचीली संरचना जो पुनः आकार प्राप्त कर लेती है।	लचीलापन देती है और अस्थियों के सिरों को आघात-अवशोषण के लिए गद्दीदार बनाती है।	उपास्थि (चित्र 3.12 ग)
अपनी अग्रबाहु का स्पर्श कीजिए और अँगुलियाँ हिलाइए।	अँगुलियों के दूर होने पर भी अग्रबाहु में गति का अनुभव होता है।	माँसपेशी को अस्थि से जोड़ती है और इस प्रकार गति को संभव करती है।	कंडरा (चित्र 3.12 ग)
कुर्सी पर बैठें और अपना पैर उतना ऊपर उठाइए जितना आपके घुटने के लिए संभव हो।	संधि एक सीमा से आगे जाने की अनुमति नहीं देती।	अस्थि को अस्थि से जोड़ता है और स्थिरता प्रदान करता है, गति सीमित करता है और विस्थापन रोकता है।	स्नायु (चित्र 3.12 ग)

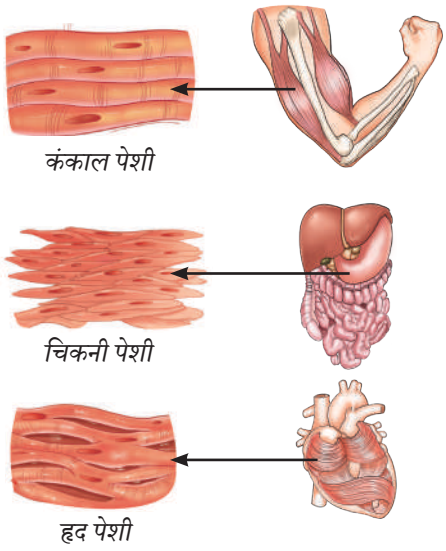
अस्थियों में कैल्सियम और फॉस्फोरस यौगिकों से युक्त एक दृढ़ आधात्री होती है जो उन्हें दृढ़ता और अनम्यता देती है। इसके विपरीत उपास्थि में एक मृदु, जेली जैसी आधात्री होती है और यह लचीलापन और गद्दीदार प्रभाव प्रदान करती है। अन्य संयोजी ऊतकों में कंडरा और स्नायु सम्मिलित हैं। कंडराएँ माँसपेशियों को अस्थियों से जोड़ती हैं जबकि स्नायु अस्थियों को अस्थियों से जोड़ते हैं और अत्यधिक गति को नियंत्रित करते हैं (चित्र 3.12 ग)

3.3.3 क्या हम अपने शरीर में गति को नियंत्रित कर सकते हैं?

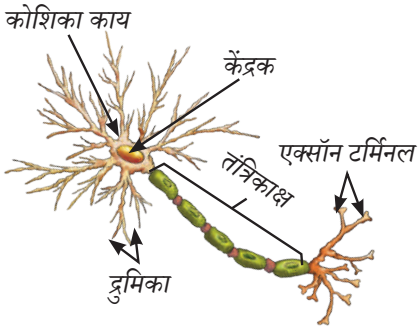
कुछ गतियाँ हमारे सचेत नियंत्रण में होती हैं, जैसे — दौड़ना, लिखना या वस्तुएँ उठाना। इन्हें **ऐच्छिक गतियाँ (voluntary movements)** कहते हैं और ये कंकाल पेशियों (चित्र 3.13) द्वारा संपन्न होती हैं जो कंकाल से जुड़ी होती हैं। ये लंबी, बेलनाकार कोशिकाओं के पूलों से बनी होती हैं जिन्हें **पेशी तंतु (muscle fibres)** कहते हैं। ये अशाखित, बहुकेंद्रकी (अनेक केंद्रक वाले) और रेखित (हल्की और गहरी पट्टियों वाले) होते हैं।

क्या शरीर में अनैच्छिक गतियाँ भी होती हैं? हाँ, शरीर में अनेक गतियाँ सचेत नियंत्रण के बिना स्वचालित रूप से होती हैं, उदाहरण के लिए — आँत में भोजन की गति और हृदय स्पंदन। इन्हें **अनैच्छिक गतियाँ (involuntary movements** कहते हैं। इन गतियों के लिए उत्तरदायी माँसपेशियों में **चिकनी पेशियाँ (smooth muscles)** (चित्र 3.13) सम्मिलित हैं जो आमाशय और आँत जैसे अंगों में पाई जाती हैं।

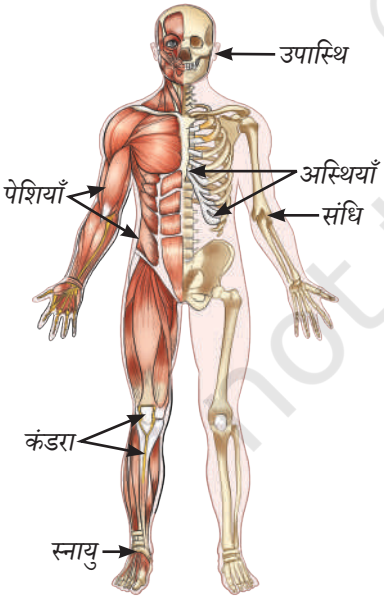
© NCERT not to be republished



चित्र 3.13 — विभिन्न प्रकार की पेशियाँ



चित्र 3.14 — न्यूरॉन की संरचना



चित्र 3.15 — मानव शरीर में पेशी-कंकाल तंत्र

इनकी कोशिकाएँ तर्कुरूप, एकल केंद्रक वाली होती हैं और इनमें धारियाँ नहीं होतीं। ये पाचन जैसी धीमी, सतत गतियों में सहायता करती हैं।

हृदय पेशियाँ (cardiac muscles) (चित्र 3.13) केवल हृदय में पाई जाती हैं। इनके तंतु बेलनाकार और शाखित होते हैं जिनमें एकल केंद्रक और हल्की धारियाँ होती हैं। हृदय पेशियाँ अथक और लयबद्ध रूप से कार्य करती हैं जिससे हृदय बिना थके जीवनपर्यन्त स्पंदन करता रहता है।

3.3.4 शरीर किस प्रकार संवेदन, संप्रेषण और अनुक्रिया करता है?

क्या आपने ध्यान दिया है कि गर्म वस्तु को स्पर्श करने पर आप कितनी शीघ्रता से अपना हाथ पीछे खींच लेते हैं अथवा पूर्व में सीखे गए गाने के बोल आपको कैसे स्मरण रहते हैं? इन क्रियाओं को **तंत्रिका ऊतक (nervous tissue)** नियंत्रित करता है जो शरीर का नियंत्रण और समन्वय संजाल बनाता है। मस्तिष्क नियंत्रण केंद्र के रूप में कार्य करता है, पूर्ण शरीर में क्रियाओं, स्मृति और अनुक्रियाओं का समन्वय करता है। ऐच्छिक और अनैच्छिक दोनों मांसपेशियाँ स्वतंत्र रूप से कार्य नहीं कर सकतीं। वे तंत्रिका ऊतक से अनुदेश प्राप्त करती हैं। उदाहरण के लिए— व्यायाम करते समय मस्तिष्क हृदय को तीव्र गति से धड़कने का संकेत देता है जिससे शरीर की बढ़ी हुई ऑक्सीजन की आवश्यकता पूरी की जा सके।

तंत्रिका ऊतक की कोशिकाओं को तंत्रिका कोशिकाएँ या **न्यूरॉन (neuron)** (चित्र 3.14) कहते हैं जो संदेशों को ग्रहण करने, संसाधित करने और प्रेषित करने के लिए विशेषीकृत होती हैं। प्रत्येक न्यूरॉन के तीन मुख्य भाग होते हैं — **कोशिका-काय** जिसमें केंद्रक होता है और कोशिकीय गतिविधियाँ नियंत्रित होती हैं, **द्रुमिका** जो अन्य न्यूरॉन से संकेत प्राप्त करती हैं तथा **तंत्रिकाक्ष** एक लंबा तंतु जो कोशिका से संदेश ले जाता है और एक्सॉन टर्मिनल पर समाप्त होता है। एक्सॉन टर्मिनल अन्य कोशिकाओं तक संदेश पहुँचाते हैं।

3.4 पेशी-कंकाल तंत्र

पेशी-कंकाल तंत्र (musculoskeletal system) (चित्र 3.15) अस्थियों, पेशियों, संधियों, उपास्थियों, कंडराओं और स्नायुओं से मिलकर बना होता है। यह तंत्र हमें सीधे खड़े होने, गति करने, मुद्रा बनाए रखने और कोमल अंगों की रक्षा करने में सहायता करता है। पेशी-कंकाल तंत्र, तंत्रिका तंत्र के नियंत्रण में कार्य करता है। मांसपेशियाँ गति उत्पन्न करने के लिए अस्थियों को खींचती हैं। वे **कंडरा** नामक सुदृढ़, लचीली पट्टियों द्वारा अस्थियों से जुड़ी होती हैं (चित्र 3.15)। जब कोई मांसपेशी संकुचित होती है, तो कंडरा इस बल को अस्थि तक पहुँचाती है जिससे संधि पर गति होती है। क्या आपने कभी सोचा है कि आपके शरीर के कुल भार का कितना भाग अस्थियों से आता है? औसतन वयस्क मानव कंकाल शरीर के भार का लगभग 12–15 प्रतिशत होता है यद्यपि यह आयु, लिंग और शारीरिक संरचना के अनुसार भिन्न हो सकता है।

© NCERT not to be republished

क्रियाकलाप 3.4 — आइए, जाँच करें

हमारे शरीर के कुल भार का कितना प्रतिशत अस्थियों और पेशियों से बना है?

1. एक तुला पर खड़े हो जाइए और अपने कुल भार को अभिलेखित कीजिए।
2. ऑनलाइन संदर्भ या स्वास्थ्य संसाधनों का उपयोग करके अपनी आयु, लिंग और एक भारतीय शरीर के प्रकार (जो नृजातीयता के साथ भिन्न हो सकते हैं) का औसत अस्थि और मांसपेशी द्रव्यमान प्रतिशत ज्ञात कीजिए। उदाहरण के लिए— औसतन वयस्क पुरुषों में लगभग 40–50 प्रतिशत मांसपेशी और वयस्क महिलाओं में लगभग 30–40 प्रतिशत मांसपेशी होती है जबकि सभी वयस्कों में अस्थि द्रव्यमान लगभग 12–15 प्रतिशत होता है।
3. अपनी अस्थियों और मांसपेशियों के भार का **अनुमान** लगाने के लिए अपने शरीर के कुल भार को अस्थि के प्रतिशत और मांसपेशियों के प्रतिशत से गुणा कीजिए।
4. अस्थि और मांसपेशी का अनुमानित भार अभिलेखित कीजिए और उनकी तुलना अपने शरीर के कुल भार से कीजिए।
5. अपने निष्कर्षों की तुलना अपने सहपाठियों के निष्कर्षों से कीजिए और कक्षा के सभी विद्यार्थियों के भार का परिकलन कीजिए।

चर्चा कीजिए कि अस्थि और मांसपेशी द्रव्यमान विभिन्न व्यक्तियों में अलग-अलग क्यों होते हैं और वे शरीर के कुल भार में किस प्रकार योगदान करते हैं?

3.4.1 पेशी-कंकाल तंत्र की क्रियाशीलता

क्रियाकलाप 3.5 — आइए, अवलोकन करें

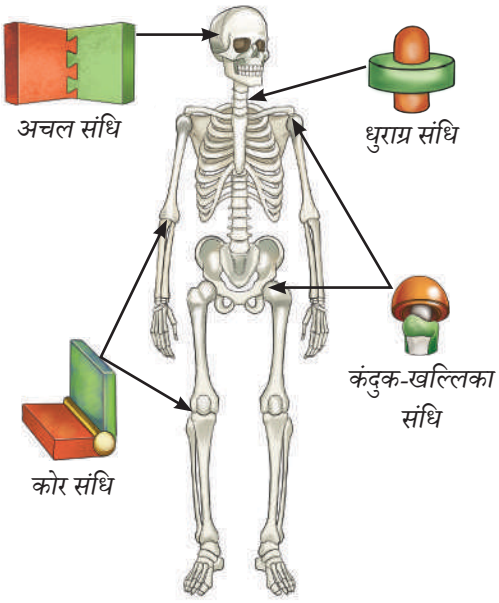
अपने शरीर के विभिन्न भागों को हिलाइए और अवलोकन कीजिए कि वे कौन-कौन-सी गति कर सकते हैं।

तालिका 3.5 — शरीर द्वारा की जाने वाली विभिन्न प्रकार की गतियाँ

शरीर के भाग	पूरा घुमाव	आंशिक घुमाव	झुकाव/ मुड़ना	घूमना, बगल से ऊपर उठाना, ऊपर-नीचे या कोई अन्य गति
कोहनी	नहीं	नहीं	नहीं	
कंधा				
घुटना				
गर्दन				
अँगुलियाँ				
पैर की अँगुलियाँ				
कलाई				

आपने संभवतः देखा होगा कि हमारे शरीर के कुछ भाग सरलता से कई दिशाओं में गति कर सकते हैं जबकि अन्य केवल एक दिशा में ही गति करते हैं। ऐसा क्यों होता है? यह अंतर विभिन्न प्रकार की संधियों के प्रकार के कारण होता है। संधि दो या अधिक अस्थियों के बीच का जोड़ है। संधियाँ गति को संभव बनाती हैं किंतु वे स्वयं अस्थियों को गति प्रदान नहीं कर सकती हैं। अतः अस्थियों की गति वस्तुतः किस कारण होती है?

© NCERT not to be republished



चित्र 3.16 — संधियों के प्रकार

3.5 संधियों के प्रकार

3.5.1 कंदुक-खल्लिका संधि

कंधे की संधि भुजा (बाँह) की मुक्त गति को संभव बनाती है (तालिका 3.5)। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि ऊपरी भुजा की अस्थि का गोलाकार शीर्ष कंधे की अस्थि के एक उथले गड्ढे में फिट होता है जिससे **कंदुक-खल्लिका (ball and socket)** संधि (चित्र 3.16) बनती है। कंधा जत्रुकास्थि (collarbone) के साथ मिलकर, कंधे की मेखला बनाता है जो भुजा को कंकाल से जोड़ती है। यह संधि अग्र, पश्च, पार्श्व और गोलाकार गति को संभव बनाती है।

3.5.2 कोर संधि

कंधे के विपरीत कोहनी एक दरवाजे के कब्जे की तरह केवल एक दिशा में मुड़ती और सीधी होती है (तालिका 3.5)। इस प्रकार की संधि को **कोर (hinge) संधि** कहते हैं। घुटने में भी इसी प्रकार की एक कोर संधि होती है जहाँ जानुफलक (kneecap/patella) नामक एक छोटी अस्थि संधि की रक्षा करती है।

3.5.3 धुराग्र संधि

अब अपना सिर 'नहीं' की मुद्रा में हिलाने का प्रयास कीजिए। अपना हाथ गर्दन के पीछे रखिए और हल्की गति का अनुभव कीजिए। गर्दन इतने स्वतंत्र रूप से कैसे गति करती है? खोपड़ी एक **धुराग्र (pivot) संधि** के माध्यम से मेरुदंड से जुड़ी होती है जो सिर की ऊपर-नीचे और दाएँ-बाएँ गति करने को संभव बनाती है।

3.5.4 अचल संधियाँ

खोपड़ी आपस में जुड़ी चपटी अस्थियों का एक कठोर आवरण है जो मस्तिष्क, आँखों और कानों की रक्षा करती है। खोपड़ी की अस्थियाँ **अचल (fixed) संधियों** से जुड़ी होती हैं जिसका अर्थ है कि खोपड़ी की अस्थियाँ गति नहीं कर सकतीं। यह शरीर के गति करने पर भी मस्तिष्क को सुरक्षित रखती हैं।

आइए, और चिंतन करें

अस्थि मज्जा (bone marrow) में मूल (stem) कोशिका नामक विशेष कोशिकाएँ होती हैं जो विभाजित होकर नई कोशिकाओं का निर्माण कर सकती हैं। अस्थि मज्जा प्रत्यारोपण (bone marrow transplant) में एक स्वस्थ व्यक्ति की मूल कोशिकाएँ ऐसे रोगियों को दी जाती हैं जिन्हें रक्त कैंसर, जैसे— ल्यूकेमिया या रक्त विकार, जैसे— थैलेसीमिया होते हैं।

सोचिए और बताइए

5. नीचे दिया गया चित्र (चित्र 3.17) देखिए। भारत के शास्त्रीय और लोक नृत्यों की विभिन्न मुद्राओं का ध्यानपूर्वक अवलोकन कीजिए। क्या आप पहचान सकते हैं कि इन मुद्राओं में कौन-सी संधियाँ सम्मिलित हैं? साथ ही प्रत्येक संधि से किस प्रकार की गति संभव होती है?

चित्र 3.17 — भारत के शास्त्रीय और लोक नृत्यों की मुद्राएँ

© NCERT not to be republished

3.6 कंकाल तंत्र

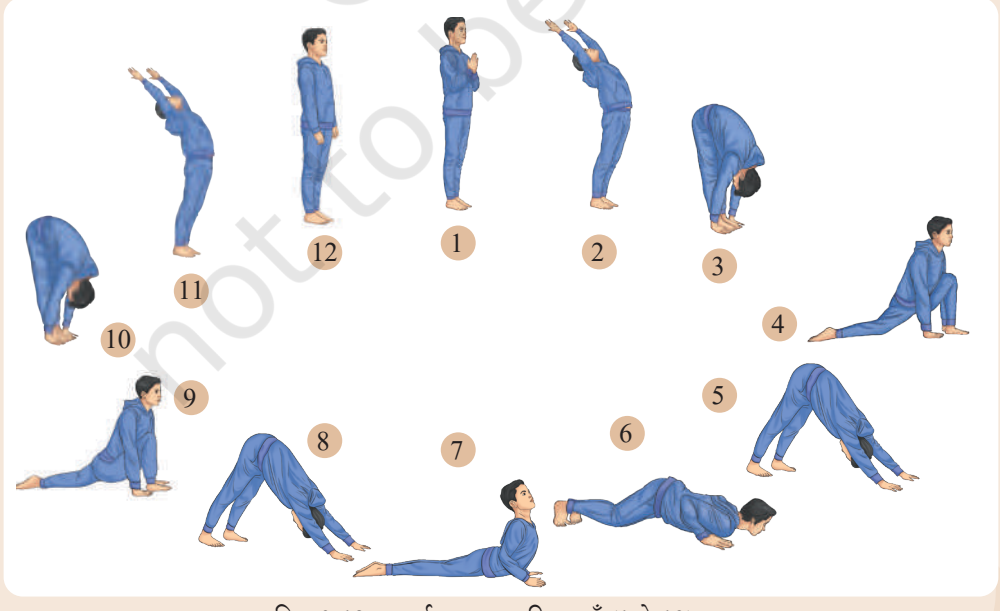
कंकाल तंत्र (skeletal system) अस्थियों का एक ऐसा ढाँचा होता है जो शरीर को दृढ़ता प्रदान करता है और कोमल आंतरिक अंगों की रक्षा करता है। इसमें खोपड़ी (skull), कशेरुक दंड (vertebral column) और पसली पिंजर (rib cage) सम्मिलित हैं। खोपड़ी के आधार से एक लचीला दंड निकलता है जिसे **मेरुदंड (backbone)** या **कशेरुक दंड (spine)** कहते है, यह **कशेरुका (vertebrae)** नामक छोटी हड्डियों की एक श्रृंखला से बना होता है। यह शरीर को सहारा देता है और हमें सीधे खड़े रहने में सहायता करता है। दो कशेरुकाओं के बीच एक उपास्थि चक्रिका (cartilage disc) होती है जो एक गद्दी के समान कार्य करती है और लचीलापन प्रदान करती है, जिससे हम मेरुरज्जु (spinal cord) को चोट पहुँचाए बिना झुक और मुड़ सकें।

क्या आप अपने वक्ष के नीचे अस्थियों का अनुभव कर सकते हैं? ये आपकी पसलियाँ (ribs) हैं। आपके शरीर में पसलियों के 12 जोड़े होते हैं और ये मिलकर पसली पिंजर बनाते हैं। पसली पिंजर एक सुरक्षात्मक पिंजरे की तरह कार्य करता है जो हृदय और फेफड़ों जैसे महत्त्वपूर्ण अंगों की रक्षा करता है। किंतु आप सोच सकते हैं, ऐसा सुदृढ़ पिंजर गति कैसे कर सकता है? और इसे गति करने की आवश्यकता क्यों है? पसलियाँ पीछे की ओर मेरुदंड से और सामने की ओर उरोस्थि से जुड़ी होती हैं। वे लचीली उपास्थि द्वारा जुड़ी होती हैं। इस लचीलेपन के कारण पसली पिंजर श्वसन के दौरान फैलता और संकुचित होता है। इससे वक्ष गुहा बढ़ती और घटती है जिसके कारण फेफड़ों में वायु का आवागमन होता है। पसलियों में चोट लगने से श्वास लेना कठिन और पीड़ादायक हो सकता है।

विज्ञान एवं समाज

प्राचीन भारतीय ग्रंथों में वर्णित योग के अतंर्गत शारीरिक आसन, श्वास और ध्यान सम्मिलित हैं। शोध दर्शाते हैं कि योग लचीलेपन, मुद्रा और श्वसन में सुधार करता है, तनाव कम करता है और जीवनशैली संबंधी रोगों को रोकने में सहायता करता है। स्वास्थ्य और कल्याण में योग की भूमिका को बढ़ावा देने के लिए प्रत्येक वर्ष, 21 जून को अंतर्राष्ट्रीय योग दिवस के रूप में मनाया जाता है।

सही मुद्रा बनाए रखना, उचित पोषण लेना, नियमित व्यायाम और योग करने से हमारी अस्थियों को सुदृढ़ता, मांसपेशियों को कार्यक्षम तथा संधियों को लचीला बनाए रखने में सहायता मिलती है और शरीर दुर्नम्यता से बचता है।



चित्र 3.18 — सूर्य नमस्कार की मुद्राएँ (1 से 12)

© NCERT not to be republished

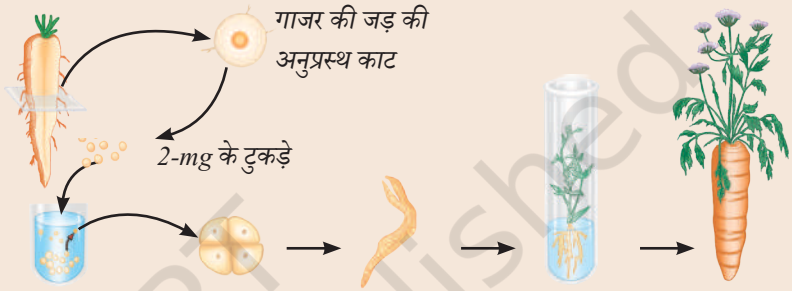
वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

एक कोशिका से पूर्ण जीव तक — पूर्णशक्तता

वर्ष 1958 में एफ.सी. स्टीवर्ड ने यह प्रदर्शित किया कि गाजर के संवहन फ्लोएम की एक कोशिका में भी पूर्ण पादप को पुनरुद्भूत करने की क्षमता होती है। वे ऐसा करने वाले पहले व्यक्ति थे!

स्टीवर्ड और उनके दल ने गाजर की फ्लोएम कोशिकाओं का उपयोग करके एक प्रयोग किया। उन्होंने इन कोशिकाओं का उचित परिस्थितियों में सरल शर्करा और हार्मोन युक्त पोषक माध्यम में संवर्धन किया। उन्होंने अवलोकन किया कि ये फ्लोएम कोशिकाएँ विभाजित होकर कोशिकाओं का एक समूह बनाती हैं, जो धीरे-धीरे विभाजित और विभेदित होकर एक पूर्ण पादप बन जाता है।

यह दर्शाता है कि फ्लोएम की कोशिकाएँ पहले निर्विभेदित (कोशिकाएँ विभाजन की क्षमता को पुन: प्राप्त कर लेती हैं) होकर अविशेषीकृत कोशिकाओं का एक अविभेदित पिंड बनाती हैं। ये कोशिकाएँ जब पोषक तत्वों और वृद्धि रसायनों से युक्त उचित परिस्थितियों में संवर्धित की जाती हैं, तब ये विभाजित एवं पुनःविभेदित (redifferentiated) होकर जड़, प्ररोह और अंततः पूर्ण पादप बनाती हैं। इस प्रकार कुछ परिपक्व पादप कोशिकाओं में विशिष्ट परिस्थितियों में अविभेदित होने, विभाजित होने और पुनः विभेदित होकर एक नया पादप विकसित करने की क्षमता होती है। इसे पूर्णशक्तता (totipotency) कहते हैं और ऐसी कोशिकाएँ पूर्णशक्त कोशिकाएँ कहलाती हैं। यह एक युग्मनज की पूरे जीव में विभाजित और विभेदित होने की क्षमता के समान है।



चित्र 3.19 — गाजर के पौधे का पुनरुद्भवन

एफ.सी. स्टीवर्ड ने गाजर की फ्लोएम कोशिकाओं पर किए गए अपने प्रयोग में पोषक तत्वों और अन्य कारकों के विभिन्न संयोजनों का उपयोग किया और निम्नांकित परिणाम प्राप्त किए —

तालिका 3.6 — संवर्धित पादप कोशिकाओं की वृद्धि पर प्रकाश, वायु और पोषक माध्यम का प्रभाव

परिस्थितियाँ		पोषक माध्यम का संघटन	आरंभिक भार की तुलना में कोशिकाओं के ताजा भार में वृद्धि (mg)
प्रकाश	वायु		
✓	×	ठोस माध्यम + पोषक तत्व	कम हुआ
✓	✓	तरल माध्यम + पोषक तत्व	20% वृद्धि हुई
✓	✓	तरल माध्यम + पोषक तत्व	कम हुआ

तालिका 3.6 के आधार पर इन प्रश्नों पर विचार कीजिए —

(क) गाजर की फ्लोएम कोशिकाओं की विशेषताओं के संबंध में आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

(ख) तीनों में से किन संयोजनों में आपको सबसे अधिक और सबसे कम जैव मात्रा (biomass) प्राप्त होगी? इस अवलोकन के संभावित कारण क्या हो सकते हैं?

(ग) क्या गाजर की कोशिकाओं के स्थान पर जंतु कोशिकाओं को संवर्धित करने पर समान परिणाम प्राप्त होंगे?

(घ) उपर्युक्त अध्ययन के किन्हीं दो व्यावसायिक अनुप्रयोगों के विषय में सोचिए और बताइए।

© NCERT not to be republished

विज्ञान एवं समाज

प्रकृति में पादप रोगविज्ञानियों ने पौधों में किरीट पिटिका (crown gall) रोग नामक एक रोग का अवलोकन किया (चित्र 3.20)। इस रोग में द्रुत और अनियंत्रित कोशिका विभाजन के कारण तनों पर अर्बुद जैसी गाँठें विकसित होती हैं। यह रोग *एग्रोबैक्टीरियम ट्यूमिफेशियंस* नामक एक जीवाणु के कारण होता है।

इस रोग का केवल निवारण करने का प्रयास करने के अतिरिक्त, वैज्ञानिकों ने यह भी अध्ययन किया कि एक जीवाणु अपनी आनुवंशिक सामग्री को पादप कोशिकाओं में किस प्रकार स्थानांतरित करता है। इस ज्ञान को तत्पश्चात संवर्धन और आनुवंशिक अभियांत्रिकी में उपयोग किया गया। आजकल *एग्रोबैक्टीरियम* का उपयोग मूल्यवान पादप रसायनों (phytochemical), उन्नत फसलों और रोग-प्रतिरोधी किस्मों के उत्पादन के लिए पौधों में वांछित जीन प्रविष्ट करने के साधन के रूप में किया जाता है।

चित्र 3.20— किरीट पिटिका रोग

सारांश

- ऊतक समान कोशिकाओं के वे समूह होते हैं जो विशिष्ट प्रकार्यों के लिए मिलकर कार्य करते हैं।
- पादपों और जंतुओं में जैव-प्रक्रमों को संपन्न करने के लिए विभिन्न ऊतक परस्पर समन्वय करते हैं।
- पादप ऊतकों को विभाजन करने की उनकी क्षमता के आधार पर व्यापक रूप से विभज्योतकी और स्थायी ऊतक में वर्गीकृत किया जाता है।
- कार्यात्मक रूप से पादप ऊतकों को सुरक्षात्मक ऊतक, सहायक ऊतक और संवहन ऊतक के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है।
- स्थायी ऊतक सरल (एक प्रकार की कोशिकाओं से बने) अथवा जटिल (एक से अधिक प्रकार की कोशिकाओं से बने) हो सकते हैं।
- सरल स्थायी ऊतकों में मृदूतक, श्लेषोतक और दृढ़ोतक सम्मिलित हैं।
- जटिल स्थायी ऊतकों में जाइलम और फ्लोएम सम्मिलित हैं जो पौधे के सभी भागों तक क्रमशः जल और भोजन का परिवहन करते हैं।
- जंतु ऊतक मुख्यतः चार प्रकार के होते हैं— उपकला, संयोजी, पेशी और तंत्रिका ऊतक।
- उपकला ऊतक सुरक्षा प्रदान करने तथा अन्य कार्यों के लिए शरीर का बाहरी आवरण अथवा आंतरिक अंगों का सुरक्षात्मक आस्तर बनाते हैं।
- संयोजी ऊतक शरीर के विभिन्न अंगों और ऊतकों को जोड़ते और सहारा देते हैं।
- पेशीय ऊतक शरीर में चलन और अन्य गतियों के लिए ऐच्छिक और अनैच्छिक गतियाँ उत्पन्न करते हैं।
- तंत्रिका ऊतक न्यूरॉन के बने होते हैं जो आवेगों को ग्रहण और संचारित करते हैं तथा शरीर की गतिविधियों को नियंत्रित करने में सहायता करते हैं।
- कंकाल तंत्र अंगों की रक्षा करता है और अवलंब प्रदान करता है।
- हमारे शरीर में पेशियों और अस्थियों (पेशी-कंकाल तंत्र) के समन्वय और तंत्रिका तंत्र के नियंत्रण से गति संभव होती है।

© NCERT not to be republished

अभ्यास प्रश्न

1. विभज्योतकी ऊतक बार-बार विभाजित होते हैं। इनकी कोशिकाओं की कौन-सी विशेषताएँ इनके लिए ऐसा करना संभव बनाती हैं?
   (i) इनमें सुरक्षा के लिए मोटी भित्तियाँ होती हैं।
   (ii) इनमें पोषक तत्वों को संग्रहित करने वाली बड़ी रसधानियाँ होती हैं।
   (iii) इनमें पतली भित्तियाँ, सघन कोशिकाद्रव्य और बड़ा और स्पष्ट केंद्रक होता है।
   (iv) वे कार्यात्मक रूप से विभेदित कोशिकाएँ हैं।
2. यदि कोई पादप पत्तियों से जड़ों तक भोजन परिवहन करने में असमर्थ है तो ऐसा किस ऊतक की असामान्य प्रणाली के कारण होता है?
   (i) जाइलम
   (ii) फ्लोएम
   (iii) बाह्यत्वचा
   (iv) दृढ़ोतक

चित्र 3.21

3. जंतुओं के आंतरिक अंगों को आस्तरित करने वाले उपकला ऊतक प्रायः केवल एक या कुछ कोशिकाओं की मोटाई के क्यों होते हैं?
   (i) भोजन को प्रभावी रूप से संग्रहीत करने के लिए
   (ii) अधिकतम दृढ़ता प्रदान करने के लिए
   (iii) उनसे होकर पदार्थों के त्वरित आदान-प्रदान के लिए
   (iv) घर्षण कम करने के लिए
4. आप चित्र में दिखाए गए अनुसार दो प्रकार से कूद सकते हैं (चित्र 3.21) —
   टाँग सीधी रखकर कूदना — घुटनों और टखनों को सीधा रखिए।
   सामान्य रूप से कूदना — घुटनों और टखनों को स्वाभाविक रूप से मोड़िए।
   दोनों बार कूदने में आपके टखने, घुटने और कूल्हे की स्थिति किस प्रकार भिन्न थीं?
5. जब आप अपने घुटने और टखने मोड़ते हैं तो किस प्रकार की संधि का उपयोग होता है?
   (i) कंदुक खल्लिका
   (ii) कोर
   (iii) धुराग्र
6. निम्नलिखित में से प्रत्येक स्थिति (I, II, III और IV) के लिए नीचे दिए गए सही विकल्प का चयन कीजिए —
   (i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण, अभिकथन की सही व्याख्या करता है।
   (ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं किंतु कारण, अभिकथन की सही व्याख्या नहीं करता है।
   (iii) अभिकथन सत्य है, किंतु कारण असत्य है।
   (iv) अभिकथन असत्य है, किंतु कारण सत्य है।

© NCERT not to be republished

I अभिकथन — उपकला फेफड़ों में गैस विनिमय के लिए अधिक उपयुक्त है।
कारण — इसमें लंबी कोशिकाओं की अनेक परतें होती हैं जो विसरण की गति को धीमा कर देती हैं।

II अभिकथन — हृद पेशी बिना थके निरंतर संकुचन कर सकती है।
कारण — हृद पेशी कोशिकाओं में अधिक संख्या में माइटोकॉन्ड्रिया और प्रचुर मात्रा में रक्त की आपूर्ति होती है।

III अभिकथन — कंडराएँ एक अस्थि को दूसरी अस्थि से जोड़ती हैं और संधि की गति को संभव बनाती हैं।
कारण — कंडराएँ सुदृढ़ संयोजी ऊतक से बनी होती हैं जो पेशी से अस्थि तक बल का संचरण करती हैं।

IV अभिकथन — कोर संधि में गति मुख्यतः एक तल में होती है।
कारण — अस्थियों के सिरे सभी दिशाओं में सर्पी गति करने हेतु आकारित होते हैं।

7. तालिका 3.7 में दिए गए आँकड़ों का उपयोग करके X-अक्ष पर वृक्ष की आयु (वर्षों में) और Y-अक्ष पर समय के साथ वृक्ष का व्यास (cm में) तथा निर्मित वार्षिक वलयों की संख्या के मध्य एक ग्राफ बनाइए।

तालिका 3.7 — सागवान के वृक्ष की आयु और तदनुरूप तने के व्यास में वृद्धि तथा वार्षिक वलयों की संख्या से संबंधित आँकड़े

क्र.सं.	सागवान के वृक्ष की आयु (वर्ष)	वृक्ष का आवक्ष व्यास DBH (cm)	निर्मित वार्षिक वलयों की संख्या
1.	5	4	5
2.	10	8	10
3.	20	24	20
4.	25	28	25
5.	30	32	30
6.	40	40	40

(i) समय के साथ तने के व्यास के संदर्भ में ग्राफ का विश्लेषण कीजिए और अपने निष्कर्ष साझा कीजिए।
(ii) सागवान के वृक्ष के व्यास और निर्मित वार्षिक वलयों के बीच क्या संबंध है?
(iii) तने की परिधि में वृद्धि के लिए कौन-सा विशेषीकृत ऊतक उत्तरदायी है और यह कहाँ स्थित होता है?

8. एक वन में देखा गया कि एक हाथी ने अपनी भोजन की आवश्यकता पूरी करने के लिए एक वृक्ष की छाल को बुरी तरह उखाड़ दिया क्योंकि छाल पोषक तत्वों का एक समृद्ध स्रोत होती है (चित्र 3.22)। अपने अधिगम के आधार पर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए —
(i) छाल उखड़ने से वृक्ष का/के कौन-सा/से कार्य बाधित होता/होते है/हैं?
(ii) छाल उखड़ने के बाद भी वृक्ष के तने को और क्षति होने पर पादप का कौन-सा ऊतक प्रभावित होगा?

चित्र 3.22

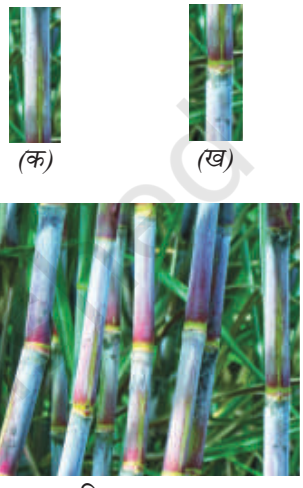
© NCERT not to be republished

(iii) यदि छाल के नीचे के ऊतक गंभीर रूप से क्षतिग्रस्त हो जाएँ तो वृक्ष का कौन-सा कार्य बाधित होगा?

(iv) उपर्युक्त प्रश्नों के उत्तर देने के लिए आप क्या पूर्वानुमान लगाते हैं? यदि आपके पूर्वानुमानों में परिवर्तन हो तो उत्तर में क्या अंतर आएगा?

9. आम्रपाली ने देखा कि आम के एक नवोद्भिद पौधे का तना मानसून की हवाओं में लचीला होकर मुड़ जाता है किंतु टूटता नहीं। इस लचीलेपन के लिए कौन-सा ऊतक उत्तरदायी है? यदि विद्यमान ऊतक को दृढ़ोतक से प्रतिस्थापित कर दिया जाए तो क्या प्रभाव पड़ेगा, इसका पूर्वानुमान लगाइए और व्याख्या कीजिए।

10. सोहन ने गन्ने के पुनरुद्भवन के लिए एक प्रयोग अभिकल्पित किया जिसमें उसने गन्ना उगाने के लिए कलम (cutting) का उपयोग किया। उसने दो प्रकार की कलम, प्रकार 'क' और प्रकार 'ख' (चित्र 3.23) का उपयोग किया। कुछ सप्ताह बाद, प्रकार 'ख' की कलम में अंकुर दिखाई दिए और वे गन्ने के पादप में विकसित हो गए जबकि प्रकार 'क' की कलम में अंकुरण नहीं हुआ।



चित्र 3.23

(i) प्रकार 'ख' की कलम ने गन्ने के रूप में क्यों वृद्धि की किंतु प्रकार 'क' ने क्यों नहीं की?

(ii) प्रकार 'ख' में प्रकार 'क' की तुलना में क्या अंतर था?

(iii) इस परिवर्तन के प्रभाव का निर्धारण करने के लिए कौन-सा प्रेक्षण अथवा मापन किया गया?

(iv) उचित तुलना सुनिश्चित करने के लिए दोनों प्रकार की कलम में कौन-से मानदंड समान रखने चाहिए?

11. कक्षा में चर्चा के समय रोहन कहता है— "ऊतक समान कोशिकाओं का एक समूह है जो समान कार्य करता है" किंतु राजीव इसका प्रतिवाद करते हुए कहता है— "यह सरल ऊतकों की स्थिति में सत्य है किंतु जटिल ऊतकों की स्थिति में थोड़ा भिन्न है।" कक्षा में हुई चर्चा के संदर्भ में अपना स्पष्टीकरण दीजिए।

12. नारियल के कठोर और रेशेदार तंतुओं का उपयोग चटाई बनाने के लिए किया जाता है। कौन-से ऊतक में यह दृढ़ता प्रदान करने के लिए उपयुक्त संरचनात्मक विशेषताएँ होती हैं? स्पष्ट कीजिए कि सजीव मृदूतक से इस उद्देश्य की पूर्ति क्यों नहीं हो सकती है।

13. विभा अपनी सहेली नेहा से कहती है— "विभज्योतकी कोशिकाएँ केवल जड़ और प्ररोह के अग्रभाग (शीर्ष) पर स्थित होती हैं।" आप इस कथन के विषय में क्या सोचते हैं? यदि कथन असत्य है तो नेहा विभा से कौन-सा प्रश्न पूछ सकती है जिससे वह इसे भली-भाँति समझ सके?

14. एक पादप कोशिका और एक जंतु कोशिका का आमाप समान है।

(i) किस कोशिका में रसधानी अपेक्षाकृत बड़ी होगी? कारण बताइए।

(ii) उपरोक्त प्रश्न का उत्तर देने के लिए आप क्या पूर्वानुमान लगाते हैं?

15. एक पाठ्यपुस्तक में यह कहा गया है, "प्रत्येक पादप ऊतक केवल एक विशिष्ट कार्य करता है।" इस कथन की सत्यता की विवेचनात्मक जाँच करने के लिए आप कौन-से प्रश्न पूछेंगे? इन प्रश्नों के उत्तर खोजने के लिए आप किन ऊतकों के उदाहरण लेंगे?

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- किसी चिकित्सक के पास जाइए और पता कीजिए कि स्नायु विदारण (ligament rupture), उपास्थि विदारण (cartilage rupture) और अस्थि भंग (fracture of bone) में क्या होता है। हम अपनी जीवनशैली में परिवर्तन करके और पोषण संतुलन बनाकर इस जोखिम को कैसे कम कर सकते हैं?
- निम्नलिखित क्रियाकलाप को कीजिए—
  (i) अपने पैरों को फर्श पर सपाट रखकर बैठिए।
  (ii) अपनी हाथ की अँगुलियों को टखने के पीछे एड़ी के ठीक ऊपर रखिए (चित्र 3.24)।
  (iii) अपने पैरों की अँगुलियों को ऊपर-नीचे करने पर आप कंडरा में गति का अनुभव करेंगे।

चित्र 3.24

कंडराएँ बहुत अधिक खिंचाव सहन करने के लिए बनी होती हैं। अपने शरीर में विभिन्न संधियों के आस-पास स्थित अन्य कंडराओं का पता लगाइए।

- किसी भी शारीरिक अभ्यास, जैसे — योग, कबड्डी आदि जिससे आप परिचित हों, पर विचार कीजिए। यह अस्थि और माँसपेशी के स्वास्थ्य में किस प्रकार सहायक है?
- किसी बागवानी की विधि, जैसे — छँटाई, रोपण, सिंचाई या फसल चक्रण पर विचार कीजिए। प्रत्येक विधि विभज्योतकों, संवहन ऊतकों या सहायक ऊतकों जैसे पादप ऊतकों के सुचारू रूप से कार्य करने में किस प्रकार सहायक है?
- प्रकृति भ्रमण को एक शोध परियोजना के रूप में रूपांतरित कीजिए।
  (i) विभिन्न प्रकार की पत्तियों का अवलोकन कीजिए और मरुस्थल, अत्यंत नम या जलीय पर्यावासों जैसे विभिन्न वातावरणों के लिए उनके अनुकूलनों का अध्ययन कीजिए।
  (ii) विभिन्न प्रकार के पादपों की पत्तियों के संबंध में उनके ज्ञान के लिए समुदाय के किसी वरिष्ठ संसाधक से परामर्श कीजिए — जैसे जो पत्तियाँ लंबे समय तक ताजा रहती हैं, जल का प्रतिकर्षण करती हैं या कीटों को दूर भगाती हैं, उनके पारंपरिक उपयोगों, जैसे — पत्तल बनाना, ठंडी पट्टी (शीतलक) बनाना या कीट प्रतिकर्षी के रूप में उपयोग इत्यादि के विषय में पता लगाइए।
- देशभर में विभिन्न आदिवासी जनजातीय समुदायों के विभिन्न नृत्य रूपों का अध्ययन कीजिए। प्रत्येक विद्यार्थी कम-से-कम पाँच मुद्राएँ सीखें और उनका अनुभव लीजिए। इन मुद्राओं को प्रस्तुत करने में सम्मिलित संधि की गतियों का अवलोकन कीजिए और तत्पश्चात संधि की गतियों की अवधारणा पर एक नृत्य या नाटक तैयार कीजिए। इसे विद्यालय के वार्षिकोत्सव में प्रस्तुत कीजिए ताकि विभिन्न कक्षाओं के छात्र इससे सीख सकें।

चित्र 3.25

खोज जारी है...

क्या पादपों की भाँति जंतु कोशिका से एक पूर्ण जंतु प्राप्त करना संभव होगा? यदि हाँ, तो इस विकास के क्या लाभ और चुनौतियाँ होंगी?

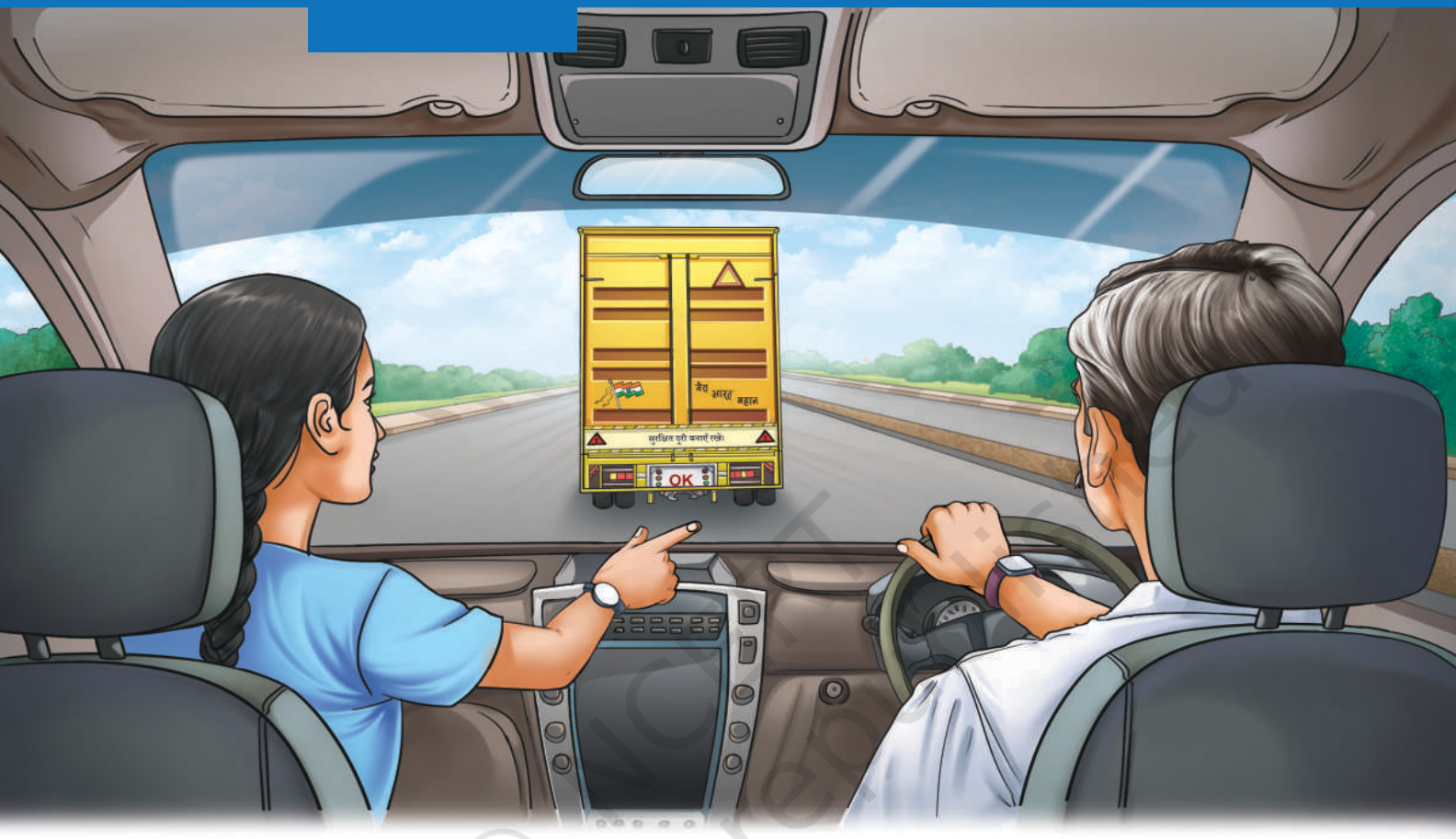
© NCERT not to be republished

0907CH04

अध्याय

4

अपने परिवेश में गति का वर्णन



चिंतन कीजिए

- हमें अपने वाहन को आगे चलने वाले वाहन से कितनी दूरी पर रखना चाहिए जिससे आगे चलने वाले वाहन चालक द्वारा अचानक ब्रेक लगाने पर भी हमारा वाहन उससे टकराने से बच सके।
- क्या यह दूरी हमारे वाहन की चाल पर निर्भर करती है?

भारी खगोलीय वस्तुओं से लेकर अवपरमाणुक कणों (subatomic particles) तक प्रकृति में सब कुछ गतिमान है। प्रकृति में गति अत्यंत विविधतापूर्ण है, जैसे— पंख फड़फड़ाती तितलियाँ, रेंगते हुए साँप, उछलते-कूदते खरगोश, सरपट दौड़ते घोड़े, किसी सहारे से लिपटते आरोही लताओं के तंतु, बंद होते कीटभक्षी पौधों के पत्ते, सूरज की किरणों में नाचते धूल के कण, वायु में गतिमान धुएँ के कण, ज्वार-भाटे में उठता-गिरता समुद्र-जल तथा आकाश में घुमड़ते हुए बादल।

देखा! प्रकृति में गति कितनी मनमोहक है? सोचिए अपने चारों ओर विद्यमान इन जटिल गतियों की व्यापक विविधता का अध्ययन हम किस प्रकार कर सकते हैं? जैसा आपने प्रथम अध्याय में पढ़ा है कि किसी जटिल परिघटना (phenomenon) के अन्वेषण के लिए वैज्ञानिक पहले इसका अध्ययन इसके आदर्श सरलीकृत रूपों में करते हैं। इस प्रकार की गतियाँ रेखीय, वृत्तीय और दोलनी तीन प्रकार की होती हैं जिनके विषय में आप पूर्ववर्ती कक्षाओं में सीख चुके हैं। इस अध्याय में आप रेखीय गति (सरल रेखा में गति) तथा एकसमान वृत्तीय गति के विषय में और अधिक जानेंगे।

कक्षा 6
जिज्ञासा
अध्याय 5

पूर्ववर्ती कक्षा में आपने दूरी, समय और चाल जैसी कुछ भौतिक राशियों के विषय में सीखा था। अब आप विस्थापन, माध्य वेग तथा माध्य त्वरण जैसी

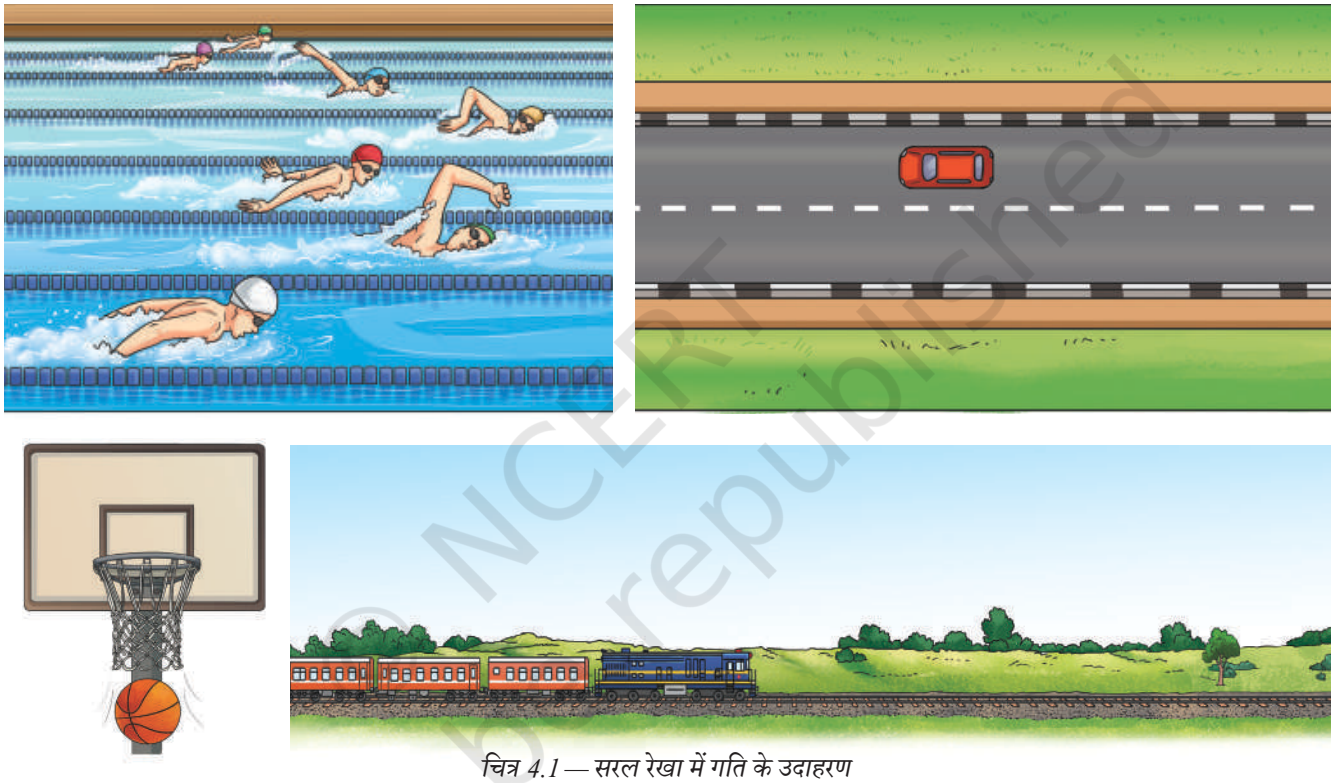
कक्षा 7
जिज्ञासा
अध्याय 8

© NCERT not to be republished

कुछ अन्य भौतिक राशियों के विषय में जानेंगे। गति का वर्णन न केवल आप शब्दों में वरन् संख्याओं, समीकरणों एवं आलेख या ग्राफ द्वारा करना भी सीखेंगे।

4.1 सरल रेखा में गति

आप यह सीख चुके हैं कि जब कोई वस्तु सरल रेखा में गमन करती है तो इसकी गति सरल रेखीय गति कहलाती है। इसे **सरल रेखा में गति** भी कहा जा सकता है। यह सर्वाधिक सरल प्रकार की गति होती है। क्या आपने अपने आस-पास बच्चों की तैराकी प्रतियोगिता, ऊर्ध्वाधरत: नीचे गिरती हुई कोई गेंद, दूर तक सीधे राजमार्ग पर सरल रेखा में चलती हुई कार अथवा सीधी पटरियों पर चलती हुई रेलगाड़ी जैसी गतिशील वस्तुओं का अवलोकन किया है (चित्र 4.1) जिनकी गति सरल रेखीय होती है?



चित्र 4.1 — सरल रेखा में गति के उदाहरण

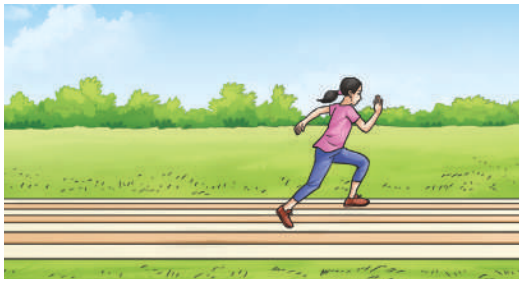
किसी वस्तु की गति पर चर्चा करने के लिए पहले आपको समय के विभिन्न क्षणों पर इसकी स्थिति का वर्णन करने की आवश्यकता होगी।

4.1.1 स्थिति का वर्णन करना

हम किसी वस्तु की स्थिति का वर्णन किस प्रकार करते हैं? इसके लिए जैसा आपने पहले सीखा था, सबसे पहले हमें **संदर्भ बिंदु (reference point)** के रूप में एक नियत बिंदु निर्दिष्ट करना होता है। समय के किसी क्षण पर संदर्भ बिंदु के सापेक्ष वस्तु की दूरी और दिशा उस क्षण पर **वस्तु की स्थिति** का विवरण देते हैं। ध्यान दीजिए कि वस्तु की स्थिति बताने के लिए हमें संदर्भ बिंदु से उसकी दूरी बताने के अतिरिक्त यह भी बताना होता है कि यह संदर्भ बिंदु के किस ओर स्थित है, किंतु हम यह कब कहते हैं कि वस्तु गति कर रही है? यदि संदर्भ बिंदु के सापेक्ष वस्तु की स्थिति में समय के साथ परिवर्तन होता है तो कहा जाता है कि वस्तु **गतिशील** है। दूसरी ओर यदि समय के साथ संदर्भ बिंदु के सापेक्ष वस्तु की स्थिति परिवर्तित नहीं होती है तो कहा जाता है कि वस्तु **विरामावस्था** में है।

कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 5

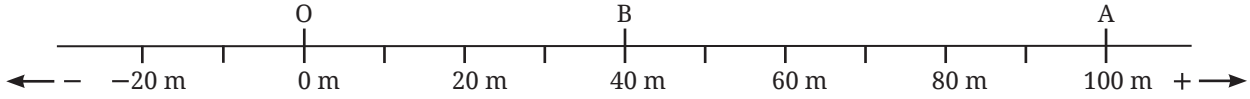
© NCERT not to be republished



चित्र 4.2 — सीधे धावन-पथ पर दौड़ लगाती हुई धाविका

आइए, एक सीधे धावन-पथ पर दौड़ लगाती हुई धाविका के उदाहरण द्वारा इसे समझते हैं (चित्र 4.2)।

नीना नाम की धाविका की स्थिति का वर्णन करने के लिए हम मान लेते हैं कि संदर्भ बिंदु ही उसका प्रस्थान बिंदु है। चित्र 4.3 में दर्शाए अनुसार हम एक सरल रेखा बनाते हैं जिस पर दूरियाँ अंकित हैं और उस पर **मूल बिंदु** 'O' को संदर्भ बिंदु मान लेते हैं। धाविका बिंदु 'O' से दौड़ना आरंभ करती है और समय के दो भिन्न क्षणों पर उसकी स्थितियों को बिंदु 'B' एवं 'A' द्वारा अंकित किया गया है।



चित्र 4.3 — एक सरल रेखा पर अंकित संदर्भ बिंदु तथा समय के दो भिन्न क्षणों पर धाविका की स्थितियाँ

टिप्पणी

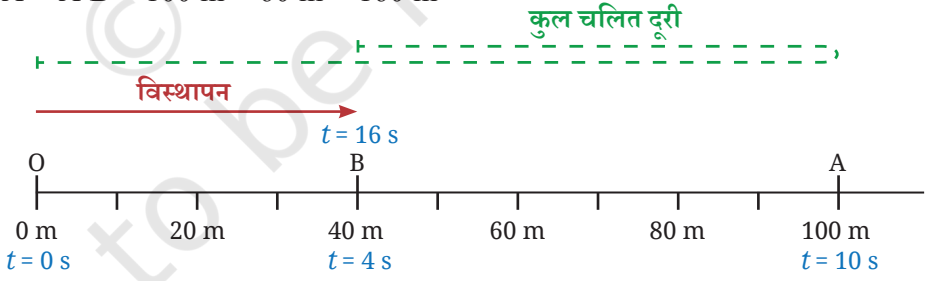
समय का एक क्षण और समय अंतराल एक ही बात नहीं होती हैं। समय का **एक क्षण समय** के किसी दिए गए बिंदु पर घड़ी का पाठ्यांक (reading) है जबकि **समय अंतराल** समय के दो क्षणों के बीच की समयावधि है अर्थात घड़ी के दो पाठ्यांकों के बीच का अंतर है।

किसी वस्तु की स्थिति का वर्णन करने के लिए हमें इसकी दिशा निर्दिष्ट करने की भी आवश्यकता होती है। सरल रेखा में गतिमान कोई वस्तु आगे या पीछे, इन दो दिशाओं में से किसी एक दिशा में गति कर सकती है। अतः दिशा को धन (+) अथवा ऋण (–) चिह्नों द्वारा निरूपित किया जा सकता है जैसा चित्र 4.3 में दर्शाया गया है। संदर्भ बिंदु O के दाहिनी ओर की स्थितियों को सामान्यत: धनात्मक एवं O के बाईं ओर की स्थितियों को ऋणात्मक माना जाता है (चित्र 4.3)।

4.1.2 चलित दूरी और विस्थापन

मान लेते हैं कि कोई धावक समय $t = 0$ s पर बिंदु 'O' से दौड़ना आरंभ करता है और यह $t = 4$ s पर बिंदु B पर पहुँचता है फिर $t = 10$ s पर बिंदु A पर पहुँचता है और पुन: उसी पथ पर दौड़ते हुए $t = 16$ s पर बिंदु B पर लौट आता है (चित्र 4.4)। धावक की आरंभिक एवं अंतिम स्थिति के बीच उसके द्वारा कुल **चलित दूरी (distance travelled)** कितनी है? उसके द्वारा कुल चलित दूरी है—

O A + A B = 100 m + 60 m = 160 m



चित्र 4.4 — संदर्भ बिंदु एवं समय के विभिन्न क्षणों पर धावक द्वारा चली गई दूरी और उसका विस्थापन

आइए, और चिंतन करें

ऐसी भौतिक राशियाँ जिन्हें मात्र उनके आंकिक मान (numerical value) द्वारा निर्दिष्ट किया जा सकता है, अदिश राशियाँ (scalar quantities) कहलाती हैं। वे भौतिक राशियाँ जिनके लिए परिमाण और दिशा दोनों निर्दिष्ट करने की आवश्यकता होती है सदिश राशियाँ (vector quantities) कहलाती हैं। इनके विषय में आप उच्चतर कक्षाओं में जानेंगे।

एक सोपान ऊपर

आइए, अब हम धावक के प्रस्थान एवं विराम की स्थितियों बीच की दूरी पर विचार करें। यह OB = 40 m है, जो उसके द्वारा चलित कुल दूरी से भिन्न है। अत: अब हम एक अन्य राशि विस्थापन को परिभाषित करते हैं।

विस्थापन (displacement) समय के किन्हीं दो क्षणों के बीच किसी वस्तु की स्थितियों में होने वाला सकल परिवर्तन होता है। विस्थापन जैसी भौतिक राशियों के संपूर्ण विवरण के लिए दिशा एवं इसके आंकिक मान (मात्रक सहित) दोनों को निर्दिष्ट करना आवश्यक होता है। इस प्रकार की भौतिक राशि का आंकिक मान (मात्रक सहित) उसका **परिमाण (magnitude)** कहलाता है। किसी वस्तु के विस्थापन का परिमाण दो क्षणों पर उसकी स्थितियों के बीच की दूरी होता है। वस्तु के

© NCERT not to be republished

विस्थापन की दिशा पहले क्षण पर उसकी स्थिति से दूसरे क्षण पर उसकी स्थिति की ओर निर्दिष्ट होती है। कुल चलित दूरी के वर्णन के लिए केवल आंकिक मान (मात्रक सहित) की आवश्यकता होती है, गति की दिशा की नहीं। इन दोनों ही राशियों का **SI मात्रक** है— **मीटर (m)**।

उदाहरण के लिए— चित्र 4.4 में $t = 0$ s एवं $t = 16$ s के बीच धावक द्वारा चलित दूरी 160 m है किंतु उसका विस्थापन धनात्मक दिशा में 40 m है। हम पाते हैं कि इन दो क्षणों के बीच कुल चलित दूरी और विस्थापन का परिमाण बराबर नहीं है। क्या ये दो राशियाँ कभी बराबर भी हो सकती हैं?

टिप्पणी

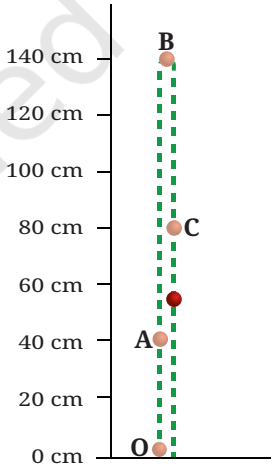
सरल रेखीय गति के प्रकरण में यदि वस्तु पलट कर वापस नहीं लौटती अर्थात यदि यह एक ही दिशा में चलती रहती है तो कुल चलित दूरी एवं विस्थापन का परिमाण बराबर होता है।

क्रियाकलाप 4.1 — आइए, विश्लेषण करें

1. चित्र 4.5 में दर्शाए अनुसार किसी गेंद को बिंदु 'O' से ऊर्ध्वाधरत: ऊपर की ओर फेंका गया है। यह ऊपर की ओर चलती हुई बिंदु 'B' तक जाती है और वहाँ से गिर कर वापस बिंदु O पर लौट आती है। क्या इस गेंद की गति को सरल रेखा में गति माना जा सकता है?
2. इस गति के लिए तालिका 4.1 में मान अंकित कीजिए।

तालिका 4.1 — गेंद द्वारा चलित दूरी और उसका विस्थापन

क्र. सं.	स्थिति	O से चलकर इंगित स्थिति तक पहुँचने में गेंद द्वारा चलित कुल दूरी	O से चलकर इंगित स्थिति तक पहुँचने में गेंद का विस्थापन
1.	O	0 cm	0 cm
2.	A	40 cm	40 cm ऊपर की ओर
3.	B		
4.	C		
5.	O		

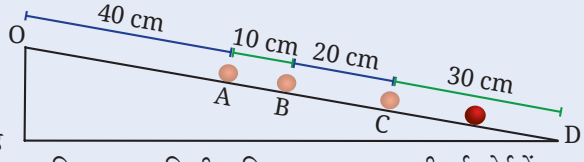


चित्र 4.5 — गेंद की ऊर्ध्वाधर गति (गेंद की ऊपर एवं नीचे की ओर गतियों को दो अलग-अलग रेखाओं द्वारा केवल स्पष्टता के लिए दर्शाया गया है। वास्तव में गेंद ऊपर एवं नीचे की ओर एक ही सरल रेखा में गमन करती है।)

3. तालिका 4.1 में दिए गए आँकड़ों का **विश्लेषण कीजिए** और विस्थापन के संबंध में नीचे दिए गए कथनों में से सत्य कथन का चयन कीजिए—
   (i) यह कभी भी शून्य नहीं होता है।
   (ii) इसका परिमाण कुल चलित दूरी से अधिक हो सकता है।
   (iii) इसका परिमाण कुल चलित दूरी से कम हो सकता है या उसके बराबर हो सकता है।
   (iv) इसका परिमाण सभी स्थितियों में सदैव चलित दूरी से कम होता है।

सोचिए और बताइए

1. किसी सीधे धावन पथ पर इसके दो सिरों के बीच इधर से उधर दौड़ते हुए किसी धावक के उदाहरण (चित्र 4.4) में धावक का विस्थापन शून्य कब होगा? उस स्थिति में उसके द्वारा तय की गई कुल दूरी कितनी होगी?
2. किसी वाहन में उपयुक्त ईंधन का परिमाण निम्नलिखित में से किस राशि पर निर्भर करता है? अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दीजिए।
   (i) कुल चलित दूरी
   (ii) विस्थापन
3. कोई गेंद एक अभिनत पथ पर नीचे की ओर लुढ़कती है जैसा चित्र 4.6 में दर्शाया गया है। क्या इसकी गति सरल रेखीय गति है? यदि यह मान लेते हैं कि गेंद का प्रस्थान बिंदु 'O' मूल बिंदु है तो क्या O से D तक की इसकी गति का चित्रण एक क्षैतिज रेखा लेकर उसी प्रकार किया जा सकता है जैसा चित्र 4.3 में किया गया है? क्या स्थितियों A, B, C एवं D में से प्रत्येक पर गेंद द्वारा चलित कुल दूरी एवं बिंदु O से इसके विस्थापन के परिमाण बराबर हैं अथवा भिन्न-भिन्न हैं?



चित्र 4.6 — किसी अभिनत पथ पर लुढ़कती हुई कोई गेंद

© NCERT not to be republished

किसी वस्तु की गति अर्थात इसकी स्थिति में परिवर्तन का वर्णन वस्तु द्वारा चलित कुल दूरी और इसके विस्थापन के पदों में किया जा सकता है। किंतु आप यह किस प्रकार बताएँगे कि कोई वस्तु कितनी तेज अथवा धीमी चल रही है?

4.1.3 माध्य चाल एवं माध्य वेग

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 8

अपनी पूर्व कक्षा में आप माध्य चाल के विषय में समझ चुके हैं। चाल हमें बताती है कि किसी वस्तु की गति कितनी द्रुत (fast) अथवा कितनी मंद (slow) है। किसी वस्तु की **माध्य चाल (average speed)** उस वस्तु द्वारा चलित कुल दूरी को यह दूरी तय करने में व्यतीत समय अंतराल से विभाजित करने पर प्राप्त होती है। अतः

$$\text{माध्य चाल} = \frac{\text{कुल चलित दूरी}}{\text{समय अंतराल}} \qquad (4.1)$$

माध्य चाल की कोई दिशा नहीं होती, केवल आंकिक मान होता है क्योंकि इसका परिकलन चलित दूरी लेकर किया जाता है जिसकी स्वयं कोई दिशा नहीं होती, मात्र आंकिक मान होता है।

यदि सरल रेखा में गतिमान कोई वस्तु समान समय अंतराल में समान दूरियाँ चलती है (सभी संभावित समय अंतराल विकल्पों के लिए) तो इसकी गति एकसमान सरलरेखीय गति कही जाती है। इस प्रकार की गति में वस्तु एक अचर चाल से चलती है। दूसरी ओर यदि वस्तु समान समय अंतराल में असमान दूरियाँ चलती है तो इसकी गति असमान सरल रेखीय गति होती है। इस प्रकार की गति में वस्तु की चाल या तो बढ़ती है या घटती है या कभी बढ़ती कभी घटती है। यदि क्रमागत समय अंतराल में चलित दूरियों के मान में वृद्धि हो रही है तो वस्तु की चाल भी बढ़ रही है।

विज्ञान को भारत का योगदान

प्राचीनकाल से ही भारत में यह अवधारणा सुस्थापित रही है कि किसी वस्तु की चाल प्राप्त करने हेतु उसके द्वारा चलित दूरी को समय से विभाजित करते हैं, पाँचवीं शताब्दी के ग्रंथ *आर्यभटीय* में इसे देखा जा सकता है। इसी अवधारणा पर आधारित नीचे दिया गया उदाहरण सामान्य संवत् की 14वीं शताब्दी के विशद गणितीय ग्रंथ गणित *कौमुदी* से लिया गया है।

उदाहरण 4.1 — दो पत्रवाहक एक-दूसरे से 210 योजन (योजन प्राचीन भारत में उपयोग किया जाने वाला दूरी का एक मात्रक है) दूर स्थित स्थानों से एक-दूसरे की ओर चलना आरंभ करते हैं। एक पत्रवाहक 9 योजन प्रतिदिन चलता है और दूसरा 5 योजन प्रतिदिन चलता है। क्या आप ज्ञात कर सकते हैं कि वे कितने दिन पश्चात परस्पर मिलेंगे?

उत्तर — दोनों पत्रवाहकों द्वारा एक दिन में चलित कुल दूरी = 9 योजन + 5 योजन = 14 योजन

एक-दूसरे से मिलने के लिए उन्हें कुल 210 योजन दूरी तय करनी है।

दोनों द्वारा मिलकर 210 योजन दूरी तय करने में लगने वाला कुल समय = $\frac{210}{14}$ = 15 दिन

अतः ये पत्रवाहक एक-दूसरे से 15 दिन पश्चात मिलेंगे (15 दिन में पहला पत्रवाहक 135 योजन और दूसरा पत्रवाहक 75 योजन की दूरी तय करेगा।)

चाल हमें बताती है कि कोई वस्तु कितनी द्रुत गति से चल रही है किंतु यह गति की दिशा के विषय में कोई जानकारी प्रदान नहीं करती है। ऐसी अनेक परिस्थितियाँ होती हैं जिनमें गति की विशेषकर वास्तविक जगत की जटिल गतियों को पूर्णरूपेण समझने के लिए हमें चाल के साथ-साथ गति की दिशा को भी जानने की आवश्यकता होती है।

© NCERT not to be republished

आइए, अब हम एक अन्य भौतिक राशि, माध्य वेग को परिभाषित करते हैं जो यह बताती है कि किसी वस्तु की स्थिति कितनी तीव्र गति से और किस दिशा में परिवर्तित हो रही है।

दिए गए समय अंतराल में किसी वस्तु का **माध्य वेग (average velocity)** उस समय अंतराल में उसकी स्थिति में परिवर्तन (अथवा विस्थापन) को उस समय अंतराल से विभाजित करने पर प्राप्त भागफल होता है।

$$\text{माध्य वेग} = \frac{\text{स्थिति में परिवर्तन}}{\text{समय अंतराल}} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय अंतराल}} \qquad (4.2\text{ क})$$

यदि हम माध्य वेग को v_{av} से, विस्थापन को s से और समय अंतराल को t से निरूपित करें तो समीकरण (4.2 क) को निम्नवत लिखा जा सकता है—

$$v_{av} = \frac{s}{t} \qquad (4.2\text{ ख})$$

माध्य वेग को व्यक्त करने के लिए आपको इसका परिमाण और दिशा दोनों बताने होते हैं। जब वस्तु एक सरल रेखा में गति करता हो तो इसके वेग के साथ दिशा किस प्रकार संबद्ध की जाती है? वेग की दिशा वही होती है जो विस्थापन की होती है और इसे '+' अथवा '– ' चिह्न द्वारा इंगित किया जाता है।

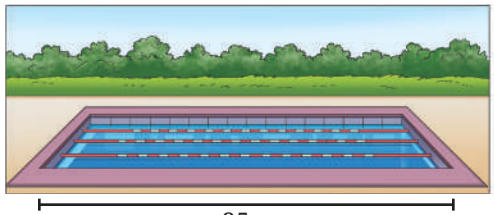
माध्य चाल एवं **माध्य वेग दोनों के SI मात्रक** समान हैं। यह मीटर प्रति सेकंड है और इसे **m s^{-1}** अथवा **m/s** द्वारा निरूपित किया जाता है। इन राशियों को सामान्यतः किलोमीटर प्रति घंटा (km h^{-1}) में भी मापा जाता है।

किसी भौतिक राशि में परिवर्तन कितनी तीव्र गति से हो रहा है यह बताने के लिए हम परिवर्तन के दर की संकल्पना का उपयोग करते हैं। किसी राशि में परिवर्तन और उस परिवर्तन में लगने वाले समय का अनुपात **परिवर्तन की दर** कहलाता है। माध्य वेग के परिकलन हेतु हम स्थिति में परिवर्तन और इस परिवर्तन में व्यतीत समय का अनुपात ज्ञात करते हैं (समीकरण 4.2 क)। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि माध्य वेग वस्तु की स्थिति में परिवर्तन की समय-सापेक्ष दर है।

टिप्पणी

सरल रेखीय गति में यदि वस्तु एक ही दिशा में गति करती हो तो किसी दिए गए समय अंतराल में माध्य चाल एवं माध्य वेग के परिमाण बराबर होते हैं।

उदाहरण 4.2 — सारंग नामक तैराक चित्र 4.7 में दर्शाए गए तरण-ताल (swimming pool) के एक किनारे से दूसरे किनारे तक तैर कर जाने और वापस लौटने में 50 s का समय लेता है। 50 s के समय अंतराल में उसकी माध्य चाल एवं माध्य वेग ज्ञात कीजिए।



चित्र 4.7 — तरण-ताल

उत्तर —

सारंग द्वारा 50 s में तय की गई कुल दूरी = 50 m

सारंग का 50 s में विस्थापन = 0 m

$$\text{माध्य चाल} = \frac{\text{कुल चलित दूरी}}{\text{समय-अंतराल}} = \frac{50\text{ m}}{50\text{ s}} = 1\text{ m s}^{-1}$$

$$\text{माध्य वेग} = \frac{\text{विस्थापन}}{\text{समय-अंतराल}} = \frac{0\text{ m}}{50\text{ s}} = 0\text{ m s}^{-1}$$

50 s के समय अंतराल में सारंग की माध्य चाल लगभग 1 m s^{-1} है जबकि उसका माध्य वेग 0 m s^{-1} है।

सोचिए और बताइए

4. सड़क मार्ग से परिवार सहित किसी यात्रा के लिए आप पहले तीन घंटे में 200 km उत्तर दिशा की ओर गाड़ी चलाते हैं। इसके पश्चात अगले दो घंटे में आप 200 km दक्षिण दिशा में गाड़ी ले जाते हैं। अपनी पूरी यात्रा के लिए अपनी माध्य चाल और माध्य वेग ज्ञात कीजिए।
5. किस दशा/किन दशाओं में—
   (i) किसी वस्तु के माध्य वेग का परिमाण उसकी माध्य चाल के बराबर होता है?
   (ii) किसी वस्तु के माध्य वेग का परिमाण तो शून्य होता है किंतु उसकी माध्य चाल शून्य नहीं होती है?

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

किसी वाहन के चालमापी (speedometer) का किसी क्षण पाठ्यांक उस क्षण पर उसके वेग के परिमाण के लगभग बराबर (एकदम बराबर नहीं) होता है जबकि गाड़ी के पहियों की गति की दिशा उस क्षण विशेष पर वेग की दिशा इंगित करती है।

बहुत बड़े समय अंतराल में किसी गतिमान वस्तु का माध्य वेग किसी क्षण विशेष पर इसके वेग से भिन्न हो सकता है। इस पूरे अध्याय में हम 'वेग' पद का उपयोग क्षण विशेष पर वस्तु के वेग के अर्थ में करेंगे।

आइए, और चिंतन करें

जिसे साधारण रूप में हमने 'क्षण विशेष पर वेग' कहा है वह तकनीकी भाषा में 'तात्क्षणिक वेग' (instantaneous velocity) कहलाता है। जैसे-जैसे किसी क्षण के निकट के समय अंतराल को उत्तरोत्तर कम किया जाता है (समीकरण 4.2 क), माध्य वेग में होने वाला परिवर्तन कम होता जाता है। जब समय अंतराल का मान अत्यल्प (infinitesimally small) हो जाता है तो वेग का माध्य मान एक नियत मान ग्रहण करने की ओर प्रवृत्त होता है जिसे तात्क्षणिक वेग कहते हैं। इस भौतिक राशि के विषय में और विस्तार से आप उच्चतर कक्षाओं में जानेंगे।

एक सोपान ऊपर

किसी वस्तु का वेग या तो नियत रहता है या समय के साथ परिवर्तित होता है। हम किसी वस्तु के वेग में होने वाले परिवर्तन को किस प्रकार व्यक्त कर सकते हैं?

4.1.4 माध्य त्वरण

आप किसी वाहन में बैठे हों और यह विरामावस्था से अचानक गति करने लगे तो आप एक धक्के का अनुभव करते हैं। इसी प्रकार, जब वह वाहन गति में हो और अचानक रुक जाए तब भी आपको धक्के का अनुभव होता है। ये घटनाएँ वेग में परिवर्तन के अनुभव के उदाहरण हैं। यदि आपको दो भिन्न क्षणों पर किसी वस्तु के वेग ज्ञात हों तो आप उस समयावधि में वेग-परिवर्तन ज्ञात कर सकते हैं।

आइए, अब हम एक अन्य भौतिक राशि, माध्य त्वरण के विषय में ज्ञान प्राप्त करते हैं। किसी दिए गए समय अंतराल में किसी गतिमान वस्तु का **माध्य त्वरण (average acceleration)** इसके वेग में होने वाले परिवर्तन को समय अंतराल से विभाजित करने पर प्राप्त होने वाला भागफल है। अर्थात,

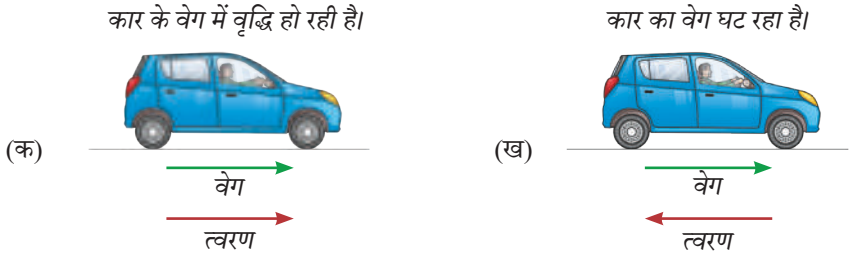
$$\text{माध्य त्वरण} = \frac{\text{वेग-परिवर्तन}}{\text{समय अंतराल}} \qquad (4.3\ \text{क})$$

$$\text{माध्य त्वरण} = \frac{\text{अंतिम वेग} - \text{प्रारंभिक वेग}}{\text{समय अंतराल}} \qquad (4.3\ \text{ख})$$

यदि क्षण t_1 पर किसी वस्तु का प्रारंभिक वेग u है और यह t_2 क्षण पर परिवर्तित होकर v हो जाता है तो इस वस्तु का माध्य त्वरण है—

$$a = \frac{v - u}{t_2 - t_1} \qquad (4.3\ \text{ग})$$

माध्य त्वरण का SI मात्रक m s^{-2} अथवा **m/s^2** है। विस्थापन एवं वेग की भाँति ही त्वरण के लिए भी हमें इसका परिमाण एवं दिशा दोनों निर्दिष्ट करने की आवश्यकता होती है। सरल रेखीय गति के लिए यदि किसी दिए गए समय अंतराल में वेग का परिमाण बढ़ रहा है तो माध्य त्वरण वेग की दिशा में होता है (चित्र 4.8)। दूसरी ओर, यदि वेग का परिमाण घट रहा है तो माध्य त्वरण की दिशा वेग की दिशा के विपरीत होती है।



चित्र 4.8— माध्य त्वरण की दिशा जब वेग का परिमाण (क) बढ़ रहा है और (ख) घट रहा है

© NCERT not to be republished

किसी वस्तु में माध्य त्वरण इसके वेग के परिमाण में परिवर्तन या इसकी दिशा में परिवर्तन या दोनों में परिवर्तन के कारण हो सकता है। आगे अनुभाग 4.4 में हम एक ऐसे उदाहरण की चर्चा करेंगे जिसमें वस्तु की चाल अचर रहती है और त्वरण केवल गति की दिशा में परिवर्तन के कारण होता है।

क्रियाकलाप 4.2 — आइए, परिकलन करें

1. कारों के माध्य त्वरण का मापन किसी कार की चाल 0 km h^{-1} से लेकर 100 km h^{-1} तक पहुँचने में लिए गए समय द्वारा किया जा सकता है। इंटरनेट पर विभिन्न प्रकार की कारों के लिए इस समय के मान ढूँढ़िए और उन्हें तालिका 4.2 में लिखिए।
2. प्रत्येक कार के लिए माध्य त्वरण के परिमाण का परिकलन कीजिए।

तालिका 4.2 — किसी समय अंतराल में माध्य त्वरण का परिमाण

कार का प्रकार	वह समय अंतराल जिसमें कार की चाल 0 km h^{-1} से 100 km h^{-1} हो जाती है (s)	माध्य त्वरण का परिमाण (m s^{-2})

उदाहरण 4.3 — किसी लंबे सीधे राजमार्ग पर कोई बस 36 km h^{-1} के वेग से चल रही है (चित्र 4.9)। वाहन चालक त्वरित्र (accelerator) के पैडल को 10 s की समयावधि के लिए दबाता है जिससे बस का वेग बढ़कर 54 km h^{-1} हो जाता है। कुछ समय के लिए बस एक नियत वेग से चलती है। तभी चालक आगे सड़क पर कोई अवरोध देखता है और ब्रेक लगाता है। 5 s की समयावधि में बस रुक जाती है। इन दोनों समयावधियों में माध्य त्वरण ज्ञात कीजिए— (i) जिसमें त्वरित्र के पैडल को दबा कर रखा गया था और (ii) जिसमें ब्रेक लगाया गया था।

चित्र 4.9 — लंबे सीधे राजमार्ग पर चलती हुई बस

उत्तर — (i) जब चालक त्वरित्र का पैडल दबाता है —

$u = 36 \text{ km h}^{-1} = 36 \times \frac{1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 10 \text{ m s}^{-1}$, $v = 54 \text{ km h}^{-1} = 15 \text{ m s}^{-1}$, $t = 10 \text{ s}$, $a = ?$

समीकरण (4.3 ग) का उपयोग करके हम लिख सकते हैं —

$$\text{माध्य त्वरण, } a = \frac{15 \text{ m s}^{-1} - 10 \text{ m s}^{-1}}{10 \text{ s}} = \frac{5 \text{ m s}^{-1}}{10 \text{ s}} = 0.5 \text{ m s}^{-2}$$

क्योंकि बस के वेग का परिमाण बढ़ रहा है, त्वरण वेग की दिशा में है।

(ii) जब चालक ब्रेक दबाता है —

$u = 54 \text{ km h}^{-1} = 15 \text{ m s}^{-1}$, $v = 0 \text{ m s}^{-1}$, $t = 5 \text{ s}$, $a = ?$

समीकरण (4.3 ग) का पुन: उपयोग करके हम लिख सकते हैं —

$$a = \frac{0 \text{ m s}^{-1} - 15 \text{ m s}^{-1}}{5 \text{ s}} = \frac{-15 \text{ m s}^{-1}}{5 \text{ s}} = -3 \text{ m s}^{-2}$$

ऋण चिह्न इंगित करता है कि त्वरण की दिशा वेग की दिशा के विपरीत है (यहाँ बस के वेग का परिमाण घट रहा है)।

टिप्पणी

कोई वस्तु अत्यंत द्रुत गति से चल रही हो तब भी उसका त्वरण शून्य हो सकता है। त्वरण इस बात पर निर्भर नहीं करता है कि कोई वस्तु कितनी द्रुत गति से चल रही है, वरन् इस बात पर निर्भर करता है कि इसका वेग कितनी शीघ्रता से परिवर्तित हो रहा है। उदाहरण के लिए— सीधे राजमार्ग पर नियत वेग से चलती हुई बस का त्वरण शून्य होता है चाहे उसका वेग कितना भी अधिक क्यों न हो।

© NCERT not to be republished

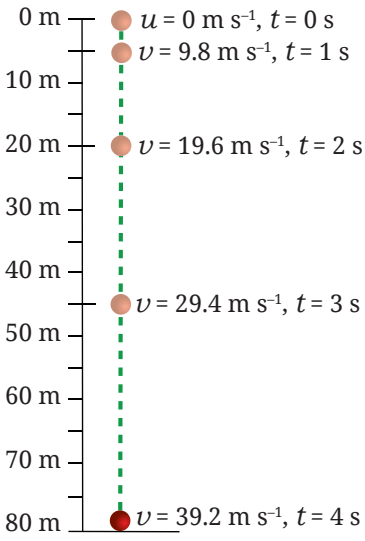
टिप्पणी

इस अध्याय में हम केवल ऐसी स्थितियों की चर्चा करेंगे जिनमें त्वरण अचर रहता है।

विभिन्न समय-अंतरालों में माध्य त्वरण या तो अचर (constant) रहता है या परिवर्तित होता रहता है। एक ही दिशा में सरल रेखा में गतिमान किसी वस्तु के लिए यदि समान समय-अंतरालों में इसके वेग का परिमाण समान मात्रा में बढ़ता या घटता है (समय अंतरालों के सभी संभावित विकल्पों के लिए) तो वस्तु का त्वरण नियत रहता है।

उदाहरण 4.4 — हम पहले ही समझ चुके हैं कि जब किसी वस्तु को ऊँचाई से गिराया जाता है तो पृथ्वी को छूने से पहले यह सीधे ऊर्ध्वाधर पथ पर नीचे की ओर चलता है। नीचे की ओर आते समय वस्तु का वेग बढ़ता है, जैसा चित्र 4.10 में विभिन्न क्षणों पर दर्शाया गया है। प्रत्येक सेकंड के क्रमागत समय अंतराल में वस्तु के माध्य त्वरण का परिमाण ज्ञात कीजिए। क्या इन सभी समय-अंतरालों में माध्य त्वरण नियत रहता है? इस माध्य त्वरण की दिशा क्या है?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5



चित्र 4.10 — ऊँचाई से गिराई गई कोई वस्तु

उत्तर — प्रत्येक क्रमागत 1s के समय अंतराल में माध्य त्वरण का परिमाण परिकलित करें तो—

$$0\text{ s एवं }1\text{ s के बीच माध्य त्वरण} = \frac{(9.8-0)\text{ m s}^{-1}}{(1-0)\text{ s}} = 9.8\text{ m s}^{-2}$$

$$1\text{ s एवं }2\text{ s के बीच माध्य त्वरण} = \frac{(19.6-9.8)\text{ m s}^{-1}}{(2-1)\text{ s}} = 9.8\text{ m s}^{-2}$$

$$2\text{ s एवं }3\text{ s के बीच माध्य त्वरण} = \frac{(29.4-19.6)\text{ m s}^{-1}}{(3-2)\text{ s}} = 9.8\text{ m s}^{-2}$$

$$3\text{ s एवं }4\text{ s के बीच माध्य त्वरण} = \frac{(39.2-29.4)\text{ m s}^{-1}}{(4-3)\text{ s}} = 9.8\text{ m s}^{-2}$$

यहाँ हमारे ध्यान में यह बात आती है कि माध्य त्वरण नियत है और इसका मान 9.8 m s^{-2} है। चूँकि वेग बढ़ रहा है इसलिए त्वरण गति की दिशा में है। यह त्वरण पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण त्वरण कहलाता है और प्रतीक 'g' द्वारा निरूपित किया जाता है।

क्या आपने इस बात पर ध्यान दिया कि चित्र 4.5 में मूल बिंदु का चयन हमने भूतल पर किया जबकि चित्र 4.10 में उस बिंदु को मूल बिंदु माना जिससे वस्तु को गिराया जाता है? इस उदाहरण में हम नीचे की ओर की दिशा को धनात्मक मान लेते हैं। अपनी सुविधा के अनुसार हम मूल बिंदु और धनात्मक दिशा का चयन कर सकते हैं। तथापि एक बार धनात्मक दिशा का चयन कर लेने के पश्चात प्रश्न हल करते समय इसमें परिवर्तन नहीं किया जाना चाहिए।

जैसे हम किसी क्षण-विशेष पर वस्तु का वेग निर्दिष्ट कर सकते हैं, ठीक वैसे ही क्षण-विशेष पर वस्तु का त्वरण भी निर्दिष्ट किया जा सकता है।

आइए, और चिंतन करें

'किसी क्षण विशेष पर वेग' के समान ही 'किसी क्षण विशेष पर त्वरण', 'तात्क्षणिक त्वरण' कहलाता है। इसके संबंध में और अधिक विस्तार से आप आगामी कक्षाओं में सीखेंगे।

एक सोपान ऊपर

कक्षा 8 गणित प्रकाश भाग-II अध्याय 5

4.2 गति का आलेखीय निरूपण

गति को दर्शाने की एक उपयोगी विधि उसका आलेखीय निरूपण (graphical representation) है। यह चित्रात्मक रूप में निरूपित करता है कि समय के साथ स्थिति, वेग और त्वरण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं। इस प्रकार के आलेख दो वस्तुओं की गतियों की तुलना करने में, भौतिक राशियों के परिकलन में तथा यह पहचानने में सहायता करते हैं कि गति समान है या असमान। जैसा कि आपने गणित में पढ़ा है कि आलेख विभिन्न रूपों में प्राप्त होते हैं और प्रत्येक रूप अलग-अलग प्रकार के आँकड़ों के निरूपण के लिए उपयुक्त होता है। गति के वर्णन के लिए हम स्थिति, वेग, त्वरण जैसी किसी भौतिक राशि की समय जैसी अन्य राशि पर निर्भरता दर्शाने वाले आलेखों का उपयोग करेंगे। आइए, गति के लिए रेखीय आलेख बनाना और उनका विश्लेषण करना सीखते हैं।

© NCERT not to be republished

टिप्पणी

ऐसे सभी आलेख जिनकी पर हम इस अध्याय में चर्चा करेंगे केवल एकदिशीय सरल रेखीय गति के लिए हैं। इस विशिष्ट प्रकरण में चलित दूरी और विस्थापन का परिमाण बराबर होते हैं तथा चाल और वेग के परिमाण भी बराबर होते हैं। यदि शून्य समय पर स्थिति शून्य हो तो स्थिति-समय आलेख तथा दूरी-समय आलेख समान होते हैं तथा वेग-समय आलेख और चाल-समय आलेख में भी कोई अंतर नहीं होता है।

4.2.1 ग्राफ-आलेखन

आइए, ग्राफ आलेखित करने के लिए सीधी सड़क पर चलते हुए किसी वाहन के लिए तालिका 4.3 में दिए गए आँकड़ों का उपयोग करते हैं।

तालिका 4.3— विभिन्न क्षणों पर किसी वाहन की स्थितियाँ

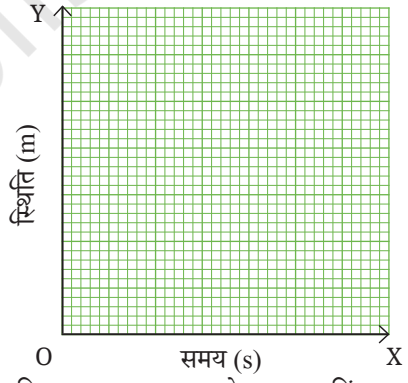
समय	0 s	1 s	2 s	3 s	4 s	5 s	6 s
स्थिति	0 m	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m

क्रियाकलाप 4.3 — आइए, ग्राफ आलेखित करें

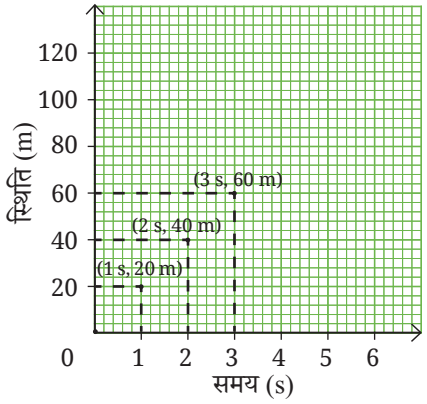
1. एक ग्राफ पेपर लीजिए। यह पेपर आँकड़ों को सही ढंग से तथा सरलता से आलेखित करने के लिए पहले से ही छोटे-छोटे वर्गों में विभाजित रहता है (चित्र 4.11 क)।
2. ग्राफ पेपर पर एक-दूसरे के लंबवत दो रेखाएँ खींचिए, जैसा चित्र 4.11 (क) में दर्शाया गया है। इनका प्रतिच्छेदन-बिंदु 'O' मूलबिंदु कहलाता है। इसी प्रकार क्षैतिज रेखा को OX के रूप में चिह्नित कीजिए। यह X-अक्ष कहलाता है। ऊर्ध्वाधर रेखा को OY के रूप में चिह्नित कीजिए। यह Y-अक्ष कहलाता है।
3. तालिका 4.3 का संदर्भ लीजिए। हमें यह सुनिश्चित करने की आवश्यकता है कि किस राशि (समय अथवा स्थिति) को इन दोनों में से किस अक्ष के अनुदिश दर्शाया जाए। इसके साथ ही जो आँकड़े (तालिका 4.3 में) हमारे पास हैं उनके लिए हम समय को X-अक्ष के अनुदिश तथा स्थिति को Y-अक्ष के अनुदिश दर्शाएँगे।
4. ग्राफ पेपर पर निरूपण हेतु प्रत्येक राशि के लिए एक उपयुक्त मापक्रम **निर्धारित** कीजिए। हमें ऐसे मापक्रम निर्धारित करने की आवश्यकता होगी जिनसे आँकड़ों को प्रभावी ढंग से और सुविधापूर्वक निरूपित किया जा सके और ग्राफ पर उपलब्ध पूरे स्थान का उपयोग हो सके। यह मापक्रम हो सकता है—

   X-अक्ष पर — 5 भाग = 1 s

   Y-अक्ष पर — 5 भाग = 20 m
5. चयनित मापक्रम का उपयोग करके X-अक्ष के अनुदिश समय के मान मूलबिंदु से आरंभ करके (1 s, 2 s, …) अंकित कीजिए। इसी प्रकार Y-अक्ष के अनुदिश स्थिति के लिए (20 m, 40 m, …) अंकित कीजिए (चित्र 4.11 ख)।
6. तालिका 4.3 में से समय एवं स्थिति के मानों के प्रत्येक समुच्चय को निरूपित करने के लिए ग्राफ पेपर पर बिंदु आलेखित करना आरंभ कीजिए।
   (i) तालिका 4.3 दर्शाती है कि समय t = 0 s पर स्थिति भी 0 m है। इसलिए ग्राफ पर इन मानों का संगत बिंदु स्वयं मूलबिंदु होगा।

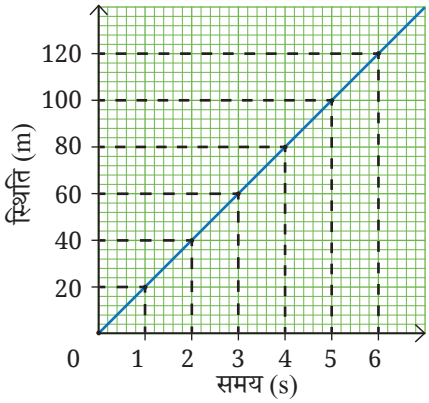


चित्र 4.11(क) — ग्राफ पेपर पर मूलबिंदु, X एवं Y अक्ष अंकित करना।



चित्र 4.11(ख) — ग्राफ पर बिंदु आलेखित करना।

© NCERT not to be republished



चित्र 4.11 (ग) — ग्राफ बनाना

(ii) t =1 s पर वाहन की स्थिति 20 m है। इन मानों के संगत बिंदु अंकित करने के लिए हम X-अक्ष पर वह बिंदु ढूँढ़ते हैं जो 1 s को निरूपित करता है। इस बिंदु पर Y-अक्ष के समांतर रेखा खींचिए। इसके पश्चात Y-अक्ष पर 20 m दूरी के संगत बिंदु से X-अक्ष के समांतर रेखा खींचिए। ये दोनों रेखाएँ एक-दूसरे को जिस बिंदु पर प्रतिच्छेदित करती हैं वह ग्राफ पर समय t =1 s के संगत 20 m स्थिति निरूपित करता है (चित्र 4.11 ख)।

(iii) इसी प्रकार ग्राफ पर विभिन्न क्षणों पर वाहन की स्थितियों के संगत सभी बिंदु आलेखित कीजिए।

7. सभी बिंदुओं का आलेखन हो जाने के पश्चात उन्हें संयोजित करके वाहन की गति का स्थिति-समय ग्राफ बनाइए (4.11 ग)। तालिका 4.3 में दिए गए आँकड़ों के लिए यह एक सरल रेखा है।

यह स्थिति-समय ग्राफ के आलेखन का एक उदाहरण था। इसी प्रकार की प्रक्रिया का उपयोग करके अन्य ग्राफ आलेखित किए जा सकते हैं, जिनके विषय में आप आगे पढ़ेंगे।

टिप्पणी

स्मरण रहे कि ग्राफ कोई यात्रा-पथ का मानचित्र नहीं है। इससे यह पता नहीं चलता कि वाहन किस मार्ग पर चल रहा है, किंतु ग्राफ यह बताता है कि मूल बिंदु के सापेक्ष किसी वस्तु की स्थिति किस प्रकार परिवर्तित होती है।

आइए, और चिंतन करें

ग्राफ के मध्यवर्ती बिंदु मध्यवर्ती समयों पर वाहन की स्थितियों के संभावित मान निरूपित करते हैं। नियत चाल से चलते हुए वाहन के लिए ग्राफ से प्राप्त ये मान एकदम यथार्थ मान होते हैं।

उदाहरण 4.5 — किसी ऐसे वाहन के लिए जो विरामावस्था से गति आरंभ करके अपनी चाल बढ़ाता जाता है के स्थिति एवं समय संबंधी आँकड़े तालिका 4.4 में दिए गए हैं। इनके संगत स्थिति-समय ग्राफ आलेखित कीजिए।

तालिका 4.4— विभिन्न क्षणों पर वाहन की स्थिति

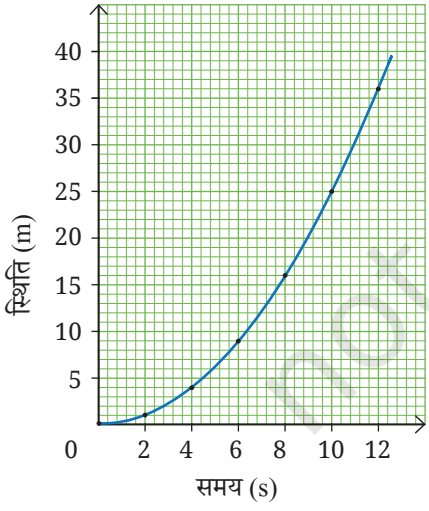
समय	स्थिति
0 s	0 m
2 s	1 m
4 s	4 m
6 s	9 m
8 s	16 m
10 s	25 m
12 s	36 m

उत्तर — यदि हम मापक्रम निम्नवत लेते हैं तो—

X-अक्ष पर— 5 भाग = 2 s

Y-अक्ष पर— 5 भाग = 5 m

क्रियाकलाप 4.3 की प्रक्रिया का अनुसरण करते हुए ग्राफ पर विभिन्न क्षणों पर वाहन की स्थितियों के संगत अंकित सभी बिंदु ग्राफ में दर्शाए अनुसार हैं। ये बिंदु चित्र 4.11 (ग) की भाँति सरल रेखा पर नहीं पड़ते। इन बिंदुओं को चित्र 4.12 में दर्शाए अनुसार एक वक्र द्वारा संयोजित किया जा सकता है।



चित्र 4.12 — वाहन का स्थिति-समय ग्राफ

अब जब आप यह समझ गए हैं कि किसी वस्तु की गति के लिए दिए गए आँकड़ों से ग्राफ किस प्रकार आलेखित किया जाता है तो आइए, अब सीखते हैं कि ग्राफों का विश्लेषण किस प्रकार किया जाता है?

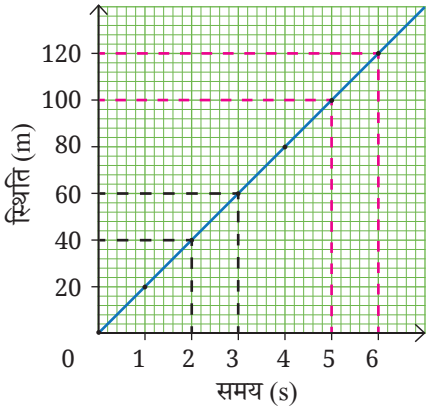
© NCERT not to be republished

4.2.2 स्थिति-समय ग्राफ

स्थिति-समय (position-time) ग्राफ किसी वस्तु की गति अर्थात समय के साथ उसकी स्थिति में होने वाले परिवर्तन को निरूपित करता है। आप पहले ही दो स्थिति-समय ग्राफ (चित्र 4.11 ग एवं 4.12) आलेखित कर चुके हैं। अब इन ग्राफों से वस्तु की गति के संबंध में आप क्या जानकारी प्राप्त कर सकते हैं?

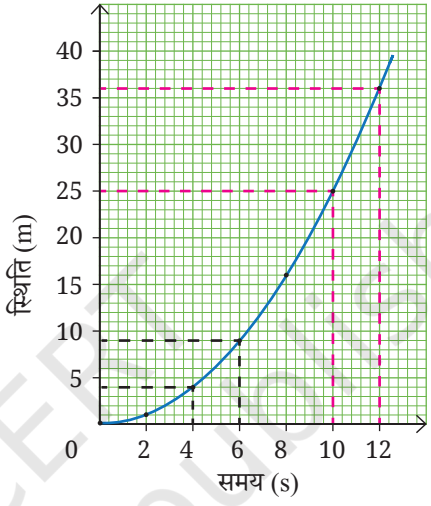
स्थिति-समय ग्राफ की आकृति, गति की प्रकृति के संबंध में क्या इंगित करती है?

बराबर समय अंतरालों (जैसे 2 से 3 सेकंड तथा 5 से 6 सेकंड के बीच) में → वस्तु के विस्थापनों के परिमाण (20 m) बराबर हैं → अत: वेग का परिमाण नियत है।



(क) नियत वेग

बराबर समय अंतरालों (जैसे 4 से 6 सेकंड तथा 12 से 13 सेकंड के बीच) में → वस्तु के विस्थापनों का परिमाण बढ़ रहा है → अत: वेग का परिमाण बढ़ रहा है।



(ख) परिवर्तित होता वेग

चित्र 4.13 — किसी गतिमान वस्तु का स्थिति-समय ग्राफ

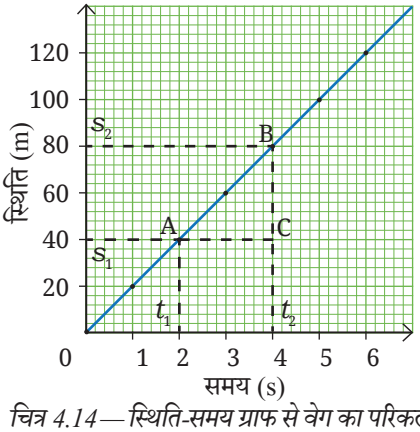
जैसा चित्र 4.13 (क) में हम देख सकते हैं कि कोई सरल रेखीय स्थिति-समय ग्राफ यह इंगित करता है कि वस्तु नियत वेग से गतिमान है। दूसरी ओर वक्रित स्थिति-समय ग्राफ चित्र 4.13 (ख) यह इंगित करता है कि वेग नियत नहीं है और वस्तु त्वरित गति कर रहा है।

स्थिति-समय ग्राफ से कौन-कौन-सी भौतिक राशियाँ प्राप्त की जा सकती हैं?

किसी वस्तु के स्थिति-समय ग्राफ से आप समय के प्रत्येक क्षण पर उस वस्तु की स्थिति को जान सकते हैं। इसके साथ ही क्या ग्राफ किसी अन्य भौतिक राशि के विषय में भी जानकारी प्रदान करता है? वास्तव में आप यह भी परिकलन कर सकते हैं कि वस्तु की स्थिति में कितनी शीघ्रता से परिवर्तन हो रहा है अर्थात उसके वेग का परिमाण कितना है? आप ऐसा किस प्रकार कर सकते हैं?

क्रियाकलाप 4.4 — आइए, परिकलन करें

1. आपके द्वारा आलेखित स्थिति-समय ग्राफ (चित्र 4.11 ग) से इसका कोई भाग (माना AB) लीजिए, जैसा चित्र 4.14 में दर्शाया गया है। बिंदु A से एक रेखा X-अक्ष के समांतर और दूसरी Y-अक्ष के समांतर खींचिए। ऐसा ही बिंदु B से कीजिए।
2. बिंदु A से खींची गई क्षैतिज रेखा को आगे बढ़ाइए जिससे त्रिभुज ABC निर्मित होता है। त्रिभुज की भुजाएँ BC एवं CA क्या निरूपित करती हैं? BC स्थिति में परिवर्तन $(s_2 - s_1)$ तथा CA समय में परिवर्तन $(t_2 - t_1)$ निरूपित करता है।



चित्र 4.14 — स्थिति-समय ग्राफ से वेग का परिकलन

© NCERT not to be republished

आइए, और चिंतन करें

जब स्थिति-समय ग्राफ वक्ररेखीय हो तब भी किसी क्षण पर वस्तु का वेग ज्यामिति का उपयोग करके परिकलित किया जा सकता है। ऐसा किस प्रकार किया जाता है, यह आप उच्चतर कक्षाओं में सीखेंगे।

एक सोपान ऊपर

3. समीकरण (4.2 क) के अनुसार स्थिति में परिवर्तन (BC) को समय में परिवर्तन (CA) से विभाजित करने पर आपको माध्य वेग प्राप्त होता है। अतः

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{BC}{CA}$$

4. ग्राफ से समय t_1 एवं t_2 तथा दूरियों s_1 एवं s_2 के मान लेकर माध्य वेग का मान निम्नवत परिकलित किया जा सकता है—

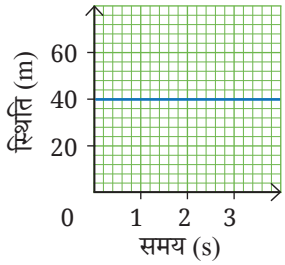
$$v = \frac{80\ m - 40\ m}{4\ s\ -\ 2\ s} = \frac{40\ m}{2\ s} = 20\ m\ s^{-1}$$

स्थिति-समय ग्राफ से दो क्षणों पर वस्तु की संगत स्थितियाँ ज्ञात करके समीकरण (4.2 क) को उपयोग में लाकर आप माध्य वेग का परिकलन कर सकते हैं।

ज्यामिति के अनुसार $\frac{BC}{CA}$, चित्र 4.14 में आरंभिक स्थिति A एवं अंतिम स्थिति B को संयोजित करने वाली रेखा AB की अभिनति कहलाती है। किसी रेखा की अभिनति उस रेखा की प्रवणता (ढलान) कहलाती है। किसी रेखा की प्रवणता (slope) X-अक्ष पर दर्शाई गई राशि के सापेक्ष Y-अक्ष पर दर्शाई गई राशि में परिवर्तन की दर संबंधी जानकारी प्रदान करती है।

उदाहरण 4.6 — चित्र 4.15 में दर्शाया गया ग्राफ किसी वाहन की गति की प्रकृति के संबंध में क्या सूचित करता है?

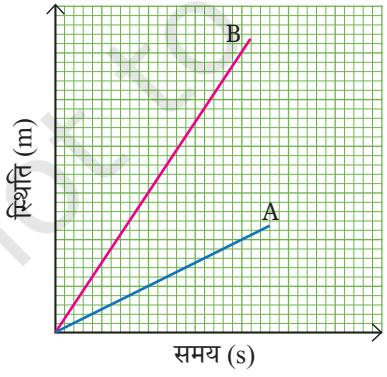
उत्तर — वाहन की स्थिति मूलबिंदु से 40 m है और यह समय के साथ परिवर्तित नहीं होती है। अतः यह मूल बिंदु से 40 m की दूरी पर विरामावस्था में है। स्थिति-समय ग्राफ पर समय-अक्ष के समांतर एक सरल रेखा वस्तु का विरामावस्था में होना दर्शाती है। (यहाँ दिया गया स्थिति-समय ग्राफ दूरी-समय ग्राफ नहीं है।)



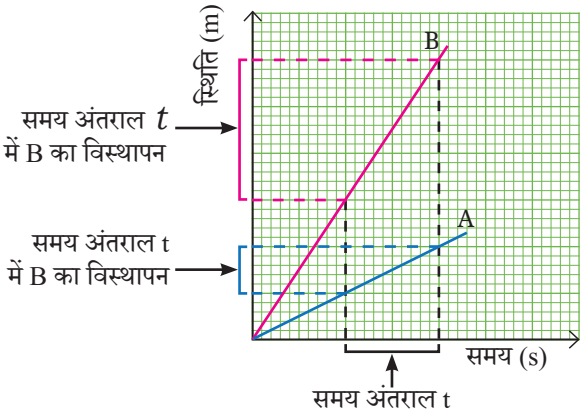
चित्र 4.15 — किसी वाहन का स्थिति-समय ग्राफ

उदाहरण 4.7 — दो वस्तुओं A एवं B के स्थिति-समय ग्राफ चित्र 4.16 (क) में दर्शाए गए हैं। इनमें से किस वस्तु के माध्य-वेग का परिमाण अधिक है।

उत्तर — चित्र 4.16 (ख) में दर्शाए अनुसार अक्षों के समांतर रेखाएँ खींचने पर हमें ज्ञात होता है कि समान समय अंतराल में वस्तु B का विस्थापन वस्तु A की तुलना में अधिक है। अतः वस्तु B के लिए ग्राफ-रेखा की प्रवणता (अर्थात समय अक्ष पर उसका झुकाव) वस्तु A की ग्राफ-रेखा की प्रवणता से अधिक है। अत: B का वेग A के वेग से अधिक है।



चित्र 4.16 (क) — दो वस्तुओं का स्थिति-समय ग्राफ



चित्र 4.16 (ख) — स्थिति-समय ग्राफ से दो वस्तुओं के विस्थापन की तुलना करना

© NCERT not to be republished

4.2.3 वेग-समय ग्राफ

किसी गतिमान वस्तु का वेग-समय (velocity-time) ग्राफ समय के साथ इसके वेग में होने वाले परिवर्तन को निरूपित करता है। स्थिति-समय ग्राफ के लिए अपनाई गई विधि की भाँति ही क्रियाकलाप 4.3 के चरणों का अनुसरण करके आप वेग-समय ग्राफ आलेखित कर सकते हैं।

आइए, हम एक ऐसी कार का उदाहरण लेते हैं जो किसी लंबे सीधे राजमार्ग पर एक ही दिशा में 72 km h^{-1} अथवा 20 m s^{-1} के एकसमान वेग से चल रही है। इसके संगत वेग-समय ग्राफ चित्र 4.17 (क) में दर्शाया गया है।

एक अन्य कार पर विचार कीजिए जो विरामावस्था से चलना आरंभ करती है और जिसका वेग समय के साथ बढ़ता है जैसा तालिका 4.5 में दर्शाया गया है। इस कार की गति के लिए आलेखित वेग-समय ग्राफ चित्र 4.17 (ख) में दर्शाया गया है।

15.0 m s^{-1} के वेग से चलती हुई एक तीसरी कार पर विचार कीजिए। इसका वेग समय के साथ तालिका 4.6 में दर्शाए अनुसार घटता है और इसका वेग-समय ग्राफ चित्र 4.17 (ग) में दर्शाया गया है।

तालिका 4.5 — बढ़ता हुआ वेग

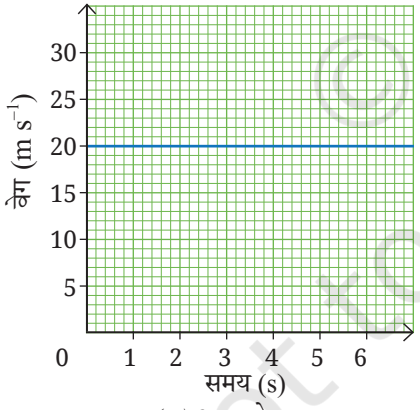
समय	कार का वेग
0 s	0 m s^{-1}
5 s	2.5 m s^{-1}
10 s	5.0 m s^{-1}
15 s	7.5 m s^{-1}
20 s	10.0 m s^{-1}
25 s	12.5 m s^{-1}
30 s	15.0 m s^{-1}

तालिका 4.6 — घटता हुआ वेग

समय	कार का वेग
0 s	15.0 m s^{-1}
5 s	12.5 m s^{-1}
10 s	10.0 m s^{-1}
15 s	7.5 m s^{-1}
20 s	5.0 m s^{-1}
25 s	2.5 m s^{-1}
30 s	0 m s^{-1}

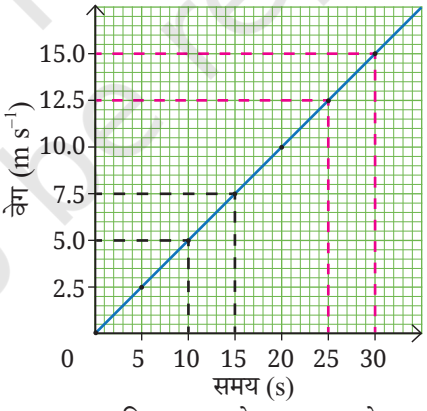
वेग-समय ग्राफ की आकृति गति की प्रकृति के संबंध में क्या बताती है?

वेग समय के साथ परिवर्तित नहीं हो रहा है → वेग अचर है → त्वरण शून्य है।



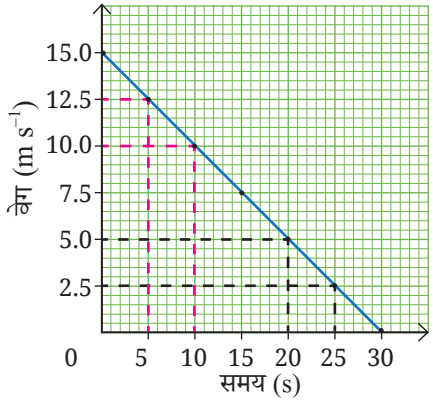
(क) अचर वेग

समान समय अंतरालों में वेग समान परिमाण में बढ़ रहा है → त्वरण नियत है और यह वेग की दिशा में है।



(ख) नियत त्वरण से बढ़ता हुआ वेग

समान समय अंतरालों में वेग समान परिमाण में घट रहा है → त्वरण नियत है और यह वेग की विपरीत दिशा में है।

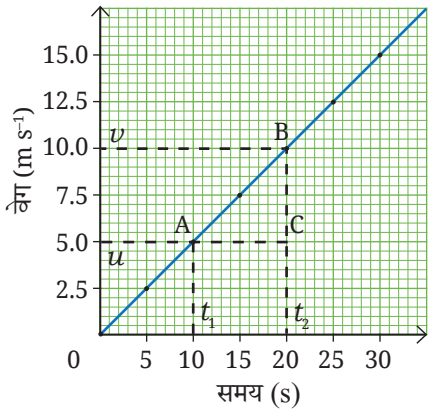


(ग) नियत त्वरण से घटता हुआ वेग

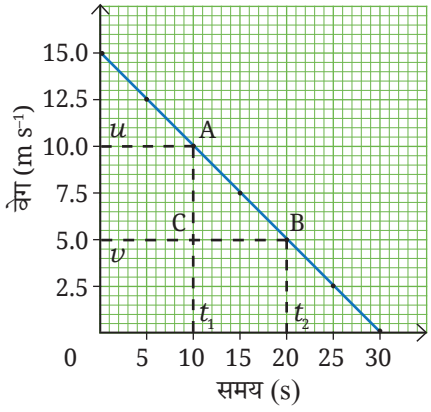
चित्र 4.17 — किसी गतिमान कार का वेग-समय ग्राफ

जब किसी कार का वेग नियत रहता है तो इसकी गति का वेग-समय ग्राफ X-अक्ष के समांतर एक सरल रेखा होती है (चित्र 4.17 क) और त्वरण शून्य होता है। चित्र 4.17 (ख) में दर्शाए अनुसार प्राप्त सरल रेखीय वेग-समय ग्राफ दर्शाता है कि वेग में एक नियत त्वरण से (वेग की दिशा में) वृद्धि हो रही है। जबकि चित्र 4.17 (ग) में दर्शाया गया सरल रेखीय वेग-समय ग्राफ यह दर्शाता है कि वेग एक नियत त्वरण से घट रहा है। यहाँ त्वरण की दिशा गति की दिशा के विपरीत है।

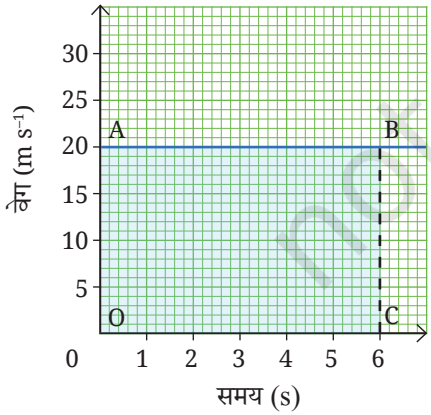
© NCERT not to be republished



चित्र 4.17 (घ) — वेग-समय ग्राफ से त्वरण ज्ञात करना।



चित्र 4.17 (ङ) — वेग-समय ग्राफ से त्वरण ज्ञात करना।



चित्र 4.18 (क) — नियत वेग से गतिमान किसी वस्तु का वेग-समय ग्राफ

वेग-समय ग्राफ से कौन-कौन सी भौतिक राशियाँ ज्ञात की जा सकती हैं?

समय के किसी भी क्षण पर वेग का परिमाण ज्ञात करने के अतिरिक्त वेग-समय ग्राफ से अन्य किन भौतिक राशियों का परिकलन किया जा सकता है?

सरल रेखीय ग्राफ की प्रवणता

अनुभाग 4.2.2 में हमने समझा था कि सरल रेखीय स्थिति-समय ग्राफ की प्रवणता से वेग ज्ञात किया जा सकता है। सरल रेखीय वेग-समय ग्राफ की प्रवणता से आपको कौन-सी राशि प्राप्त होगी? सरल रेखीय वेग-समय ग्राफ की प्रवणता बताती है कि समय के साथ वेग कितनी तेजी से परिवर्तित हो रहा है अर्थात इससे गति में त्वरण का मान प्राप्त होता है।

चित्र 4.17 (क) में दर्शाए गए ग्राफ में X-अक्ष के सापेक्ष रेखा की ऊँचाई में कोई परिवर्तन नहीं होता अर्थात इसकी प्रवणता शून्य है। अत: इस प्रकरण में वेग नियत है और त्वरण शून्य है।

अब चित्र 4.17 (घ) में दर्शाए गए ग्राफ पर विचार कीजिए जो कि कुछ अंकनों को छोड़कर चित्र 4.17 (ख) में दर्शाए गए ग्राफ के ही समान है। केवल इसमें कुछ अतिरिक्त अंकन दर्शाए गए हैं। रेखा का एक भाग AB लीजिए। मान लेते है कि बिंदु A के संगत समय t_1 पर वेग को 'u' से निर्दिष्ट किया जाता है और बिंदु B के संगत समय t_2 पर वेग को 'v' से निर्दिष्ट किया जाता है। वेग में परिवर्तन (BC) को समय में परिवर्तन (CA) से विभाजित करने पर हमें प्राप्त होता है, त्वरण $a = \frac{v - u}{t_2 - t_1} = \frac{\text{BC}}{\text{CA}}$

ग्राफ से मान प्रतिस्थापित करने पर हमें समय अंतराल 10 s से 20 s के बीच माध्य त्वरण का मान प्राप्त हो जाता है।

$$a = \frac{10\ \text{m s}^{-1} - 5\ \text{m s}^{-1}}{20\ \text{s} - 10\ \text{s}} = \frac{5\ \text{m s}^{-1}}{10\ \text{s}} = 0.5\ \text{m s}^{-2}$$

यदि हम उपर्युक्त चरणों का अनुसरण चित्र 4.17 (ङ) में दर्शाए गए ग्राफ के लिए करते हैं जो कि चित्र 4.17 (ग) जैसा ही है, तो माध्य त्वरण $-0.5\ \text{m s}^{-2}$ प्राप्त होता है। यहाँ ऋणात्मक चिह्न इंगित करता है कि त्वरण की दिशा वेग की दिशा के विपरीत है (क्योंकि वेग घट रहा है)।

क्या वेग-समय ग्राफ से आप किसी अन्य भौतिक राशि का भी परिकलन कर सकते हैं?

ग्राफ-रेखा एवं समय-अक्ष के बीच परिबद्ध क्षेत्रफल

चित्र 4.18 में दर्शाए गए ग्राफ वैसे ही हैं जैसे चित्र 4.17 में दर्शाए गए हैं केवल ग्राफ की रेखा और समय-अक्ष के बीच के कुछ भाग को छायांकित कर दिया गया है। क्या छायांकित भाग का क्षेत्रफल किसी भौतिक राशि को निरूपित करता है?

चित्र 4.18 (क) में OA वेग का परिमाण तथा OC समय अंतराल है। इसलिए आयत OABC का क्षेत्रफल = OA×OC = वेग × समय अंतराल (क्योंकि इस प्रकरण में वेग नियत है, इसलिए इसका मान औसत वेग के बराबर होता है।)

समीकरण (4.2 क) का उपयोग करके हम कह सकते हैं—

आयत OABC का क्षेत्रफल = विस्थापन

ग्राफ से मान प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होता है—

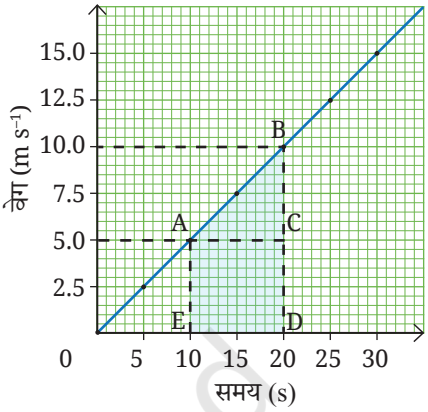
0 s एवं 6 s के बीच विस्थापन = आयत OABC का क्षेत्रफल

$= 20\ \text{m s}^{-1} \times 6\ \text{s} = 120\ \text{m}$

© NCERT not to be republished

यह 6 s में कार का मूल बिंदु से विस्थापन है। आप यह जान चुके हैं कि किसी वांछित समय अंतराल में वेग-समय ग्राफ की निरूपक रेखा एवं समय अक्ष के बीच आबद्ध क्षेत्रफल उस समय अंतराल में विस्थापन के बराबर होता है।

चित्र 4.18 (ख) में दिए गए ग्राफ से आप विस्थापन का मान किस प्रकार ज्ञात कर सकते हैं? मान लीजिए कि आप ग्राफ के बिंदुओं A एवं B के संगत 10 s से 20 s के बीच विस्थापन का मान ज्ञात करना चाहते हैं। नियत त्वरण से गतिमान वस्तु का विस्थापन ज्ञात करने के लिए हमें AB एवं समय अक्ष के बीच के क्षेत्रफल का परिकलन करना होगा।



चित्र 4.18 (ख) — नियत त्वरण से बदलते वेग वाले गतिमान वस्तु का वेग-समय ग्राफ

10 s से 20 s के बीच विस्थापन = आकृति ABDE का क्षेत्रफल

= आयत ACDE का क्षेत्रफल + त्रिभुज ABC का क्षेत्रफल

$$= (CD \times DE) + \left(\frac{1}{2} \times CA \times BC\right)$$

कक्षा 8
गणित प्रकाश
भाग-II
अध्याय 7

मान प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$\text{विस्थापन} = \left(5\ \text{m s}^{-1} \times 10\ \text{s}\right) + \left(\frac{1}{2} \times 10\ \text{s} \times 5\ \text{m s}^{-1}\right)$$

$$= 50\ \text{m} + 25\ \text{m} = 75\ \text{m}$$

यह 10 s से 20 s के बीच कार का विस्थापन है।

हमने सीखा कि नियत त्वरण से गति के वेग-समय ग्राफ से प्रवणता और क्षेत्रफल ज्ञात करके हम क्रमश: त्वरण और विस्थापन के मान ज्ञात कर सकते हैं।

हमने सीखा कि ग्राफों के द्वारा गति का निरूपण कैसे किया जाता है। आइए, अब हम उन समीकरणों के विषय में सीखते हैं जो किसी वस्तु की गति का वर्णन करते हैं।

4.3 सरल रेखा में नियत त्वरण से गति के लिए शुद्धगतिक समीकरण

आइए, अब हम नियत त्वरण से गति के विशिष्ट प्रकरण पर विचार करते हैं और इस प्रकार की गतियों के विश्लेषण हेतु कुछ समीकरण व्युत्पन्न (derive) करने का प्रयास करते हैं। चूँकि त्वरण नियत है इसलिए किसी भी क्षण पर त्वरण का मान किसी भी समय अंतराल में माध्य त्वरण के मान के बराबर होगा।

समीकरण (4.3 ग) द्वारा दी गई माध्य त्वरण की परिभाषा का उपयोग करके हम लिखते हैं—

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

जहाँ 'u' क्षण $t = 0$ पर आरंभिक वेग है, 'v' समय t पर अंतिम वेग है, $t - 0 = t$ वह समय अंतराल है जिसमें वेग परिवर्तन हुआ है तथा a त्वरण है। हम लिख सकते हैं—

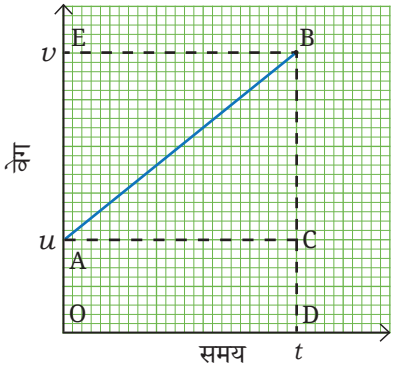
$$at = v - u$$

अथवा

$$v = u + at \qquad (4.4\ \text{क})$$

यदि हमें आरंभिक वेग (u) एवं त्वरण (a) के मान ज्ञात हों तो इस समीकरण का उपयोग करके हम किसी भी क्षण (t) पर वेग (v) के मान का परिकलन कर सकते हैं।

समीकरण (4.4 क) का वेग-समय ग्राफ चित्र 4.19 में दर्शाया गया है। यह चित्र 4.18 में दर्शाए गए ग्राफ जैसा ही है किंतु अब वस्तु का आरंभिक वेग शून्य नहीं है। आरंभिक वेग 'u' (AO द्वारा निरूपित) है और समय t पर अंतिम वेग 'v' (EO द्वारा निरूपित) है। ग्राफ एक सरल रेखा है जो यह इंगित करती है कि वेग एक नियत त्वरण से परिवर्तित होता है। ग्राफ की प्रवणता त्वरण का मान प्रदान करती है।



चित्र 4.19 — एक ऐसे वस्तु का वेग-समय ग्राफ जिसका आरंभिक वेग शून्य नहीं है।

© NCERT not to be republished

पूर्ववर्ती अनुभाग में हमने सीखा है कि समय अंतराल t में किसी वस्तु का विस्थापन s आकृति OABD द्वारा परिबद्ध क्षेत्रफल से दिया जाता है।

इस प्रकार,

$$s = \text{क्षेत्रफल OABD}$$
$$= \text{आयत OACD का क्षेत्रफल} + \text{त्रिभुज ABC का क्षेत्रफल}$$
$$= (\text{AO} \times \text{DO}) + \left(\frac{1}{2} \times \text{CA} \times \text{BC}\right)$$

AO = u, DO = CA = t, BC = BD – CD = EO – AO = $(v - u)$ प्रतिस्थापित करने पर

$$s = u \times t + \frac{1}{2} \times \left[t \times (v-u)\right]$$

समीकरण (4.4 क) से $(v - u)$ का मान प्रतिस्थापित करने पर

$$s = ut + \frac{1}{2} \times t \times at$$

$$s = ut + \frac{1}{2} \times at^2 \qquad (4.4\text{ ख})$$

समीकरण (4.4 क) एवं समीकरण (4.4 ख) प्राथमिक समीकरण हैं। इन्हें विभिन्न प्रकार से संयोजित करके हम अन्य तीन समीकरण प्राप्त कर सकते हैं।

आइए, इनमें से एक को हम समीकरण (4.4 ख) में से t को विलुप्त करके व्युत्पन्न करते हैं (शेष दो समीकरणों की व्युत्पत्ति पाठ के अंत में 'परियोजनाएँ' शीर्षक अनुभाग के अंतर्गत अभ्यास के रूप में दी गई हैं।)

समीकरण (4.4 क) से हमें प्राप्त होता है—

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

t का यह मान समीकरण (4.4 ख) में प्रतिस्थापित करने पर

$$s = u\left[\frac{v-u}{a}\right] + \frac{1}{2} \times a\left[\frac{v-u}{a}\right]^2$$

$$\Rightarrow \quad s = \frac{uv-u^2}{a} + \frac{u^2+v^2-2uv}{2a}$$

$$\Rightarrow \quad s = \frac{2uv-2u^2+u^2+v^2-2uv}{2a}$$

$$\Rightarrow \quad s = \frac{-u^2+v^2}{2a}$$

$$\Rightarrow \quad 2as = -u^2 + v^2$$

$$\Rightarrow \quad v^2 = u^2 + 2as \qquad (4.4\text{ ग})$$

किसी वस्तु की नियत त्वरण से सरल रेखा में गति के लिए पाँच भौतिक राशियों— विस्थापन (s), समय अंतराल (t), आरंभिक वेग (u), अंतिम वेग (v), तथा त्वरण (a) को समीकरणों के निम्नलिखित समूह द्वारा संबद्ध किया जा सकता है।

$$v = u + at \qquad (4.4\text{ क})$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \qquad (4.4\text{ ख})$$

$$v^2 = u^2 + 2as \qquad (4.4\text{ ग})$$

© NCERT not to be republished

इन्हें **शुद्धगतिक समीकरणों (kinematic equations)** के नाम से जाना जाता है। ये समीकरण इस बात का गणितीय विवरण प्रस्तुत करते हैं कि किसी वस्तु की गति में समय के साथ किस प्रकार परिवर्तन होता है। इन समीकरणों का उपयोग करके किसी भावी क्षण पर वस्तु की स्थिति अथवा वेग का पूर्वानुमान लगाना संभव है।

टिप्पणी

ये शुद्धगतिक समीकरण केवल उस स्थिति में ही वैध होते हैं जब त्वरण नियत होता है। एक ही दिशा में सरल रेखीय गति के लिए शुद्धगतिक समीकरणों का उपयोग करते समय यह स्मरण रहे कि चलित दूरी और विस्थापन का परिमाण बराबर होता है तथा चाल एवं वेग का परिमाण भी बराबर होता है। ऐसी सरल रेखीय गति, जिसमें वस्तु दोनों दिशाओं में गति करती है, u, v, a और s का चिह्न उस राशि विशेष की दिशा के विषय में बताता है।

उदाहरण 4.8 — मान लीजिए किसी राजमार्ग पर गतिमान एक कार में ब्रेक लगाए जाते हैं जिससे इसकी गति में $-4\ \text{m s}^{-2}$ का त्वरण आ जाता है। रुकने से पूर्व यह कार कितनी दूरी तय करेगी यदि ब्रेक लगाने के क्षण पर इसका वेग रहा हो — (i) $54\ \text{km h}^{-1}$ (ii) $108\ \text{km h}^{-1}$

उत्तर —

दिया है — $a = -4\ \text{m s}^{-2}$, $v = 0\ \text{m s}^{-1}$

मान लीजिए कि आरंभिक वेग u एवं चलित दूरी s है —

(i) $u = 54\ \text{km h}^{-1} = 15\ \text{m s}^{-1}$

(ii) $u = 108\ \text{km h}^{-1} = 30\ \text{m s}^{-1}$

समीकरण (4.4 ग) का उपयोग करने पर

$$v^2 = u^2 + 2as$$

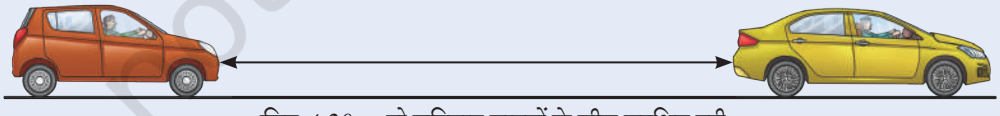
$$(0\ \text{m s}^{-1})^2 = u^2 + 2 \times (-4\ \text{m s}^{-2}) \times s$$

$$0 = u^2 - 8 \times s \qquad \Rightarrow \qquad s = \frac{u^2}{8}$$

u के मान प्रतिस्थापित करने पर प्राप्त होता है (i) 28.1 m और (ii) 112.5 m

विज्ञान एवं समाज

जब किसी गतिमान वाहन में ब्रेक लगाए जाते हैं तो विरामावस्था में आने से पूर्व यह कुछ दूरी तय करता है। यह चलित दूरी ब्रेक लगाने के समय वाहन के वेग, सड़क की सतह (गीली, सूखी आदि), वाहन की ब्रेक क्षमता (ब्रेक लगाने से उत्पन्न ऋणात्मक त्वरण) तथा वाहन चालक के प्रतिक्रिया काल (reaction time) पर निर्भर करती है। क्या अब आप यह समझ सकते हैं कि आपको अपना वाहन आगे चलने वाले वाहन से एक सुरक्षित दूरी पर क्यों बनाए रखना चाहिए (चित्र 4.20) और इस सुरक्षित दूरी का मान आपके आरंभिक वेग में परिवर्तन से किस प्रकार समायोजित करने की आवश्यकता होती है?



चित्र 4.20 — दो गतिमान वाहनों के बीच सुरक्षित दूरी

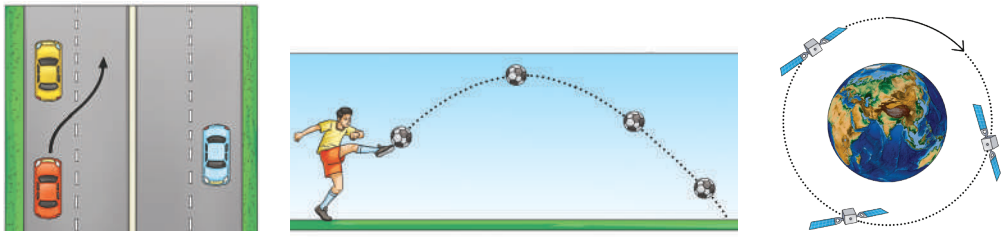
वाहन से वाहन (V2V) संप्रेषण प्रौद्योगिकी को वर्तमान में भारत सहित अनेक देशों में विकसित किया जा रहा है। यह वाहनों को आपस में संकेतों का आदान-प्रदान करने की सुविधा प्रदान करती है तथा संभावित टक्करों के विषय में चालकों को चेतावनी देती है।

इस अध्याय में अभी तक हम सरल रेखा में गति पर चर्चा कर रहे थे जिसे एकविमीय गति भी कहा जाता है। आइए, अब हम समतल में गति का अन्वेषण करते हैं।

© NCERT not to be republished

4.4 समतल में गति

समतल में होने वाली गति जैसे एक वाहन को पार करके दूसरे वाहन का उससे आगे बढ़ जाना, ठोकर मार कर हवा में उछाली गई किसी गेंद का पथ अथवा किसी उपग्रह का वृत्ताकार पथ में गति करना, द्विविमीय गति कहलाती हैं (चित्र 4.21)।

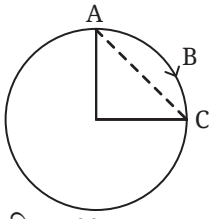


चित्र 4.21 — समतल में गति

4.4.1 एकसमान वृत्तीय गति

कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 5

वृत्तीय गति के संबंध में आपने अपनी पूर्ववर्ती कक्षा में जो सीखा था क्या वह आपको स्मरण है? जब कोई वस्तु किसी वृत्ताकार पथ पर चलता है तो इसकी गति वृत्तीय गति कहलाती है।



चित्र 4.22 — वृत्ताकार गति करते हुए चक्रीय झूले (चरखी) का ऊपरी दृश्य

मान लीजिए कि कोई बच्चा किसी गतिमान चक्रीय झूले (चरखी) पर सवार है। यह बच्चा एक वृत्तीय पथ पर गतिमान है और चित्र 4.22 में दर्शाए अनुसार A से B होते हुए C पर जाता है। इस बच्चे द्वारा चलित दूरी कितनी है? मूल स्थिति से उसका विस्थापन कितना है? बच्चे द्वारा चलित दूरी वक्र ABC की लंबाई है तथा विस्थापन सरल रेखा AC है। आप देख सकते हैं कि ये दोनों बराबर नहीं हैं।

एक परिक्रमा (वृत्त का एक चक्कर) पूर्ण करने में बच्चे द्वारा चलित दूरी कितनी है? यह वृत्त की परिधि के बराबर है। अत: यदि वृत्ताकार पथ की त्रिज्या R है तो एक परिक्रमा पूर्ण करने में उसके द्वारा चलित दूरी $2\pi R$ है। दूसरी ओर उसका विस्थापन शून्य है क्योंकि एक परिक्रमा पूर्ण करके यह बच्चा अपनी मूल स्थिति पर लौट आता है।

यदि कोई वस्तु एक परिक्रमा पूरी करने में T समय लेती है तो (समीकरण 4.1 का उपयोग करके) इसकी माध्य चाल होगी

$$v_{av} = \frac{2\pi R}{T} \qquad (4.5)$$

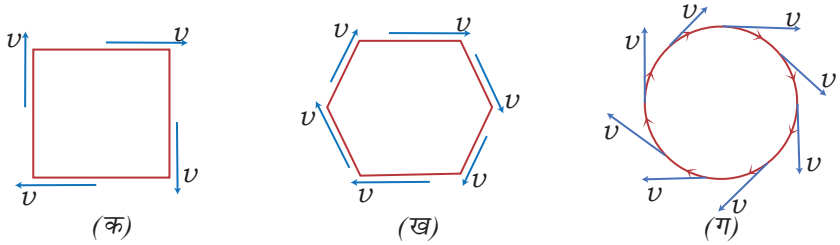
जबकि समय अंतराल T में उसका माध्य वेग शून्य होगा क्योंकि उसका विस्थापन शून्य है।

टिप्पणी

हमने एक परिक्रमण के लिए चाल का परिकलन किया है (समीकरण 4.5) किंतु एक समान वृत्तीय गति के लिए चाल अचर है इसलिए वृत्त के प्रत्येक बिंदु पर इसका मान समान है।

आइए, अब हम वृत्तीय गति के एक विशिष्ट प्रकरण पर विचार करते हैं जिसमें वस्तु की चाल अचर रहती है। जब कोई वस्तु किसी वृत्ताकार पथ पर अचर (एकसमान) चाल से चलता है तो इसकी गति **एकसमान वृत्तीय गति** कहलाती है।

एकसमान वृत्तीय गति में चाल तो अचर रहती है किंतु किसी क्षण पर वेग की दिशा के विषय में आपका क्या विचार है? क्या यह परिवर्तित हो रही है?



चित्र 4.23 — किसी (क) आयताकार, (ख) षट्भुजाकार, (ग) वृत्ताकार दौड़-पथ पर दौड़ता हुआ कोई धावक

© NCERT not to be republished

कल्पना कीजिए कि एक धावक किसी संवृत पथ (closed path) पर दौड़ रहा है। चित्र 4.23 (क) में यह धावक एक आयताकार दौड़-पथ (ABCD) का अनुसरण करता है और इसके प्रत्येक सरल रेखीय खंड (AB, BC, CD एवं DA) पर एकसमान चाल से दौड़ता है। एक परिक्रमा पूरी करने में वह चार बार दिशा में परिवर्तन करता है। चित्र 4.23 (ख) में धावक षट्भुजाकार (hexagonal) पथ पर दौड़ता है। ऐसी स्थिति में वह एक चक्कर पूरा करने में छह बार दिशा परिवर्तित करता है। यदि हम पथ में भुजाओं की संख्या को अनिश्चित रूप से बढ़ाते जाएँ तो क्या होगा? जैसे-जैसे भुजाओं की संख्या बढ़ती है धावक द्वारा मुड़ने की आवृत्ति भी बढ़ती जाएगी। अंतत: दौड़-पथ वृत्ताकार होने लगता है जिसमें प्रत्येक भुजा एक बिंदु हो जाता है और धावक के वेग की दिशा लगातार परिवर्तित होती रहती है।

टिप्पणी

एकसमान वृत्तीय गति में वृत्त के प्रत्येक बिंदु पर चाल नियत है केवल वेग की दिशा परिवर्तित हो रही है।

क्रियाकलाप 4.5 —आइए, जाँच करें

1. एक छल्ला, जैसे कि आसंजक टेप का खाली रोल, तथा एक कंचा लीजिए।
2. छल्ले को एक चिकनी सतह पर लिटाकर रखिए और कंचे को छल्ले के भीतर इस प्रकार प्रक्षेपित कीजिए कि यह इसकी आंतरिक परिसीमा के अनुदिश घूमने लगे (चित्र 4.24)।
3. **पूर्वानुमान** कीजिए कि जब कंचा गति की अवस्था में हो और हम छल्ले को उपर उठा लें, तो क्या होगा?
4. अब कंचे द्वारा एक या दो चक्कर पूरे कर लेने के पश्चात बिना इसकी गति को बाधित किए, छल्ले को ऊपर उठा लीजिए। आप क्या अवलोकन करते हैं? क्या कंचा अपनी वृत्ताकार गति बनाए रखता है? या यह किसी अन्य ढंग से गति करने लगता है?
5. परिणाम की पुष्टि के लिए इस क्रियाकलाप को अनेक बार दोहराइए।

चित्र 4.24 — छल्ले के भीतर गतिमान कंचा

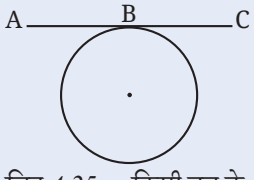
टिप्पणी

दैनिक व्यवहार में कोई वाहन त्वरणशील है, यह हम तभी कहते हैं जब इसके वेग का परिमाण परिवर्तित हो रहा हो किंतु प्राय: हम यह स्वीकार नहीं कर पाते हैं कि जब केवल वेग की दिशा में परिवर्तन हो रहा हो तब भी त्वरण होता है।

जब छल्ले को उठाकर कंचे को मुक्त किया जाता है तो यह सरल रेखा में चलता है। ऐसा क्यों होता है? ऐसा इसलिए होता है क्योंकि जैसे ही कंचे को मुक्त किया जाता है यह अपनी गति उसी दिशा में बनाए रखता है जिसमें यह छल्ले को हटाने के समय चल रहा था। इसका कारण आप आगे के अध्याय में जानेंगे।

आइए, और चिंतन करें

वृत्त के किसी बिंदु पर वेग उस बिंदु पर खींची गई स्पर्श रेखा (tangent) के अनुदिश गति की दिशा में होता है। एक ऐसी रेखा जो वृत्त से एक और केवल एक बिंदु पर मिलती है, वृत्त के उस बिंदु पर स्पर्श रेखा कहलाती है (चित्र 4.25)। इसके विषय में अधिक विस्तार से आप गणित में सीखेंगे।



चित्र 4.25 — किसी वृत्त के बिंदु B पर स्पर्श रेखा

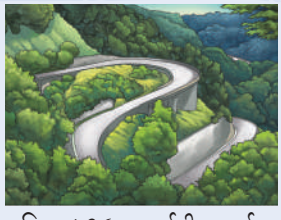
आप जानते हैं कि यदि किसी वस्तु का वेग परिवर्तित हो रहा हो तो इसका त्वरण शून्य नहीं होता। वेग तभी परिवर्तित होता है जब इसका परिमाण या दिशा या दोनों परिवर्तित होते हैं। एक समान वृत्तीय गति में वस्तु की गति त्वरित गति होती है क्योंकि इसके वेग की दिशा में सतत परिवर्तन होता है।

व्यावहारिक जगत में एकसमान वृत्तीय गति के प्रतिबंध, जैसे— अचर चाल एवं वृत्ताकार पथ प्राय: अनुभव में नहीं आते हैं। अत: एकसमान वृत्तीय गति वास्तविक जगत की स्थितियों का एक आदर्श प्रतिरूपण है।

आइए, और चिंतन करें

अंतरिक्ष या आकाश में गति, जैसे कि किसी कार का पर्वतीय मार्ग पर ऊपर की ओर चढ़ना (चित्र 4.26), आकाश में उड़ता हुआ कोई पक्षी, वायु में गतिमान कोई वायुयान, ये गतियाँ त्रिविमीय गतियाँ कहलाती हैं। इनके संबंध में आप उच्चतर कक्षाओं में सीखेंगे।

एक सोपान ऊपर



चित्र 4.26 — पर्वतीय मार्ग

© NCERT not to be republished

तथापि यह एक उपयोगी प्रतिरूपण है क्योंकि यह वास्तविक जगत की अधिक जटिल स्थितियों जैसे कि सूर्य के चारों ओर घूमते ग्रहों की गति अथवा किसी वाहन का वृत्तीय मोड़ पर मुड़ना आदि के लिए आधार प्रदान करता है।

सारांश

- समय के किसी क्षण पर किसी संदर्भ बिंदु के सापेक्ष किसी वस्तु की दूरी एवं दिशा समय के उस क्षण पर उस वस्तु की स्थिति बताते हैं।
- यदि समय के साथ किसी संदर्भ बिंदु के सापेक्ष वस्तु की स्थिति परिवर्तित होती है तो वह वस्तु गति की अवस्था में कही जाती है।
- समय के दो दिए गए क्षणों के बीच वस्तु की स्थिति में होने वाला कुल परिवर्तन इसका विस्थापन होता है।
- किसी वस्तु की माध्य चाल उस वस्तु द्वारा चलित कुल दूरी को यह दूरी चलने में लगे समय अंतराल से विभाजित करने पर प्राप्त होती है।
- किसी समय अंतराल में किसी वस्तु का माध्य वेग स्थिति में परिवर्तन (जिसे विस्थापन भी कहते हैं) को स्थिति परिवर्तन में लगे समय अंतराल से विभाजित करने पर प्राप्त होता है।
- किसी समय अंतराल में किसी वस्तु का माध्य-त्वरण उसके वेग में परिवर्तन को समय अंतराल से विभाजित करने पर प्राप्त होता है।
- नियत त्वरण से सरल रेखा में किसी वस्तु की गति के लिए पाँच भौतिक राशियों— विस्थापन (s), समय अंतराल (t), आरंभिक वेग (u), अंतिम वेग (v), तथा त्वरण (a) को शुद्धगतिक समीकरणों के नीचे दिए गए समूह द्वारा संबद्ध किया जा सकता है—

$$v = u + at \qquad s = ut + \frac{1}{2}at^2 \qquad v^2 = u^2 + 2as$$

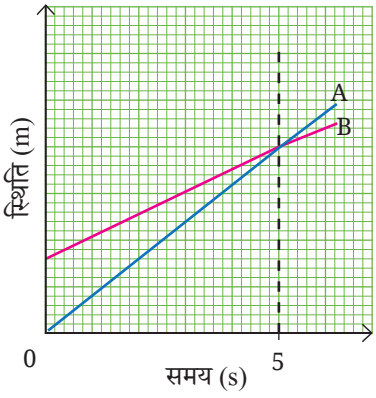
- जब कोई वस्तु किसी नियत (एकसमान) चाल से वृत्ताकार पथ पर गति करती है तो इसकी गति को एकसमान वृत्तीय गति कहा जाता है।

अभ्यास प्रश्न

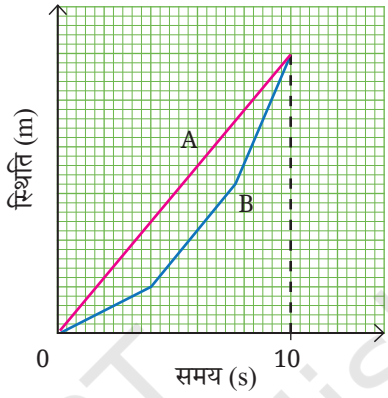
1. मेरे पिताजी एक सीधी सड़क पर चल कर एक दुकान पर गए जिसकी घर से दूरी 250 m है। वहाँ पहुँच कर उन्होंने पाया कि वह कपड़े का थैला लाना भूल गए हैं। वह घर वापस लौटे, थैला लेकर दुकान पर आए, सामान खरीदा और लौट कर घर आ गए। बताइए कि उन्होंने कुल कितनी दूरी तय की? उनके घर से विस्थापन का मान कितना हुआ?
2. कोई विद्यार्थी एक पुस्तक लेने के लिए विद्यालय भवन के भूतल से चतुर्थ तल तक दौड़ते हुए जाता है और फिर उतर कर द्वितीय तल स्थित अपने कक्षा-कक्ष में लौटता है। यदि प्रत्येक तल की ऊँचाई 3 m है तो ज्ञात कीजिए—
   (i) उसके द्वारा चलित ऊर्ध्वाधर दूरी, तथा
   (ii) आरंभिक बिंदु से उसके ऊर्ध्वाधर विस्थापन का परिमाण
3. एक लड़की अपना स्कूटर चला रही है और पाती है कि इसके गतिमापी यंत्र का पाठ्यांक स्थिर है। क्या यह संभव है कि उसका स्कूटर त्वरणशील हो? और यदि ऐसा है तो कैसे?

© NCERT not to be republished

4. एक कार विरामावस्था से चलना आरंभ करती है और 6 s में इसका वेग 24 m s^{-1} हो जाता है। इन 6 s में इसका त्वरण और इसके द्वारा चलित दूरी ज्ञात कीजिए।
5. आरंभिक वेग 28 m s^{-1} एवं नियत त्वरण से गतिमान कोई मोटर साइकिल 98 m चल कर रुक जाती है। मोटर साइकिल का त्वरण तथा इसे विरामावस्था में आने में लगे समय का मान ज्ञात कीजिए।
6. चित्र 4.27 दो ऐसी वस्तुओं A एवं B का स्थिति-समय ग्राफ दर्शाता है जो समांतर सरल रेखीय पथों पर एक ही दिशा में गतिमान हैं। क्या वस्तुओं A एवं B का वेग कभी बराबर होगा? अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दीजिए।



चित्र 4.27



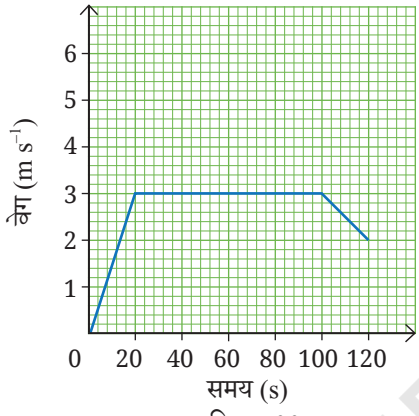
चित्र 4.28

7. चित्र 4.28 में दिया गया ग्राफ सरल रेखा में गतिमान दो वस्तुओं Aएवं B के लिए 0 – 10 सेकंड के बीच उनकी स्थितियों में समय के साथ होने वाले परिवर्तन को दर्शाता है। सही विकल्प या विकल्पों का चयन कीजिए—
   (i) 10 s समय अंतराल में दोनों का माध्य वेग बराबर है क्योंकि उनकी आरंभिक और अंतिम स्थितियाँ समान हैं।
   (ii) 10 s समय अंतराल में दोनों की माध्य-चाल बराबर है क्योंकि ये दोनों समान समय में समान दूरियाँ चलते हैं।
   (iii) 10 s समय अंतराल में A की माध्य-चाल B की माध्य-चाल से कम है क्योंकि 10 s में इसके द्वारा चलित दूरी B द्वारा चलित दूरी से कम है।
   (iv) 10 s समय अंतराल में A की माध्य-चाल B की माध्य-चाल से अधिक है, क्योंकि कुछ काल-खंडों में B की चाल A की चाल से कम है।
8. 54 km h^{-1} की चाल से ट्रक चलता हुआ एक ट्रक चालक सड़क के किनारे लगा एक यातायात निर्देश-पट (चित्र 4.29) देखता है जिसमें ट्रकों के लिए गतिसीमा 40 km h^{-1} सूचित की गई है। वह 36 s में अपनी चाल घटाकर 36 km h^{-1} पर ले आता है। इस समयावधि में उसके द्वारा चलित दूरी कितनी थी? यह मान लीजिए कि चाल घटाने की अवधि में उसका त्वरण अचर था।
9. एक कार विरामावस्था से गति आरंभ करती है और एकसमान त्वरण से 5 s में 20 m s^{-1} का वेग प्राप्त कर लेती है। इसके पश्चात 10 s तक यह 20 m s^{-1} के वेग से चलती है और अंतत: ब्रेक लगा कर (एकसमान त्वरण से) 6 सेकंड में रुक जाती है। इसके द्वारा चलित कुल दूरी ज्ञात कीजिए।
10. एक बस 36 km h^{-1} के वेग से गतिमान है तभी चालक को 30 m आगे एक अवरोध दिखाई पड़ता है। ब्रेक लगाने की प्रतिक्रिया में उसे 0.5 s का समय लगता है। ब्रेक लगाने के पश्चात बस का वेग 2.5 m s^{-2} के नियत त्वरण से कम होता है। क्या यह बस अवरोध तक पहुँचने से पहले रुकेगी?

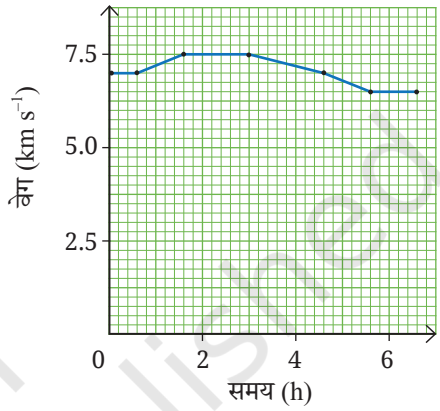
चित्र 4.29

© NCERT not to be republished

11. किसी विद्यार्थी ने कहा, "पृथ्वी सूर्य के चारों ओर गति करती है।" इस संदर्भ में चर्चा कीजिए कि क्या पृथ्वी पर रखी किसी वस्तु को विरामावस्था में माना जा सकता है।
12. किसी साइकिल चालक के लिए 0 s से 120 s के बीच वेग-समय ग्राफ चित्र 4.30 में दर्शाया गया है। उन क्षेत्रफलों को छायांकित (अलग-अलग रंगों में) कीजिए जो इसका विस्थापन निरूपित करते हैं, जब—
    (i) साइकिल चालक नियत वेग से चल रहा है।
    (ii) साइकिल चालक का वेग कम हो रहा है।
    0 –120 s समय अंतराल में विस्थापन एवं माध्य त्वरण का परिकलन भी कीजिए।

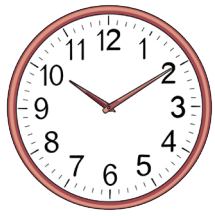


चित्र 4.30



चित्र 4.31

13. एक लड़की किसी सीधी सड़क पर दौड़ कर अपनी पहली मैराथन दौड़ प्रतियोगिता की तैयारी कर रही है। विभिन्न समयावधियों में अपनी धावन-चाल के परिकलन के लिए वह एक स्मार्टवॉच का उपयोग करती है। चित्र 4.31 में दर्शाया गया वेग-समय ग्राफ विभिन्न क्षणों पर उसके वेग के मान को चित्रित करता है। ग्राफ के आधार पर उसके द्वारा दौड़ी गई दूरी का आकलन कीजिए।
14. किसी राज्य-राजमार्ग पर प्रवेश करने के पश्चात एक कार 2 मिनट तक 6 m s^{-1} के नियत वेग से चलती है और फिर 6 सेकंड तक 1 m s^{-2} के नियत त्वरण से त्वरित होती है। इस कार की गति के लिए वेग-समय ग्राफ बना कर 2 मिनट 6 सेकंड की अवधि में राज्य के राजमार्ग पर कार का विस्थापन ज्ञात कीजिए।
15. दो कारें A एवं B सरल रेखा में नियत त्वरण से विरामावस्था से गति आरंभ करती हैं। कार A 5 s में 5 m s^{-1} वेग प्राप्त करती है। जबकि कार B, 10 s में 3 m s^{-1} वेग प्राप्त करती है। एक ही ग्राफपेपर पर दोनों कारों के वेग-समय ग्राफ आलेखित कीजिए। इस ग्राफ का उपयोग करके दी गई दोनों समयावधियों में विस्थापन के मान परिकलित कीजिए। (संकेत— दोनों प्रकरणों मे त्वरण परिकलित कीजिए। इसके पश्चात ग्राफ आलेखित करने के लिए समय के पाँच क्षणों पर वेगों का परिकलन कीजिए।)
16. रोहन घर पर शाम के 6 बजे से 7:30 बजे तक विज्ञान का अध्ययन करता है। उसकी दीवार घड़ी (चित्र 4.32) की मिनट की सुई की लंबाई 7 cm है। परिकलन कीजिए, दी गई समयावधि में इस सुई के सिरे—
    (i) द्वारा चलित दूरी
    (ii) का विस्थापन
    (iii) की चाल तथा
    (iv) का वेग

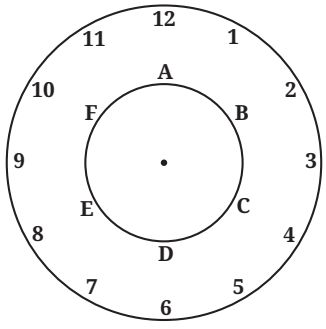


चित्र 4.32

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- गत्ते की एक चकती (त्रिज्या ~ 8 cm) लीजिए (चित्र 4.33)। इसके बाहरी भाग पर (केंद्र से 7 cm की दूरी पर) एक ही आमाप की 1 से 12 तक की संख्याएँ तथा आंतरिक भाग पर (केंद्र से 4 cm की दूरी पर) अक्षर 'A, B, C, D, E, F' लिखिए। चकती को पहले धीरे-धीरे और फिर तीव्र गति से घुमाइए। अवलोकन कीजिए कि संख्याएँ और अक्षर कैसे दिखाई देते हैं। संख्याएँ क्यों धुँधली अथवा अदृश्य हो जाती हैं जबकि अक्षर दिखाई देते रहते हैं? क्या संख्याओं और अक्षरों की चाल समान है या भिन्न-भिन्न? अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दीजिए।



चित्र 4.33

- अनेक स्मार्टफोन के भीतर एक अंतर्निमित त्वरणमापी होता है जो अत्यंत सूक्ष्म त्वरण की उपस्थिति भी संसूचित कर सकता है। Phyphox (Phyphox.org) जैसा कोई ऐप इंस्टॉल कीजिए और इसमें 'Accelerometer' (g विहीन) खोलिए। पाठ्यांक तब नोट कीजिए जब फोन (i) आपकी फैली हुई हथेली पर रखा हो (ii) फर्श पर रखा हो। आप पाठ्यांकों में क्या अंतर पाते हैं? व्यावहारिक स्थितियों में आपको इससे गति एवं त्वरण के विषय में क्या पता चलता है? (इस प्रकार की सूक्ष्म, अनैच्छिक गतियों का अध्ययन आयुर्विज्ञान अनुसंधान में भी किया जाता है, उदाहरणार्थ— अंग संचालन संबंधी विकारों में) यह संस्तुत किया जाता है कि यह क्रियाकलाप शिक्षक की सहायता से सामूहिक कक्षा-कक्ष गतिविधि के रूप में किया जाए।
- नियत त्वरण से सरल रेखा में गति के लिए हमने दो प्राथमिक समीकरणों समीकरण — (4.4 क) एवं (4.4 ख) व्युत्पन्न किए थे। इन दो समीकरणों का उपयोग करके हम तीन अतिरिक्त समीकरणों को व्युत्पन्न कर सकते हैं जिनमें से एक समीकरण (4.4 ग) हमने पहले व्युत्पन्न किया है। नीचे दिए गए शेष दो समीकरणों को व्युत्पन्न कीजिए

$$s = vt - \frac{1}{2}at^2 \qquad s = \frac{1}{2}(u+v)\,t$$

कक्षा 8
गणित प्रकाश
भाग-II
अध्याय 7

गणित में आपने समलंब चतुर्भुज के क्षेत्रफल को परिकलित करने का सूत्र सीखा है। उस सूत्र का उपयोग करके ऊपर दिया गया दूसरा सूत्र व्युत्पन्न कीजिए।

- अलग-अलग ग्राफ पत्रों पर X एवं Y अक्षों के लिए अलग-अलग मापक्रम लेकर तालिका 4.4 में दिए गए आँकड़ों के लिए ग्राफ आलेखित कीजिए। दोनों ग्राफ की तुलना करके ज्ञात कीजिए कि मापक्रम बदलने से ग्राफ की आकृति किस प्रकार परिवर्तित होती है और यह सुनिश्चित कीजिए कि कौन-सा मापक्रम सबसे अच्छा है और क्यों? अब किसी ग्राफ आलेखनकारी ऐप की सहायता से इस प्रयोग को दोहराइए। इस प्रकार के ऐप सामान्यत: पर्दे पर आँकड़ों के उचित अनुरूपण के लिए अक्षों का समंजन स्वयं कर लेते हैं।
- किसी वाहन मिस्त्री से बात करके समझिए कि ब्रेक लगाने के पश्चात वाहन जितनी दूर जाकर रुकता है, वह दूरी (i) सड़क के गीले होने से (ii) घिसे हुए टायरों के कारण (iii) वाहन का द्रव्यमान अधिक होने से (iv) रात में गाड़ी चलाने से (v) कुहरे से (vi) खराब मौसम (वर्षा, बर्फ, तूफान) से तथा (vii) चालक के प्रतिक्रिया काल से किस प्रकार प्रभावित होती है। इस जानकारी का उपयोग करके अपने विद्यालय के लिए एक सुरक्षा पोस्टर अभिकल्पित कीजिए तथा विद्यालय की सभा में प्रस्तुत करने के लिए एक छोटी-सी लघुनाटिका तैयार कीजिए।

© NCERT not to be republished

0907CH05

अध्याय

5

मिश्रण एवं उनके पृथक्करण का अन्वेषण

चिंतन कीजिए

- पंकिल जल में निलंबित कण कुछ समय पश्चात तली पर बैठ जाते हैं परंतु दुग्ध में ऐसा नहीं होता है, क्यों?
- वाष्पीकरण किस प्रकार क्वथन से भिन्न होता है?
- आपको घने वृक्ष की पत्तियों के मध्य छोटे अंतरालों में से छनकर निकलता हुआ सूर्य का प्रकाश चमकीली किरणों के रूप में क्यों दिखाई देता है?

क्या आपको कभी आश्चर्य हुआ है कि लंबे, हरे गन्ने के पौधों से चीनी के मीठे और श्वेत क्रिस्टल किस प्रकार प्राप्त किए जाते हैं? या चिकित्सक रक्त की कुछ बूँदों से ही मलेरिया जैसे रोगों की जाँच किस प्रकार करते हैं? मिश्रणों के पृथक्करण के रोचक विज्ञान पर आधारित तकनीकों के कारण हमारे दैनिक जीवन के अनेक क्रियाकलाप संभव हो पाते हैं।

आप मिश्रणों तथा उनके पृथक्करण की कुछ सरल विधियों के विषय में पहले ही सीख चुके हैं। इस अध्याय में आप मिश्रणों के गुणधर्मों, व्यवहार और उन्हें पृथक करने की विभिन्न विधियों का विस्तारपूर्वक अध्ययन करेंगे। चीनी उत्पादन जैसे औद्योगिक प्रक्रमों से लेकर जीवनरक्षक चिकित्सीय जाँचों तक मिश्रणों का पृथक्करण हमारे दैनिक जीवन में अत्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका का निर्वहन करता है।

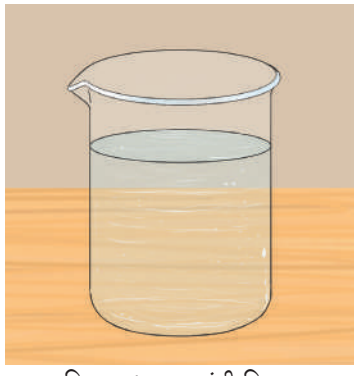
कक्षा 6
जिज्ञासा
अध्याय 9

© NCERT not to be republished

5.1 हम मिश्रणों का वर्गीकरण किस प्रकार कर सकते हैं?

आप जानते हैं कि चीनी और जल के मिश्रण का संघटन पूर्णतया एकसमान होता है। जल में घुली चीनी के मिश्रण का स्वाद प्रथम और अंतिम घूँट में समान रूप से मीठा होता है। ऐसे मिश्रण को **समांगी मिश्रण (homogeneous mixture)** (चित्र 5.1) अथवा **विलयन** कहते हैं। सिरका (जल में ऐसीटिक अम्ल), वातित पेय (aerated drinks) जैसे सोडा जल (जल में कार्बन डाइऑक्साइड) इत्यादि समांगी मिश्रणों के अन्य उदाहरण हैं। एक विलयन सदैव समांगी होता है।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 9



चित्र 5.1 — समांगी मिश्रण

दूसरी ओर, जल और रेत का विलोडित मिश्रण एकरूप नहीं होता है। रेत के कण जल में स्पष्ट दिखाई देते हैं और कुछ समय पश्चात तली पर बैठ जाते हैं। ऐसे मिश्रण को **विषमांगी मिश्रण (heterogeneous mixture)** (चित्र 5.2) कहते हैं। तेल और जल का मिश्रण समांगी है अथवा विषमांगी? क्या आप कुछ अन्य विषमांगी मिश्रणों के उदाहरणों पर विचार कर सकते हैं?

चित्र 5.2 — विषमांगी मिश्रण

क्रियाकलाप 5.1— आइए, प्रयोग करें — सामूहिक क्रियाकलाप

कक्षा को तीन समूहों—'क', 'ख' और 'ग' में विभाजित कीजिए। निम्नलिखित चरणों का पालन करते हुए प्रत्येक समूह एक रंगहीन, पारदर्शी काँच के गिलास अथवा एक 100 mL बीकर में मिश्रण बनाएगा।

1. समूह 'क'— एक बीकर में 50 mL जल तथा एक स्पैचुला भरकर साधारण नमक डालिए और इसे भली-भाँति विलोडित कीजिए। बीकर पर 'क' अंकित कीजिए।
2. समूह 'ख'— एक बीकर में 50 mL जल तथा एक स्पैचुला भरकर चॉक का चूर्ण लीजिए और भली-भाँति विलोडित कीजिए। बीकर पर 'ख' अंकित कीजिए।
3. समूह 'ग'— एक बीकर में 50 mL जल तथा दुग्ध की कुछ बूँदें डालिए और भली-भाँति विलोडित कीजिए। बीकर पर 'ग' अंकित कीजिए।
4. क्या आपको प्रत्येक मिश्रण में कण दिखाई दे रहे हैं? अपने अवलोकनों को **अभिलेखित** कीजिए।
5. किसी लेसर संकेतक से निकले प्रकाश किरणपुंज को एक-एक करके मिश्रणों के पात्रों पर डालिए (चित्र 5.3) और बीकर के पार्श्व से लेसर पुंज की लंबवत दिशा में उसका **अवलोकन** कीजिए। अपने अवलोकनों को अभिलेखित कीजिए।

सुरक्षा सर्वोपरि—लेसर किरणपुंज पर सीधी दृष्टि नहीं डालनी चाहिए। इससे नेत्रों को अपूर्णीय क्षति पहुँच सकती है।

6. **अनुमान** लगाइए कि यदि इन बीकरों को कुछ क्षणों के लिए स्थिर रखा जाए तो प्रत्येक बीकर में आपको क्या दिखाई देगा?

(क)

(ख)

(ग)

चित्र 5.3 — (क) नमक और जल, (ख) चॉक चूर्ण और जल तथा (ग) दुग्ध और जल के मिश्रणों में से लेसर प्रकाश का संचरण

© NCERT not to be republished

7. एक निस्यंदन उपकरण व्यवस्थित कीजिए और उसकी सहायता से प्रत्येक मिश्रण का पृथक-पृथक निस्यंदन कीजिए। क्या निस्यंदक पत्र पर कोई अवशेष रहता है?
8. अपने अवलोकनों के आधार पर बताइए कि क्या ये सभी मिश्रण एक ही प्रकार के हैं अथवा भिन्न-भिन्न प्रकार के हैं?

वास्तव में ये भिन्न प्रकार के मिश्रण हैं। कैसे? आइए, इसका अन्वेषण करें!

5.2 विलयन

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 9

आपने सीखा है कि विलयन समांगी मिश्रण होते हैं। आपको यह भी ज्ञात है कि विलयन तब बनता है जब कोई **विलेय** (वह पदार्थ जो घुलता है) किसी **विलायक** (वह पदार्थ जिसमें विलेय घुलता है) में मिश्रित किया जाता है। चीनी और जल के मिश्रण में चीनी विलेय है और जल विलायक है। किसी विलयन में विलेय और विलायक किस अनुपात में उपस्थित होते हैं? क्या इन्हें मात्रात्मक रूप से व्यक्त किया जा सकता है?

5.2.1 विलयन की सांद्रता

कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 6

आपने सीखा है कि 'ओरल रिहाइड्रेशन सॉल्यूशन' (ORS) किस प्रकार बनाया जाता है। हम ओरल रिहाइड्रेशन सॉल्यूशन बनाने के लिए नमक और चीनी की नियत मात्राएँ जल की एक निश्चित मात्रा में मिश्रित करते हैं। यदि हम जल के किसी निश्चित आयतन में नमक अथवा चीनी की मात्राओं में परिवर्तन कर देते हैं अथवा नमक एवं चीनी की निर्दिष्ट मात्राओं के लिए जल के आयतन में परिवर्तन कर देते हैं, तो हमें जल में नमक तथा चीनी का विलयन तो प्राप्त होगा परंतु वह ओरल रिहाइड्रेशन सॉल्यूशन नहीं होगा। अन्य शब्दों में, हम ओरल रिहाइड्रेशन सॉल्यूशन बनाने के लिए जल की एक निश्चित मात्रा में नमक तथा चीनी को अनियत मात्रा में मिश्रित नहीं कर सकते हैं।

टिप्पणी

घर पर तैयार किए गए अथवा बाजार में उपलब्ध सभी मीठे पेय पदार्थ ओ.आर.एस. नहीं होते हैं।

आइए, एक अन्य उदाहरण लेते हैं। जब कृषक अपनी फसलों पर पीड़कनाशियों का छिड़काव करते हैं, तो विलयन बनाने के लिए उन्हें पीड़कनाशी की निश्चित मात्रा को जल की निश्चित मात्रा में मिश्रित करना चाहिए। यदि वे ऐसा नहीं करते हैं तो क्या होगा? पीड़कनाशी की मात्रा यदि बहुत कम होगी तो फसल की रक्षा नहीं हो सकेगी जबकि पीड़कनाशी की अधिक मात्रा से फसलों, मृदा और पर्यावरण को हानि हो सकती है।

क्या आप ऐसे अन्य उदाहरणों के विषय में सोच सकते हैं?

विलयन तैयार करने के लिए पदार्थों को सदैव सही अनुपात में लेना आवश्यक होता है। विलेय की वह मात्रा जो किसी विलायक अथवा विलयन की मात्रा में घुली होती है, विलयन की **सांद्रता** कहलाती है।

सांद्रता को केवल विज्ञान प्रयोगशाला में ही नहीं, अपितु दैनिक जीवन में भी समझना आवश्यक है, जैसे— औषधि, कृषि, खाद्य पदार्थों, प्रसाधन सामग्री में और यहाँ तक कि एक प्याली चाय बनाने में भी!

वैज्ञानिक-परिचय

दिलीप महालनोबिस, एक भारतीय शिशुरोग विशेषज्ञ ने अतिसार और हैजा जैसे रोगों से उत्पन्न निर्जलीकरण के उपचार हेतु एक उपाय को विकसित और प्रचलित किया। इन्होंने ओ.आर.एस. का सूत्रीकरण किया परिणामस्वरूप पुनर्जलीकरण उपचार में एक क्रांतिकारी परिवर्तन हुआ। विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO) द्वारा इसे विश्व भर में लोकप्रिय करने के उपरांत इसने लाखों व्यक्तियों के जीवन की रक्षा की।

5.2.2 हम सांद्रता को किस प्रकार व्यक्त करते हैं?

आइए, अब हम विलयन की सांद्रता को व्यक्त करने की विभिन्न विधियों का अन्वेषण करें और यह समझें कि प्रत्येक विधि का प्रयोग कहाँ और क्यों अधिक उपयुक्त है।

कुछ व्यावसायिक डिब्बा बंद उत्पाद (चित्र 5.4) एकत्रित कीजिए और प्रत्येक उत्पाद पर लिखित जानकारी को अभिलेखित कीजिए।

© NCERT not to be republished

विलयन की सांद्रता को कई विधियों द्वारा व्यक्त किया जा सकता है। इनमें से प्रतिशत भी एक सामान्य विधि है जिसकी चर्चा हम यहाँ कर रहे हैं। अन्य विधियों के विषय में आप उच्चतर कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।

एक सोपान ऊपर

किसी विलयन की सांद्रता को प्रतिशत के रूप में व्यक्त करने की तीन मुख्य विधियाँ निम्नलिखित हैं।

क. द्रव्यमान-द्रव्यमान प्रतिशत (*% m/m* अथवा *% w/w*)

सामान्यतः यह विधि समांगी मिश्रणों की सांद्रता व्यक्त करने हेतु प्रयुक्त होती है। यह विधि हमें बताती है कि 100 g विलयन में विलेय के कितने ग्राम विद्यमान हैं।

इसे गणितीय रूप में निम्नलिखित प्रकार से व्यक्त किया जाता है—

$$\text{द्रव्यमान- द्रव्यमान प्रतिशत} = \frac{\text{विलेय का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का द्रव्यमान}} \times 100 \qquad (5.1)$$

सांद्रता व्यक्त करने की इस विधि का उपयोग विषमांगी मिश्रणों जैसे कि दुग्ध पाउडर (चित्र 5.4 क) और मसालों के मिश्रण के लिए भी किया जाता है। इसका प्रयोग डिब्बाबंद खाद्य पदार्थों के संघटन को व्यक्त करने के लिए भी किया जाता है जिससे यह ज्ञात होता है कि उनमें कितना नमक, चीनी अथवा प्रोटीन विद्यमान है।

उदाहरण 5.1— यदि 90 g जल में 10 g नमक मिश्रित किया गया हो तो प्राप्त विलयन का द्रव्यमान-द्रव्यमान प्रतिशत परिकलित कीजिए।

उत्तर— नमक (विलेय) का द्रव्यमान = 10 g

जल (विलायक) का द्रव्यमान = 90 g

विलयन का कुल द्रव्यमान = विलेय का द्रव्यमान + विलायक का द्रव्यमान

$$= 10\text{ g} + 90\text{ g} = 100\text{ g}$$

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

$$= \frac{10\text{ g}}{100\text{ g}} \times 100 = 10\%\ m/m$$

ख. द्रव्यमान-आयतन प्रतिशत (*% m/v* अथवा *% w/v*)

इस विधि का उपयोग उस स्थिति में किया जाता है जब द्रव को तोलने की तुलना में उसका आयतन मापना अधिक सुगम होता है, उदाहरण के लिए— दवाइयों और प्रयोगशालाओं में। एक सामान्य उदाहरण 5% ग्लूकोस का विलयन है (चित्र 5.4 ख)। यह हमें बताता है कि 100 mL विलयन में विलेय की कितनी मात्रा (ग्राम) विद्यमान है।

गणितीय रूप में,

$$\text{द्रव्यमान-आयतन प्रतिशत} = \frac{\text{विलेय का द्रव्यमान}}{\text{विलयन का आयतन}} \times 100 \qquad (5.2)$$

उदाहरण 5.2— यदि 5 g ग्लूकोस को जल में घोलकर 100 mL विलयन बनाया जाता है तो उसकी सांद्रता द्रव्यमान-आयतन प्रतिशत के रूप में परिकलित कीजिए।

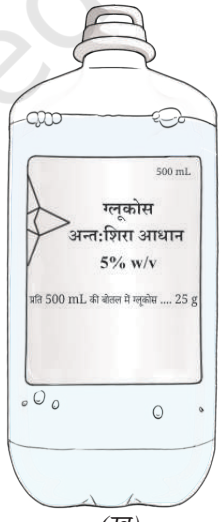
उत्तर— ग्लूकोस (विलेय) का द्रव्यमान = 5 g

विलयन का आयतन = 100 mL

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

$$= \frac{5\text{ g}}{100\text{ mL}} \times 100 = 5\%\ m/v$$

(क)



(ख)

(ग)

चित्र 5.4 — कुछ व्यावसायिक डिब्बाबंद उत्पादों का संघटन— (क) दुग्ध पाउडर, (ख) ग्लूकोस का विलयन और (ग) सिरका

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

चिकित्सालयों में प्रयुक्त लवणीय विलयन प्रायः सोडियम क्लोराइड (साधारण नमक) का जल में 0.9 % *m/v* विलयन होता है अर्थात इसके 100 mL विलयन में 0.9 g नमक विद्यमान होता है (चित्र 5.5)। 0.9% लवणीय विलयन रुधिर के लिए सुरक्षित होता है तथा शरीर से निकले हुए तरल की क्षतिपूर्ति करता है।

चित्र 5.5 — लवणीय विलयन

ग. आयतन-आयतन प्रतिशत (*% v/v*)

यह विधि दो मिश्रणीय द्रवों को मिश्रित करते समय प्रयुक्त की जाती है। उदाहरणार्थ— इत्र, सौंदर्य प्रसाधन एवं सिरका (चित्र 5.4 ग)। आयतन-आयतन प्रतिशत (*% v/v*) व्यक्त करता है कि 100 mL विलयन में विलेय के कितने mL उपस्थित हैं। गणितीय रूप में,

$$\text{आयतन-आयतन प्रतिशत} = \frac{\text{विलेय का आयतन}}{\text{विलयन का आयतन}} \times 100 \qquad (5.3)$$

उदाहरण 5.3— धान की फसल पर छिड़काव के लिए यदि किसी पीड़कनाशी द्रव के 1 mL को पर्याप्त जल में मिश्रित करके 100 mL पीड़कनाशी छिड़काव बनाया गया हो, तो उसका आयतन-आयतन प्रतिशत ज्ञात कीजिए।

उत्तर— पीड़कनाशी (विलेय) का आयतन = 1 mL

विलयन का कुल आयतन = 100 mL

$$\text{आयतन-आयतन प्रतिशत} = \frac{\text{विलेय का आयतन}}{\text{विलयन का आयतन}} \times 100$$

$$= \frac{1 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \times 100 = 1\% \ v/v$$

टिप्पणी

उद्योगों में सामान्यत: भार-भार प्रतिशत (*% w/w*) का उपयोग प्रचलित है, क्योंकि भार तथा द्रव्यमान का सामान्यत: एक-दूसरे के स्थान पर उपयोग किया जाता है। आंकिक रूप से *% m/m* तथा *% w/w* दोनों एक-दूसरे के समान होते हैं।

सोचिए और बताइए

1. किसी साधारण प्रसाधन पाउडर (टैल्कम पाउडर) में 4% *m/m* जिंक ऑक्साइड है, जो एक पूतिरोधी (antiseptic) की भाँति कार्य करता है। 300 g टैल्कम पाउडर में जिंक ऑक्साइड की कितनी मात्रा उपस्थित है?
2. आपकी माँ ने आपको अपने अतिथि मित्रों को परोसने के लिए संतरे के सांद्रित रस की एक बोतल दी है। वे आपको एक गिलास में सांद्र रस के दो बड़े चम्मच जल में मिश्रित करने के लिए कहती हैं। यदि प्रत्येक बड़े चम्मच का माप 15 mL हो और आप प्रत्येक व्यक्ति के लिए 150 mL रस तैयार करते हैं, तो आपके द्वारा बनाए गए मिश्रण में संतरे के सांद्र रस का आयतनानुसार सांद्रता प्रतिशत (*% v/v*) क्या होगा?
3. सिरका, जिसका उपयोग खाद्य परिरक्षक (preservatives) और योज्य (additives) के रूप में किया जाता है, में 5% *v/v ऐसीटिक अम्ल* होता है। ध्यान रखिए कि *ग्लैशल ऐसीटिक अम्ल* एक द्रव है, जो 100% *ऐसीटिक अम्ल* है। यदि आप *ग्लैशल ऐसीटिक अम्ल* से सिरका बनाना चाहते हैं तो यह आप किस प्रकार बनाएँगे?

5.2.3 पदार्थों की विलेयता

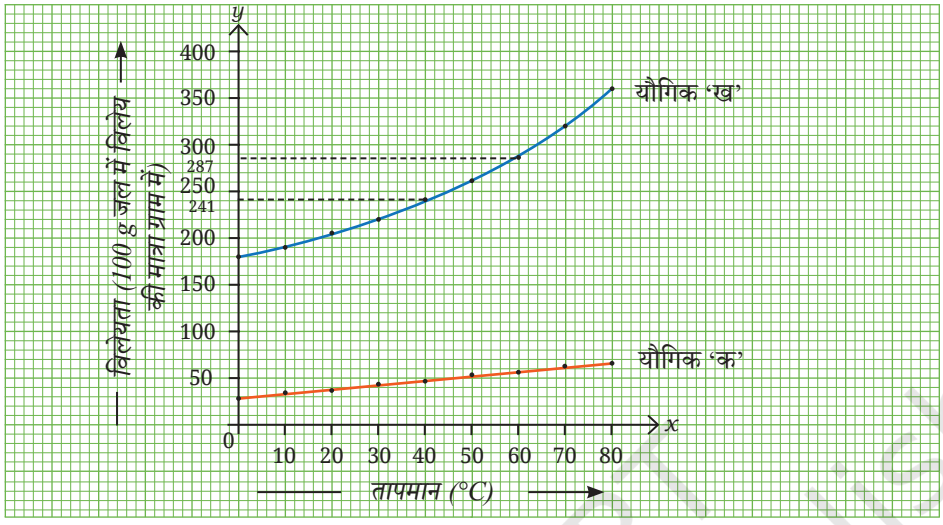
कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 9

आपने यह सीखा है कि विलेय की वह अधिकतम मात्रा जो किसी निश्चित तापमान पर विलायक की एक निश्चित मात्रा (100 mL अथवा 100 g) में घुलती है, उसकी **विलेयता** कहलाती है। वह विलयन जो उस तापमान पर और अधिक विलेय को नहीं घोल सकता है, **संतृप्त** विलयन कहलाता है। हम तापमान का उल्लेख क्यों करते हैं? ऐसा इसलिए है क्योंकि ठोस विलेयों की द्रव विलायक में विलेयता प्रायः तापमान में वृद्धि के साथ-साथ बढ़ती है जबकि दूसरी ओर, गैसों को द्रवों में घोलने पर उनकी विलेयता प्रायः तापमान में वृद्धि के साथ घटती है। विलेयता एक महत्त्वपूर्ण गुणधर्म है जिसका उपयोग मिश्रणों से पदार्थों को पृथक करने के लिए किया जाता है। आइए, इसका और अधिक अन्वेषण करें।

© NCERT not to be republished

क्रियाकलाप 5.2— आइए, विलेयता को ग्राफ के रूप में निरूपित करें

जल को विलायक और यौगिक 'क' तथा 'ख' को विलेय मानिए। प्रत्येक पदार्थ की विलेयता भिन्न होती है। तापमान के सापेक्ष विलेयता का ग्राफ, **विलेयता वक्र** कहलाता है। विलेय के रूप में 'क' और 'ख' के विलेयता वक्रों को चित्र 5.6 में दर्शाया गया है। x-अक्ष तापमान (°C) प्रदर्शित कर रहा है जबकि y-अक्ष प्रति 100 g जल में विलेय की विलेयता को ग्राम में दर्शा रहा है।



चित्र 5.6 — जल में यौगिकों 'क' और 'ख' के विलेयता वक्र

उपर्युक्त आलेख से प्राप्त सूचना के आधार पर अनुमान लगाइए कि किसी निश्चित तापमान पर दो यौगिकों 'क' और 'ख' में से कौन-सा जल की दी हुई मात्रा में अधिक विलेय होगा?

चित्र 5.6 का अवलोकन कीजिए और निम्नलिखित रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए।

(i) 20°C पर यौगिक 'क' की जल में विलेयता 60°C पर उसकी विलेयता _____ (से कम है / से अधिक है/के समान है)।

(ii) 20°C पर यौगिक 'ख' की विलेयता 60°C पर उसकी विलेयता _____ (से कम है/ से अधिक है / के समान है)।

(iii) तापमान में वृद्धि से _____ की विलेयता में _____ की अपेक्षा अधिक वृद्धि होती है (यौगिक 'क'/ यौगिक 'ख')।

यदि आप उच्च तापमान पर एक संतृप्त विलयन बनाते हैं और उसे धीरे-धीरे ठंडा करते हैं, तो विचार कीजिए कि इसका क्या परिणाम होगा? आइए, इसे ज्ञात करते हैं।

5.3 समांगी मिश्रणों के पृथक्करण की विधियाँ

5.3.1 क्रिस्टलीकरण

आपने संतृप्त विलयन बनाना सीख लिया है। यदि आप 60°C पर यौगिक 'ख' का जल में बना एक संतृप्त विलयन लेते हैं जिसे 100 g जल में यौगिक 'ख' के 287 g को घोल कर बनाया गया है, तो विलयन को 40°C तक धीरे-धीरे ठंडा करने पर क्या होगा? चित्र 5.6 के अनुसार 40°C पर यौगिक 'ख' की जल में विलेयता 241 g प्रति 100 g है। यह इंगित करता है कि यौगिक 'ख' के केवल 241 g ही विलयन में विद्यमान हो सकते हैं और इसका शेष भाग शुद्ध ठोस क्रिस्टलों के रूप में पृथक हो जाएगा। **क्रिस्टल** एक ऐसा ठोस पदार्थ है, जो कणों की एक नियमित ज्यामितीय प्रतिरूप से निर्मित होता है।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 9

© NCERT not to be republished

(क)

(ख)

(ग)

चित्र 5.7 — (क) सेंधा नमक, (ख) मिश्री और (ग) तुषार (पाला) के क्रिस्टल

आपने दैनिक जीवन में अनेक प्रकार के क्रिस्टल देखे होंगे, जैसे— सेंधा नमक के क्रिस्टल (चित्र 5.7 क) अथवा चीनी के क्रिस्टल (चित्र 5.7 ख), जो मिश्री (कैंडी शुगर) बनाते समय निर्मित होते हैं। हिमकण भी क्रिस्टल होते हैं जो वायु में जलवाष्प के जमने से बनते हैं। यहाँ तक कि खिड़कियों पर तुषार (पाला) की परत भी तब बनती है जब जलवाष्प बर्फ के क्रिस्टलों में परिवर्तित हो जाती है (चित्र 5.7 ग)। अब आप समझ गए होंगे कि प्राकृतिक रूप से क्रिस्टल किस प्रकार बनते हैं।

प्रयोगशालाओं में किसी संतृप्त विलयन से क्रिस्टल बनाने की प्रक्रिया को **क्रिस्टलीकरण** कहा जाता है। इस विधि का उपयोग उन घुलनशील ठोस पदार्थों के पृथक्करण के लिए किया जाता है जिनमें से एक पदार्थ की विलेयता एक निश्चित तापमान पर दूसरे पदार्थ की विलेयता से कम होती है। इस विधि का उपयोग ठोस पदार्थों के शुद्धिकरण के लिए भी किया जा सकता है। क्रिस्टलीकरण द्वारा शुद्धिकरण की प्रक्रिया विभिन्न तापमानों पर पदार्थ की विलेयता में भिन्नता के सिद्धांत पर आधारित है।

आप क्रिस्टल बनाने का स्वयं प्रयास कीजिए।

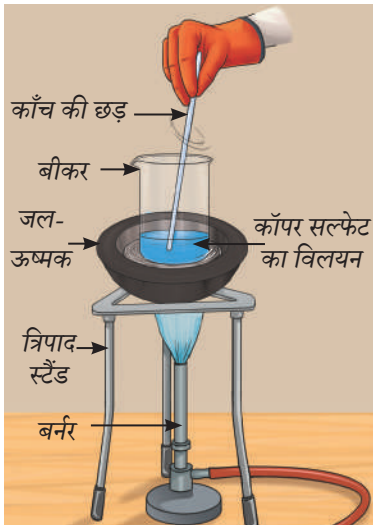
टिप्पणी

सल्फ्यूरिक अम्ल की आवश्यकता केवल कुछ लवणों के क्रिस्टलीकरण हेतु होती है।

क्रियाकलाप 5.3 — आइए, क्रिस्टल बनाएँ

1. कॉपर सल्फेट (नीला थोथा) का एक प्रतिदर्श लीजिए। यदि कॉपर सल्फेट उपलब्ध न हो, तो आप साधारण नमक का उपयोग भी विकल्प के रूप में कर सकते हैं।

सुरक्षा सर्वोपरि— कॉपर सल्फेट अविषालु होता है। यह प्रयोग किसी वयस्क की देखरेख में ही करना चाहिए और ध्यान रखें कि कॉपर सल्फेट को नग्न हाथों से कभी भी स्पर्श न करें।



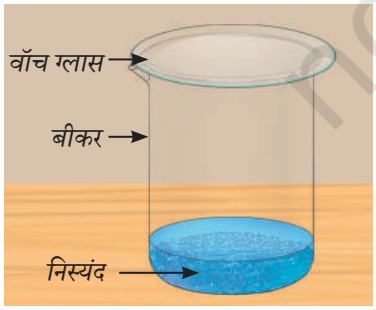
(क) संतृप्त विलयन बनाना

(ख) गर्म संतृप्त विलयन को निस्यंदित करना

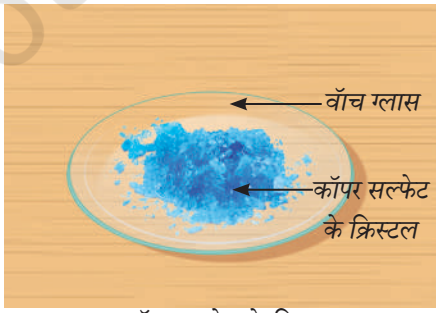
2. 100 mL के एक बीकर में 1 g कॉपर सल्फेट लीजिए। बीकर में 25 mL जल और तनु सल्फ्यूरिक अम्ल की एक बूँद डालिए। मिश्रण को निरंतर विलोडित करते हुए जल-ऊष्मक पर धीरे-धीरे गर्म कीजिए। सल्फ्यूरिक अम्ल अवांछित अभिक्रियाओं को अवरुद्ध कर शुद्ध क्रिस्टल बनाने में सहायता करता है।

सुरक्षा सर्वोपरि— यह सलाह दी जाती है कि सल्फ्यूरिक अम्ल को शिक्षक द्वारा बीकर में डाला जाना चाहिए। सल्फ्यूरिक अम्ल का उपयोग अत्यंत सावधानीपूर्वक कीजिए।

3. धीरे-धीरे कॉपर सल्फेट की कुछ और मात्रा तब तक मिलाइए जब तक कि विलयन संतृप्त न हो जाए (चित्र 5.8 क)।
4. अघुलनशील अशुद्धियों को पृथक करने के लिए गर्म विलयन का निस्यंदन कीजिए (छान लीजिए) (चित्र 5.8 ख)। निस्यंद को एक स्वच्छ बीकर में एकत्रित कीजिए और इसे वॉच ग्लास से ढक दीजिए।
5. इसे स्थिर रखकर धीरे-धीरे ठंडा होने दीजिए (चित्र 5.8 ग)। इससे विलयन में विद्यमान कणों



(ग) निस्यंद को ठंडा करना



(घ) कॉपर सल्फेट के क्रिस्टल

चित्र 5.8 — क्रिस्टलीकरण प्रक्रिया के चरण

© NCERT not to be republished

को संगठित होकर नीले रंग के बड़े, चमकदार एवं सुरूपित क्रिस्टल बनने के लिए पर्याप्त समय मिल जाता है।

6. निर्मित क्रिस्टलों को निस्यंदित कर लीजिए। अब इन्हें ठंडे जल से धोइए तथा वॉच ग्लास पर सूखने के लिए रख दीजिए (चित्र 5.8 घ)।

आप यह प्रयास भी कर सकते हैं—

1. संतृप्त कॉपर सल्फेट विलयन के 1–2 mL काँच की एक छोटी प्लेट अथवा लेमिनेशन शीट पर रखिए।
2. इसे कुछ समय के लिए छोड़ दीजिए। आप क्या देखते हैं?

क्या आपको क्रिस्टल प्राप्त हुए? यदि हाँ, तो क्या यह प्रयोग करने की अच्छी विधि है? व्याख्या कीजिए।

क्रिस्टलीकरण, समांगी मिश्रणों से शुद्ध पदार्थों (क्रिस्टलों) को पृथक करने की एक सामान्य तकनीक है। जब नए यौगिक बनाए जाते हैं तो बहुधा उनके साथ अवांछित अशुद्धियाँ भी होती हैं। क्रिस्टलीकरण वांछित शुद्ध पदार्थ को अवांछित अशुद्धियों से पृथक करने में सहायता करता है।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

यदि कॉपर सल्फेट के गर्म संतृप्त विलयन को कक्ष के तापमान पर धीरे-धीरे ठंडा करने की अपेक्षा हिमशीतित जल में तीव्रता से ठंडा किया जाए तो निर्मित होने वाले क्रिस्टल छोटे होंगे तथा भली-भाँति निर्मित नहीं हो पाएँगे। इस **परिकल्पना** का परीक्षण करने के लिए आप किसी प्रयोग की अभिकल्पना एवं उसका निष्पादन किस प्रकार करेंगे?

संकेत— कॉपर सल्फेट का एक गर्म संतृप्त विलयन तैयार कीजिए और उसे दो समान भागों में विभाजित कीजिए।

सोचिए और बताइए

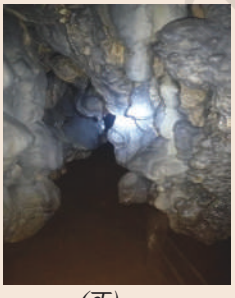
4. क्रियाकलाप 5.2 में दिए गए विलेयता वक्रों का संदर्भ लीजिए। यदि यौगिक 'क' और 'ख' के गर्म, संतृप्त विलयनों के समान द्रव्यमान को 80°C से 60°C तक ठंडा किया जाए, तो किस विलयन से अधिक ठोस निक्षेपित होने की संभावना है?
5. वाष्पीकरण की दर बढ़ाने अथवा घटाने पर साधारण नमक के क्रिस्टलों के आकार में क्या कोई परिवर्तन होगा? व्याख्या कीजिए।

क्रियाकलाप 5.4 — आइए, एक प्रक्रिया का वर्णन करें

चित्र 5.9 को ध्यानपूर्वक देखिए। यह दर्शाता है कि समुद्री जल से नमक के क्रिस्टल किस प्रकार प्राप्त किए जाते हैं। इस प्रक्रिया का अपने शब्दों में वर्णन कीजिए।

चित्र 5.9 — नमक उत्पादन की प्रक्रिया के चरण

आइए, और आगे विचार करें



(क)

(ख)

क्या आपने कभी किसी ऐसे स्थान का भ्रमण किया है जहाँ प्रकृति में बड़े-बड़े क्रिस्टल दिखाई दिए हों? ऐसे क्रिस्टल विभिन्न स्थानों, जैसे— खदानों, गुफाओं और यहाँ तक कि भू-पर्पटी में भी देखे जा सकते हैं। इसका एक उदाहरण सोहरा (चेरापूंजी) में स्थित मावसमाई गुफा है (चित्र 5.10 क) जो अपनी आकर्षक प्राकृतिक संरचनाओं के लिए विख्यात है। स्फटिक (Quartz) (चित्र 5.10 ख) भी प्रकृति में पाए जाने वाले सुंदर क्रिस्टलों में से एक है।

चित्र 5.10 — प्रकृति में पाए जाने वाले क्रिस्टल — (क) गुफाओं में (ख) स्फटिक

© NCERT not to be republished

भारत का वैज्ञानिक योगदान

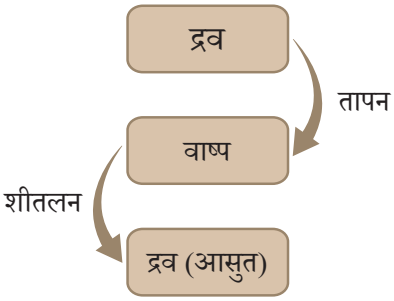
नमक का क्रिस्टलीकरण एक प्राचीन प्रक्रिया थी जिसका उपयोग भारत के तटीय क्षेत्रों के स्थानीय समुदायों द्वारा किया जाता था। 'पांगा' नमक समुद्र के सांद्र खारे जल को उबालकर प्राप्त किया जाता था जबकि समुद्री जल के वाष्पीकरण द्वारा 'करकच' नमक तैयार होता था। इन विधियों द्वारा नमक के भिन्न-भिन्न आकार के क्रिस्टल बनाए जाते थे।

जब हम किसी विलयन से विलायक को वाष्पित होने देते हैं, तो विलेय शेष रह जाता है तथा विलायक विलुप्त हो जाता है, जैसे— नमक के विलयन से नमक प्राप्त करने की प्रक्रिया। अब विचार कीजिए यदि हम विलायक को भी पुन: प्राप्त करना चाहते हैं तो इसके लिए हमें क्या करना होगा?

प्रयोगशाला में प्रयोग करते समय किसी विद्यार्थी ने त्रुटिवश दो मिश्रणीय द्रवों, ऐसीटोन और जल को मिला दिया। हम इन दो मिश्रणीय द्रवों को किस प्रकार पृथक कर सकते हैं? क्या दो मिश्रणीय द्रवों के मिश्रण को वाष्पीकरण द्वारा पृथक कर दोनों द्रवों को प्राप्त किया जा सकता है?

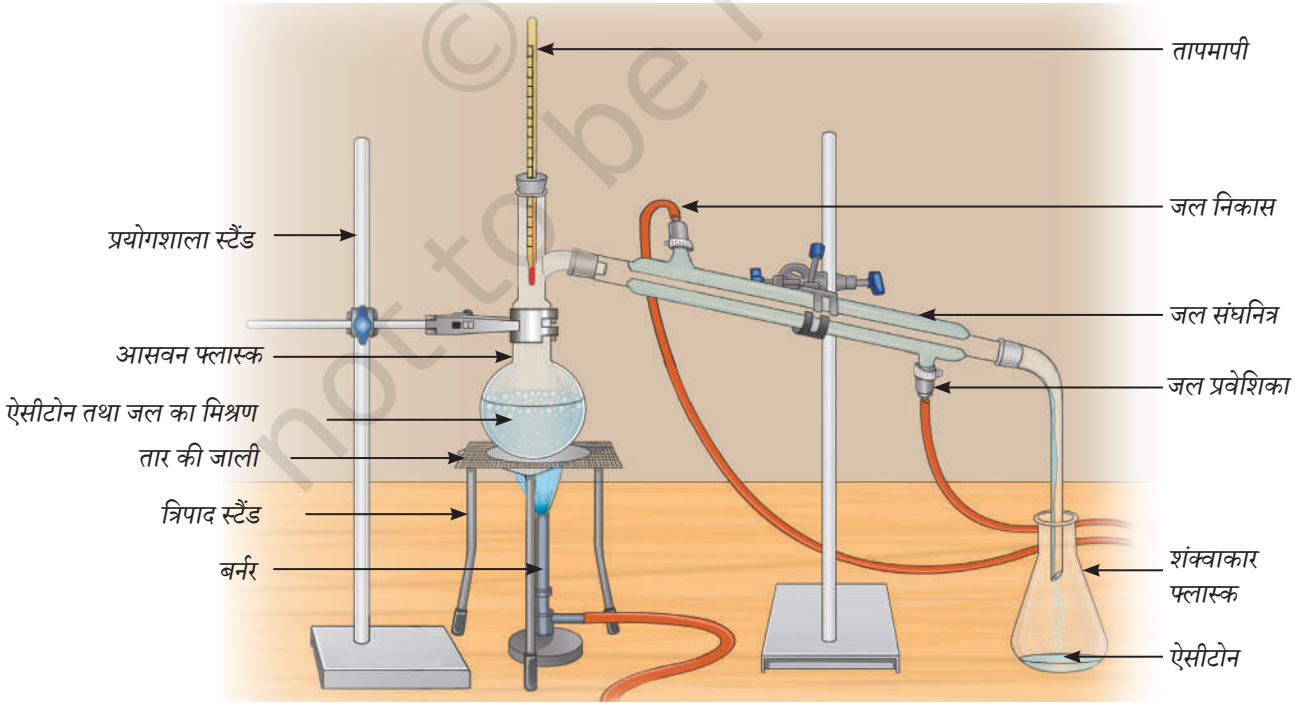
5.3.2 आसवन

दो मिश्रणीय द्रवों के समांगी मिश्रण को गर्म करके पृथक किया जा सकता है। गर्म करने पर कम क्वथनांक वाला द्रव वाष्पित हो जाता है। उत्पन्न वाष्प को ठंडा किया जाता है जिससे वह पुनः द्रव में परिवर्तित हो जाती है (चित्र 5.11)। इस प्रक्रिया को **आसवन** कहते हैं। इस विधि द्वारा विलायक पुन: प्राप्त किया जा सकता है अथवा ऐसे द्रवों को पृथक किया जा सकता है जिनके क्वथनांकों में कम-से-कम 25 °C का अंतर हो। इस विधि का उपयोग उस विलयन से द्रव को प्राप्त करने के लिए भी किया जा सकता है जिसमें ठोस घुलनशील पदार्थ हों।



चित्र 5.11 — आसवन प्रक्रिया

इस प्रक्रिया में कम क्वथनांक वाले द्रव की वाष्प को एक संघनित्र (condenser) से प्रवाहित किया जाता है जहाँ उसे सामान्यतः जल की धारा अथवा वायु द्वारा ठंडा किया जाता है और वह शुद्ध द्रव के रूप में संघनित हो जाती है। इस शुद्ध द्रव को एक पृथक पात्र में एकत्रित किया जाता है जबकि मिश्रण में उपस्थित ठोस अथवा अन्य द्रव आसवन फ्लास्क में ही रह जाते हैं। आसवन विधि की व्यवस्था को चित्र 5.12 में दर्शाया गया है।



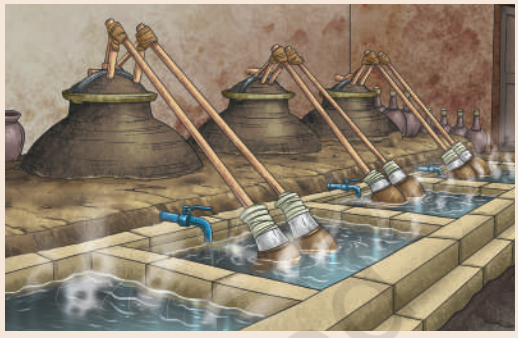
चित्र 5.12 — आसवन विधि की व्यवस्था

© NCERT not to be republished

ऐसीटोन और जल के मिश्रण को आसवन विधि द्वारा पृथक किया जा सकता है क्योंकि उनके क्वथनांक पर्याप्त रूप से भिन्न हैं। ऐसीटोन 56 °C पर उबलता है और जल 100 °C पर उबलता है। क्वथनांकों में अधिक अंतर होने के कारण एक द्रव पहले वाष्पित हो जाता है जबकि दूसरे द्रव की वाष्प समुचित मात्रा में उसके पश्चात बनती है।

भारत का वैज्ञानिक योगदान

आसवन की प्रक्रिया का उपयोग लंबे समय से विभिन्न उद्देश्यों के लिए किया जाता रहा है जिसमें पुष्पों से सुगंधित पदार्थों का निष्कर्षण कर इत्र बनाना भी सम्मिलित है।

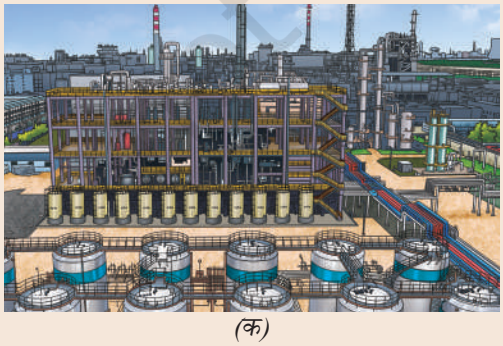


चित्र 5.13 — देग-भापका विधि

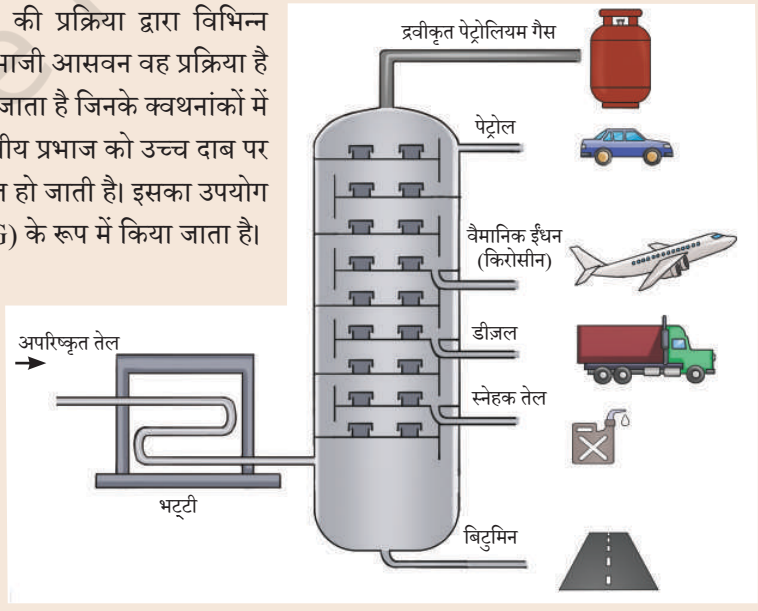
आपने अवश्य अनुभव किया होगा कि पहली वर्षा के पश्चात मिट्टी से एक सोंधी सुगंध उठती है। उत्तर प्रदेश के कन्नौज शहर, जिसे भारत की इत्र राजधानी कहा जाता है, में इस मनमोहक सुगंध को संकलित कर सोंधी सुगंध वाला 'मिट्टी का इत्र' (सोंधी सुगंध) तैयार किया जाता है। यह इत्र एक पारंपरिक आसवन विधि द्वारा बनाया जाता है। इत्र बनाने की इस विधि को 'देग भापका विधि' (चित्र 5.13) कहा जाता है। यह विधि कन्नौज में पीढ़ी-दर-पीढ़ी हस्तांतरित होती रही है। इस इत्र की माँग भारत के साथ-साथ संपूर्ण विश्व में बड़े स्तर पर है। कन्नौज स्थित सुगंध एवं स्वाद विकास केंद्र में पुष्पों, पत्तियों तथा पादपों के अन्य भागों से स्वाद एवं सुगंध अवयवों को पृथक करने की सुविधाएँ उपलब्ध हैं। यह केंद्र सुगंध-उत्पादक पादपों की खेती में कृषकों की सहायता करता है तथा इत्र व्यवसाय स्थापित करने के इच्छुक व्यक्तियों को विशेषज्ञों द्वारा मार्गदर्शन प्रदान करता है।

आइए, और आगे बढ़ें

पेट्रोलियम परिशोधनशाला (refinery) (चित्र 5.14 क) एक औद्योगिक इकाई है जहाँ कच्चे तेल (crude oil) को संसाधित कर विभिन्न उपयोगी पेट्रोलियम उत्पाद प्राप्त किए जाते हैं। पेट्रोलियम उत्पाद उपयोगी गैसों और द्रवों के मिश्रण हैं, जैसे— पेट्रोलियम गैस, पेट्रोल, किरोसिन, डीजल इत्यादि। अपरिष्कृत पेट्रोलियम पृथ्वी की भू-पर्पटी से निकाला जाता है और इसे **प्रभाजी आसवन (fractional distillation)** की प्रक्रिया द्वारा विभिन्न प्रभाजों में पृथक किया जाता है (चित्र 5.14 ख)। प्रभाजी आसवन वह प्रक्रिया है जिसके द्वारा मिश्रण के ऐसे घटकों को पृथक किया जाता है जिनके क्वथनांकों में अपेक्षाकृत कम अंतर (25 °C से कम) होता है। गैसीय प्रभाज को उच्च दाब पर इस्पात के सिलेंडरों में भरा जाता है जहाँ वह द्रवीकृत हो जाती है। इसका उपयोग घरेलू ईंधन के रूप में द्रवीकृत पेट्रोलियम गैस (LPG) के रूप में किया जाता है।



(क)



(ख)

चित्र 5.14— (क) पेट्रोलियम परिशोधनशाला और (ख) अपरिष्कृत पेट्रोलियम के प्रभाजी आसवन से प्राप्त उत्पाद

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

'वर्णलेखिकी' (Chromatography) शब्द दो ग्रीक शब्दों क्रोमा (chroma) तथा ग्रेफीन (graphein) से बना है जिनका अर्थ क्रमशः 'रंग' एवं 'लिखना' होता है। इसका वास्तविक अर्थ रंग से लिखना है क्योंकि प्रारंभ में इसका उपयोग रंजकों एवं स्याहियों जैसे रंगीन पदार्थों के पृथक्करण के लिए किया गया था।

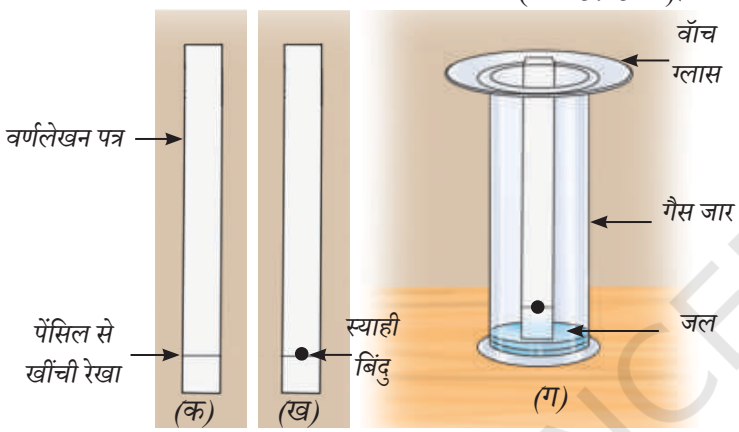
5.3.3 कागज वर्णलेखिकी (कागज वर्णलेखन)

क्या आपने कभी ध्यान दिया है कि कागज पर स्केच पेन से लिखे हुए शब्दों पर यदि जल की एक बूँद गिर जाए तो क्या होता है? आपने देखा होगा कि रंग फैल जाते हैं। यदि स्केच पेन काले रंग का है तो अलग-अलग रंग फैल सकते हैं। यदि आपने पहले ऐसा नहीं देखा तो इसे करके देखिए।

क्रियाकलाप 5.5 — आइए, जाँच करें

(i) वर्णलेखन कागज की एक 3 cm चौड़ी पट्टी लीजिए और उसके निचले सिरे से 2 cm ऊपर पेंसिल से एक क्षैतिज रेखा खींचिए (चित्र 5.15 क)। आप निस्यंदक पत्र (filter paper) की पट्टी का भी विकल्प के रूप में उपयोग कर सकते हैं।

2. इस क्षैतिज रेखा के मध्य में काले रंग के स्केच-पेन से एक बिंदु अंकित कीजिए (चित्र 5.15 ख)।



चित्र 5.15— कागज वर्णलेखिकी

3. एक गैस जार अथवा मापक सिलेंडर अथवा एक बीकर में इतना जल लीजिए कि तल पर उसकी पतली परत बन जाए।
4. कागज की पट्टी को पात्र में इस प्रकार खड़ा कीजिए कि उसका निचला सिरा जल में डूब जाए। जल-स्तर बिंदु से नीचे ही रहना चाहिए जैसा कि चित्र 5.15 (ग) में दर्शाया गया है।
5. जल स्तर का कागज पर ऊपर चढ़ते समय अवलोकन कीजिए। आप क्या देखते हैं?
6. जैसे-जैसे जल ऊपर चढ़ता है तो स्याही भिन्न-भिन्न रंगों के धब्बों के रूप में पृथक हो जाती है। इससे आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

मिश्रण के घटकों को पृथक करने की इस विधि को **कागज वर्णलेखिकी (paper chromatography)** कहते हैं। इस विधि में घटकों को पृथक करने हेतु इन घटकों की विलायक तथा कागज के साथ अंतर्क्रिया में अंतर का उपयोग किया जाता है। द्रव (विलायक) पदार्थों को कागज पर ऊपर की ओर ले जाता है और उनकी गति में अंतर के आधार पर इन्हें पृथक कर देता है। आप इस प्रयोग को काली स्याही के स्थान पर हरे खाद्य रंग के साथ भी कर सकते हैं तथा विलायक के रूप में 2% *m/v* लवण विलयन का उपयोग कर सकते हैं।

इसी प्रकार आप पालक की पत्तियों के हरे सत्व में उपस्थित विभिन्न वर्णकों अथवा पुष्प की पंखुड़ियों के रंगीन वर्णकों को भी पृथक कर सकते हैं। क्या जल प्रत्येक स्थिति में एक विलायक के रूप में कार्य करेगा? कुछ स्थितियों में आपको किसी अन्य विलायक, जैसे — ऐल्कोहॉल अथवा विलायकों के मिश्रण की आवश्यकता हो सकती है।

सोचिए और बताइए

6. निम्नलिखित कथन सत्य हैं अथवा असत्य। असत्य कथनों को सही भी कीजिए।
   (i) नमक के विलयन से नमक को वाष्पीकरण अथवा आसवन द्वारा पृथक किया जा सकता है।
   (ii) आसवन का उपयोग उन दो द्रवों को पृथक करने में भी किया जा सकता है जिनके क्वथनांक समान हों।
   (iii) कागज वर्णलेखिकी में प्रयोग के आरंभ में विलायक का स्तर प्रतिदर्श बिंदु से ऊपर होना चाहिए।
   (iv) वाष्पीकरण और क्रिस्टलीकरण समान प्रक्रियाएँ हैं।

© NCERT not to be republished

5.4 हम विषमांगी मिश्रणों के घटकों को किस प्रकार पृथक कर सकते हैं?

5.4.1 दो अमिश्रणीय द्रवों का पृथक्करण

आप विषमरूप मिश्रणों के विषय में पढ़ चुके हैं। क्या आपने ध्यान दिया है कि तेल के पात्र में जल गिरने पर क्या होता है? तेल और जल पृथक परतें बनाते हैं। वे परस्पर मिश्रित नहीं होते और **अमिश्रणीय** द्रव कहलाते हैं। इसी प्रकार रेत और जल परस्पर में मिश्रित नहीं होते और न ही लोहे की छीलन तथा गंधक परस्पर मिश्रित होते हैं। ये सभी विषमांगी मिश्रणों के उदाहरण हैं।

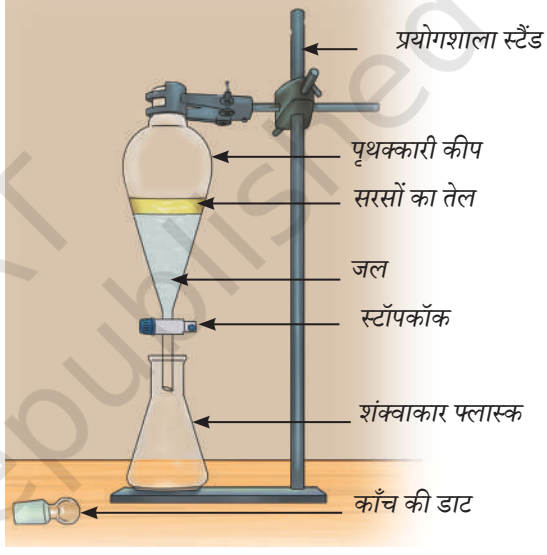
कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 9

आप दो अमिश्रणीय द्रवों के मिश्रण के घटकों को किस प्रकार पृथक करेंगे?

आइए, जल से सरसों के तेल को पृथक करने का प्रयास करें।

क्रियाकलाप 5.6 — आइए, पृथक करें

1. एक 50 mL पृथक्कारी कीप में 5 mL सरसों का तेल और 20 mL जल का मिश्रण लीजिए।
2. इसे प्रयोगशाला स्टैंड पर स्थिर रहने दीजिए। (चित्र 5.16) आप क्या देखते हैं?
3. आप सरसों के तेल और जल की दो पृथक परतों को बनते हुए देखेंगे (चित्र 5.16)। पीले रंग का सरसों का तेल ऊपरी परत और जल निचली परत बनाता है। क्या आप समझा सकते हैं कि ऐसा क्यों होता है?
4. पृथक्कारी कीप का स्टॉपकॉक धीरे-धीरे खोलिए और जल की निचली परत को सावधानीपूर्वक एक पात्र में एकत्रित कीजिए।
5. जब जल लगभग पूर्ण रूप से निकल जाए तो पृथक्कारी कीप का स्टॉपकॉक बंद कर दीजिए।
6. अब इसके थोड़े से भाग, जिसमें दोनों द्रव मिले हो सकते हैं, को एकत्रित कर लीजिए और इसे अलग रख दीजिए।
7. अब स्टॉपकॉक को पुन: खोल कर तेल की परत को एक अलग पात्र में एकत्रित कीजिए।



चित्र 5.16 — अमिश्रणीय द्रवों का पृथक्करण

अब आपके पास दो पृथक द्रव हैं।

क्या आप ऐसे किसी विषमांगी मिश्रण के विषय में सोच सकते हैं जिसका एक घटक गैस हो?

क्या होगा यदि...

समान घनत्व के दो अमिश्रणीय द्रवों को पृथक्करण कीप में मिलाया जाए तो उसमें परतें कैसे बनेंगी?

गैस के कण सभी दिशाओं में गति करने हेतु स्वतंत्र हैं इसलिए वे अन्य गैसों के साथ सरलता एवं समान रूप से मिल जाते हैं। अतः गैसों के अधिकांश मिश्रण समांगी होते हैं, जैसे— हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का मिश्रण। इस मिश्रण का उपयोग रॉकेट ईंधन के रूप में किया जाता है। दूसरी ओर धुआँ (वायु में निलंबित ठोस कण), कोहरा (वायु में उपस्थित जल की सूक्ष्म बूँदें) और वायु में धूल के कण कुछ ऐसे विषमांगी मिश्रण हैं जिनका एक घटक गैस है।

अधिकांशतः ठोस में ठोस पदार्थों के मिश्रण विषमांगी होते हैं। आप ऐसे मिश्रणों को पृथक करने के लिए किसी एक ठोस के गुणधर्म का उपयोग कर सकते हैं। आपने सीखा है कि चुंबक के उपयोग से लोहे की कीलों को लकड़ी के बुरादे से किस प्रकार पृथक किया जाता है। आइए, अब ठोस-ठोस मिश्रणों को पृथक करने की एक अन्य तकनीक का अध्ययन करें।

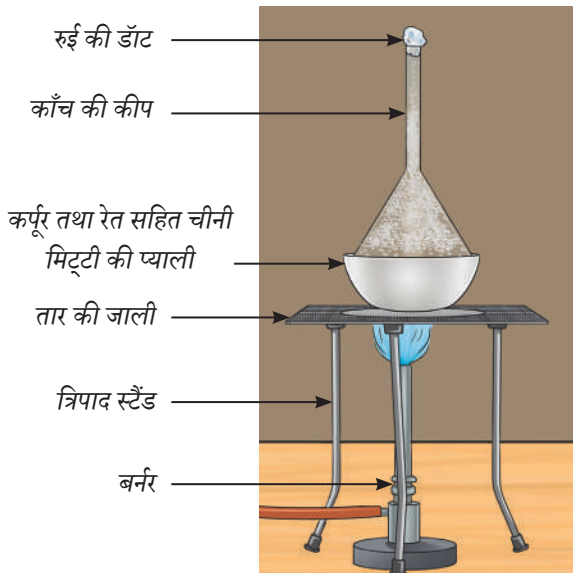
कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 9

© NCERT not to be republished

5.4.2 ऊर्ध्वपातन

क्रियाकलाप 5.7— आइए, अन्वेषण करें

1. एक स्पैचुला भरकर पिसे कर्पूर और रेत का मिश्रण लीजिए। इसे स्वच्छ एवं शुष्क चीनी मिट्टी की प्याली में रखिए। इसे तार की जाली (wire gauge) का उपयोग करते हुए त्रिपाद स्टैंड पर रखिए।



चित्र 5.17 — कर्पूर का ऊर्ध्वपातन

2. काँच की एक स्वच्छ एवं शुष्क कीप लीजिए। उसकी नलिका के मुँह को रूई से बंद कर दीजिए।
3. कीप को उल्टा कर चीनी मिट्टी की प्याली पर रखिए और चित्र 5.17 के अनुसार उपकरण को व्यवस्थित कीजिए।
4. बर्नर जलाइए और इसे तार की जाली के नीचे रखिए।
5. चीनी मिट्टी की प्याली को कुछ मिनट तक गर्म कीजिए।
6. कीप की भीतरी दीवार को ध्यान से देखिए। क्या कोई ठोस निक्षेप (deposit) दिखाई देता है?

आप पाएँगे कि कीप की भीतरी दीवार पर श्वेत ठोस कर्पूर निक्षेपित हो जाता है जबकि रेत चीनी मिट्टी की प्याली में शेष रह जाती है। कर्पूर गर्म करने पर (गलनांक से निम्न ताप पर) द्रव अवस्था में परिवर्तित हुए बिना सीधे ठोस अवस्था से वाष्प अवस्था में परिवर्तित हो जाता है, इस प्रक्रिया को **ऊर्ध्वपातन (sublimation)** कहते हैं। शीतलन पर वाष्प बिना द्रव बने पुनः ठोस में संघनित हो जाती है, इसे **निक्षेपण (deposition)** कहते हैं। अतः कर्पूर ऊर्ध्वपातित होकर रेत से पृथक हो जाता है क्योंकि रेत गर्म करने पर ऊर्ध्वपातित नहीं होती।

आप इस क्रियाकलाप में कर्पूर के स्थान पर ऊर्ध्वपातित होने वाले किसी अन्य पदार्थ जैसे नैफ्थलीन का भी उपयोग कर सकते हैं।

इसी प्रकार, ठोस कार्बन डाइऑक्साइड भी ऊर्ध्वपातित होती है। इसे शुष्क बर्फ (dry ice) कहते हैं और इसका उपयोग आइसक्रीम के भंडारण में किया जाता है। क्या आप ऐसे अन्य मिश्रणों के विषय में सोच सकते हैं जिनमें घटकों को पृथक करने के लिए ऊर्ध्वपातन प्रक्रम का उपयोग किया जा सकता है?

क्या एक धातु को किसी दूसरी धातु में विलेय करना संभव है?

सामान्य ताप पर धातुएँ एक-दूसरे में विलेय नहीं होती हैं। तथापि जब धातुओं को उच्च तापमान पर पिघलाया जाता है तो वे आपस में मिलकर एक विलयन बना सकती हैं। जब ऐसी दो अथवा दो से अधिक धातुओं के गर्म मिश्रण को ठंडा किया जाता है तो यह एक नए ठोस पदार्थ में परिवर्तित हो जाता है जो एकल धातु जैसा ही प्रतीत होता है। दो अथवा दो से अधिक धातुओं का अथवा एक धातु और एक अधातु का समांगी मिश्रण **मिश्रधातु** कहलाता है। भौतिक विधियों द्वारा मिश्रधातु के घटकों को पृथक नहीं किया जा सकता है। इन्हें प्राय: अधिक प्रबल, अधिक दृढ़ अथवा अधिक जंग-रोधी पदार्थों के निर्माण हेतु बनाया जाता है। मिश्रधातुओं के सामान्य उदाहरण हैं— पीतल में लगभग 80% कॉपर और 20% जिंक का मिश्रण; काँसा में लगभग 80% ताँबा और 20% टिन का मिश्रण; स्टेनलेस स्टील में सामान्यतः आयरन तथा अन्य तत्वों जैसे कार्बन (लगभग 0.03–0.8%), क्रोमियम (16–18%), निकैल (10.0–14.0%) और मोलिब्डेनम (2.0–3.0%) का मिश्रण।

सोचिए और बताइए

7. अमिश्रणीय द्रव पृथक्कारी कीप में दो पृथक परतें क्यों बनाते हैं?
8. क्या ऊर्ध्वपातन, वाष्पीकरण से भिन्न है? पुष्टि कीजिए।

© NCERT not to be republished

5.4.3 निलंबन

आइए, चित्र 5.2 में दर्शाए गए पात्र को ध्यानपूर्वक देखें। आप चाहे कितना भी विलोडित करें, रेत के कण स्पष्ट रूप से देखे जा सकते हैं जबकि विलयन में विलेय के कण दिखाई नहीं देते हैं। ऐसे विषमांगी मिश्रण जिनमें ठोस कण (रेत) घुलते नहीं हैं अपितु संपूर्ण माध्यम (जल) में निलंबित रहते हैं, **निलंबन (suspensions)** कहलाते हैं। निलंबन में अघुलनशील पदार्थ के कणों का आकार विलयन के कणों की अपेक्षा बड़ा होता है। किसी निलंबन के कण नग्न आँखों से दिखाई देते हैं। जल में निलंबित लकड़ी का बुरादा और जल में चाय की पत्तियाँ निलंबन के अन्य उदाहरण हैं।

हम जल से पंक (कीचड़) को किस प्रकार पृथक कर सकते हैं?

यदि आप पंकिल जल के पात्र को स्थिर रख दें तो पंक के भारी कण नीचे बैठ जाते हैं और इसके पश्चात भी जल धुँधला दिखाई दे सकता है। आप इस पंकिल जल को सूती कपड़े अथवा निस्यंदक पत्र से छान सकते हैं। इससे कुछ बड़े कण तो हट जाएँगे परंतु जल प्राय: धुँधला ही रहता है। यह दर्शाता है कि सूक्ष्म कणों को पृथक करने के लिए निस्यंदन सदैव पर्याप्त नहीं होता है। यदि कुछ समय रखने के पश्चात भी पंकिल जल साफ न हो तो इसे किस प्रकार साफ किया जाए? ऐसी स्थिति में हम अपकेंद्रण और/अथवा स्कंदन जैसी तकनीकों का उपयोग करते हैं।

आइए, इन प्रक्रमों को समझें।

क. अपकेंद्रण

इसे एक खेल के माध्यम से समझते हैं। आप एक साथी का चयन कीजिए। अब अपनी भुजाओं को क्रॉस करके एक-दूसरे के हाथ पकड़िए, जैसा कि चित्र 5.18 में दर्शाया गया है। अब एकसाथ गोल-गोल घूमिए। क्या आप ऐसा अनुभव करते हैं कि आपको बाहर की ओर खींचा जा रहा है? इसी प्रकार का बल किसी नलिका में रखे मिश्रण को पृथक करने में सहायक होता है, जिसे **अपकेंद्रण (centrifugation)** कहते हैं। इस प्रक्रिया में मिश्रण को एक नलिका में तीव्र गति से घुमाया जाता है (चित्र 5.19)। अपकेंद्रण के समय नली क्षैतिज हो जाती है और अपकेंद्रीय बल (वृत्तीय गति में घूम रही वस्तु पर बाहर की ओर लगने वाला बल) भारी कणों को बाहर की ओर खींचता है जहाँ वे नलिका में तली पर बैठ जाते हैं जबकि हल्का द्रव ऊपर रह जाता है।

(क) (ख)

चित्र 5.19 — अपकेंद्रण उपकरण (क) बाह्य चित्रण और (ख) भीतरी चित्रण

जिज्ञासा-सूत्र

चक्रण वाला यह खेल एक लोक नृत्य है जिसे मराठी में 'फुगड़ी' और पंजाबी में 'कीकली' कहते हैं। आपकी स्थानीय भाषा में इसे क्या कहा जाता है?

चित्र 5.18 — *चक्रण का खेल*

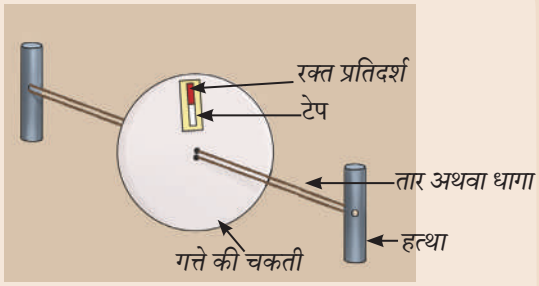
प्रयोगशाला में रक्त के घटकों, जैसे— लाल रक्त कोशिकाओं तथा प्लाज्मा को पृथक करने के लिए तथा अनेक रासायनिक उद्योगों में अपकेंद्रण का व्यापक उपयोग होता है।

© NCERT not to be republished

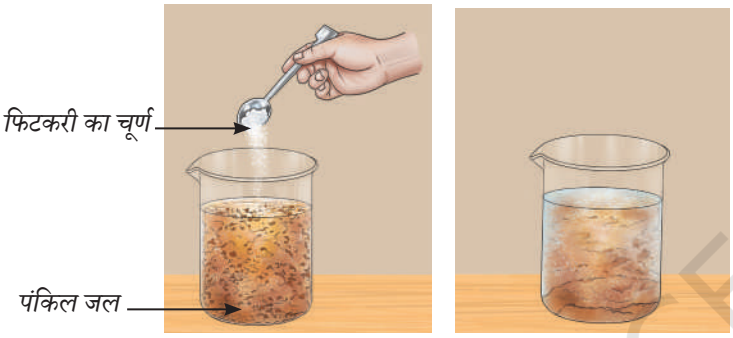
विज्ञान एवं समाज

पेपरफ्यूज

अपकेंद्रण की प्रक्रिया सामान्यत: विद्युत मशीन के उपयोग द्वारा संपन्न की जाती है किंतु नवीन विचारों को अनुप्रयुक्त कर एक साधारण खिलौना पेपरफ्यूज बनाया जाता है। यह सरल हस्तचालित उपकरण है (चित्र 5.20) और विद्युत के उपयोग के बिना भी इसी प्रक्रिया का निष्पादन कर सकता है। पेपरफ्यूज, रक्त के प्रतिदर्शों को अति तीव्र गति से घुमाकर भारी घटकों से हल्के घटकों को किसी प्रयोगशाला अपकेंद्रित्र (centrifuge) की भाँति ही पृथक कर देता है। यह निम्न लागत का उपकरण दूरस्थ क्षेत्रों में मलेरिया और ऐनीमिया जैसे रोगों की जाँच करने में सहायता कर सकता है। ऐसे सरल तकनीकी आविष्कारों के विषय में और जानकारी प्राप्त करें जो सुदूर क्षेत्रों में चिकित्सा सेवाओं को अधिक सुलभ बनाएँ।



चित्र 5.20 — पेपरफ्यूज



(क) जल में निलंबित अशुद्धियों में फिटकरी का चूर्ण मिलाना

(ख) फिटकरी निलंबित अशुद्धियों को स्कंदित कर देती है।

(ग) तल पर बैठी हुई अशुद्धियाँ

चित्र 5.21 — स्कंदन की प्रक्रिया

क्रियाकलाप 5.8— आइए, एक प्रतिरूप बनाएँ

गत्ते की एक चकती और मोटे धागे की सहायता से आप स्वयं का अपकेंद्रित्र (centrifuge) बनाइए। आप देख पाएँगे कि किस प्रकार भारी कण बाहर की ओर गति करते हैं। पृथक्करण के विज्ञान को समझने की यह एक रोचक एवं स्वयं करके देखने की विधि है। आप इस लघु अपकेंद्रित्र के उपयोग से किस मिश्रण को पृथक करना चाहेंगे?

ख. स्कंदन

फिटकरी (alum) के चूर्ण को पंकिल जल से भरे एक बीकर में मिलाया जा सकता है (चित्र 5.21क)। फिटकरी एक श्वेत क्रिस्टलीय रासायनिक पदार्थ है जिसका उपयोग प्रायः जल शुद्धिकरण में किया जाता है। फिटकरी सूक्ष्म निलंबित कणों को एकत्रित (गुच्छों के रूप में) कर देती है। इस प्रक्रिया को **स्कंदन (coagulation)** कहते हैं तथा फिटकरी एक **स्कंदक (coagulant)** के रूप में कार्य करती है (चित्र 5.21 ख)। इस प्रकार बने बड़े-बड़े गुच्छे गुरुत्वाकर्षण के कारण तली पर बैठ जाते हैं जिसे अवसादन (sedimentation) कहते हैं जैसा कि चित्र 5.21 ग में दर्शाया गया है। इन्हें जल से निस्तारण (decantation) अथवा निस्यंदन (filtration) द्वारा पृथक किया जा सकता है।

क्या आप दैनिक जीवन में प्रयुक्त स्कंदन प्रक्रियाओं के अन्य उदाहरणों पर विचार कर सकते हैं?

दुग्ध से पनीर बनाने की प्रक्रिया भी स्कंदन कहलाती है, इसमें अम्ल (नींबू का रस अथवा सिरका) का उपयोग स्कंदक के रूप में किया जाता है। यह दुग्ध के प्रोटीन का स्कंदन कर देता है जिससे पनीर बनता है।

5.4.4 कोलॉइड

यदि रक्त के घटकों को अपकेंद्रण (centrifugation) द्वारा पृथक किया जाए और रक्त का स्कंदन हो तो क्या यह निलंबन है? यद्यपि हम रक्त कोशिकाओं को नग्न आँखों से नहीं देख सकते। क्या यह एक विलयन है?

© NCERT not to be republished

रक्त न तो एक विलयन है और न ही एक वास्तविक निलंबन। यह एक **कोलॉइड (colloid)** है। दुग्ध, टमाटर सॉस तथा आइसक्रीम कोलॉइडों के कुछ अन्य उदाहरण हैं।

विज्ञान एवं समाज

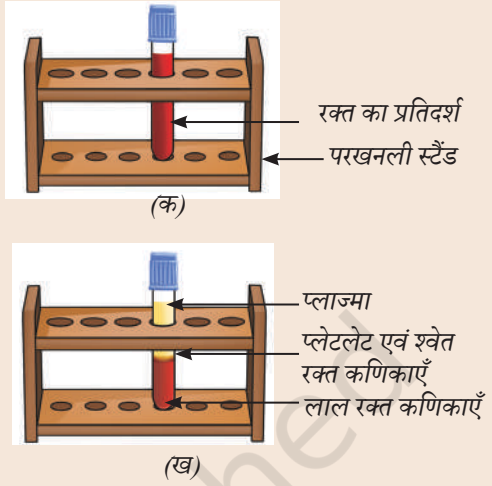
रक्तदान करें

रक्तदान जीवनरक्षक है। व्यक्तियों को आपातकालीन स्थितियों में, शल्यचिकित्सा के समय अथवा गंभीर रोगों में रक्ताधान की आवश्यकता हो सकती है जिसमें एक स्वस्थ व्यक्ति के शरीर से किसी रोगी व्यक्ति के शरीर में रक्त का स्थानांतरण किया जाता है।

दान किए गए रक्त का परीक्षण किया जाता है और रक्त समूह की पहचान कर उसे रक्त के घटकों, जैसे— प्लाज्मा, प्लेटलेट, श्वेत तथा लाल रक्त कणिकाओं में पृथक किया जाता है (चित्र 5.22)। इनका रक्त बैंकों में सुरक्षित भंडारण किया जाता है और आवश्यकता पड़ने पर आपूर्ति की जाती है। अध्याय 3, क्रियाशील ऊतक में आपने अध्ययन किया है कि रक्त पोषक तत्वों, जैसे— गैसों तथा हार्मोनों का परिवहन करके शरीर के विभिन्न भागों को जोड़ता है।

शरीर कुछ ही सप्ताहों में दान किए गए रक्त की पूर्ति प्राकृतिक रूप से स्वयं कर लेता है जो रक्तदान को सुरक्षित और सहायक बनाता है।

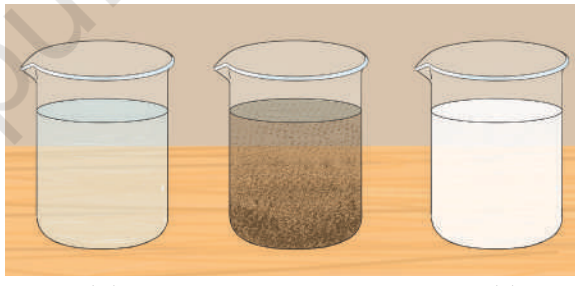
क्या आप अपना रक्त समूह जानते हैं? पता लगाइए!



चित्र 5.22— रक्त के घटक— (क) अपकेंद्रण से पूर्व और (ख) अपकेंद्रण के पश्चात

आइए, यह समझने का प्रयास करते हैं कि कोलॉइड क्या होते हैं?

ये विलयनों और निलंबनों से किस प्रकार भिन्न होते हैं? क्या आप अन्य किन्हीं ऐसे पदार्थों के विषय में सोच सकते हैं जो कोलॉइड हो सकते हैं? विलयन, निलंबन और कोलॉइड (चित्र 5.23) मुख्यतः घुले हुए अथवा निलंबित कणों के आकार के आधार पर भिन्न होते हैं। विलयन में कणों का आकार सबसे छोटा (1 nm से कम व्यास) होता है। कोलॉइड में कणों का आकार अपेक्षाकृत बड़ा (1 से 1000 nm तक व्यास) होता है जबकि निलंबन में कण अधिक बड़े (1000 nm से अधिक व्यास के) होते हैं।



चित्र 5.23 — (क) विलयन (ख) निलंबन और (ग) कोलॉइड

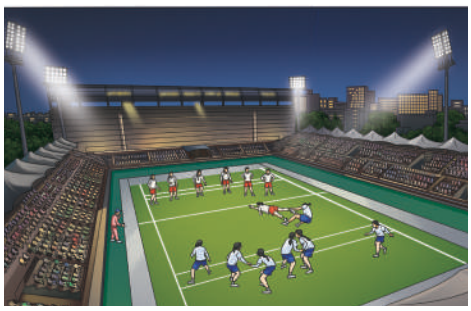
निलंबन के विपरीत कोलॉइड में मिश्रण के कण समय के साथ तली पर नहीं बैठते हैं। वे संपूर्ण मिश्रण में समान रूप से फैले रहते हैं जैसा कि किसी विलयन में होता है।

5.5 — टिंडल प्रभाव

आइए, हम पुनः क्रियाकलाप 5.1 पर विचार करते हैं। क्या हुआ था जब मिश्रण वाले बीकरों में से लेसर प्रकाश का एक संकीर्ण किरणपुंज प्रसारित हुआ था? आपने देखा होगा कि विलयन 'क' में प्रकाश किरणपुंज का मार्ग दिखाई नहीं दिया था। निलंबन 'ख' में विद्यमान कणों ने प्रकाश किरणपुंज को प्रकीर्णित (बिखेर) कर दिया जिससे उसका मार्ग दिखाई देने लगा। मिश्रण 'ग' में भी प्रकाश का मार्ग दिखाई दिया जो यह दर्शाता है कि इसके कणों ने प्रकाश को प्रकीर्णित किया यद्यपि मिश्रण देखने में समांगी प्रतीत हो रहा था।

क्या आपने कभी अपने आस-पास कणों द्वारा प्रकाश का प्रकीर्णन देखा है? कणों द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन की घटना को **टिंडल प्रभाव (Tyndall effect)** कहा जाता है। इसे यह नाम इसलिए दिया गया

© NCERT not to be republished



चित्र 5.24 — खेल स्टेडियम में टिंडल प्रभाव का प्रदर्शन

क्योंकि इसका वर्णन सर्वप्रथम वैज्ञानिक जॉन टिंडल ने किया था। इन्होंने कणों द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन का अध्ययन किया था।

यह प्रभाव तब भी देखा जा सकता है जब किसी अंधेरे कक्ष के एक छोटे छिद्र से प्रकाश का संकीर्ण किरणपुंज प्रवेश करता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि वायु में विद्यमान धूल और धुएँ के कण प्रकाश का प्रकीर्णन कर देते हैं। आपने संभवतः इस परिघटना को किसी खेल स्टेडियम में फ्लड लाइट्स (चित्र 5.24) में भी देखा होगा। इसके अन्य उदाहरण सोचिए!

जब प्रकाश किसी कोलॉइड अथवा निलंबन से प्रसरित होता है तो उसका प्रकीर्णन होता है परंतु जब वह पारदर्शी विलयन से प्रसरित होता है तो ऐसा नहीं होता।

कोलॉइड के घटकों को परिक्षिप्त प्रावस्था और परिक्षेपण माध्यम कहा जाता है। कोलॉइड में विलेय जैसे घटक अथवा परिक्षिप्त कणों को **परिक्षिप्त प्रावस्था (dispersed phase)** कहते हैं और जिस माध्यम में यह परिक्षिप्त प्रावस्था निलंबित रहती है, उसे **परिक्षेपण माध्यम (dispersion medium)** कहा जाता है।

जिज्ञासा-सूत्र

कुछ सामान्य कोलॉइड जिनका हम अपने दैनिक जीवन में प्रयोग करते हैं उनमें परिक्षिप्त प्रावस्था और परिक्षेपण माध्यम दोनों ही द्रव होते हैं। इन्हें पायस (इमल्शन) कहा जाता है। तेल और जल वाले पायसों को परिक्षिप्त प्रावस्था और परिक्षेपण माध्यम की प्रकृति के आधार पर दो प्रकारों में बाँटा जाता है— जल में तेल अथवा तेल में जल। दुग्ध, बॉडी लोशन और वैनिशिंग क्रीम जल में तेल पायस के सामान्य उदाहरण हैं जबकि मक्खन, कोल्ड क्रीम आदि तेल में जल पायस के उदाहरण हैं। कुछ औषधियाँ पायस के रूप में बनाई जाती हैं जिससे इन्हें जल में परिक्षेपित कर सुगम रूप से पीने योग्य बनाया जा सके। इससे द्रव औषधि में चिकनाई जैसा अनुभव भी कम हो जाता है।

पायसी कारकों की उपस्थिति पायस को स्थिर करती है। उदाहरणार्थ— दुग्ध और मक्खन में प्रोटीन पायसी कारक का कार्य करता है। आप खाद्य तेल की कुछ बूँदों को साबुन के विलयन की कुछ बूँदों वाले जल में भली-भाँति मिलाकर एक पायस बना सकते हैं।

सोचिए और बताइए

9. बादलों का निर्माण वायु में सूक्ष्म जल-बूँदों अथवा वायु में तैरते हिमक्रिस्टलों से होता है। विलयनों, निलंबनों और कोलॉइडों के विषय में अपनी जानकारी के आधार पर बताइए कि बादल किस प्रकार के मिश्रण हैं और क्यों?
10. जिन नगरों की वायु में अधिक धुआँ और धूल होते हैं, वे प्रायः धुँधले क्यों दिखाई देते हैं?

क्रियाकलाप 5.9 — तालिका 5.1 को पूर्ण कीजिए और विलयनों, निलंबनों एवं कोलॉइडों के विषय में आपने जो कुछ भी सीखा है उसका पुनरावलोकन कीजिए।

तालिका 5.1— विभिन्न प्रकार के मिश्रणों के गुणधर्म

क्रम संख्या	गुणधर्म	विलयन	निलंबन	कोलॉइड
1.	प्रकृति (समांगी/विषमांगी)			
2.	कणों का आकार			
3.	दृश्यता			
4.	निस्यंदन द्वारा पृथक्करण			
5.	नि:सादन अथवा तलछट			
6.	टिंडल प्रभाव			

© NCERT not to be republished

हम कणों के विभिन्न गुणधर्मों यथा आकार, घनत्व और विलेयता का उपयोग मिश्रणों को पृथक करने हेतु करते हैं। परंतु पृथक्करण सदैव सरल नहीं होता। शिंकजी के सभी संघटकों को एक बार मिलाने के पश्चात इन्हें पृथक करने की कल्पना कीजिए। क्या आप ऐसा कर सकते हैं?

क्या आप जानते हैं कि प्रकृति में और हमारे शरीर में भी अपशिष्ट पदार्थों का पृथक्करण होता है? उदाहरणार्थ— हमारे गुर्दे हमारे रक्त से अपशिष्ट पदार्थों को पृथक करते हैं। वर्तमान में हम महासागरों और नदियों से प्लास्टिक कचरा हटाकर उन्हें साफ करने जैसी बड़ी चुनौतियों का सामना कर रहे हैं। इसके साथ ही वाहित मल जल को पर्यावरण में प्रवाहित करने से पूर्व उसका उपचार करना अति आवश्यक है। वाहित मल उपचार में अवसादन, स्कंदन और निस्यंदन जैसी प्रक्रियाएँ सम्मिलित हैं। इस प्रकार प्राप्त स्वच्छ जल को शौचालयों में अथवा पौधों को सींचने के लिए पुनः उपयोग में लाया जा सकता है।

घर से अपशिष्ट पदार्थों की छँटाई अथवा पृथक्करण करना एक अन्य महत्वपूर्ण कार्य है। सूखा कचरा, जैसे— प्लास्टिक, कागज, काँच और धातु को पुनर्चक्रित किया जा सकता है जबकि गीला कचरा जैसे भोजन के अवशेष, सब्जियों के छिलके इत्यादि को कंपोस्ट बनाने के लिए उपयोग में लाया जा सकता है। शोधकर्ता मोबाइल फोन और लैपटॉप की पुरानी बैटरियों से लीथियम जैसे मूल्यवान पदार्थों को पुनः प्राप्त करने की विधियाँ भी खोज रहे हैं।

कचरे के पृथक्करण और पदार्थों के पुनर्चक्रण की विधियों में सुधार करके आप अपनी पृथ्वी को अधिक स्वच्छ, स्वस्थ और सतत बनाने में सहायता कर सकते हैं।

सारांश

- मिश्रणों को समांगी अथवा विषमांगी के साथ-साथ विलयनों, निलंबनों और कोलॉइडों के रूप में भी वर्गीकृत किया जाता है।
- शुद्ध पदार्थ प्राप्त करने के लिए मिश्रणों का पृथक्करण एक महत्वपूर्ण प्रक्रिया है।
- क्रिस्टलीकरण, किसी शुद्ध ठोस को उसके संतृप्त विलयन से प्राप्त करने की एक तकनीक है।
- आसवन विधि का उपयोग उन दो मिश्रणीय द्रवों को पृथक करने के लिए किया जाता है जिनके क्वथनांकों में कम से कम 25°C का अंतर हो। इसका उपयोग किसी द्रव और ठोस के मिश्रण से द्रव प्राप्त करने के लिए भी किया जाता है।
- कागज वर्णलेखिकी का उपयोग कागज पर यौगिकों को उनकी गति के अंतर के आधार पर पृथक करने के लिए किया जाता है।
- दो भिन्न घनत्वों वाले मिश्रणीय द्रवों को पृथक करने के लिए पृथक्कारी कीप का उपयोग किया जाता है।
- ठोस का बिना द्रव में परिवर्तित हुए सीधे वाष्प में (उनके गलनांक से निम्न तापमान पर) परिवर्तन ऊर्ध्वपातन कहलाता है। वह प्रक्रिया जिसमें वाष्प ठंडी होकर द्रव में परिवर्तित हुए बिना सीधे ठोस में परिवर्तित हो जाती है, निक्षेपण कहलाती है।
- अपकेंद्रण में किसी ठोस-द्रव मिश्रण से भारी ठोस कणों को पृथक करने के लिए तीव्र चक्रण का उपयोग किया जाता है।
- स्कंदन की प्रक्रिया में एक पदार्थ जिसे स्कंदक कहते हैं, मिलाया जाता है जिससे छोटे कण आपस में चिपककर बड़े गुच्छे बना लेते हैं और ठोसों एवं द्रवों के विषमांगी मिश्रण में नि:सादित हो जाते हैं।
- कोलॉइड अथवा निलंबन में परिक्षिप्त कण प्रकाश का प्रकीर्णन करते हैं जिसे टिंडल प्रभाव कहते हैं।

© NCERT not to be republished

अभ्यास प्रश्न

1. निम्नलिखित मिश्रणों में से कौन-से मिश्रण सही रूप से समांगी और विषमांगी मिश्रणों के रूप में वर्गीकृत किए गए हैं? सही विकल्प चुनिए।
   (i) वायु — समांगी, दुग्ध — विषमांगी, चीनी का विलयन — समांगी, धुआँ — समांगी
   (ii) पीतल — विषमांगी, कोहरा — विषमांगी, सिरका — विषमांगी, पंकिल जल — समांगी
   (iii) कॉपर सल्फेट का विलयन — समांगी, नमक का विलयन — समांगी, दुग्ध — समांगी, काँसा (Bronze) — समांगी
   (iv) पंकिल जल — विषमांगी, दुग्ध — विषमांगी, रक्त — विषमांगी, पीतल — समांगी
2. सही विकल्पों का चयन कीजिए तथा सही और गलत विकल्पों के कारण स्पष्ट कीजिए। निम्नलिखित में से कौन-से मिश्रण टिंडल प्रभाव दर्शाते हैं?
   (क) वायु और धूल के कणों का मिश्रण
   (ख) कॉपर सल्फेट और जल का मिश्रण
   (ग) स्टार्च और जल का मिश्रण
   (घ) ऐसीटोन और जल का मिश्रण
   (i) क और ख (ii) ख और घ (iii) क और ग (iv) ग और घ
3. किसी मिश्रण को विलयन, निलंबन अथवा कोलॉइड के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है जिनमें से प्रत्येक के अपने विशिष्ट गुणधर्म होते हैं। बॉक्स में दिए गए शब्दों अथवा वाक्यांशों का उपयोग करके तालिका 5.2 को पूर्ण कीजिए। शब्दों और वाक्यांशों का एक से अधिक बार उपयोग किया जा सकता है।

शब्द और वाक्यांश

बड़े आकार के कण; कण समान रूप से वितरित रहते हैं; छोटे आकार के कण (1 nm से कम व्यास); मध्यम आकार के कण (1–1000 nm); स्थिर रखने पर नीचे बैठ जाते हैं (1000 nm से अधिक व्यास); नीचे नहीं बैठते; प्रकाश का प्रकीर्णन करते हैं; निस्यंदन पर पृथक हो जाते हैं; पारदर्शी; नमक का विलयन; दुग्ध; जल में रेत; धुआँ; विषमांगी मिश्रण; निस्यंदन द्वारा पृथक नहीं किए जा सकते; कीचड़; मक्खन; पीतल।

तालिका 5.2 पूर्ण कीजिए।

तालिका 5.2

विलयन	निलंबन	कोलॉइड
गुणधर्म _____ _____	गुणधर्म _____ _____	गुणधर्म _____ _____
उदाहरण _____ _____	उदाहरण _____ _____	उदाहरण _____ _____

© NCERT not to be republished

4. निम्नलिखित प्रश्नों को हल कीजिए—
   (i) केक बनाने की किसी विधि में 420 g मैदा, 75 g चीनी और 5 g सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट का उपयोग सूखी सामग्री के रूप में किया जाता है। उपयुक्त विधि के उपयोग द्वारा मिश्रण के प्रत्येक घटक की सांद्रता व्यक्त कीजिए।
   (ii) किसी पीतल मिश्रधातु में द्रव्यमान के अनुसार 70% ताँबा (कॉपर) है। 120 g पीतल में उपस्थित कॉपर और जिंक की मात्रा परिकलित कीजिए।
5. खाद्य तेल के किसी पैकेट पर एक लीटर (910 g) लिखा है। यदि इस तेल को जल के साथ मिश्रित किया जाए तो क्या यह अलग परत बनाएगा? यदि हाँ, तो कौन-सा पदार्थ ऊपर रहेगा? आप इन दो परतों को किस प्रकार पृथक करेंगे? प्रयुक्त उपकरण का चित्र भी बनाइए।
6. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण को पढ़िए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।
   अभिकथन— विलयन टिंडल प्रभाव नहीं दर्शाते हैं।
   कारण— विलयन के कणों का आकार 100 nm से बड़ा होता है, अत: वे प्रकाश का प्रकीर्णन नहीं कर सकते।
   (i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण अभिकथन की सही व्याख्या है।
   (ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण अभिकथन की सही व्याख्या नहीं है।
   (iii) अभिकथन सत्य है परंतु कारण असत्य है।
   (iv) अभिकथन असत्य है परंतु कारण सत्य है।
7. तालिका 5.3 में दिए गए मिश्रणों को आप किस प्रकार पृथक करेंगे? अपनी चयनित विधि के कारण का भी उल्लेख कीजिए। यदि किसी मिश्रण को पृथक नहीं किया जा सकता है तो उसके कारण की व्याख्या कीजिए।

तालिका 5.3

मिश्रण	पृथक्करण की विधि	चयन का कारण
पंकिल जल से पंक		
रक्त प्रतिदर्श में अन्य घटकों से प्लाज्मा		
नैफ्थलीन और रेत		
चॉक चूर्ण और साधारण नमक		
साधारण नमक और जल		
जल और तेल		
पुष्प के वर्णक		

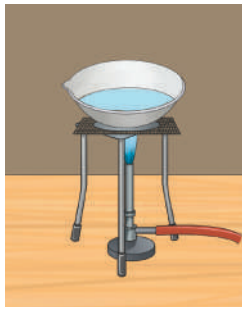
8. किसी मिश्रण में दो मिश्रणीय द्रव 'क' तथा 'ख' उपस्थित हैं। 'क' का क्वथनांक 60°C तथा 'ख' का क्वथनांक 90°C है। इन्हें पृथक करने की विधि सुझाइए। सुझाई गई विधि का नामांकित चित्र भी बनाइए।
9. वाष्पीकरण, क्रिस्टलीकरण और आसवन की तुलना कीजिए। आप किस स्थिति में एक विधि को दूसरी विधियों की अपेक्षा प्राथमिकता देंगे?
10. रक्त कोलॉइडी मिश्रण का एक उदाहरण है। (i) क्या होगा यदि शरीर में रक्त एक शुद्ध निलंबन की भाँति व्यवहार करे? (ii) रक्त के किसी प्रतिदर्श में परिक्षिप्त प्रावस्था और परिक्षेपण माध्यम की पहचान कीजिए।

© NCERT not to be republished

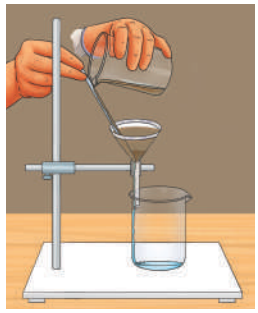
11. आपको रेत, साधारण नमक और नैफ्थलीन का एक मिश्रण दिया गया है (चित्र 5.25 क)। चित्र 5.25 ख इस मिश्रण के घटकों को पृथक करने के विभिन्न चरणों को दर्शा रहा है। पृथक्करण तकनीकों के सही क्रम की पहचान कीजिए और उन्हें लिखिए।

चित्र 5.25 — (क)

1



2



3

चित्र 5.25 — (ख)

12. जल और ऐसीटोन के मिश्रण को पृथक करने के लिए आसवन एक प्रभावी विधि क्यों है?

13. तालिका 5.4 में दिए गए आँकड़ों की सहायता से निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

तालिका 5.4— विभिन्न तापमानों पर विभिन्न लवणों की विलेयता
(प्रति 100 g जल में लवण के g)

लवण	तापमान (°C)					
	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	60 °C	80 °C
पोटैशियम नाइट्रेट	21	32	45	62	106	167
सोडियम क्लोराइड	36	36	36.3	36.5	37	37
पोटैशियम क्लोराइड	35	35	37.4	40	46	54
अमोनियम क्लोराइड	24	37	41	41	55	66

(i) 40°C पर 50 g जल में पोटैशियम नाइट्रेट का संतृप्त विलयन बनाने के लिए उसके कितने द्रव्यमान की आवश्यकता होगी?

(ii) एक विद्यार्थी 80°C पर पोटैशियम क्लोराइड का जल में संतृप्त विलयन बनाता है और विलयन को कक्ष के तापमान (25°C) पर ठंडा होने के लिए छोड़ देता है। जैसे-जैसे विलयन ठंडा होगा वह क्या अवलोकन करेगा? व्याख्या कीजिए।

(iii) लवणों की विलेयता पर तापमान के परिवर्तन का क्या प्रभाव पड़ता है? 10°C से 80°C तक तापमान में वृद्धि करने पर दिए गए चार लवणों की विलेयता में होने वाले परिवर्तनों की तुलना भी कीजिए।

14. तीन विद्यार्थी 'क', 'ख' और 'ग' किसी प्रयोग के लिए चीनी का विलयन बना रहे हैं—

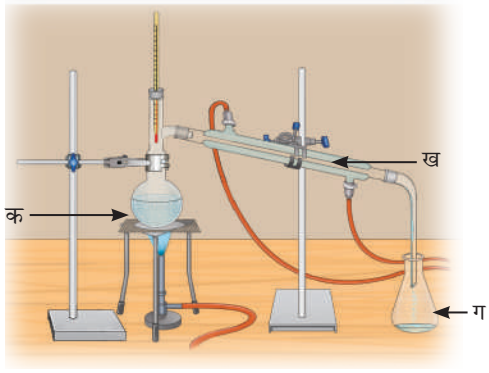
- विद्यार्थी 'क' 80 g जल में 20 g चीनी घोलता है।
- विद्यार्थी 'ख' 100 g जल में 20 g चीनी घोलता है।
- विद्यार्थी 'ग' 80 g जल में 30 g चीनी घोलता है।

(i) प्रत्येक विद्यार्थी द्वारा बनाए गए विलयन में चीनी की द्रव्यमान प्रतिशत (% *m/m*) सांद्रता का परिकलन कीजिए।

(ii) इनमें से किस विद्यार्थी का विलयन सबसे अधिक सांद्र है? कारण सहित व्याख्या कीजिए।

© NCERT not to be republished

15. चित्र 5.26 को ध्यानपूर्वक देखिए—
    (i) 'स' द्वारा चिह्नित पृथक्करण तकनीक की पहचान कीजिए।
    (ii) उपकरण क, ख और ग को नामांकित कीजिए।
    (iii) निम्नलिखित में से किन मिश्रणों को उपर्युक्त पहचानी गई तकनीक द्वारा पृथक किया जा सकता है? तालिका 5.5 के आँकड़ों का उपयोग कीजिए। मिश्रण हैं—
    (क) जल— ऐसीटोन (ख) जल—नमक
    (ग) ऐसीटोन—ऐल्कोहॉल (घ) रेत—नमक
    (ङ) ऐल्कोहॉल—क्लोरोफॉर्म (च) ऐल्कोहॉल—बेंजीन



स .....

चित्र 5.26

तालिका 5.5— कुछ यौगिकों के क्वथनांक

विलायक	जल	ऐसीटोन	ऐल्कोहॉल	क्लोरोफॉर्म	बेंजीन
तापमान (°C)	100 °C	56 °C	78 °C	61 °C	80 °C

परियोजना कार्य

- विभिन्न कोलॉइडों का उपयोग करते हुए टिंडल प्रभाव प्रदर्शित कीजिए। प्रयोगों की एक ऐसी शृंखला बनाइए जो यह दर्शाए कि किस प्रकार कोलॉइडों में प्रकाश का प्रकीर्णन प्रकाश किरण पुँज को दृश्यमान बनाता है। प्रदर्शन के लिए लेसर संकेतक, (**सुरक्षा सर्वप्रथम**— किसी वयस्क के निरीक्षण में इसका उपयोग करें) क्षणदीपों अथवा अन्य प्रकाश स्रोतों का उपयोग कीजिए।
- विभिन्न यौगिकों (जैसे— साधारण नमक, एप्सम लवण, चीनी, बोरेक्स, निकेल सल्फेट इत्यादि) के क्रिस्टल बनाइए। उनका किसी आवर्धित लेंस अथवा सूक्ष्मदर्शी से अवलोकन कीजिए। उनके रंगों तथा आकारों को नोट कीजिए।
- क्या लाल पत्तियों में भी हरित वर्णक होता है? कागज वर्णलेखिकी द्वारा इसकी जाँच कीजिए।
- आप खाद्य वर्णकों (हरा, नारंगी, पीला इत्यादि) अथवा रंगीन मुखवासों (सौंफ) में उपस्थित संघटकों की संख्या ज्ञात करने के लिए वर्णलेखिकी का प्रयोग कर सकते हैं।
- ऐसे शैक्षिक खेल की अभिकल्पना कीजिए जिसमें खिलाड़ी पारस्परिक चुनौतियों और व्यावहारिक क्रियाकलापों द्वारा विभिन्न मिश्रणों को पहचानने एवं पृथक्करण करने की तकनीकों का अनुप्रयोग कर सकें।
- यदि आप किसी खुले स्थान में शिविर लगा रहे हैं और स्वच्छ जल कम पड़ जाए तो आप आसवन विधि द्वारा स्वच्छ जल प्राप्त कर सकते हैं। क्या आप वहाँ उपलब्ध वस्तुओं से ऐसी व्यवस्था बनाने के विषय में सोच सकते हैं?
- पदार्थ की अवस्थाओं और विलयनों की सांद्रता के विषय में और अधिक जानने के लिए आप नीचे दिए गए लिंक पर देख सकते हैं—
  - https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_en.html
  - https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_all.html

खोज जारी है...

क्या ऐसा कृत्रिम रक्त बनाया जा सकता है जो सभी रोगियों के लिए वास्तविक रक्त की भाँति ही कार्य करे?

© NCERT not to be republished

0907CH06

अध्याय

6

गति पर बलों का प्रभाव

चिंतन कीजिए

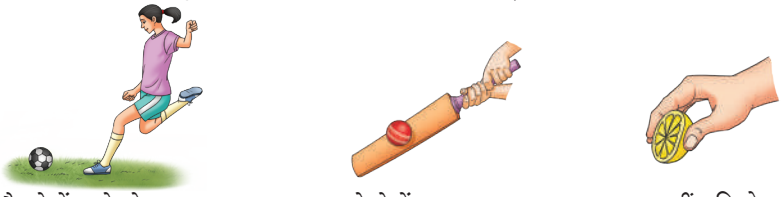
- जब कोई नाविक अपने चप्पू से जल को पीछे की ओर धकेलता है तो उसकी डोंगी (छोटी नौका) आगे की ओर क्यों बढ़ती है? और जब वह जल को धकेलने के लिए अधिक बल लगाता है तो डोंगी की गति अधिक तीव्र हो जाती है, ऐसा क्यों होता है?
- मान लीजिए कि वही नाविक उसी चप्पू से उतना ही बल लगाकर दो अलग-अलग डोंगियों को चलाता है जिन में से एक डोंगी खाली है तथा दूसरी डोंगी में एक अन्य यात्री भी बैठा है। इनमें से कौन-सी डोंगी अधिक तीव्र गति से चलेगी?

अध्याय 4 में आपने किसी वस्तु की स्थिति, वेग और त्वरण के आधार पर उसकी गति का वर्णन करना सीखा था। परंतु वहाँ आपने इस बात पर विचार नहीं किया था कि गति का कारण क्या है। क्या किसी वस्तु की स्थिति और वेग में परिवर्तन का कोई मूल कारण होता है? इस कारण की प्रकृति क्या है? क्या सभी गतियों के लिए किसी कारण की आवश्यकता होती है? इस अध्याय में हम इस बात की जाँच करेंगे कि वस्तुओं की गति में परिवर्तन किन कारणों से होता है। हम न्यूटन के गति के तीन नियमों पर भी चर्चा करेंगे और यह सीखेंगे कि उन्हें किस प्रकार से लागू किया जाए।

6.1 बल की अवधारणा

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

स्मरण कीजिए आपने पहले सीखा था कि बल किसी वस्तु को विरामावस्था से गति में ला सकता है, गतिशील वस्तु की चाल और गति की दिशा को परिवर्तित कर सकता है और यहाँ तक कि किसी वस्तु के आकार में भी परिवर्तन कर सकता है। उदाहरण के लिए— विरामावस्था में रखी किसी गेंद पर जब कोई बल लगाया जाता है तो वह गति करने लगती है, क्रिकेट के बल्ले द्वारा क्रिकेट की गेंद पर लगाया गया बल उसकी दिशा में परिवर्तन कर देता है और आपकी अँगुलियों द्वारा लगाए गए बल से नींबू को निचोड़ा जा सकता है (चित्र 6.1)।



(क) पैर से गेंद को ठोकर मारना (ख) बल्ले से गेंद पर प्रहार करना (ग) नींबू निचोड़ना

चित्र 6.1 — विभिन्न वस्तुओं पर बल लगाना

© NCERT not to be republished

पिछली कक्षाओं में बल के विषय में सीखते समय क्या आपने **ध्यान** दिया था कि जब भी किसी वस्तु पर लगने वाले किसी भी प्रकार के बल का वर्णन किया जाता था तो उसकी दिशा भी **बताई** जाती थी? उदाहरण के लिए, प्रयोग में लाए जाने वाले वाक्यांश थे — किसी वस्तु पर उसकी गति की विपरीत दिशा में घर्षण-बल का लगना, चुंबकीय बल के कारण चुंबक के सदृश ध्रुवों का एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करना या विपरीत ध्रुवों का एक-दूसरे को आकर्षित करना, स्थिरवैद्युत बल के कारण समान आवेशों का एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करना या विपरीत आवेशों का एक-दूसरे को आकर्षित करना, गुरुत्वाकर्षण बल के कारण पृथ्वी का वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करना, किसी द्रव में रखी वस्तु पर द्रव द्वारा ऊपर की दिशा में उत्प्लावन बल का लगना आदि। **बल (force)** एक ऐसी भौतिक राशि है जिसके लिए हमें उसके **परिमाण (magnitude)** और मात्रक के साथ-साथ उसकी **दिशा** भी बतानी पड़ती है, ठीक वैसे ही जैसे हमने अध्याय 4 में किसी वस्तु से संबंधित भौतिक राशियों, जैसे — स्थिति, विस्थापन, वेग और त्वरण का परिचय कराते समय किया था। **बल का SI मात्रक न्यूटन** है। अंग्रेजी में मात्रक लिखते समय इसे अंग्रेजी वर्णमाला के छोटे अक्षर 'n' से प्रारंभ करते हुए newton लिखते हैं किंतु इसके प्रतीक को अंग्रेजी वर्णमाला के बड़े अक्षर 'N' से दर्शाते हैं। बल का परिमाण उसकी प्रबलता को व्यक्त करता है।

कक्षा 6 *जिज्ञासा* अध्याय 4
कक्षा 8 *जिज्ञासा* अध्याय 5

टिप्पणी

यदि किसी वस्तु पर लगाए गए बल का परिमाण या दिशा अथवा दोनों ही परिवर्तित हो जाते हैं तो उस बल का प्रभाव भी परिवर्तित हो जाता है।

6.1.1 बल के परिमाण को मापना

हम किसी बल के परिमाण को कैसे **माप** सकते हैं? क्या आपको स्मरण है कि पूर्व में आपने वस्तुओं के भार को मापने के लिए कमानीदार तुला (spring balance) (चित्र 6.2) का उपयोग किया था? क्या आपको यह भी स्मरण है कि किसी वस्तु का भार वह गुरुत्वाकर्षण (gravitational force) बल होता है जिससे पृथ्वी उस वस्तु को अपनी ओर खींचती है? कमानीदार तुला का उपयोग न केवल किसी वस्तु का भार मापने के लिए अपितु सामान्य रूप से किसी बल के परिमाण को मापने के लिए भी किया जा सकता है। यदि आप कमानीदार तुला के स्वतंत्र सिरे को खींचते हैं तो यह उस बल को मापता है जिससे आप तुला के भीतर की स्प्रिंग को खींच रहे होते हैं।

कक्षा 8 *जिज्ञासा* अध्याय 5

चित्र 6.2 — कमानीदार तुला का उपयोग करके किसी वस्तु का भार मापना

जिज्ञासा-सूत्र

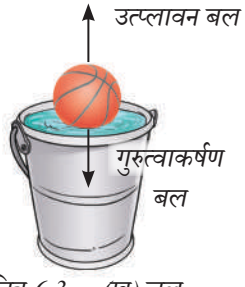
दैनिक जीवन में हम जिन न्यूनतम बलों की प्रत्यक्ष अनुभूति कर सकते हैं वे मिलीन्यूटन (10^{-3} N) की कोटि के होते हैं जैसे— कोई हल्का-सा स्पर्श। तथापि विशेष प्रयोगों में वैज्ञानिक इसकी तुलना में इससे भी बहुत छोटे यहाँ तक कि योक्टोन्यूटन (10^{-24} N) तक के बलों को भी माप सकते हैं (जैसा कि 2026 तक हम जानते हैं)।

चित्र 6.3 — (क) मेज या फर्श पर रखे किसी बॉक्स को धकेलना

6.2 संतुलित एवं असंतुलित बल

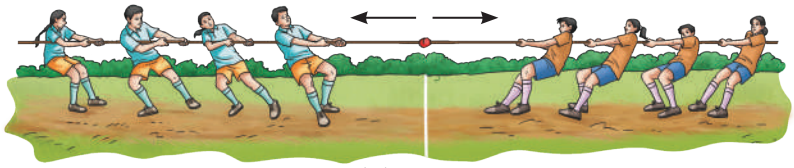
हमारे आनुभविक जगत में ऐसी स्थितियाँ कदाचित ही देखने में आती हैं जहाँ किसी वस्तु पर केवल एक ही बल लग रहा हो। सामान्यतया किसी वस्तु पर एक से अधिक बल लगते हैं। उदाहरण के लिए — जब आप किसी सतह पर रखे एक बक्से को धकेलते हैं तो जिस बल से आप उसे धकेलते हैं उसके अतिरिक्त उस बक्से पर गति की विपरीत दिशा में घर्षण (friction) बल भी लगता है (चित्र 6.3 क)।

जल पर तैरती हुई किसी गेंद का उदाहरण लेते हैं (चित्र 6.3 ख) इस पर दो बल लगते हैं — पृथ्वी द्वारा नीचे की ओर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल तथा द्रव के कारण ऊपर की ओर लगने वाला उत्प्लावन बल। इस प्रकार के प्रकरणों में जब किसी वस्तु पर चाहे वह स्थिर हो या गतिमान, एक से अधिक बल लग रहे हों तो उन बलों का उस वस्तु पर कुल प्रभाव क्या होता है?



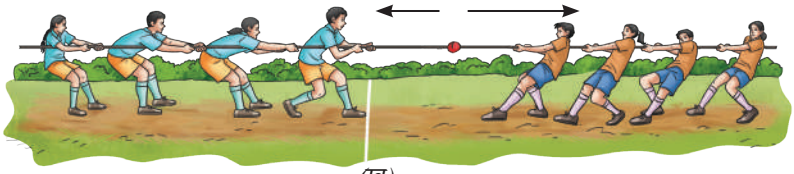
चित्र 6.3 — (ख) जल पर तैरती हुई एक गेंद

© NCERT not to be republished



(क)

परिणामी बल

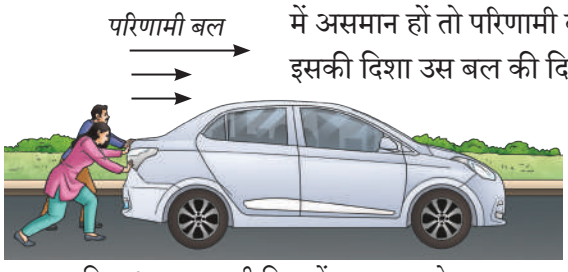


(ख)

चित्र 6.4 — विपरीत दिशाओं में लगाए गए दो बल (क) समान परिमाण के (ख) असमान परिमाण के

क्या आपने कभी रस्साकशी के खेल में भाग लिया है जिसमें दो टीमें एक रस्से को विपरीत दिशाओं में खींचती हैं? यदि दोनों टीमें रस्से को बराबर बल से खींचती हैं तो यह रस्सा विस्थापित नहीं होता है (चित्र 6.4 क)। ऐसे दो बल जो परिमाण में बराबर किंतु दिशा में विपरीत होते हैं, **संतुलित बल (balanced force)** कहलाते हैं। किंतु यदि रस्से पर एक टीम दूसरी टीम से अधिक बल लगाती है तो रस्से पर लगे बल अब संतुलित नहीं रह जाते और रस्सा अधिक बल वाली दिशा में विस्थापित होता है (चित्र 6.4 ख)। इस स्थिति में रस्से पर लगाए गए ये बल असंतुलित बल कहलाते हैं।

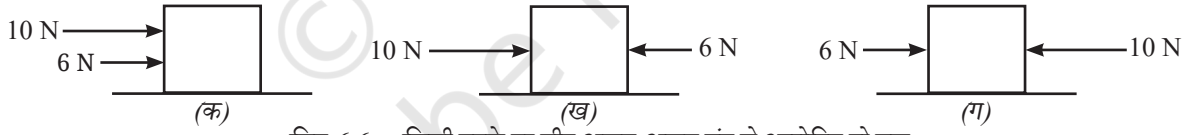
यदि किसी वस्तु पर लगाए गए बल संतुलित नहीं होते हैं तो वस्तु पर एक **परिणामी बल (net force)** लगता है जिसका परिमाण शून्य नहीं होता (चित्र 6.4 ख)। यदि बल दिशा में विपरीत और परिमाण में असमान हों तो परिणामी बलों का परिमाण उन दोनों बलों के परिमाणों के अंतर के बराबर होता है और इसकी दिशा उस बल की दिशा में होती है जिसका परिमाण अधिक होता है।



चित्र 6.5 — एक ही दिशा में लगाए गए दो बल

अब, ऐसी स्थिति के विषय में सोचिए जहाँ दो लोग एक रुकी हुई कार को चलाने के लिए उस पर एक ही दिशा में बल लगा रहे हैं (चित्र 6.5)। ऐसी स्थिति में कार पर उनके द्वारा लगाए गए परिणामी बल का परिमाण उन दोनों बलों के परिमाणों का योग होता है। परिणामी बल की दिशा वही होती है जो लगाए गए दोनों बलों की होती है।

उदाहरण 6.1 — एक मेज पर रखे गुटके पर 10 N और 6 N के दो बल चित्र 6.6 में दर्शाए अनुसार लग रहे हैं। चित्र में दर्शाई गई प्रत्येक स्थिति के लिए गुटके पर लगने वाले परिणामी बल का परिमाण और दिशा बताइए?



चित्र 6.6 — किसी गुटके पर तीन अलग-अलग ढंग से आरोपित दो बल

उत्तर —

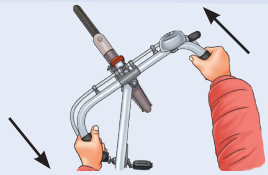
(क) परिणामी बल = 10 N + 6 N = 16 N, दाईं ओर

(ख) परिणामी बल = 10 N – 6 N = 4 N, दाईं ओर

(ग) परिणामी बल = 10 N – 6 N = 4 N, बाईं ओर

आइए, और चिंतन करें

ऐसी कुछ स्थितियाँ होती हैं जिनमें बल एक-दूसरे के समानांतर या विपरीत दिशा में नहीं अपितु एक-दूसरे से कोई कोण बनाते हुए लगते हैं। ऐसी स्थितियों में परिणामी बल का परिकलन कैसे किया जाता है। यह आप अगामी कक्षाओं में सीखेंगे इसके अतिरिक्त कुछ ऐसी स्थितियाँ भी होती हैं जहाँ किसी बड़ी वस्तु के दो सिरों पर समान और विपरीत बल लगाए जाते हैं जिससे वह वस्तु घूमने लगती है (चित्र 6.7)। उदाहरण के लिए— किसी हैंडल की मूठ या टोंटी पर समान और विपरीत बल लगाने से वह घूम जाता है। आप इसके विषय में भी अगामी कक्षाओं में सीखेंगे।



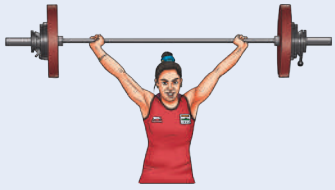
चित्र 6.7 — किसी बड़े आमाप की वस्तु (जैसे साइकिल का हैंडल) पर आरोपित बराबर परिमाण के विपरीत बल

एक सोपान ऊपर

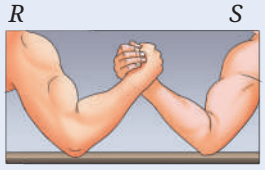
© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

1. कोई भारोत्तोलक (weightlifter) एक भारोत्तोलन दंड को ऊपर उठाती है (चित्र 6.8)। उन दो बलों की सूची बनाइए जो इस दंड पर लग रहे हैं। यदि भारोत्तोलक दंड को स्थिर रखती है तो क्या ये बल संतुलित हैं?
2. दो खिलाड़ी 'R' एवं 'S' पंजा-कुश्ती प्रतियोगिता (arm-wrestling) में भाग ले रहे हैं (चित्र 6.9)। जिस क्षण हाथ आगे की दिशा में (पृष्ठ से बाहर आपकी ओर) झुकते हैं तो क्या खिलाड़ियों द्वारा लगाए गए बल संतुलित हैं? यदि नहीं, तो किस खिलाड़ी ने अधिक बल लगाया है?



चित्र 6.8 — भारोत्तोलक भारोत्तोलन दंड उठाते हुए

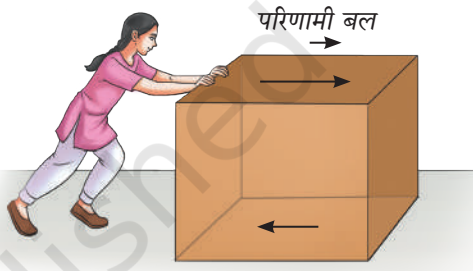


चित्र 6.9 — पंजा-कुश्ती प्रतियोगिता

6.3 घर्षण बल— प्राय: अनदेखा परंतु सदैव विद्यमान बल

आपने विगत कक्षा में भी घर्षण बल के विषय में सीखा था। आइए, अब इसके विषय में और अधिक जानते हैं। मान लीजिए कोई वस्तु फर्श पर विरामावस्था में रखी है और आप उस पर आगे की दिशा में एक बल लगाते हैं (चित्र 6.10)। क्या आपके द्वारा लगाए गए बल के परिणामस्वरूप वस्तु विस्थापित होती है? आपने अनेक बार अनुभव किया होगा कि किसी वस्तु पर बल लगाने पर भी वह विस्थापित नहीं होती और उसे विस्थापित करने के लिए आपको और अधिक बल लगाना पड़ता है। ऐसा क्यों होता है?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5



चित्र 6.10 — एक वस्तु को धकेला जा रहा है।

ऐसा वस्तु की निचली सतह और फर्श के मध्य उत्पन्न होने वाले घर्षण बल के कारण होता है जो आपके द्वारा लगाए गए बल के कारण वस्तु में होने वाली गति की विपरीत दिशा में कार्य करता है। यह वस्तु तब गति करना आरंभ करेगी जब आपके द्वारा लगाए गए बल का परिमाण घर्षण बल से अधिक होगा जिससे वस्तु पर उसकी गति की दिशा में एक परिणामी बल कार्य करने लगेगा।

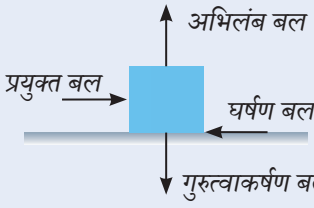
टिप्पणी

किसी वस्तु पर अनेक बल कार्य कर सकते हैं परंतु उसकी गति केवल परिणामी बल पर निर्भर करती है।

आइए, और चिंतन करें

किसी धकेली जा रही वस्तु पर लगाए गए बल और घर्षण बल के अतिरिक्त कुछ अन्य बल भी लग सकते हैं (चित्र 6.11)। इनमें से एक गुरुत्वाकर्षण बल (भार) है और दूसरा उस सतह द्वारा लगाया गया बल है जिस पर वस्तु रखी है, इसे अभिलंब बल (normal force) कहते हैं। भार नीचे की दिशा में लगता है जबकि अभिलंब बल सतह के ऊपर खींचे गए अभिलंब की दिशा में लगता है। तथापि ये दोनों बल संतुलित होते हैं।

जब कोई वस्तु वायु में गति करती है तो उसके चारों ओर उपस्थित वायु भी उस पर घर्षण बल लगाती है परंतु अनेक परिस्थितियों में इस बल का मान इतना कम होता है कि इसे नगण्य माना जा सकता है।



चित्र 6.11 — किसी वस्तु पर लगने वाले बल

चित्र 6.10 में दर्शाई गई स्थिति के लिए जब एक बार वस्तु (यह पेटिका) गति करना प्रारंभ करती है और आप उस पर बल लगाना बंद कर देते हैं तो पेटिका की गति धीमी होती जाती है और अंतत: यह रुक जाती है। आपने दैनिक जीवन में अनेक बार ऐसा अनुभव किया होगा। जब आप साइकिल के पैडल को घुमाना बंद कर देते हैं तो वह कुछ समय पश्चात कुछ दूरी तय करके रुक जाती है। आप किसी गेंद को धकेलना बंद कर देते हैं तो कुछ दूरी तय करने के पश्चात वह रुक जाती है। क्या इसका अर्थ यह है कि इन्हें

© NCERT not to be republished

क्या होगा यदि...

घर्षण बल विश्व से लुप्त हो जाए तो वस्तुओं की गति पर इसका क्या प्रभाव होगा?

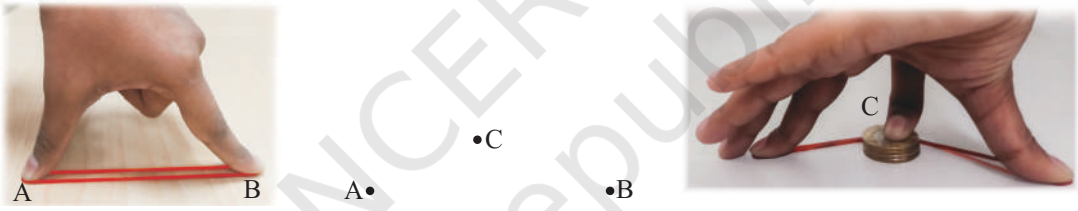
निरंतर गति में रखने के लिए आपको निरंतर बल लगाते रहने की आवश्यकता होती है? किसी गतिशील वस्तु की गति बनाए रखने के लिए हमें घर्षण बल के विरुद्ध निरंतर बल लगाना पड़ता है। अन्यथा गति की दिशा के विपरीत काम करने वाला घर्षण बल वस्तु को विरामावस्था में ले आता है।

क्या आपको विगत कक्षा में किया गया कोई ऐसा क्रियाकलाप स्मरण है जिससे आपको पता चला हो कि घर्षण बल संपर्क में आने वाली सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है? आइए, यहाँ भी वैसा ही एक क्रियाकलाप करें।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

क्रियाकलाप 6.1— आइए, जाँच करें

1. 10 रुपए के चार सिक्के, एक बड़ा दृढ़ रबड़ बैंड और एक आसंजक टेप (adhesive tape) लीजिए। विभिन्न पदार्थों की समतल सतहों का चयन कीजिए, जैसे— लकड़ी का मेज पटल, सीमेंट से बना फर्श, पटलित (चिकनी परत चढ़ाई हुई) मेज पटल, पॉलिशदार संगमरमर (marble) या टाइल वाला फर्श (आप अन्य सतहों का भी चयन कर सकते हैं)। जाँचिए कि सतहें समतल हैं।
2. चारों सिक्कों को एक-दूसरे के ऊपर रखिए और पार्श्वों पर आसंजक टेप लगाकर इन्हें आपस में चिपका दीजिए।
3. रबड़ बैंड को अपनी तर्जनी (forefinger) और अँगूठे के मध्य थोड़ा खींचकर लकड़ी की मेज पर रखिए (चित्र 6.12 क)। इसके सिरों पर बिंदु A और B अंकित कीजिए, जैसा कि चित्र 6.12 (ख) में दर्शाया गया है। जहाँ तक आप रबड़ बैंड को खींचेंगे वहाँ एक और चिह्न C अंकित कीजिए।



(क) (ख) (ग)

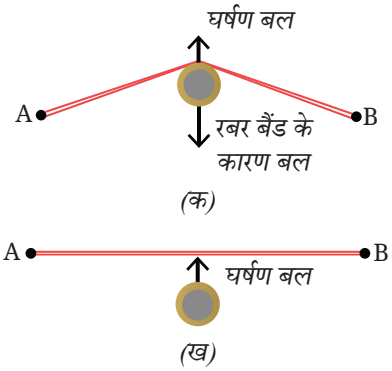
चित्र 6.12 — (क) तर्जनी और अँगूठे के मध्य थोड़ा खींचा हुआ रबड़ बैंड, (ख) सतह पर चिह्न 'A', 'B', 'C' और (ग) 4 सिक्कों के ढेर के साथ बिंदु C तक खींचा हुआ रबड़ बैंड

4. रबड़ बैंड के सिरों को A और B पर पकड़ते हुए, सिक्कों के ढेर को A और B के मध्य में इसके पास रखिए। अब, अपने दूसरे हाथ की एक अँगुली का उपयोग करके सिक्कों के ढेर को तब तक पीछे धकेलिए जब तक कि रबड़ बैंड C चिह्न तक न आ जाए (चित्र 6.12 ग)। इसके पश्चात सिक्कों के ढेर को छोड़ दीजिए और उसकी गति का **अवलोकन** कीजिए। क्या रबड़ बैंड से संपर्क छूटने के पश्चात सिक्कों के ढेर का वेग धीरे-धीरे कम होता जाता है और कुछ दूरी तय करने के पश्चात वह रुक जाता है? C से तय की गई दूरी को मापिए और उसे अभिलेखित (record) कीजिए। इस चरण को दो बार दोहराइए।
5. क्रियाकलाप के चरण 3 और 4 को पटलित (laminated) सतह वाली मेज पर दोहराइए एवं यह सुनिश्चित कीजिए कि बिंदु A, B और C पूर्व की भाँति ही समान दूरी पर अंकित हों। क्या अब सिक्कों का ढेर लकड़ी की सतह वाली मेज की तुलना में अधिक दूरी तय करके विरामावस्था में आता है? क्या अब उसके वेग में कमी पहले की तुलना में धीमी होती है?
6. इसके पश्चात चरण 5 को एक क्षैतिज पॉलिशदार संगमरमर या टाइल की सतह पर दोहराइए। क्या सिक्कों का ढेर और भी अधिक दूरी तय करता है तथा उसका वेग और भी धीरे-धीरे घटता है? आप अपने अवलोकनों से क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

© NCERT not to be republished

विमुक्त किए जाने से पहले सिक्कों का ढेर स्थिर होता है इसका अर्थ यह है कि उस पर लगने वाले बल संतुलित हैं। सिक्कों को विमुक्त करने पर आपके द्वारा उनके ऊपर लगाया गया बल लुप्त हो जाता है और खींचे हुए रबड़ बैंड द्वारा आगे की दिशा में लगाया गया बल सिक्कों के ढेर को गतिमान कर देता है। सिक्कों के गतिमान होने का अर्थ है कि रबड़ बैंड द्वारा लगाया गया बल घर्षण बल से अधिक है और सिक्कों के ढेर पर आगे की दिशा में एक परिणामी बल कार्य करता है (चित्र 6.13 क)। परिणामी बल के कारण सिक्कों के ढेर का वेग शून्य से एक निश्चित मान तक बढ़ जाता है अर्थात परिणामी बल आगे की दिशा में त्वरण प्रदान करता है।

तथापि जैसे ही सिक्कों के ढेर का रबड़ बैंड से संपर्क समाप्त हो जाता है तो रबड़ बैंड के कारण उस पर बल लगना बंद हो जाता है। तब भी घर्षण बल सिक्कों के ढेर पर उनकी गति की विपरीत दिशा में कार्य करता रहता है (चित्र 6.13 ख)। यह बल धीरे-धीरे उसके वेग को कम करता है और अंत में उसे विरामावस्था में ले आता है।

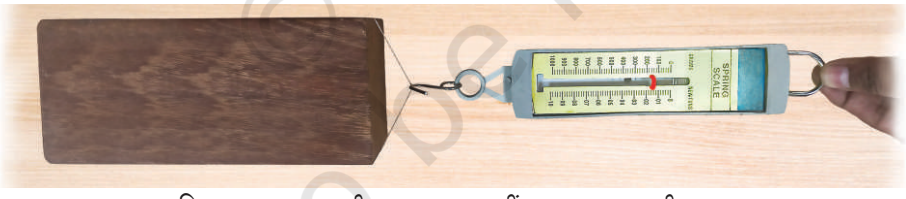


चित्र 6.13 — तानित रबड़ बैंड को छोड़ने पर सिक्कों के ढेर पर लगने वाला बल (क) रबड़ बैंड के तनाव एवं सतहों के मध्य घर्षण के कारण तथा (ख) केवल सतहों के मध्य घर्षण के कारण

यद्यपि रबड़ बैंड को प्रत्येक प्रकरण में समान रूप से तानित (stretched) किया जाता है तब भी अलग-अलग सतहों पर सिक्कों के ढेर द्वारा चली गई दूरी का मान भिन्न हो जाता है। यह इंगित करता है कि इन सतहों पर घर्षण बल के मान भिन्न-भिन्न हैं। आप यह किस प्रकार जाँच सकते हैं कि घर्षण बल का मान वास्तव में भिन्न-भिन्न सतहों के लिए भिन्न-भिन्न होता है?

क्रियाकलाप 6.2 — आइए, मापन करें

1. एक कमानीदार तुला और एक लकड़ी का गुटका लीजिए।
2. कमानीदार तुला को क्रियाकलाप 6.1 में उपयोग की गई सतहों में से किसी एक पर क्षैतिज स्थिति में रखिए और जाँचिए कि इसके पैमाने का पाठ्यांक शून्य है। लकड़ी के गुटके को कमानीदार तुला के हुक से जोड़िए जैसा कि चित्र 6.14 में दर्शाया गया है।



चित्र 6.14 — कमानीदार तुला द्वारा खींचा जा रहा लकड़ी का गुटका

3. बल बढ़ाते हुए कमानीदार तुला को धीरे-धीरे खींचिए और जैसे ही गुटका गति आरंभ करे तो तुला के पाठ्यांक को अभिलेखित कीजिए। यह पाठ्यांक क्या दर्शाता है? गुटके पर लगने वाले दो बल हैं— स्प्रिंग द्वारा लगाया गया बल एवं घर्षण बल। यदि गुटके का वेग न तो बढ़ रहा हो और न ही घट रहा हो तो आप गुटके पर लगने वाले परिणामी बल के विषय में क्या कह सकते हैं? क्या कमानीदार तुला का पाठ्यांक लकड़ी के गुटके पर लगने वाले घर्षण बल के परिमाण को दर्शाता है?
4. अब चरण 3 को क्रियाकलाप 6.1 की शेष तीन सतहों पर दोहराइए।
5. सभी सतहों के लिए कमानीदार तुला के पाठ्यांक की **तुलना** कीजिए। क्या पाठ्यांक भिन्न-भिन्न हैं? क्या पाठ्यांक उस सतह के लिए सबसे कम है जिस पर सिक्कों के ढेर ने सबसे अधिक दूरी तय की है? क्या पाठ्यांक उस सतह के लिए सबसे अधिक है जिस पर तय की गई दूरी न्यूनतम थी?

© NCERT not to be republished

कमानीदार तुला का पाठ्यांक गुटके की सतह और जिस पर वह गति करता है उस सतह के मध्य लगने वाले घर्षण बल का सन्निकट (approximate) माप देता है। कम पाठ्यांक, कम घर्षण बल को दर्शाता है जबकि अधिक पाठ्यांक अधिक घर्षण बल को दर्शाता है। क्रियाकलाप 6.1 और 6.2 से हम यह **निष्कर्ष** निकालते हैं कि जब घर्षण बल कम होता है तो सिक्कों के ढेर का वेग धीरे-धीरे कम होता है और विरामावस्था में आने से पहले यह अधिक दूरी तय करता है।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

अब एक विचार प्रयोग कीजिए। हम विचार प्रयोग तब करते हैं जब व्यवहार जगत में प्रयोग के लिए आवश्यक परिस्थितियों को सृजित करना कठिन होता है। मान लीजिए आपको एक वस्तु और एक क्षैतिज फर्श मिलता है जिनकी सतहें इतनी चिकनी हैं कि उनके मध्य घर्षण बल शून्य है। कल्पना कीजिए यदि आप ऐसी वस्तु और एक समतल सतह के साथ क्रियाकलाप 6.1 के चरण 3 और 4 को दोहराते हैं तो क्या होगा? क्या वस्तु का वेग घटेगा? क्या वस्तु कभी विरामावस्था में आएगी अथवा सदैव गतिमान रहेगी?

वैज्ञानिक-परिचय

प्राचीन काल से यह विदित था कि किसी स्थिर वस्तु को गति प्रदान करने अथवा किसी गतिमान वस्तु को विरामावस्था में लाने के लिए बल की आवश्यकता होती है। परंतु क्या किसी वस्तु को नियत वेग से गतिमान बनाए रखने के लिए भी बल की आवश्यकता होती है? युगों तक यह गलत धारणा बनी रही कि किसी वस्तु को नियत वेग से गतिमान बनाए रखने के लिए वास्तव में बल की आवश्यकता होती है। सत्रहवीं शताब्दी में ही **गैलीलियो गैलिली** ने कई विचार प्रयोगों के माध्यम से यह दर्शाया कि यदि कोई वस्तु क्षैतिज तल पर गति करती है और उसकी गति में आने वाली सभी बाधाओं को हटा दिया जाए तो वह अनिश्चित काल तक गतिमान रहेगी।

वैज्ञानिक-परिचय

आइजैक न्यूटन ने वस्तुओं की विराम अथवा एकसमान गति की अवस्था में परिवर्तन का विरोध करने की उनकी प्रवृत्ति का वर्णन करने के लिए 'जड़त्व' (inertia) शब्द का प्रयोग किया और इस विचार का उपयोग करके उन्होंने गति का अपना प्रथम नियम प्रतिपादित किया। इसके साथ ही न्यूटन ने वर्ष 1687 में गति के दो और नियम प्रस्तुत किए। इन तीन गति के नियमों की प्रस्तुति विज्ञान के इतिहास में एक महत्त्वपूर्ण क्षण था। बल के मात्रक का नाम न्यूटन उन्हीं के नाम पर रखा गया है। स्मरण रखिए कि जब किसी मात्रक का नाम किसी व्यक्ति के नाम पर रखा जाता है तो उसका पूरा नाम अंग्रेजी में छोटे अक्षर से प्रारंभ होता है (newton न कि Newton) जबकि उसका प्रतीक बड़े अक्षर से लिखा जाता है (N, न कि n)।

6.4 न्यूटन का गति का प्रथम नियम

न्यूटन के गति के प्रथम नियम का कथन इस प्रकार है—

कोई वस्तु विरामावस्था में है तो वह विरामावस्था में ही रहेगी और यदि गति की अवस्था में है तो नियत वेग से गति करती रहेगी जब तक कि उस पर कोई परिणामी बल कार्य न करे।

दूसरे शब्दों में हम कह सकते हैं कि यदि किसी वस्तु पर लगने वाला परिणामी बल शून्य है तो वस्तु न तो गति करना आरंभ कर सकती है और न ही अपने वेग में परिवर्तन कर सकती है। ऐसी स्थिति में उसका त्वरण शून्य होता है।

टिप्पणी

किसी वस्तु के विरामावस्था में होने का अर्थ है कि उसका वेग शून्य है। स्मरण रखिए कि नियत वेग का अर्थ वेग के परिमाण या दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता है। यदि यह नियत वेग शून्य नहीं है तो गति एक सीधी रेखा में एक ही दिशा में होती है और वेग का परिमाण समान रहता है।

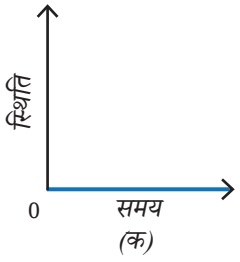
© NCERT not to be republished

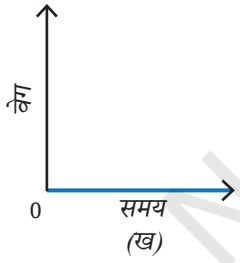
उदाहरण 6.2 — कोई व्यक्ति किसी गतिमान बक्से पर आगे की दिशा में बल लगा रहा है जो बक्से की निचली सतह और फर्श के मध्य लगने वाले घर्षण बल के बराबर है। क्या यह बक्सा गतिमान रहेगा अथवा कुछ समय पश्चात विरामावस्था में आ जाएगा?

उत्तर — घर्षण बल बक्से पर पीछे की दिशा में कार्य करेगा। बक्से पर लगने वाले दोनों बल बराबर और विपरीत हैं, इसलिए वे एक-दूसरे को संतुलित करते हैं। बक्से पर लगने वाला परिणामी बल शून्य है और न्यूटन के गति के प्रथम नियम के अनुसार बक्सा नियत वेग से गतिमान रहेगा।

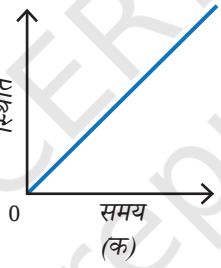
उदाहरण 6.3 — किसी ऐसी वस्तु के लिए जिस पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है (i) स्थिति-समय ग्राफ और (ii) वेग-समय ग्राफ बनाइए।

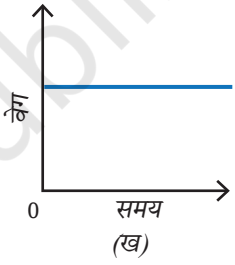
उत्तर — जब किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा होता है तो दो संभावनाएँ होती हैं — या तो वस्तु विरामावस्था में है या फिर यह नियत वेग से गतिमान है। यदि वस्तु विरामावस्था में है तो उसकी स्थिति समय के साथ परिवर्तित नहीं होगी और उसका स्थिति-समय ग्राफ चित्र 6.15 (क) में दर्शाया गया है। उसका वेग शून्य रहेगा और उसका वेग-समय ग्राफ चित्र 6.15 (ख) में दर्शाया गया है। यदि वस्तु नियत वेग से गतिमान है और उस पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है तो वह उसी वेग से गतिमान रहेगी और उसका वेग-समय ग्राफ चित्र 6.16 (ख) में दर्शाया गया है। स्थिति-समय ग्राफ चित्र 6.16 (क) में दर्शाए गए अनुसार एक सीधी रेखा होगी।





चित्र 6.15 — विरामावस्था में रखी वस्तु का (क) स्थिति-समय ग्राफ (ख) वेग-समय ग्राफ





चित्र 6.16 — नियत वेग से गतिमान वस्तु का (क) स्थिति-समय ग्राफ (ख) वेग-समय ग्राफ

सोचिए और बताइए

3. एक वस्तु नियत वेग से गति कर रही है। क्या उस पर कोई परिणामी बल कार्य कर रहा है?
4. मान लीजिए किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है। निम्नलिखित में से कौन-सी स्थितियाँ संभव हैं?
   (i) यदि वस्तु विरामावस्था में है तो वह विरामावस्था में ही रहेगी।
   (ii) यदि वस्तु पहले से गतिमान है तो वह नियत वेग से गति करती रहेगी।
   (iii) वस्तु नियत त्वरण से गति कर रही है।
5. दैनिक जीवन में ऐसी स्थिति खोजना कठिन है जहाँ किसी वस्तु पर कोई बल न लग रहा हो। परंतु अनेक बल लगाकर ऐसी स्थिति प्राप्त की जा सकती है जहाँ वस्तु पर लगने वाला परिणामी बल शून्य हो। एक उदाहरण की सहायता से समझाइए।

टिप्पणी

यदि घर्षण बल शून्य है तो किसी वस्तु को विरामावस्था से गति की अवस्था में लाने के लिए उस पर एक परिणामी बल लगाना होगा। परंतु एक बार वस्तु गति में आ जाए तो उसे नियत वेग से गतिमान रखने के लिए किसी और बल की आवश्यकता नहीं होती। तथापि वस्तु के वेग में (परिमाण या दिशा या दोनों में) परिवर्तन करने अथवा किसी गतिमान वस्तु को रोकने के लिए उस पर एक बल लगाना होगा।

न्यूटन का गति का प्रथम नियम किसी वस्तु की गति का वर्णन उस स्थिति में करता है जब उस पर कोई परिणामी बल नहीं लग रहा हो। यह पूछना स्वाभाविक है कि यदि किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल लग रहा हो तो इसका उसकी गति पर क्या प्रभाव पड़ता है। न्यूटन का गति का द्वितीय नियम इसी प्रश्न का उत्तर देता है।

© NCERT not to be republished

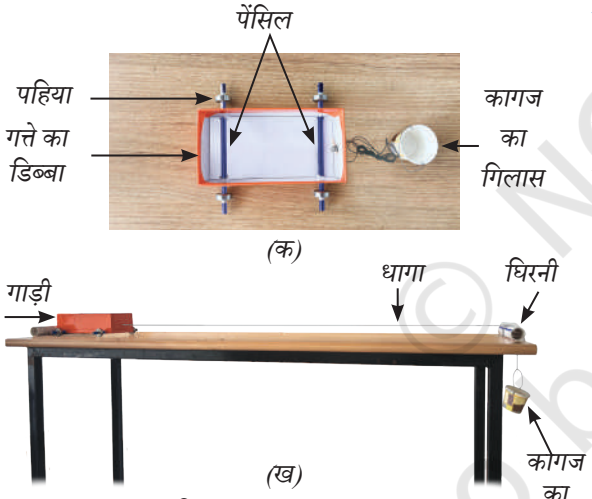
6.5 न्यूटन का गति का द्वितीय नियम

आप जानते हैं कि किसी वस्तु पर लगने वाला बल वस्तु को विराम से गति की अवस्था में ला सकता है एवं उसे गति की अवस्था से विरामावस्था में ला सकता है अथवा उसके वेग को परिवर्तित कर सकता है। वेग में परिवर्तन का अर्थ है कि वस्तु त्वरित (अर्थात उसकी गति धीमी या तीव्र) हो रही है। इस प्रकार बल त्वरण उत्पन्न करता है परंतु किसी वस्तु पर लगने वाले परिणामी बल और उसके त्वरण के मध्य क्या संबंध होता है?

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

अपने दैनिक अनुभवों से आप जानते हैं कि यदि किसी रुकी हुई गेंद को धीरे से धक्का दिया जाए तो यह विरामावस्था से धीरे-धीरे गति प्राप्त करती है अर्थात इसमें आपके द्वारा लगाए गए बल के कारण उत्पन्न त्वरण कम होता है। दूसरी ओर तेज धक्का देने पर गेंद तेजी से गति करने लगती है अर्थात आपके द्वारा लगाए गए अधिक बल के कारण त्वरण अधिक होता है। इसलिए अपने अनुभवों के आधार पर आप एक परिकल्पना (hypothesis) कर सकते हैं— एक ही वस्तु पर अधिक बल लगाने से इसकी गति में अधिक त्वरण होता है (या कम बल लगाने से कम त्वरण होता है)। आप अपनी परिकल्पना का परीक्षण किस प्रकार कर सकते हैं? आपको एक ऐसे क्रियाकलाप के विषय में विचार करना होगा जहाँ आप एक ही वस्तु और एक ही सतह पर अलग-अलग परिमाण के बल लगाकर परिणामी त्वरण ज्ञात कर सकें। आप अलग-अलग परिमाण के बल कैसे लगा सकते हैं? आपने विगत कक्षा में गुरुत्वाकर्षण बल अर्थात उस बल के विषय में अध्ययन किया है जिससे पृथ्वी किसी वस्तु को अपनी ओर खींचती है। इसे किसी वस्तु का भार कहा जाता है और यह अलग-अलग वस्तुओं के लिए अलग-अलग होता है। अत: आप अलग-अलग परिमाण के भार का उपयोग करके अलग-अलग परिमाण के बल लगा सकते हैं।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5



चित्र 6.17— (क) गाड़ी, (ख) गाड़ी और घिरनी का निकाय

क्रियाकलाप 6.3 — आइए, प्रयोग करें (निदर्शन क्रियाकलाप)

यह क्रियाकलाप शिक्षक के मार्गदर्शन में कक्षा समूह गतिविधि के रूप में करने की अनुशंसा की जाती है।

1. चार बॉल बेयरिंग वाले पहिए, दो पेंसिल, एक खाली गत्ते का डिब्बा (गाड़ी बनाने के लिए), एक कागज का गिलास, पाइप का एक टुकड़ा (घिरनी (pulley) के रूप में उपयोग करने के लिए), एक धागे का टुकड़ा (1–2 m), कुछ सिक्के या अन्य वस्तुएँ (गिलास में रखने के लिए) और द्रव्यमान मापने के लिए एक तुला लीजिए।
2. डिब्बे के आमने-सामने वाले दो पार्श्वों में निचली सतह के पास छेद करके दो पेंसिलें डालिए जो धुरी का कार्य करेंगी और उनके प्रत्येक खुले सिरों पर एक-एक पहिया लगाइए जैसा कि चित्र 6.17 (क) में दर्शाया गया है (यदि पहिए ढीले हैं तो पहियों को कसकर फिट करने के लिए पेंसिल के सिरों पर आसंजक टेप लपेटिए)। डिब्बे के सामने वाले पार्श्व के मध्य में एक धागा बाँधिए जिसके द्वारा आप गाड़ी को खींच सकते हों।
3. मेज पर एक सिरे के निकट कोई सरल रेखा खींचिए जो गाड़ी का आरंभिक बिंदु होगी। मेज के दूसरे सिरे पर लगे एक छोटे पाइप पर धागा डालिए (चित्र 6.17 ख)। इस धागे से एक गिलास बाँधिए जिसमें आप कुछ वस्तुएँ रख सकें। जैसे ही आप इस निकाय को गति के लिए मुक्त करेंगे पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण गिलास नीचे की ओर खिसकेगा और धागा गाड़ी को एक नियत बल से खींचेगा।
4. गिलास और उसके भीतर रखी अन्य वस्तुओं का द्रव्यमान तुला की सहायता से मापिए।

© NCERT not to be republished

5. गाड़ी की विलंबित दृश्य गति (slow motion) वीडियो रिकॉर्ड करना आरंभ कीजिए (शिक्षक अपने मोबाइल फोन का उपयोग कर सकते हैं)। गाड़ी को आरंभिक बिंदु से छोड़िए और मेज के दूसरे सिरे पर लगे पाइप पर पहुँचने तक की इसकी गति का वीडियो बनाइए।
6. विलंबित दृश्य गति का वीडियो देखकर गाड़ी को छोड़ने और मेज के अंत तक पहुँचने के समय को अभिलेखित कीजिए और इस समय-अंतराल को T_1 के रूप में अभिलेखित कीजिए।
7. अब वस्तुओं सहित गिलास का द्रव्यमान, दोगुना कीजिए और चरण 5 और 6 को दोहराकर समय-अंतराल T_2 अभिलेखित कीजिए।

आइए, मापे गए समय के मानों का उपयोग करके कुछ विश्लेषण करें। दोनों स्थितियों में गाड़ी शून्य वेग $u = 0$ से गति प्रारंभ करती है और समान दूरी s तय करती है। यदि a_1 और a_2 क्रमशः दोनों स्थितियों में त्वरण हैं, तो गति के समीकरण (equation) का उपयोग करके हमें प्राप्त होता है—

$$s = \frac{1}{2} a_1 T_1^2 \qquad \text{तथा} \qquad s = \frac{1}{2} a_2 T_2^2$$

दोनों समीकरणों की तुलना करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2}$$

T_1 और T_2 के मानों को प्रतिस्थापित करने पर आप पाते हैं कि जब आप गाड़ी का द्रव्यमान समान रखते हुए बल बढ़ाते हैं तो त्वरण बढ़ जाता है।

आप यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि नियत द्रव्यमान वाली वस्तु का त्वरण उस पर लगाए गए परिणामी बल के बढ़ने के साथ बढ़ता है।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

क्या किसी वस्तु का त्वरण बल के अतिरिक्त किसी अन्य कारक पर भी निर्भर करता है? दैनंदिन (everyday) अनुभवों से आप जानते हैं कि समान परिमाण के बल का उपयोग करके भारी वस्तुओं की तुलना में हल्की वस्तुओं को गति में लाना सुगम होता है। इससे एक अन्य परिकल्पना भी सामने आती है कि समान बल लगाने पर कम द्रव्यमान वाली वस्तु में त्वरण अधिक होता है (या अधिक द्रव्यमान वाली वस्तु में त्वरण कम होता है)। आप किस प्रकार अपनी दूसरी परिकल्पना का परीक्षण कर सकते हैं?

क्रियाकलाप 6.4 — आइए, प्रयोग करें (निदर्शन क्रियाकलाप)

इस क्रियाकलाप को कक्षा में शिक्षक के मार्गदर्शन के अंतर्गत समूह क्रियाकलाप के रूप में करने की अनुशंसा की जाती है।

1. क्रियाकलाप 6.3 को एक परिवर्तन के साथ दोहराइए। गिलास और उसके भीतर रखी वस्तुओं का द्रव्यमान नियत रखिए। गाड़ी में और वस्तुएँ डालकर उसका द्रव्यमान दोगुना कर दीजिए।
2. एक तुला द्वारा गाड़ी और उसके भीतर रखी वस्तुओं का द्रव्यमान मापिए।
3. क्रियाकलाप 6.3 के चरण 5 और 6 निष्पादित कीजिए।

मापे गए समय के मानों का उपयोग करके इन दो स्थितियों के लिए त्वरण का अनुपात ज्ञात कीजिए। क्या आप पाते हैं कि समान बल के लिए जब आपने गाड़ी का द्रव्यमान बढ़ाया तो त्वरण कम हो गया? इसका अर्थ है कि किसी दिए गए बल के परिमाण के लिए उत्पन्न त्वरण वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

बल, द्रव्यमान और त्वरण के मध्य का संबंध न्यूटन के द्वितीय नियम में व्यक्त किया गया है जो संपूर्ण विज्ञान के सबसे मूलभूत विचारों में से एक है। **न्यूटन के गति के द्वितीय नियम** का कथन अग्रलिखित है—

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

1 N बल कितना होता है यह अनुभूति हम कैसे कर सकते हैं? यदि आप अपनी हथेली में 100 ग्राम द्रव्यमान रखते हैं तो आपकी हथेली द्वारा इस द्रव्यमान पर ऊपर की ओर लगाया गया बल लगभग 1 N होता है।

जब किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य करता है तो वस्तु परिणामी बल की दिशा में त्वरित होती है। त्वरण का परिमाण परिणामी बल के परिमाण के समानुपाती होता है और वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional) होता है।

गणितीय रूप से इसे इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है—

$$a = \frac{F}{m} \qquad (6.1)$$

या $$F = ma \qquad (6.2)$$

जहाँ a त्वरण, F बल और m वस्तु का द्रव्यमान दर्शाता है। त्वरण की दिशा वही होती है जो परिणामी बल की दिशा होती है।

आप जानते हैं कि द्रव्यमान और त्वरण के SI मात्रक क्रमशः kg और m s^{-2} हैं। यदि $m = 1$ kg, $a = 1$ m s^{-2}, तो समीकरण (6.2) का उपयोग करके हमें प्राप्त होता है—

$$F = (1 \text{ kg}) \times (1 \text{ m s}^{-2}) = 1 \text{ kg m s}^{-2} = 1 \text{ N}$$

एक न्यूटन बल को उस बल के रूप में परिभाषित किया जाता है जो 1 kg द्रव्यमान वाली वस्तु में 1 m s^{-2} का त्वरण उत्पन्न करता है।

टिप्पणी

किसी वस्तु पर पृथ्वी द्वारा लगाए गए गुरुत्वाकर्षण बल के कारण त्वरण (g) वस्तु के द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता है।

आप जानते हैं कि गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव में कोई वस्तु पृथ्वी की ओर गिरती है। इस गति के दौरान वस्तु के त्वरण को **पृथ्वी द्वारा लगाए गए गुरुत्वाकर्षण बल के कारण गुरूत्वीय त्वरण** कहा जाता है और इसे g से दर्शाया जाता है। इसका मात्रक त्वरण के मात्रक के समान m s^{-2} है। समीकरण (6.2) का उपयोग करके, m द्रव्यमान की वस्तु पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल है—

$$F = mg \qquad (6.3)$$

पृथ्वी द्वारा लगाए गए गुरुत्वाकर्षण बल के कारण त्वरण का मान $g = 9.8$ m s^{-2} है। इसे पृथ्वी की सतह के निकट लगभग नियत माना जा सकता है। त्वरित आकलनों के लिए $g = 10$ m s^{-2} भी लिया जा सकता है।

जिज्ञासा-सूत्र

समीकरण (6.1) के अनुसार क्रियाकलाप 6.3 में गाड़ी पर लगने वाले बल को दोगुना करने से आपके द्वारा मापे गए त्वरण को भी दोगुना हो जाना चाहिए था परंतु वास्तविक मापन में आपको त्वरण में वृद्धि दो गुना से थोड़ी कम मिली होगी। इसी प्रकार क्रियाकलाप 6.4 में जब आपने गाड़ी के द्रव्यमान को दोगुना किया तो त्वरण आधा हो जाना चाहिए था परंतु आपको थोड़ा भिन्न मान प्राप्त हुआ होगा। मापन त्रुटियों के अतिरिक्त गाड़ी के पहियों और सतह के मध्य घर्षण के कारण भी इस प्रकार का अंतर आ सकता है।

आइए, और चिंतन करें

न्यूटन के द्वितीय नियम को अधिक संपूर्णता से संवेग (momentum) के पदों में व्यक्त किया जाता है। किसी वस्तु का संवेग उसके द्रव्यमान और वेग के गुणनफल के रूप में परिभाषित किया जाता है। संवेग की दिशा वही होती है जो वेग की दिशा होती है। न्यूटन के गति के द्वितीय नियम का कथन इस प्रकार है कि किसी वस्तु के संवेग में परिवर्तन की दर परिणामी बल के समानुपाती (proportional) होती है और परिवर्तन उसी दिशा में होता है जिसमें परिणामी बल कार्य करता है। इस रूप में व्यक्त न्यूटन का द्वितीय नियम ऐसी स्थितियों में भी मान्य होता है जहाँ वस्तु का द्रव्यमान नियत नहीं होता है।

चित्र 6.18 — क्रिकेट की गेंद को पकड़ना

न्यूटन का गति का द्वितीय नियम प्रकृति का मूलभूत नियम माना जाता है। हमारे आस-पास की कई घटनाओं को न्यूटन के गति के द्वितीय नियम के आधार पर समझाया जा सकता है।

क्रिकेट के खेल में आपने देखा होगा कि तीव्र गति से आती गेंद को पकड़ते समय क्षेत्ररक्षक (fielder) धीरे-धीरे अपने हाथों को पीछे की ओर खींचता है (चित्र 6.18)। ऐसा करने से गेंद के उच्च वेग के शून्य होने की अवधि बढ़ जाती है। इससे गेंद के त्वरण का परिमाण कम हो जाता है क्योंकि यह

© NCERT not to be republished

धीमी हो जाती है, जिससे गेंद को रोकने के लिए क्षेत्ररक्षक द्वारा कम बल लगाने की आवश्यकता होती है। गतिमान गेंद पर कम बल लगाने से क्षेत्ररक्षक को चोट लगने की संभावना भी कम हो जाती है।

विज्ञान एवं समाज

वाहनों में एयरबैग लगाए जाने के पीछे भी यही कारण है (चित्र 6.19)। टक्कर होने और वाहन के अचानक विराम की स्थिति में आने पर एयरबैग तीव्रता से फूलकर एक नरम, संपीड्य गद्दी जैसा बन जाता है। सीधे स्टीयरिंग व्हील या डैशबोर्ड से टकराने के स्थान पर वाहन-चालक एवं यात्रियों का सिर और छाती एयरबैग से टकराते हैं और इस प्रकार टक्कर में लगने वाला समय बढ़ जाता है जिससे त्वरण कम हो जाता है। कम त्वरण का अर्थ है व्यक्ति पर लगने वाले बल का कम होना, परिणामस्वरूप गंभीर चोट लगने की संभावना का कम हो जाना, विशेषकर तब जब कुर्सी के साथ पेटी लगाई गई हो।

चित्र 6.19 — वाहन में फूला हुआ एयरबैग

चित्र 6.20 — एक ही बार में नारियल को तोड़ना

क्या आपने कभी एक ही बार में ताजा नारियल तोड़ने का प्रयास किया है? इसे अत्यंत तीव्र वेग से किसी कठोर सतह से टकराया जाता है (चित्र 6.20)। सतह से टकराते ही नारियल बहुत कम समय में रुक जाता है। इसके वेग में इतनी शीघ्रता से परिवर्तन करने के लिए धरती को इस पर बहुत अधिक बल लगाना पड़ता है। यह अधिक बल नारियल को तोड़ देता है।

उदाहरण 6.4 — कोई भारोत्तोलक 10 kg द्रव्यमान वाली भारोत्तोलक दंड को पकड़े हुए है जिसके दोनों ओर क्रमश: 10–10 kg द्रव्यमान की चकतियाँ स्थिर हैं (चित्र 6.8)। इस निकाय को स्थिर रखने के लिए वह कितना बल लगा रही है?

उत्तर — चकतियों सहित भारोत्तोलक दंड का कुल द्रव्यमान 30 kg है। पृथ्वी के कारण इस पर नीचे की ओर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल (समीकरण 6.3 के उपयोग से) है —

$$F = mg = 30 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} = 294 \text{ N}$$

चकतियों सहित भारोत्तोलक दंड को स्थिर रखने के लिए भारोत्तोलक को विपरीत दिशा में समान बल लगाना पड़ता है। अतः वह ऊपर की ओर 294 N बल लगा रही है।

उदाहरण 6.5 — कोई विद्यार्थी क्षैतिज सतह पर विरामावस्था में रखे 25 kg के एक गुटके को धकेलने का प्रयास कर रहा है। क्षैतिज गुटके की गति का विरोध करने वाला अधिकतम घर्षण बल 50 N है। यदि यह विद्यार्थी इसे (i) 50 N और (ii) 55 N के नियत बल से आगे की दिशा में धकेलता है तो 2 सेकंड में गुटके का विस्थापन ज्ञात कीजिए।

उत्तर —

(i) विद्यार्थी द्वारा लगाया गया बल विरोध में लगे घर्षण बल के बराबर है। इस प्रकार दोनों बल संतुलित हैं और गुटके पर लगने वाला परिणामी बल शून्य है। अत: गुटका स्थिर रहेगा।

(ii) गुटके पर लगने वाला परिणामी बल 55 N – 50 N = 5 N है।

गुटके का द्रव्यमान 25 kg है, न्यूटन के गति के द्वितीय नियम का उपयोग करने पर गुटके का त्वरण है—

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5 \text{ N}}{25 \text{ kg}} = \frac{5 \text{ kg m s}^{-2}}{25 \text{ kg}} = 0.2 \text{ m s}^{-2}$$

गति के समीकरण का उपयोग करते हुए गुटके का 2 सेकंड में विस्थापन $s = ut + \frac{1}{2}at^2 = \left[0 \text{ m s}^{-1} \times 2 \text{ s}\right] + \left[\frac{1}{2} \times 0.2 \text{ m s}^{-2} \times (2 \text{ s})^2\right] = 0.4 \text{ m}$ आगे की दिशा में होगा।

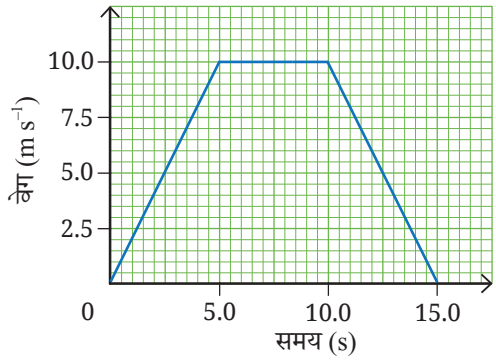
© NCERT not to be republished

उदाहरण 6.6 — पूर्व दिशा की ओर गतिमान 1500 kg द्रव्यमान वाली एक स्पोर्ट्स कार का वेग-समय ग्राफ चित्र 6.21 में दर्शाया गया है। कार पर लगने वाले बल का परिकलन कीजिए।

(i) 0 s से 5 s तक की समयावधि में

(ii) 5 s से 10 s तक की समयावधि में

(iii) 10 s से 15 s तक की समयावधि में



चित्र 6.21 — एक स्पोर्ट्स कार का वेग-समय ग्राफ

उत्तर —

(i) 0 s से 5 s की अवधि में—

चूँकि वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष पर झुकी हुई एक सीधी रेखा है जो कि यह इंगित करती है कि स्पोर्ट्स कार इस समयावधि मे नियत त्वरण से गतिमान है, जहाँ $u = 0\ m\ s^{-1}$, $v = 10\ m\ s^{-1}$ और $t = 5\ s$ है।

गति के समीकरण $v = u + at$ का उपयोग करके, हम त्वरण ज्ञात कर सकते हैं, अतः

$10\ m\ s^{-1} = 0\ m\ s^{-1} + (a \times 5\ s)$

$a = 2\ m\ s^{-2}$

अब न्यूटन के गति के द्वितीय नियम $F = ma$ का उपयोग करके हम स्पोर्ट्स कार पर लगने वाला बल ज्ञात कर सकते हैं।

$F = 1500\ kg \times 2\ m\ s^{-2} = 3000\ N$, जो पूर्व दिशा की ओर कार्य कर रहा है।

(ii) 5 s से 10 s की अवधि में—

चूँकि वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष के समानांतर एक सीधी रेखा है। यह दर्शाता है कि स्पोर्ट्स कार नियत वेग से चल रही है। अतः स्पोर्ट्स कार पर कोई परिणामी बल कार्य नहीं कर रहा है।

(iii) 10 s से 15 s की अवधि में—

चूँकि वेग-समय ग्राफ समय-अक्ष पर झुकी हुई एक सीधी रेखा है, यह दर्शाता है कि इस समयावधि में स्पोर्ट्स कार नियत त्वरण से गतिमान है, जहाँ $u = 10\ m\ s^{-1}$, $v = 0\ m\ s^{-1}$ और $t = 5\ s$ है। गति के समीकरण $v = u + at$ का उपयोग करके हम त्वरण ज्ञात कर सकते हैं—

$0\ m\ s^{-1} = 10\ m\ s^{-1} + (a \times 5\ s)$

$a = -2\ m\ s^{-2}$

अब न्यूटन के गति के द्वितीय नियम $F = ma$ का उपयोग करके, हम स्पोर्ट्स कार पर लगने वाले बल को ज्ञात कर सकते हैं—

$F = 1500\ kg \times (-2\ m\ s^{-2}) = -3000\ N$

ऋणात्मक चिह्न दर्शाता है कि बल गति की दिशा के विपरीत दिशा में अर्थात पश्चिम की ओर कार्य कर रहा है।

सोचिए और बताइए

6. 100 g द्रव्यमान वाली एक खिलौना कार $0.5\ m\ s^{-1}$ के नियत वेग से गतिमान है। खिलौना कार पर लगने वाला परिणामी बल क्या है?
7. अलग-अलग द्रव्यमान वाले दो बच्चे एक जैसे झूलों (swings) पर बैठे हैं। दोनों बच्चों को समान प्रारंभिक त्वरण देने के लिए आपको किस बच्चे पर अधिक बल लगाने की आवश्यकता होगी? कारण बताइए।
8. काँच की वस्तुओं को परिवहन के समय क्षति से बचाने के लिए बुलबुलों वाली प्लास्टिक शीट अथवा सूखी घास में लपेटा जाता है?

© NCERT not to be republished

6.6 न्यूटन का गति का तृतीय नियम

हमने यह समझा है कि किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल लगा हो तो वह वस्तु कैसा व्यवहार करती है। परंतु वस्तु पर बल लगता कैसे है? आपको स्मरण होगा हमने सीखा था कि बल लगने के लिए कम-से-कम दो वस्तुओं का परस्पर क्रिया करना आवश्यक है?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

क्या आपने अनुभव नहीं किया है कि जब आप अपने पैर से गेंद को धक्का देते हैं तो आपको गेंद द्वारा अपने पैर पर लगाए गए बल की अनुभूति होती है (चित्र 6.22)? ऐसी स्थिति में स्वाभाविक है कि आप यह पूछें कि इस प्रक्रिया में ये दोनों वस्तुएँ किस प्रकार प्रभावित होती हैं। न्यूटन का तृतीय नियम इसी प्रश्न का उत्तर देता है।

चित्र 6.22 — गेंद को ठोकर मारना

क्रियाकलाप 6.5 — आइए, अन्वेषण करें

1. पहियों वाली एक कुर्सी तथा एक बड़ी और भारी मेज लीजिए।
2. कुर्सी पर बैठिए। अपने पैरों को फर्श से थोड़ा ऊपर उठा लीजिए। अब अपने दोनों हाथों का उपयोग करके मेज को अपने से दूर धकेलिए अर्थात चित्र 6.23 (क) में दर्शाए अनुसार मेज पर आगे की दिशा में बल लगाइए। आप क्या अनुभव करते हैं? क्या जिस कुर्सी पर आप बैठे हैं वह विपरीत दिशा में गति करती है?
3. अब मेज को अपनी ओर खींचने का प्रयास कीजिए अर्थात चरण 2 की विपरीत दिशा में मेज पर बल लगाइए (चित्र 6.23 ख)। अब आपकी कुर्सी किस दिशा में गति करती है?

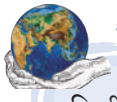
इस क्रियाकलाप से आप क्या निष्कर्ष निकाल सकते हैं? प्रत्येक बार जब आपने मेज पर बल लगाया तो मेज ने आप पर बल विपरीत दिशा में लगाया। आपने इसे कई अन्य स्थितियों में भी अनुभव किया होगा।

चित्र 6.23 — मेज पर बल लगाना
(क) मेज पर आगे की दिशा में बल लगाना,
(ख) मेज पर पीछे की दिशा में बल लगाना

यदि आप साइकिल पर बैठे हैं और बिना पैडल मारे आगे की ओर गति करना चाहते हैं तो आप क्या करते हैं (चित्र 6.24)? आप अपने पैरों से पृथ्वी की सतह को पीछे की ओर धकेलते हैं जिससे आप और साइकिल दोनों आगे की ओर गति करते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि आपके पैर पृथ्वी की सतह पर बल लगाते हैं और पृथ्वी की सतह आपके पैरों पर विपरीत दिशा में बल लगाती है। इसी कारण आप साइकिल के साथ आगे की ओर गति करते हैं।

चलते या दौड़ते समय आप क्या करते हैं? वास्तव में चलते या दौड़ते समय भी आप उपर्युक्त प्रक्रिया ही अपनाते हैं। आप अपने पैरों से पृथ्वी की सतह को पीछे की ओर धकेलते हैं (चित्र 6.25)। पृथ्वी की सतह आपके पैरों पर विपरीत दिशा मे बल लगाती है जिससे आप आगे की ओर गति करते हैं। पृथ्वी की सतह द्वारा लगाया गया यह बल घर्षण के रूप में होता है। अत: इस स्थिति में घर्षण आपको आगे बढ़ने में सहायता करता है, न कि आपकी गति का विरोध करता है।

चित्र 6.24 — पृथ्वी की सतह को पीछे धकेलना



विज्ञान एवं समाज

किसी सतह पर चलते या दौड़ते समय जब आप अपने पैर से उस सतह को पीछे की ओर धकेलते हैं अर्थात जब आपका पैर पीछे की ओर फिसलने का प्रयास करता है तो घर्षण बल आगे की दिशा में कार्य करता है। यदि घर्षण बल न होता तो पृथ्वी को धकेलने के प्रयास में आपका पैर पीछे की ओर फिसल जाता और आप गिर जाते। जूतों के तलवों पर खाँचे बनाए जाते हैं जिससे सतह और तलवों के मध्य घर्षण बल बढ़ सके। इसी प्रकार वाहनों के टायरों पर बने खाँचे, टायरों और सड़क के मध्य घर्षण बल को बढ़ाने में सहायता करते हैं। अब आप समझ सकते हैं कि गीली या चिकनी सतह या बर्फ पर चलना क्यों कठिन होता है या जल अथवा बर्फ से ढकी हुई सड़कों पर गाड़ी चलाना क्यों चुनौतीपूर्ण होता है।

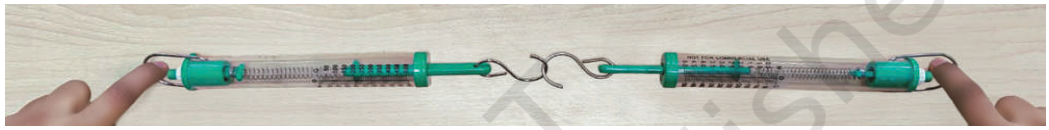
चित्र 6.25 — चलने की प्रक्रिया

© NCERT not to be republished

प्रयोगों में यह पाया गया कि दो वस्तुओं के बीच परस्पर लगने वाले बलों का परिमाण बराबर होता है। क्या आपकी दृष्टि में इस तथ्य के अवलोकन की कोई व्यावहारिक विधि है? आप जानते हैं कि कमानीदार तुला का उपयोग करके बल का परिमाण किस प्रकार से मापा जाता है। आइए, दो कमानीदार तुलाओं का उपयोग करके क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 6.6 — आइए, सत्यापित करें

1. दो सर्वसम कमानीदार तुला लीजिए।
2. उन्हें एक मेज पर क्षैतिज स्थिति में रखिए और चित्र 6.26 में दर्शाए अनुसार उनके हुक आपस में जोड़िए। एक कमानीदार तुला के मुक्त सिरे को किसी अचल वस्तु से बाँध दीजिए अन्यथा अपने हाथ में स्थिर पकड़ कर रखिए।
3. कल्पना कीजिए कि आप दूसरे कमानीदार तुला के मुक्त सिरे को अपने दूसरे हाथ से खींच रहे हैं। **पूर्वानुमान लगाइए** कि यदि दोनों कमानीदार तुला स्थिर हों तो उनके पाठ्यांकों में क्या संबंध होगा?
4. अब चरण 3 को दोहराइए। आपके द्वारा लगाए गए बल के परिमाण को परिवर्तित करके इसे कई बार दोहराइए। क्या आपका अवलोकन आपके पूर्वानुमान के समान है?



चित्र 6.26 — दो आपस में जुड़ी हुई कमानीदार तुलाएँ विपरीत दिशाओं में खींची जा रही हैं।

दोनों कमानीदार तुलाओं के पैमानों का पाठ्यांक प्रत्येक बार एक जैसा होता है। यह क्या दर्शाता है? यह दर्शाता है कि उनके द्वारा एक-दूसरे पर विपरीत दिशा में लगाए गए बल परिमाण में बराबर हैं।

इन सभी प्रेक्षणों को **न्यूटन के गति के तृतीय नियम** में संक्षिप्त रूप में व्यक्त किया गया है, जिसका कथन निम्नवत है—

जब भी कोई वस्तु किसी दूसरी वस्तु पर बल लगाती है तो दूसरी वस्तु भी उसी समय पहली वस्तु पर बराबर बल विपरीत दिशा में लगाती है।

टिप्पणी

बल सदैव युग्मों (pairs) में होते हैं परंतु स्मरण रखिए कि ये दोनों बल दो अलग-अलग वस्तुओं पर लगते हैं।

चित्र 6.27 — एक व्यक्ति नारियल के पेड़ पर चढ़ रहा है।

दैनिक जीवन के कई प्रेक्षणों को न्यूटन के गति के तृतीय नियम के आधार पर समझा जा सकता है। आपने संभवत: किसी व्यक्ति को नारियल या ताड़ के वृक्ष पर चढ़ते हुए देखा होगा (चित्र 6.27)। पूर्णत: ऊर्ध्वाधर वृक्ष पर चढ़ने वाले व्यक्ति के पैर तने पर नीचे की ओर धक्का देते हैं। तने और व्यक्ति के पैरों के मध्य घर्षण व्यक्ति को ऊपर की ओर बराबर बल से धकेलता है। इसी कारण कम घर्षण वाले चिकने वृक्षों के तनों पर चढ़ना कठिन होता है।

चित्र 6.28 — डोंगी को चप्पू से चलाना

क्या आपने कभी ध्यान दिया है कि नौका या डोंगी कैसे आगे बढ़ती है (चित्र 6.28)? जब डोंगी चालक अपने चप्पू से जल को पीछे की ओर धकेलता है तो जल चप्पू को बराबर बल से आगे की ओर धकेलता है। दोनों बल परिमाण में बराबर होते हैं परंतु अलग-अलग वस्तुओं, चप्पू और जल पर कार्य करते हैं, इसलिए वे एक-दूसरे को निरस्त नहीं करते हैं। चप्पू पर लगने वाला बल चप्पू और डोंगी को आगे की ओर बढ़ाता है। जब डोंगी चालक जल पर अधिक बल लगाता है तो चप्पू पर आगे की ओर लगने वाला बल भी अधिक होता है और डोंगी का वेग बढ़ जाता है।

© NCERT not to be republished

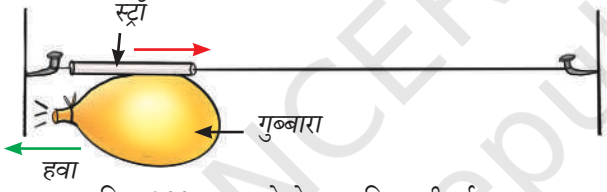
जिज्ञासा-सूत्र

नाव के चप्पूओं को चलाने में लगाए गए बल के अतिरिक्त भी कई अन्य कारक (कर्षण, जलधाराएँ, डोंगी का द्रव्यमान, चप्पू चलाने का ढंग आदि) डोंगी की चाल को प्रभावित करते हैं।

आपने टेलीविजन पर हमारे देश द्वारा विगत कई वर्षों में किए गए रॉकेट प्रमोचनों (Launching) के दृश्य देखे होंगे। न्यूटन के गति के तृतीय नियम के आधार पर भी रॉकेट प्रमोचन की व्याख्या की जा सकती है। इसे समझने के लिए आइए, पहले एक रोचक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 6.7 — आइए, समझते हैं

1. एक बड़ा गुब्बारा, स्ट्रॉ (पेय पदार्थ पीने वाली नली का एक टुकड़ा), आसंजक टेप, एक लंबा धागा और आमने-सामने की दो दीवारों पर लगी दो कीलों या हुकों की व्यवस्था कीजिए।
2. गुब्बारे में हवा भरिए और धागे के एक छोटे टुकड़े से बाँध कर उसका मुँह बंद कर दीजिए।
3. चित्र 6.29 में दर्शाए अनुसार स्ट्रॉ के टुकड़े को आसंजक टेप से गुब्बारे की सतह पर इस प्रकार चिपकाइए कि स्ट्रॉ का एक सिरा गुब्बारे के मुँह की ओर हो।
4. धागे को स्ट्रॉ के मध्य से निकालिए और उसके दोनों सिरों को खींचकर कीलों से बाँध दीजिए (चित्र 6.29)।
5. गुब्बारे से बँधे धागे को ढीला कीजिए जिससे हवा धीरे-धीरे बाहर निकले और देखिए कि स्ट्रॉ और गुब्बारा किस दिशा में गति करते हैं।

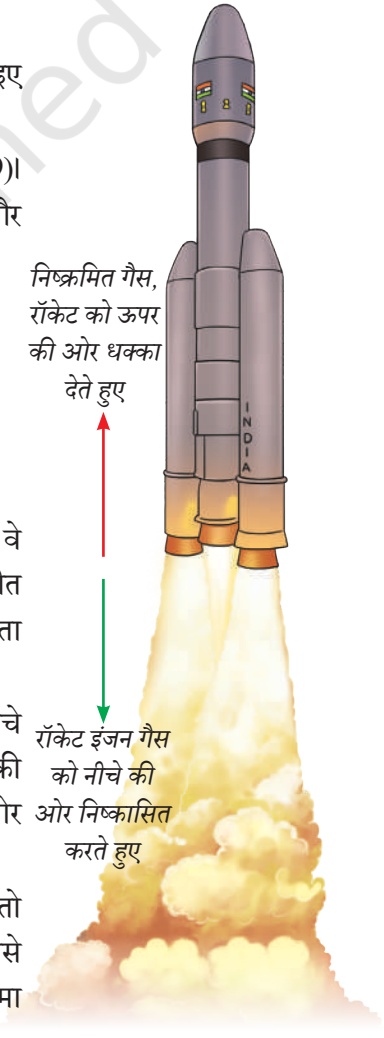


चित्र 6.29 — गुब्बारे से बाहर निकलती हुई हवा

फूले गुब्बारे की तनी हुई रबड़ गुब्बारे के भीतर विद्यमान हवा के अणुओं पर बल लगाती है जिससे वे बाहर निकलने लगते हैं और गुब्बारा आकार में सिकुड़ने लगता है। बाहर निकलती हवा गुब्बारे पर विपरीत दिशा में बराबर बल लगाती है। इस बल के कारण गुब्बारा उस दिशा के विपरीत दिशा में गति करने लगता है जिस दिशा में हवा बाहर निकल रही है।

रॉकेट भी इसी प्रकार से गति करता है (चित्र 6.30)। इसका इंजन गैस उत्पन्न करता है और उसे नीचे की दिशा में बाहर निकालता है जिसके कारण रॉकेट पर ऊपर की ओर बराबर बल लगता है। ऊपर की ओर रॉकेट पर लगने वाला यह बल रॉकेट के भार से अधिक होता है, इसलिए परिणामी बल ऊपर की ओर लगता है और रॉकेट उड़ान भरता है।

यदि अंतरिक्ष में गतिमान रॉकेट का इंजन उसकी गति की दिशा में ही गैस निष्कासित करने लगे तो क्या होगा? निष्क्रमित होने वाली गैसें रॉकेट की गति की दिशा के विपरीत दिशा में बल लगाएँगी इससे रॉकेट धीमा हो जाएगा। इस प्रक्रिया का उपयोग चंद्रयान-3 के विक्रम लैंडर ने गति कम करने और चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव के समीप आवश्यक वेग प्राप्त करने के लिए किया था।



चित्र 6.30 — रॉकेट प्रमोचन

टिप्पणी

न्यूटन के गति के तृतीय नियम के अनुसार समान और विपरीत बलों के युग्म दो अलग-अलग वस्तुओं पर कार्य करते हैं इसलिए वे बल एक-दूसरे को संतुलित नहीं करते हैं। दूसरी ओर यदि दो समान और विपरीत बल एक ही वस्तु पर कार्य करते हैं तो वे एक-दूसरे को संतुलित करते हैं।

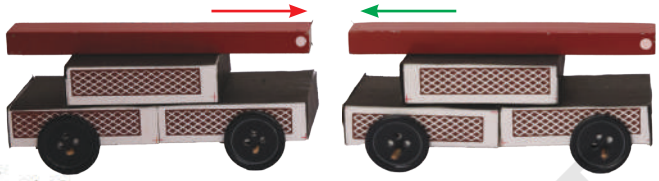
© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

9. कभी-कभी जल फेंकने वाले पाइप को पकड़े रखने के लिए दमकलकर्मी (fireperson) को संघर्ष क्यों करना पड़ता है?
10. मान लीजिए कि एक अंतरिक्ष यान (spacecraft) अंतरिक्ष के ऐसे क्षेत्र में गति कर रहा है जहाँ उस पर लगने वाला गुरुत्वाकर्षण बल नगण्य है। सुझाव दीजिए कि वह अपनी गति को कैसे परिवर्तित कर सकता है?

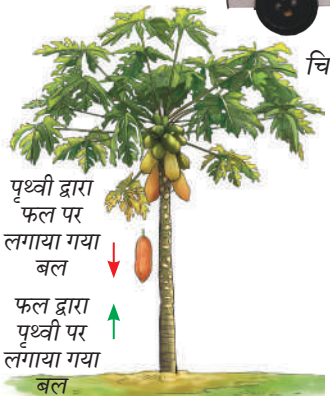
कक्षा 8
जिज्ञासा
अध्याय 5

संपर्क और असंपर्क बलों के विषय में आप पहले ही सीख चुके हैं। क्या न्यूटन का तीसरा नियम केवल संपर्क बलों के लिए ही लागू किया जा सकता है? न्यूटन का तृतीय नियम उन सभी प्रकार के बलों के लिए लागू होता है जिनका सामना हम दैनंदिन यांत्रिक स्थितियों में करते हैं चाहे वे संपर्क बल हों या असंपर्क बल। (चित्र 6.31, 6.32, 6.33)।



चित्र 6.31 — दो छड़ चुंबक एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत चुंबकीय बल लगा रहे हैं।

चित्र 6.32 — दो समान रूप से आवेशित गुब्बारे एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत स्थिरवैद्युत बल लगा रहे हैं।



चित्र 6.33 — पृथ्वी और फल एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत गुरुत्वाकर्षण बल लगा रहे हैं।

उदाहरण 6.7 — जैसा कि चित्र 6.33 में दर्शाया गया है पृथ्वी और फल एक-दूसरे पर बराबर और विपरीत गुरुत्वाकर्षण बल लगाते हैं तो फिर फल पृथ्वी की ओर गति क्यों करता है जबकि पृथ्वी फल की ओर गति करती हुई प्रतीत नहीं होती?

उत्तर — यद्यपि पृथ्वी और फल दोनों पर लगने वाले बल परिमाण में बराबर हैं, पृथ्वी का द्रव्यमान (फल की तुलना में) इतना अधिक है कि बल के कारण पृथ्वी का त्वरण $\left(a = \frac{F}{m}\right)$ अत्यंत कम है। अतः पृथ्वी पर फल के कारण लगे बल का प्रभाव इतना कम है कि वह हमारे संज्ञान में नहीं आता।

उदाहरण 6.8 — जब 0.1 kg की गोली 5 kg की बंदूक से 2 N के बल से दागी जाती है तो बंदूक पीछे की ओर प्रतिक्षेपित (recoil) होती है। गोली और बंदूक के प्रारंभिक त्वरण का परिमाण क्या है?

उत्तर — न्यूटन के गति के तृ तीय नियम के अनुसार बंदूक पर लगने वाला प्रतिक्षेप बल भी 2 N है।

न्यूटन के गति के द्वितीय नियम के अनुसार, बंदूक के त्वरण का प्रारंभिक परिमाण

$$= \frac{\text{बल}}{\text{बंदूक का द्रव्यमान}} = \frac{2\ \text{N}}{5\ \text{kg}} = 0.4\ \text{m s}^{-2}$$

जबकि गोली का प्रारंभिक त्वरण

$$= \frac{\text{बल}}{\text{गोली का द्रव्यमान}} = \frac{2\ \text{N}}{0.1\ \text{kg}} = 20\ \text{m s}^{-2}$$

यद्यपि बलों का परिमाण बराबर है, तब भी त्वरण का परिमाण बराबर नहीं है क्योंकि उनके द्रव्यमान भिन्न हैं।

टिप्पणी

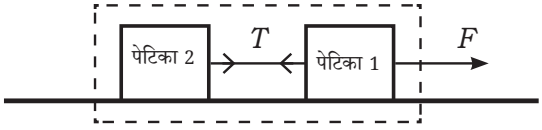
यद्यपि दो परस्पर क्रिया करने वाली वस्तुओं पर लगने वाले बल सदैव परिमाण में बराबर होते हैं फिर भी वे सामान्यतया बराबर त्वरण उत्पन्न नहीं करते। ऐसा इसलिए है क्योंकि जिन वस्तुओं पर ये बल कार्य कर रहे हैं उनका द्रव्यमान भिन्न हो सकता है।

© NCERT not to be republished

6.7 वस्तुओं के निकाय पर लगने वाले बल

अभी तक आपने न्यूटन के तीन नियमों का अध्ययन किसी एकल वस्तु पर उन्हें लागू करके किया है। इन नियमों की सहायता से आप वस्तु पर लगने वाले बलों के आधार पर उसकी स्थिति और वेग का अनुमान लगा सकते हैं। परंतु क्या हम इन नियमों को दो या दो से अधिक परस्पर जुड़ी वस्तुओं पर लागू कर सकते हैं?

मान लीजिए m_1 एवं m_2 द्रव्यमान की दो पेटिकाएँ एक डोरी द्वारा परस्पर जुड़ी हुई हैं और एक घर्षण रहित क्षैतिज सतह पर रखी गई हैं (चित्र 6.34)। एक बल F, पेटिका 1 को दाहिनी ओर खींचता है। पेटिका 1 डोरी के माध्यम से पेटिका 2 पर बल लगाती है। न्यूटन के तीसरे नियम के अनुसार पेटिका 2 डोरी के माध्यम से पेटिका 1 पर बराबर और विपरीत दिशा में बल लगाती है। हम इस बल को तनाव T कहते हैं। पेटिका 1 पर बल F दाईं ओर कार्य करता है जबकि तनाव बल T बाईं ओर कार्य करता है। पेटिका 2 पर, तनाव बल T दाईं ओर कार्य करता है। हम प्रत्येक का त्वरण कैसे ज्ञात कर सकते हैं?



चित्र 6.34 — एक डोरी द्वारा जुड़ी दो पेटिकाओं का निकाय

एक विधि यह है कि प्रत्येक पेटिका पर लगने वाले परिणामी बल की गणना अलग-अलग की जाए और इसके पश्चात त्वरण ज्ञात करने के लिए न्यूटन के गति के द्वितीय नियम का उपयोग किया जाए। दूसरी अपेक्षाकृत अधिक सरल विधि यह है कि दोनों पेटिकाओं और डोरी को एक ही **निकाय** मान लिया जाए। इस विधि में निकाय के भीतर के बलों **(आंतरिक बलों)** पर विचार करने की आवश्यकता नहीं है और केवल बाहर से लगने वाले बल **(बाह्य बल)** ही महत्त्वपूर्ण हैं। हमारे प्रकरण में दोनों पेटिकाओं पर लगने वाला तनाव T आंतरिक बल है जबकि बल F बाह्य बल है। इस प्रकार न्यूटन के द्वितीय नियम (समीकरण 6.1) का उपयोग करके निकाय का त्वरण है

$$a = \frac{F}{\text{निकाय का द्रव्यमान}} = \frac{F}{(m_1 + m_2)} \qquad (6.4)$$

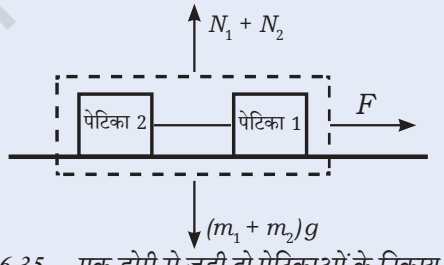
दो पेटिकाओं का निकाय ठीक उसी तरह त्वरित होता है जैसे द्रव्यमान $(m_1 + m_2)$ वाली एक वस्तु त्वरित होती है।

एक सोपान ऊपर

दोनों पेटिकाओं की गति का विश्लेषण अलग-अलग किया जाए तो भी परिणाम यही प्राप्त होगा। इसके विषय में आप आगामी कक्षाओं में सीखेंगे। परस्पर जुड़ी हुई वस्तुओं को एक निकाय के रूप में मानने से विश्लेषण प्राय: सरल हो जाता है। यह जटिल वस्तुओं के निकायों के अध्ययन में भी न्यूटन के नियमों की उपादेयता को उजागर करता है।

आइए, और चिंतन करें

F के अतिरिक्त पेटिकाओं के निकाय पर लगने वाला बल गुरुत्वाकर्षण बल $(m_1g + m_2g)$ है जो निकाय पर नीचे की ओर कार्य करता है और धरातल द्वारा निकाय पर लगने वाले अभिलंब बल $(N_1 + N_2)$ द्वारा संतुलित हो जाता है जैसा कि चित्र 6.35 में दर्शाया गया है।



चित्र 6.35 — एक डोरी से जुड़ी दो पेटिकाओं के निकाय पर बाह्य बल

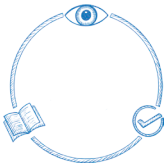
जिज्ञासा-सूत्र

चलते समय आपके हाथ और पैर जटिल रूप से गति करते हैं। तब भी आपकी समग्र गति का अध्ययन आपके शरीर को एक इकाई मानकर किया जा सकता है। प्राय: विज्ञान तब सरल हो जाता है जब हम वस्तुओं को उनके अंशों में देखना बंद कर देते हैं और उन्हें समग्रता में देखना आरंभ करते हैं।

© NCERT not to be republished

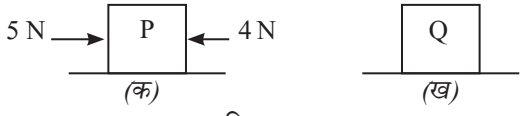
सारांश

- घर्षण बल किसी वस्तु पर उसकी गति की दिशा के विपरीत दिशा में कार्य करता है।
- न्यूटन का गति का प्रथम नियम— यदि कोई वस्तु विरामावस्था में है तो विरामावस्था में ही रहेगी और गतिमान है तो वह वस्तु नियत वेग से गति करती रहेगी जब तक कि उस पर कोई परिणामी बल कार्य न करे।
- न्यूटन का गति का द्वितीय नियम — जब किसी वस्तु पर कोई परिणामी बल कार्य करता है तो वस्तु परिणामी बल की दिशा में त्वरित होती है। त्वरण का परिमाण परिणामी बल के परिमाण के समानुपाती होता है और वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
- न्यूटन का गति का तृतीय नियम— जब कोई एक वस्तु किसी दूसरी वस्तु पर बल लगाती है तो दूसरी वस्तु भी साथ ही साथ पहली वस्तु पर बराबर बल विपरीत दिशा में लगाती है।



अभ्यास प्रश्न

1. एक क्षैतिज बल F का उपयोग करके किसी मेज को फर्श पर नियत वेग से गति प्रदान की जाती है। फर्श द्वारा मेज पर लगाया गया घर्षण बल कितना है?
2. एक चिकनी घर्षण रहित सतह पर गतिमान गेंद के लिए सही शब्द का चयन कर निम्नलिखित कथनों को सत्य कथन बनाइए।
   (i) यदि गेंद पर कोई परिणामी बल नहीं लगाया जाता है तो गेंद का वेग समान रहेगा/ बढ़ेगा/ घटेगा।
   (ii) यदि गेंद पर उसकी गति की दिशा में परिणामी बल लगाया जाता है तो गेंद के वेग का परिमाण समान रहेगा/ बढ़ेगा/ घटेगा।
   (iii) यदि गेंद पर उसकी गति की दिशा के विपरीत दिशा में परिणामी बल लगाया जाता है तो गेंद के वेग का परिमाण समान रहेगा/ बढ़ेगा/ घटेगा।
3. एक चिकनी क्षैतिज सतह पर विद्यमान दो गुटके P और Q चित्र 6.36 (क) और चित्र 6.36 (ख) में दर्शाए गए हैं। गुटके P पर 4 N और 5 N परिमाण के दो बल विपरीत दिशाओं में कार्य कर रहे हैं जबकि गुटका Q नियत वेग से गतिमान है।

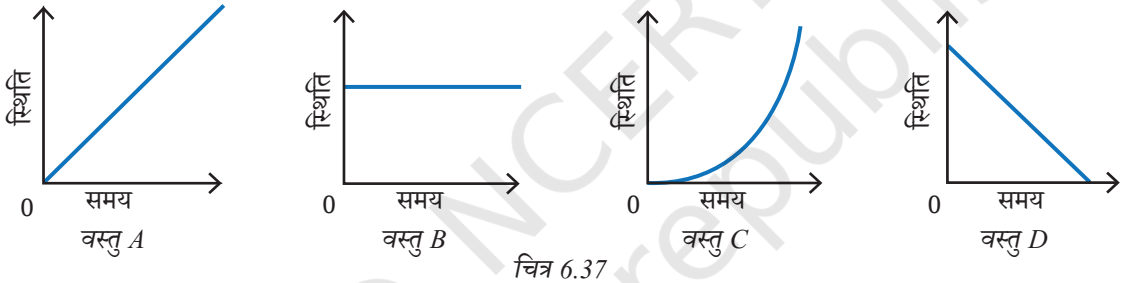


चित्र 6.36

निम्नलिखित में से कौन-सा कथन सत्य है?
   (i) P पर परिणामी बल लगता है और Q पर परिणामी बल नहीं लगता है।
   (ii) P पर परिणामी बल नहीं लगता है और Q पर परिणामी बल लगता है।
   (iii) P और Q दोनों पर परिणामी बल लगता है।
   (iv) न तो P और न ही Q पर परिणामी बल लगता है।

© NCERT not to be republished

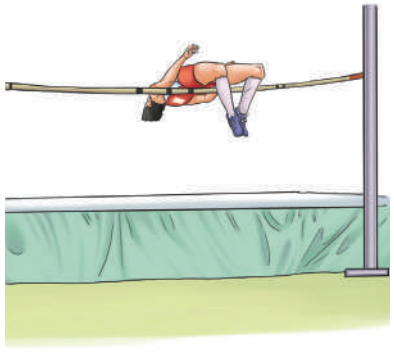
4. सर्प नौका दौड़ (केरल में वल्लुम कल्ली) के अभ्यास के समय 100 नाविक एक नौका को एक साथ खे (चला) रहे हैं। इनमें से 95 नाविक नौका को आगे बढ़ाने के लिए पीछे की ओर चप्पू चलाते हैं। त्रुटिवश 5 नाविक विपरीत दिशा में चप्पू चलाते हैं। यदि प्रत्येक नाविक 200 N का क्षैतिज बल लगाता है तो बताइए सर्प नौका पर लगने वाला परिणामी बल कितना है? (कर्षण बल (drag force), वायु घर्षण आदि की उपेक्षा कीजिए।)
5. जब किसी वस्तु पर परिणामी बल लगता है तो हम देखते हैं कि वस्तु त्वरित होती है—
   (i) त्वरण बल की दिशा के विपरीत दिशा में और वस्तु पर लगने वाले बल के समानुपाती होता है।
   (ii) त्वरण बल की दिशा के विपरीत दिशा में और वस्तु के द्रव्यमान के समानुपाती होता है।
   (iii) त्वरण बल की दिशा में और वस्तु पर लगने वाले बल के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
   (iv) त्वरण बल की दिशा में और वस्तु पर लगने वाले बल के समानुपाती होता है।
6. एक सीधी रेखा के अनुदिश गतिमान चार वस्तुओं A, B, C और D के लिए स्थिति-समय ग्राफ (चित्र 6.37) में दर्शाए गए हैं। इनमें से किस पर एक परिणामी बल कार्य करता है—
   (i) वस्तु A
   (ii) वस्तु B
   (iii) वस्तु C
   (iv) वस्तु D



चित्र 6.37

7. कोई नाविक किसी छोटी नौका से तट पर कूदता है (चित्र 6.38)। जैसे ही नाविक आगे की ओर कूदता है तो क्या नौका गति करेगी? यदि हाँ, तो किस दिशा में और क्यों?

चित्र 6.38— एक नाविक आगे की ओर कूदते हुए

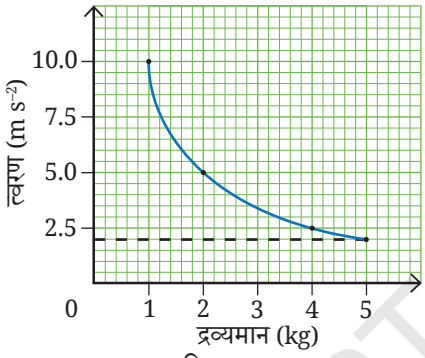


चित्र 6.39— ऊँची कूद प्रतियोगिता के लिए रेत या फोम के गद्दे की व्यवस्था

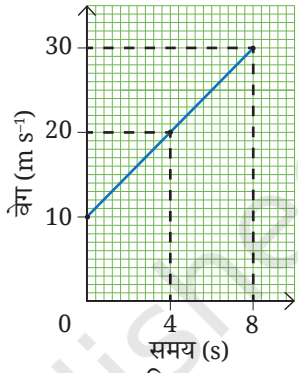
8. ऊँची कूद प्रतियोगिता में खिलाड़ी सतह पर सुरक्षित गिरें इसके लिए रेत या फोम के गद्दे की व्यवस्था की जाती है (चित्र 6.39)। इसके पीछे का कारण स्पष्ट कीजिए।

© NCERT not to be republished

9. सब्जियों से भरी हुई एक ठेलागाड़ी किसी अन्य प्रत्येक दृष्टि से उसी के समान परंतु खाली ठेलागाड़ी से टकराती है। टकराव के समय—
   (i) भरी हुई ठेलागाड़ी, खाली ठेलागाड़ी पर अधिक परिमाण का बल लगाती है।
   (ii) खाली ठेलागाड़ी, भरी हुई ठेलागाड़ी पर अधिक परिमाण का बल लगाती है।
   (iii) दोनों में से कोई भी ठेलागाड़ी दूसरी ठेलागाड़ी पर बल नहीं लगाती है।
   (iv) भरी हुई ठेलागाड़ी और खाली ठेलागाड़ी दोनों एक-दूसरे पर समान परिमाण का बल लगाती हैं।
10. विभिन्न द्रव्यमानों वाली वस्तुओं पर लगाए गए किसी बल द्वारा उत्पन्न त्वरण के संगत त्वरण-द्रव्यमान ग्राफ चित्र 6.40 में दर्शाया गया है। इस स्थिति के लिए बल-द्रव्यमान ग्राफ आलेखित कीजिए।

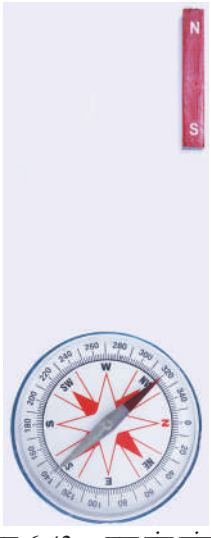


चित्र 6.40



चित्र 6.41

11. सरल रेखा में गतिमान 10 kg द्रव्यमान की किसी वस्तु का वेग-समय ग्राफ चित्र 6.41 में दर्शाया गया है। ग्राफ का उपयोग करके वस्तु पर लगने वाले बल का परिकलन कीजिए।
12. 100 m s^{-1} के वेग से गतिमान 50 g द्रव्यमान की कोई गोली एक स्थिर भारी लकड़ी के गुटके में प्रवेश करती है और 50 cm की दूरी तक भेदने के पश्चात रुक जाती है। गोली पर लगने वाले अवरोधक बल का आकलन कीजिए (मान लीजिए कि गुटके के भीतर गोली का त्वरण अचर है)।
13. एक श्रेष्ठ फुटबॉलर ने फुटबॉल पर 108 km h^{-1} के वेग से प्रहार करके उसको मिले क्षतिपूरक निशाने (penalty shot) को गोल में परिवर्तित कर दिया। उसके द्वारा लगाया गया अनुमानित बल 800 N था। फुटबॉल का द्रव्यमान 0.4 kg था। उसके पैर और गेंद के मध्य संपर्क समय की गणना कीजिए।
14. 2 kg द्रव्यमान की एक वस्तु 10 m s^{-1} के नियत वेग से गतिमान है। यह एक खुरदरे क्षेत्र में प्रवेश करती है जहाँ वस्तु पर घर्षण बल 7 N है। उसी समय वस्तु पर उसकी गति का विरोध करते हुए 3 N का एक अतिरिक्त नियत बल लगाया जाता है। खुरदरे क्षेत्र में प्रवेश करने के पश्चात वस्तु विरामावस्था में आने से पूर्व कितनी दूरी तय करती है?
15. कोई ट्रैक्टर m_1 द्रव्यमान के हैरो (जुताई उपकरण) को परिणामी बल F से खींचता है जिसके परिणामस्वरूप हैरो में a_1 त्वरण उत्पन्न होता है। वही ट्रैक्टर m_2 द्रव्यमान की किसी ट्रॉली को F बल से खींचता है जिसके परिणामस्वरूप ट्रॉली में a_2 त्वरण उत्पन्न होता है। यदि ट्रैक्टर अब हैरो को ट्रॉली पर रखकर उसे उसी बल F से खींचता है तो a_1 और a_2 के पदों में परिणामी त्वरण का व्यंजक प्राप्त कीजिए। घर्षण को नगण्य मान लीजिए।
16. जब किसी दंड चुंबक के ध्रुव को चुंबकीय दिक्सूचक (magnetic compass) के निकट लाया जाता है तो दंड चुंबक और दिक्सूचक सुई (जो स्वयं भी एक चुंबक है) एक-दूसरे पर चुंबकीय बल लगाते हैं। न्यूटन के गति के तृतीय नियमानुसार दोनों बल परिमाण में बराबर और दिशा में विपरीत होते हैं। तथापि दिक्सूचक सुई (compass needle) गति करता है जबकि दंड चुंबक गति नहीं करता है (चित्र 6.42)। ऐसा क्यों होता है? व्याख्या कीजिए।



चित्र 6.42 — एक दंड चुंबक और एक चुंबकीय दिक्सूचक

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- आप जानते हैं कि घर्षण बल संपर्क में आने वाली सतहों की प्रकृति पर निर्भर करता है। क्या यह इस बात पर भी निर्भर करता है कि सतहें एक-दूसरे को कितनी दृढ़ता से दबाती हैं? क्या गति आरंभ होने से पूर्व किसी वस्तु पर लगने वाला घर्षण बल गति आरंभ होने के पश्चात लगने वाले घर्षण बल से अधिक होता है? क्या लुढ़कती हुई वस्तु पर लगने वाला घर्षण बल फिसलती हुई वस्तु पर लगने वाले घर्षण बल से कम होता है? इन प्रश्नों के उत्तर ढूँढ़िए और एक सूचनालेख बनाइए। ऐसे अवलोकन यह समझाने में सहायता करते हैं कि पहिए का आविष्कार मानव इतिहास में एक महत्त्वपूर्ण मील का पत्थर क्यों था।
- समान द्रव्यमान वाली दो खिलौना गाड़ियाँ लीजिए और प्रत्येक के ऊपर एक छड़ चुंबक चिपका दीजिए (चित्र 6.32)। एक चिकनी सतह पर मीटर स्केल लगाइए। गाड़ियों को मीटर स्केल के मध्य बिंदु के पास इस प्रकार रखिए कि उनके सजातीय ध्रुव एक-दूसरे को स्पर्श करें। गाड़ियों को छोड़िए और दो विराम घड़ियों का उपयोग करके विरामावस्था में आने में उनके द्वारा लिए गए समय और प्रत्येक द्वारा रुकने से पहले तय की गई दूरी अभिलेखित कीजिए। दोनों गाड़ियों में समान द्रव्यमान जोड़ने के पश्चात प्रयोग को दोहराइए। क्या गाड़ियों ने विपरीत दिशाओं में समान दूरी तय की है? तय की गई दूरी-द्रव्यमान का ग्राफ बनाइए। अपने निष्कर्षों का **विश्लेषण कीजिए** और उन पर चर्चा कीजिए।
- एक वृक्ष की खुरदरी शाखा या खंभे के चारों ओर एक बार रस्सी लपेटिए। एक भारी बाल्टी को एक सिरे से बाँधिए और दूसरे सिरे से उसे रोकने का प्रयास कीजिए (चित्र 6.43)। अब रस्सी को एक बार और लपेटिए तथा प्रयास दोहराइए। आप पाएँगे कि जितनी अधिक बार आप रस्सी को लपेटते हैं रस्सी और शाखा के मध्य पकड़ बढ़ती जाती है जिससे घर्षण बढ़ता है और भार को थामे रखने के लिए आवश्यक बल कम हो जाता है। परिणामस्वरूप भार को थामे रखना बहुत सरल हो जाता है। केवल एक बार लपेटने से प्रयास में कमी, उस कमी से कहीं अधिक होगी जितनी आपने अपेक्षा की होगी। यह दर्शाता है कि घर्षण एक सरल रैखिक ढंग से नहीं बढ़ता है, संपर्क में छोटे परिवर्तन भी बल में बड़े परिवर्तन ला सकते हैं। इसी प्रकार रस्सी और खंभे के मध्य घर्षण बड़े जहाजों को घाट पर सुरक्षित रूप से रोके रखने में सक्षम बनाता है।

चित्र. 6.43

- यह देखना प्राय: शिक्षाप्रद होता है कि समय के साथ वैज्ञानिक विचार किस प्रकार से विकसित होते हैं। यदि आप रुचि रखते हैं तो न्यूटन द्वारा गति के नियमों को प्रतिपादित करने के प्रकारों का पता लगाने के लिए उनकी मूल कृति *प्रिंसिपिया* के अंश पढ़िए। इस ग्रंथ का मूल पाठ और उस पर की गई टीकाएँ दोनों ऑनलाइन उपलब्ध हैं।

आइए, और चिंतन करें

न्यूटन के नियमों का उपयोग दैनंदिक वस्तुओं से लेकर ग्रहों एवं तारों तक के विशाल आमाप-परिसर में गति का वर्णन करने के लिए किया जाता है। इनमें संशोधन की आवश्यकता केवल अत्यंत भारी प्रकाश की गति के निकट की चाल से गतिमान पिंडों एवं अत्यंत सूक्ष्म परमाणुक के आकार के कणों के लिए होती है।

खोज जारी है...

हमारे आनुभविक जगत में जब भी सतहें संपर्क में होती हैं उनके मध्य घर्षण सदैव उपस्थित रहता है। सतहों के मध्य स्नेहकों का उपयोग करके, लेप लगाकर या उन्हें पॉलिश करके, वस्तुओं की आकृति को धारारेखीय (streamline) बनाकर तथा चुंबकीय प्रोत्थापन (magnetic levitation) का उपयोग करके वैज्ञानिक इन सतहों के मध्य घर्षण को कम करने की विधियाँ खोजने का प्रयास करते आ रहे हैं।

© NCERT not to be republished

0907CH07

अध्याय

7

कार्य, ऊर्जा एवं सरल मशीनें

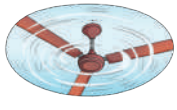
इस पुस्तक के पिछले अध्यायों 4 एवं 6 में आपने सीखा था कि बल वस्तुओं की गति को किस प्रकार प्रभावित करते हैं और कैसे न्यूटन के नियमों तथा शुद्धगतिक समीकरणों का उपयोग करके इसका विश्लेषण किया जा सकता है। किंतु जब बल समय के साथ परिवर्तित हो या उनके कार्य करने की प्रक्रिया जटिल हो तो इन नियमों को लागू करना कठिन हो जाता है। क्या ऐसी स्थितियों को समझने का कोई अपेक्षाकृत अधिक सरल एवं सक्षम साधन उपलब्ध है?

इस अध्याय में आप कार्य, ऊर्जा एवं शक्ति की अवधारणाओं का अन्वेषण करेंगे जिनकी सहायता से गति एवं उस पर बलों के प्रभाव का **विश्लेषण** अपेक्षाकृत अधिक सरलता से किया जा सकता है। आप सरल मशीनों के विषय में भी सीखेंगे जो कार्यों को कम प्रयास और अधिक सुविधाजनक रूप से करने में हमें सहायता प्रदान करती हैं। हमारे दैनिक जीवन में प्रयोग में आने वाली जटिल मशीनें मुख्यत: सरल मशीनों से मिलकर बनी होती हैं। ऊर्जा अर्थात कार्य करने की क्षमता इन सभी संकल्पनाओं और हमारे दैनिक जीवन की लगभग सभी गतिविधियों की प्राण शक्ति है।

चिंतन कीजिए

- ऊपर दर्शाए गए चित्र में नीली फिसलपट्टी (Slide) के आधार तल पर बच्चे के वेग का परिमाण क्या होगा?
- क्या अलग-अलग द्रव्यमान वाले दो बच्चे एक ही फिसलपट्टी के आधार तल पर एक ही वेग से पहुँचेंगे ?
- इनमें से किस फिसलपट्टी के आधार तल पर कोई बच्चा सबसे अधिक वेग से पहुँचेगा?

चलने के लिए ऊर्जा हमें भोजन से प्राप्त होती है।



पंखे को घुमाने के लिए ऊर्जा विद्युत से प्राप्त होती है।

कार को गति प्रदान करने के लिए ऊर्जा ईंधन से प्राप्त होती है।

चित्र 7.1 — विभिन्न कार्यों को करने के लिए आवश्यक ऊर्जा विभिन्न स्रोतों से प्राप्त होती है।

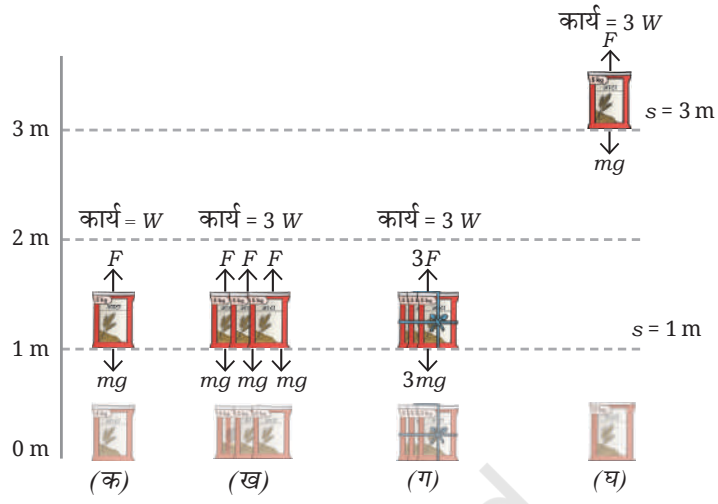
हम सामान्य बोलचाल में प्राय: कार्य, ऊर्जा और शक्ति जैसे शब्दों का उपयोग करते हैं। अध्याय 1 में हमने सीखा था कि इन शब्दों के विशिष्ट अर्थ हैं। आइए, सर्वप्रथम हम समझते हैं कि कार्य को किस प्रकार **परिभाषित** किया जाता है।

© NCERT not to be republished

7.1 किसी नियत बल द्वारा किया गया कार्य

आइए, इसका आरंभ हम किसी वस्तु को किसी ऊँचाई तक उठाने के अपने अनुभव पर आधारित कुछ चिंतन करके करते हैं।

मान लीजिए कोई 5 kg द्रव्यमान का आटे का थैला फर्श पर रखा हुआ है (चित्र 7.2 क)। यदि आटे के थैले का द्रव्यमान m और गुरुत्वीय त्वरण g हो तो उस थैले पर गुरुत्वीय बल mg नीचे की दिशा में कार्य करेगा। इस थैले को धीरे-धीरे 1 m की ऊँचाई तक ऊपर उठाने में हमें mg के बराबर बल लगाना पड़ेगा। आपके द्वारा थैले पर लगाया गया यह बल, थैले पर ऊपर की ओर लगता है जिससे थैला बल की दिशा में 1 m विस्थापित हो जाता है। सामान्य बोलचाल की भाषा में आप कहेंगे कि आपने कुछ कार्य किया है।



चित्र 7.2 — थैलों को किसी ऊँचाई तक ऊपर उठाना

यदि आप एक के पश्चात एक ऐसे 3 थैलों को समान ऊँचाई तक ऊपर उठाते हैं (चित्र 7.2 ख) तो आप एक थैला उठाने की तुलना में 3 गुना अधिक कार्य करेंगे। यदि किसी मशीन द्वारा ईंधन का उपयोग करके थैलों को उसी ऊँचाई तक उठाया जाए तो 3 थैलों को उठाने के लिए एक थैले को उठाने में लगने वाले ईंधन की तुलना में 3 गुना ईंधन की आवश्यकता होगी।

अब मान लीजिए आप तीनों थैलों को एक साथ उसी ऊँचाई तक ऊपर उठाते हैं तो आपको इसके लिए एक थैले को उठाने में लगाए गए बल का तीन गुना बल लगाने की आवश्यकता होगी (चित्र 7.2 ग)। चूँकि आपने चित्र 7.2 (ख) वाला कार्य ही किया है तो आप कह सकते हैं कि एक थैले को उठाने में किए गए कार्य का तीन गुना कार्य किया है। इससे यह भी प्रदर्शित होता है कि समान विस्थापन के लिए अधिक बल लगाने से आनुपातिकत: अधिक कार्य संपन्न होता है।

अब आप चित्र 7.2 (घ) पर विचार कीजिए जिसमें 5 kg के एक आटे के थैले को 3 m की ऊँचाई तक उठाया गया है। इसमें आपने एक थैले को 1 m तक उठाने में किए गए कार्य का 3 गुना कार्य किया होगा। यदि यही कार्य मशीन द्वारा किया जाए तो 1 थैले को 1 m ऊपर उठाने में जितना ईंधन व्यय किया जाता है उस थैले को 3 बार मशीनों द्वारा एक-एक मीटर ऊपर उठाने में 3 गुना ईंधन व्यय करने की आवश्यकता होगी। इससे यह प्रदर्शित होता है कि यदि उसी बल के अंतर्गत अधिक विस्थापन किया जाए तो किए गए कार्य का परिमाण भी उसी अनुपात में अधिक होगा।

टिप्पणी

किए गए कार्य का वर्णन करते समय कार्य करने वाले बल (या कारक) तथा जिस वस्तु पर कार्य किया जाता है, उसे निर्दिष्ट करना महत्त्वपूर्ण होता है।

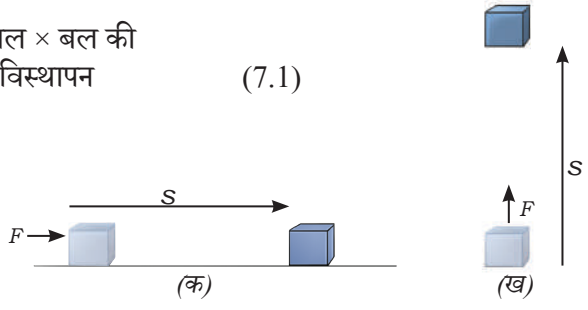
उपर्युक्त प्रेक्षणों के आधार पर अब हम किसी बल द्वारा किए गए कार्य को वैज्ञानिक रूप से परिभाषित कर सकते हैं। **किसी वस्तु पर लगने वाले एक नियत बल द्वारा किसी विस्थापन हेतु किए गए कार्य** को इस प्रकार परिभाषित कर सकते हैं—

किसी वस्तु पर एक नियत बल द्वारा किया गया कार्य = लगाया गया बल × बल की दिशा में विस्थापन (7.1)

जिस उदाहरण की चर्चा ऊपर की गई है उसमें विस्थापन ऊर्ध्व दिशा में था, किंतु समीकरण (7.1) तब भी लागू होगा जब विस्थापन और लगाया गया बल दोनों क्षैतिज अथवा किसी भी अन्य दिशा में हों।

उदाहरण के लिए— एक वस्तु लीजिए जिस पर एक नियत बल F लग रहा है और इस बल के अंतर्गत बल की दिशा में उस वस्तु का विस्थापन s है तो उस बल द्वारा वस्तु पर किया गया कार्य W होगा (चित्र 7.3), जहाँ

$$W = F \times s \quad (7.2)$$



चित्र 7.3 — किसी वस्तु को (क) क्षैतिज दिशा में (ख) ऊर्ध्व दिशा में विस्थापित करने में किया गया कार्य।

© NCERT not to be republished

आइए, और चिंतन करें

बल और विस्थापन दोनों में परिमाण और दिशा दोनों होते हैं जबकि कार्य की कोई दिशा नहीं होती है। इसे धनात्मक या ऋणात्मक चिह्न वाली संख्या के रूप में व्यक्त किया जा सकता है।

कार्य का SI मात्रक जूल है जिसे **J** के द्वारा प्रदर्शित करते हैं। बल का SI मात्रक न्यूटन (N) और विस्थापन का SI मात्रक मीटर (m) है अतः समीकरण (7.2) की सहायता से 1 जूल को निम्नवत परिभाषित किया जा सकता है—

$$1\ J = 1\ N \times 1\ m$$

अर्थात यदि कोई वस्तु 1 न्यूटन बल लगाने पर बल की दिशा में 1 m विस्थापित हो तो 1 जूल कार्य संपन्न होगा।

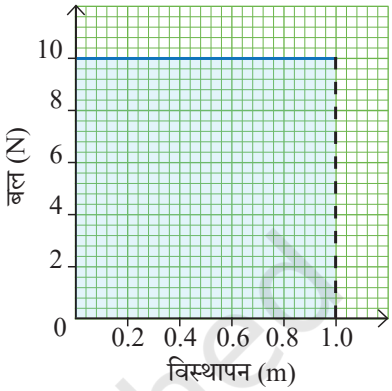
चूँकि $1\ N = 1\ kg\ m\ s^{-2}$, अतः

$$1\ J = 1\ kg\ m\ s^{-2} \times 1\ m = 1\ kg\ m^2\ s^{-2}$$

चित्र 7.4 में प्रदर्शित ग्राफ में किसी वस्तु पर लगाए गए बल को Y-अक्ष पर एवं बल की दिशा में विस्थापन को X-अक्ष पर दर्शाया गया है। इस प्रकरण में वस्तु पर किया गया कार्य छायांकित (shaded) आयत के क्षेत्रफल के बराबर होता है, जो है—

$$10\ N \times 1\ m = 10\ J$$

उल्लेखनीय है कि यदि बल नियत नहीं हो तब भी किया गया कार्य बल-विस्थापन ग्राफ में प्रारंभिक और अंतिम स्थितियों के द्वारा घिरे हुऐ क्षेत्रफल द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।



चित्र 7.4 — बल-विस्थापन ग्राफ

7.1.1 किया गया कार्य शून्य के बराबर कब होता है?

समीकरण 7.2 में दी गई कार्य की परिभाषा से आप देख सकते हैं कि जब किसी वस्तु पर लगने वाला बल शून्य होता है तो किया गया कार्य भी शून्य होता है। अर्थात जब $F = 0$, तब वस्तु पर किया गया कार्य शून्य होता है। कार्य तब भी शून्य होगा जब वस्तु पर बल तो लगा हो किंतु उसमें कोई विस्थापन न हो अर्थात जब विस्थापन $s = 0$ हो, उदाहरण के लिए — यदि किसी दृढ़ दीवार (चित्र 7.5) पर आप बल लगाएँ और तब भी दीवार विस्थापित न हो तो ऐसी स्थिति में आपके द्वारा किया गया कार्य शून्य ही होगा।

चित्र 7.5 — दीवार को धकेलना

यह विचित्र प्रतीत हो सकता है क्योंकि दीवार को धकेलने में आप थकान का अनुभव तो करते ही हैं। यह थकान दीवार को धकेलने में शरीर की माँसपेशियों के निरंतर सिकुड़न एवं फैलाव में शरीर की आंतरिक ऊर्जा के व्यय होने के कारण होती है। अत: आप थकान का अनुभव कर सकते हैं यद्यपि वैज्ञानिक दृष्टिकोण से आपने वस्तु पर कोई कार्य नहीं किया है।

आइए, और चिंतन करें

चित्र 7.6 — एक बॉक्स को लेकर जाना

यदि किसी वस्तु पर लगाया गया बल, विस्थापन के लंबवत हो तो उस बल द्वारा वस्तु पर किया गया कार्य शून्य होता है (चित्र 7.6) क्योंकि बल की दिशा में कोई विस्थापन नहीं होता है। उदाहरण के लिए — चित्र 7.6 में प्रदर्शित एक लड़की एक बॉक्स को लेकर चल रही है। वह बॉक्स के भार के बराबर ऊर्ध्व दिशा में बल लगाकर उसके भार को संतुलित कर रही है जबकि बॉक्स क्षैतिज दिशा में गति कर रहा है। चूँकि बल व विस्थापन एक-दूसरे के लंबवत हैं, अतः बल द्वारा बॉक्स पर कोई कार्य संपन्न नहीं होगा। आगामी कक्षाओं में आप पढ़ेंगे कि जब बल और विस्थापन की दिशाओं के मध्य कोई कोण बनता हो तो बल द्वारा किए गए कार्य का परिकलन किस प्रकार किया जाता है।

एक सोपान ऊपर

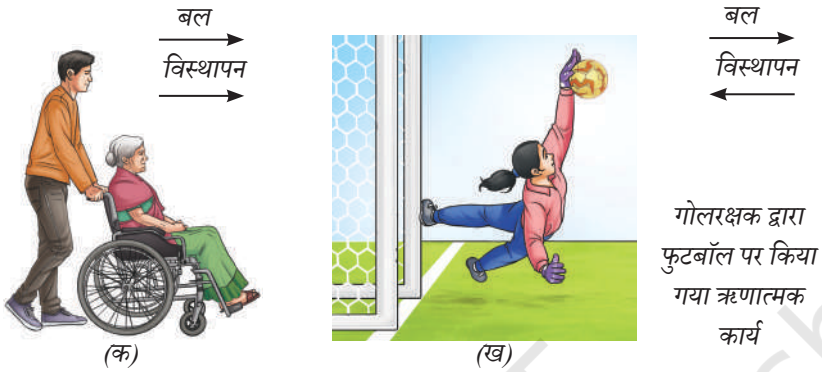
7.1.2. किए गए कार्य का धनात्मक या ऋणात्मक होना

किसी वस्तु पर बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक अथवा ऋणात्मक हो सकता है। यह बल तथा विस्थापन की सापेक्ष दिशाओं पर निर्भर करता है। जब विस्थापन भी उसी दिशा में हो जिस दिशा में बल आरोपित

© NCERT not to be republished

हो तो उस वस्तु पर बल द्वारा किया गया कार्य **धनात्मक** होता है। उदाहरण के लिए — जब आप एक पहिएदार कुर्सी को धकेलते हैं तो आपके द्वारा लगाया गया बल और पहिएदार कुर्सी का विस्थापन एक ही दिशा में होते हैं। अतः आपके द्वारा पहिएदार कुर्सी पर किया गया कार्य धनात्मक है (चित्र 7.7 क)।

जब किसी वस्तु पर लगाए गए बल की दिशा उसके विस्थापन की दिशा के विपरीत होती है तो बल द्वारा वस्तु पर **ऋणात्मक** कार्य किया जाता है। उदाहरण के लिए— फुटबॉल को रोकने के लिए जब कोई गोलरक्षक (Goalkeeper) फुटबॉल की गति की दिशा के विपरीत दिशा में (चित्र 7.7 ख) अर्थात विस्थापन के विपरीत दिशा में बल लगाती है तो गोलरक्षक द्वारा फुटबॉल पर ऋणात्मक कार्य किया जाता है।



चित्र 7.7 — (क) धनात्मक व (ख) ऋणात्मक कार्य के उदाहरण

उदाहरण 7.1 — व्यायाम करती हुई एक लड़की डंबल को ऊपर उठाती है और फिर धीरे-धीरे नीचे लाती है। बताइए कि लड़की डंबल पर कब धनात्मक कार्य करती है और कब ऋणात्मक कार्य करती है।

उत्तर — डंबल को ऊपर उठाते समय लड़की द्वारा डंबल के भार के बराबर बल ऊपर की ओर लगाया जाता है। चूँकि डंबल का विस्थापन भी लड़की द्वारा लगाए गए बल की दिशा में होता है, अत: लड़की डंबल पर धनात्मक कार्य करती है। लड़की जब डंबल को नीचे लाती है तब उसे पकड़े रखने के लिए लगाया गया बल डंबल के विस्थापन के विपरीत दिशा में होने के कारण उसके द्वारा डंबल पर किया गया कार्य ऋणात्मक होगा।

उदाहरण 7.2 — गोल बचाने के प्रयास में एक गोलरक्षक (चित्र 7.7 ख) फुटबॉल पर इसकी गति की विपरीत दिशा में 200 N का बल लगाती है और फुटबॉल के रुकने तक उसका हाथ 15 cm पीछे हट जाता है। गोलरक्षक द्वारा फुटबॉल को रोकने में कितना कार्य किया गया?

उत्तर — गोलरक्षक फुटबॉल पर उसकी गति की विपरीत दिशा में बल लगाती है। अतः वह फुटबॉल पर ऋणात्मक कार्य करती है तों विस्थापन ऋणात्मक होगा क्योंकि फुटबॉल गोलरक्षक द्वारा लगाए गए बल के विपरीत दिशा में गति करती है।

गोलरक्षक द्वारा फुटबॉल पर किया गया कार्य = बल × बल की दिशा में विस्थापन
= 200 N × (– 0.15 m) = – 30 J

सोचिए और बताइए

1. पिछले अध्याय के चित्र (6.8) में एक भारोत्तोलक दर्शाई गई है जिसने भारोत्तलन दंड (barbell) को अपने हाथों में पकड़ कर स्थिर रखा हुआ है। क्या वह इस दंड को स्थिर पकड़े रखने में कोई कार्य करती है?
2. बताइए पिछले अध्याय के चित्र 6.13 (ग) में दर्शाई गई किसी खुरदरी सतह (rough surface) पर गतिमान एक के ऊपर एक रखे सिक्कों के एक ढेर पर घर्षण द्वारा किया गया कार्य धनात्मक होगा, ऋणात्मक होगा या शून्य होगा?

टिप्पणी

फुटबॉल और गोलरक्षक दोनों एक दूसरे पर बराबर और विपरीत बल लगाते हैं। दोनों एक दूसरे पर कार्य करते हैं। फुटबॉल गोलरक्षक पर धनात्मक कार्य करती है जबकि गोलरक्षक फुटबॉल पर ऋणात्मक कार्य करती है।

© NCERT not to be republished

(क)

(ख)

(ग)

चित्र 7.8 — (क) क्रिकेट गेंद को फेंकना (ख) गेंद का विकेट से टकराना और (ग) एक गमले का कुछ ऊँचाई से गिरना

7.2 कार्य-ऊर्जा प्रमेय

हमने देखा कि जब किसी वस्तु पर बल लगाया जाता है और वह विस्थापित होती है तब उस वस्तु पर कार्य किया जाता है। क्या इस कारण उस वस्तु को आगे कार्य करने की क्षमता प्राप्त हो जाती है?

दैनिक जीवन के कुछ उदाहरणों पर विचार कीजिए। क्रिकेट के खेल में कोई क्षेत्ररक्षक एक गेंद को विकेट की ओर फेंकता है (चित्र 7.8 क)। गतिशील गेंद विकेट से टकराती है और उसे गिरा देती है (चित्र 7.8 ख)। इसी प्रकार किसी ऊँचाई तक उठाया गया गमला यदि गिर जाए तो वह जिस वस्तु पर गिरता है उसे क्षतिग्रस्त कर देता है (चित्र 7.8 ग)। इस प्रकार प्रत्येक प्रकरण में वस्तु जैसे क्रिकेट की गेंद या गमले को कुछ कार्य करने की क्षमता प्राप्त हो जाती है। कोई भी वस्तु जिसमें कार्य करने की क्षमता हो उसे **ऊर्जावान** वस्तु कहते हैं। किंतु गेंद या गमले में यह ऊर्जा आई कहाँ से? गेंद को यह ऊर्जा क्षेत्ररक्षक द्वारा इसे फेंकने में किए गए कार्य से प्राप्त हुई। गमले में यह ऊर्जा इसे ऊँचाई तक उठाने में किए गए कार्य के कारण प्राप्त हुई।

जब किसी वस्तु पर धनात्मक कार्य किया जाता है तो उसे ऊर्जा प्राप्त होती है। इसके पश्चात वह वस्तु उस ऊर्जा का उपयोग किसी अन्य वस्तु पर बल लगाने और उसे गतिशील करने में कर सकती है। इस प्रकार ऊर्जा का हस्तांतरण होता है। उदाहरण के लिए— जब कोई गेंद विकेट से टकराती है तो विकेटों को ऊर्जा स्थानांतरित करके विस्थापित करती है और उन्हें गिरा देती है। इस प्रकार किसी वस्तु पर किया गया कार्य और उसकी ऊर्जा परस्पर सह-संबंधित होते हैं।

किसी वस्तु पर किया गया कार्य उसकी ऊर्जा में परिवर्तन के रूप में प्रकट होता है। वस्तु पर किए गए कार्य और उसकी ऊर्जा में परिवर्तन के संबंध को **कार्य-ऊर्जा प्रमेय (work-energy theorem)** कहते हैं इसे निम्नवत अभिव्यक्त किया जा सकता है।

$$\text{वस्तु पर किया गया कार्य} = \text{वस्तु की ऊर्जा में परिवर्तन} \qquad (7.3)$$

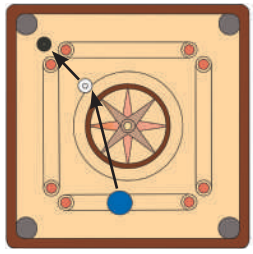
यह प्रमेय वस्तुओं के निकाय के लिए भी लागू होता है तथा तब भी लागू होता है जब वस्तु पर लगाए गए बल नियत न हों। इस प्रमेय की सहायता से ऐसी कई समस्याओं को सरलता से हल किया जा सकता है जिन्हें अन्यथा हल करना कठिन होता। **ऊर्जा का SI मात्रक** कार्य के SI मात्रक के समान ही **जूल (J)** है।

आइए, और चिंतन करें

यांत्रिक कार्य करना, ऊर्जा को एक वस्तु से दूसरी वस्तु में स्थानांतरित करने की एक विधि है, परंतु इसकी यही एकमात्र विधि नहीं है। ऊर्जा का स्थानांतरण ऊष्मा के रूप में भी होता है। जब अलग-अलग तापमान वाली दो वस्तुएँ संपर्क में आती हैं तो ऊर्जा अधिक गर्म वस्तु से कम वस्तु की ओर प्रवाहित होती है। ऊर्जा का प्रवाह वस्तुओं के बिना सीधे संपर्क में आए भी हो सकता है। उदाहरण के लिए— सूर्य की ऊर्जा पृथ्वी तक विकिरणों के माध्यम से पहुँचती है। ऊर्जा का स्थानांतरण विद्युत परिपथों तथा ध्वनि तरंगों के माध्यम से भी हो सकता है यहाँ तक कि सूर्य को ऊर्जा प्रदान करने वाली नाभिकीय अभिक्रियाओं में भी ऊर्जा का स्थानांतरण होता है।

उदाहरण 7.3 — कैरम के खेल में एक खिलाड़ी एक काली गोटी को कैरम बोर्ड की पॉकेट (छिद्र) में डालने के लिए इस पर चित्र (7.9) में दर्शाए अनुसार स्ट्राइकर से प्रहार करता है। बताइए कि कार्य कौन करता है और प्रत्येक टक्कर से ऊर्जा में क्या परिवर्तन होता है?

उत्तर — गतिमान स्ट्राइकर सफेद गोटी से टकराता है जो आगे काली गोटी से टकराती है। गतिमान स्ट्राइकर सफेद गोटी के विस्थापन की दिशा में बल लगाता है। इस प्रकार स्ट्राइकर सफेद गोटी पर धनात्मक कार्य करता है और इसकी ऊर्जा में वृद्धि करता है। न्यूटन के गति के तृतीय नियम के अनुसार सफेद गोटी स्ट्राइकर पर विपरीत दिशा में बल लगाती है। इस प्रकार ऋणात्मक कार्य करती है, जिससे उसकी ऊर्जा कम हो जाती है। इसी प्रकार सफेद गोटी काली गोटी पर धनात्मक कार्य करके उसकी ऊर्जा बढ़ाती है जबकि काली गोटी सफेद गोटी पर ऋणात्मक कार्य करके उसकी ऊर्जा घटाती है।



चित्र 7.9 — कैरम के खेल में स्ट्राइकर का प्रहार

वैज्ञानिक-परिचय

कार्य और ऊर्जा के SI मात्रक का नाम जूल वैज्ञानिक **जेम्स प्रेस्कॉट जूल** के नाम पर रखा गया है। इन्होंने अध्ययन किया कि यांत्रिक ऊर्जा और ऊष्मीय ऊर्जा आपस में कैसे संबंधित हैं तथा एक-दूसरे में किस प्रकार परिवर्तित हो सकती हैं उनके कार्य ने ऊर्जा के बोध का एक एकीकृत दृष्टिकोण विकसित करने में महत्त्वपूर्ण योगदान दिया।

© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

3. जब आप एक सपाट सड़क पर साइकिल पर सवार होकर साइकिल के पैडल पर बल लगाते हैं तो इस प्रक्रिया में आपकी माँसपेशियाँ ऊर्जा प्रदान करती हैं। आपकी माँसपेशियों द्वारा प्रदत्त ऊर्जा साइकिल सवारी में किस रूप में प्रकट होती है?

7.3 ऊर्जा के रूप

जैसा कि हमने देखा ऊर्जा कार्य करने की क्षमता है। अभी तक हमने जो उदाहरण दिए वे यांत्रिक ऊर्जा (mechanical energy) से संबंधित रहे हैं परंतु ऊर्जा का अस्तित्त्व अनेक अन्य रूपों में भी होता है जैसा कि चित्र 7.10 में दर्शाया गया है। ऊर्जा का एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तन होना संभव है। उदाहरण के लिए— विद्युत बल्ब में विद्युत ऊर्जा प्रकाश ऊर्जा में रूपांतरित होती है और वैद्युत जल उष्मक (electric water heater) द्वारा यही विद्युत ऊर्जा जल की तापीय ऊर्जा (thermal energy) में परिवर्ति त होती है। हम जो भोजन करते हैं उसकी रासायनिक ऊर्जा हमारी मांसपेशियों को शक्ति प्रदान करती है और यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। इसी प्रकार बजती हुई घंटी यांत्रिक ऊर्जा को ध्वनि ऊर्जा में परिवर्तित करती है।

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 3

कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 3

इन सभी में से हम यांत्रिक ऊर्जा पर विशेष ध्यान देंगे क्योंकि यह आपके द्वारा पूर्व में अध्ययन की गई बल एवं गति की संकल्पनाओं से प्रत्यक्ष संबंध रखती है।

चित्र. 7.10 — ऊर्जा के विभिन्न रूप

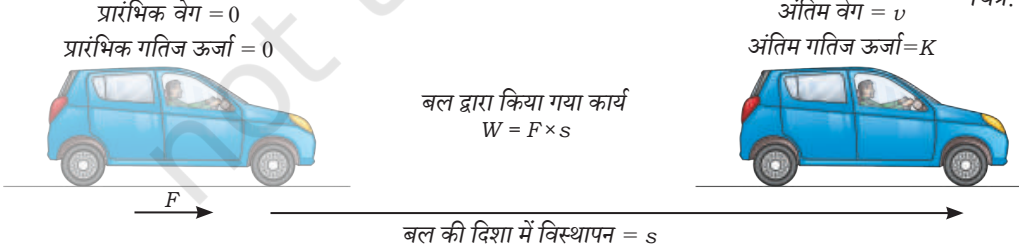
7.4 यांत्रिक ऊर्जा

यांत्रिक ऊर्जा वह ऊर्जा है जो वस्तु में उसकी गति अथवा स्थिति के कारण होती है। आइए, अब हम कार्य की संकल्पना का उपयोग करके यांत्रिक ऊर्जा के परिमाण निर्धारण का प्रयास करते हैं।

7.4.1 गतिज ऊर्जा

किसी वस्तु की गति के कारण उसमें जो ऊर्जा होती है उसे **गतिज ऊर्जा (kinetic energy)** कहते हैं। सभी गतिशील वस्तुओं, जैसे— चलती हुई साइकिल या लुढ़कती हुई गेंद में गतिज ऊर्जा होती है

किसी वस्तु में उसकी गति के कारण कितनी ऊर्जा होती है? यदि वस्तु गतिशील नहीं है तो उसकी गतिज ऊर्जा शून्य होती है। किसी ऐसी वस्तु पर विचार कीजिए जो विरामावस्था से चलना प्रारंभ करती है और किसी बल F के प्रभाव में एक निश्चित वेग प्राप्त कर लेती है (चित्र 7.11)। तब कार्य-ऊर्जा प्रमेय के अनुसार बल द्वारा किया गया कार्य ही वस्तु को प्राप्त ऊर्जा के बराबर होता है जो इस परिस्थिति में गतिज ऊर्जा कहलाएगी।



चित्र 7.11 — कार्य-ऊर्जा प्रमेय का उपयोग करके गतिज ऊर्जा में परिवर्तन का परिकलन

आइए, अब हम गतिज ऊर्जा के लिए गणितीय व्यंजक प्राप्त करते हैं। इसके लिए हम पहले m द्रव्यमान की एक ऐसी वस्तु पर लगने वाले बल द्वारा किए गए कार्य का सामान्य व्यंजक प्राप्त करेंगे जो विरामावस्था से नहीं वरन प्रारंभिक वेग u से चलती है। मान लीजिए कि यह वस्तु s विस्थापन करने के पश्चात अंतिम वेग v प्राप्त करती है। स्थिति के सरलीकरण के लिए हम मान लेते हैं कि वस्तु पर

© NCERT not to be republished

लगने वाला बल एक नियत बल F है और इस स्थिति में वस्तु का त्वरण a भी नियत होगा। गति के समीकरणों का उपयोग करें तो हम लिख सकते हैं—

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$\text{या} \qquad s = \frac{\left(v^2 - u^2\right)}{(2a)} \tag{7.4}$$

समीकरण 7.2 द्वारा दी गई कार्य की परिभाषा के अनुसार बल द्वारा किया गया कार्य होगा—

$$W = F \times s$$

न्यूटन के गति के द्वितीय नियम $F = ma$ का उपयोग करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$W = ma \times s$$

समीकरण (7.4) से प्राप्त s का मान इसमें प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$W = ma \times \frac{\left(v^2 - u^2\right)}{(2a)}$$

$$W = \frac{1}{2}m\left(v^2 - u^2\right) \tag{7.5}$$

कार्य-ऊर्जा प्रमेय (समीकरण 7.3) के अनुसार वस्तु पर लगने वाले बल द्वारा किया गया यह कार्य ही वस्तु के ऊर्जा में परिवर्तन के रूप में अभिव्यक्त होता है। अतः समीकरण (7.5) वस्तु की ऊर्जा के परिवर्तन को अभिव्यक्त करता है।

यदि वस्तु का प्रारंभिक वेग $u = 0$ हो तो वस्तु की ऊर्जा का यह परिवर्तन ही वस्तु की अंतिम गतिज ऊर्जा के बराबर होगा। अतः समीकरण (7.5) का उपयोग करके m द्रव्यमान की v वेग से गतिमान वस्तु की गतिज ऊर्जा होगी

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \tag{7.6}$$

गतिज ऊर्जा का SI मात्रक जूल (J) है। गतिज ऊर्जा की कोई दिशा नहीं होती है। जब किसी वस्तु पर धनात्मक कार्य किया जाता है और इसके वेग में वृद्धि होती है तो इसकी गतिज ऊर्जा में भी वृद्धि होती है। जब वस्तु पर ऋणात्मक कार्य किया जाता है और इसका वेग कम होता है तो इसकी गतिज ऊर्जा भी कम होती है। यदि वस्तु पर लगाए गए बल द्वारा कोई कार्य नहीं किया जाता ($W = 0$) और इसके वेग में कोई परिवर्तन नहीं होता तो इसकी गतिज ऊर्जा नियत बनी रहती है।

उदाहरण 7.4 — यदि किसी वाहन के वेग का परिमाण दोगुना हो जाए तो उसकी गतिज ऊर्जा का मान उसकी प्रारंभिक गतिज ऊर्जा की तुलना में कितने गुना हो जाएगा?

उत्तर — मान लीजिए वाहन का द्रव्यमान m तथा प्रारंभिक वेग v है। उसकी प्रारंभिक गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ होगी। यदि वाहन $2v$ वेग से गति करने लगे तो इसकी गतिज ऊर्जा हो जाएगी $\frac{1}{2}m(2v)^2 = 4 \times \frac{1}{2}mv^2$ इस प्रकार गतिज ऊर्जा का मान प्रारंभिक गतिज ऊर्जा का चार गुना हो जाएगा।

उदाहरण 7.5 — एक भारतीय गेंदबाज अपनी सबसे अधिक तीव्रगति से फेंकी गई गेंदों में से एक को लगभग 154.8 km h^{-1} का वेग प्रदान करता है। यदि गेंद का द्रव्यमान 0.2 kg माना जाए तो गेंद फेंकने के समय गेंद की गतिज ऊर्जा का **परिकलन** कीजिए।

उत्तर — क्रिकेट गेंद का द्रव्यमान = 0.2 kg

गेंद का वेग = 154.8 km h^{-1} = 43 m s^{-1}

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \text{ kg} \times \left(43 \text{ m s}^{-1}\right)^2 = 184.9 \text{ J}$$

© NCERT not to be republished

उदाहरण 7.6 — 15000 kg द्रव्यमान का एक जेट वायुयान किसी विमान वाहक पोत के नौतल (Deck)पर उतरता है (चित्र 7.12)। पोत की सतह की कम लंबाई के भीतर विमान को रोकने के लिए वायुयान के पिछले सिरे पर लगा एक हुक नौतल पर तने हुए एक तार में फँसाया जाता है। तार वायुयान पर लगभग 367500 N का नियत बल पीछे की ओर लगाता है जिससे जेट विमान 100 m चलकर रुक जाता है। बताइए कि तार के हुक में फँसने से ठीक पहले वायुयान का वेग क्या था?

चित्र 7.12 — विमान वाहक पोत पर उतरता हुआ जेट वायुयान

उत्तर — मान लीजिए कि विमान का वेग v था।

वायु यान की प्रारंभिक गतिज ऊर्जा $K_i = \frac{1}{2} \times 15000\ \text{kg} \times v^2$

वायु यान की अंतिम गतिज ऊर्जा $K_f = 0\ \text{J}$

गतिज ऊर्जा में परिवर्तन $= 0\ \text{J} - \frac{1}{2} \times 15000\ \text{kg} \times v^2$

समीकरण (7.3) से

गतिज ऊर्जा में परिवर्तन $K_f - K_i$ = तार द्वारा किया गया कार्य

वायुयान का विस्थापन और तार द्वारा लगाया गया बल विपरीत दिशाओं में हैं। अत: तार द्वारा लगाए गए बल द्वारा संपन्न कार्य ऋणात्मक होगा।

समीकरण (7.2) का उपयोग करने पर तार द्वारा किया गया कार्य $= F \times s = 367500\ \text{N} \times (-100\ \text{m})$

समीकरण (7.3) में यह मान प्रतिस्थापित करने पर हमें प्राप्त होता है—

$$-\frac{1}{2} \times 15000\ \text{kg} \times v^2 = -(367500\ \text{N} \times 100\ \text{m})$$

$$v^2 = \frac{36750 \times 2}{15}\ \text{N m kg}^{-1} = 4900\ \text{kg m s}^{-2}\ \text{m kg}^{-1} = 4900\ \text{m}^2\ \text{s}^{-2}$$

$v = 70\ \text{m s}^{-1} = 252\ \text{km h}^{-1}$ विमान वाहक पोत की ओर दिष्ट।

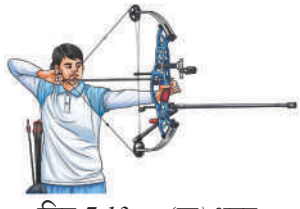
सोचिए और बताइए

4. दो वस्तुओं A एवं B के द्रव्यमान क्रमश: m एवं 4 m हैं। बताइए कि यदि इनकी गतिज ऊर्जा समान हो तो इनके वेगों का अनुपात क्या होगा?
5. क्या नियत वेग से गतिमान किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा उसकी स्थिति में परिवर्तन करने के साथ-साथ परिवर्तित होती है?

7.4.2 स्थितिज ऊर्जा

इसी पाठ्यपुस्तक के अध्याय 6 'गति पर बलों का प्रभाव' में आपने एक क्रियाकलाप 6.1 किया था जिसमें आपने तने हुए रबड़ बैंड को मुक्त करके इसके संपर्क में एक के ऊपर एक रखे गए सिक्कों के एक ढेर को गति प्रदान की थी। क्या आपने कभी गुलेल का प्रयोग किया है? इसमें जब आप एक तने हुए प्रत्यास्थ बैंड को मुक्त करते हैं तो इसके संपर्क में रखी वस्तु तेजी से आगे की दिशा में गति करती है (चित्र 7.13 क)। आपने धनुष बाण प्रतियोगिता भी देखी होगी जिसमें धनुर्धर, धनुष की प्रत्यंचा खींचता है और इस प्रक्रिया में धनुष की भुजाओं को मोड़ता है। प्रत्यंचा को छोड़ने पर धनुष प्रत्यंचा सहित अपनी मूल स्थिति में वापस आ जाता है तथा बाण उड़ता हुआ धनुष से दूर चला जाता है (7.13 ख)।

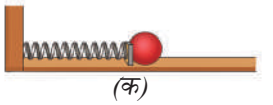
चित्र 7.13 — (क) गुलेल द्वारा लक्ष्य संधान



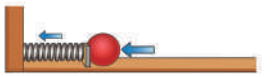
चित्र 7.13 — (ख) धनुष द्वारा बाण छोड़ना

इन उदाहरणों में आप देखते हैं कि जब तने हुए रबड़ बैंड या खींची गई धनुष की प्रत्यंचा को मुक्त किया जाता है तो यह अपने संपर्क में रखी वस्तु पर बल आरोपित करते हैं। इससे वह वस्तु गति अवस्था में आ जाती है और उसे गतिज ऊर्जा प्राप्त होती है। साथ ही तने हुए रबड़ बैंड और मुड़े हुए धनुष की प्रत्यंचा अपने मूल रूप में वापस आ जाते हैं। अत: एक के ऊपर एक रखे सिक्कों के ढेर, गेंद अथवा बाण को गतिज ऊर्जा प्राप्त हो जाती है जो कि प्रारंभ में इनके पास नहीं थी। तने हुए रबड़ बैंड तथा प्रत्यंचा खींचने के कारण मुड़े हुए धनुष में उनकी इस विशेष आकृति (तने हुए या मुड़े हुए) विरूपता के कारण कार्य करने की यह क्षमता प्राप्त हुई होगी।

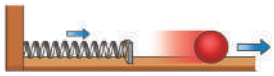
© NCERT not to be republished



(क)



(ख)



(ग)

चित्र 7.14 — (क) स्प्रिंग की मूल अवस्था, (ख) स्प्रिंग की संपीडित अवस्था और (ग) स्प्रिंग का पुनः मूल अवस्था में लौटना

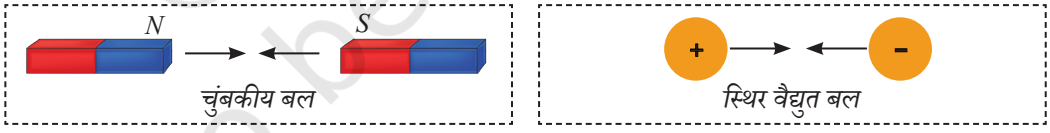
अत: इनमें विरूपण उत्पन्न करने के लिए लगाए गए बल द्वारा जो कार्य किया गया था वही रबड़ बैंड अथवा धनुष में ऊर्जा के रूप में संचित हो गया था।

इसी प्रकार जब आप एक स्प्रिंग को संपीडित या विस्तारित करने के लिए बल लगाते हैं (चित्र 7.14 क) तो आप इसकी आकृति में परिवर्तन करने या विकृति लाने के लिए स्प्रिंग पर कार्य करते हैं। विकृत होने में स्प्रिंग में ऊर्जा संचित हो जाती है अर्थात विकृत अवस्था इनमें कार्य करने की क्षमता उत्पन्न कर देती है (चित्र 7.14 ख)। स्प्रिंग की विकृति के कारण इसमें यह ऊर्जा तब तक बनी रहती है जब तक स्प्रिंग इस स्थिति में बनी रहती है। जब स्प्रिंग को मुक्त कर दिया जाता है तो यह अपनी मूल अवस्था में वापस आ जाती है। इस प्रकिया के कारण स्प्रिंग अपनी संचित ऊर्जा को संपर्क में रखी वस्तु को गतिज ऊर्जा के रूप में स्थानांतरित कर देती है।

आइए, और चिंतन करें

स्प्रिंग में विकृति उत्पन्न करने के लिए आपको आंतरिक बलों (internal forces) के विरूद्ध बाह्य बल लगाना पड़ता है। जब बाह्य बल को हटाते हैं तो आंतरिक बल इस विकृति को निरस्त करते हैं और इस प्रक्रिया में स्प्रिंग कार्य कर सकती है। अत: आंतरिक बलों के कारण किसी वस्तु के विकृति की अवस्था में ऊर्जा संचित हो सकती है।

ऊर्जा का संचय न केवल वस्तु को विकृत बल्कि किसी निकाय में वस्तुओं की स्थिति में परिवर्तन करके भी किया जा सकता है। आपको ज्ञात है कि चुंबक के विपरीत ध्रुवों में आकर्षण (attraction)और समान ध्रुवों में प्रतिकर्षण (repulsion)होता है। आपने अनुभव किया होगा कि जब चुंबकों के विपरीत ध्रुवों को अलग करने का प्रयास किया जाता है तब बल लगाना पड़ता है। जब चुंबकों के विपरीत ध्रुवों को अलग करके छोड़ते हैं तो वे एक दूसरे की ओर गति करते हैं और गतिज ऊर्जा प्राप्त करते हैं। वास्तव में दो बलशाली चुंबकों के मध्य यदि कोई मटर का दाना रखा हो तो उनकी गतिज ऊर्जा के कारण वह कुचला भी जा सकता है। यह दर्शाता है कि एक-दूसरे से विलगित दो चुंबकों के एक निकाय में उनकी पारस्परिक स्थिति के कारण भी ऊर्जा संचित हो सकती है।



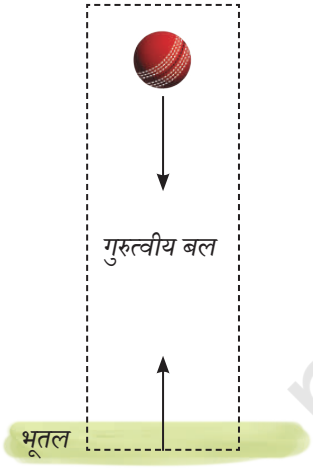
(क) (ख)

चित्र 7.15 — (क) दो चुंबकों का और (ख) दो विद्युत आवेशों का निकाय

इसी प्रकार एक-दूसरे से कुछ दूरी पर रखे गए वैद्युत आवेशों के एक निकाय में भी ऊर्जा संचित होती है जो इन आवेशों को मुक्त करने पर कार्य में परिवर्तित हो सकती है।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 5

अब पृथ्वी की सतह पर रखी हुई एक गेंद पर विचार कीजिए। गेंद और पृथ्वी दोनों मिलकर एक निकाय की रचना करते हैं। आपने पूर्व में सीखा है कि गेंद और पृथ्वी एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं। किसी गेंद को पृथ्वी की सतह से कुछ ऊँचाई तक उठाना हो तो गुरुत्वीय बल के विरुद्ध कार्य करने के लिए एक बल की आवश्यकता होती है। किंतु जब एक गेंद को कुछ ऊँचाई पर उठाने के पश्चात लगाया गया बाह्य बल हटा लिया जाता है तो गेंद और पृथ्वी एक-दूसरे की ओर गति करते हैं और इस प्रक्रिया में गतिज ऊर्जा प्राप्त करते हैं (चित्र 7.16)। अतः गेंद और पृथ्वी जब एक-दूसरे से दूरी पर होते हैं तो उनकी सापेक्ष स्थिति के कारण इनके निकाय में ऊर्जा संचित हो जाती है।



चित्र 7.16 — पृथ्वी एवं गेंद का निकाय

© NCERT not to be republished

व्यापक रूप में जब भी वस्तुओं का कोई निकाय गुरुत्वीय, वैद्युत अथवा चुंबकीय बलों के माध्यम से परस्पर अन्योन्य क्रिया करता है तो यह निकाय वस्तुओं की सापेक्ष स्थितियों के कारण ऊर्जा संचित कर सकता है।

किसी वस्तु में विकृति के कारण अथवा वस्तुओं के एक निकाय में उनकी सापेक्ष स्थितियों के कारण जो ऊर्जा संचित होती है उसे **स्थितिज ऊर्जा (potential energy)** कहते हैं।

गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा

जिन विभिन्न प्रकार की संभावित विधियों से वस्तुएँ स्थितिज ऊर्जा ग्रहण कर सकती हैं उनमें से एक पृथ्वी-गेंद निकाय है हम उसी पर अपना ध्यान केंद्रित करेंगे क्योंकि यह गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा (gravitational potential energy) का सरलतम उदाहरण है। पृथ्वी का द्रव्यमान गेंद की तुलना में बहुत अधिक होता है, अतः गेंद की ओर इसकी गति नगण्य होती है जैसा कि अध्याय 6 'गति पर बलों का प्रभाव' के उदाहरण 6.8 में वर्णन किया गया है। इसी कारण सरल भाषा में पृथ्वी-गेंद निकाय की संचित ऊर्जा को प्राय: गेंद की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा कहा जाता है। आइए, हम गेंद और पृथ्वी के मध्य गुरुत्वीय बल के कारण गेंद की स्थितिज ऊर्जा के विषय में और अधिक जानने के लिए एक क्रियाकलाप करें। अब इस अध्याय में आगे स्थितिज ऊर्जा का तात्पर्य सामान्यत: गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा से होगा।

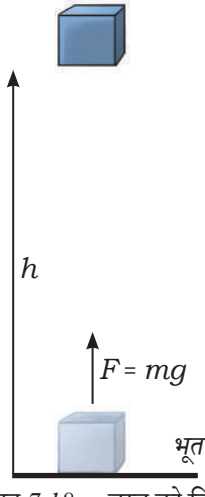
चित्र 7.17 — विभिन्न ऊँचाइयों से गेंद को गिराने से रेत की सतह पर बने गड्ढे

क्रियाकलाप 7.1— आइए, जाँच करें

1. एक भारी गेंद तथा सूखे रेत से भरा एक बड़ा पात्र लीजिए।
2. गेंद को रेत की सतह से करीब 1m ऊँचाई तक उठाकर गिराइए (चित्र 7.17)। क्या रेत में एक गड्ढा बन जाता है? विचार कीजिए कि गेंद रेत में गड्ढा क्यों बना देती है?
3. अब गेंद को रेत की सतह से 2 m ऊपर ले जाकर किसी दूसरी जगह गिराइए जिससे सतह पर बने गड्ढे अलग-अलग दिखाई दें न कि एक दूसरे के ऊपर। क्रियाकलाप के इस चरण को पुन: दोहराइए। इस बार बने गड्ढे की गहराई की **तुलना** पहले बने गड्ढे की गहराई से कीजिए। क्या आपको इनमें कोई अंतर दिखाई देता है? किस स्थिति में गड्ढे की गहराई अधिक व किस स्थिति में कम होती है?

आप पाते हैं कि गड्ढे की गहराई अधिकतम तब होती है जब गेंद सबसे अधिक ऊँचाई से गिराई जाती है। गेंद को पृथ्वी की सतह से अधिक ऊँचाई तक ऊपर उठाने में अधिक कार्य करना पड़ता है। अत: अधिक ऊँचाई पर गेंद में अधिक ऊर्जा संचित होती है। जब अधिक ऊँचाई से गेंद को गिराया जाता है तो गड्ढा अधिक गहरा बनता है। अतः पृथ्वी की सतह से गेंद की ऊँचाई जितनी अधिक होगी उसकी स्थितिज ऊर्जा भी उतनी ही अधिक होगी।

कार्य-ऊर्जा प्रमेय का उपयोग करके हम किसी वस्तु की स्थितिज ऊर्जा के लिए एक व्यंजक प्राप्त कर सकते हैं। इसके लिए m द्रव्यमान की किसी वस्तु पर विचार कीजिए जो पृथ्वी की सतह पर रखी है (चित्र 7.18)। इस स्थिति में हम स्थितिज ऊर्जा को शून्य मान सकते हैं। वस्तु को धीरे-धीरे पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई तक ऊपर उठाने के लिए हमें पृथ्वी एवं वस्तु के बीच लगने वाले बल mg के बराबर बल की आवश्यकता पड़ती है। इस बल द्वारा वस्तु पर किया गया कार्य (W) है—



चित्र 7.18 — वस्तु को किसी ऊँचाई तक उठाना

$$W = \text{बल} \times \text{विस्थापन}$$

$$W = mg \times h = mgh \qquad (7.7)$$

कार्य-ऊर्जा प्रमेय के अनुसार (समीकरण 7.3) वस्तु पर किया गया यह कार्य ही स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन के रूप में प्रकट होता है। अत: h ऊँचाई पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा U निम्नवत प्रदर्शित की जा सकती है।

$$U = mgh \qquad (7.8)$$

© NCERT not to be republished

आइए, और चिंतन करें

समीकरण 7.8 द्वारा अभिव्यक्त h ऊँचाई पर स्थित किसी वस्तु की स्थितिज ऊर्जा पृथ्वी की सतह के निकट की ऊँचाईयों के लिए ही वैध है। पृथ्वी की सतह से दूर जाने पर गुरुत्वीय त्वरण का मान कम होता जाता है। आगे की कक्षाओं में आप अधिक ऊँचाईयों पर वस्तुओं की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा के विषय में जानेंगे

एक सोपान ऊपर

स्थितिज ऊर्जा का मात्रक जूल (J) होता है जो कार्य अथवा गतिज ऊर्जा का भी मात्रक है।

उदाहरण 7.7 — एक क्षेत्ररक्षक ने गेंद पकड़ने के पश्चात 200 g द्रव्यमान की क्रिकेट की गेंद को उत्साह में पृथ्वी की सतह से 10 m ऊँचा उछाल दिया। गेंद की उच्चतम स्थिति में उसकी स्थितिज ऊर्जा क्या होगी? मान लीजिए $g = 10\ \text{m s}^{-2}$।

उत्तर — स्थितिज ऊर्जा के लिए समीकरण 7.8 का उपयोग करने पर गेंद की स्थितिज ऊर्जा होगी—

$$mgh = 0.2\ \text{kg} \times 10\ \text{m s}^{-2} \times 10\ \text{m} = 20\ \text{J}$$

सोचिए और बताइए

6. यदि कोई गेंद पृथ्वी की सतह के निकट क्षैतिज दिशा में नियत वेग से गतिशील है तो क्या उसकी स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन होता है? जब किसी वस्तु को धीरे-धीरे ऊर्ध्व दिशा में ऊपर उठाया जाता है तो क्या इसकी स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन होगा?

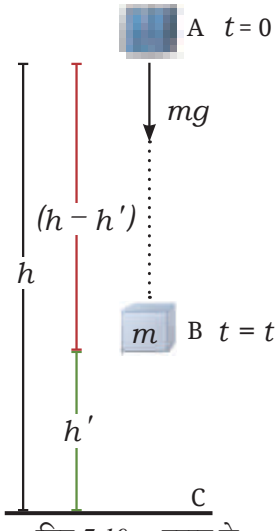
आइए, और चिंतन करें

किसी निकाय के आंतरिक बलों, जैसे— गुरुत्वीय, वैद्युत या चुंबकीय बलों के विरुद्ध निकाय पर किए गए कार्य से निकाय की स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि हो सकती है। किंतु सभी प्रकार के आंतरिक बलों के लिए यह सत्य नहीं है। उदाहरण के लिए— घर्षण के विरुद्ध किया गया कार्य ऊर्जा के रूप में संचित नहीं होता है। आप उच्चतर कक्षाओं में सीखेंगे कि ऐसे बलों को किस प्रकार पहचाना जाता है।

एक सोपान ऊपर

7.4.3 यांत्रिक ऊर्जा का संरक्षण

किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा और स्थितिज ऊर्जा के योग को इसकी **यांत्रिक ऊर्जा** कहते हैं। आइए, गुरुत्वीय बल क्षेत्र में स्वतंत्रतापूर्वक गिरती हुई किसी वस्तु के लिए विभिन्न बिंदुओं पर यांत्रिक ऊर्जा का मान ज्ञात करते हैं।



चित्र 7.19 — गुरुत्व के अधीन मुक्त रूप से गिरती हुई वस्तु

पुनः m द्रव्यमान की किसी एक वस्तु पर विचार कीजिए जिसे h ऊँचाई पर स्थित किसी बिंदु A तक उठाया जाता है और छोड़ दिया जाता है (चित्र 7.19)। इसका प्रारंभिक वेग शून्य है।

अतः बिंदु A पर (समीकरण 7.6 व 7.8 के अनुसार)

$$\text{वस्तु की स्थितिज ऊर्जा} = mgh \qquad (7.9\ \text{क})$$

$$\text{वस्तु की गतिज ऊर्जा} = 0 \qquad (7.9\ \text{ख})$$

$$\text{यांत्रिक ऊर्जा} = 0 + mgh = mgh \qquad (7.9\ \text{ग})$$

मान लीजिए गुरुत्वीय बल mg के कारण नीचे गिरती हुई यह वस्तु t समय में किसी बिंदु B तक पहुँचती है तब उसका वेग बढ़कर v हो जाता है। आप h' ऊँचाई पर स्थित बिंदु B पर वस्तु का वेग v शुद्ध गतिक समीकरणों की सहायता से ज्ञात कर सकते हैं (इन समीकरणों मे त्वरण a का मान गुरुत्वीय त्वरण g के बराबर लीजिए।)

$$v = u + gt = 0 + gt = gt$$

$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow h - h' = 0 + \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow h' = h - \frac{1}{2}gt^2$$

अतः बिंदु B पर —

$$\text{वस्तु की स्थितिज ऊर्जा} = mgh' = mgh - \frac{1}{2}mg^2t^2 \qquad (7.10\ \text{क})$$

$$\text{वस्तु की गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mg^2t^2 \qquad (7.10\ \text{ख})$$

$$\text{यांत्रिक ऊर्जा} = mgh - \frac{1}{2}mg^2t^2 + \frac{1}{2}mg^2t^2 = mgh \qquad (7.10\ \text{ग})$$

© NCERT not to be republished

समय t के साथ जैसे-जैसे वस्तु नीचे गिरती जाती है उसकी स्थितिज ऊर्जा कम होती जाती है जबकि इसकी गतिज ऊर्जा में वृद्धि होती है।

समीकरण 7.9 और 7.10 की तुलना करने पर आपको ज्ञात होगा कि t समय में गतिज ऊर्जा में वृद्धि $\frac{1}{2}mg^2t^2$ है जो कि स्थितिज ऊर्जा में ह्रास $\frac{1}{2}mg^2t^2$ के बराबर है। इससे यह भी प्रदर्शित होता है कि स्थितिज ऊर्जा में हानि ही गतिज ऊर्जा में वृद्धि के रूप में परिवर्तित होती है जबकि उसकी यांत्रिक ऊर्जा, जो कि mgh के तुल्य है नियत बनी रहती है।

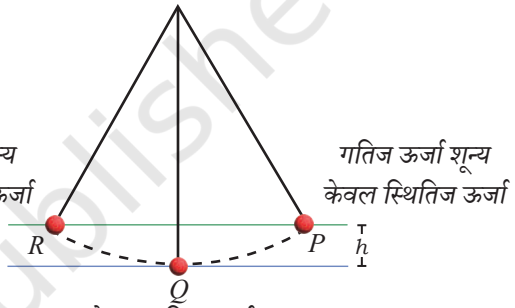
जब कोई वस्तु गुरुत्वीय बल के कारण गतिमान होती है और उस पर कोई अन्य बाह्य बल कार्य नहीं कर रहा हो तो इसकी यांत्रिक ऊर्जा नियत बनी रहती है अर्थात वस्तु की यांत्रिक ऊर्जा संरक्षित रहती है। यह कथन **यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण (conservation of mechanical energy)** का नियम कहलाता है।

इसे समझने के लिए हम एक क्रियाकलाप करेंगे। क्या आपको अपने सरल लोलक (simple pendulum) द्वारा किए प्रयोग का स्मरण है? आइए, उसी सरल लोलक प्रयोग को आगे बढ़ाते हैं।

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 8

क्रियाकलाप 7.2 — आइए, प्रयोग करें

1. एक सरल लोलक स्थापित कीजिए जैसा आपने कक्षा 7 में सीखा था।
2. लोलक के पीछे दीवार पर एक सफेद कागज का एक पत्रक चिपका दीजिए। जब लोलक दोलन नहीं कर रहा हो तो इस कागज पर लोलक के गोलक की स्थिति के ऊपर एक क्षैतिज रेखा खींच दीजिए (चित्र 7.20)।
3. गोलक को एक ओर क्षैतिज रेखा के ऊपर स्थिति बिंदु P तक ले जाकर छोड़िए आरंभ के कुछ दोलनों में दोलन रेखा के चरम बिंदुओं (extreme points) पर इसका **अवलोकन** कीजिए। क्या गोलक लगभग क्षैतिज रेखा की ऊँचाई के स्तर तक पहुँच जाता है?



चित्र 7.20 — सरल लोलक के दोलन की विभिन्न स्थितियों मे गतिज एवं स्थितिज ऊर्जा

बिंदु P पर लोलक के गोलक की स्थितिज ऊर्जा mgh के बराबर है जहाँ h विराम अवस्था में संतुलन की स्थिति से इसकी ऊँचाई है।

बिंदु Q पर स्थितिज ऊर्जा शून्य है किंतु लोलक में गतिज ऊर्जा विद्यमान है। अतः अंत में बिंदु R पर जो कि दूसरी ओर वह स्थिति है जहाँ लोलक रुक जाता है, पर इसकी गतिज ऊर्जा शून्य है किंतु यह अपनी स्थितिज ऊर्जा पुनः प्राप्त कर लेता है। गोलक ने जिस ऊँचाई से दोलन आरंभ किया था यह लगभग उसी ऊँचाई तक पहुँचता है। यह प्रयोग **दर्शाता** है कि लोलक की यांत्रिक ऊर्जा नियत बनी रहती है। तथापि व्यवहार में वायु प्रतिरोध एवं निलंबन बिंदु पर घर्षण के प्रभाव के कारण लोलक की गति धीमी होती हुई समाप्त हो जाती है।

यांत्रिक ऊर्जा संरक्षण नियम का उपयोग व्यावहारिक जीवन की अनेक समस्याओं को हल करने के लिए किया जा सकता है।

आइए, और चिंतन करें

ऊर्जा के बड़े परिदृश्य में यांत्रिक ऊर्जा उसका एक भाग मात्र है। प्रकृति में ऊर्जा अनेक रूपों में प्रकट हो सकती है। वैज्ञानिकों ने खोज की है कि यदि किसी वस्तु या वस्तुओं के निकाय पर कोई बाह्य बल न लग रहा हो तो इसकी कुल ऊर्जा सदैव नियत बनी रहती है।

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

अनेक समस्याओं को प्रत्यक्ष रूप से न्यूटन के नियमों का प्रयोग करके हल करना बहुत जटिल हो जाता है। यांत्रिक ऊर्जा सरंक्षण इनके हल की अपेक्षाकृत अधिक सरल विधि प्रदान करता है। कुल यांत्रिक ऊर्जा के ज्ञान से प्रायः हम वस्तु की गति के मध्यवर्ती चरणों का परिकलन किए बिना उसकी अंतिम स्थिति अथवा अंतिम वेग ज्ञात कर सकते हैं।

उदाहरण 7.8 — h ऊँचाई की फिसलपट्टी के आधार तल पर पहुँचने पर बच्चे के वेग का परिमाण कितना होगा?

उत्तर — फिसलपट्टी के शीर्ष पर बच्चे की स्थितिज ऊर्जा = mgh

मान लीजिए की बच्चे का फिसलपट्टी के आधार तल पर पहुँचने पर वेग का परिमाण v है तो इस तल पर बच्चे की गतिज ऊर्जा = $\frac{1}{2}mv^2$ होगी।

फिसलपट्टी के शीर्ष पर बच्चे की स्थितिज ऊर्जा ही संपूर्ण रूप से फिसलपट्टी के आधार तल पर पहुँचने पर बच्चे की गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होती है। (यदि घर्षण के प्रभाव की उपेक्षा की जाए।)

अतः दोनों को एक-दूसरे के बराबर रखने पर हमें प्राप्त होता है —

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$v = \sqrt{(2gh)}$$

चूँकि बच्चे का फिसलपट्टी के आधार तल पर वेग केवल फिसलपट्टी की ऊँचाई h पर निर्भर करता है इसलिए फिसलपट्टी की आकृति अथवा बच्चे के द्रव्यमान का उसके इस वेग पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

उदाहरण 7.9 — बचाव ढलान (escape ramp) (चित्र 7.21) रेत या बजरी से भरे हुए ऐसे आनत पथ होते हैं जो राजमार्गों पर ब्रेक फेल हो जाने पर वाहनों को रोकने में सहायक होते हैं। 10000 kg द्रव्यमान का एक ट्रक जब 72 km h^{-1} की चाल से गति कर रहा है तभी उसका ब्रेक फेल हो जाता है। चालक इसे 30° के कोण पर आनत बचाव ढलान पर चढ़ा देता है और ट्रक रुक जाता है। यदि रेत ट्रक पर 50000 N का बल ट्रक की गति की विपरीत दिशा में लगाता है तो इस ट्रक को रोकने के लिए इस रैंप की न्यूनतम लंबाई कितनी होगी? दिया गया है — g = 10 m s^{-2} (संकेत— 30° झुकाव के आनत तल (inclined plane) पर प्रत्येक 2 m चलने से ट्रक 1 m ऊँचाई तक उठता है।)

उत्तर — ट्रक का वेग = 72 km h^{-1} = 20 m s^{-1}

चित्र 7.21 — बचाव ढलान

ट्रक की प्रारंभिक गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 10000\,\text{kg} \times (20\,\text{m s}^{-1})^2$

$= 2000000$ J

ट्रक की प्रारंभिक स्थितिज ऊर्जा = 0 J

ट्रक की कुल प्रारंभिक ऊर्जा = प्रारंभिक गतिज ऊर्जा + प्रारंभिक स्थितिज ऊर्जा

= 2000000 J + 0 J =2000000 J

मान लीजिए ट्रक आनत तल पर d दूरी चलता है, तब

ट्रक की ऊँचाई में परिवर्तन = $\frac{d}{2}$ (प्रश्न में दिए गए संकेत के अनुसार 30° आनत तल के लिए)

यहाँ ट्रक की गतिज ऊर्जा = 0 J

ट्रक की अंतिम स्थितिज ऊर्जा $= mg \times \frac{d}{2} = 10000\,\text{kg} \times 10\,\text{m s}^{-2} \times \frac{d}{2} = 50000\,\text{N} \times d$

अंतिम कुल ऊर्जा = 0 J + 50000 N × d

ट्रक की कुल ऊर्जा में परिवर्तन = अंतिम ऊर्जा – प्रारंभिक ऊर्जा

= 50000 N × d – 2000000 J

आनत तल की रेत द्वारा ट्रक पर किया गया कार्य = – 50000 N × d

कार्य-ऊर्जा प्रमेय का उपयोग करने पर,

आनत तल की रेत द्वारा ट्रक पर किया गया कार्य = ट्रक की कुल ऊर्जा में परिवर्तन

– 50000 N × d = 50000 N × d – 2000000 J

2000000 J = (50000 + 50000) N × d

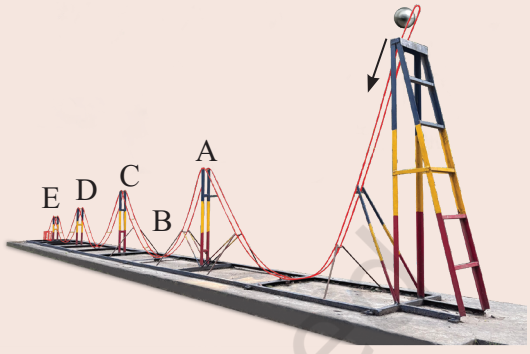
© NCERT not to be republished

$$d = \frac{2000000\ \text{J}}{100000\ \text{N}} = \frac{2000000\ \text{N m}}{100000\ \text{N}} = 20\ \text{m}$$

अतः ट्रक को रोकने के लिए बचाव ढलान की न्यूनतम लंबाई 20 m होनी चाहिए।

सोचिए और बताइए

7. चित्र 7.19 में चित्रित स्थिति के लिए गेंद की यांत्रिक ऊर्जा का मान ठीक उस समय ज्ञात कीजिए जब वह भूतल से टकराती है और दर्शाइए कि इस स्थिति में भी इसका मान mgh ही होगा।
8. आपने किसी विज्ञान उद्यान में चित्र 7.22 जैसा प्रदर्श देखा होगा जिसमें एक गेंद को इस प्रदर्श के उच्चतम बिंदु से छोड़ा जाता है। वर्णन कीजिए कि इसमें बिंदु A, B और C पर गतिज ऊर्जा और स्थितिज ऊर्जा किस प्रकार परिवर्तित होती है। व्याख्या कीजिए कि बाद में आने वाले शीर्ष C, D तथा E पहले वाले शीर्षों की अपेक्षा कम ऊँचाई वाले क्यों होते हैं? क्या इसका संबंध घर्षण के कारण ऊर्जा के कुछ भाग के अन्य रूपों में परिवर्तित होने से हो सकता है?



चित्र 7.22 — विज्ञान उद्यान में गेंद वाला रोलर कोस्टर प्रदर्श

7.5 शक्ति

मान लीजिए आप अपना थैला (bag) लेकर सीढ़ियों पर चढ़ते हुए अपनी कक्षा में जाते हैं। सीढ़ियों पर दौड़कर एक मिनट में चढ़ने का अनुभव पाँच मिनट में धीरे-धीरे चलकर पहुँचने के अनुभव से भिन्न होता है जबकि दोनों ही परिस्थितियों में आपने एक समान कार्य किया है। इस भिन्नता को भौतिक राशि, शक्ति से परिभाषित किया जाता है।

शक्ति (power) को कार्य करने की दर के रूप मे परिभाषित किया जाता है। गणितीय रूप से औसत शक्ति P किसी कार्य W को इसे करने में लगे समय t से विभाजित करके प्राप्त की जाती है अर्थात,

$$P = \frac{W}{t} \qquad (7.11)$$

समान समय अंतरालों में अधिक कार्य करने के लिए अधिक शक्ति की आवश्यकता होती है। एक ही कार्य को कम समय अंतराल में करने के लिए भी अधिक शक्ति की आवश्यकता होती है। **शक्ति का SI मात्रक वाट (W)** है। एक वाट शक्ति 1 जूल कार्य प्रति सेकंड के बराबर होती है अर्थात $1\ \text{W} = 1\ \text{J s}^{-1}$.

उदाहरण 7.10 — कोई भारोत्तोलक 5 सेकंड में 75 kg के द्रव्यमान को 2 m तक ऊपर उठाता है। इस कार्य को करने के लिए उसे कितनी शक्ति की आवश्यकता है?

उत्तर — किया गया कार्य mgh के बराबर होगा, $mgh = 75\ \text{kg} \times 10\ \text{m s}^{-2} \times 2\ \text{m}$

$$= 1500\ \text{J}$$

अतः आवश्यक शक्ति $= \frac{1500\ \text{J}}{5\ \text{s}} = 300\ \text{W}$

उदाहरण 7.11 — 1000 kg द्रव्यमान की एक कार विरामावस्था से गति प्रारंभ करके 72 km h^{-1} की चाल 10 सेकंड में प्राप्त कर लेती है। इस कार के इंजन की शक्ति का परिकलन कीजिए।

उत्तर — अंतिम वेग $v = 72\ \text{km h}^{-1} = \frac{72000\ \text{m}}{3600\ \text{s}} = 20\ \text{m s}^{-1}$

प्रारंभिक वेग $u = 0\ \text{m s}^{-1}$

जिज्ञासा-सूत्र

आपने शक्ति के एक अन्य मात्रक अश्वशक्ति (horsepower) के विषय में सुना होगा जिसका उपयोग विशेष रूप से कार के इंजन अथवा जल ऊपर चढ़ाने वाले पंप की शक्ति मापने के लिए किया जाता है। एक अश्वशक्ति 746 W के बराबर होती है। प्राचीन समय में जब इंजन का नया-नया आविष्कार हुआ था तब इंजन की शक्ति की तुलना वास्तविक अश्वों की शक्ति से ही की जाती थी। जिनका उपयोग उस समय वाहनों को खींचने के लिए किया जाता था।

© NCERT not to be republished

10 सेकंड में इंजन द्वारा किया गया कार्य—

= अंतिम गतिज ऊर्जा – प्रारंभिक गतिज ऊर्जा

$$= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000\ \text{kg} \times \left(20\ \text{m s}^{-1}\right)^2 - 0\ \text{J} = 200000\ \text{J}$$

$$\text{शक्ति} = \frac{\text{कार्य}}{\text{समय}} = \frac{200000\ \text{J}}{10\ \text{s}} = 20000\ \text{W}$$

वैज्ञानिक-परिचय

शक्ति के मात्रक का नाम वाट वैज्ञानिक **जेम्सवाट** के सम्मान में रखा गया है। इन्होंने भाप के एक दक्ष इंजन का आविष्कार किया था जो घूर्णन गति उत्पन्न कर सकता था और पहियों को चला सकता था।

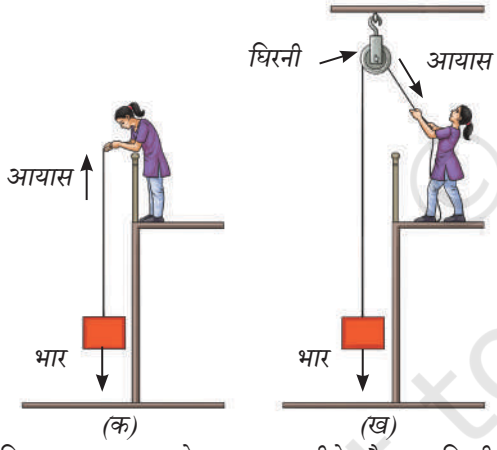
7.6 सरल मशीनें

दैनिक जीवन में हमें भारी वस्तुओं को उठाने या गति देने आदि के लिए गुरुत्वीय बल या अन्य बलों के विरुद्ध कार्य करने की आवश्यकता पड़ती है। यद्यपि किसी कार्य को करने में जितनी ऊर्जा की आवश्यकता होती है उसे तो कम नहीं किया जा सकता है किंतु इसे करने में लगाए जाने वाले बल के परिमाण या दिशा को बदलकर कार्य को सरल बनाया जा सकता है। ऐसे उपकरण जो हमें ऐसा करने में सहायता करते हैं, उन्हें **सरल मशीन (simple machine)** कहा जाता है।

चित्र 7.23 — घिरनी

इस खंड में हम तीन सरल मशीनों — घिरनी, आनत तल और उत्तोलक का अध्ययन करेंगे और समझेंगे कि ये कार्य को किस प्रकार सरल बनाती हैं। मशीन पर हम जो बल लगाते हैं उसे **आयास (effort)** कहते हैं और वह बल जिसके विरूद्ध मशीन कार्य करती है उसे **भार** कहते हैं। मशीन द्वारा लगाए गए बल के परिमाण में कैसे परिवर्तन किया जाता है, इसका वर्णन करने के लिए हम **यांत्रिक लाभ (mechanical advantage)** को परिभाषित करते हैं जो कि भार व आयास का अनुपात होता है। इसे निम्न रूप में लिख सकते हैं—

$$\text{यांत्रिक लाभ} = \frac{\text{भार}}{\text{आयास}} \qquad (7.12)$$



चित्र 7.24 — भार को उठाना (क) सीधे और (ख) घिरनी का उपयोग करते हुए

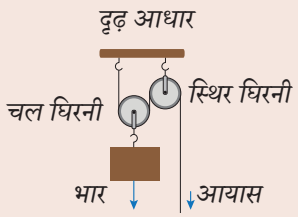
7.6.1 घिरनी

आपने किसी झंडे को या किसी भार को ऊपर उठते हुए देखा होगा, जहाँ आपने देखा होगा कि एक रस्सी को नीचे की ओर खींचा जाता है और झंडा या भार ऊपर की ओर उठता है। यह कार्य ऊँचाई पर स्थित एक घिरनी की सहायता से किया जाता है। **घिरनी (pulley)** एक पहिया होता है जिसमें खाँचा बना होता है जो रस्सी को दिशा देता है (चित्र 7.23)। एक स्थिर घिरनी उस पर लगाए जाने वाले बल के परिमाण में कोई परिवर्तन नहीं करती वरन उसकी दिशा में परिवर्तन कर देती है। किसी भार को ऊपर की ओर बल लगाकर उठाने की तुलना में नीचे की ओर खींचना हमारे लिए अधिक सरल होता है। (चित्र 7.24 क व 7.24 ख)

इस प्रकार घिरनी आयास की दिशा में परिवर्तन करके हमें सुविधा प्रदान करती है। चूँकि आयास और भार के मान परिमाण में समान हैं अत: स्थिर घिरनी का यांत्रिक लाभ 1 होता है (समीकरण 7.12)।

आइए, और चिंतन करें

चल घिरनी या घिरनी निकाय का यांत्रिक लाभ 1 से अधिक हो सकता है जिसमें हम कम आयास से बहुत अधिक भार को उठा सकते हैं। किसी चल घिरनी निकाय में भार को चलायमान घिरनी से बाँधा जाता है। रस्सी का एक सिरा स्थिर बिंदु से बँधा रहता है जबकि दूसरा सिरा आयास लगाने के लिए स्वतंत्र रहता है। घिरनियों का हमारे व्यावहारिक जीवन में व्यापक उपयोग है, जैसे— उत्थापकों (elevators) और क्रेनों में जिनके द्वारा प्रदान की गई सुविधा का उपयोग हम सभी ने किया होगा।



चित्र 7.25 — घिरनियों का निकाय

© NCERT not to be republished

7.6.2. आनत तल

मान लीजिए आपको एक भारी संदूक ऊँचे तल पर पहुँचाना है। इसे सीधा ऊपर उठाने में (चित्र 7.26 क) आपको ऊपर की दिशा में इसके भार के बराबर एक बल F लगाने की आवश्यकता पड़ेगी। किंतु जब संदूक बहुत भारी हो तो क्या आप इसे सीधा ऊपर उठा सकते हैं?

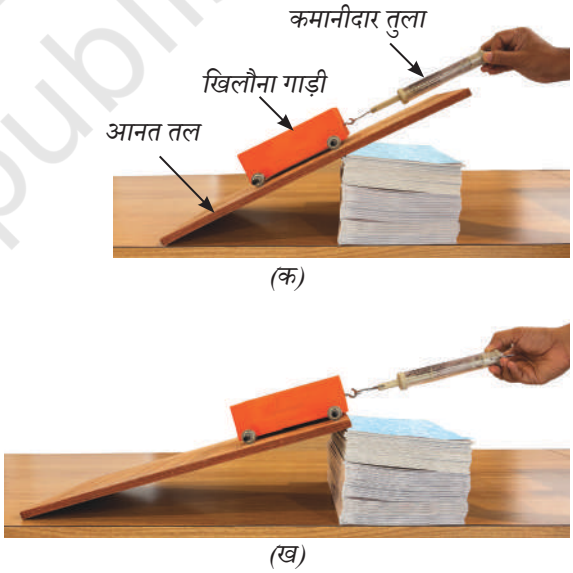
(क) (ख)

चित्र 7.26 — एक संदूक को (क) सीधे ऊपर उठाना और (ख) आनत तल पर ऊपर की ओर धकेलना

आप संदूक को एक चिकने आनत पटरे पर चित्र 7.26 (ख) में दर्शाए अनुसार रख सकते हैं और इसे इस आनत पटरे पर धकेल कर ऊपर के तल तक उठा सकते हैं। क्या इस विधि में कम बल की आवश्यकता होती है?

क्रियाकलाप 7.3 — आइए, प्रयोग करें

1. लगभग 1.5 m लंबा एक चिकना पटरा (या कोई मजबूत गत्ता), एक खिलौना गाड़ी (जैसी आपने क्रियाकलाप 6.3 में प्रयोग की थी) और एक कमानीदार तुला लीजिए। कमानीदार तुला को गाड़ी से जोड़ दीजिए। सतह से लगभग 0.5 m ऊँचाई का स्टूल या पुस्तकों के चट्टे की सहायता से आनत तल बनाइए।
2. पहले गाड़ी को संभाल कर धीरे-धीरे, सीधी, ऊर्ध्व दिशा में धरातल से स्टूल या पुस्तकों के चट्टे से बनाए गए आनत तल के उच्चतम बिंदु तक उठाइए और कमानीदार तुला का पाठ्यांक अंकित कीजिए। यह पाठ्यांक बताता है कि ऊर्ध्व दिशा में गाड़ी को उठाने के लिए लगाया गया बल इस गाड़ी के भार के बराबर है।
3. इसके पश्चात पटरे को पुस्तकों के चट्टे या स्टूल के शिखर-तल के साथ चित्र 7.27(क) में दर्शाए अनुसार टिका कर रखिए। अब गाड़ी को आनत तल के सहारे खींचते हुए आनत तल की ऊँचाई तक धीरे-धीरे लाइए। इस स्थिति में कमानीदार तुला का पाठ्यांक (आवश्यक बल) क्या पूर्व चरण 2 के पाठ्यांक से कम प्राप्त होता है?



(क)

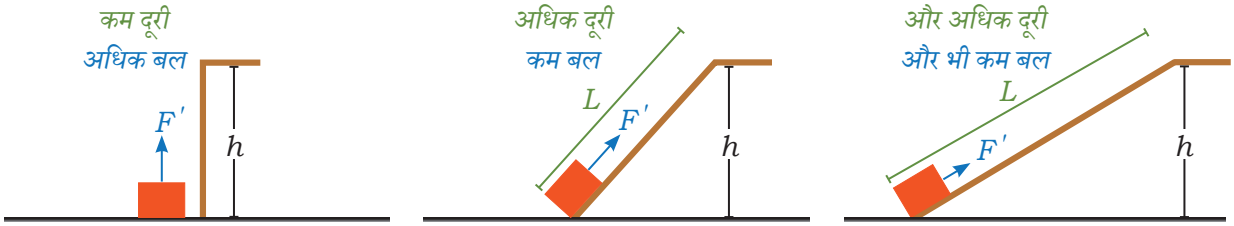
(ख)

चित्र 7.27— एक (क) कम लंबाई के (ख) अधिक लंबाई के आनत तल पर किसी खिलौना गाड़ी को खींचने में लगाए गए बल का मापन

4. अब पटरे और आधार के बीच का झुकाव (कोण) कम कीजिए जैसा कि चित्र 7.27 (ख) में प्रदर्शित है और इस क्रियाकलाप के चरण 3 को दोहराइए। ध्यान दीजिए कि जब पटरे को कम कोण पर झुकाया जाता है तो गाड़ी को ऊपर खींचने के लिए आवश्यक बल का मान (कमानीदार तुला का पाठ्यांक) किस प्रकार परिवर्तित होता है।

जैसे-जैसे पटरे का झुकाव (कोण) कम होता है, पुस्तकों के चट्टे या स्टूल की ऊँचाई तक गाड़ी को खींचने के लिए आवश्यक बल भी कम होता जाता है। तथापि आपको उसी भार को उतनी ही ऊँचाई तक पहुँचाने के लिए यह बल अधिक दूरी तक लगाना पड़ता है।

© NCERT not to be republished



चित्र 7.28 — जब एक भार को उठाया जाता है— (क) ऊर्ध्व दिशा में, (ख) एक आनत तल के अनुदिश और (ग) एक कम झुकाव तथा अधिक लंबाई के आनत तल के अनुदिश

आनत तल (inclined plane) एक ऐसी सरल मशीन है जो भारी वस्तु को ऊपर चढ़ाने या नीचे उतारने में सहायता करती है। आइए, अब हम इसके यांत्रिक लाभ का परिकलन करते हैं।

मान लीजिए कि किसी वस्तु का द्रव्यमान m है। तब इस वस्तु का भार mg ही वह भार है जिसे ऊपर उठाना है। यदि वस्तु को h ऊँचाई तक उठाने के लिए आवश्यक बल F' हो तो यहाँ F' आयास होगा (चित्र 7.28 क)। मान लीजिए कि आनत तल की लंबाई L (चित्र 7.28 ख) है।

टिप्पणी

किया गया कार्य जो कि बल एवं विस्थापन का गुणनफल है सभी प्रकरणों के लिए समान रहता है। यदि बल घटता है तो विस्थापन बढ़ता है परिणामस्वरूप किया गया कार्य नियत ही रहता है।

यदि आप वस्तु को आनत तल पर नियत चाल से ऊपर की ओर ले जाते हैं तो समीकरण 7.2 के अनुसार

$$\text{वस्तु पर आपके द्वारा किया गया कुल कार्य} = F' \times L$$

समीकरण 7.8 का उपयोग करने पर

$$\text{वस्तु द्वारा अर्जित स्थितिज ऊर्जा} = mgh$$

कार्य-ऊर्जा प्रमेय (समीकरण 7.3) से हमें प्राप्त होता है (घर्षण की उपेक्षा करते हुए) —

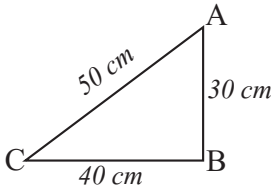
$$F' \times L = mgh$$

$$\text{या, } \frac{mg}{F'} = \frac{L}{h}$$

अब यहाँ mg भार है और F' आयास है, अत: समीकरण 7.12 का प्रयोग करने पर हमें प्राप्त होता है —

$$\text{यांत्रिक लाभ} = \frac{\text{भार}}{\text{आयास}} = \frac{mg}{F'} = \frac{L}{h} \qquad (7.13)$$

यहाँ क्योंकि L का मान h से अधिक है इसलिए बल F' का मान mg से कम है और आनत तल का यांत्रिक लाभ 1 से अधिक होगा। उदाहरण के लिए— आनत तल के झुकाव कोण को कम करके यदि इसकी लंबाई को बढ़ाएँ (चित्र 7.28 ग) तो हम वस्तु को चलाने के लिए आवश्यक आयास F' का मान और कम कर सकते हैं।



चित्र— 7.29

उदाहरण 7.12 — कोई व्यक्ति किसी वस्तु को 30 cm की ऊँचाई तक उठाने के लिए आनत तल का उपयोग करता है। आनत तल के उच्चतम और निम्नतम बिंदुओं के बीच की क्षैतिज दूरी 40 cm है। इस कार्य को पूर्ण करने में सहायक आनत तल का यांत्रिक लाभ क्या होगा?

उत्तर — चित्र 7.29 के अनुसार जब ऊँचाई AB = 30 cm और चौड़ाई BC = 40 cm है, तब आनत तल की लंबाई AC = 50 cm होगी (समकोण त्रिभुज के गुण से)

समीकरण (7.13) का उपयोग करते हुए, यांत्रिक लाभ $= \frac{L}{h} = \frac{50\text{ cm}}{30\text{ cm}} = 1.67$

सोचिए और बताइए

9. व्याख्या कीजिए कि पहाड़ों पर सड़कें नीचे से ऊपर तक सीधे न बनाकर कम ढलान की घुमावदार क्यों बनाई जाती हैं (चित्र 4.26)?
10. व्याख्या कीजिए कि किसी भवन के ऊपरी तल तक पहुँचने के लिए हमें सीधी खड़ी हुई सीढ़ी की तुलना में आनत सीढ़ी का उपयोग अधिक सुविधाजनक क्यों लगता है?

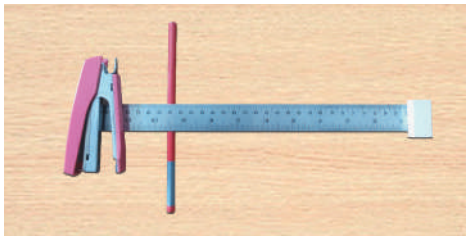
चित्र 7.30 — सीढ़ी लगाकर ऊपर चढ़ना

© NCERT not to be republished

7.6.3 उत्तोलक

क्रियाकलाप 7.4 — आइए, जाँच करें

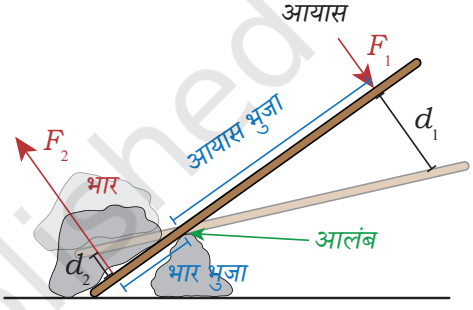
1. एक 30 cm लंबा पैमाना, 1 पेंसिल, 2–3 रबड़ एवं एक स्टेपलर (या ऐसी ही कोई वस्तु) लीजिए।
2. चित्र 7.31 के अनुसार पेंसिल पर पैमाने को इस प्रकार रखिए कि इसका एक सिरा पेंसिल के अधिक निकट हो। पैमाने के उस सिरे पर स्टैपलर रखिए जो सिरा पेंसिल के अधिक निकट है।
3. पैमाने के दूसरे सिरे पर एक रबड़ रखिए। क्या स्टेपलर ऊपर उठ जाता है? यदि नहीं तो एक और रबड़ रखिए।



चित्र 7.31 — किसी हल्की वस्तु की सहायता से भारी वस्तु को ऊपर उठाना

आपने ध्यान दिया होगा कि एक अपेक्षाकृत बहुत भारी वस्तु (जैसे स्टेपलर) को बहुत हल्की वस्तु (जैसे रबड़) द्वारा ऊपर उठाया जा सकता है। ऐसा पैमाने के द्वारा बनी एक सरल मशीन के कारण संभव हो सका जिसे उत्तोलक कहते हैं। **उत्तोलक (lever)** एक दृढ़ छड़ (जैसे कि पैमाना) होती है जो किसी स्थिर बिंदु (जैसे कि पैमाने और पेंसिल का स्पर्श बिंदु) पर घूमने में सक्षम होती है।

दैनिक जीवन में प्राय: भारी वस्तुओं को उठाने में उत्तोलकों का उपयोग किया जाता है। उत्तोलक के तीन मुख्य भाग होते हैं (चित्र 7.32)— (i) **आलंब (fulcrum)**— एक स्थिर बिंदु जिस पर उत्तोलक घूम सकता है। (ii) **भार (load)**— वह बल जिसके विरूद्ध उत्तोलक कार्य करता है। (iii) **आयास (effort)**— भार को उठाने में लगाया गया बल होता है या आलंब से आयास की दूरी को **आयास भुजा (effort arm)** कहते हैं तथा आलंब से भार की दूरी को **भार भुजा (load arm)** कहते हैं।



चित्र 7.32 — एक भारी चट्टान को उठाने के लिए उत्तोलक का उपयोग

उत्तोलक के एक सिरे पर कम बल लगाकर दूसरे सिरे पर रखी वस्तु पर अधिक बल लगाया जा सकता है। यह किस प्रकार संभव होता है?

उत्तोलक का वह सिरा जहाँ कम बल (F_1) लगाया जाता है वह अधिक दूरी (d_1) तक विस्थापित होता है जबकि वह सिरा जिस पर भारी वस्तु को उठाने के लिए अधिक बल (F_2) लगाया जाता है वह कम दूरी (d_2) तक विस्थापित होता है। उत्तोलक के एक सिरे पर किया गया कार्य दूसरे सिरे को स्थानांतरित होता है। अतः समीकरण (7.1) का उपयोग करने पर

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times d_2 \qquad (7.14)$$

इस प्रकार आयास भुजा को बढ़ाने से उत्तोलक, भार पर आयास F_1 की तुलना में अधिक बल F_2 आरोपित करता है।

आइए, अब हम उत्तोलक के एक उदाहरण दंड-तुला (beam balance) को लेकर एक क्रियाकलाप करते हैं।

टिप्पणी

उत्तोलक किसी कार्य को करने के लिए आवश्यक बल को कम करता है परंतु किए गए कुल कार्य के परिमाण को परिवर्तित नहीं करता।

क्रियाकलाप 7.5 — आइए, प्रयोग करें

1. एक लंबा (50 cm या उससे बड़ा) पैमाना (scale), 1–2 m डोरी का एक टुकडा, दो कागज के गिलास (पलड़े के रूप में), आसंजक टेप या धागे का एक टुकड़ा और कुछ एक समान सिक्के (भार के रूप में) लीजिए।
2. पैमाने के मध्य बिंदु पर डोरी को कसकर बाँधिए। यह डोरी आलंब का कार्य करेगी। इस पैमाने को किसी स्टैंड या हुक पर डोरी की सहायता से लटका दीजिए जिससे वह स्वतंत्र रूप से झूल सके। अब यह पैमाना एक दंड की भाँति कार्य करेगा (चित्र 7.33)।

चित्र 7.33 — पैमाने पर लटके हुए संतुलित गिलास (पलड़े)

© NCERT not to be republished

3. धागे की सहायता से दंड के दोनों सिरों पर कागज के गिलास बाँध दीजिए। ये गिलास तराजू के पलड़ों का कार्य करेंगे। **जाँच** कीजिए कि पैमाना क्षैतिज है या नहीं। यदि यह झुका हुआ है तो पलड़ों के लटकने वाले बिंदुओं को तब तक खिसकाकर समायोजित कीजिए जब तक कि दंड क्षैतिज तल में न आ जाए।
4. बाएँ पलड़े में एक सिक्का रखिए (इसे आयास कहिए) और दाएँ पलड़े में भी वैसा ही एक सिक्का रखिए (इसे भार कहिए)। ध्यान दीजिए कि दंड क्षैतिज स्थिति में ही बना रहता है।
5. दाईं ओर के पलड़े में एक और सिक्का रखिए जिससे उसमें दो सिक्के हो जाए। अब दंड झुक जाता है। दंड को संतुलित करने के लिए भारी पलड़े को दंड के ऊपर खिसकाकर आलंब के पास ले जाइए ताकि दंड पुन: क्षैतिज अवस्था में आ जाए। आलंब से उसकी दूरी **मापिए**।
6. चरण 5 को दाहिने पलड़े में 4 सिक्कों के साथ और फिर 8 सिक्कों के साथ रखकर दोहराइए। प्रत्येक बार पलड़े को संतुलित करने के लिए आलंब की ओर खिसकाइए और आलंब से उसकी दूरी नोट कीजिए।
7. सभी अवलोकनों और मापों को **अंकित (record)** कीजिए और अधिक पंक्तियाँ जोड़कर तालिका 7.1 को पूरा कीजिए।

तालिका 7.1 — पलड़ों में सिक्को की संख्या और आलंब से उनकी दूरी

बाएँ पलड़े में सिक्कों की संख्या n_1 (आयास)	आलंब से बाएँ पलड़े की दूरी L_1 (cm)	दाएँ पलड़े में सिक्कों की संख्या n_2 (भार)	आलंब से दाएँ पलड़े की दूरी L_2 (cm)
1		1	
1		2	

तालिका 7.1 में अंकित मूल्यों का विश्लेषण करके आप यह **निष्कर्ष निकाल** सकते हैं कि दंड क्षैतिज रहता है जब—

$$n_1 \times L_1 = n_2 \times L_2$$

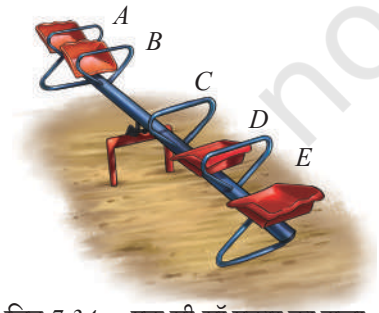
या आयास × आयास भुजा = भार × भार भुजा (7.15)

यदि आयास भुजा को बढ़ाया जाता है तो समान भार को स्थानांतरित करने के लिए आवश्यक बल कम हो जाता है। आप समीकरण (7.12) का उपयोग करके उत्तोलक के यांत्रिक लाभ की गणना कर सकते हैं।

$$\text{यांत्रिक लाभ} = \frac{\text{भार}}{\text{आयास}} = \frac{\text{आयास भुजा}}{\text{भार भुजा}} \quad (7.16)$$

अतः आयास भुजा को बढ़ाकर उत्तोलक आयास F_1 की तुलना में भार पर अधिक बल F_2 लगाता है। इस प्रकार उत्तोलक के उपयोग से हमें दूरियों के अनुपात के बराबर यांत्रिक लाभ अर्थात $\frac{L_1}{L_2}$ प्राप्त हो जाता है।

उत्तोलक के उपयोग से आवश्यक आयास सामान्यतया कम होता है। लेकिन उसे अधिक दूरी तक स्थानांतरित करना पड़ता है जिससे आयास करने वाले कर्ता द्वारा किया गया कुल कार्य समान रहे।



चित्र 7.34 — एक सी-सॉ प्रकार का झूला

उदाहरण 7.13 — एक झूले में चार कुर्सियाँ A, B, D, E और आलंबन बिंदु C है (चित्र 7.34)। AC = EC = 2 m और BC = DC = 1 m है। झूले को संतुलित करने के लिए 15 kg और 30 kg द्रव्यमान वाले बच्चों को किन कुर्सियों पर बैठना चाहिए।

उत्तर — मान लीजिए 15 kg द्रव्यमान वाला बच्चा कुर्सी A पर बैठा है और दूसरा बच्चा आधार बिंदु से L दूरी पर बैठा है।

समीकरण (7.15) का उपयोग करके हमें प्राप्त होता है—

$$15 \text{ kg} \times 2 \text{ m} = 30 \text{ kg} \times L$$

या $L = 1$ m

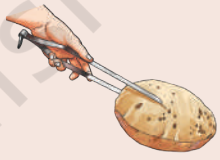
अतः दूसरे बच्चे को कुर्सी D पर बैठना चाहिए।

© NCERT not to be republished

आइए, और चिंतन करें

आयास, आलंब एवं भार की सापेक्ष स्थितियों के अनुसार उत्तोलक तीन प्रकार के होते हैं जैसा कि तालिका 7.2 में दर्शाया गया है।

तालिका 7.2— उत्तोलकों का वर्गीकरण

उत्तोलक		
प्रथम श्रेणी	**द्वितीय श्रेणी**	**तृतीय श्रेणी**
आलंब बीच में	भार बीच में	आयास बीच में
		
संडासी, कैंची, सब्बल, प्लास, दंड-तुला, सी-सॉ प्रकार का झूला	नींबू निष्कर्षणी, हथठेला, बोतल खोलने की मशीन	चिमटा, झाड़ू, हथौड़ी, चप्पू, चिमटी

दैनिक जीवन में उपयोग में आने वाली अनेक मशीनें दो या अधिक सरल मशीनों से मिलकर बनी होती हैं। अगली बार जब आप कोई मशीन देखें तो उसमें लगी सरल मशीनों को पहचानने का प्रयास कीजिए।

इन सभी प्रकरणों में यांत्रिक ऊर्जा का संरक्षण होता है। यदि घर्षण की उपेक्षा की जाए तो आयास द्वारा किया गया कार्य भार द्वारा किए गए उपयोगी कार्य के बराबर होता है। मशीनें ऊर्जा का सृजन नहीं करती वे केवल इसको अधिक प्रभावी ढंग से उपयोग करने में हमारी सहायता करती हैं।

सोचिए और बताइए

11. चित्र 7.35 में दर्शाए अनुसार चम्मच की सहायता से किसी डिब्बे का ढक्कन खोलना सरल क्यों होता है?
12. किसी कठोर वस्तु को काटने के लिए उसे कैंची के आलंब के निकट क्यों रखा जाता है?
13. पूरे इतिहास में (पहियों, भार या चुंबकों का उपयोग करके बने) सदैव चलते रहने वाली मशीनों के कई प्रारूप प्रस्तावित किए गए हैं लेकिन वास्तव में कोई भी सदैव के लिए चलती नहीं रहती है। सभी वास्तविक मशीनें अंतत: धीमी हो कर रुक क्यों जाती हैं? कार्य एवं ऊर्जा के पदों में व्याख्या कीजिए।

चित्र 7.35 — चम्मच की सहायता से एक डिब्बे का ढक्कन खोलना

क्या होगा यदि ...

सदैव चलते रहने वाली मशीनें अर्थात ऐसी मशीनें बनाना संभव हो जो एक बार चलना आरंभ करने के पश्चात बिना ईंधन या विद्युत के उपयोगी कार्य करती रहें?

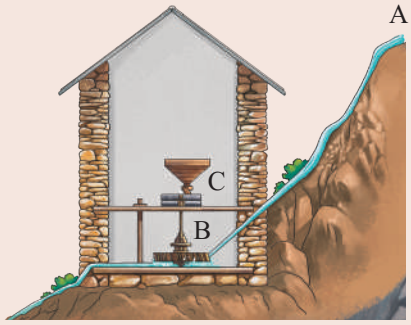
© NCERT not to be republished

विज्ञान एवं समाज

हिमालयी क्षेत्र में ढलान से नीचे बहते जल की स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होती जाती है। परंपरागत रूप से इस ऊर्जा का उपयोग पनचक्की या घराट जैसे उपकरणों में किया जाता था। चित्र 7.36 में अनाज पीसने के लिए उपयोग में आने वाली एक पनचक्की दर्शाई गई है। पहाड़ी क्षेत्रों में इन्हें आज भी देखा जा सकता है।

ऊपर स्थित जल में स्थितिज ऊर्जा होती है। पाइप (A) से नीचे आते समय यह स्थितिज ऊर्जा, गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होती जाती है। जल की गतिज ऊर्जा पहिए (B) को गति प्रदान करके उसे घुमाती है। पहिया ऊपर स्थित चक्की के पत्थर (C) से जुड़ा होता है।

आधुनिक समय में बाँधों में संचित जल की स्थितिज ऊर्जा को भी इसी प्रकार गतिज ऊर्जा में परिवर्तित करके विद्युत उत्पन्न की जाती है।



चित्र 7.36— पनचक्की (घराट)

सारांश

- किसी वस्तु पर बल द्वारा कार्य तब किया जाता है जब बल द्वारा वस्तु को बल की दिशा में विस्थापित कर दिया जाए।
- जिस वस्तु में कार्य करने की क्षमता होती है उसे ऊर्जावान वस्तु कहा जाता है।
- कार्य-ऊर्जा प्रमेय, किसी वस्तु या निकाय पर किया गया कार्य उसकी ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर होता है।
- किसी वस्तु की गति के कारण उसमें विद्यमान ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं।
- किसी वस्तु के विरूपण अथवा वस्तुओं के समूह में उनकी सापेक्ष स्थिति के कारण संचित ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।
- शक्ति को कार्य करने की दर के रूप में परिभाषित किया जाता है।
- सरल मशीनें ऐसे उपकरण हैं जो आवश्यक बल के परिमाण या दिशा को बदलकर कार्य करना सुगम बनाते हैं, यद्यपि वे एक प्रक्रम में कुल कार्य के परिमाण को परिवर्तित नहीं करते हैं।

अभ्यास प्रश्न

1. बताइए कि निम्नलिखित कथन सत्य हैं या असत्य—
   (i) कार्य तब होता है जब कोई बल लगाया जाता है भले ही वस्तु गति न करे।
   (ii) बाल्टी को ऊर्ध्वाधरतः ऊपर उठाने से बाल्टी पर धनात्मक कार्य होता है।
   (iii) कार्य और ऊर्जा दोनों का SI मात्रक जूल (J) है।
   (iv) एक स्थिर तनी हुई रबड़ की पट्टी में गतिज ऊर्जा होती है।
   (v) ऊर्जा एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित हो सकती है।
2. रिक्त स्थान भरिए—
   (i) किया गया कार्य = ... × ..... (बल की दिशा में)
   (ii) किसी वस्तु पर ..... न्यूटन बल लगाने से वस्तु 1 m विस्थापित होती है तो 1 जूल कार्य संपन्न होता है।

© NCERT not to be republished

(iii) m द्रव्यमान और v वेग वाले पिंड की गतिज ऊर्जा का व्यंजक ..... होगा।

(iv) पृथ्वी की सतह से h ऊँचाई पर स्थित m द्रव्यमान की वस्तु की स्थितिज ऊर्जा ..... होती है।

(v) कार्य करने की ..... को शक्ति कहते हैं।

3. जब ऊपर की ओर फेंकी गई गेंद अपने उच्चतम बिंदु पर पहुँचती है तो निम्नलिखित में से कौन-सा/ से कथन सही है/हैं?

(i) गेंद पर लगने वाला बल शून्य है।

(ii) गेंद का त्वरण शून्य है।

(iii) इसकी गतिज ऊर्जा शून्य है।

(iv) इसकी स्थितिज ऊर्जा अधिकतम है।

4. निम्नलिखित में से प्रत्येक स्थिति में होने वाले ऊर्जा रूपांतरण की पहचान कीजिए।

(i) एक ट्रक का पहाड़ी पर ऊपर की ओर चढ़ना (ii) घड़ी की स्प्रिंग का खुलना (iii) हरे पत्तों द्वारा प्रकाश संश्लेषण (iv) बाँध से बहता हुआ जल (v) माचिस की तीली का जलना (vi) एक पटाखे में विस्फोट होना (vii) माइक्रोफोन में बोलना (viii) एक दीप्त विद्युत बल्ब (ix) सौर-पैनल

5. एक विद्यार्थी को एक लिफ्ट द्वारा धीरे-धीरे भूतल से भवन के सबसे ऊपरी तल तक ले जाया जाता है, तत्पश्चात वही विद्यार्थी सीढ़ियों से चढ़कर सबसे ऊपरी तल तक पहुँचता है। यदि भवन की ऊँचाई $h = 72.5$ m, गुरुत्वीय त्वरण $g = 10$ m s^{-2} और विद्यार्थी का द्रव्यमान $m = 50$ kg है तो—

(i) यदि विद्यार्थी को लिफ्ट द्वारा सीधे सबसे ऊपरी तल तक ले जाया जाता है तो उसकी स्थितिज ऊर्जा में हुई वृद्धि ज्ञात कीजिए।

(ii) जब विद्यार्थी सीढ़ियों से चढ़कर सबसे ऊपरी तल पर पहुँचता है तो उसकी स्थितिज ऊर्जा में वृद्धि ज्ञात कीजिए।

(iii) आप तय किए रास्ते पर स्थितिज ऊर्जा की निर्भरता के संबंध में क्या निष्कर्ष निकालेंगे?

6. एक क्रेन m द्रव्यमान को एक निश्चित समय में किसी भवन के 10वें तल तक उठाती है। इसके पश्चात यह उसी द्रव्यमान को उसी भवन के 20वें तल तक दोगुने समय में उठाती है। इसके लिए उसे कितनी और अधिक ऊर्जा एवं शक्ति चाहिए? यह मान लीजिए कि सभी तलों की ऊँचाई समान है।

7. घिरनी की सहायता से किसी झंडे को भूमि से एक ऊँचे ध्वजदंड के शीर्ष तक उठाने के लिए आवश्यक ऊर्जा किन कारकों पर निर्भर करती है? क्या झंडे को धीरे-धीरे या शीघ्रता से ऊपर उठाने पर किए गए कार्य के परिमाण में अंतर होगा? यदि झंडे को उठाने की गति दोगुनी कर दी जाए तो शक्ति की आवश्यकता किस प्रकार परिवर्तित होगी? अपने उत्तरों की व्याख्या कीजिए।

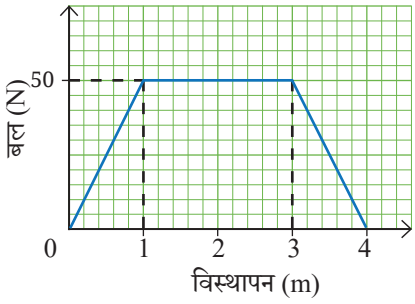
8. 60 kg द्रव्यमान का कोई व्यक्ति 100 kg के स्कूटर पर सवारी करता है, वह स्कूटर को v वेग तक त्वरित करता है। दूसरे दिन उसका 40 kg द्रव्यमान का पुत्र उसके साथ यात्री के रूप में बैठता है, यदि उक्त दोनों दिनों में स्कूटर समान समय में समान चाल प्राप्त करता है। तो बताइए दोनों दिनों में उपयोग किए गए ईंधन का अनुपात कितना होगा? यह मान लीजिए कि स्कूटर में ऊर्जा का स्थानांतरण पूर्णतया ईंधन के कारण होता है और वायु प्रतिरोध या घर्षण के कारण कोई अन्य हानि नहीं होती है।

9. सरकने वाली कुर्सियों वाले सी-सॉ प्रकार के एक झूले पर एक तरफ एक बच्चा बैठा है और दूसरी ओर एक वयस्क। वयस्क का भार बच्चे के भार से दोगुना है। इसके पश्चात भी सी-सॉ संतुलित है।

© NCERT not to be republished

ऐसी स्थिति को दर्शाता हुआ एक **चित्र बनाइए** जिसमें आलंब से बच्चे और वयस्क की दूरी दर्शाई गई हों।

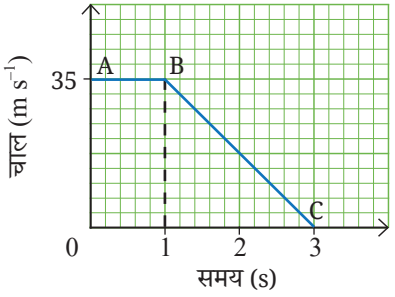
10. एक गेंद को 20 m s^{-1} की गति से ऊपर की ओर फेंका जाता है।
    (i) गेंद की ऊपर की ओर गति और नीचे की ओर गति के समय इस पर गुरुत्व के अधीन किए गए कार्य के चिह्न की पहचान कीजिए।
    (ii) यदि गेंद 19.4 m की ऊँचाई तक पहुँचती है तो वायु प्रतिरोध द्वारा कितना कार्य किया जाता है? (मान लीजिए $g = 10$ m s^{-2})



चित्र 7.37

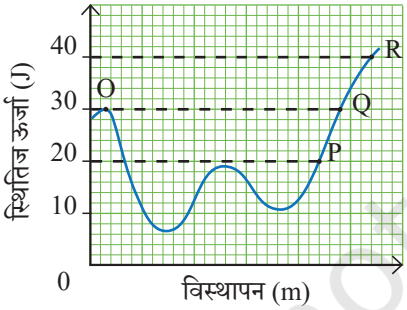
11. एक 10.0 kg का गुटका नगण्य घर्षण वाले क्षैतिज फर्श पर गतिमान है। चित्र 7.37 में दर्शाए अनुसार गुटके पर उसकी गति की दिशा में 0 m से 4 m तक के विस्थापन के समय अंतराल में एक परिवर्ती बल (variable force) लगाया जाता है। यदि गुटके की 0 m की स्थिति पर गतिज ऊर्जा 180 J थी तो गुटके की चाल ज्ञात कीजिए। (i) 0 m पर और (ii) 4 m पर क्या गुटके की गति के किसी भाग में गुटके का त्वरण ऋणात्मक है?

12. चंद्रमा की सतह (चंद्रतल) पर गुरुत्वाकर्षण पृथ्वी की सतह के गुरुत्वाकर्षण का लगभग $\frac{1}{6}$ भाग है। एक अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी की सतह से किसी गेंद को 8 m की ऊँचाई तक फेंक सकता है। यदि उसी गेंद को उतने ही ऊर्ध्व वेग से चंद्रमा की सतह से ऊपर की ओर फेंका जाए तो गेंद चंद्रमा की सतह पर कितनी ऊँचाई तक जाएगी?



चित्र 7.38

13. एक 1000 kg द्रव्यमान की एक कार सड़क पर नियत चाल से गतिमान है। अचानक चालक को आगे कोई बाधा दिखाई देती है। वह कार को पूरी तरह रोकने के लिए ब्रेक लगाता है। चालक द्वारा आगे बाधा को देखने के क्षण से कार की गति का आलेखी निरूपण चित्र 7.38 में दर्शाया गया है।
    (i) बताइए कि स्थिति A और B के बीच कार की गति किस प्रकार की है?
    (ii) स्थिति A पर कार की गतिज ऊर्जा का परिकलन कीजिए।
    (iii) बताइए कि B और C के बीच कार को रोकने के लिए ब्रेक द्वारा कितना कार्य करना होगा?
    (iv) कार की गतिज ऊर्जा किस ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है?



चित्र 7.39

14. एक घर्षण रहित (frictionless) पथ पर गतिमान 0.5 kg गेंद का स्थितिज ऊर्जा-विस्थापन ग्राफ चित्र 7.39 में दर्शाया गया है। बिंदु O पर गेंद का वेग 0 m s^{-1} और स्थितिज ऊर्जा 30 J है। P, Q और R पर बल के वेग की गणना कीजिए।

15. 1.5 kg द्रव्यमान का एक नारियल, 10 m ऊँचाई वाले एक नारियल के वृक्ष के शिखर से समुद्र तट की गीली रेत पर गिरता है। तट से टकराने पर नारियल रेत में एक गड्ढा बनाकर स्थिर हो जाता है।
    (i) रेत से टकराने से ठीक पहले नारियल के वेग की गणना कीजिए।
    (ii) मान लीजिए कि रेत का औसत प्रतिरोधी बल 3000 N है और नारियल की संपूर्ण ऊर्जा का उपयोग रेत में गड्ढा बनाने में किया गया है। नारियल द्वारा रेत में बनाए गए गड्ढे की गहराई का परिकलन कीजिए ($g = 10$ m s^{-2} लीजिए)।

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- एक पेन के दोनों सिरों को हटा दीजिए ताकि रिफिल नली के भीतर स्वतंत्र रूप से सरक सके (चित्र 7.40)। पेन के ढक्कन को नली की साइड में स्थिर (Fix) कीजिए और ढक्कन के क्लिप पर एक रबड़ बैंड जोड़ दीजिए। रबड़ बैंड के मुक्त सिरे को सेफ्टी पिन का उपयोग करके रिफिल से जोड़ दीजिए। रबड़ बैंड को खींचिए और छोड़ दीजिए। रिफिल तेजी से बाहर निकलती है जो प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में रूपांतरण दर्शाती है। भिन्न-भिन्न खिंचाव के साथ इसे दोहराइए और देखिए कि रिफिल द्वारा तय की गई दूरी में किस प्रकार परिवर्तन आता है। है। क्या खिंचाव और तय की गई दूरी में कोई संबंध है?

(a)

(b)

चित्र 7.40

- सरलता से उपलब्ध सामग्रियों, जैसे— कार्डबोर्ड, लकड़ी के पहिए या पैमाने, पेंसिल या बोल्ट (जो आलंब का कार्य करें), धागा या रस्सी, छोटी घिरनी (या एक साथ जोड़े गए दो बोतलों के ढक्कन) और छोटे-मोटे भार उठाने के लिए कागज के गिलास आदि का उपयोग करके एक या अधिक सरल मशीनें या उनका **संयोजन** (उत्तोलक, घिरनी और आनत तल) **बनाइए**। अभिकल्प (design) बनाने में कल्पनाशील रहिए अपने मॉडल का उपयोग किसी छोटे भार को उठाने या चलाने में कीजिए, आयास और भार को मापिए और यांत्रिक लाभ का परिकलन कीजिए।
- कम्प्यूटर अनुकार (Computer Simulation) ऐसी भौतिक राशियों को समझने में सहायता कर सकते हैं जिनकी कल्पना करना कठिन होता है। PhET अनुकार (https://phet.colorado.edu) अन्योन्य क्रियात्मक मॉडल प्रदान करते हैं जैसे कि 'ऊर्जा स्केट पार्क (Energy Skate Park)', 'ऊर्जा के रूप और रूपांतरण (Energy Forms and Changes)', 'दोलक प्रयोगशाला (Pendulum Lab)', और 'द्रव्यमान तथा स्प्रिंग (Masses and Springs)'। इनका उपयोग करके यह देखिए कि द्रव्यमान, ऊँचाई और घर्षण जैसे कारकों को परिवर्तित करने पर ऊर्जा के विभिन्न रूपों में किस प्रकार परिवर्तन होता है।

खोज जारी है...

लंबे समय से वैज्ञानिकों को यह ज्ञात है कि ब्रह्मांड (universe) का विस्तार हो रहा है और आश्चर्यजनक रूप से इस विस्तार की गति बढ़ रही है। इसकी व्याख्या के लिए वैज्ञानिकों ने ऊर्जा के एक नए और प्रचुर रहस्यमयी रूप का प्रस्ताव दिया है, जिसे 'अदीप्त ऊर्जा (dark engery)' कहा जाता है। अभी तक अदीप्त ऊर्जा को ऊर्जा के अन्य रूपों में परिवर्तित करने की कोई विधि ज्ञात नहीं है। वैज्ञानिक अदीप्त ऊर्जा के प्रभावों का अध्ययन करने का प्रयास कर रहे हैं क्योंकि यह भविष्य में अरबों वर्षों पश्चात के ब्रह्मांड के स्वरूप को प्रभावित कर सकती है।

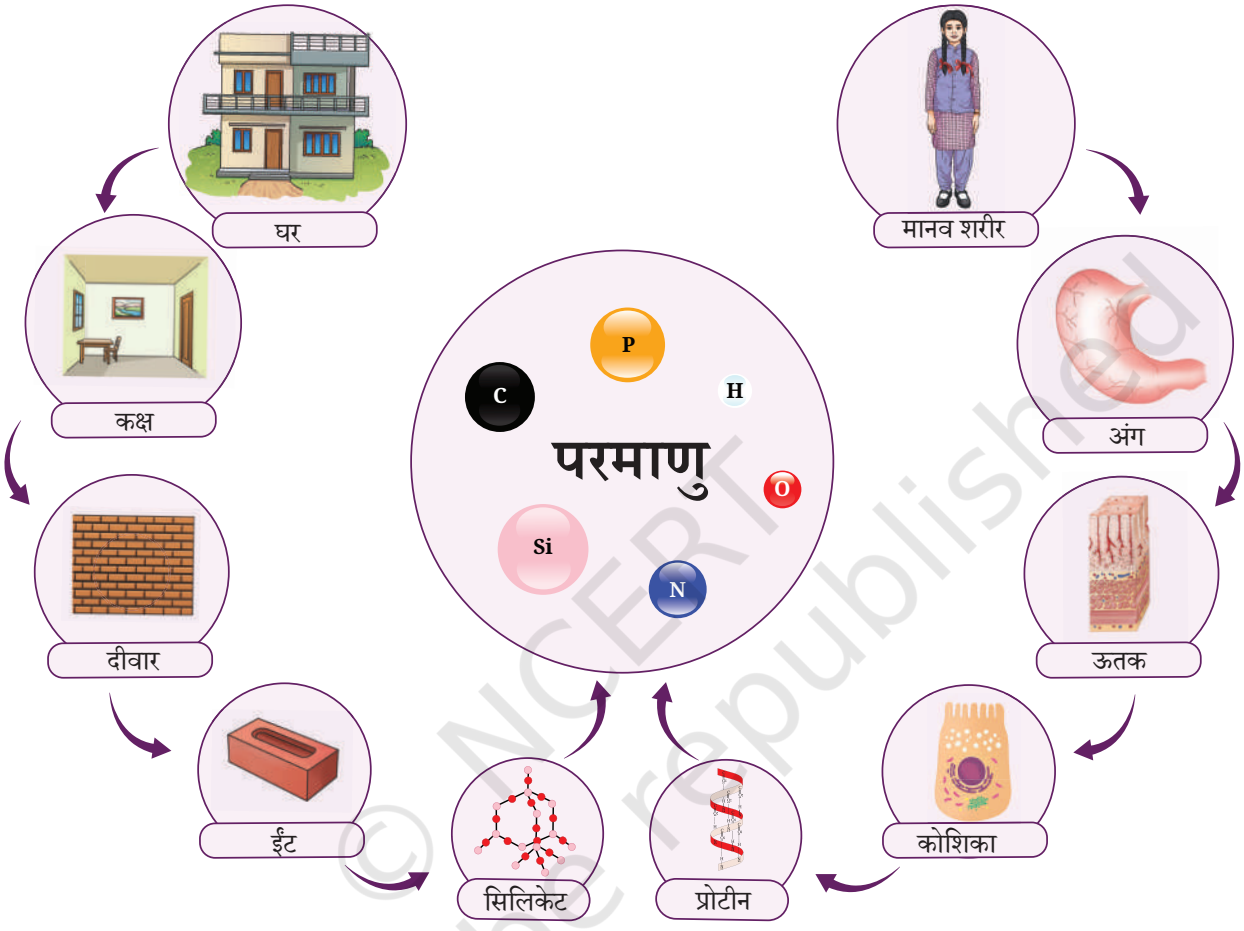
© NCERT not to be republished

0907CH08

अध्याय

8

एक यात्रा— परमाणु के भीतर



© NCERT not to be republished

चिंतन कीजिए

- क्या परमाणु सूक्ष्मतम अविभाज्य कण हैं?
- इलेक्ट्रॉन परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों द्वारा आकर्षित होने पर भी नाभिक में क्यों नहीं गिरते हैं?
- वैज्ञानिक परमाणु प्रतिरूपों (मॉडलों) में परिवर्तन क्यों करते रहे हैं?

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 7

आप अपने परिवेश में जो कुछ देखते हैं अथवा **अवलोकन** करते हैं अथवा अनुभव करते हैं, वे सभी **द्रव्य** हैं। आप अध्ययन कर चुके हैं कि द्रव्य जिन सूक्ष्म कणों से बना होता है वे **परमाणु** कहलाते हैं। उपर्युक्त चित्र को ध्यानपूर्वक देखिए। आपने क्या अवलोकन किया? क्या आपने **ध्यान** दिया है कि हमारे जैसे सजीव प्राणी और घर जैसी निर्जीव वस्तुएँ दोनों ही अंतत: परमाणुओं से निर्मित हैं? ये परमाणु इतने सूक्ष्म होते हैं कि इन्हें नग्न आँखों से नहीं देखा जा सकता है।

आप आश्चर्यचकित होंगे कि क्या परमाणु ही वास्तव में द्रव्य की सबसे छोटी इकाई होती है अथवा इसे और भी सूक्ष्म इकाइयों में विभाजित किया जा सकता है ?

वैज्ञानिक भी निरंतर यह जानने का प्रयास करते रहे हैं कि क्या परमाणु विभाज्य हैं। यदि ऐसा है तो परमाणु के घटक कौन-से हैं और वे किस प्रकार व्यवस्थित होते हैं? आइए, **जाँच** करें कि परमाणु की अवधारणा कैसे उत्पन्न हुई और यह समय के साथ कैसे विकसित हुई।

8.1 परमाणु सिद्धांत की उत्पत्ति का पुन: अन्वेषण

आइए, हम 2,000 वर्ष पूर्व के प्राचीन भारत एवं प्राचीन ग्रीस के बौद्धिक परिदृश्य की यात्रा प्रारंभ करते हैं। इन दोनों दूरस्थ परंतु आश्चर्यजनक रूप से समानांतर सभ्यताओं के महान विचारक, जैसे— भारत में आचार्य कणाद एवं ग्रीस में लियुसीपस तथा डेमोक्रिटस उस मूल प्रश्न पर निरंतर विचार करते रहे जो कई शताब्दियों से मानव खोज को प्रेरित करता रहा है कि अंततःसमस्त वस्तुएँ किससे निर्मित हुई हैं।

आचार्य कणाद ने यह सुझाव दिया कि यदि पदार्थ (द्रव्य) को निरंतर विभाजित किया जाए तो एक ऐसी स्थिति आएगी जिसमें इतने सूक्ष्म कण प्राप्त होंगे कि उन्हें और अधिक विभाजित नहीं किया जा सकेगा। इन्होंने इन कणों को परमाणु कहा। इनके विचार संस्कृत ग्रंथ *वैशेषिक सूत्र* में उल्लिखित हैं। परमाणु अत्यंत सूक्ष्म कण है और इसे हमारी इंद्रियाँ अनुभव नहीं कर सकती हैं। परमाणु संयोजित होकर द्वय (दो परमाणुओं का समूह) एवं त्रय (तीन परमाणुओं का समूह) इत्यादि बनाते हैं। इन्हीं संयोजनों से संपूर्ण भौतिक ब्रह्मांड के पदार्थ (जिसमें सजीवों की काया भी सम्मिलित हैं, निर्मित होते हैं), यद्यपि दिया गया विवरण यह निर्दिष्ट नहीं करता कि विभिन्न पदार्थों के निर्माण में परमाणुओं के संयोजन का अनुपात क्या होता है।

ग्रीक दार्शनिक लियुसीपस एवं डेमोक्रिटस ने भी ऐसा ही विचार प्रस्तावित किया। इन्होंने इन अविभाज्य कणों को एटोमॉस *(atomos)* कहा (ग्रीक में एटोमॉस का अर्थ अविभाज्य है)।

आपको यह स्मरण रखना चाहिए कि 'परमाणु' की अवधारणा की उत्पत्ति काल्पनिक विचार से हुई थी न कि प्रायोगिक अवलोकनों से।

अनेक शताब्दियों पश्चात वर्ष 1808 में जॉन डाल्टन ने अपना परमाणु सिद्धांत प्रस्तुत किया। यह उस समय के वैज्ञानिक प्रयोगों पर आधारित था। इन्होंने प्रस्तावित किया कि सभी द्रव्य अविभाज्य सूक्ष्म कणों से बने हैं जिन्हें परमाणु कहा जाता है अर्थात परमाणु द्रव्य के वे निर्माण मूल खंड हैं जिन्हें और सूक्ष्म कणों में विभाजित नहीं किया जा सकता। डाल्टन का परमाणु सिद्धांत यह ज्ञात करने का प्रथम वैज्ञानिक विवरण था कि द्रव्य किस प्रकार बना है। यह परमाणु संरचना की आधुनिक समझ का आरंभिक बिंदु बना।

आपको यह जानने की उत्सुकता होगी कि डाल्टन का विचार परमाणु की संरचना के मॉडल के रूप में किस प्रकार विकसित हुआ।

डाल्टन के सिद्धांत के आधार पर वैज्ञानिक निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर जानने को उत्सुक थे—

- परमाणु किससे निर्मित होते हैं?
- यदि हम परमाणुओं को देख सकते तो वे कैसे दिखाई देते?
- एक तत्व के परमाणु किसी अन्य तत्व के परमाणुओं से किस प्रकार भिन्न होते हैं?

8.2 परमाणु मॉडलों की एक संक्षिप्त ऐतिहासिक यात्रा

एक शताब्दी से भी पूर्व, वैज्ञानिक परमाणु संरचना के सरल मॉडल को प्रस्तावित करते रहे एवं यह कल्पना करने का प्रयास करते रहे कि परमाणु कैसे दिखाई देते हैं। जैसे-जैसे नए प्रयोग किए गए और नए प्रमाण प्रकाश में आए, इन मॉडलों में निरंतर परिवर्तन एवं सुधार किया गया। यद्यपि अब हम यह जानते हैं कि प्रारंभिक मॉडल पूर्णतः सही नहीं थे परंतु वर्तमान में भी इनकी महत्ता है क्योंकि ये मॉडल दर्शाते हैं कि जिज्ञासा, प्रश्नों एवं प्रयोगों के द्वारा एक-एक कदम बढ़ाते हुए विज्ञान ने किस प्रकार प्रगति की है।

19 वीं शताब्दी के अंत तक परमाणु को पदार्थ की सबसे छोटी अविभाज्य इकाई माना जाता रहा। यद्यपि वैज्ञानिकों ने खोजा कि कुछ तत्व अदृश्य ऊर्जा एवं कण उत्सर्जित करते हैं जिसे **विकिरण** कहा जाता है

© NCERT not to be republished

टिप्पणी

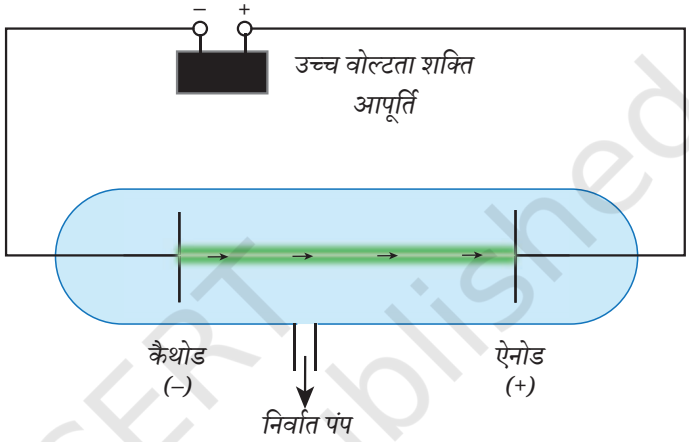
परमाणुओं का कोई रंग नहीं होता। रेखाचित्रों में प्रदर्शित रंग मात्र चित्रण के उद्देश्य से हैं।

एवं इस परिघटना को **रेडियोधर्मिता** कहा गया। इससे यह ज्ञात हुआ कि परमाणु निश्चित ही और भी सूक्ष्म कणों से मिलकर बने हैं तथा यह प्रमाणित हुआ कि वे अविभाज्य नहीं हैं जैसा कि पहले समझा जाता था।

वर्ष 1897 में जे. जे. टॉमसन ने अति निम्न दाब पर गैसों में विद्युत धारा के चालन का अध्ययन किया। उन्होंने एक काँच की नलिका का उपयोग किया एवं उसमें उच्च वोल्टता पर विद्युत धारा को प्रवाहित किया। उन्होंने देखा कि किरणें, कैथोड (ऋणावेशित इलेक्ट्रोड) से ऐनोड (धनावेशित इलेक्ट्रोड) की ओर गमन कर रही हैं (चित्र 8.1)। इन्हें कैथोड किरणें कहा गया। विद्युत एवं चुंबकीय क्षेत्र में इन कैथोड किरणों पर किए गए अध्ययन के आधार पर वे इस निष्कर्ष पर पहुँचे कि ये किरणें ऋणावेशित कणों जिनका द्रव्यमान परमाणु के द्रव्यमान से बहुत कम है, की धाराएँ हैं। इन कणों को बाद में **इलेक्ट्रॉन** कहा गया। परमाणुओं से उत्सर्जित इन कणों ने यह इंगित किया कि परमाणु और भी सूक्ष्म अवपरमाणुक कणों से निर्मित हैं।

वैज्ञानिक–परिचय

जे. जे. टॉमसन का सर्वाधिक उल्लेखनीय कार्य इलेक्ट्रॉन की खोज थी जिसे प्रथम अवपरमाणुक कण के रूप में पहचाना गया और ये समस्त परमाणुओं में विद्यमान होते हैं। इन्हें वर्ष 1906 में गैसों की विद्युत चालकता के अपने अध्ययन पर भौतिकी का नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ। इनके इसी अनुसंधान ने इन्हें इलेक्ट्रॉन की खोज की प्रेरणा दी। कैम्ब्रिज की प्रसिद्ध कैवेंडिश प्रयोगशाला के प्रमुख के रूप में इन्होंने अर्न्स्ट रदरफोर्ड सहित अनेक वैज्ञानिकों का मार्गदर्शन कर उन्हें प्रेरित किया।

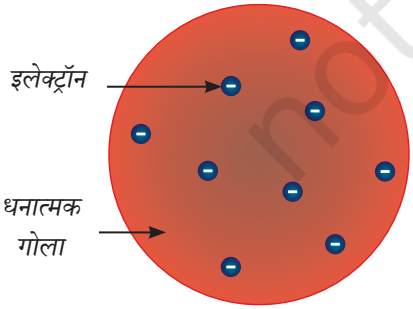


चित्र 8.1 — कैथोड किरण नलिका का रेखाचित्र

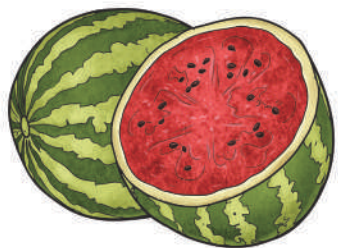
यह ज्ञात हुआ कि कैथोड किरणों की प्रकृति कैथोड के पदार्थ एवं कैथोड नली में भरी हुई गैस पर निर्भर नहीं करती है। इससे यह प्रमाणित हुआ कि इलेक्ट्रॉन सभी परमाणुओं के मूल घटक हैं जो प्रत्येक तत्व में उपस्थित होते हैं। एक इलेक्ट्रॉन पर (-1.602×10^{-19} C) आवेश होता है जिसे परिपाटी एवं सुविधा हेतु -1 लिया जाता है।

8.2.1 टॉमसन का परमाणु मॉडल

जब जे. जे. टॉमसन ने सूक्ष्म ऋणात्मक कण जिन्हें इलेक्ट्रॉन कहते हैं, की खोज की तो इनके सामने एक पहेली यह थी कि यदि परमाणु उदासीन होते हैं तो इनमें धनात्मक आवेश कहाँ विद्यमान होता है? इसके समाधान हेतु टॉमसन ने प्रस्तावित किया कि परमाणु धनात्मक आवेश का एक गोला होता है जिसमें इलेक्ट्रॉन समान रूप से वितरित होते हैं (चित्र 8.2)। इस मॉडल की तुलना पुडिंग में धँसे हुए प्लम्स (सूखा मेवा, आलूबुखारा) से की गई जिसे 'प्लम पुडिंग मॉडल' कहा गया। एक अत्यंत व्यावहारिक उदाहरण तरबूज का लिया जा सकता है (चित्र 8.3) जिसमें लाल गूदा धनात्मक आवेश को और बीज परमाणु में वितरित इलेक्ट्रॉनों को प्रदर्शित करता है। यह सरल चित्र भले ही बाद में परिवर्तित हो गया हो परंतु यह परमाणु में धनावेश एवं ऋणावेश के संतुलन को वर्णित करने का प्रथम सार्थक प्रयास था।



चित्र 8.2 — टॉमसन का परमाणु मॉडल



चित्र 8.3— तरबूज

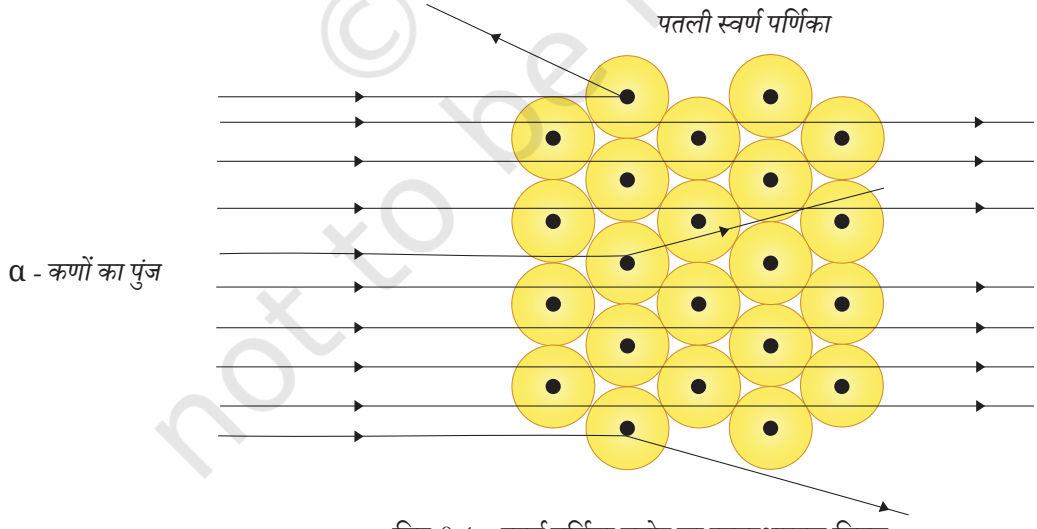
© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

1. मान लीजिए कि आपने टॉमसन के विवरणानुसार स्वयं एक 'परमाणु' बनाया जिसमें धनात्मक आवेश के लिए मिट्टी और वितरित इलेक्ट्रॉनों के लिए छोटे मोतियों का उपयोग किया। क्या होगा यदि —
   (i) मिट्टी पर धनावेश उसमें वितरित मोतियों के कुल ऋणावेश से कम हो?
   (ii) त्रुटिवश यदि मिट्टी में थोड़ा-सा भी ऋणावेश हो तो क्या आपका मॉडल अब भी उदासीन परमाणु को प्रदर्शित करेगा?
2. क्या इसकी तुलना एक संतरे (अथवा एक नींबू जिनके नरम गूदों के मध्य बीज होते हैं) से करना उचित है? यह कहाँ तक टॉमसन के विचार से मेल खाता है और इसमें कहाँ कमी है?
3. टॉमसन ने यह निष्कर्ष क्यों निकाला कि इलेक्ट्रॉन सभी परमाणुओं में उपस्थित होते हैं?

8.2.2 टॉमसन मॉडल का परीक्षण— स्वर्ण पर्णिका प्रयोग

वर्ष 1911 में गाइगर एवं मार्सडेन जो अर्न्स्ट रदरफोर्ड के निर्देशन में कार्य कर रहे थे, ने टॉमसन के परमाणु मॉडल की जाँच की जो स्वर्ण पर्णिका (gold foil) प्रयोग के नाम से प्रसिद्ध हुआ। इन्होंने स्वर्ण पर्णिका पर अल्फा कणों के संकीर्ण किरणपुंज की बौछार की। अल्फा (प्रतीक α) कण धनावेशित सूक्ष्म कण होते हैं जो कुछ रेडियोधर्मी तत्वों से उत्सर्जित होते हैं। इस अध्याय में आप आगे जानेंगे कि अल्फा कण वास्तव में हीलियम परमाणु का नाभिक है जिसमें दो प्रोटॉन और दो न्यूट्रॉन उपस्थित होते हैं। टॉमसन मॉडल के अनुसार परमाणु में धनात्मक आवेश समान रूप से वितरित होता है। अत: उन्होंने यह अपेक्षा की थी कि अल्फा कण स्वर्ण पर्णिका के आर-पार हो जाएँगे अथवा बहुत कम विक्षेपित होंगे। परंतु उनके लिए ये आश्चर्यजनक था कि जहाँ अधिकांश कण विक्षेपित हुए बिना पर्णिका से सीधे निकल गए वहीं कुछ कण बहुत अधिक विक्षेपित हुए (चित्र 8.4) और कुछ कण तो पुन: लौट आए। इस प्रकार सीधे मार्ग से विक्षेपण को **प्रकीर्णन (scattering)** कहा गया। अत: स्वर्ण पर्णिका प्रयोग को **α-किरण प्रकीर्णन प्रयोग** भी कहा जाता है।

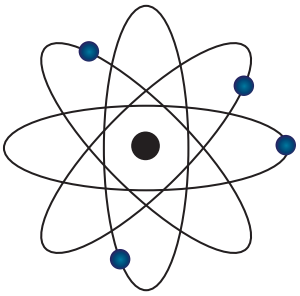


चित्र 8.4— स्वर्ण पर्णिका प्रयोग का व्यवस्थात्मक चित्रण

टॉमसन का मॉडल स्वर्ण पर्णिका के प्रयोग के परिणामों की व्याख्या करने में विफल रहा विशेष रूप से कुछ α-कणों का बड़े कोणों में विक्षेपण तथा अधिकांश α-कणों का पर्णिका से विक्षेपित हुए बिना गमन।

© NCERT not to be republished

क. रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल



चित्र 8. 5— रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तावित ग्रहीय मॉडल का व्यवस्थात्मक चित्र

स्वर्ण पर्णिका प्रयोग से रदरफोर्ड ने यह निष्कर्ष निकाला कि परमाणु का धनावेश पूरे क्षेत्र में वितरित नहीं होता अपितु एक अति सूक्ष्म क्षेत्र में केंद्रित होता है जिसे **नाभिक** कहते हैं। उन्होंने प्रस्तावित किया कि—

- परमाणु का अधिकांश भाग रिक्त है क्योंकि अधिकतर अल्फा (α) कण बिना विक्षेपित हुए पर्णिका के पार निकल गए।
- नाभिक सघन है जिसमें संपूर्ण धनावेश और परमाणु का अधिकांश द्रव्यमान विद्यमान होता है।
- इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर घूमते हैं जैसे ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं। इसीलिए इस मॉडल को **परमाणु का ग्रहीय मॉडल** कहा जाता है (चित्र 8.5)।

रदरफोर्ड ने पाया कि नाभिक अति सूक्ष्म, परमाणु से लगभग 10^5 (एक लाख) गुना छोटा होता है। इन्होंने परिकलित किया कि परमाणु का व्यास लगभग10^{-10} m और नाभिक का व्यास लगभग 10^{-15} m होता है। आप कल्पना कर सकते हैं कि यदि परमाणु एक क्रिकेट मैदान (लगभग 100 मीटर) जितना बड़ा है तो नाभिक उसके केंद्र में काली मिर्च के छोटे दाने (कुछ mm) जितना होगा।

आइए, और आगे बढ़ें

0.1 mm मोटाई का कागज का एक पत्रक (जैसा आपकी पाठ्यपुस्तक का एक पृष्ठ) बनाने के लिए कितने परमाणुओं की आवश्यकता होगी? गणना कीजिए।

यदि एक परमाणु का व्यास लगभग 10^{-10} m है और कागज का पत्रक 0.1 mm (10^{-4} m) मोटाई का है तो परमाणुओं की संख्या ≈ (10^{-4} m) ÷ (10^{-10} m) = 10^6 होगी।

अर्थात यह लगभग 10 लाख परमाणुओं को एक के ऊपर एक रखने जैसा है! जब ये परमाणु साथ जुड़ते हैं तो ठोस पदार्थ बनाते हैं जिन्हें देखा और छुआ जा सकता है। साधारण-सा दिखने वाला पत्रक, वास्तव में सुगमता से व्यवस्थित छोटी-छोटी इकाइयों का एक बहुत बड़ा समूह है। यह आश्चर्यजनक है कि किस प्रकार अदृश्य परमाणुओं का संसार हमारे प्रतिदिन उपयोग में आने वाली वस्तुओं को आकार देता है जिन्हें हम देख सकते हैं।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

चित्र 8.4 में दर्शाए स्वर्ण पर्णिका प्रयोग का अवलोकन कीजिए। उन अवलोकनों का **पूर्वानुमान** लगाइए जो प्रयोग में अधिक मोटी स्वर्ण पर्णिका का उपयोग करने पर प्राप्त हो सकते हैं? अपने अपेक्षित अवलोकनों को दर्शाने हेतु एक सरल चित्र भी बनाइए।

संकेत— पतली पर्णिका एवं मोटी पर्णिका की तुलना कीजिए। पर्णिका की मोटाई α कणों के नाभिक से टकराने की संभावनाओं को कैसे प्रभावित करेगी?

सोचिए और बताइए

4. आप क्या सोचते हैं? यदि रदरफोर्ड के स्वर्ण पर्णिका प्रयोग में अल्फा (α) कणों के स्थान पर ऋणावेशित कणों का उपयोग किया जाता तो क्या होता?
5. रदरफोर्ड ने पाया कि कुछ अल्फा (α) कण तीव्र गति से पुन: लौट आए। मात्र इस एक आश्चर्यजनक परिणाम से टॉमसन का परमाणु 'प्लम पुडिंग मॉडल' पूर्ण रूप से कैसे गलत सिद्ध हो गया?
6. यदि आप रदरफोर्ड से उनके कार्य के संबंध में एक प्रश्न पूछ सकते तो वह क्या होता?

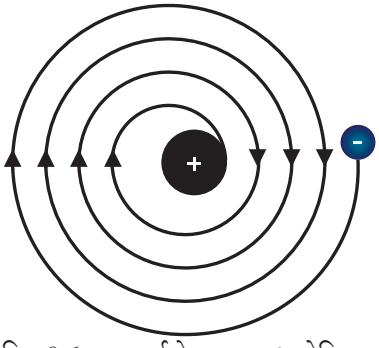
© NCERT not to be republished

स्वर्ण पर्णिका प्रयोग के परिणामों की व्याख्या में रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल, टॉमसन के परमाणु मॉडल से अधिक श्रेष्ठ था परंतु इस मॉडल की भी एक सीमा थी। यह परमाणु के स्थायित्व को नहीं समझा पाया।

ख. रदरफोर्ड मॉडल की सीमाएँ

यद्यपि केंद्रीय नाभिक का विचार एक बड़ा अग्र चरण था परंतु रदरफोर्ड मॉडल परमाणु के स्थायित्व की व्याख्या नहीं कर सका।

जैसा कि आपने अध्याय 4 'अपने परिवेश में गति का वर्णन' में सीखा कि कोई कण जब वृत्ताकार मार्ग में गति करता है तो उसकी दिशा निरंतर परिवर्तित होती रहती है इसका अर्थ है कि वह त्वरित हो रहा है। यदि ऋणावेशित इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर त्वरित होता रहता है तो इसकी ऊर्जा में निरंतर ह्रास होना चाहिए। ऊर्जा के उत्तरोत्तर क्षय से उसे धीरे-धीरे भीतर की ओर गति करते हुए अंत में धनावेशित नाभिक में गिर जाना चाहिए (चित्र 8.6)। यदि वास्तव में ऐसा होता तो परमाणु नष्ट हो जाता और उसका अस्तित्व समाप्त हो जाता। परंतु वास्तव में परमाणु स्थायी होते हैं और इसलिए हमारे आस-पास द्रव्य अक्षुण्ण रहता है। इसका अर्थ है कि रदरफोर्ड का मॉडल पूर्णत: सही नहीं था और एक नए स्पष्टीकरण की आवश्यकता थी जो यह व्याख्या कर सके कि इलेक्ट्रॉन नाभिक में गिरे बिना किस प्रकार गतिशील रहते हैं?



चित्र 8.6 — ऊर्जा के ह्रास पर आवेशित कण द्वारा अनुसरित सर्पिलाकार पथ

परंतु इससे पूर्व आपको एक अन्य अवपरमाणुक कण, प्रोटॉन के विषय में जानना आवश्यक है जिसकी रदरफोर्ड ने खोज की एवं नामकरण किया।

ग. प्रोटॉन की खोज

रदरफोर्ड ने दर्शाया कि नाभिक में उपस्थित कणों (जिन्हें **प्रोटॉन** कहते हैं) के कारण उस पर धनावेश होता है। प्रोटॉन का भार इलेक्ट्रॉन से बहुत अधिक होता हैं और इस पर इलेक्ट्रॉन के समान परंतु विपरीत आवेश होता है।

एक परमाणु को विद्युत उदासीन होने के लिए उसमें प्रोटॉनों की संख्या इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होनी चाहिए। उदाहरणार्थ— एक हीलियम परमाणु में दो प्रोटॉन और दो इलेक्ट्रॉन होते हैं जबकि सोडियम परमाणु में 11 प्रोटॉन तथा 11 इलेक्ट्रॉन होते हैं। चूँकि कुल धनावेश कुल ऋणावेश के समान है इसलिए हीलियम और सोडियम के परमाणु विद्युत उदासीन हैं। इस प्रकार सभी परमाणु विद्युत उदासीन होते हैं।

वैज्ञानिक-परिचय

न्यूजीलैंड में जन्मे अरनेस्ट रदरफोर्ड कैम्ब्रिज गए वहाँ इन्होंने जे. जे. टॉमसन के साथ कार्य किया और वे 'नाभिकीय भौतिकी के जनक' कहलाए। इन्होंने परमाणु में नाभिक की खोज की और समझाया कि कुछ तत्व प्राकृतिक रूप से कैसे खंडित हो जाते हैं। इस खोज के लिए इन्हें वर्ष 1908 में रसायन विज्ञान के नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया। वर्ष 1911 में इन्होंने परमाणु का नाभिकीय मॉडल प्रतिपादित किया। इनका चित्र न्यूजीलैंड के100 डॉलर के नोट पर छपा हुआ है।

सोचिए और बताइए

7. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण को पढिए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।

अभिकथन— रदरफोर्ड ने निष्कर्ष निकाला कि परमाणु का अधिकांश द्रव्यमान उसके केंद्र में एक छोटे से भाग में केंद्रित होता है जिसे नाभिक कहते हैं।

कारण— टॉमसन मॉडल के अनुसार इलेक्ट्रॉन एकसमान रूप से वितरित धनावेश वाले गोले में धँसे हुए रहते हैं।

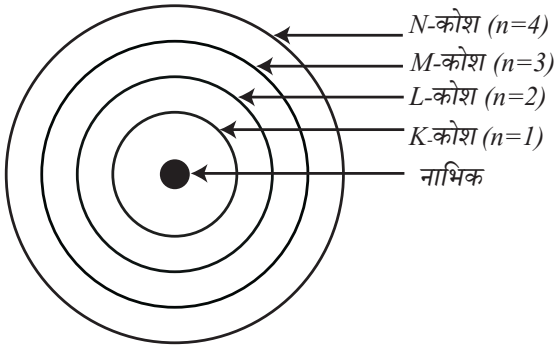
(i) अभिकथन और कारण दोनो सत्य हैं और कारण अभिकथन की सही व्याख्या है।

(ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं परंतु कारण अभिकथन की सही व्याख्या नहीं है।

(iii) अभिकथन सत्य है परंतु कारण असत्य है।

(iv) अभिकथन असत्य है परंतु कारण सत्य है।

© NCERT not to be republished



चित्र 8.7— एक परमाणु में ऊर्जा स्तर

8.2.3 बोर का परमाणु मॉडल

परमाणुओं के स्थायित्व को समझाने के लिए नील्स बोर ने वर्ष 1913 में एक नया परमाणु मॉडल प्रतिपादित किया। बोर के अनुसार—

- इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर यादृच्छिक रूप से गति नहीं करते अपितु वे निश्चित वृत्ताकार पथ में गति करते हैं जिन्हें **स्थायी अवस्थाएँ, कक्षाएँ अथवा कोश (shell)** कहा जाता है। प्रत्येक कोश में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा निश्चित होती है इसलिए इन्हें **ऊर्जा स्तर** भी कहते हैं।
- इन कोशों को K, L, M, N, ... अक्षरों से अथवा n = 1, 2, 3, 4, ... संख्याओं द्वारा प्रदर्शित किया जाता है (चित्र 8.7)।
- इलेक्ट्रॉन मात्र इन्हीं अनुमत कोशों में गति कर सकते हैं, इन कोशों के मध्य में नहीं। इस निश्चित कोश में गति करते हुए इलेक्ट्रॉन ऊर्जा का क्षय नहीं करता है।
- प्रथम ऊर्जा स्तर K (n=1) नाभिक के निकटतम होता है और इसकी ऊर्जा सबसे कम होती है।
- जैसे-जैसे हम नाभिक से दूर जाते हैं, स्तरों की ऊर्जा में वृद्धि होती जाती है, जैसे— L-कोश (n=2) की ऊर्जा, K-कोश (n=1) से अधिक होती है, जो कोश नाभिक से जितना दूर होता है उसकी ऊर्जा उतनी ही अधिक होती है।
- दो कोशों की ऊर्जा के अंतर के बराबर निश्चित मात्रा में ऊर्जा अवशोषित अथवा उत्सर्जित कर इलेक्ट्रॉन एक कोश से दूसरे कोश में जा सकता है।
- प्रत्येक कोश में इलेक्ट्रॉनों की एक निश्चित संख्या ही हो सकती है।

आप आश्चर्य कर रहें होंगे कि बोर का मॉडल परमाणु के स्थायित्व को किस प्रकार समझाता है? बोर के मॉडल में भी इलेक्ट्रॉन, रदरफोर्ड मॉडल की भाँति धनावेशित नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार पथों में गति करते हैं परंतु इस प्रकार गति करने से ऊर्जा का ह्रास क्यों नहीं होता। बोर ने इसे स्पष्ट करने के लिए स्थायी कक्षाओं (कोश) की अवधारणा को अभिगृहित के रूप में प्रस्तुत किया। इनके अनुसार स्थायी कक्षा में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा स्थिर रहती है भले ही वह नाभिक के चारों ओर गति कर रहा है। बोर का मॉडल अनेक प्रायोगिक अवलोकनों की व्याख्या करने में सफल रहा और यह परमाणु की संरचना को समझने में एक मुख्य चरण था।

वैज्ञानिक-परिचय

नील्स बोर डेनमार्क के कोपेनहेगेन विश्वविद्यालय में भौतिकी के प्रोफेसर थे। वे इस बात को लेकर उत्सुक थे कि परमाणु का अस्तित्व कैसे होता है क्योंकि पुराने मॉडल यह नहीं समझा सके थे कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर गति करते हुए उसमें क्यों नहीं गिरते हैं। परमाणु संरचना पर इनकी व्याख्या ने इस विषय को अधिक स्पष्ट किया। परमाणु संरचना पर अपने कार्य के लिए नील्स बोर को वर्ष 1922 में नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ था।

जिज्ञासा-सूत्र

बोर के कोशों (कोश) को K, L, M, N, ... क्यों कहा गया, A, B, C, D, ... क्यों नहीं?

भौतिक वैज्ञानिक चार्ल्स बर्कला के प्रारंभिक X-किरण प्रयोगों द्वारा ये नाम रखे गए। इन्होंने सर्वप्रथम देखी गई X-किरण रेखा को K नाम दिया। उन्होंने A से नामकरण इसलिए प्रारंभ नहीं किया कि यदि K से पूर्व किसी शृंखला के खोजें जाने की संभावना हो तो इसके नामकरण हेतु स्थान रहे यद्यपि ऐसी कोई शृंखला नहीं खोजी गई। बोर ने परमाणु कोशों के लिए यही नामकरण अपनाया।

एक स्तर ऊपर

तत्पश्चात बोर के मॉडल की भी सीमाएँ देखी गईं इसलिए एक अन्य मॉडल क्वाण्टम यांत्रिकीय मॉडल प्रस्तावित किया गया। इसके विषय में आप उच्च कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।

© NCERT not to be republished

8.3 परमाणु के द्रव्यमान में कौन-से घटक योगदान देते हैं?

रदरफोर्ड का मॉडल दर्शाता है कि परमाणु का अधिकांश द्रव्यमान उसके नाभिक में केंद्रित होता है। नाभिक के चारों ओर गति करते हुए इलेक्ट्रॉन इतने हल्के होते हैं कि उनके द्रव्यमान की लगभग उपेक्षा की जा सकती है।

परंतु 20वीं शताब्दी के प्रारंभ में एक समस्या सामने आई, जैसे कि एक हाइड्रोजन परमाणु में एक प्रोटॉन और हीलियम परमाणु में दो प्रोटॉन होते हैं तथापि हीलियम परमाणु का द्रव्यमान, हाइड्रोजन परमाणु के द्रव्यमान से चार गुना अधिक है, दोगुना नहीं। इसने वैज्ञानिकों को विचार करने के लिए प्रेरित किया कि क्या नाभिक में प्रोटॉन के अतिरिक्त कोई और भी कण है जो आवेश को प्रभावित किए बिना उसके द्रव्यमान में वृद्धि करता है?

8.3.1 न्यूट्रॉन की खोज

वर्ष 1932 में इस समस्या का समाधान जेम्स चैडविक ने किया (वे अरनेस्ट रदरफोर्ड के छात्र थे)। इन्होंने एक नए अवपरमाणुक कण की खोज की जिसका द्रव्यमान लगभग प्रोटॉन के बराबर था परंतु इस पर कोई आवेश नहीं था। इस उदासीन कण को **न्यूट्रॉन** कहा गया और इसे '*n*' से दर्शाया गया। न्यूट्रॉन, हाइड्रोजन परमाणु के अतिरिक्त सभी परमाणुओं में पाए जाते हैं। अतः किसी परमाणु का द्रव्यमान मुख्य रूप से प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों के कारण होता है जो नाभिक में सुसंकलित रहते हैं। इससे यह भी स्पष्ट हुआ कि परमाणु का द्रव्यमान उसमें स्थित कुल प्रोटॉनों के द्रव्यमान से अधिक क्यों होता है।

तालिका 8.1 अवपरमाणुक कणों के प्रतीकों एवं आपेक्षिक आवेशों को दर्शाती है।

तालिका 8.1— अवपरमाणुक कणों के प्रतीक एवं आपेक्षिक आवेश

क्रम सं.	अवपरमाणुक कण	प्रतीक	आपेक्षिक आवेश
1.	इलेक्ट्रॉन	e^-	–1
2.	प्रोटॉन	p^+	+1
3.	न्यूट्रॉन	n^0	0

जिज्ञासा-सूत्र

हल्के परमाणुओं में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की संख्या प्रायः समान होती है (जैसे— कार्बन परमाणु में छह प्रोटॉन और छह न्यूट्रॉन, ऑक्सीजन परमाणु में आठ प्रोटॉन और आठ न्यूट्रॉन)।

परंतु जैसे-जैसे परमाणु भारी होते जाते हैं उनके नाभिकों में न्यूट्रॉनों की संख्या प्रोटॉनों की संख्या से अधिक होती जाती है। आयरन (लोहा) परमाणु में 26 प्रोटॉन और 30 न्यूट्रॉन होते हैं और जब हम यूरेनियम तक पहुँचते हैं तो उसके नाभिक में 92 प्रोटॉन तथा 146 न्यूट्रॉन होते हैं।

आपको आश्चर्य होगा कि जब समान आवेशित प्रोटॉन नाभिक में संकुचित रहते हैं तो वे एक-दूसरे को दूर क्यों नहीं धकेलते?

इसको इस प्रकार सोचिए कि नाभिक के भीतर प्रत्येक प्रोटॉन दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं क्योंकि वे सभी धनावेशी होते हैं। न्यूट्रॉन जो उदासीन होते हैं प्रोटॉनों के मध्य दूरी बढ़ाकर प्रतिकर्षण को कम कर देते हैं और इसके साथ ही कणों को परस्पर बाँधें रखने वाला बल जिसे नाभिकीय बल कहते हैं, को प्रबल कर देते हैं। अत: भारी परमाणुओं में अधिक न्यूट्रॉनों की आवश्यकता होती है जिससे वे नाभिक में स्थित सभी कणों को दृढ़ता से बाँधें रख सकें।

क्या होगा यदि ...

परमाणु में कोई रिक्त स्थान न हो? इससे विभिन्न वस्तुओं का आकार किस प्रकार प्रभावित हुआ होगा?

आइए, और चिंतन करें।

न्यूट्रॉन की खोज ने परमाणु भौतिकी में एक नए युग का सूत्रपात किया। न्यूट्रॉन अनावेशित कण होते हैं इसलिए सरलता से परमाणु नाभिक को बेध देते हैं। इस कारण कृत्रिम रेडियोधर्मी तत्व बनाना एवं यूरेनियम के परमाणुओं का खंडन जैसी महत्त्वपूर्ण खोजें संभव हुई। इसके द्वारा 'परमाणु युग' की उत्पत्ति हुई जिसके अंतर्गत नाभिकीय शक्ति तथा नाभिकीय हथियारों दोनों का विकास हुआ।

वैज्ञानिक-परिचय

जेम्स चैडविक ने कैम्ब्रिज विश्वविद्यालय की प्रसिद्ध केवेंडिश प्रयोगशाला में रदरफोर्ड के मार्गदर्शन में कार्य करते हुए वर्ष1932 में न्यूट्रॉन की खोज कर एक महत्त्वपूर्ण पहेली का समाधान निकाला। इस खोज से परमाणु द्रव्यमान को स्पष्ट किया जा सका और इसके लिए चैडविक को वर्ष 1935 में भौतिकी का नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ। न्यूट्रॉन की खोज ने अनुसंधान में क्रांतिकारी परिवर्तन किए जिससे वैज्ञानिकों को नाभिक के रहस्यों की खोज करने में सहायता मिली तथा परमाणु ऊर्जा को समझने एवं उसका उपयोग करने हेतु अन्वेषणों की शृंखला को बढ़ावा मिला।

© NCERT not to be republished

भारत का वैज्ञानिक योगदान

मुंबई स्थित भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (चित्र 8.8) 'ध्रुव' जैसे रिएक्टरों का उपयोग कर उन्नत न्यूट्रॉन - प्रकीर्णन प्रयोगों में अग्रणी है। इन प्रयोगों से वैज्ञानिकों को अनेक पदार्थों जैसे अतिचालकों, बैटरी इलेक्ट्रोडों और औषधियों के अणुओं के विषय में महत्त्वपूर्ण सूचना प्राप्त हुई है। इससे श्रेष्ठतर दवाइयों, ऊर्जा भंडारण और सुदृढ़ औद्योगिक मिश्र धातुओं को भारत में ही विकसित करने में सहायता मिली है।

चित्र 8.8 — भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र

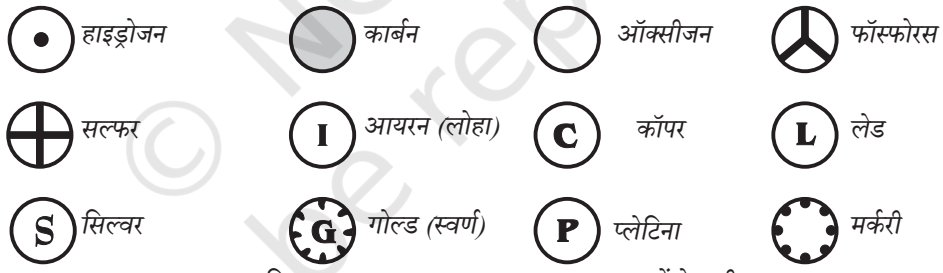
ध्रुव के विषय में और अधिक शोध एवं खोज कीजिए!

वर्ष 1869 तक वैज्ञानिक 69 तत्वों के विषय में जानते थे जिनमें से अधिकांश पृथ्वी में प्राकृतिक रूप से पाए गए थे। वर्तमान में हम 118 भिन्न-भिन्न रासायनिक तत्वों के विषय में जानते हैं। इनमें से कुछ तत्व कृत्रिम रूप से बनाए गए हैं और अन्य तत्वों की खोज जारी है।

आइए, अब हम जानते हैं कि सरलता हेतु तत्वों को निरूपित करने का प्रारंभ किस प्रकार हुआ?

8.4 तत्वों के प्रतीक

जॉन डाल्टन ने यह अनुभव किया कि रसायन विज्ञान को सरल बनाने के लिए तत्वों एवं यौगिकों को निरूपित करने की एक मानक विधि होनी चाहिए। इन्होंने ज्ञात तत्वों को दर्शाने के लिए वर्ष 1803 में प्रथम **चित्रात्मक प्रतीक** बनाए। चित्र 8.9 में कुछ प्रतीकों को दर्शाया गया है।



चित्र 8.9— डाल्टन द्वारा बनाए गए कुछ तत्वों के प्रतीक

बर्जेलियस ने वर्ष 1813 में यह सुझाव दिया कि तत्वों के प्रतीक उनके लैटिन नामों से लिए जाने चाहिए। इस प्रकार अक्षरों वाले रासायनिक प्रतीकों का आरंभ हुआ। वर्तमान समय में 'शुद्ध और अनुप्रयुक्त रसायन विज्ञान का अंतर्राष्ट्रीय संघ' (International Union of Pure and Applied Chemistry) नामक अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक संस्था, तत्वों के नामों और उनके प्रतीकों की स्वीकृति प्रदान करती है। इन प्रतीकों को लिखने के कुछ नियम इस प्रकार हैं—

- अनेक तत्वों के प्रतीक उनके आई.यू.पी.ए.सी. नाम के प्रथम अक्षर अथवा प्रथम दो अक्षरों से बने होते हैं।
- प्रतीक के नाम का प्रथम अक्षर सदैव बड़े अक्षर (capital letter) जबकि द्वितीय अक्षर अंग्रेजी भाषा में छोटे अक्षर में लिखा जाता है। उदाहरणार्थ— हाइड्रोजन (H), ऐलुमिनियम (Al) (न कि AL), कोबाल्ट Co (न कि CO) इत्यादि।
- कुछ तत्वों के प्रतीक उनके नाम के प्रथम अक्षर और द्वितीय अक्षर को छोड़कर किसी अन्य अक्षर से बनते हैं। उदाहरणार्थ— क्लोरीन Cl, जिंक Zn इत्यादि।

© NCERT not to be republished

- कुछ तत्वों के प्रतीक उनके अंग्रेजी नाम से नहीं अपितु लैटिन, ग्रीक अथवा जर्मन नामों से लिए गए हैं। उदाहरणार्थ— आयरन का प्रतीक Fe [लैटिन नाम फेरम (*ferrum*)], मर्करी का प्रतीक Hg [ग्रीक नाम हाइड्रेगेईरोस (*hydrargyros*)] और टंगस्टन का प्रतीक W [जर्मन वोल्फ्रॉम (*wolfram*) से लिया गया] है।
- सामान्य रूप से उपयोगी कुछ तत्वों के नाम और प्रतीक तालिका 8.2 में दर्शाए गए हैं।

तालिका 8.2— कुछ सामान्य तत्वों के नाम और उनके प्रतीक

तत्व का नाम	प्रतीक	तत्व का नाम	प्रतीक	तत्व का नाम	प्रतीक
ऐलुमिनियम	Al	कॉपर (Cuprum)	Cu	नाइट्रोजन	N
आर्गन	Ar	फ्लुओरीन	F	ऑक्सीजन	O
बेरियम	Ba	गोल्ड (Aurum)	Au	पोटैशियम (Kalium)	K
बोरॉन	B	हाइड्रोजन	H	सिलिकॉन	Si
ब्रोमीन	Br	आयोडीन	I	सिल्वर (Argentum)	Ag
कैल्सियम	Ca	आयरन (Ferrum)	Fe	सोडियम (Natrium)	Na
कॉर्बन	C	लेड (Plumbum)	Pb	सल्फर	S
क्लोरीन	Cl	मैग्नीशियम	Mg	यूरेनियम	U
कोबाल्ट	Co	निऑन	Ne	जिंक	Zn

वैज्ञानिक पूरे नाम के स्थान पर इन प्रतीकों का उपयोग करते हैं क्योंकि ये अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर मान्य हैं और समस्त विश्व के वैज्ञानिकों को भाषा की बाधा के बिना सरलता एवं स्पष्टता से संवाद करने में सहायता करते हैं।

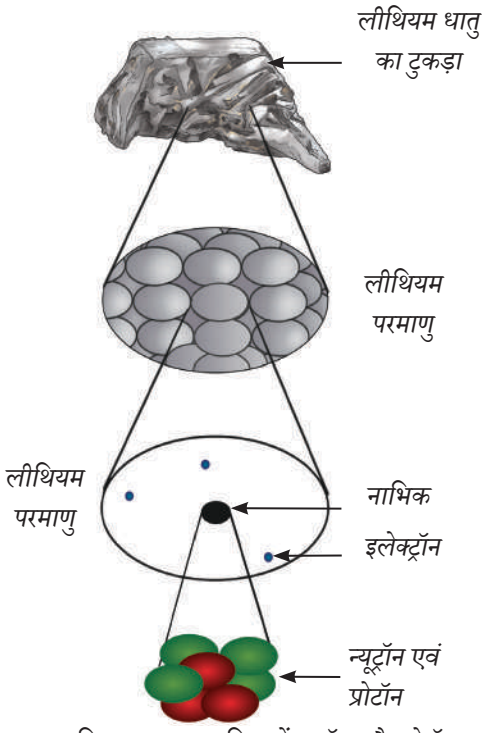
सोचिए और बताइए

8. कल्पना कीजिए कि आप एक वैज्ञानिक हैं और आपने एक नया तत्व खोजा है। उसका नाम अपने नाम पर रखिए और सिद्ध कीजिए कि आपने उसके लिए जिस प्रतीक का चयन किया वह आई.यू.पी.ए.सी. के नियमों का पालन करता है।
9. यदि सभी वैज्ञानिक एक तत्व के लिए भिन्न-भिन्न प्रतीकों का उपयोग करते तो क्या समस्याएँ उत्पन्न हो सकती थीं?

8.5 परमाणु क्रमांक

आपने पढ़ा है कि किसी एक तत्व के सभी परमाणु एक समान होते हैं परंतु वे दूसरे तत्वों के परमाणुओं से भिन्न होते हैं। यह भिन्नता इनमें उपस्थित इलेक्ट्रॉनों एवं प्रोटॉनों की संख्या के कारण होती है। किसी तत्व के परमाणु के नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या को उस तत्व का **परमाणु क्रमांक** कहते हैं। इसे **Z** द्वारा दर्शाया जाता है। यही संख्या किसी तत्व की पहचान एवं उसके रासायनिक व्यवहार को निर्धारित करती है।

© NCERT not to be republished



चित्र 8.10 — नाभिक में न्यूट्रॉन और प्रोटॉन

चूँकि परमाणु पूर्ण रूप से उदासीन होता है इसलिए इसमें प्रोटॉनों की संख्या नाभिक की परिक्रमा कर रहे इलेक्ट्रॉनों की संख्या के बराबर होती है। उदाहरणार्थ— हाइड्रोजन परमाणु में एक प्रोटॉन और एक इलेक्ट्रॉन है।अतः इसका परमाणु क्रमांक 1 होगा। हीलियम का परमाणु क्रमांक 2 है तो इसमें 2 प्रोटॉन और 2 इलेक्ट्रॉन होंगे।

क्या अब आप यह कह सकते हैं कि भिन्न-भिन्न परमाणु क्रमांकों के तत्व एक दूसरे से भिन्न होते हैं अर्थात परमाणु क्रमांक किसी तत्व की विशिष्ट पहचान होती है।

चित्र 8.10 का अवलोकन कीजिए। लीथियम के परमाणु में कितने न्यूट्रॉन एवं प्रोटॉन विद्यमान होते हैं तथा इसका परमाणु क्रमांक क्या है?

8.6. द्रव्यमान संख्या

जैसा कि पूर्व में व्यक्त किया गया है कि हीलियम में दो प्रोटॉन होते हैं परंतु इसका द्रव्यमान प्रोटॉन से लगभग चार गुना अधिक होता है। परमाणु नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों एवं न्यूट्रॉनों की कुल संख्या को **द्रव्यमान संख्या** कहते हैं और इसे **A** से दर्शाया जाता है। नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों एव न्यूट्रॉनों को **न्यूक्लिऑन** कहा जाता है।

द्रव्यमान संख्या = प्रोटॉनों की संख्या + न्यूट्रॉनों की संख्या

चूँकि न्यूट्रॉन का द्रव्यमान प्रोटॉन के द्रव्यमान के लगभग बराबर होता है इसलिए हीलियम परमाणु के द्रव्यमान की गणना दो प्रोटॉनों और दो न्यूट्रॉनों से की जा सकती है। कुछ उदाहरण तालिका संख्या 8.3 में दर्शाए गए हैं।

तालिका 8.3— विभिन्न तत्वों की द्रव्यमान संख्या

तत्व	प्रोटॉन (p^+)	न्यूट्रॉन (n^0)	द्रव्यमान संख्या (A)
हाइड्रोजन	1	0	1
हीलियम	2	2	4
लीथियम	3	4	7

सोचिए और बताइए

10. परमाणु क्रमांक 26 के किसी परमाणु में 56 न्यूक्लिऑन हैं। इसके इलेक्ट्रॉनों, प्रोटॉनों एवं न्यूट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।
11. एक परमाणु के नाभिक में 20 प्रोटॉन हैं। यदि उसकी द्रव्यमान संख्या 41 है तो उसमें न्यूट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।
12. एक परमाणु में 18 न्यूट्रॉन हैं और उसका परमाणु क्रमांक 17 है। इसकी द्रव्यमान संख्या क्या होगी?
13. एक परमाणु में 11 इलेक्ट्रॉन हैं। इसमें न्यूट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए।

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान तुलनात्मक रूप से लगभग नगण्य होता है इसलिए गणना में इसके द्रव्यमान की उपेक्षा की जा सकती है।

एक परमाणु के लिए मानक संकेतन में किसी तत्व के प्रतीक, परमाणु क्रमांक (Z) एवं द्रव्यमान संख्या (A) को निम्नलिखित रूप से लिखा जाता है।

द्रव्यमान संख्या

परमाणु क्रमांक — तत्व का प्रतीक

उदाहरणस्वरूप — कार्बन का प्रतीक C है, इसका परमाणु क्रमांक 6 और द्रव्यमान संख्या 12 है। संकेत में इसे निम्नलिखित प्रकार से निरूपित किया जाएगा।

$$^{12}_{6}C$$

अब तक आप जान चुके हैं कि प्रोटॉन और न्यूट्रॉन किसी परमाणु के नाभिक में स्थित होते हैं जबकि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर चक्कर लगाते हैं। आइए, अब समझते हैं कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर किस प्रकार व्यवस्थित रहते हैं।

© NCERT not to be republished

8.7 विभिन्न ऊर्जा स्तरों में इलेक्ट्रॉन किस प्रकार वितरित होते हैं?

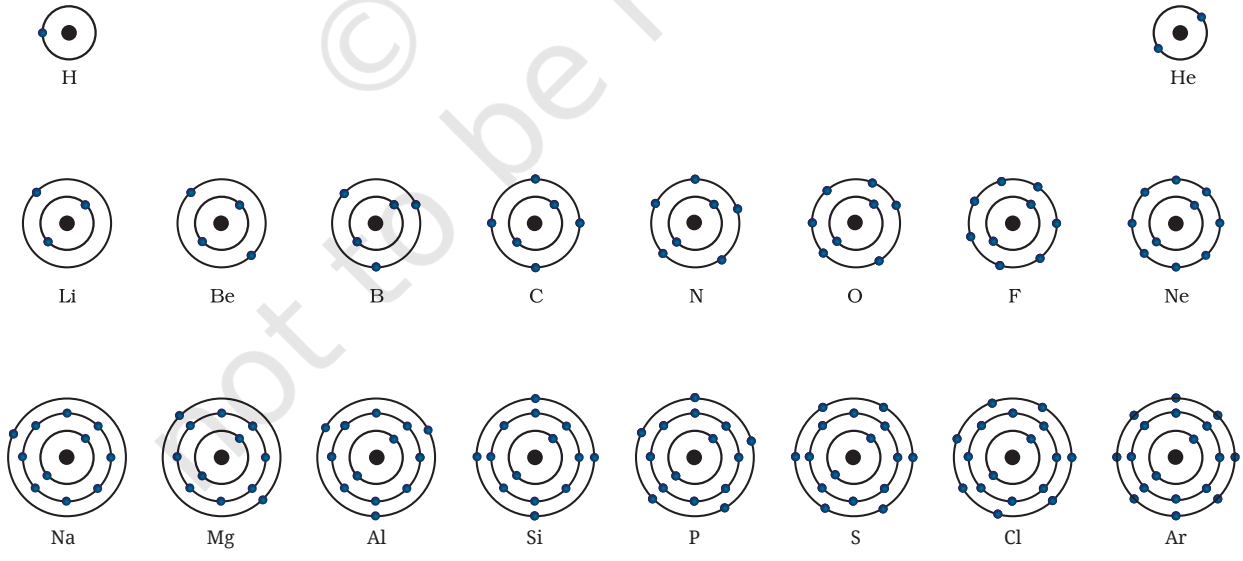
इस संदर्भ में बोर और बरी ने निम्नलिखित नियम सुझाए हैं—

- किसी कोश में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या $2n^2$ सूत्र से दी जाती है, जहाँ 'n' कोश की संख्या है (चित्र 8.7)। अतः K-कोश, (n = 1) $2\times1^2 = 2$ में, 2 इलेक्ट्रॉन समायोजित हो सकते हैं। L-कोश में (n = 2) $2\times2^2 = 8$ इलेक्ट्रॉन और M-कोश में (n = 3) $2\times3^2 = 18$ इलेक्ट्रॉन हो सकते हैं।
- सबसे बाह्यतम कोश में अधिकतम 8 इलेक्ट्रॉन समायोजित हो सकते हैं (प्रथम कोश में अधिकतम दो इलेक्ट्रॉन समायोजित हो सकते हैं)।
- इन कोशों में इलेक्ट्रॉन क्रम बद्ध रूप से भरे जाते हैं जो नाभिक के निकटतम कोश से आरंभ कर बाहर के कोशों की ओर जाते हैं अर्थात K, L, M, N, … क्रम में। L-कोश तब भरेगा जब K-कोश पूर्ण भर जाएगा और इसी प्रकार आगे भी होता है।

परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों के नियोजन को समझने के लिए आइए, हम हाइड्रोजन (परमाणु संख्या 1) से आरंभ करें। इसमें उपस्थित एक इलेक्ट्रॉन K-कोश में ही होना चाहिए। हाइड्रोजन (H) में इलेक्ट्रॉन के वितरण को चित्र 8.11 में दर्शाया गया है। हीलियम परमाणु में दो इलेक्ट्रॉन और नाभिक में दो प्रोटॉन होते हैं। इसके परमाणु कोश में ये दो इलेक्ट्रॉन किस प्रकार व्यवस्थित होंगे?

8.7.1 परमाणुओं का निर्माण प्रक्रम

आइए, हम विभिन्न तत्वों की द्वि-आयामी (2-D) परमाणु संरचनाएँ बनाएँ जिनमें जब भी परमाणु क्रमांक में 1 की वृद्धि हो तब उपयुक्त ऊर्जा स्तर में एक इलेक्ट्रॉन जोड़ें। विभिन्न कोशों में इलेक्ट्रॉनों के वितरण को परमाणु का **इलेक्ट्रॉनिक विन्यास** कहा जाता है (चित्र 8.11)। तालिका 8.4 प्रथम अठारह तत्वों के प्रतीकों, परमाणु क्रमांकों प्रोटॉनों की संख्या, न्यूट्रॉनों की संख्या, इलेक्ट्रॉनों की संख्या और कोशों में इलेक्ट्रॉनों के वितरण को सूचीबद्ध करती है।



चित्र 8.11 — K, L और M कोशों में इलेक्ट्रॉन भरने को दर्शाती प्रथम अठारह तत्वों की व्यवस्थात्मक परमाणु संरचना

© NCERT not to be republished

तालिका 8.4 — प्रथम अठारह तत्वों के परमाणुओं के प्रतीक, परमाणु क्रमांक, प्रोटॉनों की संख्या, न्यूट्रॉनों की संख्या, इलेक्ट्रॉनों की संख्या और इलेक्ट्रॉनों का वितरण

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

सोचिए और बताइए

14. निम्नलिखित तत्वों के बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या पहचानिए।
    (i) ${}^{12}_{6}C$
    (ii) ${}^{19}_{9}F$
    (iii) ${}^{28}_{14}Si$
15. ऐसे तत्वों जिनके परमाणु क्रमांक 12, 16 और 18 हैं, का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।
16. इस पहेली को हल कीजिए — मैं एक ऐसा परमाणु हूँ जिसकी द्रव्यमान संख्या 23 और प्रोटॉनों की संख्या 11 है। मैं एक नरम धातु हूँ और जल के साथ तीव्रता से अभिक्रिया करती हूँ। मैं कौन हूँ और मेरे पास कितने न्यूट्रॉन हैं?
    आप भी इसी प्रकार की एक पहेली बना सकते हैं।

© NCERT not to be republished

8.8 परमाणु की संयोजन क्षमता — संयोजकता

आपने जाना है कि समान अथवा भिन्न तत्वों के परमाणु मिलकर अणु बनाते हैं। हाइड्रोजन अथवा क्लोरीन के परमाणुओं की वह संख्या जो किसी तत्व के एक परमाणु के साथ संयोजित होकर यौगिक बना सकती है, उसकी संयोजन क्षमता कहलाती है। इसे हाइड्रोजन और क्लोरीन के संदर्भ में इसलिए व्यक्त किया जाता है क्योंकि दोनों की **संयोजन क्षमता** एक होती है। उदाहरण के लिए— H_2O (जल) में ऑक्सीजन का एक परमाणु हाइड्रोजन के दो परमाणुओं के साथ संयोजन करता है इसलिए ऑक्सीजन की संयोजन क्षमता दो है। NH_3 (अमोनिया) और $MgCl_2$ (मैग्नीशियम क्लोराइड) में नाइट्रोजन और मैग्नीशियम की संयोजन क्षमताएँ क्रमशः क्या होगी? ये उदाहरण दर्शाते हैं कि किस प्रकार तत्वों की संयोजन क्षमता, संयोजित होने वाले हाइड्रोजन अथवा क्लोरीन के परमाणुओं की संख्या से निर्धारित होती है।

कक्षा 8 *जिज्ञासा* अध्याय 7

आइए, जानें कि किसी परमाणु की संयोजन क्षमता उसके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास द्वारा किस प्रकार निर्धारित होती है।

परमाणु का बाह्यतम कोश जिसमें इलेक्ट्रॉन होते है उसका **संयोजकता कोश** (valence shell) कहलाता है। इसमें उपस्थित इलेक्ट्रॉन **संयोजकता इलेक्ट्रॉन** कहलाते हैं।

यदि किसी परमाणु के बाह्यतम कोश में 8 इलेक्ट्रॉन हों तो इसे **अष्टक** (octet) कहा जाता है। यह देखा गया है कि जिन तत्वों के संयोजकता कोश में इलेक्ट्रॉनों का अष्टक (8 इलेक्ट्रॉन) (हीलियम में 2 इलेक्ट्रॉन होते हैं) होता है वे सामान्यतः कम अभिक्रियाशील और अधिक स्थायी होते हैं। दूसरी ओर अपूर्ण संयोजकता कोश वाले परमाणु प्रायः अधिक अभिक्रियाशील होते हैं। ऐसे तत्व अपना अष्टक पूर्ण करने हेतु इलेक्ट्रॉनों को त्यागते, ग्रहण करते अथवा साझा करते हैं।

अष्टक पूर्ण करने हेतु त्यागे गए, ग्रहण किए गए अथवा साझा किए गए इलेक्ट्रॉनों की संख्या को उस तत्व की '**संयोजकता**' कहते हैं। सामान्यतः यदि किसी तत्व के संयोजकता कोश में चार से कम इलेक्ट्रॉन होते हैं तो वह अष्टक पूर्ण करने और स्थायित्व प्राप्त करने के लिए इलेक्ट्रॉनों का त्याग करता है। दूसरी ओर यदि संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या चार से अधिक होती है तो वह अष्टक पूर्ण करने के लिए इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने का प्रयास करता है। उदाहरण के लिए— सोडियम का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 1 है। यह एक इलेक्ट्रॉन त्याग कर अष्टक प्राप्त कर सकता है। अतः इसकी संयोजकता अथवा संयोजन क्षमता 1 है। दूसरी ओर ऑक्सीजन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 6 है। इसमें छह संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं। अत: यह अष्टक पूर्ण करने के लिए दो इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर सकता है और इसकी संयोजकता 2 है। कार्बन का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 4 है। कार्बन में चार संयोजकता इलेक्ट्रॉन हैं और यह सरलता से न तो उनका त्याग कर सकता है और न ही और चार इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर सकता है। इसलिए यह अन्य परमाणुओं के साथ चार इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी कर अपना अष्टक पूर्ण कर सकता है। अत: कार्बन की संयोजकता 4 है। सामान्यतः कुछ यौगिक संयोजकता नियम का उल्लंघन करते प्रतीत होते हैं जिनके विषय में आप उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे।

एक सोपान ऊपर

क्या आप **पूर्वानुमान** लगा सकते हैं कि उन परमाणुओं के साथ क्या होता है जिनके बाह्यतम कोश में पहले से ही आठ इलेक्ट्रॉन उपस्थित होते हैं (उन तत्वों के परमाणुओं को छोड़कर जिनमें केवल एक ही कोश होता है और उसमें केवल दो इलेक्ट्रॉन ही संभव हैं)? क्या वे तब भी इलेक्ट्रॉन त्यागने अथवा ग्रहण करने का प्रयास करेंगे?

तालिका 8.4 का अवलोकन कीजिए। इसमें एक कॉलम और जोड़िए और प्रत्येक तत्व की सामान्य संयोजकता लिखिए।

आपने सीखा है कि किसी तत्व के सभी परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों और प्रोटॉनों की संख्या समान होती है जो इसके परमाणु क्रमांक के बराबर है। क्या आप न्यूट्रॉनों की संख्या के संदर्भ में भी यही कह सकते हैं? वैज्ञानिकों ने देखा है कि एक ही तत्व के परमाणुओं में न्यूट्रॉनों की संख्या अलग-अलग हो सकती है। इस भिन्नता का परमाणु के गुणधर्मों पर क्या प्रभाव पड़ता है? आइए, इसे ज्ञात करने का प्रयास करें।

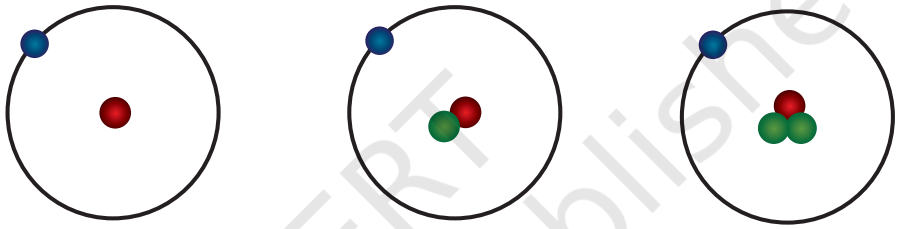
© NCERT not to be republished

8.9 परमाणु संरचना का गहन अध्ययन

8.9.1 समस्थानिक

डाल्टन ने प्रस्तावित किया कि किसी तत्व के सभी परमाणु एक समान होते हैं और उनका परमाणु द्रव्यमान भी एक समान होता है। परंतु वैज्ञानिकों ने कुछ समय पश्चात पाया कि एक ही तत्व के ऐसे परमाणु भी होते हैं जिनमें प्रोटॉनों की संख्या (परमाणु संख्या, Z) समान परंतु न्यूट्रॉनों की संख्या भिन्न-भिन्न हो सकती है और इस कारण से इनके द्रव्यमान भिन्न-भिन्न होते हैं ($A = p^+ + n^0$)। ये 'युग्म परमाणु' जिनके परमाणु क्रमांक समान परंतु द्रव्यमान संख्याएँ भिन्न होती हैं, **समस्थानिक (Isotopes)** कहलाते हैं।

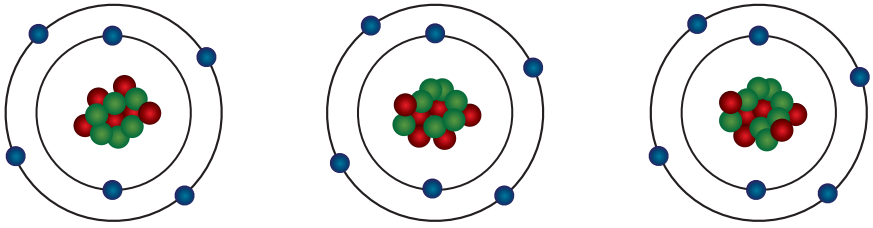
आइए, हाइड्रोजन का उदाहरण लेते हैं। प्राकृतिक रूप से पाया जाने वाला हाइड्रोजन तीन अलग-अलग समस्थानिकों; ${}^{1}_{1}H$ (प्रोटियम, ~99.98%), ${}^{2}_{1}H$ (ड्यूटीरियम, ~0.015%), और ${}^{3}_{1}H$ (ट्राइटियम, अल्प मात्रा में) (चित्र 8.12) का मिश्रण होता है। इनमें से प्रत्येक में एक-एक प्रोटॉन होता है जबकि ड्यूटीरियम में एक न्यूट्रॉन और ट्राइटियम में दो न्यूट्रॉन होते हैं। क्या आप अनुमान लगा सकते हैं कि इनमें से प्रत्येक समस्थानिक में कितने इलेक्ट्रॉन होते हैं?



चित्र 8.12— हाइड्रोजन के समस्थानिकों का व्यवस्थात्मक निरूपण

समस्थानिकों के रासायनिक गुणधर्म लगभग समान होते हैं। क्या आप जानते हैं, ऐसा क्यों होता है? ऐसा इसलिए है क्योंकि इनमें इलेक्ट्रॉनों की संख्या और इलेक्ट्रॉनिक विन्यास समान होता है। जैसा कि आप सीख चुके हैं कि रासायनिक गुणधर्म मुख्य रूप से संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करते हैं। सभी समस्थानिकों के रासायनिक गुण समान होंगे परंतु इनके भौतिक गुण भिन्न होंगे, उदाहरण के लिए— क्वथनांक एवं गलनांक।

इसी प्रकार कार्बन के तीन समस्थानिक होते हैं— ${}^{12}_{6}C$, ${}^{13}_{6}C$, और ${}^{14}_{6}C$ (चित्र 8.13)। इनमें से प्रत्येक में छह प्रोटॉन और छह इलेक्ट्रॉन होते हैं। ${}^{12}_{6}C$ प्रकृति में सर्वाधिक पाया जाने वाला समस्थानिक है। आप यह देख सकते हैं कि ये तीनों समस्थानिक उनमें न्यूट्रॉनों की संख्या के आधार पर एक-दूसरे से भिन्न होते हैं।



चित्र 8.13— कार्बन के समस्थानिकों का व्यवस्थात्मक निरूपण

आइए, हम अपने दैनिक जीवन में कुछ समस्थानिकों के आवश्यक उपयोगों के विषय में जानें।

आइए, और आगे बढ़ें

परमाणु इतने सूक्ष्म होते हैं कि उन्हें दैनिक वस्तुओं के समान किलोग्राम अथवा ग्राम में तोला नहीं जा सकता। जिस प्रकार गेहूँ के एक दाने को किलोग्राम के स्थान पर मिलीग्राम में तोलना अधिक सरल होता है उसी प्रकार वैज्ञानिक परमाणुओं का द्रव्यमान मापने के लिए एक विशेष मात्रक का उपयोग करते हैं जिसे 'एकीकृत परमाणु द्रव्यमान इकाई' [Unified atomic mass unit (u)] कहते हैं। ऐसा इसलिए है क्योंकि इतने सूक्ष्म कणों के लिए किलोग्राम बहुत बड़ा मात्रक है। पूर्व में परमाणु द्रव्यमान को 'परमाणु द्रव्यमान इकाई' (amu) में व्यक्त किया जाता था।

© NCERT not to be republished

विज्ञान एवं समाज

कुछ समस्थानिकों के विशेष गुणधर्म होते हैं जो विभिन्न क्षेत्रों में उपयोगी होते हैं। समस्थानिकों के कुछ अनुप्रयोग इस प्रकार हैं —

- यूरेनियम के एक समस्थानिक $^{235}_{92}U$ का उपयोग नाभिकीय परमाणु संयंत्र में विद्युत उत्पादन के लिए ईंधन के रूप में किया जाता है (चित्र 8.14)।
- कोबाल्ट के एक रेडियोधर्मी समस्थानिक $^{60}_{27}Co$ का उपयोग कैंसर के उपचार (रेडियोथेरेपी) हेतु किया जाता है।
- आयोडीन के एक समस्थानिक $^{131}_{53}I$ का उपयोग घेंघा रोग और थायरॉइड कैंसर के उपचार हेतु किया जाता है।

चित्र 8.14— एक नाभिकीय शक्ति संयंत्र

- कार्बन के एक समस्थानिक $^{14}_{6}C$ का उपयोग पुरातत्व और भूविज्ञान में प्राचीन जीवाश्मों और कलाकृतियों की आयु ज्ञात करने के लिए किया जाता है।

क. औसत परमाणु द्रव्यमान

प्रकृति में क्लोरीन दो समस्थानिक रूपों में पाई जाती है। एक समस्थानिक का द्रव्यमान 35 u और दूसरे का द्रव्यमान 37 u होता है। ये 3:1 के अनुपात में पाए जाते हैं। यहाँ एक रोचक प्रश्न उठता है कि हम क्लोरीन परमाणु का द्रव्यमान 35 u लें अथवा 37 u?

यदि किसी प्राकृतिक तत्व के परमाणु द्रव्यमान को उसके सभी प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले समस्थानिकों के **औसत द्रव्यमान** के रूप में लिया जाए तो यह उसके समस्थानिकों के द्रव्यमानों का एक साधारण अंकगणितीय माध्य होगा, जिसकी गणना प्रत्येक समस्थानिक की सापेक्ष मात्रा को ध्यान में रखे बिना की जाती है। क्लोरीन जिसके समस्थानिक ^{35}Cl और ^{37}Cl हैं, का साधारण औसत परमाणु द्रव्यमान होगा—

$$\text{औसत परमाणु द्रव्यमान} = \left(\frac{35+37}{2}\right)$$

$$= 36 \text{ u}$$

यद्यपि यह उसकी प्रकृति को सही रूप में नहीं दर्शाता क्योंकि समस्थानिक समान अनुपात में नहीं पाए जाते हैं। अधिक मात्रा में पाए जाने वाला समस्थानिक ^{35}Cl है जो लगभग 75% होता है जबकि दूसरा समस्थानिक ^{37}Cl लगभग 25% होता है। यथार्थ औसत परमाणु द्रव्यमान की गणना उनकी प्राकृतिक प्रचुरता को ध्यान में रखकर की जा सकती है। इसे **भारित औसत परमाणु द्रव्यमान** कहा जाता है। इसकी गणना प्रत्येक समस्थानिक के द्रव्यमान को उसकी प्रतिशत सापेक्ष प्रचुरता से गुणा करके तथा दोनों मानों को जोड़कर की जा सकती है, जैसा कि नीचे समझाया गया है।

गणितीय रूप से,

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

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

$$= \frac{142}{4} \text{ u}$$

$$= 35.5 \text{ u}$$

© NCERT not to be republished

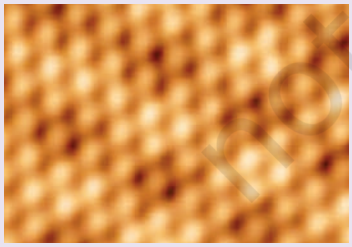
वैज्ञानिक-परिचय

होमी जहाँगीर भाभा (Homi Jehangir Bhabha)

एक भारतीय भौतिक वैज्ञानिक थे। इन्हें भारतीय परमाणु कार्यक्रम का जनक माना जाता है। इन्होंने भारत में परमाणु ऊर्जा के विकास में अग्रणी योगदान दिया। इन्होंने परमाणु ऊर्जा के शांतिपूर्ण उपयोगों, जैसे— विद्युत उत्पादन, कृषि कार्यों को प्रोत्साहन दिया। इसके साथ ही इन्होंने उन्नत चिकित्सा उपचार के लिए टाटा इंस्टीट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च (TIFR) और भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र (BARC) जैसे प्रमुख संस्थानों की स्थापना की।

आइए, और आगे बढ़ें

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी जैसे क्रमवीक्षण सुरंगन सूक्ष्मदर्शी (STM) और संचरण इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (TEM) पदार्थों के परमाण्विक स्तर की विस्तारित छवि बना सकते हैं। क्रमवीक्षण सुरंगन सूक्ष्मदर्शियों द्वारा सामान्यतः सतहों का अध्ययन किया जाता है (चित्र 8.15) जबकि संचरण इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी यह दर्शाते हैं कि अति सूक्ष्म प्रतिदर्श के भीतर परमाणु किस प्रकार व्यवस्थित होते हैं।



चित्र 8.15— किसी सतह पर प्रत्येक परमाणु को दर्शाते हुए क्रमवीक्षण सुरंगन सूक्ष्मदर्शी छवि।

इसका अर्थ यह नहीं है कि क्लोरीन के किसी एक परमाणु का आंशिक द्रव्यमान 35.5 u है। इसका अर्थ है कि मान लीजिए यदि आप 1 मिलियन (10 लाख) क्लोरीन परमाणु लेते हैं तो उनमें 7.5 लाख $^{35}_{17}Cl$ और 2.5 लाख $^{37}_{17}Cl$ परमाणु होंगे जिनका भारित औसत परमाणु द्रव्यमान 35.5 u होगा।

यह तुलना दर्शाती है कि सामान्य औसत द्रव्यमान की गणना में तत्व की प्रकृति में प्रचुरता की उपेक्षा की जाती है जबकि भारित औसत द्रव्यमान, तत्व की प्रकृति में प्रचुरता के आधार पर यथार्थ द्रव्यमान को दर्शाता है।

सोचिए और बताइए

17. आप दो भिन्न परमाणुओं जिसमें से प्रत्येक में 11 प्रोटॉन हैं परंतु एक में 12 न्यूट्रॉन हैं और दूसरे में 13 न्यूट्रॉन हैं, के परमाणु क्रमांकों और द्रव्यमान संख्याओं की तुलना किस प्रकार से करेंगे? क्या वे एक ही तत्व के परमाणु हैं अथवा भिन्न तत्वों के?
18. यदि ब्रोमीन परमाणु दो समस्थानिकों, $^{79}_{35}Br$ (49.7%) और $^{81}_{35}Br$ (50.3%) के रूप में उपलब्ध होता है तो ब्रोमीन परमाणु के भारित औसत द्रव्यमान की गणना कीजिए।

आपने सीखा है कि दो परमाणु जिनके परमाणु क्रमांक समान परंतु द्रव्यमान संख्याएँ भिन्न होती हैं, समस्थानिक कहलाते हैं। क्या होगा यदि उनकी द्रव्यमान संख्या समान हो परंतु परमाणु क्रमांक भिन्न हों? ऐसे परमाणुओं को क्या कहते हैं? आइए, पता लगाएँ!

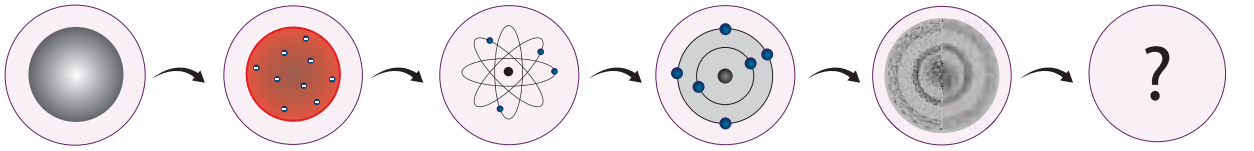
8.9.2 समभारिक

आइए, तीन तत्वों पर विचार करें—कैल्सियम (परमाणु क्रमांक 20), पोटैशियम (परमाणु क्रमांक 19) और आर्गन (परमाणु क्रमांक 18)। इन तत्वों में प्रोटॉनों की संख्या भिन्न होती है परंतु इन सभी की द्रव्यमान संख्या 40 है। यह दर्शाता है कि इनके परमाणुओं में न्यूक्लिऑनों की कुल संख्या समान है यद्यपि ये भिन्न-भिन्न तत्व हैं। जब विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की द्रव्यमान संख्या समान हों परंतु परमाणु क्रमांक भिन्न हों तो उन्हें **समभारिक (Isobar)** कहा जाता है।

अब जब हम परमाणु की संरचना की अपनी यात्रा का समापन कर रहे हैं तो यह जानना महत्त्वपूर्ण है कि कहानी यहीं समाप्त नहीं होती है। परमाणु की संरचना की खोज अभी भी जारी है (चित्र 8.16)। कुछ समय पश्चात वैज्ञानिकों ने पाया कि बोर का मॉडल भी पूर्णरूप से सही नहीं था। बोर की निश्चित कक्षाओं की भाँति, इलेक्ट्रॉन किसी निश्चित पथ पर गति नहीं करते हैं। वर्तमान में हम यह जानते हैं कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर 'इलेक्ट्रॉन अभ्र' के रूप में रहते हैं। हम उन क्षेत्रों का अनुमान लगा सकते हैं जहाँ उनके होने की संभावना सर्वाधिक होती है परंतु उनकी यथार्थ स्थिति नहीं बता सकते हैं। आप इनका विवरण उच्च कक्षाओं में पढ़ेंगे। परमाणु के रहस्यों की खोज की यात्रा अभी समाप्त नहीं हुई है, आगे अभी और भी रोमांचक खोजें शेष हैं।

एक सोपान ऊपर

© NCERT not to be republished



डाल्टन का परमाणु मॉडल *परमाणु एक अविभाज्य कण के रूप में*

टॉमसन का परमाणु मॉडल *धन और ऋण आवेश*

रदरफोर्ड का परमाणु मॉडल *नाभिकीय मॉडल*

बोर का परमाणु मॉडल *ऊर्जा स्तर*

आधुनिक परमाणु मॉडल *क्वांटम यांत्रिकीय मॉडल*

अभी भी खोजा जा रहा है

चित्र 8.16 — परमाणु मॉडलों के विकास की यात्रा

सारांश

- परमाणु द्रव्य के निर्माण खंड होते हैं।
- जे. जे. टॉमसन ने प्रस्तावित किया कि परमाणु में इलेक्ट्रॉन एक धनावेशित गोले में धँसे होते हैं।
- रदरफोर्ड मॉडल ने परमाणु के अधिकांश भाग को रिक्त स्थान के रूप में वर्णित किया। उनके अनुसार इसके केंद्र में एक सघन, धनावेशित नाभिक होता है और इलेक्ट्रॉन उसके चारों ओर परिक्रमा करते हैं।
- नील्स बोर मॉडल के अनुसार, इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर निश्चित ऊर्जा स्तरों (कोशों) में गति करते हैं।
- परमाणु के कोशों को K, L, M, N, इत्यादि नाम दिए गए हैं।
- जेम्स चैडविक ने परमाणु में न्यूट्रॉन की उपस्थिति की खोज की।
- परमाणु के तीन अवपरमाणुक कण इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन हैं।
- यदि किसी परमाणु के बाह्यतम कोश में इलेक्ट्रॉनों का अष्टक है तो परमाणु स्थायी तथा लगभग पूर्णतया अनभिक्रिय (unreactive) होता है।
- संयोजकता किसी परमाणु की संयोजन क्षमता होती है। यह इलेक्ट्रॉनों की उस संख्या के बराबर होती है जिन्हें कोई परमाणु एक स्थायी विन्यास प्राप्त करने के लिए ग्रहण, त्याग अथवा साझा कर सकता है।
- किसी तत्व का परमाणु क्रमांक उसके नाभिक में उपस्थित प्रोटॉनों की संख्या के बराबर होता है।
- किसी परमाणु की द्रव्यमान संख्या उसके नाभिक में उपस्थित न्यूक्लिऑनों (प्रोटॉनों और न्यूट्रॉनों) की कुल संख्या के बराबर होती है।
- समस्थानिक एक ही तत्व के ऐसे परमाणु होते हैं जिनका परमाणु क्रमांक समान होता है परंतु द्रव्यमान संख्याएँ भिन्न-भिन्न होती हैं।
- किसी तत्व के औसत परमाणु द्रव्यमान की गणना, प्रकृति में उसके समस्थानिकों की सापेक्ष प्रचुरता के आधार पर की जाती है।
- समभारिक भिन्न-भिन्न तत्वों के ऐसे परमाणु होते हैं जिनकी द्रव्यमान संख्याएँ समान होती हैं परंतु परमाणु क्रमांक भिन्न-भिन्न होते हैं।

© NCERT not to be republished

अभ्यास प्रश्न

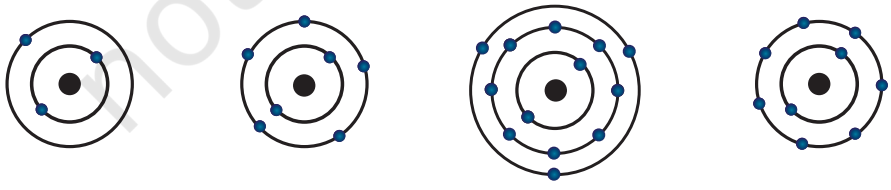
1. अरनेस्ट रदरफोर्ड के स्वर्ण पर्णिका प्रयोग के संदर्भ में **सही** विकल्पों का चयन कीजिए और सही एवं गलत विकल्पों का कारण समझाइए।
   (i) इस प्रयोग ने स्पष्ट रूप से नाभिक में न्यूट्रॉनों की उपस्थिति को दर्शाया।
   (ii) इसके परिणामों ने प्लम पुडिंग मॉडल को गलत सिद्ध कर दिया और परमाणु के केंद्र में नाभिक होने की अवधारणा को जन्म दिया।
   (iii) कुछ अल्फा कणों का अधिक विक्षेपण यह दर्शाता है कि परमाणु का अधिकांश द्रव्यमान और धन आवेश एक सूक्ष्म केंद्र में सुसंकुलित है।
   (iv) जिस प्रकार अल्फा कण विक्षेपित हुए उससे यह ज्ञात हुआ कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर गति करते हैं।
2. बोर के परमाणु मॉडल के अनुसार निम्नलिखित में से कौन-से कथन **सही** अथवा **गलत** हैं? प्रत्येक कथन के लिए एक कारण दीजिए।
   (i) इलेक्ट्रॉन निश्चित कक्षाओं में गति करते हुए अपनी ऊर्जा का ह्रास करते हैं और धीरे-धीरे नाभिक में गिर जाते हैं।
   (ii) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर कहीं भी विद्यमान हो सकते हैं और उनकी ऊर्जा निश्चित नहीं होती।
   (iii) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर निश्चित ऊर्जा की कक्षाओं में ऊर्जा ह्रास किए बिना चक्कर लगाते हैं।
   (iv) नाभिक के चारों ओर गति करते हुए इलेक्ट्रॉन ऊर्जा स्तरों के मध्य भी पाए जा सकते हैं।
3. तीन परमाणु कणों X, Y और Z के नाभिकों का संघटन नीचे दिया गया है—

	X	Y	Z
प्रोटॉनों की संख्या	18	17	17
न्यूट्रॉनों की संख्या	19	18	20

   निम्नलिखित के मध्य संबंध स्पष्ट कीजिए।
   (i) Y एवं Z
   (ii) Z एवं X
4. रदरफोर्ड ने स्वर्ण पर्णिका प्रयोग में ऐसे कुछ अल्फा कण जो पुन: लौट आए थे अथवा बड़े कोणों पर विक्षेपित हो गए थे, के आधार पर परमाणु के धनावेशित भाग की अवस्थिति और अभिलक्षणों के विषय में क्या निष्कर्ष निकाला?

© NCERT not to be republished

5. निम्नलिखित कथनों की व्याख्या कीजिए और इन्हें सही कालक्रम में व्यवस्थित कीजिए जिससे यह ज्ञात हो सके कि समय के साथ परमाणु मॉडल कैसे विकसित हुए हैं।
   (i) बोर के मॉडल ने प्रस्तावित किया कि इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर निश्चित कक्षाओं में परिभ्रमण करते हैं और प्रत्येक कक्षा की एक निश्चित ऊर्जा होती है।
   (ii) टॉमसन के मॉडल ने परमाणु को एक 'प्लम पुडिंग' के रूप में दर्शाया है जिसमें इलेक्ट्रॉन धनावेश के एक गोले में धँसे होते हैं।
   (iii) रदरफोर्ड के मॉडल ने प्रस्तावित किया कि परमाणुओं में एक सघन केंद्रीय नाभिक होता है।
   (iv) डाल्टन के मॉडल ने परमाणुओं को अविभाज्य कणों के रूप में वर्णित किया।
6. इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर कक्षाओं में गति करते हैं। वे परमाणु से बाहर क्यों नहीं निकल जाते? कौन-सा बल उन्हें नाभिक की ओर आकर्षित रखता है, व्याख्या कीजिए?
7. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण को पढिए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।
   अभिकथन— अवपरमाणुक कणों की खोज ने परमाणु संरचना को समझने में सहायता की।
   कारण— किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या प्रोटॉनों की संख्या के समान होती है।
   (i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण अभिकथन की सही व्याख्या करता है।
   (ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं परंतु कारण अभिकथन की सही व्याख्या नहीं करता है।
   (iii) अभिकथन सत्य है परंतु कारण असत्य है।
   (iv) अभिकथन असत्य है परंतु कारण सत्य है।
8. मैग्नीशियम अनेक जैविक प्रक्रियाओं के लिए आवश्यक है जिसमें मांसपेशियों का संकुचन भी सम्मिलित है। मैग्नीशियम के परमाणु की द्रव्यमान संख्या 24 और परमाणु क्रमांक 12 है तो उसमें (i) प्रोटॉनों की संख्या (ii) न्यूट्रॉनों की संख्या (iii) इलेक्ट्रॉनों की संख्या ज्ञात कीजिए। मैग्नीशियम परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की व्यवस्था को भी चित्रात्मक रूप से दर्शाइए।
9. चित्र 8.17 में दर्शाए गए तत्वों के लिए निम्नलिखित जानकारी ज्ञात कीजिए।
   (i) तत्व का नाम
   (ii) प्रतीक
   (iii) इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या
   (iv) संयोजकता इलेक्ट्रॉनों की संख्या
   (v) तत्व की संयोजकता
   (vi) प्रोटॉनों की संख्या
   (vii) परमाणु क्रमांक



(क) (ख) (ग) (घ)

चित्र 8.17

© NCERT not to be republished

10. रदरफोर्ड और बोर दोनों के प्रतिरूपों में इलेक्ट्रॉन नाभिक की परिक्रमा करते हैं परंतु रदरफोर्ड का मॉडल, परमाणु के स्थायित्व को समझाने में असफल क्यों रहा जबकि बोर का मॉडल सफल रहा?
11. एक परमाणु ^{70}X में 31 इलेक्ट्रॉन हैं। बताइए कि इसके नाभिक में कितने न्यूट्रॉन हैं?
12. एक परमाणु में 79 प्रोटॉन हैं और उसकी द्रव्यमान संख्या 197 है। इसमें (i) न्यूट्रॉनों की संख्या और (ii) इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना कीजिए।
13. तालिका 8.5 को पूर्ण कीजिए।

तालिका 8.5

परमाणु क्रमांक	द्रव्यमान संख्या	न्यूट्रॉनों की संख्या	प्रोटॉनों की संख्या	इलेक्ट्रॉनों की संख्या	तत्वों के नाम
5	–	6	–	–	–
–	14	–	–	7	नाइट्रोजन
–	24	–	12	–	–
15	–	16	–	–	–
–	1	0	–	–	–

14. अमन अपने सहपाठियों के साथ परमाणु की संरचना पर चर्चा कर रहा था। चर्चा के समय उसे ज्ञात हुआ कि किसी तत्व X की द्रव्यमान संख्या 35 है और उसमें 18 न्यूट्रॉन हैं। इस जानकारी के आधार पर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए—
    (i) तत्व X में कितने इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन हैं?
    (ii) इसका परमाणु क्रमांक क्या है?
    (iii) तत्व X की पहचान कीजिए।
    (iv) इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।
    (v) इसमें कितने संयोजकता इलेक्ट्रॉन हैं?
    (vi) यदि इसके नाभिक में दो न्यूट्रॉन और जोड़ दिए जाएँ तो इसकी द्रव्यमान संख्या क्या होगी?
    (vii) X का नए परमाणु के साथ क्या संबंध होगा?
15. किसी परमाणु के नाभिक में 12 प्रोटॉन और 12 न्यूट्रॉन हैं। अब कल्पना कीजिए कि सभी इलेक्ट्रॉनों को किन्हीं काल्पनिक कणों से प्रतिस्थापित कर दिया जाता है जिनका आवेश इलेक्ट्रॉनों के समान ही है परंतु वे 500 गुना अधिक भारी हैं। इस प्रतिस्थापन का परमाणु के निम्नलिखित गुणों पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
    (i) परमाणु क्रमांक
    (ii) परमाणु द्रव्यमान
    (iii) द्रव्यमान संख्या
    (iv) समग्र आवेश

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- परमाणु क्रमांक, द्रव्यमान संख्या, इलेक्ट्रॉनों की संख्या, प्रोटॉनों की संख्या, न्यूट्रॉनों की संख्या और संयोजकता के आधार पर एक 'परमाणु पूर्वानुमान बोर्ड' गेम बनाइए। विद्यार्थी इन परमाणु संकेतों का उपयोग करके तत्वों का पूर्वानुमान लगा सकते हैं।
- एक रिपोर्ट तैयार कीजिए जिसमें बताया गया हो कि परमाणुओं के गुणधर्म हमारे दैनिक जीवन के विभिन्न क्षेत्रों, जैसे— स्वास्थ्य सेवा, ऊर्जा, कृषि और प्रौद्योगिकी पर कैसे प्रभाव डालते हैं।
- 'एक यात्रा— परमाणु के भीतर' तथा परमाणु संरचना की खोज करने वाले और उसकी पहचान में योगदान देने वाले वैज्ञानिकों पर किसी भूमिका-निर्वाह, मंचीय नाटक अथवा कहानी की रचना कीजिए।
- उपयुक्त सॉफ्टवेयर अथवा डिजिटल उपकरणों का उपयोग करते हुए विभिन्न परमाणु प्रतिरूपों का सजीव चित्रण (animation) अथवा प्रतिरूपण (simulation) बनाने का प्रयास कीजिए और उन्हें कक्षा में साझा कीजिए।
- परमाणु की संरचना के संदर्भ में कोई फिल्म अथवा डॉक्यूमेंट्री (वृत्तचित्र) देखिए और निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर देते हुए एक रिपोर्ट लिखिए।
  - आपने कौन-सी फिल्म अथवा डॉक्यूमेंट्री देखी और उसका मुख्य विचार अथवा विषय क्या था?
  - परमाणु की संरचना और परमाणु मॉडल/मॉडलों के विषय में फिल्म या डॉक्यूमेंट्री ने आपको क्या सिखाया?
  - फिल्म अथवा डॉक्यूमेंट्री में किन वैज्ञानिकों का उल्लेख किया गया था और उनका क्या योगदान था?
  - फिल्म अथवा डॉक्यूमेंट्री का कौन-सा भाग आपको सबसे रोचक लगा और आपके मन में अभी भी कौन-सा प्रश्न है?
- किन्हीं तीन तत्वों के प्रत्येक ऊर्जा स्तर में इलेक्ट्रॉनों की संख्या दर्शाते हुए एक स्तंभ ग्राफ बनाइए।
- परमाणुओं के विषय में और अधिक जानने के लिए आप नीचे दिए गए लिंक देख सकते हैं।
  - https://phet.colorado.edu/en/simulations/rutherford-scattering
  - https://phet.colorado.edu/en/simulations/isotopes-and-atomic-mass

खोज जारी है...

क्या परमाणु के भीतर होने वाली प्रत्येक प्रक्रिया को पूर्ण रूप से समझना संभव है?

© NCERT not to be republished

0907CH09

अध्याय

9

द्रव्य का परमाणिवक आधार

चिंतन कीजिए

- जल विभिन्न स्रोतों से प्राप्त किया जा सकता है। क्या जल के ये सभी प्रतिदर्श (sample) रासायनिक रूप से एकसमान होते हैं?
- ऑक्सीजन को कभी O और कभी O_2 के रूप में निरूपित किया जाता है। इन दोनों प्रतीकों में क्या अंतर है?
- जल में घुला हुआ नमक विद्युत का सुचालक होता है परंतु चीनी नहीं, ऐसा क्यों?

अध्याय 8 'एक यात्रा — परमाणु के भीतर' में आपने परमाणु की संरचना का अन्वेषण किया। आपने अवपरमाणुक कणों, जैसे — इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन की खोज, उनके गुणधर्मों और परमाणु में उनकी अवस्थिति के विषय में भी अध्ययन किया। आपने यह भी सीखा कि जिन परमाणुओं के संयोजकता (बाह्यतम) कोश में इलेक्ट्रॉनों का अष्टक (आठ इलेक्ट्रॉन) होता है, वे स्थायी होते हैं। संयोजकता इलेक्ट्रॉनों का अष्टक प्राप्त करने के लिए परमाणु इलेक्ट्रॉनों को त्याग सकते हैं, ग्रहण कर सकते हैं अथवा साझा कर सकते हैं।

कक्षा 8
जिज्ञासा
अध्याय 8

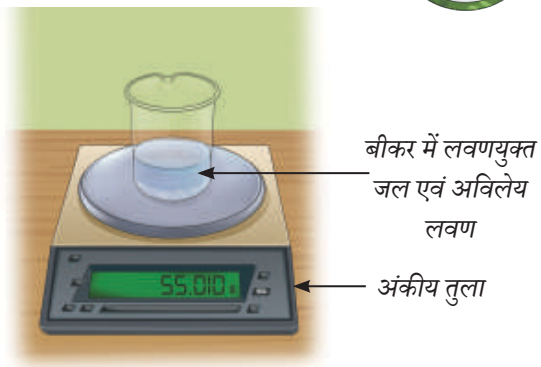
आपने यह भी सीखा है कि जब तत्व, यौगिक बनाते हैं तब उनके अनेक गुणधर्म परिवर्तित हो जाते हैं। उदाहरण के लिए — हाइड्रोजन और ऑक्सीजन दोनों गैसें हैं जबकि इनके संयोजन से बनने वाला पदार्थ जल है जो सामान्य ताप पर द्रव अवस्था में होता है।

यह रोचक है कि जल के गुणधर्म हाइड्रोजन अथवा ऑक्सीजन के गुणधर्मों के समान नहीं होते हैं। हाइड्रोजन एक ज्वलनशील गैस है और ऑक्सीजन दहन में सहायक होती है जबकि जल न तो ज्वलनशील पदार्थ है और न ही दहन में सहायता करता है अपितु यह अग्नि को बुझा देता है। यद्यपि यह ज्ञात हुआ कि जल का द्रव्यमान हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के द्रव्यमानों के योग के समान है जिनके संयोजन से वह बना है। आइए, **अन्वेषण** करें कि क्या भौतिक और रासायनिक परिवर्तनों में द्रव्यमान अपरिवर्तित रहता है।

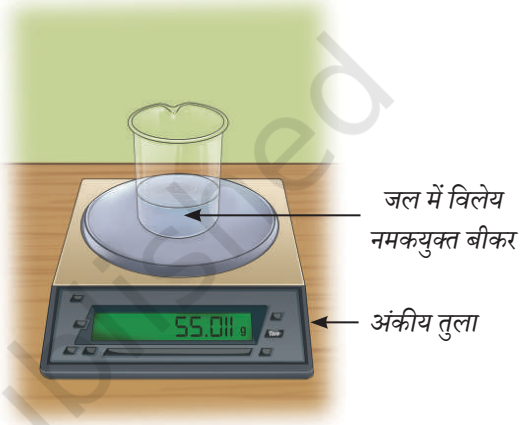
© NCERT not to be republished

क्रियाकलाप 9.1 — आइए, एक भौतिक परिवर्तन का परीक्षण करें

1. एक अंकीय तुला (digital weighing balance) पर एक स्वच्छ और शुष्क 100 mL का बीकर रखिए।
2. आधेय भार (tare) अथवा पुन: नियोजन बटन (reset button) को दबाकर पाठ्यांक को शून्य कीजिए।
3. बीकर में लगभग 50 mL जल डालिए।
4. बीकर में रखे जल में एक स्पैचुला भरकर साधारण नमक डालिए।
5. तुला का पाठ्यांक **अभिलेखित** कीजिए (चित्र 9.1 क)।
6. बीकर को सावधानीपूर्वक तब तक हिलाइए जब तक कि नमक घुल न जाए। अपने प्रेक्षणों को **अभिलेखित** कीजिए (चित्र 9.1 ख)।



चित्र 9.1 — (क) जल और अविलेय नमक का भार



चित्र 9.1 — (ख) जल में नमक के विलयन का भार

आपने क्या **अवलोकन** किया? आप यह **देख** सकते हैं कि विलयन का द्रव्यमान लिए गए जल और नमक के द्रव्यमानों के योग के समान है। यह दर्शाता है कि विलयन बनाने जो एक भौतिक परिवर्तन है, के समय द्रव्यमान में व्यावहारिक रूप से कोई परिवर्तन नहीं होता। यह सभी भौतिक परिवर्तनों के लिए सत्य है। आप उपर्युक्त क्रियाकलाप को एक कागज तथा उसके टुकड़ों को तोलकर भी दोहरा सकते हैं और यह अवलोकन कर सकते हैं कि कागज के टुकड़े किए जाने से पूर्व एवं पश्चात कागज का द्रव्यमान परिवर्तित होता है अथवा नहीं।

आइए, अब हम यह ज्ञात करें कि क्या यह रासायनिक परिवर्तनों के लिए भी सत्य है।

क्रियाकलाप 9.2 — आइए, एक रासायनिक परिवर्तन की जाँच करें

आप विभिन्न रासायनिक परिवर्तनों के विषय में अध्ययन कर चुके हैं। क्या आपको स्मरण है कि जब बेकिंग सोडा को सिरके में मिलाया गया था तब क्या हुआ था? इस रासायनिक परिवर्तन के समय कार्बन डाइऑक्साइड गैस उत्पन्न हुई थी। इस अभिक्रिया को हम निम्नलिखित प्रकार से निरूपित करते हैं—

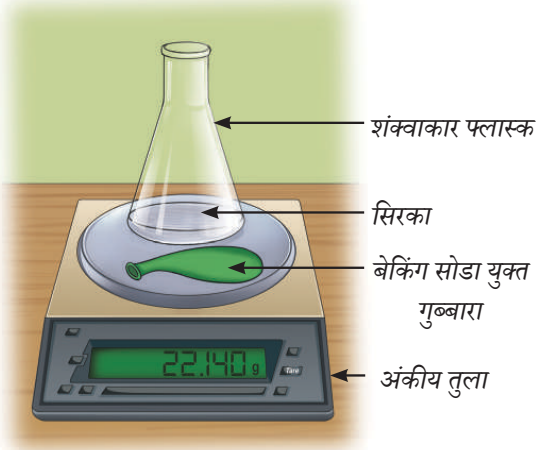
कक्षा 7
जिज्ञासा
अध्याय 5

सिरका + बेकिंग सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) → कार्बन डाइऑक्साइड + अन्य पदार्थ

आइए, ज्ञात करें कि क्या रासायनिक परिवर्तन के पूर्व और पश्चात द्रव्यमान समान रहता है अथवा नहीं।

प्रायोगिक व्यवस्था 1

1. एक अंकीय तुला पर स्वच्छ एवं शुष्क 100 mL का शंक्वाकार फ्लास्क और एक मध्यम आकार का गुब्बारा रखिए।
2. आधेय भार अथवा पुन: नियोजन बटन को दबाकर तुला के पाठ्यांक को शून्य कीजिए।
3. शंक्वाकार फ्लास्क में लगभग 20 mL सिरका अथवा नींबू का रस डालिए।
4. लगभग 2 g बेकिंग सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) लीजिए और उसे गुब्बारे में डालिए।
5. बेकिंग सोडा युक्त गुब्बारे को तुला पर शंक्वाकार फ्लास्क के साथ रखिए और आरंभिक पाठ्यांक अभिलेखित कीजिए (चित्र 9.2 क)।

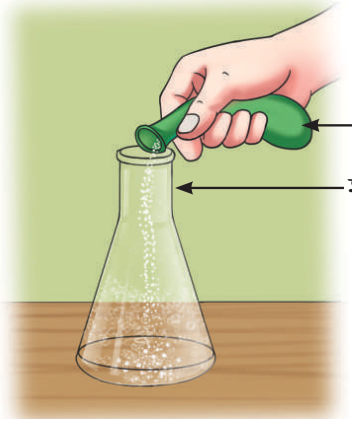


चित्र 9.2 (क) — सिरका तथा बेकिंग सोडा का भार

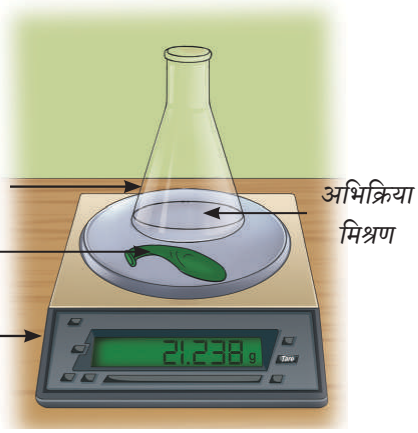
© NCERT not to be republished

टिप्पणी

सामान्यत: किसी भी मापन में अंतिम अंक में ±1 की अनिश्चितता होती है। अत: अंकीय तुला के पाठ्यांकों में अंतर प्रायोगिक त्रुटि के अंतर्गत होता है और स्थिरांक माना जा सकता है।



चित्र 9.2 — (ख) सिरका युक्त शंक्वाकार फ्लास्क में बेकिंग सोडा डालते हुए

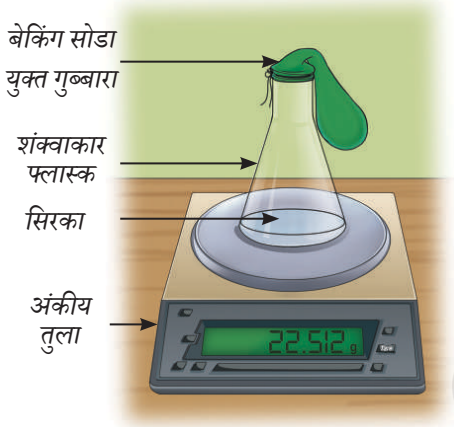


चित्र 9.2 — (ग) अभिक्रिया मिश्रण एवं खाली गुब्बारे का भार

6. सिरका युक्त शंक्वाकार फ्लास्क में गुब्बारे से बेकिंग सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) को ध्यानपूर्वक स्थानांतरित कीजिए (चित्र 9.2 ख)।
7. शंक्वाकार फ्लास्क और गुब्बारे को पुनः तुला पर रखिए और अंतिम पाठ्यांक अभिलेखित कीजिए (चित्र 9.2 ग)।

टिप्पणी

शंक्वाकार फ्लास्क और गुब्बारे को अंकीय तुला पर रखिए। इससे ऐसी त्रुटियाँ नहीं होतीं जो गुब्बारे पर बेकिंग सोडा के छोटे कणों के चिपके रहने के कारण उत्पन्न हो सकती हैं।



चित्र 9.3 — (क) सिरका और बेकिंग सोडा का भार

चित्र 9.3 (ख) — सिरकायुक्त शंक्वाकार फ्लास्क में बेकिंग सोडा डालते हुए

8. आपने क्या अवलोकन किया?
9. क्या आरंभिक और अंतिम पाठ्यांक समान हैं?

एक तीव्र बुदबुदाहट दिखाई देती है। अंतिम पाठ्यांक आरंभिक पाठ्यांक से भिन्न होता है। इसका क्या कारण हो सकता है?

उपर्युक्त प्रयोग को भिन्न प्रकार से दोहराइए जैसा कि नीचे वर्णित किया गया है।

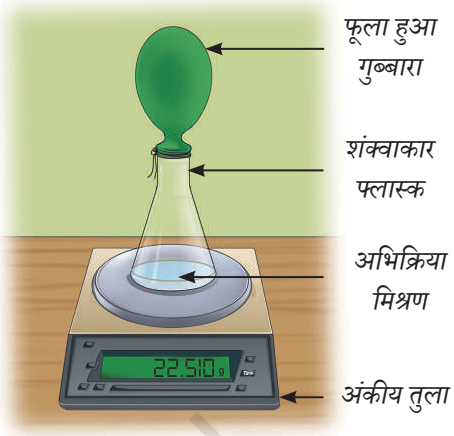
प्रायोगिक व्यवस्था 2

1. एक तुला पर स्वच्छ, शुष्क 100 mL शंक्वाकार फ्लास्क और मध्यम आकार का एक गुब्बारा रखिए।
2. आधेय भार अथवा पुनः नियोजन बटन को दबाकर तुला के पाठ्यांक को शून्य कीजिए।
3. शंक्वाकार फ्लास्क में लगभग 20 mL सिरका अथवा नींबू का रस डालिए।
4. एक गुब्बारे में लगभग 2 g बेकिंग सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) डालिए।
5. एक धागे की सहायता से बेकिंग सोडा युक्त गुब्बारे को शंक्वाकार फ्लास्क के मुँह पर बाँधते समय यह सुनिश्चित कीजिए कि बेकिंग सोडा सिरके में न गिरे।
6. सिरका युक्त शंक्वाकार फ्लास्क तथा बेकिंग सोडायुक्त गुब्बारे को तोलिए और पाठ्यांक अभिलेखित कीजिए (चित्र 9.3 क)।
7. गुब्बारे के दूसरे सिरे को ऊपर की ओर उठाइए जिससे बेकिंग सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) सिरके में गिर जाए (चित्र 9.3 ख)।
8. आपने क्या अवलोकन किया?
9. जैसा कि प्रायोगिक व्यवस्था 1 में देखा गया था कि अभिक्रिया के समय एक तीव्र बुदबुदाहट होती है जो गुब्बारे को फुला देती है।

© NCERT not to be republished

10. अंतिम पाठ्यांक को अभिलेखित कीजिए (चित्र 9.3 ग)।
11. क्या इस प्रयोग में आरंभिक और अंतिम पाठ्यांक समान हैं?

इस प्रयोग में अंतिम पाठ्यांक, आरंभिक पाठ्यांक के समान है। आपने ध्यान दिया होगा कि रासायनिक अभिक्रिया से पूर्व सिरका और बेकिंग सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) का कुल द्रव्यमान अभिक्रिया के पश्चात उत्पन्न कार्बन डाइऑक्साइड और निर्मित अन्य पदार्थों के कुल द्रव्यमान के समान है। प्रायोगिक व्यवस्था 1 के अंतर्गत द्रव्यमान में भिन्नता इस कारण से देखी गई क्योंकि इस रासायनिक अभिक्रिया में उत्पन्न गैस मुक्त हो जाती है जिसके परिणामस्वरूप आरंभिक और अंतिम पाठ्यांकों में अंतर आ जाता है।



चित्र 9.3 — (ग) अंतिम अभिक्रिया मिश्रण का भार

9.1 द्रव्यमान संरक्षण का नियम

क्रियाकलाप 9.2 यह दर्शाता है कि किसी रासायनिक अभिक्रिया के पूर्व और पश्चात कुल द्रव्यमान समान ही रहता है। अत: किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्य का न तो सृजन किया जा सकता है और न ही उसे नष्ट किया जा सकता है। इसे **द्रव्यमान संरक्षण का नियम** कहते हैं जिसे वर्ष 1789 में आन्तवॉ लवाइजिए (Antoine Lavoisier) ने प्रतिपादित किया।

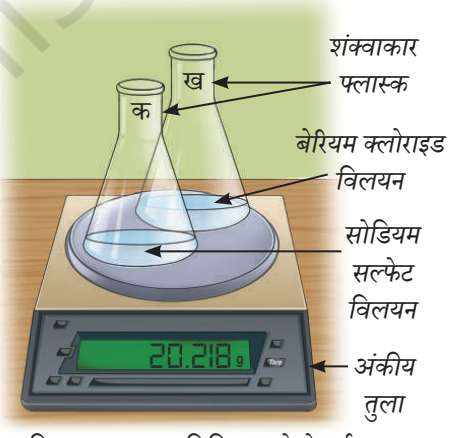
वैज्ञानिक-परिचय

आन्तवॉ लवाइजिए को आधुनिक रसायन का जनक कहा जाता है। इन्होंने द्रव्यमान संरक्षण का नियम प्रतिपादित किया। यह नियम प्रत्येक रासायनिक अभिक्रिया के लिए अनुपयोगी होता है। लवाइजिए इसका निरंतर अध्ययन करते रहे और यह प्रस्तावित किया कि "... प्रत्येक संक्रिया में, संक्रिया के पूर्व और संक्रिया के पश्चात द्रव्यमान की समान मात्रा विद्यमान रहती है"।

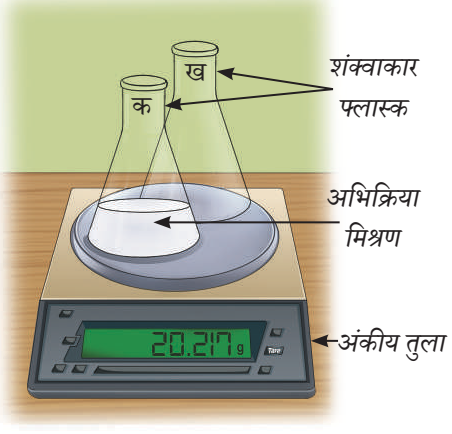
आइए , इस नियम के पुनः जाँच हेतु सोडियम सल्फेट और बेरियम क्लोराइड के मध्य अभिक्रिया पर विचार करें।

क्रियाकलाप 9.3 — आइए, नियम की जाँच करें — सामूहिक क्रियाकलाप

1. किसी तुला पर दो स्वच्छ एवं शुष्क 100 mL शंक्वाकार फ्लास्क रखिए और उन्हें 'क' और 'ख' से चिह्नित कीजिए।
2. आधेय भार अथवा पुन: नियोजन बटन को दबाकर तुला के पाठ्यांक को शून्य कीजिए।
3. शंक्वाकार फ्लास्क 'क' में 1% m/v सोडियम सल्फेट का 10 mL विलयन लीजिए।
4. शंक्वाकार फ्लास्क 'ख' में 1% m/v बेरियम क्लोराइड विलयन के 10 mL लीजिए।
5. दोनों शंक्वाकार फ्लास्कों, 'क' और 'ख' को तुला पर रखकर अबाधित छोड़ दीजिए और दोनों विलयनों का कुल द्रव्यमान अभिलेखित कीजिए (चित्र 9.4 क)।
6. शंक्वाकार फ्लास्क 'ख' से विलयन को शंक्वाकार फ्लास्क 'क' में स्थानांतरित कीजिए और दोनों विलयनों को सावधानीपूर्वक मिश्रित कीजिए।
7. आपने क्या अवलोकन किया?
8. अब चित्र 9.4 (ख) में दर्शाए अनुसार दोनों शंक्वाकार फ्लास्कों 'क' और 'ख' को पुनः तुला पर रखिए और पाठ्यांक को अभिलेखित कीजिए।
9. क्या विलयनों को मिश्रित करने के पश्चात आपको पाठ्यांक में कोई परिवर्तन दिखाई देता है?



चित्र 9.4 — (क) मिश्रित करने से पूर्व विलयनों (अभिकारकों) का भार



चित्र 9.4 — (ख) मिश्रित करने के पश्चात उत्पादों का भार

© NCERT not to be republished

टिप्पणी

- दोनों शंक्वाकार फ्लास्कों को अंकीय तुला पर रखिए। यह उन त्रुटियों के उत्पन्न होने से बचाता है जो विलयन को स्थानांतरित करते समय फ्लास्क की दीवारों पर विलयन की सूक्ष्म मात्रा के चिपके रहने से उत्पन्न हो सकती है।
- चूँकि इस अभिक्रिया में कोई गैस नहीं बनती है, अत: इस अभिक्रिया को एक खुले निकाय में किया जाता है।

जब सोडियम सल्फेट और बेरियम क्लोराइड के विलयनों को मिश्रित किया जाता है तो सोडियम क्लोराइड के साथ-साथ बेरियम सल्फेट का एक श्वेत अवक्षेप प्राप्त होता है। इसे निम्नलिखित प्रकार से निरूपित किया जा सकता है—

सोडियम सल्फेट + बेरियम क्लोराइड → बेरियम सल्फेट + सोडियम क्लोराइड

क्रियाकलाप 9.2 के आधार पर यह स्थापित हो गया कि किसी रासायनिक परिवर्तन (रासायनिक अभिक्रिया) के समय भार एवं इसी प्रकार द्रव्यमान संरक्षित रहता है।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

आपको एक रासायनिक अभिक्रिया दी गई है जिसमे जिंक, तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ अभिक्रिया कर जिंक क्लोराइड और हाइड्रोजन गैस बनाता है।

जिं क+ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (तनु) → जिंक क्लोराइड + हाइड्रोजन

इस अभिक्रिया का उपयोग इस परिकल्पना का परीक्षण करने के लिए कीजिए कि किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान संरक्षित रहता है। इसके लिए एक प्रयोग की रूपरेखा बनाकर इसका निष्पादन कीजिए। आप क्रियाकलाप 9.2 में दर्शाई गई व्यवस्था से एक भिन्न प्रकार की व्यवस्था का उपयोग कर सकते हैं।

उदाहरण 9.1 — मान लीजिए कि किसी सामूहिक क्रियाकलाप में विद्यार्थी एक बंद पात्र में 4.0 g कैल्सियम कार्बोनेट एवं 2.92 g हाइड्रोक्लोरिक अम्ल लेते हैं। अभिक्रिया पूर्ण होने के पश्चात विद्यार्थियों को 1.76 g कार्बन डाइऑक्साइड, 0.72 g जल और 4.44 g कैल्सियम क्लोराइड प्राप्त होता है। जाँच कीजिए कि द्रव्यमान संरक्षण के नियम का पालन हुआ है अथवा नहीं।

उत्तर —

कैल्सियम कार्बोनेट का द्रव्यमान = 4.0 g

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का द्रव्यमान = 2.92 g

अभिकारकों का कुल द्रव्यमान 4.0 g + 2.92 g = 6.92 g

कार्बन डाइऑक्साइड का द्रव्यमान = 1.76 g

जल का द्रव्यमान = 0.72 g

कैल्सियम क्लोराइड का द्रव्यमान = 4.44 g

उत्पादों का कुल द्रव्यमान — 1.76 g + 0.72 g + 4.44 g = 6.92 g

अभिकारकों के कुल द्रव्यमान तथा उत्पादों के कुल द्रव्यमान की तुलना कीजिए।

अभिकारकों का द्रव्यमान = उत्पादों का द्रव्यमान

अतः द्रव्यमान संरक्षण के नियम का पालन हो रहा है।

उदाहरण 9.2 — दिए गए समीकरण के अनुसार 12 g कार्बन के साथ 32 g ऑक्सीजन संयोजित होकर 44 g कार्बन डाइऑक्साइड का निर्माण करती है।

कार्बन + ऑक्सीजन → कार्बन डाइऑक्साइड

यदि 2.4 g कार्बन, ऑक्सीजन के साथ पूर्णत: अभिक्रिया करे तो कार्बन डाइऑक्साइड गैस की कितनी मात्रा उत्पन्न होगी?

उत्तर — दिया गया है कि 12 g कार्बन, 32 g ऑक्सीजन के साथ अभिक्रिया कर 44 g कार्बन डाइऑक्साइड बनाता है।

अतः 1 g कार्बन प्रदान करेगा $= \frac{44}{12}$ g कार्बन डाइऑक्साइड

इसलिए 2.4 g कार्बन प्रदान करेगा $= \frac{44}{12} \times 2.4$ g

$= 8.8$ g कार्बन डाइऑक्साइड

अत: 8.8 g कार्बन डाइऑक्साइड गैस उत्पन्न होगी।

सोचिए और बताइए

1. एक विद्यार्थी किसी खुले बीकर में 10 g एथेनॉल जलाता है। अभिक्रिया पूर्ण होने के पश्चात बीकर में कोई अवशेष शेष नहीं रहता है। क्या इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि द्रव्यमान संरक्षण के नियम का उल्लंघन हुआ है? व्याख्या कीजिए।
2. जब 20 g हाइड्रोजन, 160 g ऑक्सीजन के साथ पूर्णत: अभिक्रिया करता है तब द्रव्यमान संरक्षण के नियम के अनुसार जल की कितनी मात्रा का निर्माण होगा?

© NCERT not to be republished

उपर्युक्त क्रियाकलापों में हमने अनेक यौगिकों का उपयोग किया है। आइए, सीखें कि तत्वों से ये यौगिकों का निर्माण किस प्रकार होता है। आइए, जल का उदाहरण लें। क्या जल के निर्माण हेतु हाइड्रोजन किसी निश्चित अनुपात में ऑक्सीजन के साथ संयोजित होती है अथवा वे किसी भी अनुपात में संयोजित हो सकते हैं? यह हमें एक और महत्त्वपूर्ण नियम की ओर ले जाता है।

9.2 स्थिर अनुपात का नियम

लवाइजिए के पश्चात जोसेफ प्राउस्ट (Joseph Proust) ने प्रस्तावित किया कि दो अथवा दो से अधिक तत्वों से बने किसी भी यौगिक में तत्व द्रव्यमान के एक निश्चित अनुपात में संयोजित होते हैं। यदि दूसरे शब्दों में कहा जाए तो किसी यौगिक में तत्वों का एक निश्चित अनुपात होता है और वह उसके स्रोत पर निर्भर नहीं करता है। उदाहरणार्थ—यदि विभिन्न स्रोतों, जैसे नदियों, बोरवेल अथवा समुद्र से एकत्रित जल का शोधन करके विश्लेषण किया जाए तो इसमें सदैव हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का द्रव्यमान 1:8 के अनुपात में होता है। यह क्या इंगित करता है? यदि किसी स्रोत से 9 g शोधित जल को विघटित किया जाए तो सदैव 1 g हाइड्रोजन और 8 g ऑक्सीजन प्राप्त होती है। इस अनुपात को 1:8 के रूप में भी लिखा जाता है।

इसे **स्थिर अनुपात का नियम** अथवा **निश्चित अनुपात का नियम** अथवा कभी-कभी **प्राउस्ट का नियम** भी कहते हैं।

वैज्ञानिक-परिचय

जोसेफ लुई प्राउस्ट एक प्रसिद्ध फ्रांसीसी रसायनज्ञ थे। इन्हें इनके उल्लेखनीय प्रायोगिक कार्यों के लिए जाना जाता है। इन्होंने निश्चित अनुपात के नियम में योगदान दिया और यह दर्शाया कि रासायनिक यौगिकों में तत्व सदैव द्रव्यमान के एक निश्चित अनुपात में विद्यमान होते हैं। उदाहरणार्थ— प्राउस्ट ने कॉपर कार्बोनेट के संघटन का अध्ययन किया। इन्होंने दर्शाया कि कॉपर कार्बोनेट में कॉपर, कार्बन और ऑक्सीजन के द्रव्यमानों का अनुपात समान होता है जो इस बात पर निर्भर नहीं करता कि उसे किस प्रकार बनाया गया है अथवा किस स्रोत से प्राप्त किया गया है। इनके इस कार्य ने एक महत्त्वपूर्ण आधारशिला रखी जिसने आधुनिक रसायन को आकार देने में सहायता प्रदान की।

जिज्ञासा-सूत्र

अनेक प्राचीन सभ्यताओं में चट्टानों से प्राप्त लाल वर्णक का उपयोग चित्रकला और विभिन्न वस्तुओं को रंगने के लिए व्यापक रूप से किया जाता था। भारत में इसे 'हिंगुला' नाम से और लैटिन व अंग्रेजी भाषा में इसे 'सिनेबार' नाम से जाना जाता था। सहस्त्र वर्षों से अनेक सभ्यताओं में यह खोजा गया कि 'सिनेबार' को गर्म करने पर दो तत्व मर्करी और सल्फर प्राप्त होते हैं जिनके द्रव्यमान प्रतिशत क्रमश: लगभग 86.22% और 13.78% होते हैं। यह रोचक है कि अधिकांश सभ्यताओं ने भी यह ज्ञात किया कि मर्करी और सल्फर को इस अनुपात में एक साथ पीसने पर सिनेबार बन सकता है यद्यपि दोनों की विषाक्त प्रकृति के कारण इस प्रक्रिया का व्यापक उपयोग नहीं हुआ है।

चित्र 9.5— सिनेबार

उदाहरण 9.3 — सोडियम क्लोराइड (NaCl) में सोडियम और क्लोरीन का द्रव्यमान अनुपात 23:35.5 है। यदि 46 g सोडियम पूर्णतः अभिक्रिया करता है तो NaCl के निर्माण के लिए कितनी मात्रा में क्लोरीन की आवश्यकता होगी?

उत्तर — क्लोरीन का आवश्यक द्रव्यमान = (35.5 ÷ 23) × 46 = 71 g

सोचिए और बताइए

3. किसी यौगिक में सल्फर और ऑक्सीजन के द्रव्यमान का प्रतिशत क्रमशः 40% और 60% है। इसी यौगिक के किसी प्रतिदर्श में 20 g सल्फर है तो ऑक्सीजन का द्रव्यमान कितना होना चाहिए जिससे स्थिर अनुपात के नियम का पालन हो?
4. कार्बन मोनोक्साॅइड (CO) में कार्बन और ऑक्सीजन का द्रव्यमान अनुपात 3:4 है। कार्बन मोनोक्साॅइड बनाने के लिए 9 g कार्बन से ऑक्सीजन की कितनी मात्रा संयोजन करेगी?
5. स्थिर अनुपात का नियम केवल यौगिकों के लिए सत्य होता है परंतु मिश्रणों के लिए नहीं। कारण दीजिए।
6. दो विद्यार्थियों X और Y ने कॉपर और ऑक्सीजन को क्रमशः 4:1 और 8:2 के अनुपात में संयोजित करके कॉपर का ऑक्साइड बनाया। क्या उनके परिणाम स्थिर अनुपात के नियम की पुष्टि करते हैं? व्याख्या कीजिए।

© NCERT not to be republished

क्या होगा यदि...

परमाणु एक निश्चित अनुपात में संयोजित न होकर किसी भी अनुपात में जुड़ सकते हैं? यह हमारे आस-पास के पदार्थों को किस प्रकार प्रभावित करेगा?

यहाँ जिन दो नियमों की चर्चा की गई है वे **डॉल्टन के परमाणु सिद्धांत** का आधार तैयार करते हैं। यह सिद्धांत तार्किक रूप से यह समझाने का प्रयास करता है कि पदार्थ एक निश्चित अनुपात में ही क्यों संयोजन करते हैं और किसी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान का ह्रास अथवा सृजन क्यों नहीं होता? डॉल्टन ने कुछ समय पश्चात यह प्रस्तावित कर इनकी व्याख्या की कि किसी रासायनिक अभिक्रिया में परमाणु अविभाज्य रहते हैं और केवल पुनर्व्यवस्थित होते हैं, न तो उनका सृजन होता है और न ही वे नष्ट होते हैं।

9.3 डॉल्टन का परमाणु सिद्धांत

जॉन डॉल्टन ने अपने परमाणु सिद्धांत को कुछ अभिगृहीतों (postulates) के रूप में प्रस्तावित किया है। इन अभिगृहीतों ने पूर्व के प्रायोगिक अवलोकनों को संयोजित किया और आधुनिक वैज्ञानिक सिद्धांत के लिए एक आधार की भाँति कार्य किया। अभिगृहीत एक ऐसी मूल अभिधारणा है जिसे बिना किसी औपचारिक प्रमाण के सत्य माना जाता है तथा जिससे नवीन विचारों का उद्भव तथा विकास होता है।

वैज्ञानिक-परिचय

जॉन डॉल्टन का जन्म इंग्लैंड में हुआ था। वह वर्ष 1793 में एक महाविद्यालय में गणित, भौतिक और रसायन विज्ञान के अध्यापन हेतु मेनचेस्टर चले गए। वहाँ उन्होंने अपना अधिकांश जीवन शिक्षण और शोध करते हुए व्यतीत किया। वर्ष 1808 में इन्होंने अपना परमाणु सिद्धांत प्रस्तुत किया जो द्रव्य के अध्ययन में एक निर्णायक मोड़ सिद्ध हुआ।

जॉन डॉल्टन के अभिगृहीत—

- संपूर्ण द्रव्य अत्यंत सूक्ष्म कणों से मिलकर बना होता है जिन्हें परमाणु कहते हैं और ये रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेते हैं।
- परमाणु अविभाज्य कण होते हैं जिन्हें किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में न तो सृजित किया जा सकता है और न ही नष्ट किया जा सकता है।
- किसी तत्व के सभी परमाणुओं के द्रव्यमान एवं रासायनिक गुणधर्म समान होते हैं।
- विभिन्न तत्वों के परमाणुओं के द्रव्यमान एवं रासायनिक गुणधर्म भिन्न-भिन्न होते हैं।
- परमाणु सरल पूर्णांकों के अनुपात में संयोजित होकर यौगिक बनाते हैं।
- किसी यौगिक में परमाणुओं की सापेक्ष संख्या एवं उनके प्रकार निश्चित होते हैं।

परमाणुओं और उनके व्यवहार की आधुनिक समझ के विषय में डॉल्टन के अभिगृहीतों ने आधार प्रदान किया।

उदाहरणार्थ— हाइड्रोजन और ऑक्सीजन परमाणु संयोजन कर जल का निर्माण करते हैं परंतु ये परमाणु न तो स्वयं नष्ट होते हैं एवं न ही किसी अन्य परमाणु में परिवर्तित होते हैं। इसी प्रकार मैग्नीशियम वायु में जलकर मैग्नीशियम ऑक्साइड का एक श्वेत पाउडर बनाता है। इससे यह ज्ञात होता है कि मैग्नीशियम के परमाणु ऑक्सीजन के परमाणुओं के साथ संयोजित होकर मैग्नीशियम ऑक्साइड बनाते हैं।

सोचिए और बताइए

7. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण पढ़िए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।
   अभिकथन — 2 g हाइड्रोजन 16 g ऑक्सीजन के साथ संयोजित होकर 18 g जल का निर्माण करती है।
   कारण — डॉल्टन के परमाणु सिद्धांत के अनुसार परमाणु, द्रव्यमान के सरल पूर्णांक अनुपात में संयोजन कर यौगिक बनाते हैं।
   (i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण, अभिकथन की सही व्याख्या है।
   (ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण, अभिकथन की सही व्याख्या नहीं है।
   (iii) अभिकथन सत्य है परंतु कारण असत्य है।
   (iv) अभिकथन असत्य है परंतु कारण सत्य है।

इसके पश्चात वैज्ञानिकों ने यह खोजा कि परमाणु किस प्रकार संयोजित होकर **अणु** बनाते हैं। आइए, इसे समझें!

© NCERT not to be republished

9.4 परमाणु किस प्रकार संयोजन करते हैं?

एक ही तत्व के परमाणु संयोजन कर उस तत्व का अणु बना सकते हैं, उदाहरणार्थ— हाइड्रोजन के एक अणु में दो हाइड्रोजन परमाणु होते हैं। विभिन्न तत्वों के परमाणु संयोजित होकर किसी यौगिक का एक अणु बनाते हैं। उदाहरणार्थ— हाइड्रोजन का एक परमाणु और क्लोरीन का एक परमाणु संयोजन द्वारा हाइड्रोजन क्लोराइड का एक अणु बनाते हैं। अणु को विद्युतरूप से उदासीन किसी कण के रूप में परिभाषित कर सकते हैं जिसमें एक से अधिक परमाणु होते हैं जो स्वतंत्र रूप से अस्तित्व में रह सकता है तथा उस पदार्थ के सभी गुणधर्मों को प्रदर्शित करता है। यह भी स्मरण रखना चाहिए कि कुछ तत्व, जैसे— हीलियम केवल परमाणुओं के रूप में ही अस्तित्व में होता है क्योंकि इसके परमाणु स्थायी होते हैं।

अध्याय 8 'एक यात्रा— परमाणु के भीतर' में आपने अध्ययन किया है कि बाह्यतम (संयोजकता) कोश में 8 इलेक्ट्रॉन (2 इलेक्ट्रॉन यदि K बाह्यतम कोश है) वाले परमाणु स्थायी होते हैं। यदि किसी परमाणु के संयोजकता कोश में इलेक्ट्रॉनों की संख्या आठ से कम हो तो वह इलेक्ट्रॉनों को साझा कर, ग्रहण कर अथवा त्याग कर अपने संयोजकता कोश को पूर्ण कर सकता है और स्थायी हो सकता है। इस प्रक्रिया में तत्वों के परमाणु संयोजित होकर यौगिक बनाते हैं। यह सामान्यत: दो प्रकार से होता है जो निम्नलिखित हैं—

- **इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी** — इस प्रक्रिया में दूसरे परमाणु के साथ कुछ अथवा सभी इलेक्ट्रॉनों को साझा किया जाता है।
- **इलेक्ट्रॉनों का स्थानांतरण** — इसके अंतर्गत एक अथवा अधिक संयोजकता इलेक्ट्रॉनों को दूसरे परमाणु को स्थानांतरित किया जाता है अथवा किसी दूसरे परमाणु से एक अथवा एक से अधिक इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण किया जाता है।

जब परमाणु संयोजित होते हैं तब निकाय की कुल ऊर्जा व्यक्तिगत परमाणुओं की ऊर्जाओं के योग से कम हो जाती है जिससे परिणामी व्यवस्था अधिक स्थायी हो जाती है। वह बल जो परमाणुओं को एक साथ बाँधे रखता है, **रासायनिक आबंध (Chemical Bond)** कहलाता है। आइए, इसके विषय में और जानें।

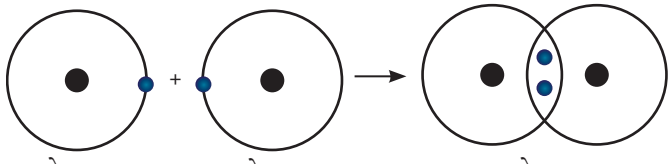
9.4.1 इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी द्वारा आबंधन— सहसंयोजक आबंध

क. तत्वों के अणु

आइए, इलेक्ट्रॉनों की साझेदारी द्वारा तत्वों के अणु निर्मित होने के विषय में समझें जिसका वर्णन नीचे किया गया है।

हाइड्रोजन अणु के निर्माण पर विचार कीजिए —

- हाइड्रोजन (परमाणु क्रमांक 1) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए। इसके K-कोश में केवल एक इलेक्ट्रॉन है।
- चूँकि K-कोश में कुल दो इलेक्ट्रॉन ही हो सकते हैं। इसलिए हाइड्रोजन परमाणु को स्थायी होने के लिए एक और इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है।



चित्र 9.6 —हाइड्रोजन अणु का निर्माण

अत: हाइड्रोजन परमाणु परस्पर एक-एक इलेक्ट्रॉन को साझा कर हाइड्रोजन का एक अणु (H_2) बनाते हैं जैसा कि चित्र 9.6 में दर्शाया गया है। इलेक्ट्रॉनों का सहभाजित युग्म दोनों हाइड्रोजन के नाभिकों को आकर्षित करता है और स्थायी अणु बनाता है। परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों के सहभाजित युग्म की यह परस्पर क्रिया **सहसंयोजी आबंध (covalent bond)** कहलाती है। यदि दो परमाणु एक-एक इलेक्ट्रॉन के सहभाजन द्वारा जुड़े हुए हों तो उन्हें **एकल आबंध (single bond)** द्वारा जुड़ा हुआ कहा जाता है।

इसे सामान्यत: दो परमाणुओं के प्रतीकों के बीच एकल रेखा, जैसे— H-H द्वारा निरूपित किया जाता है।

आइए, क्लोरीन अणु का उदाहरण लें।

© NCERT not to be republished

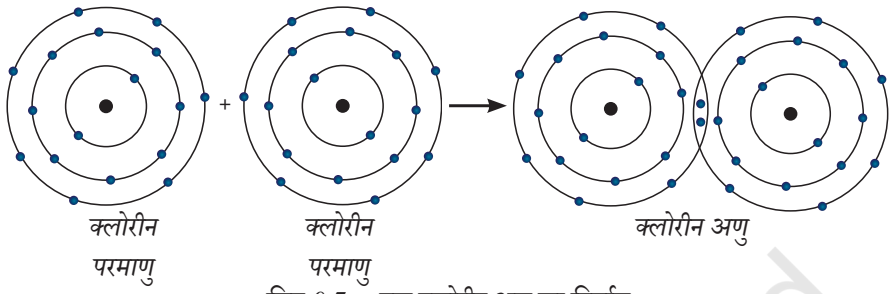
सोचिए और बताइए

8. नाइट्रोजन में पाँच संयोजकता इलेक्ट्रॉन होते हैं। नाइट्रोजन अणु (N_2) की संरचना आरेखित कीजिए।
9. फ्लुओरीन का परमाणु क्रमांक 9 है। फ्लुओरीन अणु (F_2) के निर्माण की व्याख्या कीजिए।

एकता में शक्ति...

जिस प्रकार परमाणु सहसंयोजी आबंध बनाने के लिए इलेक्ट्रॉन साझा करते हैं उसी प्रकार हम भी अपने आस-पास के व्यक्तियों के साथ परस्पर साझेदारी एवं देखभाल की भावना द्वारा घनिष्ठ संबंध बना सकते हैं। इस प्रकार की साझेदारी से एकता और स्थायित्व प्राप्त होता है जिससे एक सशक्त समाज की नींव बनती है और अंततः एक सशक्त राष्ट्र का निर्माण होता है।

क्लोरीन परमाणु के संयोजकता कोश में सात इलेक्ट्रॉन होते हैं। प्रत्येक क्लोरीन परमाणु को स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करने के लिए एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता होती है। दोनों क्लोरीन परमाणुओं द्वारा एक-एक इलेक्ट्रॉन साझा करने (सहभाजन) पर एक क्लोरीन अणु का निर्माण होता है जैसा कि चित्र 9.7 में दर्शाया गया है। इलेक्ट्रॉनों का साझा युग्म दोनों क्लोरीन परमाणुओं को एक साथ अणु के रूप में बाँधे रखता है।



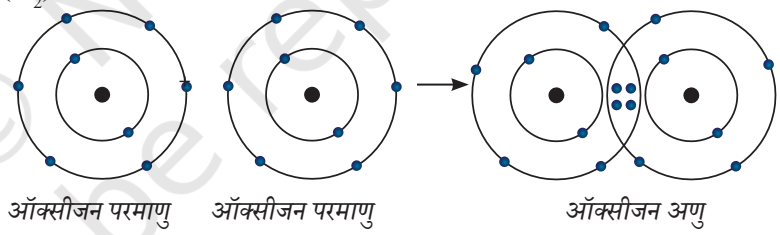
चित्र 9.7 — एक क्लोरीन अणु का निर्माण

चूँकि दो परमाणु एक इलेक्ट्रॉन युग्म को साझा करते हैं उन्हें एकल सहसंयोजी आबंध द्वारा जुड़ा हुआ कहा जाता है। अतः क्लोरीन (Cl_2) अणु को Cl-Cl के रूप में निरूपित किया जा सकता है।

आइए, अब ऑक्सीजन अणु में आबंधन को जानें।

ऑक्सीजन परमाणु (परमाणु क्रमांक 8) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए। आप यह अवलोकन कर सकते हैं कि इसके संयोजकता कोश में छह इलेक्ट्रॉन उपस्थित हैं और इसे अपना अष्टक पूर्ण करने के लिए दो अन्य इलेक्ट्रॉनों की आवश्यकता होती है।

अतः दोनों ऑक्सीजन परमाणु दो-दो इलेक्ट्रॉन साझा करते हैं और एक ऑक्सीजन अणु (O_2) का निर्माण करते हैं जैसा कि चित्र 9.8 में दर्शाया गया है।



चित्र 9.8— एक ऑक्सीजन अणु का निर्माण

इसमें दो परमाणु साझा इलेक्ट्रॉनों के दो युग्मों द्वारा जुड़े रहते हैं और एक **द्वि-आबंध (double bond)** द्वारा परस्पर बंधे रहते हैं। इसे दो ऑक्सीजन परमाणुओं के बीच दो रेखाएँ खींचकर O = O द्वारा निरूपित किया जाता है।

ख. यौगिकों के अणु

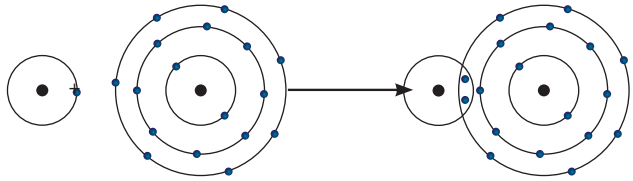
भाग 9.4.1 क में आपने तत्वों के अणुओं के निर्माण के विषय में सीखा है जहाँ एक ही तत्व के दो परमाणु संयोजित होते हैं। क्या होगा यदि दो भिन्न तत्वों के परमाणु संयोजित हों? आइए, इसे हाइड्रोजन क्लोराइड अणु के निर्माण के उदाहरण द्वारा समझें।

आप इसे निम्नलिखित चरणों के उपयोग द्वारा समझ सकते हैं—

- हाइड्रोजन और क्लोरीन के परमाणुओं का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए (हाइड्रोजन का परमाणु क्रमांक 1 और क्लोरीन का 17 है)।
- क्लोरीन को अपना अष्टक और हाइड्रोजन को अपना द्विक (duplet) पूर्ण करने के लिए आवश्यक इलेक्ट्रॉनों की संख्या की गणना कीजिए।

© NCERT not to be republished

आपने ध्यान दिया होगा कि हाइड्रोजन और क्लोरीन दोनों के परमाणुओं को स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करने के लिए एक-एक इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता है। अतः दोनों परमाणु एक-एक इलेक्ट्रॉन साझा करके हाइड्रोजन क्लोराइड का एक अणु बनाते हैं जैसा कि चित्र 9.9 में दर्शाया गया है।

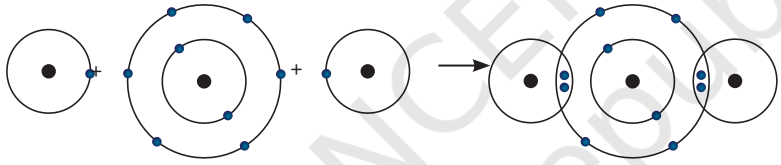


हाइड्रोजन परमाणु *क्लोरीन परमाणु* *हाइड्रोजन क्लोराइड अणु*

चित्र 9.9— हाइड्रोजन क्लोराइड अणु का निर्माण

चूँकि एक हाइड्रोजन क्लोराइड अणु में हाइड्रोजन और क्लोरीन परमाणु इलेक्ट्रॉनों को साझा करके जुड़े हैं, अतःयह एक सहसंयोजी यौगिक है। इसके साथ ही चूँकि हाइड्रोजन और क्लोरीन परमाणु इलेक्ट्रॉनों का एक युग्म साझा करते हैं, वे एकल आबंध द्वारा जुड़े होते हैं और इसे H-Cl द्वारा निरूपित किया जाता है।

आप यह जानते हैं कि हाइड्रोजन और ऑक्सीजन संयोजित होकर जल निर्मित करते हैं। स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करने के लिए हाइड्रोजन को केवल एक और ऑक्सीजन को दो इलेक्ट्रॉनों की आवश्यकता होती है। ऑक्सीजन अपने दो इलेक्ट्रॉन किसी दूसरे ऐसे परमाणु से किस प्रकार साझा कर सकता है जिसे एक ही इलेक्ट्रॉन की आवश्यकता हो? दो हाइड्रोजन परमाणुओं द्वारा अपने एक-एक इलेक्ट्रॉन को ऑक्सीजन परमाणु के साथ साझा करने से ऐसा संभव होता है जैसा कि चित्र 9.10 में दर्शाया गया है।



हाइड्रोजन परमाणु *ऑक्सीजन परमाणु* *हाइड्रोजन परमाणु* *जल अणु*

चित्र 9.10— जल के अणु का निर्माण

अतः जल के अणु को H_2O द्वारा निरुपित किया जाता है जो दो हाइड्रोजन परमाणुओं और एक ऑक्सीजन परमाणु की उपस्थिति को इंगित करता है।

सोचिए और बताइए

10. निम्नलिखित अणुओं का निर्माण दर्शाइए—
    (i) कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2)
    (ii) हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S)
    (iii) अमोनिया (NH_3)
11. निऑन (परमाणु क्रमांक 10) अपने संयोजकता इलेक्ट्रॉनों को न तो स्थानांतरित करता है और न ही साझा करता है। व्याख्या कीजिए।

विज्ञान एवं समाज

जब परमाणुओं के नाभिक टूटते हैं अथवा जुड़ते हैं और नए तत्वों का निर्माण करते हैं तो एक बड़ी मात्रा में ऊर्जा उत्सर्जित करते हैं। इसे परमाण्विक अथवा नाभिकीय ऊर्जा कहते हैं और यह आधुनिक जीवन में अत्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है। विद्युत ऊर्जा के उत्पादन के अतिरिक्त इसका उपयोग औषधि, वैज्ञानिक अनुसंधान और अंतरिक्ष की खोज में किया जाता है। नाभिकीय शक्ति संयंत्रों में नाभिकीय अभिक्रियाओं की ऊष्मीय ऊर्जा भाप उत्पन्न करती है जो टरबाइन को प्रचालित करती है और विद्युत उत्पन्न करती है, यह जीवाश्म ईंधनों का एक स्वच्छ विकल्प है। भारत में **राजा रमन्ना** जैसे वैज्ञानिकों ने राष्ट्र के नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम का विकास और राष्ट्र विकास के लिए इसके शांतिपूर्ण उपयोग को बढ़ावा देकर महत्त्वपूर्ण योगदान दिया है।

ग. सहसंयोजी यौगिकों का नामकरण

सहसंयोजी यौगिकों का नामकरण यौगिक में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या को इंगित करके किया जाता है। इन यौगिकों के नामकरण के लिए एक उपसर्ग प्रणाली का उपयोग किया जाता है जो किसी अणु में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या को इंगित करती है। प्रथम तत्व का नाम सामान्य ही रखा जाता है जबकि दूसरे तत्व के नाम के अंत में आइड (-ide) लगाया जाता है। उपसर्ग, जैसे — मोनो-(1), डाइ-(2),

© NCERT not to be republished

ट्राइ-(3), टेट्रा-(4), पेन्टा-(5), हेक्सा-(6) इत्यादि परमाणुओं की संख्या व्यक्त करते हैं। यद्यपि प्रथम तत्व के लिए मोनो को सामान्यतः नहीं लिखा जाता है परंतु दूसरे तत्व के लिए इसका उपयोग किया जाता है। तत्व के अंग्रेजी नाम में यदि कोई उपसर्ग 'o' या 'a' के साथ समाप्त होता है और तत्व के नाम का प्रारंभ स्वर (vowel) के साथ आरंभ होता है तो अंतिम स्वर को छोड़ दिया जाता है (उदाहरणार्थ— मोनोक्सॉइड– monoxide , पेंटऑक्साइड –pentoxide)। यदि उपसर्ग 'i' के साथ समाप्त हो तब उच्चारण के लिए इसे रख लिया जाता है, (उदाहरणार्थ, डाइऑक्साइड – dioxide, ट्राइऑक्साइड – trioxide)।

उदाहरण

- CO का नाम कार्बन मोनोक्सॉइड (carbon monoxide) के रूप में लिखा जाता है न कि कार्बन मोनो ऑक्साइड (carbon monooxide) के रूप में।
- CO_2 को कार्बन डाइऑक्साइड नाम दिया जाता है (न कि मोनोकार्बन डाइऑक्साइड)।
- CS_2 को कार्बन डाइसल्फाइड नाम दिया जाता है जिसमें दो सल्फर परमाणु प्रदर्शित हो रहे हैं।
- PCl_3 को फॉस्फोरस ट्राइक्लोराइड नाम दिया जाता है जिसमें तीन क्लोरीन परमाणु प्रदर्शित हो रहे हैं।
- SF_6 को सल्फर हेक्साफ्लुओराइड नाम दिया जाता है जिसमें छह फ्लुओरीन परमाणु प्रदर्शित हो रहे हैं।
- N_2O_4 को डाइनाइट्रोजन टेट्रॉक्साइड नाम दिया जाता है (न कि टेट्राऑक्साइड)।
- N_2O_5 को डाइनाइट्रोजन पेंटऑक्साइड नाम दिया जाता है।

जब सूत्र में प्रथम तत्व हाइड्रोजन हो तो हाइड्रोजन से पहले कोई उपसर्ग नहीं जोड़ा जाता है चाहे परमाणुओं की संख्या कुछ भी हो। उदाहरण के लिए— H_2S को हाइड्रोजन सल्फाइड नाम दिया जाता है न कि डाइहाइड्रोजन सल्फाइड।

कुछ द्विअंगी यौगिकों को उनके सामान्य नामों से जाना जाता है। उदाहरणार्थ— H_2O जिसे हाइड्रोजन मोनोक्साइड नाम दिया जाना चाहिए उसे सामान्यतः जल के नाम से जाना जाता है। इसी प्रकार NH_3 जो कि वास्तव में नाइट्रोजन ट्राइहाइड्राइड है, उसे अमोनिया के रूप में जाना जाता है।

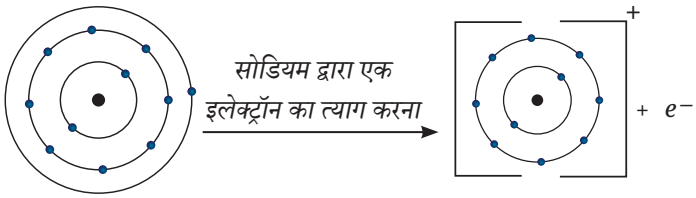
9.4.2 इलेक्ट्रॉन स्थानांतरण द्वारा आबंधन — आयनिक आबंध

यदि किसी परमाणु के संयोजकता कोश में चार से कम इलेक्ट्रॉन होते हैं तो वह सामान्यतः स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करने हेतु अपने संयोजकता इलेक्ट्रॉनों को त्याग देता है। अध्याय 8 'एक यात्रा — परमाणु के भीतर' की तालिका 8.4 में दिए गए प्रथम 18 तत्वों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यासों का उपयोग करके चार ऐसे तत्वों की पहचान कीजिए। चार से अधिक संयोजकता इलेक्ट्रॉन वाले परमाणु अष्टक पूर्ण करने के लिए सामान्यतः इलेक्ट्रॉन ग्रहण करते हैं अथवा साझा करते हैं।

आप सोडियम क्लोराइड (साधारण नमक) से परिचित हैं जिसका रासायनिक सूत्र NaCl है। आइए , NaCl में आबंधन का उदाहरण लें।

सोडियम का परमाणु क्रमांक 11 है। इसके संयोजकता कोश में केवल एक इलेक्ट्रॉन है और यह इस संयोजकता इलेक्ट्रॉन को त्यागकर स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त कर सकता है। क्या यह एक इलेक्ट्रॉन खोकर भी उदासीन ही रहेगा? यदि नहीं, तो इस पर क्या आवेश होगा और क्यों?

जब सोडियम परमाणु (चित्र 9.11 क) अपना संयोजकता इलेक्ट्रॉन त्यागता है तो यह एक धनावेशी स्पीशीज बन जाता है जिसे सोडियम **धनायन (cation)** कहते हैं और Na^+ के रूप में निरूपित करते हैं (चित्र 9.11 ख)। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि इसमें 11 प्रोटॉन और 10 इलेक्ट्रॉन होते हैं।

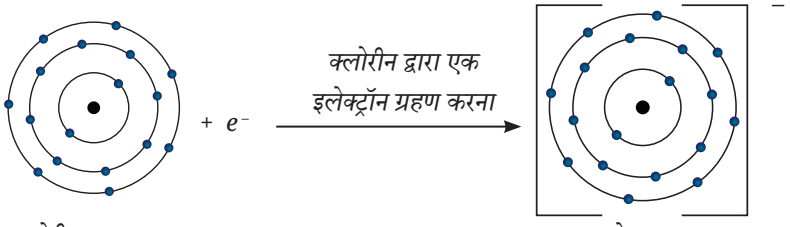


(क) सोडियम परमाणु (Na) (ख) सोडियम धनायन (Na^+)

चित्र 9.11— सोडियम धनायन का निर्माण

© NCERT not to be republished

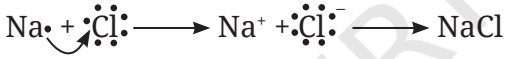
दूसरी ओर क्लोरीन परमाणु का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास यह दर्शाता है कि इसमें सात संयोजकता इलेक्ट्रॉन हैं (चित्र 9.12 क)। यह किसी दूसरे परमाणु से एक इलेक्ट्रॉन प्राप्त करके स्थायी इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त कर सकता है। एक अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन प्राप्त करने के पश्चात इस पर एक इकाई ऋण आवेश आ जाता है और इसे क्लोरीन का **ऋणायन (anion)** कहते हैं और इसे क्लोराइड भी कहा जाता है। इसे Cl^- से निरूपित किया जाता है (चित्र 9.12 ख)।



(क) क्लोरीन परमाणु (Cl) *(ख) क्लोराइड आयन (Cl^-)*

चित्र 9.12— एक क्लोराइड आयन का निर्माण

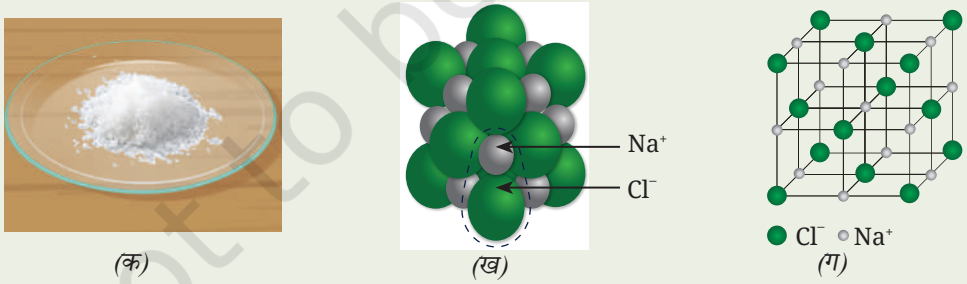
धनायन और ऋणायन संयुक्त रूप से आयन कहलाते हैं। जब एक बार सोडियम और क्लोराइड आयन बन जाते हैं तो अपने विपरीत आवेशों के कारण वे स्थिर विद्युत आकर्षण बल द्वारा परस्पर जुड़े रहते हैं (चित्र 9.13)। विपरीत आवेश वाले आयनों के मध्य यह स्थिर विद्युत आकर्षण बल जो उन्हें बाँधे रखता है, **आयनिक आबंध (ionic bond)** कहलाता है।



चित्र 9.13— इलेक्ट्रॉन के स्थानांतरण द्वारा सोडियम क्लोराइड का निर्माण

जिज्ञासा-सूत्र

आयनिक यौगिक सामान्यतः एकल इकाई के रूप में नहीं पाए जाते हैं। वे त्रिविमीय (3-D) क्रिस्टल बनाते हैं जिसमें आयन पुनरावृत्ति प्रतिरूप में व्यवस्थित होते हैं। उदाहरण के लिए— सोडियम क्लोराइड (NaCl) (चित्र 9.14 क) में प्रत्येक सोडियम आयन (Na^+) छह क्लोराइड आयनों (Cl^-) से घिरा होता है और प्रत्येक क्लोराइड आयन छह सोडियम आयनों से घिरा होता है। ये विपरीत आवेशित आयन एक नियमित पुनरावृत्ति 3-D प्रतिरूप में व्यवस्थित होते हैं जिसे एक क्रिस्टल संरचना कहा जाता है (चित्र 9.14 ख)।



(क) *(ख)* *(ग)*

चित्र 9.14— सोडियम क्लोराइड (क) क्रिस्टल, (ख) क्रिस्टल संरचना और (ग) क्रिस्टल जालक

क्रिस्टल संरचना को क्रिस्टल जालक (lattice) के रूप में निरूपित किया जाता है जिसमें आयन बिंदुओं अथवा गोलों के रूप में दर्शाए जाते हैं (चित्र 9.14 ग))। इससे क्रिस्टल में आयनों की व्यवस्था को दृष्टिगत करने में सहायता मिलती है। आप उच्च कक्षाओं में क्रिस्टल संरचना के विषय में और अधिक सीखेंगे।

एक सोपान ऊपर

कुछ तत्व जैसे सल्फर के बाह्यतम कोश में छह इलेक्ट्रॉन होते हैं और उसे अपना अष्टक पूर्ण करने के लिए दो इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करने की आवश्यकता होती है। जब एक सल्फर परमाणु दो इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है तो इस पर दो इकाई ऋण आवेश आ जाता है और इसे S^{2-} के रूप में निरूपित किया जाता है।

© NCERT not to be republished

क्या होता यदि ...

हम परमाणुओं को प्रत्यक्ष रूप से देख पाते? यह वैज्ञानिकों के लिए किस प्रकार सहायक होता और किस प्रकार की चुनौतियाँ उत्पन्न करता?

सोचिए और बताइए

12. ऑक्सीजन (O) किस प्रकार का आयन बनाएगा?
13. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए—
    मैग्नीशियम और क्लोरीन में से Mg^{2+} बनने के लिए मैग्नीशियम परमाणु दो इलेक्ट्रॉन त्याग सकता है। यद्यपि क्लोरीन परमाणु एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करके _____ बनाता है। अब मैग्नीशियम का _____ आयन और क्लोरीन के _____ आयन संयोजित हो कर मैग्नीशियम क्लोराइड बनाते हैं।
14. पोटैशियम (K) और कैल्सियम (Ca) परमाणुओं के धनायनों के निर्माण तथा उनके संगत क्लोराइडों के निर्माण को चित्र द्वारा दर्शाइए।
15. दर्शाइए कि सोडियम सल्फाइड (Na_2S) का निर्माण किस प्रकार होता है?

क. आयनिक यौगिकों का नामकरण

आयनिक यौगिकों का नाम लिखते हुए पहले धनायन का नाम लिखा जाता है तत्पश्चात ऋणायन का नाम लिखते हैं। सरल ऋणायनों के नामों का अंत आइड (-ide) से होता है। प्रायः धातुएँ धनायन बनाती हैं और अधातुएँ ऋणायन बनाती हैं। आयनिक यौगिक विशेषतः तब बनते हैं जब धातुओं का संयोजन अधातुओं से होता है, उदाहरणार्थ— सोडियम क्लोराइड, कैल्सियम ऑक्साइड, मैग्नीशियम सल्फाइड इत्यादि। कुछ आयन दो अथवा दो से अधिक तत्वों के परमाणुओं के संयोजन से बनते हैं और **बहुपरमाण्विक आयन** कहलाते हैं। सामान्यत: बहुपरमाण्विक आयनों के नाम का अंत आइड (-ide) से नहीं होता। कुछ सामान्य आयनों के नाम, सूत्र एवं संयोजकताएँ तालिका 9.1 में दर्शाए गए हैं।

तालिका 9.1— (क) कुछ सामान्य एकपरमाणुक आयन

आयन का नाम	सूत्र	संयोजकता
सोडियम	Na^+	1
लीथियम	Li^+	1
पोटैशियम	K^+	1
सिल्वर	Ag^+	1
कैल्सियम	Ca^{2+}	2
बेरियम	Ba^{2+}	2
आयरन (फेरस)	Fe^{2+}	2
आयरन (फेरिक)	Fe^{3+}	3
कॉपर (क्यूप्रस)	Cu^+	1
कॉपर (क्यूप्रिक)	Cu^{2+}	2
मैग्नीशियम	Mg^{2+}	2
जिंक	Zn^{2+}	2
ऐलुमिनियम	Al^{3+}	3
फ्लुओराइड	F^-	1
क्लोराइड	Cl^-	1
ब्रोमाइड	Br^-	1
आयोडाइड	I^-	1
ऑक्साइड	O^{2-}	2
सल्फाइड	S^{2-}	2

© NCERT not to be republished

तालिका 9.1— (ख) कुछ सामान्य बहुपरमाण्विक आयन

आयन का नाम	सूत्र	संयोजकता
हाइड्रॉक्साइड	^{-}OH	1
नाइट्रेट	NO_3^-	1
हाइड्रोजनकार्बोनेट	HCO_3^-	1
कार्बोनेट	CO_3^{2-}	2
सल्फेट	SO_4^{2-}	2
अमोनियम	$^{+}NH_4$	1

9.5 रासायनिक सूत्रों को लिखना

आपने पहले सीखा है कि साझा अथवा स्थानांतरित किए गए इलेक्ट्रॉनों की संख्या ज्ञात करके यौगिकों के सूत्रों को किस प्रकार लिखा जाता है। सूत्रों को शीघ्रता से लिखने की एक अन्य विधि भी है।

9.5.1 सहसंयोजी यौगिकों के रासायनिक सूत्र लिखना

किसी सहसंयोजी यौगिक का रासायनिक सूत्र लिखने के लिए निम्नलिखित चरणों का पालन कीजिए—

(i) यौगिक के संघटक तत्वों के प्रतीक लिखिए।

(ii) इन तत्वों की संयोजकताएँ लिखिए (तालिका 9.1 का संदर्भ लीजिए)।

(iii) संयोजन करने वाले परमाणुओं की संयोजकताओं का तिर्यक (criss-cross)) कीजिए और उन्हें तत्वों के प्रतीकों के बाद पादांक (subscripts) के रूप में लिखिए जैसा कि नीचे दर्शाया गया है।

उदाहरण —

हाइड्रोजन क्लोराइड का सूत्र—

तत्व का प्रतीक — H Cl

संयोजकता — 1 1

यौगिक का सूत्र HCl होगा।

यदि तिर्यक करने के पश्चात संयोजकता एक है तब उसे लिखा नहीं जाता है।

हाइड्रोजन सल्फाइड का सूत्र—

तत्व का प्रतीक — H S

संयोजकता — 1 2

यौगिक का सूत्र H_2S होगा।

कार्बन टेट्राक्लोराइड का सूत्र—

तत्व का प्रतीक — C Cl

संयोजकता — 4 1

यौगिक का सूत्र CCl_4 होगा।

9.5.2 आयनिक यौगिकों के रासायनिक सूत्र लिखना

किसी आयनिक यौगिक का रासायनिक सूत्र लिखने के लिए नीचे दिए गए चरणों का पालन कीजिए—

(i) सर्वप्रथम धनायन का प्रतीक लिखिए तत्पश्चात ऋणायन का प्रतीक लिखिए।

(ii) आवेशों को मूर्धांक (superscripts) में लिखने की अपेक्षा उन्हें प्रतीकों के नीचे लिखिए।

© NCERT not to be republished

टिप्पणी

यौगिक के सूत्र में आयनों के आवेश इंगित नहीं किए जाते हैं।

(iii) सूत्र प्राप्त करने के लिए नीचे दर्शाए अनुसार आवेशों (केवल संख्या) का तिर्यक बनाइए।

(iv) रासायनिक सूत्र किसी यौगिक में तत्वों का सरलतम अनुपात दर्शाता है। अत: यदि सूत्र में कोई पादांक (subscripts) हैं तो तिर्यक करने के पश्चात उसे एक सामान्य इकाई से भाग दिया जाता है। उदाहरणार्थ— यदि हमें 2 और 4 पादांक प्राप्त होते हैं तो इन्हें 2 से भाग देकर 1 और 2 प्राप्त होता है जिनका उपयोग सूत्र में पादांक के रूप में किया जाता है।

उदाहरण —

कैल्सियम क्लोराइड का सूत्र—

प्रतीक Ca Cl

आवेश 2+ 1–

सूत्र $CaCl_2$

अत: कैल्सियम क्लोराइड के सूत्र में प्रत्येक कैल्सियम आयन (Ca^{2+}) के लिए दो क्लोराइड आयन (Cl^-) हैं। धन एवं ऋण आवेशों को निश्चित रूप से एक-दूसरे को संतुलित करना चाहिए और पूर्ण संरचना उदासीन ही होनी चाहिए।

ऐलुमिनियम ऑक्साइड का सूत्र—

प्रतीक Al O

आवेश 3+ 2–

सूत्र Al_2O_3

मैग्नीशियम ऑक्साइड का सूत्र—

प्रतीक Mg O

आवेश 2+ 2–

यहाँ दोनों तत्वों की संयोजकताएँ एकसमान हैं। हमें Mg_2O_2 सूत्र प्राप्त हुआ है परंतु इसे सहज रूप में MgO लिखा जाता है।

इस विधि को धातु एवं अन्य बहुपरमाण्विक आयनों से बने यौगिकों जैसे कि कैल्सियम कार्बोनेट के सूत्र लिखने में भी प्रयुक्त किया जा सकता है।

मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड के लिए हम पहले धनायन (Mg^{2+}) का प्रतीक लिखते हैं। इसके पश्चात ऋणायन (^-OH) का प्रतीक लिखते हैं। तत्पश्चात इनके आवेशों (केवल संख्याएँ) का तिर्यक कर सूत्र प्राप्त करते हैं।

उदाहरण—

कैल्सियम कार्बोनेट का सूत्र—

प्रतीक Ca CO_3

आवेश 2+ 2–

सूत्र $CaCO_3$

यहाँ दोनों आयनों की संयोजकताएँ समान हैं। सूत्र $Ca_2(CO_3)_2$ को सहज ही $CaCO_3$ लिखा जाता है जैसा कि ऊपर समझाया गया है।

मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड का सूत्र—

प्रतीक Mg OH

आवेश 2+ 1–

सूत्र $Mg(OH)_2$

© NCERT not to be republished

इसलिए मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड में प्रत्येक मैग्नीशियम आयन (Mg^{2+}) के लिए दो हाइड्रॉक्साइड आयन (^{-}OH) होते हैं। जब किसी सूत्र में एक ही प्रकार के दो अथवा अधिक बहुपरमाण्विक आयन होते हैं तब हम कोष्ठकों का उपयोग करते हैं। ऐलुमिनियम हाइड्रॉक्साइड के निम्नलिखित उदाहरण में पादांक 3 के साथ OH आयन के चारों ओर कोष्ठक इंगित करता है कि तीन हाइड्रॉक्साइड (^{-}OH) आयन एक ऐलुमिनियम आयन से बंधे हैं। यदि केवल एक बहुपरमाण्विक ऋणायन उपस्थित हो तब कोष्ठकों की आवश्यकता नहीं होती।

उदाहरण—

ऐलुमिनियम हाइड्रॉक्साइड का सूत्र—

प्रतीक	Al	OH
आवेश	3+	1–
सूत्र	$Al(OH)_3$	

नोट— ऐलुमिनियम हाइड्रॉक्साइड का सूत्र $Al(OH)_3$ है न कि $AlOH_3$।

ऐलुमिनियम सल्फेट का सूत्र—

प्रतीक	Al	SO_4
आवेश	3+	2–
सूत्र	$Al_2(SO_4)_3$	

सोचिए और बताइए

16. निम्नलिखित के नाम लिखिए।
    (i) CO_2 _____
    (ii) NO_2 _____
    (iii) SF_6 _____
    (iv) PCl_3 _____
17. निम्नलिखित के सूत्र लिखिए।
    (i) सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट _____
    (ii) सल्फर डाइऑक्साइड _____
    (iii) फेरिक क्लोराइड _____
    (iv) क्यूप्रस ऑक्साइड _____
18. निम्नलिखित आयनों के युग्मों से निर्मित यौगिकों के सूत्र लिखिए—
    (i) Fe^{3+} और ^{-}OH (ii) K^{+} और CO_3^{2-}

9.6 आयनिक और सहसंयोजी यौगिकों के गुणधर्म

क्रियाकलाप 9.4— आइए, प्रयोग करें

1. कुछ यौगिकों, जैसे— कर्पूर, सोडियम क्लोराइड, कॉपर सल्फेट, चीनी और नैफ्थलीन के प्रतिदर्श (sample) एकत्रित कीजिए।

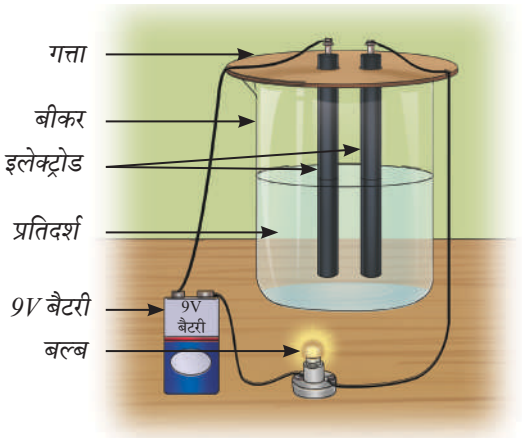
(क) विलेयता (i) जल में (ii) किरोसिन में एवं (iii) पेट्रोल में

2. प्रत्येक प्रतिदर्श को जल, किरोसिन और पेट्रोल में पृथक-पृथक घोलने का प्रयास कीजिए।
3. अपने प्रेक्षणों को तालिका 9.2 में अभिलेखित कीजिए।

(ख) जल में विद्युत चालकता

सुरक्षा प्रथम— यह कार्य अध्यापक की देखरेख में किया जाना चाहिए। जब इलेक्ट्रोड बैटरी से जुड़े हों तब उन्हें स्पर्श न करें अपितु प्रघात के जोखिम से बचाव हेतु एक निम्न-वोल्टता की बैटरी का उपयोग कीजिए। पेट्रोल और किरोसिन ज्वलनशील द्रव हैं, अत: उनके साथ कार्य करते हुए सावधान रहिए।

© NCERT not to be republished



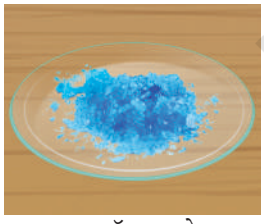
चित्र 9.15 — विलयन की वैद्युत चालकता की जाँच के लिए प्रायोगिक व्यवस्था

4. कार्बन अथवा धातु के दो इलेक्ट्रोड लीजिए और गत्ते के एक टुकड़े में दो छिद्र कीजिए। इन इलेक्ट्रोडों को गत्ते में बने इन छिद्रों में डालिए।
5. एक इलेक्ट्रोड का एक छोर 9V की बैटरी के टर्मिनल से जोड़िए और दूसरे इलेक्ट्रोड का छोर प्रकाश बल्ब से जोड़िए जो बैटरी से जुड़ा हुआ है (जैसा कि चित्र 9.15 में दर्शाया गया है)।
6. प्रत्येक ठोस प्रतिदर्श की विद्युत चालकता का परीक्षण कीजिए और देखिए कि बल्ब प्रदीप्त होता है अथवा नहीं। अपने अवलोकनों को लिखिए।
7. जल में घोले गए प्रत्येक प्रतिदर्श की विद्युत चालकता का परीक्षण प्रतिदर्श के विलयन को एक-एक करके बीकर में स्थानांतरित करके कीजिए और देखिए कि क्या बल्ब प्रदीप्त होता है। (चित्र 9.15)
8. तालिका 9.2 में दिए गए अन्य प्रतिदर्शों के साथ अपने प्रेक्षणों को अंकित कीजिए।

तालिका 9.2— विलेयता एवं विद्युत चालकता के प्रेक्षण

यौगिक	प्रयोग				
	विलेयता			यौगिकों की वैद्युत चालकता	
	जल में	किरोसिन(मिट्टी का तेल) में	पेट्रोल में	ठोस अवस्था में	जल में
कर्पूर					
सोडियम क्लोराइड					
कॉपर सल्फेट					
चीनी					
नैफ्थलीन					
कोई अन्य					

(क) सोडियम क्लोराइड



(ख) कॉपर सल्फेट

चित्र9.16— आयनिक यौगिक

9. उन यौगिकों का समूह बनाइए जो तालिका 9.2 में सूचीबद्ध यौगिकों के समान गुणधर्म दर्शाते हैं।

आयनिक यौगिक जैसे सोडियम क्लोराइड (चित्र 9.16 क) और कॉपर सल्फेट (चित्र 9.16 ख) जल में प्रायः घुलनशील होते हैं किंतु किरोसिन और पेट्रोल जैसे विलायकों में अघुलनशील होते हैं। इसके विपरीत अधिकांश सहसंयोजी यौगिक जैसे कि कर्पूर (चित्र 9.17 क) और नैफ्थलीन (चित्र 9.17 ख) जल में अघुलनशील हैं परंतु किरोसिन और पेट्रोल में घुलनशील हैं।

आयनिक यौगिक ठोस अवस्था में विद्युत का चालन नहीं करते हैं क्योंकि उनके आयन प्रबल बलों द्वारा नियत स्थितियों में बँधे रहते हैं। विद्युत चालन के लिए आयनों को गति करने हेतु मुक्त होना चाहिए जो तब ही संभव होता है जब आयनिक यौगिकों, जैसे सोडियम क्लोराइड और कॉपर सल्फेट को जल में घोला जाता है। दूसरी ओर, कुछ सहसंयोजी यौगिक, जैसे— चीनी, जल में घुलनशील होते हैं किंतु विलयन में आयन नहीं बनाते इसलिए ये विद्युत का चालन नहीं करते हैं। अन्य सहसंयोजी यौगिक, जैसे कि कर्पूर और नैफ्थलीन भी विद्युत का चालन नहीं करते हैं। क्या आप इसका कारण दे सकते हैं?

अनुमान लगाइए कि आयनिक और सहसंयोजी यौगिक गलित अवस्था (किसी पदार्थ की पिघली अवस्था) में विद्युत का चालन करेंगे अथवा नहीं।

© NCERT not to be republished

प्रबल अंतर-आयनिक आकर्षण बलों के कारण आयनिक यौगिकों के गलनांक एवं क्वथनांक प्रायः उच्च होते हैं जबकि सहसंयोजी यौगिकों के गलनांक एवं क्वथनांक निम्न होते हैं।

सोचिए और बताइए

19. किसी ठोस यौगिक में किस प्रकार का रासायनिक आबंध होगा जो ठोस अवस्था में विद्युत का चालन नहीं करता है परंतु जल में घुलने पर विद्युत का चालन करता है
20. धातु X, जिसके संयोजकता कोश (M कोश) में दो इलेक्ट्रॉन हैं, ऑक्सीजन से अभिक्रिया कर एक यौगिक बनाती है जो जल में अल्प घुलनशील है। इसके लिए निम्न का पूर्वानुमान लगाइए।
    (i) सूत्र
    (ii) आबंध के प्रकार
    (iii) उसके जलीय विलयन की वैद्युत चालकता

9.7 सहसंयोजी यौगिकों का आण्विक द्रव्यमान

आप सहसंयोजी यौगिकों के सूत्र जानते हैं। आप उनके अणुओं के द्रव्यमान उनमें उपस्थित परमाणुओं के द्रव्यमानों को जोड़ कर ज्ञात कर सकते हैं।

(क) कर्पूर

(ख) नैफ्थलीन

चित्र 9.17— सहसंयोजी यौगिक

उदाहरण 9.4

जल (H_2O) का आण्विक द्रव्यमान

परमाणु द्रव्यमान— H = 1 u; O = 16 u

H_2O का आण्विक द्रव्यमान = (1 u × 2) + (16 u × 1) = 18 u

उदाहरण 9.5

कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) का आण्विक द्रव्यमान

परमाणु द्रव्यमान – C = 12 u; O = 16 u

CO_2 का आण्विक द्रव्यमान = (12 u × 1) + (16 u × 2) = 44 u

आपने अनुभाग 9.4.2 में अध्ययन किया कि आयनिक यौगिकों में आयन 3-D क्रिस्टल बनाते हैं। आयनिक यौगिक अणु नहीं बनाते हैं।

सोचिए और बताइए

21. नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।
    परमाणु द्रव्यमान – H = 1 u; N = 14 u; O = 16 u
22. मेथेन (CH_4) का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।
    परमाणु द्रव्यमान— C = 12 u; H = 1 u

9.8 आयनिक यौगिकों का सूत्र इकाई द्रव्यमान

आयनिक यौगिकों में आयनों की सरलतम पूर्ण संख्या अनुपात के संग्रह को **सूत्र इकाई** कहते हैं। सूत्र इकाई का द्रव्यमान **सूत्र इकाई द्रव्यमान** कहलाता है।

उदाहरण 9.6

सोडियम ऑक्साइड (Na_2O) का सूत्र इकाई द्रव्यमान

परमाणु द्रव्यमान Na = 23 u; O = 16 u

© NCERT not to be republished

सोडियम ऑक्साइड (Na_2O) का सूत्र इकाई द्रव्यमान = (23 u × 2) + (16 u × 1) = 62 u

उदाहरण 9.7

कैल्सियम नाइट्रेट $Ca(NO_3)_2$ का सूत्र इकाई द्रव्यमान

परमाणु द्रव्यमान — Ca = 40 u; N = 14 u; O = 16 u

$Ca(NO_3)_2$ का सूत्र इकाई द्रव्यमान = (40 u × 1) + {(14 u × 1) + (16 u × 3)} × 2

= 164 u

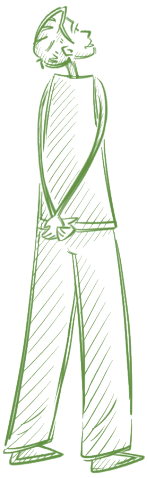
सोचिए और बताइए

23. पोटैशियम क्लोराइड (KCl) का सूत्र इकाई द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।
परमाणु द्रव्यमान — K = 39 u; Cl = 35.5 u
24. मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड $Mg(OH)_2$ का सूत्र इकाई द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।
परमाणु द्रव्यमान — Mg = 24 u; O = 16 u; H = 1 u

परमाणुओं, अणुओं और रासायनिक आबंधन की समझ उस प्रत्येक वस्तु के पीछे छिपे विज्ञान को उजागर करती है जिनका हम प्रतिदिन उपयोग एवं उपभोग करते हैं। यह दर्शाती है कि किस प्रकार सूक्ष्म परमाणु संयोग कर उस ब्रह्मांड का निर्माण करते हैं जिसमें हम रहते हैं।

सारांश

- किसी रासायनिक अभिक्रिया में द्रव्यमान का न तो सृजन किया जा सकता है और न ही उसे नष्ट किया जा सकता है। इसे द्रव्यमान संरक्षण का नियम कहते हैं।
- किसी भी यौगिक में तत्व सदैव द्रव्यमान के स्थिर अनुपात में संयोजित होते हैं, चाहे उसका निर्माण किसी भी प्रकार से किया जाए अथवा उसे कहीं से भी प्राप्त किया जाए। इसे स्थिर अनुपात का नियम कहते हैं।
- एक अणु को एक ऐसे वैद्युत उदासीन कण के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जो एक से अधिक परमाणुओं से बनता है और स्वतंत्र रूप से अस्तित्व में रह सकता है तथा अपने सभी रासायनिक गुणधर्म दर्शाता है।
- परमाणु स्थायित्व प्राप्त करने के लिए तत्वों अथवा यौगिक के संयोजन से अणु बनाते हैं। परमाणु जिस बल द्वारा एक-दूसरे से जुड़े रहते हैं उसे रासायनिक आबंध कहते हैं।
- एक सहसंयोजी आबंध परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों को साझा करने से बनता है।
- परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रॉनों के स्थानांतरण से आयनिक आबंध बनता है जिसमें एक परमाणु इलेक्ट्रॉन त्यागता है और दूसरा परमाणु इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है जिससे क्रमशः धनायन और ऋणायन बनते हैं।
- किसी सहसंयोजी यौगिक का रासायनिक सूत्र उसके संघटक तत्वों तथा प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या को निरूपित करता है।
- किसी आयनिक यौगिक का रासायनिक सूत्र उसमें उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की सरलतम पूर्ण संख्या के अनुपात को व्यक्त करता है।
- किसी अणु का आण्विक द्रव्यमान वह कुल द्रव्यमान है जो उसके सभी संघटक परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों के योग द्वारा परिकलित किया जाता है।
- किसी आयनिक यौगिक का सूत्र इकाई द्रव्यमान उसकी सूत्र इकाई में उपस्थित सभी परमाणुओं के परमाणु द्रव्यमानों का योग है। (किसी आयनिक यौगिक में आयनों की सरलतम पूर्ण संख्या का अनुपात उसकी सूत्र इकाई होता है।)



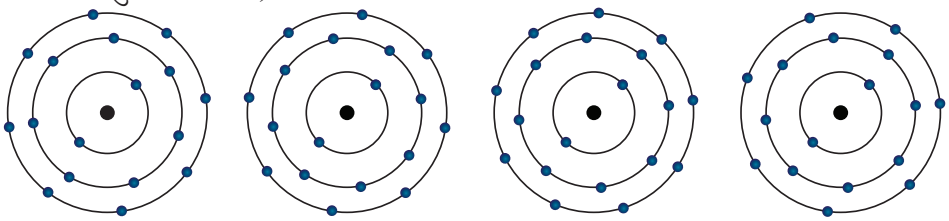
© NCERT not to be republished

अभ्यास प्रश्न

1. किसी एक तत्व (क) के तीसरे कोश में एक इलेक्ट्रॉन है। एक अन्य तत्व (ख) है जिसके दूसरे कोश में छह इलेक्ट्रॉन हैं।
   (i) स्थायित्व प्राप्त करने के लिए 'क' कितने इलेक्ट्रॉनों का त्याग करेगा अथवा ग्रहण करेगा?
   (ii) वह किस प्रकार का आयन बनाएगा?
   (iii) स्थायित्व प्राप्त करने के लिए 'ख' कितने इलेक्ट्रॉनों का त्याग करेगा अथवा ग्रहण करेगा?
   (iv) वह किस प्रकार का आयन बनाएगा?
   (v) 'क 'और 'ख' के संयोजित होने पर किस प्रकार का आबंध बनेगा?
   (vi) उनके संयोजन से निर्मित यौगिक का सूत्र क्या होगा?
2. किसी तत्व 'च' के बाह्यतम कोश में छह इलेक्ट्रॉन हैं और वह एक द्विपरमाणुक अणु बनाता है।
   (i) ऐसा क्यों हुआ होगा?
   (ii) वह किस प्रकार का आबंध बनाएगा?
   (iii) उसके द्वारा निर्मित अणु की संरचना आरेखित कीजिए।
   (iv) एक अन्य तत्व 'छ' के दूसरे कोश में दो इलेक्ट्रॉन हैं। उस अणु की संरचना आरेखित कीजिए जो तत्व 'च' और 'छ' के संयोजन से बनेगा।
3. आप एक नवीन आयनिक यौगिक की अभिकल्पना करना चाहते हैं जिसमें कुल धन आवेश 6+ है और कुल ऋण आवेश 6– है। निम्नलिखित में से कौन-सा संयोजन आयनों की सही संख्या दर्शाता है?
   (i) 2 Al^{3+} और 3 Cl^{-}
   (ii) 3 Mg^{2+} और 1 PO_4^{3-}
   (iii) 2 Fe^{3+} और 3 O^{2-}
   (iv) 3 Ca^{2+} और 2 SO_4^{2-}
4. सही कथन (नों) का चयन कीजिए और गलत कथन (नों) को सही कीजिए।
   (i) तत्व अणुओं से बनते हैं और यौगिक परमाणुओं से बनते हैं।
   (ii) किसी यौगिक का अणु सदैव एक ही प्रकार के दो अथवा अधिक परमाणुओं से मिलकर बनता है।
   (iii) नाइट्रोजन गैस के एक अणु में तीन नाइट्रोजन परमाणु होते हैं।
   (iv) जल दो हाइड्रोजन परमाणुओं से मिलकर बना है जो एक ऑक्सीजन परमाणु से सहसंयोजी रूप से आबंधित होते हैं।
5. निम्नलिखित यौगिकों के रासायनिक सूत्र लिखिए।
   (i) ऐलुमिनियम नाइट्रेट
   (ii) कैल्सियम ऑक्साइड
   (iii) फेरिक ऑक्साइड
6. आयनों के निम्नलिखित युग्मों से निर्मित यौगिकों के सूत्र लिखिए।
   (i) Ca^{2+} और Br^{-}
   (ii) Al^{3+} और CO_3^{2-}
   (iii) K^{+} और SO_4^{2-}
   (iv) NH_4^{+} और Cl^{-}

© NCERT not to be republished

7. चित्र 9.18 में निम्नलिखित में से कौन Cl^- आयन को सही प्रकार से निरूपित कर रहा है (क्लोरीन की परमाणु संख्या 17 है)?



(i) *(ii)* *(iii)* *(iv)*

चित्र 9.18

8. निम्नलिखित पदार्थों का सूत्र इकाई द्रव्यमान ज्ञात कीजिए।
   (i) अमोनियम नाइट्रेट (NH_4NO_3) जिसका उपयोग नाइट्रोजन उर्वरक के रूप में किया जाता है जो पौधों की वृद्धि हेतु आवश्यक है।
   (ii) फॉस्फोरिक अम्ल (H_3PO_4) जिसका उपयोग फॉस्फेट उर्वरक और अपमार्जकों के निर्माण में किया जाता है।
   (iii) सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट ($NaHCO_3$) जिसका उपयोग अम्लता को कम करता है और पाचन में सहायता करता है।
9. उन यौगिकों के सूत्र लिखिए जो निम्नलिखित की परस्पर अभिक्रिया द्वारा बनते हैं—
   (i) मैग्नीशियम और नाइट्रोजन
   (ii) लीथियम और नाइट्रोजन
   (iii) सोडियम और सल्फर
   (iv) ऐलुमिनियम और ऑक्सीजन
10. बाईं ओर दिए गए धनायनों और शीर्ष पर दिए गए ऋणायनों से निर्मित यौगिकों के सूत्र लिखकर तालिका 9.3 को पूर्ण कीजिए। $LiNO_3$ एक उदाहरण के रूप में दिया गया है।

तालिका 9.3

	NO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}
NH_4^+			
Li^+	$LiNO_3$		
Al^{3+}			
Cu^{2+}			

11. 5.3 g सोडियम कार्बोनेट और 6.0 g ऐसीटिक अम्ल परस्पर अभिक्रिया द्वारा 2.2 g कार्बन डाइऑक्साइड, 0.9 g जल और 8.2 g सोडियम ऐसीटेट बनाते हैं। जाँच कीजिए कि क्या इसमें द्रव्यमान संरक्षण के नियम का अनुपालन हो रहा है।
12. यदि किसी स्पीशीज में 11 प्रोटॉन, 12 न्यूट्रॉन और 10 इलेक्ट्रॉन हैं, तो
   (i) उसका परमाणु क्रमांक और द्रव्यमान संख्या क्या होंगे?
   (ii) क्या यह उदासीन है, धनायन है अथवा ऋणायन है? व्याख्या कीजिए।
   (iii) इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए।
   (iv) स्पीशीज का नाम लिखिए।

© NCERT not to be republished

13. दो तत्वों, 'क' और 'ख' के विन्यास निम्नलिखित हैं—

(क) 2, 8, 5 (ख) 2, 8, 7

(i) कौन-सा तत्व अधिक अभिक्रियाशील है?

(ii) जब 'क' और 'ख' संयोजन करेंगे तब वे आयनिक आबंध बनाएँगे अथवा सहसंयोजी आबंध? इलेक्ट्रॉन स्थानांतरण अथवा साझेदारी के उपयोग द्वारा समझाइए।

(iii) उनसे निर्मित यौगिक के सूत्र का पूर्वानुमान कीजिए।

14. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण को पढ़िए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।

अभिकथन — गलित अवस्था में कॉपर सल्फेट विद्युत का चालन करता है परंतु ठोस अवस्था में नहीं।

कारण— जालक की गलित अवस्था में कॉपर और सल्फेट आयनों की स्थिति नियत होती है जबकि ठोस अवस्था में वे स्वतंत्र रूप से गति कर सकते हैं।

सही विकल्प का चयन कीजिए—

(i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण, अभिकथन की सही व्याख्या है।

(ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं परंतु कारण, अभिकथन की सही व्याख्या नहीं है।

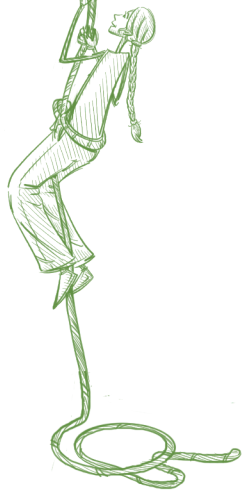
(iii) अभिकथन सत्य है, परंतु कारण असत्य है।

(iv) अभिकथन असत्य है, परंतु कारण सत्य है।

15. ^{27}Al, $^{80}Br^-$ और $^{201}Hg^{2+}$ कणों में क्रमशः 13, 35 और 80 प्रोटॉन हैं। इनमें कितने इलेक्ट्रॉन और न्यूट्रॉन हैं?

परियोजना कार्य

- एक प्रयोग की अभिकल्पना और निष्पादन यह दर्शाने और तुलना करने हेतु कीजिए कि जल में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन सदैव समान अनुपात में अस्तित्व में होते हैं चाहे उसका स्रोत कुछ भी हो।
- किन्ही तीन तत्वों के परमाणुओं एवं आयनों की तुलना कीजिए। स्तंभ आलेखों (Bar graphs) का उपयोग करते हुए आयन निर्माण के पूर्व और पश्चात इलेक्ट्रॉनों की संख्या दर्शाइए।
- धनायनों और ऋणायनों का एक कार्ड गेम बनाइए। इसमें आप निम्नलिखित संभावित विचारों को संज्ञान में ले सकते हैं—
  - कार्डों की ढेरी में से अथवा फैले हुए कार्डों में से एक कार्ड उठा सकते हैं और अपने हाथ के कार्डों से उनका मिलान करते हुए यौगिक बना सकते हैं। आप अवांछनीय कार्डों को छोड़ सकते हैं।
  - यौगिक बनाने हेतु अन्य खिलाड़ियों से भी कार्ड ले सकते हैं और उन कार्डों का उपयोग भी कर सकते हैं जो उनके पास पहले से हैं।
- अणुओं के विषय में और अधिक सीखने के लिए आप नीचे दिए गए लिंक पर खोज कर सकते हैं—
  - https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_all.html



खोज जारी है...

क्या कोई ऐसे रासायनिक परिवर्तन हैं जो द्रव्यमान संरक्षण के नियम का पालन नहीं करते?

© NCERT not to be republished

0907CH10

अध्याय

10

ध्वनि तरंगें — अभिलक्षण एवं अनुप्रयोग

चिंतन कीजिए

- दो अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष स्टेशन की यांत्रिक भुजा में सुधार करने के लिए अंतरिक्ष में साथ-साथ चल रहे हैं। क्या वे एक-दूसरे से बातचीत कर सकते हैं और धातु की वस्तुओं के परस्पर टकराने की ध्वनि वैसे ही सुन सकते हैं जैसे वे पृथ्वी पर सुनते हैं?
- अधिकांश चमगादड़ रात्रि के अंधेरे में अपने शिकार का पता लगाने हेतु ध्वनि का उपयोग कैसे करते हैं?

ध्वनि दैनिक जीवन का एक ऐसा संवेदी अनुभव है जो हमें अपने परिवेश के प्रति जागरूक होने में सहायता प्रदान करता है। प्रतिदिन हम अपने चारों ओर विभिन्न प्रकार की ध्वनियाँ सुनते हैं, जैसे— मनुष्य की वाणी, चिड़ियों की चहचहाहट, समुद्र तट से लहरों का टकराना, पत्तियों की सरसराहट, मोबाइल फोन की घंटी की घनघनाहट, गाड़ियों के हॉर्न की ध्वनि, संगीत के मधुर स्वर और मेघों की गड़गड़ाहट। अध्याय 7 में आपने सीखा है कि ध्वनि ऊर्जा का एक रूप है। आपने यह भी सीखा है कि ऊर्जा को न तो उत्पन्न किया जा सकता है और न ही इसे नष्ट किया जा सकता है। यह केवल एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित होती है। ऊर्जा के जिन विभिन्न रूपों के विषय में आपने पढ़ा था उनमें से कौन-सा रूप ध्वनि ऊर्जा में परिवर्तित होता है? ध्वनि कैसे उत्पन्न की जा सकती है और यह हमारे कानों तक किस प्रकार पहुँचती है? इस अध्याय में हम इन प्रश्नों के उत्तर ज्ञात करने का प्रयास करेंगे।

10.1 ध्वनि का उत्पादन

अपनी पूर्व कक्षाओं की कला की पाठ्यपुस्तकों में आपने ध्वनि उत्पन्न करने की कुछ विधियाँ सीखी हैं।

कक्षा 3 बाँसुरी-1 अध्याय 9
कक्षा 4 बाँसुरी अध्याय 13
कक्षा 5 बाँसुरी अध्याय 12
कक्षा 6 कृति-1 अध्याय 7

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 4

क्या आपको ध्वानिकता (sonority) विषयक अपने पूर्व ज्ञान का भी स्मरण है, जो कुछ धातुओं का वह गुण होता है जिसके कारण धातु के किसी वस्तु से टकराने पर ध्वनि उत्पन्न होती है (चित्र 10.1)?

चित्र 10.1 — मंजीरा – संगीत का एक वाद्ययंत्र

© NCERT not to be republished

क्रियाकलाप 10.1— आइए, अन्वेषण करें

1. एक तरफ से खुला हुआ गत्ते का एक डिब्बा और एक रबड़ बैंड लीजिए।
2. रबड़ बैंड को खींचकर गत्ते के डिब्बे के खुले भाग पर तानिए। (चित्र 10.2)
3. डिब्बे को एक हाथ में पकड़ कर अचल रखते हुए दूसरे हाथ की अँगुली से रबड़ बैंड को थोड़ा-सा खींचकर छोड़िए। क्या आपको कोई ध्वनि सुनाई देती है?
4. रबड़ बैंड को पुनः खींचकर छोड़िए और इसे ध्यानपूर्वक देखिए। क्या यह कंपन कर रहा है?
5. रबड़ बैंड के कंपन रुकने तक प्रतीक्षा कीजिए। क्या आप अब भी ध्वनि सुन पाते हैं?
6. रबड़ बैंड को अधिक तानकर अथवा इसे थोड़ा-सा ढीला करके इसमें तनाव परिवर्तित कीजिए और प्रत्येक स्थिति में रबड़ बैंड को खींचकर छोड़िए। क्या ध्वनि परिवर्तित होती है? आप किस प्रकार के परिवर्तन **अनुभव करते** हैं?
7. रबड़ बैंड को डिब्बे से हटा दीजिए। इसे अपनी दो अँगुलियों के मध्य तानिए अपने कान के समीप लाकर रबड़ बैंड को थोड़ा-सा खींचकर छोड़िए। क्या अब भी ध्वनि उत्पन्न होती है? क्या यह अभी भी पूर्व की ध्वनि जितनी ही प्रबल है?

चित्र 10.2 — कंपन करता हुआ रबड़ बैंड ध्वनि उत्पन्न करता है।

आपने ध्यान दिया होगा कि जब तक रबड़ बैंड तना हुआ है और कंपन कर रहा है इससे ध्वनि उत्पन्न होती है। जैसे ही कंपन रुक जाते हैं ध्वनि भी बंद हो जाती है। इस क्रियाकलाप से हम यह **निष्कर्ष** निकालते हैं कि ध्वनि कंपनों द्वारा उत्पन्न होती है। **कंपन (vibration)** से तात्पर्य है किसी वस्तु की आगे-पीछे की आवर्ती गति (दोलन)।

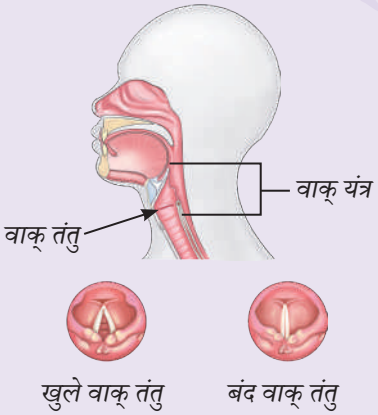
किसी तनी हुई डोरी को खींच कर छोड़ने अथवा किसी धात्विक वस्तु पर प्रहार करने से उनमें कंपन होते हैं जिनसे ध्वनि उत्पन्न होती है। इसी प्रकार जब आप बाँसुरी में फूँक मारते हैं तो खोखली नली के भीतर वायु के कंपन ध्वनि उत्पन्न करते हैं। आप पहले सीख चुके हैं कि इनमें से कुछ विधियों का उपयोग विभिन्न प्रकार के वाद्ययंत्रों में किया जाता है। ध्वनि कंपन करने वाले तारों, पतले पटलों, वायु स्तंभों एवं अन्य अनेक कंपन करने वाली वस्तुओं द्वारा उत्पन्न की जा सकती है। अधिकांश संगीत वाद्ययंत्रों में ध्वनि उत्पन्न करने के लिए एक से अधिक कंपन करने वाले भाग सम्मिलित होते हैं। ऐसी वस्तु जो ध्वनि उत्पन्न करती है ध्वनि का 'स्रोत' कहलाती है।

कक्षा 4 बाँसुरी अध्याय 13

जिज्ञासा-सूत्र

मानव एवं जंतु ध्वनि किस प्रकार उत्पन्न करते हैं? बोलते समय अथवा गाते समय अपने गले को धीरे से स्पर्श कीजिए। क्या आपको कहीं कंपन का अनुभव हुआ? मनुष्यों और कुछ जंतुओ में ध्वनि वाक् तंतु (vocal cords) के कंपन से उत्पन्न होती है जो गले में वाक् यंत्र (voice box) अथवा कंठ (Larynx) में कसकर खिंची हुई पेशीय पट्टियों जैसी होती हैं (चित्र 10.3)। मनुष्यों में उनके अंग, जैसे— जीभ, होंठ, मुँह और नासा-गुहा ध्वनि को वाणी अथवा संगीत में रूपांतरित करने में सहायता करते हैं।

कुछ जानवर अपने शरीर के कुछ अंगों को परस्पर टकराकर अथवा रगड़कर ध्वनि उत्पन्न करते हैं, उदाहरण के लिए— टिड्डे और झींगुर अपने पंखों अथवा टाँगों को रगड़कर ध्वनि उत्पन्न करते हैं।



चित्र 10.3 — मानवों में वाक् तंतु

© NCERT not to be republished

चित्र 10.4 (क) — स्वरित्र द्विभुज एवं रबड़ पैड

चित्र 10.4 (ख) — स्वरित्र द्विभुज को रबड़ पैड से टकराते हुए

चित्र 10.4 (ग) — स्वरित्र द्विभुज की भुजा जल की सतह को स्पर्श करते हुए

10.1.1 स्वरित्र द्विभुज

ध्वनि से जुड़े प्रयोगों के लिए प्रायः स्वरित्र द्विभुज नामक यंत्र का उपयोग किया जाता है। **स्वरित्र द्विभुज (tuning fork)** एक आधार स्तंभ युक्त U आकृति की धात्विक छड़ होती है। यह सामान्यतः स्टील या एलुमिनियम से निर्मित होती है। U निर्मित करने वाले दोनों पार्श्व के भाग या शाखाएँ स्वरित्र द्विभुज की भुजाएँ कहलाती हैं। (चित्र 10.4 क)। इन्हें कंपन कराने हेतु रबड़ के पैड से टकराया जाता है।

क्रियाकलाप 10.2— आइए, अन्वेषण करें

1. एक स्वरित्र द्विभुज तथा नरम रबड़ का एक पैड लीजिए।
2. स्वरित्र द्विभुज को इसके स्तंभ पर पकड़िए।
3. स्वरित्र द्विभुज की एक भुजा को रबड़ पैड पर धीरे से टकराइए (चित्र 10.4 ख) और अपने कान के समीप लाइए। क्या आपको कोई ध्वनि सुनाई देती है? (ध्यान रखिए स्वरित्र द्विभुज किसी कठोर सतह से न टकराएँ)
4. अब कंपन करते हुए स्वरित्र द्विभुज की एक भुजा को जल की सतह से धीरे से स्पर्श कराइए। क्या आपको जल की सतह पर तरंगें निर्मित होती हुई दिखाई देती हैं?
5. इस क्रियाकलाप के चरण 3 को कुछ बार दोहराइए। प्रत्येक बार स्वरित्र द्विभुज की भुजाओं को पृथक-पृथक अभिविन्यास में अपने कान के समीप लाइए। क्या आपको प्रत्येक अभिविन्यास में ध्वनि सुनाई देती है?

जब आप कंपन करते हुए स्वरित्र द्विभुज को अपने कान के समीप लाते हैं तब आप उससे उत्पन्न ध्वनि सुनते हैं। जब स्वरित्र द्विभुज की भुजा जल की सतह को स्पर्श करती है तब जल की सतह पर तरंगें निर्मित होती हैं जो यह दर्शाता है कि स्वरित्र द्विभुज की भुजाएँ वास्तव में कंपन कर रही हैं (चित्र 10.4 ग)। ये अवलोकन इस विचार का समर्थन करते हैं कि ध्वनि कंपन करने वाली वस्तुओं द्वारा उत्पन्न होती है।

सोचिए और बताइए

1. ध्वनि उत्पन्न करने के विभिन्न साधनों की खोज कीजिए।
2. विभिन्न प्रकार के संगीत वाद्ययंत्रों की एक सूची तैयार कीजिए और उनके कंपन करने वाले उन भागों की **पहचान** कीजिए जो ध्वनि उत्पन्न करते हैं।

जिज्ञासा-सूत्र

क्या होता यदि आपका नाम कोई शब्द न होकर एक 'धुन' (tune) होता? मेघालय में शिलांग के समीप एक गाँव है जिसका नाम कोंग थोंग है इसे व्हिसलिंग विलेज (सीटी बजाने वाला गाँव) के नाम से भी जाना जाता है। इस गाँव में प्रत्येक व्यक्ति का नाम एक 'धुन' होती है जिसे गाया अथवा सीटी पर बजाया जा सकता है। इस अद्वितीय परंपरा को *जिंगरवाई इओबेई* कहा जाता है। यह परंपरा बच्चे के जन्म से आरंभ होती है जब माँ अपने बच्चे के लिए लोरी जैसी धुन की रचना करती है।

10.2 ध्वनि का संचरण

आपने देखा है कि ध्वनि कंपन करती हुई वस्तुओं द्वारा उत्पन्न होती है। स्रोत से ध्वनि आपके कान तक कैसे पहुँचती है? ध्वनि वायु से होकर संचरण (propagate) करती है परंतु क्या यह ठोसों एवं द्रवों से होकर भी गमन करती है?

क्रियाकलाप 10.3— आइए, जाँच करें

1. आप और आपका मित्र कक्षा में (आमने-सामने मुख करके) एक डेस्क के विपरीत सिरों पर खड़े हो जाइए। अपने मित्र को डेस्क पर धीरे से आघात करने अथवा खरोंचने के लिए कहिए। वायु से होकर आपके कान तक पहुँचने वाली इस ध्वनि को ध्यानपूर्वक सुनिए।

© NCERT not to be republished

2. अब अपना एक कान डेस्क पर रखिए और दूसरा कान बंद कीजिए और चित्र 10.5 में दर्शाए अनुसार पुनः सुनिए क्या आप डेस्क के माध्यम से ध्वनि सुन पाते हैं?

यह दर्शाता है कि ध्वनि ठोसों से होकर भी संचरण कर सकती है।

चित्र 10.5 — यह जाँच करना कि क्या ध्वनि ठोस वस्तुओं से होकर भी संचरण कर सकती है।

क्रियाकलाप 10.4— आइए, जाँच करें

1. ऊपर तक पानी से भरा एक बड़ा टब अथवा बाल्टी तथा धातु के दो चम्मच लीजिए।
2. चम्मचों को एक-दूसरे से टकराइए और उत्पन्न ध्वनि को सुनिए (चित्र 10.6 क)।
3. अब दोनों चम्मचों को बाल्टी के पार्श्वों अथवा तल को स्पर्श किए बिना जल में डुबोइए और उन्हें जल के भीतर पुन: एक-दूसरे से टकराइए (चित्र 10.6 ख)। क्या अब भी आपको उत्पन्न ध्वनि सुनाई देती है?

(क)

(ख)

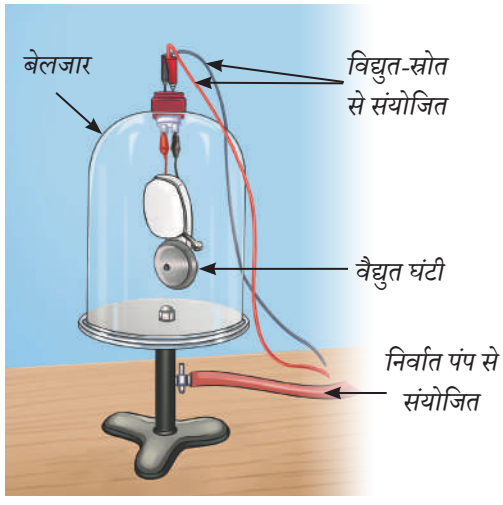
चित्र 10.6 — दो चम्मचों को आपस में टकराना (क) वायु में और (ख) जल में

जल में डूबे हुए चम्मचों की ध्वनि बताती है कि ध्वनि जल एवं वायु से होकर आप तक पहुँची है। यदि ध्वनि द्रवों में संचरण नहीं करती तो क्या आप यह ध्वनि सुन पाते?

ध्वनि ठोसों, द्रवों और गैसों से होकर गमन अथवा **संचरण** कर सकती है। वह पदार्थ जिससे होकर ध्वनि संचरित होती है **माध्यम (medium)** कहलाता है। ध्वनि अपने स्रोत से आप तक एक माध्यम द्वारा संचरित होती है, परंतु मान लीजिए आपके और ध्वनि स्रोत के मध्य कोई माध्यम नहीं है। ऐसा स्थान जहाँ कोई माध्यम (द्रव्य) नहीं होता उसे **निर्वात (vacuum)** कहा जाता है। क्या आप निर्वात में ध्वनि सुन पाएंगे?

10.2.1 ध्वनि संचरण हेतु माध्यम की आवश्यकता होती है

ध्वनि संचरण हेतु माध्यम की आवश्यकता होती है। सामान्य प्रयोग द्वारा यह दर्शाने के लिए प्रायः निर्वात बेलजार प्रयोग किया जाता है जो चित्र 10.7 में दर्शाया गया है। एक बेलजार में रखी विद्युत घंटी का स्विच ऑन किया जाता है और ध्वनि की प्रबलता पर ध्यान दिया जाता है। जैसे-जैसे निर्वात पंप का उपयोग करके बेलजार से वायु बाहर निकाली जाती है ध्वनि धीमी होती जाती है। जार में लगभग निर्वात की स्थिति आने पर घंटी की ध्वनि सुनाई नहीं देती है जबकि घंटी को बजते हुए देखा जा सकता है। जब जार में वायु को धीरे-धीरे पुन: प्रविष्ट कराया जाता है तो घंटी की ध्वनि पुन: सुनी जा सकती है और धीरे-धीरे यह पूर्व की भाँति प्रबल हो जाती है।



चित्र 10.7— निर्वात बेलजार प्रयोग का चित्र

चूँकि यह प्रयोग दर्शाता है कि ध्वनि निर्वात में संचरित नहीं हो सकती है। ध्वनि को संचरण हेतु मध्यम की आवश्यकता होती है। यह माध्यम ठोस, द्रव अथवा गैस हो सकता है।

बाह्य अंतरिक्ष लगभग निर्वातित है अत: वहाँ ध्वनि संचरित नहीं हो सकती है। अत: अंतरिक्ष पोशाक पहनकर अंतरिक्ष में पदयात्रा करते हुए अंतरिक्ष यात्री एक-दूसरे की बातचीत अथवा दो धात्वीय वस्तुओं के टकराने की ध्वनि नहीं सुन सकते हैं। विकल्प के रूप में वे अपने अंतरिक्ष परिधान में लगी विशेष युक्तियों के माध्यम से संवाद करते हैं।

© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

3. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण को पढ़िए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।
   अभिकथन— किसी बंद जार में से अधिकांश वायु निकाल देने के पश्चात हम इसमें बजती हुई घंटी की ध्वनि नहीं सुन पाते हैं।
   कारण— ध्वनि को संचरण हेतु एक माध्यम की आवश्यकता होती है।
   (i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं, परंतु कारण अभिकथन की सही व्याख्या नहीं करता है।
   (ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं, और कारण अभिकथन की सही व्याख्या करता है।
   (iii) अभिकथन सत्य है, परंतु कारण असत्य है।
   (iv) अभिकथन असत्य है, परंतु कारण सत्य है।

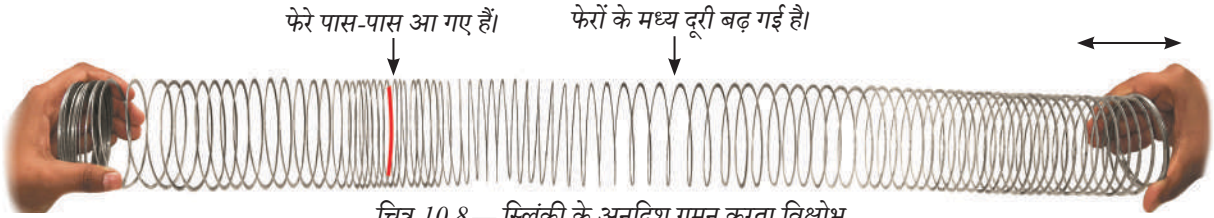
10.3 ध्वनि तरंगें

ध्वनि को संचरण के लिए एक भौतिक माध्यम की आवश्यकता होती है परंतु यह उस माध्यम में किस प्रकार संचरित होती है? क्रियाकलाप 10.2 में जब आपने कंपमान स्वरित्र द्विभुज को विभिन्न अभिविन्यासों में अपने कान के निकट रखा तो आप ध्वनि सुन सकते थे। यह दर्शाता है कि ध्वनि अपने स्रोत (इस प्रकरण में स्वरित्र द्विभुज) से विभिन्न दिशाओं में संचरित होती है। सामान्यतः ध्वनि संचरण की दिशा स्रोत की आकृति पर निर्भर करती है। तथापि सरलता के लिए ध्वनि के संचरण को हम केवल एक ही दिशा में मानेंगे और तदनुसार ही उसका चित्रण करेंगे।

आइए, एक स्लिंकी (धातु या प्लास्टिक की एक लंबी, लचीली खिलौना कमानी) का उपयोग करके एक सरल क्रियाकलाप से प्रारंभ करते हैं जो उस माध्यम के सदृश्य है जिसमें ध्वनि संचरण करती है। ध्वनि जनन के अनुरूपण हेतु हम स्लिंकी के एक सिरे को कंपित करेंगे।

क्रियाकलाप 10.5— आइए, अवलोकन करें

1. एक स्लिंकी तथा एक चिह्नक लीजिए।
2. चिह्नक से स्लिंकी के एक फेरे पर चिह्न लगाइए। स्लिंकी को मेज अथवा फर्श पर क्षैतिजत: फैलाकर रखिए।
3. अपने एक मित्र से स्लिंकी के एक सिरे को पकड़ कर स्थिर रखने के लिए कहिए जबकि आप दूसरे सिरे को पकड़कर स्लिंकी को थोड़ा-सा खींचकर रखिए।
4. अपने सिरे से स्लिंकी को अपने मित्र की ओर बलपूर्वक धकेलिए और उसे तुरंत वापस खींच लीजिए (चित्र 10.8)। क्या आप स्लिंकी में उत्पन्न किसी विक्षोभ (disturbance) का **अवलोकन** करते देखते हैं जो आपके मित्र की ओर बढ़ता है?
5. अब स्लिंकी के सिरे को अनेक बार जल्दी-जल्दी आगे की ओर धक्का दीजिए तथा पीछे की ओर खींच लीजिए (स्लिंकी के सिरे को खींचना और धक्का देना निरंतर उत्पन्न होने वाली ध्वनि के सदृश है)। क्या स्लिंकी में विक्षोभों की एक शृंखला उत्पन्न होती है? क्या ये विक्षोभ स्लिंकी की पूर्ण लंबाई के अनुदिश गति करते हैं? क्या स्लिंकी पर लगाया गया चिह्न विक्षोभ की दिशा के समानांतर आगे-पीछे गति करता है?



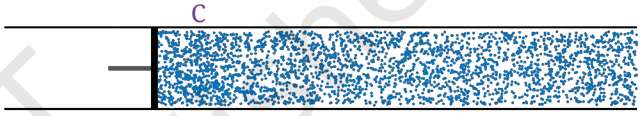
चित्र 10.8 — स्लिंकी के अनुदिश गमन करता विक्षोभ

© NCERT not to be republished

आप स्लिंकी में ऐसे क्षेत्रों का अवलोकन करते हैं जहाँ इसके फेरे अपनी सामान्य स्थिति की अपेक्षा एक-दूसरे के निकट आ गए हैं और अन्य क्षेत्र जहाँ वे एक-दूसरे से दूर हट गए हैं। फेरों की अत्यधिक निकटता और अत्यधिक दूरी वाले ये क्षेत्र स्लिंकी के अनुदिश गमन करते हुए प्रतीत होते हैं। तथापि स्लिंकी के फेरे पर अंकित चिह्न स्लिंकी के अनुदिश गमन नहीं करता है। अपितु यह केवल विक्षोभ की दिशा के समानांतर अपनी विरामावस्था के इधर-उधर दोलन करता है। प्रत्येक फेरा अपनी स्वयं की स्थिति के इधर-उधर दोलन करता है जबकि विक्षोभ स्लिंकी के एक सिरे से दूसरे सिरे की ओर गमन करता है।

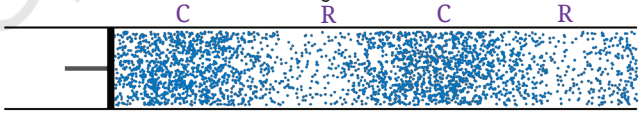
ध्वनि भी किसी माध्यम में इसी प्रकार संचरित होती है। हमारे इस अनुरूपण में स्लिंकी के फेरों का समीप आना अथवा दूर फैलना उस वायु में उच्च घनत्व अथवा निम्न घनत्व के क्षेत्रों को दर्शाता है जिसमें ध्वनि संचरण कर रही है। मान लीजिए कि वायु से भरी एक लंबी नली है जिसके एक सिरे पर पिस्टन लगा है और दूसरा सिरा खुला है। नली के भीतर पिस्टन को आगे-पीछे दोलन कराया जा सकता है। यहाँ दोलन करने वाले पिस्टन को ध्वनि स्रोत के एक सरल और आदर्श प्रतिरूप के रूप में उपयोग में लाया जाता है जो ध्वनि के वायु में गमन को समझने में सहायता करता है।

(क) पिस्टन दोलन नहीं कर रहा हैं (पूरी नली में वायु का एक समान माध्य-घनत्व)।



(ख) पिस्टन की अग्र दिशिक गति संपीडन उत्पन्न करती है (उच्च घनत्व का वायु-क्षेत्र)।

(ग) पिस्टन की पश्च दिशिक गति विरलन उत्पन्न करती है (निम्न घनत्व का वायु क्षेत्र)।



(घ) दोलन करता हुआ पिस्टन क्रमिक संपीडन और विरलन उत्पन्न करता है।

चित्र 10.9 — पिस्टनयुक्त नली में वायु का घनत्व

चित्र 10.9 (क) में जब पिस्टन दोलन नहीं कर रहा है तो नली के भीतर की वायु का सर्वत्र एकसमान घनत्व होता है जिसे हम माध्य घनत्व कहते हैं। नली में बिंदु द्वारा वायु के कणों को निरूपित किया गया है। जैसे ही पिस्टन आगे गति करता है यह अपने समीप के वायु के कणों को अग्र दिशा में धक्का देता है और विस्थापित करता है परिणामस्वरूप वायु संपीडित हो जाती है और पिस्टन के समीप छोटे से क्षेत्र में इसके घनत्व में वृद्धि हो जाती है (चित्र 10.9 ख)। उच्च घनत्व (औसत घनत्व की तुलना में) की वायु का यह क्षेत्र **संपीडन** (Compression) कहलाता है जिसे चित्र में C से दर्शाया गया है।

संपीडित वायु के कण आगे के कणों से टकराते हैं और संपीडन को आगे बढ़ाते हैं। संपीडित कण पुनः अपने निकटतम कणों से टकराते हैं और इस प्रकार यह संपीडन को आगे बढ़ाने की प्रक्रिया चलती रहती है। परिणामस्वरूप उच्च घनत्व वाला संपीडन वायु के माध्यम से आगे की ओर गति करता है जबकि वायु के कण इसके साथ गमन नहीं करते हैं।

जैसे ही पिस्टन पीछे की ओर गति करता है वायु के कण पीछे की ओर पिस्टन की दिशा में गति करते हैं और पिस्टन के समीप एक छोटे से क्षेत्र में वायु कम सघन हो जाती है (चित्र 10.9 ग)। वायु के इस निम्न घनत्व (औसत घनत्व की तुलना में) वाले क्षेत्र को **विरलन** (Rarefaction) कहते हैं, इसे चित्र में R से दर्शाया गया है। पुनः समीप के कणों से टकराने के कारण विरलन आगे की ओर गति करता है जबकि वायु के कण मात्र अपनी माध्य स्थिति के इधर-उधर दोलन करते हैं।

जैसे ही पिस्टन आगे-पीछे दोलन करता है, क्रमशः संपीडन एवं विरलन उत्पन्न होते हैं (चित्र 10.9 घ)। ये स्रोत से दूर गमन करते हैं और संपीडन एवं विरलन की एक शृंखला उत्पन्न होती है।

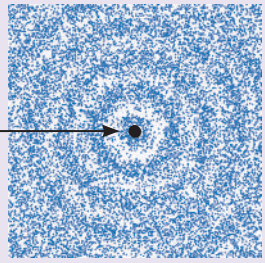
किसी माध्यम में उसके कणों के वास्तविक संचरण के बिना क्रमिक रूप से संचरित होते संपीडनों और विरलनों की यह शृंखला **ध्वनि तरंग (sound wave)** कहलाती है। जिस दिशा में तरंग गमन करती है उसे **तरंग के संचरण की दिशा** के रूप में जाना जाता है।

टिप्पणी

माध्यम के कण तरंग के साथ गमन नहीं करते हैं। ये केवल अपनी माध्य स्थिति के इधर-उधर कंपन करते हैं।

© NCERT not to be republished

आइए, और चिंतन करें



चित्र 10.10 — किसी बिंदु स्रोत से ध्वनि गोलाकार तरंगों के रूप में सभी दिशाओं में गमन करती है।

जब माध्यम किसी नली तक सीमित नहीं होता है तो इसके कंपन करने वाले कण सभी दिशाओं में परिवेशी माध्यम के कणों से टकराते हैं और इस प्रकार ध्वनि तरंगें सभी दिशाओं में फैल जाती हैं। सभी दिशाओं में लगातार ध्वनि उत्पन्न करने वाला ध्वनि का एक लघु स्रोत संपीडन एवं विरलन उत्पन्न करता है जो परिवेशी माध्यम में गोलीय तरंगों (spherical waves) के रूप में सभी दिशाओं में फैल जाता है (चित्र 10.10)। जब यह श्रोता तक पहुँचता है तो ध्वनि का बोध होता है।

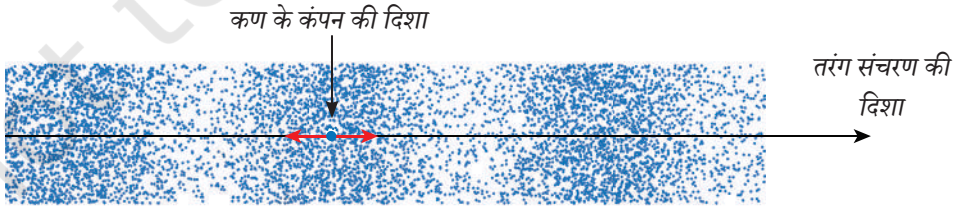
जिज्ञासा-सूत्र

जब पटाखों में विस्फोट होता है अथवा जब बिजली कड़कती है तो इस प्रकार की घटनाओं में अचानक तीव्र ध्वनि क्यों उत्पन्न होती है? ये ध्वनियाँ थोड़ा भिन्न विधि से उत्पन्न होती हैं। जब वायु अथवा गैसों को शीघ्रता से गर्म किया जाता है तब अल्प समय-अंतराल में उनका अति तीव्र गति से प्रसार होता है। यह तीव्र प्रसार वायु घनत्व में अचानक विक्षोभ सृजित करता है जो बाहर की ओर गमन करता है। जब यह विक्षोभ हमारे कानों तक पहुँचता है तब एक तीव्र ध्वनि-स्पंद के रूप में हमें इसकी अनुभूति होती है।

चित्र 10.11 — पराध्वनिक वायुयान

जब कोई पराध्वनिक वायुयान (supersonic aircraft) (चित्र 10.11) ध्वनि की गति से अधिक तीव्रगति से उड़ता है तब ऐसा ही अपेक्षाकृत अधिक जटिल विक्षोभ उत्पन्न होता है। यह एक प्रबल ध्वनि सृजित करता है जिसे **ध्वनि बूम (sonic boom)** कहते हैं।

चित्र 10.9 में क्या आपने ध्यान दिया कि माध्यम का विस्थापन तरंग संचरण की दिशा के समानांतर होता है? ध्वनि तरंगों में माध्यम के कण विक्षोभ के संचरण की दिशा के समानांतर आगे-पीछे कंपन करते हैं (चित्र 10.12)। ऐसी तरंगें जिनमें माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा के समानांतर कंपन करते हैं, **अनुदैर्घ्य तरंगें (longitudinal waves)** कहलाती हैं।



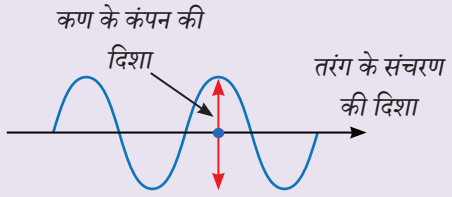
चित्र 10.12 — अनुदैर्घ्य तरंग

यदि कोई माध्यम (अर्थात कण) ही विद्यमान न हो तो क्या ध्वनि तरंगों का संचरण संभव है? किसी भौतिक माध्यम की अनुपस्थिति में ध्वनि तरंगें संचरित नहीं हो सकती हैं। ऐसी तरंगें जिन्हें संचरण हेतु भौतिक माध्यम की आवश्यकता होती है, **यांत्रिक तरंगें (mechanical waves)** कहलाती हैं। ध्वनि तरंग एक यांत्रिक तरंग है।

© NCERT not to be republished

आइए, और चिंतन करें

यांत्रिक तरंगें दो प्रकार की होती हैं—अनुदैर्घ्य तरंगें (longitudinal waves) एवं अनुप्रस्थ तरंगें (transverse waves)। ध्वनि तरंग अनुदैर्घ्य तरंग का एक उदाहरण है जिसमें माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा के समानांतर कंपन करते हैं। अनुप्रस्थ तरंग में माध्यम के कण तरंग संचरण की दिशा के लंबवत कंपन करते हैं (चित्र 10.13)।



चित्र 10.13— अनुप्रस्थ तरंग

भूकंप ऐसी भूकंपीय तरंगें उत्पन्न करते हैं जो पृथ्वी से होकर गमन करती हैं। ये तरंगें अनुदैर्घ्य अथवा अनुप्रस्थ हो सकती हैं। अनुदैर्घ्य भूकंपीय तरंगें (seismic waves) भूकंप का पता लगाने वाले भूकंप-लेखी द्वारा पहचानी जाने वाली पहली तरंगें होती हैं।

सभी तरंगें यांत्रिक तरंग नहीं होती हैं अर्थात सभी तरंगों को संचरण हेतु माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। प्रकाश जो एक अनुप्रस्थ तरंग है, निर्वात में गमन कर सकता है। यही कारण है कि सूर्य एवं अन्य तारों का प्रकाश पृथ्वी तक पहुँच पाता है। आप तरंगों के विषय में अधिक विस्तार से उच्च कक्षाओं में अध्ययन करेंगे।

एक सोपान ऊपर

सोचिए और बताइए

4. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण को पढ़िए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।

   अभिकथन— संपीडन एवं विरलन माध्यम में गति करते हैं।

   कारण — माध्यम के कण तरंग के साथ लगातार आगे बढ़ते रहते हैं।

   (i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं, परंतु कारण अभिकथन की सही व्याख्या नहीं करता है।

   (ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण अभिकथन की सही व्याख्या करता है।

   (iii) अभिकथन सत्य है, परंतु कारण असत्य है।

   (iv) अभिकथन असत्य है, परंतु कारण सत्य है।

10.4 ध्वनि तरंगों की ऊर्जा

क्रियाकलाप 10.6—आइए, प्रयोग करें

1. एक चौड़े मुँह वाला पात्र, एक सेलोफेन अथवा रबड़ की शीट (जैसे किसी बड़े गुब्बारे को काटकर निकाली गई) जिसकी लंबाई-चौड़ाई लिए गए पात्र के मुँह से अधिक हो, एक प्रबल ध्वनि स्रोत (जैसे धातु की प्लेट और उस पर चोट मारने के लिए डंडा) तथा अनाज के कुछ दाने अथवा कोई अन्य कण (जैसे— चावल, सूजी, नमक अथवा चाक-पाउडर) लीजिए।
2. शीट को पात्र के किनारों पर खींचकर फैलाइए और फीते अथवा रबड़ बैंड की सहायता से बाँध दीजिए (चित्र 10.14)।
3. शीट पर दानों को समान रूप से बिखरा दीजिए और यह सुनिश्चित कीजिए कि वें किसी एक स्थान पर एकत्रित न हों।
4. पात्र को छुए बिना धातु की प्लेट पर डंडे से चोट मारकर उसके समीप एक प्रबल ध्वनि उत्पन्न कीजिए। शीट पर दानों का अवलोकन कीजिए। क्या ध्वनि का दानों पर कोई प्रभाव पड़ता है?

चित्र 10.14—ध्वनि के कारण गतिमान अनाज के रंगीन दाने

© NCERT not to be republished

टिप्पणी

ध्वनि तरंग के संचरण में ऊर्जा का स्थानांतरण होता है, माध्यम के कणों का नहीं।

5. विभिन्न ध्वनि स्रोतों के साथ इस क्रियाकलाप के चरण 4 को दोहराइए और अनाज के दानों पर पड़ने वाले प्रभाव का अवलोकन कीजिए। आप ध्वनि की तीव्रता को घटा या बढ़ा सकते हैं। भिन्न-भिन्न अनाजों के दाने लेकर क्रियाकलाप दोहराइए।

क्या आपने अनाज के दानों को शीट पर गति करते अथवा उछलते हुए देखा है? ध्वनि स्रोत तो शीट अथवा पात्र को छूता भी नहीं है तब भी ऐसा क्यों होता है? जैसे ही ध्वनि वायु से संचरित होती है यह शीट तक पहुँचती है और इसको कंपन कराती है। यही कंपन अनाज के दानों की गति का कारण बनते हैं।

यह दर्शाता है कि ध्वनि ऊर्जा का एक रूप है। जब ध्वनि स्रोत कंपन करता है तब यह आस-पास के माध्यम में ऊर्जा को स्थानांतरित करता है। किसी माध्यम में ध्वनि संचरण की प्रक्रिया में माध्यम के कण कंपन करते हैं और अन्य कणों से उनके संघट्ट के परिणामस्वरूप ऊर्जा का स्थानांतरण होता है।

आइए, और चिंतन करें

किसी माध्यम के कण वस्तुत: कभी भी विरामावस्था में नहीं होते हैं। वे तापीय ऊर्जा के कारण सर्वदा यादृच्छिक (random) कंपन करते रहते हैं। जब कोई ध्वनि तरंग किसी माध्यम से गुजरती है तो वह इन कणों के कंपन में अस्थायी रूप से वृद्धि कर देती है। तरंग का संचरण हो जाने के पश्चात कण अपनी सामान्य यादृच्छिक गति में वापस लौट आते हैं।

विज्ञान एवं समाज

माइक्रोफोन (चित्र 10.15 क) जो विभिन्न ध्वनि स्रोतों से ध्वनि ग्रहण करने में हमारी सहायता करता है ध्वनि उर्जा को विद्युत ऊर्जा में रूपांतरित करता है। जब हम माइक्रोफोन के सामने बोलते अथवा गाते हैं तो इसमें लगी एक पतली झिल्ली जिसे तनुपट (Diaphragm) कहा जाता है, ध्वनि तरंगों के अनुरूप कंपन करने लगती है। ये कंपन विद्युत संकेतों में रूपांतरित हो जाते हैं। स्पीकर (चित्र 10.15 ख) इसके विपरीत कार्य करता है। विद्युत संकेत स्पीकर के भीतर लगे शंकु अथवा तनुपट को कंपन कराते हैं जिससे ध्वनि उत्पन्न होती है। यदि सभी अवयव सुचारू रूप से कार्य करते हैं तो स्पीकर से निकलने वाली ध्वनि माइक्रोफोन द्वारा ग्रहण की गई मूल ध्वनि के सदृश होती है।

(क) (ख)

चित्र 10.15 — (क) माइक्रोफोन (ख) स्पीकर

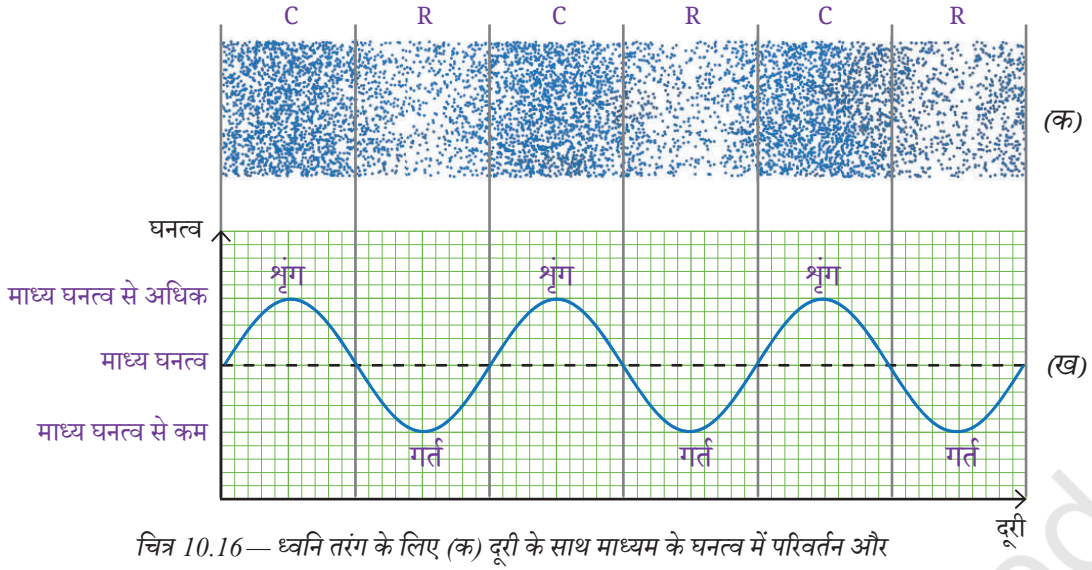
सोचिए और बताइए

5. जब ध्वनि किसी स्वरित्र द्विभुज से आपके कान तक पहुँचती है तो वास्तव में निम्नलिखित में से आपके कान तक क्या पहुँचता है?
   (i) स्वरित्र द्विभुज के समीप के वायु कण
   (ii) ध्वनि तरंगों द्वारा वाहित ऊर्जा
   (iii) स्वरित्र द्विभुज का पदार्थ
   (iv) संपीडित वायु की निरंतर धारा

10.5 ध्वनि तरंग का आलेखीय निरूपण

जैसे-जैसे ध्वनि तरंग संचरित होती है वैसे-वैसे किसी दिए गए क्षण पर माध्यम का घनत्व स्रोत से दूरी के साथ आवर्तत: परिवर्तित होता है। चित्र 10.16 (क) में किसी निश्चित समय पर दूरी के साथ घनत्व का आवर्ती परिवर्तन दर्शाया गया है। इसके संगत आलेख चित्र 10.16 (ख) में दर्शाया गया है जिसमें दूरी X-अक्ष के अनुदिश और माध्यम का घनत्व Y-अक्ष के अनुदिश लिया गया है। इसमें माध्य घनत्व को क्षैतिज बिंदुदार रेखाओं द्वारा अंकित किया गया है। किसी दिए गए समय पर माध्यम का घनत्व दूरी के साथ माध्य घनत्व के सापेक्ष घटता, बढ़ता रहता है।

© NCERT not to be republished



चित्र 10.16 — ध्वनि तरंग के लिए (क) दूरी के साथ माध्यम के घनत्व में परिवर्तन और (ख) दूरी के साथ घनत्व में परिवर्तन का आलेखी निरूपण

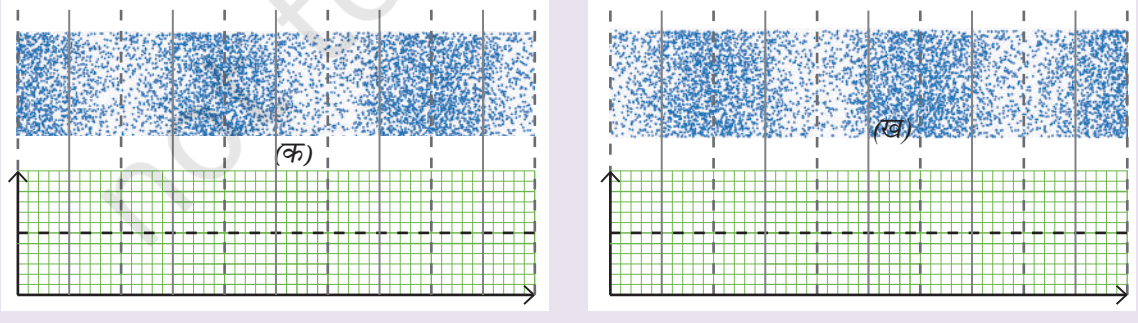
संपीडन (C) के क्षेत्र में माध्यम का घनत्व, औसत घनत्व से अधिक हो जाता है और उच्चतम बिंदु अधिकतम घनत्व को निरूपित करता है (चित्र 10.16 ख)। इसके पश्चात घनत्व कम हो जाता है और अंततः विरलन (R) के क्षेत्र में माध्यम का घनत्व औसत घनत्व से कम हो जाता है और निम्नतम बिंदु न्यूनतम घनत्व को दर्शाता है। तरंग के उच्चतम बिंदु को **शृंग (crest)** और निम्नतम बिंदु को **गर्त (trough)** कहा जाता है।

आइए, और आगे बढ़ें

ध्वनि तरंग के आलेखीय निरूपण की एक अन्य विधि माध्यम के किसी विशेष स्थान पर समय के साथ माध्यम के घनत्व के परिवर्तन को आलेखित करना है।

सोचिए और बताइए

6. दो ध्वनि तरंगों के लिए माध्यम का घनत्व परिवर्तन चित्र 10.17 (क) और (ख) में दर्शाया गया है। इस पर संपीडन और विरलन को C एवं R द्वारा **अंकित** कीजिए। चित्र 10.17 (ग) और (घ) में दिए गए आलेख में अक्षों को अंकित कीजिए और चित्र 10.17 (क) और (ख) के संगत वक्र **खींचिए।**

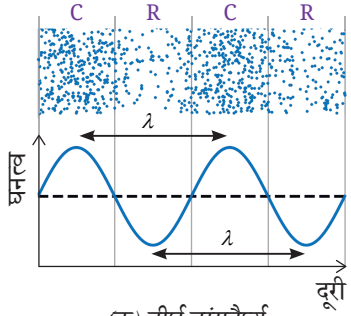


चित्र 10.17 — दो ध्वनि तरंगों के लिए माध्यम में घनत्व परिवर्तन के निरूपण हेतु ग्राफ बनाना।

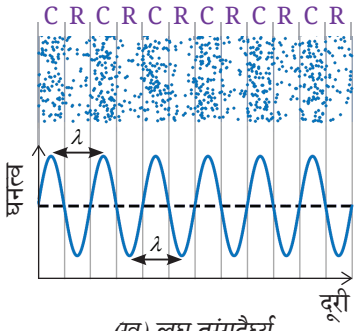
© NCERT not to be republished

10.6 ध्वनि तरंग के अभिलक्षण

10.6.1 तरंगदैर्घ्य, आवृत्ति और आवर्तकाल



(क) दीर्घ तरंगदैर्घ्य



(ख) लघु तरंगदैर्घ्य

चित्र 10.18 — ध्वनि तरंगें

आइए, हम कुछ ऐसी राशियों के विषय में सीखें जिनका उपयोग ध्वनि तरंग का वर्णन करने के लिए किया जाता है। दो क्रमागत शृंगों अथवा दो क्रमागत गर्तों के मध्य की दूरी को तरंग का **तरंगदैर्घ्य (wavelength)** कहा जाता है। इसे चित्र 10.18 में दर्शाया गया है जहाँ दीर्घ और लघु तरंगदैर्घ्य की दो ध्वनि तरंगें दर्शाई गई हैं। तरंगदैर्घ्य को सामान्यतः λ (ग्रीक अक्षर **लैम्डा**) द्वारा दर्शाया जाता है। इसका SI मात्रक **मीटर (m)** है।

ध्वनि तरंग का एक अन्य अभिलक्षण (characteristic), एक ऐसी राशि है जो यह बताती है कि जब ध्वनि तरंग किसी माध्यम में किसी निश्चित स्थान से गुजरती है तो उस स्थान पर माध्यम के घनत्व में परिवर्तन कितनी जल्दी-जल्दी होता है? किसी दी गई स्थिति पर माध्यम का घनत्व क्रमशः अधिकतम (शृंग) से न्यूनतम (गर्त) होता रहता है। किसी नियत बिंदु पर माध्यम के घनत्व का अधिकतम से न्यूनतम और पुनः अधिकतम (अथवा इसके विलोमतः) होने का परिवर्तन क्रम एक पूर्ण **दोलन (oscillation)** होता है।

किसी नियत बिंदु पर प्रति इकाई समय में घनत्व के दोलनों की संख्या, ध्वनि तरंग की **आवृत्ति (frequency)** कहलाती है। इसे सामान्यतः ν (ग्रीक अक्षर **न्यू**) द्वारा निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक प्रति सेकंड ($\frac{1}{s}$ अथवा s^{-1}) है जिसे **हर्ट्ज** (प्रतीक **Hz**) भी कहा जाता है।

किसी निश्चित बिंदु पर घनत्व के एक पूर्ण दोलन में लगने वाले समय को तरंग का **आवर्तकाल (time period)** कहा जाता है। तरंग का आवर्तकाल प्रतीक T द्वारा निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक सेकंड (s) है।

आवर्तकाल और आवृत्ति एक-दूसरे के व्युत्क्रम होते हैं। लघु आवर्तकाल के संगत आवृति का मान उच्च होता है।

$$\nu = \frac{1}{T} \qquad (10.1)$$

सामान्यतः प्रतिदिन सुनाई देने वाली ध्वनियाँ प्रायः अनेक आवृत्तियों का मिश्रण होती हैं। स्वरित्र द्विभुज को पैड से टकराकर (अनुभाग 10.1.1) अथवा मुख से सीटी बजाकर लगभग एकल आवृत्ति की ध्वनि प्राप्त की जा सकती है।

जिज्ञासा-सूत्र

इंटरनेट पर कुछ नि:शुल्क ऐप्स उपलब्ध हैं जिनका उपयोग शिक्षकों द्वारा विभिन्न आवृत्तियों की ध्वनियाँ उत्पन्न करने और पहचानने के लिए किया जा सकता है। वास्तव में फाइफॉक्स (Phyphox) ऐप्प के ऑडियोस्कोप (Audioscope) का उपयोग करते हुए सावधानीपूर्वक सीटी बजाने पर प्राय: चित्र 10.18 जैसा ग्राफ प्राप्त होता है, जिससे यह पता चलता है कि यह ध्वनि लगभग एक ही आवृत्ति की है।

क्रियाकलाप 10.7—आइए, प्रयोग करें (निदर्शन क्रियाकलाप)

यह क्रियाकलाप शिक्षक की देखरेख में एक कक्षा समूह क्रियाकलाप के रूप में करने की संस्तुति की जाती है।

1. किसी मोबाइल ऐप्प, जैसे— फाइफॉक्स (Phyphox) का उपयोग कीजिए जो ध्वनि की आवृत्तियों की पहचान कर सके। ऐप्प में 'ऑडियो स्पेक्ट्रम' विकल्प का उपयोग कीजिए जो आवृत्ति को ग्राफ के रूप में अथवा हर्ट्ज (Hz) में प्रदर्शित करता है।
2. संगीत के स्वरों 'सा', 'रे', 'गा', 'मा', 'पा', 'धा', 'नि', 'सा' को एक के बाद एक गाने का प्रयास कीजिए अथवा इन स्वरों को उत्पन्न करने हेतु दूसरे फोन पर 'म्यूजिक' या 'टोन जनरेटिंग ऐप्प' का उपयोग कीजिए। इसके साथ ही अवलोकन कीजिए कि प्रत्येक स्वर के उत्पन्न होने पर आवृत्ति किस प्रकार परिवर्तित होती है?
3. संगीत के प्रत्येक स्वर के सन्निकट आवृत्ति मान को **अभिलेखित** कीजिए।
4. 'सा' की आवृत्ति के सापेक्ष प्रत्येक स्वर की आवृत्ति का अनुपात ज्ञात कीजिए और उनकी परस्पर **तुलना** कीजिए। क्या आपको कोई प्रतिरूप (pattern) दिखाई देता है।

© NCERT not to be republished

5. यदि अपनी वाणी और मोबाइल जनित स्वरों दोनों का उपयोग किया गया है तो समान स्वरों के लिए उनकी आवृत्तियों की तुलना कीजिए।

इस क्रियाकलाप में आपने ध्यान दिया होगा कि 'सा' स्वर के लिए आवृत्ति न्यूनतम है और धीरे-धीरे अन्य स्वरों के लिए बढ़ती है। संगीत के प्रत्येक स्वर की एक विशिष्ट आवृत्ति होती है जिसके कारण इसकी ध्वनि भिन्न होती है। आप अन्य ध्वनियों और अपने मित्रों की वाणी की आवृत्तियों की तुलना भी इस ऐप्प के द्वारा कर सकते हैं।

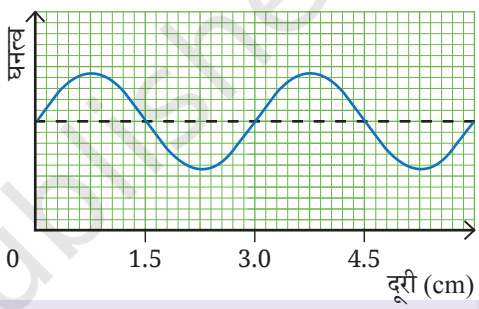
उदाहरण 10.1 — यदि किसी दी गई स्थिति में 2 सेकंड में 10 घनत्व दोलन होते हैं तब (i) ध्वनि तरंग की आवृत्ति और (ii) इसके आवर्त काल का **परिकलन** कीजिए।

उत्तर — ध्वनि तरंग की आवृत्ति $= \frac{\text{दोलन की संख्या}}{\text{लिए गया समय}} = \frac{10}{2\,\text{s}} = 5\,\text{Hz}$

किसी दी गई स्थिति पर एकल घनत्व दोलन में लगा समय $= \frac{2\,\text{s}}{10} = 0.2\,\text{s}$

सोचिए और बताइए

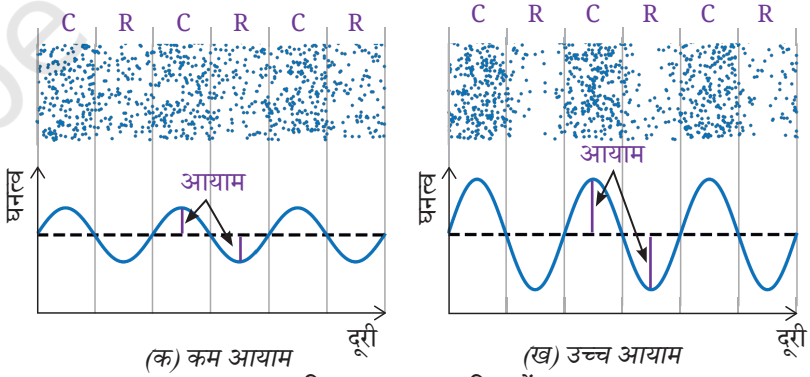
7. क्रियाकलाप 10.1 को पहले एक बार मोटे रबड़ बैंड के साथ इसके पश्चात पतले रबड़ बैंड के साथ दोहराइए। क्या पतला रबड़ बैंड मोटे रबड़ बैंड की तुलना में अधिक तीव्र कंपन करता है? यदि हाँ, तब पतले रबड़ बैंड द्वारा उत्पन्न ध्वनि की आवृत्ति और आवर्तकाल मोटे रबड़ बैंड द्वारा उत्पन्न ध्वनि की आवृत्ति एवं आवर्तकाल से किस प्रकार भिन्न होते हैं?
8. यदि वायु से भरी एक लंबी नली के दोलायमान पिस्टन द्वारा उत्पन्न ध्वनि तरंग की आवृत्ति 20 Hz है तो पिस्टन प्रति मिनट कितने दोलन पूर्ण करता है?
9. बताइए चित्र 10.19 में आलेख द्वारा निरूपित ध्वनि तरंग का अर्ध तरंगदैर्ध्य क्या है?



चित्र 10.19 — ध्वनि तरंग का आलेखीय निरूपण

10.6.2 ध्वनि तरंगों का आयाम और तीव्रता

किसी माध्यम में ध्वनि संपीडन और विरलन द्वारा घनत्व के दोलन के रूप में संचरित होती है। ध्वनि तरंग का **आयाम (amplitude)** औसत घनत्व की तुलना में संपीडन (अथवा विरलन) में वायु के घनत्व में होने वाला अधिकतम परिवर्तन है। घनत्व में परिवर्तन अधिक होता है तो तरंग का आयाम भी बड़ा होता है (चित्र 10.20)।



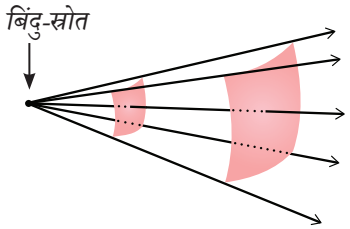
(क) कम आयाम *(ख) उच्च आयाम*

चित्र 10.20 — ध्वनि तरंगें

किसी तरंग का आयाम और उसके द्वारा वाहित ऊर्जा में आपस में संबंध होता है। अधिक आयाम वाली तरंग कम आयाम वाली तरंग की तुलना में अधिक ऊर्जा वहन करती है। इसे क्रियाकलाप 10.6 में देखा जा सकता है। जब धातु की प्लेट पर अधिक शक्ति से प्रहार किया जाता है तो परिवेशी माध्यम के कणों को अधिक ऊर्जा स्थानांतरित होती है जिसके कारण वे अपनी माध्य स्थिति से अधिक विस्थापित होते हैं। परिणामस्वरूप धातु की प्लेट के कंपनों का आयाम बढ़ जाता है और अनाज के दाने अधिक ऊँचाई तक उछलते हैं।

ध्वनि संचरण की दिशा के लंबवत एकांक क्षेत्रफल से एकांक समय में संचरित होने वाली ध्वनि ऊर्जा की मात्रा को ध्वनि की **तीव्रता (intensity)** कहते हैं।

© NCERT not to be republished



चित्र 10.21 — दूरी के साथ वृहत्तर क्षेत्रफल में फैलती हुई ध्वनि ऊर्जा

जैसे-जैसे कोई ध्वनि तरंग अपने स्रोत से दूर जाती है तो यह वृहत्तर क्षेत्रफल में फैलती जाती है (चित्र 10.21) क्योंकि ऊर्जा संरक्षित रहनी चाहिए इसलिए ऊर्जा की समान मात्रा एक वृहत्तर क्षेत्रफल में फैल जाती है। अत: स्रोत से दूरी बढ़ने पर ध्वनि की तीव्रता में कमी होती है। वे ध्वनियाँ जो वृहत्तर आयाम के साथ उत्पन्न होती हैं अधिक ऊर्जा वहन करती हैं और तीव्रता शून्य होने से पूर्व अधिक दूरी तक गमन कर सकती हैं।

10.6.3 ध्वनि की चाल

ध्वनि की चाल यह दर्शाती है कि ध्वनि तरंगें माध्यम में कितनी तीव्र गति से संचरित होती हैं? संपीडन और विरलन के संदर्भ में हम चाल को एक ऐसी राशि के रूप में समझ सकते हैं जो यह निर्धारित करती है कि माध्यम में घनत्व-विक्षोभ कितनी तीव्र गति से आगे बढ़ते हैं। **ध्वनि की चाल (speed of sound)** को उस दूरी के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जो तरंग का कोई बिंदु, जैसे — शृंग (अथवा गर्त) एकांक समय में तय करता है।

किसी दी गई आवृत्ति की ध्वनि तरंग के लिए दो क्रमागत शृंगों (अथवा दो क्रमागत गर्तों) के मध्य की दूरी एक तरंगदैर्घ्य (λ) होती है। यह किसी विक्षोभ द्वारा एक आवर्त काल (T) में चली गई दूरी होती है। इस प्रकार ध्वनि की चाल (v) को निम्नवत व्यक्त किया जा सकता है —

$$\text{चाल} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}} \qquad \Rightarrow \qquad v = \frac{\lambda}{T}$$

हम जानते हैं कि आवृत्ति $\nu = \frac{1}{T}$ (समीकरण 10.1), अत:

$$v = \lambda \times \nu \qquad (10.2)$$

चाल = तरंगदैर्घ्य × आवृत्ति

ध्वनि की चाल उस माध्यम पर निर्भर करती जिसमें यह गमन करती है। यह ठोसों में सबसे अधिक तीव्र गति से, द्रवों में उससे धीमी गति से और गैसों में सबसे धीमी गति से गमन करती है। उदाहरण के लिए — जल में ध्वनि की चाल, वायु में ध्वनि की चाल से 4 से 5 गुना अधिक होती है। साधारणत: ठोसों में ध्वनि की चाल, वायु में ध्वनि की चाल से 15 से 20 गुना अधिक होती है।

वायु में ध्वनि की चाल ताप और आर्द्रता पर भी निर्भर करती है। जैसे ही हम ताप अथवा आर्द्रता में वृद्धि करते हैं ध्वनि की चाल में वृद्धि होती है। उदाहरण के लिए — 0°C पर शुष्क वायु में ध्वनि की चाल लगभग 331 m s^{-1} और 22 °C पर लगभग 344 m s^{-1} रहती है।

क्या होगा यदि...

वायु में ध्वनि की चाल आवृत्ति पर निर्भर करती तो क्या तब भी गायक द्वारा वाद्ययंत्रों के साथ प्रस्तुत संगीत कानों को सुखद लगता है? अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दीजिए।

आइए, और चिंतन करें

वायु की भाँति अधिकांश माध्यमों में ध्वनि की चाल केवल माध्यम पर निर्भर करती है यह ध्वनि के स्रोत अथवा आवृत्ति पर निर्भर नहीं करती है। यदि किसी स्रोत की आवृत्ति परिवर्तित होती है तो माध्यम में ध्वनि तरंग का तरंगदैर्घ्य परिवर्तित होता है जबकि ध्वनि की चाल नियत रहती है। कुछ विशेष पदार्थों जैसे — सरंध्र फोम अथवा अभियांत्रित संरचनाएँ भिन्न प्रकार से व्यवहार कर सकती हैं।

उदाहरण 10.2 — मनुष्यों में ध्वनि की श्रव्यता का परिसर लगभग 20 Hz से 20 kHz होता है। वायु में इन दोनों आवृत्तियों के संगत तरंगदैर्घ्य क्या हैं? वायु में ध्वनि की चाल 344 m s^{-1} का उपयोग करें।

उत्तर — तरंगदैर्घ्य (λ), आवृत्ति (ν) और चाल (v) में संबंध का उपयोग करें तो

तरंग की चाल = आवृत्ति × तरंगदैर्घ्य

© NCERT not to be republished

इसलिए तरंगदैर्घ्य $\lambda = \dfrac{\text{तरंग की चाल}}{\text{आवृत्ति}}$

(i) $\nu = 20$ Hz के लिए $\lambda = \dfrac{344 \text{ m s}^{-1}}{20 \text{ s}^{-1}} = 17.2 \text{ m}$

(ii) $\nu = 20$ kHz $= 20000$ Hz के लिए $\lambda = \dfrac{344 \text{ m s}^{-1}}{20000 \text{ s}^{-1}} = 0.0172 \text{ m} = 1.72 \text{ cm}$

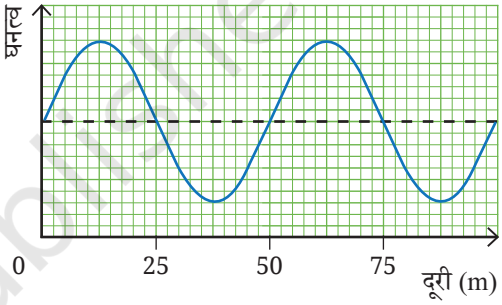
वायु में ध्वनि की आवृत्ति (i) 20 Hz के संगत तरंगदैर्घ्य 17.2 m और (ii) 20000 Hz के संगत 1.72 cm है।

उदाहरण 10.3 — मेघों की गड़गड़ाहट के समय गर्जन की ध्वनि से पूर्व तड़ित की चमक दिखाई देती है क्योंकि प्रकाश की तुलना में ध्वनि बहुत धीमी गति से गमन करती है। यदि तड़ित की चमक देखने और गर्जन सुनने के मध्य का समयांतराल 5 s मापा जाता है तो तड़ित गिरने की दूरी का अनुमान लगाइए। वायु में ध्वनि की चाल 340 m s^{-1} का उपयोग कीजिए। मान लीजिए कि प्रकाश (चाल = 300000 km s^{-1}) आप तक तत्काल पहुँचता है।

उत्तर — दूरी = $v \times t = 340 \text{ m s}^{-1} \times 5 \text{ s} = 1700 \text{ m}$

तड़ित-पात लगभग 1.7 km की दूरी पर होता है।

उदाहरण 10.4 — स्टील में संचरित ध्वनि तरंग के आलेखीय निरूपण (चित्र 10.22) से इसकी तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए। यदि स्टील में ध्वनि की चाल 5000 m s^{-1} है तो इसकी आवृत्ति और आवर्तकाल का परिकलन कीजिए।



चित्र 10.22 — ध्वनि तरंग का आलेखीय निरूपण

उत्तर — आलेख (चित्र 10.22) से तरंगदैर्घ्य $\lambda = 50$ m

समीकरण (10.2) के उपयोग से ध्वनि तरंग की आवृत्ति है

$$\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{5000 \text{ m s}^{-1}}{50 \text{ m}} = 100 \text{ Hz}$$

समीकरण (10.1) का उपयोग करने पर ध्वनि तरंग का आवर्तकाल

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{100 \text{ Hz}} = 0.01 \text{ s}$$

सोचिए और बताइए

10. तालिका 10.1 वायुमंडलीय दाब पर कुछ माध्यमों में ध्वनि की चाल दर्शाती है।

तालिका 10.1 — 15 °C पर विभिन्न माध्यमों में ध्वनि की चाल

अवस्था	पदार्थ/माध्यम	लगभग चाल
ठोस	स्टील	5000 m s^{-1}
द्रव	जल	1500 m s^{-1}
गैस	वायु	340 m s^{-1}

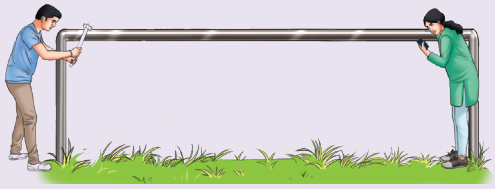
निम्न अनुपात ज्ञात करके भिन्न-भिन्न माध्यमों में ध्वनि के चालों की तुलना कीजिए।

(i) वायु में ध्वनि की चाल के सापेक्ष जल में ध्वनि की चाल।

(ii) जल में ध्वनि की चाल के सापेक्ष स्टील में ध्वनि की चाल।

© NCERT not to be republished

11. किसी परिसर की स्टील की बनी सीधी बाड़ के साथ दो मित्र एक-दूसरे से 340 m की दूरी पर खड़े हैं (चित्र 10. 23)। गुंजन बाड़ पर अपना कान रखती है और उसका मित्र धातु की किसी वस्तु से बाड़ पर प्रहार करता है। चित्र 10.1 में दी गई स्टील और वायु में ध्वनि की चाल के मानों का उपयोग करके गुंजन तक वायु और स्टील के माध्यम से पहुँचने वाली ध्वनि के मध्य के समय अंतराल का परिकलन कीजिए। क्या इसके लिए दोनों ध्वनियों के मध्य अंतर करना संभव होगा? (दो ध्वनियों को पृथक-पृथक सुनने हेतु उनके मध्य कम-से-कम 0.1 s का समय अंतराल होना चाहिए।)



चित्र 10.23 — स्टील एवं वायु के माध्यम से पहुँचने वाली ध्वनियों के मध्य समय अंतराल

10.6.4 मानव द्वारा ध्वनि-बोध

ध्वनि के भौतिक गुण, जैसे — आवर्त काल, तरंगदैर्ध्य, आवृत्ति, आयाम और चाल सुपरिभाषित हैं और इन्हें मापा भी जा सकता है। तथापि ध्वनि को अनुभव करने की प्रक्रिया व्यक्तिनिष्ठ होती है। ध्वनि संबंधी मानव बोध, प्रबलता और तारत्व जैसे शब्दों द्वारा वर्णित किया जाता है जिनका भौतिक गुणों से कोई सरल संबंध नहीं होता है।

तारत्व

ध्वनि की आवृत्ति का मानवीय बोध **तारत्व (pitch)** कहलाता है। सामान्यत: तीक्ष्ण कर्णभेदी ध्वनियाँ, जैसे — सीटी या सायरन की ध्वनि उच्च तारत्व की ध्वनि कहलाती हैं। दूसरी ओर गंभीर ध्वनियाँ, जैसे— मेघों की गड़गड़ाहट अथवा विमान की गर्जना का तारत्व कम होता है। सामान्यत: उच्च तारत्व वाली ध्वनियों की आवृत्ति उच्च होती है और कम तारत्व वाली ध्वनियों की आवृत्ति कम होती है। यद्यपि इनमें सटीक गणितीय संबंध जटिल है।

जिज्ञासा-सूत्र

प्रत्येक व्यक्ति की वाणी विशिष्ट होती है और प्राय: अपने शिक्षक या मित्रों द्वारा आपका नाम पुकारे जाने पर उसकी वाणी से उसे आप तुरंत पहचान लेते हैं। हमारी वाक् ध्वनियों में भिन्नता क्यों होती है? पुरूष, महिला और बच्चों की वाणियों में मात्र आवृत्ति भिन्नता ही नहीं होती हैं अपितु वे इस बात पर भी निर्भर करती हैं कि गले, मुँह और नासा गुहा से ध्वनि किस प्रकार उत्पन्न होती है। किशोरावस्था के समय लड़कों के वाक् तंतु लंबे और मोटे हो जाते हैं और बहुधा कम कंपन करते हैं, अत: उनकी वाणी में गहनता आ जाती है। आइए, हम भिन्न-भिन्न आवृत्तियों की ध्वनियों को सुनने और उनकी समालोचना के लिए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 10.8—आइए, प्रयोग करें (निदर्शन क्रियाकलाप)

यह क्रियाकलाप शिक्षक द्वारा निर्देशित कक्षा समूह क्रियाकलाप के रूप में करने की संस्तुति की जाती है।

1. एक मोबाइल ऐप्प खोलिए जो विभिन्न प्रकार की ध्वनि उत्पन्न कर सके।
2. आवृत्ति का मान 100 Hz लगाइए। 'प्ले' बटन दबाइए और ध्यानपूर्वक सुनिए।
3. आवृत्ति को प्रत्येक बार 100 Hz बढ़ाते हुए 1000 Hz तक ले जाइए और वर्णन कीजिए कि ध्वनि किस प्रकार परिवर्तित होती है?
4. अब आवृत्ति को 50 Hz पर व्यवस्थित कीजिए और 20 Hz तक अथवा उस मान तक कम करते जाइए जहाँ आप ध्वनि को सुन नहीं पाते हैं।

© NCERT not to be republished

क्या मनुष्य सभी ध्वनियों को सुन सकते हैं? मनुष्य ध्वनियों को आवृत्तियों के केवल एक सीमित परिसर में ही सुन सकते हैं। यह श्रव्यता परिसर अथवा मनुष्यों में ध्वनि सुनने की आवृत्तियों का परिसर 20 Hz से 20000 Hz (20 kHz) तक होता है। तथापि यह परिसर प्रत्येक व्यक्ति के लिए भिन्न होता है और आयु वृद्धि के साथ घटता है। 20 Hz से कम आवृत्ति वाली ध्वनि तरंगों को **अवश्रव्य तरंगें (infrasonic waves)** कहते हैं जबकि 20 kHz से अधिक आवृत्ति वाली ध्वनि तरंगों को **पराश्रव्य तरंगें (ultrasonic waves)** कहते हैं। मानव अवश्रव्य ध्वनियों या पराश्रव्य ध्वनि को नहीं सुन सकते हैं परंतु कुछ जानवर सुन सकते हैं। कुत्ते, बिल्लियाँ, चमगादड़ और डॉलफिन पराश्रव्य तरंगों को सुन सकते हैं जबकि हाथी अवश्रव्य तरंगों को सुन सकते हैं।

प्रबलता

मनुष्यों को ध्वनि तरंगों के आयाम का बोध ध्वनि की प्रबलता (loudness) के रूप में होता हैं। अधिक आयाम वाली ध्वनियाँ अधिक प्रबल सुनाई देती हैं जबकि कम आयाम की ध्वनि धीमी सुनाई पड़ती है। जैसे-जैसे हम ध्वनि स्रोत से दूर होते जाते हैं वैसे-वैसे ध्वनि की प्रबलता कम होती जाती है।

सामान्य भाषा में प्रबलता और तीव्रता शब्दों का उपयोग प्राय: उनमें बिना कोई भेद किए कर लिया जाता है। तथापि तीव्रता एक मापन योग्य राशि है जबकि प्रबलता श्रोता की श्रव्य क्षमता पर निर्भर करती है।

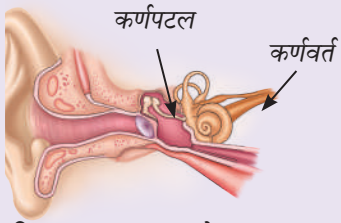
विज्ञान एवं समाज

ध्वनि की प्रबलता को सामान्यत: डेसिबेल (dB) में मापा जाता है। अति मृदु ध्वनियाँ, जैसे— पत्तियों की सरसराहट केवल कुछ dB की होती हैं, सामान्य वार्तालाप लगभग 60 dB की होती है। दूसरी ओर अत्यधिक प्रबल ध्वनि, जैसे — पटाखों की ध्वनि 100 dB से अधिक हो सकती है। डेसिबेल स्तर में थोडी-सी वृद्धि से भी ध्वनि तीव्रता में बहुत अधिक वृद्धि हो जाती है।

अवांछित अथवा हानिकारक ध्वनि को शोर (noise) कहा जाता है। ध्वनि प्रदूषण एक गंभीर समस्या है। अनुशंसित सीमाओं से ऊपर के ध्वनि स्तरों के प्रभाव में विशेषकर दीर्घकाल के लिए रहना स्वास्थ्य, निद्रा और श्रवण क्षमता को प्रभावित कर सकता है। दीर्घकाल तक प्रबल ध्वनि को सुनने से, सुनने की क्षमता कम हो सकती है जिसका परीक्षण श्रव्यता आलेख का उपयोग करके किया जा सकता है। श्रवण ह्रास पीडित लोग श्रवण सहायक यंत्र का उपयोग कर सकते हैं जिसमें एक माइक्रोफोन, एक प्रवर्धक (Amplifier) और स्पीकर लगा होता है जो उन्हें सुनने में सहायता करता है जिससे वे भली-भाँति संप्रेषण कर सकते हैं।

आइए, और चिंतन करें

हम प्राय: यह स्पष्ट अनुभव नहीं कर पाते हैं कि हमारी श्रवण इन्द्री कितनी अद्‌भुत है। जब ध्वनि कान में प्रवेश करती है तो यह कर्णपटल (eardrum)नामक पतली झिल्ली में कंपन उत्पन्न करती है (चित्र 10.24)। कान की नन्हीं अस्थियाँ तीव्रता से इन कंपनों को प्रवर्धित करती हैं और कर्णावर्त (cochlea) उन्हें विद्युत संकेतों में रूपांतरित कर देता है जो मस्तिष्क तक पहुँचते हैं। इनकी अनुभूति मस्तिष्क ध्वनि के रूप में करता है।



चित्र 10.24 —मानव के कान का एक व्यवस्थित आरेख

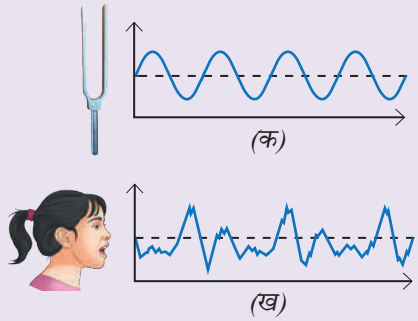
दो कानों की उपस्थिति मस्तिष्क को ध्वनि के उद्‌गम की दिशा सुनिश्चित करने में समर्थ बनाती है। यह तुलना करके कि किस कान ने ध्वनि को पहले सुना, मस्तिष्क दोनों कानों द्वारा सुनी गई ध्वनि के मध्य सूक्ष्म समय अंतराल (प्राय: एक सेकंड के हजारवें भाग से भी कम) के आधार पर यह पता लगा लेता है कि ध्वनि कहाँ से आई है?

विभिन्न जंतु भिन्न-भिन्न ढंग से सुनते हैं। साँप और मछलियाँ अपनी देह के माध्यम से कंपनों की अनुभूति करती हैं जबकि कुछ कीटों के शरीर के भागों पर सुनने के लिए कर्ण जैसे अंग होते हैं।

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

एकल आवृत्ति-मान की ध्वनि को स्वर कहते हैं, जैसे — स्वरित्र द्विभुज अथवा सीटी द्वारा उत्पन्न ध्वनि (चित्र 10.25 क)। तानपुरे के तार को छेड़ने या गाने से उत्पन्न होने वाले संगीत का स्वर (note) (चित्र 10.25 ख) निम्नतम आवृत्ति और उच्चतर आवृत्तियों का संयोजन होता है जिसमें निम्नतम आवृत्ति को मूल आवृत्ति (fundamental frequency) और उच्चतर आवृत्तियों को अधिस्वरक (overtones) कहा जाता है जो मिलकर एक समृद्ध और सुखद ध्वनि सृजित करते हैं। सारंगी, सितार और वीणा जैसे भारतीय तार वाद्ययंत्रों में इस संयोजन को और समृद्ध करने हेतु अतिरिक्त तारों का उपयोग करते हैं।



चित्र 10.25 — (क) कंपमान स्वरित्र द्विभुज अथवा सीटी बजाते हुए व्यक्ति द्वारा और (ख) गाना गाते हुए बच्चे द्वारा उत्पन्न ध्वनि का आरेखीय निरूपण

जब पृथक-पृथक वाद्ययंत्र, जैसे — बाँसुरी, एकतारा या तबला समान प्रबलता के समान स्वर बजाते हैं तब उनमें से प्रत्येक की ध्वनि पृथक और अद्वितीय होती है। इस गुण को ध्वनिगुणता (Timbre) कहा जाता है। यह वाद्ययंत्र के आकार, पदार्थ और रचना पर निर्भर करता है जो अधिस्वरकों के प्रतिमान और तीव्रता को निर्धारित करते हैं।

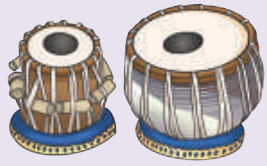
अष्टक (octave) ऐसे दो सम स्वरों के मध्य का अंतराल है जिनमें एक की मूल आवृत्ति दूसरे की मूल आवृत्ति की दो गुनी होती है (उदाहरण के लिए — 200 Hz और 400 Hz)

वैज्ञानिक-परिचय

सर सी.वी.रमन को प्रकाश में रमन प्रभाव की खोज के लिए भारत का पहला नोबेल पुरस्कार प्राप्त हुआ। इन्होंने तबला और मृदंगम जैसे भारतीय ताल वाद्ययंत्रों का अध्ययन यह समझने के लिए किया था कि ये इतनी समृद्ध और सूक्ष्म ध्वनियाँ कैसे उत्पन्न करते हैं और इस प्रकार इन्होंने ध्वनि विज्ञान में भी महत्त्वपूर्ण योगदान किया।

जिज्ञासा-सूत्र

तबला (चित्र 10.26) या मृदंगम जैसे भारतीय ताल-वाद्यों के ढोलशीर्ष पटलों के केंद्र पर एक काला धब्बा होता है जिसे 'स्याही' कहते हैं। यह धब्बा पटल के कंपनों को परिवर्तित कर देता है। इससे ये वाद्य यंत्र विविध प्रकार की समृद्ध ध्वनियाँ उत्पन्न कर पाते हैं। स्याही, स्वर नियंत्रण का वह स्तर प्रदान करती है जो अन्य ताल वाद्य यंत्रों में पाना दुर्लभ होता है।



चित्र 10.26 — तबलों का जोड़ा

10.7 ध्वनि का परावर्तन

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 10

ध्वनि तरंगें ठोस या द्रव जैसी बाधाओं से टकराकर वापस लौट सकती हैं। इसे **ध्वनि का परावर्तन (reflection of sound)** कहा जाता है। ध्वनि परावर्तन के उन्हीं नियमों का पालन करती है जो आपने प्रकाश के लिए समझे थे। ध्वनि के आपतन और परावर्तन की दिशाएँ आपतन बिंदु पर परावर्तक पृष्ठ (reflecting surface)के अभिलंब के साथ समान कोण बनाती हैं और आपतित किरण, अभिलंब और परावर्तित किरण ये तीनों एक ही तल में स्थित होते हैं। ध्वनि के परावर्तन का सबसे सामान्य उदाहरण प्रतिध्वनि (echo) है।

© NCERT not to be republished

10.7.1 प्रतिध्वनि

यदि हम किसी पर्वत, खड़ी चट्टान अथवा किसी लंबे मार्ग के समीप चिल्लाते हैं तो हमें कुछ समय पश्चात अपनी वाणी पुन: सुनाई दे सकती है। इसे **प्रतिध्वनि (echo)** के रूप में जाना जाता है। यह वह ध्वनि है जो किसी दूर स्थित वस्तु के कठोर पृष्ठ से परावर्तित होकर हमारे पास वापस आती है।

प्रतिध्वनियाँ प्रत्येक स्थान पर नहीं सुनी जाती हैं। किसी छोटे कमरे में दीवारों से परावर्तित ध्वनि इतनी शीघ्र वापस आ जाती है कि हमारा मस्तिष्क उसे मूल ध्वनि से पृथक ही नहीं कर पाता है। यदि हमारे कानों तक पहुँचने वाली दो ध्वनियों के मध्य का समय अंतराल कम-से-कम 0.1 सेकंड हो तो हम उन्हें भिन्न-भिन्न ध्वनियों के रूप में सुन सकते हैं। यदि यह समय अंतराल 0.1 सेकंड से कम हो तो हम उन्हें स्पष्ट रूप से अलग करके नहीं पहचान पाते।

0.1 सेकंड का यह समय हमें उस परावर्तक सतह की न्यूनतम दूरी का अनुमान लगाने में सहायता करता है, जहाँ से हमें प्रतिध्वनि सुनाई दे सकती है।

यदि हम ध्वनि की चाल 340 m s^{-1} मानें तो 0.1 सेकंड में ध्वनि द्वारा तय की गई दूरी होगी —

$$\text{दूरी} = \text{चाल} \times \text{समय} = 340 \text{ m s}^{-1} \times 0.1 \text{ s} = 34.0 \text{ m}$$

ध्यान दीजिए कि 34 m वह कुल दूरी है जो ध्वनि अपने स्रोत से परावर्तक सतह तक जाकर वापस आने में तय करती है।अतः प्रतिध्वनि सुनने के लिए न्यूनतम दूरी इसकी आधी अर्थात 17 m होगी

कठोर और चिकनी सतहें ध्वनि को परावर्तित करती हैं इसलिए इनके कारण उत्पन्न प्रतिध्वनि अधिक स्पष्ट सुनाई देती हैं कोमल सतहें, जैसे — मोटे कपडे के पर्दे, ध्वनि को अवशोषित कर लेती हैं, जबकि खुरदरी सतहें ध्वनि को विभिन्न दिशाओं में प्रकीर्णित कर देती हैं। ऐसी स्थिति में प्रतिध्वनि स्पष्ट रूप से सुनाई नहीं देती।

उदाहरण10.5 — आप एक खाली गलियारे में ताली बजाते हैं और 0.5 सेकंड पश्चात आपको प्रतिध्वनि सुनाई देती है। यदि वायु में ध्वनि की चाल 340 m s^{-1} है तो दीवार से अपनी दूरी ज्ञात कीजिए?

उत्तर — ध्वनि दीवार तक जाकर वापस आती है, इसलिए

$$\text{दीवार से दूरी} = \frac{\text{ध्वनि की चाल} \times \text{समय}}{2} = \frac{340 \text{ m s}^{-1} \times 0.5 \text{ s}}{2} = 85 \text{ m}$$

सोचिए और बताइए

12. किसी प्रयोग में यह आवश्यक है कि प्रतिध्वनि ध्वनि उत्सर्जन के कम-से-कम 0.2 सेकंड पश्चात सुनाई दे। परावर्तक सतह को न्यूनतम कितनी दूरी पर रखा जाना चाहिए? इसके लिए ध्वनि की चाल को आप 343 m s^{-1} मान लीजिए।

10.7.2 अनुरणन

कभी-कभी किसी बड़े हॉल या सभागार में उत्पन्न ध्वनि दीवारों से अनेक बार परावर्तित होती रहती हैं। इन बहु परावर्तनों के कारण ध्वनि, स्रोत के बंद हो जाने के पश्चात भी कुछ समय तक सुनाई देती रहती हैं। इस घटना को **अनुरणन (reverberation)** कहते हैं।

यह तब होता है जब विभिन्न सतहों से परावर्तित ध्वनियाँ 0.05 सेकंड से कम समयांतराल में हमारे कानों तक पहुँचती हैं।

आधुनिक सभागारों और बड़े कॉन्सर्ट हॉलों को वास्तुकला के अनुसार इस प्रकार बनाया जाता है कि उनमें उपयुक्त प्रतिध्वनि स्थायित्व बनी रहे। इससे श्रोता प्रत्येक स्थान पर भाषण, संगीत तथा अन्य ध्वनियों को बिना विकृति के स्पष्ट सुन सकते हैं।

© NCERT not to be republished

ध्वनि-अवशोषक पैनल, गद्देदार कुर्सियाँ, पर्दे तथा अन्य मुलायम और छिद्रयुक्त सतहें अनावश्यक प्रतिध्वनि स्थायित्व को कम करती हैं अन्यथा ध्वनि अस्पष्ट और विकृत हो सकती है।

जिज्ञासा-सूत्र

भारत सहित विश्व के मध्यकालीन वास्तुकारों ने गहन ध्वनिक समझ के आधार पर अनेक स्मारकों का निर्माण किया। कर्नाटक के बीजापुर स्थित प्रसिद्ध गोल गुम्बज की मर्मरश्रावी गैलरी का अभिकल्प अत्यंत अद्भुत है। इसकी विशेष संरचना के कारण धीमी-सी फुसफुसाहट भी विशाल गुंबद में कई बार सुनाई देती है।

10.8 पराश्रव्य तथा अवश्रव्य तरंगें और उनके अनुप्रयोग

मनुष्यों की श्रव्य सीमा से बाहर की आवृत्तियों वाली ध्वनि तरंगों के विज्ञान, चिकित्सा तथा प्रौद्योगिकी में अनेक महत्वपूर्ण अनुप्रयोग हैं।

जिज्ञासा-सूत्र

- ध्वनि तरंगें (Sound waves)
  - अवश्रव्य तरंगें (Infrasonic waves) (20 Hz से कम)
    - इसका उपयोग भूकंप तथा ज्वालामुखी विस्फोट जैसी प्राकृतिक घटनाओं का पता लगाने में किया जाता है।
    - तीव्र झंझावत का पता लगाने में भी उपयोग क्योंकि ऐसी तरंगें वायु और पृथ्वी में लंबी दूरी तक यात्रा करती हैं।
  - मनुष्यों के लिए श्रव्यता परिसर (Human audible range) (20 Hz से 20 kHz)
    - बिना शल्यक्रिया के आंतरिक अंगों का प्रतिबिंब प्राप्त करने में उपयोग (जिसे अल्ट्रासोनोग्राफी कहते हैं)
    - गुर्दे की पथरी को छोटे- छोटे टुकड़ों में तोड़ने में उपयोग जिससे कि वे शरीर से निष्कासित हो सकें।
  - पराश्रव्य तरंगें (Ultrasonic waves) (20 kHz से अधिक)
    - उद्योगों में अल्ट्रासोनिक वेल्डिंग तथा संवेदनशील मशीन के भागों की सफाई में उपयोग।
    - निर्माण कार्य और औद्योगिक परीक्षणों में धातु खंडों के भीतर दोषों का पता लगाने में उपयोग।
    - ध्वनि तरंगों के परावर्तन द्वारा वस्तुओं का स्थान ज्ञात करने में उपयोग।

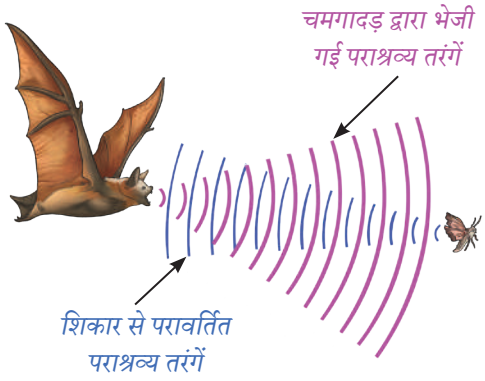
10.8.1 प्रतिध्वनि द्वारा स्थान निर्धारण

क्या होगा यदि...

यदि मनुष्य भी कुत्तों की तरह पराश्रव्य तरंगों को पहचान सकते तो इसके क्या लाभ और हानियाँ होती?

चमगादड़ निशाचर जीव होते हैं जो अंधेरे में उड़ते हुए बिना किसी वस्तु से टकराए अपने शिकार की खोज कर लेते हैं। अधिकांश चमगादड़ पराश्रव्य तरंगों के छोटे-छोटे स्पंद उत्सर्जित करते हैं जो आस-पास की वस्तुओं से परावर्तित हो जाते हैं। प्रतिध्वनियों की अनुभूति कर चमगादड़ बाधाओं और शिकार की स्थिति का पता लगा लेते हैं (चित्र 10.27)।

परावर्तित ध्वनि तरंगों की सहायता से वस्तुओं का स्थान ज्ञात करने की इस क्षमता को **प्रतिध्वनि द्वारा स्थान निर्धारण (echolocation)** कहते हैं। चमगादड़ों के अतिरिक्त

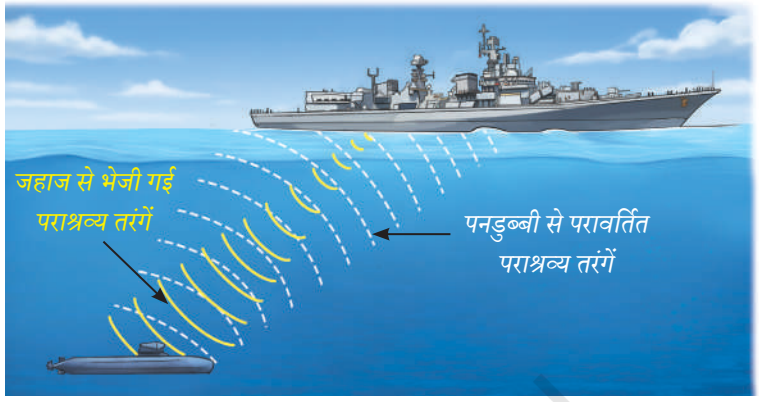


चित्र 10.27 — चमगादड़ों द्वारा प्रतिध्वनि निर्धारण

© NCERT not to be republished

डॉल्फिन, व्हेल तथा कुछ पक्षी भी दिशा-निर्धारण और शिकार के लिए प्रतिध्वनि द्वारा स्थान निर्धारण का उपयोग करते हैं।

मनुष्यों ने इसी सिद्धांत को जल के भीतर अन्वेषण के लिए सोनार (sonar— sound navigation and ranging) में अपनाया है। सोनार में पराश्रव्य तरंगों को जल में भेजा जाता है और परावर्तित तरंगों का विश्लेषण करके जल के भीतर स्थित वस्तुओं, जैसे — पनडुब्बियों या जहाजों के अवशेषों की दूरी, दिशा तथा गति का पता लगाया जाता है (चित्र 10.28)।



चित्र 10.28 — सोनार की कार्यप्रणाली

उदाहरण 10.6 — समुद्री जल में भेजा गया एक नौसैनिक सोनार संकेत 0.90 सेकंड के पश्चात वापस लौटता है। समुद्री जल में ध्वनि की चाल 1530 m s^{-1} है। बताइए कि वस्तु कितनी दूरी पर है?

उत्तर — वस्तु तक पहुँचने और वापस लौटने में लगा कुल समय = 0.90 s

वस्तु तक पहुँचने में लगा समय कुल समय का आधा होगा $= \frac{0.90\,s}{2} = 0.45\,s$

अतः दूरी = चाल × समय = 1530 m s^{-1} × 0.45 s = 688.5 सेकंड

इस प्रकार वस्तु की दूरी 688.5 m है।

विज्ञान एवं समाज

दूरनियंत्रित यान (drone) (चित्र 10.29) और विमान अपने मोटरों तथा इंजनों से विशिष्ट प्रकार की ध्वनि उत्पन्न करते हैं। जब वे दिखाई भी नहीं देते हैं तब भी उनके द्वारा उत्पन्न निम्न आवृत्ति की मर्मर ध्वनि को सुग्राही ध्वनि संवेदकों की सहायता से पहचाना जा सकता है।

यह विधि जिसे ध्वनि आधारित चौकसी कहा जाता है, रक्षा एवं बचाव हेतु वायुक्षेत्र के पर्यवेक्षण में सहायता करती है।

चित्र 10.29 — एक दूरनियंत्रित यान

सोचिए और बताइए

13. जल में ध्वनि प्रकाश की अपेक्षा बहुत अधिक दूरी तक गमन करती है, इसलिए इसका उपयोग विभिन्न अंतर्जलीय अनुप्रयोगों में किया जाता है। महासागर की गहराई ज्ञात करने के लिए भेजा गया कोई सोनार संकेत 4 सेकंड में वापस लौटता है। यदि समुद्री जल में ध्वनि की चाल 1500 m s^{-1} है तो बताइए कि उस स्थान पर महासागर की गहराई कितनी होगी?

खोज जारी है...

ध्वनि हमें मानव की श्रवण सीमा से परे जाकर स्थानों और परिघटनाओं का अन्वेषण करने में सहायता करती है। अंतरिक्ष अन्वेषी यंत्रों द्वारा मंगल ग्रह पर उत्पन्न ध्वनियों को पहली बार रिकॉर्ड किया गया है। वैज्ञानिक दूरस्थ भूकंपों की ध्वनियों के समय का अध्ययन करके महासागर के तापमान में होने वाले सूक्ष्म परिवर्तनों को माप रहे हैं ताकि पृथ्वी की परिवर्तित होती जलवायु को समझा जा सके। जीवविज्ञानी मच्छरों की भनभनाहट का उपयोग रोग फैलाने वाले मच्छरों की पहचान करने में कर रहे हैं जबकि शोधकर्ता सूक्ष्म जीवों द्वारा मिट्टी में उत्पन्न हल्की ध्वनियों को सुनकर मिट्टी के स्वास्थ्य और जैव विविधता का अध्ययन कर रहे हैं। जैसे-जैसे प्रौद्योगिकी उन्नत हो रही है, ध्वनि ग्रहों, जीवित प्राणियों तथा प्रकृति की छिपी गतिविधियों के अध्ययन का और भी अधिक शक्तिशाली साधन बनती जा रही है।

© NCERT not to be republished

सारांश

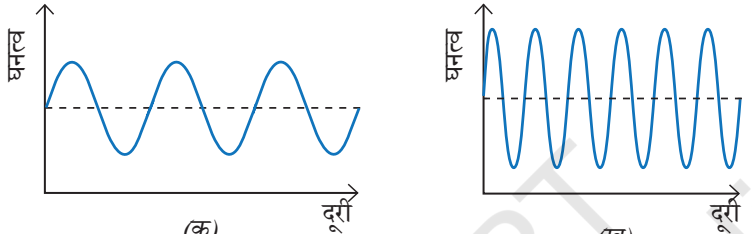
- ध्वनि कंपन करने वाली वस्तुओं द्वारा उत्पन्न होती है।
- ध्वनि एक अनुदैर्घ्य यांत्रिक तरंग है जिसे संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है।
- ध्वनि ठोसों, द्रवों तथा गैसों में संचरित हो सकती हैं।
- ध्वनि के संचरण में माध्यम के कण नहीं बल्कि घनत्व में उत्पन्न विक्षोभ आगे की ओर बढ़ता है। माध्यम के कण केवल अपनी माध्य स्थिति के आस-पास कंपन करते हैं।
- किसी तरंग के दो क्रमागत शिखरों अथवा दो क्रमागत गर्तों के मध्य की दूरी को तरंगदैर्घ्य कहते हैं।
- किसी निश्चित बिंदु पर माध्यम के घनत्व का अधिकतम से न्यूनतम और पुनः अधिकतम (या इसके विपरीत) परिवर्तन एक पूर्ण दोलन कहलाता है।
- किसी निश्चित बिंदु पर एकांक समय में होने वाले घनत्व दोलनों की संख्या को ध्वनि तरंग की आवृत्ति कहते हैं।
- किसी निश्चित बिंदु पर एक पूर्ण घनत्व दोलन में लगने वाले समय को तरंग का आवर्तकाल कहते हैं।
- ध्वनि तरंग का आयाम संपीडन या विरलन में वायु के घनत्व में उसके औसत घनत्व की तुलना में होने वाला अधिकतम परिवर्तन है।
- ध्वनि तरंग के संचरण की दिशा के लंबवत प्रति इकाई क्षेत्रफल से प्रति इकाई समय में संचरित होने वाली वाली ध्वनि ऊर्जा की मात्रा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं।
- ध्वनि की चाल वह दूरी है जो तरंग का कोई बिंदु, जैसे शृंग या गर्त, एकांक समय में तय करता है।
- विभिन्न सतहों से ध्वनि के परावर्तन के कारण प्रतिध्वनि और अनुरणन सुनाई देते हैं।
- 20 Hz से कम आवृत्ति वाली ध्वनि तरंगों को अवश्रव्य तरंगें कहते हैं। 20 kHz से अधिक आवृत्ति वाली ध्वनि तरंगों को पराश्रव्य तरंगें कहते हैं।

अभ्यास प्रश्न

1. कौन-सा अवलोकन इस विचार का सर्वोत्तम समर्थन करता है कि ध्वनि एक यांत्रिक तरंग है?
   (i) ध्वनि परावर्तन प्रदर्शित करती है।
   (ii) ध्वनि के संचरण के लिए माध्यम आवश्यक है।
   (iii) ध्वनि की आवृत्ति होती है।
   (iv) ध्वनि ऊर्जा वहन करती है।
2. किसी माध्यम में संचरित हो रही ध्वनि तरंग की आवृत्ति बढ़ाने पर क्या बढ़ेगा?
   (i) तरंगदैर्घ्य
   (ii) चाल
   (iii) प्रति सेकंड संपीडनों की संख्या
   (iv) आवर्तकाल

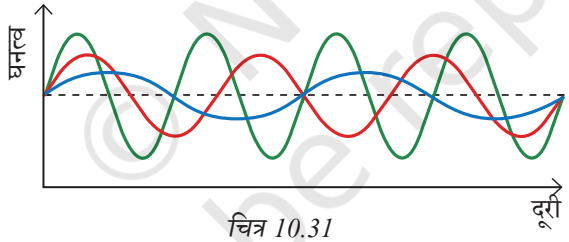
© NCERT not to be republished

3. यदि किसी बिंदु से 4 सेकंड में 20 संपीडन गुजरते हैं तो आवृत्ति होगी—
   (i) 80 Hz
   (ii) 5 Hz
   (iii) 10 Hz
   (iv) 0.2 Hz
4. किसी कक्ष में परावर्तित ध्वनि उत्पन्न होने के 0.05 सेकंड पश्चात कान तक पहुँचती है। क्या यह प्रतिध्वनि उत्पन्न करेगी या अनुरणन? कारण सहित बताइए।
5. चित्र 10.30 में दो ध्वनि तरंगों के आरेखीय निरूपण दिए गए हैं। यदि X और Y अक्षों के पैमाने समान हों तो बताइए—
   (i) किस तरंग का तरंगदैर्घ्य अधिक है?
   (ii) किस तरंग का आयाम कम है?



चित्र 10.30

6. चित्र 10.31 में तीन स्रोत A, B और C द्वारा उत्पन्न ध्वनि तरंगें दर्शाई गई हैं। यदि A की आवृत्ति अधिकतम और C की न्यूनतम है तो संबंधित वक्रों की पहचान कीजिए तथा उन पर A, B और C अंकित कीजिए।



चित्र 10.31

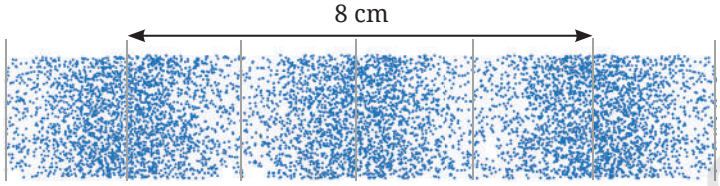
7. ऐसी ध्वनि तरंग का ग्राफ बनाइए जिसका घनत्व आयाम 3 मात्रक तथा तरंगदैर्घ्य 4 cm हो।
8. किसी फिल्म में अंतरिक्ष में हुए किसी अंतरिक्ष यान के विस्फोट में प्रकाश और ध्वनि दोनों का एक साथ एक ही समय पर उत्पन्न होना दर्शाया जाता है। बताइए कि इस चित्रण में क्या त्रुटियाँ हैं?
9. एक स्रोत 3.44 m तरंगदैर्घ्य वाली ध्वनि तरंग उत्पन्न करता है। यदि तरंग की चाल 344 m s^{-1} है तो उसका आवर्तकाल ज्ञात कीजिए।
10. किसी डूबे हुए जलयान की खोज के लिए किसी जलपोत से भेजे गए सोनार संकेत की प्रतिध्वनि 5 सेकंड पश्चात प्राप्त होती है। यदि समुद्री जल में पराश्रव्य तरंग की चाल 1525 m s^{-1} है तो डूबे हुए जहाज के भगनावशेष समुद्र में लगभग कितनी गहराई पर स्थित है?
11. किसी वाहन में पार्किंग सहायता प्रणाली के एक भाग के रूप में पराश्रव्यी दूरी संवेदक लगा हुआ है जो प्रतिध्वनि निर्धारण तकनीक का उपयोग करता है। वाहन को पीछे करते समय (यह लगभग 40 kHz की) पराश्रव्यी तरंगें उत्सर्जित करता है जो अवरोध से परावर्तित होकर वापस आती हैं। यदि

© NCERT not to be republished

चेतावनी बीप अवरोध से 1.2 m दूरी पर बजना आरंभ होती है तो पराश्रव्यी तरंग को अवरोध तक जाकर वापस आने में कितना समय लगता है? मान लीजिए कि वायु में पराश्रव्यी तरंग की चाल 345 m s^{-1} है।

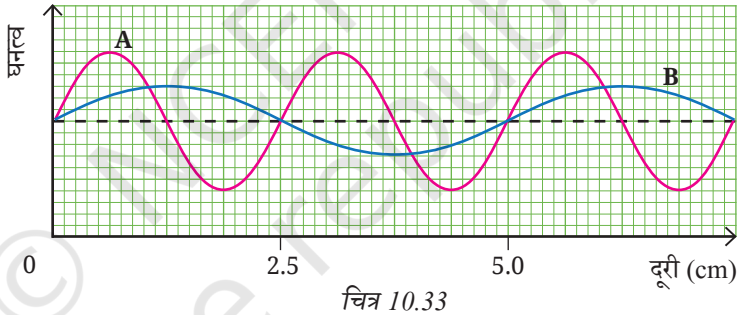
12. वायु में ध्वनि की चाल 0 °C पर लगभग 331 m s^{-1} तथा 22 °C पर लगभग 344 m s^{-1} है। यदि वायु का तापमान 22 °C से घटकर 0 °C हो जाए, तो 1720 m दूरी तय करने में मेघगर्जन की ध्वनि को लगभग कितना अतिरिक्त समय लगेगा? मान लीजिए कि अन्य सभी परिस्थितियाँ अपरिवर्तित रहती हैं।

13. 340 m s^{-1} की चाल से संचरित हो रही एक ध्वनि तरंग के लिए माध्यम के घनत्व में परिवर्तन चित्र 10.32 में दर्शाया गया है। ध्वनि तरंग का तरंगदैर्घ्य तथा आवृत्ति का परिकलन कीजिए।



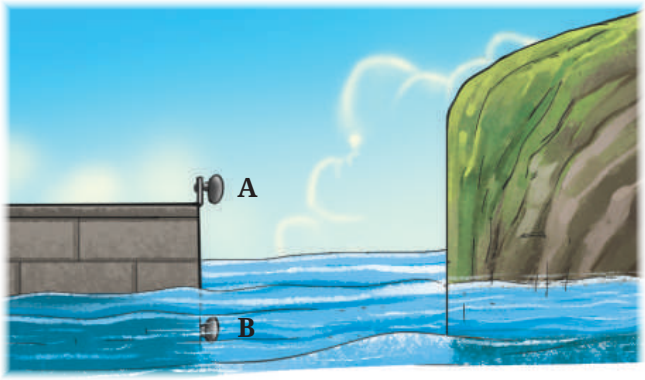
चित्र 10.32

14. 345 m s^{-1} की समान चाल से संचरित हो रही दो ध्वनि तरंगों A तथा B का आलेखीय निरूपण चित्र 10.33 में दर्शाया गया है। प्रत्येक तरंग का तरंगदैर्घ्य कितना है? इसके साथ ही उनकी आवृत्तियों का भी परिकलन कीजिए।



चित्र 10.33

15. दो सर्वसम ध्वनि स्रोत बिंदु A और B पर रखे गए हैं — इनमें से एक वायु में है और दूसरा जल में डुबोया गया है (चित्र 10.34)। दोनों स्रोत एक ही समय पर ध्वनि उत्पन्न करते हैं जो क्षैतिज दिशा में चट्टान की ऊर्ध्वाधर सतह तक जाती है और वापस लौटती है। यदि A बिंदु तक ध्वनि के लौटने में लगा समय B बिंदु तक ध्वनि के लौटने में लगे समय का 4.5 गुना है तो वायु और जल में ध्वनि के वेगों का अनुपात क्या है?



चित्र 10.34

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- वर्तमान में अनेक लोग ईयरफोन का अत्यधिक उपयोग करते हैं। ऐसे शोध अध्ययनों का पता लगाइए यदि उपलब्ध हों, जो यह समझने के लिए किए गए हों कि ईयरफोन के अधिक उपयोग का सुनने की क्षमता पर क्या प्रभाव पड़ता है। यह भी जानिए कि श्रवण क्षमता का परीक्षण कैसे किया जाता है तथा निम्न, मध्यम और उच्च श्रवण क्षमता ह्रास निर्धारित करने के लिए डेसीबल की क्या सीमाएँ निर्धारित की गई हैं। श्रवण सहायक यंत्रों अथवा उपकरणों को खरीदने तथा निःशुल्क कर्णावर्त प्रतिरोपण से संबंधित सरकारी योजनाओं की जानकारी भी एकत्र कीजिए। इसके साथ अपने निष्कर्षों पर एक लेख भी लिखिए।
- पोस्टर पेपर या गत्ते एवं आसंजक टेप की सहायता से एक शंकु बनाइए। मोबाइल फोन में कोई संगीत कार्यक्रम चला कर मोबाइल को शंकु से ढक दीजिए। शंकु के साथ और शंकु के बिना ध्वनि की प्रबलता की तुलना कीजिए। आप ध्वनि की विशेषताओं को मापने के लिए किसी अन्य मोबाइल फोन में उपलब्ध ऐप्प का भी उपयोग कर सकते हैं। विभिन्न आकारों के आवरण लेकर प्रयोग कीजिए और अपने अवलोकनों को अभिलेखित कीजिए। (यह क्रियाकलाप शिक्षक के मार्गदर्शन में कराई जाए।)
- संगीत समारोहों और सम्मेलन कक्षों में मंच के पीछे की दीवारों तथा छतों का घुमावदार डिजाइन, समतल सतहों की तुलना में श्रोताओं के लिए ध्वनि की गुणवत्ता को कैसे श्रेष्ठ बनाता है? आप किसी वास्तुकार से परामर्श कर सकते हैं या इंटरनेट पर इस विषय में खोज सकते हैं।
- किसी मित्र के साथ 200 m या इससे भी बड़े खुले परिसर में ध्वनि की गति मापने की एक सरल गतिविधि कीजिए। (यह गतिविधि शिक्षक के मार्गदर्शन में कराई जाए।)
  (i) आपका मित्र खुले परिसर के एक छोर पर गुब्बारों के साथ खड़ा हो जबकि आप दूसरे छोर पर स्टॉपवॉच लेकर खड़े हों।
  (ii) अपने मित्र को एक गुब्बारा फोड़ने का संकेत दीजिए। जैसे ही आप गुब्बारे को फूटते हुए देखें, स्टॉपवॉच चालू कर दीजिए। जैसे ही गुब्बारे के फटने की ध्वनि सुनाई दे तो स्टॉपवॉच बंद करके समय अंकित कीजिए।
  (iii) इस प्रयोग को कई बार दोहराइए और प्राप्त समयों का औसत ज्ञात कीजिए।
  (iv) मोबाइल फोन में उपलब्ध किसी मानचित्र अनुप्रयोग की सहायता से अपने और अपने मित्र के मध्य की अनुमानित दूरी ज्ञात कीजिए।
  (v) मापी गई दूरी को औसत समय से विभाजित करके ध्वनि की औसत गति ज्ञात कीजिए। बताइए कि प्रयोग से प्राप्त गति का मान कितना है? इसकी तुलना वायु में ध्वनि की गति से कीजिए, जो लगभग होती है।
  (vi) आपने गुब्बारे के फटने को 'देखने' और उसकी ध्वनि को 'सुनने' के मध्य का समय ही क्यों मापा?
- इंटरनेट संसाधनों की सहायता से आर्द्रता और तापमान का ध्वनि की गति पर प्रभाव जानिए। इसके लिए कुछ संसाधनों की सूची नीचे दी गई है।
  (i) https://phet.colorado.edu/en/simulations/sound-waves/
  (ii) https://musiclab.chromeexperiments.com/Experiments
  (iii) https://phyphox.org/experiments

© NCERT not to be republished

0907CH11

अध्याय

11

जनन — जीवन की निरंतरता

© NCERT not to be republished

चिंतन कीजिए

- एक कृषक फसल उत्पादन के लिए अलैंगिक या लैंगिक जनन विधियों का चयन किस आधार पर करता है?
- आपके विचार से अधिकांश जटिल संरचना वाले जंतु और पुष्पीपादप लैंगिक जनन क्यों करते हैं जबकि यीस्ट और *हाइड्रा* जैसे अनेक सरल जीव मुख्यतः अलैंगिक जनन करते हैं?

कक्षा 8 *जिज्ञासा* अध्याय 13

आप पूर्व में अध्ययन कर चुके हैं कि सजीवों की एक महत्त्वपूर्ण विशेषता यह होती है कि वे जनन करते हैं। प्रत्येक जीव का एक निश्चित जीवन काल होता है— वह जन्म लेता है, वृद्धि करता है, परिपक्व होता है, जनन करता है और अंततः मृत हो जाता है। जनन वह जैविक प्रक्रिया है जिसके द्वारा सजीव अपने जैसे नए जीव उत्पन्न करते हैं। इस प्रकार पृथ्वी पर जीवन की निरंतरता बनी रहती है। उदाहरण के लिए— एक आम का वृक्ष वृद्ध होकर नष्ट हो सकता है किंतु उसके बीज आम के नए पौधों के रूप में अंकुरित होते हैं। इसी प्रकार गायें बछड़ों को, कुत्ते पिल्लों को, बिल्लियाँ बिलौटों को और मनुष्य शिशुओं को जन्म देते हैं।

आपने यह भी पढ़ा है कि सजीव मुख्यतः दो प्रकार से जनन करते हैं— अलैंगिक रूप से, जिसमें एक ही जनक ऐसी संतति उत्पन्न करता है जो जनक की लगभग यथार्थ प्रति होती है तथा लैंगिक रूप से, जिसमें संतति में दोनों जनकों की विशेषताओं का संयोजन वंशानुगत होता है। इन विशेषताओं के सम्मिश्रण के कारण जनकों और उनकी संततियों के मध्य कुछ अंतर हो सकते हैं। ऐसे अंतर अनेक पीढ़ियों में संचित होते हुए सजीवों को परिवर्तित परिवेश के अनुकूल बनाने में सहायक होते हैं। साथ ही इससे कभी-कभी नई जातियों की उत्पत्ति भी होती है। इस अध्याय में हम पता लगाएँगे कि मनुष्यों सहित विभिन्न जीवों में जनन किस प्रकार से होता है।

11.1 अलैंगिक जनन

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 13

अलैंगिक जनन (Asexual Reproduction) अधिकांश एककोशिकीय जीवों, जैसे — जीवाणु, *अमीबा*, यीस्ट तथा सरल बहुकोशिकीय जीवों (*हाइड्रा*, स्पंज) में देखा जाता है। यह अनेक पौधों में भी देखा जाता है। आप पूर्व कक्षाओं में पढ़े हुए उदाहरणों का स्मरण कीजिए।

अधिकांश पौधे अपने विद्यमान भागों से नए प्ररोह और जड़ें अंकुरित करते हैं। उदाहरण के लिए— गूदेदार भूमिगत तनों वाले पौधे, जैसे — आलू और अदरक से बिना बीज उत्पन्न हुए नए पौधे अंकुरित होते हैं, मनीप्लांट के तने और गन्ने के तने की कर्तन नए पौधे में विकसित हो जाती हैं एवं *ब्रायोफिलम* (चित्र 11.1) की पत्तियों पर छोटे-छोटे पादपक निकलते हैं जो अंततः नए पौधों में विकसित हो जाते हैं। ये सभी कायिक प्रवर्धन के उदाहरण हैं। इसका अर्थ है कि नए पौधे, पौधे के कायिक भागों अर्थात वर्धनशील भागों से उत्पन्न होते हैं। इस प्रकार के जनन की मुख्य विशेषता यह है कि इसमें केवल एक ही जनक होता है और इसीलिए इसमें आनुवंशिक रूप से समान पौधे उत्पन्न होते हैं।

चित्र 11.1 — ब्रायोफिलम की पत्ती पर छोटे-छोटे पादपक

11.1.1 पौधों का कायिक प्रवर्धन कृषि में किस प्रकार उपयोगी है?

अलैंगिक जनन से उत्पन्न जीव आनुवंशिक रूप से समान प्रकार के होते हैं। इस प्राकृतिक प्रक्रिया को वैज्ञानिकों और बागवानी विशेषज्ञों ने पौधों के कायिक प्रवर्धन (Vegetative Propogation) की अनेक विधियों, जैसे — कर्तन, कलम बाँधना, परतन और ऊतक संवर्धन को विकसित करने के लिए अनुकूलित किया है। इन विधियों का उपयोग पौधों के प्रभावी प्रवर्धन के लिए व्यापक रूप से किया जाता है। परिणामस्वरूप कृषि एवं बागवानी की कार्य पद्धतियों में उल्लेखनीय सुधार हुआ है। इन विधियों का उपयोग करके कृषक व्यापक स्तर पर वांछित फसलें उगा सकते हैं।

क्रियाकलाप 11.1 — आइए, अन्वेषण करें

1. अपने विद्यालय के उद्यान में कार्य करने वाले माली या खेत में काम करने वाले कृषकों से **वार्तालाप** कीजिए।
2. इनके द्वारा अपनाई जाने वाली कर्तन, कलम बाँधने और परतन तकनीकों का **अवलोकन** कीजिए। इन तकनीकों के विषय में इन सभी के साथ चर्चा कीजिए और अपने अवलोकनों को अपनी नोटबुक में लिखिए।

कर्तन

1. खेत में कर्तन (Cutting) विधि का अवलोकन करते समय निम्नलिखित बिंदुओं पर ध्यान दीजिए।
   (i) क्या माली, वैज्ञानिक अथवा बागवानी विशेषज्ञ किसी पौधे की अत्यधिक बढ़ी हुई शाखाओं को उसके वर्धनकाल के अंत में काटते हैं? (विभिन्न पौधों के वर्धन-काल अलग होते हैं।)
   (ii) इन्हें नए पौधे उगाने के उद्देश्य से किसी पौधे की कर्तन तैयार करते हुए देखिए। कर्तन की औसत लंबाई लिखिए।
   (iii) कर्तन पर पर्वसंधियों और पर्वों की संख्या गिनिए।
2. प्रातःकाल में रोपण के लिए प्ररोह की कर्तन एकत्र कीजिए।
3. प्रत्येक कर्तन के निचले अर्ध भाग से पत्तियाँ हटा दीजिए।
4. कर्तन को उनकी लंबाई के लगभग आधे भाग तक खाद मिली मिट्टी की सतह से लगभग 45°– 60° के कोण पर अंतर्विष्ट कीजिए (चित्र 11.2)।
5. इनमें नियमित रूप से पानी दीजिए और यदि कोई परिवर्तन दिखाई देते हैं तो उनका अवलोकन कीजिए।

चित्र 11.2 — कर्तन

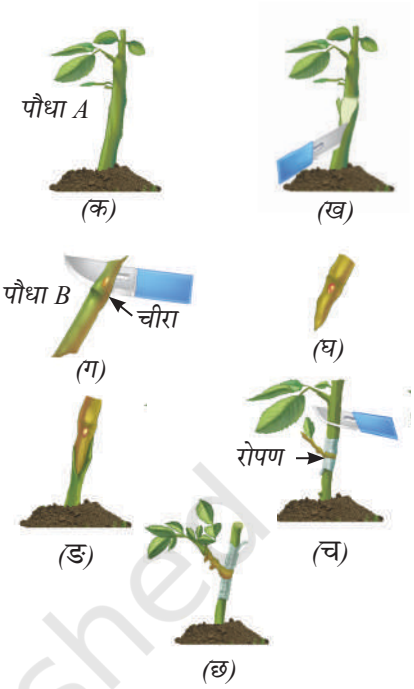
© NCERT not to be republished

विज्ञान एवं समाज

भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (ICAR) के अंतर्गत विभिन्न कृषि विज्ञान केंद्र कृषकों को कलम बाँधने की आधुनिक विधि में व्यावसायिक कौशल प्राप्त करने का अवसर प्रदान करते हैं जिससे वे अत्यधिक उपज देने वाले फल उगा सकते हैं। इसके साथ ही कृषक विभिन्न विपणन रणनीतियों और सरकारी कार्यक्रमों के विषय में सीख कर अपनी आय में वृद्धि कर सकते हैं।

कलम बाँधना

1. कलम बाँधने (Grafting) के लिए एक स्वस्थ बद्धमूल पौधा (पौधा 'A') (चित्र 11.3 क) (उदाहरण के लिए — जंगली गुलाब की एक किस्म) और किसी अन्य किस्म के पौधे (पौधा 'B') के एक स्वस्थ तने का टुकड़ा (उदाहरण के लिए — पीले रंग का गुलाब का पौधा और/अथवा एक गुलाबी रंग का गुलाब का पौधा) (चित्र 11.3 ग और चित्र 11.3 घ) लीजिए।
2. पौधा 'A' की एक टहनी पर क्षत (wound) चिह्न या चीरा लगाइए (चित्र 11.3 ख)।
3. पौधा 'B' के तने की कलम को पौधा 'A' के तने के चीरा लगाए स्थान में अंतर्विष्ट कीजिए (चित्र 11.3 ङ)।
4. जब तक कलम पूर्ण रूप से स्थापित न हो जाए तब तक पीड़कों से बचाव के लिए क्षत चिह्न या चीरा लगाए गए स्थान को सूती कपड़े या रैपिंग फिल्म से ढक दीजिए (चित्र 11.3 च)। पौधा 'A' की अन्य शाखाओं को काट दीजिए।
5. पौधे को नियमित रूप से जल दीजिए और पौधा 'A' के साथ-साथ पौधा 'B' की वृद्धि का अवलोकन कीजिए।



चित्र 11.3 — कलम बाँधने के चरण

चित्र 11.4 — परतन

परतन

1. परतन (Layering) के लिए किसी पेड़ या झाड़ी, जैसे नींबू की एक लचीली, पतली टहनी का चयन कीजिए और उस टहनी के बीच के भाग को मिट्टी की सतह के नीचे दबा दीजिए (चित्र 11.4)।
2. इसमें नियमित रूप से पानी दीजिए और मिट्टी में दबी टहनी पर नई पत्तियों की वृद्धि को देखिए।
3. 10 – 15 दिनों के पश्चात मिट्टी में दबी टहनी वाले भाग में जड़ें विकसित हो जाएँगी।
4. एक बार जड़ें विकसित हो जाने पर टहनी को जनक पौधे से काट दीजिए जिससे वह एक नए पादप के रूप में विकसित हो सके।

यह अलैंगिक जनन की कुछ विधियाँ हैं जिनसे पौधों की विभिन्न किस्मों का प्रवर्धन किया जा सकता है।

विज्ञान एवं समाज

ऊतक संवर्धन (tissue culture) तकनीक ने पौधों के प्रवर्धन से कृषि की पद्धतियों में क्रांति ला दी जैसे केले की खेती। कृषकों को अब अनेक पौधों के प्ररोह शीर्ष (शीर्षस्थ विभज्योतक) से व्यापक स्तर पर तैयार किए गए स्वस्थ पादपक उपलब्ध कराए जाते हैं जो विषाणु संक्रमित पौधों को हटाने में सहायक हैं। इसके साथ ही यह उच्च उपज सुनिश्चित करते हैं। ध्यान रखिए यह पौधों में अलैंगिक जनन का भी एक उदाहरण है।

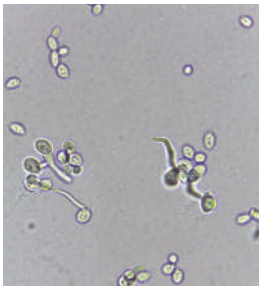
चित्र 11.5 — पादप ऊतक संवर्धन

आपने पौधों में कायिक प्रवर्धन की विभिन्न विधियाँ सीखी हैं। आइए, अब अन्य जीवों में अलैंगिक जनन का अध्ययन करें।

© NCERT not to be republished

क्रियाकलाप 11.2 — आइए, अन्वेषण करें

1. एक परखनली में 20 mL शर्करा का विलयन (10 mL में 1g) लीजिए।
2. इसमें एक चुटकी यीस्ट के दाने डालिए और परखनली का मुँह रुई की डाट से बंद कर दीजिए।
3. यीस्ट को सक्रिय होने के लिए इसे किसी गर्म स्थान पर बिना छेड़े रखिए।
4. 1 से 2 घंटे पश्चात परखनली से यीस्ट के मिश्रण की एक छोटी बूँद को काँच की स्लाइड पर रखिए और कवरस्लिप आरोपित कीजिए।
5. संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा स्लाइड का विभिन्न आवर्धन के लैंस से अवलोकन कीजिए और जो आप देखते हैं, उसका चित्र बनाइए।



चित्र 11.6 — यीस्ट में मुकुल

क्या आपको चित्र 11.6 में दर्शाए अनुसार यीस्ट की जनक कोशिकाओं से निकलते हुए छोटे गोलाकार मुकुल (उद्वर्ध) दिखाई देते हैं? क्या इन लक्षणों से यीस्ट के द्विगुणित होने के संकेत मिलते हैं? ये अवलोकन यीस्ट में जनन को समझने में आपकी किस प्रकार से सहायता करते हैं?

हाइड्रा जैसे बहुकोशिकीय जीवों में जनक काय पर एक विशिष्ट स्थल पर बार-बार कोशिका विभाजन होने से एक छोटा उभार उत्पन्न होता है जिसे **मुकुल** कहते हैं (चित्र 11.7)। मुकुल वृद्धि करके जनक पादप से अलग होकर स्वतंत्र रूप से जीवित रहता है। इस प्रक्रिया को **मुकुलन (budding)** कहते हैं। *हाइड्रा* में प्रायः जनक काय पर एक साथ अनेक मुकुल विकसित होते हुए देखे जा सकते हैं।

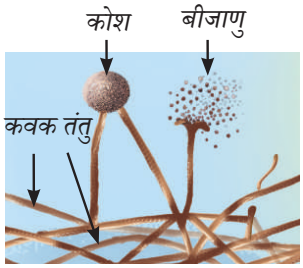
चित्र 11.7 — हाइड्रा में मुकुलन

क्या जीवों में अलैंगिक जनन की अन्य विधियाँ भी होती हैं? आपने पढ़ा है कि खाद्य पदार्थ, जैसे — फल, सूक्ष्मजीवों (कवक) द्वारा सड़ा दिए जाते हैं। ये सूक्ष्मजीव अन्यत्र कहाँ पाए जाते हैं? आपने ध्यान दिया होगा कि यदि आप गर्म मौसम में पका हुआ भोजन एक दिन के लिए रसोई की स्लैब पर छोड़ दें तो उसमें से दुर्गंध आने लगती है और उस पर रोएँदार धब्बे भी दिखाई दे सकते हैं। प्रायः नम दीवारों पर काले धब्बे भी देखे जाते हैं। ये सूक्ष्मजीव होते हैं। ये सूक्ष्मजीव कहाँ से आते हैं? लंबे समय तक लोगों का मानना था कि जीवित वस्तुएँ निर्जीव पदार्थ से स्वतः उत्पन्न होती हैं। लुई पाश्चर के प्रयोगों ने सिद्ध किया कि नव जीवन सदैव पहले से विद्यमान जीवन से ही उत्पन्न होता है। इन्होंने रोग के रोगाणु सिद्धांत की खोज की, कोशिका सिद्धांत (सभी कोशिकाएँ पहले से विद्यमान कोशिकाओं से बनती हैं) को पुष्ट किया और खाद्य एवं उपकरण-निर्जर्मीकरण जैसी पद्धतियों को आरंभ किया। हम घर या विद्यालय में एक सरल क्रियाकलाप करके इन सूक्ष्मजीवों के जनन को अधिक स्पष्टता से देख सकते हैं।

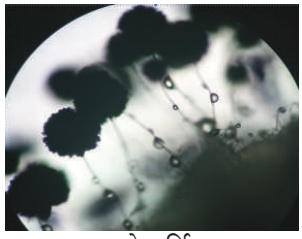
क्रियाकलाप 11.3 — आइए, प्रयोग करें

1. ब्रेड अथवा रोटी का एक छोटा टुकड़ा लीजिए और उस पर जल की कुछ बूँदें डालकर हल्का नम कीजिए।
2. एक प्लास्टिक अथवा स्टील के डिब्बे का उपयोग करके एक नमीयुक्त कक्ष तैयार कीजिए। इसमें रुई की एक पतली परत बिछाइए, इसे टिशू पेपर से ढक दीजिए और इसे पहले से उबाले गए पानी से नम कीजिए। ब्रेड अथवा रोटी के टुकड़े को नम रुई की सतह पर टिशू पेपर से ढक कर रखिए।
3. इस नमीयुक्त कक्ष को किसी गर्म और अँधेरी जगह पर सीधी धूप से दूर रखिए (यदि ब्रेड अथवा रोटी सूखने लगे तो उसे नम बनाए रखने के लिए जल की कुछ बूँदें डालिए)।
4. किसी भी प्रकार का परिवर्तन देखने के लिए प्रतिदिन ब्रेड अथवा रोटी का स्पर्श किए बिना अवलोकन कीजिए। अपने अवलोकनों को अभिलेखित कीजिए।
5. तीन दिनों के पश्चात आवर्धक लेंस का प्रयोग करके ब्रेड अथवा रोटी की सतह का ध्यानपूर्वक अवलोकन कीजिए। क्या आपको इस पर कवक (फफूँद) की वृद्धि दिखाई देती है?
6. जब इस पर फफूँद की पर्याप्त वृद्धि हो जाए और फफूँद ब्रेड पर फैल जाए तब डिब्बे को सावधानीपूर्वक विद्यालय की प्रयोगशाला में ले जाइए।

© NCERT not to be republished



(क) राइजोपस



(ख) ऐस्पर्जिलस

चित्र 11.8 — कवक

7. एक सुई की सहायता से थोड़ी-सी फफूँद को माइक्रोस्कोप स्लाइड पर सावधानीपूर्वक स्थानांतरित कीजिए। अपने शिक्षक के मार्गदर्शन में फफूँदों को अधिक स्पष्टता से देखने के लिए इस पर एक रंगीन अभिरंजक कॉटन ब्लू डालिए।
8. फफूँद को सूक्ष्मदर्शी से देखिए और अपने अवलोकनों के आधार पर उसका चित्र बनाइए।
9. आपने जो चित्र बनाया है उसकी **तुलना** चित्र 11.8 से कीजिए और अपने अवलोकनों को अपने सहपाठियों के साथ साझा कीजिए।

विज्ञान एवं समाज

ब्रेड पर लगी फफूँद (कवक) देखने में अरुचिकर लग सकती है परंतु कुछ कवक समाज के लिए अत्यधिक लाभप्रद होते हैं। बीजाणु निर्माण द्वारा कवक बहुत तेजी से वृद्धि करते हैं और कार्बनिक अपशिष्टों तथा प्रदूषकों को निम्नीकृत करते हैं। कवक औद्योगिक अपशिष्टों से भारी धातुओं के निष्कासन में भी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। कवक से अनेक प्रतिजैविक (पेनिसिलिन और एमॉक्सिसिलिन) प्राप्त होते हैं जो कि जीवाणु संक्रमण से अनेक जिंदगियों की रक्षा करते हैं। क्या आप किसी ऐसे कवक के विषय में जानते हैं जो प्लास्टिक को निम्नीकृत कर सकता है?

जिज्ञासा-सूत्र

हमने नमीयुक्त कक्ष को गर्म रखा (25 – 35°C) क्योंकि वायु में उपस्थित फफूँद के बीजाणु को ब्रेड अथवा रोटी पर उगने के लिए गर्मी और नमी की आवश्यकता होती है। कम तापमान इनके जनन की गति को कम कर देता है या अवरुद्ध कर देता है। इसीलिए हम विकारीय भोज्य पदार्थ का प्रशीतन करते हैं। लगभग 100 वर्ष पूर्व प्रशीतित्र (रेफ्रिजरेटर) के प्रचलित होने से पहले ताजा भोजन केवल 1 – 2 दिन ही खाने योग्य रहता था। प्रशीतन (गहन प्रशीतन सहित) ने खान-पान की आदतों में आमूल-चूल परिवर्तन कर दिए हैं। फल, शाक और डेयरी उत्पाद की वर्षभर उपलब्धता को संभव बना दिया है। इससे फफूँद तथा जीवाणु द्वारा भोजन के खराब होने की भी रोकथाम हुई।

क्या आपको थैली नुमा गोलाकार सिरे वाली धागे जैसी संरचनाएँ दिखती हैं? क्या आप थैली के अंदर छोटी-छोटी गोलाकार संरचनाएँ (बीजाणु) भी देख पाते हैं? आपके ब्रेड के टुकड़े पर फफूँद कहाँ से आई? जब ब्रेड ताजी थी तब उस पर फफूँद नहीं थी। आपने सड़े फलों पर या खाद बनाते समय कवक की वृद्धि देखी होगी। इन स्थितियों में वायु में पहले से उपस्थित बीजाणुओं के कारण कवक उगती है। ब्रेड पर भी फफूँद वायु में पहले से उपस्थित बीजाणुओं से उगती है जो नमीयुक्त ब्रेड पर आ जाते हैं और तेजी से जनन करने लगते हैं। बीजाणु थैली जैसी संरचना (चित्र 11.8 क) अथवा कवक तंतुओं की एक लंबी पट्टी पर एक फूली हुई पुटिका पर बनते हैं (चित्र 11.8 ख)।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 2

बीजाणु बड़ी संख्या में (एक फफूँद कॉलोनी से लाखों) बनते हैं। बीजाणु हल्के होते हैं, सामान्यतः एककोशिकीय होते हैं और वायु-धाराओं के माध्यम से सरलता से तैरते रहते हैं। इसके साथ ही नमी और पोषक तत्व मिलते ही ये शीघ्रता से नए जीवों में अंकुरित हो जाते हैं।

इस अध्याय में अब तक अध्ययन किए गए सभी जीवों में अलैंगिक जनन की मुख्य प्रक्रिया समसूत्री विभाजन है। यह एक प्रकार का कोशिका विभाजन है जिसमें दो संतति कोशिकाएँ उत्पन्न होती हैं। इनमें से प्रत्येक में जनक कोशिका के समान संख्या में गुणसूत्र (chromosome) होते हैं। इसी कारण उत्पन्न संतान आनुवंशिक रूप से जनक के समरूपी होती है और इन्हें **क्लोन** कहा जाता है। यह विधि द्रुत है और अनुकूल परिस्थितियों में जीवों की संख्या को तीव्रता से बढ़ाने में सहायक है।

11.2 लैंगिक जनन

लैंगिक जनन (Sexual Reproduction) में नए जीव के निर्माण में दो जनक भाग लेते हैं। इसका अर्थ है कि संतति के आनुवंशिक पदार्थ में दोनों जनक योगदान करते हैं। तथापि यदि प्रत्येक पीढ़ी को दोनों जनकों से गुणसूत्रों का पूरा समूह प्राप्त हो तो प्रत्येक पीढ़ी में गुणसूत्रों की संख्या दोगुनी हो जाएगी। इस जैविक समस्या का समाधान एक विशेष प्रकार के कोशिका विभाजन द्वारा होता है जिसे अर्धसूत्री विभाजन कहते हैं।

11.2.1 लैंगिक जनन में अर्धसूत्री विभाजन किस प्रकार विभिन्नताएँ उत्पन्न करता है?

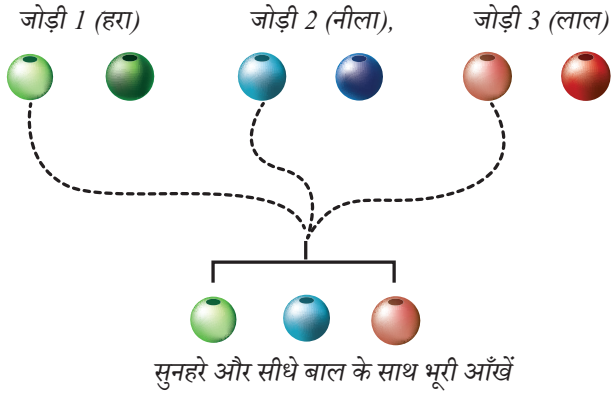
प्रत्येक प्रजाति की कोशिकाओं में गुणसूत्रों की एक निश्चित संख्या होती है। गुणसूत्र कोशिका के केंद्रक में उपस्थित धागे जैसी संरचनाएँ होती हैं। ये आनुवंशिक सूचना वहन करते हैं। मनुष्यों में गुणसूत्र के 23 जोड़े होते हैं। प्रत्येक जोड़े में माता-पिता दोनों से एक-एक गुणसूत्र आता है। इस प्रकार से गुणसूत्रों की कुल संख्या 46 हो जाती हैं।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 13

अर्धसूत्री विभाजन एक विशेष प्रकार का कोशिका विभाजन है जिससे युग्मक उत्पन्न होते हैं। अर्धसूत्री विभाजन में जनक कोशिका (द्विगुणित) की तुलना में संतति कोशिकाओं में गुणसूत्रों की संख्या आधी (अगुणित) हो जाती है। इसके परिणामस्वरूप बनने वाली अगुणित कोशिकाओं का उपयोग केवल जनन के लिए होता है जिन्हें **युग्मक (gametes)** कहा जाता है। जंतुओं में, नर युग्मकों को **शुक्राणु (sperm)** और मादा युग्मकों को **अंडाणु (egg)** कहते हैं इनके विषय में आप पूर्व में ही पढ़ चुके हैं। पौधों में नर युग्मक **परागकण (pollen grain)** में होते हैं और वे उन्हें उस **बीजांड (ovule)** तक पहुँचाते हैं जिसमें मादा युग्मक (अंडकोशिकाएँ) होते हैं। अर्धसूत्री विभाजन के समय प्रत्येक युग्मक के गुणसूत्र अलग हो जाते हैं जिससे प्रत्येक युग्मक को प्रत्येक युग्म से केवल एक गुणसूत्र प्राप्त होता है। इसका अर्थ है कि प्रत्येक युग्मक में 23 गुणसूत्र होते हैं इनमें से प्रत्येक गुणसूत्र अनेक लक्षणों की आनुवंशिक जानकारी वहन करता है। युग्मक लक्षणों के कितने संयोजनों को वहन कर सकते हैं?

क्रियाकलाप 11.4 — आइए, अन्वेषण करें

1. अलग-अलग रंगों के तीन जोड़ी मनके लीजिए (चित्र 11.9) जिनमें से मनके की प्रत्येक जोड़ी विभिन्न गुणसूत्रों के अलग-अलग अर्धगुणसूत्रों (Chromatids) पर दो विपरीत लक्षणों का प्रतिनिधित्व करती है, जैसे —
   - जोड़ी 1 (हरा) — एक हल्का हरा मनका और एक गहरा हरा मनका क्रमशः गुणसूत्र 1 के अलग-अलग अर्धगुणसूत्रों पर बालों के सुनहरे और काले रंग का प्रतिनिधित्व करते हैं।
   - जोड़ी 2 (नीला) — एक हल्का नीला मनका और एक गहरा नीला मनका क्रमशः गुणसूत्र 2 के अलग-अलग अर्धगुणसूत्रों पर सीधे और घुँघराले बालों का प्रतिनिधित्व करते हैं।
   - जोड़ी 3 (लाल) — एक हल्का लाल मनका और एक गहरा लाल मनका क्रमशः गुणसूत्र 3 के अलग-अलग अर्धगुणसूत्रों पर आँखों के भूरे और काले रंग का प्रतिनिधित्व करते हैं।
2. प्रत्येक जोड़े में से यादृच्छिक रूप से एक-एक मनका निकालकर इनके संयोजन बनाइए।
3. अपना संयोजन लिखिए, जैसे — हल्का हरा, हल्का नीला, हल्का लाल।
4. मात्र इन तीन जोड़ी लक्षणों से आप कितने संयोजन बना सकते हैं? प्रत्येक बार जब आप मनकों से संयोजन बनाते हैं तो आपको समान या अलग संयोजन मिलेगा। केवल तीन जोड़ी लक्षणों से आठ संयोजन संभव हैं।
5. कल्पना कीजिए कि गुणसूत्रों के 23 जोड़ों के साथ कितने संयोजन संभव होंगे जिनमें से प्रत्येक अनेक लक्षणों की आनुवंशिक जानकारी वहन करता है।



चित्र 11.9 — अर्धसूत्री विभाजन द्वारा युग्मक निर्माण के समय लक्षणों के पृथक्करण को समझना

यह यादृच्छिक मिश्रण अनेक संयोजन प्रदान करता है जिसके कारण बच्चे अपने माता-पिता और सगे भाई-बहनों से आनुवंशिक रूप से भिन्न हो जाते हैं। हम में से प्रत्येक व्यक्ति को गुणसूत्रों का एक अनूठा संयोजन प्राप्त होता है।

© NCERT not to be republished

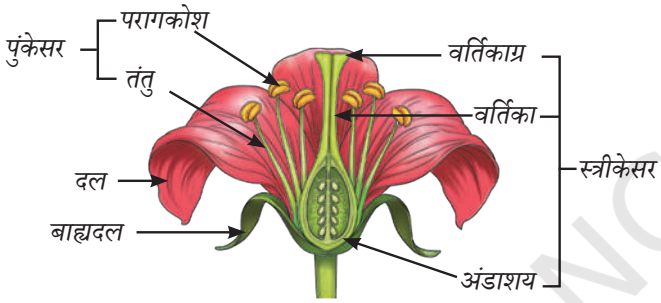
परिणामस्वरूप व्यक्तियों में विभिन्नता उत्पन्न होती है जो किसी जाति की उत्तरजीविता के लिए अत्यंत महत्त्वपूर्ण है। यह विभिन्नता कुछ व्यक्तियों को परिवर्तित होते हुए परिवेश के प्रति श्रेष्ठ अनुकूलन में सहायता करती है और यह प्रक्रिया समय के साथ विकास में योगदान करती है। उदाहरण के लिए— कुछ व्यक्ति अधिक ऊँचाई पर ऑक्सीजन के कम स्तर को सहन कर सकते हैं और कुछ वयस्क हो जाने पर भी दूध को पचा सकते हैं।

11.2.2 पुष्पी पादपों में लैंगिक जनन

पुष्पी पादप जिन्हें **आवृतबीजी (angiosperms)** भी कहा जाता है, पृथ्वी पर पौधों का सबसे विविधतापूर्ण समूह है। आवृतबीजियों में पुष्प जनन अंग के रूप में कार्य करते हैं। यद्यपि चीड़ जैसे अपुष्पी पादप भी लैंगिक रूप से जनन करते हैं जिसका अध्ययन आप अगले अध्याय में करेंगे।

अपने आस-पास पाए जाने वाले शाकों, झाड़ियों और वृक्षों को देखिए। इनकी पत्तियाँ प्रकाश संश्लेषण करती हैं। इनकी जड़ें मिट्टी से जल और पोषक तत्व अवशोषित करती हैं और इनके तने पौधे को सुदृढ़ बनाते हैं। ये एक पादप के कुछ कार्य हैं। पुष्प भी पादपों के सौंदर्य में वृद्धि करते हैं क्योंकि वे रंगीन और/अथवा सुगंधित होते हैं। पुष्पों की ये विशेषताएँ जनन के लिए किस प्रकार उपयोगी हैं?

कुछ पादपों पर पुष्पों और उनकी कलियों का अन्वेषण कीजिए। अपने अवलोकनों को अपनी नोटबुक में लिखिए। क्या आप को दोनों में पतले, चपटे, हरे आवरण और रंगीन प्रवर्ध दिखाई देते हैं? पुष्पों की कलियों में रंगीन प्रवर्ध प्रायः एक हरे आवरण से ढके होते हैं। कली अवस्था में सभी भागों को घेरे हुए एक हरा आवरण पुष्प का सबसे बाहरी चक्र बनाता है। इस संरचना को **बाह्यदल (sepal)** कहते हैं। क्या आप सोचते हैं कि बाह्यदल, कली अवस्था में तथा पुष्प के खिलने पर उनके अन्य भागों की रक्षा करते हैं? पुष्पों के रंगीन प्रवर्धों को **दल (petal)** कहते हैं (चित्र 11.10)। क्या सभी पुष्पों में ये दोनों भाग होते हैं? पुष्प के अन्य भाग कौन-कौन से हैं?



चित्र 11.10— पुष्प के विभिन्न भागों को दर्शाते हुए उसकी अनुदैर्ध्य काट

क्रियाकलाप 11.5 — आइए, अन्वेषण करें

1. अपने आस-पास से विभिन्न प्रकार के पुष्प एकत्र कीजिए।
2. आपने जो पुष्प एकत्रित किए हैं इनके सबसे बाहरी चक्र से आरंभ करके भीतरी चक्र तक के प्रत्येक भाग का सावधानीपूर्वक अवलोकन कीजिए।
3. आपने जो विभिन्न पुष्प एकत्रित किए हैं इनके विविध भागों की उपस्थिति को तालिका 11.1 में लिखिए।

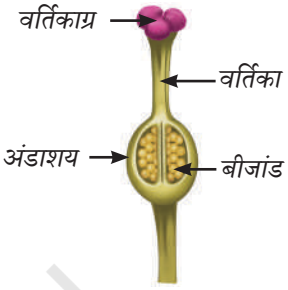
तालिका 11.1 — पुष्प के भागों के अध्ययन के लिए अवलोकन तालिका

क्र.सं.	पुष्प के भाग	विभिन्न पुष्पों में पुष्पीय भागों की उपस्थिति				अन्य विशेषता(एँ)	पुष्पीय भाग के कार्य का अनुमान लगाइए
		क	ख	ग	घ		
1.	बाह्यदल	हाँ					
2.	दल	हाँ					
3.	पुंकेसर	नहीं					
4.	स्त्रीकेसर	हाँ					

© NCERT not to be republished

4. दृश्यमान विशेषताओं के आधार पर पुष्प के प्रत्येक भाग के कार्य का **विश्लेषण** कीजिए।
5. अंडाशय (स्त्रीकेसर) के फूले हुए निचले भाग की एक अनुप्रस्थ और एक अनुदैर्ध्य काट काटिए और विच्छेदन सूक्ष्मदर्शी से उसका अवलोकन कीजिए।
6. तलिका 11.1 में अवलोकन की गई अन्य विशेषता(एँ) लिखिए।
7. सूक्ष्मदर्शी द्वारा आप जिन संरचनाओं को देखते हैं, उनका चित्र बनाइए।

एक संपूर्ण पुष्प के चार भाग होते हैं— बाह्यदल, दल, पुंकेसर और स्त्रीकेसर। आपने देखा होगा कि कुछ पुष्पों में बाह्यदल और दल दोनों युग्मित होते हैं। क्या आप पुष्प के सबसे आकर्षक भाग — रंगीन दल के कार्य का अनुमान लगा सकते हैं? पुंकेसर नर भाग है (चित्र 11.10)। इसमें एक तंतु और एक परागकोश होता है जो परागकण उत्पन्न करता है जिसमें नर युग्मक होते हैं। स्त्रीकेसर मादा भाग है जिसके तीन उपभाग वर्तिकाग्र, वर्तिका और अंडाशय होते हैं (चित्र 11.11)। वर्तिकाग्र शीर्ष पर स्थित होता है और यह सपाट एवं अथवा चिपचिपा हो सकता है। वर्तिका एक पतली लंबी नली है जो वर्तिकाग्र को अंडाशय से जोड़ती है। अंडाशय में बीजांड होते हैं और प्रत्येक बीजांड में एक अंडकोशिका (मादा युग्मक) होती है। आपने सीखा है कि फलों के निर्माण के लिए पुंकेसर से वर्तिकाग्र तक परागकणों का स्थानांतरण आवश्यक है। आप इसकी जाँच किस प्रकार कर सकते हैं?



चित्र 11.11 — स्त्रीकेसर की संरचना

क्रियाकलाप 11.6 — आइए, जाँच करें

1. किसी उद्यान या आस-पास के खेत में स्वीट पी (मटर) अथवा गार्डन पी के पौधे की **पहचान** कीजिए।
2. मटर के उस पौधे पर दो कम विकसित कलिकाओं और तीन ताजे खिले पुष्पों का चयन कीजिए।
3. चयनित दो कलिकाओं में से एक के और चयनित किए गए तीन पुष्पों में से एक के पुंकेसरों को सावधानीपूर्वक निकाल दीजिए।
4. मलमल के कपड़े की थैलियाँ लीजिए और उनमें से एक थैली को पुंकेसर युक्त पुष्पकली पर और दूसरी थैली को पुंकेसर हटाई पुष्पकली पर एक थैली को पुंकेसर हटाए गए पुष्प पर और एक थैली को बिना पुंकेसर हटाए गए पुष्प पर ढीला बाँध दीजिए (चित्र 11.12)।
5. एक ताजा खिले पुष्प को मलमल की थैली में बाँधे बिना खुला छोड़ दीजिए।
6. जिन पुष्पों को मलमल की थैली से नहीं ढका है उनका नियमित अवलोकन कीजिए और पुष्पों के स्थान पर फलों को विकसित होते हुए देखिए। उनमें कुछ और दिन वृद्धि होने दीजिए।
7. जैसे ही बिना मलमल के कपड़े की थैली वाले पुष्पों में फलियाँ पूरी तरह विकसित हो जाएँ वैसे ही थैली से ढके हुए सभी पुष्पों से मलमल की थैलियाँ हटाइए और उनका अवलोकन कीजिए।
8. तालिका 11.2 में अपने अवलोकनों को लिखिए।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 12

चित्र 11.12 — परागण के लिए प्रायोगिक व्यवस्थापन

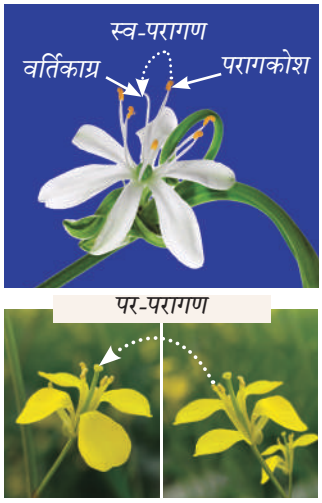
तालिका 11.2 — मटर के पौधे में परागण के अध्ययन के लिए अवलोकन तालिका

विधि	पुष्प की कली (मलमल के कपड़े की थैली से लपेटी हुई)	पुंकेसर निकाली गई पुष्प कली (मलमल के कपड़े की थैली से लपेटी हुई)	पुंकेसर निकाला गया पुष्प (मलमल के कपड़े की थैली से लपेटा हुआ)	पुष्प (मलमल के कपड़े की थैली से लपेटा हुआ)	पुष्प (मलमल के कपड़े की थैली के बिना)
फल निर्माण (हाँ/नहीं)					

इनमें से किन विधियों में आप पाते हैं कि पुष्प फलों में परिवर्तित हो गए हैं? इस क्रियाकलाप से हम क्या **निष्कर्ष** निकाल सकते हैं? आप देखेंगे कि उस एक विधि को छोड़कर जिसमें कलिका के पुंकेसर हटाए

© NCERT not to be republished

गए थे, सभी विधियों में पुष्पों के स्थान पर फल बन गए हैं। अत: हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि फल निर्माण के लिए परागकोश से वर्तिकाग्र तक परागकणों का स्थानांतरण आवश्यक है। परागकोश से पुष्प के वर्तिकाग्र तक परागकणों के स्थानांतरण को परागण कहते हैं।



चित्र 11.13 — स्व-परागण और पर-परागण

11.2.3 पुष्पों में परागण की प्रक्रिया किस प्रकार होती है?

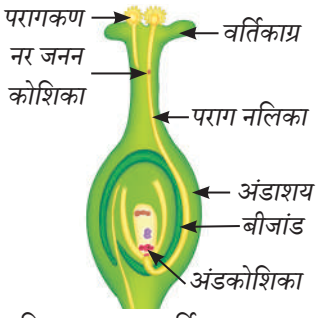
क्रियाकलाप 11.6 में हमने बताया था कि परागण की प्रक्रिया में परागकणों का स्थानांतरण पुष्प के वर्तिकाग्र पर होता है। जब परागकणों का स्थानांतरण उसी पुष्प के वर्तिकाग्र पर अथवा उस पौधे के किसी अन्य पुष्प के वर्तिकाग्र पर होता है तो इसे **स्व-परागण (self-pollination)** कहते हैं (चित्र 11.13)।

यदि परागकण एक पौधे के पुष्प के परागकोश से उसी प्रकार के किसी दूसरे पौधे के पुष्प के वर्तिकाग्र पर स्थानांतरित होते हैं तो ऐसे परागण को **पर-परागण (cross-pollination)** कहते हैं (चित्र 11.13)।

फलों और बीजों के निर्माण के लिए परागकणों का वर्तिकाग्र तक स्थानांतरण महत्त्वपूर्ण है। प्रकृति ने पौधों से परागण के लिए विभिन्न युक्तियाँ प्रदान की हैं। आपके विचार से यदि परागण नहीं हो तो क्या होगा?

11.2.4 परागण की युक्तियाँ और जननीय सफलता

परागण बाहरी माध्यमों पर निर्भर करता है जिन्हें परागणकारी कहते हैं, जैसे — वायु, जल, कीट (मधुमक्खियाँ, तितलियाँ) अथवा पक्षी। गेहूँ, मक्का और चावल जैसे पौधों में वायु द्वारा परागण देखा जाता है। इसमें परागकण हल्के और छोटे होते हैं, बड़ी संख्या में बनते हैं और वर्तिकाग्र लंबा और पंख के जैसा होता है ताकि वह परागकणों को पाशित (trap) कर सके। जलीय पौधों जैसे कि *वैलिसनेरिया* और *हाइड्रिला* में परागण जल द्वारा होता है। इनमें जल-धाराएँ परागकण को एक पुष्प से दूसरे पुष्प तक ले जाती हैं। सूरजमुखी, गुड़हल और गेंदा सहित अनेक पौधों में परागण मधुमक्खियों और तितलियों जैसे कीटों द्वारा होता है। इनके पुष्प प्रायः चटकीले रंग के होते हैं, मकरंद उत्पन्न करते हैं और परागणकारियों को आकर्षित करने के लिए सुगंध बिखेरते हैं। इनके परागकण बड़े, चिपचिपे या काँटेदार होते हैं जिससे वे कीट के शरीर से चिपक सकें और वर्तिकाग्र भी उन्हें ग्रहण करने के लिए चिपचिपा होता है। कोरल ट्री और गुड़हल जैसे कुछ पुष्पों का परागण बबूना (इंडियन व्हाइट-आई) और शकरखोरा (सन बर्ड) जैसे पक्षियों द्वारा होता है। आइए, देखें फल और बीज किस प्रकार बनते हैं।



चित्र 11.14 — वर्तिकाग्र पर परागकण का अंकुरण

11.2.5 निषेचन एवं बीज निर्माण

परागकण के संगत वर्तिकाग्र तक पहुँचने के पश्चात एक महत्त्वपूर्ण प्रक्रिया आरंभ होती है। परागकण, पराग नलिकाएँ उत्पन्न करते हैं जो वर्तिका से होते हुए नीचे की ओर अंडाशय में बढ़ती हैं। नर युग्मक इस नलिका से होकर बीजांड तक पहुँचता है, जहाँ वह अंडकोशिका के साथ युग्मित होता है (चित्र 11.14)। युग्मकों के इस युग्मन को **निषेचन (Fertilisation)** कहते हैं और इससे नए जीवन का आरंभ होता है। निषेचित अंडाणु को **युग्मनज (Zygote)** कहते हैं जो बाद में भ्रूण में विकसित होता है। इस प्रक्रिया के समय बीजांडों को घेरे हुए अंडाशय बड़ा होकर फल में विकसित हो जाता है जबकि उसके भीतर के बीजांड बीज में विकसित हो जाते हैं (चित्र 11.15)। बीजों का प्रकीर्णन वायु, जल और जंतुओं द्वारा होता है।

चित्र 11.15 — अंडाशय का फल में रूपांतरण

जब जल, वायु और तापमान जैसी परिस्थितियाँ अनुकूल होती हैं तो बीज अंकुरित होकर नए पौधे में विकसित हो जाता है। इस प्रकार लैंगिक जनन न केवल नए पौधे उत्पन्न करता है बल्कि विभिन्नताएँ भी उत्पन्न करता है। इससे पादप जाति को उत्तरजीविता और अपने परिवेश के अनुरूप अनुकूलन में सहायता मिलती है।

© NCERT not to be republished

बीज निर्माण के संबंध में वायु द्वारा परागण और कीटों द्वारा परागण जैसी सामान्य प्राकृतिक युक्तियों की अनुमानित सफलता दर क्या है?

क्रियाकलाप 11.7 — आइए, पता लगाएँ

दो अलग-अलग पुष्पों में परागण की दो भिन्न युक्तियों द्वारा परागकण उत्पादन और बीज निर्माण के अध्ययनों से निम्नलिखित अनुमानित प्रवृत्तियों का पता चलता है (तालिका 11.3) —

तालिका 11.3 — परागकण उत्पादन और बीज निर्माण के आँकड़े

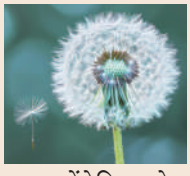
परागण युक्ति	प्रति पुष्प मुक्त होने वाले परागकणों की अनुमानित संख्या	निर्मित बीजों की अनुमानित औसत संख्या
वायु-परागित घास (जैसे — मक्का, गेहूँ)	5,00,000 – 10,00,000	50 – 200
कीट-परागित पौधे (जैसे — सूरजमुखी)	20,000 – 40,000	800 – 1,000

1. दोनों युक्तियों की तुलना और विश्लेषण निम्नलिखित आधार पर कीजिए (तालिका 11.3) —
   - परागकण और बीज का अनुपात
   - परागण और बीज निर्माण की क्षमता
2. स्पष्ट कीजिए कि पुष्प द्वारा बहुत बड़ी संख्या में परागकणों को उत्पन्न करना अब भी एक प्रभावी परागण युक्ति क्यों है।

सोचिए और बताइए

1. गुड़हल (Hibiscus or China-rose) के एक पौधे में परागकण के वर्तिकाग्र पर पहुँचने के पश्चात पराग नलिका वर्तिका से होते हुए आगे बढ़ती है। इसके पश्चात कौन-सी प्रक्रिया होने वाली है?
2. नीचे दिए गए मदार *(Calotropis)* के बीजों और डेंडेलियन के बीजों के चित्र (चित्र 11.16) देखिए। क्या आप अनुमान लगा सकते हैं कि ये बीज किस प्रकार के बीज-प्रकीर्णन के लिए अनुकूलित हैं?
3. एक कृषक मक्का की दो किस्मों को एक-दूसरे के पास बोता है परंतु देखता है कि बीज तभी बनते हैं जब एक किस्म का परागकण दूसरी किस्म के वर्तिकाग्र तक पहुँचता है। यह किस प्रकार का परागण है?

(क) मदार के बीज



(ख) डेंडेलियन के बीज

चित्र 11.16

वैज्ञानिक-परिचय

पी. माहेश्वरी को 'भारतीय भ्रूणविज्ञान के जनक' के रूप में जाना जाता है। वे भ्रूणविज्ञान (पादप जनन अंगों के अध्ययन का विज्ञान) के क्षेत्र में एक अग्रणी वैज्ञानिक थे। इन्होंने नए संकर पौधे तैयार करने के लिए परखनली में एक अंडाणु और नर युग्मक का सफलतापूर्वक युग्मन करके पुष्पी पादपों में पात्रे (in-vitro) निषेचन की तकनीक विकसित की। वह पादप भ्रूणों की कृत्रिम पोषक माध्यम पर वृद्धि करवाने वाले कुछ वैज्ञानिकों में से भी एक थे। इनकी पुस्तक *एन इंट्रोडक्शन टू द एम्ब्रीयोलॉजी ऑफ एन्जियोस्पर्म्स* (1950) वर्तमान में भी विश्व के अधिकांश वैज्ञानिकों द्वारा व्यापक रूप से उपयोग की जाती है।

विज्ञान एवं समाज

पौधों में लैंगिक जनन का पादप प्रजनन में अनुप्रयुक्त महत्त्व है। पादप प्रजनन की कई विधियाँ हैं, जैसे — वरणात्मक प्रजनन, कृत्रिम संकरण, आनुवांशिकत: अभियांत्रित फसलें आदि। वरणात्मक प्रजनन में जनन के लिए कृषक वांछित विशेषताओं वाले पौधों का चयन करते हैं। कृत्रिम संकरण की प्रक्रिया में पुष्पों से पुंकेसर हटाना, स्व-परागण को रोकने के लिए थैली लगाना और वांछित लक्षणों वाले परागकणों का हाथों के द्वारा स्थानांतरण करना सम्मिलित है। वांछित विशेषताओं के आनुवंशिक पदार्थ को चुनी हुई किस्मों के डीएनए में अंतर्विष्ट करने के लिए आनुवंशिक अभियांत्रिकी का भी उपयोग किया जाता है। इससे नई किस्मों का विकास होता है, जैसे — उच्च उत्पादक किस्में, रोग-प्रतिरोधी किस्में इत्यादि। इससे कृषि के क्षेत्र में फसल उत्पादन में क्रांतिकारी परिवर्तन आया है।

© NCERT not to be republished

11.3 जंतुओं में लैंगिक जनन

जंतुओं में जनन अलैंगिक और/अथवा लैंगिक विधि या विधियों से होता है। हमने इस अध्याय में पहले विभिन्न जीवों में अलैंगिक जनन की भिन्न-भिन्न विधियों, जैसे— मुकुलन और बीजाणु निर्माण के संबंध में अध्ययन किया है।

सोचिए और बताइए

4. बाह्य निषेचन करने वाले जंतु सामान्यतः आंतरिक निषेचन करने वाले जंतुओं की तुलना में अधिक अंडे क्यों देते हैं?
5. जंतुओं में किस निषेचन विधि में युग्मक अधिक सुरक्षित रहते हैं?

कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 10

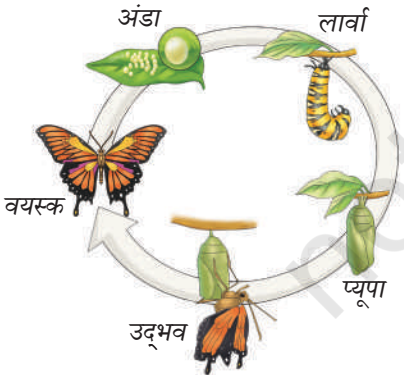
जल में लैंगिक जनन करने वाले अनेक जंतुओं, जैसे — मेंढक और अधिकांश मछलियों में निषेचन शरीर के बाहर होता है। मादा जल में अंडे देती है और नर निषेचन के लिए अंडों पर शुक्राणु छोड़ता है। इस निषेचन विधि को **बाह्य निषेचन (external fertilisation)** कहते हैं। यद्यपि अंडे बड़ी संख्या में दिए जाते हैं परंतु कई अंडे जल-धाराओं द्वारा नष्ट हो जाते हैं अथवा अन्य जंतुओं द्वारा खा लिए जाते हैं। सरीसृपों, पक्षियों और स्तनधारियों में निषेचन मादा के शरीर के अंदर होता है। इसे **आंतरिक निषेचन (internal fertilisation)** कहते हैं। इनके बच्चों के जीवित रहने की संभावना सामान्यतः अधिक होती है क्योंकि आंतरिक निषेचन में निषेचित अंडे या भ्रूण अधिक सुरक्षित रहते हैं (तालिका 11.4)।

11.4 जंतुओं में जनन संबंधी विभिन्नताएँ

जंतु लैंगिक जनन की विभिन्न प्रकार की विधियाँ प्रदर्शित करते हैं। यद्यपि सभी जंतुओं के सामने एक मूलभूत चुनौती होती है कि नर और मादा युग्मकों का मिलन सुनिश्चित हो और संतति इतने लंबे समय तक जीवित रहे कि वे बड़े होकर स्वयं जनन कर सकें। तालिका 11.4 में जंतुओं की चार श्रेणियों के लिए दी गई जानकारी का अध्ययन कीजिए।

तालिका 11.4 — जंतुओं में जनन संबंधी विधियों में भिन्नताएँ

जंतु	पर्यावास	निषेचन की विधि	उत्पन्न अंडों की संख्या	संतति की अनुमानित उत्तरजीविता
मछली	जल	बाह्य	एक बार में 100 – 1,000 तक	कम
मेंढक	जल/भूमि	बाह्य	एक बार में 5,000 – 50,000 तक	कम
छिपकली	भूमि	आंतरिक	एक बार में 2 – 20 तक	मध्यम
पक्षी	जल/भूमि	आंतरिक	एक बार में 1 – 15 तक	मध्यम से उच्च



चित्र 11.17 — तितली का जीवन-चक्र

मछली, उभयचर और कीट एक बार में कई सौ से लेकर कई हजार पीतक (yolk) युक्त अंडे देते हैं जिनमें विकासशील भ्रूण के पोषण के लिए पोषक तत्व होते हैं। माँ का शरीर इतने अंडों के लिए पर्याप्त मात्रा में पीतक नहीं प्रदान कर सकता है। अत: इन जातियों में उतना ही पीतक होता है जितने से एक लार्वा बन सके जो स्फुटित होकर अंडे से बाहर निकल आता है। तत्पश्चात लार्वा सड़े हुए खाद्य पदार्थों, खाद आदि जैसे कार्बनिक अपशिष्टों का सेवन कर पोषण प्राप्त करता है और वृद्धि करता है। यह अवस्था उसके विकास की एक मध्यवर्ती अवस्था है जो मूलतः भोजन ग्रहण करने की अवस्था होती है। पर्याप्त पोषक तत्वों के संचित हो जाने पर लार्वा का रूपांतरण होता है और वयस्क शरीर का निर्माण होता है, जैसे— तितली (चित्र 11.17) और मेंढक।

इसके विपरीत सरीसृप और पक्षी अंडे देते हैं और प्रत्येक अंडे में विकासशील भ्रूण को पोषण देने के लिए पर्याप्त पीतक उपलब्ध होता है जो भ्रूण का तब तक पोषण करता है जब तक अंडे का स्फुटन होकर बच्चा बाहर नहीं निकल आता। स्तनधारियों में युग्मनज मादा के शरीर के भीतर वृद्धि करता और विकसित होता है।

© NCERT not to be republished

कुछ जातियों में जब बच्चे जन्म लेते हैं तो वे अपना भोजन स्वयं खोजने के लिए तैयार होते हैं जबकि अन्य में अंडे से निकलने या जन्म के पश्चात लंबे समय तक पोषण और देखभाल की आवश्यकता होती है। यह व्यापक रूप से इस पर निर्भर करता है कि भ्रूण कितने समय तक अंडे में या माँ के शरीर के अंदर विकसित होता है। स्तनधारी सामान्यतः जन्म के पश्चात कुछ समय तक अपने बच्चों को स्तनपान कराते हैं।

11.5 मानव में जनन

11.5.1 जनन परिपक्वता

आपने शारीरिक और भावनात्मक परिवर्तनों के विषय में पढ़ा है। ये परिवर्तन तब होते हैं जब एक बच्चा वयस्क के रूप में बड़ा होता है और जनन अंग परिपक्व हो जाते हैं और युग्मक (नर में शुक्राणु और मादा में अंडाणु) उत्पन्न करने लगते हैं।

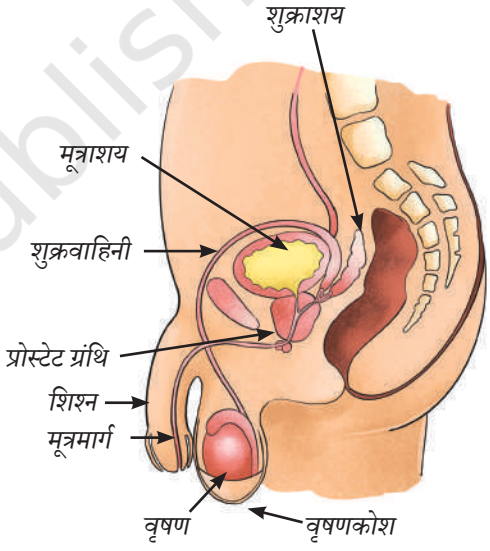
कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 6

मानव जनन तंत्र में विशेष अंग होते हैं (चित्र 11.18 और चित्र 11.19)। जब मादा के शरीर के भीतर एक शुक्राणु किसी अंडाणु से युग्मित होता है तो वे एक युग्मनज का निर्माण करते हैं जो भ्रूण के रूप में विकसित हो जाता है और अंततः गर्भाशय में गर्भस्थ शिशु का रूप धारण कर लेता है। इस अनुभाग में हम अध्ययन करेंगे कि युग्मक किस प्रकार बनते और युग्मित होते हैं और मानवों में नया जीवन किस प्रकार विकसित होता है।

11.5.2 नर जनन तंत्र में कौन-कौन से अंग हैं?

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 6

नर जनन तंत्र (male reproductive system) (चित्र 11.18) में वह अंग होते हैं जो नर जनन कोशिकाएँ उत्पन्न करते हैं जिन्हें शुक्राणु कहा जाता हैं और उन्हें मादा के शरीर में स्थानांतरित करने में सहायता करते हैं। शुक्राणु दो अंडाकार अंगों में बनते हैं जिन्हें वृषण (testes) कहा जाता हैं। ये वृषणकोश नामक त्वचा की थैली में स्थित होते हैं। वृषणकोश, वृषणों को शरीर के सामान्य तापमान से थोड़ा ठंडा रखता है जो शुक्राणु निर्माण के लिए आवश्यक है। वृषण हार्मोन (विभिन्न कार्यों को नियंत्रित करने वाला रसायन) भी उत्पन्न करते हैं जो शुक्राणु उत्पादन को नियंत्रित करता है और यौवनारंभ में लड़कों में दिखाई देने वाले शारीरिक परिवर्तनों के कारण भी बनते हैं।

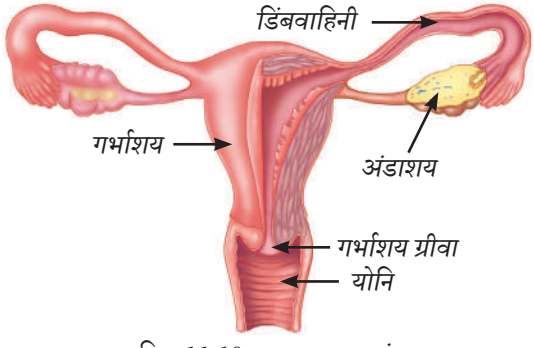


चित्र 11.18 — नर जनन तंत्र

वृषण से शुक्राणु, शुक्रवाहिनी नामक एक लंबी नली से होकर गुजरते हैं जो अंततः मूत्रमार्ग में खुलती है। यह मूत्र और शुक्राणु दोनों के लिए उभय मार्ग है। शुक्राशय और प्रोस्टेट जैसी ग्रंथियाँ शुक्राणुओं को पोषण देने के लिए उसमें तरल स्रावित करती हैं जो उन्हें सक्रिय और गतिशील रखने में सहायक होता हैं। प्रत्येक शुक्राणु में एक शीर्ष होता है जिसमें आनुवंशिक पदार्थ होता है और एक लंबी पूँछ होती है जो उसे अंडाणु की ओर तैरने में सहायता करती है।

11.5.3 मादा जनन तंत्र के अंग कौन-कौन से हैं?

चित्र 11.19 देखिए और मादा जनन तंत्र (female reproductive system) के विभिन्न भागों की पहचान कीजिए। मादा जनन तंत्र में एक जोड़ी अंडाशय, अंडवाहिनियाँ (डिंबवाहिनी नलिका), एक गर्भाशय और एक योनि होती है। अंडाशय मादा जनन कोशिकाएँ (अंडाणु) उत्पन्न करते हैं और हार्मोन भी स्रावित



चित्र 11.19 — मादा जनन तंत्र

© NCERT not to be republished

वैज्ञानिक-परिचय

पात्रे निषेचन (In vitro Fertilisation) एक चिकित्सकीय तकनीक है जिसमें एक अंडाणु और एक शुक्राणु को मादा के शरीर के बाहर सामान्यतः एक प्रयोगशाला पात्र में युग्मित किया जाता है। परिणामी निषेचित अंडे को गर्भाशय में रोपित किया जाता है ताकि संभावित गर्भावस्था प्रारंभ हो सके। इस विधि से जन्मे शिशु को सामान्यतः **टेस्ट ट्यूब बेबी** कहा जाता है, यद्यपि यह प्रक्रिया वास्तव में एक संवर्धन पात्र में होती है, परखनली में नहीं। आई.वी.एफ. के इतिहास में भारत का महत्त्वपूर्ण स्थान है। वर्ष 1978 में कोलकाता के **सुभाष मुखोपाध्याय** ने प्रायोगिक आई.वी.एफ. कार्य के माध्यम से भारत की प्रथम टेस्ट ट्यूब बेबी, कनुप्रिया अग्रवाल (उपनाम 'दुर्गा') के जन्म में अग्रणी भूमिका निभाई।

करते हैं। हार्मोन यौवनारंभ के समय परिवर्तन लाते हैं। डिंबवाहिनियाँ प्रत्येक अंडाशय को गर्भाशय से जोड़ती हैं। गर्भाशय एक थैले जैसी संरचना है जहाँ गर्भस्थ शिशु विकसित होता है। **गर्भाशय ग्रीवा (cervix)** नामक एक संकरे मार्ग द्वारा गर्भाशय योनि में खुलता है।

11.5.4 जनन कोशिकाएँ कैसे बनती हैं?

युग्मकों के निर्माण की प्रक्रिया को **युग्मकजनन (gametogenesis)** कहा जाता है। यह वृषणों और अंडाशयों में होती है। आपने क्रियाकलाप 11.4 में सीखा है कि युग्मक अर्धसूत्री विभाजन द्वारा निर्मित होते हैं। इनमें गुणसूत्रों की संख्या आधी हो जाती है। मनुष्यों की कोशिकाओं में 46 गुणसूत्र होते हैं किंतु शुक्राणु और अंडाणु में इनकी संख्या केवल 23 होती हैं। एक जीव के निर्माण के लिए यह महत्त्वपूर्ण है कि जब शुक्राणु और अंडाणु का युग्मन हो तो युग्मनज में गुणसूत्रों की संख्या जनकों के बराबर हो। नरों में युग्मकजनन के परिणामस्वरूप असंख्य सूक्ष्म, गतिशील, सक्रिय शुक्राणु निर्मित होते हैं। मादाओं में युग्मकजनन के परिणामस्वरूप एक बड़े अंडाणु का निर्माण होता है। लैंगिक जनन में नर और मादा युग्मक आमाप, संख्या और संरचना में बहुत भिन्न होते हैं (तालिका 11.5)।

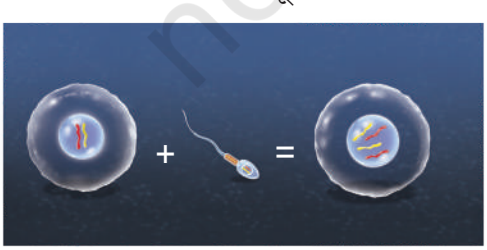
तालिका 11.5 — नर और मादा युग्मकों की संरचना, आमाप और संख्या

विशेषता	शुक्राणु	अंडाणु
आमाप	अति सूक्ष्म	बड़ा
उत्पादित संख्या	लाखों	कम
संग्रहीत पोषक तत्व	अनुपस्थित	उपस्थित
गतिशीलता	सक्रिय रूप से गतिशील	अचल

नर और मादा युग्मकों के मध्य यह असमरूपता अधिकांश जंतुओं में देखी जाती है।

11.5.5 जब एक शुक्राणु एक अंडाणु से युग्मित होता है तब क्या होता है?

जन्म के समय से ही एक लड़की के अंडाशय में लाखों अपरिपक्व अंडाणु होते हैं। यौवनारंभ के समय से ही सामान्यतः प्रत्येक माह एक परिपक्व अंडाणु किसी एक अंडाशय से निकलता है। इसे **अंडोत्सर्ग (ovulation)** कहा जाता है। अंडोत्सर्ग से पूर्व, गर्भाशय भ्रूण के लिए तैयार होने लगता है और आंतरिक आस्तर स्थूलित हो जाता है। अंडोत्सर्ग होने पर अंडाणु अंडाशय से डिंबवाहिनी में जाता है। मैथुन के समय लाखों शुक्राणु योनि के माध्यम से प्रवेश करते हैं। वे जनन मार्ग से तैरते हुए डिंबवाहिनी में अंडाणु तक पहुँच जाते हैं। यदि एक शुक्राणु अंडाणु के संपर्क में आ जाता है और उसके साथ युग्मित होने में सफल हो जाता है तो युग्मनज (zygote) का निर्माण होता है (चित्र 11.20)। गर्भाशय का आंतरिक आस्तर और अधिक मोटा और रक्त वाहिकाओं से समृद्ध हो जाता है। गर्भाशय की ओर जाते हुए युग्मनज में अनेक समसूत्री विभाजन होते हैं। यह पोषण प्राप्त करने के लिए गर्भाशय के आंतरिक आस्तर में अंतर्रोपित हो जाता है। यह अंतर्रोपण गर्भावस्था का आरंभ है।



अंडाणु *शुक्राणु* *युग्मनज*

चित्र 11.20 — निषेचन की प्रक्रिया

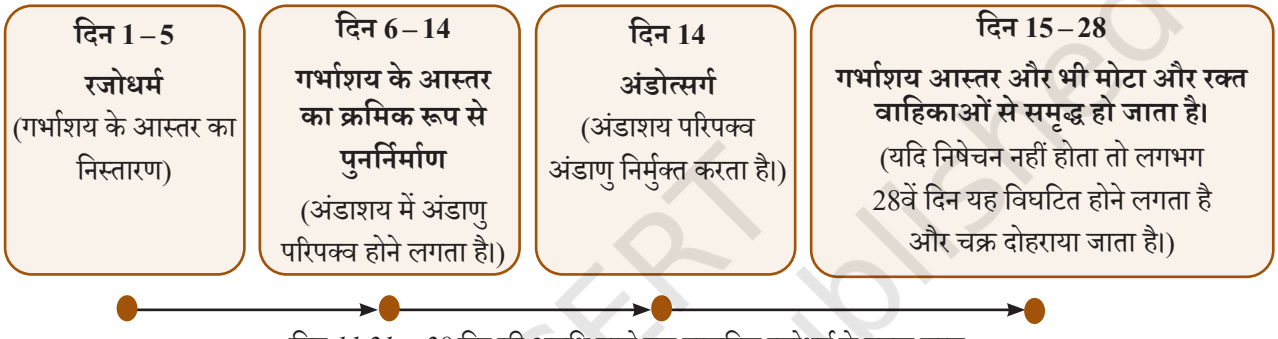
© NCERT not to be republished

11.5.6 यदि अंडाणु निषेचित न हो तो क्या होता है?

कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 8

यदि अंडाणु का निषेचन नहीं होता है तब वह लगभग एक दिन तक जीवनक्षम रहता है और इसके पश्चात नष्ट हो जाता है। विकासशील युग्मनज को ग्रहण करने और पोषण देने के लिए मोटा और रक्त वाहिकाओं से समृद्ध गर्भाशय का आंतरिक आस्तर अब आवश्यक नहीं रहता। अंततः यह आस्तर निस्तारित हो जाता है। यह आस्तर कुछ रक्त के साथ योनि के माध्यम से शरीर से बाहर निकल जाता है। इस प्रक्रिया को **रजोधर्म (menstruation)** या माहवारी कहते हैं और यह सामान्यतः 3 से 7 दिनों तक चलती है। आप इस प्रक्रिया के विषय में पहले पढ़ चुके हैं। अब आप इसे अंडोत्सर्ग और निषेचन की घटनाओं से जोड़ सकते हैं।

अंडोत्सर्ग गर्भाशय की तैयारी और रजोधर्म का यह चक्र सामान्यतः प्रत्येक 21–35 दिनों (प्रायः लगभग 28 दिन) में दोहराया जाता है और सामान्यतः यह लड़कियों में यौवन काल में 10–14 वर्ष की आयु के बीच आरंभ होता है और रजोनिवृत्ति अर्थात लगभग 50 वर्ष की आयु तक जारी रहता है (चित्र 11.21)।



चित्र 11.21— 28 दिन की अवधि वाले एक प्रारूपिक रजोधर्म के प्रमुख चरण

जिज्ञासा-सूत्र

शिशु का जैविक लिंग निर्धारण किस प्रकार होता है?

अब तक आपने सीखा है कि प्रत्येक व्यक्ति में दो लिंग गुणसूत्र होते हैं। मादाओं में XX और नरों में XY गुणसूत्र होते हैं। माँ सदैव शिशु को X गुणसूत्र प्रदान करती है और पिता X (मादा — XX) अथवा Y (नर — XY) गुणसूत्र प्रदान करता है। उपर्युक्त जानकारी से क्या आप अनुमान लगा सकते हैं कि शिशु के लिंग का निर्धारण कौन करता है?

विज्ञान एवं समाज

मासिक धर्म के समय अपनाने योग्य स्वच्छता प्रथाएँ—

- मासिक धर्म संबंधी उत्पादों का उपयोग करना चाहिए, जैसे— सैनिटरी पैड (अधिमानतः जैव-अपघटनीय), टैम्पन, मेंस्ट्रुअल कप आदि।
- नियमित रूप से स्वच्छता का ध्यान रखिए— अपने जननांग क्षेत्र को जल से साफ कीजिए। साबुन के उपयोग से बचिए क्योंकि यह प्राकृतिक जीवाणु संतुलन को बिगाड़ सकता है।
- हाथ धोना सबसे महत्त्वपूर्ण है— सैनिटरी पैड को बदलने से पूर्व और पश्चात सदैव साबुन और जल से हाथ धोइए।
- प्रयुक्त उत्पादों का उचित निपटान कीजिए— उपयोग किए गए पैड को अखबार या उसके आवरण में लपेटकर डस्टबिन में फेंकिए। इन्हें शौचालय में न बहाएँ।
- पुनः प्रयोज्य उत्पादों का उचित रख-रखाव कीजिए— यदि आप पुनः प्रयोज्य पैड का उपयोग करते हैं तो स्वच्छता के लिए निर्माता के निर्देशों का पालन कीजिए। सुनिश्चित कीजिए कि पुनः उपयोग से पूर्व पैड पूरी तरह सूखे हुए हों।
- मासिक धर्म के समय उपयोग किए गए उत्पाद नियमित रूप से बदलिए— पैड प्रत्येक 4–6 घंटे में या यदि रक्त प्रवाह अधिक हो तो और भी अधिक बार बदलिए।

© NCERT not to be republished

मासिक धर्म महत्त्वपूर्ण है

मासिक धर्म का होना लज्जाजनक नहीं होता अपितु वह एक स्वस्थ जनन तंत्र का संकेत होता है। मासिक धर्म उत्पादों का उपयोग करना, इन्हें आवश्यकतानुसार बार-बार बदलना और इनका उचित निपटान करना आपको स्वस्थ रहने और अपने परिवेश को स्वच्छ रखने में सहायता करता है।

11.5.7 गर्भावस्था और प्रसव

मनुष्यों में गर्भावस्था लगभग नौ महीने तक चलती है और इसे तीन चरणों में विभाजित किया जाता है जिन्हें **त्रिमास (trimesters)** कहते हैं। पहले त्रिमास में निषेचित अंडाणु आरंभ के दो महीनों में भ्रूण में विकसित होता है और इसी समय ही प्रमुख अंगों का निर्माण आरंभ होता है। लगभग नौवें सप्ताह से विकासशील भ्रूण को गर्भ कहते हैं जो निरंतर बढ़ता और विकसित होता रहता है। दूसरे त्रिमास में गर्भ बड़ा और पुष्ट होता है एवं माँ सामान्यतः उसके हिलने-डुलने का अनुभव कर सकती है। तीसरे त्रिमास में शिशु तीव्र गति से बढ़ता है और गर्भाशय के बाहर के जीवन के लिए तैयार होता है (चित्र 11.22)। गर्भाशय इस पूरे समय में शिशु की रक्षा और पोषण करता है। प्रसव के समय गर्भाशय की मांसपेशियों में होने वाले तीव्र संकुचन गर्भस्थ शिशु को जनन मार्ग से बाहर धकेलने में सहायता करते हैं। कुछ मामलों में यदि सामान्य योनि प्रसव का होना माँ या गर्भस्थ शिशु के लिए संभव या सुरक्षित नहीं है तो चिकित्सक शिशु का सुरक्षित रूप से प्रसव कराने के लिए चिकित्सीय या शल्य चिकित्सा प्रक्रियाओं का उपयोग कर सकते हैं।

चित्र 11.22 — गर्भावस्था के चरण

जन्म के पश्चात शिशु को विशेष देखभाल की आवश्यकता होती है। स्तनपान अनिवार्य है क्योंकि माँ का दूध पूर्ण पोषण प्रदान करता है और शिशु को अनेक रोगों से बचाता है। नवजात शिशु अपने शरीर के तापमान को नियंत्रित नहीं कर पाता, अतः उसके शरीर का उचित तापमान (97°F – 100.3°F) बनाए रखना चाहिए। उसका टीकाकरण समय पर कराना चाहिए और उसे सावधानी से संभालना चाहिए। शिशु के स्वास्थ्य के साथ-साथ माँ का स्वास्थ्य भी उतना ही महत्त्वपूर्ण है। माताओं को पौष्टिक भोजन और पर्याप्त विश्राम की आवश्यकता होती है। धूम्रपान और मद्यपान जैसी हानिकारक आदतों से बचना चाहिए। माताओं को बिना चिकित्सीय सलाह के कोई भी औषधि लेने से बचने की सलाह दी जाती है। माँ और शिशु का स्वास्थ्य घनिष्ठ रूप से परस्पर संबंधित है अतः इन्हें समुचित देखभाल और सहायता की आवश्यकता होती है।

सोचिए और बताइए

6. रवि अचानक देखता है कि उसकी लंबाई तीव्रता से बढ़ रही है, उसके कंधे चौड़े हो रहे हैं और आवाज में परिवर्तन हो रहा है। सोचिए कि वह जीवन की किस अवस्था में प्रवेश कर रहा है?
7. रीना का मासिक धर्म प्रत्येक 28वें दिन पर होता है। उसका पिछला मासिक धर्म 5 मार्च को हुआ था। उसका अगला मासिक धर्म किस दिन होने की सबसे अधिक संभावना है?
8. एक मानव युग्मनज अभी बना है। इसमें कितने गुणसूत्र हैं?

11.5.8 गर्भावस्था के दौरान माँ का स्वास्थ्य

गर्भावस्था के दौरान महिला का स्वास्थ्य शिशु की वृद्धि और सुरक्षा में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाता है। उसे प्रोटीन, विटामिन और खनिजों से भरपूर संतुलित आहार लेना चाहिए, नियमित चिकित्सा जाँच करानी चाहिए और हल्के व्यायाम तथा विश्राम के संबंध में चिकित्सक की सलाह का पालन करना चाहिए। उसका भावनात्मक रूप से स्वस्थ रहना भी महत्त्वपूर्ण होता है और परिवार के सदस्यों का सहयोग उसे स्वस्थ और तनावमुक्त रहने में सहायता करता है।

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

कुछ माताओं को शिशु के जन्म के पश्चात एक प्रकार की बैचेनी और थकान का अनुभव होता है। इसे प्रसव पश्चात अवसाद कहते हैं और यह एक मान्य स्थिति है जिसका उपचार किया जा सकता है। माताओं को प्रोत्साहित किया जाना चाहिए कि यदि वे उदासी या व्यग्रता का अनुभव करें तो किसी स्वास्थ्य कार्यकर्ता (जैसे — डॉक्टर, नर्स, या आशा कार्यकर्ता) से बात करें जिससे उन्हें उचित सहायता और सहयोग मिल सके।

विज्ञान एवं समाज

संपूर्ण भारत में 10 लाख से अधिक मान्यता प्राप्त सामाजिक स्वास्थ्य कार्यकर्ता (आशा) हमारी स्वास्थ्य-नायिकाएँ हैं। ये सामुदायिक स्वास्थ्य कार्यकर्ता ऐसी प्रशिक्षित महिलाएँ हैं जो राष्ट्रीय स्वास्थ्य मिशन के अंतर्गत विशेषकर ग्रामीण क्षेत्रों में स्वच्छता, टीकाकरण और परिवार नियोजन के प्रति प्रोत्साहित करती हैं। वे मातृ देखभाल, सुरक्षित प्रसव और गर्भनिरोधक विधियों पर परामर्श देती हैं।

11.5.9 लैंगिक परिपक्वता से क्या अभिप्राय है?

जैसे-जैसे हम किशोरावस्था से गुजरते हैं हमारे शरीर में अनेक परिवर्तन होते हैं। इस वृद्धि का एक महत्त्वपूर्ण पहलू लैंगिक परिपक्वता होता है। इसका अर्थ है कि हमारा शरीर जनन के योग्य हो रहा है। यह क्रमिक रूप से होता है और समग्र शारीरिक विकास के साथ-साथ होता है किंतु इसका यह अर्थ नहीं है कि हम वयस्क जीवन से संबंधित उत्तरदायित्वों के लिए पूर्णतः तैयार हैं। ध्यान रखिए कि लैंगिक परिपक्वता (जैसे — लड़कों में शुक्राणु उत्पादन और लड़कियों में मासिक धर्म (रजोधर्म) का आरंभ होना) क्रमिक रूप से होती है परंतु भावनात्मक परिपक्वता में अधिक समय लगता है। भावनात्मक रूप से परिपक्व होने का अर्थ है भावनाओं पर नियंत्रण रखना, स्पष्ट रूप से संवाद करना और सुविचारित निर्णय लेना।

11.5.10 अवांछित गर्भावस्था और संक्रमण को किस प्रकार रोका जा सकता है?

किशोरावस्था में शरीर जनन के योग्य हो जाता है परंतु भावनात्मक और सामाजिक परिपक्वता का विकास होने में अधिक समय लगता है। यौन क्रियाकलाप के लिए तैयार होना केवल शारीरिक परिवर्तनों से संबधित नहीं है अपितु सुविचारित और विवेकपूर्ण निर्णय लेने में सक्षम होने से भी संबधित है। ऐसे विवेकपूर्ण विकल्पों का चयन अनियोजित गर्भावस्था एवं यौन संचारित संक्रमणों को रोकने तथा स्वस्थ संबंध बनाए रखने में सहायक होता है।

चूँकि यौन क्रिया में शारीरिक संपर्क स्थापित होता है इसलिए कुछ संक्रमण एक संक्रमित व्यक्ति से असंक्रमित व्यक्ति में संचारित हो सकते हैं। इन्हें **यौन संचारित संक्रमण (S.T.I.)** कहते हैं और इनमें सुजाक (gonorrhoea), हर्पीज, सिफिलिस, जननिक मस्से और एच.आई.वी. (जिससे अंततः एड्स हो सकता है) सम्मिलित हैं। इनमें से कुछ का उपचार उपलब्ध नहीं है। कंडोम का उपयोग इनके संचरण को रोक सकता है और गर्भावस्था को रोकने में भी सहायक होता है।

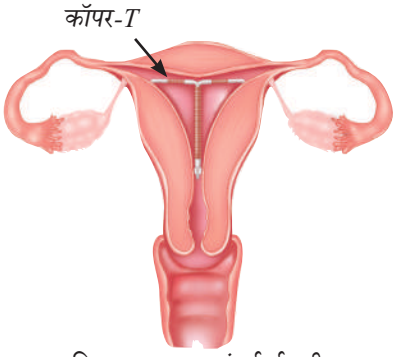
कक्षा 7
जिज्ञासा
अध्याय 6

अवांछित गर्भावस्था को रोकने के लिए विभिन्न गर्भनिरोधक विधियों का उपयोग किया जा सकता है। इनमें से कुछ विधियाँ अवरोध के रूप में कार्य करती हैं, जैसे — कंडोम या योनि आवरण। यह शुक्राणु को अंडाणु तक पहुँचने से रोकते हैं। कुछ विधियों में दवाईयाँ (मुँह से ली जाने वाली गोलियाँ) सम्मिलित हैं जो हार्मोन में परिवर्तन करके अंडाणु के मोचन को प्रभावित करती हैं यद्यपि इनके कुछ दुष्प्रभाव भी हो सकते हैं। एक अन्य विधि अंतर्गर्भाशयी युक्ति, जैसे— कॉपर-T का उपयोग है जिसे गर्भधारण को रोकने के लिए गर्भाशय में रखा जाता है। यद्यपि इससे कभी-कभी गर्भाशय में जलन उत्पन्न हो सकती है (चित्र 11.23)।

सोचिए और बताइए

9. यौन क्रिया के समय यौन संचरित संक्रमण के प्रसार को कम करने के लिए कौन-से सुरक्षात्मक साधनों का उपयोग किया जा सकता है?
10. यदि कोई दंपत्ति (युगल) मुँह से ली जाने वाली गर्भनिरोधक गोलियों का उपयोग करता है किंतु कंडोम का नहीं तो कौन-से जोखिम बने रहते हैं और क्यों?

© NCERT not to be republished



चित्र 11.23 — अंतर्गर्भाशयी युक्ति

अवांछित गर्भावस्था को रोकने के लिए शल्य-चिकित्सा विधियों का उपयोग भी किया जाता है। इनमें पुरूषों में शुक्रवाहिनी को या महिलाओं में डिंबवाहिनी को अवरुद्ध करना सम्मिलित है जिससे शुक्राणु और अंडाणु का युग्मन न हो सके। अवांछित गर्भावस्था के कुछ मामलों में गर्भावस्था के पहले त्रिमास में जब भ्रूण बहुत छोटा होता है तब उसे शल्य क्रिया द्वारा हटाया जा सकता है। इस प्रक्रिया को **गर्भपात** कहते हैं। स्वयं चयनित गर्भपात एक गंभीर चिंता का विषय है जो प्रायः किसी विशेष लिंग को वरीयता देने से प्रेरित होता है। इस प्रथा से समाज में लिंगानुपात का गंभीर असंतुलन हो सकता है। अतः भारत में प्रसव-पूर्व लिंग का पता लगाना कानूनी रूप से पूर्णतः प्रतिबंधित है। एक स्वस्थ और प्रगतिशील समाज के लिए लिंगानुपात बनाए रखना महत्त्वपूर्ण है।

सोचिए और बताइए

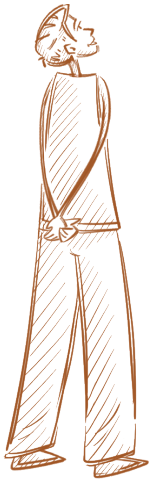
11. अनेक जंतुओं में बच्चे जन्म के तुरंत बाद चल सकते हैं अथवा भोजन खोज सकते हैं इसके विपरीत मानव शिशु लंबे समय तक पूर्णतः दूसरो पर निर्भर रहते हैं। एक जाति के रूप में मनुष्यों में इसके क्या लाभ और हानियाँ हो सकती हैं?

विज्ञान एवं समाज

केंद्रीय औषधि अनुसंधान संस्थान, लखनऊ के भारतीय वैज्ञानिकों ने विश्व की पहली गैर-स्टेरॉयड और गैर-हार्मोनल मुँह से ली जाने वाली गर्भनिरोधक गोली विकसित की है। सप्ताह में एक बार ली जाने वाली इस गोली से वजन बढ़ने, जी मिचलाने अथवा सिरदर्द होने जैसे दुष्प्रभाव नहीं होते हैं। यह सुरक्षित, सुविधाजनक और प्रभावी गोली, राष्ट्रीय परिवार नियोजन कार्यक्रम के माध्यम से निःशुल्क प्रदान की जाती है।

सारांश

- जनन वह जैविक प्रक्रिया है जिसके द्वारा सजीव अपनी जाति के नए जीव उत्पन्न करते हैं। यह जीवन की सततता और एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी में आनुवंशिक सूचना के स्थानांतरण को सुनिश्चित करता है।
- जनन मुख्यतः दो प्रकार का होता है — अलैंगिक और लैंगिक।
- अलैंगिक जनन विभिन्न विधियों से होता है, जैसे — मुकुलन, बीजाणु निर्माण और पादपों में कायिक प्रवर्धन।
- पुष्प एक पादप का जनन अंग है जिसमें नर पुंकेसर और मादा स्त्रीकेसर होते हैं।
- परागण परागकोश से वर्तिकाग्र तक परागकणों के स्थानांतरण की प्रक्रिया है जो स्व-परागण या पर-परागण के माध्यम से होती है।
- निषेचन के समय पराग नलिका शुक्राणु कोशिकाओं को बीजांड तक ले जाती है, जहाँ वह युग्मनज बनाने के लिए युग्मित होते हैं। निषेचन के पश्चात बीजांड बीज बन जाता है और अंडाशय फल बन जाता है।
- मानवों में वृषण द्वारा शुक्राणु उत्पन्न होते हैं। वृषण, शुक्राशय और प्रोस्टेट जैसी ग्रंथियाँ नर हार्मोन तथा अन्य स्त्राव उत्पन्न करती हैं।
- अंडाशय द्वारा अंडाणु और मादा हार्मोन उत्पन्न होते हैं। अंडोत्सर्ग मासिक धर्म के लगभग 14वें दिन होता है।



© NCERT not to be republished

- जन्म नियंत्रण की विधियों में कंडोम, गोलियाँ, अंतर्गर्भाशयी युक्ति (कॉपर-T) इत्यादि सम्मिलित हैं।
- यदि निषेचन होता है तो युग्मनज भ्रूण में विकसित होता है और गर्भावस्था आरंभ होती है। महिलाओं में गर्भावस्था की अवधि सामान्यतः नौ माह होती है। इस दौरान शिशु की वृद्धि होने में सहायता के लिए माँ के शरीर में अनेक परिवर्तन होते हैं।
- गर्भावस्था के दौरान माँ के लिए उचित पोषण, नियमित चिकित्सा जाँच और विश्राम तथा हानिकारक पदार्थों के सेवन से बचाव, बच्चे के स्वस्थ विकास और स्वयं उसके शारीरिक स्वास्थ्य के लिए भी महत्त्वपूर्ण है।

अभ्यास प्रश्न

1. एक पुष्प के परागकोश को परिपक्व होने से पूर्व ही हटा दिया जाता है। इसके पश्चात उसी प्रजाति के दूसरे पौधे के परागकण उसके वर्तिकाग्र पर छिड़के जाते हैं और बीज बनते हैं। यहाँ कौन-सी प्रक्रिया सुनिश्चित होती है?
   (i) स्व-परागण (ii) पर-परागण
   (iii) निषेचन (iv) ऊतक संवर्धन
2. पौधों में लैंगिक जनन के निम्नलिखित चरणों को सही क्रम में व्यवस्थित कीजिए—
   (i) वर्तिकाग्र पर पराग का अंकुरण (ii) निषेचन
   (iii) परागण (iv) युग्मनज का निर्माण
3. नीचे दिए गए अभिकथन एवं कारण को पढ़िए और उनके संबंध में आगे दिए गए विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिए।
   अभिकथन — निषेचन के पश्चात निर्मित युग्मनज तत्काल गर्भाशय भित्ति से जुड़ जाता है।
   कारण — गर्भाशय की भित्ति सदैव युग्मनज को ग्रहण करने के लिए तैयार रहती है।
   (i) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं और कारण, अभिकथन की सही व्याख्या है।
   (ii) अभिकथन और कारण दोनों सत्य हैं किंतु कारण, अभिकथन की सही व्याख्या नहीं है।
   (iii) अभिकथन सत्य है, किंतु कारण असत्य है।
   (iv) अभिकथन असत्य है, किंतु कारण सत्य है।
4. अलैंगिक जनन से उत्पन्न संततियाँ आनुवंशिक रूप से जनक के समान क्यों होती हैं?
5. गर्भावस्था के दौरान मासिक धर्म क्यों रुक जाता है? स्पष्ट कीजिए।
6. दिन के समय खिलने वाले पुष्पों की तुलना में रात में खिलने वाले पुष्प सफेद या हल्के रंग के क्यों होते हैं?
7. लैंगिक रूप से उत्पन्न पौधों की तुलना में कायिक रूप से प्रवर्धित पौधे रोगों के प्रति अधिक संवेदनशील क्यों होते हैं?
8. यदि किसी प्रकार के पौधे में सभी पुष्प केवल स्व-परागण करने में सक्षम हों तो आगे आने वाली अनेक पीढ़ियों में आनुवंशिक विविधता पर इसका क्या प्रभाव पड़ेगा? स्पष्ट कीजिए।

© NCERT not to be republished

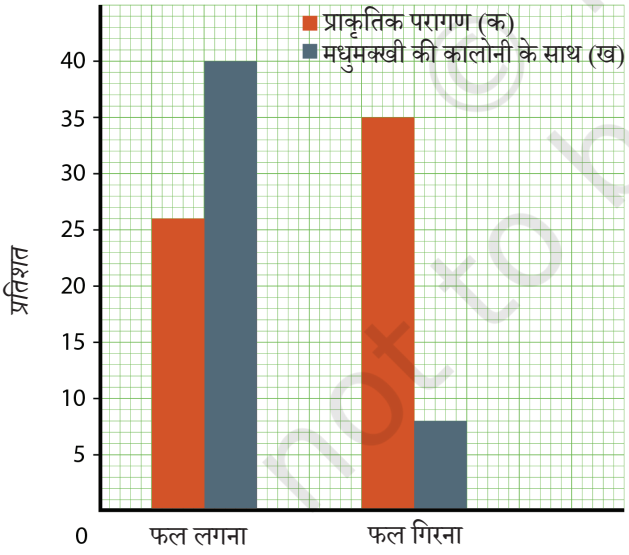
9. एक कृषक बड़ी संख्या में आनुवंशिक रूप से एक जैसे पौधे शीघ्रता से उगाना चाहता है। इसके लिए उपयुक्त जनन विधियों का सुझाव दीजिए और समझाइए कि वे प्रभावी क्यों हैं?

10. सुरेश परागकणों के अंकुरण का अध्ययन करने के लिए विभिन्न शर्करा सांद्रता (0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%) में परागकण लेकर स्लाइड तैयार करता है।
    (i) इस व्यवस्थापन के उपयोग से किन विभिन्न परिकल्पनाओं की जाँच की जा सकती है?
    (ii) इस व्यवस्थापन में कौन-से मानदंडों को समान रखा जाना चाहिए?

11. नीचे दिए गए चित्र को देखिए और दिए गए संकेतों के आधार पर पता लगाइए कि इन पुष्पों में किस प्रकार का परागण हुआ होगा—

टमाटर	गेहूँ	पपीता
पुंकेसर वर्तिकाग्र को ढक लेते हैं।	पुष्प परागण के पश्चात खुलते हैं।	नर और मादा पुष्प प्रायः अलग-अलग पपीते के पेड़ों पर होते हैं।

12. उत्तरी भारत के निचले हिमालयी क्षेत्र में सेब एक महत्त्वपूर्ण नकदी फसल है जो कृषकों की आजीविका में महत्त्वपूर्ण योगदान करती है। जलवायु परिवर्तन और प्राकृतिक परागणकारियों की जनसंख्या में अत्यधिक गिरावट के कारण सेब की उपज निरंतर घट रही है। एक शोधकर्ता कृषक समूह ने दो अलग-अलग स्थानों स्थान, 'क' और स्थान 'ख' पर परिक्षणार्थ सेब के दो उद्यान लगाए। स्थान 'क' के उद्यानों में इन्होंने सेब के पुष्पों का परागण प्राकृतिक परागणकारियों द्वारा होने दिया। स्थान 'ख' के उद्यानों में इन्होंने मधुमक्खी पालन की मिश्रित कृषि तकनीक अपनाई। सेब के उत्पादन के साथ-साथ कृषक ने शहद का भी उत्पादन किया। सेबों की उपज को चित्र 11.24 में दर्शाया गया है। इसे फल लगने (फलधारी शाखाओं की कुल संख्या के सापेक्ष फलों की संख्या) तथा फल गिरने (विकसित हो रहे फलों का समयपूर्व गिर जाना) के आधार पर सेब के उद्यानों के दो प्रकार के प्रायोगिक स्थलों के संदर्भ में दर्शाया गया है।



चित्र 11.24

(i) शोधकर्ता-कृषक समूह ने इस शोध कार्य के लिए किन परिकल्पनाओं पर विचार किया होगा?
(ii) प्रयोग में कौन-कौन से विभिन्न मानदंड हैं?
(iii) सेब की अधिक उपज के संदर्भ में परिक्षणार्थ लगाए गए दो उद्यानों 'क' और 'ख' के आँकड़ों की तुलना और विश्लेषण कीजिए।
(iv) अपने विश्लेषण के आधार पर इन आँकड़ों से आपने क्या निष्कर्ष निकाला?

13. एक विद्यार्थी का दावा है कि 'मानवों में अंडोत्सर्ग सदैव मासिक धर्म के 14वें दिन होता है।' कथन की विवेचनात्मक रूप से जाँच कीजिए और बताइए कि दावा सही है या नहीं। अपने उत्तर के लिए कम-से-कम दो कारण दीजिए।

© NCERT not to be republished

परियोजना कार्य

- भारत सरकार द्वारा संचालित 'बीज ग्राम योजना' के विषय में पढ़िए। देशी बीजों का संरक्षण क्यों महत्त्वपूर्ण है?
- आई.वी.एफ. के विषय अर्थात इसके उसके उपयोग और कमियों पर एक रिपोर्ट तैयार कीजिए। अपनी कक्षा में इस पर चर्चा कीजिए।
- फसल युक्त खेतों का सर्वेक्षण कीजिए। कृषकों से उनके खेतों में उगाई जाने वाली फसलों और कृषि पशुओं के विषय में निम्नलिखित बिंदुओं के आधार पर वार्तालाप कीजिए।
  (i) वे किन फसलों को कायिक प्रवर्धन के माध्यम से उगाते हैं?
  (ii) वे बीजों का उपयोग करके कौन-सी फसलें उगाते हैं?
  (iii) वे किन बीजों का उपयोग करते हैं — देशी किस्में या संकर किस्में? ऐसा क्यों है? वे अपने खेतों में संकर किस्में किस प्रकार विकसित करते हैं?
  (iv) कृषकों द्वारा अपनी खेती में उपयोग किए जाने वाले पशुओं की देशी नस्लों और संकर नस्लों की सूची बनाइए और बताइए कि वे एक-दूसरे से किस प्रकार भिन्न हैं?
  (v) कक्षा में चर्चा कीजिए कि कृषि में अलैंगिक और लैंगिक जनन विधियाँ किस प्रकार उपयोगी हैं? इस विषय पर एक रिपोर्ट बनाइए।
- अपने विद्यालय के पास के फसल युक्त खेतों का अन्वेषण कीजिए और अनाज तथा सब्जी की फसल के विभिन्न पौधों द्वारा अपनाई जाने वाली परागण युक्तियों का पता लगाइए। कृषकों से निम्नलिखित बिंदुओं पर चर्चा कीजिए।
  (i) विभिन्न फसलों के परागणकारी
  (ii) परागणकारियों की घटती जीव संख्या के कारण और उनके समाधान।

  अपने विद्यालय के उद्यान में आने वाले परागणकारियों का अवलोकन कीजिए। इनकी क्रियाओं को देखिए और लिखिए। प्रत्येक विद्यार्थी कम-से-कम पाँच भिन्न प्रकार के परागणकारियों और जिन पौधों पर वे परागण के लिए जाते हैं, उनके चित्र लीजिए। इस विषय पर आँकड़े संकलित कीजिए एवं अपने कार्य को प्रदर्शित कीजिए तथा चर्चा कीजिए कि विभिन्न पौधों में परागण किस प्रकार होता है।
- रसोईघर में फल काटने में अपने वरिष्ठों की सहायता कीजिए। भिंडी, टमाटर, बैंगन, शिमला मिर्च, पपीता, संतरा, खरबूजा आदि फलों को काटते समय निम्नांकित आधार पर उनका अवलोकन कीजिए और चित्र बनाइए।
  (i) फल को अनुदैर्ध्य रूप में काटने पर
  (ii) फल को अनुप्रस्थ रूप में काटने पर
  (iii) बीजों का जुड़ाव।

  उसी जाति के अंडाशय की आंतरिक संरचना के साथ फल की अनुदैर्ध्य और अनुप्रस्थ काट के अपने अवलोकनों का संबंध स्थापित कीजिए।

(क) टमाटर के फल की अनुदैर्ध्य काट

(ख) टमाटर के फल की अनुप्रस्थ काट

(ग) टमाटर के पुष्प की अनुदैर्ध्य काट

खोज जारी है...

क्या *अमीबा* या *यीस्ट* जैसे एककोशिकीय जीव में कभी 'जरण' (aeging) होता है? जब यह विभाजित होता है तो लगभग दो समान प्रतियाँ (कॉपी) उत्पन्न करता है। तो क्या उनमें कोई जरण भी होता है?

© NCERT not to be republished

0907CH12

अध्याय

12

जीवजगत का स्वरूप — विविधता एवं वर्गीकरण

चिंतन कीजिए

- जैव विविधता से आपका क्या अभिप्राय है?
- विविधता को समझने के लिए जीवों का समूहन किस प्रकार हमारी सहायता करता है?
- पादपों और जंतुओं को किस आधार पर वर्गीकृत किया जाता है?
- वर्गीकरण कृषि की समस्याओं को दूर करने में किस प्रकार सहायक है?

क्या आपने कभी विचार किया कि कुछ पादप लंबे समय तक सूखे की स्थिति में क्यों जीवित रह सकते हैं जबकि अन्य पादप नहीं रह सकते हैं? अथवा कुछ कीट फसलों की रक्षा करते हैं जबकि कुछ कीट उन्हें क्षति पहुँचाते हैं?

पृथ्वी पर असंख्य प्रकार के जीव पाए जाते हैं। नग्न आँखों से दिखाई न देने वाले सूक्ष्मदर्शीय जीवों से लेकर विशाल वृक्षों तक, चमकदार जैलीफिश से लेकर आकाश में ऊँची उड़ान भरते गरुड़ तक और हिमाच्छादित हिमालय से लेकर अंडमान सागर की प्रवाल भित्तियों तक जीवन असंख्य रूपों व पर्यावासों में पाया जाता है। जीवजगत की यह असीम विविधता ही जैव विविधता कहलाती है। पृथ्वी पर जीवन के अस्तित्व के लिए जैव विविधता अनिवार्य है। प्रकृति के स्थायित्व और सुचारू रूप से संचालन के लिए प्रत्येक जीव की अपनी भूमिका होती है। महासागरों में पाए जाने वाले सूक्ष्मदर्शीय शैवाल अधिकांश ऑक्सीजन निर्मुक्त करते हैं जिसे हम श्वास के द्वारा ग्रहण करते हैं। कवक और जीवाणु वृक्षों से गिरी पत्तियों को अपघटित करते हैं और अपशिष्ट को खाद में परिवर्तित करके मृदा को उर्वर बनाते हैं। पक्षी, मधुमक्खियाँ और चमगादड़ पुष्पों का परागण करते हैं जबकि पादप पृथ्वी के लगभग प्रत्येक जीव को जीवन प्रदान करने वाले खाद्य पदार्थ तैयार करने के लिए सूर्य के प्रकाश को अवशोषित करते हैं। यह अंतर्संबंध पारिस्थितिक तंत्रों को बनाए रखने और पृथ्वी को सजीवों के लिए अनुकूल बनाने में सहायक है।

© NCERT not to be republished

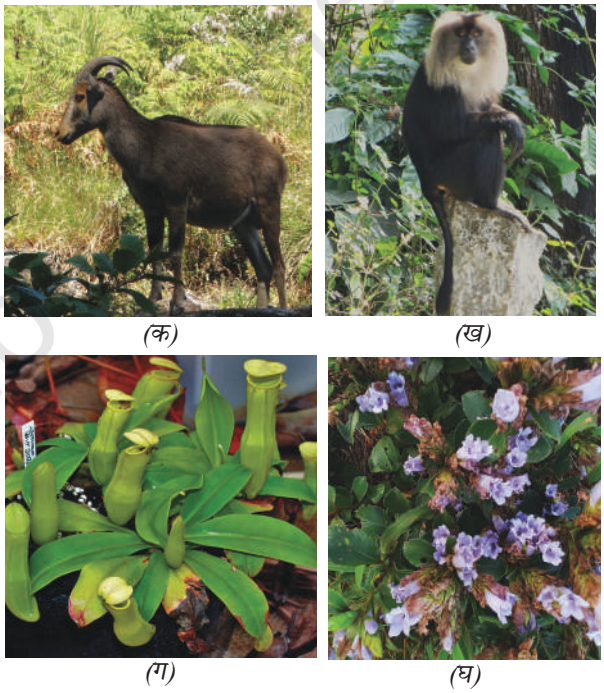
मानव भी भोजन, आवास, औषधि और आजीविका के लिए जैव विविधता पर निर्भर करते हैं। सहस्त्र वर्षों से कृषक उपयोगी विशेषताओं, जैसे — सूखा सहिष्णुता, पीड़क प्रतिरोधकता और न्यून पोषक तत्वों वाली मृदा में, उगने की क्षमता वाली फसलों की विविध किस्मों को संरक्षित करने के लिए अपने व्यावहारिक ज्ञान पर विश्वास करते रहे हैं। उन्होंने अनुभव किया कि विविधता के कारण फसल के नष्ट होने का जोखिम कम होता है और खाद्य सुरक्षा सुदृढ़ होती है।

ऐसी व्यापक विविधता में जहाँ जीवों में अनेक समानताएँ हैं वहीं अनेक असमानताएँ भी दिखाई देती हैं। जैव विविधता के क्रमबद्ध अध्ययन के लिए वैज्ञानिकों ने जीवों के आपस में मिलने वाले गुणों और विकासात्मक संबंधों के आधार पर जीवों का समूहन और वर्गीकरण किया है। वर्गीकरण से हमें यह समझने में सहायता प्राप्त होती है कि जीव परस्पर किस प्रकार संबंधित होते हैं, किस प्रकार कार्य करते हैं और पारिस्थितिक तंत्र प्रबंधन, जैव विविधता संरक्षण, संधारणीय कृषि इत्यादि क्रियाकलापों में हम इस ज्ञान का उपयोग किस प्रकार कर सकते हैं।

12.1 जैव विविधता हॉटस्पॉट के रूप में भारत

हमारे देश के प्राकृतिक भूदृश्य में विविधता देखी जाती है, जैसे — उत्तर में पर्वत, पश्चिम में मरुस्थल, पूर्वोत्तर में वर्षावन, दक्षिण में पठार तथा अरब सागर और बंगाल की खाड़ी की लंबी तट रेखाएँ हैं। इनमें से प्रत्येक क्षेत्र की मृदा की अपनी विशिष्टता है तथा तापमान एवं वर्षा जैसी जलवायवीय स्थितियाँ भी भिन्न-भिन्न हैं।

ये विभिन्न प्रकार के पर्यावास मिलकर विविध प्रकार की जातियों को आश्रय देते हैं। जीवों की कुछ जातियाँ विश्व के कुछ विशेष क्षेत्रों में ही पाई जाती हैं और प्राकृतिक रूप से अन्यत्र कहीं नहीं पाई जाती हैं। ऐसी जातियों को **विशेषक्षेत्री** या **स्थानिक जातियाँ** (endemic species) कहा जाता है, उदाहरण के लिए — नीलगिरी तहर (चित्र 12.1 क), सिंहपुच्छी वानर (लॉयन टेल्ड मकाक) (चित्र 12.1 ख) घटपर्णी पौधे की भारतीय किस्म *(नेपेन्थीस खासियाना)* (चित्र 12.1 ग) और *नीलकुरिंजी* (चित्र 12.1 घ) केवल भारत में ही पाए जाते हैं।



(क) (ख) (ग) (घ)

चित्र 12.1— (क) नीलगिरी तहर (ख) लॉयन टेल्ड मकाक (ग) नेपेन्थीस खासियाना और (घ) नीलकुरिंजी

ऐसे क्षेत्र जो बड़ी संख्या में स्थानिक जातियों को आश्रय देते हैं और जहाँ पर्यावास की अत्यधिक क्षति हुई है वह क्षेत्र जैव विविधता के हॉटस्पाट कहलाते हैं। ऐसे क्षेत्र जैव विविधता संरक्षण के लिए विशेष रूप से महत्त्वपूर्ण होते हैं। पश्चिमी घाट, इंडो बर्मा (पूर्वोत्तर भारत सहित) हिमालय, सुंडालैंड (जिसमें निकोबार द्वीप समूह सम्मिलित है) वैश्विक जैव विविधता के हॉटस्पॉट के कुछ उदाहरण हैं। हॉटस्पाट क्षेत्र जीवों की संख्या और विविधता के दृष्टिकोण से विशेष रूप से समृद्ध हैं। इन क्षेत्रों का संरक्षण अत्यंत आवश्यक होता है क्योंकि ये क्षेत्र आहार जालों का संभरण करते हैं और पारिस्थितिक तंत्र को स्वस्थ बनाए रखने में सहायता करते हैं।

12.2 जैव विविधता का विकास किस प्रकार हुआ?

वर्तमान में हम जो जैव विविधता पृथ्वी पर देखते हैं वह सदैव ऐसी नहीं थी। जीवों के बीच के छोटे-छोटे अंतर उनकी उत्तरजीविता तथा जनन की संभावनाओं को प्रभावित करते थे क्योंकि ये उन्हें परिवर्तित होती परिस्थितियों के अनुरूप अनुकूलन करने में सहायता करते थे। ये अंतर अनेक पीढ़ियों में संचित होते गए और जीवन के नवीन रूपों में विकसित हुए।

© NCERT not to be republished

अतः वर्तमान में हम जो विविधता देख रहे हैं वह दीर्घकाल तक निरंतर होते रहने वाले परिवर्तनों का परिणाम है जिसने विभिन्न जीवों और उनके परिवेश के बीच पारस्परिक क्रियाओं के आधार पर रूप ग्रहण किया है। इस जैविक विविधता का अध्ययन वर्गीकरण द्वारा प्रदत्त क्रमबद्ध रूपरेखा के द्वारा संभव है।

विज्ञान को भारत का योगदान

कुछ प्राचीन भारतीय परंपराएँ, जैसे—संगम तिनाई द्वारा भूदृश्यों का वर्गीकरण और पवित्र उपवनों का संरक्षण, भूदृश्यों और वहाँ रहने वाले जीव समूह के संबंध में परिष्कृत साहित्यिक और सांस्कृतिक समझ को दर्शाती हैं। इन प्रथाओं ने स्थानीय स्तर पर विविध प्रकार के पर्यावासों को इतने प्रभावी ढंग से संरक्षित किया है कि वे समकालीन पारिस्थितिकी के सिद्धांतों के अनुरूप हैं। यद्यपि इन्हें औपचारिक पारिस्थितिकीय सिद्धांतों के रूप में अभिव्यक्त नहीं किया गया है।

12.3 जीवों का वर्गीकरण कैसे करें?

क्रियाकलाप 12.1— आइए, तुलना और वर्गीकरण करें

चित्र 12.2 किसी पारितंत्र में जंतुओं की विविधता को दर्शा रहा है। चित्र का सावधानीपूर्वक **अवलोकन** कीजिए। क्या आप अनुमान लगा सकते हैं कि इस चित्र में जीवों को किस प्रकार समूहित किया गया है?

चित्र 12.2— एक पारितंत्र का दिन और रात का दृश्य

1. निम्नलिखित प्रश्नों पर विचार कीजिए—
   - दिए गए चित्र में आप कौन-कौन से जंतुओं को पहचान सकते हैं?
   - वे किस स्थान पर पाए जाते हैं?
   - चित्र में कौन-कौन से जंतु सक्रिय दिख रहे हैं?
     (i) दिन के समय
     (ii) रात के समय
     (iii) दिन और रात दोनों समय
2. अपने अवलोकनों को तालिका 12.1 में लिखिए।

तालिका 12.1 — आँकड़ों को अभिलेखित करने के लिए अवलोकन तालिका

जीव (चित्र बनाइए अथवा नाम लिखिए)	आप इसे कहाँ देखते हैं? (हवा में ऊँचा उड़ता हुआ/पृथ्वी के निकट उड़ता हुआ/वृक्ष पर/जल में/ वन भूमि पर)	यह कब सक्रिय दिखाई देता है? दिन में/रात में/ अनिश्चित	दिखाई देने वाली कोई अन्य विशेषता(एँ)
उल्लू	वृक्ष	रात	पंख

3. अब इन्हीं जीवों को एक से अधिक प्रकार से समूहित करने का प्रयास कीजिए। प्रत्येक बार समूह बनाते समय अलग-अलग मानदंडों का प्रयोग कीजिए (तालिका 12.2)।

तालिका 12.2 — जीवों का समूहन

समूहन मानदंड	इस समूह में कौन-कौन से जीव आते हैं?	आपने कौन-सी विशेषता या प्रतिरूप (पैटर्न) के आधार पर निर्णय लिया?
मांसाहारी	गरुड़, बाघ, तेंदुआ	खान-पान की आदतें

आप देख सकते हैं कि आपके द्वारा चयनित मानदंड के आधार पर एक ही जीव को अलग-अलग समूहों में रखा जा सकता है। इससे एक महत्त्वपूर्ण प्रश्न यह उठता है कि सजीवों को समूहित करने के लिए वैज्ञानिक किस प्रकार विशेषताओं का चयन करते हैं? यही प्रश्न हमें वर्गीकरण की अवधारणा की ओर ले जाता है जो कि पृथ्वी पर सजीवों की विविधता को व्यवस्थित करने की एक क्रमबद्ध पद्धति है।

सोचिए और बताइए

1. यदि अनेक जीव समान विशेषताओं को साझा करते हैं तो क्या उनके वंशक्रम भी समान हो सकते हैं?

12.3.1 सजीवों को वर्गीकृत करने हेतु मानदंड

वैज्ञानिक प्रायः पहले व्यापक और सरलता से दिखाई देने वाली विशेषताओं को देखते हैं। इसके पश्चात विस्तृत विशेषताओं का अध्ययन करते हैं। वे सजीवों को समूहबद्ध करने के लिए अनेक प्रकार की विशेषताओं का अध्ययन करते हैं जिनमें से कुछ विशेषताएँ निम्नलिखित हैं —

1. बाह्य विशेषताएँ — इनमें दृश्यमान विशेषताएँ सम्मिलित होती हैं, जैसे — आकार, आमाप और शारीरिक संगठन।
2. पोषण की विधि — स्वपोषी अथवा विषमपोषी।
3. आंतरिक संरचनाएँ — इसमें कंकाल पैटर्न, अंगों की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति तथा विभिन्न प्रकार के ऊतक सम्मिलित होते हैं।
4. कोशिका संरचना — जीव एककोशिकीय अथवा बहुकोशिकीय होते हैं कोशिका सुकेंद्रकी अथवा पूर्वकेंद्रकी है, कोशिका भित्ति उपस्थित है अथवा अनुपस्थित है आदि कोशिका संरचना के अंतर्गत सम्मिलित हैं।
5. पारिस्थितिकीय भूमिका — उत्पादक, उपभोक्ता अथवा अपघटक के रूप में।
6. जनन — इसके अंतर्गत अलैंगिक और/अथवा लैंगिक विधियाँ सम्मिलित होती हैं।
7. आनुवंशिक समानता — वंशागत गुणों की वे समानताएँ जिनका अध्ययन वैज्ञानिक डीएनए के उपयोग से विस्तारपूर्वक करते हैं।

ये विशेषताएँ जीवों के बीच समानताओं और भिन्नताओं को समझने में सहायता करती हैं। जीवों की समान विशेषताएँ दर्शाती हैं कि वे एक ही पूर्वज से विकसित हुए हैं।

© NCERT not to be republished

12.4 वर्गीकरण की आवश्यकता

(क) लाल गर्दन वाला धनेश

कल्पना कीजिए कि आप एक ऐसे बड़े पुस्तकालय में गए हैं जहाँ हजारों पुस्तकें तल पर बिखरी पड़ी हुई हैं। आप चार्ल्स डार्विन की पुस्तक *ऑन द ओरिजिन ऑफ स्पीशीज* पढ़ना चाहते हैं। आप इस पुस्तक को कैसे ढूँढ़ेंगे? यदि पुस्तकों को विषय, लेखक या पुस्तक अनुभागों के आधार पर व्यवस्थित नहीं किया गया हो तो एक भी पुस्तक को खोजना कठिन होगा। इसी प्रकार पृथ्वी पर भी करोड़ों जीव पाए जाते हैं। अतः इन जीवों का क्रमबद्ध वर्गीकरण हमें जीवों को बेहतर ढंग से समझने में सहायता करता है।

क्रियाकलाप 12.2 — आइए, एक केस स्टडी को पढ़ें

पक्के बाघ अभयारण्य की निम्नलिखित केस स्टडी को ध्यानपूर्वक पढ़िए।

(ख)श्वेत-श्याम धनेश

पक्के बाघ अभयारण्य अरुणाचल प्रदेश का ऐसा वन है जहाँ वैज्ञानिकों ने पक्षियों की लगभग 300 जातियाँ अभिलेखित की हैं जो आश्चर्यजनक है क्योंकि संपूर्ण भारत में ही पक्षियों की लगभग 1300 जातियाँ पाई जाती हैं। पक्के बाघ अभयारण्य, लाल गर्दन वाले धनेश (hornbill), श्वेत-श्याम धनेश, महाधनेश, मोरछली धनेश नामक चार प्रकार के धनेश की जातियों के लिए भी प्रसिद्ध है (चित्र 12.3)। ये विशाल पक्षी अपना घोंसला पुराने विशाल वृक्षों के कोटरों में बनाते हैं और विशेष प्रकार के फलों को ही खाते हैं। अत: धनेश पक्षी की अलग-अलग जातियाँ वृक्षों के आकार और फलों की उपलब्धता के आधार पर वन के भिन्न-भिन्न भागों में पाई जाती हैं। ऐसे प्रतिरूप के अध्ययन से वैज्ञानिक जैव विविधता के संबंध में कुछ सटीक प्रश्न कर सकते हैं, जैसे —

(ग) महाधनेश

- वन में जातियाँ किस प्रकार वितरित हैं? कौन-से पादप और जंतु निकट रूप से संबंधित हैं?
- धनेश पक्षियों की इन चार जातियों के वर्गीकरण से जैव विविधता को समझने में किस प्रकार सहायता प्राप्त होती है?

निम्नलिखित केस आधारित प्रश्नों पर चिंतन और चर्चा कीजिए —

(i) वैज्ञानिक इतनी सारी जातियों का पता किस प्रकार लगाते हैं?

(ii) चार प्रकार के ये धनेश पक्षी कुछ मामलों में समान दिखते हैं। वे ऐसी कौन-सी विशेषताएँ हैं जो वैज्ञानिकों को उन्हें एक दूसरे से विभेदित करने में सहायता कर सकती हैं?

(iii) यदि वन से पुराने विशाल वृक्ष समाप्त हो जाएँ तो क्या होगा?

(घ) मोरछली धनेश

चित्र 12.3— पक्के बाघ अभयारण्य में पाए जाने वाले चार भिन्न जातियों के धनेश पक्षी

अनेक जीव अपने बाहरी लक्षणों, आंतरिक संरचना (जैसे — ऊतक और अंग) और कोशिकीय संगठन में समानताएँ दर्शाते हैं। इतनी विशाल विविधता के अध्ययन को सरल बनाने के लिए वैज्ञानिक जीवों को उनकी समानताओं और/अथवा भिन्नताओं के आधार पर समूहों में विभाजित करते हैं। इस समूहीकरण से सूचनाओं को व्यवस्थित करने जीवों के बीच के संबंधों को समझने और जीवन का व्यवस्थित ढंग से अध्ययन करने में सहायता प्राप्त होती है। सजीवों के समूहन की यह वैज्ञानिक पद्धति **जैविक वर्गीकरण (biological classification)** कहलाती है।

जैविक वर्गीकरण हमारी कई प्रकार से सहायता करता है, जैसे —

1. यह सजीवों के अध्ययन को अधिक व्यवस्थित और क्रमबद्ध बनाता है।
2. यह जीवित प्राणियों के बीच समानताओं और असमानताओं को समझने में हमारी सहायता करता है।
3. इससे हमें यह समझने में सहायता मिलती है कि विभिन्न जीव एक-दूसरे से किस प्रकार संबंधित हैं और वे किस प्रकार परस्पर क्रिया करते हैं।
4. यह नए खोजे गए जीवों की पहचान करने और उनका नामकरण करने में सहायक है।
5. यह उन जीवों की पहचान कर जैव विविधता संरक्षण में सहायता करता है जिन पर विलुप्त होने का खतरा मंडरा रहा है।

© NCERT not to be republished

6. यह समस्त विश्व के वैज्ञानिकों के लिए एक समान प्रणाली के उपयोग द्वारा जीवों के विषय में परिचर्चा को संभव बनाता है।

12.5 समय-समय पर विकसित हुई जैविक वर्गीकरण की प्रणालियाँ

विज्ञान के क्षेत्र में भारत का योगदान

ऋग्वेद और *वृहत संहिता* ग्रंथों में जीवों का वर्गीकरण उनके पर्यावास (थलीय, जलीय और वायवीय) व्यवहारगत प्रतिरूप (पैटर्न) और पारिस्थितिक भूमिकाओं के आधार पर किया गया है।

पिछले अनुभाग में आपने सीखा कि विश्व की इस विशाल जैव विविधता को वर्गीकृत करने के लिए विभिन्न मानदंडों की पहचान किस प्रकार की जाती है। उपलब्ध ज्ञान के आधार पर वैज्ञानिकों ने समय के साथ विभिन्न प्रकार की वर्गीकरण प्रणालियाँ विकसित की हैं।

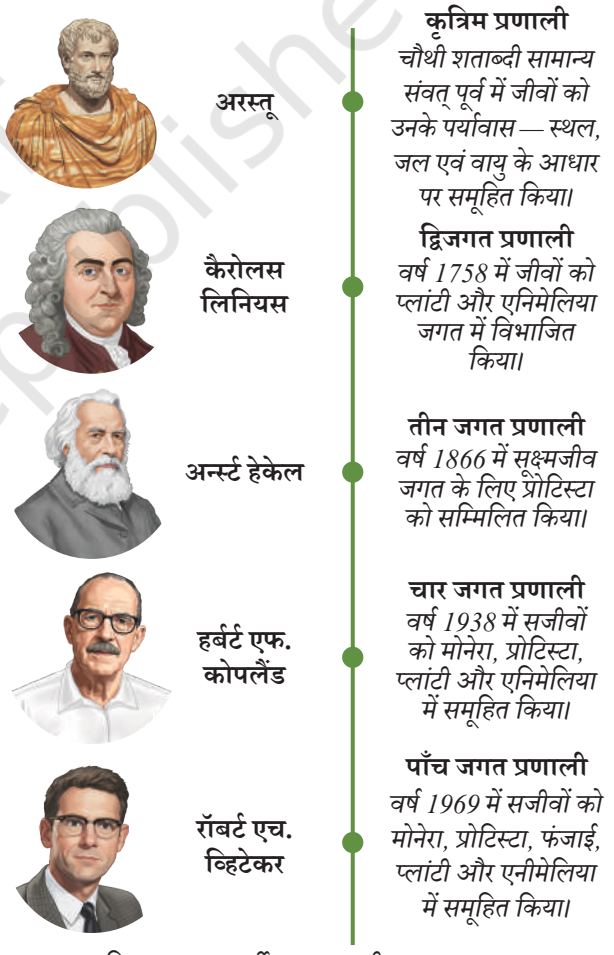
अरस्तू ने लगभग चौथी शताब्दी सामान्य संवत् पूर्व में जीवों को उनके पर्यावास — भूमि, जल और वायु के आधार पर समूहित किया था। इन्होंने जीवों को उनके बाहरी स्वरूप के आधार पर भी समूहित किया था। तथापि इस प्रणाली की अपनी सीमाएँ थी क्योंकि यह मुख्यतः सरलता से दिखाई देने वाली बाहरी विशेषताओं पर आधारित थी। वैज्ञानिकों ने 18वीं शताब्दी में 'द्विजगत प्रणाली' प्रस्तुत की। इसमें सभी सजीवों को प्लांटी (पादप जगत) और एनिमेलिया (जंतु जगत) में विभाजित किया गया।

प्लांटी (पादप जगत)— जगत प्लांटी में ऐसे जीव सम्मिलित किए जाते हैं जो एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहीं जाते और अपना भोजन स्वयं बनाते हैं।

एनिमेलिया (जंतु जगत)— जगत एनिमेलिया में ऐसे जीव सम्मिलित किए जाते हैं जो एक स्थान से दूसरे स्थान पर गमन करते हैं और भोजन के लिए अन्य जीवों पर निर्भर रहते हैं।

लेकिन इस प्रणाली ने भ्रम की स्थिति उत्पन्न कर दी। *अमीबा*, *पैरामीशियम* और जीवाणु जैसे जीवों को कहाँ रखा जाना चाहिए? *अमीबा* और *पैरामीशियम* जंतुओं की भाँति गतिशील होते हैं किंतु वे एककोशिकीय और विषमपोषी होते हैं जबकि पादप और जंतु बहुकोशिकीय होते हैं। इस समस्या के समाधान के लिए वैज्ञानिकों ने एक तीसरे जगत 'प्रोटिस्टा' को जोड़ा जिसमें एककोशिकीय सूक्ष्मजीवों को सम्मिलित किया गया।

सूक्ष्मदर्शी यंत्रों की गुणवत्ता में सुधार होने पर वैज्ञानिकों का ध्यान एक महत्त्वपूर्ण अंतर की ओर गया। इन्होंने देखा कि *अमीबा* में एक झिल्ली आबद्ध वास्तविक केंद्रक होता है जबकि जीवाणुओं में ऐसा नहीं होता है। यद्यपि दोनों एककोशिकीय हैं परंतु एक-दूसरे से बहुत भिन्न होते हैं। अतः जीवाणुओं को मोनेरा नामक एक पृथक जगत में रखा गया। इस प्रकार चार जगत वर्गीकरण प्रणाली — प्लांटी, एनिमेलिया, प्रोटिस्टा और मोनेरा अस्तित्व में आई। प्रोटिस्टा जगत में अधिकांशतः वास्तविक केंद्रक युक्त एककोशिकीय जीव सम्मिलित हैं। कुछ समय पश्चात वैज्ञानिकों ने देखा कि मशरूम जैसे कवक पौधों की तरह अचल रहते हैं परंतु इनमें विषमपोषी पोषण पाया जाता है। वे अवशोषण के द्वारा पोषक प्राप्त करते हैं। इसके साथ ही अनेक निर्जीव और सड़े-गले पदार्थों से पोषक अवशोषित करते हैं (यद्यपि इनमें से कुछ सहजीवी और कुछ परजीवी होते हैं)। अतः कवकों को एक अलग जगत में रखा गया था। परिणामस्वरूप मोनेरा, प्रोटिस्टा, फंजाई (कवक), प्लांटी और एनिमेलिया नामक पाँच जगत वर्गीकरण (five kingdom classification) प्रणाली अस्तित्व में आई (चित्र 12.4)।



चित्र 12.4 — वर्गीकरण प्रणाली का कालक्रम

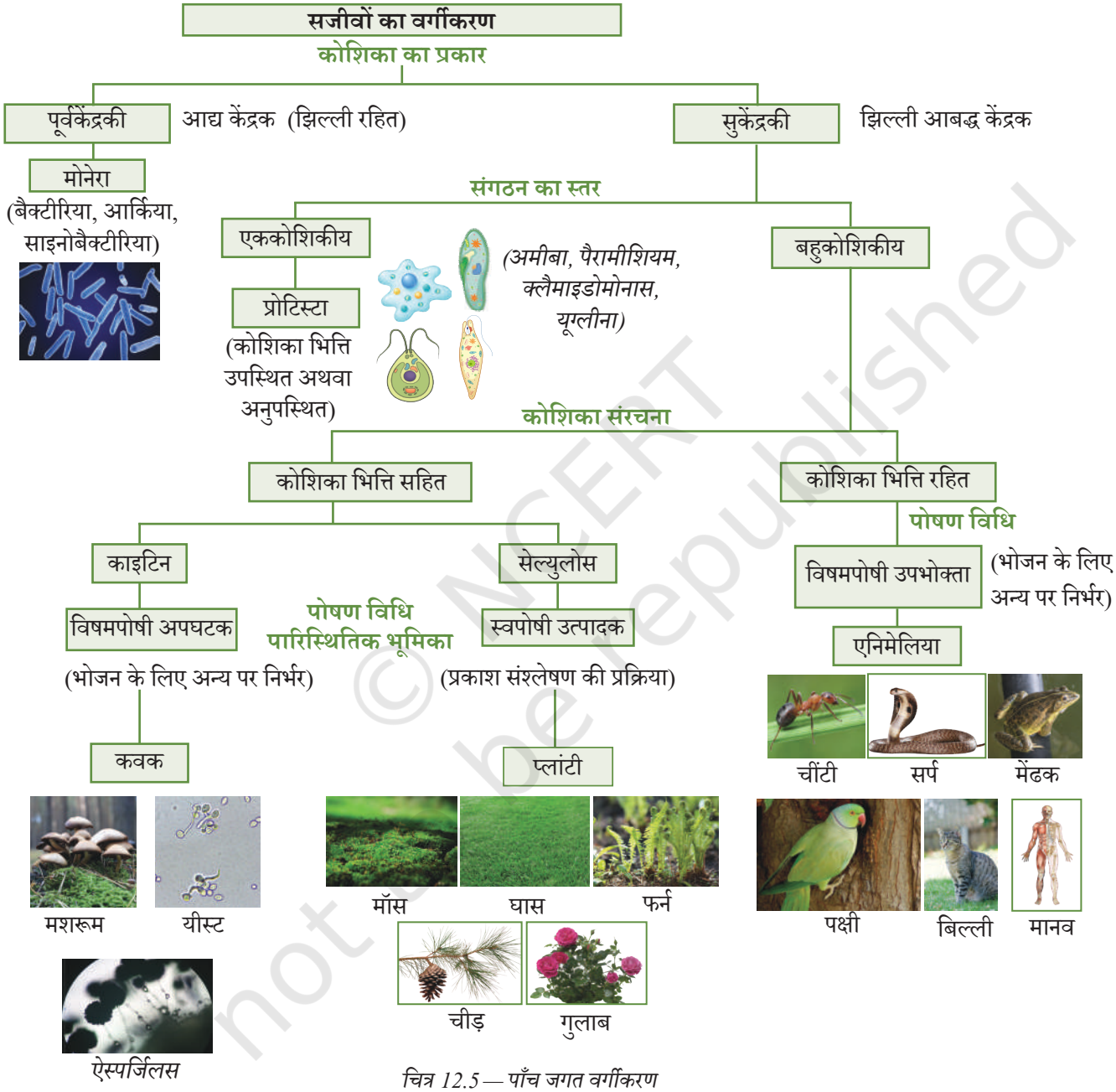
© NCERT not to be republished

12.6 पाँच जगत वर्गीकरण

पाँच जगत वर्गीकरण में सभी जीवों को कुछ सामान्य विशेषताओं के आधार पर समूहित किया जाता है।

क्रियाकलाप 12.3 — आइए, अध्ययन करें

1. संकल्पना मानचित्र (चित्र 12.5) का अध्ययन कीजिए।
2. ऐसे मानदंडों की सूची बनाइए जो पाँच जगत वर्गीकरण का आधार हैं।

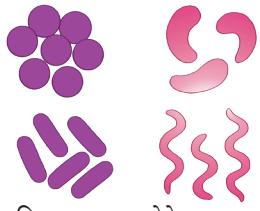


चित्र 12.5 — पाँच जगत वर्गीकरण

3. संकल्पना मानचित्र का अध्ययन करने के पश्चात आपके द्वारा तैयार किए गए मानदंडों और निम्नलिखित मानदंडों की **तुलना** कीजिए—
   - कोशिका प्रकार— पूर्वकेंद्रकी अथवा सुकेंद्रकी
   - कोशिका संरचना— कोशिका भित्ति उपस्थित अथवा अनुपस्थित

© NCERT not to be republished

- संगठन का स्तर — एककोशिकीय अथवा बहुकोशिकीय
- पोषण की विधि — स्वपोषी अथवा विषमपोषी



चित्र 12.6 — मोनेरा जगत के सदस्य

12.6.1 जगत मोनेरा — एककोशिकीय पूर्वकेंद्रकी जीव

क्रियाकलाप 12.4 — आइए, अन्वेषण करें

1. विद्यालय की प्रयोगशाला में उपलब्ध जीवाणु और नील-हरित शैवालों की स्थायी स्लाइडों का सूक्ष्मदर्शी द्वारा अवलोकन कीजिए।
2. उनकी तुलना चित्र 12.6 से कीजिए।

आपने क्या अवलोकन किया? जीवाणु और नील-हरित शैवाल एककोशिकीय पूर्वकेंद्रकी जीव हैं जिन्हें मोनेरा जगत के अंतर्गत समूहित किया गया है (चित्र 12.6)। जीवाणु मृदा, जल, वायु, उष्ण स्रोतों तथा अन्य चरम परिस्थितियों सहित सर्वत्र पाए जाते हैं —जहाँ अधिकांश जीवों का जीवित रहना संभव नहीं होता है यहाँ तक कि मानव शरीर के भीतर भी पाए जाते हैं। ये रोमंथी जीवों की आहार नली में भी पाए जाते हैं और यह जंतुओं के गोबर से बायोगैस उत्पादन के लिए भी उत्तरदायी हैं। कुछ जीवाणु हानिकारक (रोगजनक) होते हैं और रोग उत्पन्न करते हैं परंतु अनेक जीवाणु लाभदायक भी होते हैं, जैसे — *लैक्टोबैसिलस* और *राइजोबियम*। नील-हरित शैवाल स्वपोषी और अपघटक होते हैं। पोषक चक्रण के अतिरिक्त, कुछ जीवाणु तेल, कीटनाशक, वाहित मल इत्यादि प्रदूषकों को भी विघटित कर देते हैं।

जिज्ञासा-सूत्र

सायनोबैक्टीरिया (नील-हरित शैवाल) उन प्रारंभिक जीवों में सम्मिलित थे जिन्होंने प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से ऑक्सीजन का उत्पादन किया। लगभग 2.5 अरब वर्ष पूर्व वायुमंडल में ऑक्सीजन का संचय हुआ जिससे पृथ्वी अन्य प्रकार के जीवों के लिए उपयुक्त बन गई। प्राचीन सायनोबैक्टीरिया के जीवाश्म **स्ट्रोमेटोलाइट्स (stromatolites)** नामक संरचनाओं में पाए जाते हैं। ये राजस्थान और मध्य प्रदेश में पाए गए हैं। ये पृथ्वी पर जीवन के कुछ प्राचीनतम प्रमाणों को प्रस्तुत करते हैं।

विज्ञान एवं समाज

राम बक्स सिंह को 'आधुनिक बायोगैस के जनक' के रूप में जाना जाता है। वे एक अग्रणी भारतीय वैज्ञानिक थे, जिन्होंने बायोगैस तकनीक के विकास में योगदान दिया। वर्ष 1957 में इन्होंने उत्तर प्रदेश के सीतापुर जिले के रामनगर में भारत के पहले वैज्ञानिक रूप से अभिकल्पित बायोगैस संयंत्र की स्थापना की। इससे देश में आधुनिक बायोगैस के व्यवस्थित अनुसंधान का आरंभ हुआ। इसके पश्चात इन्होंने ग्रामीण क्षेत्रों के लिए कम लागत वाले अधिक प्रभावी बायोगैस संयंत्रों के विकास पर व्यापक कार्य किया। इन्होंने एक अन्तर्राष्ट्रीय परामर्शदाता के रूप में भी कार्य किया और कई देशों में बायोगैस संयंत्र स्थापित करने में सहायता की। इन्होंने प्रौद्योगिकी के द्वारा नवीकरणीय ऊर्जा, अपशिष्ट प्रबंधन और संधारणीय विकास के प्रोत्साहन में जीवनपर्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई।

12.6.2 जगत प्रोटिस्टा — एककोशिकीय सुकेंद्रकी जीव

ऐसे सभी एककोशिकीय सुकेंद्रकी जीवों को प्रोटिस्टा जगत में समूहित किया गया है जिनमें कोशिका भित्ति नहीं होती अथवा जिनकी कोशिका भित्ति सेल्युलोस की बनी होती है। ये सूक्ष्मदर्शीय और अत्यंत विविध प्रकार के जीव होते हैं। आप इनमें से कुछ प्रोटिस्ट (चित्र 12.7) का अध्ययन नीचे बताए गए ढंग से घास फाण्ट (सूखी घास के घोल) की स्लाइड बनाकर कर सकते हैं।

क्रियाकलाप 12.5 — आइए, कर के देखें

घास फाण्ट (सूखी घास का घोल) बनाने के लिए निम्नलिखित चरणों का पालन कीजिए —

1. उद्यान की घास कटने के पश्चात उसके छोटे प्रतिदर्श इकट्ठा कीजिए, अथवा भूसा या चारा लीजिए।
2. एक छोटी काँच की बोतल लीजिए और उसका एक-चौथाई भाग घास, भूसे या चारे से भरिए।
3. बोतल को रुद्ध जल या तालाब के जल से भरिए और उसमें एकत्रित पादप सामग्री मिला दीजिए।
4. बोतल को मलमल के कपड़े से ढककर धागे से बाँध दीजिए।
5. बोतल को बिना छेड़े एक सप्ताह तक एक तरफ रख दीजिए।

अमीबा *पैरामीशियम* *यूग्लीना*

चित्र 12.7 — सामान्य प्रोटिस्ट के सूक्ष्मदर्शीय चित्र

© NCERT not to be republished

सोचिए और बताइए

2. एक कोशिकीय जीव अपने सभी जैव-प्रक्रम किस प्रकार करते हैं जबकि हमारे जैसे बहुकोशिकीय जीवों में समान कार्य करने के लिए अरबों कोशिकाओं की आवश्यकता होती है?

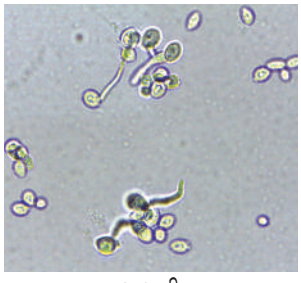
6. मलमल के कपड़े को हटाकर बोतल का मुँह बस इतना खोलिए कि उसमें बिंदुपाती (dropper) डाला जा सके। इसके साथ ही बिंदुपाती की सहायता से सावधानीपूर्वक जल की एक बूँद निकाल लीजिए।
7. जल की इस बूँद को एक स्वच्छ स्लाइड पर रखिए और सूक्ष्मदर्शी की सहायता से उसका अवलोकन कीजिए।

सावधानी— घास के घोल से दुर्गंध आ सकती है इसलिए प्रयोग करते समय सावधानी रखिए।

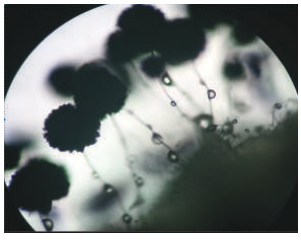
- लैब कोट, मास्क और दस्ताने पहनिए।
- सूखी घास के घोल को ऑटोक्लेव करने के पश्चात फेंक दीजिए।

क्या आपने सूक्ष्मदर्शी द्वारा जल की बूँद का अवलोकन करने पर उसमें चलते हुए जीव देखे हैं क्या आप इन्हें चित्र 12.7 से तुलना करके **पहचान** सकते हैं?

जगत प्रोटिस्टा में एककोशिकीय सुकेंद्रकी जीव सम्मिलित होते हैं जो जल या नम स्थानों में रहते हैं (चित्र 12.7)। इसमें कुछ स्वपोषी होते हैं और कुछ विषमपोषी। जगत प्रोटिस्टा के जीव जलीय आहार शृंखलाओं में महत्त्वपूर्ण कड़ी होते हैं, कुछ ऑक्सीजन उत्पन्न करते हैं जबकि कुछ छोटे जीवों का भोजन बनते हैं। कुछ प्रोटिस्ट अपघटक के रूप में कार्य करते हैं और पोषक तत्वों के चक्रण में सहायता करते हैं।



(क) यीस्ट



(ख) ऐस्पर्जिलस

(ग) मशरूम

चित्र 12.8— कुछ सामान्य कवक

12.6.3 जगत फंजाई— कोशिका भित्ति युक्त बहुकोशिकीय, विषमपोषी सुकेंद्रकी जीव

कवक प्रायः बहुकोशिकीय सुकेंद्रकी जीव होते हैं जिनकी कोशिका भित्ति काइटिन की बनी होती है। ये अपना भोजन स्वयं नहीं बनाते। ये मृत या सड़ रहे पदार्थों से पोषक तत्वों को महीन तंतुओं के माध्यम से अवशोषित करते हैं (जो आपस में मिलकर कवक जाल (mycelium) नामक संजाल बनाते हैं)। अधिकांश कवक मृतपोषी (saprophyte) होते हैं अर्थात वे मृत कार्बनिक पदार्थों का सेवन करते हैं, जैसे— गिरे हुए पत्ते, टहनियाँ या मृत जीव, और अपघटक के रूप में पारिस्थितिक पारितंत्र में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ये जटिल कार्बनिक पदार्थों को सरल पदार्थों में अपघटित कर देते हैं और उन्हें मृदा में खनिज के रूप में उपलब्ध कराते हैं। कुछ कवक अन्य जीवों के साथ सहजीवी संबंध बनाते हैं जबकि कुछ परजीवी के रूप में रहते हैं और पादपों तथा जंतुओं में रोग उत्पन्न करते हैं। ये प्रायः बीजाणु बनाकर लैंगिक और अलैंगिक दोनों प्रकार से जनन करते हैं और गर्म तथा नम परिस्थितियों में भली-भाँति वृद्धि करते हैं।

यीस्ट (चित्र 12.8 क) और ब्रेड मोल्ड (डबलरोटी की फफूंद) सामान्य कवक हैं। यद्यपि यीस्ट एककोशिकीय जीव होते हैं किंतु इसकी कोशिका भित्ति काइटिन की बनी होने के कारण इसे जगत फंजाई के अंतर्गत रखा गया है। मशरूम स्थूलदर्शीय (macroscopic) कवक है (चित्र 12.8 ग) जो बीजाणुओं द्वारा जनन करते हैं। *ऐस्पर्जिलस* (चित्र 12 ख) और *पेनिसिलियम* जैसे कुछ कवक एंजाइम और प्रतिजैविक दवाएँ बनाने में उपयोग किए जाते हैं। कवक महत्त्वपूर्ण अपघटक हैं और पोषक तत्वों के पुनर्चक्रण में सहायता करते हैं। इनके बिना मृत पौधों और जंतुओं का विघटन अत्यंत कम हो जाएगा जिससे मृदा की उर्वरता और पारिस्थितिक संतुलन पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ेगा।

विज्ञान एवं समाज

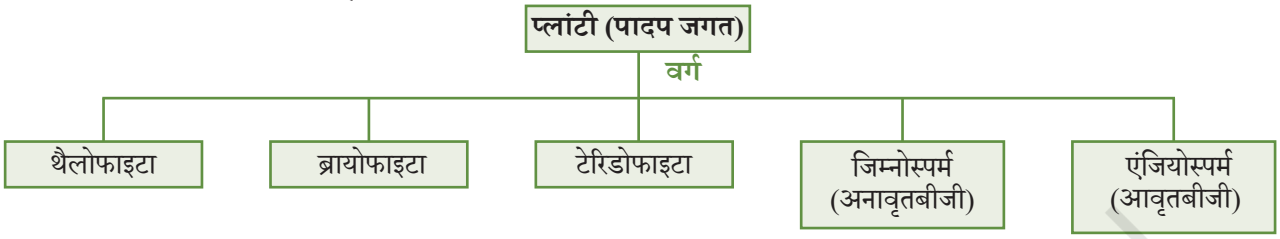
खाने योग्य जंगली मशरूम उच्च पोषण और औषधीय गुणों वाले महत्त्वपूर्ण खाद्य पदार्थ होते हैं। ये महत्त्वपूर्ण वन संसाधन हैं जिन्हें भारत के जनजातीय समुदायों सहित अनेक समुदायों द्वारा उपयोग और संरक्षित किया जाता है। लोक वर्गिकी के आधार पर इन समुदायों के पास खाद्य और विषैले मशरूम के विषय में पारंपरिक ज्ञान होता है। कुछ जंगली मशरूम भोजन के रूप में और कुछ विभिन्न रोगों के उपचार के लिए औषधि के रूप में उपयोग किए जाते हैं। वर्तमान में मशरूम की खेती आजीविका का आशाजनक साधन बन रही है। यह छोटे स्थानों पर, कम निवेश और कम समय (30–45 दिन) में तैयार होने के कारण सरल और सुलभ है।

© NCERT not to be republished

12.6.4 जगत प्लांटी — कोशिका भित्ति युक्त बहुकोशिकीय, स्वपोषी सुकेंद्रकी जीव

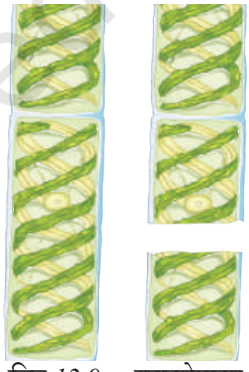
कक्षा 7 जिज्ञासा अध्याय 10

पादप बहुकोशिकीय, स्वपोषी जीव होते हैं जो प्रकाश संश्लेषण करते हैं। इनकी कोशिकाओं में एक दृढ़ कोशिका भित्ति होती है जो मुख्यतः सेल्यूलोस से बनी होती है। यह पौधों को अवलंब और सुरक्षा प्रदान करती है। सभी पादप, जगत प्लांटी में सम्मिलित हैं। पादप अधिकांश आहार शृंखलाओं का आधार तैयार करते हैं और ऑक्सीजन निर्मुक्त करते हैं जो पृथ्वी पर जीवन के लिए आवश्यक है। जगत प्लांटी को आगे पाँच वर्गों में विभाजित किया गया है—



थैलोफाइटा (शैवाल) — आद्य पौधे

थैलोफाइट (थैलोस का अर्थ है अविभेदित काया और फाइटॉन का अर्थ है पादप) सबसे सरल पादपों में से हैं जो अधिकांशतः जल या नम पर्यावरण में पाए जाते हैं। इनका शरीर थैलस होता है जो एक सरल संरचना है और इसके माध्यम से गैसों, पोषक तत्वों तथा जल का प्रत्यक्ष रूप से आदान-प्रदान होता है। ये जलीय पर्यावासों के लिए पूर्णतः अनुकूलित हैं। थैलोफाइटा का एक उदाहरण स्पाइरोगाइरा है (चित्र 12.9)।



चित्र 12.9 — स्पाइरोगाइरा

विज्ञान एवं समाज

क्या आपने वृक्षों के तनों, नम दीवारों अथवा पत्थरों पर सफेद हरे धब्बे देखे हैं? आप इस विषय में क्या सोचते हैं? गाँव में जाकर किसी वयोवृद्ध व्यक्ति से इन धब्बों के विषय में बात कीजिए। वे इन्हें प्रदूषण रहित वातावरण का सूचक मानते हैं। वास्तव में लाइकेन वायु प्रदूषकों के अनुसार अपना रंग परवर्तित करते हैं। इनके रंग के आधार पर शोधकर्ता वायु में प्रदूषकों की सांद्रता का पता लगा सकते हैं। अतः ये वायु की गुणवत्ता के मापन के लिए प्राकृतिक जैव सूचक हैं। ग्रामीणजन इन्हें अपने दैनिक जीवन में उपयोग के लिए वन्य उत्पाद के रूप में भी एकत्र करते हैं। कुछ लाइकेन जिन्हें पत्थर के फूल कहा जाता है, मसाले के रूप में उपयोग किए जाते हैं। कुछ लाइकेन औषधियों में उपयोग किए जाते हैं और प्राचीनकाल से ऊन व रेशम के कपड़ों को मैरून, बैंगनी या गहरा लाल-बैंगनी रंग प्रदान करने के लिए रंजक बनाने में भी इनका उपयोग किया जाता है। जैविक रूप से ये सहजीवी (दो जीवों का पारस्परिक संबंध) होते हैं। एक भागीदार स्वपोषी शैवाल होता है और दूसरा विषमपोषी कवक होता है। कवक सुरक्षा देता है और शैवाल प्रकाश संश्लेषण करके भोजन प्रदान करता है। कुछ लाइकेन विषैले भी होते हैं। अंत: सुरक्षित और उचित उपयोग के लिए इनकी सही पहचान और वर्गीकरण करना महत्त्वपूर्ण है।

ब्रायोफाइटा — प्रथम स्थलीय पौधे जिन्हें जनन के लिए जल की भी आवश्यकता होती है

ब्रायोफाइट (*ब्रायोन* का अर्थ है मॉस, *फाइटॉन* का अर्थ है पादप) जैसे मॉस और लिवरवर्ट (चित्र 12.10) जल से स्थल पर महत्त्वपूर्ण परिवर्तन दर्शाते हैं। आपने इन्हें नम चट्टानों, पुराने भवन की दीवारों या मिट्टी की सतह पर हरे कालीन के रूप में देखा होगा। ब्रायोफाइट का शरीर थैलोफाइट की तुलना में अधिक विभेदित होता है। इनमें जड़ों जैसी संरचनाएँ होती हैं जिन्हें **मूलाभास (rhizoids)** कहते हैं और इनमें कभी-कभी तने व पत्तियों जैसी सरल संरचनाएँ भी हो सकती हैं। ये नम और छायादार स्थानों में जीवित रहते हैं और विशेष रूप से वर्षा ऋतु में मिट्टी पर हरे कालीन के रूप में दिखते हैं। ब्रायोफाइटा के उदाहरणों में *मार्केशिया* और मॉस सम्मिलित हैं (चित्र 12.10)।

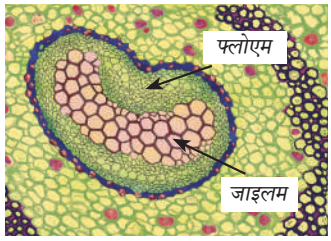
(क) मार्केशिया

(ख) मॉस

चित्र 12.10 — वर्ग ब्रायोफाइटा के सदस्य

© NCERT not to be republished

(क)



(ख)

चित्र 12.11— (क) फर्न और (ख) फर्न के तने की अनुप्रस्थ काट

सोचिए और बताइए

3. पादपों की ऐसी कौन-सी विशेषताएँ हैं जो जल पर पादपों की निर्भरता को कम करती हैं परंतु इसके पश्चात भी नम परिस्थितियों की आवश्यकता बनी रहती है?
4. ऊँचे पादपों को विशेष परिवहन ऊतकों की आवश्यकता क्यों होती है?
5. पादप कहाँ और कैसे जीवित रहेंगे इसे बीज और फल किस प्रकार प्रभावित करते हैं?

चित्र 12.12— चीड़ का एक शंकु

क्रियाकलाप 12.6 — आइए, अन्वेषण करें

1. हैंड लेंस (आवर्धक लेंस) की सहायता से कुछ ब्रायोफाइट का अवलोकन कीजिए। इन्हें एक वॉच ग्लास में एकत्र कीजिए।
2. इन पर जल की एक बूँद डालिए और उसे विच्छेदन सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखिए। विच्छेदन सूक्ष्मदर्शी हमारे लिए सजीव प्रतिदर्शों के आवर्धित बिंब को देखना संभव बनाता है।

आपके आस-पास सामान्यतः दिखाई देने वाली पत्तियों से ये किस प्रकार **भिन्न** हैं?

ब्रायोफाइट को जनन के लिए जल की आवश्यकता होती है। इसलिए इन्हें पादप जगत का उभयचर कहा जाता है। ये दर्शाते हैं कि जल पर निर्भर रहते हुए भी किस प्रकार पौधों ने भूमि पर बसना आरंभ किया।

टेरिडोफाइटा — थल के लिए अनुकूलन और संरचनात्मक परिवहन तंत्र की उपस्थिति

चित्र 12.11 (क) को देखिए। थैलोफाइट और ब्रायोफाइट की तुलना में इन पौधों की संरचना में क्या परिवर्तन दिखाई देते हैं? टेरिडोफाइट (टेरिस शब्द *टेरोन* से व्युत्पन्न है जिसका अर्थ पंख होता है और *फाइटॉन* का अर्थ पादप होता है) जैसे फर्न में वास्तविक जड़, तना और पत्तियाँ होती हैं। आपको क्या लगता है कि इन पौधों के सभी भागों में जल और भोजन किस प्रकार पहुँचता है? एक संभावित स्पष्टीकरण यह है कि फर्न में विशेष प्रकार के परिवहन ऊतक होते हैं। आप इस स्पष्टीकरण की जाँच किस प्रकार कर सकते हैं? फर्न के तने की एक अनुप्रस्थ काट को सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखा जा सकता है। आप विद्यालय प्रयोगशाला में उपलब्ध अनुप्रस्थ काट की स्थायी स्लाइड से भी इसे देख सकते हैं। इस अनुप्रस्थ काट में संवहनी ऊतक— जाइलम और फ्लोएम दिखाई देते हैं जो क्रमशः जल और भोजन को संपूर्ण पौधे तक पहुँचाते हैं (चित्र 12.11 ख)। टेरिडोफाइट को जनन के लिए जलीय परिस्थितियों की आवश्यकता होती है और ये बीज उत्पन्न नहीं करते हैं।

क्रियाकलाप 12.7 — आइए, तुलना करें

1. सूरजमुखी के तने की अनुप्रस्थ काट का स्मरण कीजिए जिसका अध्ययन आपने अध्याय 3 में किया है (चित्र 3.7)।
2. फर्न (टेरिडोफाइट) के तने की अनुप्रस्थ काट (चित्र 12.11) की तुलना अध्याय 3 में पढ़े गए सूरजमुखी के तने की अनुप्रस्थ काट (चित्र 3.7) से कीजिए।
3. फर्न के तने और उच्चतर पादपों के तने के संवहनी ऊतकों में आपको क्या अंतर दिखाई देते हैं? अपने अवलोकन लिखिए और कक्षा में उन्हें साझा कर उन पर चर्चा कीजिए।

जिम्नोस्पर्म — जलरहित जनन

जिम्नोस्पर्म (जिम्नोस का अर्थ है — अनावृत, स्पर्मोस का अर्थ है — बीज) जैसे चीड़ (पाइन) (चित्र 12.12) और साइकैड ठंडे और शुष्क क्षेत्रों के लिए सुअनुकूलित होते हैं। इनकी सुई या शल्क जैसी पत्तियाँ जल की हानि को कम करती है और रुक्ष परिस्थितियों को सहन करने में सहायता करती हैं। ये बीज उत्पन्न करते हैं जो विकासशील भ्रूण की रक्षा करते हैं और उनमें भोजन संचित रहता है। जिम्नोस्पर्म में निषेचन के लिए जल की आवश्यकता नहीं होती। इनके बीज फलों में बंद नहीं होते और प्रायः शंकुओं पर अनावृत रहते हैं।

© NCERT not to be republished

एंजियोस्पर्म — प्रभावी जनन एवं बीज प्रकीर्णन

एंजियोस्पर्म (*एंजियोंन* का अर्थ है — पात्र या वेसल और *स्पर्मोस* का अर्थ है — बीज) अर्थात पुष्पी पौधे सबसे अधिक जटिलकाय संगठन वाले पादपों को प्रदर्शित करते हैं।

कक्षा 6 जिज्ञासा अध्याय 2

ये पुष्प और फल उत्पन्न करते हैं (चित्र 12.13)। पुष्प परागणकर्ताओं को आकर्षित करते हैं जिससे जनन की दक्षता बढ़ती है जबकि फल बीजों को नए स्थानों तक फैलाने में सहायक होते हैं। ये विशेषताएँ एंजियोस्पर्म के लिए विविध प्रकार के पर्यावरणों में निवास करना संभव बनाती हैं। अतः ये पृथ्वी पर सर्वाधिक विविधता वाला पादप समूह है।

चित्र 12.13 — एक एंजियोस्पर्म वृक्ष (गुलमोहर)

क्रियाकलाप 12.8 — आइए, चर्चा करें

अपने आस-पास से विभिन्न पत्तियाँ एकत्र कीजिए और उनके आकार तथा शिरा-विन्यास का अवलोकन कीजिए। इसके साथ ही इन्हें एकबीजपत्री और द्विबीजपत्री में समूहित कीजिए। **चर्चा** कीजिए कि इनकी संरचनाएँ उन्हें अलग-अलग परिस्थितियों में जीवित रहने के लिए अनुकूलित होने में किस प्रकार सहायता करती हैं।

विज्ञान एवं समाज

भारतीय पादपों पर लिखी गई प्राचीनतम वैज्ञानिक पुस्तकों में से एक *होर्टस मलाबारिकस* (Hortus Malabaricus) है जिसे 17वीं शताब्दी में हेंड्रिक वान रीडे द्वारा इट्टी अच्युतण (एक भारतीय वैद्य, वनस्पतिशास्त्र और चिकित्सक) तथा अन्य स्थानीय विशेषज्ञों की सहायता से संकलित किया गया। इसमें सैकड़ों पादप प्रजातियों और उनके औषधीय उपयोगों का वर्णन है जो दर्शाता है कि पारंपरिक ज्ञान और विज्ञान किस प्रकार मिलकर कार्य कर सकते हैं।

विभिन्न पादप समूह अलग-अलग ढंग से अपनी समस्याओं का समाधान करते हैं जिनमें से प्रत्येक के उत्तरजीविता के लिए अपने लाभ और चुनौतियाँ अथवा अपवाद हैं।

क्रियाकलाप 12.9 — आइए, अध्ययन करें

1. प्रत्येक पादप समूह की विशिष्ट विशेषताओं का ध्यानपूर्वक अध्ययन कीजिए।
2. इन विशेषताओं का **विश्लेषण** कीजिए और दी गई तालिका में समूह की उत्तरजीविता के लिए उनके लाभ तथा उनके समक्ष आई चुनौतियों अथवा अपवादों को लिखिए।

तालिका 12.3 — पादप जगत के वर्ग और उनके लाभ तथा चुनौतियाँ

पादप समूह और उनकी विशिष्ट विशेषताएँ	समूह की उत्तरजीविता के लिए लाभ	अपवाद/चुनौतियाँ
थैलोफाइटा • इनका शरीर थैलस जैसा होता है जिसके द्वारा परिवेश से जल और पोषक तत्वों का अवशोषण तथा गैसों का आदान-प्रदान सुगम होता है।	• सरल पादप काय संरचना इनकी उत्तरजीविता और जल में इनके प्रसार को सुगम करती है।	• ये स्थल पर नहीं रह सकते हैं।
ब्रायोफाइटा • शैवाल के विपरीत जल पर प्रबल निर्भरता के साथ इस समूह के पौधे स्थल पर निवास करने लगे। • पादप काया, शरीर के भागों में कुछ विभेदन दर्शाती है परंतु जड़, तना और पत्तियाँ स्पष्ट नहीं होतीं। • इनमें जल और भोजन के परिवहन के लिए संवहनी ऊतक नहीं होते। • इनमें जनन के लिए जल आवश्यक होता है क्योंकि नर जनन कोशिकाएँ तैर कर मादा कोशिकाओं तक पहुँचती हैं।	• ये पादप जगत के उभयचर हैं। • इनकी काया नम स्थल पर रहने के लिए अनुकूलित है।	• इन्हें सदा जल (नमी) की आवश्यकता होती है।
टेरिडोफाइटा • टेरिडोफाइट में वास्तविक जड़, तना और पत्तियाँ होती हैं। • इनमें संवहनी ऊतक (जाइलम और फ्लोएम) होते हैं जो पूरे पादप में क्रमशः जल और भोजन का परिवहन करते हैं। • ये जनन के लिए अब भी जल पर निर्भर रहते हैं। • ये बीज उत्पन्न नहीं करते।	• ये स्थल पर रहते हैं। • ये पूरे पौधे में जल और भोजन का परिवहन करते हैं।	• जल के अभाव में जनन नहीं होता है।

© NCERT not to be republished

जिम्नोस्पर्म • ये स्थल पर रहते हैं। • इनकी पत्तियाँ सुई जैसी होती हैं जो जल की हानि को कम करती हैं। • निषेचन के लिए जल की आवश्यकता नहीं होती। • इनके बीज फलों के अंदर बंद नहीं होते बल्कि शंकुओं पर अनावृत रहते हैं।	• पत्तियाँ शुष्क परिस्थितियों के लिए अनुकूलित होती हैं। • जनन के लिए जल की आवश्यकता नहीं होती। • ये जीवन की निरंतरता के लिए बीज बनाते हैं। _____ _____	• बीज फल से आवृत नहीं होते _____ _____
एंजियोस्पर्म • इनमें सुविकसित जड़, तना और पत्तियाँ होती हैं। • ये पुष्पों के द्वारा लैंगिक जनन करते हैं। • इनके बीज फलों के अंदर बंद रहते हैं। • इनके बीज कीटों, पक्षियों, जंतुओं, वायु या जल द्वारा प्रकीर्णित होते हैं।	• ये पुष्प, फल और बीज उत्पन्न करते हैं। • इनका जनन तंत्र सुविकसित होता है। • ये जीवन की निरंतरता के लिए बीज उत्पन्न करते हैं। • इनके बीज आवरित होते हैं। _____ _____	• विभिन्न कर्मकों द्वारा परागण पर जनन निर्भर करता है। • इनमें सुविकसित ऊतक तंत्र के द्वारा जटिल प्रक्रम किए जाते हैं। _____ _____

शैवाल से लेकर एंजियोस्पर्म तक पादपों के समूह संरचनात्मक परिवर्तनों का एक क्रम दर्शाते हैं जो उन्हें स्थल पर जीवन की चुनौतियों का सामना करने में सहायता करते हैं। आरंभिक पादप, निर्वहन और जनन के लिए जल पर निर्भर थे। क्रमिक रूप से पादपों में परिवहन ऊतक, बीज और पुष्प विकसित हुए।

व्यापक रूप से पादपों की विविधता विभिन्न पर्यावरणों में वृद्धि, परिवहन, जनन और उत्तरजीविता के संतुलन की अनेक विधियों को प्रदर्शित करती है।

12.6.5 जगत एनिमेलिया (जंतु जगत)— बहुकोशिकीय, विषमपोषी सुकेंद्रकी जीव

जंतु बहुकोशिकीय और विषमपोषी जीव होते हैं। वे अपने भोजन के लिए अन्य जीवों पर निर्भर रहते हैं। अधिकांश जंतु चलन, उद्दीपन के प्रति त्वरित अनुक्रिया और समन्वित व्यवहार की विशेषताएँ दर्शाते हैं। ये क्षमताएँ जंतुओं को भोजन खोजने, शिकारी से बचने और अपने परिवेश के साथ सक्रिय रूप से संपर्क बनाए रखने में सहायता करती हैं।

जंतुओं के वर्गीकरण का एक मुख्य आधार पृष्ठरज्जु (notochord) की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति है, जो एक लचीली छड़ाकार संरचना होती है। पृष्ठरज्जु की उपस्थिति अथवा अनुपस्थिति के आधार पर जंतुओं को दो समूहों में वर्गीकृत किया गया है— नॉन कॉर्डेटा (अकशेरुकी जीव) और कॉर्डेटा (कशेरुकी जीव)। कुछ कॉर्डेट में पृष्ठरज्जु कशेरुक दंड के विकास के लिए पूर्ववर्ती की भाँति कार्य करती है। कॉर्डेटा को आगे प्रोटोकॉर्डेटा तथा वर्टिब्रेटा के रूप में वर्गीकृत किया गया है।

अकशेरुकी जीव— पृष्ठरज्जु रहित जंतु

अकशेरुकी जीवों (Invertebrates) में पृष्ठरज्जु नहीं होती तब भी ये सरल से लेकर जटिल अंग-तंत्र तक शरीर संरचना की व्यापक विविधता दर्शाते हैं। अकशेरुकी जीवों का अध्ययन हमें यह समझने में सहायता करता है कि समय के साथ अपवादों और नई-नई चुनौतियों का सामना करते हुए गति, विभिन्न प्रकार की पोषण

© NCERT not to be republished

विधियों तथा उन्नत नियंत्रण और समन्वय जैसी विशेषताओं के साथ जंतुओं का शरीर किस प्रकार विकसित हुआ।

पोरीफेरा (छिद्रधारी जीव) — ऊतक रहित बहुकोशिकता

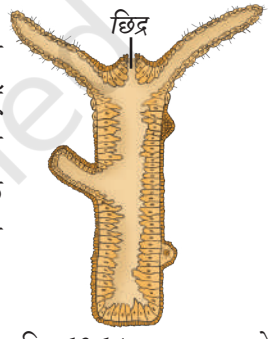
स्पंज सरलतम जंतु शरीर रचनाओं में से एक को प्रदर्शित करते हैं (चित्र 12.16 क)। ये बहुकोशिकीय होते हैं परंतु इनमें ऊतक और अंग संगठन नहीं होते हैं। इनके शरीर में अनेक छोटे-छोटे छिद्र और नाल होते हैं जिनसे जल निरंतर भीतर आता रहता है। यह जल भोजन के कण और ऑक्सीजन को कोशिकाओं तक पहुँचाता है और अपशिष्ट पदार्थों को वापस बाहर ले जाता है। स्पंज एक ही स्थान पर स्थिर रहते हैं और जलीय पर्यावरण में पाए जाते हैं। क्या आपको लगता है कि वे स्थल पर जीवित रह सकते हैं? क्यों अथवा क्यों नहीं?

जिज्ञासा-सूत्र

अनुसंधान अध्ययन दर्शाते हैं कि एक किलोग्राम स्पंज प्रतिदिन 24000 लीटर समुद्री जल को निस्यंदित कर सकता है।

नाइडेरिया — वास्तविक ऊतक और भोजन ग्रहण करने की सक्रिय प्रणाली

नाइडेरिया के जीव, जैसे — *हाइड्रा* (चित्र 12.14), जेलीफिश (चित्र 12.16 ख) और कोरल शरीर संगठन में एक महत्त्वपूर्ण परिवर्तन दर्शाते हैं। इनमें ऊतक-स्तरीय संगठन होता है जिससे विशेषीकृत कोशिकाएँ विशेष कार्य कर सकती हैं, जैसे— शिकार पकड़ने के लिए स्पर्शक। पोरीफेरा के विपरीत नाइडेरिया के जीव जल के प्रवाह पर निर्भर नहीं रहते बल्कि अपने स्पर्शक से शिकार पकड़ते हैं। यद्यपि इनके शरीर में एक ही छिद्र होता है जो भोजन के अंतर्ग्रहण और अपशिष्ट के निष्कासन दोनों का कार्य करता है। क्या आप अनुमान लगा सकते हैं कि इस शरीर की संरचना की क्या कमियाँ हो सकती हैं?



चित्र 12.14— ऊतक स्तर के संगठन को दर्शाती हुई हाइड्रा की अनुदैर्ध्य काट

प्लैटीहेल्मिन्थीस (चपटे कृमि) — द्विपार्श्व सममिति और दिशात्मक गति

चपटे कृमि शरीर के संगठन में प्रगति दिखाते हैं। इनमें द्विपार्श्व सममिति होती है (शरीर को एक तल से दो समान भागों में बाँटा जा सकता है)। इनके शरीर में सिर-पूँछ तक के और आगे-पीछे के भाग स्पष्ट होते हैं। यह शारीरिक संगठन गति का उन्नत समन्वय संभव करता है और यह दिशात्मक गति का आरंभ है। इनका चपटा शरीर बिना किसी विशेषीकृत श्वसन अंग के गैसों के प्रभावी विसरण को संभव बनाता है परंतु इनमें भी भोजन अंतर्ग्रहण और अपशिष्ट के निष्कासन के लिए एक ही छिद्र होता है।

अनेक चपटे कृमियों ने परजीवी जीवन शैली अपनाई है। इनमें अंकुश (hook) और चूषक (sucker) होते हैं जो इन्हें परपोषी के शरीर से दृढ़ता से जुड़ने और ऊतकों से पोषण प्राप्त करने में सहायता करते हैं (चित्र 12.16 ग)।

विज्ञान एवं समाज

कुछ संक्रामक रोग परजीवी कृमियों के कारण होते हैं। ये संदूषित जल और भोजन के माध्यम से हमारे शरीर में प्रवेश करते हैं। ये हमारे शरीर के भीतर विशेषकर आहार नाल (पाचन तंत्र) में रहते हैं। ये कृमि परजीवियों (किसी अन्य जीव के अंदर या ऊपर रहने वाले जीव) की भाँति हमारे शरीर में रहते हैं और उससे पोषण प्राप्त करते हैं। अत: यह सुझाव दिया जाता है कि अच्छे ढंग से हाथ धोइए, व्यक्तिगत स्वच्छता बनाए रखिए, स्वच्छता की आदतें अपनाइए, अच्छी तरह पका हुआ भोजन खाइए और उबले हुए या निस्यंदित किए गए जल का सेवन कीजिए।

नेमाटोडा (गोल कृमि) — दो छिद्रों वाली सुव्यवस्थित शरीर रचना

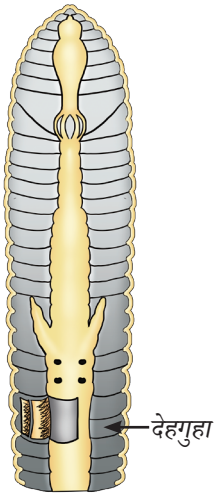
गोल कृमियों का शरीर लंबा और बेलनाकार होता है (चित्र 12.16 घ)। यह शरीर संरचना उन्हें मिट्टी, जल या परपोषी के ऊतकों में सरलता से गति करने में सहायता करती है। इस प्रकार की शरीर की संरचना गोल कृमियों को तुलनात्मक रूप से सरल आंतरिक संरचना के बावजूद विभिन्न पर्यावरणों में रहने की क्षमता

© NCERT not to be republished

प्रदान करती है। इनके शरीर में दो छिद्र (मुख और गुदा) होते हैं। अंग तंत्र स्तर का शरीर संगठन नर और मादा कृमियों में अलग-अलग होता है।

ऐनेलिडा (सखंड कृमि) — खंडीभवन और देहगुहा

ऐनेलिड जैसे कि केंचुए (चित्र 12.16 ङ) शरीर संगठन में उल्लेखनीय विकास प्रदर्शित करते हैं। इनके शरीर बेलनाकार और खंडों में विभाजित होते हैं। खंडीभवन से जीव को क्या लाभ हो सकते हैं? केंचुए की गति का अवलोकन करने से आपको यह संकल्पना निर्मित करने में सहायता मिल सकती है। इनमें अंग तंत्र स्तर का संगठन पाया जाता है। पेशियों की उपस्थिति गति करने में और तंत्रिका रज्जु नियंत्रण और समन्वय में सहायक होती है।



चित्र 12.15 — केंचुए की आंतरिक संरचना — अंग रचना और देहगुहा

खंडीभवन अधिक लचीलेपन और गति पर अपेक्षाकृत अधिक नियंत्रण को संभव बनाता है। इनमें देहगुहा भी उपस्थित होती है जैसा कि चित्र 12.15 में दर्शाया गया है।

आर्थ्रोपोडा (संधिपाद जीव)— संधित उपांग और बहिःकंकाल

आर्थ्रोपोडा (*आर्थ्रो* का अर्थ है — संधित और *पोडा* का अर्थ है — पाद) में कीट, केकड़े (चित्र 12.16 च) और मकड़ियाँ सम्मिलित हैं। इनके शरीर खंडयुक्त होते हैं और विभिन्न खंड अलग-अलग कार्यों के लिए विशेषीकृत होते हैं। आर्थ्रोपोड की एक निर्धारक संरचनात्मक विशेषता कठोर बहिःकंकाल (दृढ बाह्य आवरण) का विकास है। इस बाहरी आवरण के क्या लाभ हो सकते हैं?

यह बाह्य आवरण सुरक्षा प्रदान करता है, जल की हानि को कम करता है और मांसपेशियों को अवलंब प्रदान करता है जिससे ये आर्थोपोड शुष्क और अरक्षित पर्यावरण में जीवित रह पाते हैं।

सोचिए और बताइए

6. एक केंचुआ (ऐनेलिडा) और एक भृंग (आर्थ्रोपोडा) दोनों का शरीर खंडयुक्त होता है परंतु भृंग का बहिःकंकाल कठोर होता है। भृंग का बहिःकंकाल उसे जीवित रहने में किस प्रकार सहायता करता है?

चित्र	(क)	(ख)	(ग)	(घ)
	पोरीफेरा	नाइडेरिया	प्लेटिहेल्मेंथीस	नेमाटोडा
पर्यावास	जल (समुद्री)	जल (अलवण और समुद्री)	जल/परपोषी के अंदर	मृदा/जल/परपोषी के अंदर
संगठन का स्तर	कोशिकीय	ऊतक	अंग	अंग तंत्र प्रणाली (पाचन तंत्र)
कंकाल	अंतःकंकाल	X	X	X

चित्र 12.16 — जंतु जगत

© NCERT not to be republished

मोलस्का (मृदु कवची जीव) — कोमल काया के साथ अंग तंत्र स्तर का संगठन

मोलस्क जैसे कि घोंघा (चित्र 12.16 छ), स्क्विड और ऑक्टोपस में शरीर का संगठन अंगतंत्र स्तर का होता है और इनका शरीर कोमल होता है। कई मोलस्क में कवच का विकास इनके मृदु शरीर को सुरक्षा प्रदान करता है। इनका कोमल शरीर एक स्पष्ट सिर, पेशीय पाद और एक उभरे हुए भाग (hump) में विभाजित होता है।

यह समूह दर्शाता है कि किस प्रकार पर्यावरणीय आधार पर मूल शरीर रचना में विभिन्न प्रकार के रूपांतरण हो सकते हैं।

एकाइनोडर्मेटा (शूलचर्मी जीव) — पृष्ठरज्जु विहीन आंतरिक अवलंबन

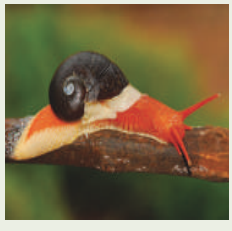
एकाइनोडर्म (एकाइनो का अर्थ है कांटेदार और डर्मा का अर्थ है त्वचा) जैसे स्टारफिश (चित्र 12.16 ज) और समुद्री अर्चिन में कैल्सियम कार्बोनेट से बना कठोर अंतःकंकाल होता है। यद्यपि इनमें पृष्ठरज्जु नहीं होती तब भी यह अंतःकंकाल सुरक्षा और नियंत्रित गति प्रदान करता है। इनका शरीर संगठन अपेक्षाकृत अधिक जटिल प्राणियों से काफी मिलता जुलता है जो इनके अंतः कंकाल की दृढ़ता की ओर क्रमिक विकास को दर्शाता है।

अकशेरुकी जीव — संक्षिप्त विवेचन

स्पंज से लेकर एकाइनोडर्म तक प्राणियों में शरीर संगठन की जटिलता बढ़ती जाती है। नई संरचनात्मक विशेषताएँ भोजन ग्रहण करने में सुधार करती हैं, गति को उन्नत बनाती हैं, सुरक्षा प्रदान करती हैं परंतु ये प्रायः नई चुनौतियाँ भी लाती हैं। ये सभी बातें विविध पर्यावरणों में उत्तरजीविता की समझ विकसित करने में सहायता करती हैं।

प्रोटोकॉर्डेट — पृष्ठरज्जु की उपस्थिति

प्रोटोकॉर्डेट (जैसे *ऐम्फिऑक्सस*) में पृष्ठरज्जु जीवन की किसी न किसी अवस्था में उपस्थित होती है। यह संरचना गति को सीमित किए बिना आंतरिक अवलंब प्रदान करती है और शरीर संगठन में एक महत्त्वपूर्ण परिवर्तन को दर्शाती है। प्रोटोकॉर्डेट आदिम कॉर्डेट हैं जो हमें यह समझने में सहायता करते हैं कि पृष्ठरज्जु वाले प्राणी अपेक्षाकृत सरल रूपों से किस प्रकार विकसित हुए होंगे।

(ङ)	(च)	 (छ)	(ज)
ऐनेलिडा	आर्थ्रोपोडा	मोलस्का	एकाइनोडर्मेटा
नम मिट्टी/जल	भूमि/जल	जल/नम भूमि	समुद्री जल
अंग तंत्र	अंग तंत्र	अंग तंत्र	अंग तंत्र
X	बहिःकंकाल	बहिःकंकाल	अंतःकंकाल

© NCERT not to be republished

कशेरुकी— कशेरुक दंड युक्त प्राणी

कशेरुकी प्राणियों में कशेरुक दंड (रीढ़ की हड्डी) होता है जो एक अंतःकंकाल संरचना है। यह शरीर को अवलंब प्रदान करता है और मस्तिष्क और मेरुरज्जु जैसे महत्त्वपूर्ण अंगों की रक्षा करता है। यह आंतरिक ढाँचा शरीर के अपेक्षाकृत बड़े आकार, प्रभावी गति और जटिल अंग-तंत्रों के विकास को संभव बनाता है। कशेरुकी प्राणी उन्नत संवेदी क्षमता और समन्वित व्यवहार दर्शाते हैं।

कशेरुकी जीवों को पाँच समूहों में विभाजित किया गया है — मत्स्य (Pisces), उभयचर (Amphibia), सरीसृप (Reptilia), पक्षी (Aves) और स्तनधारी (Mammalia)। यह वर्गीकरण उनके पर्यावास उपयोग, देहावरण और जनन के व्यापक प्रतिरूप (पैटर्न) के आधार पर किया गया है।

विज्ञान एवं समाज

व्यापक विविध वनस्पतिजात (flora) और प्राणिजात (fauna) से समृद्ध वन किस प्रकार अवरोधक की भाँति कार्य करते हैं और आपदाओं के प्रभाव को कम करते हैं?

समृद्ध जैव विविधता वाले वन भौतिक, जैविक और रासायनिक अवरोधक निर्मित करके चुनौतियों से सुरक्षा प्रदान करने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। कुछ उदाहरण निम्नलिखित हैं —

- मैंग्रोव वनों में वृक्षों की व्यापक विविधता ने वर्ष 1999 के ओडिशा के महाचक्रवात में बहुत सहायता की। जिन गाँवों में मैंग्रोव की संख्या जितनी अधिक थी वहाँ उतना ही कम विनाश हुआ।
- समृद्ध जैव विविधता से किलनी जनित रोगों का जोखिम सामान्यतः कम होता है। भारत के पश्चिमी घाट में वन विविधता मंकी ज्वर (क्यासानूर वन रोग; के.एफ.डी.) के विरुद्ध जैविक अवरोधक की भाँति कार्य करती है क्योंकि अनेक जंतु ऐसे परपोषी होते हैं जिनके शरीर में विषाणु प्रतिकृति नहीं कर सकता।
- वनों की मृदा और पादप मूलों में उपस्थित विभिन्न सूक्ष्मजीव प्रदूषकों को रूपांतरित अथवा विघटित कर देते हैं जिससे जल की गुणवत्ता में सुधार होता है और पारिस्थितिक तंत्र (पारितंत्र) सुरक्षित रहते हैं। मैंग्रोव मृदा, तलछट और भारी धातुओं को पाशित करके समुद्र और नदियों में प्रदूषण फैलने से रोकते हैं।

12.7 अनुकूलन — संरचनात्मक परिवर्तनों के परिणाम

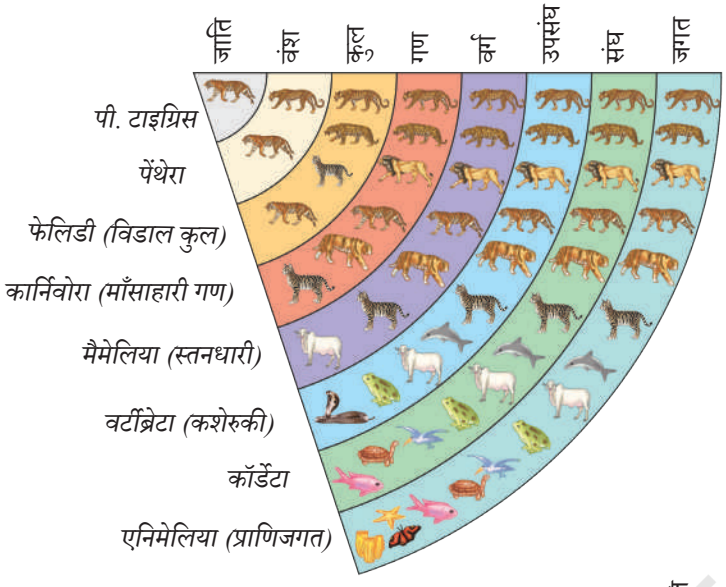
वर्तमान में प्राणियों में जो विविधता दिखाई देती है वह लंबे समय से शरीर की संरचना में हुए परिवर्तनों का परिणाम है। मछलियों में पख और क्लोम उन्हें जल में तैरने और श्वास लेने में सहायता करते हैं। पक्षियों में पंख और खोखली हड्डियाँ उड़ने में सहायक होती हैं। ऊँट में वसा का संचय और ध्रुवीय भालू में मोटा फर यह दर्शाते हैं कि किस प्रकार संरचनात्मक विशेषताएँ चरम स्थितियों में उत्तरजीविता में सहायता करती हैं। मादा स्तनधारियों में स्तन ग्रंथियाँ, अतिरिक्त संरचनात्मक और प्रकार्यात्मक परिवर्तन को दर्शाती हैं जिससे शिशुओं की उत्तरजीविता उन्नत होती है। ये विशेषताएँ परस्पर संबंधित हैं और दर्शाती हैं कि किस प्रकार विभिन्न कशेरुकी जीव विभिन्न पर्यावरणों में उत्तरजीविता की चुनौतियों का सामना करते हैं। ये सभी विशेषताएँ दर्शाती हैं कि प्राणी-विविधता, विभिन्न पर्यावरणीय स्थितियों में पाए जाने वाले सजीवों में विविध प्रकार के देह रूप प्रदर्शित करती है।

12.7.1 वर्गीकरण की पदानुक्रमी प्रकृति

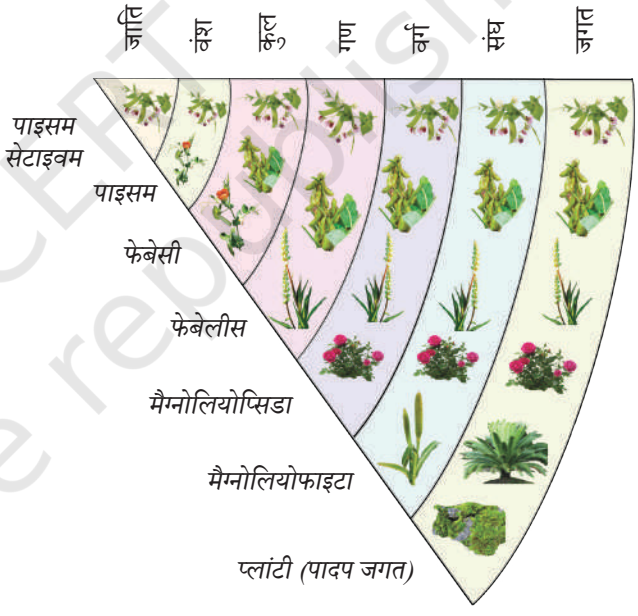
चित्र 12.17 का अवलोकन और विश्लेषण कीजिए। आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? वर्गीकरण एक क्रमबद्ध प्रक्रिया है जिसमें बड़े समूहों से आरंभ कर के छोटे और अधिक विशिष्ट समूहों तक पहुँचा जाता है। प्रत्येक निम्नतर स्तर पर जीव अधिक समान विशेषताओं को साझा करते हैं। प्रत्येक निम्नतर समूह अपने से ऊपर वाले बड़े समूह का भाग होता है।

जगत → संघ → वर्ग → गण → कुल → वंश → जाति

यह व्यवस्था एक पते (address) की तरह कार्य करती है। जिस प्रकार घर का पता हमें किसी सही स्थान को ढूँढ़ने में सहायता करता है उसी प्रकार वर्गीकरण वैज्ञानिकों को जीवों की पहचान, तुलना और अध्ययन के साथ ही उनके मध्य के संबंधों को समझने में सहायता करता है।



बाघ	
जगत	*एनिमेलिया (प्राणिजगत)*
संघ	*कॉर्डेटा*
उपसंघ	*वर्टीब्रेटा (कशेरुकी)*
वर्ग	*मैमेलिया (स्तनधारी)*
गण	*कार्निवोरा (माँसाहारी)*
कुल	*फेलिडी (विडाल)*
वंश	*पेंथेरा*
जाति	*पी. टाइग्रिस*



मटर	
जगत	*प्लांटी (पादप जगत)*
संघ	*मैग्नोलियोफाइटा*
वर्ग	*मैग्नोलियोप्सिडा*
गण	*फेबेलीस*
कुल	*फेबेसी*
वंश	*पाइसम*
जाति	*पाइसम सेटाइवम*

चित्र 12.17 — बाघ और मटर के पौधे के उदाहरणों के साथ ये पिरामिड शीर्ष पर जगत (Kingdom) से लेकर आधार पर जाति (Species) तक विभिन्न वर्गीकरण स्तरों को दर्शाते हैं।

12.8 वैज्ञानिक नामकरण — द्विनाम पद्धति

टाइगर को हिंदी में बाघ, तमिल में पुलि, अंग्रेजी में टाइगर और फ्रेंच में तीग्रे कहा जाता है। यदि अलग-अलग क्षेत्रों के लोग इस जंतु के संबंध में बात करें तो भ्रम उत्पन्न हो सकता है। इससे बचने के लिए वैज्ञानिक जीवों के नामकरण की एक सार्वभौमिक प्रणाली का उपयोग करते हैं, जिसे द्विनाम पद्धति कहा जाता है। यह प्रणाली कैरोलस लिनियस द्वारा 18वीं शताब्दी में प्रस्तुत की गई थी। इस प्रणाली के अनुसार प्रत्येक जीव का एक वैज्ञानिक नाम होता है जो दो भागों में होता है। इन नामों को लैटिन भाषा या उसके लैटिनकृत रूप में लिखा जाता है (तालिका 12.3)।

© NCERT not to be republished

चित्र 12.18— वैज्ञानिक नाम को दर्शाने वाला उदाहरण

तालिका 12.3— नामकरण की द्विनाम पद्धति में जीवों के वैज्ञानिक नाम

क्र.सं.	सामान्य नाम	वैज्ञानिक नाम
1.	बाघ	*पेंथेरा टाइग्रिस*
2.	आम	*मेंजीफेरा इंडिका*

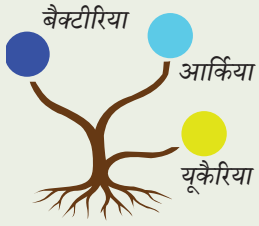
पहला शब्द *पेंथेरा* या *मेंजीफेरा* वंश का नाम है और दूसरा शब्द *टाइग्रिस* या *इंडिका* जाति का नाम है। एक वंश उन जातियों का समूह होता है जो आपस में निकट रूप से संबंधित होती हैं एवं उनमें समान विशेषताएँ पाई जाती हैं। उपर्युक्त उदाहरण में *पेंथेरा टाइग्रिस* (बाघ) और *पेंथेरा लिओ* (सिंह) 'पेंथेरा' वंश के अंतर्गत आते हैं। ये गर्जना करने वाली बिल्लियाँ हैं। इनमें दहाड़ने की क्षमता होती है और इनकी खोपड़ी की संरचना और अन्य कई संरचनाएँ समान होती हैं। जाति नाम जीवों के ऐसे समूह को दर्शाता है जिनमें एक जैसे जीव होते है जो परस्पर जनन करके संतान उत्पन्न करने की क्षमता रखते हैं। वंश और जाति के नाम मिलकर एक ऐसे विशिष्ट वैज्ञानिक नाम को बनाते हैं जिसका उपयोग संपूर्ण विश्व में किया जाता है।

वैज्ञानिक नाम लिखने के नियम

1. प्रत्येक वैज्ञानिक नाम के दो भाग होते हैं — वंश और जाति।
2. वंश का नाम पहले लिखा जाता है और अंग्रेजी भाषा में इसका पहला अक्षर बड़ा (capital) होता है इसके पश्चात जाति का नाम छोटे (small) अक्षरों में लिखा जाता है।
3. वैज्ञानिक नाम को तिरछे (*italics*) अक्षरों में लिखा जाता है और यदि हाथ से लिखा जाए तो इन्हें अलग-अलग रेखांकित किया जाता है (चित्र 12.18)।

पाँच जगत वर्गीकरण पद्धति ने पूर्व पद्धतियों की तुलना में अधिक व्यापक ढंग से जीवों को समूहित किया परंतु यह भी पूरी तरह से जीवन की विविधता को समझाने में असमर्थ रही। आनुवंशिकीय अनुसंधान के क्षेत्र में हुई अद्यतन प्रगति ने इस वर्गीकरण पद्धति को संशोधित करने में सहायता की है। सूक्ष्मदर्शी आनुवंशिक अनुसंधान में प्रगति एवं आनुवंशिक अध्ययन के पश्चात वैज्ञानिकों ने जीवों की तुलना डीएनए स्तर पर करना आरंभ किया। जैसा कि आप अध्याय 2 में पढ़ चुके हैं कि प्रत्येक जीवित कोशिका में आनुवंशिक पदार्थ (डीएनए) होता है जिनमें उस जीव की वृद्धि और प्रकार्यों संबंधी अनुदेश निहित होते हैं। जिन जीवों का डीएनए समान होता है उन्हें सहपूर्वजता वाला माना जाता है। आनुवंशिक आँकड़ों के आधार पर कार्ल वूस (1977) ने तीन डोमेन पद्धति प्रस्तावित की (चित्र 12.19)—

एक सोपान ऊपर



चित्र12.19 — जीवन के तीन डोमेन

- बैक्टीरिया
- आर्किया
- यूकैरिया

इस पद्धति ने दर्शाया कि अति सूक्ष्मजीव प्रकारों की विविधता उससे कहीं अधिक है जितना कि हम पहले सोचते थे।

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

वर्गीकरण पद्धतियाँ क्यों परिवर्तित होती हैं? क्या इससे यह ज्ञात होता है कि विज्ञान की कार्यप्रणाली क्या है? हाँ, जैसे-जैसे हमें नई-नई जानकारियाँ मिलती हैं वैसे-वैसे विज्ञान का विकास और प्रगति होती है। उदाहरण के लिए — अरस्तू की प्रणाली अपने समय के लिए उपयुक्त थी परंतु नए साधन (जैसे सूक्ष्मदर्शी)और तकनीकी प्रगति (जैसे अभिरंजक तकनीकें) के कारण वैज्ञानिकों ने सूक्ष्मजीवों की खोज की। इन खोजों ने हमें प्राकृतिक संसार को बेहतर ढंग से समझने में सहायता की जिससे वर्गीकरण में परिवर्तन होता गया। अतः हम कह सकते हैं कि जैविक वर्गीकरण (और विज्ञान) निरंतर विवेचन और परिवर्तन की प्रक्रिया है।

12.9 जीवाश्म — प्रमाण के रूप में

जब हम समय के साथ विविधता में परिवर्तन की चर्चा करते हैं तो हमारे पास इसके क्या प्रमाण होते हैं? जीवाश्म (fossil) पादपों और जंतुओं के ऐसे परिरक्षित अवशेष होते हैं जो चट्टानों, रेत और मिट्टी की परतों में दबे पाए जाते हैं। सामान्यतः पुरानी परतों में अपेक्षाकृत साधारण जीव मिलते हैं जबकि नई परतों में अधिक जटिल जीव मिलते हैं। विशाल डायनासोर से लेकर प्रारंभिक मानवों और प्राचीन पादपों तक भारत में भी कई महत्त्वपूर्ण जीवाश्म पाए गए हैं। जीवाश्म प्राकृतिक अभिलेख की भाँति कार्य करते हैं जिससे हमें यह समझने में सहायता मिलती है कि करोड़ों वर्षों में जीवन में किस प्रकार के परिवर्तन देखे गए हैं।

12.10 जैव विविधता पर मंडराता खतरा

प्रत्येक जाति चाहे वह बड़ी हो या छोटी, प्रकृति में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है। पौधे भोजन और ऑक्सीजन का उत्पादन करते हैं, जंतु पुष्पों का परागण और बीजों का प्रकीर्णन करते हैं तथा सूक्ष्मजीव पोषक तत्वों का पुनर्चक्रण करते हैं। प्रदूषण, वनों की कटाई, संसाधनों का अत्यधिक उपयोग जैसी मानवीय गतिविधियों और जलवायु परिवर्तन के कारण जैव विविधता का ह्रास हो रहा है। पृथ्वी से जब कोई एक जाति विलुप्त हो जाती है तो उस पर निर्भर अन्य जातियाँ भी धीरे-धीरे कम हो सकती हैं और अंततः विलुप्त भी हो सकती हैं।

वैज्ञानिक-परिचय

बीरबल साहनी

बीरबल साहनी एक प्रसिद्ध वैज्ञानिक थे जिन्होंने जीवाश्म पादपों का अध्ययन किया था। इन्होंने लखनऊ में बीरबल साहनी जीवाश्म विज्ञान संस्थान (बी.एस.आई.पी.) की स्थापना की। वर्तमान में भी यह संस्थान प्राचीन पादपों और अतीत के पर्यावरण पर उनके कार्य को निरतंर बनाए रखे हुए है। इनके अध्ययनों ने वर्तमान समय के पौधों को उनके पूर्वजों से जोड़ने में महत्त्वपूर्ण योगदान दिया है और सिद्ध किया है कि पृथ्वी पर जीवन की एक अटूट ऐतिहासिक शृंखला है। इनके कार्य वर्तमान के युवा वैज्ञानिकों को यह खोज करने के लिए प्रेरित करते हैं कि जीवाश्म हमारे ग्रह की कहानी को किस प्रकार उद्घाटित करते हैं।

सोचिए और बताइए

7. क्या जैव विविधता शब्द का संबंध केवल जीवों की विविधता से है अथवा इसमें अन्य तत्व भी सम्मिलित हैं?
8. यदि आपको किसी तालाब में कोई नया जीव दिखाई देता है तो आप उसे वर्गीकृत करने के लिए उसकी किन विशेषताओं का अवलोकन करेंगे और क्यों?
9. आनुवंशिक अध्ययन सजीवों के संबंध में गहन जानकारी क्यों प्रदान करते हैं?
10. जलवायु में होने वाले परिवर्तन जैव विविधता को किस प्रकार प्रभावित कर सकते हैं?

जिज्ञासा-सूत्र

जब वैज्ञानिक किसी नए जीव की खोज करते हैं तो वे उसकी तुलना पहले से ज्ञात जातियों से करते हैं। कभी-कभी जाति का नाम उसकी खोज के स्थान के नाम पर अथवा किसी वैज्ञानिक के सम्मान में रखा जाता है। केरल में पाए गए बैंगनी मेंढक (purple frog)— *नासिकाबैट्रेकस सह्याद्रेंसिस* में जाति का नाम सह्याद्रि पर्वतमाला के नाम पर रखा गया है (चित्र 12.20)।

यह बैंगनी मेंढक वर्ष के अधिकांश समय भूमिगत रहता है और केवल मानसून में प्रजनन के लिए बाहर आता है। जीवाश्मों के अध्ययनों से ज्ञात होता है कि यह मेंढकों के एक प्राचीन कुल से संबंधित है। वर्ष 2003 में हुई इसकी खोज ने वैज्ञानिकों को प्राचीन उभयचर समूहों को समझने में सहायता की है और पश्चिमी घाट में जैव विविधता संरक्षण की आवश्यकता की ओर ध्यान आकर्षित किया है।

चित्र 12.20— नम मृदा पर विश्राम करता बैंगनी मेंढक

© NCERT not to be republished

विज्ञान एवं समाज

तैरते हुए घास के मैदान जिन्हें स्थानीय भाषा में *फुमडिस* कहा जाता है संसार के विशिष्ट पर्यावासों में से एक के रूप में वर्गीकृत किए गए हैं। ये भारत के मणिपुर राज्य में स्थित केइबुल लामजाओ राष्ट्रीय उद्यान की लोकटक झील में स्थित हैं। ये मिट्टी की तैरती हुई परतें होती हैं जिन पर मूलबद्ध वनस्पतियाँ उगती हैं। इनमें प्रचुर मात्रा में जैविक पदार्थ पाए जाते हैं। इनकी मोटाई कुछ सेंटीमीटर से लेकर दो मीटर तक हो सकती है। यह पर्यावास विशिष्ट वनस्पतियों के समूह को आश्रय देता है और यहाँ *संगाई* नामक हिरण की जाति पाई है जो संकटापन्न है। इसे नृत्य करने वाला हिरण भी कहा जाता है। यह हिरण स्थानिक रूप से मणिपुर में ही पाया जाता है। यह हिरण अपना अधिकांश समय इस छोटे से क्षेत्र में सीमित *फुमडिस* पर ही व्यतीत करता है। हिरण की इस जाति को वर्ष 1951 में विलुप्त घोषित कर दिया गया था। वर्ष 1953 में *संगाई* हिरण की इस जाति को इसके खुरों और लंबे पैरों की विशेष बनावट के आधार पर प्रकृतिवादियों के प्रयासों से पुनः खोजना संभव हो सका। इन विशेषताओं ने हिरण की इस जाति की पहचान करने में सहायता की है। वर्तमान वर्षों में *फुमडिस* नष्ट होते जा रहे हैं और *संगाई* हिरण को आई.यू.सी.एन. (International Union for Conservation of Nature) की रेड डेटा सूची में सम्मिलित किया गया है। पर्यावास के नष्ट होने से संगाई हिरणों की जनसंख्या पर गंभीर प्रभाव पड़ेगा। वर्तमान में *फुमडिस* और *संगाई* हिरण के संरक्षण के लिए प्रयास किए जा रहे हैं। *संगाई* हिरण और उसके पर्यावास को बचाने के लिए अपने सुझाव दीजिए।

सारांश

- पृथ्वी पर जीवन सरल जीवाणुओं से लेकर जटिल जंतुओं तक अनेक रूपों में पाया जाता है।
- वैज्ञानिक जीवों का वर्गीकरण कोशिका की संरचना, कोशिकाओं की संख्या, पोषण की विधि तथा जीवों की पारिस्थितिकीय भूमिका के आधार पर करते हैं।
- व्हिटेकर की पाँच-जगत वर्गीकरण प्रणाली— मोनेरा, प्रोटिस्टा, फंजाई, प्लांटी और एनिमेलिया जैव विविधता को समझने की एक सरल और उपयोगी प्रणाली है।
- जगत प्लांटी (पादप जगत) को पाँच वर्गों — थैलोफाइटा, ब्रायोफाइटा, टेरिडोफाइटा, जिम्नोस्पर्म और एंजियोस्पर्म में विभाजित किया गया है।
- जगत एनिमेलिया (जंतु जगत) को पृष्ठरज्जु के निर्माण के आधार पर नॉन कॉर्डेटा (अकशेरुकी जीव) और कॉर्डेटा (कशेरुकी जीव) में विभाजित किया गया है। नॉन कॉर्डेटा को पोरीफेरा, नाइडेरिया, प्लेटीहेल्मिन्थीज, नेमाटोडा, एनेलिडा, आर्थ्रोपोडा, मोलस्का तथा एकाइनोडर्मेटा में विभाजित किया गया है।
- प्रोटोकॉर्डेटा अकशेरुकी जीवों से कशेरुकी जीवों की ओर परिवर्तन दर्शाते हैं क्योंकि इनके जीवन में कम-से-कम किसी एक अवस्था में पृष्ठरज्जु पाई जाती है। कशेरुकी जीवों को आगे मत्स्य, उभयचर, सरीसृप, पक्षी और स्तनधारी वर्गों में विभाजित किया गया है।
- वर्गीकरण केवल जीवों के नामकरण तक सीमित नहीं है। यह हमें जीवों के बीच के संबंध को समझने में पृथ्वी पर जीवन के इतिहास का पता लगाने तथा जैव विविधता के संरक्षण में सहायता करता है।

© NCERT not to be republished

अभ्यास प्रश्न

1. मीना और हरि ने अपने उद्यान में एक जंतु देखा। हरि ने उसे कीट कहा जबकि मीना ने कहा कि वह केंचुआ है। उस सही विकल्प को चुनिए जो यह पुष्टि करता है कि वह एक कीट है।
   (i) द्विपार्श्व सममिति की काया
   (ii) संधित पाद वाली काया
   (iii) बेलनाकार काया
   (iv) कम खंडीभवन वाली काया
2. स्पंज, जंतु जगत की सबसे सरल शरीर-संरचना वाले जीवों का प्रतिनिधित्व करते हैं। उनके शरीर में वास्तविक ऊतक और अंग नहीं होते हैं। स्पंज कोशिकाओं की कौन-सी विशेषता उसे जंतु जगत के अंतर्गत वर्गीकृत करने का आधार है?
   (i) माइटोकॉन्ड्रिया की अनुपस्थिति
   (ii) प्रकाश संश्लेषण करने की क्षमता
   (iii) कोशिका झिल्ली की उपस्थिति
   (iv) कोशिका भित्ति की उपस्थिति
3. अपने आस-पास के वातावरण में दो अलग-अलग जीवों का अवलोकन कीजिए। उनकी कौन-सी विशेषताएँ आपको उनमें अंतर करने में सहायता करती हैं? ये विशेषताएँ किस प्रकार से उन्हें भिन्न समूहों में रखने में सहायता प्रदान करती हैं?
4. कोई वैज्ञानिक वर्गीकरण करने के लिए जाइलम और फ्लोएम की उपस्थिति की तुलना में कोशिकीय संगठन को अधिक मौलिक आधार बनाना किस प्रकार न्यायसंगत सिद्ध करता है।
5. यदि आपको एक बिना नाम वाली स्लाइड पर ऐसा एककोशिकीय जीव मिले जिसमें सुस्पष्ट केंद्रक तथा अनेक पक्ष्माभ हों तो उसके किस समूह का सदस्य होने की सर्वाधिक संभावना है? कारण बताइए।
6. किसी पारिस्थितिक तंत्र के संतुलन और स्थायित्व में जीवों की विविधता किस प्रकार योगदान देती है?
7. यदि सभी एककोशिकीय जीवों को एक ही जगत में रख दिया जाए तो कौन-कौन सी समस्याएँ उत्पन्न होंगी?
8. विषाणुओं के विषय में आप पहले की कक्षाओं में पढ़ चुके हैं। इन्हें पाँच-जगत में से किसी के भी अंतर्गत क्यों नहीं रखा गया? कारण बताइए।
9. यदि आप से पाँच वर्गीकरण में संशोधन करने के लिए कहा जाए तो क्या आप विषाणु को पृथक श्रेणी में रखेंगे या इस प्रणाली से बाहर रखेंगे? अपने उत्तर को उचित ठहराइए और स्पष्ट कीजिए कि यह वैज्ञानिक वर्गीकरण की विकासशील प्रकृति के संबंध में क्या संकेत देता है।
10. विषाणुओं में सजीवों की भाँति आनुवंशिक पदार्थ होता है परंतु इनमें कोशिकीय संगठन नहीं होता। इनकी कौन-सी विशेषताएँ इन्हें पाँच जगत प्रणाली के अंतर्गत रखे जाने से रोकती हैं? इस बात से हमें वर्गीकरण प्रणालियों की कमियों के विषय में क्या ज्ञात होता है?
11. टेरिडोफाइट और ब्रायोफाइट दोनों में पुष्प और बीज नहीं पाए जाते हैं तब भी इन्हें अलग-अलग समूहों में रखा गया है। इनकी मुख्य विशेषताओं के आधार पर इस वर्गीकरण को स्पष्ट कीजिए।

© NCERT not to be republished

12. वर्गीकरण पदानुक्रम में वर्ग अथवा वंश में से किस समूह में सदस्यों की संख्या कम होती है परंतु वे अधिक विशेषताएँ साझा करते हैं? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।
13. एक वैज्ञानिक एक नए जीव की खोज करता है जिसमें चलन की क्षमता तथा स्वपोषी पोषण का गुण पाया जाता है। पाँच जगत वर्गीकरण के अनुसार कौन-सी विशेषताएँ वैज्ञानिक को इस जीव को प्रोटिस्टा कुल में रखने में सहायता करेंगी?
14. एक शोधकर्ता ने एक एककोशिकीय सुकेंद्रकी जीव की पहचान कवक के रूप में की है। पाँच जगत वर्गीकरण के अनुसार किसी एककोशिकीय जीव को जगत फंजाई में रखने के लिए आप कौन-सी पहचान कुंजी को सुझाएँगे?
15. एक दीर्घकालिक पारिस्थितिकीय अध्ययन के दौरान विद्यार्थियों ने तीन अलग-अलग पर्यावरणों — एक अलवणीय जल के तालाब, सड़ी-गली लकड़ियों के आस-पास की नमी युक्त मिट्टी तथा जंतुओं के पाचन तंत्र से एकत्रित किए गए जीवों का परीक्षण किया। वैज्ञानिकों ने जीवों का प्रत्यक्षतः नामकरण करने के स्थान पर केवल उनकी संरचनात्मक, कोशिकीय तथा पोषण संबंधी विशेषताओं को नीचे दी गई तालिका के अनुसार अभिलेखित किया।

जीव	मुख्य अवलोकन
P	सूक्ष्मदर्शीय, वास्तविक केंद्रक अनुपस्थित, दृढ़ कोशिका आवरण, उच्च लवणता और तापमान में जीवित रहता है।
Q	बहुकोशिकीय, तंतुमय काया, कोशिका भित्ति उपस्थित, पर्णहरित अनुपस्थित, मृत कार्बनिक पदार्थ पर वृद्धि करता है।
R	एककोशिकीय, वास्तविक केंद्रक उपस्थित, संकुचनशील धानी उपस्थित, कशाभ द्वारा गति करता है, प्रकाश की उपस्थिति में प्रकाश-संश्लेषण करता है और प्रकाश की अनुपस्थिति में विषमपोषी बन जाता है।
S	बहुकोशिकीय, सुविभेदित ऊतक, मेरुदंड उपस्थित; जीवन की प्रारंभिक अवस्था में जलीय श्वसन।
T	अकोशिकीय, आनुवंशिक पदार्थ उपस्थित, परपोषी कोशिका के बाहर निष्क्रिय रहता है।

विद्यार्थियों ने यह अनुभव किया कि कुछ जीवों को व्हिटेकर के पाँच जगत वर्गीकरण के अंतर्गत स्पष्ट रूप से रखा जा सकता है। जबकि कुछ इस वर्गीकरण की मूल अवधारणा को चुनौती देते हैं।

उपर्युक्त अध्ययन के आधार पर निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए —

(i) किसी एक ऐसे जीव की पहचान कीजिए जो स्पष्ट रूप से जगत फंजाई में सम्मिलित हो। अपने उत्तर के समर्थन में एक अवलोकन लिखिए।

(ii) कौन-सा जीव जगत मोनेरा में सम्मिलित किया जाएगा? इस वर्गीकरण को सगंत पूर्ण ठहराने वाली एक विशेषता लिखिए।

(iii) जीव 'R' और 'Q' दोनों सुकेंद्रकी हैं तब भी इन्हें अलग-अलग जगतों में सम्मिलित किया गया है। उन मानदंडों का विश्लेषण कीजिए जो इन्हें अलग करते हैं।

(iv) समझाइए कि जीव 'S' का वर्गीकरण केवल पोषण की विधि के आधार पर क्यों नहीं किया जा सकता।

© NCERT not to be republished

(v) जीव 'T' पाँचों जगतों में से किसी में भी नहीं रखा जा सकता है। वर्गीकरण में प्रयुक्त कौन-सी मूलभूत विशेषता इसमें नहीं है और इससे वर्गीकरण प्रणालियों की कमियों के विषय में क्या पता चलता है?

(vi) यदि वर्गीकरण केवल पर्यावास के आधार पर किया गया होता तो किन जीवों को अयथार्थ रूप से एक साथ समूहित किया जा सकता था? ऐसे वर्गीकरण के वैज्ञानिक परिणामों की व्याख्या कीजिए।

(vii) कल्पना कीजिए कि वैज्ञानिकों ने एक ऐसे नए जीव की खोज की है जो बहुकोशिकीय तथा सुकेंद्रकी है। उसमें पर्णहरित नहीं है और वह बाहर से किसी परपोषी से पोषक तत्व अवशोषित करता है। बताइए इसे फंजाई या एनीमेलिया में से किस जगत में सम्मिलित किया जाना चाहिए? वर्गीकरण के मानदंडों के आधार पर अपने तर्क को उचित ठहराइए।

परियोजना कार्य

- अपने आस-पास के किसी उद्यान अथवा जलाशय पर जाइए। जलाशय और उसके आस-पास के क्षेत्र का अवलोकन कीजिए। वहाँ पाए जाने वाले दस जीवों की पहचान कीजिए और उन्हें विभिन्न जगत में वर्गीकृत कीजिए।
- किसी माली या वनकर्मी का साक्षात्कार कीजिए। उनसे पूछिए कि वे पादप जातियों की पहचान किस प्रकार करते हैं। पहचान करने की पारंपरिक वैज्ञानिक विधियों की तुलना कीजिए।
- यदि आप पक्के बाघ अभयारण्य या अपनी पसंद के किसी अन्य पक्षी अभयारण्य का अध्ययन कर रहे हैं तो पक्षियों की जातियों की जानकारी को आप किस प्रकार व्यवस्थित करेंगे?
- किसी गाँव के पास स्थित वन क्षेत्र में जाकर सर्वेक्षण कीजिए और समुदाय के जानकार व्यक्तियों के पारंपरिक स्थानीय ज्ञान की सहायता से खाद्य तथा विषैले मशरूमों की पहचान कीजिए।
- भारत और विश्व में समय-समय पर विविध वनस्पतिजात और प्राणीजात पर प्रकाशित किए गए डाक टिकटों को संग्रहीत कर उनका अध्ययन कीजिए। अपने अधिगम के आधार पर मानदंड बना कर उनका वर्गीकरण कीजिए। इसके साथ ही विद्यालय में डाक टिकट संग्रह (philately) की प्रदर्शनी आयोजित कीजिए और इस प्रदर्शनी में अपने कार्य को प्रदर्शित कीजिए।
- किसी विलुप्त जाति का अन्वेषण कीजिए और विश्लेषण कीजिए कि उसके लुप्त होने से उस पर निर्भर रहने वाले जीवों तथा पारिस्थितिक तंत्र के पारिस्थितिकीय संतुलन पर क्या प्रभाव पड़ा।
- देश के विभिन्न भागों में कृषि की भिन्न-भिन्न पद्धतियों में उपयोग होने वाले पशुधन की विविधता का अध्ययन कीजिए।

खोज जारी है...

आपके विचार से वैज्ञानिक भविष्य में कौन-सी नई जानकारियाँ प्राप्त करेंगे और इससे वर्गीकरण प्रणाली पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

© NCERT not to be republished

0907CH13

अध्याय

13

पृथ्वी एक तंत्र — ऊर्जा, द्रव्य और जीवन

चिंतन कीजिए

- अरब सागर के जल के गर्म होने से भारत के दक्षिण-पश्चिम मानसून पर क्या प्रभाव पड़ता है?
- यदि किसी बड़े वन क्षेत्र को हटा दिया जाए तो उस क्षेत्र की नदी के प्रवाह पर इसका क्या प्रभाव हो सकता है?
- यदि हिमानियाँ (glaciers) और ध्रुवीय बर्फ तेजी से पिघलती रही तो भारत के तटीय शहरों पर इसका क्या प्रभाव पड़ सकता है?
- वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा बढ़ने से महासागरीय प्लवक (plankton) पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

ऊर्जा और द्रव्य के निरंतर प्रवाह से पृथ्वी पर जीवन संचालित होता है। सूर्य ऊर्जा का एक मुख्य स्रोत है। इसके अतिरिक्त पृथ्वी का गर्म आंतरिक भाग एवं वायु, जल और चट्टानों में होने वाली रासायनिक अभिक्रियाएँ भी ऊर्जा और द्रव्य के प्रवाह को संचालित करती हैं। मध्य स्तर की पाठ्यपुस्तक *जिज्ञासा* (कक्षाएँ 6–8) एवं इस पुस्तक के पूर्व अध्यायों में आपने इन विषयों को अलग-अलग विषय-वस्तुओं के रूप में सीखा। उदाहरण के लिए— आप समझ चुके हैं कि सूर्य का प्रकाश, पवन और जल-चक्र को किस प्रकार संचालित करता है; पादप और सूक्ष्मजीव, पोषक तत्वों का चक्र कैसे बनाए रखते हैं; पृथ्वी की धुरी का झुकाव, विभिन्न ऋतुओं के निर्माण में किस प्रकार मुख्य भूमिका निभाता है और मानवीय गतिविधियाँ वायु, जल, मृदा एवं जलवायु को किस प्रकार प्रभावित कर रही हैं? अब इस अध्याय में हम पृथ्वी तंत्र से संबंधित सभी प्रक्रियाओं पर एक साथ विचार करेंगे जिसमें परस्पर क्रिया करने वाले निम्नलिखित मंडल सम्मिलित हैं—

- **भूमंडल**— ठोस चट्टानें, मृदा, भू-आकृतियाँ (जैसे— दक्कन का पठार और थार मरुस्थल) तथा पृथ्वी का आंतरिक भाग।
- **जलमंडल**— द्रव रूप में पाया जाने वाला सतही जल, जैसे— महासागर, नदियाँ (गंगा एवं ब्रह्मपुत्र नदी तंत्र), झीलें और भूजल।

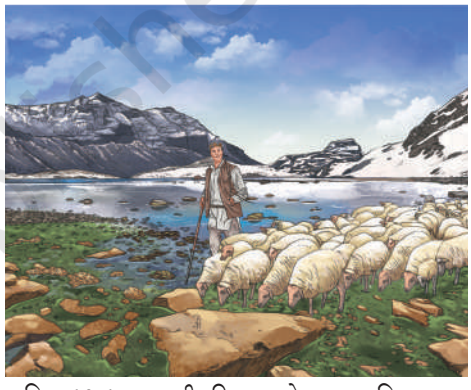
© NCERT not to be republished

- **हिममंडल**— जल का ठोस रूप, जैसे— हिम और बर्फ (हिमालयी हिमानियाँ, लद्दाख में जमी बर्फ और ध्रुवीय हिम छत्रक)।
- **वायुमंडल**— पृथ्वी के चारों ओर की वायु जिसे हम श्वास के रूप में ग्रहण करते हैं (पहाड़ों और वनों में अधिक स्वच्छ वायु पाई जाती है)।
- **जैवमंडल**— सभी जीवित जीव और उनके पर्यावास (जिनमें मैंग्रोव, वन, खेत, महासागरीय प्लवक और प्रवाल भित्तियाँ सम्मिलित हैं)।

अब हम यह समझेंगे कि ऊर्जा और द्रव्य, पृथ्वी के विभिन्न मंडलों के मध्य कैसे संचालित होते हैं, किस प्रकार परस्पर अंतःक्रिया करते हैं तथा एक मंडल में यदि परिवर्तन होता है तो अन्य मंडल उससे किस प्रकार प्रभावित होते हैं। इन प्रक्रियाओं को समझना, विज्ञान के अध्ययन की अनवरत यात्रा का एक महत्त्वपूर्ण भाग रहा है। प्राकृतिक प्रक्रियाएँ, जैसे— सौर विकिरण द्वारा ऊष्मण, वायु और जल का संचलन तथा पोषक तत्वों का चक्रण, इन सभी मंडलों को एक सूक्ष्म संतुलन में जोड़ते हैं। आइए, हम इसे क्रियाकलाप 13.1 के माध्यम से समझते हैं और यह जानने का प्रयास करते हैं कि पृथ्वी पर विभिन्न मंडल किस प्रकार निरंतर परस्पर क्रिया करते हैं।

क्रियाकलाप 13.1— आइए, अन्वेषण करें

1. चित्र 13.1 में दर्शाए गए पृथ्वी के अभिलक्षणों का **अवलोकन** कीजिए। भूमंडल, जलमंडल, हिममंडल, वायुमंडल और जैवमंडल को निरूपित करने वाले एक उदाहरण को **पहचानें** और उन पर घेरा बनाएँ।
2. हिम (cryosphere) अंततः झील (hydrosphere) का भाग किस प्रकार बनती है?
3. यदि कुछ वर्षों तक शीतकाल में हिमपात कम हो जाए तो इससे झील के जल स्तर और भेड़ों के लिए उपलब्ध घास पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
4. अपने सहपाठियों के साथ चर्चा कीजिए और लिखिए कि ये सभी मंडल परस्पर किस प्रकार संबंधित हैं और किसी एक मंडल में विक्षोभ अन्य मंडलों में किस प्रकार का परिवर्तन ला सकता है।



चित्र 13.1 — पृथ्वी की सतह के कुछ अभिलक्षण

क्रियाकलाप 13.1 से हम यह **निष्कर्ष** निकाल सकते हैं कि एक मंडल में विक्षोभ अन्य मंडलों में भी परिवर्तन ला सकता है। उदाहरण के लिए— शीतकाल में हिमपात कम होता है तो ग्रीष्मकाल में झील का जल स्तर घट जाता है। परिणामस्वरूप मैदानों में घास की वृद्धि के लिए जल कम उपलब्ध हो पाता है। इसी प्रकार बड़े स्तर पर अरब सागर के गर्म जल के कारण समुद्र से अधिक वाष्पीकरण होता है। परिणामस्वरूप दक्षिण-पश्चिम मानसून में उतार-चढ़ाव होता है और वर्षा में असमानता के कारण भारत के कुछ क्षेत्रों में बाढ़ आ सकती है जबकि अन्य क्षेत्र सूखाग्रस्त रह सकते हैं। यह जलमंडल को बाधित करता है। साथ ही वायुमंडलीय ताप में वृद्धि के कारण हिममंडल में हिमानियों और ध्रुवीय हिम के पिघलने की दर बढ़ने से निचले क्षेत्रों में बाढ़ आ सकती है और इसके परिणामस्वरूप भविष्य में समुद्र का जल स्तर बढ़ने से तटीय शहरों को खतरा उत्पन्न हो सकता है। यह जैवमंडल में पारितंत्रों को पर्यावास हानि के कारण विक्षोभित कर सकता है।

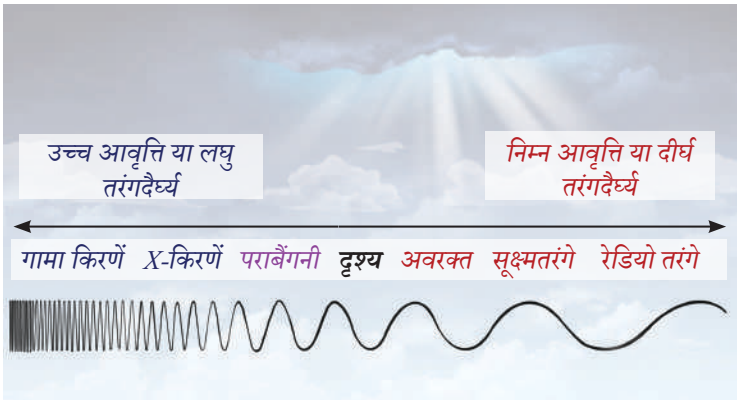
क्या सौर विकिरण पृथ्वी की सतह को समान रूप से गर्म करती है? आइए, अन्वेषण करें कि सौर विकिरणें भूमध्य रेखा से ध्रुवों तक, महासागरों से पर्वतों तक कैसे परिवर्तित होती हैं और यह पृथ्वी के अनेक प्राकृतिक प्रक्रम, जैसे— पवन, महासागरीय धाराएँ, जलचक्र आदि को किस प्रकार संचालित करती हैं।

13.1 पृथ्वी का असमान ऊष्मीकरण

पृथ्वी पर ऊर्जा का मुख्य स्रोत सौर विकिरण है। यह पृथ्वी पर **विद्युत चुंबकीय (electromagnetic waves—EM) तरंगों** के रूप में पहुँचती है जो कि निर्वात में प्रकाश की गति से चलती है (विद्युत

© NCERT not to be republished

चुंबकीय तरंगों के विपरीत ध्वनि तरंगें यांत्रिकी तरंगें होती हैं और उनके संचरण के लिए एक माध्यम की आवश्यकता होती है जिनके विषय में आपने अध्याय 10, ध्वनि तरंगें— अभिलक्षण एवं अनुप्रयोग में पढ़ा है)। निर्वात में प्रकाश का वेग 3×10^8 ms^{-1} होता है। विद्युत चुंबकीय तरंगों के अंतर्गत आवृत्तियों का एक विस्तृत परास होता है जिसमें उच्च आवृत्ति या लघु तरंगदैर्घ्य विकिरण **(gamma rays** और **X-rays)** से निम्न आवृत्ति या दीर्घ तरंगदैर्घ्य **(infrared** और **radio waves)** सम्मिलित हैं। उच्च आवृत्ति की (EM) तरंगें, जैसे— गामा-किरणों और X-किरणों की ऊर्जा अत्यधिक होती है और वे पृथ्वी पर जीवन के लिए हानिकारक हो सकती हैं।



चित्र 13.2—विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम

विद्युत चुंबकीय विकिरण के पूरे परास को **विद्युत चुंबकीय स्पेक्ट्रम** कहते हैं जैसा कि चित्र 13.2 में दर्शाया गया है। यद्यपि पृथ्वी पर पहुँचने वाली सौर विकिरण मुख्य रूप से पराबैंगनी (UV), दृश्य और अवरक्त (IR) परास की होती हैं। सूर्य की लगभग 99 प्रतिशत ऊर्जा इन्हीं तरंगदैर्घ्यों में होती है। स्पेक्ट्रम के ये तीनों क्षेत्र पृथ्वी की जलवायु को आकार देते हैं और जीवन के लिए सहायक होते हैं। गामा किरणें और X-किरणें अधिकांशतः पृथ्वी के ऊपरी वायुमंडल द्वारा छान (filter) ली जाती हैं जबकि सूक्ष्मतरंगों और रेडियो तरंगों की ऊर्जा बहुत कम होने के कारण ये पृथ्वी को पर्याप्त रूप से गर्म करने में सक्षम नहीं होती हैं।

लघु तरंगदैर्घ्य वाली पराबैंगनी (UV) विकिरणों का अधिकांश भाग ऊपरी वायुमंडल में स्थित ओजोन परत द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है जिससे पृथ्वी पर जीवन को सुरक्षा मिलती है तथा वायुमंडल के कुछ भागों को ऊष्मा प्राप्त होती है। सूर्य से दृश्य प्रकाश पृथ्वी की सतह पर पहुँचता है और प्रकाश संश्लेषण के लिए ऊर्जा प्रदान करता है जो कि अधिकांश जीवों के लिए भोजन का प्राथमिक स्रोत है। यह भूमि और जल को आंशिक रूप से गर्म भी करता है। अवरक्त विकिरणें जो पृथ्वी की सतह को गर्म करती हैं, ऊष्मा को पुनः वायुमंडल में विकिरित कर देती हैं। बाहर जाने वाली इस ऊष्मा का कुछ भाग हरितगृह गैसों, जैसे— कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2), मीथेन (CH_4) और जलवाष्प द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है जिससे पृथ्वी का ताप जीवन के लिए अनुकूल बना रहता है।

आइए, और चिंतन करें

पराबैंगनी (UV) किरणों की तरंगदैर्घ्य का परास 100 nm से 400 nm [1 नैनोमीटर (nm) = 10^{-9}m] होता है और उसकी ऊर्जा दृश्य प्रकाश से कहीं अधिक होती है। लंबे समय तक इन किरणों के उद्भासित होने पर नेत्रों और त्वचा को हानि हो सकती है और कैंसर होने की संभावना भी बढ़ जाती है। यदि कोई व्यक्ति पराबैंगनी किरणों के संपर्क में आता है तो उसे पराबैंगनी किरणों से सुरक्षा देने वाले चश्मों और सनस्क्रीन का उपयोग करना चाहिए। पराबैंगनी किरणें जल शोधकों में कीटाणुओं को नष्ट करने और प्रतिदीप्त प्रकाश को ऊर्जा प्रदान करने में सहायक होती हैं।

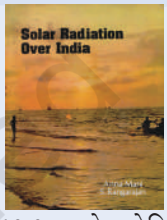
पृथ्वी की सतह पर पहुँचने वाले सौर विकिरण की मात्रा को **सूर्यातप (insolation)** कहते हैं। यह पृथ्वी की सतह और वायुमंडल को गर्म रखने के लिए उत्तरदायी होता है। पृथ्वी के वायुमंडल के ऊपरी भाग पर सूर्य की किरणों के लंबवत प्रति इकाई क्षेत्र पर प्रति इकाई समय में प्राप्त सौर ऊर्जा की औसत मात्रा को **सौर स्थिरांक (solar constant)** कहा जाता है। इसका मान लगभग 1.4 किलोवाट प्रति वर्ग मीटर (1.4 kWm^{-2}) अथवा लगभग 1400 जूल प्रति सेकंड प्रति वर्ग मीटर (1400 $J\ s^{-1}m^{-2}$) होता है। यह मान उस सौर ऊर्जा को दर्शाता है जो वायुमंडल में किसी भी प्रकार के अवशोषण, प्रकीर्णन या परावर्तन से पहले पृथ्वी पर उपलब्ध होती है।

© NCERT not to be republished

वैज्ञानिकों को पृथ्वी की ऊर्जा का संतुलन, जलवायु और ऋतुओं का पैटर्न समझने में सहायक होने के कारण सौर स्थिरांक अत्यंत महत्त्वपूर्ण है। यद्यपि इस ऊर्जा का कुछ भाग पृथ्वी की सतह पर पहुँचने से पूर्व ही वायुमंडल में उपस्थित गैसों, बादलों और धूल कणों द्वारा अवशोषित और प्रकीर्णित हो जाता है। परिणामस्वरूप पृथ्वी की सतह पर पहुँचने वाला अधिकतम सूर्यातप, सौर स्थिरांक से कम होता है और स्वच्छ आकाश की स्थिति में यह लगभग 1 kWm^{-2} होता है। भारत अपनी भौगोलिक अवस्थिति के कारण उष्णकटिबंधीय तथा उप-उष्णकटिबंधीय प्रदेशों में स्थित है इसलिए यहाँ पूरे वर्ष प्रचुर मात्रा में सूर्य का प्रकाश प्राप्त होता है। यही कारण है कि सौर सूर्यातप अत्यंत महत्त्वपूर्ण है जिससे दक्षिण-पश्चिम मानसून संचालित होता है जो भारत की जलवायु और कृषि को प्रभावित करता है। यह नवीकरणीय और सतत ऊर्जा स्रोत के रूप में सौर ऊर्जा के उपयोग की अपार संभावनाएँ भी प्रदान करता है।

विज्ञान एवं समाज

अन्ना मणि भारत के एक अग्रणी वायुमंडलीय वैज्ञानिक ने वर्ष 1950 के दशक में संपूर्ण भारत के लिए सौर सूर्यातप का मानचित्रण किया। इन्होंने एस. रंगराजन के साथ वर्ष 1982 में ***सोलर रेडिएशन ओवर इंडिया*** नामक पुस्तक को प्रकाशित किया जो देश की प्रथम **सूर्यातप एटलस** बनी। इनके अग्रणी मापनों से यह स्पष्ट हुआ कि भारत में सौर ऊर्जा क्षमता की प्रचुर संभावनाएँ हैं। वर्तमान में संपूर्ण देश में व्यापक स्तर पर सौर ऊर्जा को अपनाकर इसे वास्तविकता में बदला जा रहा है। भारत एक सुदृढ़, टिकाऊ और सौर ऊर्जा पर आधारित भविष्य की दिशा में आगे बढ़ रहा है जो वैश्विक स्तर पर उदाहरण प्रस्तुत करता है।



चित्र 13.3 — सोलर रेडिएशन ओवर इंडिया, अन्ना मणि और एस. रंगराजन द्वारा रचित पुस्तक

उदाहरण 13.1— यदि पृथ्वी की सतह पर सूर्यातप 1 kWm^{-2} हो तो एक घंटे में 1 m^2 क्षेत्रफल द्वारा कितनी सौर ऊर्जा प्राप्त होगी?

उत्तर— E = तीव्रता × क्षेत्रफल × समय

$E = 1 \times 1000\ J\ s^{-1}\ m^{-2} \times 1\ m^2 \times 3600\ s$

$E = 3600000\ J = 3.6 \times 10^6\ J$

(ऊर्जा की यह मात्रा लगभग 5 kg बर्फ के पिघलने और उसी जल को 100 °C तक गर्म करने के लिए आवश्यक ऊर्जा के बराबर होगी। यह घरेलू उपयोग में एक इकाई विद्युत की खपत ऊर्जा के भी बराबर है जैसा कि विद्युत ऊर्जा के बिल पर दर्शाया जाता है)।

वैज्ञानिक की भाँति सोचिए

एक रोचक अनुमान आधारित प्रश्न यह समझने में सहायता करता है कि हमें सूर्य से कितनी अधिक मात्रा में ऊर्जा प्राप्त होती है। हमें यह अनुमान लगाना है कि वर्तमान में हमारे देश में उपभोग होने वाली पूर्ण विद्युत आपूर्ति को पूरा करने के लिए पृथ्वी की सतह के कितने भाग पर सौर पैनल लगाने होंगे (चित्र 13.4)। इसका अनुमान लगाने के लिए आप आवश्यक आँकड़े इंटरनेट से प्राप्त कर सकते हैं। पृथ्वी की सतह पर कुछ सूर्यातप की कल्पना कीजिए जिसका कुछ अंश विद्युत ऊर्जा में रूपांतरित होता है। आप जानेंगे कि यदि थार मरुस्थल के केवल एक छोटे से भाग को सौर पैनलों से ढक दिया जाए तब वह भारत की संपूर्ण विद्युत आपूर्ति करने में सक्षम होंगे।

चित्र 13.4— मरुस्थल में सौर पैनल

© NCERT not to be republished

सौर विकिरण, पृथ्वी की सतह और वायुमंडल के साथ किस प्रकार पारस्परिक क्रिया करता है और पृथ्वी को कैसे गर्म करता है? इसके विषय में हम आगामी अनुभागों में विस्तार से चर्चा करेंगे।

चित्र 13.5— सौर विकिरण और पृथ्वी का ऊष्मीकरण

13.1.1 पृथ्वी की सतह पर सौर विकिरण की पारस्परिक क्रिया

विभिन्न पदार्थ सूर्य के प्रकाश को भिन्न-भिन्न मात्रा में अवशोषित करते हैं और उसी अनुसार गर्म होते हैं। आपने पहले सीखा कि किस प्रकार भूमि, जल की तुलना में अधिक शीघ्रता से गर्म होती है। भूमि के निर्माण में प्रयुक्त पदार्थ और मृदा के रंग के कारण भी इसमें कुछ अंतर हो सकता है। गहरे रंग की सतहें सूर्य के प्रकाश का अधिक अवशोषण करती हैं जबकि हल्के रंग की सतहें प्रकाश का अधिक परावर्तन करती हैं और अपेक्षाकृत ठंडी रहती हैं। उदाहरण के लिए— गहरे रंग की सड़कें जल्दी गर्म हो जाती हैं जबकि हल्के रंग की सतहें तुलनात्मक रूप से ठंडी रहती हैं। आपने यह भी जाना कि इसी कारण से गहरे रंग के कपड़े ग्रीष्म ऋतु में अधिक गर्म जबकि श्वेत रंग के कपड़े कम गर्म लगते हैं।

कक्षा 7
जिज्ञासा
अध्याय 7

एक सतह द्वारा सौर विकिरण का परावर्तित अंश **एल्बिडो (albedo)** कहलाता है ('एल्बिडो' शब्द लैटिन भाषा से लिया गया है जिसका अर्थ धवलता है)। उच्च एल्बिडो सतहें ठंडी रहती हैं क्योंकि वे अधिक प्रकाश का परावर्तन करती हैं जबकि निम्न एल्बिडो सतहें प्रकाश का कम परावर्तन और अधिक अवशोषण करने के कारण शीघ्रता से गर्म हो जाती हैं (चित्र 13.5)। आइए, अब क्रियाकलाप 13.2 के द्वारा दैनिक जीवन के संपर्क में आने वाली कुछ सामान्य वस्तुओं का एल्बिडो जानने का प्रयास करें।

क्रियाकलाप 13.2— आइए, पता लगाएँ

विश्वसनीय स्रोतों जैसे— वेबसाइटों और पुस्तकों से प्राप्त जानकारी द्वारा तालिका 13.1 को पूर्ण कीजिए।

टिप्पणी

आप इंटरनेट का उपयोग करते समय किसी भी प्रकार की व्यक्तिगत जानकारी साझा न करें।

तालिका 13.1— पदार्थों की सतहों द्वारा सौर विकिरण का परावर्तन

क्रम संख्या	पदार्थ	एल्बिडो
1.	हिम	0.80 – 0.90
2.	बर्फ	0.50 – 0.70
3.	संदलित चट्टानें	0.25 – 0.30
4.	हल्के रंग की मृदा	
5.	काली मृदा	
6.	महासागरीय जल	

तालिका 13.1 से यह स्पष्ट होता है कि हिम और बर्फ का एल्बिडो उच्च होता है अर्थात वे आने वाले सौर विकिरण का बड़ा भाग परावर्तित कर देती हैं। इसी कारण ध्रुवीय प्रदेश अत्यधिक ठंडे रहते हैं। काली मृदा और महासागरीय जल का एल्बिडो निम्न होता है क्योंकि वे अधिक सौर विकिरण को अवशोषित करते हैं जिसके परिणामस्वरूप वे अपेक्षाकृत अधिक गर्म रहते हैं।

© NCERT not to be republished

आपने विगत कक्षाओं में यह भी सीखा है कि सभी वस्तुएँ ऊष्मा का विकिरण करती हैं। विशेष रूप से ग्रीष्मकाल की रात्रि में पक्के मकान के अंदर हमें अधिक गर्मी अनुभव होती है क्योंकि रात्रि में कंक्रीट, ऊष्मा को पुनःविकिरित करता है। इसके विपरीत, गाढ़ी मिट्टी और लकड़ी से बने पारंपरिक घरों की दीवारें भीषण गर्मियों में भी ठंडक का अनुभव कराती हैं, क्योंकि इनसे ऊष्मा का पुनःविकिरण कम हो जाता है।

कक्षा 7 *जिज्ञासा* अध्याय 7

जिज्ञासा-सूत्र

शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव

विशेष रूप से ग्रीष्मकाल की रात्रि में शहर अपने आस-पास के ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में अधिक गर्म होते हैं। ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में शहरों में इस्पात, कंक्रीट और ईंटों से बनी इमारतें तथा कंक्रीट और डामर (asphalt) से निर्मित सड़कें अधिक होती हैं। ये सभी पदार्थ सौर विकिरण अवशोषित करते हैं और ऊष्मा को संचित रखते हैं। इन पदार्थों द्वारा पुनः विकिरित ऊष्मा आस-पास के ग्रामीण क्षेत्रों की तुलना में शहरों को अधिक गर्म बनाती है। इससे वातानुकूलन के लिए ऊर्जा की आवश्यकता बढ़ जाती है जिससे शहरी पारितंत्रों पर अधिक दबाव पड़ता है। ग्रामीण क्षेत्रों एवं वनों में अधिक वनस्पति होती है तथा वे छाया और पादप वाष्पोत्सर्जन के कारण ठंडे रहते हैं। शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव यह दर्शाता है कि मनुष्यों द्वारा भूमि का उपयोग स्थानीय जलवायु को किस प्रकार परिवर्तित कर सकता है (चित्र 13.6)।

चित्र 13.6— शहरी ऊष्मा द्वीप प्रभाव

पृथ्वी की सतह पर किसी विशेष क्षेत्र को प्राप्त होने वाले सौर विकिरण की मात्रा उसके अक्षांश पर भी निर्भर करती है। अक्षांश के कारण होने वाला यह असमान ऊष्मण बहुत महत्त्वपूर्ण है क्योंकि यही उस स्थान की वायुमंडलीय परिस्थितियों को निर्धारित करता है।

13.1.2 अक्षांश और पृथ्वी का आकार

आपने विगत कक्षाओं में सीखा कि पृथ्वी गोलाकार होती है। इसके परिणामस्वरूप सूर्य की किरणें पृथ्वी पर विभिन्न अक्षांशों पर भिन्न-भिन्न कोणों पर पड़ती हैं। भूमध्यरेखीय प्रदेशों के निकट सौर विकिरण छोटे क्षेत्र में केंद्रित रहती हैं जबकि ध्रुवीय प्रदेशों में यही बड़े क्षेत्रों में फैल जाती हैं। इसी कारण भूमध्यरेखीय प्रदेश तुलनात्मक रूप से पूरे वर्ष अपेक्षाकृत अधिक गर्म रहते हैं जबकि ध्रुवीय प्रदेश अधिक ठंडक की परिस्थितियों का अनुभव करते हैं। यह असमान ऊष्मण, भूमध्य रेखा और ध्रुवों के बीच ताप में अंतर उत्पन्न करता है।

कक्षा 7 *समाज का अध्ययन : भारत और उसके आगे* भाग 1 अध्याय 3

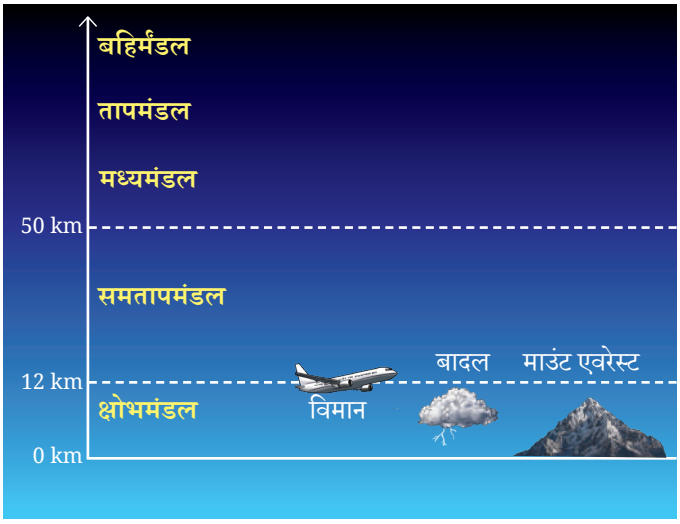
आपने यह भी सीखा है कि पृथ्वी की गोलीय आकृति और पृथ्वी का उसके घूर्णन अक्ष पर झुकाव ऋतुओं में परिवर्तन उत्पन्न करता है और सूर्य के चारों ओर पृथ्वी की एक परिक्रमा के कारण दिन की अवधि में परिवर्तन आ जाता है। अत: सौर विकिरण पृथ्वी के सभी भागों में समान रूप से वितरित नहीं होता है। पृथ्वी की सतह पर इस असमान ऊष्मण के कारण वैश्विक पवन और महासागरीय धाराएँ संचालित होती हैं।

कक्षा 7 *जिज्ञासा* अध्याय 12

13.1.3 वायुमंडल की भूमिका

पृथ्वी के चारों ओर घिरे हुए वायु के आवरण को वायुमंडल कहा जाता है। यह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण अपने स्थान पर स्थिर बना रहता है। इसमें मुख्यत: नाइट्रोजन (78%) और ऑक्सीजन (21%), आर्गन, कार्बन डाइऑक्साइड, जलवाष्प और अन्य गैसें भी अल्प मात्रा में उपस्थित होती हैं।

© NCERT not to be republished



चित्र 13.7 — पृथ्वी के वायुमंडल की परतें

पृथ्वी का वायुमंडल विभिन्न संस्तरों में विभाजित है। वायुमंडल की यह संरचना महत्त्वपूर्ण है क्योंकि यह मौसम के प्रमुख पैटर्नों को समझने में सहायता करती है (चित्र 13.7)। लगभग सभी मौसम संबंधी परिघटनाएँ क्षोभमंडल में घटित होती हैं (जिसकी औसत ऊँचाई लगभग 12 km होती है)। यह परत पृथ्वी की सतह से गर्म होती है और इस परत में ऊँचाई बढ़ने पर तापमान घटता है (~6.5°C/km)। जैसे-जैसे गर्म वायु ऊपर उठती है, वह तेज हवाएँ और आँधी-तूफान उत्पन्न करती है। क्षोभमंडल की ऊँचाई भूमध्य रेखा के ऊपर अधिकतम और ध्रुवीय प्रदेश के ऊपर न्यूनतम होती है।

समतापमंडल (12–50 km) में ओजोन परत स्थित होती है। यह परत पराबैंगनी (UV) किरणों को अवशोषित करती है और वायुमंडल को गर्म करती है जिससे ऊँचाई के साथ ताप बढ़ता है। समतापमंडल में ऊँचाई के साथ ताप में यह वृद्धि, वायु के ऊर्ध्वाधर मिश्रण की कमी के कारण इस परत को शांत कर देती है, जिससे मौसम क्षोभमंडल तक ही सीमित रहता है। समतापमंडल के ऊपर मध्यमंडल, तापमंडल और बहिर्मंडल होते हैं किंतु ये पृथ्वी की सतह की जलवायु को नियंत्रित करने में गौण भूमिका निभाते हैं। पृथ्वी से लगभग 100 किलोमीटर ऊपर वह क्षेत्र प्रारंभ होता है जिसे हम बाह्य अंतरिक्ष कहते हैं। ये वायुमंडलीय परतें दर्शाती हैं कि वायुमंडल ऊर्जा के प्रवाह को किस प्रकार नियंत्रित करता है जिससे मौसम, जलवायु और जीवन प्रभावित होते हैं।

तालिका 13.2— वायुमंडल की मुख्य परतें

परत	अनुमानित ऊँचाई	विशेषताएँ
क्षोभमंडल	0 – 12 km	मौसम का बनना; ऊँचाई के साथ ताप का घटना।
समतापमंडल	12 – 50 km	ओजोन परत द्वारा UV अवशोषण करना; ऊँचाई के साथ ताप का बढ़ना।

पृथ्वी पर जीवन की सुरक्षा करने में वायुमंडल दो महत्त्वपूर्ण भूमिकाएँ निभाता है। पहली, यह पृथ्वी पर आने वाले सौर विकिरण का कुछ भाग अवशोषित कर लेता है। ओजोन परत हानिकारक पराबैंगनी किरणों को रोक देती है। बादल और अन्य गैसें भी सूर्य के कुछ प्रकाश को पृथ्वी की सतह पर पहुँचने से पहले अवशोषित कर लेती हैं (चित्र 13.5)। दूसरा, यह बाहर जाने वाली ऊष्मा को रोक कर रखता है। पृथ्वी की सतह सूर्य के प्रकाश को अवशोषित कर लेती है और इसे अवरक्त क्षेत्र में पुन: विकिरित करती है। हरितगृह गैसें, जैसे CO_2, CH_4 और जलवाष्प इस पुन: विकिरित ऊष्मा को अवशोषित कर लेती हैं जिससे यह अंतरिक्ष में से बाहर जाने से रुक जाती है। यदि वायुमंडल नहीं होता तो पृथ्वी इतनी ठंडी होती कि यहाँ पर जीवन संभव नहीं हो पाता। मानवीय गतिविधियों से निकलने वाली अतिरिक्त CO_2 हरितगृह प्रभाव को बढ़ाती है जिससे वैश्विक ताप में वृद्धि होती है। यदि इसे अनियंत्रित छोड़ दिया जाए तो पृथ्वी पर जीवन दुष्कर हो सकता है।

आपने यह भी सीखा है कि बुध ग्रह, सूर्य के अधिक निकट है तब भी शुक्र ग्रह, बुध ग्रह से अधिक गर्म है। इसका कारण शुक्र पर उपस्थित वायुमंडल है जिसके कारण अनियंत्रित हरित गृह प्रभाव उत्पन्न होता है।

कक्षा 8
जिज्ञासा
अध्याय 13

वैज्ञानिक-परिचय

के. आर. रामनाथन, भारत के एक प्रसिद्ध वायुमंडलीय वैज्ञानिक ने वर्ष 1934 में हिमालय की 18,000 फीट की ऊँचाई पर पहुँचकर ओजोन के स्तर को अपेक्षित स्तर से कम पाया। उनके इस कार्य ने यह समझने की नींव रखी कि ऊँचाई और प्रदूषण के साथ किस प्रकार पराबैंगनी (UV) किरणों का अवशोषण परिवर्तित होता है। इसके उपरांत इन्होंने मानसून के पूर्वानुमान से जुड़े प्रारंभिक कार्यों का भी नेतृत्व किया।

सोचिए और बताइए

1. दिए गए वेबपृष्ठ का अवलोकन कीजिए और यह समझें कि हरित गृह गैसों की मात्रा सतही ताप को किस प्रकार प्रभावित करती है— https://phet.colorado.edu/en/simulations/greenhouse-effect

© NCERT not to be republished

वायुमंडल निरंतर प्राकृतिक प्रक्रियाओं के कारण परिवर्तित होता रहता है और इससे मौसम, जलवायु और ऊर्जा-संतुलन प्रभावित होते हैं। जब सौर विकिरण और ब्रह्मांडीय किरणें वायुमंडल के साथ परस्पर क्रिया करती हैं तो वे मौसम और जलवायु को प्रभावित करती हैं तथा इससे संचार प्रणालियाँ भी प्रभावित हैं। इस प्रकार वायुमंडल पृथ्वी को एक अद्वितीय ग्रह बनाता है।

जिज्ञासा-सूत्र

ओजोन परत इतनी महत्त्वपूर्ण क्यों है?

ओजोन परत पृथ्वी पर जीवन के लिए अत्यंत महत्त्वपूर्ण है क्योंकि यह सुरक्षा कवच के रूप में कार्य करती है और सूर्य से आने वाली हानिकारक पराबैंगनी (UV) किरणों को अवशोषित कर लेती है। जब ओजोन अणुओं का विनाश उनकी प्राकृतिक निर्माण दर से अधिक शीघ्रता से होता है तो यह परत पतली और कम प्रभावी हो जाती है। बीसवीं शताब्दी के उत्तरार्ध में मानव द्वारा निर्मित क्लोरोफ्लुओरोकार्बन (CFCs) जैसे रसायनों, जिनका उपयोग रेफ्रिजरेटर और ऐरोसॉल में किया जाता था, के कारण अंटार्कटिका के ऊपर ओजोन परत में अत्यधिक क्षरण हुआ, जिसे ओजोन छिद्र कहा गया। पृथ्वी पर पराबैंगनी (UV) विकिरण की बढ़ती मात्रा सजीवों और पारितंत्र के लिए हानिकारक हो सकती हैं। मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल नामक एक वैश्विक समझौते ने CFC के उपयोग को घटाने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाई और इसके कारण ओजोन परत धीरे-धीरे पुनर्निर्मित हो रही है। यह अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक सहयोग की शक्ति को दर्शाता है।

13.2 असमान ऊष्मण के कारण पवन और महासागरीय धाराओं का उत्पन्न होना

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 6

आपने सीखा कि पवन, उच्च दाब वाले क्षेत्र से निम्न दाब वाले क्षेत्र की ओर चलने वाली वायु होती है। दाब में ये अंतर मुख्यतः सूर्य द्वारा पृथ्वी की सतह के असमान ऊष्मण के कारण होता है। भूमि और जल का असमान ऊष्मण ही स्थल समीर और समुद्री समीर जैसी परिघटनाओं के लिए उत्तरदायी हैं जिनके विषय में आपने पहले अध्ययन किया है। यही मूल अवधारणा हमें विभिन्न स्तरों पर पवनों और महासागरीय धाराओं के निर्माण को समझने में सहायता करती है।

13.2.1 स्थानीय पवन

पृथ्वी की सतह के असमान ऊष्मण से **स्थानीय पवन** उत्पन्न होती हैं, जैसे— घाटी समीर और पर्वतीय समीर। पर्वतीय क्षेत्रों में ढलान और घाटी की निचली सतह समान दर से न तो गर्म होती है और न ही ठंडी होती है। दिन के समय, सूर्य के सामने वाली पर्वतीय ढलानें, घाटी तल की तुलना में अधिक तीव्रता से गर्म होती हैं। इसके परिणामस्वरूप ढलानों के ऊपर की वायु गर्म हो जाती है और ऊपर उठती है। इसके कारण निम्न दाब क्षेत्र उत्पन्न होता है। घाटी से ठंडी वायु ढलान से ऊपर की ओर उठती है और ऊपर उठ रही गर्म वायु को प्रतिस्थापित करती है। वायु का यह प्रवाह **घाटी समीर** कहलाता है (चित्र 13.8 क)।

चित्र 13.8 (क)— घाटी समीर

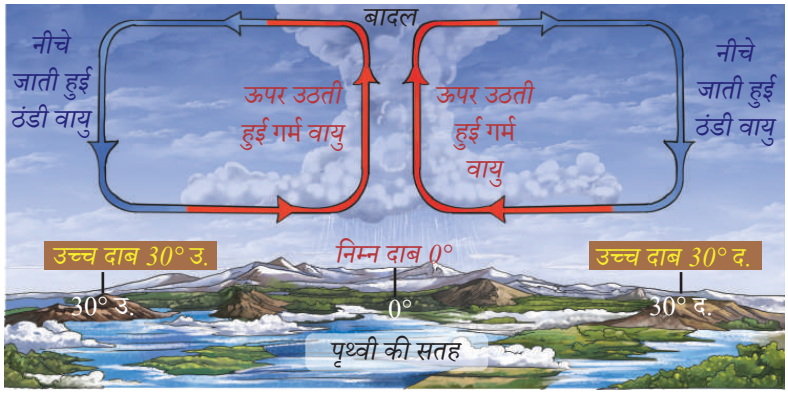
सूर्यास्त के पश्चात यह स्थिति विपरीत हो जाती है। पर्वतीय ढलानों से ऊष्मा का क्षय तीव्रता से होता है और वे ठंडी हो जाती हैं, जबकि घाटी का तल अपेक्षाकृत अधिक गर्म रहता है। ढलानों के ऊपर की वायु अधिक ठंडी और सघन हो जाती है और नीचे घाटी की ओर बहने लगती है। इसे **पर्वतीय समीर** कहते हैं (चित्र 13.8 ख)। इस प्रकार पवन की दिशा में होने वाले ऐसे दैनिक परिवर्तन सामान्यत: पहाड़ी क्षेत्रों, जैसे— शिमला, देहरादून और अन्य हिमालयी घाटियों में अनुभव किए जाते हैं। ये स्थानीय पवन, पर्वतीय क्षेत्रों में मौसम की स्थिति, कृषि और दैनिक जीवन को प्रभावित करती हैं। ये ताप, आर्द्रता की परिस्थितियों को नियंत्रित करने में सहायता करती हैं और मृदा एवं फसलों की गुणवत्ता बनाए रखती हैं। अत: पृथ्वी की सतह के असमान तापन के कारण पवन का निर्माण होता है और यह पृथ्वी के वायुमंडलीय परिसंचरण का एक महत्त्वपूर्ण भाग बनता है।

चित्र 13.8 (ख)— पर्वतीय समीर

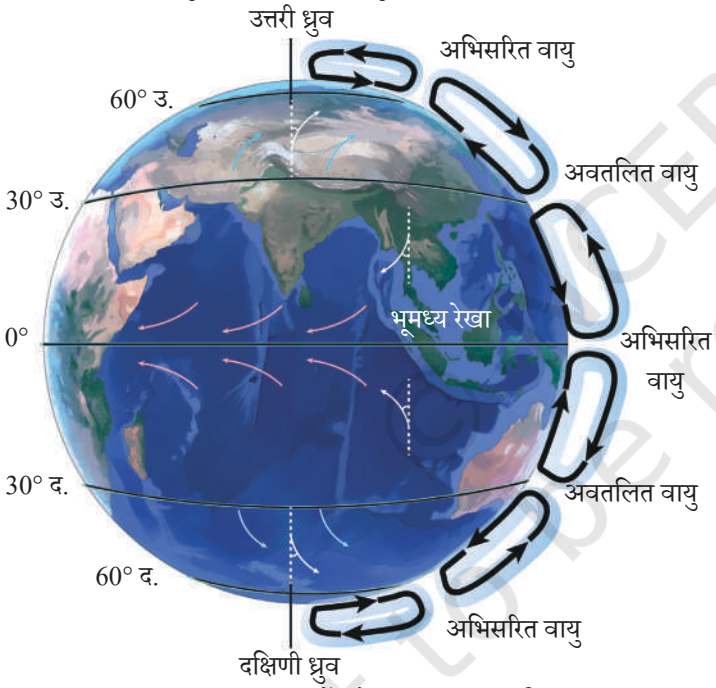
© NCERT not to be republished

13.2.2 ग्रहीय पवन

भूमध्य रेखा और ध्रुवों के मध्य पृथ्वी के असमान ऊष्मण के कारण निम्न और उच्च दाब की पट्टियों का निर्माण होता है। वायुदाब में बड़े स्तर का यह अंतर वायु को लंबी दूरियों तक गतिशील बना देता है। इससे **ग्रहीय पवनों** का निर्माण होता है।



चित्र 13.9 (क)— भूमध्यरेखीय निम्न वायुदाब पट्टी और उपोष्णकटिबंधीय उच्च वायुदाब पट्टी के मध्य वायु का परिसंचरण



13.9 (ख)— वायुदाब पट्टियों और ग्रहीय पवन का वितरण

भूमध्य रेखा के पास सूर्य द्वारा तीव्र ऊष्मण के कारण गर्म वायु ऊपर उठती है इससे एक भूमध्यरेखीय निम्न दाब पट्टी बनती है। जैसे ही यह वायु ऊपर उठती है तो यह अधिक ऊँचाई पर ध्रुवों की ओर गति करती है। ठंडी होने पर यह सघन होकर लगभग 30° उत्तरी और दक्षिणी अक्षांशों से नीचे उतरती है जिससे उपोष्ण उच्च दाब पट्टियाँ बनती हैं। इन उच्च दाब क्षेत्रों से वायु पुनः पृथ्वी की सतह के साथ भूमध्य रेखा की ओर बहती है और एक परिसंचरण चक्र पूरा करती है (चित्र 13.9 क)। यद्यपि उपोष्णकटिबंधीय पट्टी में अवतलित समस्त वायु पुनः भूमध्य रेखा की ओर नहीं जाती है। इसका कुछ भाग, सतह के साथ ध्रुवों की दिशा में प्रवाहित होता है और लगभग 60° उत्तरी तथा दक्षिणी अक्षांशों के पास पुनः ऊपर उठता है जहाँ यह भाग ध्रुवीय क्षेत्रों की शीतल वायु से मिलता है। इससे उपध्रुवीय निम्न दाब पट्टियाँ बनती हैं।

ध्रुवीय क्षेत्रों (लगभग 90° उत्तरी एवं दक्षिणी) में अत्यधिक निम्न ताप के कारण शीतल और सघन वायु नीचे उतरती है जिससे ध्रुवीय उच्च दाब पट्टियाँ निर्मित होती हैं। वायु इन क्षेत्रों से उपध्रुवीय पट्टियों की ओर बहती है और एक नए वायुमंडलीय परिसंचरण चक्र को पूरा करती है (चित्र 13.9 ख)। पृथ्वी के घूर्णन के कारण ये वायु अपने सीधे मार्ग से विक्षेपित हो जाती हैं। इस प्रकार भूमंडलीय पवन उच्च दाब क्षेत्रों से निम्न दाब क्षेत्रों की ओर सीधी रेखा में न बहकर वक्राकार मार्ग में चलती हैं। पृथ्वी के अपने अक्ष पर घूर्णन के कारण पवन का विक्षेपण उत्तरी गोलार्ध में दाईं ओर तथा दक्षिणी गोलार्ध में बाईं ओर होता है।

13.2.3 महासागरीय धाराएँ

महासागरीय धाराएँ महासागरीय जल की असीम मात्रा का निरंतर प्रवाह होती हैं। पवनों की भाँति, भूमंडलीय दबाव में अंतर भी महासागरीय धाराओं को संचालित करता है। प्रबल ग्रहीय पवनों का घर्षण महासागरों के सतही जल को खींचता है जिससे सतही धाराएँ गतिशील हो जाती हैं। पवनों के अतिरिक्त, ताप और लवणता में अंतर, पृथ्वी का घूर्णन तथा स्थलखंडों का वितरण भी महासागरीय जल की गति को प्रभावित करते हैं। भूमध्यरेखीय और ध्रुवीय प्रदेशों के जल का ताप भिन्न होता है। भूमध्यरेखीय ऊष्ण जल, महासागर की सतह से बहते हुए ध्रुवों की ओर बढ़ता है जबकि महासागर के गहरे निचले स्तर का

© NCERT not to be republished

ठंडा और सघन जल मंद रूप से भूमध्य रेखा की ओर पुन: प्रवाहित होता है। महासागरीय जल की लवणता भिन्न-भिन्न होती है और भौगोलिक अवस्थिति पर निर्भर करती है। सघनता कम होने के कारण कम लवणता वाला जल सतह के निकट बना रहता है जबकि अधिक लवणता वाला जल, अधिक सघन होने के कारण महासागरीय जल के गहरे स्तरों में चला जाता है। पृथ्वी के घूर्णन के कारण यह जल प्रवाह विक्षेपित हो जाता है जिससे विशाल वृत्ताकार प्रवाह पैटर्न बनते हैं। इन्हें महासागरीय **भंवर (gyres)** कहा जाता है। उत्तरी गोलार्ध में ये घड़ी की सुई की दिशा के अनुरूप तथा दक्षिणी गोलार्ध में घड़ी की सुई की दिशा के विपरीत घूर्णित होते हैं (चित्र13.10 क)। महाद्वीप इन धाराओं के मार्ग को अवरुद्ध कर उनकी दिशा पुन: निर्देशित कर देते हैं।

चित्र 13.10 (क)— भंवर जैसे परिसंचरण को दर्शाती वैश्विक सतही महासागरीय धाराएँ

महासागरीय धाराएँ पृथ्वी की जलवायु के नियमन में और जीवन को बनाए रखने में मुख्य भूमिका निभाती हैं। भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर ऊष्मा का स्थानांतरण कर वे भूमंडल के ताप के अंतर को कम करती हैं। उदाहरण के लिए— उष्ण महासागरीय धारा उत्तरी अटलांटिक प्रवाह (North Atlantic Drift) (चित्र 13.10 ख) जो गल्फ स्ट्रीम का विस्तार है (एक प्रबल महासागरीय धारा जो उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट के दक्षिणी भाग से गर्म जल को अटलांटिक महासागर के पार ले जाती है), यूरोप के उत्तर-पश्चिमी तट की ओर बहती है और शीतकाल में कई बंदरगाहों को बर्फ से मुक्त रखती है चाहे वह उच्च अक्षांशों पर स्थित हों। जलवायु पर यह संतुलनकारी प्रभाव मानवीय गतिविधियों, जैसे— व्यापार और वाणिज्य के लिए भी सहायक होता है। महासागरीय धाराएँ पोषक तत्वों के परिवहन द्वारा एक विशाल पारितंत्र को भी सहायता प्रदान करती हैं।

चित्र 13.10 (ख)— भूमध्य रेखा से गर्म जल लाने वाली गल्फ स्ट्रीम

सोचिए और बताइए?

2. शीतल पर्वतीय समीर कृषि कार्यों, विशेषत: फसलों और मृदा के लिए किस प्रकार लाभदायक होती है?
3. भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर जाने पर जल की गर्म सतह का क्या होता है? इस संचलन का उस क्षेत्र पर क्या प्रभाव पड़ता है?

विज्ञान को भारत का योगदान

पुणे स्थित भारतीय उष्णदेशीय मौसम विज्ञान संस्थान (IITM) के वैज्ञानिक उन्नत कंप्यूटर मॉडलों का उपयोग करते हैं जो इस अध्याय में वर्णित वायुमंडल, महासागर, स्थल तथा हिम के मध्य ऊर्जा के प्रवाह को एकीकृत कर भारतीय मानसून की प्रक्रिया का अनुकरण करते हैं। ये मॉडल उपग्रहों, हिंद महासागर में तैरते हुए उपकरण (buoys) तथा अंटार्कटिका के मौसम स्टेशनों से प्राप्त आँकड़ों की सहायता से मौसम पूर्वानुमानों को सटीक बनाते हैं और यह अध्ययन करते हैं कि वैश्विक ताप वृद्धि भारतीय मानसून वर्षा पैटर्न को किस प्रकार प्रभावित कर सकती है।

चित्र 13.11— भारतीय उष्णदेशीय मौसम विज्ञान संस्थान (IITM), पुणे

© NCERT not to be republished

13.3 जैव-भू रासायनिक चक्र

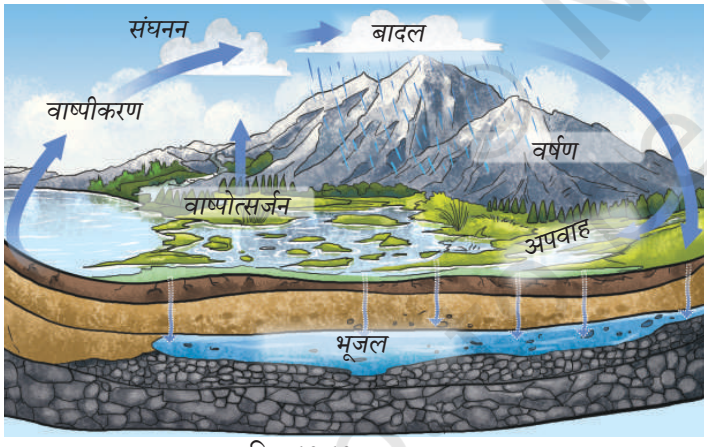
सजीव, निरंतर अपने आस-पास की वायु, जल, मृदा और चट्टानों के साथ द्रव्य और ऊर्जा का आदान-प्रदान करते हैं। जैसा की पूर्व में भी वर्णन किया गया है कि पृथ्वी के निर्जीव (abiotic) और सजीव (biotic) घटकों के मध्य निरंतर अंतःक्रिया के कारण पृथ्वी के विभिन्न मंडलों में द्रव्य और ऊर्जा का स्थानांतरण होता है। यह प्रक्रिया सुनिश्चित करती है कि आवश्यक पोषक तत्व, जैसे— कार्बन, नाइट्रोजन और ऑक्सीजन पुनः चक्रण द्वारा पृथ्वी पर जीवन को बनाए रखने के लिए उपलब्ध रहते हैं। अजैविक और जैविक घटकों के मध्य, द्रव्य और ऊर्जा का यह चक्रीय संचलन **जैव-भू रासायनिक** चक्र कहलाता है। विभिन्न पारितंत्रों के मध्य एक गतिक संबंध होता है। यह पारस्परिक जुड़ाव को विक्षोभ से उबरने तथा पर्यावरणीय संतुलन बनाए रखने में सहायक होता है।

हम जल, कार्बन, नाइट्रोजन और ऑक्सीजन चक्रों का परीक्षण करेंगे। हम यह समझने का प्रयास करेंगे कि उनका संतुलन बनाए रखना क्यों आवश्यक है और यह भी देखेंगे कि ये सभी चक्र पृथ्वी के विभिन्न मंडलों से किस प्रकार परस्पर संबंधित हैं तथा मानवीय प्रभावों के प्रति किस प्रकार अनुक्रिया करते हैं।

13.3.1 जल चक्र

कक्षा 7
जिज्ञासा
अध्याय 7

आप जल चक्र का अध्ययन कर चुके हैं और वाष्पन, वाष्पोत्सर्जन, संघनन, वर्षण, अंतःस्यंदन और भूजल जैसे शब्दों से परिचित हो चुके हैं। जल चक्र को संक्षेप में चित्र 13.12 में दर्शाया गया है। इस चक्र में जल, नदियों, झीलों,महासागरों जैसे जल स्रोतों से वाष्पित होता है और संघनित होकर बादल बन जाता है। यह वर्षण, ओले या हिम के रूप में स्थल पर वापिस आता है और अंत में समुद्र में प्रवाहित हो जाता है। जल का कुछ भाग पृथ्वी की सतह के नीचे मृदा और चट्टानों से रिस जाता है। मृदा और चट्टानों से खनिज इस जल में घुल जाते हैं। यह सभी स्थलीय जीवों के अस्तित्व के लिए सहायक होते हैं और इन पोषक तत्वों को महासागरों तक पहुँचा कर समुद्री जीवन को सहारा देते हैं।



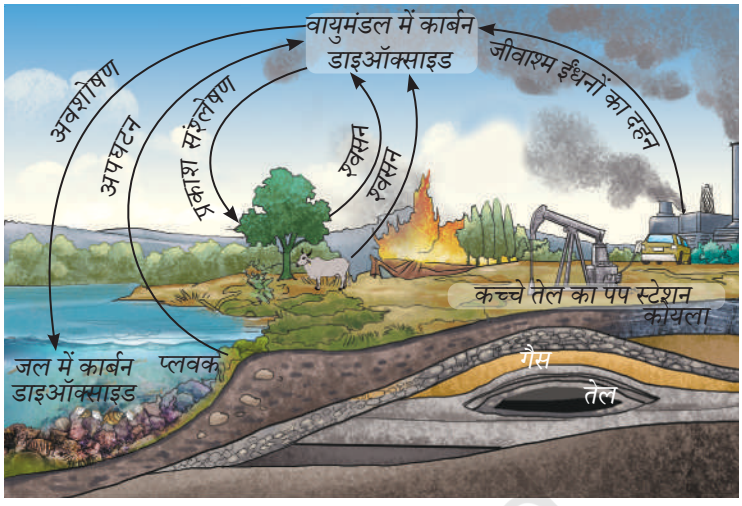
चित्र 13.12— जल चक्र

वर्तमान में जल चक्र जलवायु परिवर्तन से प्रभावित हो रहा है। उदाहरण के लिए— अधिक गर्म वायुमंडल अधिक नमी को संचित करता है जिससे कुछ क्षेत्रों (जैसे तीव्र मानसून) में अधिक वर्षा और कुछ अन्य क्षेत्रों में सूखा पड़ सकता है। हिमानियों के पिघलने से नदियों में जल की अधिकता से दीर्घकाल में समुद्र का जल स्तर बढ़ सकता है और वह तटीय शहरों, जैसे— मुंबई और चेन्नई के लिए संकट बन सकता है। आकस्मिक तीव्र वर्षा से सतही जल का अपवाह बढ़ जाता है और मृदा क्षरण होता है एवं जल का कम रिसाव भूजल के पुनर्भरण को कम कर देता है जिसके परिणामस्वरुप कृषि को विशेषकर शुष्क महीनों के दौरान बनाए रखना कठिन हो जाता है। इस प्रकार जल चक्र, हिममंडल (glaciers), जलमंडल (नदियाँ और महासागर), वायुमंडल (नमी), भूमंडल (मृदा अपरदन और अंत: स्यंदन में कमी) और जैवमंडल (फसलें और मत्स्य पालन) को परस्पर जोड़ता है जो सभी वैश्विक ताप वृद्धि से प्रभावित होते हैं।

13.3.2 कार्बन चक्र

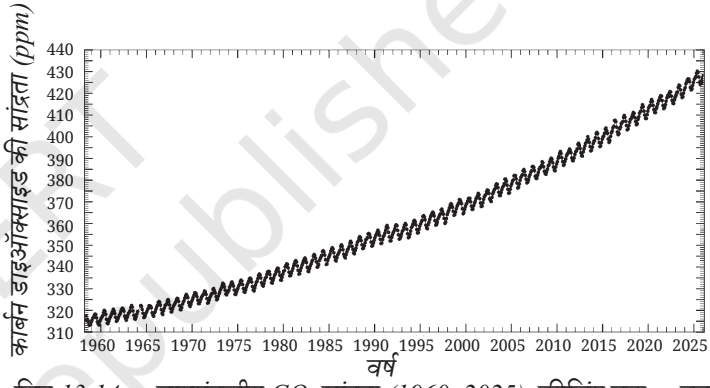
कार्बन जीवन का मुख्य आधार है। प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा और डीएनए सभी में कार्बन होता है। यह निरंतर वायुमंडल (CO_2 गैस), जैवमंडल (पादप और जंतु), भूमंडल (कार्बोनेट चट्टानें और जीवाश्म ईंधन जैसे

कोयला और कच्चा तेल) और जलमंडल (घुली हुई CO_2 और समुद्री खोल) के मध्य निरंतर परिसंचरित होता रहता है जैसा कि चित्र 13.13 में योजनाबद्ध आरेख के रूप में दर्शाया गया है। कार्बन चक्र के विभिन्न भाग भिन्न-भिन्न कालक्रमों पर कार्य करते हैं। द्रुत चक्र (जो कुछ दिनों से वर्षों तक चलता है), में पादप सूर्य के प्रकाश का उपयोग करके प्रकाश संश्लेषण द्वारा वायुमंडलीय CO_2 को ग्लूकोस में परिवर्तित करते हैं। श्वसन के द्वारा CO_2 वायुमंडल में वापिस छोड़ी जाती है। जंतु, पादपों को और अन्य जंतुओं को खाते हैं। उनकी मृत्यु के पश्चात अपघटन द्वारा CO_2 वापिस वायु में मिल जाती है।



चित्र 13.13— कार्बन चक्र

लाखों वर्षों तक चलने वाले मंद चक्र में मृत पादप और जंतु, मृदा में दब जाते हैं और जीवाश्म ईंधनों, जैसे— कोयला, तेल और गैस में परिवर्तित हो जाते हैं। इन ईंधनों का उपयोग ताप, भोजन बनाने, यातायात और औद्योगिक उद्देश्यों के लिए ऊर्जा प्रदान करने में किया जाता है। जब जीवाश्म ईंधनों को जलाया जाता है तो बहुत कम समय में कार्बन, CO_2 के रूप में उत्सर्जित हो जाता है। वायुमंडल और महासागरों का जल निरंतर CO_2 का आदान-प्रदान करते रहते हैं। महासागर का जल, वायुमंडल से CO_2 को अवशोषित कर कार्बोनेट और हाइड्रोजन कार्बोनेट आयन में परिवर्तित होते रहते हैं। पादप प्लवक (phytoplankton) इन आयनों का उपयोग प्रकाश संश्लेषण के लिए करते हैं। कुछ समुद्री जीव भी इनका उपयोग खोल बनाने के लिए करते हैं। जब ये जीव मर जाते हैं तो समुद्र के तल पर बैठ जाते हैं और उनके कार्बनिक द्रव्य दीर्घकाल तक कार्बन के रूप में संचित रहते हैं।



चित्र 13.14 — वायुमंडलीय CO_2 सांद्रता (1960–2025), कीलिंग वक्र — उत्तरी गोलार्ध में वार्षिक वनस्पति वृद्धि द्वारा CO_2 अवशोषण से उत्पन्न मौसमी गिरावट का आरीनुमा पैटर्न

मानव गतिविधियाँ, जैसे— जीवाश्म ईंधनों का दहन और वनोन्मूलन ने वर्ष 1960 से वायुमंडलीय CO_2 की मात्रा को लगभग 35 प्रतिशत तक बढ़ा दिया है जैसा कि चित्र 13.14 में दर्शाया गया है (315 ppm से 420 ppm; यहाँ ppm भाग प्रति दस लाख को व्यक्त करता है)। यह वृद्धि मानव सभ्यता के इतिहास में असामान्य है। यद्यपि पृथ्वी पर जीवन को बनाए रखने और उसे पर्याप्त गर्म रखने के लिए कुछ मात्रा में कार्बन डाइऑक्साइड की आवश्यकता होती है। CO_2 की अत्यधिक मात्रा हरित गृह प्रभाव को तीव्र कर सकती है जिससे वैश्विक तापन, हिमानियों और आर्कटिक समुद्र की बर्फ का पिघलना, समुद्र के जल स्तर का बढ़ना और मौसम की अधिक चरम परिस्थितियाँ उत्पन्न हो सकती हैं। भारत में इससे अधिक प्रचंड मानसून (गर्म वायु द्वारा अधिक नमी को धारण करना) और बदलते वर्षा पैटर्न कृषि के लिए खतरा हो सकता है। यद्यपि जीवाश्म ईंधन बिजली उत्पादन का एक बड़ा स्रोत है तथापि भारत तेजी से नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को बढ़ा रहा है जिससे वायुमंडल में कार्बन उत्सर्जन को कम करने में सहायता मिलेगी।

सोचिए और बताइए

4. वैश्विक तापमान में वृद्धि से महासागरों में घुली CO_2 का संतुलन बिगड़ जाता है। इसका समुद्री जीवन पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

जिज्ञासा-सूत्र

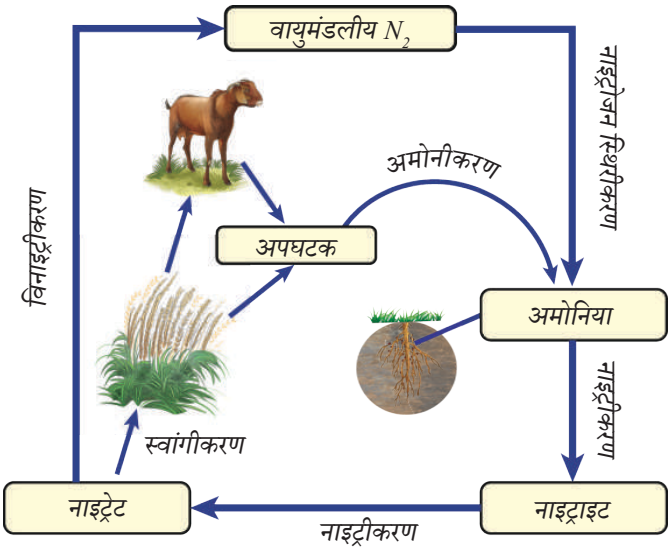
सजीवों के शुष्क भार का लगभग 49 प्रतिशत भाग कार्बन है। वैश्विक कार्बन की कुल मात्रा में से लगभग 71 प्रतिशत कार्बन महासागरों में पाया जाता है। यह महासागरीय भंडार वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा को नियंत्रित करता है।

क्या आप जानते हैं कि कुल वैश्विक कार्बन का एक अत्यंत लघु अंश (लगभग 1 प्रतिशत) ही वायुमंडल में पाया जाता है?

© NCERT not to be republished

13.3.3 नाइट्रोजन चक्र

सभी सजीवों में नाइट्रोजन, प्रोटीनों और न्यूक्लीक अम्लों के संश्लेषण के लिए एक आवश्यक तत्व है। नाइट्रोजन का सबसे बड़ा भंडार हमारे वायुमंडल में है। वस्तुतः नाइट्रोजन गैस (N_2) अपेक्षाकृत कम अभिक्रियाशील होती है और पादप तथा जंतु इसका प्रत्यक्षत: उपयोग नहीं कर सकते हैं। इसे पहले ऐसे घुलनशील यौगिकों में परिवर्तित करना आवश्यक होता है जिन्हें सजीव अवशोषित कर सकें। वायु, मृदा, जल और जीवों के मध्य नाइट्रोजन के समग्र संचरण को **नाइट्रोजन चक्र** कहते हैं (चित्र 13.15)। नाइट्रोजन चक्र में विभिन्न चरण होते हैं— नाइट्रोजन स्थिरीकरण (nitrogen fixation), स्वांगीकरण (assimilation), **अमोनीकरण** (ammonification), **नाइट्रीकरण** (nitrification) और **विनाइट्रीकरण** (denitrification)।



चित्र 13.15 — नाइट्रोजन चक्र

नाइट्रोजन स्थिरीकरण जीवाणु, जैसे— फलीदार पादपों की जड़ों की ग्रंथियों में पाए जाने वाले राइजोबियम और मृदा में पाए जाने वाले एजोटोबैक्टर, वायुमंडलीय N_2 को अमोनिया (NH_3) में परिवर्तित कर देते हैं। नाइट्रीकरण जीवाणु, जैसे — नाइट्रोसोमोनास, अमोनिया को नाइट्राइट (NO_2^-) में जबकि नाइट्रोबैक्टर नाइट्राइट को नाइट्रेट (NO_3^-) में परिवर्तित करता है। इस प्रक्रिया को नाइट्रीकरण कहते हैं। पादप इन नाइट्रोजन यौगिकों का मृदा से स्वांगीकरण करते हैं जबकि जंतु नाइट्रोजन को पादप या अन्य जंतुओं का उपभोग करके प्राप्त करते हैं। जब पादप और जंतु मर जाते हैं अथवा अपशिष्ट उत्पन्न करते हैं, जीवाणु या कवक जैसे अपघटक कार्बनिक द्रव्य को अपघटित कर नाइट्रोजन यौगिकों, जैसे— अमोनिया को पुनः मृदा में लौटा देते हैं। इस प्रक्रिया को **अमोनीकरण** कहते हैं। **विनाइट्रीकरण** जीवाणु, जैसे कि स्यूडोमोनास नाइट्रेट की कुछ मात्रा को पुनः नाइट्रोजन गैस में परिवर्तित कर देते हैं। इस प्रक्रिया को विनाइट्रीकरण कहते हैं। यह प्रक्रिया चक्र को पूर्ण करती है और पारितंत्रों में नाइट्रोजन का संतुलन बनाए रखती है। तड़ित (lightning) भी नाइट्रोजन ऑक्साइडों के स्थिरीकरण में सहायता करती है।

आइए, और आगे बढ़ें

तड़ित के दौरान वायुमंडलीय नाइट्रोजन की अत्यंत अल्प मात्रा स्थिरीकृत होकर नाइट्रोजन ऑक्साइड बनाती है। वर्तमान में, अधिकांश नाइट्रोजन कृत्रिम रूप से हाबर-बॉश प्रक्रिया (1900 के आरंभिक दशक) द्वारा स्थिरीकृत की जाती है जिसमें वायुमंडलीय नाइट्रोजन से अमोनिया बनाई जाती है। यही प्रक्रिया वर्तमान में उपयोग होने वाले अधिकांश उर्वरकों के निर्माण का आधार है। इस 'वायु से अन्न' ने कृषि क्षेत्र में क्रांति ला दी है, जिसने भारत में हरित क्रांति द्वारा अरबों लोगों के भोजन की पूर्ति को संभव बनाया है। मानव शरीर में उपस्थित आधे से भी अधिक नाइट्रोजन परमाणु इसी हाबर–बॉश (Haber-Bosch) प्रक्रिया से बनते हैं। यद्यपि इस अभिक्रिया से अत्यधिक ऊर्जा-खपत होती है (जो वैश्विक ऊर्जा का लगभग 1–2 प्रतिशत उपयोग करती है) और उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग ने मृदा तथा जल को क्षतिग्रस्त करती है।

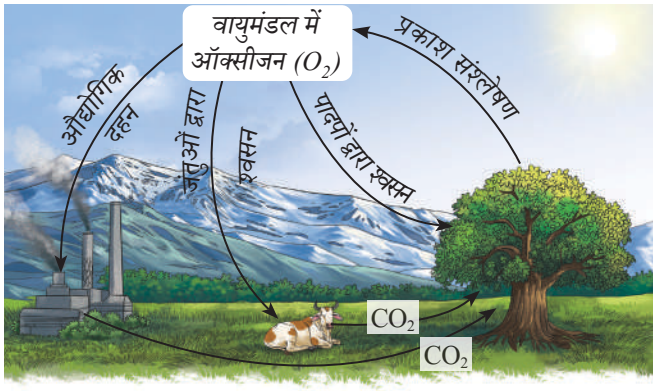
13.3.4 ऑक्सीजन चक्र

ऑक्सीजन पृथ्वी पर प्रचुर मात्रा में पाए जाने वाले तत्वों में से एक है। वायुमंडल का लगभग 21 प्रतिशत भाग मुक्त ऑक्सीजन गैस (O_2) से बना है। यह कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, न्यूक्लीक अम्ल और वसा जैसे अधिकांश जैविक अणुओं का आवश्यक घटक है। ऑक्सीजन संयुक्त रूप में पृथ्वी की पर्पटी के धातु ऑक्साइड और खनिजों एवं वायु में कार्बन डाइऑक्साइड के रूप में भी पाई जाती है। ऑक्सीजन चक्र का अध्ययन करते

© NCERT not to be republished

समय हम उन प्रक्रियाओं पर ध्यान केंद्रित करेंगे जो वायुमंडल में ऑक्सीजन के स्तर को नियंत्रित करती हैं (चित्र 13.16)।

पादप और जंतु जैसे जीव श्वसन के लिए ऑक्सीजन का उपयोग करते हैं और कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) उत्सर्जित करते हैं। ईंधनों के दहन में भी ऑक्सीजन का उपयोग होता है और CO_2 उत्सर्जित होता है। पादप प्रकाश संश्लेषण के माध्यम से सूर्य के प्रकाश, जल और CO_2 का उपयोग करके ग्लूकोस बनाते हैं और O_2 उत्सर्जित करते हैं। उपभोग (respiration और combustion) तथा उत्पादन (photosynthesis) के बीच का यह संतुलन वायुमंडल, स्थल, महासागरों और सजीवों के बीच ऑक्सीजन का परिसंचरण बनाए रखता है, जिससे पृथ्वी के सभी मंडलों में जीवन सतत बना रहता है।



चित्र 13.16 — ऑक्सीजन चक्र

सोचिए और बताइए

5. यदि जैव-भूरासायनिक चक्र बाधित हो जाए अथवा रुक जाए तो पृथ्वी पर पादपों और जंतुओं पर क्या प्रभाव पड़ेगा? उदाहरण सहित समझाइए।

13.4 पृथ्वी की प्रक्रियाओं पर मानवीय प्रभाव

आपने पहले जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के विषय में सीखा है, जिसमें हमने उन संकटों का आकलन किया जिनका सामना हमारी पृथ्वी ग्रह कर रही है। जीवाश्म ईंधनों के अत्यधिक उपयोग से बढ़ते CO_2 के स्तर के कारण चरम मौसमी स्थितियाँ उत्पन्न होती हैं और जैव विविधता का नाश होता है। यहाँ हम यह समझेंगे कि मानवीय गतिविधियाँ पृथ्वी के सभी मंडलों में जैव-भूरासायनिक चक्रों को किस प्रकार बाधित करती हैं। वायुमंडलीय CO_2 की अधिकता से महासागरों में उनका अवशोषण बढ़ने से समुद्री जल अधिक अम्लीय हो जाता है। इस कारण सूक्ष्म प्लवक और प्रवाल भित्तियों को खतरा हो सकता है, जो समुद्री पारितंत्र को बाधित कर सकता है। यद्यपि गर्म महासागरीय जल, महासागर की CO_2 के अवशोषण की क्षमता को घटा कर उनकी प्रभावी कार्बन भंडारण की क्षमता को कम कर देता है।

कक्षा 8 जिज्ञासा अध्याय 13

जीवाश्म ईंधनों के दहन एवं **वनोन्मूलन** के कारण वन तथा महासागर जैसे प्राकृतिक कार्बन अवशोषक संतृप्त होते जा रहे हैं। विगत 50 वर्षों में पृथ्वी के प्राकृतिक निकायों में महत्त्वपूर्ण परिवर्तन हुए हैं। भारत में जीवाश्म ईंधनों से अभी भी विद्युत का बड़ा भाग उत्पादित किया जाता है जिससे हानिकारक उत्सर्जन बढ़ता है। यद्यपि सौर ऊर्जा का तीव्र विस्तार आशा की किरण प्रस्तुत करता है। कार्बन डाइऑक्साइड की अधिकता हरित गृह प्रभाव को बढ़ाकर कार्बन चक्र को बाधित करती है।

क्या होगा यदि...

यदि प्रकाश संश्लेषण रुक जाए, तो पृथ्वी पर क्या होगा?

कृषि में उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग से अतिरिक्त नाइट्रोजन, नाइट्रेट के रूप में नदियों और झीलों में पहुँचती है जिसके कारण शैवाल की अत्यधिक वृद्धि (शैवाल प्रस्फुटन) होने से जल में ऑक्सीजन की कमी हो जाती है और मछलियाँ मर जाती हैं। इस प्रक्रिया को **सुपोषण (eutrophication)** कहते हैं (चित्र 13.17) जो जल निकायों और तटीय मत्स्य संसाधनों के लिए खतरा है। वनोन्मूलन वायु, जल, स्थल और जीवों पर अनेक प्रभाव डालता है। वनों की कटाई से प्रकाश संश्लेषण में कमी आती है और वाष्पोत्सर्जन घट जाता है जिससे स्थानीय वर्षा में कमी हो सकती है। यह सतही एल्बिडो को भी बदल देता है। मृदा को बाँधकर रखने वाली वृक्षों की जड़ों के अभाव में मृदा अपरदन बढ़ सकता है। समय के साथ पर्यावास नष्ट हो सकते हैं। परिणामस्वरूप अनेक जाति (species) अपने प्राकृतिक आवास खो देंगी और जैव विविधता में कमी आएगी।

चित्र 13.17— सुपोषण (शैवाल प्रस्फुटन)

© NCERT not to be republished

जिज्ञासा-सूत्र

मिशन LiFE (Lifestyle for Environment) भारत द्वारा नेतृत्व की जाने वाली एक वैश्विक पहल है जिसे 2021 में संयुक्त राष्ट्र जलवायु परिवर्तन सम्मेलन में प्रस्तुत किया गया था। इसका उद्देश्य लोगों को सजग तथा पर्यावरण हितैषी जीवनशैली अपनाने के लिए प्रेरित करना है। भारत का प्राचीन साहित्य और पारंपरिक जीवन पद्धतियाँ लंबे समय से इस तथ्य को स्वीकार करते हैं कि पृथ्वी एक परस्पर संबद्ध तंत्र है। पृथ्वी की कार्यप्रणाली विभिन्न मंडलों के बीच ऊर्जा प्रवाह और पदार्थों के चक्र पर आधारित है। असतत उपभोग इस प्राकृतिक संतुलन में व्यवधान उत्पन्न करता है। ऊर्जा बचाने तथा संसाधनों का संरक्षण करने जैसी सरल जीवनशैली अपनाने के लिए प्रेरित करके मिशन LiFE यह रेखांकित करता है कि व्यक्तिगत और सामुदायिक कार्य एक सतत भविष्य सुनिश्चित कर सकते हैं।

वाहनों से उत्सर्जित धुआँ सूर्य के प्रकाश के साथ अभिक्रिया करके वायुमंडल के निचले स्तर पर धूमकुहरा बनाता है। इस निचले स्तर पर ओजोन भी बनती है जो स्वास्थ्य के लिए हानिकारक है (याद रखिए कि समतापमंडल में ओजोन, पराबैंगनी किरणों को रोक लेती है और जीवन रक्षक होती है)। ये प्रदूषक शहर की वायु को स्वास्थ्य के लिए अनुपयुक्त बना देते हैं।

यद्यपि मानवीय गतिविधियों का प्रभाव पृथ्वी के सभी मंडलों पर पड़ता है फिर भी स्थानीय प्रयासों और वैश्विक सहयोग पृथ्वी की प्राकृतिक प्रणालियों के पुनरुद्धार में सहायक हो सकते हैं। उदाहरणस्वरूप, मॉन्ट्रियल प्रोटोकॉल ने वैश्विक सहयोग के माध्यम से ओजोन परत के सुधार की दिशा में महत्त्वपूर्ण शुरुआत की है। यद्यपि क्योटो प्रोटोकॉल और पेरिस समझौता, जिनका उद्देश्य सभी देशों द्वारा CO_2 उत्सर्जन को कम करना था, किंतु उतनी सफलता प्राप्त नहीं हुई।

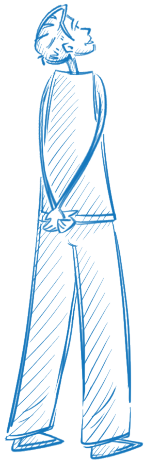
ऊर्जा और ऊर्जा संसाधनों का संरक्षण, नवीकरणीय ऊर्जा संसाधनों (जैसे सौर एवं पवन) का उपयोग, वृक्षारोपण, जल संरक्षण और सतत कृषि पद्धतियों के पालन द्वारा संतुलन को पुनः स्थापित किया जा सकता है। भारत ने अरबों वृक्षारोपण किए हैं, सौर एवं नवीकरणीय स्रोतों से ऊर्जा उत्पादन में उल्लेखनीय वृद्धि की है और सतत कृषि पद्धतियों को बढ़ावा दिया है। प्रत्येक व्यक्ति (जैसे— जल, भोजन और ऊर्जा) संसाधनों का विवेकपूर्ण उपयोग करके अपना योगदान दे सकता है। हम अपशिष्ट पदार्थों में कमी लाकर, पदार्थों का पुनः उपयोग करके और पुनर्चक्रण की प्रक्रिया अपनाकर यह कार्य कर सकते हैं। संयुक्त रूप से किए गए ये प्रयास पृथ्वी पर पर्यावरणीय संतुलन को बनाए रखने में सहायक हैं।

सोचिए और बताइए

6. चर्चा कीजिए कि मानवीय गतिविधियाँ वायुमंडल में हरित गृह गैसों की मात्रा किस प्रकार बढ़ाती हैं? हरित गृह गैसों के बढ़ते उत्सर्जन को रोकने के लिए आप अपने स्तर पर क्या करेंगे?

सारांश

- पृथ्वी पर ऊर्जा का प्राथमिक स्रोत सूर्य से प्राप्त विद्युत चुंबकीय विकिरण हैं।
- अधिकांश मौसमी प्रक्रियाएँ, जैसे— वाष्पन, संघनन और वर्षण क्षोभमंडल में होती हैं।
- पृथ्वी के आकार, अक्षांश एवं पृथ्वी के अपनी धुरी पर झुकाव के कारण सूर्यातप की भिन्नता होती है जिससे पृथ्वी की सतह पर असमान ऊष्मण होता है।
- पृथ्वी की सतह का असमान ऊष्मण पवनों और महासागरीय धाराओं के उत्पन्न होने हेतु उत्तरदायी होता है।
- सजीव (जैविक) और निर्जीव (अजैविक) तंत्रों में द्रव्य और ऊर्जा का निरंतर चक्रण होता रहता है।
- वायुमंडलीय ऑक्सीजन का उपयोग, दहन, श्वसन और ऑक्साइडों को बनाने में होता है और इसे प्रकाश संश्लेषण द्वारा पुनर्स्थापित किया जाता है।
- पृथ्वी पर जल, कार्बन, नाइट्रोजन और ऑक्सीजन वायुमंडल, महासागरों, स्थल और सजीवों में निरंतर चक्रित होते रहते हैं।
- जैव-भूरासायनिक चक्र सजीवों को पोषक तत्व उपलब्ध कराते हैं, जीवन को बनाए रखते हैं, जलवायु को नियंत्रित करते हैं और पारितंत्र को संतुलित बनाए रखते हैं।



© NCERT not to be republished

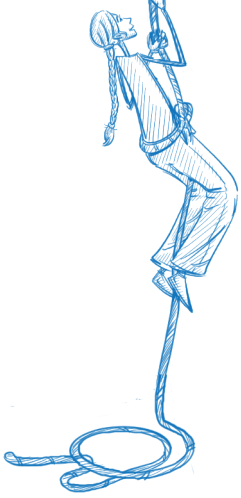
अभ्यास प्रश्न

1. पारितंत्र में जैव-भू रासायनिक चक्रों की भूमिका का वर्णन करने के लिए सबसे अधिक उपयुक्त विकल्प चुनिए।
   (i) समस्त जीवों को प्रत्यक्ष रूप से भोजन उपलब्ध कराना।
   (ii) जैविक और अजैविक घटकों के मध्य आवश्यक पोषक पुनर्चक्रण करना।
   (iii) सजीवों के उपयोग के लिए नए तत्वों का निर्माण करना।
   (iv) जीव से प्रदूषक और विषाक्त पदार्थों को हटाना।
2. निम्नलिखित में से कौन-सा विकल्प पृथ्वी के गर्म होने के लिए मुख्य रूप से उत्तरदायी है?
   (i) सौर विकिरण शीघ्रता से कार्बन डाईआक्साइड द्वारा अवशोषित हो जाती है, जो इसे ऊष्मा के रूप में निर्मुक्त करती है।
   (ii) वायुमंडल के सूक्ष्म कण आगामी सौर विकिरण को अवशोषित करते हैं, जो प्रत्यक्ष रूप से पृथ्वी को गर्म करते हैं।
   (iii) पृथ्वी की सतह, सौर विकिरण का अवशोषण करती है, जो पुन: विकिरित होती है और हरित गृह गैसों द्वारा रोक ली जाती है।
   (iv) पृथ्वी का वातावरण बादलों द्वारा परावर्तित सौर विकिरण से ही गर्म होता है।
3. स्पष्ट कीजिए कि जलवायु परिवर्तन, जल चक्र को किस प्रकार प्रभावित करता है? उदाहरणों द्वारा दर्शाइए।
4. वर्णन कीजिए कि एल्बिडो किस प्रकार पृथ्वी की सतह के ताप और इसकी जलवायु को प्रभावित करता है।
5. पर्वतीय और घाटी समीर किस प्रकार बनती हैं? मान लीजिए दो पर्वत हैं, एक घास द्वारा आच्छादित है और दूसरा बंजर चट्टानों से, क्या दोनों पर्वतीय समीरों के ताप भिन्न-भिन्न होंगे? यदि ऐसा है तो किस प्रकार?
6. आप पवन, तूफान और वर्षा आदि मौसमी परिघटनाओं के साक्षी रहे हैं। वायुमंडल की कौन-सी परतें इनके लिए उत्तरदायी हैं? और इन परिघटनाओं के होने का प्रमुख कारण क्या है?
7. नाइट्रोजन चक्र में होने वाली प्रक्रियाओं की व्याख्या कीजिए। यदि नाइट्रोजन का चक्रण नहीं हो तो पृथ्वी पर जीवन किस प्रकार प्रभावित होगा?
8. वनोन्मूलन का पृथ्वी के ऑक्सीजन और कार्बन चक्रों पर क्या प्रभाव पड़ता है? वनोन्मूलन के अन्य परिणाम क्या हैं?
9. उपयुक्त चित्र से उस पथ की व्याख्या कीजिए जिससे कार्बन पुन: वायुमंडल में जाता है। इस चित्र का आरंभ आप पादपों द्वारा वायुमंडलीय CO_2 के उपयोग से कर सकते हैं।
10. वायुमंडल में CO_2 की अधिकता को अवांछनीय क्यों माना जाता है जबकि पादपों को इसकी आवश्यकता होती है?
11. पृथ्वी की सतह से ऊष्मा का क्षय किस प्रकार होता है? इसकी क्या सार्थकता है?
12. यदि पृथ्वी गोलाकार न होकर एक तश्तरी के समान चपटी होती तब सौर विकिरण और ताप के पैटर्न किस प्रकार भिन्न होते?

© NCERT not to be republished

13. कल्पना कीजिए कि पृथ्वी पर वायुमंडलीय ताप बढ़ जाता है। यह किस प्रकार हिममंडल, जलमंडल और जैवमंडल को प्रभावित करेगा?
14. व्याख्या कीजिए कि किस प्रकार पृथ्वी का वायुमंडल, इसका ताप उपयुक्त बनाए रखने के लिए सहायता करता है जो कि पृथ्वी पर जीवन के लिए आवश्यक है।
15. पृथ्वी के विभिन्न मंडलों के मध्य अंतःसंबंधों का वर्णन कीजिए। उदाहरण सहित समझाइए कि ये मंडल किस प्रकार एक सूक्ष्म संतुलन में कार्य करते हैं।

परियोजना कार्य



- पृथ्वी के आकार के सामान दो काल्पनिक ग्रहों पर विचार कीजिए जिनका अपना वायुमंडल है। मान लीजिए कि एक ग्रह पूर्णरूपेण महासागरों से आच्छादित है और दूसरा पूर्णरूपेण स्थल से। यह जानते हुए कि सूर्य ध्रुवों की तुलना में भूमध्यरेखा को अधिक गर्म करता है, बताइए कि पृथ्वी पर उपस्थित स्थल और समुद्र के संयोजन की तुलना में इन ग्रहों पर पवनों के पैटर्न किस प्रकार भिन्न होंगे?
- कोई भी ऐसा एक भोजन चुनिए जो आपने कुछ समय पूर्व ही खाया हो (ये कुछ भी हो सकता है, उदाहरण के लिए, रोटी और दाल, चावल और सांभर, इडली और चटनी इत्यादि)। इस भोजन के प्रत्येक महत्त्वपूर्ण घटक हेतु निम्नलिखित को ज्ञात करके व्याख्या कीजिए— (i) उसमें उपस्थित कार्बन मूल रूप से प्रकाश संश्लेषण द्वारा वायु की कार्बन डाइऑक्साइड में कैसे आया, (ii) वायुमंडल से नाइट्रोजन मृदा में कैसे आई (उदाहरण के लिए, जीवाणु द्वारा अथवा हाबर–बॉश प्रक्रिया द्वारा और उर्वरकों द्वारा) और फिर पुनः पादपों में कैसे पहुँच गई। साथ ही, अन्य मानवीय गतिविधियों की सूची बनाइए जो भोजन के उत्पादन या पकाने में सम्मिलित होती हैं और जो वातावरण में अतिरिक्त कार्बन डाइऑक्साइड अथवा नाइट्रोजन को बढ़ाती हैं।
- भारतीय मौसम विभाग (IMD, https://mausam.imd. gov.in/) या समाचार पत्रों के आँकड़ों का उपयोग करके अपने शहर या जिले के लिए दो दशकों जैसे 1980 के दशक और 2020 के दशक में 5 वर्षों के दौरान हुई मानसूनी वर्षा (जून–सितंबर अथवा स्थानीय ऋतु) का औसत ज्ञात कीजिए। अवलोकन कीजिए कि भारी वर्षा (>50 mm) वाले दिनों की संख्या समय के साथ बढ़ रही है, घट रही है या स्थिर है। इसे अरब सागर के बढ़ते तापमान तथा भूमि के उपयोग में हुए परिवर्तनों (वनों का खेतों और शहरों में बदलना) से कैसे जोड़ा जा सकता है, जैसा कि अध्याय में चर्चा की गई है?

खोज जारी है...

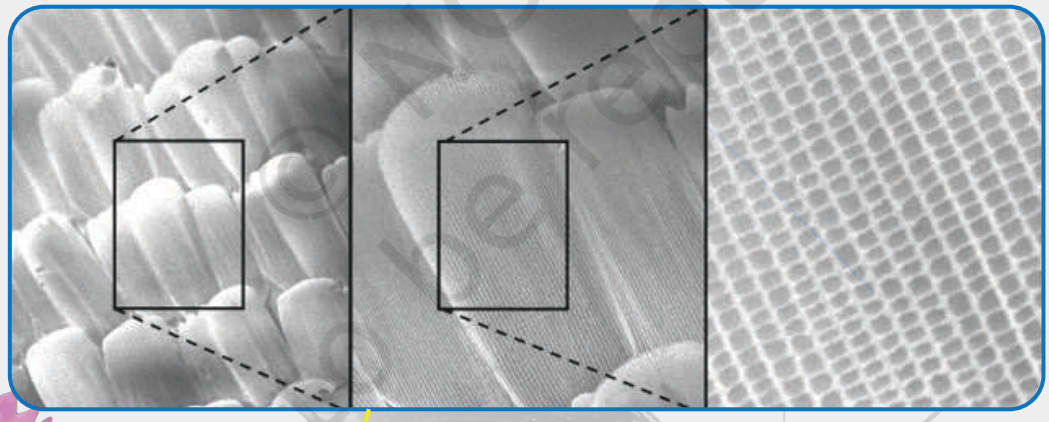
नए उपकरण वैज्ञानिकों को इस ग्रह का वास्तविक समय में निरीक्षण करने जलवायु, पारितंत्रों तथा मानवीय गतिविधियों के बीच के छिपे हुए संबंधों को उजागर करने में सहायता करते हैं। ये उपकरण बदलते ग्रह के विषय में कौन-सी नई खोजों को उजागर करेंगे और वे भूमंडलीय ऊष्मण एवं जलवायु परिवर्तन को समझने की हमारी क्षमता को कैसे बढ़ाएँगे?

© NCERT not to be republished

नए आयामों की ओर...

आप जैसे ही इस पुस्तक के समापन की ओर बढ़ते हैं, विज्ञान को सीखने की अपनी उस यात्रा का पुन: स्मरण कीजिए। अपने आस-पास के परिवेश को जानने की प्रारंभिक जिज्ञासा से लेकर उसे समझदारी और स्पष्ट दृष्टि के साथ परखने तक आपने कई महत्त्वपूर्ण और रोचक अनुभव प्राप्त किए। आपने कोशिकाओं और परमाणुओं के सूक्ष्म संसार की यात्रा की, उन बलों को समझा जो गति, कार्य और यांत्रिक ऊर्जा को प्रभावित करते हैं, ध्वनि के विज्ञान का अध्ययन किया और उन प्राकृतिक प्रणालियों के विषय में भी सीखा जो हमारी पृथ्वी को जीवन के लिए अनुकूल बनाती हैं। इन अवधारणाओं के संयुक्त रूप से यह स्पष्ट होता है कि विज्ञान मात्र तथ्यों का संग्रह नहीं है, अपितु प्रकृति को समझने का एक संगठित और तर्कपूर्ण माध्यम है। इससे भी महत्त्वपूर्ण बात यह है कि इस यात्रा के समय आपने वैज्ञानिक दृष्टि से सोचना सीखा जैसे जिज्ञासापूर्ण प्रश्न करना, प्रमाणों को खोजना और प्रकृति में दिखाई देने वाले पैटर्न को समझना। यह दृष्टिकोण हमें तकनीक को और अधिक स्पष्ट रूप से समझने, सही निर्णय लेने, मानव जीवन और प्रकृति के मध्य संबंधों को जानने में भी सहायक होता है।

कक्षा 10 में आपकी यह जिज्ञासा और अन्वेषण की यात्रा और भी अधिक रोमांचकारी होने वाली है। आप जानेंगे कि जीवन अपनी प्रक्रियाओं को कैसे बनाए रखता है, लक्षण एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी तक किस प्रकार स्थानांतरित होते हैं, रासायनिक अभिक्रियाएँ पदार्थों को किस प्रकार परिवर्तित करती हैं तथा विद्युत, चुंबकत्व और प्रकाश हमारे आधुनिक जीवन को किस प्रकार शक्ति प्रदान करते हैं। आप सूक्ष्म से विशाल स्तर तक फैले अनेक वैज्ञानिक विचारों से परिचित होंगे, ठीक उसी प्रकार जैसे नीचे दिए गए इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी से प्राप्त छवियाँ किसी तितली के पंख की अद्‌भुत सूक्ष्म संरचना को बढ़ते आवर्धन के साथ और अधिक स्पष्ट करती जाती हैं।'क्यों' पर आश्चर्य करना, 'कैसे' को जाँचना, और यदि ऐसा हो सके तो 'क्या'की खोज में ये प्रवृत्तियाँ ही वर्तमान समाज की वास्तविक चुनौतियों के समाधान की कुँजी हैं। विज्ञान निरंतर आगे बढ़ने वाली मानवीय खोज की एक रोमांचक यात्रा है। अब आप मात्र विज्ञान को सीखने के लिए ही नहीं, अपितु उस पर विचार करने, प्रश्न उठाने और इसमें सक्रिय भागीदारी करने के लिए भी तैयार हैं। संभव है कि आने वाले नई खोजें किसी ऐसे व्यक्ति द्वारा की जाएगी जो वर्तमान में विज्ञान सीख रहा है— ठीक आपकी भाँति!



इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी क्रमवीक्षण द्वारा तितली के पंख की छवियाँ क्रमशः बढ़ते हुए आवर्धन के रूप में (स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप)

© NCERT not to be republished

© NCERT
not to be republished

उत्तर कुंजी

अध्याय 2

अभ्यास प्रश्न

2. (iii) 4. (i) 7. (ii) 11. (iii)

16. (i) परासरण

(ii) नमक अथवा चीनी की सांद्रता जीवाणु अथवा कवक की कोशिका के कोशिका रस की अपेक्षा अधिक होती है, इसलिए कोशिका के अंदर से जल परासरण के कारण बाहर आ जाता है।

अध्याय 3

अभ्यास प्रश्न

1. (iii) 2. (iii) 3. (ii) 5. (iii)

6. क. (iii) ख. (i) ग. (iv) घ. (iii)

अध्याय 4

सोचिए और बताइए

4. 80 km h^{-1}; 0 km h^{-1}

अभ्यास प्रश्न

1. 1000 m; 0 m
2. (i) 18 m (ii) 6 m ऊपर की ओर
3. जी हाँ, क्योंकि उसकी गति की दिशा में परिवर्तन हो सकता है
4. 4 m s^{-2} वेग की दिशा में, 72 m
5. -4 m s^{-2} वेग के विपरीत दिशा में; 7 s
6. जी नहीं
7. (i); (ii)
8. 450 m
9. 310 m
10. 25 m; जी हाँ
12. 320 m; $\frac{1}{60}$ m s^{-2}
14. 774 m
15. 12.5 m; 15 m
16. (i) 66 cm (ii) 14 cm

(iii) $\frac{11}{900}$ cm s^{-1} (iv) $\frac{7}{2700}$ cm s^{-1}

अध्याय 5

सोचिए और बताइए

1. 12 g
2. 20 % *v/v*

अभ्यास प्रश्न

1. (iv)
2. (iii)
4. (i) *% m/m;* चीनी = 15%; मैदा = 84%; सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट = 1%

(ii) कॉपर = 84 g; जिंक = 36 g

6. (iii)
14. (i) विद्यार्थी क = 20%; विद्यार्थी ख = 16.67%; विद्यार्थी ग = 27.27%

(ii) विद्यार्थी ग

अध्याय 6

सोचिए और बताइए

2. जी नहीं; S
3. जी नहीं
4. (i); (ii)
6. 0 N

अभ्यास प्रश्न

1. *F लगाए गए बल की विपरीत दिशा में*
2. (i) समान रहेगा (ii) बढ़ेगा (iii) घटेगा
3. (i)
4. 18,000 N आगे की ओर
5. (iv)
6. (iii)
9. (iv)
11. 25 N
12. 500 N गति की विपरीत दिशा में
13. 0.015 s
14. 10 m
15. $\frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}$

अध्याय 7

सोचिए और बताइए

1. जी नहीं
2. ऋणात्मक
4. 2:1
5. जी नहीं
6. जी नहीं; जी हाँ

अभ्यास प्रश्न

1. (i) F (ii) T (iii) T

(iv) F (v) T

2. (i) बल; विस्थापन

(ii) 1 (iii) $\frac{1}{2}mv^2$

(iv) mgh (v) दर

3. (iii); (iv)
5. (i) 36250 J (ii) 36250 J

(iii) स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन पथ पर निर्भर नहीं करता है

6. आरंभिक ऊर्जा की दोगुनी ऊर्जा; आरंभिक शक्ति के बराबर शक्ति
8. 4:5
10. (i) ऋणात्मक एवं धनात्मक (ii) -12 J
11. 6 m s^{-1}; $\sqrt{66}$ m s^{-1}; नहीं
12. 48 m
13. (i) नियत चाल से

(ii) 612500 J (iii) -612500 J

(iv) स्थितिज ऊर्जा

14. $2\sqrt{10}$ m s^{-1}; 0 m s^{-1}; गेंद R स्थिति पर नहीं पहुँच सकती
15. (i) $10\sqrt{2}$ m s^{-1} गति की दिशा में

(ii) 0.05 m

अध्याय 8

सोचिए और बताइए

7. (ii)
10. इलेक्ट्रॉन 26 ; प्रोटॉन 26 ; न्यूट्रॉन 30
11. न्यूट्रॉन 21
12. द्रव्यमान संख्या 35
13. न्यूट्रॉन 12
14. (i) 4 (ii) 7 (iii) 4
15. 2, 8, 2; 2, 8, 6; 2, 8, 8
16. सोडियम; 12
18. 80.006 u

अभ्यास प्रश्न

1. (ii), (iii) सही है
2. (iii) सही है
3. (i) समस्थानिक (ii) समभारिक
7. (ii)
8. (i) प्रोटॉन 12 (ii) न्यूट्रॉन 12

(iii) इलेक्ट्रॉन 12;
इलेक्ट्रॉनों का विन्यास 2, 8, 2

9. (क) (i) लिथियम; (ii) Li; (iii) 3; (iv) 1; (v) 1; (vi) 3; (vii) 3

(ख) (i) नाइट्रोजन; (ii) N; (iii) 7; (iv) 5; (v) 3; (vi) 7; (vii) 7

(ग) (i) एल्युमिनियम; (ii) Al; (iii) 13; (iv) 3; (v) 3; (vi) 13; (vii) 13

(घ) (i) फ्लुओरीन; (ii) F; (iii) 9; (iv) 7; (v) 1; (vi) 9; (vii) 9

11. न्यूट्रॉन 39
12. (i) न्यूट्रॉन 118 (ii) इलेक्ट्रॉन 79

© NCERT not to be republished

13.

परमाणु क्रमांक	द्रव्यमान संख्या	न्यूट्रॉनों की संख्या	प्रोटॉनों की संख्या	इलेक्ट्रॉनों की संख्या	तत्व का नाम
5	11	6	5	5	बोरॉन
7	14	7	7	7	नाइट्रोजन
12	24	12	12	12	मैग्नीशियम
15	31	16	15	15	फॉस्फोरस
1	1	0	1	1	हाइड्रोजन

14. (i) इलेक्ट्रॉन 17; प्रोटॉन 17
(ii) परमाणु क्रमांक 17
(iii) क्लोरीन
(iv) इलेक्ट्रॉनिक विन्यास 2, 8, 7
(v) संयोजकता इलेक्ट्रॉन 7
(vi) द्रव्यमान संख्या 37
(vii) समस्थानिक

अध्याय 9

सोचिए और बताइए

2. 180 g
3. 30 g
4. 12 g
7. (iii)
12. ऋणायन (O^{2-})
13. Cl^-; एक; दो
16. (i) कार्बन डाइऑक्साइड (ii) नाइट्रोजन डाइऑक्साइड
(iii) सल्फर हेक्साफलुओराइड (iv) फॉस्फोरस ट्राइक्लोराइड
17. (i) $NaHCO_3$ (ii) SO_2
(iii) $FeCl_3$ (iv) Cu_2O
18. (i) $Fe(OH)_3$ (ii) K_2CO_3
20. (i) MO (ii) आयनिक
(iii) जलीय विलयन में विद्युत का चालन करता है
21. 63 u
22. 16 u
23. 74.5 u
24. 58 u

अभ्यास प्रश्न

1. (i) 1 इलेक्ट्रॉन देने की प्रवृत्ति होती है
(ii) धनायन (A^+)
(iii) 2 इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की प्रवृत्ति होती है
(iv) ऋणायन (B^{2-})
(v) आयनिक
(vi) A_2B
3. (iii)
4. (iv)
5. (i) $Al(NO_3)_3$ (ii) CaO
(iii) Fe_2O_3
6. (i) $CaBr_2$ (ii) $Al_2(CO_3)_3$
(iii) K_2SO_4 (iv) NH_4Cl
7. (ii)
8. (i) 80 u (ii) 98 u
(iii) 84 u
9. (i) Mg_3N_2 (ii) Li_3N
(iii) Na_2S (iv) Al_2O_3
10.

	NO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}
NH_4^+	NH_4NO_3	$(NH_4)_2SO_4$	$(NH_4)_3PO_4$
Li^+	$LiNO_3$	Li_2SO_4	Li_3PO_4
Al^{3+}	$Al(NO_3)_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$AlPO_4$
Cu^{2+}	$Cu(NO_3)_2$	$CuSO_4$	$Cu_3(PO_4)_2$

12. (i) $Z = 11$; $A = 23$
(ii) धनायन
(iii) इलेक्ट्रॉनों का विन्यास 2, 8
(iv) सोडियम धनायन (Na^+)
13. (i) तत्व ख
(ii) सहसंयोजी
(iii) AB_3
14. (iii)
15. इलेक्ट्रॉन 13, न्यूट्रॉन 14; इलेक्ट्रॉन 36, न्यूट्रॉन 45; इलेक्ट्रॉन 78, न्यूट्रॉन 121

अध्याय 10

सोचिए और बताइए

3. (ii)
4. (iii)
5. (ii)
8. 1200 दोलन
9. 1.5 cm
10. (i) 75:17 (ii) 10:3
11. 0.932 s; जी हाँ
12. 34.3 m
13. 3000 m

अभ्यास प्रश्न

1. (ii)
2. (iii)
3. 5 Hz
5. (i) (a) (ii) (a)
6. A – हरा वक्र; B – लाल वक्र; C – नीला वक्र
9. 0.01 s
10. 3812.5 m
11. 0.007 s
12. $\frac{65}{331}$ s
13. 0.04 m; 8500 Hz
14. 0.025 m, 0.05 m; 13800 Hz, 6900 Hz
15. 2:9

अध्याय 11

सोचिए और बताइए

5. आंतरिक निषेचन
6. किशोरावस्था
7. 2 अप्रैल
8. 46 गुणसूत्र

अभ्यास प्रश्न

1. (iii)
2. सही अनुक्रम है— (iii), (i), (ii), (iv)
3. (iv)
11. टमाटर – स्व-परागण; गेहूँ – स्व-परागण; पपीता – पर-परागण

अध्याय 12

अभ्यास प्रश्न

1. (ii) 2. (iii)
15. (i) Q (ii) P में वास्तविक केंद्रक नहीं होता है (iii) दोनों को संगठन के स्तर के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है, जीव Q बहुकोशिकीय है और जीव R एककोशिकीय है। (v) अकोशिकीय जीवों के लिए कोई स्थान नहीं है।

अध्याय 13

अभ्यास प्रश्न

1. (ii)
2. (iii)

© NCERT not to be republished