



कर्नाटक सरकार

विज्ञान

कक्षा 9 के लिए पाठ्यपुस्तक



0965

भाग - 2



एन सी ई आर टी
NCERT

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

Karnataka Textbook Society (R.)

6th Cross, Malleshwaram, Bengaluru - 560 003.

विषय-सूची

VII.	अध्याय 3	परमाणु एवं अणु	1
VIII.	अध्याय 4	परमाणु की संरचना	15
IX.	अध्याय 9	गुरुत्वाकर्षण	27
X.	अध्याय 10	कार्य तथा ऊर्जा	42
XI.	अध्याय 11	ध्वनि	58
XII.	अध्याय 12	खाद्य संसाधनों में सुधार	73
	उत्तरमाला		87
	पारिभाषिक शब्दावली		89



0965CH03

अध्याय 3

परमाणु एवं अणु (Atoms and Molecules)

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

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

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

18वीं शताब्दी के अंत तक वैज्ञानिकों ने तत्वों एवं यौगिकों के बीच भेद को समझा तथा स्वाभाविक रूप से यह पता करने के इच्छुक हुए कि तत्व कैसे

तथा क्यों संयोग करते हैं? जब तत्व परस्पर संयोग करते हैं, तब क्या होता है?

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

3.1 रासायनिक संयोजन के नियम

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

3.1.1 द्रव्यमान संरक्षण का नियम

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

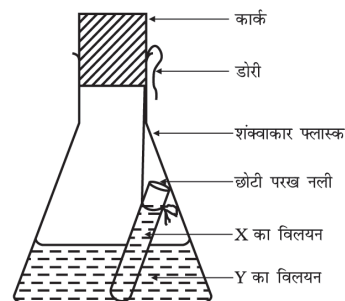
क्रियाकलाप 3.1

- निम्न X एवं Y रसायनों का एक युगल लीजिए।

X	Y
(i) कॉपर सल्फेट	सोडियम कार्बोनेट
(ii) बेरियम क्लोराइड	सोडियम सल्फेट
(iii) लेड नाइट्रेट	सोडियम क्लोराइड
- X एवं Y युगलों की सूची में से किसी एक युगल के रसायनों के अलग-अलग विलयन 10 mL जल में तैयार कीजिए।
- उपरोक्त तैयार युगल विलयनों में से Y के

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

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



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

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

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

3.1.2 स्थिर अनुपात का नियम

लवाईजिए एवं अन्य वैज्ञानिकों ने इस बात पर प्रकाश डाला कि कोई भी यौगिक दो या दो से अधिक तत्वों

परमाणु एवं अणु

से निर्मित होता है। इस प्रकार प्राप्त यौगिकों में, इन तत्वों का अनुपात स्थिर होता है चाहे इसे किसी स्थान से प्राप्त किया गया हो अथवा किसी ने भी इसे बनाया हो।

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

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



जॉन डाल्टन

जॉन डाल्टन का जन्म सन् 1766 में इंग्लैंड के एक गरीब जुलाहा परिवार में हुआ था। बारह वर्ष की आयु में उन्होंने एक शिक्षक के रूप में अपनी जीविका शुरू की। सात साल बाद वह एक स्कूल के प्रिंसिपल बन गए।

सन् 1793 में जॉन डाल्टन एक कॉलेज में गणित, भौतिकी एवं रसायन शास्त्र पढ़ाने के लिए मैनेचेस्टर चले गए। वहाँ पर उन्होंने अपने जीवन का अधिकांश समय शिक्षण एवं शोधकार्य में व्यतीत किया। सन् 1808 में इन्होंने अपने परमाणु सिद्धांत को प्रस्तुत किया, जो द्रव्यों के अध्ययन के लिए एक महत्वपूर्ण सिद्धांत साबित हुआ।

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

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

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

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

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

प्रश्न

- एक अभिक्रिया में 5.3 g सोडियम कार्बोनेट एवं 6.0 g एसिटिक अम्ल अभिकृत होते हैं। 2.2 g कार्बन डाइऑक्साइड, 8.2 g सोडियम

एसिटेट एवं 0.9 g जल उत्पाद के रूप में प्राप्त होते हैं। इस अभिक्रिया द्वारा दिखाइए कि यह परीक्षण द्रव्यमान संरक्षण के नियम के अनुरूप है।

सोडियम कार्बोनेट + एसिटिक अम्ल → सोडियम एसिटेट + कार्बन डाइऑक्साइड + जल

- हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन द्रव्यमान के अनुसार 1:8 के अनुपात में संयोग करके जल निर्मित करते हैं। 3 g हाइड्रोजन गैस के साथ पूर्ण रूप से संयोग करने के लिए कितने ऑक्सीजन गैस के द्रव्यमान की आवश्यकता होगी?
- डाल्टन के परमाणु सिद्धांत का कौन-सा अभिग्रहीत द्रव्यमान के संरक्षण के नियम का परिणाम है?
- डाल्टन के परमाणु सिद्धांत का कौन-सा अभिग्रहीत निश्चित अनुपात के नियम की व्याख्या करता है?

3.2 परमाणु क्या होता है?

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

परमाणु कितने बड़े होते हैं?

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

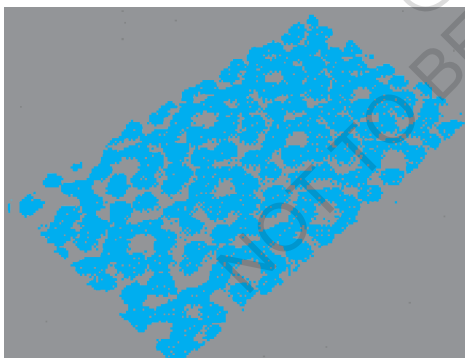
परमाणु त्रिज्या को नैनोमीटर (nm) में मापा जाता है।

$$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$$

$$1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$$

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

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



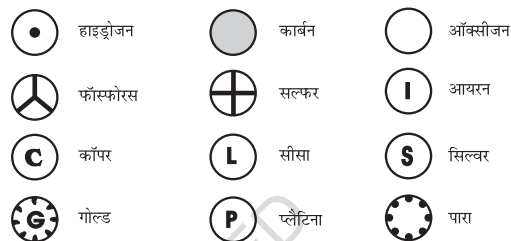
चित्र 3.2: सिलिकॉन सतह का प्रतिबिम्ब

3.2.1 विभिन्न तत्वों के परमाणुओं के आधुनिक प्रतीक क्या हैं?

डाल्टन ऐसे प्रथम वैज्ञानिक थे, जिन्होंने तत्वों के प्रतीकों का प्रयोग अत्यंत विशिष्ट अर्थ में किया। जब

परमाणु एवं अणु

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



चित्र 3.3: डाल्टन द्वारा सुझाए गए कुछ तत्वों के प्रतीक

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

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

उदाहरणार्थ

- हाइड्रोजन, H
- एलुमिनियम, Al न कि AL
- कोबाल्ट, Co न कि CO

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

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

3.2.2 परमाणु द्रव्यमान

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

सारणी 3.1: कुछ तत्वों के प्रतीक

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

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

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

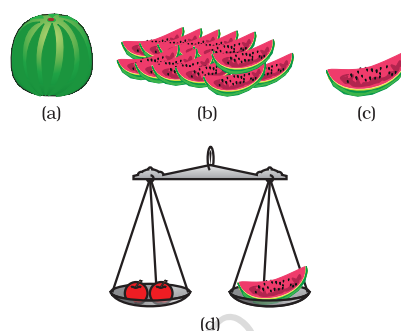
द्रव्यमान वाले ऑक्सीजन के साथ संयुक्त होती है। मान लीजिए, हम परमाणु द्रव्यमान की इकाई को एक कार्बन परमाणु द्रव्यमान के बराबर मानते हैं तो कार्बन परमाणु को 1.0 u तथा ऑक्सीजन परमाणु द्रव्यमान को 1.33 u निर्दिष्ट करेंगे। (प्रारंभ में परमाणु द्रव्यमान को amu द्वारा संक्षेप में लिखते थे, लेकिन आजकल IUPAC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

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

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

कल्पना कीजिए कि एक फल विक्रेता बिना मानक भार के फल बेच रहा है। वह एक तरबूज लेकर कहता है कि “इसका द्रव्यमान 12 इकाई है” (12 तरबूजीय इकाई अथवा 12 फल द्रव्यमान इकाई)। वह तरबूज के 12 बराबर टुकड़े करता है तथा पाता है कि उसके द्वारा बेचे जा रहे प्रत्येक फल का द्रव्यमान तरबूज के एक टुकड़े के द्रव्यमान के सापेक्ष

है। जैसा कि चित्र 3.4 में दिखाया गया है, अब वह फलों को सापेक्ष फल द्रव्यमान इकाई (fmu) में बेचता है।



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

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

सारणी 3.2: कुछ तत्वों के परमाणु द्रव्यमान

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

3.2.3 परमाणु किस प्रकार अस्तित्व में रहते हैं?

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



1. परमाणु द्रव्यमान इकाई को परिभाषित कीजिए।
2. एक परमाणु को आँखों द्वारा देखना क्यों संभव नहीं होता है?

3.3. अणु क्या है?

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

3.3.1 तत्वों के अणु

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

संरचना में प्रयुक्त होने वाले परमाणुओं की संख्या को उस अणु की परमाणुकता कहते हैं।

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

आइए, कुछ तत्वों की परमाणुकता का अवलोकन करें।

सारणी 3.3: कुछ तत्वों की परमाणुकता

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

3.3.2 यौगिकों के अणु

भिन्न-भिन्न तत्वों के परमाणु एक निश्चित अनुपात में परस्पर जुड़कर यौगिकों के अणु निर्मित करते हैं।

सारणी 3.4 में कुछ उदाहरण दिए गए हैं।

सारणी 3.4: कुछ यौगिकों के अणु

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

क्रियाकलाप 3.2

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

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

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

3.3.3 आयन क्या होता है?

धातु एवं अधातु युक्त यौगिक आवेशित कणों से बने होते हैं। इन आवेशित कणों को आयन कहते हैं। आयन एक आवेशित परमाणु अथवा परमाणुओं का एक ऐसा समूह होता है जिस पर नेट आवेश विद्यमान होता है। यह ऋण आवेश अथवा धन आवेश होता

है। ऋण आवेशित आयन को ऋणायन (anion) तथा धन आवेशित आयन को धनायन (cation) कहते हैं। उदाहरण के लिए सोडियम क्लोराइड (NaCl) को लीजिए। इसमें धनात्मक सोडियम आयन (Na⁺) तथा ऋणात्मक क्लोराइड आयन (Cl⁻) संघटक कण के रूप में विद्यमान होते हैं। परमाणुओं के समूह जिन पर नेट आवेश विद्यमान हो उसे बहुपरमाणुक आयन कहते हैं (सारणी 3.6)। हम आयनों के निर्माण के बारे में अध्याय-4 में और अधिक जानकारी प्राप्त करेंगे।

सारणी 3.5: कुछ आयनिक यौगिक

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

3.4 रासायनिक सूत्र लिखना

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

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

सारणी 3.6: कुछ सामान्य, सरल एवं बहुपरमाणुक आयन

संयोजकता	आयन का नाम	संकेत	अधात्विक तत्व	संकेत	बहुपरमाणुक आयन	संकेत
1.	सोडियम पोटैशियम सिल्वर कॉपर (I)*	Na ⁺ K ⁺ Ag ⁺ Cu ⁺	हाइड्रोजन हाइड्राइड क्लोराइड ब्रोमाइड आयोडाइड	H ⁺ H ⁻ Cl ⁻ Br ⁻ I ⁻	अमोनियम हाइड्रॉक्साइड नाइट्रेट हाइड्रोजन कार्बोनेट	NH ₄ ⁺ OH ⁻ NO ₃ ⁻ HCO ₃ ⁻
2.	मैग्नीशियम कैल्सियम जिंक आयरन (II)* कॉपर (II)*	Mg ²⁺ Ca ²⁺ Zn ²⁺ Fe ²⁺ Cu ²⁺	ऑक्साइड सल्फाइड	O ²⁻ S ²⁻	कार्बोनेट सल्फाइड सल्फेट	CO ₃ ²⁻ SO ₃ ²⁻ SO ₄ ²⁻
3.	ऐलुमिनियम आयरन (III)*	Al ³⁺ Fe ³⁺	नाइट्राइड	N ³⁻	फॉस्फेट	PO ₄ ³⁻

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

मानव की दो भुजाएँ तथा ऑक्टोपस की आठ भुजाएँ होती हैं। ऑक्टोपस की एक भुजा मानव की केवल एक भुजा पकड़ सकती है। यदि एक ऑक्टोपस को कुछ मानवों को इस प्रकार से पकड़ना है कि उसकी आठ भुजाएँ मानवों की दोनों भुजाओं के साथ प्रयुक्त हो जाएँ तो आपके विचार में ऑक्टोपस कुल कितने मानवों को पकड़ सकता है? अब ऑक्टोपस को O तथा मानव को H से निरूपित कीजिए। क्या आप इस संयोजन के लिए सूत्र लिख सकते हैं? क्या आप OH₄ को सूत्र के रूप में प्राप्त करेंगे? पादांक 4 ऑक्टोपस द्वारा पकड़े गए मानवों की संख्या को प्रदर्शित करता है।

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

- आयन की संयोजकता अथवा आवेश संतुलित होना चाहिए।
- जब एक यौगिक किसी धातु एवं अधातु के संयोग से निर्मित होता है तो धातु के नाम अथवा उसके प्रतीक को रासायनिक सूत्र में पहले लिखते हैं। उदाहरणार्थ: कैल्सियम ऑक्साइड (CaO), सोडियम क्लोराइड (NaCl), आयरन सल्फाइड (FeS), कॉपर ऑक्साइड (CuO) ... इत्यादि, जहाँ पर ऑक्सीजन, क्लोरीन, सल्फर अधातुएँ हैं तथा उन्हें दायीं तरफ लिखते हैं, जबकि कैल्सियम, सोडियम, आयरन एवं कॉपर धातुएँ हैं तथा उन्हें बायीं तरफ लिखते हैं।
- बहुपरमाणुक आयनों द्वारा निर्मित यौगिकों में आयनों की संख्या दर्शाने के लिए आयन को कोष्ठक में लिखकर आयनों की संख्या कोष्ठक के बाहर लिखते हैं उदाहरण Mg(OH)₂ है। यदि बहुपरमाणुक आयन की संख्या 1 हो तो कोष्ठक

की आवश्यकता नहीं होती। उदाहरण के लिए NaOH ।

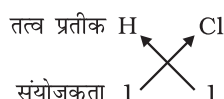
3.4.1 सरल यौगिकों के सूत्र

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

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

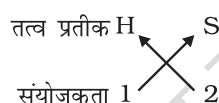
उदाहरण

1. हाइड्रोजन क्लोराइड का सूत्र



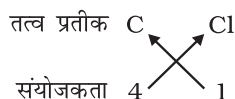
अतः हाइड्रोजन क्लोराइड का रासायनिक सूत्र HCl है।

2. हाइड्रोजन सल्फाइड के सूत्र



अतः हाइड्रोजन सल्फाइड का सूत्र : H_2S है।

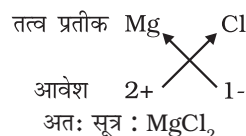
3. कार्बन टेट्राक्लोराइड का सूत्र



अतः कार्बन टेट्राक्लोराइड का सूत्र : CCl_4 है।

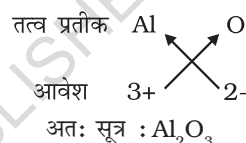
मैग्नीशियम क्लोराइड का सूत्र ज्ञात करने के लिए पहले हम धनायन का संकेत (Mg^{2+}) लिखते हैं इसके पश्चात् ऋणायन क्लोराइड (Cl^-) लिखते हैं। तत्पश्चात् इनके आवेशों को आड़ा-तिरछा (criss-cross) करके हम सूत्र प्राप्त करते हैं।

4. मैग्नीशियम क्लोराइड का सूत्र

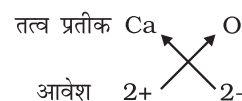


इस प्रकार हम देखते हैं कि मैग्नीशियम क्लोराइड के अणु में दो क्लोराइड आयन (Cl^-) प्रत्येक मैग्नीशियम आयन (Mg^{2+}) के लिए होता है। इस प्रकार के आयनिक यौगिकों में धनात्मक तथा ऋणात्मक आवेशों का संतुलन होना चाहिए तथा संपूर्ण संरचना उदासीन होनी चाहिए। ध्यान देने योग्य बात यह है कि इस प्रकार के सूत्रों में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

5. ऐलुमिनियम ऑक्साइड का सूत्र:



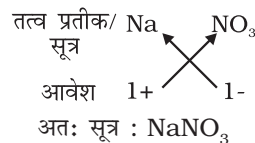
6. कैल्सियम ऑक्साइड का सूत्र:



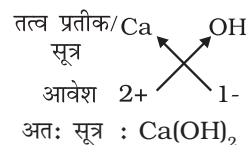
यहाँ पर दोनों तत्वों की संयोजकताएँ समान हैं। अतः इसका सूत्र Ca_2O_2 प्राप्त होगा, किंतु हम इस सूत्र को CaO के रूप में सरलीकृत करते हैं।

बहुपरमाणुक आयनों वाले यौगिक

सोडियम नाइट्रेट का सूत्र:



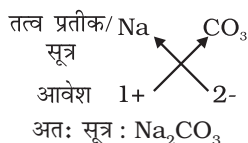
कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड का सूत्र:



परमाणु एवं अणु

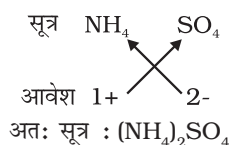
ध्यान देने योग्य बात यह है कि कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड का सूत्र $\text{Ca}(\text{OH})_2$ है न कि CaOH_2 । जब सूत्र में एक ही आयन के दो या दो से अधिक आयन होते हैं तो हम उनके लिए कोष्ठक का उपयोग करते हैं। यहाँ पर OH को कोष्ठक में रखकर पादांक 2 लगाते हैं जो यह निर्दिष्ट करता है कि एक कैल्सियम परमाणु के साथ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

सोडियम कार्बोनेट का सूत्र:



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

अमोनियम सल्फेट का सूत्र:



प्रश्न

- निम्न के सूत्र लिखिए:
 - सोडियम ऑक्साइड
 - ऐलुमिनियम क्लोराइड
 - सोडियम सल्फाइड
 - मैग्नीशियम हाइड्रॉक्साइड
- निम्नलिखित सूत्रों द्वारा प्रदर्शित यौगिकों के नाम लिखिए :
 - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
 - CaCl_2
 - K_2SO_4
 - KNO_3
 - CaCO_3

3. रासायनिक सूत्र का क्या तात्पर्य है?

4. निम्न में कितने परमाणु विद्यमान हैं?

(i) H_2S अणु एवं

(iii) PO_4^{3-} आयन?

3.5 आण्विक द्रव्यमान

3.5.1 आण्विक द्रव्यमान

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

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

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

हल:

(a) हाइड्रोजन का परमाणु द्रव्यमान = 1 u तथा ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान = 16 u है। अतः जल, जिसमें दो परमाणु हाइड्रोजन एवं एक परमाणु ऑक्सीजन होते हैं, का आण्विक द्रव्यमान

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

(b) नाइट्रिक अम्ल (HNO_3) के आण्विक द्रव्यमान = H का परमाणु द्रव्यमान + N का परमाणु द्रव्यमान + $3 \times \text{O}$ का परमाणु द्रव्यमान हाइड्रोजन का परमाणु द्रव्यमान = 1 u ऑक्सीजन का परमाणु द्रव्यमान = 16 u तथा नाइट्रोजन का परमाणु द्रव्यमान = 14 u होता है।

$$\text{अतः } \text{HNO}_3 \text{ का आण्विक द्रव्यमान} \\ = 1 \text{ u} + 14 \text{ u} + 3 \times 16 \text{ u} = 63 \text{ u है।}$$

3.5.2 सूत्र इकाई द्रव्यमान

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

$$1 \times 23 \text{ u} + 1 \times 35.5 \text{ u} = 58.5 \text{ u}$$

उदाहरण 3.2 CaCl_2 के सूत्र इकाई द्रव्यमान का परिकलन कीजिए

हल:

कैल्सियम क्लोराइड का सूत्र इकाई द्रव्यमान CaCl_2 है।

कैल्सियम (Ca) का परमाणु द्रव्यमान = 40 u

क्लोरीन (Cl) का परमाणु द्रव्यमान = 35.5 u

अतः CaCl_2 का सूत्र इकाई द्रव्यमान

$$= 1 \times 40 \text{ u} + 2 \times 35.5 \text{ u} = 40 \text{ u} + 71 \text{ u}$$

$$= 111 \text{ u}$$

प्रश्न

1. निम्न यौगिकों के आण्विक द्रव्यमान का परिकलन कीजिए:

H_2 , O_2 , Cl_2 , CO_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , NH_3 एवं CH_3OH

2. निम्न यौगिकों के सूत्र इकाई द्रव्यमान का परिकलन कीजिए:

ZnO , Na_2O एवं K_2CO_3

दिया गया है:

Zn का परमाणु द्रव्यमान = 65 u

Na का परमाणु द्रव्यमान = 23 u

K का परमाणु द्रव्यमान = 39 u,

C का परमाणु द्रव्यमान = 12 u एवं

O का परमाणु द्रव्यमान = 16 u है।



आपने क्या सीखा

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

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



अभ्यास

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

- (c) बेकिंग पाउडर (खाने वाला सोडा)
(d) पोटैशियम सल्फेट



समूह क्रियाकलाप



सूत्र लिखने के लिए एक खेल खेलिए

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

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

उदाहरणार्थ :



सोडियम सल्फेट के सूत्र के लिए:

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

अपने आप कीजिए : सोडियम फॉस्फेट का सूत्र लिखिए।



0965CH04

अध्याय 4

परमाणु की संरचना (Structure of the Atom)

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

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

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

4.1 पदार्थों में आवेशित कण

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

क्रियाकलाप 4.1

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

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

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

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

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

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

प्रश्न

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

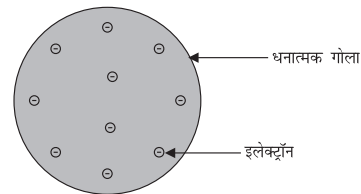
4.2 परमाणु की संरचना

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

4.2.1 टॉमसन का परमाणु मॉडल

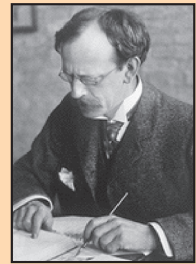
टॉमसन ने परमाणुओं की संरचना से संबंधित एक मॉडल प्रस्तुत किया, जो क्रिसमस केक की तरह था। इनके अनुसार परमाणु एक धनावेशित गोला था, जिसमें इलेक्ट्रॉन क्रिसमस केक में लगे सूखे मेवों की तरह थे। तरबूज का उदाहरण भी ले सकते हैं, जिसके अनुसार परमाणु में धन आवेश तरबूज के खाने वाले

लाल भाग की तरह बिखरा है, जबकि इलेक्ट्रॉन धनावेशित गोले में तरबूज के बीज की भांति धँसे हैं (चित्र 4.1)।



चित्र 4.1: टॉमसन का परमाणु मॉडल

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



टॉमसन ने प्रस्तावित किया कि:

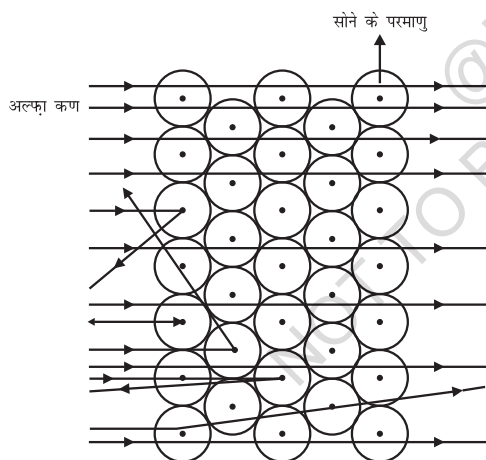
- (i) परमाणु धन आवेशित गोले का बना होता है और इलेक्ट्रॉन उसमें धँसे होते हैं।
- (ii) ऋणात्मक और धनात्मक आवेश परिमाण में समान होते हैं। इसलिए परमाणु वैद्युतीय रूप से उदासीन होते हैं।

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

4.2.2 रदरफ़ोर्ड का परमाणु मॉडल

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

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



चित्र 4.2: सोने की परत द्वारा अल्फ़ा कणों का प्रकीर्णन

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

- तेज़ गति से चल रहे अधिकतर अल्फ़ा कण सोने की पन्नी से सीधे निकल गए।

- कुछ अल्फ़ा कण पन्नी के द्वारा बहुत छोटे कोण से विक्षेपित हुए।

- आश्चर्यजनक रूप से प्रत्येक 12000 कणों में से एक कण वापस आ गया।

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

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



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

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

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

- (ii) बहुत कम कण अपने मार्ग से विक्षेपित होते हैं जिससे यह ज्ञात होता है कि परमाणु में धनावेशित भाग बहुत कम है।
- (iii) बहुत कम अल्फ़ा कण 180° पर विक्षेपित हुए थे, जिससे यह संकेत मिलता है कि सोने के परमाणु का पूर्ण धनावेशित भाग और द्रव्यमान, परमाणु के भीतर बहुत कम आयतन में सीमित है। प्राप्त आँकड़ों के आधार पर उन्होंने यह निष्कर्ष निकाला कि नाभिक की त्रिज्या परमाणु की त्रिज्या से 10^5 गुणा छोटी है।

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

- (i) परमाणु का केंद्र धनावेशित होता है जिसे नाभिक कहा जाता है। एक परमाणु का लगभग संपूर्ण द्रव्यमान नाभिक में होता है।
- (ii) इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वर्तुलाकार मार्ग में चक्कर लगाते हैं।
- (iii) नाभिक का आकार परमाणु के आकार की तुलना में काफ़ी कम होता है।

रदरफ़ोर्ड के परमाणु मॉडल की कमियाँ

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

4.2.3 बोर का परमाण्विक मॉडल

रदरफ़ोर्ड के मॉडल पर उठी आपत्तियों को दूर करने के लिए, नील्स बोर ने परमाणु की संरचना के बारे में

परमाणु की संरचना

निम्नलिखित अवधारणाएँ प्रस्तुत कीं-

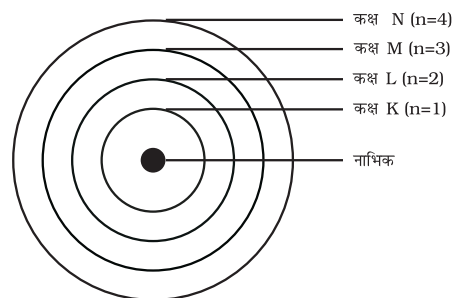
- (i) इलेक्ट्रॉन केवल कुछ निश्चित कक्षाओं में ही चक्कर लगा सकते हैं, जिन्हें इलेक्ट्रॉन की विविक्त कक्षा कहते हैं।
- (ii) जब इलेक्ट्रॉन इस विविक्त कक्षा में चक्कर लगाते हैं, तो उनकी ऊर्जा का विकिरण नहीं होता है।

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

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



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



चित्र 4.3: किसी परमाणु में कुछ ऊर्जा स्तर

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

प्रश्न

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

4.2.4 न्यूट्रॉन

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



H



He



Li



Be



B



C



N



O



F



Ne



Na



Mg



Al



Si



P



S



Cl



Ar

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

प्रश्न

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

4.3 विभिन्न कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन कैसे वितरित होते हैं?

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

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

- (ii) सबसे बाहरी कोश में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम संख्या 8 हो सकती है।
- (iii) किसी परमाणु के दिए गए कोश में इलेक्ट्रॉन तब तक स्थान नहीं लेते हैं जब तक कि उससे पहले वाले भीतरी कक्ष पूर्ण रूप से भर नहीं जाते। इससे स्पष्ट होता है कि कक्षाएँ क्रमानुसार भरती हैं।

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

क्रियाकलाप 4.2

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

प्रश्न

1. कार्बन और सोडियम के परमाणुओं के लिए इलेक्ट्रॉन-वितरण लिखिए।
2. अगर किसी परमाणु का K और L कोश भरा है, तो उस परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या क्या होगी?

4.4 संयोजकता

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

बोर-बरी स्कीम से हम जानते हैं कि किसी परमाणु का बाह्यतम कक्ष अधिकतम 8 इलेक्ट्रॉन रख सकता है। यह देखा गया था कि जिन तत्वों के परमाणुओं के बाह्यतम कक्ष पूर्ण रूप से इलेक्ट्रॉनों (8) से भरे होते हैं वे रासायनिक रूप से सक्रिय नहीं होते हैं। दूसरे शब्दों में, ऐसे तत्वों की संयोजन-शक्ति या संयोजकता शून्य

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

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

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

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

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

अतः प्रत्येक तत्व के परमाणु की एक निश्चित संयोजन-शक्ति होती है, जिसे संयोजकता कहते हैं।

पहले 18 तत्वों की संयोजकता सारणी 4.1 के अंतिम स्तंभ में दी गई है।

प्रश्न

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

4.5 परमाणु संख्या तथा द्रव्यमान संख्या

4.5.1 परमाणु संख्या

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

4.5.2 द्रव्यमान संख्या

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

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

द्रव्यमान संख्या

तत्व का
प्रतीक

परमाणु संख्या

उदाहरण के लिए, नाइट्रोजन को इस प्रकार लिखा जाता है, ${}^{14}_7\text{N}$ ।



1. यदि किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉनों की संख्या 8 है और प्रोटॉनों की संख्या भी 8 है तब,
(a) परमाणु की परमाणुक संख्या क्या है?
(b) परमाणु का क्या आवेश है?
2. सारणी 4.1 की सहायता से ऑक्सीजन और सल्फर-परमाणु की द्रव्यमान संख्या ज्ञात कीजिए।

4.6 समस्थानिक

प्रकृति में, कुछ तत्वों के परमाणुओं की पहचान की गई है, जिनकी परमाणु संख्या समान लेकिन द्रव्यमान संख्या अलग-अलग होती है। उदाहरण के लिए, हाइड्रोजन परमाणु को लें। इसके तीन परमाण्विक स्पीशीज़ होते हैं: प्रोटियम ${}^1_1\text{H}$, ड्यूटीरियम (${}^2_1\text{H}$ या D), ट्राइटियम (${}^3_1\text{H}$ या T), प्रत्येक की परमाणु संख्या समान है। लेकिन द्रव्यमान संख्या क्रमशः 1, 2 और 3 है। इस तरह के अन्य उदाहरण हैं: (1) कार्बन, ${}^{12}_6\text{C}$ और ${}^{14}_6\text{C}$; (2) क्लोरीन, ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ और ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ ।

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

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

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

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

क्लोरीन का औसत परमाणु द्रव्यमान होगा,

$$35 \times \frac{75}{100} + 37 \times \frac{25}{100}$$

$$= \frac{105}{4} + \frac{37}{4} = \frac{142}{4} = 35.5 \text{ u}$$

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

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

समस्थानिकों के अनुप्रयोग

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

निम्नलिखित हैं:

- (i) यूरेनियम के एक समस्थानिक का उपयोग परमाणु भट्टी (atomic reactor) में ईंधन के रूप में होता है।
- (ii) कैंसर के उपचार में कोबाल्ट के समस्थानिक का उपयोग होता है।
- (iii) घेंघा रोग के इलाज में आयोडीन के समस्थानिक का उपयोग होता है।

4.6.1 समभारिक

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

प्रश्न

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



आपने क्या सीखा

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

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

अभ्यास



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

7. सिलिकॉन और ऑक्सीजन का उदाहरण लेते हुए संयोजकता की परिभाषा दीजिए।
8. उदाहरण के साथ व्याख्या कीजिए- परमाणु संख्या, द्रव्यमान संख्या, समस्थानिक और समभारिक समस्थानिकों के कोई दो उपयोग लिखिए।
9. Na^+ के पूरी तरह से भरे हुए K व L कोश होते हैं- व्याख्या कीजिए।
10. अगर ब्रोमीन परमाणु दो समस्थानिकों [$^{79}_{35}\text{Br}$ (49.7%) तथा $^{81}_{35}\text{Br}$ (50.3%)] के रूप में है, तो ब्रोमीन परमाणु के औसत परमाणु द्रव्यमान की गणना कीजिए।
11. एक तत्व X का परमाणु द्रव्यमान 16.2 u है तो इसके किसी एक नमूने में समस्थानिक $^{16}_8\text{X}$ और $^{18}_8\text{X}$ का प्रतिशत क्या होगा?
12. यदि तत्व का $Z = 3$ हो तो तत्व की संयोजकता क्या होगी? तत्व का नाम भी लिखिए।
13. दो परमाणु स्पीशीज़ के केंद्रकों का संघटन नीचे दिया गया है
- | | X | Y |
|-----------|---|---|
| प्रोटॉन | 6 | 6 |
| न्यूट्रॉन | 6 | 8 |
- X और Y की द्रव्यमान संख्या ज्ञात कीजिए। इन दोनों स्पीशीज़ में क्या संबंध है?
14. निम्नलिखित वक्तव्यों में गलत के लिए F और सही के लिए T लिखें।
- जे. जे. टॉमसन ने यह प्रस्तावित किया था कि परमाणु के केंद्रक में केवल न्यूक्लीयॉन्स होते हैं।
 - एक इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन मिलकर न्यूट्रॉन का निर्माण करते हैं इसलिए यह अनावेशित होता है।
 - इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान प्रोटॉन से लगभग $\frac{1}{2000}$ गुणा होता है।
 - आयोडीन के समस्थानिक का इस्तेमाल टिंकचर आयोडीन बनाने में होता है। इसका उपयोग दवा के रूप में होता है।
- प्रश्न संख्या 15, 16 और 17 में सही के सामने (✓) का चिह्न और गलत के सामने (x) का चिह्न लगाइए।
15. रदरफ़ोर्ड का अल्फ़ा कण प्रकीर्णन प्रयोग किसकी खोज के लिए उत्तरदायी था-
- परमाणु केंद्रक
 - इलेक्ट्रॉन
 - प्रोटॉन
 - न्यूट्रॉन

16. एक तत्व के समस्थानिक में होते हैं-
- (a) समान भौतिक गुण (b) भिन्न रासायनिक गुण
(c) न्यूट्रॉनों की अलग-अलग संख्या (d) भिन्न परमाणु संख्या
17. Cl^- आयन में संयोजकता-इलेक्ट्रॉनों की संख्या है-
- (a) 16 (b) 8 (c) 17 (d) 18
18. सोडियम का सही इलेक्ट्रॉनिक विन्यास निम्न में कौन सा है?
- (a) 2,8 (b) 8,2,1 (c) 2,1,8 (d) 2,8,1
19. निम्नलिखित सारणी को पूरा कीजिए-

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

अध्याय 9



0965CH10

गुरुत्वाकर्षण (Gravitation)

अध्याय 7 तथा 8 में हमने वस्तुओं की गति के बारे में तथा बल को गति के कारक के रूप में अध्ययन किया है। हमने सीखा है कि किसी वस्तु की चाल या गति की दिशा बदलने के लिए बल की आवश्यकता होती है। हम सदैव देखते हैं कि जब किसी वस्तु को ऊँचाई से गिराया जाता है तो वह पृथ्वी की ओर ही गिरती है। हम जानते हैं कि सभी ग्रह सूर्य के चारों ओर चक्कर लगाते हैं। चंद्रमा पृथ्वी की परिक्रमा करता है। इन सभी अवस्थाओं में, वस्तुओं पर, ग्रहों पर तथा चंद्रमा पर लगने वाला कोई बल अवश्य होना चाहिए। आइजक न्यूटन इस तथ्य को समझ गए थे कि इन सभी के लिए एक ही बल उत्तरदायी है। इस बल को गुरुत्वाकर्षण बल कहते हैं।

इस अध्याय में हम गुरुत्वाकर्षण तथा गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के बारे में अध्ययन करेंगे। हम पृथ्वी पर गुरुत्वाकर्षण बल के प्रभाव के अंतर्गत वस्तुओं की गति पर विचार करेंगे। हम अध्ययन करेंगे कि किसी वस्तु का भार एक स्थान से दूसरे स्थान पर किस प्रकार परिवर्तित होता है। द्रवों में वस्तुओं के प्लवन की शर्तों के बारे में भी हम विचार-विमर्श करेंगे।

9.1 गुरुत्वाकर्षण

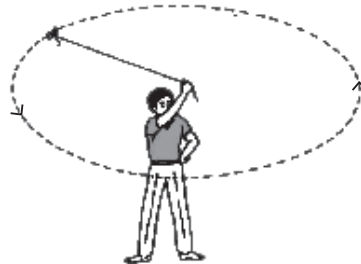
हम जानते हैं कि चंद्रमा पृथ्वी का चक्कर लगाता है। किसी वस्तु को जब ऊपर की ओर फेंकते हैं, तो वह कुछ ऊँचाई तक ऊपर पहुँचती है और फिर नीचे की ओर गिरने लगती है। कहते हैं कि जब न्यूटन एक पेड़ के नीचे बैठे थे तो एक सेब उन पर गिरा। सेब

के गिरने की क्रिया ने न्यूटन को सोचने के लिए प्रेरित किया। उन्होंने सोचा कि यदि पृथ्वी सेब को अपनी ओर आकर्षित कर सकती है तो क्या यह चंद्रमा को आकर्षित नहीं कर सकती? क्या दोनों स्थितियों में वही बल लग रहा है? उन्होंने अनुमान लगाया कि दोनों अवस्थाओं में एक ही प्रकार का बल उत्तरदायी है। उन्होंने तर्क दिया कि अपनी कक्षा के प्रत्येक बिंदु पर चंद्रमा किसी सरल रेखीय पथ पर गति नहीं करता वरन् पृथ्वी की ओर गिरता रहता है। अतः वह अवश्य ही पृथ्वी द्वारा आकर्षित होता है। लेकिन हम वास्तव में चंद्रमा को पृथ्वी की ओर गिरते हुए नहीं देखते।

आइए चंद्रमा की गति को समझने के लिए क्रियाकलाप 7.11 पर पुनः विचार करें।

क्रियाकलाप 9.1

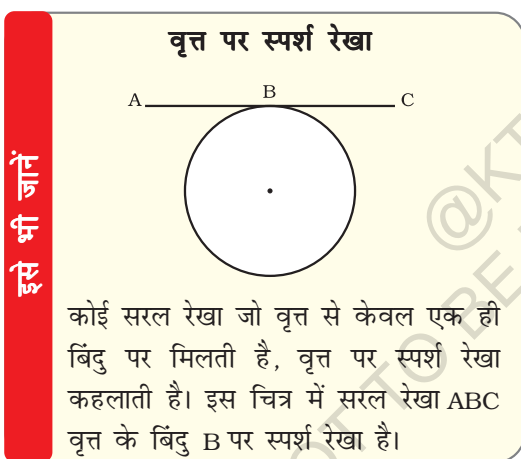
- धागे का एक टुकड़ा लीजिए। इसके एक सिरे पर एक छोटा पत्थर बाँधिए।
- धागे के दूसरे सिरे को पकड़िए और पत्थर को वृत्ताकार पथ में घुमाइए जैसा कि चित्र 9.1 में दिखाया गया है।



चित्र 9.1: पत्थर द्वारा नियत परिमाण के वेग से वृत्ताकार पथ में गति

- पत्थर की गति की दिशा को देखिए।
- अब धागे को छोड़िए।
- फिर से पत्थर की गति की दिशा को देखिए।

धागे को छोड़ने से पहले पत्थर एक निश्चित चाल से वृत्ताकार पथ में गति करता है तथा प्रत्येक बिंदु पर उसकी गति की दिशा बदलती है। दिशा के परिवर्तन में वेग-परिवर्तन या त्वरण सम्मिलित है। जिस बल के कारण यह त्वरण होता है तथा जो वस्तु को वृत्ताकार पथ में गतिशील रखता है, वह बल केंद्र की ओर लगता है। इस बल को अभिकेंद्र बल कहते हैं। इस बल की अनुपस्थिति में पत्थर एक सरल रेखा में मुक्त रूप से गतिशील हो जाता है। यह सरल रेखा वृत्तीय पथ पर स्पर्श रेखा होगी।



पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा की गति अभिकेंद्र बल के कारण है। अभिकेंद्र बल पृथ्वी के आकर्षण बल के कारण मिल पाता है। यदि ऐसा कोई बल न हो तो चंद्रमा एकसमान गति से सरल रेखीय पथ पर चलता रहेगा।

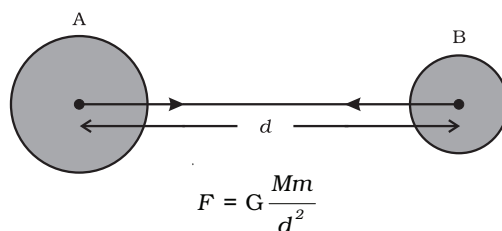
यह देखा गया है कि गिरता हुआ सेब पृथ्वी की ओर आकर्षित होता है। क्या सेब भी पृथ्वी को आकर्षित करता है? यदि ऐसा है, तो हम पृथ्वी को सेब की ओर गति करते क्यों नहीं देख पाते?

गति के तीसरे नियम के अनुसार सेब भी पृथ्वी को आकर्षित करता है। लेकिन गति के दूसरे नियम के अनुसार, किसी दिए हुए बल के लिए त्वरण वस्तु के द्रव्यमान के व्युत्क्रमानुपाती होता है [समीकरण (8.4)]। पृथ्वी की अपेक्षा सेब का द्रव्यमान नगण्य है। इसीलिए हम पृथ्वी को सेब की ओर गति करते नहीं देखते। इसी तर्क का विस्तार यह जानने के लिए कीजिए कि पृथ्वी चंद्रमा की ओर गति क्यों नहीं करती।

हमारे सौर परिवार में, सभी ग्रह सूर्य की परिक्रमा करते हैं। पहले की भाँति तर्क करके हम कह सकते हैं कि सूर्य तथा ग्रहों के बीच एक बल विद्यमान है। उपरोक्त तथ्यों के आधार पर न्यूटन ने निष्कर्ष निकाला कि केवल पृथ्वी ही सेब और चंद्रमा को आकर्षित नहीं करती, बल्कि विश्व के सभी पिंड एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं। वस्तुओं के बीच यह आकर्षण बल गुरुत्वाकर्षण बल कहलाता है।

9.1.1 गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम

विश्व का प्रत्येक पिंड प्रत्येक अन्य पिंड को एक बल से आकर्षित करता है, जो दोनों पिंडों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह बल दोनों पिंडों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में लगता है।



चित्र 9.2: किन्हीं दो एकसमान पिंडों के बीच गुरुत्वाकर्षण बल उनके केंद्रों को मिलाने वाली रेखा की दिशा में निदेशित होता है

मान लीजिए M तथा m द्रव्यमान के दो पिंड A तथा B एक-दूसरे से d दूरी पर स्थित हैं (चित्र 9.2)। मान लीजिए दोनों पिंडों के बीच आकर्षण बल F है। गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के अनुसार, दोनों पिंडों के बीच लगने वाला बल उनके द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती है। अर्थात्,

$$F \propto M \times m \quad (9.1)$$

तथा दोनों पिंडों के बीच लगने वाला बल उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती है, अर्थात्,

$$F \propto \frac{1}{d^2} \quad (9.2)$$

समीकरणों (9.1) तथा (9.2) से हमें प्राप्त होगा

$$F \propto \frac{M \times m}{d^2} \quad (9.3)$$

$$\text{या, } F = G \frac{M \times m}{d^2} \quad (9.4)$$

जहाँ G एक आनुपातिकता स्थिरांक है और इसे सार्वत्रिक गुरुत्वीय स्थिरांक कहते हैं।

वज्र-गुणन करने पर, समीकरण (9.4) से प्राप्त होगा

$$F \times d^2 = G M \times m$$

$$\text{या } G = \frac{F d^2}{M \times m} \quad (9.5)$$

समीकरण (9.5) में बल, दूरी तथा द्रव्यमान के मात्रक प्रतिस्थापित करने पर हमें G के SI मात्रक प्राप्त होंगे जो $\text{N m}^2 \text{kg}^{-2}$ है।

हैनरी कैवेंडिस (1731-1810) ने एक सुग्राही तुला का उपयोग करके G का मान ज्ञात किया। G का वर्तमान मान $6.673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{kg}^{-2}$ है।

हम जानते हैं कि किन्हीं भी दो वस्तुओं के बीच आकर्षण बल विद्यमान होता है। आप अपने तथा समीप बैठे अपने मित्र के बीच लगने वाले इस बल के मान का अभिकलन कीजिए। निष्कर्ष निकालिए कि आप इस बल का अनुभव क्यों नहीं करते।

यह नियम सार्वत्रिक इस अभिप्राय से है कि यह सभी वस्तुओं पर लागू होता है, चाहे ये वस्तुएँ बड़ी हों या छोटी, चाहे ये खगोलीय हों या पार्थिव।

व्युत्क्रम-वर्ग

F , d के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती है इस कथन का अर्थ है कि यदि d को 6 गुणा कर दिया जाए, तो F का मान 36 वाँ भाग रह जाएगा।

उदाहरण 9.1 पृथ्वी का द्रव्यमान $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ है

तथा चंद्रमा का द्रव्यमान $7.4 \times 10^{22} \text{ kg}$ है।

यदि पृथ्वी तथा चंद्रमा के बीच की दूरी

$3.84 \times 10^5 \text{ km}$ है तो पृथ्वी द्वारा चंद्रमा पर

लगाए गए बल का परिकलन कीजिए।

($G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{kg}^{-2}$)

हल:

पृथ्वी का द्रव्यमान, $M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$

चंद्रमा का द्रव्यमान, $m = 7.4 \times 10^{22} \text{ kg}$

पृथ्वी तथा चंद्रमा के बीच की दूरी,

$$d = 3.84 \times 10^5 \text{ km}$$

$$= 3.84 \times 10^5 \times 1000 \text{ m}$$

$$= 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$

$$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{kg}^{-2}$$

समीकरण (9.4) से, पृथ्वी द्वारा चंद्रमा पर

लगाया गया बल,

$$F = G \frac{M \times m}{d^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24} \text{ kg} \times 7.4 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3.84 \times 10^8 \text{ m})^2}$$

$$= 2.02 \times 10^{20} \text{ N.}$$

अतः पृथ्वी द्वारा चंद्रमा पर लगाया गया बल

$$2.02 \times 10^{20} \text{ N है।}$$

प्रश्न

1. गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम बताइए।
2. पृथ्वी तथा उसकी सतह पर रखी किसी वस्तु के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल का परिमाण ज्ञात करने का सूत्र लिखिए।

9.1.2 गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम का महत्व

गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम अनेक ऐसी परिघटनाओं की सफलतापूर्वक व्याख्या करता है जो असंबद्ध मानी जाती थीं:

- (i) हमें पृथ्वी से बाँधे रखने वाला बल;
- (ii) पृथ्वी के चारों ओर चंद्रमा की गति;
- (iii) सूर्य के चारों ओर ग्रहों की गति; तथा
- (iv) चंद्रमा तथा सूर्य के कारण ज्वार-भाटा।

9.2 मुक्त पतन

मुक्त पतन का अर्थ जानने के लिए आइए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.2

- एक पत्थर लीजिए।
- इसे ऊपर की ओर फेंकिए।
- यह एक निश्चित ऊँचाई तक पहुँचता है और तब नीचे गिरने लगता है।

हम जानते हैं कि पृथ्वी वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करती है। पृथ्वी के इस आकर्षण बल को गुरुत्वीय बल कहते हैं। अतः जब वस्तुएँ पृथ्वी की ओर केवल इसी बल के कारण गिरती हैं, हम कहते हैं कि वस्तुएँ मुक्त पतन में हैं। क्या गिरती हुई वस्तुओं के वेग में कोई परिवर्तन होता है? गिरते समय वस्तुओं की गति की दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता। लेकिन पृथ्वी के आकर्षण के कारण वेग के परिमाण में परिवर्तन होता है। वेग में कोई भी परिवर्तन त्वरण को उत्पन्न करता है। जब भी कोई

वस्तु पृथ्वी की ओर गिरती है, त्वरण कार्य करता है। यह त्वरण पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण है। इसलिए इस त्वरण को पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण या गुरुत्वीय त्वरण कहते हैं। इसे 'g' से निर्दिष्ट करते हैं। g के मात्रक वही हैं जो त्वरण के हैं, अर्थात् $m s^{-2}$ ।

गति के दूसरे नियम से हमें ज्ञात है कि बल द्रव्यमान तथा त्वरण का गुणनफल है। मान लीजिए क्रियाकलाप 9.2 में पत्थर का द्रव्यमान m है। हम पहले से ही जानते हैं कि मुक्त रूप से गिरती वस्तुओं में गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण लगता है और इसे g से निर्दिष्ट करते हैं। इसलिए गुरुत्वीय बल का परिमाण F , द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय त्वरण के गुणनफल के बराबर होगा, अर्थात्

$$F = m g \quad (9.6)$$

समीकरण (9.4) तथा (9.6) से हमें प्राप्त होता है

$$m g = G \frac{M \times m}{d^2}$$

$$\text{या } g = G \frac{M}{d^2} \quad (9.7)$$

जहाँ पर M पृथ्वी का द्रव्यमान है तथा d वस्तु तथा पृथ्वी के बीच की दूरी है।

मान लीजिए एक वस्तु पृथ्वी पर या इसकी सतह के पास है। समीकरण (9.7) में दूरी d , पृथ्वी की त्रिज्या R के बराबर होगी। इस प्रकार पृथ्वी की सतह पर या इसके समीप रखी वस्तुओं के लिए

$$m g = G \frac{M \times m}{R^2} \quad (9.8)$$

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (9.9)$$

पृथ्वी एक पूर्ण गोला नहीं है। पृथ्वी की त्रिज्या ध्रुवों से विषुवत वृत्त की ओर जाने पर बढ़ती है, इसलिए g का मान ध्रुवों पर विषुवत वृत्त की अपेक्षा अधिक होता है। अधिकांश गणनाओं के लिए पृथ्वी की सतह पर या इसके पास g के मान को लगभग

स्थिर मान सकते हैं लेकिन पृथ्वी से दूर की वस्तुओं के लिए पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण समीकरण (9.7) से ज्ञात किया जा सकता है।

9.2.1 गुरुत्वीय त्वरण g के मान का परिकलन

गुरुत्वीय त्वरण g के मान का परिकलन करने के लिए हमें समीकरण (9.9) में G , M तथा R के मान रखने होंगे। जैसे,

सार्वत्रिक गुरुत्वीय नियतांक, $G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$,
पृथ्वी का द्रव्यमान, $M = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$, तथा
पृथ्वी की त्रिज्या, $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

$$= \frac{6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \times 6 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6.4 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$= 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

अतः पृथ्वी के गुरुत्वीय त्वरण का मान

$$g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

9.2.2 पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के प्रभाव में वस्तुओं की गति

यह समझने के लिए कि क्या सभी वस्तुएँ खोखली या ठोस, बड़ी या छोटी, किसी ऊँचाई से समान दर से गिरेंगी, आइए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.3

- कागज़ की एक शीट तथा एक पत्थर लीजिए।
- दोनों को किसी इमारत की पहली मंजिल से एक साथ गिराइए। देखिए, क्या दोनों धरती पर एक साथ पहुँचते हैं।
- हम देखते हैं कि कागज़ धरती पर पत्थर की अपेक्षा कुछ देर से पहुँचता है। ऐसा वायु के प्रतिरोध के कारण होता है। गिरती हुई गतिशील वस्तुओं पर घर्षण के कारण वायु प्रतिरोध लगाती है। कागज़ पर लगने वाला वायु का प्रतिरोध पत्थर पर लगने वाले प्रतिरोध से अधिक होता है।

इस प्रयोग को यदि हम काँच के जार में करें जिसमें से हवा निकाल दी गई है तो कागज़ तथा पत्थर एक ही दर से नीचे गिरेंगे।

हम जानते हैं कि मुक्त पतन में वस्तु त्वरण का अनुभव करती है। समीकरण (9.9) से, वस्तु द्वारा अनुभव किया जाने वाला यह त्वरण इसके द्रव्यमान पर निर्भर नहीं करता। इसका अर्थ हुआ कि सभी वस्तुएँ खोखली या ठोस, बड़ी या छोटी, एक ही दर से नीचे गिरनी चाहिए। एक कहानी के अनुसार, इस विचार की पुष्टि के लिए गैलीलियो ने इटली में पीसा की झुकी हुई मीनार से विभिन्न वस्तुओं को गिराया।

क्योंकि पृथ्वी के निकट g का मान स्थिर है, अतः एकसमान त्वरित गति के सभी समीकरण, त्वरण a के स्थान पर g रखने पर भी मान्य रहेंगे (देखिए अनुभाग 7.5)। ये समीकरण हैं :

$$v = u + at \quad (9.10)$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2 \quad (9.11)$$

$$v^2 = u^2 + 2as \quad (9.12)$$

यहाँ u एवं v क्रमशः प्रारंभिक एवं अंतिम वेग तथा s वस्तु द्वारा t समय में चली गई दूरी है।

इन समीकरणों का उपयोग करते समय, यदि त्वरण (a) वेग की दिशा में अर्थात् गति की दिशा में लग रहा हो तो हम इसको धनात्मक लेंगे। त्वरण (a) को ऋणात्मक लेंगे जब यह गति की दिशा के विपरीत लगता है।

उदाहरण 9.2 एक कार किसी कगार से गिर कर

0.5 s में धरती पर आ गिरती है। परिकलन में सरलता के लिए g का मान 10 m s^{-2} लीजिए।

- धरती पर टकराते समय कार की चाल क्या होगी?
- 0.5 s के दौरान इसकी औसत चाल क्या होगी?
- धरती से कगार कितनी ऊँचाई पर है?

हल:

समय, $t = 0.5 \text{ s}$

प्रारंभिक वेग, $u = 0 \text{ m s}^{-1}$

गुरुत्वीय त्वरण, $g = 10 \text{ m s}^{-2}$

कार का त्वरण, $a = + 10 \text{ m s}^{-2}$ (अधोमुखी)

(i) चाल $v = a t$

$$v = 10 \text{ m s}^{-2} \times 0.5 \text{ s} \\ = 5 \text{ m s}^{-1}$$

$$(ii) \text{ औसत चाल } = \frac{u+v}{2} \\ = (0 \text{ m s}^{-1} + 5 \text{ m s}^{-1})/2 \\ = 2.5 \text{ m s}^{-1}$$

$$(iii) \text{ तय की गई दूरी, } s = \frac{1}{2} a t^2 \\ = \frac{1}{2} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times (0.5 \text{ s})^2 \\ = \frac{1}{2} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 0.25 \text{ s}^2 \\ = 1.25 \text{ m}$$

अतः,

(i) धरती पर टकराते समय इसकी चाल $= 5 \text{ m s}^{-1}$

(ii) 0.5 सेकंड के दौरान इसकी औसत चाल $= 2.5 \text{ m s}^{-1}$

(iii) धरती से कगार की ऊँचाई $= 1.25 \text{ m}$

उदाहरण 9.3 एक वस्तु को ऊर्ध्वाधर दिशा में

ऊपर की ओर फेंका जाता है और यह 10 m की ऊँचाई तक पहुँचती है। परिकलन कीजिए

(i) वस्तु कितने वेग से ऊपर फेंकी गई तथा

(ii) वस्तु द्वारा उच्चतम बिंदु तक पहुँचने में लिया गया समय।

हल:

तय की गई दूरी, $s = 10 \text{ m}$

अंतिम वेग, $v = 0 \text{ m s}^{-1}$

गुरुत्वीय त्वरण, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

वस्तु का त्वरण, $a = -9.8 \text{ m s}^{-2}$ (ऊर्ध्वमुखी)

$$(i) v^2 = u^2 + 2as$$

$$0 = u^2 + 2 \times (-9.8 \text{ m s}^{-2}) \times 10 \text{ m}$$

$$-u^2 = -2 \times 9.8 \times 10 \text{ m s}^{-2}$$

$$u = \sqrt{196} \text{ m s}^{-1}$$

$$u = 14 \text{ m s}^{-1}$$

$$(ii) v = u + at$$

$$0 = 14 \text{ m s}^{-1} - 9.8 \text{ m s}^{-2} \times t$$

$$t = 1.43 \text{ s}$$

अतः,

(i) प्रारंभिक वेग $u = 14 \text{ m s}^{-1}$ तथा

(ii) लिया गया समय $t = 1.43 \text{ s}$



1. मुक्त पतन से आप क्या समझते हैं?
2. गुरुत्वीय त्वरण से आप क्या समझते हैं?

9.3 द्रव्यमान

हमने पिछले अध्याय में पढ़ा है कि किसी वस्तु का द्रव्यमान उसके जड़त्व की माप होता है (अनुभाग 8.3)। हमने यह भी सीखा है कि जितना अधिक वस्तु का द्रव्यमान होगा, उतना ही अधिक उसका जड़त्व भी होगा। किसी वस्तु का द्रव्यमान उतना ही रहता है चाहे वस्तु पृथ्वी पर हो, चंद्रमा पर हो या फिर बाह्य अंतरिक्ष में हो। इस प्रकार वस्तु का द्रव्यमान स्थिर रहता है तथा एक स्थान से दूसरे स्थान पर नहीं बदलता।

9.4 भार

हम जानते हैं कि पृथ्वी प्रत्येक वस्तु को एक निश्चित बल से आकर्षित करती है और यह बल वस्तु के द्रव्यमान (m) तथा पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के कारण त्वरण (g) पर निर्भर है। किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे यह पृथ्वी की ओर आकर्षित होती है।

हमें ज्ञात है कि

$$F = m \times a \quad (9.13)$$

अर्थात्

$$F = m \times g \quad (9.14)$$

वस्तु पर पृथ्वी का आकर्षण बल वस्तु का भार कहलाता है। इसे W से निर्दिष्ट करते हैं। इसे समीकरण (9.14) में प्रतिस्थापित करने पर

$$W = m \times g \quad (9.15)$$

क्योंकि वस्तु का भार एक बल है जिससे यह पृथ्वी की ओर आकर्षित होता है, भार का SI मात्रक वही है जो बल का है, अर्थात् न्यूटन (N)। भार एक बल है जो ऊर्ध्वाधर दिशा में नीचे की ओर लगता है, इसलिए इसमें परिमाण तथा दिशा दोनों होते हैं।

हम जानते हैं कि किसी दिए हुए स्थान पर g का मान स्थिर रहता है। इसलिए किसी दिए हुए स्थान पर, वस्तु का भार वस्तु के द्रव्यमान m के समानुपाती होता है। अर्थात् $W \propto m$ । यही कारण है कि किसी दिए हुए स्थान पर हम वस्तु के भार को उसके द्रव्यमान की माप के रूप में उपयोग कर सकते हैं। किसी वस्तु का द्रव्यमान प्रत्येक स्थान पर, चाहे पृथ्वी पर या किसी अन्य ग्रह पर, उतना ही रहता है जबकि वस्तु का भार इसके स्थान पर निर्भर करता है क्योंकि g का मान स्थान पर निर्भर करता है।

9.4.1 किसी वस्तु का चंद्रमा पर भार

हमने सीखा है कि पृथ्वी पर किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे पृथ्वी उस वस्तु को अपनी ओर आकर्षित करती है। इसी प्रकार, चंद्रमा पर किसी वस्तु का भार वह बल है जिससे चंद्रमा उस वस्तु को आकर्षित करता है। चंद्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी की अपेक्षा कम है। इस कारण चंद्रमा वस्तुओं पर कम आकर्षण बल लगाता है।

मान लीजिए किसी वस्तु का द्रव्यमान m है तथा चंद्रमा पर इसका भार W_m है। मान लीजिए चंद्रमा का द्रव्यमान M_m है तथा इसकी त्रिज्या R_m है।

गुरुत्वाकर्षण का सार्वत्रिक नियम लगाने पर, चंद्रमा पर वस्तु का भार होगा

$$W_m = G \frac{M_m \times m}{R_m^2} \quad (9.16)$$

मान लीजिए उसी वस्तु का पृथ्वी पर भार W_e है। पृथ्वी का द्रव्यमान M तथा इसकी त्रिज्या R है।

सारणी 9.1

खगोलीय पिंड	द्रव्यमान (kg)	त्रिज्या (m)
पृथ्वी	5.98×10^{24}	6.37×10^6
चंद्रमा	7.36×10^{22}	1.74×10^6

समीकरणों (9.9) तथा (9.15) से हमें प्राप्त होता है,

$$W_e = G \frac{M \times m}{R^2} \quad (9.17)$$

समीकरण (9.16) तथा (9.17) में सारणी 9.1 से उपयुक्त मान रखने पर

$$W_m = G \frac{7.36 \times 10^{22} \text{ kg} \times m}{(1.74 \times 10^6 \text{ m})^2}$$

$$W_m = 2.431 \times 10^{10} G \times m \quad (9.18a)$$

$$\text{तथा } W_e = 1.474 \times 10^{11} G \times m \quad (9.18b)$$

समीकरण (9.18a) को समीकरण (9.18b) से भाग देने पर हमें प्राप्त होता है

$$\frac{W_m}{W_e} = \frac{2.431 \times 10^{10}}{1.474 \times 10^{11}}$$

$$\text{या } \frac{W_m}{W_e} = 0.165 \approx \frac{1}{6} \quad (9.19)$$

$$\frac{\text{वस्तु का चंद्रमा पर भार}}{\text{वस्तु का पृथ्वी पर भार}} = \frac{1}{6}$$

वस्तु का चंद्रमा पर भार

$$= (1/6) \times \text{इसका पृथ्वी पर भार}$$

उदाहरण 9.4 एक वस्तु का द्रव्यमान 10 kg है। पृथ्वी पर इसका भार कितना होगा?

हल:

द्रव्यमान $m = 10 \text{ kg}$

गुरुत्वीय त्वरण $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

$$W = m \times g$$

$$W = 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} = 98 \text{ N}$$

अतः वस्तु का भार 98 N है।

उदाहरण 9.5 एक वस्तु का भार पृथ्वी की सतह पर मापने पर 10 N आता है। इसका भार चंद्रमा की सतह पर मापने पर कितना होगा?

हल :

हमें ज्ञात है

चंद्रमा पर वस्तु का भार

$$= (1/6) \times \text{पृथ्वी पर इसका भार}$$

अर्थात्,

$$W_m = \frac{W_e}{6} = \frac{10}{6} \text{ N}$$
$$= 1.67 \text{ N}$$

अतः चंद्रमा की सतह पर वस्तु का भार 1.67 N होगा।

प्रश्न

1. किसी वस्तु के द्रव्यमान तथा भार में क्या अंतर है?
2. किसी वस्तु का चंद्रमा पर भार पृथ्वी पर इसके भार का $\frac{1}{6}$ गुणा क्यों होता है?

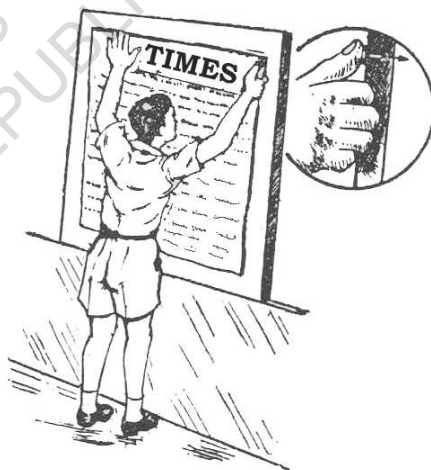
9.5 प्रणोद तथा दाब

क्या कभी आपने सोचा है कि ऊँट रेगिस्तान में आसानी से क्यों दौड़ पाता है? सेना का टैंक जिसका भार एक हजार टन से भी अधिक होता है, एक सतत् चैन पर क्यों टिका होता है? किसी ट्रक या बस के टायर अधिक चौड़े क्यों होते हैं? काटने वाले औजारों की धार तेज़ क्यों होती है?

गुरुत्वाकर्षण

इन प्रश्नों का उत्तर जानने के लिए तथा इनमें शामिल परिघटनाओं को समझने के लिए दी गई वस्तु पर एक विशेष दिशा में लगने वाले नेट बल (प्रणोद) तथा प्रति एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाले बल (दाब) की धारणा से परिचय कराना सहायक होगा। प्रणोद तथा दाब का अर्थ समझने के लिए आइए निम्नलिखित स्थितियों पर विचार करें :

स्थिति 1 : किसी बुलेटिन बोर्ड पर आप एक चार्ट लगाना चाहते हैं जैसा कि चित्र 9.3 में दर्शाया गया है। यह कार्य करने के लिए आपको ड्राइंग पिनों को अपने अँगूठे से दबाना होगा। इस अवस्था में आप पिन के शीर्ष (चपटे भाग) के सतह के क्षेत्रफल पर बल लगाते हैं। यह बल बोर्ड की सतह (पृष्ठ) के लंबवत् लगता है। यह बल पिन की नोक पर अपेक्षाकृत छोटे क्षेत्रफल पर लगता है।



चित्र 9.3: चार्ट लगाने के लिए ड्राइंग पिनों को अँगूठे से बोर्ड के लंबवत् दबाया जाता है

स्थिति 2 : आप शिथिल (ढीले) रेत पर खड़े होते हैं। आपके पैर रेत में गहरे धँस जाते हैं। अब रेत पर लेटिए। आप देखेंगे कि आपका शरीर रेत में पहले जितना नहीं धँसता। दोनों अवस्थाओं में रेत पर लगने वाला बल आपके शरीर का भार है।

आप पढ़ चुके हैं कि भार ऊर्ध्वाधर दिशा में नीचे की ओर लगने वाला बल है। यहाँ बल रेत की सतह के लंबवत् लग रहा है। किसी वस्तु की सतह के लंबवत् लगने वाले बल को प्रणोद कहते हैं।

जब आप शिथिल रेत पर खड़े होते हैं तो बल अर्थात् आपके शरीर का भार, आपके पैरों के क्षेत्रफल के बराबर क्षेत्रफल पर लग रहा होता है। जब आप लेट जाते हैं तो वही बल आपके पूरे शरीर के संपर्क क्षेत्रफल के बराबर क्षेत्रफल पर लगता है जो कि आपके पैरों के क्षेत्रफल से अधिक है। इस प्रकार समान परिमाण के बलों का भिन्न-भिन्न क्षेत्रफलों पर भिन्न-भिन्न प्रभाव होता है। उपरोक्त स्थिति में प्रणोद समान है। लेकिन उसके प्रभाव अलग-अलग हैं। इसलिए प्रणोद का प्रभाव उस क्षेत्रफल पर निर्भर है जिस पर कि वह लगता है।

रेत पर प्रणोद का प्रभाव लेटे हुए की अपेक्षा खड़े होने की स्थिति में अधिक है। प्रति एकांक क्षेत्रफल पर लगने वाले प्रणोद को दाब कहते हैं। इस प्रकार

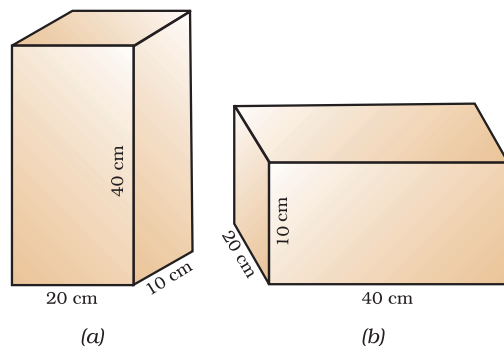
$$\text{दाब} = \frac{\text{प्रणोद}}{\text{क्षेत्रफल}} \quad (9.20)$$

समीकरण (9.20) में प्रणोद तथा क्षेत्रफल के SI मात्रक प्रतिस्थापित करने पर हमें दाब का SI मात्रक प्राप्त होता है। यह मात्रक N/m^2 या N m^{-2} है।

वैज्ञानिक ब्लैस पास्कल के सम्मान में, दाब के SI मात्रक को पास्कल कहते हैं, जिसे Pa से व्यक्त किया जाता है।

विभिन्न क्षेत्रफलों पर लगने वाले प्रणोद के प्रभाव को समझने के लिए आइए एक संख्यात्मक उदाहरण पर विचार करें।

उदाहरण 9.6 एक लकड़ी का गुटका मेज पर रखा है। लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान 5 kg है तथा इसकी विमाएँ 40 cm × 20 cm × 10 cm हैं। लकड़ी के टुकड़े द्वारा मेज पर लगने वाले दाब को ज्ञात कीजिए, यदि इसकी निम्नलिखित



चित्र 9.4

विमाओं की सतह मेज पर रखी जाती है: (a) 20 cm × 10 cm तथा (b) 40 cm × 20 cm।

हल:

लकड़ी के गुटके का द्रव्यमान = 5 kg

तथा इसकी विमाएँ = 40 cm × 20 cm × 10 cm

यहाँ लकड़ी के गुटके का भार मेज की सतह पर प्रणोद लगाता है।

अर्थात्,

$$\begin{aligned} \text{प्रणोद} &= F = m \times g \\ &= 5 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \\ &= 49 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{सतह का क्षेत्रफल} &= \text{लंबाई} \times \text{चौड़ाई} \\ &= 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \\ &= 200 \text{ cm}^2 = 0.02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

समीकरण (9.20) से,

$$\begin{aligned} \text{दाब} &= \frac{49 \text{ N}}{0.02 \text{ m}^2} \\ &= 2450 \text{ N m}^{-2}. \end{aligned}$$

जब गुटके की 40 cm × 20 cm विमाओं की सतह मेज पर रखी जाती है, यह मेज की सतह पर पहले जितना ही प्रणोद लगाता है।

$$\begin{aligned} \text{क्षेत्रफल} &= \text{लंबाई} \times \text{चौड़ाई} \\ &= 40 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \\ &= 800 \text{ cm}^2 = 0.08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

समीकरण (9.20) से,

$$\begin{aligned}\text{दाब} &= \frac{49 \text{ N}}{0.08 \text{ m}^2} \\ &= 612.5 \text{ N m}^{-2}\end{aligned}$$

सतह $20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ द्वारा लगाया गया दाब 2450 N m^{-2} है तथा सतह $40 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ द्वारा लगाया गया दाब 612.5 N m^{-2} है।

इस प्रकार वही बल जब छोटे क्षेत्रफल पर लगता है तो अधिक दाब तथा बड़े क्षेत्रफल पर कम दाब लगाता है। यही कारण है कि कीलों के सिरे नुकीले होते हैं, चाकू की तेज़ धार होती है तथा भवनों की नींव चौड़ी होती है।

9.5.1 तरलों में दाब

सभी द्रव या गैसों तरल हैं। ठोस अपने भार के कारण किसी सतह पर दाब लगाता है। इसी प्रकार, तरलों में भी भार होता है तथा वे जिस बर्तन में रखे जाते हैं उसके आधार तथा दीवारों पर दाब लगाते हैं। किसी परिरुद्ध द्रव्यमान के तरल पर लगने वाला दाब सभी दिशाओं में बिना घटे संचरित हो जाता है।

9.5.2 उत्प्लावकता

क्या आप कभी किसी तालाब में तैरे हैं और आपने स्वयं कुछ हलका अनुभव किया है? क्या कभी आपने किसी कुएँ से पानी खींचा है और अनुभव किया है कि जब पानी से भरी बाल्टी, कुएँ के पानी से बाहर आती है तो वह अधिक भारी लगती है? क्या कभी आपने सोचा है कि लोहे तथा स्टील से बना जलयान समुद्र के पानी में क्यों नहीं डूबता, लेकिन उतनी ही मात्रा का लोहा तथा स्टील यदि चादर के रूप में हो तो क्या वह डूब जाएगा? इन सभी प्रश्नों का उत्तर जानने के लिए उत्प्लावकता के बारे में जानना आवश्यक है। उत्प्लावकता का अर्थ समझने के लिए आइए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.4

- प्लास्टिक की एक खाली बोतल लीजिए। बोतल के मुँह को एक वायुरुद्ध डाट से बंद कर दीजिए। इसे एक पानी से भरी बाल्टी में रखिए। आप देखेंगे कि बोतल तैरती है।
- बोतल को पानी में धकेलिए। आप ऊपर की ओर एक धक्का महसूस करते हैं। इसे और अधिक नीचे धकेलने का प्रयत्न कीजिए। आप इसे और अधिक गहराई में धकेलने में कठिनाई अनुभव करेंगे। यह दिखाता है कि पानी बोतल पर ऊपर की दिशा में एक बल लगाता है। जैसे-जैसे बोतल को पानी में धकेलते जाते हैं, पानी द्वारा ऊपर की ओर लगाया गया बल बढ़ता जाता है जब तक कि बोतल पानी में पूरी तरह न डूब जाए।
- अब बोतल को छोड़ दीजिए। यह उछलकर सतह पर वापस आती है।
- क्या पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल इस बोतल पर कार्यरत है? यदि ऐसा है तो बोतल छोड़ देने पर पानी में डूबी ही क्यों नहीं रहती? आप बोतल को पानी में कैसे डुबो सकते हैं?

पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल बोतल पर नीचे की दिशा में लगता है। इसके कारण बोतल नीचे की दिशा में खिंचती है। लेकिन पानी बोतल पर ऊपर की ओर बल लगाता है। अतः बोतल ऊपर की दिशा में धकेली जाती है। हम पढ़ चुके हैं कि वस्तु का भार पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के बराबर है। जब बोतल डुबोई जाती है तो बोतल पर पानी द्वारा लगने वाला ऊपर की दिशा में बल इसके भार से अधिक है। इसीलिए छोड़ने पर यह ऊपर उठती है।

बोतल को पूरी तरह डुबोए रखने के लिए, पानी के द्वारा बोतल पर ऊपर की ओर लगने वाले बल को संतुलित करना पड़ेगा। इसे नीचे की दिशा में लगने वाले एक बाहरी बल को लगाकर प्राप्त किया जा सकता है। यह बल कम से कम ऊपर की ओर लगने वाले बल तथा बोतल के भार के अंतर के बराबर होना चाहिए।

बोतल पर पानी द्वारा ऊपर की ओर लगने वाला बल उत्प्लावन बल कहलाता है। वास्तव में किसी तरल में डुबोने पर, सभी वस्तुओं पर एक उत्प्लावन बल लगता है। उत्प्लावन बल का परिमाण तरल के घनत्व पर निर्भर है।

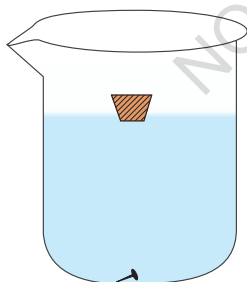
9.5.3 पानी की सतह पर रखने पर वस्तुएँ तैरती या डूबती क्यों हैं?

इस प्रश्न का उत्तर प्राप्त करने के लिए आइए निम्नलिखित क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप 9.5

- पानी से भरा एक बीकर लीजिए।
- एक लोहे की कील लीजिए और इसे पानी की सतह पर रखिए।
- देखिए क्या होता है?

कील डूब जाती है। कील पर लगने वाला पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल इसे नीचे की ओर खींचता है। पानी कील पर उत्प्लावन बल लगाता है जो इसे ऊपर की दिशा में धकेलता है। लेकिन कील पर नीचे की ओर लगने वाला बल, कील पर पानी द्वारा लगाए गए उत्प्लावन बल से अधिक है। इसलिए यह डूब जाती है (चित्र 9.5)।



चित्र 9.5: पानी की सतह पर रखने पर लोहे की कील डूब जाती है तथा कॉर्क तैरता है

क्रियाकलाप 9.6

- पानी से भरा बीकर लीजिए।
- एक कील तथा समान द्रव्यमान का एक कॉर्क का टुकड़ा लीजिए।
- इन्हें पानी की सतह पर रखिए।
- देखिए क्या होता है।

कॉर्क तैरता है जबकि कील डूब जाती है। ऐसा उनके घनत्वों में अंतर के कारण होता है। किसी पदार्थ का घनत्व, उसके एकांक आयतन के द्रव्यमान को कहते हैं। कॉर्क का घनत्व पानी के घनत्व से कम है। इसका अर्थ है कि कॉर्क पर पानी का उत्प्लावन बल, कॉर्क के भार से अधिक है। इसीलिए यह तैरता है (चित्र 9.5)।

लोहे की कील का घनत्व पानी के घनत्व से अधिक है। इसका अर्थ है कि लोहे की कील पर पानी का उत्प्लावन बल लोहे की कील के भार से कम है। इसीलिए यह डूब जाती है।

इस प्रकार द्रव के घनत्व से कम घनत्व की वस्तुएँ द्रव पर तैरती हैं। द्रव के घनत्व से अधिक घनत्व की वस्तुएँ द्रव में डूब जाती हैं।

प्रश्न

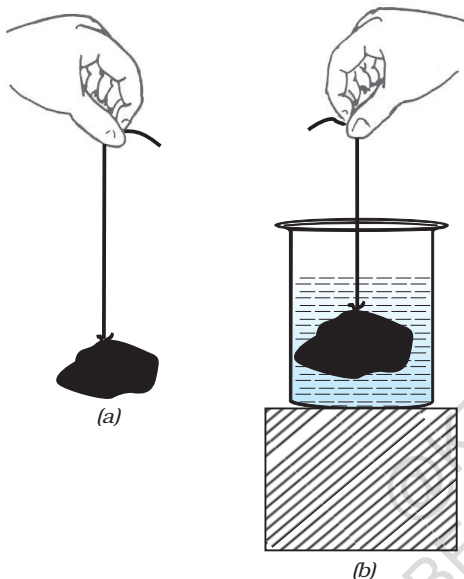
1. एक पतली तथा मजबूत डोरी से बने पट्टे की सहायता से स्कूल बैग को उठाना कठिन होता है, क्यों?
2. उत्प्लावकता से आप क्या समझते हैं?
3. पानी की सतह पर रखने पर कोई वस्तु क्यों तैरती या डूबती है?

9.6 आर्किमीडीज़ का सिद्धांत

क्रियाकलाप 9.7

- एक पत्थर का टुकड़ा लीजिए और इसे कमानीदार तुला या खड्ग की डोरी के एक सिरे से बाँधिए।
- तुला या डोरी को पकड़ कर पत्थर को लटकाइए जैसा कि चित्र 9.6(a) में दिखाया गया है।

- पत्थर के भार के कारण रबड़ की डोरी की लंबाई में वृद्धि या कमानीदार तुला का पाठ्यांक नोट कीजिए।
- अब पत्थर को एक बर्तन में रखे पानी में धीरे से डुबोइए जैसा कि चित्र 9.6(b) में दिखाया गया है।
- प्रेक्षण कीजिए कि डोरी की लंबाई में या तुला की माप में क्या परिवर्तन होता है।



चित्र 9.6: (a) हवा में लटकते पत्थर के टुकड़े के भार के कारण रबड़ की डोरी में प्रसार का प्रेक्षण कीजिए।
(b) पत्थर को पानी में डुबाने पर डोरी के प्रसार में कमी आ जाती है।

आप देखेंगे कि जैसे ही पत्थर को धीरे-धीरे पानी में नीचे ले जाते हैं, डोरी की लंबाई में या तुला के पाठ्यांक में भी कमी आती है। तथापि, जब पत्थर पानी में पूरी तरह डूब जाता है तो उसके बाद कोई परिवर्तन नहीं दिखाई देता। डोरी के प्रसार या तुला की माप में कमी से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं?

हम जानते हैं कि रबड़ की डोरी की लंबाई में परिवर्तन या तुला के पाठ्यांक में वृद्धि, पत्थर के भार

के कारण होती है। क्योंकि पत्थर को पानी में डुबाने पर इन वृद्धियों में कमी आ जाती है, इसका अर्थ है कि पत्थर पर ऊपर की दिशा में कोई बल लगता है। इसके परिणामस्वरूप, रबड़ की डोरी पर लगने वाला नेट बल कम हो जाता है और इसीलिए लंबाई की वृद्धि में भी कमी आ जाती है। जैसी कि पहले ही चर्चा की जा चुकी है, पानी द्वारा ऊपर की ओर लगाया गया यह बल, उत्प्लावन बल कहलाता है।

किसी वस्तु पर लगने वाले उत्प्लावन बल का परिमाण कितना होता है? क्या किसी एक ही वस्तु के लिए यह सभी तरलों में समान होता है? क्या किसी दिए गए तरल में, सभी वस्तुएँ समान उत्प्लावन बल का अनुभव करती हैं? इन प्रश्नों का उत्तर आर्किमिडीज के सिद्धांत द्वारा प्राप्त होता है, जिसको निम्न प्रकार से व्यक्त किया जाता है:

जब किसी वस्तु को किसी तरल में पूर्ण या आंशिक रूप से डुबोया जाता है तो वह ऊपर की दिशा में एक बल का अनुभव करती है जो वस्तु द्वारा हटाए गए तरल के भार के बराबर होता है।

क्या अब आप स्पष्ट कर सकते हैं कि क्रियाकलाप 9.7 में पत्थर के पानी में पूरी तरह डूबने के बाद डोरी के प्रसार में और कमी क्यों नहीं हुई थी?



आर्किमिडीज

आर्किमिडीज एक ग्रीक वैज्ञानिक थे। उन्होंने एक सिद्धांत की खोज की जो उन्हीं के नाम से विख्यात है। यह सिद्धांत उन्होंने यह देखने के बाद खोजा कि नहाने के टब में घुसने पर पानी बाहर बहने लगता है। वे सड़कों पर यूरेका (Eureka) - यूरेका चिल्लाते हुए भागे, जिसका अर्थ है "मैंने पा लिया है।"

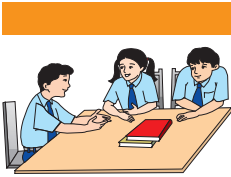
इस ज्ञान का उपयोग उन्होंने राजा के मुकुट में उपयोग हुए सोने की शुद्धता को मापने के लिए किया।

उनके यांत्रिकी तथा ज्यामिति में किए गए कार्यों ने उन्हें प्रसिद्ध कर दिया। उत्तोलक, घिरनी तथा पहिया और धुरी के विषय में उनके ज्ञान ने ग्रीक सेना को रोमन सेना के विरुद्ध लड़ाई में बहुत सहायता की।

आर्किमीडीज के सिद्धांत के बहुत से अनुप्रयोग हैं। यह जलयानों तथा पनडुब्बियों के डिजाइन बनाने में काम आता है। दुग्धमापी, जो दूध के किसी नमूने की शुद्धता की जाँच करने के लिए प्रयुक्त होते हैं तथा हाइड्रोमीटर, जो द्रवों के घनत्व मापने के लिए प्रयुक्त होते हैं, इसी सिद्धांत पर आधारित हैं।

प्रश्न

1. एक तुला (weighing machine) पर आप अपना द्रव्यमान 42 kg नोट करते हैं। क्या आपका द्रव्यमान 42 kg से अधिक है या कम?
2. आपके पास एक रुई का बोरा तथा एक लोहे की छड़ है। तुला पर मापने पर दोनों 100 kg द्रव्यमान दर्शाते हैं। वास्तविकता में एक-दूसरे से भारी है। क्या आप बता सकते हैं कि कौन-सा भारी है और क्यों?



आपने क्या सीखा

- गुरुत्वाकर्षण के नियम के अनुसार किन्हीं दो पिंडों के बीच आकर्षण बल उन दोनों के द्रव्यमानों के गुणनफल के समानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है। यह नियम सभी पिंडों पर लागू होता है चाहे वह विश्व में कहीं भी हों। इस प्रकार के नियम को सार्वत्रिक नियम कहते हैं।
- गुरुत्वाकर्षण एक क्षीण बल है जब तक कि बहुत अधिक द्रव्यमान वाले पिंड संबद्ध न हों।
- गुरुत्वीय बल पृथ्वी तल से ऊँचाई बढ़ने पर कम होता जाता है। यह पृथ्वी तल के विभिन्न स्थानों पर भी परिवर्तित होता है और इसका मान ध्रुवों से विषुवत वृत्त की ओर घटता जाता है।
- किसी वस्तु का भार, वह बल है जिससे पृथ्वी उसे अपनी ओर आकर्षित करती है।
- किसी वस्तु का भार, द्रव्यमान तथा गुरुत्वीय त्वरण के गुणनफल के बराबर होता है।
- किसी वस्तु का भार भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न हो सकता है, किंतु द्रव्यमान स्थिर रहता है।

- सभी वस्तुएँ किसी तरल में डुबाने पर उत्प्लावन बल का अनुभव करती हैं।
- जिस द्रव में वस्तुओं को डुबोया जाता है उसके घनत्व से कम घनत्व की वस्तुएँ द्रव की सतह पर तैरती हैं। यदि वस्तु का घनत्व, डुबोए जाने वाले द्रव से अधिक है तो वे द्रव में डूब जाती हैं।



अभ्यास

1. यदि दो वस्तुओं के बीच की दूरी को आधा कर दिया जाए तो उनके बीच गुरुत्वाकर्षण बल किस प्रकार बदलेगा?
2. सभी वस्तुओं पर लगने वाला गुरुत्वीय बल उनके द्रव्यमान के समानुपाती होता है। फिर एक भारी वस्तु हलकी वस्तु के मुकाबले तेज़ी से क्यों नहीं गिरती?
3. पृथ्वी तथा उसकी सतह पर रखी किसी 1 kg की वस्तु के बीच गुरुत्वीय बल का परिमाण क्या होगा? (पृथ्वी का द्रव्यमान 6×10^{24} kg है तथा पृथ्वी की त्रिज्या 6.4×10^6 m है)।
4. पृथ्वी तथा चंद्रमा एक-दूसरे को गुरुत्वीय बल से आकर्षित करते हैं। क्या पृथ्वी जिस बल से चंद्रमा को आकर्षित करती है वह बल, उस बल से जिससे चंद्रमा पृथ्वी को आकर्षित करता है बड़ा है या छोटा है या बराबर है? बताइए क्यों?
5. यदि चंद्रमा पृथ्वी को आकर्षित करता है, तो पृथ्वी चंद्रमा की ओर गति क्यों नहीं करती?
6. दो वस्तुओं के बीच लगने वाले गुरुत्वाकर्षण बल का क्या होगा, यदि
 - (i) एक वस्तु का द्रव्यमान दोगुना कर दिया जाए?
 - (ii) वस्तुओं के बीच की दूरी दोगुनी अथवा तीन गुनी कर दी जाए?
 - (iii) दोनों वस्तुओं के द्रव्यमान दोगुने कर दिए जाएँ?
7. गुरुत्वाकर्षण के सार्वत्रिक नियम के क्या महत्व हैं?
8. मुक्त पतन का त्वरण क्या है?
9. पृथ्वी तथा किसी वस्तु के बीच गुरुत्वीय बल को हम क्या कहेंगे?
10. एक व्यक्ति A अपने एक मित्र के निर्देश पर ध्रुवों पर कुछ ग्राम सोना खरीदता है। वह इस सोने को विषुवत वृत्त पर अपने मित्र को देता है। क्या उसका मित्र खरीदे हुए सोने के भार से संतुष्ट होगा? यदि नहीं, तो क्यों? (संकेत: ध्रुवों पर g का मान विषुवत वृत्त की अपेक्षा अधिक है।)
11. एक कागज की शीट, उसी प्रकार की शीट को मरोड़ कर बनाई गई गेंद से धीमी क्यों गिरती है?

12. चंद्रमा की सतह पर गुरुत्वीय बल, पृथ्वी की सतह पर गुरुत्वीय बल की अपेक्षा $1/6$ गुणा है। एक 10 kg की वस्तु का चंद्रमा पर तथा पृथ्वी पर न्यूटन में भार क्या होगा?
13. एक गेंद ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर 49 m/s के वेग से फेंकी जाती है। परिकलन कीजिए
 - (i) अधिकतम ऊँचाई जहाँ तक कि गेंद पहुँचती है।
 - (ii) पृथ्वी की सतह पर वापस लौटने में लिया गया कुल समय।
14. 19.6 m ऊँची एक मीनार की चोटी से एक पत्थर छोड़ा जाता है। पृथ्वी पर पहुँचने से पहले इसका अंतिम वेग ज्ञात कीजिए।
15. कोई पत्थर ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर 40 m/s के प्रारंभिक वेग से फेंका गया है। $g = 10 \text{ m/s}^2$ लेते हुए ग्राफ की सहायता से पत्थर द्वारा पहुँची अधिकतम ऊँचाई ज्ञात कीजिए। नेट विस्थापन तथा पत्थर द्वारा चली गई कुल दूरी कितनी होगी?
16. पृथ्वी तथा सूर्य के बीच गुरुत्वाकर्षण बल का परिकलन कीजिए। दिया है, पृथ्वी का द्रव्यमान $= 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ तथा सूर्य का द्रव्यमान $= 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ । दोनों के बीच औसत दूरी $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ है।
17. कोई पत्थर 100 m ऊँची किसी मीनार की चोटी से गिराया गया और उसी समय कोई दूसरा पत्थर 25 m/s के वेग से ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंका गया। परिकलन कीजिए कि दोनों पत्थर कब और कहाँ मिलेंगे।
18. ऊर्ध्वाधर दिशा में ऊपर की ओर फेंकी गई एक गेंद 6 s पश्चात् फेंकने वाले के पास लौट आती है। ज्ञात कीजिए
 - (a) यह किस वेग से ऊपर फेंकी गई;
 - (b) गेंद द्वारा पहुँची गई अधिकतम ऊँचाई; तथा
 - (c) 4 s पश्चात् गेंद की स्थिति।
19. किसी द्रव में डुबोई गई वस्तु पर उत्प्लावन बल किस दिशा में कार्य करता है?
20. पानी के भीतर किसी प्लास्टिक के गुटके को छोड़ने पर यह पानी की सतह पर क्यों आ जाता है?
21. 50 g के किसी पदार्थ का आयतन 20 cm^3 है। यदि पानी का घनत्व 1 g cm^{-3} हो, तो पदार्थ तैरेगा या डूबेगा?
22. 500 g के एक मोहरबंद पैकेट का आयतन 350 cm^3 है। पैकेट 1 g cm^{-3} घनत्व वाले पानी में तैरेगा या डूबेगा? इस पैकेट द्वारा विस्थापित पानी का द्रव्यमान कितना होगा?



0965CH11

अध्याय 10

कार्य तथा ऊर्जा (Work and Energy)

पिछले कुछ अध्यायों में हम वस्तुओं की गति के वर्णन करने के तरीकों, गति का कारण तथा गुरुत्वाकर्षण के बारे में चर्चा कर चुके हैं। कार्य एक अन्य अवधारणा है जो हमें अनेक प्राकृतिक घटनाओं को समझने तथा उनकी व्याख्या करने में सहायता करती है। ऊर्जा तथा शक्ति का कार्य से निकट संबंध है। इस अध्याय में हम इन अवधारणाओं के बारे में अध्ययन करेंगे।

सभी सजीवों को भोजन की आवश्यकता होती है। जीवित रहने के लिए सजीवों को अनेक मूलभूत गतिविधियाँ करनी पड़ती हैं। इन गतिविधियों (क्रियाकलापों) को हम जैव प्रक्रम कहते हैं। इन प्रक्रमों के लिए ऊर्जा भोजन से प्राप्त होती है। कुछ अन्य क्रियाकलापों; जैसे - खेलने, गाने, पढ़ने, लिखने, सोचने, कूदने, दौड़ने तथा साइकिल चलाने के लिए भी हमें ऊर्जा की आवश्यकता होती है। कठिन क्रियाकलापों में अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

जंतु भी क्रियाकलापों में व्यस्त रहते हैं। उदाहरण के लिए वे कूद या दौड़ सकते हैं। उन्हें लड़ना पड़ता है, अपने शत्रुओं से दूर भागना पड़ता है, भोजन खोजना या आवास के लिए सुरक्षित स्थान खोजना पड़ता है। इसके अतिरिक्त कुछ जंतुओं को हम बोझा ढोने, गाड़ी खींचने या खेत जोतने के लिए उपयोग में लाते हैं। इन सभी क्रियाकलापों के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

मशीनों के बारे में सोचिए। उन मशीनों की सूची बनाइए जिनका उपयोग आप करते हैं। उन्हें कार्य

करने के लिए किस चीज़ की आवश्यकता होती है? कुछ इंजनों को पेट्रोल तथा डीज़ल की आवश्यकता क्यों होती है? सजीवों तथा मशीनों को ऊर्जा की आवश्यकता क्यों होती है?

10.1 कार्य

कार्य क्या है? हम अपने दैनिक जीवन में जिस रूप में कार्य शब्द का प्रयोग करते हैं और जिस रूप में हम इसे विज्ञान में उपयोग करते हैं, उनमें अंतर है। इस बात को स्पष्ट करने के लिए आइए कुछ उदाहरणों पर विचार करें।

10.1.1 कठोर काम करने के बावजूद कुछ अधिक 'कार्य' नहीं!

कमली परीक्षा की तैयारी कर रही है। वह अध्ययन में बहुत-सा समय व्यतीत करती है। वह पुस्तकें पढ़ती है, चित्र बनाती है, अपने विचारों को सुव्यवस्थित करती है, प्रश्न-पत्रों को एकत्रित करती है, कक्षाओं में उपस्थित रहती है, अपने मित्रों के साथ समस्याओं पर विचार-विमर्श करती है तथा प्रयोग करती है। इन क्रियाकलापों पर वह बहुत-सी ऊर्जा व्यय करती है। सामान्य बोलचाल में वह 'कठोर काम' कर रही है। यदि हम कार्य को वैज्ञानिक परिभाषा के अनुसार देखें तो इस 'कठोर काम' में बहुत थोड़ा 'कार्य' सम्मिलित है।

आप एक बहुत बड़ी चट्टान को धकेलने के लिए कठोर परिश्रम कर रहे हैं। मान लीजिए आपके सारे प्रयत्नों के बावजूद चट्टान नहीं हिलती। आप पूर्णतया

थक चुके हैं। तथापि, आपने चट्टान पर कोई कार्य नहीं किया क्योंकि चट्टान में कोई विस्थापन नहीं हुआ।

आप अपने सिर पर एक भारी बोझा रखकर कुछ मिनट के लिए बिना हिले-डुले खड़े रहते हैं। आप थक जाते हैं। आपने प्रयास किया है तथा अपनी बहुत-सी ऊर्जा व्यय की है। क्या आप बोझ पर कुछ कार्य कर रहे हैं? हम विज्ञान में जिस प्रकार 'कार्य' शब्द का अर्थ समझते हैं उस रूप में, इस स्थिति में कार्य नहीं किया गया है।

प्राकृतिक दृश्यों को देखने के लिए, आप सीढ़ियों पर चढ़कर इमारत की ऊपरी मंजिलों पर पहुँच जाते हैं। आप एक ऊँचे पेड़ पर भी चढ़ सकते हैं। वैज्ञानिक परिभाषा के अनुसार इन क्रियाकलापों में बहुत-सा कार्य निहित है।

अपने दैनिक जीवन में, हम किसी भी लाभदायक शारीरिक या मानसिक परिश्रम को कार्य समझते हैं। कुछ क्रियाकलापों; जैसे - मैदान में खेलना, मित्रों से बातचीत करना, किसी धुन को गुनगुनाना, किसी चलचित्र (Cinema) को देखना, किसी समारोह में सम्मिलित होना को कभी-कभी कार्य नहीं समझा जाता। कार्य क्या होता है यह इस बात पर निर्भर है कि हम उसे कैसे परिभाषित करते हैं। विज्ञान में हम कार्य शब्द को भिन्न प्रकार से प्रयोग तथा परिभाषित करते हैं। इसे जानने के लिए आइए निम्न क्रियाकलाप करें:

क्रियाकलाप 10.1

- उपरोक्त अनुच्छेदों में हमने अनेक ऐसे क्रियाकलापों की चर्चा की जिन्हें प्रायः हम अपने दैनिक जीवन में कार्य मानते हैं। इनमें से प्रत्येक क्रियाकलाप के लिए निम्नलिखित प्रश्नों का उत्तर दीजिए :
 - किस वस्तु पर कार्य किया गया?
 - वस्तु पर क्या घटित हो रहा है?
 - कार्य कौन (क्या) कर रहा है?

10.1.2 कार्य की वैज्ञानिक संकल्पना

विज्ञान के दृष्टिकोण से हम कार्य को किस प्रकार देखते और परिभाषित करते हैं यह समझने के लिए, आइए कुछ स्थितियों पर विचार करें:

किसी सतह पर रखे एक गुटके को धकेलें। गुटका कुछ दूरी तय करता है। आपने गुटके पर कुछ बल लगाया जिससे गुटका विस्थापित हो गया। इस स्थिति में कार्य हुआ।

एक लड़की किसी ट्रॉली को खींचती है और ट्रॉली कुछ दूर तक चलती है। लड़की ने ट्रॉली पर बल लगाया और यह विस्थापित हुई; इसलिए कार्य किया गया।

एक पुस्तक को किसी ऊँचाई तक उठाइए। ऐसा करने के लिए आपको बल लगाना पड़ेगा। पुस्तक ऊपर उठती है। पुस्तक पर एक बल लगाया गया तथा पुस्तक गतिमान हुई; इसलिए कार्य किया गया।

उपरोक्त स्थितियों को ध्यानपूर्वक देखने से ज्ञात होता है कि कार्य करने के लिए दो दशाओं का होना आवश्यक है: (i) वस्तु पर कोई बल लगना चाहिए, तथा (ii) वस्तु विस्थापित होनी चाहिए।

यदि इनमें से कोई भी दशा पूरी नहीं होती तो कार्य नहीं किया गया। विज्ञान में हम कार्य को इसी दृष्टि से देखते हैं।

एक बैल किसी गाड़ी को खींच रहा है। गाड़ी चलती है। गाड़ी पर एक बल लग रहा है तथा गाड़ी कुछ दूर चली है। क्या आपके विचार में इस स्थिति में कार्य किया गया है?

क्रियाकलाप 10.2

- अपने दैनिक जीवन की कुछ स्थितियों पर विचार कीजिए जिनमें कार्य सम्मिलित हो।
- इनकी सूची बनाइए।
- अपने मित्रों से विचार-विमर्श कीजिए कि क्या प्रत्येक स्थिति में कार्य किया गया है।
- अपने उत्तरों का कारण जानने का प्रयत्न कीजिए।

- यदि कार्य हुआ है तो वस्तु पर कौन सा बल कार्य कर रहा है?
- वह कौन-सी वस्तु है जिस पर कार्य किया गया है?
- जिस वस्तु पर कार्य किया गया है उसकी स्थिति में क्या परिवर्तन होता है?

क्रियाकलाप 10.3

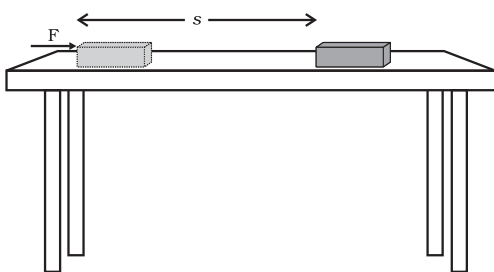
- कुछ स्थितियों पर विचार कीजिए जब वस्तु पर बल लगने के बावजूद वह विस्थापित नहीं होती।
- ऐसी स्थिति पर भी विचार कीजिए जब कोई वस्तु बल लगे बिना ही विस्थापित हो जाए।
- प्रत्येक के लिए जितनी स्थितियाँ आप सोच सकें उनकी सूची बनाइए।
- अपने मित्रों से विचार-विमर्श कीजिए कि क्या इन स्थितियों में कार्य हुआ है।

10.1.3 एक नियत बल द्वारा किया गया कार्य

विज्ञान में कार्य को कैसे परिभाषित किया जाता है? इसे समझने के लिए, पहले हम उस स्थिति पर विचार करते हैं जब बल विस्थापन की दिशा में लग रहा हो।

मान लीजिए किसी वस्तु पर एक नियत बल F कार्य करता है। मान लीजिए कि वस्तु बल की दिशा में s दूरी विस्थापित हुई (चित्र 10.1)। मान लीजिए W किया गया कार्य है। कार्य की परिभाषा के अनुसार किया गया कार्य बल तथा विस्थापन के गुणनफल के बराबर है।

$$\text{किया गया कार्य} = \text{बल} \times \text{विस्थापन} \\ W = F s \quad (10.1)$$



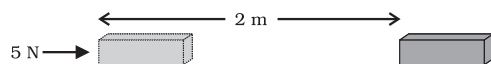
चित्र 10.1

अतः, किसी वस्तु पर लगने वाले बल द्वारा किया गया कार्य बल के परिमाण तथा बल की दिशा में चली गई दूरी के गुणनफल के बराबर होता है। कार्य में केवल परिमाण होता है तथा कोई दिशा नहीं होती।

समीकरण (10.1) में यदि $F = 1 \text{ N}$ तथा $s = 1 \text{ m}$ हों, तो बल द्वारा किया गया कार्य 1 N m होगा। यहाँ बल का मात्रक न्यूटन मीटर (N m) या जूल (J) है। अतः 1 J किसी वस्तु पर किए गए कार्य की वह मात्रा है जब 1 N का बल वस्तु को बल की क्रिया रेखा की दिशा में 1 m विस्थापित कर दे।

समीकरण (10.1) को ध्यानपूर्वक देखिए। यदि वस्तु पर लगने वाला बल शून्य है तो किया गया कार्य कितना होगा? यदि वस्तु का विस्थापन शून्य है तो किया गया कार्य कितना होगा? उन दशाओं का उल्लेख कीजिए जिनका कार्य होने के लिए पूरा होना आवश्यक है।

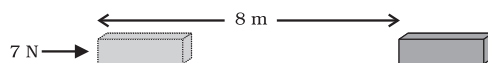
उदाहरण 10.1 किसी वस्तु पर 5 N बल लग रहा है। बल की दिशा में वस्तु 2 m विस्थापित होती है (चित्र 10.2)। यदि विस्थापन होते समय लगातार वस्तु पर बल लगता रहे, तो समीकरण (10.1) के अनुसार किया गया कार्य होगा $5 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 10 \text{ N m}$ या 10 J ।



चित्र 10.2

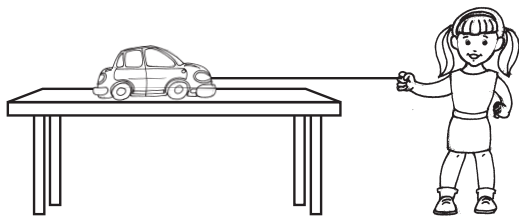
प्रश्न

1. किसी वस्तु पर 7 N का बल लगता है। मान लीजिए बल की दिशा में विस्थापन 8 m है (चित्र 10.3)। मान लीजिए वस्तु के विस्थापन के समय लगातार वस्तु पर बल लगता रहता है। इस स्थिति में किया गया कार्य कितना होगा?



चित्र 10.3

एक अन्य स्थिति पर विचार करें जिसमें बल तथा विस्थापन एक ही दिशा में है; एक बच्चा किसी खिलौना कार को चित्र 10.4 में दर्शाए अनुसार धरती के समानांतर खींच रहा है। बच्चे ने कार के विस्थापन की दिशा में बल लगाया है। इस स्थिति में किया गया कार्य बल तथा विस्थापन के गुणनफल के बराबर होगा। इस प्रकार की स्थिति में बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक माना जाता है।



चित्र 10.4

अब एक स्थिति पर विचार करें जिसमें कि एक वस्तु समान वेग से किसी नियत दिशा में गति कर रही है और उस पर विपरीत दिशा में एक अवमंदक बल, F , आरोपित किया जाता है, अर्थात्, दोनों दिशाओं के बीच 180° का कोण बन रहा है। माना कि वस्तु s दूरी के विस्थापन के पश्चात रुक जाती है। ऐसी स्थिति में बल F द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक माना जाता है और इसे ऋण चिह्न द्वारा निर्दिष्ट किया जाता है। बल द्वारा किया गया कार्य $F \times (-s)$ या $(-F \times s)$ है।

जब बल विस्थापन की दिशा के विपरीत दिशा में लगता है तो किया गया कार्य ऋणात्मक होता है। जब बल विस्थापन की दिशा में लगता है तो किया गया कार्य धनात्मक होता है।

उपरोक्त विचार-विमर्श से यह स्पष्ट है कि किसी बल द्वारा किया गया कार्य धनात्मक अथवा ऋणात्मक, दोनों में से कोई एक, हो सकता है। इसे समझने के लिए आइए निम्नलिखित क्रियाकलाप करें:

क्रियाकलाप

10.4

- किसी वस्तु को ऊपर उठाइए। आपके द्वारा वस्तु पर लगाए गए बल के द्वारा कार्य किया गया। वस्तु ऊपर की ओर चलती है। आपके द्वारा लगाया गया बल विस्थापन की दिशा में है। तथापि वस्तु पर गुरुत्वीय बल भी कार्यरत है।
- इनमें से कौन-सा बल धनात्मक कार्य कर रहा है?
- कौन सा बल ऋणात्मक कार्य कर रहा है?
- कारण बताइए।

उदाहरण 10.2 एक कुली 15 kg का बोझ धरती से 1.5 m ऊपर उठाकर अपने सिर पर रखता है। उसके द्वारा बोझ पर किए गए कार्य का परिकलन कीजिए।

हल:

बोझ का द्रव्यमान $m = 15 \text{ kg}$ तथा

विस्थापन $s = 1.5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{किया गया कार्य } W &= F \times s = mg \times s \\ &= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 1.5 \text{ m} \\ &= 225 \text{ kg m s}^{-2} \text{ m} \\ &= 225 \text{ N m} = 225 \text{ J} \end{aligned}$$

कुली द्वारा बोझ पर किया गया कार्य 225 J है।

प्रश्न

1. हम कब कहते हैं कि कार्य किया गया है?
2. जब किसी वस्तु पर लगने वाला बल इसके विस्थापन की दिशा में हो तो किए गए कार्य का व्यंजक लिखिए।
3. 1 J कार्य को परिभाषित कीजिए।
4. बैलों की एक जोड़ी खेत जोतते समय किसी हल पर 140 N बल लगाती है। जोता गया खेत 15 m लंबा है। खेत की लंबाई को जोतने में कितना कार्य किया गया?

10.2 ऊर्जा

ऊर्जा के बिना जीवन असंभव है। ऊर्जा की आवश्यकता दिन प्रतिदिन बढ़ रही है। हमें ऊर्जा कहाँ से प्राप्त

होती है? सूर्य हमारे लिए ऊर्जा का सबसे बड़ा प्राकृतिक स्रोत है। हमारे ऊर्जा के बहुत-से स्रोत सूर्य से व्युत्पन्न होते हैं। हम परमाणुओं के नाभिकों से, पृथ्वी के आंतरिक भागों से तथा ज्वार-भाटों से भी ऊर्जा प्राप्त कर सकते हैं। क्या आप ऊर्जा के अन्य स्रोतों के बारे में सोच सकते हैं?

क्रियाकलाप 10.5

- ऊर्जा के कुछ स्रोतों को ऊपर दिया गया है। ऊर्जा के अनेक अन्य स्रोत भी हैं। उनकी सूची बनाइए।
- छोटे समूहों में विचार-विमर्श कीजिए कि किस प्रकार ऊर्जा के कुछ स्रोत सूर्य के कारण हैं।
- क्या ऊर्जा के कुछ ऐसे स्रोत भी हैं जो सूर्य के कारण नहीं हैं?

ऊर्जा शब्द का प्रयोग प्रायः हमारे दैनिक जीवन में होता रहता है किंतु विज्ञान में इसका एक निश्चित एवं परिशुद्ध अर्थ है। आइए, निम्नलिखित उदाहरणों पर विचार करें: जब तीव्र वेग से गतिशील क्रिकेट की गेंद स्थिर विकेटों से टकराती है, तो विकेट दूर जा गिरते हैं। इसी प्रकार, जब हम किसी वस्तु को किसी निश्चित ऊँचाई तक उठाते हैं तब उसमें कार्य करने की क्षमता समाहित हो जाती है। आपने अवश्य ही देखा होगा कि ऊँचाई तक उठाया गया हथौड़ा जब लकड़ी के किसी टुकड़े पर रखी हुई कील पर प्रहार करता है तो वह कील को लकड़ी में ठोक देता है। हमने बच्चों को खिलौनों (जैसे खिलौना कार) में चाबी भरते भी देखा है और जब यह खिलौना किसी फर्श पर रखा जाता है तो ये गति करने लगता है। जब किसी गुब्बारे में हवा भर कर उसे दबाते हैं तो उसकी आकृति में परिवर्तन होता है। यदि हम गुब्बारे को कम बल लगाकर दबाते हैं तो बल को हटाने पर यह अपनी मूल आकृति में वापस आ सकता है। किंतु यदि हम गुब्बारे को अधिक बल से दबाएँ तो यह विस्फोटक ध्वनि करते हुए फट भी सकता है। इन सभी उदाहरणों

में वस्तुएँ, विभिन्न प्रकार से, कार्य करने की क्षमता अर्जित कर लेती हैं। यदि किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता है तो कहा जाता है कि इसमें ऊर्जा है। जो वस्तु कार्य करती है उसमें ऊर्जा की हानि होती है और जिस वस्तु पर कार्य किया जाता है उसमें ऊर्जा की वृद्धि होती है।

किसी वस्तु में यदि ऊर्जा है तो यह कैसे कार्य करती है? कोई वस्तु जिसमें ऊर्जा है तो वह दूसरी वस्तु पर बल लगा सकती है। जब ऐसा होता है तो ऊर्जा पहली वस्तु से दूसरी वस्तु में स्थानांतरित हो जाती है। दूसरी वस्तु क्योंकि कुछ ऊर्जा ग्रहण करती है इसलिए कुछ कार्य कर सकती है और इस प्रकार यह गति में आ सकती है। इस प्रकार पहली वस्तु में कार्य करने की क्षमता है। इसका अर्थ हुआ कि कोई भी वस्तु जिसमें ऊर्जा है, कार्य कर सकती है।

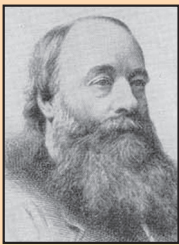
इस प्रकार किसी वस्तु में निहित ऊर्जा को उसकी कार्य करने की क्षमता के रूप में मापा जाता है। इसीलिए ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का है अर्थात् जूल (J)। एक जूल कार्य करने के लिए आवश्यक ऊर्जा की मात्रा 1 J होती है। कभी-कभी ऊर्जा के बड़े मात्रक किलो जूल (kJ) का उपयोग किया जाता है। 1 kJ, 1000 J के बराबर होता है।

10.2.1 ऊर्जा के रूप

सौभाग्य से जिस संसार में हम रहते हैं उसमें ऊर्जा अनेक रूपों में विद्यमान है। विभिन्न रूपों में स्थितिज ऊर्जा, गतिज ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, विद्युत् ऊर्जा तथा प्रकाश ऊर्जा सम्मिलित हैं।

इसे सोचिए!

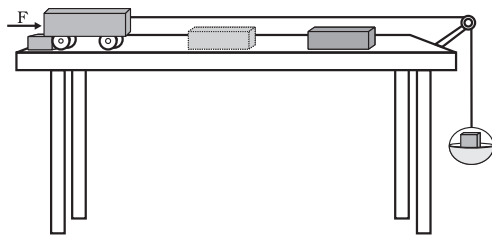
आप कैसे ज्ञात करेंगे कि कोई सत्ता (वस्तु जिसका अस्तित्व है) ऊर्जा का रूप है। अपने मित्रों तथा अध्यापकों से विचार-विमर्श कीजिए।



जेम्स प्रेस्कॉट जूल
(1818—1889)

जेम्स प्रेस्कॉट जूल एक प्रतिभाशाली ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी थे। वे अपने विद्युत् तथा ऊष्मागतिकी के अनुसंधानों के लिए विशेष रूप से प्रसिद्ध हुए। अन्य विचारों के अतिरिक्त उन्होंने विद्युत् के ऊष्मीय प्रभाव के बारे में नियम बनाया। उन्होंने ऊर्जा संरक्षण नियम को प्रयोगात्मक रूप से सत्यापित किया तथा ऊष्मा के यांत्रिक तुल्यांक के मान की खोज की। ऊर्जा तथा कार्य के मात्रक का नाम जूल, उन्हीं के सम्मान में रखा गया है।

जेम्स प्रेस्कॉट जूल एक प्रतिभाशाली ब्रिटिश भौतिक विज्ञानी थे। वे अपने विद्युत् तथा ऊष्मागतिकी के अनुसंधानों के लिए विशेष रूप से प्रसिद्ध हुए। अन्य विचारों के अतिरिक्त उन्होंने विद्युत् के ऊष्मीय प्रभाव के बारे में नियम बनाया। उन्होंने ऊर्जा संरक्षण नियम को प्रयोगात्मक रूप से सत्यापित किया तथा ऊष्मा के यांत्रिक तुल्यांक के मान की खोज की। ऊर्जा तथा कार्य के मात्रक का नाम जूल, उन्हीं के सम्मान में रखा गया है।



चित्र 10.5

10.2.2 गतिज ऊर्जा

क्रियाकलाप 10.6

- एक भारी गेंद लीजिए। इसे रेत की मोटी परत (क्यारी) पर गिराइए। गीले रेत की सतह अच्छा कार्य करेगी। गेंद को रेत पर लगभग 25 cm की ऊँचाई से गिराइए। गेंद रेत में एक गर्त (गड्ढा) बना देती है।
- इस क्रियाकलाप को 50 cm, 1 m तथा 1.5 m की ऊँचाइयों से गेंद को गिराकर दोहराइए।
- सुनिश्चित कीजिए कि सभी गर्त सुस्पष्ट दिखाई दें।
- गेंद को गिराने की ऊँचाई के अनुसार सभी गर्तों पर निशान लगाएँ।
- उनकी गहराइयों की तुलना करें।
- इनमें से कौन-सी गर्त सबसे अधिक गहरी है।
- कौन-सा गड्ढा सबसे अधिक उथला है। ऐसा क्यों है?
- गेंद ने किस कारण से गहरा गड्ढा बनाया?
- विचार-विमर्श कीजिए तथा विश्लेषण कीजिए।

क्रियाकलाप 10.7

- चित्र 10.5 के अनुसार उपकरण सज्जित कीजिए।
- एक ज्ञात द्रव्यमान के लकड़ी के गुटके को

ट्रॉली के सामने किसी सुविधाजनक निश्चित दूरी पर रखिए।

- पलड़े पर एक ज्ञात द्रव्यमान रखिए जिससे कि ट्रॉली गतिमान हो जाए।
- ट्रॉली आगे चलती है तथा लकड़ी के गुटके से टकराती है।
- मेज पर एक अवरोधक इस प्रकार लगाइए कि गुटके से टकराने के पश्चात् ट्रॉली वहीं रुक जाए।
- गुटका विस्थापित हो जाता है।
- गुटके के विस्थापन को मापिए। इसका अर्थ हुआ कि जैसे ही गुटके ने ऊर्जा ग्रहण की, ट्रॉली द्वारा गुटके पर कार्य किया गया।
- यह ऊर्जा कहाँ से आई?
- पलड़े पर रखे द्रव्यमान को बढ़ाकर इस प्रयोग को दोहराइए।
- किस अवस्था में विस्थापन अधिक है? किस अवस्था में किया गया कार्य अधिक होगा?
- इस क्रियाकलाप में गतिशील ट्रॉली कार्य करती है अतः इसमें ऊर्जा विद्यमान है।

एक चलती हुई वस्तु कार्य कर सकती है। एक तेज़ चलती वस्तु, अपने सदृश अपेक्षाकृत धीमी चलती हुई वस्तु से अधिक कार्य कर सकती है। एक गतिशील गोली, बहती हुई हवा, घूमता हुआ पहिया, एक गतिशील पत्थर, ये सभी कार्य कर सकते हैं। गोली लक्ष्य को कैसे भेद पाती है? बहती हुई हवा पवन चक्की की पंखुड़ियों को कैसे घुमा पाती है? गतिशील वस्तुओं में ऊर्जा होती है।

गिरता हुआ नारियल, गतिशील कार, लुढ़कता हुआ पत्थर, उड़ता हुआ हवाई जहाज, बहता हुआ

पानी, बहती हुई हवा, दौड़ता हुआ खिलाड़ी आदि सभी में गतिज ऊर्जा विद्यमान है। संक्षेप में, किसी वस्तु में उसकी गति के कारण निहित ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं। किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा उसकी चाल के साथ बढ़ती है।

किसी गतिशील वस्तु में उसकी गति के कारण कितनी ऊर्जा निहित होती है। परिभाषा के अनुसार हम कह सकते हैं कि किसी निश्चित वेग से गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा उस वस्तु पर इस वेग को प्राप्त करने के लिए किए गए कार्य के बराबर है।

आइए अब किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा को एक समीकरण के रूप में व्यक्त करें। मान लीजिए m द्रव्यमान की एक वस्तु एकसमान वेग u से गतिशील है। अब मान लीजिए जब इस पर एक नियत बल F विस्थापन की दिशा में लगता है तो वस्तु s दूरी तक विस्थापित हो जाती है। समीकरण (10.1) से, किया गया कार्य W , $F s$ के बराबर है। वस्तु पर किए गए कार्य के कारण इसके वेग में परिवर्तन होगा। मान लीजिए कि इसका वेग u से v हो जाता है। मान लीजिए उत्पन्न हुए त्वरण का मान a है।

अनुभाग 7.5 में, हमने गति के तीन समीकरणों के बारे में अध्ययन किया है। एकसमान त्वरण a से गतिशील किसी वस्तु के प्रारंभिक वेग (u), अंतिम वेग (v) तथा विस्थापन s के बीच निम्न संबंध है

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

या

$$s = \frac{v^2 - u^2}{2a} \quad (10.2)$$

अनुभाग 8.4 से, हमें ज्ञात है कि $F = ma$ । इस प्रकार समीकरण (10.2) को समीकरण (10.1) में रखने पर हम बल F द्वारा किए गए कार्य को लिख सकते हैं

$$W = ma \times \frac{v^2 - u^2}{2a}$$

अथवा

$$W = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2) \quad (10.3)$$

यदि वस्तु की गति अपनी विराम अवस्था से प्रारंभ होती है, अर्थात् $u = 0$, तब

$$W = \frac{1}{2}mv^2 \quad (10.4)$$

यह स्पष्ट है कि किया गया कार्य वस्तु की गतिज ऊर्जा में परिवर्तन के बराबर है।

यदि $u = 0$, किया गया कार्य होगा $\frac{1}{2}mv^2$ ।

अतः m द्रव्यमान की तथा एकसमान वेग v से गतिशील वस्तु की गतिज ऊर्जा का मान

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (10.5)$$

उदाहरण 10.3 15 kg द्रव्यमान की एक वस्तु 4 m s^{-1} के एकसमान वेग से गतिशील है। वस्तु की गतिज ऊर्जा कितनी होगी?

हल:

वस्तु का द्रव्यमान $m = 15 \text{ kg}$,

वस्तु का वेग $v = 4 \text{ m s}^{-1}$

समीकरण (10.5) से

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2}mv^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-1} \times 4 \text{ m s}^{-1} \\ &= 120 \text{ J} \end{aligned}$$

वस्तु की गतिज ऊर्जा 120 J है।

उदाहरण 10.4 यदि किसी कार का द्रव्यमान 1500 kg है तो उसके वेग को 30 km h^{-1} से 60 km h^{-1} तक बढ़ाने में कितना कार्य करना पड़ेगा?

हल:

कार का द्रव्यमान $m = 1500 \text{ kg}$

कार का प्रारंभिक वेग $u = 30 \text{ km h}^{-1}$

$$= \frac{30 \times 1000 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} \\ = 25/3 \text{ m s}^{-1}$$

इसी प्रकार कार का अंतिम वेग

$$v = 60 \text{ km h}^{-1} = 50/3 \text{ m s}^{-1}$$

इसलिए कार की प्रारंभिक गतिज ऊर्जा

$$E_{ki} = \frac{1}{2} m u^2 \\ = \frac{1}{2} \times 1500 \text{ kg} \times (25/3 \text{ m s}^{-1})^2 \\ = 156250/3 \text{ J}$$

इसी प्रकार, कार की अंतिम गतिज ऊर्जा

$$E_{kf} = \frac{1}{2} \times 1500 \text{ kg} \times (50/3 \text{ m s}^{-1})^2 \\ = 625000/3 \text{ J}$$

अतः किया गया कार्य = गतिज ऊर्जा में परिवर्तन

$$= E_{kf} - E_{ki} \\ = 156250 \text{ J}$$

प्रश्न

1. किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा क्या होती है?
2. किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा के लिए व्यंजक लिखो।
3. 5 m s^{-1} के वेग से गतिशील किसी m द्रव्यमान की वस्तु की गतिज ऊर्जा 25 J है। यदि इसके वेग को दोगुना कर दिया जाए तो इसकी गतिज ऊर्जा कितनी हो जाएगी? यदि इसके वेग को तीनगुना बढ़ा दिया जाए तो इसकी गतिज ऊर्जा कितनी हो जाएगी?

10.2.3 स्थितिज ऊर्जा

क्रियाकलाप 10.8

- एक रबड़ बैंड (रबड़ का छल्ला) लीजिए।
- इसके एक सिरे को पकड़कर दूसरे सिरे से खींचिए। छल्ला खिंच जाता है।
- छल्ले के एक सिरे को छोड़िए।
- क्या होता है?

- छल्ला अपनी प्रारंभिक लंबाई प्राप्त करने का प्रयत्न करेगा। स्पष्ट है कि छल्ले ने अपनी खिंची हुई स्थिति में कुछ ऊर्जा उपाजित कर ली है।
- खींचने पर यह ऊर्जा किस प्रकार उपाजित कर लेता है?

क्रियाकलाप 10.9

- एक स्प्रिंग लीजिए।
- निम्न चित्र में दशाये अनुसार अपने मित्र से इसके एक सिरे को पकड़ने के लिए कहिए। आप दूसरे सिरे को पकड़िए तथा अपने मित्र से दूर चले जाइए।



- अब आप स्प्रिंग को छोड़ दीजिए।
- क्या होता है?
- खींचने पर स्प्रिंग ने किस प्रकार ऊर्जा उपाजित की?
- क्या संपीड़ित करने पर भी स्प्रिंग ऊर्जा उपाजित करेगी?

क्रियाकलाप 10.10

- एक खिलौना कार लीजिए। इसमें चाबी भरिए।
- कार को जमीन पर रखिए।
- क्या ये चलती है?
- इसने ऊर्जा कहाँ से उपाजित की।
- क्या उपाजित ऊर्जा, चाबी द्वारा भरे गये लपेटनों की संख्या पर निर्भर है?
- आप इसकी जाँच कैसे कर सकते हैं?

क्रियाकलाप 10.11

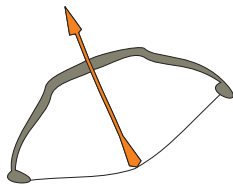
- किसी वस्तु को एक निश्चित ऊँचाई तक उठाइए।
- वस्तु अब कार्य कर सकती है। छोड़ने पर यह नीचे गिरने लगती है। इसका अर्थ है कि इसने कुछ ऊर्जा उपाजित कर ली है।
- अधिक ऊँचा उठाने पर यह अधिक कार्य कर सकती है और इस प्रकार इसमें अधिक ऊर्जा विद्यमान हो जाती है।
- इसे ऊर्जा कहाँ से प्राप्त होती है? सोचिए तथा विचार-विमर्श कीजिए।

उपरोक्त परिस्थितियों में, वस्तु पर किए गए कार्य के कारण इसमें ऊर्जा संचित हो जाती है। किसी वस्तु को स्थानांतरित की गई ऊर्जा इसमें स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित रहती है यदि यह वस्तु की चाल या वेग में परिवर्तन करने के लिए उपयोग में नहीं आती है। वस्तु कार्य करने के लिए स्थिति प्राप्त कर लेती है।

जब आप किसी रबड़ बैंड को खींचते हैं तो आप कुछ ऊर्जा स्थानांतरित करते हैं। बैंड में स्थानांतरित की गई ऊर्जा इसमें स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है। किसी खिलौना कार से चाबी भरते समय आप कार्य करते हैं। इसके अंदर कमानी में स्थानांतरित की गई ऊर्जा स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाती है। किसी वस्तु द्वारा इसकी स्थिति अथवा विन्यास में परिवर्तन के कारण प्राप्त ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं।

क्रियाकलाप 10.12

- बाँस की एक खपच्ची लीजिए और इससे चित्र 10.6 में दिखाए अनुसार एक धनुष बनाइए।
- किसी हलकी डंडी का एक तीर बनाइए।
- तीर का एक सिरा धनुष की तानित डोरी पर रखिए।
- अब डोरी को खींचिए और तीर को मुक्त कीजिए।
- तीर को धनुष से दूर जाते हुए देखिए।
- धनुष की आकृति में परिवर्तन पर ध्यान दीजिए।
- धनुष की आकृति में परिवर्तन के कारण उसमें संचित स्थितिज ऊर्जा, तीर को गतिज ऊर्जा प्रदान करती है जिससे तीर गतिशील होकर दूर जा गिरता है।



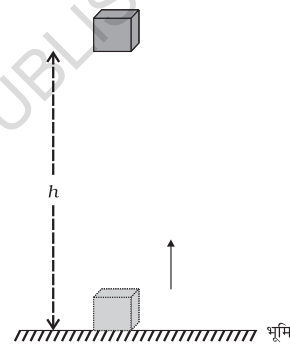
चित्र 10.6: धनुष की तानित डोरी पर रखा तीर

10.2.4 किसी ऊँचाई पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा

वस्तु को किसी ऊँचाई तक उठाने में उसकी ऊर्जा में वृद्धि होती है। इसका कारण है कि इसको ऊपर उठाने में इस पर गुरुत्व बल के विरुद्ध कार्य किया जाता है। इस प्रकार की वस्तु में विद्यमान ऊर्जा उसकी गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा है।

भूमि से ऊपर किसी बिंदु पर किसी वस्तु की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा को, वस्तु को भूमि से उस बिंदु तक उठाने में गुरुत्वीय बल के विरुद्ध किए गए कार्य द्वारा परिभाषित करते हैं।

किसी ऊँचाई पर किसी वस्तु के गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा के व्यंजक को ज्ञात करना सरल है।



चित्र 10.7

एक m द्रव्यमान की वस्तु के बारे में विचार कीजिए। मान लीजिए इसे धरती से h ऊँचाई तक ऊपर उठाया जाता है। ऐसा करने के लिए एक बल की आवश्यकता है। वस्तु को उठाने के लिए आवश्यक न्यूनतम बल वस्तु के भार के बराबर अर्थात् mg है। वस्तु में इस पर किए गए कार्य के बराबर ऊर्जा उपाजित होगी। मान लीजिए कि वस्तु पर गुरुत्वीय बल के विरुद्ध किया गया कार्य W है। तब,

$$\begin{aligned} \text{किया गया कार्य } W &= \text{बल} \times \text{विस्थापन} \\ &= mg \times h \\ &= mgh \end{aligned}$$

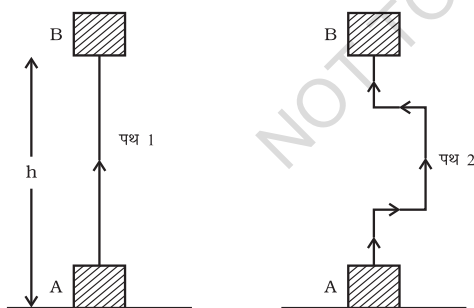
क्योंकि वस्तु पर किया गया कार्य mgh के बराबर है, इसलिए वस्तु को mgh इकाई के बराबर ऊर्जा उपार्जित होगी। यह वस्तु की स्थितिज ऊर्जा (E_p) है।

$$E_p = mgh \quad (10.6)$$

इस भी जानें

वस्तु की किसी ऊँचाई पर स्थितिज ऊर्जा भूमि तल या आपके द्वारा चुने गए शून्य तल पर निर्भर है। किसी वस्तु के लिए दी हुई स्थिति के लिए एक तल के सापेक्ष स्थितिज ऊर्जा का कोई विशेष मान हो सकता है और किसी दूसरे तल के सापेक्ष स्थितिज ऊर्जा का कोई दूसरा मान हो सकता है।

यह ध्यान देने योग्य बात है कि गुरुत्वीय बल द्वारा किया गया कार्य वस्तु की प्रारंभिक तथा अंतिम स्थितियों की ऊर्ध्वाधर ऊँचाइयों के अंतर पर निर्भर है न कि उस रास्ते पर जिस पर कि वस्तु ने गति की है। चित्र 10.8 में ऐसी स्थिति दिखाई गई है जहाँ एक गुटका स्थिति A से स्थिति B तक दो विभिन्न पथों से पहुँचाया गया है। मान लीजिए ऊँचाई $AB = h$ । दोनों ही स्थितियों में वस्तु पर किया गया कार्य mgh है।



चित्र 10.8

उदाहरण 10.5 10 kg द्रव्यमान की एक वस्तु को धरती से 6 m की ऊँचाई तक उठाया गया है।

इस वस्तु में विद्यमान ऊर्जा का परिकलन कीजिए। g का मान 9.8 m s^{-2} है।

हल:

वस्तु का द्रव्यमान $m = 10 \text{ kg}$,

विस्थापन (ऊँचाई) $h = 6 \text{ m}$ तथा

गुरुत्वीय त्वरण $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$.

समीकरण (10.6) से

$$\begin{aligned} \text{स्थितिज ऊर्जा} &= mgh \\ &= 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 6 \text{ m} \\ &= 588 \text{ J}. \end{aligned}$$

स्थितिज ऊर्जा 588 J है।

उदाहरण 10.6 12 kg द्रव्यमान की एक वस्तु धरती से एक निश्चित ऊँचाई पर स्थित है। यदि वस्तु की स्थितिज ऊर्जा 480 J है तो वस्तु की धरती के सापेक्ष ऊँचाई ज्ञात कीजिए। दिया है, परिकलन में सरलता के लिए g का मान 10 m s^{-2} लें।

हल :

वस्तु का द्रव्यमान $m = 12 \text{ kg}$,

स्थितिज ऊर्जा $E_p = 480 \text{ J}$.

$$E_p = mgh$$

$$480 \text{ J} = 12 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} \times h$$

$$h = \frac{480 \text{ J}}{120 \text{ kg m s}^{-2}}$$

$$= 4 \text{ m}.$$

वस्तु 4 m की ऊँचाई पर स्थित है।

10.2.5 क्या ऊर्जा के विभिन्न रूप परस्पर परिवर्तनीय हैं?

क्या हम ऊर्जा का एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरण कर सकते हैं? प्रकृति में हमें ऊर्जा रूपांतरण के अनेक उदाहरण देखने को मिलते हैं।

क्रियाकलाप 10.13

- छोटे समूहों में बैठिए।
- प्रकृति में ऊर्जा रूपांतरण की विभिन्न विधियों पर विचार करें।
- अपने समूह में निम्न प्रश्नों के बारे में विचार-विमर्श कीजिए:
 - हरे पौधे खाना कैसे बनाते हैं?
 - उन्हें ऊर्जा कहाँ से प्राप्त होती है?
 - वायु एक स्थान से दूसरे स्थान को क्यों बहती है?
 - कोयला तथा पेट्रोलियम जैसे ईंधन कैसे बने?
 - किस प्रकार के ऊर्जा रूपांतरण जल चक्र को बनाए रखते हैं?

क्रियाकलाप 10.14

- अनेक मानव क्रियाकलापों तथा हमारे द्वारा उपयोग किए जाने वाले जुगतों में ऊर्जा रूपांतरण सम्मिलित है।
- इस प्रकार के क्रियाकलापों तथा जुगतों की एक सूची बनाइए।
- प्रत्येक क्रियाकलाप या जुगत में पहचानिए कि किस प्रकार का ऊर्जा रूपांतरण हो रहा है।

10.2.6 ऊर्जा संरक्षण का नियम

क्रियाकलाप 10.13 तथा 10.14 में हमने सीखा कि ऊर्जा एक रूप से दूसरे रूप में परिवर्तित हो सकती है। इस प्रक्रिया में निकाय की कुल ऊर्जा का क्या हुआ? ऊर्जा-रूपांतरण की अवस्था में निकाय की कुल ऊर्जा अपरिवर्तित रहती है। यह ऊर्जा संरक्षण के नियमानुसार है। इस नियम के अनुसार, ऊर्जा केवल एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरित हो सकती है; न तो इसकी उत्पत्ति की जा सकती है और न ही विनाश। रूपांतरण के पहले व रूपांतरण के पश्चात् कुल ऊर्जा सदैव अचर रहती है। ऊर्जा संरक्षण का नियम प्रत्येक स्थिति तथा सभी प्रकार के रूपांतरणों में मान्य है।

एक सरल उदाहरण पर विचार कीजिए। मान लीजिए m द्रव्यमान की एक वस्तु h ऊँचाई से स्वतंत्रतापूर्वक गिराई जाती है। प्रारंभ में, स्थितिज ऊर्जा mgh है तथा गतिज ऊर्जा शून्य है। गतिज ऊर्जा शून्य क्यों है? यह शून्य है क्योंकि इसका प्रारंभिक वेग शून्य है। इस प्रकार वस्तु की कुल ऊर्जा mgh है। जब यह वस्तु गिरती है तो इसकी स्थितिज ऊर्जा गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होगी। यदि किसी दिए हुए क्षण पर वस्तु का वेग v है तो गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ होगी। वस्तु जैसे-जैसे नीचे गिरती है, इसकी स्थितिज ऊर्जा कम होती जाती है तथा गतिज ऊर्जा बढ़ती जाती है। जब वस्तु धरती पर पहुँचने वाली होती है तो $h = 0$ होगा तथा इस अवस्था में वस्तु का अंतिम वेग v अधिकतम हो जाएगा। इसलिए अब गतिज ऊर्जा अधिकतम तथा स्थितिज ऊर्जा न्यूनतम होगी। तथापि, सभी बिंदुओं पर वस्तु की स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा का योग समान रहता है। अर्थात्, स्थितिज ऊर्जा + गतिज ऊर्जा = अचर,

$$\text{या } mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \text{अचर} \quad (10.7)$$

किसी वस्तु की गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा का योग उसकी कुल यांत्रिक ऊर्जा है।

हम देखते हैं कि किसी पिंड के मुक्त रूप से गिरते समय, इसके पथ में किसी बिंदु पर स्थितिज ऊर्जा में जितनी कमी होती है गतिज ऊर्जा में उतनी ही वृद्धि हो जाती है। (यहाँ पिंड की गति पर वायु प्रतिरोध के प्रभाव आदि की उपेक्षा की गई है।) इस प्रकार गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा का गतिज ऊर्जा में निरंतर रूपांतरण हो रहा है।

क्रियाकलाप 10.15

- 20 kg द्रव्यमान का कोई पिंड 4 m की ऊँचाई से मुक्त रूप से गिराया जाता है। निम्न सारणी के अनुसार प्रत्येक स्थिति में स्थितिज ऊर्जा तथा गतिज ऊर्जा की गणना करके, सारणी में रिक्त स्थानों को भरिए।

ऊँचाई जहाँ पर पिंड स्थित है	स्थितिज ऊर्जा ($E_p = mgh$)	गतिज ऊर्जा ($E_k = mv^2/2$)	$E_p + E_k$
m	J	J	J
4			
3			
2			
1			
भूमि से ठीक ऊपर			

- परिकलन में सुविधा के लिए g का मान 10 m s^{-2} लीजिए।

विचार कीजिए!

यदि प्रकृति में ऊर्जा रूपांतरण संभव नहीं होता तो क्या होता? एक विचार के अनुसार ऊर्जा रूपांतरण के बिना जीवन संभव नहीं हो पाता। क्या आप इससे सहमत हैं?

10.3 कार्य करने की दर

क्या हम सब एक ही दर से कार्य करते हैं? क्या मशीनें ऊर्जा का उपयोग तथा रूपांतरण समान दर से करती हैं? अभिकर्ता (एजेंट) जो ऊर्जा रूपांतर करते हैं, विभिन्न दरों से कार्य करते हैं। आइए इसे निम्न क्रियाकलाप से समझें।

क्रियाकलाप 10.16

- दो बच्चे, मान लीजिए A तथा B के बारे में विचार कीजिए। मान लीजिए दोनों का द्रव्यमान समान है। दोनों रस्से पर अलग-अलग चढ़ना प्रारंभ करते हैं। दोनों 8 m की ऊँचाई तक पहुँचते हैं। मान लीजिए इस कार्य को करने में A 15 s लेता है तथा B 20 s लेता है।
- प्रत्येक बच्चे द्वारा किया गया कार्य कितना है?
- किया गया कार्य समान है। तथापि A ने कार्य करने के लिए B की अपेक्षा कम समय लिया।
- किस बच्चे ने दिए हुए समय, मान लीजिए 1 s, में अधिक कार्य किया?

एक शक्तिशाली व्यक्ति किसी दिए हुए कार्य को अपेक्षाकृत कम समय में पूरा कर सकता है। अधिक शक्तिशाली वाहन कम शक्तिशाली वाहन की अपेक्षा हमें किसी यात्रा को कम समय में पूरी करा सकता है। हम मोटरबाइक तथा मोटरकार जैसी मशीनों की शक्ति के बारे में बात करते हैं। इन वाहनों के वर्गीकरण का आधार यह है कि ये कितनी तेजी से ऊर्जा परिवर्तन या कार्य करते हैं। शक्ति, किए गए कार्य की गति को मापती है, अर्थात् कार्य कितनी शीघ्रता या दर से किया गया। शक्ति की परिभाषा इस प्रकार है — कार्य करने की दर या ऊर्जा रूपांतरण की दर को शक्ति कहते हैं। यदि कोई अभिकर्ता (एजेंट) t समय में W कार्य करता है, तो शक्ति का मान होगा:

$$\text{शक्ति} = \text{कार्य/समय}$$

$$\text{या } P = \frac{W}{t} \quad (10.8)$$

शक्ति का मात्रक वाट है तथा इसका प्रतीक W है। (यह मात्रक जेम्स वाट (1736 — 1819) के सम्मान में रखा गया है।) 1 वाट उस अभिकर्ता (एजेंट) की शक्ति है जो 1 सेकंड में 1 जूल कार्य करता है। हम यह भी कह सकते हैं कि यदि ऊर्जा के उपयोग की दर 1 J s^{-1} हो तो शक्ति 1 W होगी।

$$1 \text{ वाट} = 1 \text{ जूल/सेकंड या } 1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$$

हम ऊर्जा स्थानांतरण की उच्च दरों को किलोवाट (kW) में व्यक्त करते हैं

$$1 \text{ किलोवाट} = 1000 \text{ वाट}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W या } 1000 \text{ J s}^{-1}$$

किसी अभिकर्ता (एजेंट) की शक्ति समय के साथ बदल सकती है। इसका अर्थ है कि अभिकर्ता विभिन्न समय अंतरालों में विभिन्न दरों से कार्य कर सकता है। इसीलिए औसत शक्ति की अवधारणा लाभप्रद है। औसत शक्ति को हम कुल उपयोग की गई ऊर्जा को, कुल लिए गए समय से विभाजित कर प्राप्त कर सकते हैं।

उदाहरण 10.7 दो लड़कियाँ जिनमें से प्रत्येक का भार 400 N है एक रस्से पर 8 m की ऊँचाई तक चढ़ती हैं। हम एक लड़की का नाम A रखते हैं तथा दूसरी का B। इस कार्य को पूरा करने में लड़की A, 20 s का समय लेती है जबकि लड़की B, 50 s का समय लेती है। प्रत्येक लड़की द्वारा व्यय की गई शक्ति का परिकलन कीजिए।

हल:

(i) लड़की A द्वारा व्यय की गई शक्ति :

लड़की का भार $mg = 400 \text{ N}$

विस्थापन (ऊँचाई) $h = 8 \text{ m}$

लिया गया समय $t = 20 \text{ s}$

समीकरण (10.8) से,

शक्ति $P =$ किया गया कार्य/लिया गया समय

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400 \text{ N} \times 8 \text{ m}}{20 \text{ s}}$$

$$= 160 \text{ W}$$

(ii) लड़की B द्वारा व्यय की गई शक्ति:

लड़की का भार $mg = 400 \text{ N}$

विस्थापन (ऊँचाई) $h = 8 \text{ m}$

लिया गया समय $t = 50 \text{ s}$

$$\text{शक्ति } P = \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{400 \text{ N} \times 8 \text{ m}}{50 \text{ s}}$$

$$= 64 \text{ W}$$

लड़की A द्वारा व्यय की गई शक्ति 160 W है तथा लड़की B द्वारा व्यय की गई शक्ति 64 W है।

उदाहरण 10.8 50 kg द्रव्यमान का एक लड़का एक सोपान (जीना) पर दौड़कर 45 सीढ़ियाँ 9 s में चढ़ता है। यदि प्रत्येक सीढ़ी की ऊँचाई 15 cm हो तो उसकी शक्ति का परिकलन कीजिए। g का मान 10 m s^{-2} लीजिए।

हल:

लड़के का भार

$$mg = 50 \text{ kg} \times 10 \text{ m s}^{-2} = 500 \text{ N}$$

45 सीढ़ियों की कुल ऊँचाई

$$h = 45 \times 15/100 \text{ m} = 6.75 \text{ m}$$

चढ़ने में लगा कुल समय $t = 9 \text{ s}$

समीकरण (10.8) से

शक्ति $P =$ किया गया कार्य/लिया गया समय

$$= \frac{mgh}{t}$$

$$= \frac{500 \text{ N} \times 6.75 \text{ m}}{9 \text{ s}}$$

$$= 375 \text{ W}$$

लड़के की शक्ति 375 W है।



1. शक्ति क्या है?
2. 1 वाट शक्ति को परिभाषित कीजिए।
3. एक लैंप 1000 J विद्युत ऊर्जा 10 s में व्यय करता है। इसकी शक्ति कितनी है?
4. औसत शक्ति को परिभाषित कीजिए।

क्रियाकलाप 10.17

- अपने घर में, विद्युत् परिपथ में लगे विद्युत् मीटर को ध्यानपूर्वक देखिए।
- इसके लक्षणों का बारीकी से प्रेक्षण कीजिए। प्रतिदिन प्रातः तथा सायं 6.30 बजे मीटर का पाठ्यांक नोट करें।
- इस क्रियाकलाप को लगभग एक सप्ताह तक कीजिए।
- दिन के समय कितनी 'यूनिट' व्यय होती है?

- रात के समय कितनी 'यूनिट' व्यय होती है?
- अपने प्रेक्षकों को सारणीबद्ध कीजिए।
- अपने आँकड़ों से निष्कर्ष निकालिए।
- अपने प्रेक्षकों की तुलना विद्युत् के मासिक बिल में दिए गए विवरणों से कीजिए।

(किन्हीं विशेष विद्युत उपकरणों द्वारा व्यय होने वाली विद्युत ऊर्जा का आंकलन भी किया जा सकता है। इसके लिए विभिन्न उपकरणों के ज्ञात वाटेज तथा उनके उपयोग के समयों को सारणीबद्ध कर किया जा सकता है।)



आपने क्या सीखा

- किसी पिंड पर किया गया कार्य, उस पर लगाए गए बल के परिमाण व बल की दिशा में उसके द्वारा तय की गई दूरी के गुणनफल से परिभाषित होता है। कार्य का मात्रक जूल है अर्थात् $1 \text{ जूल} = 1 \text{ न्यूटन} \times 1 \text{ मीटर}$ ।
- किसी पिंड का विस्थापन शून्य है तो बल द्वारा उस पिंड पर किया गया कार्य शून्य होगा।
- यदि किसी वस्तु में कार्य करने की क्षमता हो तो यह कहा जाता है कि उसमें ऊर्जा है। ऊर्जा का मात्रक वही है जो कार्य का है।
- किसी गतिमान पिंड में उसकी गति के कारण ऊर्जा को गतिज ऊर्जा कहते हैं।
 v वेग से गतिशील किसी m द्रव्यमान की वस्तु की गतिज ऊर्जा $\frac{1}{2}mv^2$ के बराबर होती है।
- वस्तु द्वारा उसकी स्थिति अथवा आकृति में परिवर्तन के कारण प्राप्त ऊर्जा को स्थितिज ऊर्जा कहते हैं। पृथ्वी के तल से h ऊँचाई तक उठाई गई किसी m द्रव्यमान की वस्तु की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा mgh होगी।
- ऊर्जा-संरक्षण नियम के अनुसार ऊर्जा का केवल एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरण हो सकता है। इसकी न तो उत्पत्ति की जा सकती है और न ही विनाश। रूपांतरण के पहले व रूपांतरण के पश्चात् कुल ऊर्जा सदैव अचर रहती है।
- प्रकृति में ऊर्जा विभिन्न रूपों में विद्यमान रहती है; जैसे - गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा आदि। किसी वस्तु की गतिज तथा स्थितिज ऊर्जाओं के योग को उसकी कुल यांत्रिक ऊर्जा कहते हैं।
- कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। शक्ति का SI मात्रक वाट है।
 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

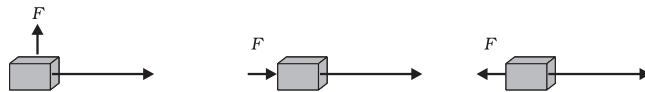


अभ्यास

- निम्न सूचीबद्ध क्रियाकलापों को ध्यान से देखिए। अपनी कार्य शब्द की व्याख्या के आधार पर तर्क दीजिए कि इनमें कार्य हो रहा है अथवा नहीं।
 - सूमा एक तालाब में तैर रही है।
 - एक गधे ने अपनी पीठ पर बोझा उठा रखा है।
 - एक पवन चक्की (विंड मिल) कुएँ से पानी उठा रही है।
 - एक हरे पौधे में प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया हो रही है।
 - एक इंजन ट्रेन को खींच रहा है।
 - अनाज के दाने सूर्य की धूप में सूख रहे हैं।
 - एक पाल-नाव पवन ऊर्जा के कारण गतिशील है।
- एक पिंड को धरती से किसी कोण पर फेंका जाता है। यह एक वक्र पथ पर चलता है और वापस धरती पर आ गिरता है। पिंड के पथ के प्रारंभिक तथा अंतिम बिंदु एक ही क्षैतिज रेखा पर स्थित हैं। पिंड पर गुरुत्व बल द्वारा कितना कार्य किया गया?
- एक बैटरी बल्ब जलाती है। इस प्रक्रम में होने वाले ऊर्जा परिवर्तनों का वर्णन कीजिए।
- 20 kg द्रव्यमान पर लगने वाला कोई बल इसके वेग को 5 m s^{-1} से 2 m s^{-1} में परिवर्तित कर देता है। बल द्वारा किए गए कार्य का परिकलन कीजिए।
- 10 kg द्रव्यमान का एक पिंड मेज पर A बिंदु पर रखा है। इसे B बिंदु तक लाया जाता है। यदि A तथा B को मिलाने वाली रेखा क्षैतिज है तो पिंड पर गुरुत्व बल द्वारा किया गया कार्य कितना होगा? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।
- मुक्त रूप से गिरते एक पिंड की स्थितिज ऊर्जा लगातार कम होती जाती है। क्या यह ऊर्जा संरक्षण नियम का उल्लंघन करती है। कारण बताइए।
- जब आप साइकिल चलाते हैं तो कौन-कौन से ऊर्जा रूपांतरण होते हैं?
- जब आप अपनी सारी शक्ति लगा कर एक बड़ी चट्टान को धकेलना चाहते हैं और इसे हिलाने में असफल हो जाते हैं तो क्या इस अवस्था में ऊर्जा का स्थानांतरण होता है? आपके द्वारा व्यय की गई ऊर्जा कहाँ चली जाती है?
- किसी घर में एक महीने में ऊर्जा की 250 'यूनिटें' व्यय हुईं। यह ऊर्जा जूल में कितनी होगी?
- 40 kg द्रव्यमान का एक पिंड धरती से 5 m की ऊँचाई तक उठाया जाता है। इसकी स्थितिज ऊर्जा कितनी है? यदि पिंड को मुक्त रूप से गिरने दिया जाए

तो जब पिंड ठीक आधे रास्ते पर है उस समय इसकी गतिज ऊर्जा का परिकलन कीजिए। ($g = 10 \text{ ms}^{-2}$)

11. पृथ्वी के चारों ओर घूमते हुए किसी उपग्रह पर गुरुत्व बल द्वारा कितना कार्य किया जाएगा? अपने उत्तर को तर्कसंगत बनाइए।
12. क्या किसी पिंड पर लगने वाले किसी भी बल की अनुपस्थिति में, इसका विस्थापन हो सकता है? सोचिए। इस प्रश्न के बारे में अपने मित्रों तथा अध्यापकों से विचार-विमर्श कीजिए।
13. कोई मनुष्य भूसे के एक गड्ढर को अपने सिर पर 30 मिनट तक रखे रहता है और थक जाता है। क्या उसने कुछ कार्य किया या नहीं? अपने उत्तर को तर्कसंगत बनाइए।
14. एक विद्युत्-हीटर (ऊष्मक) की घोषित शक्ति 1500 W है। 10 घंटे में यह कितनी ऊर्जा उपयोग करेगा?
15. जब हम किसी सरल लोलक के गोलक को एक ओर ले जाकर छोड़ते हैं तो यह दोलन करने लगता है। इसमें होने वाले ऊर्जा परिवर्तनों की चर्चा करते हुए ऊर्जा संरक्षण के नियम को स्पष्ट कीजिए। गोलक कुछ समय पश्चात् विराम अवस्था में क्यों आ जाता है? अंततः इसकी ऊर्जा का क्या होता है? क्या यह ऊर्जा संरक्षण नियम का उल्लंघन है?
16. m द्रव्यमान का एक पिंड एक नियत वेग v से गतिशील है। पिंड पर कितना कार्य करना चाहिए कि यह विराम अवस्था में आ जाए?
17. 1500 kg द्रव्यमान की कार को जो 60 km/h के वेग से चल रही है, रोकने के लिए किए गए कार्य का परिकलन कीजिए।
18. निम्न में से प्रत्येक स्थिति में m द्रव्यमान के एक पिंड पर एक बल F लग रहा है। विस्थापन की दिशा पश्चिम से पूर्व की ओर है जो एक लंबे तीर से प्रदर्शित की गई है। चित्रों को ध्यानपूर्वक देखिए और बताइए कि किया गया कार्य ऋणात्मक है, धनात्मक है या शून्य है।



19. सोनी कहती है कि किसी वस्तु पर त्वरण शून्य हो सकता है चाहे उस पर कई बल कार्य कर रहे हों। क्या आप उससे सहमत हैं? बताइए क्यों?
20. चार युक्तियाँ, जिनमें प्रत्येक की शक्ति 500 W है 10 घंटे तक उपयोग में लाई जाती हैं। इनके द्वारा व्यय की गई ऊर्जा जूल में परिकलित कीजिए।
21. मुक्त रूप से गिरता एक पिंड अंततः धरती तक पहुँचने पर रुक जाता है। इसकी गतिज ऊर्जा का क्या होता है?

अध्याय 11



0965CH12

ध्वनि (Sound)

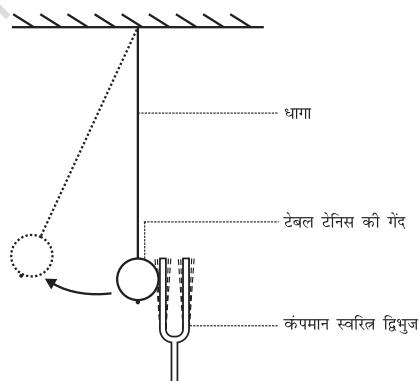
हम प्रतिदिन विभिन्न स्रोतों; जैसे मानवों, पक्षियों, घंटियों, मशीनों, वाहनों, टेलिविज़न, रेडियो आदि की ध्वनि सुनते हैं। ध्वनि ऊर्जा का एक रूप है जो हमारे कानों में श्रवण का संवेदन उत्पन्न करती है। ऊर्जा के अन्य रूप भी हैं; जैसे यांत्रिक ऊर्जा, प्रकाश ऊर्जा, आदि। पिछले अध्यायों में आप यांत्रिक ऊर्जा का अध्ययन कर चुके हैं। आपको ऊर्जा संरक्षण के बारे में ज्ञात है। इसके अनुसार आप ऊर्जा को न तो उत्पन्न कर सकते हैं और न ही उसका विनाश कर सकते हैं। आप इसे केवल एक से दूसरे रूप में रूपांतरित कर सकते हैं। जब आप ताली बजाते हैं तो ध्वनि उत्पन्न होती है। क्या आप अपनी ऊर्जा का उपयोग किए बिना ध्वनि उत्पन्न कर सकते हैं? ध्वनि उत्पन्न करने के लिए आपने ऊर्जा के किस रूप का उपयोग किया? इस अध्याय में हम सीखेंगे कि ध्वनि कैसे उत्पन्न होती है और किसी माध्यम में यह किस प्रकार संचरित होकर हमारे कानों द्वारा ग्रहण की जाती है।

11.1 ध्वनि का उत्पादन

क्रियाकलाप 11.1

- एक स्वरित द्विभुज लीजिए और इसकी किसी भुजा को एक रबड़ के पैड पर मार कर इसे कंपित कराइए।
- इसे अपने कान के समीप लाइए।
- क्या आप कोई ध्वनि सुन पाते हैं? कंपमान स्वरित द्विभुज की एक भुजा को अपनी अंगुली से स्पर्श कीजिए और अपने अनुभव को अपने मित्रों के साथ बाँटिए।

- अब एक टेबल टेनिस या एक छोटी प्लास्टिक की गेंद को एक धागे की सहायता से किसी आधार से लटकाइए (एक लंबी सूई और धागा लीजिए। धागे के एक सिरे पर एक गाँठ लगाइए और सूई की सहायता से धागे को गेंद में पिरोइए)। पहले कंपन न करते हुए स्वरित द्विभुज की एक भुजा से गेंद को स्पर्श कीजिए। फिर कंपन करते हुए स्वरित द्विभुज की एक भुजा से गेंद को स्पर्श कीजिए (चित्र 11.1)। देखिए क्या होता है? अपने मित्रों के साथ विचार-विमर्श कीजिए और दोनों अवस्थाओं में अंतर की व्याख्या करने का प्रयत्न कीजिए।

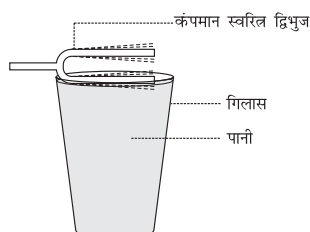


चित्र 11.1: कंपमान स्वरित द्विभुज लटकी हुई टेबल टेनिस की गेंद को स्पर्श करते हुए

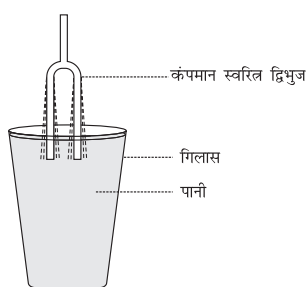
क्रियाकलाप 11.2

- एक बीकर या गिलास को ऊपर तक पानी से भरिए। कंपमान स्वरित द्विभुज की एक भुजा को चित्र 11.2 में दर्शाए अनुसार पानी की सतह से स्पर्श कराइए।

- अब चित्र 11.3 में दर्शाए अनुसार कंपमान स्वरित द्विभुज की दोनों भुजाओं को पानी में डुबोइए।
- देखिए कि दोनों अवस्थाओं में क्या होता है?
- अपने साथियों के साथ विचार-विमर्श कीजिए कि ऐसा क्यों होता है?



चित्र 11.2: कंपमान स्वरित द्विभुज की एक भुजा पानी की सतह को स्पर्श करते हुए



चित्र 11.3: कंपमान स्वरित द्विभुज की दोनों भुजाएँ पानी में डूबी हुई

उपरोक्त क्रियाकलापों से आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? क्या आप किसी कंपमान वस्तु के बिना ध्वनि उत्पन्न कर सकते हैं?

अब तक वर्णित क्रियाकलापों में हमने स्वरित द्विभुज से आघात द्वारा ध्वनि उत्पन्न की। हम विभिन्न वस्तुओं में घर्षण द्वारा, खुरच कर, रगड़ कर, वायु फूँक कर या उनको हिलाकर ध्वनि उत्पन्न कर सकते हैं। इन क्रियाकलापों में हम क्या करते हैं? हम वस्तु को कंपमान करते हैं और ध्वनि उत्पन्न करते हैं। कंपन का अर्थ होता है किसी वस्तु का तेजी से बार-बार इधर-उधर गति करना। मनुष्यों में वाकध्वनि

उनके वाक-तंतुओं के कंपित होने के कारण उत्पन्न होती है। जब कोई पक्षी अपने पंख को फड़फड़ाता है तो क्या आप कोई ध्वनि सुनते हैं? क्या आप जानते हैं कि मक्खी भिनभिने की ध्वनि कैसे उत्पन्न करती है? एक खींचे हुए रबड़ के छल्ले को बीच में से खींच कर छोड़ने पर यह कंपन करता है और ध्वनि उत्पन्न करता है। यदि आपने कभी ऐसा नहीं किया है तो इसे कीजिए और तनी हुई रबड़ के छल्ले के कंपनों को देखिए।

क्रियाकलाप 11.3

- विभिन्न वाद्य यंत्रों की सूची बनाइए और अपने मित्रों के साथ विचार-विमर्श कीजिए कि ध्वनि उत्पन्न करने के लिए इन वाद्य यंत्रों का कौन-सा भाग कंपन करता है।

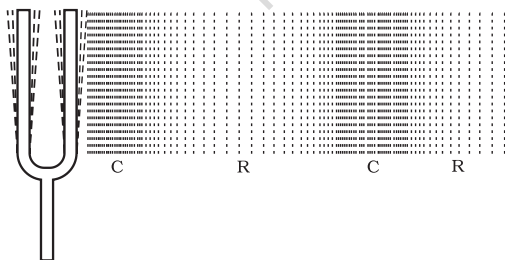
11.2 ध्वनि का संचरण

हम जानते हैं कि ध्वनि कंपन करती हुई वस्तुओं द्वारा उत्पन्न होती है। द्रव्य या पदार्थ जिससे होकर ध्वनि संचरित होती है, माध्यम कहलाता है। यह ठोस, द्रव या गैस हो सकता है। स्रोत से उत्पन्न होकर ध्वनि सुनने वाले तक किसी माध्यम से होकर पहुँचती है। जब कोई वस्तु कंपन करती है तो यह अपने चारों ओर विद्यमान माध्यम के कणों को कंपमान कर देती है। ये कण कंपमान वस्तु से हमारे कानों तक स्वयं गति कर नहीं पहुँचते। सबसे पहले कंपमान वस्तु के संपर्क में रहने वाले माध्यम के कण अपनी संतुलित अवस्था से विस्थापित होते हैं। ये अपने समीप के कणों पर एक बल लगाते हैं। जिसके फलस्वरूप निकटवर्ती कण अपनी विरामावस्था से विस्थापित हो जाते हैं। निकटवर्ती कणों को विस्थापित करने के पश्चात् प्रारंभिक कण अपनी मूल अवस्थाओं में वापस लौट आते हैं। माध्यम में यह प्रक्रिया तब तक चलती रहती है जब तक कि ध्वनि आपके कानों तक नहीं पहुँच जाती है। माध्यम में ध्वनि द्वारा उत्पन्न

विक्षोभ (माध्यम के कण नहीं) माध्यम से होता हुआ संचरित होता है।

तरंग एक विक्षोभ है जो किसी माध्यम से होकर गति करता है और माध्यम के कण निकटवर्ती कणों में गति उत्पन्न कर देते हैं। ये कण इसी प्रकार की गति अन्य कणों में उत्पन्न करते हैं। माध्यम के कण स्वयं आगे नहीं बढ़ते, लेकिन विक्षोभ आगे बढ़ जाता है। किसी माध्यम में ध्वनि के संचरण के समय ठीक ऐसा ही होता है। इसलिए ध्वनि को तरंग के रूप में जाना जा सकता है। ध्वनि तरंगें माध्यम के कणों की गति द्वारा अभिलक्षित की जाती हैं और यांत्रिक तरंगें कहलाती हैं।

ध्वनि के संचरण के लिए वायु सबसे अधिक सामान्य माध्यम है। जब कोई कंपमान वस्तु आगे की ओर कंपन करती है तो अपने सामने की वायु को धक्का देकर संपीडित करती है और इस प्रकार एक उच्च दाब का क्षेत्र उत्पन्न होता है। इस क्षेत्र को संपीडन (C) कहते हैं (चित्र 11.4)। यह संपीडन कंपमान वस्तु से दूर आगे की ओर गति करता है। जब कंपमान वस्तु पीछे की ओर कंपन करती है तो एक निम्न दाब का क्षेत्र उत्पन्न होता है जिसे विरलन (R) कहते हैं (चित्र 11.4)। जब वस्तु कंपन करती है अर्थात् आगे और पीछे तेज़ी से गति करती है तो वायु में संपीडन और विरलन की एक श्रेणी बन जाती है। यही संपीडन और विरलन ध्वनि तरंग बनाते हैं जो माध्यम से होकर संचरित होती है। संपीडन उच्च दाब



चित्र 11.4: कंपमान वस्तु किसी माध्यम में संपीडन (C) तथा विरलन (R) की श्रेणी उत्पन्न करते हुए

ध्वनि

का क्षेत्र है और विरलन निम्न दाब का क्षेत्र है। दाब किसी माध्यम के दिए हुए आयतन में कणों की संख्या से संबंधित है। किसी माध्यम में कणों का अधिक घनत्व अधिक दाब को और कम घनत्व कम दाब को दर्शाता है। इस प्रकार ध्वनि का संचरण घनत्व परिवर्तन के संचरण के रूप में भी देखा जा सकता है।

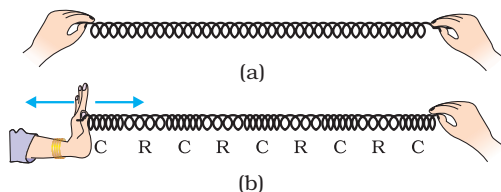
प्रश्न

1. किसी माध्यम में ध्वनि द्वारा उत्पन्न विक्षोभ आपके कानों तक कैसे पहुँचता है?

11.2.1 ध्वनि तरंगें अनुदैर्घ्य तरंगें हैं

क्रियाकलाप 11.4

- एक स्लिंगी लीजिए। अब स्लिंगी को चित्र 11.5 (a) में दर्शाए अनुसार खींचिए। अपने मित्र की ओर स्लिंगी को एक तीव्र झटका दें।
- आप क्या देखते हैं? यदि आप अपने हाथ से स्लिंगी को लगातार आगे-पीछे बारी-बारी से धक्का देते और खींचते रहें, तो आप क्या देखेंगे?



चित्र 11.5: स्लिंगी में अनुदैर्घ्य तरंग

- यदि आप स्लिंगी पर एक चिह्न लगा दें, तो आप देखेंगे कि स्लिंगी पर लगा चिह्न विक्षोभ के संचरण की दिशा के समांतर आगे-पीछे गति करता है।

उन क्षेत्रों को जहाँ स्लिंगी की कुंडलियाँ पास-पास आ जाती हैं संपीडन (C) और उन क्षेत्रों को जहाँ कुंडलियाँ दूर-दूर हो जाती हैं विरलन (R) कहते हैं। आप जानते हैं कि किसी माध्यम में ध्वनि संपीडनों तथा

विरलनों के रूप में संचरित होती है। अब आप किसी स्लिंकी में विक्षोभ के संचरण तथा किसी माध्यम में विक्षोभ की तुलना कर सकते हैं। ये तरंगें अनुदैर्घ्य तरंगें कहलाती हैं। इन तरंगों में माध्यम के कणों का विस्थापन विक्षोभ के संचरण की दिशा के समांतर होता है। कण एक स्थान से दूसरे स्थान तक गति नहीं करते लेकिन अपनी विराम अवस्था से आगे-पीछे दोलन करते हैं। ठीक इसी प्रकार ध्वनि तरंगें संचरित होती हैं, अतएव ध्वनि तरंगें अनुदैर्घ्य तरंगें हैं।

यदि आप स्लिंकी के अपने हाथ में पकड़े सिरे को आगे-पीछे धक्का न देकर दाएँ-बाएँ हिलाएँ तब भी आपको स्लिंकी में तरंग उत्पन्न होती दिखाई देगी। इस तरंग में कण तरंग संचरण की दिशा में कंपन नहीं करते लेकिन तरंग के चलने की दिशा के लंबवत् अपनी विराम अवस्था के ऊपर-नीचे कंपन करते हैं। इस प्रकार की तरंग को अनुप्रस्थ तरंग कहते हैं। इस प्रकार अनुप्रस्थ तरंग वह तरंग है जिसमें माध्यम के कण अपनी माध्य स्थितियों पर तरंग के संचरण की दिशा के लंबवत् गति करते हैं। किसी तालाब में पत्थर का टुकड़ा फेंकने पर जल की सतह पर दिखाई देने वाली तरंगें अनुप्रस्थ तरंग का एक उदाहरण हैं। प्रकाश भी अनुप्रस्थ तरंग है। किंतु प्रकाश में दोलन माध्यम के कणों या उनके दाब या घनत्व के नहीं होते। प्रकाश तरंगें यांत्रिक तरंगें नहीं हैं। आप अनुप्रस्थ तरंगों के बारे में अधिक जानकारी उच्च कक्षाओं में प्राप्त करेंगे।

11.2.2 ध्वनि तरंग के अभिलक्षण

किसी ध्वनि तरंग के निम्नलिखित अभिलक्षण होते हैं :

- आवृत्ति
- आयाम
- वेग

ध्वनि तरंग को ग्राफीय रूप में चित्र 11.6(c) में दिखाया गया है, जो प्रदर्शित करता है कि जब ध्वनि तरंग किसी माध्यम में गति करती है तो घनत्व तथा दाब में कैसे परिवर्तन होता है। किसी निश्चित समय पर माध्यम का घनत्व तथा दाब दोनों ही उनके औसत

मान से ऊपर और नीचे दूरी के साथ परिवर्तित होते हैं। चित्र 11.6(a) तथा 11.6(b) प्रदर्शित करते हैं कि जब ध्वनि तरंग माध्यम में संचरित होती है तो घनत्व तथा दाब में क्या उतार-चढ़ाव होते हैं।

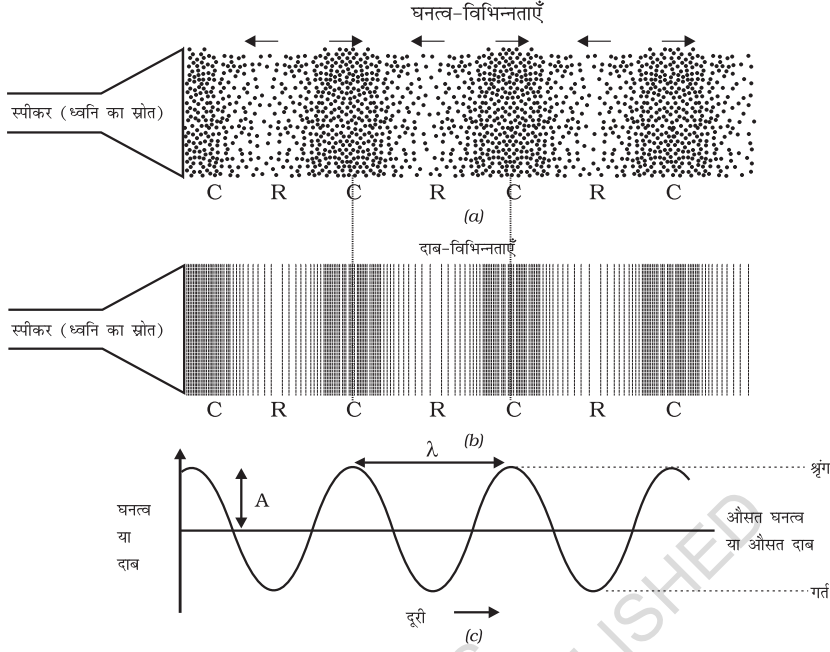
संपीडन वह क्षेत्र है जहाँ कण पास-पास आ जाते हैं, इन्हें वक्र के ऊपरी भाग में दिखाया गया है [चित्र 11.6 (c)]। शिखर अधिकतम संपीडन के क्षेत्र को प्रदर्शित करता है। इस प्रकार संपीडन वह क्षेत्र है जहाँ घनत्व तथा दाब दोनों ही अधिक होते हैं। विरलन निम्न दाब के क्षेत्र हैं जहाँ कण दूर-दूर हो जाते हैं और उन्हें घाटी से प्रदर्शित करते हैं। इन्हें वक्र के निम्न भाग से दिखाया गया है [चित्र 11.6(c)]। शिखर को तरंग का श्रृंग तथा घाटी को गर्त कहा जाता है।

दो क्रमागत संपीडनों (C) अथवा दो क्रमागत विरलनों (R) के बीच की दूरी तरंगदैर्घ्य कहलाती है। तरंगदैर्घ्य को साधारणतः λ (ग्रीक अक्षर लैम्डा) से निरूपित किया जाता है। इसका SI मात्रक मीटर (m) है।



हेनरिच रुडोल्फ हर्ट्ज़ का जन्म 22 फरवरी 1857 को हैमबर्ग, जर्मनी में हुआ और उनकी शिक्षा बर्लिन विश्वविद्यालय में हुई। उन्होंने जे.सी. मैक्सवेल के विद्युतचुंबकीय सिद्धांत की प्रयोगों द्वारा पुष्टि की। उन्होंने रेडियो, टेलिफोन, टेलिग्राफ तथा टेलिविज़न के भी भविष्य में विकास की नींव रखी। उन्होंने प्रकाश-विद्युत प्रभाव की भी खोज की जिसकी बाद में अल्बर्ट आइन्स्टाइन ने व्याख्या की। आवृत्ति के SI मात्रक का नाम उनके सम्मान में रखा गया।

आवृत्ति से हमें ज्ञात होता है कि कोई घटना कितनी जल्दी-जल्दी घटित होती है। मान लीजिए आप किसी ढोल को पीट-पीट कर बजा रहे हैं। आप ढोल को एक सेकंड में जितनी बार पीटते हैं वह आपके द्वारा ढोल को पीटने की आवृत्ति है। हम जानते हैं कि जब ध्वनि किसी माध्यम में संचरित होती है तो माध्यम का घनत्व किसी अधि



चित्र 11.6: चित्र 11.6 (a) तथा 11.6 (b) में दिखाया गया है कि ध्वनि घनत्व या दाब के उतार-चढ़ाव के रूप में संचरित होती है। चित्र 11.6 (c) में घनत्व तथा दाब के उतार-चढ़ाव को ग्राफीय रूप में प्रदर्शित किया गया है।

कतम तथा न्यूनतम मान के बीच बदलता है। घनत्व के अधिकतम मान से न्यूनतम मान तक परिवर्तन में और पुनः अधिकतम मान तक आने पर एक दोलन पूरा होता है। एकांक समय में इन दोलनों की कुल संख्या ध्वनि तरंग की आवृत्ति कहलाती है। यदि हम प्रति एकांक समय में अपने पास से गुजरने वाले संपीडनों तथा विरलनों की संख्या की गणना करें तो हमको ध्वनि तरंग की आवृत्ति ज्ञात हो जाएगी। इसे सामान्यतया ν (ग्रीक अक्षर, न्यू) से प्रदर्शित किया जाता है। इसका SI मात्रक हर्ट्ज (hertz, प्रतीक Hz) है।

दो क्रमागत संपीडनों या दो क्रमागत विरलनों को किसी निश्चित बिंदु से गुजरने में लगे समय को तरंग का आवर्त काल कहते हैं। आप कह सकते हैं कि एक संपूर्ण दोलन में लिया गया समय ध्वनि तरंग का

आवर्त काल कहलाता है। इसे T अक्षर से निरूपित करते हैं। इसका SI मात्रक सेकंड (s) है। आवृत्ति तथा आवर्त काल के बीच संबंध को निम्न प्रकार व्यक्त किया जा सकता है :

$$\nu = \frac{1}{T}$$

इस प्रकार एक उच्च तारत्व की ध्वनि से हमें ज्ञात होता है कि किसी बिंदु से एकांक समय में संपीडन तथा विरलन की अधिक संख्या गुजरती है।

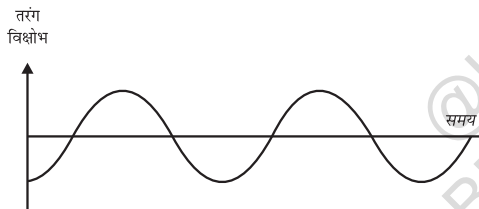
किसी आरकेस्ट्रा (वाद्यवृंद) में वायलिन तथा बाँसुरी एक ही समय बजाई जा सकती हैं। दोनों ध्वनियाँ एक ही माध्यम (वायु) में चलती हैं और हमारे कानों तक एक ही समय पर पहुँचती हैं। दोनों ही स्रोतों की ध्वनियाँ एक ही चाल से चलती हैं। लेकिन जो ध्वनियाँ हम ग्रहण करते हैं वे भिन्न-भिन्न

हैं। ऐसा ध्वनि से जुड़े विभिन्न अभिलक्षणों के कारण है। तारत्व इनमें से एक अभिलक्षण है।

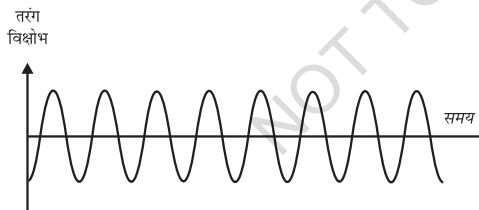
किसी उत्सर्जित ध्वनि की आवृत्ति को मस्तिष्क किस प्रकार अनुभव करता है, उसे तारत्व कहते हैं। किसी स्रोत का कंपन जितनी शीघ्रता से होता है, आवृत्ति उतनी ही अधिक होती है और उसका तारत्व भी अधिक होता है। इसी प्रकार जिस ध्वनि का तारत्व कम होता है उसकी आवृत्ति भी कम होती है जैसा कि चित्र 11.7 में दर्शाया गया है।

विभिन्न आकार तथा आकृति की वस्तुएँ विभिन्न आवृत्तियों के साथ कंपन करती हैं और विभिन्न तारत्व की ध्वनियाँ उत्पन्न करती हैं।

किसी माध्यम में मूल स्थिति के दोनों ओर अधिकतम विक्षोभ को तरंग का आयाम कहते हैं। इसे साधारणतः अक्षर A से निरूपित किया जाता है।



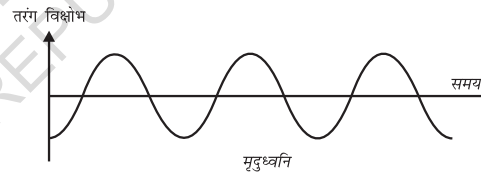
निम्न तारत्व की ध्वनि की तरंग



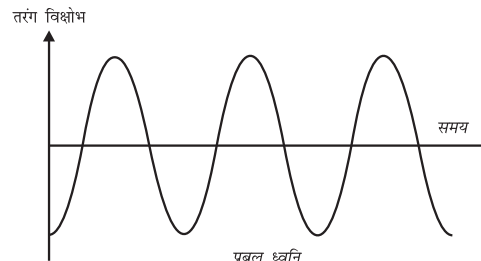
उच्च तारत्व की ध्वनि की तरंग

चित्र 11.7: निम्न तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति कम तथा उच्च तारत्व की ध्वनि की आवृत्ति अधिक होती है

जैसा कि चित्र 11.6(c) में दिखाया गया है। ध्वनि के लिए इसका मात्रक दाब या घनत्व का मात्रक होगा। ध्वनि की प्रबलता अथवा मृदुता मूलतः इसके आयाम से ज्ञात की जाती है। यदि हम किसी मेज़ पर धीरे से चोट मारें, तो हमें एक मृदु ध्वनि सुनाई देगी क्योंकि हम कम ऊर्जा की ध्वनि तरंग उत्पन्न करते हैं। यदि हम मेज़ पर जोर से चोट मारें तो हमें प्रबल ध्वनि सुनाई देगी। क्या आप इसका कारण बता सकते हैं? उत्पादक स्रोत से निकलने के पश्चात् ध्वनि तरंग फैल जाती है। स्रोत से दूर जाने पर इसका आयाम तथा प्रबलता दोनों ही कम होते जाते हैं। प्रबल ध्वनि अधिक दूरी तक चल सकती है क्योंकि यह अधिक ऊर्जा से संबद्ध है। चित्र 11.8 में समान आवृत्ति की प्रबल तथा मृदु ध्वनि की तरंग आकृतियाँ प्रदर्शित की गई हैं।



मृदु ध्वनि



प्रबल ध्वनि

चित्र 11.8: मृदु ध्वनि का आयाम कम होता है तथा प्रबल ध्वनि का आयाम अधिक होता है

ध्वनि की यह गुणता (timbre) वह अभिलक्षण है जो हमें समान तारत्व तथा प्रबलता की दो ध्वनियों में अंतर करने में सहायता करता है। एकल आवृत्ति की ध्वनि को टोन कहते हैं। अनेक आवृत्तियों के मिश्रण से उत्पन्न ध्वनि को स्वर (note) कहते हैं और यह सुनने में सुखद होती है। शोर (noise) कर्णप्रिय नहीं होता जबकि संगीत सुनने में सुखद होता है।

प्रश्न

1. तरंग का कौन-सा गुण निम्नलिखित को निर्धारित करता है? (a) प्रबलता, (b) तारत्व।
2. अनुमान लगाइए कि निम्न में से किस ध्वनि का तारत्व अधिक है? (a) गिटार (b) कार का हॉर्न।

तरंग के किसी बिंदु जैसे एक संपीडन या एक विरलन द्वारा एकांक समय में तय की गई दूरी तरंग वेग कहलाती है।

हम जानते हैं

$$\text{वेग} = \frac{\text{दूरी}}{\text{समय}}$$

$$= \frac{\lambda}{T} = \lambda \times \frac{1}{T}$$

यहाँ λ ध्वनि की तरंगदैर्घ्य है। यह तरंग द्वारा एक आवर्त काल (T) में चली गई दूरी है। अतः

$$v =$$

$$\text{अथवा } v = \lambda \nu$$

$$\text{वेग} = \text{तरंगदैर्घ्य} \times \text{आवृत्ति}$$

किसी माध्यम के लिए समान भौतिक परिस्थितियों में ध्वनि का वेग सभी आवृत्तियों के लिए लगभग स्थिर रहता है।

उदाहरण 11.1 किसी ध्वनि तरंग की आवृत्ति 2 kHz और उसकी तरंगदैर्घ्य 35 cm है। यह 1.5 km दूरी चलने में कितना समय लेगी?

हल:

दिया हुआ है,

$$\text{आवृत्ति, } \nu = 2 \text{ kHz} = 2000 \text{ Hz}$$

$$\text{तरंगदैर्घ्य, } \lambda = 35 \text{ cm} = 0.35 \text{ m}$$

हम जानते हैं, तरंग वेग $v = \text{तरंगदैर्घ्य} \times \text{आवृत्ति}$

$$= 0.35 \text{ m} \times 2000 \text{ Hz} = 700 \text{ m/s}$$

तरंग को 1.5 km दूरी तय करने में लगने वाला

$$\text{समय} = \frac{\text{दूरी}}{\text{वेग}} = \frac{1.5 \times 1000 \text{ m}}{700 \text{ ms}^{-1}} = 2.1 \text{ s}$$

ध्वनि 1.5 km तय करने में 2.1 s समय लेगी।

प्रश्न

1. किसी ध्वनि तरंग की तरंगदैर्घ्य, आवृत्ति, आवर्त काल तथा आयाम से क्या अभिप्राय है
2. किसी ध्वनि तरंग की तरंगदैर्घ्य तथा आवृत्ति उसके वेग से किस प्रकार संबंधित है?
3. किसी दिए हुए माध्यम में एक ध्वनि तरंग की आवृत्ति 220 Hz तथा वेग 440 m/s है। इस तरंग की तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिए।
4. किसी ध्वनि स्रोत से 450 m दूरी पर बैठा हुआ कोई मनुष्य 500 Hz की ध्वनि सुनता है। स्रोत से मनुष्य के पास तक पहुँचने वाले दो क्रमागत संपीडनों में कितना समय अंतराल होगा?

किसी एकांक क्षेत्रफल से एक सेकंड में गुजरने वाली ध्वनि ऊर्जा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं। यद्यपि हम कभी-कभी 'प्रबलता' तथा 'तीव्रता' शब्दों का पर्याय के रूप में उपयोग करते हैं लेकिन इनका अर्थ एक ही नहीं है। प्रबलता ध्वनि के लिए कानों की

संवेदनशीलता की माप है। यद्यपि दो ध्वनियाँ समान तीव्रता की हो सकती हैं फिर भी हम एक को दूसरे की अपेक्षा अधिक प्रबल ध्वनि के रूप में सुन सकते हैं क्योंकि हमारे कान इसके लिए अधिक संवेदनशील हैं।

प्रश्न

1. ध्वनि की प्रबलता तथा तीव्रता में अंतर बताइए।

11.2.3 विभिन्न माध्यमों में ध्वनि की चाल

किसी माध्यम में ध्वनि एक निश्चित चाल से संचरित होती है। किसी पटाखे या तड़ित के गर्जन की ध्वनि प्रकाश की चमक दिखाई देने के कुछ देर बाद सुनाई देती है। इसलिए हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि ध्वनि की चाल प्रकाश की चाल से बहुत कम है। ध्वनि की चाल उस माध्यम के गुणों पर निर्भर करती है जिसमें ये संचरित होती है। आप इस संबंध को अपनी उच्च कक्षाओं में सीखेंगे। किसी माध्यम में ध्वनि की चाल माध्यम के ताप पर निर्भर करती है। जब हम ठोस से गैसीय अवस्था की ओर जाते हैं तो ध्वनि की चाल कम होती जाती है। किसी भी माध्यम में ताप बढ़ाने पर ध्वनि की चाल भी बढ़ती है। उदाहरण के लिए वायु में ध्वनि की चाल 0°C पर 331 m s^{-1} तथा 22°C पर 344 m s^{-1} है। सारणी 11.1 में विभिन्न माध्यमों में एक विशेष ताप पर ध्वनि की चाल को दर्शाया गया है। (इसे आपको याद रखने की आवश्यकता नहीं है।)

सारणी 11.1 : विभिन्न माध्यमों में 25°C पर ध्वनि की चाल

अवस्था	पदार्थ	चाल m/s में
ठोस	ऐलुमिनियम	6420
	निकैल	6040
	स्टील	5960
	लोहा	5950
	पीतल	4700
	काँच (फ्लिंट)	3980
द्रव	जल (समुद्री)	1531
	जल (आसुत)	1498
	इथेनॉल	1207
	मीथेनॉल	1103
गैस	हाइड्रोजन	1284
	हीलियम	965
	वायु	346
	ऑक्सीजन	316
	सल्फर डाइऑक्साइड	213

प्रश्न

1. वायु, जल या लोहे में से किस माध्यम में ध्वनि सबसे तेज़ चलती है?

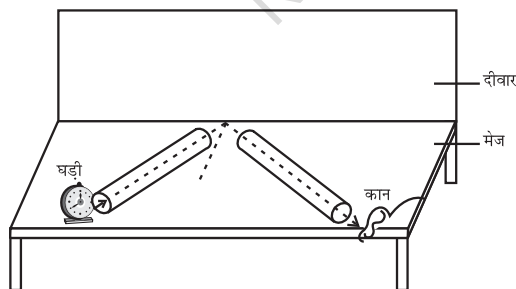
11.3 ध्वनि का परावर्तन

किसी ठोस या द्रव से टकराकर ध्वनि उसी प्रकार वापस लौटती है जैसे कोई रबड़ की गेंद किसी दीवार से टकराकर वापस आती है। प्रकाश की भाँति ध्वनि भी किसी ठोस या द्रव की सतह से परावर्तित होती है तथा परावर्तन के उन्हीं नियमों का पालन करती है जिनका अध्ययन आप अपनी पिछली कक्षाओं में कर चुके हैं। परावर्तक सतह पर खींचे गए अभिलंब तथा

ध्वनि के आपतन होने की दिशा तथा परावर्तन होने की दिशा के बीच बने कोण आपस में बराबर होते हैं और ये तीनों दिशाएँ एक ही तल में होती हैं। ध्वनि तरंगों के परावर्तन के लिए बड़े आकार के अवरोधक की आवश्यकता होती है जो चाहे पालिश किए हुए हों या खुरदरे।

क्रियाकलाप 11.5

- चित्र 11.9 की भाँति दो एक जैसे पाइप लीजिए। आप चार्ट पेपर की सहायता से ऐसे पाइप बना सकते हैं।
- पाइपों की लंबाई पर्याप्त होनी चाहिए (चार्ट पेपर की लंबाई के बराबर)।
- इन्हें दीवार के समीप किसी मेज पर व्यवस्थित कीजिए। एक पाइप के खुले सिरे के पास एक घड़ी रखिए तथा दूसरे पाइप की ओर से घड़ी की ध्वनि सुनने की कोशिश कीजिए।
- दोनों पाइपों की स्थिति को इस प्रकार समायोजित कीजिए जिससे कि आपको घड़ी की ध्वनि अच्छी प्रकार स्पष्ट रूप से सुनाई देने लगे।
- इन पाइपों तथा अभिलंब के बीच के कोणों को मापिए तथा इनके बीच के संबंध को देखिए।
- दाईं ओर के पाइप को ऊर्ध्वाधर दिशा में थोड़ी सी ऊँचाई तक उठाइए और देखिए क्या होता है?
(इस क्रियाकलाप में घड़ी के स्थान पर किसी कम्पन्न मोड पर रखे मोबाइल फोन का उपयोग किया जा सकता है।)



चित्र 11.9: ध्वनि का परावर्तन

11.3.1 प्रतिध्वनि

किसी उचित परावर्तक वस्तु जैसे किसी इमारत अथवा पहाड़ के निकट यदि आप जोर से चिल्लाएँ या ताली बजाएँ तो आपको कुछ समय पश्चात् वही ध्वनि फिर से सुनाई देती है। आपको सुनाई देने वाली इस ध्वनि को प्रतिध्वनि कहते हैं। हमारे मस्तिष्क में ध्वनि की संवेदना लगभग 0.1 s तक बनी रहती है। स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए मूल ध्वनि तथा परावर्तित ध्वनि के बीच कम से कम 0.1 s का समय अंतराल अवश्य होना चाहिए। यदि हम किसी दिए हुए ताप, जैसे 22 °C पर ध्वनि की चाल 344 m/s मान लें तो ध्वनि को अवरोधक तक जाने तथा परावर्तन के पश्चात् वापस श्रोता तक 0.1 s के पश्चात् पहुँचना चाहिए। अतः श्रोता से परावर्तक सतह तक जाने तथा वापस आने में ध्वनि द्वारा तय की गई कुल दूरी कम से कम $(344 \text{ m/s}) \times 0.1 \text{ s} = 34.4 \text{ m}$ होनी चाहिए। अतः स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए अवरोधक की ध्वनि स्रोत से न्यूनतम दूरी ध्वनि द्वारा तय की गई कुल दूरी की आधी अर्थात् 17.2 m अवश्य होनी चाहिए। यह दूरी वायु के ताप के साथ बदल जाती है क्योंकि ताप के साथ ध्वनि के वेग में भी परिवर्तन हो जाता है। ध्वनि के बारंबार परावर्तन के कारण हमें एक से अधिक प्रतिध्वनियाँ भी सुनाई दे सकती हैं। बादलों के गड़गड़ाहट की ध्वनि कई परावर्तक पृष्ठों जैसे बादलों तथा भूमि से बारंबार परावर्तन के फलस्वरूप उत्पन्न होती है।

11.3.2 अनुरणन

किसी बड़े हॉल में उत्पन्न होने वाली ध्वनि दीवारों से बारंबार परावर्तन के कारण काफी समय तक बनी रहती है जब तक कि यह इतनी कम न हो जाए कि यह सुनाई ही न पड़े। यह बारंबार परावर्तन जिसके कारण ध्वनि-निर्बंध होता है, अनुरणन कहलाता है। किसी सभा भवन या बड़े हॉल में अत्यधिक अनुरणन

अत्यंत अवांछनीय है। अनुरणन को कम करने के लिए सभा भवन की छतों तथा दीवारों पर ध्वनि अवशोषक पदार्थों जैसे संपीडित फाइबर बोर्ड, खुरदरे प्लास्टर अथवा पर्दे लगे होते हैं। सीटों के पदार्थों का चुनाव इनके ध्वनि अवशोषक गुणों के आधार पर भी किया जाता है।

उदाहरण 11.2 एक मनुष्य किसी खड़ी चट्टान के पास ताली बजाता है और उसकी प्रतिध्वनि 2 s के पश्चात् सुनाई देती है। यदि ध्वनि की चाल 346 m s^{-1} ली जाए, तो चट्टान तथा मनुष्य के बीच की दूरी कितनी होगी?

हल:

ध्वनि की चाल, $v = 346 \text{ m s}^{-1}$

प्रतिध्वनि सुनने में लिया गया समय $t = 2 \text{ s}$

ध्वनि द्वारा चली गई दूरी

$$= v \times t = 346 \text{ m s}^{-1} \times 2 \text{ s} = 692 \text{ m}$$

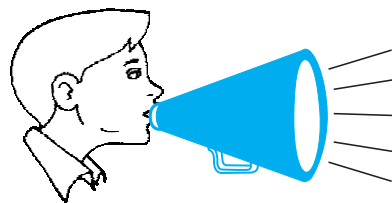
2 s में ध्वनि ने चट्टान तथा मनुष्य के बीच की दोगुनी दूरी तय की। अतएव चट्टान तथा मनुष्य के बीच की दूरी $= 692 \text{ m} / 2 = 342 \text{ m}$.

प्रश्न

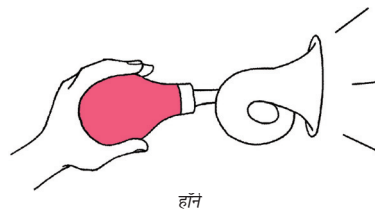
1. कोई प्रतिध्वनि 3 s पश्चात् सुनाई देती है। यदि ध्वनि की चाल 342 m s^{-1} हो तो स्रोत तथा परावर्तक सतह के बीच कितनी दूरी होगी?

11.3.3 ध्वनि के बहुल परावर्तन के उपयोग

1. मेगाफोन या लाउडस्पीकर, हॉर्न, तूर्य तथा शहनाई जैसे वाद्य यंत्र, सभी इस प्रकार बनाए जाते हैं कि ध्वनि सभी दिशाओं में फैले बिना केवल एक विशेष दिशा में ही जाती है, जैसा कि चित्र 11.10 में दर्शाया गया है।



मेगाफोन

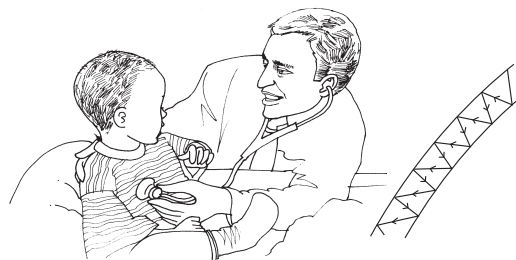


हॉर्न

चित्र 11.10: मेगाफोन हॉर्न

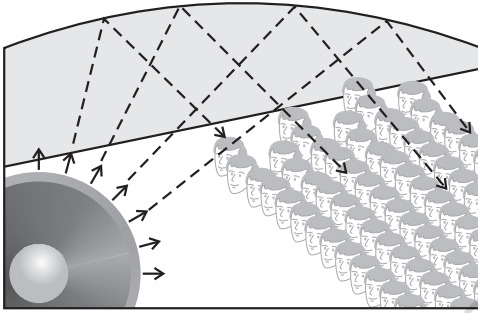
इन यंत्रों में एक नली का आगे का खुला भाग शंक्वाकार होता है। यह स्रोत से उत्पन्न होने वाली ध्वनि तरंगों को बार-बार परावर्तित करके श्रोताओं की ओर आगे की दिशा में भेज देता है।

2. स्टेथोस्कोप एक चिकित्सा यंत्र है जो शरीर के अंदर, मुख्यतः हृदय तथा फेफड़ों में, उत्पन्न होने वाली ध्वनि को सुनने में काम आता है। स्टेथोस्कोप में रोगी के हृदय की धड़कन की ध्वनि, बार-बार परावर्तन के कारण डॉक्टर के कानों तक पहुँचती है (चित्र 11.11)।

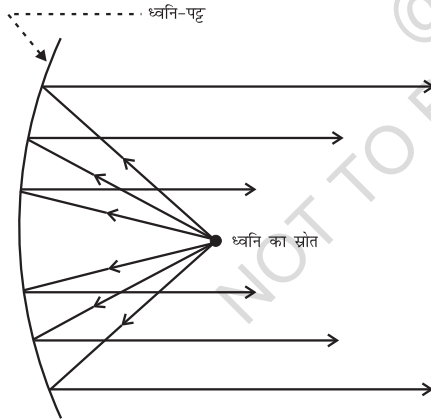


चित्र 11.11: स्टेथोस्कोप

3. कंसर्ट हॉल, सम्मेलन कक्षों तथा सिनेमा हॉल की छतें वक्राकार बनाई जाती हैं जिससे कि परावर्तन के पश्चात् ध्वनि हॉल के सभी भागों में पहुँच जाए, जैसा कि चित्र 11.12 में दर्शाया गया है। कभी-कभी वक्राकार ध्वनि-पट्टों को मंच के पीछे रख दिया जाता है जिससे कि ध्वनि, ध्वनि-पट्ट से परावर्तन के पश्चात् समान रूप से पूरे हॉल में फैल जाए (चित्र 11.13)।



चित्र 11.12: सम्मेलन कक्ष की वक्राकार छत



चित्र 11.13: बड़े हॉल में उपयोग किए जाने वाला ध्वनि-पट्ट

प्रश्न

1. कंसर्ट हॉल की छतें वक्राकार क्यों होती हैं?

ध्वनि

11.4 श्रव्यता का परिसर

हम सभी आवृत्ति की ध्वनियों को नहीं सुन सकते। मनुष्यों में ध्वनि की श्रव्यता का परिसर लगभग 20 Hz से 20,000 Hz (one Hz = one cycle/s) तक होता है। पाँच वर्ष से कम आयु के बच्चे तथा कुछ जंतु जैसे कुत्ते 25 kHz तक की ध्वनि सुन सकते हैं। ज्यों-ज्यों व्यक्तियों की आयु बढ़ती जाती है उनके कान उच्च-आवृत्तियों के लिए कम सुग्राही होते जाते हैं। 20 Hz से कम आवृत्ति की ध्वनियों को अवश्रव्य ध्वनि कहते हैं। यदि हम अवश्रव्य ध्वनि को सुन पाते तो हम किसी लोलक के कंपनों को उसी प्रकार सुन पाते जैसे कि हम किसी मक्खी पंखों के कंपनों को सुन पाते हैं। राइनोसिरस (गैंडा) 5 Hz तक की आवृत्ति की अवश्रव्य ध्वनि का उपयोग करके संपर्क स्थापित करता है। ह्वेल तथा हाथी अवश्रव्य ध्वनि परिसर की ध्वनियाँ उत्पन्न करते हैं। यह देखा गया है कि कुछ जंतु भूकंप से पहले परेशान हो जाते हैं। भूकंप मुख्य प्रघाती तरंगों से पहले निम्न आवृत्ति की अवश्रव्य ध्वनि उत्पन्न करते हैं, जो संभवतः जंतुओं को सावधान कर देती है। 20 kHz से अधिक आवृत्ति की ध्वनियों को पराश्रव्य ध्वनि या पराध्वनि कहते हैं। डॉल्फिन, चमगादड़ और पॉरपोइज जैसे जंतु पराध्वनि उत्पन्न करते हैं। कुछ प्रजाति के शलभों (moths) के श्रवण यंत्र अत्यंत सुग्राही होते हैं। ये शलभ चमगादड़ों द्वारा उत्पन्न उच्च आवृत्ति की चींचीं की ध्वनि को सुन सकते हैं। उन्हें अपने आस-पास उड़ते हुए चमगादड़ के बारे में जानकारी मिल जाती है और इस प्रकार स्वयं को पकड़े जाने से बचा पाते हैं। चूहे भी पराध्वनि उत्पन्न करके कुछ खेल खेलते हैं।

श्रवण सहायक युक्ति: जिन लोगों को कम सुनाई देता है, उन्हें इस यंत्र की आवश्यकता होती है। यह बैटरी से चलने वाली एक इलेक्ट्रॉनिक युक्ति है। इसमें एक छोटा-सा माइक्रोफोन, एक एम्प्लीफायर व स्पीकर होता है। जब ध्वनि माइक्रोफोन पर

पड़ती है तो वह ध्वनि तरंगों को विद्युत संकेतों में परिवर्तित कर देता है। एंप्लीफायर इन विद्युत संकेतों को प्रवर्धित कर देता है। ये संकेत स्पीकर द्वारा ध्वनि की तरंगों में परिवर्तित कर दिए जाते हैं। ये ध्वनि तरंगें कान के डायफ्राम पर आपतित होती हैं तथा व्यक्ति को ध्वनि साफ़ सुनाई देती है।

प्रश्न

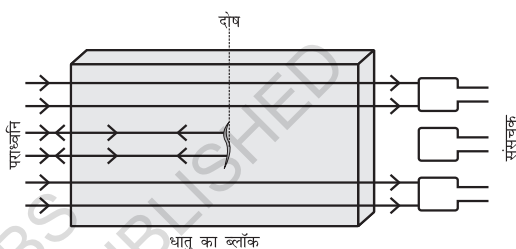
1. सामान्य मनुष्य के कानों के लिए श्रव्यता परास क्या है?
2. निम्न से संबंधित आवृत्तियों का परास क्या है?
(a) अवश्रव्य ध्वनि
(b) पराध्वनि

11.5 पराध्वनि के अनुप्रयोग

पराध्वनियाँ उच्च आवृत्ति की तरंगें हैं। पराध्वनियाँ अवरोधों की उपस्थिति में भी एक निश्चित पथ पर गमन कर सकती हैं। उद्योगों तथा चिकित्सा के क्षेत्र में पराध्वनियों का विस्तृत रूप से उपयोग किया जाता है।

- पराध्वनि प्रायः उन भागों को साफ़ करने में उपयोग की जाती है जिन तक पहुँचना कठिन होता है; जैसे सर्पिलाकार नली, विषम आकार के पुर्जे, इलेक्ट्रॉनिक अवयव आदि। जिन वस्तुओं को साफ़ करना होता है उन्हें साफ़ करने वाले मार्जन विलयन में रखते हैं और इस विलयन में पराध्वनि तरंगें भेजी जाती हैं। उच्च आवृत्ति के कारण, धूल, चिकनाई तथा गंदगी के कण अलग होकर नीचे गिर जाते हैं। इस प्रकार वस्तु पूर्णतया साफ़ हो जाती है।
- पराध्वनि का उपयोग धातु के ब्लॉकों (पिंडों) में दरारों तथा अन्य दोषों का पता लगाने के लिए किया जा सकता है। धात्विक घटकों को प्रायः बड़े-बड़े भवनों, पुलों, मशीनों तथा

वैज्ञानिक उपकरणों को बनाने के लिए उपयोग में लाया जाता है। धातु के ब्लॉकों में विद्यमान दरार या छिद्र जो बाहर से दिखाई नहीं देते, भवन या पुल की संरचना की मज़बूती को कम कर देते हैं। पराध्वनि तरंगें धातु के ब्लॉक से गुज़ारी (प्रेषित की) जाती हैं और प्रेषित तरंगों का पता लगाने के लिए संसूचकों का उपयोग किया जाता है। यदि थोड़ा-सा भी दोष होता है, तो पराध्वनि तरंगें परावर्तित हो जाती हैं जो दोष की उपस्थिति को दर्शाती है (चित्र 11.14)।



चित्र 11.14: पराध्वनि धातु के ब्लॉक में दोषयुक्त स्थान से परावर्तित हो जाती है

साधारण ध्वनि जिसकी तरंगदैर्घ्य अधिक होती है, दोषयुक्त स्थान के कोणों से मुड़कर संसूचक तक पहुँच जाती है, इसलिए इस ध्वनि का उपयोग इस कार्य के लिए नहीं किया जा सकता।

- पराध्वनि तरंगों को हृदय के विभिन्न भागों से परावर्तित करा कर हृदय का प्रतिबिंब बनाया जाता है। इस तकनीक को “इकोकार्डियोग्राफी” (ECG) कहा जाता है।
- पराध्वनि संसूचक एक ऐसा यंत्र है जो पराध्वनि तरंगों का उपयोग करके मानव शरीर के आंतरिक अंगों का प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए काम में लाया जाता है। इस संसूचक से रोगी के अंगों; जैसे यकृत, पित्ताशय, गर्भाशय, गुर्दे आदि का प्रतिबिंब प्राप्त किया जा सकता है। यह संसूचक को शरीर की असमान्यताएँ, जैसे पित्ताशय तथा गुर्दे में पथरी तथा विभिन्न

अंगों में अर्बुद (ट्यूमर) का पता लगाने में सहायता करता है। इस तकनीक में पराध्वनि तरंगों शरीर के ऊतकों में गमन करती हैं तथा उस स्थान से परावर्तित हो जाती हैं जहाँ ऊतक के घनत्व में परिवर्तन होता है। इसके पश्चात् इन तरंगों को विद्युत संकेतों में परिवर्तित किया जाता है जिससे कि उस अंग का प्रतिबिम्ब बना लिया जाए। इन प्रतिबिम्बों को मॉनीटर पर प्रदर्शित किया जाता है या फिल्म पर मुद्रित कर लिया जाता है।

इस तकनीक को अल्ट्रासोनोग्राफी कहते हैं। अल्ट्रासोनोग्राफी का उपयोग गर्भ काल में भ्रूण की जाँच तथा उसके जन्मजात दोषों तथा उसकी वृद्धि की अनियमितताओं का पता लगाने में किया जाता है।

- पराध्वनि का उपयोग गुर्दे की छोटी पथरी को बारीक कणों में तोड़ने के लिए भी किया जा सकता है। ये कण बाद में मूत्र के साथ बाहर निकल जाते हैं।



आपने क्या सीखा

- ध्वनि विभिन्न वस्तुओं के कंपन करने के कारण उत्पन्न होती है।
- ध्वनि किसी द्रव्यात्मक माध्यम में अनुदैर्घ्य तरंगों के रूप में संचरित होती है।
- ध्वनि माध्यम में क्रमागत संपीडनों तथा विरलनों के रूप में संचरित होती है।
- ध्वनि संचरण में, माध्यम के कण आगे नहीं बढ़ते, केवल विक्षोभ ही संचरित होता है।
- घनत्व के अधिकतम मान से न्यूनतम मान और पुनः अधिकतम मान के परिवर्तन से एक दोलन पूरा होता है।
- वह न्यूनतम दूरी जिस पर किसी माध्यम का घनत्व या दाब आवर्ती रूप में अपने मान की पुनरावृत्ति करता है, ध्वनि की तरंगदैर्घ्य (λ) कहलाती है।
- तरंग द्वारा माध्यम के घनत्व के एक संपूर्ण दोलन में लिए गए समय को आवर्त काल (T) कहते हैं।
- एकांक समय में होने वाले दोलनों की कुल संख्या को आवृत्ति (ν) कहते हैं।
- ध्वनि का वेग (v), आवृत्ति (ν) तथा तरंगदैर्घ्य (λ) में संबंध है, $v = \lambda \nu$
- ध्वनि की चाल मुख्यतः संचरित होने वाले माध्यम की प्रकृति तथा ताप पर निर्भर होती है।

$$\nu = \frac{1}{T}$$

- ध्वनि के परावर्तन के नियम के अनुसार, ध्वनि के आपतन होने की दिशा तथा परावर्तन होने की दिशा, परावर्तक सतह पर खींचे गए अभिलंब से समान कोण बनाते हैं और ये तीनों एक ही तल में होते हैं।
- स्पष्ट प्रतिध्वनि सुनने के लिए मूल ध्वनि तथा परावर्तित ध्वनि के बीच कम से कम 0.1 s का समय अंतराल अवश्य होना चाहिए।
- किसी सभागार में ध्वनि-निर्बंध बारंबार परावर्तनों के कारण होता है और इसे अनुरणन कहते हैं।
- ध्वनि के अभिलक्षण जैसे तारत्व, प्रबलता तथा गुणता; संगत तरंगों के गुणों द्वारा निर्धारित होते हैं।
- प्रबलता ध्वनि की तीव्रता के लिए कानों की शारीरिक अनुक्रिया है।
- किसी एकांक क्षेत्रफल से एक सेकंड में गुजरने वाली ध्वनि ऊर्जा को ध्वनि की तीव्रता कहते हैं।
- मानवों में ध्वनि की श्रव्यता की आवृत्तियों का औसत परास 20 Hz से 20 kHz तक है।
- श्रव्यता के परास से कम आवृत्तियों की ध्वनि को 'अवश्रव्य' ध्वनि तथा श्रव्यता के परास से अधिक आवृत्ति की ध्वनियों को 'पराध्वनि' कहते हैं।
- पराध्वनि के चिकित्सा तथा प्रौद्योगिक क्षेत्रों में अनेक उपयोग हैं।



अभ्यास

1. ध्वनि क्या है और यह कैसे उत्पन्न होती है?
2. एक चित्र की सहायता से वर्णन कीजिए कि ध्वनि के स्रोत के निकट वायु में संपीडन तथा विरलन कैसे उत्पन्न होते हैं।
3. ध्वनि तरंगों की प्रकृति अनुदैर्घ्य क्यों है?
4. ध्वनि का कौन-सा अभिलक्षण किसी अन्य अंधेरे कमरे में बैठे आपके मित्र की आवाज पहचानने में आपकी सहायता करता है?
5. तड़ित की चमक तथा गर्जन साथ-साथ उत्पन्न होते हैं। लेकिन चमक दिखाई देने के कुछ सेकंड पश्चात् गर्जन सुनाई देती है। ऐसा क्यों होता है?
6. किसी व्यक्ति का औसत श्रव्य परास 20 Hz से 20 kHz है। इन दो आवृत्तियों के लिए ध्वनि तरंगों की तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए। वायु में ध्वनि का वेग 344 m s^{-1} लीजिए।
7. दो बालक किसी ऐलुमिनियम पाइप के दो सिरों पर हैं। एक बालक पाइप के एक सिरे पर पत्थर से आघात करता है। दूसरे सिरे पर स्थित बालक तक वायु तथा ऐलुमिनियम से होकर जाने वाली ध्वनि तरंगों द्वारा लिए गए समय का अनुपात ज्ञात कीजिए।

8. किसी ध्वनि स्रोत की आवृत्ति 100 Hz है। एक मिनट में यह कितनी बार कंपन करेगा?
9. क्या ध्वनि परावर्तन के उन्हीं नियमों का पालन करती है जिनका कि प्रकाश की तरंगें करती हैं? इन नियमों को बताइए।
10. ध्वनि का एक स्रोत किसी परावर्तक सतह के सामने रखने पर उसके द्वारा प्रदत्त ध्वनि तरंग की प्रतिध्वनि सुनाई देती है। यदि स्रोत तथा परावर्तक सतह की दूरी स्थिर रहे तो किस दिन प्रतिध्वनि अधिक शीघ्र सुनाई देगी - (i) जिस दिन तापमान अधिक हो? (ii) जिस दिन तापमान कम हो?
11. ध्वनि तरंगों के परावर्तन के दो व्यावहारिक उपयोग लिखिए।
12. 500 मीटर ऊँची किसी मीनार की चोटी से एक पत्थर मीनार के आधार पर स्थित एक पानी के तालाब में गिराया जाता है। पानी में इसके गिरने की ध्वनि चोटी पर कब सुनाई देगी? ($g = 10 \text{ m s}^{-2}$ तथा ध्वनि की चाल $= 340 \text{ m s}^{-1}$)
13. एक ध्वनि तरंग 339 m s^{-1} की चाल से चलती है। यदि इसकी तरंगदैर्घ्य 1.5 cm हो, तो तरंग की आवृत्ति कितनी होगी? क्या ये श्रव्य होंगी?
14. अनुरणन क्या है? इसे कैसे कम किया जा सकता है?
15. ध्वनि की प्रबलता से क्या अभिप्राय है? यह किन कारकों पर निर्भर करती है?
16. वस्तुओं को साफ़ करने के लिए पराध्वनि का उपयोग कैसे करते हैं?
17. किसी धातु के ब्लॉक में दोषों का पता लगाने के लिए पराध्वनि का उपयोग कैसे किया जाता है वर्णन कीजिए।



0965CH15

अध्याय 12

खाद्य संसाधनों में सुधार

(Improvements in Food Resources)

हम सभी जानते हैं कि सभी जीवधारियों को भोजन की आवश्यकता होती है। भोजन से हमें प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, विटामिन तथा खनिज लवण प्राप्त होते हैं। इन सभी तत्वों की आवश्यकता हमारे विकास, वृद्धि तथा स्वास्थ्य के लिए होती है। पौधे तथा जंतु दोनों ही हमारे भोजन के मुख्य स्रोत हैं। अधिकांश भोज्य पदार्थ हमें कृषि तथा पशुपालन से प्राप्त होते हैं।

हम प्रायः समाचार पत्रों में पढ़ते हैं कि कृषि उत्पादन तथा पशु पालन को बढ़ाने के प्रयास हो रहे हैं। यह आवश्यक क्यों है? हम वर्तमान उत्पादन स्तर पर ही क्यों नहीं निर्वाह कर सकते?

भारत की जनसंख्या बहुत अधिक है। हमारे देश की जनसंख्या सौ करोड़ (एक बिलियन) से अधिक है तथा इसमें लगातार वृद्धि हो रही है। इस बढ़ती हुई जनसंख्या के लिए अधिक अन्न उत्पादन की आवश्यकता होगी। यह वृद्धि अधिक भूमि पर कृषि करने से संभव हो सकती है। परंतु भारत में पहले से ही अत्यधिक स्थान पर खेती होती है। अतः कृषि के लिए और अधिक भूमि की उपलब्धता संभव नहीं है। इसलिए फसल तथा पशुधन के उत्पादन की क्षमता को बढ़ाना आवश्यक है।

अभी तक फसल उत्पादन को बढ़ाने के हमारे प्रयास कुछ सीमा तक सफल रहे हैं। हमने हरित क्रांति द्वारा फसल उत्पादन में वृद्धि की है तथा श्वेत क्रांति द्वारा दूध का उत्पादन बढ़ाया है और उसका अच्छा प्रबंधन भी किया है।

इन क्रांतियों की प्रक्रिया में हमारी प्राकृतिक संपदाओं का बहुत अधिक उपयोग हुआ है। इसके परिणामस्वरूप हमारी प्राकृतिक संपदा को हानि होने के अवसर बढ़ गए हैं जिससे प्राकृतिक संतुलन बिगड़ने का खतरा बढ़ गया है। अतः यह महत्वपूर्ण है कि फसल उत्पादन बढ़ाने के हमारे प्रयास पर्यावरण तथा पर्यावरण को संतुलित बनाए रखने वाले कारकों को क्षति न पहुँचाएँ। इसलिए कृषि तथा पशु पालन के लिए संपूषणीय प्रणालियों को अपनाने की आवश्यकता है।

केवल फसल उत्पादन बढ़ाने तथा उन्हें गोदामों में संचित करने से ही कुपोषण तथा भूख की समस्या का समाधान नहीं हो सकता। लोगों को अनाज खरीदने के लिए धन की आवश्यकता भी होती है। खाद्य सुरक्षा उसके उत्पादन तथा उपलब्धता दोनों पर निर्भर है। हमारे देश की अधिकांश जनसंख्या अपने जीवनयापन के लिए कृषि पर ही निर्भर है। इसलिए कृषि क्षेत्र में लोगों की आय भी बढ़नी चाहिए जिससे कि भूख की समस्या का समाधान हो सके। कृषि से अधिक उत्पादन प्राप्त करने के लिए हमें वैज्ञानिक प्रबंधन प्रणालियों को अपनाना होगा। संपूषणीय जीवनयापन के लिए मिश्रित खेती, अंतरा फसलीकरण तथा संघटित कृषि प्रणालियाँ अपनानी चाहिए। उदाहरण के लिए पशुधन, कुक्कुट पालन, मत्स्य पालन, मधुमक्खी पालन के साथ कृषि इत्यादि।

अब प्रश्न यह है कि हम फसल तथा पशुधन के उत्पादन को कैसे बढ़ाएँ?

12.1 फसल उत्पादन में उन्नति

ऊर्जा की आवश्यकता के लिए अनाज; जैसे गेहूँ, चावल, मक्का, बाजरा तथा ज्वार से कार्बोहाइड्रेट प्राप्त होता है। दालें जैसे चना, मटर, उड़द, मूँग, अरहर, मसूर से प्रोटीन प्राप्त होती है और तेल वाले बीजों; जैसे सोयाबीन, मूँगफली, तिल, अरंड, सरसों, अलसी तथा सूरजमुखी से हमें आवश्यक वसा प्राप्त होती है (चित्र 12.1)। सब्जियाँ, मसाले तथा फलों से हमें विटामिन तथा खनिज लवण, कुछ मात्रा में प्रोटीन, वसा तथा कार्बोहाइड्रेट भी प्राप्त होते हैं। चारा फसलें; जैसे वर्सीम, जई अथवा सूडान घास का उत्पादन पशुधन के चारे के रूप में किया जाता है।



चित्र 12.1: विभिन्न प्रकार की फसलें

प्रश्न

1. अनाज, दाल, फल तथा सब्जियों से हमें क्या प्राप्त होता है?

विभिन्न फसलों के लिए विभिन्न जलवायु संबंधी परिस्थितियों, तापमान तथा दीप्तिकाल (photoperiods) की आवश्यकता होती है जिससे कि उनकी समुचित वृद्धि हो सके और वे अपना जीवन चक्र पूरा कर सकें। दीप्तिकाल सूर्य-प्रकाश के काल से संबंधित होता है। पौधों में पुष्पन तथा वृद्धि सूर्य-प्रकाश पर निर्भर करती है। जैसा कि हम सभी जानते हैं कि पौधे सूर्य के प्रकाश में प्रकाश संश्लेषण द्वारा अपना भोजन बनाते हैं। कुछ ऐसी फसलें जिन्हें हम वर्षा ऋतु में उगाते हैं, खरीफ फसल कहलाती हैं, जो जून से आरंभ होकर अक्टूबर मास तक होती हैं। कुछ फसलें शीत ऋतु में उगायी जाती हैं, जो नवंबर से अप्रैल मास तक होती हैं। इन फसलों को रबी फसल कहते हैं। धान, सोयाबीन, अरहर, मक्का, मूँग तथा उड़द खरीफ फसलें हैं। गेहूँ, चना, मटर, सरसों तथा अलसी रबी फसलें हैं।

भारत में सन् 1952 से सन् 2010 तक कृषि भूमि में 25% की वृद्धि हुई है जबकि अन्न की पैदावार में चार गुनी वृद्धि हुई है। पैदावार में यह उन्नति कैसे हुई? यदि हम कृषि में शामिल प्रणालियों के विषय में सोचें तो हम उनको तीन चरणों में बाँट सकते हैं। सबसे पहले है बीज का चुनना, दूसरा फसल की उचित देखभाल तथा तीसरा खेतों में उगी फसल की सुरक्षा तथा कटी हुई फसल को हानि से बचाना। इस प्रकार फसल उत्पादन में सुधार की प्रक्रिया में प्रयुक्त गतिविधियों को निम्न प्रमुख वर्गों में बाँटा गया है:

- फसल की किस्मों में सुधार
- फसल-उत्पादन प्रबंधन
- फसल सुरक्षा प्रबंधन

12.1.1 फसल की किस्मों में सुधार

फसलों का उत्पादन अच्छा हो, यह प्रयास फसलों की किस्मों के चयन पर निर्भर करता है। फसल की किस्मों या प्रभेदों के लिए विभिन्न उपयोगी गुणों (जैसे रोगप्रतिरोधक क्षमता, उर्वरक के प्रति अनुरूपता, उत्पादन की गुणवत्ता तथा उच्च उत्पादन) का चयन प्रजनन द्वारा कर सकते हैं। फसल की किस्मों में ऐच्छिक गुणों को संकरण द्वारा डाला जा सकता है। संकरण विधि में विभिन्न आनुवंशिक गुणों वाले पौधों में संकरण करवाते हैं। यह संकरण अंतराकिस्मीय (विभिन्न किस्मों में), अंतरास्पीशीज (एक ही जीनस की दो विभिन्न स्पीशीजों में) अथवा अंतरावंशीय (विभिन्न जेनरा में) हो सकता है। फसल सुधार की दूसरी विधि है ऐच्छिक गुणों वाले जीन का डालना। इसके परिणामस्वरूप आनुवंशिकीय रूपांतरित फसल प्राप्त होती है।

नए प्रभेदों को अपनाने से पहले यह आवश्यक है कि फसल की किस्म विभिन्न परिस्थितियों में, जो विभिन्न क्षेत्रों में भिन्न-भिन्न होती है, अच्छा उत्पादन दे सकें। किसानों को अच्छी गुणवत्ता वाले विशेष बीज उपलब्ध होने चाहिए अर्थात् बीज उसी किस्म के होने चाहिए जो अनुकूल परिस्थिति में अंकुरित हो सकें।

कृषि प्रणालियाँ तथा फसल उत्पादन मौसम, मिट्टी की गुणवत्ता तथा पानी की उपलब्धता पर निर्भर करते हैं। चूँकि मौसम परिस्थितियाँ, जैसे सूखा तथा बाढ़ का पूर्वानुमान कठिन होता है इसलिए ऐसी किस्में अधिक उपयोगी हैं जो विविध जलवायु परिस्थितियों में भी उग सकें। इसी प्रकार ऐसी किस्में बनाई गई हैं जो उच्च लवणीय मिट्टी में भी उग सकें। किस्मों में सुधार के लिए कुछ कारक हैं:

- उच्च उत्पादन: प्रति एकड़ फसल की उत्पादकता बढ़ाना।
- उन्नत किस्में: फसल उत्पाद की गुणवत्ता, प्रत्येक फसल में भिन्न होती है। दाल में प्रोटीन की गुणवत्ता, तिलहन में तेल की गुणवत्ता और फल तथा सब्जियों का संरक्षण महत्वपूर्ण है।

- जैविक तथा अजैविक प्रतिरोधकता: जैविक (रोग, कीट तथा निमेटोड) तथा अजैविक (सूखा, क्षारता, जलान्कुराति, गरमी, ठंड तथा पाला) परिस्थितियों के कारण फसल उत्पादन कम हो सकता है। इन परिस्थितियों को सहन कर सकने वाली किस्में फसल उत्पादन में सुधार कर सकती हैं।
- परिपक्वण काल में परिवर्तन: फसल को उगाने से लेकर कटाई तक कम से कम समय लगना आर्थिक दृष्टि से अच्छा है। इससे किसान प्रतिवर्ष अपने खेतों में कई फसलें उगा सकते हैं। कम समय होने के कारण फसल उत्पादन में धन भी कम खर्च होता है। समान परिपक्वण कटाई की प्रक्रिया को सरल बनाता है और कटाई के दौरान होने वाली फसल की हानि कम हो जाती है।
- व्यापक अनुकूलता: व्यापक अनुकूलता वाली किस्मों का विकास करना विभिन्न पर्यावरणीय परिस्थितियों में फसल उत्पादन को स्थायी करने में सहायक होगा। एक ही किस्म को विभिन्न क्षेत्रों में विभिन्न जलवायु में उगाया जा सकता है।
- ऐच्छिक सस्य विज्ञान गुण: चारे वाली फसलों के लिए लंबी तथा सघन शाखाएँ ऐच्छिक गुण हैं। अनाज के लिए बौने पौधे उपयुक्त हैं ताकि इन फसलों को उगाने के लिए कम पोषकों की आवश्यकता हो। इस प्रकार सस्य विज्ञान वाली किस्में अधिक उत्पादन प्राप्त करने में सहायक होती हैं।

प्रश्न

1. जैविक तथा अजैविक कारक किस प्रकार फसल उत्पादन को प्रभावित करते हैं ?
2. फसल सुधार के लिए ऐच्छिक सस्य विज्ञान गुण क्या हैं?

12.1.2 फसल उत्पादन प्रबंधन

अन्य कृषि प्रधान देशों के समान भारत में भी कृषि छोटे-छोटे खेतों से लेकर बहुत बड़े फार्मों तक में होती है। इसलिए विभिन्न किसानों के पास भूमि, धन, सूचना तथा तकनीकी की उपलब्धता कम अथवा अधिक होती है। संक्षिप्त में धन अथवा आर्थिक परिस्थितियाँ किसान को विभिन्न कृषि प्रणालियों तथा कृषि तकनीकों को अपनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। योगदान, उच्च निवेश तथा फसल उत्पादन में सह-संबंध है। इस प्रकार किसान की लागत क्षमता फसल तंत्र तथा उत्पादन प्रणालियों का निर्धारण करती है। इसलिए उत्पादन प्रणालियाँ भी विभिन्न स्तर की हो सकती हैं। 'बिना लागत' उत्पादन, 'अल्प लागत' उत्पादन तथा 'अधिक लागत' उत्पादन प्रणालियाँ इनमें सम्मिलित हैं।

12.1.2 (i) पोषक प्रबंधन

जैसे हमें विकास, वृद्धि तथा स्वस्थ रहने के लिए भोजन की आवश्यकता होती है, वैसे ही पौधों को भी वृद्धि के लिए पोषक पदार्थों की आवश्यकता होती है। पौधों को पोषक पदार्थ हवा, पानी तथा मिट्टी से प्राप्त होते हैं। पौधों के लिए अनेक पोषक पदार्थ आवश्यक हैं। हवा से कार्बन तथा ऑक्सीजन, पानी से हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन एवं शेष अन्य पोषक पदार्थ मिट्टी से प्राप्त होते हैं। इन पोषकों में से कुछ की अधिक मात्रा चाहिए इसलिए इन्हें वृहत्-पोषक कहते हैं। शेष पोषकों की आवश्यकता कम मात्रा में होती है इसलिए इन्हें सूक्ष्म-पोषक कहते हैं (सारणी 12.1)।

इन पोषकों की कमी के कारण पौधों की शारीरिक प्रक्रियाओं सहित जनन, वृद्धि तथा रोगों के प्रति प्रवृत्ति पर प्रभाव पड़ता है। अधिक उत्पादन प्राप्त करने के लिए मिट्टी में खाद तथा उर्वरक के रूप में इन पोषकों को मिलाना आवश्यक है।

सारणी 12.1 : हवा, पानी तथा मृदा से प्राप्त होने वाले पोषक

स्रोत	पोषक
हवा	कार्बन, ऑक्सीजन
पानी	हाइड्रोजन, ऑक्सीजन
मृदा	(i) वृहत् पोषक: नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, पोटेशियम, कैल्सियम, मैगनीशियम, सल्फर (ii) सूक्ष्म पोषक: आयरन, मैंगनीज, बोरॉन, जिंक, कॉपर, मॉलिब्डेनम, क्लोरीन

प्रश्न

1. वृहत् पोषक क्या हैं और इन्हें वृहत्-पोषक क्यों कहते हैं?
2. पौधे अपना पोषक कैसे प्राप्त करते हैं?

खाद

खाद में कार्बनिक पदार्थों की मात्रा अधिक होती है तथा यह मिट्टी को अल्प मात्रा में पोषक प्रदान करते हैं। खाद को जंतुओं के अपशिष्ट तथा पौधों के कचरे के अपघटन से तैयार किया जाता है। खाद मिट्टी को पोषकों तथा कार्बनिक पदार्थों से परिपूर्ण करती है और मिट्टी की उर्वरता को बढ़ाती है। खाद में कार्बनिक पदार्थों की अधिक मात्रा मिट्टी की संरचना में सुधार करती है। इसके कारण रेतीली मिट्टी में पानी को रखने की क्षमता बढ़ जाती है। चिकनी मिट्टी में कार्बनिक पदार्थों की अधिक मात्रा पानी को निकालने में सहायता करती है जिससे पानी एकत्रित नहीं होता।

खाद के बनाने में हम जैविक कचरे का उपयोग करते हैं। इससे उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग की आवश्यकता नहीं होगी तथा इस प्रकार से पर्यावरण

संरक्षण में सहयोग मिलेगा। खाद बनाने की प्रक्रिया में विभिन्न जैव पदार्थ के उपयोगों के आधार पर खाद को निम्न वर्गों में विभाजित किया जाता है:

- (i) कंपोस्ट तथा वर्मी-कंपोस्ट: कंपोस्टीकरण प्रक्रिया में कृषि अपशिष्ट पदार्थ; जैसे पशुधन का मलमूत्र (गोबर आदि), सब्जी के छिलके एवं कचरा, जानवरों द्वारा परित्यक्त चारे, घरेलू कचरे, सीवेज कचरे, फेंके हुए खर-पतवार आदि को गड्डों में विगलित करते हैं। कंपोस्ट में कार्बनिक पदार्थ तथा पोषक बहुत अधिक मात्रा में होते हैं। कंपोस्ट को केंचुओं द्वारा पौधों तथा जानवरों के अपशिष्ट पदार्थों के शीघ्र निरस्तीकरण की प्रक्रिया द्वारा बनाया जाता है। इसे वर्मी-कंपोस्ट कहते हैं।
- (ii) हरी खाद: फसल उगाने से पहले खेतों में कुछ पौधे; जैसे पटसन, मूँग अथवा ग्वार आदि उगा देते हैं और तत्पश्चात् उन पर हल चलाकर खेत की मिट्टी में मिला दिया जाता है। ये पौधे हरी खाद में परिवर्तित हो जाते हैं जो मिट्टी को नाइट्रोजन तथा फॉस्फोरस से परिपूर्ण करने में सहायक होते हैं।

उर्वरक

उर्वरक व्यावसायिक रूप में तैयार पादप पोषक हैं। उर्वरक नाइट्रोजन, फॉस्फोरस तथा पोटेशियम प्रदान करते हैं। इनके उपयोग से अच्छी कायिक वृद्धि (पत्तियाँ, शाखाएँ तथा फूल) होती है और स्वस्थ पौधों की प्राप्ति होती है। अधिक उत्पादन के लिए उर्वरक का भी उपयोग होता है परंतु ये आर्थिक दृष्टि से मँहगे पड़ते हैं।

उर्वरक का उपयोग बड़े ध्यान से करना चाहिए और उसके सदुपयोग के लिए इसकी खुराक की उचित मात्रा, उचित समय तथा उर्वरक देने से पहले तथा उसके बाद की सावधानियों को अपनाना चाहिए। उदाहरण के लिए कभी-कभी उर्वरक अधिक सिंचाई के कारण पानी में बह जाते हैं और पौधे उसका पूरा

अवशोषण नहीं कर पाते। उर्वरक की यह अधिक मात्रा जल प्रदूषण का कारण होती है।

जैसा कि हमने पिछले अध्याय में पढ़ा है, उर्वरक का सतत् प्रयोग मिट्टी की उर्वरता को घटाता है। क्योंकि कार्बनिक पदार्थ की पुनः पूर्ति नहीं हो पाती तथा इससे सूक्ष्मजीवों एवं भूमिगत जीवों का जीवन चक्र अवरुद्ध होता है। उर्वरकों के उपयोग द्वारा फसलों का अधिक उत्पादन कम समय में प्राप्त हो सकता है। परंतु यह मृदा की उर्वरता को कुछ समय पश्चात् हानि पहुँचाते हैं। जबकि खाद के उपयोग के लाभ दीर्घावधि हैं।

प्रश्न

1. मिट्टी की उर्वरता को बनाए रखने के लिए खाद तथा उर्वरक के उपयोग की तुलना कीजिए।

कार्बनिक खेती, खेती करने की वह पद्धति है जिसमें रासायनिक उर्वरक, पीड़कनाशी, शाकनाशी आदि का उपयोग बहुत कम या बिल्कुल नहीं होता। इस पद्धति में अधिकाधिक कार्बनिक खाद, कृषि-अपशिष्ट (पुआल तथा पशुधन) का पुनर्चक्रण, जैविक-कारक जैसे कि नील-हरित शैवाल का संवर्धन, जैविक उर्वरक बनाने में उपयोग किया जाता है। नीम की पत्तियों तथा हल्दी का विशेष रूप से जैव कीटनाशकों के रूप में खाद्य संग्रहण में प्रयोग किया जाता है। कुशल फसलीकरण पद्धति के लिए मिश्रित खेती, अंतर-फसलीकरण तथा फसल चक्र (जैसा कि नीचे अनुभाग 12.1.2(iii) में वर्णित है) आवश्यक हैं। ये फसल तंत्र कीट, पीड़क तथा खरपतवार को नियंत्रित करते हैं और पोषक तत्व भी प्रदान करते हैं।

12.1.2 (ii) सिंचाई

भारत में अधिकांश खेती वर्षा पर आधारित है अर्थात् अधिकांश क्षेत्रों में फसल की उपज, समय पर मानसून आने तथा वृद्धिकाल में उचित वर्षा होने पर निर्भर

करती है। इसलिए कम वर्षा होने पर फसल उत्पादन कम हो जाता है। फसल की वृद्धि काल में उचित समय पर सिंचाई करने से संभावित फसल उत्पादन में वृद्धि हो सकती है। इसलिए अधिकाधिक कृषि भूमि को सिंचित करने के लिए बहुत से उपाय किए जाते हैं।

पानी की कमी अथवा वर्षा की अनियमितता के कारण सूखा होता है। वर्षा पर आधारित कृषि को सूखे से बहुत हानि होती है विशेषतः उन क्षेत्रों में जहाँ पर किसान फसल उत्पादन में सिंचाई का उपयोग नहीं करते और केवल वर्षा पर ही निर्भर रहते हैं। हलकी मृदाओं में पानी को संचित रखने की क्षमता कम होती है। इसलिए जिन क्षेत्रों में हलकी मृदा होती है वहाँ पर सूखे के कारण फसलों की बहुत हानि होती है। वैज्ञानिकों ने कुछ फसलों की ऐसी किस्में तैयार कर ली हैं जो सूखे की स्थिति को सहन कर सकती हैं।

भारत में अनेक पानी के स्रोत हैं और विभिन्न प्रकार की जलवायु है। इन परिस्थितियों में, विभिन्न प्रकार के सिंचाई की विधियाँ पानी के स्रोत की उपलब्धता के आधार पर अपनायी जाती हैं। इन स्रोतों के कुछ उदाहरण कुएँ, नहरें, नदियाँ तथा तालाब हैं।

- कुएँ: कुएँ दो प्रकार के होते हैं खुदे हुए कुएँ तथा नलकूप। खुदे हुए कुएँ द्वारा भूमिगत जल स्तरों में स्थित पानी को एकत्रित किया जाता है। नलकूप में पानी गहरे जल स्तरों से निकाला जाता है। इन कुओं से सिंचाई के लिए पानी को पंप द्वारा निकाला जाता है।
- नहरें: यह सिंचाई का एक बहुत विस्तृत तथा व्यापक तंत्र है। इनमें पानी एक या अधिक जलाशयों अथवा नदियों से आता है। मुख्य नहर से शाखाएँ निकलती हैं जो विभाजित होकर खेतों में सिंचाई करती हैं।
- नदी जल उठाव प्रणाली: जिन क्षेत्रों में जलाशयों

से कम पानी मिलने के कारण नहरों का बहाव अनियमित अथवा अपर्याप्त होता है वहाँ जल उठाव प्रणाली अधिक उपयोगी रहती है। नदियों के किनारे स्थित खेतों में सिंचाई करने के लिए नदियों से सीधे ही पानी निकाला जाता है।

- तालाब: छोटे जलाशय जो छोटे क्षेत्रों में बहे हुए पानी का संग्रह करते हैं, तालाब का रूप ले लेते हैं।

कृषि में पानी की उपलब्धि बढ़ाने के लिए आधुनिक विधियाँ, जैसे वर्षा के पानी का संग्रहण तथा जल विभाजन का उचित प्रबंधन द्वारा उपयोग किया जाता है। इसके लिए छोटे बाँध बनाने होते हैं जिससे कि भूमि के नीचे जलस्तर बढ़ जाए। ये छोटे बाँध वर्षा के पानी को बहने से रोकते हैं तथा मृदा अपरदन को भी कम करते हैं।

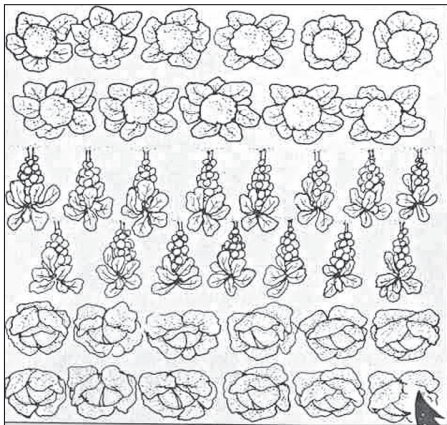
12.1.2 (iii) फसल पैटर्न

अधिक लाभ प्राप्त करने के लिए फसल उगाने की विभिन्न विधियों का उपयोग कर सकते हैं।

मिश्रित फसल में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक साथ ही एक खेत में उगाते हैं। जैसे कि- गेहूँ+चना अथवा गेहूँ+सरसों अथवा मूँगफली+सूर्यमुखी। इससे हानि होने की संभावना कम हो जाती है क्योंकि फसल के नष्ट हो जाने पर भी फसल उत्पादन की आशा बनी रहती है।

अंतराफसलीकरण में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक साथ एक ही खेत में निर्दिष्ट पैटर्न पर उगाते हैं (चित्र 12.2)। कुछ पंक्तियों में एक प्रकार की फसल तथा उनके एकांतर में स्थित दूसरी पंक्तियों में दूसरी प्रकार की फसल उगाते हैं। इसके उदाहरण हैं: सोयाबीन+मक्का अथवा बाजरा+लोबिया। फसल का चुनाव इस प्रकार करते हैं कि उनकी पोषक तत्वों की आवश्यकताएँ भिन्न-भिन्न हों जिससे पोषकों का अधिकतम उपयोग हो सके। इस विधि

द्वारा पीड़क व रोगों को एक प्रकार की फसल के सभी पौधों में फैलने से रोका जा सकता है। इस प्रकार दोनों फसलों से अच्छा उत्पादन प्राप्त किया जा सकता है।



चित्र 12.2: अंतराफसलीकरण

किसी खेत में क्रमवार पूर्व नियोजित कार्यक्रम के अनुसार विभिन्न फसलों के उगाने को फसल चक्र कहते हैं। परिपक्वण काल के आधार पर विभिन्न फसल सम्मिश्रण के लिए फसलचक्र अपनाया जाता है। एक कटाई के बाद कौन-सी फसल उगानी चाहिए यह नमी तथा सिंचाई की उपलब्धता पर निर्भर करता है। यदि फसल चक्र उचित ढंग से अपनाया जाए तो एक वर्ष में दो अथवा तीन फसलों से अच्छा उत्पादन किया जा सकता है।

12.1.3 फसल सुरक्षा प्रबंधन

खेतों में फसल खर-पतवार, कीट, पीड़क तथा रोगों से प्रभावित होती हैं। यदि समय रहते खर-पतवार तथा पीड़कों को नियंत्रित नहीं किया जाए तो वे फसलों को बहुत हानि पहुँचाते हैं।

खर-पतवार कृषि योग्य भूमि में अनावश्यक पौधे होते हैं उदाहरणतः गोखरू (जैँथियम), गाजर घास (पारथेनियम), व मोथा (साइरेनस रोटेंडस)। ये

खर-पतवार भोजन, स्थान तथा प्रकाश के लिए स्पर्धा करते हैं। खर-पतवार पोषक तत्व भी लेते हैं जिससे फसलों की वृद्धि कम हो जाती है। इसलिए अच्छी पैदावार के लिए प्रारंभिक अवस्था में ही खर-पतवार को खेतों में से निकाल देना चाहिए।

प्रायः कीट-पीड़क तीन प्रकार से पौधों पर आक्रमण करते हैं: (1) ये मूल, तने तथा पत्तियों को काट देते हैं, (2) ये पौधे के विभिन्न भागों से कोशिकीय रस चूस लेते हैं, तथा (3) ये तने तथा फलों में छिद्र कर देते हैं। इस प्रकार ये फसल को खराब कर देते हैं और फसल उत्पादन कम हो जाता है।

पौधों में रोग बैक्टीरिया, कवक तथा वाइरस जैसे रोग कारकों द्वारा होता है। ये मिट्टी, पानी तथा हवा में उपस्थित रहते हैं और इन माध्यमों द्वारा ही पौधों में फैलते हैं।

खर-पतवार, कीट तथा रोगों पर नियंत्रण कई विधियों द्वारा किया जा सकता है। इनमें से सर्वाधिक प्रचलित विधि पीड़कनाशी रसायन का उपयोग है। इसके अंतर्गत शाकनाशी, कीटनाशी तथा कवकनाशी आते हैं। इन रसायनों को फसल के पौधों पर छिड़कते हैं अथवा बीज और मिट्टी के उपचार के लिए उपयोग करते हैं। लेकिन इनके अधिकाधिक उपयोग से बहुत-सी समस्याएँ उत्पन्न हो जाती हैं, जैसे कि ये कई पौधों तथा जानवरों के लिए विषैले हो सकते हैं और पर्यावरण प्रदूषण के कारण बन जाते हैं।

यांत्रिक विधि द्वारा खर-पतवारों को हटाना भी एक विधि है। निरोधक विधियाँ; जैसे समय पर फसल उगाना, उचित क्यारियाँ तैयार करना, अंतराफसलीकरण तथा फसल चक्र खर-पतवार को नियंत्रित करने में सहायक होती हैं। पीड़कों पर नियंत्रण पाने के लिए प्रतिरोध क्षमता वाली किस्मों का उपयोग तथा ग्रीष्म काल में हल से जुताई कुछ निरोधक विधियाँ हैं। इस विधि में खर-पतवार तथा पीड़कों को नष्ट करने के लिए गर्मी के मौसम में गहराई तक हल चलाया जाता है।

प्रश्न

1. निम्नलिखित में से कौन-सी परिस्थिति में सबसे अधिक लाभ होगा? क्यों ?

- किसान उच्च कोटि के बीज का उपयोग करें, सिंचाई ना करें अथवा उर्वरक का उपयोग ना करें।
- किसान सामान्य बीजों का उपयोग करें, सिंचाई करें तथा उर्वरक का उपयोग करें।
- किसान अच्छी किस्म के बीज का प्रयोग करें, सिंचाई करें, उर्वरक का उपयोग करें तथा फसल सुरक्षा की विधियाँ अपनाएँ।

क्रियाकलाप 12.1

- किसी पास के बगीचे अथवा खेत में जाएँ और उसमें पाए जाने वाले खरपतवार, पुष्प या फसल की सूची बनाएँ। इन पुष्प या फसलों पर अगर कोई कीट पीड़क लगा हो तो उसकी सूची भी बनाएँ।

अनाज का भंडारण

कृषि उत्पाद के भंडारण में बहुत हानि हो सकती है। इस हानि के जैविक कारक कीट, कृंतक, कबक, चिंचड़ी तथा जीवाणु हैं तथा इस हानि के अजैविक कारक भंडारण के स्थान पर उपयुक्त नमी व ताप का अभाव हैं। ये कारक उत्पाद की गुणवत्ता को खराब कर देते हैं, वजन कम कर देते हैं तथा अंकुरण करने की क्षमता कम कर देते हैं। उत्पाद को बदरंग कर देते

हैं। ये सब लक्षण बाजार में उत्पाद की कीमत को कम कर देते हैं। इन कारकों पर नियंत्रण पाने के लिए उचित उपचार और भंडारण का प्रबंधन होना चाहिए।

निरोधक तथा नियंत्रण विधियों का उपयोग भंडारण करने से पहले किया जाता है। इन विधियों के भंडारण से पहले उत्पाद की नियंत्रित सफाई को अच्छी तरह सुखाना (पहले सूर्य के प्रकाश में और फिर छाया में) तथा धूमक (fumigation) का उपयोग, जिससे कि पीड़क मर जाए, सम्मिलित हैं।

प्रश्न

- फसल की सुरक्षा के लिए निरोधक विधियाँ तथा जैव नियंत्रण क्यों अच्छा समझा जाता है?
- भंडारण की प्रक्रिया में कौन-से कारक अनाज की हानि के लिए उत्तरदायी हैं?

क्रियाकलाप 12.2

- अनाज या दालों के दानों या बीजों को एकत्रित करें तथा इनकी बुवाई और फसल काटने के मौसम की जानकारी भी एकत्रित करें।

12.2 पशुपालन

पशुधन के प्रबंधन को पशुपालन कहते हैं। इसके अंतर्गत बहुत-से कार्य; जैसे भोजन देना, प्रजनन तथा रोगों पर नियंत्रण करना आता है। जनसंख्या वृद्धि तथा रहन-सहन के स्तर में वृद्धि के कारण अंडों, दूध तथा मांस की खपत भी बढ़ रही है। पशुधन के लिए

सारणी 12.2: पशु उत्पादों का पोषक मान (प्रतिशत में)

पशु उत्पाद	पोषक तत्वों की प्रतिशतता (%)					
	वसा	प्रोटीन	शक्कर	खनिज	जल	विटामिन
दूध (गाय)	3.60	4.00	4.50	0.70	87.20	B1, B2, B12, D, E
अंडा	12.00	13.00	*	1.00	74.00	B2, D
मांस	3.60	21.10	*	1.10	74.20	B2, B12
मछली	2.50	19.00	*	1.30	77.20	नियासीन D, A

*बहुत कम मात्रा में उपस्थित

मानवीय व्यवहार के प्रति जागरूकता होने के कारण पशुधन खेती में कुछ नई परेशानियाँ भी आ गई हैं। इसलिए पशुधन उत्पादन बढ़ाने व उसमें सुधार की आवश्यकता है।

12.2.1 पशु कृषि

पशुपालन के दो उद्देश्य हैं: दूध देने वाले तथा कृषि कार्य (हल चलाना, सिंचाई तथा बोझा ढोने) के लिए पशुओं को पालना। भारतीय पालतू पशुओं की दो मुख्य स्पीशीज़ हैं: गाय (वॉस इंडिकस), भैंस (वॉस बुवेलिस)। दूध देने वाली मादाओं को दुधारू पशु कहते हैं।

दूध उत्पादन, पशु के दुग्धस्रवण के काल पर कुछ सीमा तक निर्भर करता है। जिसका अर्थ है बच्चे के जन्म पश्चात् दूध उत्पादन का समय काल। इस प्रकार दूध उत्पादन दुग्धस्रवण काल को बढ़ाने से बढ़ सकता है। लंबे समय तक दुग्धस्रवण काल के लिए विदेशी नस्लों जैसे जर्सी, ब्राउन स्विस का चुनाव करते हैं। देशी नस्लों जैसे रेडसिंधी, साहीवाल (चित्र 12.3) में रोग प्रतिरोधक क्षमता बहुत अधिक होती है। यदि इन दोनों नस्लों में संकरण कराया जाए तो एक ऐसी संतति प्राप्त होगी जिसमें दोनों ऐच्छिक गुण (रोग प्रतिरोधक क्षमता व लंबा दुग्धस्रवण काल) होंगे।



(a) रेडसिंधी



(b) साहीवाल

चित्र 12.3: भारतीय नस्ल की गायें

प्रश्न

1. पशुओं की नस्ल सुधार के लिए प्रायः कौन-सी विधि का उपयोग किया जाता है और क्यों ?

क्रियाकलाप 12.3

- पशुधन फार्म पर जाएँ और निम्नलिखित की ओर ध्यान दें।
- पशुओं की संख्या तथा विभिन्न प्रकार की नस्लों की संख्या।
- विभिन्न नस्लों से प्रतिदिन प्राप्त दूध।

उत्पादन की मात्रा मानवीय व्यवहार-आधारित पशुपालन में पशुओं के स्वास्थ्य तथा स्वच्छ दूध उत्पादन के लिए गाय तथा भैंस के शरीर की उचित सफाई तथा आवास की आवश्यकता होती है। पशु के शरीर पर झड़े हुए बाल तथा धूल को हटाने के लिए नियमित रूप से पशु की सफाई करनी चाहिए। उनका आवास छतदार तथा रोशनदान युक्त होना चाहिए। ऐसे आवास उन्हें वर्षा, गर्मी तथा सर्दी से बचाते हैं। आवास का फर्श ढलवा होना चाहिए जिससे कि वह साफ और सूखा रहे।

दूध देने वाले पशु (डेयरी पशु) के आहार की आवश्यकता दो प्रकार की होती है: (a) एक प्रकार का आहार जो उसके स्वास्थ्य को अच्छा बनाए रखे तथा (b) दूसरा वह जो दूध उत्पादन को बढ़ाए। इसकी आवश्यकता दुग्धस्रवण काल के समय होती है। पशु आहार के अंतर्गत आते हैं: (a) मोटा चारा (रुसांश) जो प्रायः मुख्यतः रेशे होते हैं तथा (b) सांद्र जिनमें रेशे कम होते हैं और प्रोटीन तथा अन्य पोषक तत्व अधिक होते हैं। पशु को एक संतुलित आहार की आवश्यकता होती है जिसमें उचित मात्रा में सभी पोषक तत्व हों। ऐसे पोषक तत्वों के अतिरिक्त कुछ सूक्ष्म पोषक तत्व भी मिलाए जाते हैं जो दुधारू पशुओं को स्वस्थ रखते हैं तथा दूध उत्पादन को बढ़ाते हैं।

पशु अनेक प्रकार के रोगों से ग्रसित हो सकते हैं जिनके कारण उनकी दूध उत्पादन क्षमता में कमी अथवा उनकी मृत्यु भी हो सकती है। एक स्वस्थ पशु नियमित रूप से खाता है और ठीक ढंग से बैठता व उठता है। पशु के बाह्य परजीवी तथा अंतःपरजीवी दोनों ही होते हैं। बाह्य परजीवी त्वचा पर रहते हैं जिनसे पशु को त्वचा रोग हो सकते हैं। अंतःपरजीवी; जैसे कीड़े, आमाशय तथा आँत को तथा पर्ण कृमि (फलूक) यकृत को प्रभावित करते हैं। संक्रामक रोग बैक्टीरिया तथा वाइरस के कारण होते हैं। अनेक विषाणु तथा जीवाणु जनित रोगों से पशुओं को बचाने के लिए टीका लगाया जाता है।

12.2.2 कुक्कुट (मुर्गी पालन)

अंडे व कुक्कुट मांस के उत्पादन को बढ़ाने के लिए मुर्गी पालन किया जाता है। इसलिए कुक्कुट पालन में उन्नत मुर्गी की नस्लें विकसित की जाती हैं। अंडों के लिए अंडे देने वाली (लेअर) मुर्गी पालन किया जाता है तथा मांस के लिए ब्रौलर को पाला जाता है।



एसिल



लेगहार्न

चित्र 12.4

निम्नलिखित गुणों के लिए नयी-नयी किस्में विकसित की जाती हैं। नयी किस्में बनाने के लिए देशी जैसे एसिल तथा विदेशी जैसे लेगहार्न नस्लों का संकरण कराया जाता है।

- (i) चूजों की संख्या तथा गुणवत्ता;
- (ii) छोटे कद के ब्रौलर माता-पिता द्वारा चूजों के व्यावसायिक उत्पादन हेतु;

- (iii) गर्मी अनुकूलन क्षमता/उच्च तापमान को सहने की क्षमता;
- (iv) देखभाल में कम खर्च की आवश्यकता;
- (v) अंडे देने वाले तथा ऐसी क्षमता वाले पक्षी जो कृषि के उपोत्पाद (agricultural by-products) से प्राप्त सस्ते रेशेदार आहार का उपभोग कर सकें।

प्रश्न

1. निम्नलिखित कथन की विवेचना कीजिए-
“यह रुचिकर है कि भारत में कुक्कुट, अल्प रेशे के खाद्य पदार्थों को उच्च पोषकता वाले पशु प्रोटीन आहार में परिवर्तन करने के लिए सबसे अधिक सक्षम है। अल्प रेशे के खाद्य पदार्थ मनुष्यों के लिए उपयुक्त नहीं होते हैं।”

अंडों तथा ब्रौलर का उत्पादन

ब्रौलर चूजों को अच्छी वृद्धि दर तथा अच्छी आहार दक्षता के लिए विटामिन से प्रचुर आहार मिलते हैं। उनकी मृत्यु दर कम रखने और उनके पंख तथा मांस की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए सावधानी बरती जाती है। उन्हें ब्रौलर के रूप में उत्पादित किया जाता है तथा मांस के प्रयोजन के लिए विपणन किया जाता है।

मुर्गी पालन में अच्छा उत्पादन प्राप्त करने के लिए अच्छी प्रबंधन प्रणालियाँ बहुत आवश्यक हैं। इसके अंतर्गत इनके आवास में उचित ताप तथा स्वच्छता का निर्धारण करके कुक्कुट आहार की गुणवत्ता को बनाए रखा जाता है। इनके साथ-साथ रोगों तथा पीड़कों पर नियंत्रण तथा उनसे बचाव करना भी शामिल है।

ब्रौलर की आवास, पोषण तथा पर्यावरणीय आवश्यकताएँ अंडे देने वाले कुक्कुटों से कुछ भिन्न होती हैं। ब्रौलर के आहार में प्रोटीन तथा वसा प्रचुर मात्रा में होता है। कुक्कुट आहार में विटामिन A तथा विटामिन K की मात्रा भी अधिक रखी जाती है।

जीवाणु, विषाणु, कवक, परजीवी तथा पोषणहीनता के कारण मुर्गियों में कई प्रकार के रोग हो सकते हैं। अतः सफाई तथा स्वच्छता का विशेष ध्यान रखना चाहिए। इसके लिए नियमित रूप से रोगाणुनाशी पदार्थों का छिड़काव आवश्यक है मुर्गियों को संक्रामक रोगों से बचाने के लिए टीका लगवाना चाहिए जिससे महामारी से ये ग्रसित न हों। इन सावधानियों के बरतने से, रोगों के फैलने की दशा में, कुक्कुट को न्यूनतम हानि होती है।

प्रश्न

1. पशुपालन तथा कुक्कुट पालन के प्रबंधन प्रणाली में क्या समानता है ?
2. ब्रौलर तथा अंडे देने वाली लेयर में क्या अंतर है। इनके प्रबंधन के अंतर को भी स्पष्ट करो।

क्रियाकलाप 12.4

- कुक्कुट पालन केंद्र में जाओ। वहाँ विभिन्न प्रकार की नस्लों का अवलोकन करो।
- उनको दिए जाने वाले आहार, उनके आवास तथा प्रकाश सुविधाओं को नोट करो। अंडे देने वाली लेयर तथा ब्रौलर को पहचानो।

12.2.3 मत्स्य उत्पादन (मछली उत्पादन)

हमारे भोजन में मछली प्रोटीन का एक समृद्ध स्रोत है। मछली उत्पादन में पखयुक्त मछलियाँ, कवचीय मछलियाँ जैसे प्रॉन तथा मोलस्क सम्मिलित हैं। मछली प्राप्त करने की दो विधियाँ हैं: एक प्राकृतिक स्रोत (जिसे मछली पकड़ना कहते हैं) तथा दूसरा स्रोत मछली पालन (या मछली संवर्धन)।

मछलियों के जल स्रोत समुद्री जल तथा ताज़ा जल (अलवणीय जल) हैं। अलवणीय जल नदियों तथा तालाबों में होता है। इसलिए मछली पकड़ना तथा मछली संवर्धन समुद्र तथा ताज़े जल के पारिस्थितिक तंत्रों में किया जा सकता है।

12.2.3 (i) समुद्री मत्स्यकी

भारत का समुद्री मछली संसाधन क्षेत्र 7500 किलोमीटर समुद्री तट तथा इसके अतिरिक्त समुद्र की गहराई तक है। सर्वाधिक प्रचलित समुद्री मछलियाँ पॉमफ्रेट, मैकल, टुना, सारडाइन, तथा बांबेडक हैं। समुद्री मछली पकड़ने के लिए विभिन्न प्रकार के जालों का उपयोग मछली पकड़ने वाली नावों से किया जाता है। सैटेलाइट तथा प्रतिध्वनि गभीरतामापी से खुले समुद्र में मछलियों के बड़े समूह का पता लगाया जा सकता है तथा इन सूचनाओं का उपयोग कर मछली का उत्पादन बढ़ाया जा सकता है।

कुछ आर्थिक महत्व वाली समुद्री मछलियों का समुद्री जल में संवर्धन भी किया जाता है। इनमें प्रमुख हैं : मुलेट, भेटकी तथा पर्लस्पॉट (पखयुक्त मछलियाँ), कवचीय मछलियाँ जैसे झींगा (Prawn) (चित्र 12.5), मस्सल तथा ऑएस्टर, एवं साथ ही समुद्री खर-पतवार। ऑएस्टर का संवर्धन मोतियों को प्राप्त करने के लिए भी किया जाता है।

भविष्य में समुद्री मछलियों का भंडार (stock) कम होने की अवस्था में इन मछलियों की पूर्ति संवर्धन के द्वारा हो सकती है। इस प्रणाली को समुद्री संवर्धन (मेरीकल्चर) कहते हैं।



मेक्रोब्रेकियम रोजेन वर्गी (ताज़ा पानी) पीनस मोनडोन (समुद्री)

चित्र 12.5: ताज़ा पानी व समुद्री झींगे

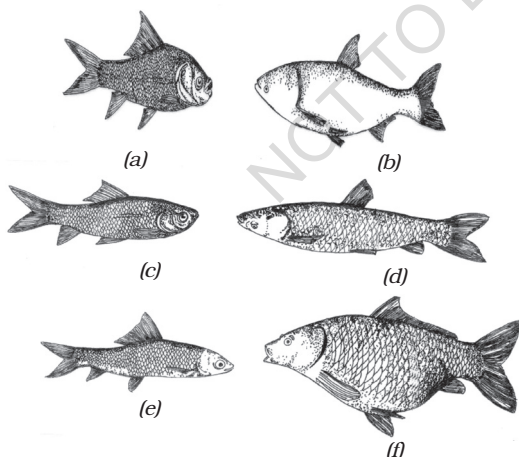
12.2.3 (ii) अंतःस्थली मत्स्यकी

ताज़ा जल के स्रोत नाले, तालाब, पोखर तथा नदियाँ हैं। खारे जल के संसाधन, जहाँ समुद्री जल तथा ताज़ा जल मिश्रित होते हैं जैसे कि नदी मुख (एस्चुरी) तथा

लैगून भी महत्वपूर्ण मत्स्य भंडारण हैं। जब मछलियों का प्रग्रहण अंतःस्थली वाले स्रोतों पर किया जाता है तो उत्पादन अधिक नहीं होता। इन स्रोतों से अधिकांश मछली उत्पादन जल संवर्धन द्वारा ही होता है।

मछली संवर्धन कभी-कभी धान की फसल के साथ भी किया जाता है। अधिक मछली संवर्धन मिश्रित मछली संवर्धन तंत्र से किया जा सकता है। इस प्रक्रिया में देशी तथा आयातित प्रकार की मछलियों का प्रयोग किया जाता है।

ऐसे तंत्र में एक ही तालाब में 5 अथवा 6 मछलियों की स्पीशीज़ का प्रयोग किया जाता है। इनमें ऐसी मछलियों को चुना जाता है जिनमें आहार के लिए प्रतिस्पर्धा न हो अथवा उनके आहार भिन्न-भिन्न हों। इसके परिणामस्वरूप तालाब के प्रत्येक भाग में उपलब्ध आहार का प्रयोग हो जाता है। जैसे कटला मछली जल की सतह से अपना भोजन लेती है। रोहु मछली तालाब के मध्य क्षेत्र से अपना भोजन लेती है। मृगल तथा कॉमन कार्प तालाब की तली से भोजन लेती हैं। ग्रास कार्प खर-पतवार खाती है। इस प्रकार ये सभी मछलियाँ साथ-साथ रहते हुए भी बिना स्पर्धा के अपना-अपना आहार लेती हैं (चित्र 12.6)। इससे तालाब से मछली के उत्पादन में वृद्धि होती है।



चित्र 12.6: (a) कटला, (b) सिल्वर कार्प, (c) रोहु, (d) ग्रास कार्प, (e) मृगल, (f) कॉमन कार्प

मिश्रित मछली संवर्धन में एक समस्या यह है कि इनमें से कई मछलियाँ केवल वर्षा ऋतु में ही जनन करती हैं। यहाँ तक कि यदि मत्स्य डिंभ देशी नस्ल से लिए जाएँ तो अन्य स्पीशीज़ के डिंभों के साथ मिल सकते हैं। अतः मछली संवर्धन के लिए अच्छी गुणवत्ता वाले डिंभों का उपलब्ध न होना, एक गंभीर समस्या है। इस समस्या के समाधान के लिए, ऐसी विधियाँ खोजी जा रही हैं कि तालाब में इन मछलियों का संवर्धन हार्मोन के उपयोग द्वारा किया जा सके। इससे ऐच्छिक मात्रा में शुद्ध मछली के डिंभ प्राप्त होते रहेंगे।

प्रश्न

1. मछलियाँ कैसे प्राप्त करते हैं?
2. मिश्रित मछली संवर्धन के क्या लाभ हैं?

क्रियाकलाप 12.5

- मछलियों के जनन काल में मछली फार्म में जाओ और निम्नलिखित का अवलोकन करो:
(1) तालाब में मछलियों की विभिन्न किस्में।
(2) तालाबों के प्रकार।
(3) फार्म में प्रयुक्त आहार में शामिल तत्व।
(4) ज्ञात करो कि फार्म की मछली उत्पादन क्षमता क्या है?

12.2.4 मधुमक्खी पालन

मधु या शहद का सर्वत्र उपयोग होता है अतः इसके लिए मधुमक्खी पालन का उद्यम एक कृषि उद्योग बन गया है। चूँकि मधुमक्खी पालन में पूँजी निवेश कम होता है, इसलिए किसान इसे धनार्जन का अतिरिक्त साधन मानते हैं। शहद के अतिरिक्त मधुमक्खी के छत्ते मोम के बहुत अच्छे स्रोत हैं। मोम का उपयोग औषधि तैयार करने में किया जाता है।



(a)



(b)

चित्र 12.7: (a) मधुमक्खी के छत्तों की मधुवाटिका में व्यवस्था, (b) मधु निष्कर्षक

व्यावसायिक स्तर पर मधु उत्पादन के लिए देशी किस्म की मक्खी *ऐपिस सेरना इंडिका*, (सामान्य भारतीय मक्खी), *ऐपिस डोरसेटा* (एक शैल मक्खी) तथा *ऐपिस फ्लोरी* (लिटिल मक्खी) का प्रयोग करते हैं। एक इटली-मक्खी (*ऐपिस मेलीफेरा*) का प्रयोग मधु के उत्पादन को बढ़ाने के लिए किया जाता है। अतः व्यावसायिक मधु उत्पादन में इस मक्खी का प्रायः उपयोग किया जाता है।

इटली-मक्खी में मधु एकत्र करने की क्षमता बहुत अधिक होती है। वे डंक भी कम मारती हैं। वे निर्धारित छत्ते में काफी समय तक रहती हैं और प्रजनन तीव्रता से करती हैं। व्यावसायिक मधु उत्पादन के लिए मधुवाटिका अथवा मधुमक्खी फार्म बनाए गए हैं।

मधु की कीमत अथवा गुणवत्ता मधुमक्खियों के चरागाह अर्थात् उनको मधु एकत्र करने के लिए उपलब्ध फूलों पर निर्भर करती है। मधुमक्खियाँ फूलों से मकरंद तथा पराग एकत्र करती हैं। चरागाह की पर्याप्त उपलब्धता के अतिरिक्त फूलों की किस्में मधु के स्वाद को निर्धारित करती हैं।

प्रश्न

1. मधु उत्पादन के लिए प्रयुक्त मधुमक्खी में कौन-से ऐच्छिक गुण होने चाहिए ?
2. चरागाह क्या है और ये मधु उत्पादन से कैसे संबंधित है ?



आपने क्या सीखा

- फसल के लिए अनेकों पोषक आवश्यक हैं। हवा से कार्बन तथा ऑक्सीजन, पानी से हाईड्रोजन तथा ऑक्सीजन एवं मिट्टी से शेष पोषक प्राप्त होते हैं। इन पोषकों में से कुछ पोषकों की मात्रा अधिक चाहिए इसलिए इन्हें वृहत्-पोषक कहते हैं। शेष अन्य पोषक कम मात्रा में चाहिए, जिन्हें सूक्ष्म-पोषक कहते हैं।
- फसल के लिए पोषकों के मुख्य स्रोत खाद तथा उर्वरक हैं।
- कार्बनिक कृषि प्रणालियों में उर्वरकों, पीड़कनाशकों तथा शाकनाशकों का निम्नतम या बिलकुल प्रयोग नहीं किया जाता है। इन प्रणालियों में स्वस्थ फसल तंत्र के साथ कार्बनिक खादों, पुनर्चक्रित अपशिष्टों तथा जैव-कारकों का अधिकतम उपयोग होता है।
- एक विशेष फार्म में फसल उत्पादन तथा पशुपालन आदि में बढ़ावा देने वाली खेती को मिश्रित खेती तंत्र कहते हैं।
- मिश्रित फसल में दो अथवा दो से अधिक फसलों को एक ही खेत में एक साथ उगाते हैं।

- दो अथवा दो से अधिक फसलों को निश्चित कतार पैटर्न में उगाने को अंतराफसलीकरण कहते हैं।
- एक ही खेत में विभिन्न फसलों को पूर्व नियोजित अनुक्रम में उगाएँ तो उसे फसल चक्र कहते हैं।
- उच्च उत्पादन, अच्छी गुणवत्ता जैविक व अजैविक कारकों के प्रति प्रतिरोधिता, अल्प परिपक्वन काल तथा बदलती परिस्थितियों के लिए अनुकूल तथा ऐच्छिक सस्य विज्ञान गुण के लिए नस्ल सुधार की आवश्यकता है।
- फार्म पशुओं के लिए उचित देखभाल तथा प्रबंधन जैसे कि आवास, आहार, जनन, तथा रोगों पर नियंत्रण की आवश्यकता होती है। इसे पशुपालन कहते हैं।
- कुक्कुट पालन घरेलू मुर्गियों की संख्या को बढ़ाने के लिए करते हैं। कुक्कुट पालन के अंतर्गत अंडों का उत्पादन तथा मुर्गों के मांस के लिए ब्रौलर उत्पादन हैं।
- कुक्कुट पालन में उत्पादन को बढ़ाने तथा उन्नत किस्म की नस्लों के लिए भारतीय (देशी) तथा बाह्य नस्लों में संकरण कराते हैं।
- समुद्र तथा अंतःस्थली स्रोतों से मछलियाँ प्राप्त कर सकते हैं।
- मछली उत्पादन बढ़ाने के लिए उनका संवर्धन समुद्र तथा अंतःस्थली पारिस्थितिक प्रणालियों में कर सकते हैं।
- समुद्री मछलियों को पकड़ने के लिए प्रतिध्वनि गभीरतामापी तथा उपग्रह द्वारा निर्देशित मछली पकड़ने के जाल का प्रयोग करते हैं।
- मिश्रित मछली संवर्धन तंत्र प्रायः मत्स्य पालन के लिए अपनाते हैं।
- मधुमक्खी पालन मधु तथा मोम को प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

अभ्यास



1. फसल उत्पादन की एक विधि का वर्णन करो जिससे अधिक पैदावार प्राप्त हो सके।
2. खेतों में खाद तथा उर्वरक का उपयोग क्यों करते हैं?
3. अंतराफसलीकरण तथा फसल चक्र के क्या लाभ हैं?
4. आनुवंशिक फेरबदल क्या हैं? कृषि प्रणालियों में ये कैसे उपयोगी हैं?
5. भंडार गृहों (गोदामों) में अनाज की हानि कैसे होती है?
6. किसानों के लिए पशु पालन प्रणालियाँ कैसे लाभदायक हैं?
7. पशु पालन के क्या लाभ हैं?
8. उत्पादन बढ़ाने के लिए कुक्कुट पालन, मत्स्य पालन तथा मधुमक्खी पालन में क्या समानताएँ हैं?
9. प्रग्रहण मत्स्यन, मेरीकल्चर तथा जल संवर्धन में क्या अंतर है?

उत्तरमाला

अध्याय 3

4. (a) MgCl_2
(b) CaO
(c) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
(d) AlCl_3
(e) CaCO_3
5. (a) कैल्शियम, ऑक्सीजन
(b) हाइड्रोजन, ब्रोमीन
(c) सोडियम, हाइड्रोजन, कार्बन तथा ऑक्सीजन
(d) पोटैशियम, सल्फर तथा ऑक्सीजन
6. (a) 26 g
(b) 256 g
(c) 124 g
(d) 36.5 g
(e) 63 g

अध्याय 4

10. 80.006
11. $^{16}_8\text{X} = 90\%$, $^{18}_8\text{X} = 10\%$
12. संयोजकता = 1, तत्व का नाम लीथियम है।
13. द्रव्यमान संख्या: $X=12$, $Y=14$, दोनों समस्थानिक हैं।
14. (a) F (b) F (c) T (d) F
15. (a) ✓ (b) × (c) × (d) ×
16. (a) × (b) × (c) ✓ (d) ×
17. (a) × (b) ✓ (c) × (d) ×
18. (a) × (b) × (c) × (d) ✓

19.

परमाणु संख्या	द्रव्यमान संख्या	न्यूट्रॉनों की संख्या	प्रोटॉनों की संख्या	इलेक्ट्रॉनों की संख्या	परमाणु स्पीशीज का नाम
9	19	10	9	9	फ्लोरीन
16	32	16	16	16	सल्फर
12	24	12	12	12	मैग्नीशियम
1	2	1	1	1	ड्यूटेरियम
1	1	0	1	0	प्रोटियम

अध्याय 9

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

अध्याय 10

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

अध्याय 11

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

पारिभाषिक शब्दावली

	अ	अधोमुखी	Downward
अनियमित	Random	अभिकर्ता	Agent
अभिकर्मक	Reagent	अनुदैर्घ्य	Longitudinal
अभिकारक	Reactant	अनुप्रस्थ	Transverse
अभिग्रहित	Postulates	अनुरणन	Reverberation
अभिलाक्षणिक	Characteristic	अवश्रव्य	Infrasonic
अनुमोदन	Recommendations	अभिग्रहण	Receiving
अन्योन्य	Crossover	असंक्रामक	Non-infectious
अविभाज्य	Indivisible	अजैव कारक	Abiotic Component
अवपरमाणुक	Sub-atomic	आनुवंशिकीय रूपांतरित	Genetically Modified
अविनाशी	Indestructible	अनुकूलता	Adaptability
अक्रिय	Inert	अक्षय	Inexhaustible
अष्टक	Octet	अक्षांश	Latitude
अणु	Molecule	अर्बुद	Tumour
अनुप्रयोग	Applications	अमिश्रणीय	Immiscible
अल्प परासरण दाबी घोल	Hypo osmotic pressure solution	अस्थि चालक	Bone conducting
अति परासरण दाबी घोल	Hyper osmotic pressure solution	अदिश	Scalars
अलवणीय जल	Fresh Water	अतिसूक्ष्मी स्तर	Hyperfine level
अंतर्द्रव्यीय जालिका	Endoplasmic Reticulum (ER)	असमान गति	Non-uniform motion
अस्थि	Bone	अवनमन कोण	Angle of depression
अरेखित पेशी	Unstriated muscle	अर्धसूत्री विभाजन	Meiosis
असमतापी	Cold-blooded	अति ऊष्मित	Superheated
अवपंकी	Slimy	अतिसंतृप्त	Super saturated
असमान	Non-uniform	अतिसार	diarrhoea
अभिकेंद्र-बल	Centripetal-force	अभयारण्य	Sanctuaries
अभिकलन	Compute	अपधातु	Metalloid
अधिकतम	Maximum	अपघटक	Decomposers
		अपघटन	Decomposition
		अपरिष्कृत तेल	Crude oil

उत्सर्जन नलिका

Discharge tube

अं

ऊर्ध्वपातन

Sublimation

ऊर्जा स्तर

Energy level

ऊर्ध्वमुखी

Upward

ऊर्जा

Energy

ऊष्मागतिकी

Thermodynamics

ऊतक

Tissue

ऊष्माक्षेपी

Exothermic

ऊष्मा का यांत्रिक तुल्यांक
equivalent of heat

Mechanical

ऊष्मा

Heat

ऊर्मिकाँ

Ripples

ऊर्ध्वाधर

Vertical

अंतर्विष्ट विभज्योतक

Intercalary
maristeme

अंडाशय

Ovary

अंतःकंकाल

Endoskeleton

अंतराकिस्मीय

Intervarietal

अंतरास्पीशीज़

Interspecific

अंतरवंशीय

Intergeneric

अंतराफसलीकरण

Intercropping

अंगक

Organel

अंतःपरिवर्तित

Interconvertible

अंशांकन

Calibrate

अंतःश्वसन उपचार

Inhalation therapy

अंतःक्षिप्त

Inject

अंतरानाभिक

Internuclear

अंतर्दहन इंजन

Internal
combustion
engine

ए

एपिथीलियमी ऊतक

Epithelial tissue

एरिओलर

Areolar

एपिडर्मिस

Epidermis

एककोशिक

Unicellular

एक बीज पत्री

Monocot

एकसमान

Uniform

एकसमान गति

Uniform motion

कक्षा

Orbit

कोश

Shell

केंद्रक

Nucleus

कोष्ठक

Compartment

कोशिकांग

Cell organelles

कोशिकाद्रव्य

Cytoplasm

कार्यात्मक खंड

Functional segment

केंद्रकाय

Nucleoid

क्यूटिन

Cutin

कूपिका

Alveole

कंकाल पेशी

Skeletal muscles

कंडरा

Tendon

कूटसीलोम

Pseudocoelom

औ

औजार

Tool

कंकाल
 कुल, फैमिली
 कवक, फंजाई
 कोशिका भित्ति
 क्रिप्टोगैम
 कंपन
 कोशिका
 क्लोरोफिल
 कॉलेंकाइमा
 कगार
 कलन
 कार्य
 कर्ण पट्टह
 कर्ण पल्लव
 कर्णावर्त
 कूड़ा-करकट
 कारक
 कोहरा
 कुक्कुट पालन
 कीटनाशी
 कर्षण
 कर्षित वाद्य यंत्र
 कार्तीय
 क्रमवीक्षण
 कृषि-वानिकी
 कृषिनाशक जीव
 कृत्रिम पुनः आवेशन
 कृत्रिम वीर्यसंचन
 किरणित
 कशेरुक-दंड
 कोशिकांग
 कर्दम
 क्लोमछिद्र
 क्वथनांक

Skeleton
 Family
 Fungi
 Cell wall
 Cryptogem
 Vibrate
 Cell
 Chlorophyll
 Collenchyma
 Ledge
 Calculus
 Work
 Ear drum
 Pinna
 Cochlea
 Garbage
 Agent
 Fog
 Poultry
 Pesticides
 Pluck
 Plucked musical instrument
 Cartesian
 Scanning
 Agro-forestry
 Agricultural pest
 Artificial recharging
 Artificial insemination
 Irradiated
 Vertebral column
 Cell organelles
 Slurry
 Gill slits
 Boiling point

ख

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

ग

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

घटक	Components	जैविक कारक	Biotic component
घटक	Constituents	जल-संचय	Water Harvesting
घनाकार एपिथीलियम	Cuboidal epithelium	जैवविविधता	Biodiversity
घर्णन	Rotate	जीव भूरासायनिक चक्रण	Biogeochemical cycle
घर्षण	Friction	जैव-उर्वरक	Biofertilizers
घोषित शक्ति	Rated power	जैव-कीटनाशी	Biopesticides
घातरोध	Shock absorbing	जल-कृषि	Mariculture, Aquaculture
		ज्योति तीव्रता	Luminous intensity
चिकनी अंतर्द्रव्यीय जालिका	Smooth Endoplasmic Reticulum (SER)	जड़त्व	Inertia
चिकनी पेशी	Smooth muscles	जठरवाही गुहा	Gastrovascular cavity
चपटे कृमि	Flatworm	जीवक	Zooid
चाल	Speed	जीवाश्मी ईंधन	Fossil fuel
चक्रवात	Cyclone	जीवजात	Biota
चेचक	Smallpox	जैव आवर्धन	Biomagnification
चिकनी मिट्टी	Clay soil	जैवमात्रा	Biomass
चालक	Conductor	जैव प्रौद्योगिकी	Biotechnology
चतुर्थांश	Quadrant	जलधारण क्षमता	Water holding capacity
चट्टान	Cliff	जल निकास	Drainage
		जल तल	Water level
		जलभीति	Hydrophobia
		जलोद्भिद	Hydrophyte
ज्वलन नली	Ignition tube		
जाइलम	Xylem		
जीवाणु	Bacteria	झिल्ली	Membrane
जैव विकास	Organic Evolution		
जगत, किंगडम	Kingdom		
जाति, स्पीशीज	Species		
ज्वार-भाटा	Tide	ट्रैकिड्स	Tracheds
जुगत	Gadgets	टीका	Vaccine
जूँ	Lice	टीकाकरण	Vaccination
जलमंडल	Hydrosphere	टिकाऊ कृषि	Sustainable agriculture
जीवमंडल	Biosphere		

डेंड्राइट	ड	Dendrite	द्विबीज पत्री	Dicot
			द्विपार्श्व सममिति	Bilateral symmetry
			द्विकोरिक	Diploblastic
	त		देहगुहा	Coelom
तन्य		Ductile	द्विनाम पद्धति	Binomial nomenclature
त्याग		Loss		Distance
तांत्रिका ऊतक		Nervous Tissue	दूरी	Pressure
त्वरण		Acceleration	दाब	Elongation
त्वरित		Accelerated	दैर्घ्यवृद्धि	Ellipse
तंत्रिका कोशिका		Nerve cell	दीर्घवृत्त	Oscillation
तरल		Fluid	दोलन	Chronic
तानित		Stretched	दीर्घकालिक	Mulched animal
तरंग		Wave	दुधारू-पशु	Lactation period
तरंगदैर्घ्य		Wave length	दुग्ध	Indigenous
तीव्रता		intensity	देशी	Stinging cells
तीव्र (प्रचंड)		Acute	दंशन कोशिकाएँ	Exploitation
तंत्रिकारज्जु		Nerve cord	दोहन	Malignant
तापीय अपघटन		Thermal decomposition	दुर्दम	Lactometer
		Degree of hotness	दुग्धमापी	Lactation
तप्तता की कोटि		Hotness	दुग्धस्रवण	Rare
तप्तता		Temperature	दुर्लभ	Indegenous
ताप		Thermal equilibrium	देशज	Mass spectrometry
तापीय साम्य			द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमिति	Centre of mass
			द्रव्यमान केंद्र	Bimetallic strip
	थ		द्विधात्विय पत्ती	Double displacement reactions
थैली (पुटिका)		Bag	द्विविस्थापन अभिक्रियाएँ	Bipedality
				Diploid
	द		द्विपादिता	
दृढ़		Rigid	द्विगुणित	
द्रव्य		Matter		ध
द्रव्यमान		Mass		Cation
द्वि-आवेशित		Doubly charged	धनायन	positively charged
द्रव्यमान संख्या		Mass number	धनावेशित	Streamlined
द्रव्य कुंचन		Plasmolysis	धारा रेखीय	

ध्वनि बूम
ध्वनि पट्ट
ध्वनि निर्बंध
धूम-कोहरा
धूमन
धमनी-काठिन्य
धातुक्रमीय
ध्रुवीय हिमाच्छद

Sonic boom
Sound board
Persistence of sound
Smog
Fumigation
Arterio-sclerosis
Metallurgical
Polar ice caps

निचय
निर्जलीकरण
निर्वात

Reserve
Dehydration
Vaccum

प

परिघटना
परित्याग करना
पिघलना
प्रतिदर्श
पृथक करने की कीप
परिक्षिप्त
परिक्षेपण
प्रावस्था
प्रभाजी आसवन

Phenomenon
Expose
Melting
Model
Separating Funnel
Dispersed
dispersion
Phase
Fractional
Distillation
Fractionating column
Petals
Sonorous

न

न्यूनतम
निष्कर्ष
निलंबन
निचोड़
निरीक्षण
नाभिकीय
न्यूॉन
नील-हरित शैवाल
नाम पद्धति
नियत
नाभिक
निकाय
निहाई
निलम्बित
नाद् पट
नोदक
नालतंत्र
नस्ल
नैदानिक
नलकूप
निषेचन
निक्षेप
निमज्जन
निम्नीकरण

minimum
Conclusion
Suspension
Extract
Observe
Nuclear
Neuron
Blue-green Algae
Nomenclature
Constant
Nucleus
System
Anvil
Suspended
Sound board
Propellar
Canal system
Breed
Diagnostic
Tubewell
Fertilisation
Deposit
Land submergence
Degradation

प्रभाजी स्तम्भ
पंखुड़ियाँ
प्रतिध्वनि उत्पन्न करने वाले
पादांक
परमाण्विक
पदार्थ
प्रायोगिक तौर पर
परिकलन
पन्नी
प्रकीर्णन
परमाणु संख्या
परमाणु द्रव्यमान
प्रतीक
प्लाज्मा झिल्ली
परासरण नियम
पेशीय ऊतक
पक्ष्माभी एपिथीलियम
प्लैज्मा

Subscript
Atomic
Substance
Experimentally
Calculate
Foil
Scattering
Atomic number
Atomic mass
Symbol
Plasma Membrane
Osmosis Law
Muscular Tissue
Cilliary epithelium
Plasma

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

परिशोधन	Purification	फैलना	Scatter
पीढ़ी एकांतरण	Alternation of generation	फैनेरोगेम	Phanerogams
पीली कटेरी	Argemone	फ्लोएम	Phloem
परभक्षी	Predator	फीता, पट्टा	Strap
परभोक्ता	Consumers	फेफड़ा	Lung
परजीवी	Parasites	फसल किस्मों में सुधार	Varietal improvement
पर्यावरण-अनुकूल	Ecofriendly	फसल चक्र	Crop rotation
पादप प्रजनन	Plant breeding	फसली सूचकांक	Cropping index
पद्धति (प्रणाली)	System	फफूँद (कवक)	Fungi
पार्श्वीय संपीडित	Laterally compressed	फलीदार फसलें	Legumes
पशुमहामारी	Rinderpest		
पोषण-चक्रण	Nutrient cycling	बनावट	Texture
पुरःस्थापन	Introduction	बहुपरमाणुक	Poly-atomic
पुरातत्ववेत्ता	Archaeologists	बहुकोशिकीय जीव	Multicellular animal
पेशीय वेदना	Muscular pain	बहुकोशिक	Multicellular
पूर्वलग्न	Prefix	बीजपत्र	Seed coat
प्लावमान गैस टंकी	Floating cylinder gas	बहिःकंकाल	Exoskeleton
प्याली	Crucible	बल	Force
प्रक्रमण	Processing	बोलचाल	Parlance
प्राणिजात	Fauna	बीमारी (रोग)	Disease
प्रक्षेप्य	Projectile	बाधित आराम	Dis-ease
प्रकीर्णन	Dissemination	बहुकोशिक	Multicellular
प्रमोचित	Launched	बाह्य कंकाल	Dyoskeleton
प्रतिदर्श, नमूना	Sample	बदरंग	Decolouration
प्ररोह	Shoot	बहुतंत्रिकाशोथ	Polyneuritis
प्रस्फोट	Burst	बहुलित प्रतिध्वनि	Multiple echo
प्रक्रम	Process	बहुलकीकरण	Polymerisation
प्रचंड	Violent	बाह्य उपचार	Prophylactic treatment
प्रागैतिहासिक	Pre-historic	बाह्य दहन इंजन	External combustion engine
फिसलना	Slip		

यूकैरियोटिक
युक्ति
यांत्रिक
याम्योत्तर
युग्मतारे
यूथचर

Eukaryotic
Device
Mechanical
Meridian
Double star
Gregarious

लोलक
लक्षण

Pendulum
Symptoms

व

वर्णरेखा
वैद्युत रासायनिक
विभाज्य
विभाज्योत्तक
विक्षेपित
विविक्त
बाह्यतम
विन्यास
वरणात्मक पारगम्य झिल्ली

Streak
Electrochemical
Divisible
Meristem
Deflected
Discrete
Outermost
Configuration
Selective permeable
membrane

वाहिका
वृक्क
वसामय ऊतक
विविधता
वर्गीकरण
व्यवहार

Vessels
Kidney
Adipose Tissue
Diversity
Classification
Behaviour

वर्ग, क्लास
वंश, जीनस
विषमपोषी
विभेदित
वृत्ताकार

Class
Genus
Heterotroph
Differentiated
Circular

विस्थापन
वेग
विलुप्त करना

Displacement
Velocity
Eliminate

व्युत्पन्न
विषवृत्त
विमा

Derive
Equator
Dimension

व्यंजक
विन्यास
विक्षोभ
वायुरुद्ध

Expression
Configuration
Disturbance
Air tight

र

रिक्त स्थान
रंजक
रासायनिक सूत्र
रचनात्मक
रक्तवाहिनी
रेखित पेशी
रेशदार जड़
रबड़ की नली
रक्त
रोगमुक्त
रक्तचाप
रोगी
रोग जनक
रूक्षांस
रूक्ष
रेखीय प्रसार गुणांक
रोगाणुनाशन
रोगवाहक
रतौंधी
रतुआ
रन्ध्र
रसधानी

Space
Dye
Chemical formula
Constructive
Blood vessel
Skeletal muscles
Fibrous root
Hose
Blood
Disease Free
Blood Pressure
Sick
Pathogenes
Roughage
Rough
Coefficient of
linear expansion
Disinfection
Disease vector
Night blindness
Rust
Stomata
Vacuole

ल

लवक
लिग्निन

Plastid
Lignin

विरलन	Rarefaction	विनिमय	Exchange
वलरुड	Stirrup	विस्कासलतल	Viscosity
वलनलशलकलरी	Disasterous	वलसकलसी	Viscous
वलडुऑनलत	Airborne	वलस्मडकलरी लकुषण	Striking feature
वलडुडंडल	Atmosphere	वलदेशऑ	Exotic
वलकलरण	Radiation	वलवृत खनन	Opencast mining
वलषुीकरण	Evaporation	वललयन	Solution
वरुण लवक	Chromoplast	वललयलत	Dissolved
वलषु डलड	Vapour pressure	वललुतु	Extinct
वलषुन	Vaporisation, Evaporation	वललेड	Solute
वरुधन कलल	Growing period		
वुतुकुडन	Inversion	शलत	Undisturb
वुतुकुडलत	Inverted	शलकुी ँषलथुीलयड	Squamous epithelium
वृकुषवलसी	Arboreal	शुैडलल	Algae
वृतुतीय गतल	Circular motion	शलकु	Scale
वृहतधलनी	Large vacuole	शुवसन	Respiration
वरुगलकी	Taxonomy	शलकुवलकलर	Conical
वलतलशलड	Swim bladder	शलुीतुड (तुीलतुलव), हलथुीतुलव	Elephantiasis
वनोनुडूलन	Deforestation		
वनसुतलऑतल	Flora	शुक्र	Venus
वुैशुवलकु ऊषुणतल	Global Warming	शलकु-नलशुी	Herbicides
वृहत-तुषकु	Macro-nutrients	शलरुुवकुष	Cephalothorax
वरुडुी-कडुडुसुत	Vermi-compost	शुीरुष डेधकु	Top borer
वलदेशुी नसुल	Exotic breed	शुीतकरण	Cold stage
वलडुऑऑत	Resolved	शुषुक कुषुतुर	Arid zone
वलखंडन	Fission		
वलकुषेतुण	Deflection		
वलशलषुत ऊषुडल धलरलतल	Specific heat capacity	सुखलन कलरनल	Slide
वलनलरुडलषुत	Specified	सडलषुत	Bulk
वलदुडुत ँतुषकन	Electrolysis	संगलन	Fusion
वलदुडुत कुंडकुीड तरुंगुं	Electromagnetic waves	सलडगुी	Material
वलकलरुण	Diagonal	संतुीडन	Compression
		संगलन	Melting

श

स

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

स्तरित	Stratified	संपीडन	Compression
सूक्ष्मदर्शी	Microscope	संचरण	Propagation
समुदाय	Community	संसूचक	Detector
संघ, फाइलम	Phylum	समय अंतराल	Time interval
स्वपोषी	Autotroph	स्पंद	Pulse
सहजीवी	Symbiotic	संवेदी	Sensitive
संवहन	Conduction	स्वास्थ्य	Health
समतापी	Warm blooded	संक्रामक	Infectious
स्वेद	Sweat	समुदाय	Community
स्तनधारी, मेमेलिया	Mammalia	सूक्ष्मजीवी	Micro-organism
संकेत	Symbol	संचरणीय रोग	Communicable disease
संक्रमण	Transition		ऋ
संतृप्त वाष्प	Saturated vapour	ऋणायन	Anion
सीमान्त घर्षण	Limiting friction		श्र
संकुलन	Congestion		
संकेद्रित	Concentrates	श्रमविभाजन	Division of Labour
संकटापन्न	Endangered	शृंग	Crest
संश्लिष्ट तंतु	Synthetic fibre	श्रव्यता का परिसर	Range of hearing
संदूषित	Contaminated	श्रवण नलिका	Auditory canal
संदूषण	Contamination, spoilage	श्रेणीकरण	Gradation
			क्ष
हृद पेशी	Heart muscles	क्षय रोग	Tuberculosis
हिम शैल	Iceberg	क्षय योग्य	Exhaustible
हृदय	Heart	क्षैतिज	Horizontal column
हरी-खाद	Green manure		त्र
हिमनद	Glaciers		
हिमखंड	Iceberg	त्रिक	Triads
हिमांक	Freezing point	त्रिक बिंदु	Triple point
हरित क्रांति	Green revolution	त्रिकोरकी	Triploblastic
हरित लवक	Chloroplast	त्रिविमीय व्यवस्था	Spatial arrangement
हीनताजन्य रोग	Deficiency disease		