ગુજરાત રાજ્યના શિક્ષણ વિભાગના પત્ર-ક્રમાંક
મશબ/1218/272/છ, તા.14/03/2018

વિજ્ઞાન

ધોરણ IX

પ્રતિજ્ઞાપત્ર

ભારત મારો દેશ છે.
બધાં ભારતીયો મારાં ભાઈબહેન છે.
હું મારા દેશને ચાહું છું અને તેના સમૃદ્ધ અને
વૈવિધ્યપૂર્ણ વારસાનો મને ગર્વ છે.
હું સદાય તેને લાયક બનવા પ્રયત્ન કરીશ.
હું મારાં માતાપિતા, શિક્ષકો અને વડીલો પ્રત્યે આદર રાખીશ
અને દરેક જણ સાથે સભ્યતાથી વર્તીશ.
હું મારા દેશ અને દેશબાંધવોને મારી નિષ્ઠા અર્પું છું.
તેમનાં કલ્યાણ અને સમૃદ્ધિમાં જ મારું સુખ રહ્યું છે.

રાજ્ય સરકારની વિનામૂલ્યે યોજના હેઠળનું પુસ્તક

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

ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ
'વિદ્યાયન', સૅક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર-382010

© NCERT, નવી દિલ્લી તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, ગાંધીનગર
આ પાઠ્યપુસ્તકના સર્વ હક NCERT તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળને હસ્તક છે. આ પાઠ્યપુસ્તકનો કોઈ પણ ભાગ કોઈ પણ રૂપમાં NCERT અને ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળની લિખિત પરવાનગી વગર પ્રકાશિત કરી શકાશે નહિ.

અનુવાદ
શ્રી નીતિન ડી. દવે
શ્રી મયૂર એમ. રાવલ
ડૉ. હાર્દિક એ. અમીન

સમીક્ષા
ડૉ. આઇ. એમ. ભટ્ટ
ડૉ. મયૂર સી. શાહ
શ્રી શૈલેષ એમ. સોલંકી
શ્રી જયસુખ બી. હરમાણી
શ્રી ધવલ બી. સોલંકી
શ્રી પાયલ એ. પંચાલ
શ્રી સમીર વખારિયા

ભાષાશુદ્ધિ
શ્રી વિજય ટી. પારેખ

સંયોજન
ડૉ. ચિરાગ એચ. પટેલ
(વિષય-સંયોજક : ભૌતિકવિજ્ઞાન)

નિર્માણ-સંયોજન
શ્રી હરેન શાહ
(નાયબ નિયામક : શૈક્ષણિક)

મુદ્રણ-આયોજન
શ્રી હરેશ એસ. લીમ્બાચીયા
(નાયબ નિયામક : ઉત્પાદન)

પ્રસ્તાવના

રાષ્ટ્રીય સ્તરે સમાન અભ્યાસક્રમ રાખવાની સરકારશ્રીની નીતિના અનુસંધાને ગુજરાત સરકાર તથા ગુજરાત માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિક શિક્ષણ બોર્ડ દ્વારા તા. 25-10-2017 ના ઠરાવ-ક્રમાંક મશબ/1217/1036/છ-થી શાળા કક્ષાએ NCERT નાં પાઠ્યપુસ્તકોનો સીધો જ અમલ કરવાનો નિર્ણય કરવામાં આવ્યો તેને અનુલક્ષીને NCERT, નવી દિલ્લી દ્વારા પ્રકાશિત **ધોરણ IX** ના **વિજ્ઞાન** વિષયના પાઠ્યપુસ્તકનો ગુજરાતીમાં અનુવાદ કરીને વિદ્યાર્થીઓ સમક્ષ મૂકતાં ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ આનંદ અનુભવે છે.

આ પાઠ્યપુસ્તકનો અનુવાદ તથા તેની સમીક્ષા નિષ્ણાત પ્રાધ્યાપકો અને શિક્ષકો પાસે કરાવવામાં આવ્યા છે અને સમીક્ષકોનાં સૂચનો અનુસાર હસ્તપ્રતમાં યોગ્ય સુધારા-વધારા કર્યા પછી આ પાઠ્યપુસ્તક પ્રસિદ્ધ કરતાં પહેલાં આ પાઠ્યપુસ્તકની મંજૂરી માટે એક સ્ટેટ લેવલની કમિટીની રચના કરવામાં આવી. આ કમિટીની સાથે NCERTના પ્રતિનિધિ તરીકે RIE, ભોપાલથી ઉપસ્થિત રહેલા નિષ્ણાતોની એક ત્રિદિવસીય કાર્યશિબીરનું આયોજન કરવામાં આવ્યું અને પાઠ્યપુસ્તકને અંતિમ સ્વરૂપ આપવામાં આવ્યું. જેમાં, ડૉ. એસ. કે. મકવાણા (RIE, ભોપાલ), ડૉ. કલ્પના મસ્કી (RIE, ભોપાલ), ડૉ. મયૂર સી. શાહ, શ્રી મયૂર એમ. રાવલ, શ્રી અરુણ ભીંડે અને શ્રી મેહુલ એ. પટેલ ઉપસ્થિત રહી પોતાનાં કીમતી સૂચનો અને માર્ગદર્શન પૂરાં પાડ્યાં છે.

પ્રસ્તુત પાઠ્યપુસ્તકને રસપ્રદ, ઉપયોગી અને ક્ષતિરહિત બનાવવા માટે માન.અગ્રસચિવશ્રી (શિક્ષણ) દ્વારા અંગત રસ લઈને જરૂરી માર્ગદર્શન આપવામાં આવ્યું છે. આ પાઠ્યપુસ્તકની ચકાસણી શિક્ષણ - વિભાગના વર્ગ 1 અને વર્ગ 2ના જે-તે વિષય જાણતા અધિકારીશ્રીઓ દ્વારા પણ કરાવવામાં આવી છે. મંડળ દ્વારા પૂરતી કાળજી લેવામાં આવી છે, તેમ છતાં શિક્ષણમાં રસ ધરાવનાર વ્યક્તિઓ પાસેથી ગુણવત્તા વધારે તેવાં સૂચનો આવકાર્ય છે.

NCERT, નવી દિલ્લીના સહકાર બદલ તેમના આભારી છીએ.

પી. ભારતી (IAS)

નિયામક	કાર્યવાહક પ્રમુખ
તા.14-10-2019	ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2018, પુનઃમુદ્રણ : 2019, 2020
પ્રકાશક : ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સેક્ટર ૧૦-એ, ગાંધીનગર વતી પી. ભારતી, નિયામક

મુદ્રક :

Foreword

The National Curriculum Framework (NCF), 2005, recommends that children's life at school must be linked to their life outside the school. This principle marks a departure from the legacy of bookish learning which continues to shape our system and causes a gap between the school, home and community. The syllabi and textbooks developed on the basis of NCF signify an attempt to implement this basic idea. They also attempt to discourage rote learning and the maintenance of sharp boundaries between different subject areas. We hope these measures will take us significantly further in the direction of a child-centred system of education outlined in the National Policy on Education (1986).

The success of this effort depends on the steps that school principals and teachers will take to encourage children to reflect on their own learning and to pursue imaginative activities and questions. We must recognise that, given space, time and freedom, children generate new knowledge by engaging with the information passed on to them by adults. Treating the prescribed textbook as the sole basis of examination is one of the key reasons why other resources and sites of learning are ignored. Inculcating creativity and initiative is possible if we perceive and treat children as participants in learning, not as receivers of a fixed body of knowledge.

These aims imply considerable change in school routines and mode of functioning. Flexibility in the daily time-table is as necessary as rigour in implementing the annual calendar so that the required number of teaching days are actually devoted to teaching. The methods used for teaching and evaluation will also determine how effective this textbook proves for making children's life at school a happy experience, rather than a source of stress or boredom. Syllabus designers have tried to address the problem of curricular burden by restructuring and reorienting knowledge at different stages with greater consideration for child psychology and the time available for teaching. The textbook attempts to enhance this endeavour by giving higher priority and

space to opportunities for contemplation and wondering, discussion in small groups, and activities requiring hands-on experience.

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) appreciates the hard work done by the textbook development team responsible for this book. We wish to thank the Chairman of the advisory group in science and mathematics, Professor J.V. Narlikar and the Chief Advisor for this book, Professor Rupamanjari Ghosh, School of Physical Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, for guiding the work of this committee. Several teachers contributed to the development of this textbook; we are grateful to them and their principals for making this possible. We are indebted to the institutions and organisations which have generously permitted us to draw upon their resources, material and personnel. We are especially grateful to the members of the National Monitoring Committee, appointed by the Department of Secondary and Higher Education, Ministry of Human Resource Development under the Chairmanship of Professor Mrinal Miri and Professor G.P. Deshpande, for their valuable time and contribution. As an organisation committed to systemic reform and continuous improvement in the quality of its products, NCERT welcomes comments and suggestions which will enable us to undertake further revision and refinement.

Director
National Council of Educational
Research and Training

New Delhi
20 December 2005

Textbook Development Committee

Chairman, Advisory Group for textbooks in Science and Mathematics

J.V. Narlikar, *Emeritus Professor,* Chairman, Advisory Committee Inter University Centre for Astronomy & Astrophysics (IUCCA), Ganeshbhind, Pune University, Pune

Chief Advisor

Rupamanjari Ghosh, *Professor*, School of Physical Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi

Members

Anjni Koul, *Lecturer*, Department of Education in Science and Mathematics (DESM), NCERT, New Delhi

Anupam Pachauri, 1317, Sector 37, Faridabad, Haryana

Anuradha Gulati, *TGT,* CRPF Public School, Rohini, Delhi

Asfa M. Yasin, *Reader*, Pandit Sunderlal Sharma Central Institute of Vocational Education, NCERT, Bhopal

Charu Maini, *PGT*, DAV School, Sector 14, Gurgaon, Haryana

Dinesh Kumar, *Reader*, DESM, NCERT, New Delhi

Gagan Gupta, *Reader*, DESM, NCERT, New Delhi

H.L. Satheesh, *TGT* , DM School, Regional Institute of Education, Mysore

Madhuri Mahapatra, *Reader*, Regional Institute of Education, Bhubaneswar, Orissa

Puran Chand, *Jt. Director*, Central Institute of Educational Technology, NCERT, New Delhi

S.C. Jain, *Professor*, DESM, NCERT, New Delhi

Sujatha G.D., *Assistant Mistress*, V.V.S. Sardar Patel High School, Rajaji Nagar, Bangalore

S.K. Dash, *Reader*, DESM, NCERT, New Delhi

Seshu Lavania, *Reader*, Department of Botany, University of Lucknow, Lucknow

Satyajit Rath, *Scientist*, National Institute of Immunology, JNU Campus, New Delhi

Sukhvir Singh, *Reader*, DESM, Regional Institute of Education, Ajmer, Rajasthan

Uma Sudhir, Eklavya, Indore

Member-Coordinator

Brahm Parkash, *Professor*, DESM, NCERT, New Delhi

ACKNOWLEDGEMENTS

The National Council of Educational Research and Training is grateful to the members of the Textbook Development Team, whose names are given separately, for their contribution in the development of the Science textbook for Class IX. The Council also gratefully acknowledges the contribution of the participating members of the Review Workshop in the finalisation of the book: P.K. Bhattacharya, *Professor*, DESM, NCERT; Anita Julka, *Reader*, DEGSN, NCERT; Tausif Ahmad, *PGT*, New Era Sr. Sec. School, New Delhi; Samarketu, *PGT* in Physics, JNV, MESRA, Ranchi; Meenakshi Sharma, *PGT* in Biology, SVEM, Ankleshwar, Gujarat; Raji Kamlasanan, *PGT* in Biology, DTEA SNSU School, R.K. Puram, New Delhi; Meenambika Menon, *TGT* in Science, Cambridge School, Noida; Lalit Gupta, *TGT* in Science, Govt. Boys Sr. Sec. School No. 2, Uttam Nagar, New Delhi; Manoj Kumar Gupta, *Lecturer* in Chemistry, Mukherji Memorial Sr. Sec. School, Shahdara, Delhi; Vijay Kumar, *Vice-Principal*, Govt. Sarvodaya, Co. Edu. Sr. Sec. School, Anand Vihar, Delhi; Kanhaya Lal, *Principal* (Retd.), Deptt. of Education, GNCT of Delhi, Delhi; K.B. Gupta, *Professor* (Retd.), NCERT, New Delhi; Kuldeep Singh, *TGT* in Science, JNV, Meerut; R.A. Goel, *Principal* (Retd.), Delhi; Sumit Kumar Bhatnagar, Department of Education, GNCT of Delhi, Delhi.

Acknowledgements are due to M. Chandra, *Professor and Head*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT, New Delhi for providing all academic and administrative support.

The Council also gratefully acknowledges the support provided by the APC Office of DESM, administrative staff of DESM; Deepak Kapoor, *Incharge* Computer Centre, DESM; Saima, *DTP Operator*; Mohd. Qamar Tabrez, *Copy Editor*; Mathew John and Randhir Thakur, *Proof Readers*. The efforts of the Publication Department, NCERT are also highly appreciated.

અનુક્રમણિકા

	FOREWORD	*iii*
પ્રકરણ 1	આપણી આસપાસમાં દ્રવ્ય	1
પ્રકરણ 2	આપણી આસપાસનાં દ્રવ્યો શુદ્ધ છે ?	14
પ્રકરણ 3	પરમાણુઓ અને અણુઓ	31
પ્રકરણ 4	પરમાણુનું બંધારણ	46
પ્રકરણ 5	સજીવનો પાયાનો એકમ	57
પ્રકરણ 6	પેશીઓ	68
પ્રકરણ 7	સજીવોમાં વિવિધતા	80
પ્રકરણ 8	ગતિ	98
પ્રકરણ 9	બળ તથા ગતિના નિયમો	114
પ્રકરણ 10	ગુરુત્વાકર્ષણ	131
પ્રકરણ 11	કાર્ય અને ઊર્જા	146
પ્રકરણ12	ધ્વનિ	160
પ્રકરણ 13	આપણે શા માટે માંદાં પડીએ છીએ ?	176
પ્રકરણ 14	નૈસર્ગિક સ્રોતો	189
પ્રકરણ 15	અન્નસ્રોતોમાં સુધારણા	203
	જવાબો	216 - 218

આપણું રાષ્ટ્રગીત

જન-ગણ-મન અધિનાયક જય હે,
ભારત ભાગ્ય વિધાતા.
પંજાબ સિંધ ગુજરાત મરાઠા
દ્રાવિડ ઉત્કલ બંગા
વિંધ્ય હિમાચલ યમુના ગંગા
ઉચ્છલ જલધિ તરંગા
તવ શુભ નામે જાગે,
તવ શુભ આશિષ માગે.
ગાહે તવ જય ગાથા.
જન-ગણ-મંગલદાયક જય હે
ભારત ભાગ્ય વિધાતા.
જય હે, જય હે, જય હે,
જય જય જય, જય હે.

આપણું રાષ્ટ્રગીત મૂળભૂતરૂપે બંગાળી ભાષામાં શ્રી રવિન્દ્રનાથ ટાગોર દ્વારા રચાયેલ હતું, જેના હિન્દી રૂપાંતરણને સંસદીય સભામાં તા. 24 જાન્યુઆરી, 1950ના રોજ રાષ્ટ્રગીત તરીકે સ્વીકૃતિ મળેલ છે.

Quest for Truth

True education is that which helps us to know the atman, our true self, God and Truth. To acquire this knowledge, some persons may feel the need for a study of literature, some for a study of physical sciences and some others for art. But every branch of knowledge should have as its goal, knowledge of the self. That is so in the Ashram. We carry on numerous activities with that aim in view. All of them are, in my sense of the term, true education. Those activities can also be carried on without any reference to the goal of knowledge of the self. When they are so carried on, they may serve as a means of livelihood or of something else, but they are not education. In an activity carried on as education, a proper understanding of its meaning, devotion to duty and the spirit of service are necessary. The first necessarily brings about development of the intellect. In doing any piece of work, however small, we should be inspired by a holy aim and, while doing it, we should try to understand the purpose which it will serve and the scientific method of doing it. There is a science of every type of work — whether it be cooking, sanitation, carpentry or spinning. Everybody who does his work with the attitude of a student knows its science or discovers it.

— From a microfilm of the Gujarati: M.M.U./II, 10 July 1932 (CW 50, p. 182)

...We are living in the midst of death, tying to grope our way to Truth. Perhaps it is as well that we are beset with danger at every point in our life, for, inspite of our knowledge of the danger and of our precarious existence, our indifference to the source of all life is excelled only by our amazing arrogance.

....My intellect rebels against the destruction of any life in any shape whatsoever. But my heart is not strong enough to befriend these creatures, which, experience has shown, are destructive. The language of convincing confidence, which comes from actual experience, fails me, and it will continue to do so, so long as I am cowardly enough to fear snakes, tigers and the like.

— *(YI,* 17 July 1927, *p. 222)*

THE CONSTITUTION OF INDIA

PREAMBLE

WE, THE PEOPLE OF INDIA, having solemnly resolved to constitute India into a [1]**[SOVEREIGN SOCIALIST SECULAR DEMOCRATIC REPUBLIC]** and to secure to all its citizens :

JUSTICE, social, economic and political;

LIBERTY of thought, expression, belief, faith and worship;

EQUALITY of status and of opportunity; and to promote among them all

FRATERNITY assuring the dignity of the individual and the [2][unity and integrity of the Nation];

IN OUR CONSTITUENT ASSEMBLY this twenty-sixth day of November, 1949 do **HEREBY ADOPT, ENACT AND GIVE TO OURSELVES THIS CONSTITUTION.**

---

1. Subs. by the Constitution (Forty-second Amendment) Act, 1976, Sec.2, for "Sovereign Democratic Republic" (w.e.f. 3.1.1977)
2. Subs. by the Constitution (Forty-second Amendment) Act, 1976, Sec.2, for "Unity of the Nation" (w.e.f. 3.1.1977)

પ્રકરણ 1

આપણી આસપાસમાં દ્રવ્ય (Matter In Our Surroundings)

આપણી આસપાસ (ચોપાસ) નજર કરીએ, તો જુદાં-જુદાં આકાર, કદ અને બનાવટો ધરાવતી વિવિધ વસ્તુઓ જોઈ શકાય છે. બ્રહ્માંડ (universe)ની દરેક વસ્તુ જે સામગ્રીમાંથી બનેલી છે, તેને વૈજ્ઞાનિકોએ ‘દ્રવ્ય’ (matter) નામ આપેલું છે. આપણે શ્વાસ લઈએ છીએ તે હવા, જે ખોરાક આપણે ખાઈએ છીએ, પથ્થરો, વાદળો, તારાઓ, છોડવાઓ તેમજ પ્રાણીઓ, એટલું જ નહિ પરંતુ પાણીનું એક ટીપું અથવા રેતીનો એક કણ, આ દરેક વસ્તુ દ્રવ્ય છે. જોવાવાળી વાત તો એ છે કે, ઉપર દર્શાવેલી તમામ વસ્તુઓ જગ્યા રોકે છે અને દળ ધરાવે છે, બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો તે દરેક વસ્તુ દળ* તેમજ કદ** ધરાવે છે.

પ્રાચીન કાળથી મનુષ્ય પોતાની આસપાસ (ચોપાસ)ની વસ્તુઓને સમજવાનો પ્રયત્ન કરતો આવ્યો છે. ભારતના પ્રાચીન તત્ત્વ-જ્ઞાનીઓએ પદાર્થને પાંચ મૂળભૂત તત્ત્વોમાં વર્ગીકૃત કરેલ છે. જેને પંચતત્ત્વ તરીકે ઓળખવામાં આવ્યા. આ પંચતત્ત્વ - વાયુ, પૃથ્વી, અગ્નિ, આકાશ અને પાણી છે. તેઓના મત મુજબ દરેક સજીવ કે નિર્જીવ વસ્તુ આ પાંચ મૂળભૂત તત્ત્વોની બનેલી છે. તે સમયના ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાનીઓએ પણ પદાર્થને આ જ પ્રકારે વર્ગીકૃત કર્યું હતું.

આધુનિક વૈજ્ઞાનિકોએ દ્રવ્યના ભૌતિક ગુણધર્મો અને રાસાયણિક સ્વભાવ (પ્રકૃતિ)ના આધારે તેનું બે પ્રકારમાં વર્ગીકરણ વિકસાવેલ છે.

આ પ્રકરણમાં આપણે દ્રવ્યના ભૌતિક ગુણધર્મોને આધારે તેનો અભ્યાસ કરીશું. દ્રવ્યનાં રાસાયણિક પાસાંઓનો અભ્યાસ આગામી પ્રકરણોમાં કરીશું.

1.1 દ્રવ્યનો ભૌતિક સ્વભાવ (પ્રકૃતિ) (Physical Nature of Matter)

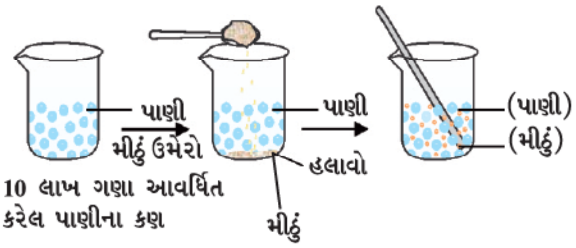
1.1.1 દ્રવ્ય કણોનું બનેલું છે (Matter is made up of particles)

ઘણા લાંબા સમયથી વૈજ્ઞાનિકોના સમૂહો (Schools) એ દ્રવ્ય વિશે બે વિચારધારાઓ રજૂ કરેલી છે. એક સમૂહ એમ માનતો હતો કે, દ્રવ્ય લાકડાના ટુકડાની જેમ સતત (Continuous) છે જ્યારે બીજો સમૂહ એમ માનતો હતો કે, દ્રવ્ય રેતીના કણની માફક નાના-નાના કણોનો બનેલો છે. હવે આપણે નીચેની પ્રવૃત્તિ વડે દ્રવ્યના સ્વભાવની બાબતનો નિર્ણય કરીશું કે તે સતત છે કે કણોનો બનેલો છે ?

પ્રવૃત્તિ 1.1

- 100 mLનું એક બીકર લો.
- તેને પાણીથી અડધું ભરીને તેમાં પાણીના સ્તર પર નિશાન કરો.
- તેમાં થોડી ખાંડ/મીઠું નાખીને કાચના સળિયા (Glass Rod) વડે હલાવીને ઓગાળો.
- પાણીના સ્તરમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે કે નહિ તેનું અવલોકન કરો.
- તમારા મત મુજબ ઓગળેલ ખાંડ/મીઠાનું શું થયું હશે ?
- તે ક્યાં અદ્રશ્ય થઈ ગયા ?
- પાણીના સ્તરમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ?

આ પ્રશ્નોના ઉત્તર મેળવવા માટે આપણે દ્રવ્ય એ કણોનું બનેલું છે, તે વિચારની જરૂર પડશે.
ચમચીમાં શું છે, મીઠું કે ખાંડ કે જે હવે સમગ્ર પાણીમાં ઓગળી ગયેલ છે. જે આકૃતિ 1.1 માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 1.1 : જ્યારે આપણે મીઠાને પાણીમાં ઓગાળીએ છીએ ત્યારે પાણીના કણો વચ્ચેનાં ખાલી સ્થાનોમાં મીઠાના કણો સમાઈ (ગોઠવાઈ) જાય છે.

1.1.2 દ્રવ્યના આ કણો કેટલા સૂક્ષ્મ હોય છે ? (How small are these particles of matter ?)

પ્રવૃત્તિ 1.2

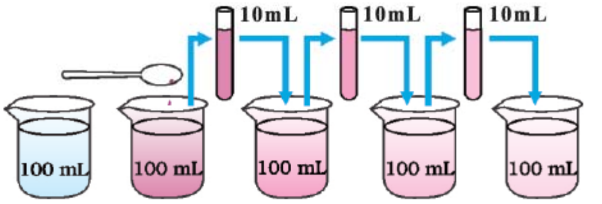
- પૉટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટ ($KMnO_4$) સ્ફટિકના બે-ત્રણ કણ લઈ તેને 100 mL પાણીમાં ઓગાળો.

---

* દળનો SI એકમ કિલોગ્રામ (kg) છે.

** કદનો SI એકમ ઘનમીટર (m^3) છે. કદ માપવા માટે સામાન્ય રીતે વપરાતો એકમ લિટર (L) છે.
$1L = 1dm^3$, $1mL = 1cm^3$, $1L = 1000$ mL, $1m^3 = 1000L$

- આ દ્રાવણમાંથી આશરે 10 mL દ્રાવણ લઈ તેને 90 mL શુદ્ધ પાણીમાં ઉમેરો.
- આ રીતે બનેલા દ્રાવણમાંથી 10 mL દ્રાવણ લઈ તેને ફરી વાર 90 mL શુદ્ધ પાણીમાં ઉમેરો.
- આ જ પ્રકારે દ્રાવણને પાંચથી આઠ વખત મંદ બનાવો.
- શું હજી પાણી રંગીન રહે છે ?



આકૃતિ 1.2 : દ્રવ્યના કણો કેટલા નાના (સૂક્ષ્મ) છે તેનું અનુમાન કરો. દરેક મંદન વખતે દ્રાવણનો રંગ આછો થતો જાય છે છતાં તે દ્રાવણ રંગીન દેખાય છે.

આ પ્રયોગ દર્શાવે છે કે, પૉટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટ સ્ફટિકના થોડા જ કણો પાણીના મોટા કદના જથ્થાને (1000 L) રંગીન બનાવે છે. આમ, આપણે એવા નિષ્કર્ષ પર આવી શકીએ છીએ કે પૉટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટ સ્ફટિકના એક કણમાં ઘણા નાના કણો રહેલા છે, જે વધુ ને વધુ નાના કણોમાં વિભાજિત થયા કરે છે.

પૉટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટને બદલે ડેટોલનું 2 mL દ્રાવણ લઈ આ જ પ્રકારની પ્રવૃત્તિ કરી શકાય છે. તે દ્રાવણને વારંવાર મંદ કરવા છતાં ડેટોલની વાસ (smell) આવ્યા કરે છે.

> દ્રવ્યના કણો અતિસૂક્ષ્મ છે. આટલા સૂક્ષ્મ કણો આપણી કલ્પના બહારના છે !!!!

1.2 દ્રવ્યના કણોની લાક્ષણિકતા (Characteristics of Particles of Matter)

1.2.1 દ્રવ્યના કણો વચ્ચે ખાલી સ્થાનો (અવકાશ) રહેલાં હોય છે (Particles of matter have space between them)

પ્રવૃત્તિ 1.1 અને 1.2માં આપણે જોયું કે ખાંડ, મીઠું, ડેટોલ કે પૉટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટના કણો પાણીમાં એક સરખા પ્રમાણમાં વહેંચાય છે. તે જ રીતે જ્યારે આપણે ચા, કૉફી કે લીંબુ-પાણી બનાવીએ ત્યારે એક પ્રકારના દ્રવ્યના કણો બીજા પ્રકારના દ્રવ્યના કણો વચ્ચેનાં સ્થાનો (અવકાશ)માં ગોઠવાય છે, તે દર્શાવે છે કે દ્રવ્યના કણો વચ્ચે અવકાશ હોય છે.

1.2.2 દ્રવ્યના કણો સતત ગતિશીલ હોય છે. (Particles of matter are continuously moving)

પ્રવૃત્તિ ______ 1.3

- તમારા વર્ગના કોઈ એક ખૂણામાં સળગાવ્યાં વગરની અગરબત્તી મૂકો. તેની સુગંધ લેવા માટે તમારે તેની કેટલા નજીક જવું પડે ?
- હવે આ અગરબત્તીને સળગાવો. શું થશે ? શું દૂરથી આપણને તેની સુગંધ મળે છે ?
- તમારાં અવલોકનો નોંધો.

પ્રવૃત્તિ ______ 1.4

- પાણીથી ભરેલા બે બીકર લો.
- ભૂરી/લાલ શાહીનું એક ટીપું પ્રથમ બીકરની દીવાલ બાજુથી ધ્યાનપૂર્વક અને ધીમેથી ઉમેરો. બીજા બીકરમાં તે જ પ્રકારે મધનું એક ટીપું ઉમેરો.
- તે બંને બીકરમાંના દ્રાવણને તમારા ઘર અથવા વર્ગના કોઈ એક ખૂણામાં હલાવ્યા વિના મૂકી રાખો.
- તમારાં અવલોકનો નોંધો.
- શાહીનું ટીપું ઉમેર્યા પછી તરત જ તમે શું અવલોકન કર્યું ?
- મધનું ટીપું ઉમેર્યા પછી તરત જ તમે શું અવલોકન કર્યું ?
- શાહીના રંગને એકસમાન રીતે પાણીમાં ફેલાતાં/પ્રસરતાં કેટલા કલાક અથવા દિવસ લાગે છે ?

પ્રવૃત્તિ ______ 1.5

- ગરમ પાણી-ભરેલા એક પાત્રમાં તથા ઠંડા પાણી ભરેલા બીજા પાત્રમાં કૉપર સલ્ફેટ ($CuSO_4$) અથવા પૉટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટ ($KMnO_4$) સ્ફટિકનો એક કણ ઉમેરી તેને એક બાજુ રાખી મૂકો. દ્રાવણને હલાવશો નહિ. સ્ફટિકને તળિયે બેસવા દો.
- પાત્રમાં ઘન સ્ફટિક કણ (Crystal)ની બરાબર ઉપરના ભાગમાં શું દેખાય છે ?
- સમય પસાર થતાં શું થાય છે ?
- તેના દ્વારા ઘન અને પ્રવાહી કણો વિશે શો ખ્યાલ આવે છે ?
- શું તાપમાન બદલાતાં મિશ્ર થવાનો દર બદલાય છે ? શા માટે અને કેવી રીતે ?

ઉપર્યુક્ત ત્રણ પ્રવૃત્તિઓ (1.3, 1.4 અને 1.5)ના આધારે આપણે નીચે પ્રમાણેનાં તારણ પર પહોંચી શકીએ.

દ્રવ્યના કણો સતત ગતિશીલ હોય છે. એટલે કે તે ગતિ ઊર્જા ધરાવે છે. તાપમાન વધતાં દ્રવ્યના કણોની ગતિ વધે છે. જેથી આપણે કહી શકીએ કે, તાપમાન વધતાં કણોની ગતિ ઊર્જા વધે છે.

ઉપર્યુક્ત ત્રણેય પ્રવૃત્તિઓમાં આપણે જોયું કે, દ્રવ્યના કણો એકબીજામાં આંતરમિશ્રિત થયેલા હોય છે. કારણ કે, એક દ્રવ્યના કણો વચ્ચેના અવકાશમાં બીજા દ્રવ્યના કણો ગોઠવાય છે અને સમાન રીતે મિશ્ર થાય છે. આ પ્રકારે બે જુદા-જુદા પ્રકારના દ્રવ્યના કણોની એકબીજામાં આંતરમિશ્ર થવાની ઘટનાને પ્રસરણ (Diffusion) કહે છે. આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે, તાપમાન વધતા પ્રસરણ વધુ ઝડપી બને છે. આવું શા માટે થાય છે ?

1.2.3 દ્રવ્યના કણો એકબીજાને આકર્ષે છે. (Particles of Matter Attract Each Other)

પ્રવૃત્તિ 1.6

- આ રમતને કોઈ મેદાનમાં રમો. નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે ચાર જૂથ બનાવી માનવસાંકળ રચો.
- પ્રથમ જૂથ ઈદુ મિશ્મી નૃત્યકારની માફક એકબીજાને પાછળની બાજુએથી હાથ પરોવી પકડી લેશે. (આકૃતિ 1.3)

આકૃતિ 1.3

- બીજું જૂથ એકબીજાના હાથ પકડીને માનવસાંકળ રચશે.
- ત્રીજું જૂથ એકબીજા સાથે માત્ર આંગળીનાં ટેરવાના સ્પર્શથી માનવસાંકળ રચશે.
- ચોથું જૂથ આ ત્રણેય જૂથમાં રચાયેલી સાંકળોને એક પછી એક તોડીને શક્ય તેટલાં નાનાં જૂથ બનાવવાનો પ્રયત્ન કરશે.
- કયું જૂથ સરળતાથી તૂટ્યું હશે ? શા માટે ?
- જો આપણે દરેક વિદ્યાર્થીને દ્રવ્યના કણ તરીકે ગણીએ તો, કયા જૂથમાં દ્રવ્યના કણો એકબીજાને મહત્તમ બળથી જકડી રાખે છે ?

પ્રવૃત્તિ 1.7

- એક લોખંડની ખીલી, ચૉકનો ટુકડો અને રબર બેન્ડ લો.
- તેને હથોડી વડે પ્રહાર કરીને, કાપીને અથવા ખેંચીને તોડવાનો પ્રયાસ કરો.
- ઉપર્યુક્ત ત્રણેય પદાર્થો પૈકી શેમાં કણો એકબીજા સાથે પ્રબળ બળથી જકડાયેલા હશે ?

પ્રવૃત્તિ 1.8

- એક પાત્રમાં થોડું પાણી લો, તમારી આંગળી વડે પાણીની સપાટીને કાપવાનો પ્રયત્ન કરો.
- શું તમે પાણીની સપાટીને કાપી શક્યા ?
- પાણીની સપાટી ભેગી રહેવા માટેનું કારણ શું હોઈ શકે ?

ઉપર્યુક્ત ત્રણેય પ્રવૃત્તિઓ (1.6, 1.7 અને 1.8) સૂચવે છે કે દ્રવ્યના કણો વચ્ચે એક બળ કાર્યરત હોય છે. આ બળ કણોને એકબીજા સાથે જકડી રાખે છે. દ્રવ્યના કણો વચ્ચેનું આ પ્રકારનું આકર્ષણ બળ એક કરતાં બીજા દ્રવ્યમાં અલગ-અલગ હોય છે.

પ્રશ્નો :

1. નીચેના પૈકી ક્યાં દ્રવ્યો છે ?
   ખુરશી, હવા, પ્રેમ, સુગંધ, ધિક્કાર, બદામ, વિચાર, ઠંડી, લીંબુ પાણી, અત્તરની સુગંધ
2. નીચેનાં અવલોકનો માટેનાં કારણો આપો :
   ગરમ ખોરાકની સોડમ (વાસ) થોડા મીટર દૂર સુધી પણ આવે છે. જ્યારે ઠંડા થઈ ગયેલા ખોરાકની સોડમ (વાસ) લેવા માટે તેની વધુ નજીક જવું પડે છે.
3. તરવૈયો સ્વીમિંગ પુલમાં પાણીના પ્રવાહને કાપીને આગળ વધી શકે છે. અહીં દ્રવ્યનો કયો ગુણધર્મ જોવા મળે છે ?
4. દ્રવ્યના કણોમાં કયા પ્રકારની લાક્ષણિકતાઓ હોય છે ?

1.3 દ્રવ્યની અવસ્થાઓ (States of Matter)

તમારી ચોપાસનાં દ્રવ્યોનું ધ્યાનથી અવલોકન કરો. તે કઈ જુદી-જુદી અવસ્થાઓ ધરાવે છે ? આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે, આપણી આસપાસનાં દ્રવ્યો ત્રણ જુદી-જુદી અવસ્થાઓ ધરાવે છે. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ. દ્રવ્યના કણોની લાક્ષણિકતાઓ જુદી-જુદી હોવાનાં કારણે દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થાઓ ઉદ્ભવે છે.

હવે આપણે દ્રવ્યની ત્રણેય અવસ્થાઓના ગુણધર્મો વિશે વિસ્તૃત ચર્ચા કરીશું.

1.3.1 ઘન-અવસ્થા (The solid state)

પ્રવૃત્તિ 1.9

- નીચે દર્શાવેલ વસ્તુઓ એકઠી કરો :
  પેન, પુસ્તક, સોય અને દોરીનો ટુકડો
- ઉપર્યુક્ત વસ્તુઓને કોરા કાગળ પર મૂકી તેની ફરતે પેન્સિલ ફેરવી તેના આકારનું રેખાચિત્ર બનાવો.
- શું આ તમામ વસ્તુઓને ચોક્કસ આકાર, નિશ્ચિત સીમાઓ અને ચોક્કસ કદ હોય છે ?
- તેઓને હથોડી વડે ટીપવાથી કે તેઓને ખેંચવાથી કે નીચે પાડવાથી શું થાય છે ?
- શું આ તમામ વસ્તુઓનું એકબીજામાં પ્રસરણ શક્ય છે ?
- બળ લગાવીને આ વસ્તુઓને સંકોચવાનો, દબાવવાનો પ્રયાસ કરો. શું તેનું સંકોચન થઈ શકે છે ?

ઉપર્યુક્ત તમામ ઉદાહરણ ઘન પદાર્થના છે. આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે આ દરેક વસ્તુને ચોક્કસ આકાર, નિશ્ચિત સીમાઓ અને ચોક્કસ કદ છે. એટલે કે અવગણી શકાય તેવું (નગણ્ય) સંકોચન છે. ઘન પદાર્થ પર બાહ્ય બળ લગાવવા છતાં તે પોતાનો મૂળભૂત આકાર જાળવી રાખે છે. ઘન પદાર્થ પર બળ લગાવતાં તે તૂટી શકે; પરંતુ તેના આકારમાં ફેરફાર થવો મુશ્કેલ છે. તેથી જ તે દૃઢ (Rigid) હોય છે.

નીચે દર્શાવેલ વિધાનો ધ્યાનમાં લો :

(અ) રબરબૅન્ડ (રબરની રિંગ) વિશે શું માની શકાય ? શું ખેંચાણ આપીને તેના આકારમાં ફેરફાર કરી શકાય છે ? શું તે ઘન છે ?

(બ) મીઠું અને ખાંડને જુદા-જુદા આકાર ધરાવતાં પાત્રોમાં ભરવાથી તેમનો આકાર પણ પાત્રના આકાર જેવો થઈ શકે છે ? શું તેઓ ઘન છે ?

(ક) વાદળી (Sponge) શું છે ? તે ઘન છે છતાં તેનું સંકોચન કરી શકાય છે. શા માટે ?

આ તમામ ઘન છે, કારણ કે,

- બાહ્ય બળ લગાવતાં રબરબૅન્ડનો આકાર બદલાય છે અને બાહ્ય બળ દૂર કરતાં તે પુનઃ પોતાનો મૂળ આકાર ધારણ કરે છે. અતિશય બળ લગાવવાથી રબરબૅન્ડ તૂટી જાય છે.
- મીઠું અને ખાંડને આપણા હાથમાં રાખીએ કે પછી કોઈ રકાબી (Dish) કે બરણી (Jar)માં રાખીએ તો પણ તેના સ્ફટિકોના આકાર બદલાતા નથી.
- વાદળી (Sponge)માં ખૂબ જ નાનાં છિદ્રો હોય છે. જેમાં હવા ભરાયેલી હોય છે, જ્યારે આપણે તેને દબાવીએ છીએ ત્યારે તેમાંથી હવા બહાર નીકળે છે, જેને કારણે તેનું સંકોચન થાય છે.

1.3.2 પ્રવાહી-અવસ્થા (The liquid state)

પ્રવૃત્તિ 1.10

- નીચે દર્શાવેલી વસ્તુઓ એકઠી કરો :
  (અ) પાણી, ખોરાક રાંધવાનું તેલ, દૂધ, જ્યુસ (રસ) અને ઠંડું પીણું
  (બ) પ્રયોગશાળામાં માપન નળાકાર (Measuring Cylinder)ની મદદથી જુદા-જુદા આકારનાં પાત્રો (વાસણો)માં 50 mL કદ પર નિશાન કરો.
- આ પ્રવાહીઓને ભોંયતળિયે ઢોળી દેવાથી શું થશે ?
- કોઈ એક પ્રવાહીનું 50 mL કદ લઈ જુદાં-જુદાં પાત્રોમાં એક પછી એક ભરો. શું દરેક વખતે તેનું કદ સમાન રહે છે ?
- શું પ્રવાહીનો આકાર એકસમાન જળવાઈ રહે છે ?
- પ્રવાહીને એક પાત્રમાંથી બીજા પાત્રમાં રેડતાં તે સરળતાથી વહન પામે છે ?

આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે પ્રવાહીને નિશ્ચિત આકાર હોતો નથી; પરંતુ તે નિશ્ચિત કદ ધરાવે છે. તેને જે પાત્રમાં ભરવામાં આવે તે પાત્ર જેવો આકાર ધારણ કરે છે. પ્રવાહીમાં વહનશીલતાનો ગુણ છે, તેથી જ તેનો આકાર બદલાય છે, એટલે જ પ્રવાહી સખત નહિ પરંતુ તરલ હોય છે.

પ્રવૃત્તિ 1.4 અને 1.5ના સંદર્ભમાં આપણે જોયું કે, ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થોનું પ્રવાહીમાં પ્રસરણ (diffusion) સંભવી શકે છે. વાતાવરણના વાયુઓ પાણીમાં પ્રસરણ પામીને ઓગળે છે. આ વાયુઓ ખાસ કરીને ઑક્સિજન (O_2) અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) જળચર પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ ના અસ્તિત્વ માટે આવશ્યક હોય છે.

દરેક સજીવને પોતાના અસ્તિત્વ માટે શ્વાસ લેવો જરૂરી છે. દરેક જળચર પ્રાણી શ્વાસમાં પાણીમાં ઓગળેલો ઑક્સિજન લે છે. આ ઉપરથી આપણે એ નિષ્કર્ષ પર પહોંચી શકીએ છીએ કે, ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ એમ ત્રણેયનું પ્રસરણ પ્રવાહીમાં શક્ય છે. ઘનની સરખામણીમાં પ્રવાહીનો પ્રસરણ દર વધુ હોય છે.

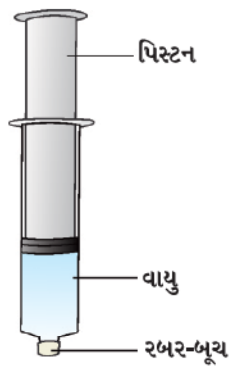
છે, કારણ કે, પ્રવાહી-અવસ્થામાં દ્રવ્યના કણો સ્વતંત્ર રૂપે ગતિ કરે છે અને ઘનની સાપેક્ષે પ્રવાહીના કણો વચ્ચે અવકાશ વધુ હોય છે, એટલે કે ઘનની સરખામણીમાં પ્રવાહીના કણો વધુ દૃઢ ન હોવાથી છૂટા છવાયા ગોઠવાય છે.

1.3.3 વાયુ અવસ્થા (The gaseous state)

તમે ક્યારેય ગૅસ (Gas)ના ફુગ્ગાવાળાને જોયો, છે જે ગૅસના એક જ સિલિન્ડરમાંથી ઘણાબધા ફુગ્ગામાં ગૅસ ભરે છે ? તેને પૂછો કે એક જ સિલિન્ડરથી તે કેટલા ફુગ્ગામાં ગૅસ ભરે છે ? તેને પૂછો કે સિલિન્ડરમાં કયો ગૅસ ભરેલો છે ?

પ્રવૃત્તિ ________ 1.11

- 100 mLની ત્રણ સિરિંજ લો અને તેના શીર્ષ (અગ્ર ભાગ)ને રબરના બૂચથી બંધ કરી દો. (આકૃતિ 1.4 માં દર્શાવ્યા મુજબ)
- દરેક સિરિંજના પિસ્ટનને દૂર કરો.
- પ્રથમ સિરિંજમાં હવા રહેવા દો, બીજીમાં પાણી અને ત્રીજીમાં ચૉકના ટુકડા ભરો.
- પિસ્ટનને ફરીથી સિરિંજમાં ભરાવો. સિરિંજના પિસ્ટનની ગતિશીલતા સરળ બનાવવા માટે તેને સિરિંજમાં ભરાવતા પહેલાં તેની સપાટી પર થોડી પેટ્રોલિયમ જેલી (વૅસેલાઈન) લગાવો.
- દરેક પિસ્ટનને સિરિંજમાં નાખીને દબાવવાનો પ્રયત્ન કરો.



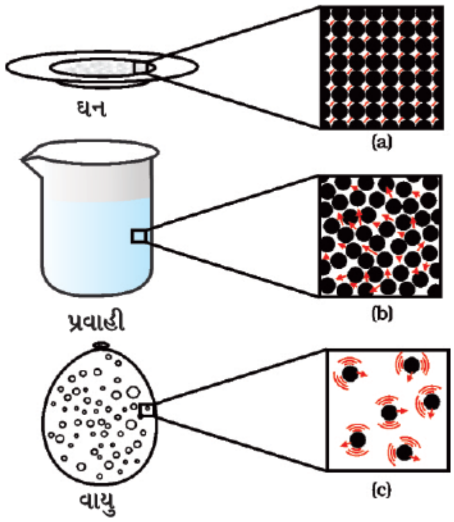
આકૃતિ 1.4

- તમે શું જોયું ? કઈ સ્થિતિમાં પિસ્ટન સહેલાઈથી સિરિંજમાં જઈ શકે છે ?
- તમારાં અવલોકન પરથી તમે શું તારણ નક્કી કર્યું ?

આપણે જોયું કે ઘન તેમજ પ્રવાહીની તુલનામાં વાયુનું સંકોચન (Compression) ઘણી વધુ માત્રામાં થાય છે. આપણા ઘરમાં ખોરાક રાંધવા માટે વપરાતો પ્રવાહીકૃત પેટ્રોલિયમ વાયુ (Liquified Petroleum gas) (LPG) અથવા તો હૉસ્પિટલોમાં વપરાતા ઑક્સિજન સિલિન્ડરમાં સંકોચિત વાયુ હોય છે. આજ-કાલ વાહનોમાં ઈંધણ (બળતણ) તરીકે સંકોચિત કુદરતી વાયુ (Compressed Natural Gas) (CNG) નો ઉપયોગ થાય છે. સંકોચનીયતા પ્રમાણમાં વધુ હોવાને કારણે વાયુના અતિશય વધુ કદને ઓછા કદ ધરાવતા સિલિન્ડરમાં સંકોચિત કરી શકાય છે અને આસાનીથી એક સ્થળેથી બીજા સ્થળે લઈ જઈ શકાય છે.

આપણી નાસિકાઓનાં છિદ્રો (Nostrils) સુધી પહોંચી શકતી સોડમ (Smell) ને કારણે રસોઈ ઘરમાં પ્રવેશ કર્યા સિવાય આપણે જાણી શકીએ છીએ કે, રસોઈઘરમાં શેની રસોઈ થઈ રહી છે ? આ સોડમ આપણા સુધી કેવી રીતે પહોંચે છે ? ખોરાકની સોડમના કણો હવામાં ભળી જાય છે અને હવામાં ફેલાઈને રસોઈઘરથી આપણા સુધી પહોંચે છે. આ સોડમના કણો હજી વધુ દૂર પણ જઈ શકે છે. રાંધેલા ગરમ ખોરાકની સોડમ આપણી પાસે થોડી જ ક્ષણોમાં પહોંચી જાય છે, તેની ઘન તેમજ પ્રવાહીના કણોના પ્રસરણ સાથે સરખામણી કરો. કણોની ઝડપી ગતિ અને કણો વચ્ચેના વધુ ને વધુ અવકાશને કારણે વાયુઓનું અન્ય વાયુઓમાં પ્રસરણ ખૂબ જ ઝડપથી થાય છે.

વાયુ-અવસ્થામાં કણોની ગતિ (હલનચલન) અસ્તવ્યસ્ત (અનિયમિત) અને વધુ હોય છે. આ અસ્તવ્યસ્ત ગતિને કારણે કણો એકબીજા સાથે તેમજ પાત્રની દીવાલ સાથે અથડામણ અનુભવે છે. પાત્રની દીવાલ પરના વાયુના કણો દ્વારા પ્રતિ એકમ ક્ષેત્રફળ પર લાગતા બળને કારણે વાયુનું દબાણ ઉદ્ભવે છે.



આકૃતિ 1.5 : a, b અને c દ્રવ્યની ત્રણેય અવસ્થાઓના કણોનું યોજનાબદ્ધ આવર્ધિત (મોટું સ્વરૂપ) ચિત્ર દર્શાવે છે. ત્રણેય અવસ્થાઓમાં કણોની ગતિ જોઈ શકાય છે અને તેની સરખામણી કરી શકાય છે.

પ્રશ્નો :

1. પદાર્થના પ્રતિ એકમ કદના દળને તેની ઘનતા કહે છે. (ઘનતા = દળ/કદ).
નીચેનાંને વધતી જતી ઘનતાના યોગ્ય ક્રમમાં ગોઠવો : હવા, ચીમનીમાંથી નીકળતો ધુમાડો, મધ, પાણી, ચૉક, રૂ અને લોખંડ
2. (a) પદાર્થની ભિન્ન અવસ્થાઓના ગુણધર્મોમાં જોવા મળતો ફેરફાર કોષ્ટક રૂપે દર્શાવો.
   (b) નીચે દર્શાવેલા માટે યોગ્ય નોંધ કરો : સખતાઈ (Rigidity), સંકોચનીયતા (Compressibility), તરલતા (Fluidity), પાત્રમાં વાયુને ભરવો, આકાર, ગતિજ ઊર્જા (Kinetic Energy) તેમજ ઘનતા.
3. કારણો દર્શાવો :
   (a) વાયુને જે પાત્રમાં રાખવામાં આવે તે સમગ્ર પાત્રને તે પૂરેપૂરી રીતે ભરી દે છે.
   (b) વાયુ એ પાત્રની દીવાલો પર દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે.
   (c) લાકડાનું ટેબલ ઘન પદાર્થ કહેવાય છે.
   (d) આપણે આસાનીથી આપણો હાથ હવામાં ફેરવી શકીએ છીએ; પરંતુ એક લાકડાના ટુકડામાં આ જ રીતે હાથ ફેરવવા માટે આપણે કરાટેની રમતમાં ચેમ્પિયન થવું પડશે.
4. સામાન્ય રીતે ઘન પદાર્થોની સરખામણીમાં પ્રવાહી પદાર્થોની ઘનતા ઓછી હોય છે; પરંતુ તમે બરફના ટુકડાને પાણી ઉપર તરતો જોયો હશે. કહો કે આવું શા માટે થાય છે ?

1.4 શું દ્રવ્ય પોતાની અવસ્થાને બદલી શકે છે ? (Can Matter Change Its State ?)

આપણાં અવલોકન દ્વારા આપણે જાણી શકીએ છીએ કે, પાણી ત્રણેય અવસ્થાઓ ધરાવી શકે છે :

- ઘન : બરફ સ્વરૂપે
- પ્રવાહી : પાણી સ્વરૂપે
- વાયુ : પાણીની બાષ્પ (વરાળ) સ્વરૂપે.

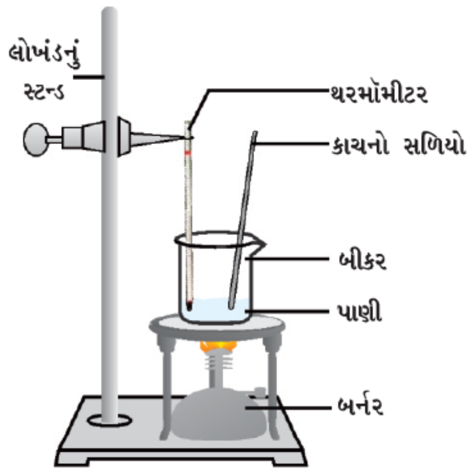
દ્રવ્યની અવસ્થા બદલાય તે દરમિયાન તેમાં શું ફેરફાર થાય છે ? અવસ્થા બદલાવાથી દ્રવ્યના કણો પર શો પ્રભાવ (અસર) પડે છે ? અવસ્થાનો આ ફેરફાર કેવી રીતે થાય છે ? શું આપણે આ પ્રશ્નોના ઉત્તર મેળવવા ન જોઈએ ?

1.4.1 તાપમાનના ફેરફારની અસર (Effect of change of temperature)

પ્રવૃત્તિ 1.12

- એક બીકરમાં 150 ગ્રામ બરફના ટુકડા લઈ આકૃતિ 1.6માં દર્શાવ્યા મુજબ તેમાં પ્રયોગશાળામાં વપરાતું થરમૉમીટર એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી થરમૉમીટરનો બલ્બ બરફના ટુકડાના સંપર્કમાં રહે.

(a)



(b)

આકૃતિ 1.6 : (a) બરફનું પાણીમાં રૂપાંતર થવાની પ્રક્રિયા (b) પાણીનું બાષ્પમાં રૂપાંતર થવાની પ્રક્રિયા

- ધીમા તાપે બીકરને ગરમ કરવાનું શરૂ કરો.
- જ્યારે બરફ પીગળવા માંડે ત્યારે તાપમાન નોંધી લો.
- જ્યારે બરફ સંપૂર્ણ રીતે પાણી (પ્રવાહી સ્વરૂપ)માં રૂપાંતરિત થઈ જાય ત્યારે ફરી વાર તાપમાન નોંધી લો.
- ઘન-અવસ્થામાંથી પ્રવાહી-અવસ્થામાં થતા આ રૂપાંતર માટે તમારું અવલોકન નોંધો.
- હવે બીકરમાં એક કાચનો સળિયો (Glass Rod) રાખીને તેના દ્વારા હલાવતાં-હલાવતાં પાણી ઊકળે ત્યાં સુધી તેને ગરમ કરો.
- જ્યાં સુધી મોટા ભાગનાં પાણીની બાષ્પ બની જાય ત્યાં સુધી થરમૉમીટરનાં તાપમાન પર નજર રાખો.
- પાણીની પ્રવાહી-અવસ્થામાંથી વાયુ-અવસ્થામાં થતા રૂપાંતર માટે અવલોકનો નોંધો.

ઘન પદાર્થનું તાપમાન વધારતાં તેના કણોની ગતિ ઊર્જા વધે છે. ગતિ ઊર્જામાં વધારો થવાથી કણ વધુ ઝડપથી કંપન કરવા લાગે છે. ઉષ્મા (ગરમી) દ્વારા આપવામાં આવેલી ઊર્જા એ કણો વચ્ચેના આકર્ષણ બળને નબળું પાડે છે જેથી કણ પોતાનું નિયત સ્થાન છોડીને વધુ સ્વતંત્ર રીતે ગતિ કરવા લાગે છે. એક અવસ્થા એવી આવે છે કે જ્યારે ઘન પદાર્થ પીગળીને પ્રવાહી સ્વરૂપમાં સંપૂર્ણ રૂપાંતર પામે છે. જે તાપમાને વાતાવરણીય દબાણ હેઠળ ઘન પદાર્થ પીગળીને પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રૂપાંતરિત થાય છે તે તાપમાનને તે ઘન પદાર્થનું ગલનબિંદુ (Melting Point) કહે છે.

> કોઈ પણ ઘન પદાર્થનું ગલનબિંદુ તેમાં રહેલા કણો વચ્ચેના આકર્ષણબળની પ્રબળતા દર્શાવે છે.

બરફનું ગલનબિંદુ 273.15 K* છે. પીગળવાની પ્રક્રિયા એટલે કે ઘનના પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રૂપાંતરણની પ્રક્રિયાને ગલન (Fusion) પણ કહે છે. **કોઈ ઘન પદાર્થના ગલન વખતે તાપમાન અચળ રહે તો ઉષ્માઊર્જા ક્યાં જાય છે ?**

ગલનના પ્રયોગની પ્રક્રિયા દરમિયાન તમે અવલોકન કર્યું હશે કે ગલનબિંદુ સુધી પહોંચ્યા બાદ જ્યાં સુધી સંપૂર્ણ બરફ પીગળી ન જાય ત્યાં સુધી તાપમાન બદલાતું નથી. બીકરને ગરમી આપવા છતાં તાપમાન અચળ રહે છે. કણો વચ્ચેનાં પારસ્પરિક આકર્ષણબળની ઉપરવટ જઈને દ્રવ્યની અવસ્થાને બદલવા માટે ઉષ્માનો ઉપયોગ થાય છે; પરંતુ તાપમાનમાં કોઈ પણ ફેરફાર દર્શાવ્યા સિવાય જ બરફ આ ઉષ્મા-ઊર્જાને શોષી લે છે. એવું માનવામાં આવે છે કે, આ ઉષ્મા-ઊર્જા બીકરમાં રહેલા સંઘટકો (Contents)માં છુપાયેલી હોય છે. જેને ગુપ્ત ઉષ્મા (Latent Heat) કહે છે. અહીં ગુપ્તનો અર્થ 'છુપાયેલી' એમ કરવામાં આવે છે.

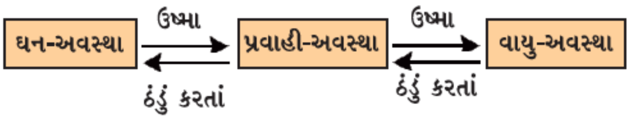
પદાર્થના ગલનબિંદુ જેટલા તાપમાને એક વાતાવરણ દબાણે એક કિલોગ્રામ ઘન પદાર્થને પ્રવાહી-અવસ્થામાં રૂપાંતરિત કરવા માટે જરૂરી ઉષ્મા-ઊર્જાને ગલન ગુપ્ત ઉષ્મા (Latent Heat of Fusion) કહે છે એટલે કે 0 °C (273 K) તાપમાને પાણીના કણોની ઊર્જા, તે જ તાપમાને બરફના કણોની ઊર્જા કરતાં વધુ હોય છે.

જ્યારે આપણે પાણીને ઉષ્મા-ઊર્જા આપીએ છીએ ત્યારે કણો વધુ ઝડપથી ગતિ કરે છે. એક નિશ્ચિત તાપમાન સુધી પહોંચીને કણોમાં એટલી ઊર્જા આવી જાય છે કે જેથી તે પરસ્પરનાં આકર્ષણબળને તોડીને સ્વતંત્ર થઈ જાય છે. આ તાપમાને પ્રવાહી-અવસ્થાનું વાયુ અવસ્થામાં રૂપાંતર શરૂ થઈ જાય છે. એક વાતાવરણ દબાણે જે તાપમાને પ્રવાહી ઉકળવા લાગે છે, તે તાપમાનને પ્રવાહીનું ઉત્કલનબિંદુ (Boiling Point) કહે છે. ઉત્કલનબિંદુ જથ્થાત્મક ઘટના (Bulk Phenomenon) છે. પ્રવાહીના તમામ કણો એટલી ઊર્જા પ્રાપ્ત કરી લે છે, કે તેથી તે તમામ બાષ્પ-અવસ્થામાં રૂપાંતરિત થઈ જાય છે.

પાણી માટે આ તાપમાન 373 K

(100 °C = 273 + 100 = 373 K) છે.

શું તમે બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્મા (Latent Heat of Vaporisation)ને વ્યાખ્યાયિત કરી શકો ? જે રીતે આપણે ગલન ગુપ્ત ઉષ્માને વ્યાખ્યાયિત કરેલ છે તે જ રીતે બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્માને વ્યાખ્યાયિત કરો. 373 K (100 °C) તાપમાને પાણીની બાષ્પ (વરાળ)ના કણોમાં, તે જ તાપમાને પાણીના કણો કરતાં વધુ ઊર્જા હોય છે. આવું એટલા માટે થાય છે કે વરાળના કણો એ બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્માના રૂપમાં વધારાની ઊર્જા શોષી લીધી છે.



તેથી એમ કહી શકાય કે, તાપમાન બદલીને પદાર્થને એક અવસ્થામાંથી બીજી અવસ્થામાં રૂપાંતરિત કરી શકાય છે.

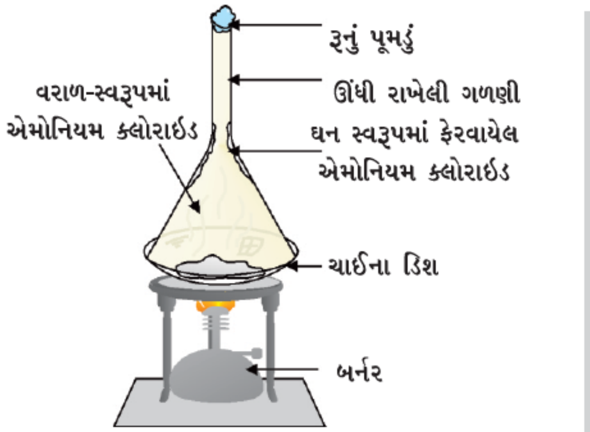
આપણે શીખ્યાં કે પદાર્થને ગરમ કરતાં તેની અવસ્થા બદલાય છે. ગરમ કરવાથી પદાર્થ ઘનમાંથી પ્રવાહી અને પ્રવાહીમાંથી વાયુ (બાષ્પ)માં રૂપાંતરિત થઈ જાય છે; પરંતુ કેટલાક

*નોંધ : તાપમાનનો આંતરરાષ્ટ્રીય SI એકમ કેલ્વિન (K) છે. 0 °C = 273.15 K થાય છે. સરળતા ખાતર આપણે 0 °C = 273 K લઈએ છીએ. તાપમાનનું માપ કેલ્વિનમાંથી અંશ સેલ્સિયસમાં ફેરવવા માટે આપેલ તાપમાનમાંથી 273 બાદ કરવામાં આવે છે અને અંશ સેલ્સિયસમાંથી કેલ્વિનમાં ફેરવવા આપેલ તાપમાનમાં 273 ઉમેરવામાં આવે છે.

એવા પદાર્થો છે, કે જે પ્રવાહી-અવસ્થામાં રૂપાંતરિત થયા વિના ગરમી મળતાં ઘન-અવસ્થામાંથી સીધા જ વાયુ-અવસ્થામાં અને ઠંડા પાડતાં પાછા ઘન-અવસ્થામાં રૂપાંતરિત થાય છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 1.13

- થોડું કપૂર અથવા એમોનિયમ ક્લોરાઇડ (નવસાર) લો. તેનો બારીક ભૂકો કરી તેને ચાઈના ડિશમાં મૂકો.
- એક કાચની ગળણીને ઊંધી કરીને આ વાસણ પર મૂકી દો.
- આ ગળણીના છેડે આકૃતિ 1.7 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે રૂનું પૂમડું લગાવો.



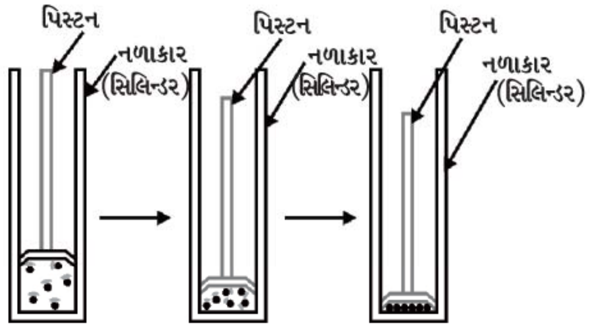
આકૃતિ 1.7 : એમોનિયમ ક્લોરાઇડનું ઊર્ધ્વપાતન (Sublimation)

- હવે તેને ધીરે-ધીરે ગરમ કરો અને ધ્યાનથી અવલોકન કરો.
- ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિ દ્વારા તમે કયા નિષ્કર્ષ પર આવ્યા ?

પ્રવાહી-અવસ્થામાં રૂપાંતરિત થયા વિના ઘન અવસ્થામાંથી સીધેસીધું જ વાયુ-અવસ્થામાં રૂપાંતર થવાની પ્રક્રિયાને ઉર્ધ્વપાતન (Sublimation) કહે છે અને પ્રવાહી અવસ્થામાં રૂપાંતરિત થયા વિના વાયુ અવસ્થામાંથી સીધેસીધું જ ઘન અવસ્થામાં રૂપાંતર થવાની પ્રક્રિયાને નિક્ષેપન (deposition) કહે છે.

1.4.2 દબાણના ફેરફારની અસર (Effect of change of pressure)

આપણે અગાઉ શીખી ગયા છીએ કે ઘટક કણો વચ્ચેનાં અંતર જુદાં-જુદાં હોવાનાં કારણે દ્રવ્યની જુદી-જુદી અવસ્થાઓમાં વિવિધતા જોવા મળે છે. કોઈ ગૅસ-સિલિન્ડરમાં ભરેલા વાયુ પર દબાણ લગાવીને સંકોચન કરવાથી શું થશે ? શું તેના કણો વચ્ચેનું અંતર ઓછું થઈ જશે ? શું તમને લાગે છે કે, દબાણ વધારવા કે ઘટાડવાથી પદાર્થની અવસ્થામાં ફેરફાર થઈ શકે છે ?

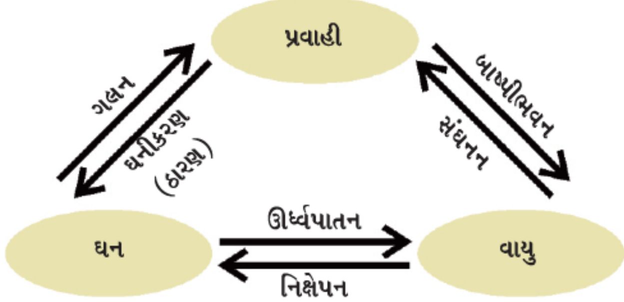


આકૃતિ 1.8 : દબાણ વધારવાથી દ્રવ્યના કણોને વધુ નજીક લાવી શકાય છે.

દબાણ વધવાથી અને તાપમાન ઘટવાથી વાયુનું પ્રવાહીમાં પરિવર્તન (રૂપાંતરણ) થઈ શકે છે.

શું તમે ઘન કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) વિશે સાંભળ્યું છે ? તેને ઊંચા દબાણે સંગ્રહીત કરવામાં આવે છે. જો વાતાવરણીય દબાણ એક વાતાવરણ (atmosphere) (atm)* હોય, તો ઘન CO_2 પ્રવાહી-અવસ્થામાં આવ્યા વિના સીધો જ વાયુ-અવસ્થામાં પરિવર્તિત થઈ જાય છે. તે જ કારણે ઘન CO_2 ને સૂકો બરફ (Dry Ice) કહે છે.

આ રીતે આપણે કહી શકીએ છીએ કે, પદાર્થની અવસ્થાઓ એટલે કે ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ દબાણ અને તાપમાન દ્વારા નક્કી થાય છે.



આકૃતિ 1.9 : ત્રણેય અવસ્થાઓમાં દ્રવ્યનું આંતરિક રૂપાંતરણ

* વાયુનું દબાણ માપવા માટેનો એકમ વાતાવરણ (atm) છે. દબાણનો SI એકમ પાસ્કલ (Pa) છે. 1 atm = 1.01×10^5 Pa છે. વાતાવરણમાંના હવાના દબાણને વાતાવરણીય દબાણ કહે છે. દરિયાની સપાટી પર વાતાવરણીય દબાણ એક વાતાવરણ છે અને તેને સામાન્ય વાતાવરણીય દબાણ કહેવાય છે.

પ્રશ્નો :

1. નીચે દર્શાવેલ તાપમાનને અંશ સેલ્સિયસમાં ફેરવો :
   (a) 300 K (b) 573 K
2. નીચે દર્શાવેલ તાપમાને પાણીની ભૌતિક અવસ્થા કઈ હશે ?
   (a) 250° C (b) 100° C
3. કોઈ પણ દ્રવ્યની અવસ્થામાં થતા પરિવર્તન દરમિયાન તેનું તાપમાન શા માટે અચળ રહે છે ?
4. વાતાવરણીય વાયુઓના પ્રવાહીકરણ માટેની કોઈ પદ્ધતિ સૂચવો.

1.5 બાષ્પીભવન (Evaporation)

દ્રવ્યની અવસ્થા બદલવા માટે શું ઉષ્મા આપવી કે દબાણ બદલવું આવશ્યક છે ? શું આપણા રોજિંદા જીવનમાંથી તમે એવું કોઈ ઉદાહરણ આપી શકો કે જેમાં કોઈ પ્રવાહી તેના ઉત્કલનબિંદુ જેટલા તાપમાને પહોંચ્યા વિના જ વાયુ-અવસ્થામાં રૂપાંતર પામે છે ? પાણીને વાતાવરણમાં ખુલ્લું રાખવામાં આવે તો તે ધીરે-ધીરે વરાળમાં રૂપાંતરિત થાય છે. ભીનાં કપડાં ખુલ્લાં વાતાવરણમાં સુકાઈ જાય છે.

આ ઉદાહરણોમાં ભીના કપડાંમાંનાં પાણીનું શું થયું હશે ? આપણે જાણીએ છીએ કે દ્રવ્યના કણ સતત ગતિશીલ હોય છે અને ક્યારેય અટકતાં નથી. એક નિશ્ચિત તાપમાને દરેક ઘન, પ્રવાહી કે વાયુ પદાર્થના કણોમાં જુદી-જુદી માત્રામાં ગતિજ ઊર્જા હોય છે. પ્રવાહીઓમાં સપાટી પર રહેલા કણોને કેટલાક અંશે એટલી વધુ ગતિજ ઊર્જા હોય છે કે તે બીજા કણોના આકર્ષણ બળથી મુક્ત થઈ જાય છે. ઉત્કલનબિંદુથી ઓછા તાપમાને પ્રવાહીનું વાયુ (બાષ્પ)માં રૂપાંતર થવાની આ પ્રક્રિયાને બાષ્પીભવન કહે છે.

1.5.1 બાષ્પીભવનને અસર કરતાં પરિબળો (Factors affecting evaporation)

એક પ્રવૃત્તિના માધ્યમથી તેને સમજીએ.

પ્રવૃત્તિ 1.14

- એક કસનળી (testtube) માં 5 mL પાણી લઈ તેને બારી પાસે અથવા પંખા નીચે રાખો.
- ચાઈના ડિશમાં 5 mL પાણી લઈને તેને પણ બારી પાસે અથવા પંખા નીચે રાખો.
- ખુલ્લી રાખેલી ચાઈના ડિશમાં 5 mL પાણી ભરી તેને તમારા વર્ગના કોઈ કબાટમાં અથવા વર્ગની છાજલી પર મૂકો.
- ઓરડાનું તાપમાન નોંધો.
- આ તમામ પરિસ્થિતિઓમાં બાષ્પીભવન માટે લાગેલ સમય અથવા દિવસોની નોંધ કરો.
- વરસાદના દિવસોમાં ઉપર્યુક્ત ત્રણેય તબક્કાનું પુનરાવર્તન કરી તમારા અવલોકનો નોંધો.
- બાષ્પીભવનનાં નીચે દર્શાવેલ તથ્યો : બાષ્પીભવન પર તાપમાનની અસર, સંપર્કસપાટીનું ક્ષેત્રફળ અને પવનની ઝડપ વિશે તમે શું અનુમાન કરો છો ?

તમે જોયું હશે કે બાષ્પીભવનનો દર નીચેના કારણોસર વધે છે :

- સપાટીનું ક્ષેત્રફળ વધવાથી :
  આપણે જાણીએ છીએ કે બાષ્પીભવન એ સપાટી પર થતી પ્રક્રિયા છે. સપાટીનું ક્ષેત્રફળ અથવા વિસ્તાર વધતાં બાષ્પીભવનનો દર પણ વધે છે. જેમકે, કપડાં સૂકવવા માટે આપણે તેને પહોળાં કરીને સૂકવીએ છીએ.
- તાપમાનનો વધારો :
  તાપમાન વધવાથી વધુ ને વધુ કણોને પૂરતી ગતિઊર્જા પ્રાપ્ત થાય છે, જેથી તેમનું બાષ્પ-અવસ્થામાં રૂપાંતર વધુ થાય છે.
- ભેજની માત્રામાં ઘટાડો થવો :
  હવામાં રહેલી પાણીની બાષ્પની માત્રાને ભેજ (Humidity) કહે છે. કોઈ નિશ્ચિત તાપમાને આપણી આસપાસની હવામાં એક નિશ્ચિત માત્રા કરતાં વધુ પાણીની બાષ્પ રહી શકે નહીં. જ્યારે હવામાં પાણીના કણોની માત્રા પહેલેથી જ વધુ હશે, તો બાષ્પીભવનનો દર ઘટી જશે.
- પવનની ઝડપમાં વધારો :
  એક સામાન્ય અવલોકન છે કે વધુપડતા પવનમાં કપડાં ઝડપથી સુકાઈ જાય છે. વધુપડતા પવનને કારણે પાણીની બાષ્પના કણો પવનની સાથે ઊડી જાય છે, જેથી આસપાસની પાણીની બાષ્પની માત્રા ઘટી જાય છે.

1.5.2 બાષ્પીભવનને કારણે ઠંડક કેવી રીતે ઉદ્ભવે છે ? (How does evaporation cause cooling ?)

ખુલ્લા પાત્રમાં રાખેલ પ્રવાહીમાં દરેક તાપમાને સતત બાષ્પીભવન થતું રહે છે, બાષ્પીભવન દરમિયાન ઊર્જાને પુનઃ પ્રાપ્ત કરવા માટે પ્રવાહીના કણો પોતાની આસપાસની ઊર્જાનું અવશોષણ (absorption) કરે છે જેને લીધે આસપાસમાં ઠંડક ફેલાય છે.

જ્યારે તમે એસીટોન (નખ પરની પૉલિશ દૂર કરતું પ્રવાહી)ને પોતાની હથેળી પર મૂકો છો ત્યારે શું થાય છે ? તેના કણ તમારી હથેળી કે તેની આસપાસમાંથી ઊર્જા મેળવે છે અને બાષ્પીભવન પામે છે, જેથી હથેળી પર ઠંડકનો અનુભવ થાય છે.

ખૂબ ગરમીના દિવસને અંતે લોકો પોતાની છત અથવા ખુલ્લી જગ્યાઓ પર પાણીનો છંટકાવ કરે છે કારણ કે પાણીની બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્મા ગરમ સપાટીને ઠંડી બનાવે છે.

શું તમે બાષ્પીભવનને કારણે ઠંડક ઉત્પન્ન થતી હોય તેવાં અન્ય ઉદાહરણો આપી શકો ?

ગરમીના દિવસો (ઉનાળા)માં સુતરાઉ કપડાં શા માટે પહેરવાં જોઈએ ?

શારીરિક પ્રક્રિયાઓને કારણે ઉનાળામાં (ગરમીના દિવસો) આપણને વધુ પરસેવો થાય છે, જેનાથી આપણને ઠંડક (શીતળતા) મળે છે. જેમકે, આપણે જાણીએ છીએ કે બાષ્પીભવન દરમિયાન પ્રવાહીની સપાટીના કણ આપણા શરીર કે આપણી આસપાસથી (ચોપાસ) ઊર્જા મેળવીને બાષ્પમાં ફેરવાઈ જાય છે. બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્મા જેટલી જ ઉષ્માઊર્જાનું આપણા શરીરમાંથી શોષણ થાય છે અને શરીરને ઠંડક મળે છે. જોકે સુતરાઉ કપડાંમાં પાણીનું અવશોષણ વધુ થાય છે, તેથી આપણને થતો પરસેવો તેમાં અવશોષિત થઈ વાતાવરણમાં આસાનીથી બાષ્પીભવન પામે છે.

બરફ જેવા ઠંડા પાણીથી ભરેલા ગ્લાસની બહારની સપાટી પર પાણીનાં ટીપાં (Droplets) શા માટે દેખાય છે ?

કોઈ પાત્રમાં આપણે બરફ જેવું ઠંડું પાણી ભરીએ ત્યારે ઝડપથી પાત્રની બહારની સપાટી પર પાણીનાં ટીંપા નજર સમક્ષ આવવા લાગશે. હવામાં રહેલ પાણીની બાષ્પ (ભેજ)ની ઊર્જા ઠંડા પાણીના સંપર્કમાં આવવાને લીધે ઓછી થઈ જાય છે અને તે પ્રવાહી-અવસ્થામાં ફેરવાઈ જાય છે. જે આપણને પાણીનાં ટીંપાના સ્વરૂપમાં દેખાય છે.

પ્રશ્નો :

1. ગરમ તેમજ સૂકા દિવસોમાં કુલર વધુ ઠંડક આપે છે. શા માટે ?
2. ઉનાળામાં માટલાં (ઘડા)નું પાણી શા માટે ઠંડું રહે છે ?
3. એસીટોન/પેટ્રોલ/અત્તર/સ્પિરિટ આપણી હથેળી પર મૂકવાથી હથેળી ઠંડક શા માટે અનુભવે છે ?
4. કપમાં રહેલ ગરમ ચા અથવા દૂધની તુલનામાં રકાબી (પ્લેટ)માં કાઢી આપણે ચા અથવા દૂધ ઝડપથી પી શકીએ છીએ. શા માટે ?
5. ઉનાળામાં આપણે કેવા પ્રકારનાં કપડાં પહેરવાં જોઈએ ?

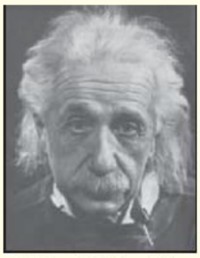
વધારે જાણવા જેવું

વૈજ્ઞાનિકો હવે દ્રવ્યની પાંચ અવસ્થાઓ વિશે ચર્ચા કરે છે. ઘન, પ્રવાહી, વાયુ, પ્લાઝ્મા અને બોઝ-આઈન્સ્ટાઈન સંઘટક (BEC) (Bose-Einstein Condensate).

પ્લાઝ્મા : આ અવસ્થા અતિશય ઊર્જાવાળા તેમજ અતિ ઉત્તેજિત કણો ધરાવે છે. આ કણો આયનીકરણ પામેલા વાયુની અવસ્થામાં હોય છે. ફ્લોરોસન્ટ ટ્યૂબ અને નિયોન બલ્બની અંદર પ્લાઝ્મા હોય છે. નિયોન બલ્બમાં નિયોન વાયુ અને ફ્લોરોસન્ટ ટ્યૂબમાં હિલિયમ અથવા બીજો કોઈ વાયુ ભરેલ હોય છે. વિદ્યુતઊર્જા પસાર કરવાથી વાયુનું આયનીકરણ પામીને વીજભાર ગ્રહણ કરે છે. વીજભાર ગ્રહણ કરવાને લીધે ટ્યૂબ અથવા બલ્બમાં પ્રકાશ પ્લાઝ્મા તૈયાર થાય છે. વાયુના સ્વભાવ અનુસાર પ્લાઝ્મામાં એક વિશેષ રંગ પ્રકાશિત થાય છે. પ્લાઝ્માના કારણે જ સૂર્ય અને તારાઓ પ્રકાશ આપે છે, સૂર્ય અને તારાઓમાં પ્લાઝ્મા ઉત્પન્ન થવાનું કારણ તેમનું ઘણું જ ઊંચું તાપમાન છે.

બોઝ-આઈન્સ્ટાઈન સંઘટક (BEC) : 1920માં ભારતીય ભૌતિકવિજ્ઞાની સત્યેન્દ્ર નાથ બોઝે (S. N. Bose) દ્રવ્યની પાંચમી અવસ્થા માટે કેટલીક ગણતરીઓ કરેલી તે ગણતરીઓના આધારે આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈને દ્રવ્યની એક નવી અવસ્થાનું પ્રાક્કથન કર્યું, જેને બોઝ આઈન્સ્ટાઈન સંઘટક (BEC) કહે છે. 2001માં અમેરિકાના એરિક એ. કોર્નેલ, (Eric A. Cornell), વુલ્ફગેંગ કેટરલ (Wolfgang Ketterle) અને કાર્લ ઈ. વાઈમૅન (Carl E. Wieman) ને બોઝ-આઈન્સ્ટાઈન સંઘટકની શોધ કરવા માટે ભૌતિકવિજ્ઞાનનું નોબૅલ પારિતોષિક એનાયત કરવામાં આવેલ છે. હવાની સામાન્ય ઘનતાના એક લાખ (1,00,000) મા ભાગ જેટલી ઓછી ઘનતા ધરાવતા વાયુને ખૂબ જ નીચા તાપમાને ઠંડો કરવાથી BEC તૈયાર થાય છે. www.chem4kids.com વૅબસાઈટ પરથી દ્રવ્યની ચોથી અને પાંચમી અવસ્થા વિશે વધુ જાણકારી પ્રાપ્ત કરી શકશો.

S. N. Bose (1894-1974)



Albert Einstein (1879-1955)

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

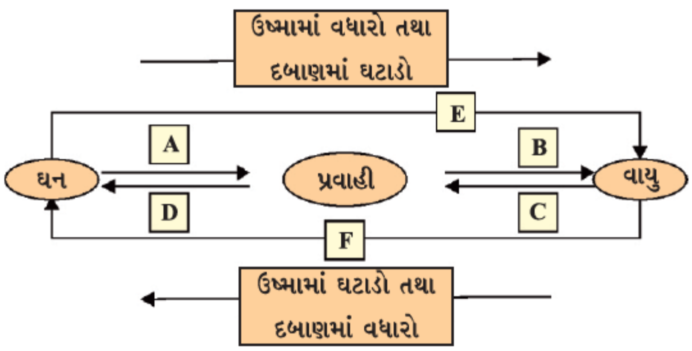
- દ્રવ્ય સૂક્ષ્મ કણોનું બનેલું છે.
- આપણી આસપાસ (ચોપાસ)નું દ્રવ્ય ત્રણ અવસ્થાઓમાં જોવા મળે છે : ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ.
- ઘનના કણોમાં એકબીજા પ્રત્યે આકર્ષણ બળ સૌથી વધુ, વાયુના કણોમાં સૌથી ઓછું અને પ્રવાહીના કણોમાં ઘન અને વાયુનું મધ્યવર્તી પ્રકારનું આકર્ષણ બળ હોય છે.
- ઘનના કણોમાં ઘટકકણો વચ્ચેનાં ખાલી સ્થાનો (અવકાશ) તેમજ કણોની ગતિજ ઊર્જા ઓછી હોય છે, જ્યારે વાયુ માટે તે વધુ પરંતુ પ્રવાહી માટે તે બંનેની મધ્યવર્તી હોય છે.
- ઘન પદાર્થમાં કણોની ગોઠવણી સૌથી વધુ ક્રમિક હોય છે. પ્રવાહી પદાર્થમાં કણોના સ્તર એકબીજા પર સરકી શકે તેમ જ ખસી શકે છે. વાયુમાં કણોની ગોઠવણીનો કોઈ ચોક્કસ ક્રમ નથી હોતો. તેમાં કણો અસ્તવ્યસ્ત (અનિયમિત) રીતે ખસે છે.
- દ્રવ્યની અવસ્થાઓ આંતરરૂપાંતરિત ગતિ કરતા થાય છે. તાપમાન અને દબાણના ફેરફાર દ્વારા દ્રવ્યની અવસ્થાઓમાં રૂપાંતર થઈ શકે છે.
- ઊર્ધ્વપાતન (Sublimation) એટલે ઘનનું પ્રવાહીમાં રૂપાંતર થયા સિવાય સીધે-સીધું જ વાયુ-અવસ્થામાં રૂપાંતર.
- નિક્ષેપન એટલે વાયુનું પ્રવાહીમાં રૂપાંતર થયા સિવાય સીધે-સીધું જ ઘન અવસ્થામાં રૂપાંતર.
- ઉત્કલન (Boiling) જથ્થાત્મક ઘટના (Bulk Phenomenon) છે જેમાં પ્રવાહીના જથ્થાના કણો પ્રવાહીમાંથી વાયુ-અવસ્થામાં ફેરવાય છે.
- બાષ્પીભવન સપાટી પર થતી ઘટના (Phenomenon) છે. સપાટીના કણો પૂરતી ઊર્જા ગ્રહણ કરીને તેમની વચ્ચેનાં પરસ્પર આકર્ષણ બળોને ઉપરવટ કરી લે છે અને પ્રવાહીને બાષ્પ-અવસ્થામાં પરિવર્તિત કરી દે છે.
- બાષ્પીભવનની ઝડપ નીચે દર્શાવેલ પરિબળો પર આધાર રાખે છે : પ્રવાહીની મુક્ત સપાટીનું ક્ષેત્રફળ, તાપમાન, ભેજ અને પવનની ઝડપ.
- બાષ્પીભવનથી ઠંડક ઉત્પન્ન થાય છે.
- બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્મા એટલે 1 kg પ્રવાહીનું એક વાતાવરણ દબાણે અને તેના ઉત્કલનબિંદુ જેટલા તાપમાને વાયુ (બાષ્પ)માં રૂપાંતર કરવા માટે જરૂરી ઉષ્માઊર્જા.
- ગલનગુપ્ત ઉષ્મા એટલે 1 kg ઘનનું એક વાતાવરણ દબાણે તેના ગલનબિંદુ જેટલા તાપમાને પ્રવાહીમાં રૂપાંતર કરવા માટે જરૂરી ઉષ્માઊર્જા.

- કેટલીક માપન યોગ્ય ભૌતિકરાશિઓ અને તેના એકમો યાદ રાખવા.

ભૌતિક રાશિ	એકમ	સંજ્ઞા
તાપમાન	કેલ્વિન	K
લંબાઈ	મીટર	m
દળ	કિલોગ્રામ	kg
બળ	ન્યૂટન	N
કદ	મીટર^3	m^3
ઘનતા	કિલોગ્રામ પ્રતિ મીટર^3	$kg\ m^{-3}$
દબાણ	પાસ્કલ	Pa

સ્વાધ્યાય (Exercises)

1. નીચે દર્શાવેલ તાપમાનોને ડિગ્રી સેલ્સિયસ માપક્રમમાં ફેરવો :
   (a) 293 K (b) 470 K
2. નીચે દર્શાવેલ તાપમાનોને કેલ્વિન માપક્રમમાં ફેરવો :
   (a) 25 °C (b) 373 °C
3. નીચે દર્શાવેલ અવલોકનો માટેના કારણ દર્શાવો :
   (a) નેપ્થેલિનની ગોળી (ડામરની ગોળી) સમય જતાં કોઈ પણ ઘન અવશેષ (Residue) છોડ્યા વિના જ અદૃશ્ય થઈ જાય છે.
   (b) આપણને અત્તરની સુગંધ (સુવાસ) ઘણા લાંબા અંતર સુધી આવે છે.
4. નીચે દર્શાવેલા પદાર્થોને તેમના કણો વચ્ચે વધતા જતા આકર્ષણ બળ અનુસાર યોગ્ય ક્રમમાં ગોઠવો : પાણી, ખાંડ, ઑક્સિજન
5. નીચે દર્શાવેલા તાપમાનોએ પાણીની ભૌતિક અવસ્થા કઈ હશે ?
   (a) 25 °C (b) 0 °C (b) 100 °C
6. નીચેનાંની સત્યતા ચકાસવા માટે કારણ આપો :
   (a) પાણી ઓરડાના તાપમાને પ્રવાહી સ્વરૂપમાં હોય છે.
   (b) લોખંડની તિજોરી ઓરડાના તાપમાને ઘન સ્વરૂપમાં હોય છે.
7. 273 K તાપમાને બરફ તે જ તાપમાને રહેલા પાણી કરતાં વધુ ઠંડક ઉત્પન્ન કરે છે. શા માટે ?
8. ઉકળતું પાણી અને વરાળ પૈકી દઝાડવાની ક્ષમતા કોનામાં વધુ માલૂમ પડે છે ?
9. નીચે દર્શાવેલ આકૃતિ માટે A, B, C, D, E તથા F ની અવસ્થા રૂપાંતરને નામાંકિત કરો :



સામૂહિક પ્રવૃત્તિ (Group Activity)

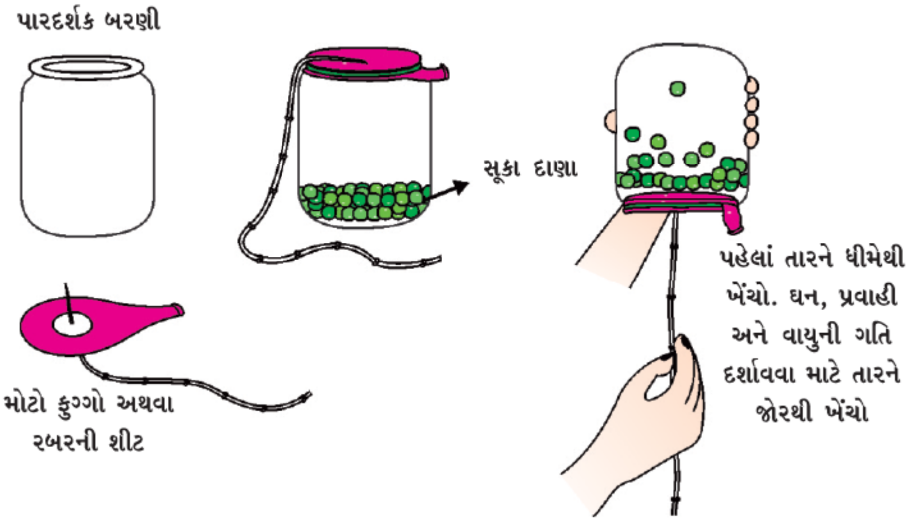
ઘન, પ્રવાહી અને વાયુમય પદાર્થોમાં કણોની ગતિશીલતા દર્શાવવા માટે એક મૉડેલ (નમૂનો) તૈયાર કરો.

મૉડેલનું નિર્માણ કરવા માટે તમારે નીચેની સામગ્રીની જરૂર પડશે :

- એક પારદર્શક બરણી (Jar)
- રબરનો એક મોટો ફુગ્ગો અથવા ખેંચી શકાય તેવી રબરની એક શીટ
- દોરી
- એક તાર તેમજ થોડાક ચણા અથવા અડદના દાણા અથવા લીલા-સૂકા વટાણા

મૉડેલ (નમૂના)નું નિર્માણ કેવી રીતે કરી શકાય ?

- દાણાઓને બરણીમાં નાંખો.
- તારને રબર શીટની મધ્યમાં પરોવો અને સુરક્ષા માટે ટેપ વડે મજબૂત રીતે બાંધો.
- હવે રબરની શીટને ખેંચો અને તેને બરણીના મુખ પર બાંધી દો.
- આપનું મૉડેલ તૈયાર છે. હવે તમે આંગળી દ્વારા તારને ઉપર-નીચે ધીમેથી કે ઝડપથી સરકાવી શકો છો.



આકૃતિ 1.10 : ઘનમાંથી પ્રવાહી અને પ્રવાહીમાંથી વાયુમાં પરિવર્તન માટે એક મૉડેલ

પ્રકરણ 2

આપણી આસપાસનાં દ્રવ્યો શુદ્ધ છે? (Is Matter Around Us Pure?)

બજારમાંથી ખરીદેલી વસ્તુઓ જેવી કે દૂધ, ઘી, માખણ, મીઠું, મરી-મસાલા, પીવાલાયક પાણી અથવા ફળોના રસ વગેરે શુદ્ધ છે કે નહિ તે આપણે કેવી રીતે નક્કી કરી શકીએ છીએ ?

આકૃતિ 2.1 : કેટલીક વપરાશની વસ્તુઓ

શું તમે આ રોજ બરોજના ખાવાલાયક પદાર્થોના ડબા પર લખેલ શબ્દ 'શુદ્ધ'ની તરફ ધ્યાન આપ્યું છે ? એક સામાન્ય માણસ માટે શુદ્ધનો અર્થ ભેળસેળથી મુક્ત થાય છે; પરંતુ વૈજ્ઞાનિકો માટે આ તમામ વસ્તુઓ ખરેખર જુદા-જુદા પદાર્થોનું મિશ્રણ છે, તેથી જ તેને શુદ્ધ ન કહી શકાય. ઉદાહરણ તરીકે દૂધ એ પાણી, ચરબી, પ્રોટીન વગેરેનું મિશ્રણ છે. જ્યારે કોઈ વૈજ્ઞાનિક કોઈ દ્રવ્યને શુદ્ધ કહે ત્યારે તેનો અર્થ એવો થાય કે તે દ્રવ્યમાં રહેલા દરેક કણોના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન છે. એક શુદ્ધ પદાર્થ એક જ પ્રકારના કણોનો બનેલો હોય છે.

આપણી આસપાસ જોવા મળતા દ્રવ્ય (પદાર્થો)ને ધ્યાનથી જોઈશું તો તેઓ બે અથવા બેથી વધુ ઘટકોના મિશ્રણથી બનેલા હોય છે.

ઉદાહરણ તરીકે દરિયાનું પાણી, ખનિજો, માટી વગેરે તમામ મિશ્રણ છે.

2.1 મિશ્રણ શું છે ? (What is a Mixture ?)

મિશ્રણ એક કરતાં વધુ પ્રકારનાં શુદ્ધ તત્ત્વો (પદાર્થો)નું બનેલું હોય છે. આપણે જાણીએ છીએ કે, પાણીમાં ઓગળેલ સોડિયમ ક્લોરાઇડ (મીઠું)ને બાષ્પીભવન જેવા ભૌતિક પ્રક્રમ દ્વારા પાણીથી અલગ કરી શકાય છે. તેમ છતાં સોડિયમ ક્લોરાઇડ પોતે એક પદાર્થ છે અને તેને ભૌતિક પ્રક્રમ દ્વારા તેનાં ઘટક તત્ત્વોમાં અલગ (વિભાજિત) કરી શકાતો નથી. તેવી જ રીતે ખાંડ એક પદાર્થ છે, કેમકે તે એક જ પ્રકારના પણ શુદ્ધ દ્રવ્યના બનેલા છે અને તેનું બંધારણ સમગ્ર રીતે એક સમાન હોય છે.

ઠંડું પીણું અને માટી એક જ પ્રકારના કણો ધરાવતા પદાર્થો નથી. કોઈ એક પદાર્થનાં પ્રાપ્તિસ્થાનો (સ્રોત) ભલે ગમે તે હોય; પરંતુ તેના ગુણધર્મો એકસમાન રહે છે.

તેથી આપણે કહી શકીએ છીએ કે મિશ્રણ એકથી વધુ પદાર્થોનું બનેલું હોય છે.

2.1.1 મિશ્રણના પ્રકાર (Types of mixtures)

મિશ્રણમાં રહેલા ઘટકકણોના સ્વભાવને આધારે ઘણા પ્રકારનાં મિશ્રણ હોય છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 2.1

- તમારા વર્ગના વિદ્યાર્થીઓને A, B, C અને D જૂથમાં વિભાજિત કરો.
- જૂથ A એક બીકરમાં 50 mL પાણી અને એક ચમચી કૉપર સલ્ફેટ ($CuSO_4$) પાવડર લે છે.
  જૂથ B એક બીકરમાં 50 mL પાણી અને બે ચમચી કૉપર સલ્ફેટ પાવડર લે છે.
- જૂથ C અને D જુદી-જુદી માત્રામાં કૉપર સલ્ફેટ, પોટૅશિયમ પરમૅન્ગેનેટ અથવા સામાન્ય ક્ષાર (સોડિયમ ક્લોરાઇડ) લઈ શકે છે. ઉપર્યુક્ત ઘટક કણોને મિશ્ર કરી મિશ્રણ બનાવો.
- તેના રંગ અને રચના (Texture)ની સમાનતા માટેનાં અવલોકનોની નોંધ કરો.
- જૂથ A અને B પાસે સમગ્ર રીતે એકસમાન સંઘટન (Composition) ધરાવતું મિશ્રણ છે. આ પ્રકારના મિશ્રણને સમાંગ મિશ્રણ (homogeneous) અથવા દ્રાવણ કહે છે. આ પ્રકારના મિશ્રણના બીજાં કેટલાંક ઉદાહરણો : (1) મીઠાનું પાણીમાં બનાવેલ દ્રાવણ

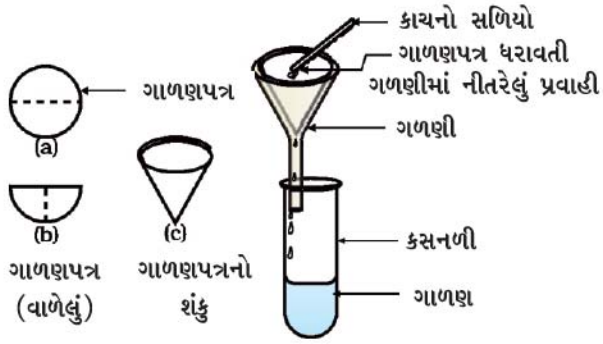
(2) ખાંડનું પાણીમાં બનાવેલ દ્રાવણ. બંને જૂથ પાસે રહેલાં દ્રાવણોના રંગની સરખામણી કરો. બંને જૂથ પાસે કૉપર સલ્ફેટનું દ્રાવણ છે, તેમ છતાં બંને જૂથ પાસેનાં દ્રાવણોના રંગોની તીવ્રતા અલગ-અલગ હોય છે. તે દર્શાવે છે કે સમાંગ મિશ્રણનું સંઘટન અલગ હોઈ શકે છે.

- જૂથ C અને D પાસે જે મિશ્રણ છે તેના ભાગો ભૌતિક રીતે અલગ છે અને અસમાન સંરચના ધરાવતા હોય છે. આવાં મિશ્રણોને વિષમાંગ (heterogeneous) મિશ્રણો કહે છે.

  આ પ્રકારના મિશ્રણનાં અન્ય ઉદાહરણો :
  સોડિયમ ક્લોરાઇડ (મીઠું) અને લોખંડના વહેરનું મિશ્રણ, મીઠું અને સલ્ફરનું મિશ્રણ તથા પાણી અને તેલનું મિશ્રણ આ પ્રકારના મિશ્રણના ઉદાહરણો છે.

પ્રવૃત્તિ 2.2

- ચાલો, આપણે ફરી વર્ગખંડને ચાર જૂથમાં વિભાજિત કરીએ - A, B, C અને D.
- નીચે દર્શાવેલા નમૂનાઓની દરેક જૂથમાં નીચે પ્રમાણે વહેંચણી કરો :
  - જૂથ A ને કૉપર સલ્ફેટના થોડા સ્ફટિક
  - જૂથ B ને એક ચમચી કૉપર સલ્ફેટ
  - જૂથ C ને ચૉકનો ભૂકો અથવા ઘઉંનો લોટ
  - જૂથ D ને દૂધ અથવા શાહીનાં થોડાં ટીપાં
- દરેક જૂથે આપેલ નમૂનાને પાણીમાં ઉમેરીને કાચના સળિયા વડે બરાબર હલાવો. શું મિશ્રણમાં સૂક્ષ્મ કણો જોઈ શકાય છે ?
- ટૉર્ચમાંથી પ્રકાશનાં કિરણો મિશ્રણ ધરાવતા બીકરમાંથી આરપાર પસાર કરો અને તેનું અવલોકન કરો. શું પ્રકાશનાં કિરણોનો માર્ગ જોઈ શકાય છે ?
- થોડા સમય માટે મિશ્રણને ખલેલ પહોંચાડ્યા વગર (હલાવ્યા સિવાય) મૂકી રાખો. (અને તે સમય દરમિયાન ગાળણપ્રક્રિયા માટેનાં સાધનોની ગોઠવણી કરો.) શું મિશ્રણ સ્થિર થાય છે ? અથવા શું થોડા સમય પછી મિશ્રણના કોઈ ઘટક કણોનું તળિયે જમા થવાનું શરૂ થાય છે ?
- મિશ્રણને ગાળી લો. શું ઉપર કોઈ અવશેષ જમા થાય છે ? વર્ગખંડમાં પરિણામની ચર્ચા કરો અને આ ક્રિયા માટે અભિપ્રાય આપો.
- જૂથ A અને B ને દ્રાવણ મળ્યું છે.
- જૂથ C ને નિલંબન મળેલ છે.
- જૂથ D ને કલિલ દ્રાવણ મળેલ છે.



આકૃતિ 2.2 : ગાળણ

હવે આપણે દ્રાવણો નિલંબન અને કલિલ દ્રાવણો વિશે ભણીશું.

પ્રશ્નો :

1. શુદ્ધ પદાર્થનો અર્થ શું થાય છે ?
2. સમાંગ અને વિષમાંગ મિશ્રણ વચ્ચે તફાવતના મુદ્દાની યાદી બનાવો.

2.2 દ્રાવણ શું છે ? (What is a Solution ?)

દ્રાવણ બે કે તેથી વધારે પદાર્થોનું સમાંગ મિશ્રણ છે. તમે તમારા રોજબરોજના જીવનમાં ઘણાં બધાં દ્રાવણોના પરિચયમાં આવતા હશો. લીંબુનું શરબત, સોડાવૉટર વગેરે દ્રાવણનાં ઉદાહરણ છે.

સામાન્ય રીતે આપણે દ્રાવણને પ્રવાહી સ્વરૂપે વિચારીએ છીએ કે જેમાં ઘન, પ્રવાહી અથવા વાયુ દ્રાવ્ય (ઓગળેલ) થયેલ હોય; પરંતુ આપણી પાસે ઘન દ્રાવણો (મિશ્રધાતુઓ) અને વાયુ દ્રાવણો (હવા) પણ છે. દ્રાવણના કણોમાં સમાંગતા (Homogeneity) જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે લીંબુનું શરબત હંમેશાં સમાન (એકસરખો) સ્વાદ ધરાવે છે. તે દર્શાવે છે કે ખાંડ અને મીઠાના કણો દ્રાવણમાં સમાન રીતે ફેલાયેલા હોય છે.

વધારે જાણવા જેવું

મિશ્રધાતુઓ (Alloys) : મિશ્રધાતુઓ બે કે તેથી વધુ ધાતુઓ અથવા એક ધાતુ અને એક અધાતુનું મિશ્રણ હોય છે અને તેને ભૌતિક પદ્ધતિઓ દ્વારા ક્યારેય તેના મૂળભૂત ઘટકોમાં અલગ કરી શકાતી નથી; પરંતુ તેમ છતાં મિશ્રધાતુને મિશ્રણ તરીકે ગણવામાં આવે છે, કારણ કે તે તેનાં ઘટક તત્ત્વોના ગુણધર્મો દર્શાવે છે અને તે અલગ-અલગ સંઘટન ધરાવી શકે છે. ઉદાહરણ તરીકે પિત્તળ (brass) આશરે 30 % જસત (Zn) અને 70 % તાંબું (Cu)નું મિશ્રણ છે.

દ્રાવણમાં ઘટક કણો તરીકે દ્રાવક (Solvent) અને દ્રાવ્ય (Solute) હોય છે. દ્રાવણનો જે ઘટકકણ બીજા ઘટકકણોને પોતાનામાં ઓગાળે (દ્રાવણમાં જે ઘટકકણ પ્રમાણમાં વધારે માત્રામાં હોય) તેને દ્રાવક કહે છે અને દ્રાવણનો જે ઘટકકણ દ્રાવકમાં ઓગળે (દ્રાવણમાં જે ઘટકકણની માત્રા પ્રમાણમાં ઓછી હોય) તેને દ્રાવ્ય કહે છે.

ઉદાહરણો :

(i) ખાંડનું પાણીમાં બનાવેલું દ્રાવણ એ ઘનનું પ્રવાહીમાં બનાવેલું દ્રાવણ છે. આ દ્રાવણમાં ખાંડ દ્રાવ્ય અને પાણી દ્રાવક છે.

(ii) આયોડિનના આલ્કોહોલમાં બનાવેલા દ્રાવણને ''ટિંચર આયોડિન'' કહે છે. જેમાં આયોડિન (ઘન) દ્રાવ્ય અને આલ્કોહૉલ (પ્રવાહી) દ્રાવક છે.

(iii) સોડાવૉટર જેવું વાયુયુક્ત પીણું વાયુનું પ્રવાહીમાં બનાવેલું દ્રાવણ છે, જેમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (વાયુ) દ્રાવ્ય અને પાણી (પ્રવાહી) દ્રાવક તરીકે હોય છે.

(iv) હવા એ વાયુનું વાયુમાં બનેલું દ્રાવણ છે. હવા ઘણાં બધા વાયુઓનું સમાંગ મિશ્રણ છે. જેના બે મુખ્ય ઘટક : ઑક્સિજન (21 %) અને નાઇટ્રોજન (78 %) છે. બીજા વાયુઓ તેમાં ઘણી ઓછી માત્રામાં રહેલા હોય છે.

દ્રાવણના ગુણધર્મો (Properties of a Solution)

- દ્રાવણ સમાંગ મિશ્રણ છે.
- દ્રાવણના કણોનો વ્યાસ એક 1 nm (10^{-9} મીટર) કરતાં ઓછો હોય છે. તેથી તે નરી આંખે જોઈ શકાતા નથી.
- દ્રાવણના કણોનું કદ અતિસૂક્ષ્મ હોવાને કારણે તેમાંથી પસાર થતા પ્રકાશનાં કિરણોનું તે પ્રકિર્ણન કરી શકતા નથી. તેથી જ દ્રાવણમાં પ્રકાશનો માર્ગ જોઈ શકાતો નથી.
- દ્રાવ્યના કણોને ગાળણપ્રક્રિયા દ્વારા દ્રાવણમાંથી અલગ કરી શકાતાં નથી. દ્રાવ્યના કણોને કોઈ પણ પ્રકારની ખલેલ પહોંચાડ્યા વગર રાખી મૂકવામાં આવે તેમ છતાં તે તળિયે બેસી જતાં નથી. તેથી જ દ્રાવણ સ્થાયી છે.

2.2.1 દ્રાવણની સાંદ્રતા (Concentration of a solution)

પ્રવૃત્તિ 2.2માં આપણે જોયું કે જૂથ A અને B પાસે એક જ પદાર્થના રંગોની જુદી-જુદી માત્રા (Shades) ધરાવતાં દ્રાવણો છે. આથી આપણે સમજી શકીએ છીએ કે, દ્રાવણમાં દ્રાવ્યની માત્રાના આધારે, તેને મંદ, સાંદ્ર અથવા સંતૃપ્ત દ્રાવણ કહી શકાય છે. મંદ અને સાંદ્ર એ તુલનાત્મક શબ્દો છે. પ્રવૃત્તિ 2.2માં જૂથ Aને મળેલું દ્રાવણ એ જૂથ Bની સાપેક્ષમાં મંદ હતું.

પ્રવૃત્તિ ______ 2.3

- બે બીકર લઈ તે દરેકમાં આશરે 50 mL પાણી ભરો.
- એક બીકરમાં મીઠું અને બીજા બીકરમાં ખાંડ અથવા બેરિયમ ક્લોરાઇડ ઉમેરીને તેને સતત હલાવતાં રહો.
- જો દ્રાવ્યના કણો વધુ માત્રામાં ન ઓગળે તો બીકરમાંના દ્રાવણને 5 °C ના તાપમાનના વધારા સુધી ગરમ કરો.
- ફરીથી દ્રાવ્ય ઉમેરવાનું શરૂ કરો.

શું આપેલ તાપમાને મીઠું અને ખાંડ અથવા બેરિયમ ક્લોરાઇડ સમાન પ્રમાણમાં દ્રાવ્ય થાય છે ?

કોઈ ચોક્કસ તાપમાને દ્રાવણની જેટલી ક્ષમતા હોય તેટલા જ પ્રમાણમાં દ્રાવ્ય ઓગળેલ હોય તો તેને સંતૃપ્ત દ્રાવણ કહે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, જ્યારે કોઈ ચોક્કસ તાપમાને દ્રાવણમાં વધુ માત્રામાં દ્રાવ્ય ઓગળી ન શકે તો તેને સંતૃપ્ત દ્રાવણ કહે છે. ચોક્કસ તાપમાને દ્રાવણમાં હાજર રહેલા દ્રાવ્યની માત્રાને તે દ્રાવણની દ્રાવ્યતા (Solubility) કહે છે.

જો દ્રાવણમાં દ્રાવ્યની માત્રા સંતૃપ્ત સ્તર કરતાં ઓછી હોય તો તેવા દ્રાવણને અસંતૃપ્ત દ્રાવણ કહે છે.

જો તમે કોઈ નિશ્ચિત તાપમાને એક સંતૃપ્ત દ્રાવણ લઈ તેને ધીરે-ધીરે ઠંડું કરો તો શું થશે ?

ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિ પરથી અનુમાન કરી શકાય કે ચોક્કસ તાપમાને આપેલ દ્રાવકમાં જુદા-જુદા પદાર્થોની દ્રાવ્યતા અલગ-અલગ હોઈ શકે છે.

દ્રાવણની સાંદ્રતા એટલે આપેલ જથ્થાના દ્રાવણમાં (દળ અથવા કદ) હાજર રહેલા દ્રાવ્યની માત્રા (દળ અથવા કદ).

દ્રાવણની સાંદ્રતા દર્શાવવાની વિવિધ રીતો છે; પરંતુ અહીં આપણે ફક્ત ત્રણ પદ્ધતિઓ (રીતો)નો અભ્યાસ કરીશું :

(i) દ્રાવણની દળ-દળથી ટકાવારી :

$$= \frac{\text{દ્રાવ્યનું દળ}}{\text{દ્રાવણનું દળ}} \times 100$$

(ii) દ્રાવણની દળ-કદથી ટકાવારી :

$$= \frac{\text{દ્રાવ્યનું દળ}}{\text{દ્રાવણનું કદ}} \times 100$$

(iii) દ્રાવણની કદ-કદથી ટકાવારી :

$$= \frac{\text{દ્રાવ્યનું કદ}}{\text{દ્રાવણનું કદ}} \times 100$$

ઉદાહરણ 2.1 : એક દ્રાવણ 320 g પાણીમાં 40 g સામાન્ય ક્ષાર ધરાવે છે, તો તે દ્રાવણની સાંદ્રતા દળ-દળથી ટકાવારીના સંદર્ભમાં શોધો.

ઉકેલ :

દ્રાવ્યનું દળ (સામાન્ય ક્ષાર) (મીઠું) = 40 g

દ્રાવકનું દળ (પાણી) = 320 g

આપણે જાણીએ છીએ કે,

દ્રાવણનું દળ = દ્રાવ્યનું દળ + દ્રાવકનું દળ

= 40 g + 320 g

= 360 g

હવે, દળ-દળથી ટકાવારી

$$= \frac{\text{દ્રાવ્યનું દળ}}{\text{દ્રાવણનું દળ}} \times 100$$

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

$$= 11.1\%$$

2.2.2 નિલંબન એટલે શું ? (What is a Suspension ?)

પ્રવૃત્તિ 2.2માં જૂથ Cને મળેલી વિષમાંગ પ્રણાલી (Non-Homogeneous System) કે જેમાં ઘન કણો પ્રવાહીમાં વિખેરણ પામેલા હતા તેને નિલંબન કહે છે. નિલંબન વિષમાંગ મિશ્રણ છે, જેમાં દ્રાવ્યના કણો ઓગળતાં નથી; પરંતુ સમગ્ર માધ્યમમાં નિલંબિત રહે છે. આવા નિલંબિત કણોને નરી આંખે જોઈ શકાય છે.

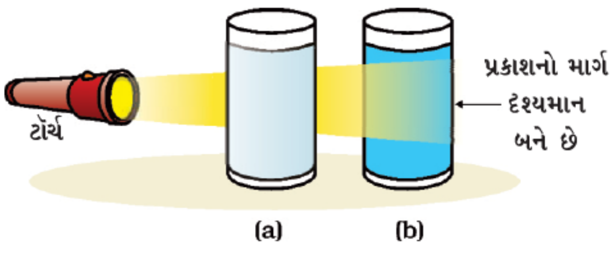
નિલંબનના ગુણધર્મો (Properties of a Suspension)

- નિલંબન વિષમાંગ મિશ્રણ છે.
- નિલંબિત કણો નરી આંખે જોઈ શકાય છે.
- નિલંબિત કણો તેમાંથી પસાર થતા પ્રકાશનાં કિરણોનું પ્રકીર્ણન કરે છે, જેથી તેનો માર્ગ જોઈ શકાય છે.
- જો નિલંબિત કણોને કોઈ પણ ખલેલ પહોંચાડ્યા વગર મૂકી રાખવામાં આવે, તો દ્રાવ્યના કણો પાત્રમાં તળિયે (નીચે) બેસી જાય છે. આમ, નિલંબન અસ્થાયી હોય છે. ગાળણ દ્વારા આવા નિલંબિત કણોને મિશ્રણમાંથી અલગ કરી શકાય છે. જ્યારે નિલંબિત કણો પાત્રના તળિયે બેસી જાય ત્યારે નિલંબનનો નાશ થાય છે અને હવે તે દ્રાવણ પ્રકાશનાં કિરણોનું પ્રકીર્ણન (Scattering) કરવા અસમર્થ બને છે.

2.2.3 કલિલ દ્રાવણ એટલે શું ? (What is a colloidal Solution ?)

પ્રવૃત્તિ 2.2માં જૂથ Dને મળેલ દ્રાવણને કલિલ અથવા કલિલમય દ્રાવણ (Sol) કહે છે. કલિલના કણો સમગ્ર દ્રાવણમાં એક સમાન રીતે ફેલાયેલા હોય છે. નિલંબિત કણો કરતાં કલિલ કણોનું કદ નાનું હોવાને કારણે, મિશ્રણ સમાંગ દેખાય છે; પરંતુ વાસ્તવમાં કલિલ દ્રાવણ વિષમાંગ મિશ્રણ જ છે. ઉદાહરણ તરીકે : દૂધ.

કલિલ કણોનું કદ નાનું હોવાને કારણે આપણે તેને નરી આંખે જોઈ શકતાં નથી; પરંતુ પ્રવૃત્તિ 2.2માં જોયા પ્રમાણે કલિલ કણો પ્રકાશના કિરણપુંજનું આસાનીથી પ્રકીર્ણન કરી શકે છે. પ્રકાશના કિરણપુંજના આ પ્રકારના પ્રકીર્ણનને ટિંડલ (Tyndall) અસર કહે છે. આ અસર ટિંડલ નામના વૈજ્ઞાનિકે શોધી હોવાથી તેને ટિંડલ અસર કહે છે. જ્યારે સૂર્ય કે પ્રકાશનું કિરણપુંજ નાના છિદ્ર મારફતે અંધારા ઓરડામાં પ્રવેશે છે ત્યારે પણ ટિંડલ અસર જોઈ શકાય છે. હવામાંના ધૂળ અને ધુમાડા (Smoke)ના કણોને કારણે પ્રકાશના કિરણપુંજનું પ્રકીર્ણન થાય છે, જેને લીધે ટિંડલ અસર જોવા મળે છે.



આકૃતિ 2.3 : (a) કૉપર સલ્ફેટનું દ્રાવણ ટિંડલ અસર દર્શાવતું નથી. (b) પાણી અને દૂધનું મિશ્રણ ટિંડલ અસર દર્શાવે છે.

ગાઢ જંગલોના છાયા (આચ્છાદન) (Canopy)માંથી જ્યારે સૂર્યપ્રકાશનાં કિરણો પસાર થાય ત્યારે ટિંડલ અસર જોઈ શકાય છે. જંગલમાં રહેલ ધુમ્મસ કે ઝાકળમાં પાણીના અતિસૂક્ષ્મ કણો હોય છે, જે હવામાં કલિલ કણોની માફક જ ફેલાયેલા હોય છે.

આકૃતિ 2.4 : ટિંડલ અસર

કલિલના ગુણધર્મો (Properties of a Colloid)

- કલિલ વિષમાંગ મિશ્રણ છે.
- કલિલના દરેક કણનું કદ અતિસૂક્ષ્મ હોવાને લીધે તેને નરી આંખે જોવા મુશ્કેલ છે.
- કલિલ કણો એટલી હદે મોટા હોય છે કે તેમાંથી પસાર થતા પ્રકાશના કિરણપુંજનું તે પ્રકીર્ણન કરી શકે છે અને પ્રકાશના માર્ગને દૃશ્યમાન બનાવે છે.
- કલિલને કોઈ પણ પ્રકારની ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય રાખી મૂકતાં કલિલ કણો પાત્રમાં તળિયે બેસી જતાં નથી, તેથી જ કલિલ સ્થાયી હોય છે.
- કલિલના કણોને તેના મિશ્રણમાંથી ગાળણક્રિયા દ્વારા અલગ કરી શકાતા નથી; પરંતુ એક વિશિષ્ટ પદ્ધતિ સેન્ટ્રિફ્યુગેશન (પ્રવૃત્તિ 2.5) દ્વારા કલિલ કણોને મિશ્રણમાંથી અલગ કરી શકાય છે.

કલિલમય દ્રાવણના ઘટક કણો તરીકે પરિક્ષેપિત કલા અને પરિક્ષેપન માધ્યમ હોય છે. કલિલ દ્રાવણમાં રહેલો દ્રાવ્ય જેવો ઘટક (પરિક્ષેપિત કણો) પરિક્ષેપિત કલા (Phase) બનાવે છે અને એવો ઘટક કે જેના કણો નિલંબિત થયેલા હોય છે તેને વિક્ષેપન માધ્યમ કહે છે. પરિક્ષેપન માધ્યમ અને પરિક્ષેપિત કલાના કણોની ભૌતિક અવસ્થાના આધારે કલિલનું વર્ગીકરણ કરવામાં આવે છે. કેટલાંક સામાન્ય ઉદાહરણો કોષ્ટક 2.1માં આપેલ છે. તેમાં દર્શાવેલા કલિલ આપણા જીવનમાં ખૂબ જ સામાન્ય છે.

પ્રશ્નો :

1. સમાંગ મિશ્રણ અને વિષમાંગ મિશ્રણ વચ્ચેનો તફાવત ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.
2. સોલ, દ્રાવણ અને નિલંબન એકબીજાથી કઈ રીતે અલગ પડે છે ?
3. સંતૃપ્ત દ્રાવણ બનાવવા માટે, 36 g સોડિયમ ક્લોરાઇડને 293 K તાપમાને 100 g પાણીમાં ઓગાળેલ છે, તો તે તાપમાને દ્રાવણની સાંદ્રતા શોધો.

કોષ્ટક 2.1 કલિલનાં સામાન્ય ઉદાહરણો

વિક્ષેપિત કલા	વિક્ષેપન માધ્યમ	કલિલનો પ્રકાર	ઉદાહરણ
પ્રવાહી	વાયુ	ઍરોસોલ	ધુમ્મસ, વાદળ, ઝાકળ
ઘન	વાયુ	ઍરોસોલ	ધુમાડો, વાહનોનામાંથી બહાર નીકળતો ધુમાડો
વાયુ	પ્રવાહી	ફીણ	શેવિંગ ક્રીમ, પ્લવન
પ્રવાહી	પ્રવાહી	ઇમલ્શન (પાયસ)	દૂધ, ફેસક્રીમ
ઘન	પ્રવાહી	સોલ	મિલ્ક ઑફ મૅગ્નેશિયા, કાદવ
વાયુ	ઘન	ફીણ	ફીણ, રબર, વાદળી, પ્યુમાઇસ (દરિયાઈ) પથ્થર
પ્રવાહી	ઘન	જૅલ	જૅલી, ચીઝ, માખણ
ઘન	ઘન	ઘનસોલ	રંગીન જૅમ્સ્ટૉન (રત્નપથ્થર), દૂધિયો કાચ

2.3 મિશ્રણના ઘટકોનું અલગીકરણ (Separating the Components of a Mixture)

આપણે શીખી ગયાં કે મોટા ભાગના કુદરતી પદાર્થો રાસાયણિક રીતે શુદ્ધ હોતા નથી. મિશ્રણના ઘટકોને અલગ કરવા માટે જુદી-જુદી પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. અલગીકરણ મિશ્રણના ઘટકોને અલગ કરીને તે ઘટકોનો અભ્યાસ અને ઉપયોગ શક્ય બનાવે છે.

વિષમાંગ મિશ્રણને આપણા રોજિંદા જીવનમાં વપરાતી સરળ ભૌતિક પદ્ધતિઓ જેવી કે હાથથી વીણવું, ચાળવું, ગળણીથી ગાળવું વગેરે દ્વારા સરળતાથી તેના મૂળભૂત ઘટકોમાં અલગ કરી શકાય છે. મિશ્રણના ઘટકોના અલગીકરણ માટે કેટલીક વખતે વિશિષ્ટ પદ્ધતિઓ ઉપયોગમાં લેવાય છે.

2.3.1 ભૂરી/કાળી શાહીમાંથી રંગીન ઘટકકણ (રંગક) કેવી રીતે મેળવી શકાય છે ? (How can we obtain coloured component (Dye) from blue/ black ink ?)

પ્રવૃત્તિ 2.4

- એક બીકરમાં અડધે સુધી પાણી ભરો.
- બીકરના ઉપરના ભાગને વૉચ ગ્લાસથી ઢાંકો (આકૃતિ 2.5).
- વૉચ ગ્લાસમાં શાહીનાં થોડાં ટીપાં લો.
- હવે બીકરને ગરમ કરવાનું શરૂ કરો. આપણે શાહીને સીધી (પ્રત્યક્ષ રીતે) ગરમ કરવા માંગતા નથી. તમે વૉચ ગ્લાસમાંથી બાષ્પીભવન થતું જોઈ શકશો.
- બાષ્પીભવન થતું રહે ત્યાં સુધી બીકરને ગરમ કરવાનું ચાલુ રાખો અને જ્યારે વૉચ ગ્લાસમાં કોઈ જ ફેરફાર ન જોવા મળે ત્યારે બીકરને ગરમ કરવાનું બંધ કરો.
- ધ્યાનથી તેનું અવલોકન કરી તમારાં અવલોકનો નોંધો.

આકૃતિ 2.5 : બાષ્પીભવન

જવાબ આપો

- તમારા મતે વૉચ ગ્લાસમાંથી શેનું બાષ્પીભવન થયું હશે ?
- શું વૉચ ગ્લાસમાં કોઈ અવશેષ બાકી રહે છે ?
- તમે શું અર્થઘટન કરો છો ? શું શાહી એ એક જ પદાર્થ (શુદ્ધ) છે કે તે મિશ્રણ છે ?

આપણને માલૂમ થાય છે કે શાહી રંગકનું પાણીમાં બનેલું મિશ્રણ છે. આમ, આપણે બાષ્પીભવન દ્વારા મિશ્રણના બાષ્પશીલ ઘટક (દ્રાવક) પાણીને અબાષ્પશીલ ઘટક (દ્રાવ્ય) રંગકથી અલગ કરી શકીએ છીએ.

2.3.2 દૂધમાંથી મલાઈ કેવી રીતે અલગ કરી શકાય ? (How can we separate cream from milk ?)

હાલના સમયમાં બજારમાં મલાઈથી ભરપૂર, ટોન્ડ, ડબલ-ટોન્ડ વગેરે વિવિધતા ધરાવતું દૂધ પોલિપૅક તેમજ ટેટ્રાપૅકમાં ઉપલબ્ધ છે. આ વિવિધતાસભર દૂધમાં જુદી-જુદી માત્રામાં ચરબી હોય છે.

પ્રવૃત્તિ 2.5

- એક કસનળીમાં મલાઈથી ભરપૂર દૂધ લો.
- સેન્ટ્રિફ્યુજિંગ યંત્ર (કેન્દ્રત્યાગી યંત્ર) વડે તેને બે મિનિટ માટે સેન્ટ્રિફ્યુજ કરો. જો શાળામાં આ યંત્ર ઉપલબ્ધ ન હોય તો તમે ઘરે રસોડામાં વપરાતા વલોણા દ્વારા પ્રવૃત્તિ કરી શકો છો.
- જો તમારા ઘરની નજીક દૂધની ડેરી હોય તો તેની મુલાકાત લો અને ત્યાં જઈને પૂછો કે, (i) તેઓ દૂધમાંથી મલાઈ કેવી રીતે અલગ કરે છે ? (ii) તેઓ દૂધમાંથી ચીઝ (પનીર) કેવી રીતે બનાવે છે ?

જવાબ આપો

- દૂધને વલોવીને તમે શું અવલોકન કર્યું ?
- દૂધમાંથી મલાઈનું અલગીકરણ કેવી રીતે થાય છે તે સમજાવો.

કેટલીક વાર પ્રવાહીમાં રહેલા ઘન કણો અતિસૂક્ષ્મ હોવાને કારણે તે ગાળણપત્રમાંથી પણ સહેલાઈથી પસાર થઈ જાય છે, તેથી ગાળણ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી તેઓનું અલગીકરણ શક્ય

ન બને. આવા મિશ્રણને સેન્ટ્રિફ્યુગેશન (કેન્દ્રત્યાગી) પદ્ધતિ વડે અલગ કરી શકાય છે. જ્યારે સેન્ટ્રિફ્યુજિંગ યંત્રને ઝડપથી ગોળ ઘુમાવીએ ત્યારે ભારે કણો કેન્દ્ર તરફ નીચે બેસી જાય છે અને હલકા કણો ઉપરની તરફ રહે છે, તે તેનો સિદ્ધાંત છે.

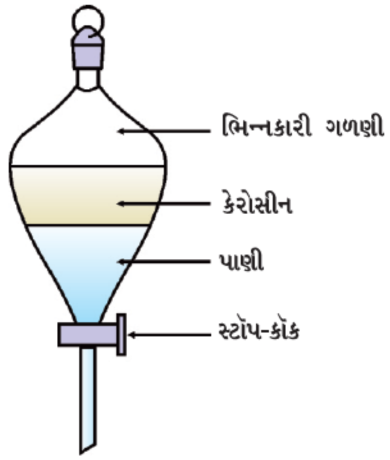
અનુપ્રયોગ (Applications)

- તેનો ઉપયોગ નિદાનાત્મક પ્રયોગશાળા (Diagnostic Laboratories)માં રુધિર (Blood) અને મૂત્ર (Urine)ની ચકાસણી કરવા માટે થાય છે.
- તેનો ઉપયોગ ડેરીઓ અને ઘરોમાં મલાઈમાંથી માખણને અલગ કરવા માટે થાય છે.
- તેનો ઉપયોગ વૉશિંગમશીન (કપડાં ધોવાનાં યંત્ર)માં ભીનાં કપડાંને નીચોવીને તેમાંથી પાણી કાઢવા માટે થાય છે.

2.3.3 એકબીજામાં મિશ્ર ન થઈ શકે તેવા બે પ્રવાહીઓનાં મિશ્રણને આપણે કેવી રીતે અલગ કરી શકીએ ? (How can we separate a mixture of two immiscible liquids ?)

પ્રવૃત્તિ 2.6

- ચાલો, આપણે ભિન્નકારી (અલગીકરણ) ગળણી (Separating Funnel) વડે કેરોસીનને પાણીથી અલગ કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ.
- કેરોસીન અને પાણીના વિષમાંગ મિશ્રણને ભિન્નકારી ગળણીમાં ભરો. (આકૃતિ 2.6)
- તેને થોડા સમય સુધી ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય રાખી મૂકતાં કેરોસીન અને પાણીના અલગ સ્તર રચાશે.
- ભિન્નકારી ગળણીનો સ્ટૉપકૉક ખોલો અને નીચેના પાણીના સ્તરને કાળજીપૂર્વક બહાર લઈ લો.
- જેવું કેરોસીન સ્ટૉપકૉક સુધી પહોંચે કે તરત જ ભિન્નકારી ગળણીનાં સ્ટૉપકૉકને બંધ કરી દો.



આકૃતિ 2.6 : મિશ્ર ન થઈ શકે તેવાં પ્રવાહીઓનું અલગીકરણ

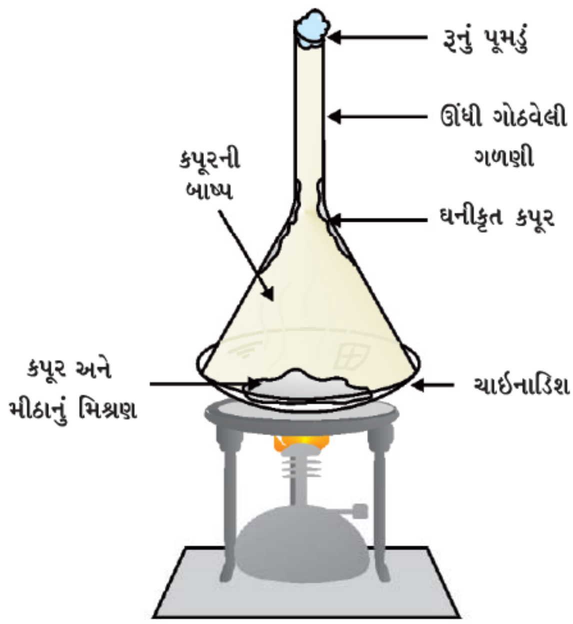
અનુપ્રયોગ (Applications)

- તેલ અને પાણીના મિશ્રણને અલગ કરવા માટે.
- લોખંડની કાચી ધાતુમાંથી લોખંડનું નિષ્કર્ષણ કરવા માટે આ પદ્ધતિમાં હલકું સ્લેગ ઉપરના ભાગથી દૂર કરવામાં આવે છે અને પીગળેલ લોખંડ ભઠ્ઠીના તળિયે રહી જાય છે.

એકબીજામાં મિશ્ર ન થઈ શકે તેવાં પ્રવાહીઓનું તેમની ઘનતાના આધારે અલગ-અલગ સ્તરોમાં અલગીકરણ કરવું તેનો સિદ્ધાંત છે.

2.3.4 આપણે મીઠું અને કપૂરના મિશ્રણને કેવી રીતે અલગ કરી શકીએ ? (How can we separate a mixture of salt and camphor?)

પ્રકરણ 1માં શીખ્યા મુજબ, કપૂરને ગરમ કરતાં ઘનમાંથી સીધું વાયુમાં રૂપાંતર પામે છે. આમ, ઉર્ધ્વપાતન ન પામી શકે તેવી અશુદ્ધિમાંથી ઉર્ધ્વપાતન પામી શકે તેવા બાષ્પશીલ ઘટકોને અલગ કરવા માટે ઉર્ધ્વપાતન પદ્ધતિ વપરાય છે (આકૃતિ 2.7). ઉર્ધ્વપાતન પામી શકે તેવા ઘન પદાર્થોનાં ઉદાહરણ : ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડ, નેપ્થેલિન અને એન્થ્રેસીન છે.

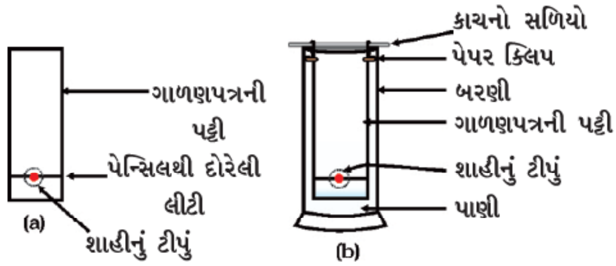


આકૃતિ 2.7 : ઊર્ધ્વપાતન દ્વારા કપૂર અને મીઠાનું અલગીકરણ

2.3.5 શું કાળી શાહીમાં રહેલ રંગક એ એક જ રંગ છે ? (Is the dye in black ink a single colour ?)

પ્રવૃત્તિ 2.7

- ગાળણપત્રની એક પાતળી પટ્ટી લો.
- તેના નીચેના છેડેથી આશરે ત્રણ સેન્ટિમીટર ઉપર પેન્સિલ વડે એક લીટી દોરો (આકૃતિ 2.8 (a)).
- તે લીટીની મધ્યમાં શાહી (સ્કેચ પેન અથવા ફાઉન્ટેન પેનની પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય તેવી શાહી)નું નાનું ટીપું મૂકો. તેને સુકાવા દો.
- ગાળણપત્રને પાણીથી ભરેલ એક બરણી/કસનળી/ગ્લાસ/બીકરમાં એવી રીતે ડુબાડો કે જેથી શાહીનું ટીપું પાણીના સ્તરની થોડું ઉપર રહે (આકૃતિ 2.8 (b)માં દર્શાવ્યા મુજબ). હવે તેને કોઈ પણ ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય રાખી મૂકો.
- ગાળણપત્રમાં જેમ-જેમ પાણી ઉપરની તરફ ચડે તેમ-તેમ ધ્યાનથી તેનું અવલોકન કરો અને તેની નોંધ કરો.



આકૃતિ 2.8 : ક્રોમેટોગ્રાફી (વર્ણલેખિકી) પદ્ધતિ દ્વારા કાળી શાહીમાં રહેલ રંગક (Dye)નું અલગીકરણ

જવાબ આપો

- જેમ-જેમ પાણી ગાળણપત્રમાં ઉપર ચડે તેમ તમે શું અવલોકન કરો છો ?
- શું તમને ગાળણપત્ર પર અલગ-અલગ રંગો મળશે ?
- તમારા મત મુજબ, રંગીન ટપકાનું (શાહીના ટીપાનું) ગાળણપત્રની પટ્ટીમાં ઉપર તરફ ચડવાનું કારણ શું હોઈ શકે ?

જે શાહીનો આપણે ઉપયોગ કર્યો તેમાં પાણી દ્રાવક તરીકે વર્તે છે અને તેમાં રહેલા રંગક (Dye)ના કણો દ્રાવ્ય તરીકે વર્તે છે. જેમ-જેમ પાણી ગાળણપત્રમાં ઉપર તરફ ચડે છે તેમ-તેમ તે પોતાની સાથે રંગકના અણુઓને પણ ઉપરની તરફ લઈ જાય છે. સામાન્ય રીતે રંગક બે કે તેથી વધુ રંગોનું (રંગીન ઘટકોનું) મિશ્રણ હોય છે. જે રંગીન ઘટક પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય હોય તે ગાળણપત્રમાં ઝડપથી ઉપર ચડે છે અને આ રીતે રંગોનું અલગીકરણ થાય છે.

મિશ્રણ (વર્ણલેખિકી)માં રહેલા ઘટકોના અલગીકરણની આ પદ્ધતિને ક્રોમેટોગ્રાફી કહે છે. ગ્રીક ભાષામાં ક્રોમાનો અર્થ 'રંગ' થાય છે. આ પદ્ધતિ સૌપ્રથમ વાર રંગોના અલગીકરણ માટે વપરાઈ હતી, તેથી તેનું નામ ક્રોમેટોગ્રાફી અપાયું છે. એક જ દ્રાવકમાં ઓગળેલા જુદાં-જુદાં દ્રાવ્યોના અલગીકરણ માટે ક્રોમેટોગ્રાફી પદ્ધતિ વપરાય છે.

ટેક્નૉલૉજીના વિકાસની સાથે ક્રોમેટોગ્રાફીની નવી-નવી પદ્ધતિઓનો પણ વિકાસ થયો છે, જેનો અભ્યાસ તમે આગળનાં ધોરણોમાં કરશો.

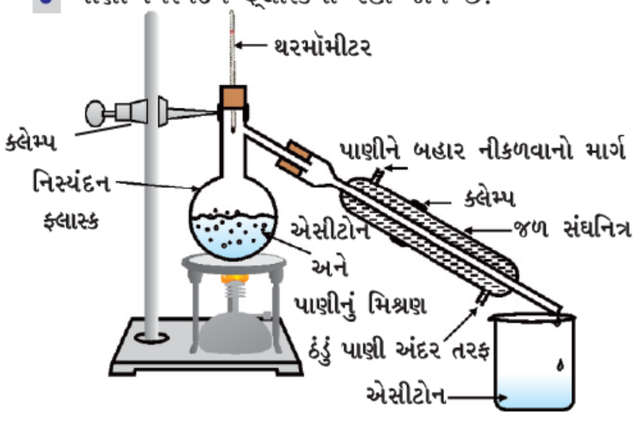
અનુપ્રયોગ (Applications)

- રંગક (Dye)માં રહેલા રંગોને અલગ કરવા.
- કુદરતી રંગોમાંથી વર્ણકો (Pigments)ને અલગ કરવા.
- રુધિર (લોહી)માંથી નશાકારક દ્રવ્યો (Drugs)ને અલગ કરવા.

2.3.6 એકબીજામાં મિશ્ર થઈ શકે તેવાં પ્રવાહીઓને આપણે કેવી રીતે અલગ કરીશું ? (How can we separate a mixture of two miscible liquids ?)

પ્રવૃત્તિ 2.8

- આપણે એકબીજામાં મિશ્ર થયેલા પાણી અને એસીટોનને તેમના મિશ્રણમાંથી અલગ કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ.
- નિસ્યંદન ફ્લાસ્ક (Distillation Flask)માં મિશ્રણ લઈ તેમાં થરમૉમીટર લગાવો.
- આકૃતિ 2.9માં દર્શાવ્યા મુજબ સાધનોની ગોઠવણી કરો.
- ફ્લાસ્કમાંના મિશ્રણને ધીરે-ધીરે ગરમ કરો અને ધ્યાનપૂર્વક થરમૉમીટર પર નજર રાખતા રહો.
- એસીટોન બાષ્પમાં રૂપાંતર પામે છે અને સંઘનિત્ર (Condenser)માં સંઘનિત (Condense) થઈને સંઘનિત્રના છેડેથી તેને એકત્ર કરી શકાય છે.
- પાણી નિસ્યંદન ફ્લાસ્કમાં રહી જાય છે.



આકૃતિ 2.9 : નિસ્યંદન દ્વારા મિશ્ર થઈ શકે તેવાં બે પ્રવાહીઓનું અલગીકરણ

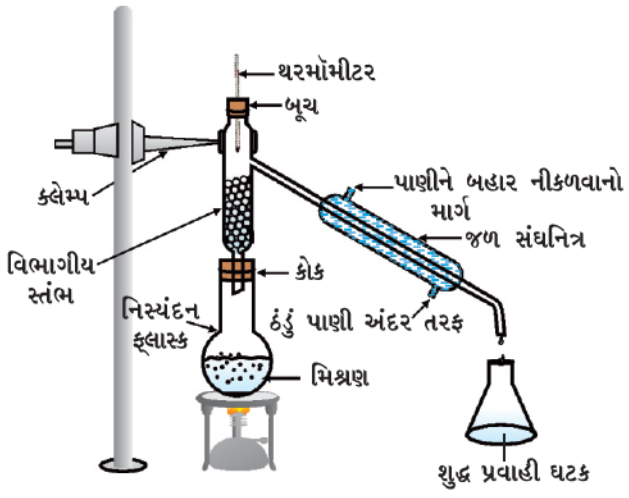
જવાબ આપો

- જ્યારે તમે મિશ્રણને ગરમ કરવાનું શરૂ કરો છો ત્યારે તમે શું અવલોકન કરો છો ?
- કયા તાપમાને થરમૉમીટરનો આંક (Reading) થોડા સમય માટે અચળ રહે છે ?
- એસીટોનનું ઉત્કલનબિંદુ કેટલું છે ?
- મિશ્રણના બંને ઘટકો (એસીટોન અને પાણી)ને શા માટે અલગ કરી શકાય છે ?

આ પદ્ધતિને નિસ્યંદન (Distillation) કહે છે. વિઘટન પામ્યા સિવાય ઉકળતા અને મિશ્ર થઈ શકે તેવાં બે પ્રવાહી કે જેમનાં ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચે પૂરતો તફાવત હોય તેમના અલગીકરણ માટે આ પદ્ધતિ વપરાય છે.

સરળતાથી મિશ્ર થઈ જતાં બે કે તેથી વધુ પ્રવાહીનાં ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેનો તફાવત 25 K કરતાં ઓછો હોય તો તેઓના અલગીકરણ માટે વિભાગીય નિસ્યંદન (Fractional Distillation) પદ્ધતિ વપરાય છે. ઉદાહરણ તરીકે હવામાંથી વિવિધ વાયુઓનું અલગીકરણ, પેટ્રોલિયમ પેદાશોમાંથી તેના વિવિધ ઘટકોનું અલગીકરણ વગેરે. તે માટે વપરાતું સાધન સાદા નિસ્યંદન માટે વપરાતા સાધન જેવું જ હોય છે, સિવાય કે નિસ્યંદન ફ્લાસ્ક અને સંઘનિત્ર વચ્ચે વિભાગીય સ્તંભને ગોઠવવામાં આવે છે.

સામાન્ય વિભાગીય સ્તંભ એ કાચના ટુકડાઓથી ભરેલ એક નળી હોય છે. કાચના આ ટુકડા બાષ્પને ઠંડી પડવા માટે તેમજ સંઘનિત થવા માટે વારંવાર સપાટી પૂરી પાડે છે (આકૃતિ 2.10 માં દર્શાવ્યા મુજબ).



આકૃતિ 2.10 : વિભાગીય નિસ્યંદન

2.3.7 હવામાંથી વિવિધ વાયુઓને કેવી રીતે મેળવી શકાય ? (How can we obtain different gases from Air ?)

હવા એક કરતાં વધુ વાયુઓનું સમાંગ મિશ્રણ છે અને વિભાગીય નિસ્યંદન દ્વારા તેને તેના ઘટકોમાં અલગીકૃત કરી શકાય છે. ક્રમદર્શી આરેખ (Flow diagram) (આકૃતિ 2.11) આ પદ્ધતિના વિવિધ તબક્કાઓ દર્શાવે છે.

હવા

દબાણના વધારા અને તાપમાનના ઘટાડા દ્વારા હવાને સંકોચવું (Compress) અને ઠંડું (Cool) કરવું.

↓

પ્રવાહીકૃત હવા

વિભાગીય નિસ્યંદન સ્તંભને ધીમે-ધીમે ગરમ કરો.

વાયુઓ જુદી-જુદી ઊંચાઈએ અલગીકૃત થાય છે.

↓

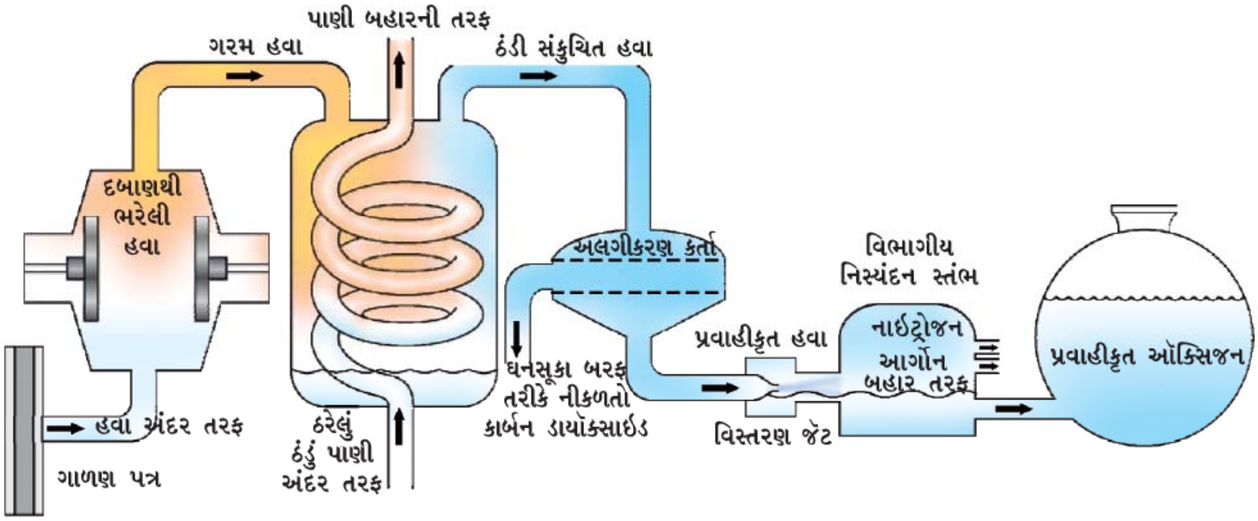
	ઑક્સિજન	આર્ગોન	નાઇટ્રોજન
ઉત્કલનબિંદુ (°C)	− 183	− 186	− 196
હવાનું કદથી ટકાવાર પ્રમાણ	20.9	0.9	78.1

આકૃતિ 2.11 : હવામાંથી વિવિધ વાયુઓને અલગ મેળવવા માટેના પ્રક્રમનો ક્રમદર્શી આરેખ (Flow Chart)

જો આપણે હવામાંથી ઑક્સિજન વાયુ મેળવવા માંગતા હોઈએ (આકૃતિ 2.12) તો, હવામાં હાજર રહેલા તમામ વાયુઓને આપણે અલગ કરવા પડે. દબાણના વધારાથી હવાનું સંકોચન થાય છે અને તાપમાનના ઘટાડાથી હવાને ઠંડી પાડી તેને પ્રવાહીકૃત સ્વરૂપે મેળવવામાં આવે છે. આવી પ્રવાહીકૃત હવાને વિભાગીય નિસ્યંદન સ્તંભમાં ધીમે-ધીમે ગરમ કરવામાં આવે છે, જ્યાં ઉત્કલનબિંદુના આધારે જુદી-જુદી ઊંચાઈએ વિવિધ વાયુઓને અલગ-અલગ મેળવવામાં આવે છે.

જવાબ આપો

- હવામાં હાજર રહેલા વાયુઓને તેમના ઉત્કલનબિંદુના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.
- જ્યારે હવાને ઠંડી પાડવામાં આવે ત્યારે કયો વાયુ સૌપ્રથમ પ્રવાહીમાં રૂપાંતર પામે છે ?



આકૃતિ 2.12 : હવાના ઘટકોનું અલગીકરણ

2.3.8 અશુદ્ધ નમૂનામાંથી શુદ્ધ કૉપર સલ્ફેટ આપણે કેવી રીતે મેળવી શકીએ ? (How can we obtain pure copper sulphate from an impure sample ?)

પ્રવૃત્તિ ______________ 2.9

- એક બાષ્પવાટકીમાં થોડો (આશરે 5 ગ્રામ) અશુદ્ધ કૉપર સલ્ફેટ લો.
- તેને ન્યૂનતમ જથ્થાના પાણીમાં દ્રાવ્ય કરો.
- અશુદ્ધિઓને ગાળણપ્રક્રિયા દ્વારા દૂર કરો.
- સંતૃપ્ત દ્રાવણ મેળવવા માટે કૉપર સલ્ફેટના દ્રાવણમાંથી પાણીનું બાષ્પીભવન કરો.
- દ્રાવણને ગાળણપત્ર વડે ઢાંકો અને તેને કોઈ પણ પ્રકારની ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય ઓરડાનાં તાપમાને ઠંડુ કરવા એક દિવસ રાખી મૂકો.
- બાષ્પવાટકીમાં તમને કૉપર સલ્ફેટના સ્ફટિક મળશે.
- આ પદ્ધતિને સ્ફટિકીકરણ (Crystallization) કહે છે.

જવાબ આપો

- બાષ્પવાટકીમાં તમે શું અવલોકન કર્યું ?
- શું સ્ફટિક એકસરખા દેખાય છે ?
- બાષ્પવાટકીમાં રહેલ પ્રવાહીમાંથી તમે સ્ફટિકને કેવી રીતે અલગ કરશો ?

સ્ફટિકીકરણ પદ્ધતિ ઘન પદાર્થોના શુદ્ધીકરણ માટે વપરાય છે. ઉદાહરણ તરીકે દરિયાના પાણીમાંથી મળતા મીઠા (Salt)માં ઘણી અશુદ્ધિઓ હોય છે, જેને દૂર કરવા સ્ફટિકીકરણ પદ્ધતિ વપરાય છે. દ્રાવણમાંથી શુદ્ધ ઘન પદાર્થને સ્ફટિક સ્વરૂપે અલગ મેળવવા માટે વપરાતી પદ્ધતિને સ્ફટિકીકરણ કહે છે. સ્ફટિકીકરણ પદ્ધતિ સાદી બાષ્પીભવન પદ્ધતિ કરતાં ચડિયાતી છે કારણ કે,

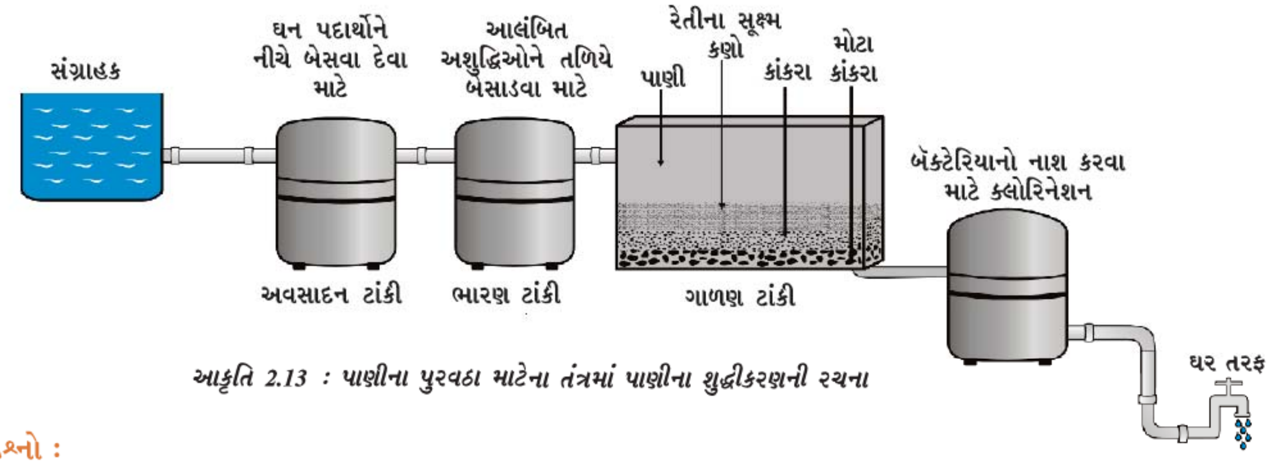
- કેટલાક ઘન પદાર્થો વિઘટન પામે છે તો ખાંડ જેવા કેટલાક પદાર્થોને શુષ્કતા સુધી ગરમ કરતાં તે બળીને કાળા પડી જાય છે.
- ગાળણ પછી પણ કેટલીક અશુદ્ધિઓ દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય થયેલી હોય છે, જે બાષ્પીભવનથી ઘન પદાર્થને અશુદ્ધ કરે છે.

અનુપ્રયોગ (Applications)

- દરિયાના પાણીમાંથી મળતા મીઠા (Salt)નું શુદ્ધીકરણ કરવા માટે.
- ફટકડી (એલમ)ના અશુદ્ધ નમૂનામાંથી તેના શુદ્ધ સ્ફટિકનું અલગીકરણ કરવા માટે.

આમ, મિશ્રણમાં રહેલા ઘટકોના સ્વભાવના આધારે ઉપર દર્શાવેલી પદ્ધતિઓ પૈકી કોઈ એક પદ્ધતિ દ્વારા શુદ્ધ પદાર્થ મેળવી શકાય છે. ટેક્નૉલૉજીના વિકાસની સાથે અનેક નવી અલગીકરણ પદ્ધતિઓની શોધ થવા લાગી છે.

શહેરમાં પાણીની ટાંકીમાંથી પીવાલાયક પાણી પૂરું પાડવામાં આવે છે. પાણીની ટાંકીની (પાણીના પુરવઠા માટેનું તંત્ર) એક ક્રમદર્શી આરેખ આકૃતિ 2.13માં દર્શાવેલ છે. આ આકૃતિ પરથી પાણીની ટાંકીમાંથી તમારા ઘર સુધી પીવાલાયક પાણી કેવી રીતે પૂરું પડાય છે તે લખો અને તમારા વર્ગખંડમાં તેની ચર્ચા કરો.



આકૃતિ 2.13 : પાણીના પુરવઠા માટેના તંત્રમાં પાણીના શુદ્ધીકરણની રચના

પ્રશ્નો :

1. પેટ્રોલ અને કેરોસીન જે એકબીજામાં મિશ્ર થઈ શકે છે તેના બનાવેલા મિશ્રણને (તેમના ઉત્કલન બિંદુનો તફાવત 25 °C કરતાં વધુ છે.) તમે કેવી રીતે અલગ કરશો ?
2. નીચેનાના અલગીકરણ માટે યોગ્ય પદ્ધતિનાં નામ દર્શાવો :
   (i) દહીંમાંથી માખણ
   (ii) દરિયાના પાણીમાંથી મીઠું
   (iii) કપૂર અને મીઠામાંથી કપૂર
3. કેવા પ્રકારના મિશ્રણોને સ્ફટિકીકરણ દ્વારા અલગ કરી શકાય ?

2.4 ભૌતિક અને રાસાયણિક ફેરફારો (Physical and Chemical Changes)

અગાઉના પ્રકરણમાં આપણે દ્રવ્યના કેટલાક ભૌતિક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કર્યો. ગુણધર્મો કે જેનું અવલોકન કરી શકાય તેમજ વર્ણન કરી શકાય જેવા કે રંગ, સખતાઈ, કઠિનતા, તરલતા, ઘનતા, ગલનબિંદુ, ઉત્કલનબિંદુ વગેરે ભૌતિક ગુણધર્મો છે.

પદાર્થની એક અવસ્થાનું બીજી અવસ્થામાં રૂપાંતર થવું એ ભૌતિક ફેરફાર છે, કારણ કે આવા ફેરફારોને કારણે પદાર્થની સંરચના અને રાસાયણિક સ્વભાવમાં કોઈ પણ પ્રકારનો બદલાવ આવતો નથી. બરફ, પાણી અને પાણીની વરાળ દેખાવમાં અલગ-અલગ હોવા છતાં તેમજ તેમના ભૌતિક ગુણધર્મો અલગ હોવા છતાં તેઓના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે.

રાંધણ તેલ (Cooking Oil) અને પાણી બંને પ્રવાહી છે; પરંતુ તેમની રાસાયણિક લાક્ષણિકતાઓ અલગ-અલગ છે. તેઓ વાસ (Odour) અને જ્વલનશીલતા (Inflammability)ના આધારે જુદા પડે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે, તેલ હવામાં સળગે છે અને પાણી આગને બુઝાવે છે. આ તેલના રાસાયણિક ગુણધર્મો છે કે જે તેને પાણી કરતાં જુદું પાડે છે. સળગવું (બળવું) એક રાસાયણિક ફેરફાર છે. આ પ્રક્રિયામાં એક પદાર્થ બીજા પદાર્થ સાથે પ્રક્રિયા કરી પોતાની રાસાયણિક સંરચના (સંઘટન)માં બદલાવ લાવે છે. રાસાયણિક ફેરફારો દ્રવ્યના રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં બદલાવ લાવે છે, જેને કારણે આપણે નવો પદાર્થ મેળવીએ છીએ. રાસાયણિક ફેરફારને રાસાયણિક પ્રક્રિયા પણ કહેવાય છે.

મીણબત્તીની સળગવાની ક્રિયા દરમિયાન ભૌતિક અને રાસાયણિક એમ બંને ફેરફાર થાય છે. શું તમે તે ફેરફાર ઓળખી શકો છો ?

પ્રશ્નો :

1. નીચેનાને ભૌતિક અથવા રાસાયણિક ફેરફારોમાં વર્ગીકૃત કરો :
   - ઝાડનુ કાપવુ.
   - તવીમાં માખણનું પીગળવું.
   - તિજોરીને કાટ લાગવો.
   - પાણી ઉકાળીને વરાળ બનાવવી.
   - પાણીમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરી, પાણીનું હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુમાં વિઘટન કરવું.
   - પાણીમાં સામાન્ય ક્ષાર (મીઠું) ઓગાળવું.
   - કાચાં ફળો વડે ફ્રૂટસલાડ બનાવવું.
   - કાગળ અને લાકડાનું સળગવું
2. તમારી આસપાસ (ચોપાસ)ની વસ્તુઓને શુદ્ધ પદાર્થો અથવા મિશ્રણોમાં અલગ કરવાનો પ્રયત્ન કરો.

2.5 શુદ્ધ પદાર્થોના પ્રકાર કયા છે ? (What are the Types of Pure Substances ?)

રાસાયણિક બંધારણને આધારે પદાર્થોને તત્ત્વો અથવા સંયોજનોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

2.5.1 તત્ત્વો (Elements)

રોબર્ટ બૉઇલ (Robert Boyle) પહેલાં વૈજ્ઞાનિક હતા જેમણે 1661માં 'તત્ત્વ' શબ્દનો ઉપયોગ કર્યો. ફ્રેન્ચ રસાયણશાસ્ત્રી ઍંટોની લોરેન્ટ લેવોઇઝર (Antoine Laurent Lavoisier) (1743-94) એ સૌપ્રથમ વખત તત્ત્વની પ્રાયોગિક રીતે ઉપયોગી હોય તેવી વ્યાખ્યા પ્રતિપાદિત કરી. તેમણે દ્રવ્યના મૂળભૂત સ્વરૂપ તરીકે તત્ત્વને વ્યાખ્યાયિત કર્યું કે જેને રાસાયણિક પ્રક્રિયા દ્વારા સરળ પદાર્થોમાં વિભાજિત કરી શકાતું નથી.

તત્ત્વોને સામાન્ય રીતે ધાતુઓ (Metals), અધાતુઓ (Non- metals) અને અર્ધધાતુઓ (Metalloids)માં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

સામાન્ય રીતે ધાતુઓ નીચેના પૈકી અમુક અથવા તમામ ગુણધર્મો ધરાવે છે :

- તેઓ ચળકાટ (Lusture) ધરાવે છે.
- તેઓ ચાંદી જેવો ચળકતો સફેદ અથવા સોના જેવો સોનેરી પીળો રંગ ધરાવે છે.
- તેઓ ઉષ્મા અને વિદ્યુતના સુવાહક હોય છે.
- તેઓ તણાવપણું (તન્યતા) (ખેંચીને તાર બનાવી શકાય) ધરાવે છે.
- તેઓ ટિપાઉપણું (ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય) ધરાવે છે.
- તેઓ રણકાર (અથડાવતાં રણકારનો અવાજ પેદા કરે છે) ધરાવે છે.

સોનું, ચાંદી, કૉપર (તાંબુ), લોખંડ, સોડિયમ, પોટૅશિયમ વગેરે ધાતુનાં ઉદાહરણો છે. મરક્યુરી (પારો) એ એકમાત્ર ધાતુ છે કે જે ઓરડાનાં તાપમાને પ્રવાહી સ્વરૂપમાં જોવા મળે છે.

અધાતુઓ નીચેના પૈકી અમુક અથવા તમામ ગુણધર્મો ધરાવે છે :

- તે વિવિધ રંગો ધરાવે છે.
- તેઓ ઉષ્મા અને વિદ્યુતના મંદવાહક હોય છે.
- તેઓ ચળકાટ, તણાવપણું કે ટિપાઉપણું જેવા ગુણધર્મ ધરાવતા નથી.

હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, આયોડિન, કાર્બન (કોક, કોલસો), બ્રોમિન, ક્લોરિન વગેરે અધાતુનાં ઉદાહરણો છે. અમુક તત્ત્વો ધાતુ અને અધાતુની વચ્ચેના ગુણધર્મો ધરાવે છે, તે અર્ધધાતુઓ તરીકે ઓળખાય છે. બોરોન, સિલિકોન, જર્મેનિયમ વગેરે અર્ધધાતુઓનાં ઉદાહરણો છે.

આ પણ જાણો

- હાલના સમયમાં આવાં તત્ત્વોની સંખ્યા 100 થી વધારે છે, તે પૈકી 92 તત્ત્વો કુદરતમાંથી મળે છે અને બાકીનાં માનવનિર્મિત છે.
- મોટા ભાગનાં તત્ત્વો ઘન સ્વરૂપે છે.
- ઓરડાના તાપમાને 11 તત્ત્વો વાયુ સ્વરૂપે છે.
- ઓરડાના તાપમાને 2 તત્ત્વો પ્રવાહી સ્વરૂપે છે : બ્રોમિન અને મરક્યુરી.
- ઓરડાના તાપમાનથી થોડા ઊંચા તાપમાને (303 K) ગેલિયમ અને સીઝિયમ ધાતુઓ પ્રવાહી સ્વરૂપે હોય છે.

2.5.2 સંયોજનો (Compounds)

સંયોજન બે કે તેથી વધુ એવાં તત્ત્વોથી બનેલ પદાર્થ છે, કે જે રાસાયણિક રીતે એકબીજા સાથે ચોક્કસ પ્રમાણમાં સંયોજાયેલા હોય છે.

જ્યારે આપણે બે કે તેથી વધુ તત્ત્વોને ભેગા કરીએ ત્યારે શું મળે છે ?

પ્રવૃત્તિ 2.10

- તમારા વર્ગખંડના વિદ્યાર્થીઓને બે જૂથમાં વિભાજિત કરો. બંને જૂથને 5 g લોખંડનો ભૂકો અને 3 g સલ્ફર પાઉડર ચાઈના ડિશમાં આપો.

જૂથ I

- લોખંડનો ભૂકો અને સલ્ફર પાઉડરને મિશ્ર કરી તેનો બારીક ભૂકો કરો.

જૂથ II

- લોખંડનો ભૂકો અને સલ્ફર પાઉડરને મિશ્ર કરી તેનો બારીક ભૂકો કરો અને મિશ્રણને લાલચોળ ગરમ કરો. હવે જ્યોતને દૂર કરી મિશ્રણને ઠંડું પડવા દો.

જૂથ I અને II

- પ્રાપ્ત થયેલ સામગ્રી (મિશ્રણ)નું ચુંબકત્વ ચકાસો. મળેલ સામગ્રીની નજીક ચુંબક લઈ જાઓ અને ચકાસો કે તે ચુંબક તરફ આકર્ષાય છે ?
- બંને જૂથ દ્વારા પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણની બનાવટ અને તેના રંગની તુલના કરો.
- પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણના એક ભાગમાં કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડ ઉમેરીને બરાબર હલાવો અને ગાળી લો.
- પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણના બીજા ભાગમાં મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અથવા મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ ઉમેરો. (નોંધ : આ પ્રવૃત્તિ માટે શિક્ષકની દેખરેખ જરૂરી છે.)

કોષ્ટક 2.2 : મિશ્રણ અને સંયોજન

મિશ્રણ	સંયોજન
1. તત્ત્વો અથવા સંયોજનો એકબીજાં સાથે મિશ્ર થઈ મિશ્રણ બનાવે છે; પરંતુ કોઈ નવા સંયોજનનું નિર્માણ થતું નથી.	1. તત્ત્વો એકબીજાં સાથેની પ્રક્રિયાથી નવાં સંયોજનો બનાવે છે.
2. મિશ્રણની સંરચના પરિવર્તનશીલ હોય છે.	2. નવા સર્જાતા પદાર્થનું ઘટક-પ્રમાણ હંમેશાં નિશ્ચિત હોય છે.
3. મિશ્રણ તેમાં રહેલા ઘટક કણો (ઘટક પદાર્થો)ના ગુણધર્મો દર્શાવે છે.	3. નવા સર્જાતા પદાર્થના ગુણધર્મો મૂળ પદાર્થના ગુણધર્મોથી સંપૂર્ણ રીતે અલગ હોય છે.
4. તેના ઘટકોને ભૌતિક પદ્ધતિઓ દ્વારા સરળતાથી અલગ કરી શકાય છે.	4. તેના ઘટકોને માત્ર રાસાયણિક અથવા વીજરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા જ અલગ કરી શકાય છે.

- બંને તત્ત્વોને (લોખંડ અને સલ્ફર) અલગ રીતે લઈ ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો.

જવાબ આપો

- શું બંને જૂથો દ્વારા પ્રાપ્ત થતા મિશ્રણ સરખા દેખાતાં હતાં ?
- કયા જૂથને ચુંબકીય ગુણધર્મ ધરાવતું મિશ્રણ પ્રાપ્ત થયેલ છે ?
- શું આપણે પ્રાપ્ત થતા મિશ્રણના ઘટકોને અલગ કરી શકીએ છીએ ?
- મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અથવા મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ ઉમેરવાથી બંને જૂથને વાયુ પ્રાપ્ત થાય છે ? બંને કિસ્સામાં વાયુની વાસ સમાન કે ભિન્ન હોય છે ?

જૂથ I ને પ્રાપ્ત થયેલ વાયુ હાઇડ્રોજન છે. તે રંગવિહીન, સ્વાદવિહીન અને દહનશીલ છે. વર્ગખંડમાં હાઇડ્રોજન વાયુની દહન કસોટી કરવી સલાહભરેલી નથી. જૂથ II ને પ્રાપ્ત થયેલ વાયુ હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ છે. તે સડેલાં ઈંડાં જેવી વાસ ધરાવતો રંગવિહીન વાયુ છે.

તમે જોયું કે બંને જૂથમાં શરૂઆતનાં મિશ્રણ (પદાર્થો) સમાન હોવા છતાં મળતી નીપજોના ગુણધર્મો જુદા છે. જૂથ I ની પ્રવૃત્તિને કારણે ભૌતિક ફેરફાર જોવા મળ્યો, જ્યારે જૂથ II ની પ્રવૃત્તિને કારણે રાસાયણિક ફેરફાર (રાસાયણિક પ્રક્રિયા) થયો.

- જૂથ I દ્વારા પ્રાપ્ત થતું મિશ્રણ (પદાર્થ) બે પદાર્થોનું મિશ્રણ છે. આપેલ પદાર્થો એ લોખંડ અને સલ્ફર તત્ત્વો છે.
- મિશ્રણના ગુણધર્મો એ તેમાં રહેલાં ઘટકતત્ત્વોના ગુણધર્મોને મળતાં આવે છે.
- જૂથ II દ્વારા પ્રાપ્ત થયેલ મિશ્રણ (પદાર્થ) સંયોજન છે.
- બે તત્ત્વોને સખત રીતે ગરમ કરતાં સંયોજન મળે છે, કે જેના ગુણધર્મો જોડાતાં તત્ત્વોના ગુણધર્મો કરતાં તદ્દન જુદા હોય છે.
- સંયોજનનું બંધારણ સમગ્ર રીતે (બધે જ) એકસરખું હોય છે. આપણે એ પણ જોયું કે સંયોજનની બનાવટ અને રંગ પણ બધે જ એકસરખા હોય છે.

આમ, આપણે દ્રવ્યના રાસાયણિક અને ભૌતિક સ્વભાવ (પ્રકૃતિ)ને નીચે દર્શાવેલા રેખાત્મક રજૂઆત (Graphical Organiser) દ્વારા સંક્ષિપ્તમાં સમજી શકીએ છીએ.

દ્રવ્ય
(ઘન, પ્રવાહી અથવા વાયુ)

શુદ્ધ પદાર્થ		**મિશ્રણ (અનિશ્ચિત સંઘટન)**	
તત્ત્વો	**સંયોજનો**	**સમાંગ**	**વિષમાંગ**
તેઓનું વધુ સરળ પદાર્થોમાં વિભાજન શક્ય નથી.	તે નિશ્ચિત બંધારણ ધરાવે છે. રાસાયણિક અથવા વીજરાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા તેનું તત્ત્વોમાં વિભાજન થઈ શકે છે.	સમાન સંઘટન	અસમાન સંઘટન
દા.ત., તાંબું, ઑક્સિજન, હાઇડ્રોજન, લોખંડ, મરક્યુરી (પારો) વગેરે.	દા.ત., પાણી, મિથેન, ખાંડ, મીઠું વગેરે.	દા.ત., પાણીમાં ખાંડ, પાણીમાં મીઠું, કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડમાં સલ્ફર, પાણી અને આલ્કોહૉલ વગેરે.	દા.ત., રેતી અને મીઠું, ખાંડ અને મીઠું, પાણીમાં તેલ વગેરે.

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- મિશ્રણ કોઈ પણ પ્રમાણમાં મિશ્ર થયેલ એક કરતાં વધારે પદાર્થો (તત્ત્વ અને/અથવા સંયોજન) ધરાવે છે.
- યોગ્ય અલગીકરણ પદ્ધતિઓ દ્વારા મિશ્રણને તેના શુદ્ધ પદાર્થોમાં અલગ કરી શકાય છે.
- દ્રાવણ બે કે તેથી વધારે પદાર્થોનું સમાંગ મિશ્રણ છે. દ્રાવણમાં વધુ પ્રમાણમાં રહેલા ઘટકને દ્રાવક અને ઓછા પ્રમાણમાં રહેલા ઘટકને દ્રાવ્ય કહે છે.
- એકમ કદના દ્રાવણમાં અથવા એકમ વજનના દ્રાવકમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના જથ્થાને દ્રાવણની સાંદ્રતા કહે છે.
- દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય ન થતાં હોય તેવાં પદાર્થોને નરી આંખે જોઈ શકાય છે, તે નિલંબન રચે છે. નિલંબન વિષમાંગ મિશ્રણ છે.
- કલિલ એવું વિષમાંગ મિશ્રણ છે કે જેમાં રહેલા કણો એટલા સૂક્ષ્મ હોય છે કે તેને નરી આંખે જોઈ શકાતાં નથી; પરંતુ એટલી હદે મોટા હોય છે કે તે પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કરી શકે છે. કલિલ ઉદ્યોગોમાં તથા રોજિંદા જીવનમાં ઉપયોગી છે. કલિલમાંના સૂક્ષ્મ કણોને પરિક્ષેપિત કલા કહે છે અને આ કણો જે માધ્યમમાં વિસ્તરેલા હોય છે તેને પરિક્ષેપન માધ્યમ કહે છે.
- શુદ્ધ પદાર્થો તત્ત્વો કે સંયોજનો હોઈ શકે છે. તત્ત્વ દ્રવ્યનું સ્વરૂપ છે કે જેને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા વધારે સરળ પદાર્થોમાં રૂપાંતરિત ન કરી શકાય. સંયોજન રાસાયણિક રીતે ચોક્કસ (નિશ્ચિત) પ્રમાણમાં જોડાયેલાં બે કે તેથી વધારે તત્ત્વોનો બનેલો પદાર્થ છે.
- સંયોજનના ગુણધર્મો તેમાં રહેલાં ઘટક તત્ત્વોના ગુણધર્મોથી અલગ હોય છે, જ્યારે મિશ્રણના ગુણધર્મો તેમાં રહેલાં ઘટકતત્ત્વોના કે સંયોજનોના ગુણધર્મો જેવા જ હોય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. નીચેના પદાર્થોનું અલગીકરણ કરવા માટે તમે કઈ અલગીકરણ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરશો ?
   (a) સોડિયમ ક્લોરાઇડને સોડિયમ ક્લોરાઇડના પાણીમાં બનાવેલા દ્રાવણમાંથી
   (b) એમોનિયમ ક્લોરાઇડને સોડિયમ ક્લોરાઇડ અને એમોનિયમ ક્લોરાઇડનાં મિશ્રણમાંથી
   (c) ધાતુના નાના કણો (ટુકડા)ને મોટરકારના એન્જિન-ઑઇલમાંથી
   (d) જુદા-જુદા રંગીન કણોને ફૂલની પાંખડીઓના અર્કમાંથી
   (e) માખણને દહીંમાંથી
   (f) તેલને પાણીમાંથી
   (g) ચાની પત્તીને પીવા માટે બનાવેલ ચામાંથી
   (h) રેતીમાંથી લોખંડની ટાંકણીઓને
   (i) ઘઉંના દાણાને ભૂસાં (છોતરાં)માંથી
   (j) માટી (કાદવ)ના બારીક કણોને પાણીમાં નિલંબિત માટીના કણોમાંથી
2. ચા બનાવવા માટે તમે કયાં-કયાં પગલાં લેશો ? દ્રાવણ, દ્રાવક, દ્રાવ્ય, ઓગળવું, સુદ્રાવ્ય, અદ્રાવ્ય, ગાળણ અને અવશેષ જેવા શબ્દોનો ઉપયોગ કરો.
3. પ્રજ્ઞા ચાર જુદા-જુદા પદાર્થોની જુદાં-જુદાં તાપમાને દ્રાવ્યતા ચકાસે છે અને નીચે દર્શાવેલા આંકડા એકત્ર કરે છે. (100 ગ્રામ પાણીમાં દ્રાવ્ય થયેલ પદાર્થનું વજન કે જે દ્રાવણને સંતૃપ્ત બનાવવા માટે પર્યાપ્ત છે, તે નીચે દર્શાવેલ કોષ્ટકમાં આપેલ છે) :

ઓગાળેલ પદાર્થ	તાપમાન (K)				
	283	293	313	333	353
પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટ	21	32	62	106	167
સોડિયમ ક્લોરાઇડ	36	36	36	37	37
પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડ	35	35	40	46	54
એમોનિયમ ક્લોરાઇડ	24	37	41	55	66

   (a) 313 K તાપમાને 50 ગ્રામ પાણીમાં પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટનું સંતૃપ્ત દ્રાવણ બનાવવા માટે પોટૅશિયમ નાઇટ્રેટનું કેટલું દળ જોઈએ ?
   (b) પ્રજ્ઞા 353 K તાપમાને પોટૅશિયમ ક્લોરાઇડનું સંતૃપ્ત દ્રાવણ બનાવે છે અને તેને ઓરડાનાં તાપમાને ઠંડું પડવા મૂકે છે. જેમ દ્રાવણ ઠંડું પડશે તેમ તેનું અવલોકન શું હશે ? સમજાવો.
   (c) 293 K તાપમાને દર્શાવેલ દરેક ક્ષારની દ્રાવ્યતા શોધો. આ જ તાપમાને કયા ક્ષારની દ્રાવ્યતા સૌથી વધુ હશે ?
   (d) ક્ષારની દ્રાવ્યતા પર તાપમાનના ફેરફારની શી અસર થશે ?

4. નીચેના શબ્દો ઉદાહરણ સહિત સમજાવો :

(a) સંતૃપ્ત દ્રાવણ

(b) શુદ્ધ પદાર્થ

(c) કલિલ

(d) નિલંબન

5. નીચે દર્શાવેલ દરેકને સમાંગ કે વિષમાંગ મિશ્રણમાં વર્ગીકૃત કરો :

સોડાવૉટર, લાકડું, હવા, જમીન, સરકો(વિનેગર), ગાળેલી ચા

6. તમને આપેલ રંગહીન પ્રવાહી શુદ્ધ પાણી છે, તે તમે કેવી રીતે નક્કી કરશો ?

7. નીચેના પૈકી કયા પદાર્થોને શુદ્ધ પદાર્થોના સમૂહમાં મૂકી શકાય ?

(a) બરફ

(b) દૂધ

(c) લોખંડ

(d) હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ

(e) કૅલ્શિયમ ઑક્સાઈડ

(f) મરક્યુરી (પારો)

(g) ઈંટ

(h) લાકડું

(i) હવા

8. નીચે દર્શાવેલા મિશ્રણોમાંથી દ્રાવણોને ઓળખો :

(a) માટી

(b) દરિયાનું પાણી

(c) હવા

(d) કોલસો

(e) સોડાવૉટર

9. નીચેના પૈકી કયો પદાર્થ ટિંડલ અસર દર્શાવશે ?

(a) મીઠાનું દ્રાવણ

(b) દૂધ

(c) કૉપર સલ્ફેટનું દ્રાવણ

(d) સ્ટાર્ચનું દ્રાવણ

10. નીચેનાંને તત્ત્વ, સંયોજન અને મિશ્રણમાં વર્ગીકૃત કરો :

(a) સોડિયમ

(b) માટી

(c) ખાંડનું દ્રાવણ

(d) સિલ્વર

(e) કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ

(f) ટિન

(g) સિલિકોન

(h) કોલસો

(i) હવા

(j) સાબુ

(k) મિથેન

(l) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

(m) રુધિર

11. નીચેના પૈકી કયા રાસાયણિક ફેરફારો છે ?

(a) છોડની વૃદ્ધિ

(b) લોખંડનું કટાવું

(c) લોખંડની ભૂકી અને રેતીને મિશ્ર કરવા

(d) ખોરાકનું રાંધવું

(e) ખોરાકનું પાચન

(f) પાણીનું ઠરવું

(g) મીણબત્તીનું સળગવું

સામૂહિક પ્રવૃત્તિ (Group Activity)

એક માટીનો ઘડો (માટલું), કેટલાક પથ્થર અને રેતી લો. નાના પાયા પર ગાળણ પ્લાન્ટ (Filtration Plant)ની રૂપરેખા તૈયાર કરો કે જેનો ઉપયોગ તમે કાદવયુક્ત (દૂષિત) પાણીને શુદ્ધ કરવા માટે કરી શકો.

પ્રકરણ 3

પરમાણુઓ અને અણુઓ (Atoms and Molecules)

પ્રાચીન ભારતીય અને ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાનીઓ હંમેશાં દ્રવ્યના અજ્ઞાત અને અદૃશ્ય એવા સ્વરૂપ વિશે આશ્ચર્યચકિત થતા રહ્યા. ઈ.સ પૂર્વે 500ની આસપાસ ભારતમાં દ્રવ્યના વિભાજનનો વિચાર કરવામાં આવ્યો હતો. ભારતીય તત્ત્વજ્ઞાની મહર્ષિ કણાદે (Maharshi Kanade) એવી ધારણા (Postulate) કરી કે જો આપણે દ્રવ્ય(પદાર્થ)નું વિભાજન કરતાં જઈએ તો આપણે વધુ ને વધુ નાના કણો પ્રાપ્ત કરતા જઈશું. અંતે એવો સમય આવશે કે આપણે એવા સૌથી નાના કણ સુધી પહોંચી જઈશું કે જેનું વધુ વિભાજન શક્ય નહિ બને. તેમણે આ કણોને પરમાણુ એવું નામ આપ્યું. અન્ય એક ભારતીય તત્ત્વજ્ઞાની પકુધા કાત્યાયમે (Pakudha katyayama) આ સિદ્ધાંતને ઝીણવટપૂર્વક સમજાવ્યો અને કહ્યું કે, આ કણો સામાન્ય રીતે સંયુક્તરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવે છે, જે દ્રવ્યનાં વિવિધ સ્વરૂપો આપે છે.

આશરે તે જ સમયગાળામાં પ્રાચીન ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાની ડેમોક્રિટ્સ (Democritus) અને લ્યુસિપસે (Leucippus) સૂચવ્યું કે જો આપણે દ્રવ્યનું વધુ ને વધુ વિભાજન કરતાં જઈએ તો એક સમય એવો આવશે કે જ્યારે પ્રાપ્ત થયેલા કણોનું વધુ વિભાજન શક્ય નહિ બને. ડેમોક્રિટ્સે આ અવિભાજ્ય કણોને પરમાણુઓ (અર્થ : અવિભાજ્ય) કહ્યા, આ તમામ વિચારો તત્ત્વજ્ઞાનીય (દાર્શનિક) માન્યતાઓ (Philosophical Considerations) પર આધારિત હતા, તેમજ અઢારમી સદી સુધી આ વિચારોને માન્ય કરવા માટે કોઈ વધુ પ્રાયોગિક કાર્યો થયાં ન હતાં.

અઢારમી સદીના અંત સુધીમાં વૈજ્ઞાનિકો તત્ત્વો અને સંયોજનો વચ્ચેનો ભેદ સમજીને સ્વાભાવિક રીતે તે જાણવા આતુર થયા કે શા માટે અને કેવી રીતે તત્ત્વો સંયોજાય છે અને તેઓ સંયોજાય ત્યારે શું થાય છે ?

રાસાયણિક સંયોગીકરણના બે મહત્ત્વના નિયમોની રજૂઆત દ્વારા એન્ટોની એલ. લેવોઇઝરે (Antoine L. Lavoisier) રસાયણશાસ્ત્રનો પાયો નાંખ્યો.

3.1 રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો (Laws of Chemical Combination)

લેવોઇઝર અને જોસેફ એલ. પ્રાઉસ્ટે (Joseph L. Proust) કરેલા અનેક પ્રયોગો પછી રાસાયણિક સંયોગીકરણના નીચે દર્શાવેલા બે નિયમોની રજૂઆત થઈ.

3.1.1 દળ-સંચયનો નિયમ (Law of conservation of mass)

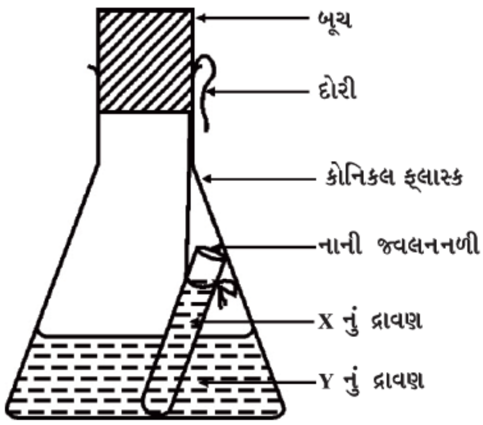
જ્યારે કોઈ રાસાયણિક ફેરફાર (રાસાયણિક પ્રક્રિયા) થાય ત્યારે શું દળમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ?

પ્રવૃત્તિ 3.1

- નીચે દર્શાવેલા X અને Y રસાયણોનાં જૂથો પૈકી કોઈ એક જૂથ પસંદ કરો :

	X	Y
(i)	કૉપર સલ્ફેટ 1.25 g	સોડિયમ કાર્બોનેટ 1.43 g
(ii)	બેરિયમ ક્લોરાઇડ 1.22 g	સોડિયમ સલ્ફેટ 1.53 g
(iii)	લેડ નાઇટ્રેટ 2.07 g	સોડિયમ ક્લોરાઇડ 1.17 g

- X અને Y માં દર્શાવેલી યાદીમાંથી કોઈ એક યુગ્મના પદાર્થોનું પાણીમાં અલગ-અલગ 5% સાંદ્રતાવાળું 10 mL દ્રાવણ તૈયાર કરો.
- એક કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં Yનું થોડુંક દ્રાવણ લો અને એક નાની જ્વલનનળી (Ignition Tube)માં થોડી માત્રામાં X દ્રાવણ લો.
- જ્વલનનળીને સાવચેતીપૂર્વક કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં એવી રીતે લટકાવો કે જેથી બે દ્રાવણો મિશ્ર થઈ ન જાય. ફ્લાસ્ક પર બૂચ લગાવો. (જુઓ આકૃતિ 3.1.)



આકૃતિ 3.1 : X દ્રાવણ ધરાવતી જ્વલનનળીને Y દ્રાવણ ધરાવતા કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં મૂકેલ છે.

- ફ્લાસ્કનું તેમાં રહેલા ઘટકો સહિત કાળજીપૂર્વક ફ્લાસ્કનું વજન કરો.
- હવે ફ્લાસ્કને થોડો નમાવીને એવી રીતે ઘુમાવો કે જેથી તેમાં રહેલ X અને Y દ્રાવણો પરસ્પર મિશ્ર થઈ જાય.
- હવે ફરી વાર ફ્લાસ્કનું વજન કરો.
- પ્રક્રિયા ફ્લાસ્કમાં શું થશે ?
- શું તમને લાગે છે કે કોઈ રાસાયણિક પ્રક્રિયા થઈ હશે ?
- ફ્લાસ્કના મુખ પર બૂચ (કૉર્ક) શા માટે લગાવીએ છીએ ?
- શું ફ્લાસ્ક અને તેની અંદર રહેલા ઘટકોના દળમાં કોઈ ફેરફાર થાય છે ?

દ્રવ્ય સંચયનો નિયમ સૂચવે છે કે કોઈ પણ રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં દ્રવ્યનું સર્જન કે વિનાશ થતો નથી.

3.1.2 નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ
(Law of constant proportions)

લેવોઇઝરની સાથે-સાથે અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ નોંધ્યું કે, અનેક સંયોજનો બે કે તેથી વધુ તત્ત્વોનાં બનેલાં હોય છે. આવું દરેક સંયોજન એક સમાન ગુણોત્તરથી એક સમાન તત્ત્વો ધરાવે છે. પછી તે તત્ત્વ ક્યાંથી આવ્યું કે કોણે તે શોધ્યું તેની સાથે તેને કોઈ સંબંધ નથી.

પાણી જેવા સંયોજનમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનનો દળથી ગુણોત્તર હંમેશાં 1:8 થાય છે. ભલે પછી પાણીનો સ્રોત ગમે તે હોય. આમ, 9 ગ્રામ પાણીનું વિઘટન થાય ત્યારે હંમેશાં 1 ગ્રામ હાઇડ્રોજન અને 8 ગ્રામ ઑક્સિજન ઉદ્ભવે છે. તેવી જ રીતે એમોનિયામાં નાઇટ્રોજન અને હાઇડ્રોજનનો દળથી ગુણોત્તર હંમેશાં 14:3 હોય છે. ભલે તેનો સ્રોત ગમે તે હોય કે ગમે તે પદ્ધતિથી તેને મેળવેલું હોય.

આ ખ્યાલ નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમ તરફ દોરી જાય છે, જેને નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ પણ કહે છે. પ્રાઉસ્ટે આ નિયમની રજૂઆત આ પ્રમાણે કરી હતી. "રાસાયણિક પદાર્થમાં તત્ત્વો હંમેશાં દળથી નિશ્ચિત પ્રમાણમાં હાજર રહેલા હોય છે."

વૈજ્ઞાનિકોની હવે પછીની સમસ્યા આ નિયમોની યોગ્ય સમજૂતી આપવાની હતી. બ્રિટિશ રસાયણશાસ્ત્રી જ્હોન ડાલ્ટને (John Dalton) દ્રવ્યના સ્વભાવ વિશે મૂળભૂત સિદ્ધાંત પૂરો પાડ્યો. ડાલ્ટનને પરમાણુના વિભાજનનો વિચાર આવ્યો કે જે-તે સમય સુધી માત્ર તત્ત્વજ્ઞાન જ હતું. ડાલ્ટને ગ્રીક તત્ત્વજ્ઞાનીઓ દ્વારા અપાયેલ શબ્દ 'પરમાણુ'નો ઉપયોગ કર્યો અને કહ્યું કે, દ્રવ્યના નાનામાં નાના કણો પરમાણુઓ છે. તેનો સિદ્ધાંત રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો પર આધારિત હતો. ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંતે દ્રવ્ય સંચયના નિયમ તેમજ નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમની સમજૂતી પૂરી પાડી.

જ્હોન ડાલ્ટન

જ્હોન ડાલ્ટનનો જન્મ ગરીબ વણકર પરિવારમાં 1766માં ઇંગ્લૅન્ડમાં થયો હતો. તેમણે બાર વર્ષની ઉંમરે એક શિક્ષક તરીકે પોતાની કારકિર્દીની શરૂઆત કરી હતી. સાત વર્ષ બાદ તે શાળાના આચાર્ય બન્યા. 1793માં ડાલ્ટન એક કૉલેજમાં ગણિત, ભૌતિકવિજ્ઞાન અને રસાયણવિજ્ઞાન ભણાવવા માટે માન્ચેસ્ટર છોડ્યું હતું. તેમણે પોતાનું સમગ્ર જીવન ભણાવવામાં અને સંશોધન કરવામાં વિતાવ્યું. 1808માં તેમણે પોતાનો પરમાણ્વીય સિદ્ધાંત રજૂ કર્યો જે દ્રવ્યના અભ્યાસ માટે એક વળાંક સમાન હતો.

ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતના આધારે તમામ દ્રવ્યો પછી તે તત્ત્વ હોય કે સંયોજન હોય કે મિશ્રણ હોય તે દરેક સૂક્ષ્મ કણોના બનેલા હોય છે. આ સૂક્ષ્મ કણોને પરમાણુઓ કહે છે. આ સિદ્ધાંતની અભિધારણાઓ નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય :

(i) તમામ દ્રવ્યો પરમાણુ તરીકે ઓળખાતા અતિસૂક્ષ્મ કણોના બનેલા હોય છે. જે રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં ભાગ લે છે.
(ii) પરમાણુ અવિભાજ્ય કણ છે. જેનો રાસાયણિક પ્રક્રિયા દરમિયાન સર્જન કે વિનાશ કરી શકાતો નથી.
(iii) એક જ તત્ત્વના પરમાણુઓના દળ અને રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે.
(iv) જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓના દળ અને રાસાયણિક ગુણધર્મો જુદા-જુદા હોય છે.
(v) પરમાણુઓ નાની પૂર્ણાંક સંખ્યાના યોગ્ય ગુણોત્તરથી જોડાઈને સંયોજન બનાવે છે.
(vi) આપેલ સંયોજનમાં પરમાણુઓની સાપેક્ષ સંખ્યા અને પ્રકાર નિશ્ચિત હોય છે.

તમે હવે પછીના પ્રકરણમાં અભ્યાસ કરશો કે તમામ પરમાણુઓ હજી વધુ ને વધુ નાના કણોના બનેલા હોય છે.

પ્રશ્નો :

1. એક પ્રક્રિયામાં 5.3 g સોડિયમ કાર્બોનેટ 6 g ઈથેનોઇક ઍસિડ (એસિટિક ઍસિડ) સાથે પ્રક્રિયા પામે છે તથા 2.2 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, 0.9 g પાણી અને

8.2 g સોડિયમ ઈથેનોએટ (સોડિયમ એસિટેટ) નીપજ મળે છે. દર્શાવો કે આ અવલોકનો દ્રવ્ય-સંચયના નિયમનું સમર્થન કરે છે.

સોડિયમ કાર્બોનેટ + ઈથેનોઇક ઍસિડ ⟶

સોડિયમ ઈથેનોએટ + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ + પાણી

2. પાણી બનાવવા માટે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન દળથી 1:8 ના પ્રમાણમાં જોડાય છે. 3 g હાઇડ્રોજન વાયુ સાથે સંપૂર્ણ પ્રક્રિયા કરવા માટે ઑક્સિજનનો કેટલો જથ્થો જરૂરી છે ?
3. ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતની કઈ અભિધારણા દ્રવ્ય- સંચયના નિયમનું પરિણામ છે ?
4. ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતની કઈ અભિધારણા નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમની સમજૂતી આપે છે ?

3.2 પરમાણુ શું છે ? (What is an Atom ?)

શું તમે ક્યારેય કોઈ કડિયાને દીવાલનું બાંધકામ કરતો જોયો છે કે જે દીવાલો દ્વારા ઓરડો (ખંડ) બનાવે છે અને આવા ઓરડાઓના સમૂહથી ઈમારત તૈયાર થાય છે ? આ વિશાળ ઈમારતના પાયાનો એકમ શું હોય છે ? કોઈ કીડીના દર (Ant-Hill)નો પાયાનો એકમ શું હોય છે ? તે રેતીનો એક નાનો કણ હોય છે, આ જ રીતે બધાં જ દ્રવ્યોની રચના પરમાણુઓથી થાય છે.

પરમાણુ કેટલા વિશાળ હોય છે ?

પરમાણુઓ અતિસૂક્ષ્મ હોય છે. આપણે કોઈ પણ વસ્તુ કે જેની કલ્પના કે તુલના કરી શકીએ તેનાથી પણ વધુ સૂક્ષ્મ હોય છે. લાખો પરમાણુઓને જ્યારે એકની ઉપર એક એમ ઢગલા સ્વરૂપે ગોઠવીએ ત્યારે તે મુશ્કેલીથી આ કાગળ જેટલી જાડાઈ ધરાવે છે.

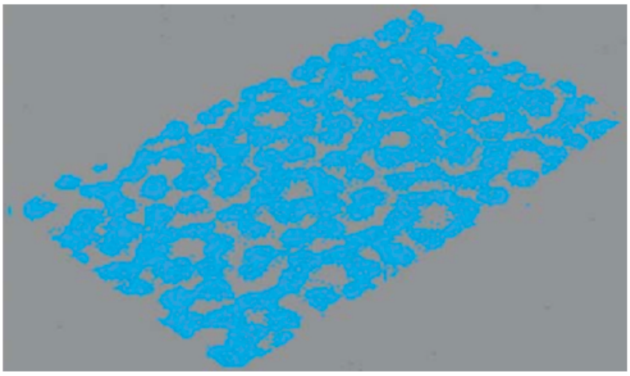
પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા નેનોમીટર(nm)માં મપાય છે.

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

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

સાપેક્ષ કદ : ત્રિજ્યા (મીટરમાં)	ઉદાહરણ
10^{-10}	હાઇડ્રોજન પરમાણુ
10^{-9}	પાણીનો અણુ
10^{-8}	હિમોગ્લોબીનનો અણુ
10^{-4}	રેતીનો કણ
10^{-2}	કીડી
10^{-1}	સફરજન

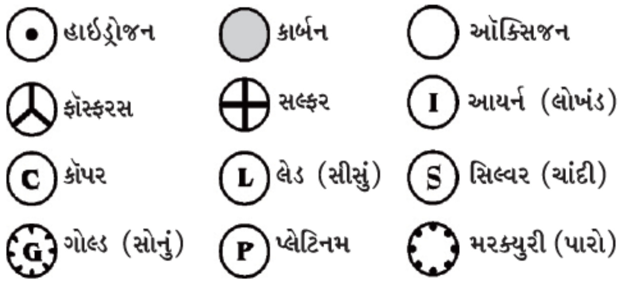
જો પરમાણુનુ કદ આટલું સૂક્ષ્મ હોય કે આપણે તેમને અવગણી શકીએ તો પછી આપણે તેના વિશે શા માટે વિચારીએ ? આપણે તેના વિશે એટલા માટે વિચારીએ છીએ કારણ કે આપણું સમગ્ર વિશ્વ પરમાણુઓનું બનેલું છે. ભલે, આપણે પરમાણુને જોઈ ન શકીએ પરંતુ તેમનું અસ્તિત્વ છે તથા આપણી દરેકેદરેક ક્રિયાઓ પર તેમની અસર પણ પડતી હોય છે. હવે આપણે આધુનિક તકનિકોની મદદથી તત્ત્વોની સપાટીની વિસ્તૃત તસવીર મેળવી શકીએ છીએ, જેમાં રહેલા પરમાણુઓ સ્પષ્ટ જોઈ શકાય છે.



આકૃતિ 3.2 : સિલિકોનની સપાટીની તસવીર

3.2.1 વિવિધ તત્ત્વોના પરમાણુઓની આધુનિક સંજ્ઞાઓ (What are the modern day symbols of atoms of different elements ?)

તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓનો વિશિષ્ટ રીતે ઉપયોગ કરનાર ડાલ્ટન પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક હતા. તેમણે જ્યારે કોઈ તત્ત્વની સંજ્ઞાનો ઉપયોગ કર્યો ત્યારે તેમનો ઈશારો તત્ત્વના નિશ્ચિત જથ્થા તરફ હતો. અર્થાત્, તત્ત્વની સંજ્ઞા એક પરમાણુને પ્રદર્શિત કરતી હતી. બર્ઝેલિયસે (Berzillius) સૂચવ્યું કે તત્ત્વોની સંજ્ઞાને તેમના નામના એક અથવા બે અક્ષરોથી દર્શાવી શકાય.



આકૃતિ 3.3 : ડાલ્ટન દ્વારા દર્શાવાયેલ કેટલાંક તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ

શરૂઆતના સમયમાં તત્ત્વોનાં નામ તેમનાં પ્રાપ્તિસ્થાનો કે જ્યાંથી તે સૌપ્રથમ મળ્યા હતાં તેના નામ પરથી અપાતા હતા. ઉદાહરણ તરીકે, કૉપરનું નામ સાયપ્રસ (Cyprus) પરથી પડ્યું હતું. કેટલાંક તત્ત્વોનાં નામ તેમના વિશિષ્ટ રંગો પરથી લેવામાં આવ્યા હતાં. ઉદાહરણ તરીકે, સોનું નામ અંગ્રેજી શબ્દ પરથી રાખવામાં આવ્યુ હતું જેનો અર્થ 'પીળો' એવો થાય છે. હાલના સમયમાં ઇન્ટરનેશનલ યુનિયન ઑફ પ્યોર ઍન્ડ એપ્લાઈડ કેમિસ્ટ્રી (International Union of Pure and Applied Chemistry) (IUPAC) એ એક આંતરરાષ્ટ્રિય વૈજ્ઞાનિક સંસ્થા છે, જે તત્ત્વોનાં નામો, સંજ્ઞાઓ અને એકમોને મંજૂરી આપે છે. મોટા ભાગનાં તત્ત્વોની સંજ્ઞા તે તત્ત્વોનાં અંગ્રેજી નામના એક અથવા બે અક્ષરોથી બનેલી છે. કોઈ પણ તત્ત્વનો પ્રથમ અક્ષર હંમેશાં કૅપિટલ અક્ષરોમાં અને બીજા અક્ષર હંમેશાં નાના (લઘુલિપિ) અક્ષરોમાં લખાય છે.

ઉદાહરણ તરીકે

(i) હાઇડ્રોજન, H

(ii) ઍલ્યુમિનિયમ, Al, નહિ કે AL

(iii) કોબાલ્ટ, Co, નહિ કે CO

કેટલાંક તત્ત્વોની સંજ્ઞા તેમના અંગ્રેજી નામના પ્રથમ અક્ષર અને ત્યાર બાદ, આવતા કોઈ પણ અક્ષરને સંયુક્ત કરીને બનાવાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, (i) ક્લોરિન (Chlorine) Cl (ii) ઝિંક (Zinc) Zn વગેરે.

અન્ય સંજ્ઞાઓ જે-તે તત્ત્વના લૅટિન, જર્મન અથવા ગ્રીક ભાષાના તેઓનાં નામ પરથી લીધેલ છે. ઉદાહરણ તરીકે, લોખંડની સંજ્ઞા Fe તેના લૅટિન નામ ફેરમ પરથી રાખેલ છે. તે જ રીતે, સોડિયમની સંજ્ઞા Na તથા પોટૅશિયમની સંજ્ઞા K અનુક્રમે નેટ્રિયમ અને કેલિયમ પરથી રાખેલ છે. આમ, દરેક તત્ત્વનું એક નામ અને એક વિશિષ્ટ સંજ્ઞા હોય છે.

કોષ્ટક 3.1 : કેટલાંક તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ

તત્ત્વ	સંજ્ઞા	તત્ત્વ	સંજ્ઞા	તત્ત્વ	સંજ્ઞા
ઍલ્યુમિનિયમ	Al	કૉપર	Cu	નાઇટ્રોજન	N
આર્ગોન	Ar	ફ્લોરિન	F	ઑક્સિજન	O
બેરિયમ	Ba	સોનું	Au	પોટૅશિયમ	K
બોરોન	B	હાઇડ્રોજન	H	સિલિકોન	Si
બ્રોમિન	Br	આયોડિન	I	સિલ્વર	Ag
કૅલ્શિયમ	Ca	લોખંડ	Fe	સોડિયમ	Na
કાર્બન	C	સીસું	Pb	સલ્ફર	S
ક્લોરિન	Cl	મૅગ્નેશિયમ	Mg	યુરેનિયમ	U
કોબાલ્ટ	Co	નિયોન	Ne	ઝિંક	Zn

(જ્યારે પણ તમે તત્ત્વો વિશે અભ્યાસ કરો ત્યારે આપેલા ઉપર્યુક્ત કોષ્ટકનો ઉપયોગ કરો. આ સંપૂર્ણ કોષ્ટકને એક જ વખતમાં યાદ રાખવાની કોઈ જરૂર નથી. સમય-સમય પર વારંવાર ઉપયોગ કરવાથી તમે જાતે જ આ સંજ્ઞા દર્શાવતા થઈ જશો.)

3.2.2 પરમાણ્વીય દળ (Atomic mass)

ડાલ્ટનના પરમાણ્વીય સિદ્ધાંતનો સૌથી વધુ નોંધનીય ખ્યાલ પરમાણ્વીય દળ હતો. તેમના મત મુજબ, દરેક તત્ત્વ લાક્ષણિક પરમાણ્વીય દળ ધરાવે છે. આ સિદ્ધાંતો દ્વારા નિશ્ચિત પ્રમાણના નિયમને એટલી સારી રીતે સમજાવી શકાતો હતો કે જેનાથી વૈજ્ઞાનિકો પરમાણુનું પરમાણ્વીય દળ માપવા માટે પ્રેરિત થયા; પરંતુ વ્યક્તિગત પરમાણુંનું દળ નક્કી કરવું પ્રમાણમાં ઘણું મુશ્કેલ કાર્ય હતું, તેથી રાસાયણિક સંયોગીકરણના નિયમો ના ઉપયોગ દ્વારા તેમજ ઉદ્ભવેલાં સંયોજનો દ્વારા પરમાણુનું સાપેક્ષ દળ જાણી શકાયું.

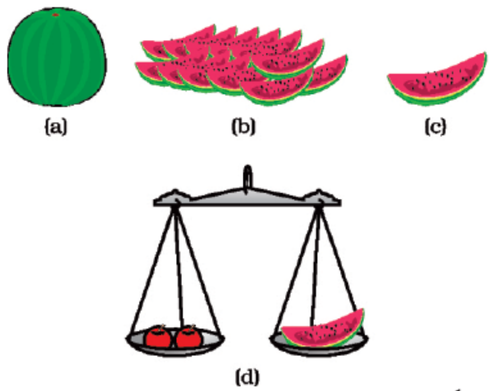
ચાલો, આપણે કાર્બન અને ઑક્સિજનમાંથી બનતા સંયોજન કાર્બન મોનૉક્સાઇડ (CO)નું ઉદાહરણ લઈએ પ્રાયોગિક રીતે અવલોકાયેલું છે કે 3 g કાર્બન અને 4 g ઑક્સિજન સંયોજાવાથી કાર્બન મોનોક્સાઇડ બને છે.બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, કાર્બન પોતાના દળ કરતાં $\frac{4}{3}$ ગણા વધારે દળ ધરાવતા ઑક્સિજન સાથે સંયોજાય છે. ધારો કે, આપણે પરમાણ્વીય દળ એકમને (શરૂઆતના સમયમાં આ એકમને ટૂંકમાં amu તરીકે દર્શાવાતું હતું; પરંતુ IUPAC ની તાજેતરની ભલામણોના આધારે હવે તેને u યુનિફાઈડ (એકીકૃત) દળ તરીકે લખાય છે.) એક કાર્બન પરમાણુના દળ જેટલું લઈએ તો આપણે કાર્બનના પરમાણ્વીય દળને 1.0 u વડે અને ઑક્સિજનના પરમાણ્વીયદળને 1.33 u વડે દર્શાવી શકીએ. પરંતુ આ સંખ્યા (આંકડા)ને પૂર્ણાંક સંખ્યા તરીકે અથવા પૂર્ણાંક સંખ્યાની શક્ય તેટલું વધુ નજીક દર્શાવવું

વધુ અનુકૂળ રહેશે. વિવિધ પરમાણ્વીય દળ એકમોની શોધ કરતાં વૈજ્ઞાનિકોએ શરૂઆતમાં કુદરતી રીતે મળતા ઑક્સિજનના 1/16મા ભાગના દળને એક એકમ તરીકે લીધું. નીચે દર્શાવેલા બે કારણોને લીધે તેને સુસંગત માનવામાં આવ્યું :

- ઑક્સિજન અનેક તત્ત્વો સાથે પ્રક્રિયા કરી સંયોજનો બનાવે છે.
- આ પરમાણ્વીય દળ એકમ દ્વારા મહત્તમ તત્ત્વોનાં પરમાણ્વીય દળ પૂર્ણાંક સ્વરૂપે પ્રાપ્ત થાય છે.

તેમ છતાં 1961માં પરમાણ્વીય દળ એકમને સર્વ સામાન્ય રીતે સ્વીકૃત કરવામાં આવ્યો હતો. પરમાણ્વીય દળ જાણવા માટે કાર્બન-12 સમસ્થાનિકને પ્રમાણિત સંદર્ભ તરીકે પસંદ કરવામાં આવ્યો. કાર્બન-12 સમસ્થાનિકના એક પરમાણુના દળના $\frac{1}{12}$ મા ભાગને માન્ય પરમાણ્વીય એકમ તરીકે લેવાય છે. કાર્બન-12 સમસ્થાનિકના એક પરમાણુના દળની સાપેક્ષે બાકીનાં તમામ તત્ત્વોના પરમાણુનાં દળ પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે.

કલ્પના કરો કે એક ફળવિક્રેતા કોઈ પણ પ્રકારના પ્રમાણિત વજનીયા વગર ફળ વેચી રહ્યો છે, તે એક તરબૂચ લઈને કહે છે કે, "આનું દળ 12 એકમ છે." (12 તરબૂચીય એકમ અથવા 12 ફળ દળ એકમ (Fruit mass unit-fmu)) તે તરબૂચના 12 સરખા ભાગ કરે છે. તેના દ્વારા વેચવામાં આવતા દરેક ફળનું દળ તરબૂચના એક ટુકડાના સાપેક્ષ દળ જેટલું જ જોવા મળે છે. જે આકૃતિ 3.4માં દર્શાવેલ છે. હવે તે ફળોને સાપેક્ષ ફળ દળ એકમ (fmu)માં વેચે છે.



આકૃતિ 3.4 : *(a) તરબૂચ (b) 12 ટુકડા (c) તરબૂચનો $\frac{1}{12}$ મો ભાગ (d) તરબૂચના ટુકડાઓના ઉપયોગ દ્વારા તે ફળવિક્રેતા ફળોને કેવી રીતે તોલે છે ?*

કોઈ પણ તત્ત્વના પરમાણુના સરેરાશ દળની કાર્બન-12 પરમાણુના દળના $\frac{1}{12}$ ભાગ સાથે સરખામણી કરી તે તત્ત્વના સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળને વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે.

કોષ્ટક 3.2 : કેટલાંક તત્ત્વોનાં પરમાણ્વીય દળ

તત્ત્વ	પરમાણ્વીય દળ (u)
હાઇડ્રોજન	1
કાર્બન	12
નાઇટ્રોજન	14
ઑક્સિજન	16
સોડિયમ	23
મૅગ્નેશિયમ	24
સલ્ફર	32
ક્લોરિન	35.5
કૅલ્શિયમ	40

3.2.3 પરમાણુ કેવી રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે ? (How do atoms exist ?)

મોટાભાગનાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ સ્વતંત્રરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવી શકતાં નથી. પરમાણુઓ અણુ અથવા આયનની રચના કરે છે. આ અણુ અથવા આયન વધુ સંખ્યામાં જોડાઈને દ્રવ્ય બનાવે છે, જેને આપણે જોઈ શકીએ છીએ, અનુભવી શકીએ છીએ અથવા સ્પર્શ કરી શકીએ છીએ.

પ્રશ્નો :

1. પરમાણ્વીય દળ એકમને વ્યાખ્યાયિત કરો.
2. કોઈ એક પરમાણુને નરીઆંખે જોવો શા માટે શક્ય નથી ?

3.3 અણુ શું છે ? (What is a Molecule ?)

સામાન્ય રીતે અણુ બે અથવા વધારે પરમાણુઓનો સમૂહ છે, જે એકબીજા સાથે રાસાયણિક બંધથી જોડાઈ શકે છે અથવા પરસ્પર આકર્ષણ બળ દ્વારા મજબૂતાઈથી જકડાઈને રહે છે. અણુને કોઈ તત્ત્વ અથવા સંયોજનના એવા સૂક્ષ્મ કણ તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય કે જે સૂક્ષ્મ કણ સ્વતંત્ર રૂપે અસ્તિત્વ ધરાવતો હોય તેમજ સંયોજનના તમામ ગુણધર્મો દર્શાવતો હોય. એક જ તત્ત્વના પરમાણુઓ અથવા જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ પરસ્પર સંયોજાઈને અણુ બનાવે છે.

3.3.1 તત્ત્વના અણુઓ (Molecules of elements)

કોઈપણ તત્ત્વના અણુઓ એક જ પ્રકારના પરમાણુઓ દ્વારા બને છે. આર્ગોન (Ar), હિલિયમ (He) વગેરે જેવાં અનેક તત્ત્વોના અણુ તે જ તત્ત્વના એક જ પ્રકારના પરમાણુ દ્વારા તૈયાર થાય છે; પરંતુ મોટા ભાગનાં અધાતુ તત્ત્વોમાં આવું બનતું નથી. ઉદાહરણ તરીકે, ઑક્સિજનનો એક અણુ ઑક્સિજનના બે પરમાણુઓથી બનેલો છે. તેથી જ તે દ્વિ-પરમાણ્વીય અણુ (O_2) તરીકે ઓળખાય છે. જો 2 ના બદલે 3 ઑક્સિજન પરમાણુઓ સંયોજાય તો ઓઝોન (O_3) મળે છે. કોઈ પણ અણુના બંધારણમાં રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યાને તે અણુની પરમાણ્વીયતા (Atomicity) કહે છે.

ધાતુઓ અને કાર્બન જેવાં અન્ય તત્ત્વો સરળ બંધારણ ધરાવતાં નથી. તેમાં વધુ મોટી અને અનિશ્ચિત સંખ્યામાં પરમાણુઓ એકબીજા સાથે બંધથી જોડાયેલા હોય છે.

ચાલો, આપણે કેટલાંક તત્ત્વોની પરમાણ્વીયતા જોઈએ.

કોષ્ટક 3.3 : કેટલાંક તત્ત્વોની પરમાણ્વીયતા

તત્ત્વનો પ્રકાર	નામ	પરમાણ્વીયતા
અધાતુ	આર્ગોન	એકપરમાણ્વીય
	હિલિયમ	એકપરમાણ્વીય
	ઑક્સિજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	હાઇડ્રોજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	નાઇટ્રોજન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	ક્લોરિન	દ્વિ-પરમાણ્વીય
	ફૉસ્ફરસ	ચતુઃ પરમાણ્વીય
	સલ્ફર	બહુપરમાણ્વીય
ધાતુ	સોડિયમ	એકપરમાણ્વીય
	લોખંડ	એકપરમાણ્વીય
	ઍલ્યુમિનિયમ	એકપરમાણ્વીય
	કૉપર	એકપરમાણ્વીય

3.3.2 સંયોજનોના અણુઓ (Molecules of compounds)

જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ એક નિશ્ચિત પ્રમાણમાં એક બીજા સાથે જોડાઈને સંયોજનના અણુઓનું નિર્માણ કરે છે. કોષ્ટક 3.4 માં કેટલાંક ઉદાહરણો આપેલા છે.

કોષ્ટક 3.4 : કેટલાંક સંયોજનોના અણુઓ

સંયોજન	સંયોજાતાં તત્ત્વો	દળથી ગુણોત્તર
પાણી	હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન	1:8
એમોનિયા	નાઇટ્રોજન, હાઇડ્રોજન	14:3
કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ	કાર્બન, ઑક્સિજન	3:8

પ્રવૃત્તિ 3.2

- અણુઓમાં રહેલા પરમાણુઓના સાપેક્ષ દળ માટે કોષ્ટક 3.4 તથા તત્ત્વોના પરમાણુઓના દળ માટે કોષ્ટક 3.2 જુઓ. કોષ્ટક 3.4માં આપેલ સંયોજનોના અણુઓમાં રહેલાં તત્ત્વોના પરમાણુઓની સંખ્યાનો ગુણોત્તર શોધો.
- પાણીના અણુઓમાંના પરમાણુઓની સંખ્યાનું પ્રમાણ નીચે મુજબ નોંધી શકાય છે :

તત્ત્વ	દળથી ગુણોત્તર	પરમાણ્વીય દળ (u)	દળ ગુણોત્તર/ પરમાણ્વીય દળ	સરળતમ ગુણોત્તર
H	1	1	$\frac{1}{1}=1$	2
O	8	16	$\frac{8}{16}=\frac{1}{2}$	1

- આમ પાણી માટે પરમાણુઓની સંખ્યાનો ગુણોત્તર H:O = 2:1 છે.

3.3.3 આયન એટલે શું ? (What is an ion ?)

ધાતુ અને અધાતુયુક્ત સંયોજનો વીજભારિત ઘટકો (સ્પીસિઝ)ના બનેલાં હોય છે. આ વીજભારિત ઘટકોને આયનો કહે છે. આયન વીજભારિત કણ હોય છે અને તે ધનવીજભારિત અથવા ઋણ વીજભારિત હોઈ શકે છે. ઋણ વીજભારિત આયનને 'એનાયન' (Anion) કહે છે અને ધનવીજભારિત આયનને 'કેટાયન' (Cation) કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે સોડિયમ ક્લોરાઇડ (NaCl) લઈએ તો, તેના ઘટકકણો તરીકે ધનવીજભારિત સોડિયમ આયનો (Na^+) અને ઋણ વીજભારિત ક્લોરાઇડ આયનો (Cl^-) હોય છે. આયન એક વીજભારિત પરમાણુ અથવા ચોખ્ખો (net) વીજભાર ધરાવતા પરમાણુઓના સમૂહના બનેલા હોય છે.

વીજભાર ધરાવતા પરમાણુઓના સમૂહ બહુપરમાણ્વીય આયન તરીકે ઓળખાય છે. આપણે આયનોના નિર્માણ વિશે પ્રકરણ 4 માં વધુ અભ્યાસ કરીશું

કોષ્ટક 3.5 : કેટલાંક આયનીય સંયોજનો

આયનીય સંયોજન	જોડાતાં તત્ત્વો	દળથી ગુણોત્તર
કેલ્શિયમ ઑક્સાઈડ	કેલ્શિયમ અને ઑક્સિજન	5 : 2
મૅગ્નેશિયમ સલ્ફાઈડ	મૅગ્નેશિયમ અને સલ્ફર	3 : 4
સોડિયમ ક્લોરાઈડ	સોડિયમ અને ક્લોરિન	23 : 35.5

3.4 રાસાયણિક સૂત્રો લખવાં (Writing Chemical Formulae)

કોઈ પણ સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર તે સંયોજનના બંધારણનું સાંકેતિક નિરૂપણ છે. જુદાં-જુદાં સંયોજનોનાં રાસાયણિક સૂત્રો સરળતાથી લખી શકાય છે. આ માટે આપણે તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ અને તેઓની સંયોજાવાની ક્ષમતા (સંયોજન-ક્ષમતા) (Combining Capacity)નો અભ્યાસ કરવો જરૂરી છે.

કોઈ પણ તત્ત્વની સંયોજાવાની શક્તિ (અથવા ક્ષમતા)ને તે તત્ત્વની સંયોજકતા કહેવાય છે. કોઈ એક તત્ત્વના પરમાણુઓ અન્ય તત્ત્વના પરમાણુ(ઓ) સાથે સંયોજાઈને કેવી રીતે રાસાયણિક સંયોજન બનાવે છે તે જાણવા માટે સંયોજકતાનો ઉપયોગ થાય છે. કોઈ પણ તત્ત્વના પરમાણુની સંયોજકતાને તે પરમાણુના હાથ અથવા હથેળી (ભૂજા) સ્વરૂપે વિચારી શકાય.

મનુષ્યને બે હાથ તથા ઓક્ટોપસને આઠ હાથ હોય છે. એક ઓક્ટોપસે અમુક મનુષ્યોને એવી રીતે પકડવાં છે કે જેથી ઓક્ટોપસના આઠેય હાથ અને મનુષ્યના બંને હાથ એકબીજા સાથે જકડાઈ જાય. તમારા મત મુજબ, એક ઓક્ટોપસ કેટલા મનુષ્યોને પકડી શકે ? ઓક્ટોપસને O તરીકે અને મનુષ્યને H તરીકે દર્શાવો. શું તમે આ સંયોગીકરણ માટેનું સૂત્ર લખી શકો ખરા ? શું તમે OH_4 સૂત્ર મેળવો છો ? અહીં H ની નીચે દર્શાવેલ 4 એ ઓક્ટોપસ દ્વારા પકડાયેલ મનુષ્યોની સંખ્યા સૂચવે છે.

કોષ્ટક 3.6 માં કેટલાંક સામાન્ય અને બહુપરમાણ્વીય આયનોની સંજ્ઞાઓ દર્શાવેલી છે. આપણે હવે પછીના પ્રકરણમાં સંયોજકતા વિશે વધુ અભ્યાસ કરીશું.

કોષ્ટક 3.6 : કેટલાંક આયનોનાં નામ અને સંજ્ઞાઓ

સંયોજકતા	આયનનું નામ	સંજ્ઞા	અધાત્વીય તત્ત્વ	સંજ્ઞા	બહુપરમાણ્વીય આયન	સંજ્ઞા
1.	સોડિયમ	Na^+	હાઈડ્રોજન	H^+	એમોનિયમ	NH_4^+
	પોટૅશિયમ	K^+	હાઈડ્રાઈડ	H^-	હાઈડ્રૉક્સાઈડ	OH^-
	સિલ્વર	Ag^+	ક્લોરાઈડ	Cl^-	નાઈટ્રેટ	NO_3^-
	કૉપર(I)* (ક્યુપ્રસ)	Cu^+	બ્રોમાઈડ	Br^-	હાઈડ્રોજન કાર્બોનેટ	HCO_3^-
			આયોડાઈડ	I^-		
2.	મૅગ્નેશિયમ	Mg^{2+}	ઑક્સાઈડ	O^{2-}	કાર્બોનેટ	CO_3^{2-}
	કેલ્શિયમ	Ca^{2+}	સલ્ફાઈડ	S^{2-}	સલ્ફાઈટ	SO_3^{2-}
	ઝિંક	Zn^{2+}			સલ્ફેટ	SO_4^{2-}
	આયર્ન(II)*(ફેરિક)	Fe^{2+}				
	કૉપર(II)*(ક્યુસિક)	Cu^{2+}				
3.	ઍલ્યુમિનિયમ	Al^{3+}	નાઈટ્રાઈડ	N^{3-}	ફૉસ્ફેટ	PO_4^{3-}
	આયર્ન(III)*(ફેરિક)	Fe^{3+}				

* કેટલાંક તત્ત્વો એકથી વધુ સંયોજકતા દર્શાવે છે. કોષ્ટકમાં દર્શાવેલ રોમન આંક તેમની સંયોજકતા દર્શાવે છે.

રાસાયણિક સૂત્ર લખતી વખતે તમારે નીચે દર્શાવેલા નિયમોનું પાલન કરવું જોઈએ :

- આયનની સંયોજકતા અથવા વીજભાર સમતોલિત હોવાં જોઈએ.
- જ્યારે સંયોજન ધાતુ અને અધાતુ બંને ધરાવતું હોય ત્યારે પ્રથમ ધાતુની સંજ્ઞા અથવા નામ લખાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ (CaO), સોડિયમ ક્લોરાઇડ (NaCl), આયર્ન સલ્ફાઇડ (FeS), કૉપર ઑક્સાઇડ (CuO) વગેરે. અહીં ઑક્સિજન, ક્લોરિન અને સલ્ફર અધાતુઓ છે અને તેઓને જમણી તરફ લખાય છે. જ્યારે કેલ્શિયમ, સોડિયમ, આયર્ન અને કોપર ધાતુઓ છે, અને તેઓને ડાબી તરફ લખાય છે.
- બહુપરમાણ્વીય આયનો દ્વારા બનતા સંયોજનોમાં આયનને કૌંસમાં દર્શાવી કૌંસની બહાર તેની સંખ્યા લખાય છે. ઉદાહરણ તરીકે $Mg(OH)_2$. જો બહુપરમાણીય આયનની સંખ્યા એક હોય તો કૌંસ દર્શાવવો જરૂરી નથી.

  ઉદાહરણ : NaOH.

3.4.1 સાદા સંયોજનોનાં સૂત્રો (Formulae of simple compounds)

બે જુદાં-જુદાં તત્ત્વોથી બનતાં સૌથી સરળ (સરળતમ) સંયોજનોને દ્વિઅંગી સંયોજનો કહે છે. કોષ્ટક 3.6માં કેટલાંક આયનોની સંયોજકતાઓ દર્શાવેલ છે. તમે તેનો ઉપયોગ સંયોજનોનાં સૂત્રો લખવા માટે કરી શકો છો.

સંયોજનોનાં રાસાયણિક સૂત્રો લખતી વખતે આપણે નીચે દર્શાવ્યા મુજબ ઘટક તત્ત્વો અને તેઓની સંયોજકતાઓ લખીએ છીએ. ત્યાર બાદ સંયોજાતા પરમાણુઓની સંયોજકતાઓ ક્રૉસ કરીએ છીએ.

ઉદાહરણો

1. હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડનું સૂત્ર :

   સંજ્ઞા H Cl
   સંયોજકતા 1 1

તેથી હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડનું સૂત્ર HCl છે.

2. હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ અને પાણીનું સૂત્ર :

   સંજ્ઞા H S
   સંયોજકતા 1 2

   સૂત્ર : H_2S છે.

   સંજ્ઞા H O
   સંયોજકતા 1 2

   સૂત્ર : H_2O

3. કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડનું સૂત્ર :

   સંજ્ઞા C Cl
   સંયોજકતા 4 1

   સૂત્ર : CCl_4

આયનીય સંયોજનોના સૂત્રો તેમના બંધારણમાં રહેલા ધન આયન અને ઋણ આયનનો ગુણોત્તર દર્શાવતી પૂર્ણાંક સંખ્યા છે.

મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડનું સૂત્ર જાણવા સૌપ્રથમ આપણે ધનાયનની સંજ્ઞા (Mg^{2+}) લખીએ છીએ. ત્યાર બાદ ઋણાયનની સંજ્ઞા(Cl^-) લખીએ છીએ ત્યાર બાદ આ આયનોને ત્રાંસા તીર દ્વારા જોડીને રાસાયણિક સૂત્ર મેળવીએ છીએ.

4. મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડનું સૂત્ર :

   સંજ્ઞા Mg Cl
   વીજભાર +2 1–

તેથી મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડનું રાસાયણિક સૂત્ર $MgCl_2$ છે.

આમ, મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડના અણુમાં પ્રત્યેક (Mg^{2+}) આયન માટે બે ક્લોરાઈડ (Cl^-) આયનો હોય છે. અહીં ધન તેમજ ઋણ વીજભાર એકબીજાને સમતોલિત કરતાં હોવા જોઈએ અને સંપૂર્ણ બંધારણ વીજભારની દૃષ્ટિએ તટસ્થ હોવું જોઈએ. અત્રે નોંધનીય છે કે, રાસાયણિક સૂત્રમાં આયનો પરના વીજભાર દર્શાવાતા નથી.

કેટલાંક વધુ ઉદાહરણો

(a) ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડનું સૂત્ર :

   સંજ્ઞા Al O
   વીજભાર 3+ 2–

   સૂત્ર : Al_2O_3

(b) કૅલ્શિયમ ઑક્સાઈડનું સૂત્ર :

   સંજ્ઞા Ca O
   વીજભાર 2+ 2–

અહીં, બંને તત્ત્વોની સંયોજકતાઓ સમાન છે. તમે Ca_2O_2 પ્રકારનું સૂત્ર મેળવી શકો; પરંતુ આપણે તેને સરળ રીતે CaO તરીકે દર્શાવીએ છીએ.

(c) સોડિયમ નાઇટ્રેટનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા/સૂત્ર Na NO_3

વીજભાર 1+ 1–

સૂત્ર : $NaNO_3$

(d) કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા/સૂત્ર Ca OH

વીજભાર 2+ 1–

સૂત્ર : $Ca(OH)_2$

અત્રે નોંધનીય છે કે, કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું સૂત્ર $Ca(OH)_2$ છે નહિ કે $CaOH_2$. જ્યારે સૂત્રમાં બે કે તેથી વધારે સમાન આયનો હાજર હોય ત્યારે આપણે કૌંસનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. અહીં કૌંસ કરીને દર્શાવેલ OH ની નીચેની તરફ 2 એ દર્શાવે છે કે, એક કૅલ્શિયમ પરમાણુ સાથે બે હાઇડ્રૉક્સિલ (OH) સમૂહો જોડાયેલ છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ, તો કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડમાં ઑક્સિજન અને હાઇડ્રોજનના બે-બે પરમાણુઓ છે.

(e) સોડિયમ કાર્બોનેટનું સૂત્ર :

સંજ્ઞા/સૂત્ર Na CO_3

વીજભાર 1+ 2–

સૂત્ર : Na_2CO_3

ઉપર દર્શાવેલ ઉદાહરણમાં માત્ર એક જ આયન હોવાથી કૌંસ દર્શાવવાની જરૂર નથી.

(f) એમોનિયમ સલ્ફેટનું સૂત્ર :

સૂત્ર NH_4 SO_4

વીજભાર 1+ 2–

સૂત્ર : $(NH_4)_2SO_4$

પ્રશ્નો :

1. રાસાયણિક સૂત્રો લખો :
   (i) સોડિયમ ઑક્સાઇડ
   (ii) ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ
   (iii) સોડિયમ સલ્ફાઇડ
   (iv) મૅગ્નેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

2. નીચે દર્શાવેલ સૂત્રો ધરાવતાં સંયોજનોનાં નામ લખો :
   (i) $Al_2(SO_4)_3$
   (ii) $CaCl_2$
   (iii) K_2SO_4
   (iv) KNO_3
   (v) $CaCO_3$
3. 'રાસાયણિક સૂત્ર' શબ્દનો અર્થ શું છે ?
4. નીચેનામાં કેટલા પરમાણુઓ હાજર છે ?
   (i) H_2S અણુ
   (ii) PO_4^{3-} આયન

3.5 આણ્વીય દળ અને મોલ સંકલ્પના (Molecular Mass and Mole Concept)

3.5.1 આણ્વીય દળ (Molecular mass) :

વિભાગ 3.2.2 માં આપણે પરમાણ્વીય દળ વિશે ચર્ચા કરી. આ સંકલ્પના વધુ પ્રસાર પામીને આણ્વીય દળોની ગણતરી કરી શકાય છે. કોઈ પણ પદાર્થનું આણ્વીય દળ તેમાં રહેલા તમામ ઘટક પરમાણુઓના પરમાણ્વીય દળોના સરવાળા બરાબર હોય છે. આમ, આ દળ અણુનું સાપેક્ષદળ છે જેને પરમાણીય દળ એકમ (u) માં દર્શાવવામાં આવે છે.

ઉદાહરણ 3.1 : (a) પાણી (H_2O)ના સાપેક્ષ આણ્વીય દળની ગણતરી કરો.

(b) HNO_3 ના આણ્વીય દળની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

(a) હાઇડ્રોજનનું પરમાણ્વીય દળ = 1 u અને ઑક્સિજનનું પરમાણ્વીય દળ = 16 u છે.

આથી, બે હાઇડ્રોજન પરમાણુ અને એક ઑક્સિજન પરમાણુ ધરાવતા પાણીના અણુનું આણ્વીય દળ = $2 \times 1 + 1 \times 16 = 18$ u થાય.

(b) HNO_3નું આણ્વીય દળ = Hનું પરમાણ્વીય દળ + Nનું પરમાણ્વીય દળ + 3 × Oનું પરમાણ્વીય દળ

= 1 + 14 + 48

= 63 u થાય.

3.5.2. સૂત્ર એકમ દળ (Formula unit mass)

કોઈ પણ પદાર્થનું સૂત્ર એકમ દળ એ તેમાં રહેલા તમામ ઘટક પરમાણુઓના પરમાણ્વીય દળોનો સરવાળો છે. જે પ્રકારે આણ્વીય દળની ગણતરી થાય છે, તે જ પ્રકારે સૂત્ર એકમ દળની

ગણતરી થાય છે. ફરક માત્ર એટલો છે કે 'એકમ સૂત્ર' આ શબ્દનો ઉપયોગ એવા પદાર્થ માટે કરીએ છીએ કે જેમાં ઘટક કણ તરીકે આયન હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે સોડિયમ ક્લોરાઇડ, ઉપર ચર્ચા કર્યા મુજબ તેનું સૂત્ર એકમ NaCl છે. તેના એકમ સૂત્ર દળની ગણતરી નીચે પ્રમાણે થાય છે :

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

ઉદાહરણ 3.2 : $CaCl_2$ માટે એકમ સૂત્ર દળની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

(a) $CaCl_2$ નું એકમ સૂત્ર દળ = Ca નું પરમાણ્વીય દળ + 2(Cl નું પરમાણ્વીય દળ)

$= 40 + 2 \times 35.5 = 40 + 71 = 111$ u

પ્રશ્નો :

1. નીચેનાનાં આણ્વીય દળ ગણો :
   $H_2, O_2, Cl_2, CO_2, CH_4, C_2H_6, C_2H_4, NH_3, CH_3OH$
2. ZnO, Na_2O, K_2CO_3 માટે સૂત્ર એકમ દળની ગણતરી કરો :
   Zn નું પરમાણ્વીય દળ = 65 u,
   Na નું પરમાણ્વીય દળ = 23 u,
   K નું પરમાણ્વીય દળ = 39 u,
   C નું પરમાણ્વીય દળ = 12 u,
   O નું પરમાણ્વીય દળ = 16 u,

3.5.3 મૉલ સંકલ્પના (Mole Concept)

એક ઉદાહરણ લઈએ કે જેમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન વચ્ચે પ્રક્રિયા થઈ પાણી બને છે.

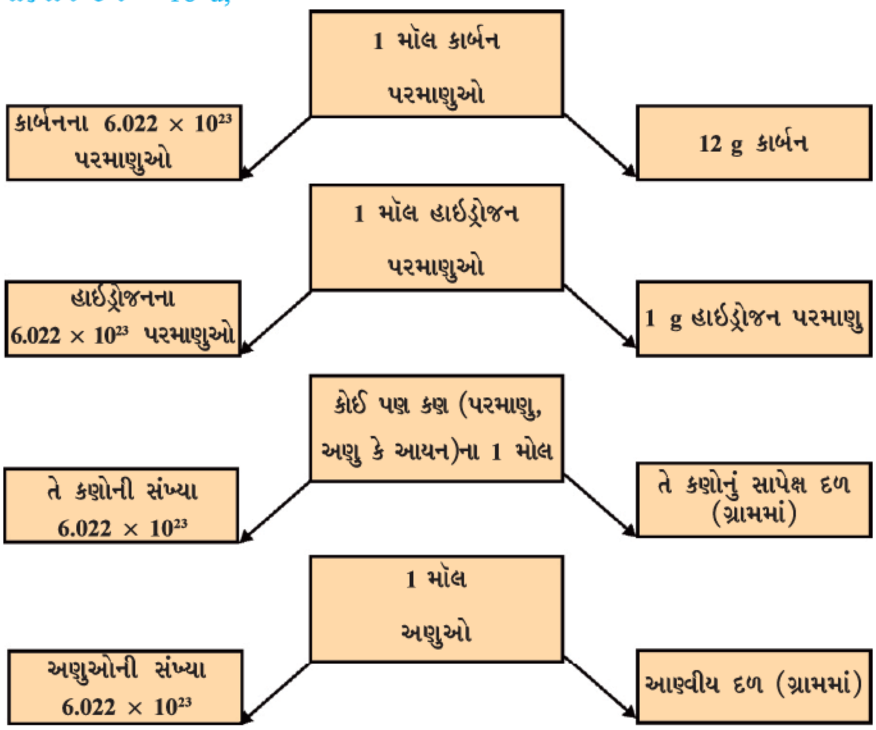
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O.$$

ઉપર્યુક્ત પ્રક્રિયા સૂચવે છે કે,

(i) હાઇડ્રોજનના બે અણુ ઑક્સિજનના એક અણુ સાથે સંયોજાઈ પાણીના બે અણુ બનાવે છે અથવા

(ii) હાઇડ્રોજન અણુના 4u ઑક્સિજન અણુના 32u સાથે સંયોજાઈને 36u જેટલા પાણીના અણુ બનાવે છે.

ઉપર્યુક્ત સમીકરણ પરથી આપણે અનુમાન કરી શકીએ છીએ કે કોઈ પણ પદાર્થની માત્રા (જથ્થા)ને તેના દળ અથવા તેના અણુઓની સંખ્યાને આધારે દર્શાવી શકાય; પરંતુ રાસાયણિક પ્રક્રિયા સમીકરણ પ્રત્યક્ષ રીતે પ્રક્રિયામાં ભાગ લેતા અણુઓ કે પરમાણુઓની સંખ્યા સૂચવે છે. તેથી પદાર્થના જથ્થાને તેના દળના સંદર્ભમાં દર્શાવવો તેના કરતાં અણુઓ કે પરમાણુઓના સંદર્ભમાં દર્શાવવું વધુ અનુકૂળ છે. તેથી એક નવો એકમ 'મૉલ' રજૂ કરાયો. કોઈ પણ ઘટક (પરમાણુ, અણુ, આયન



આકૃતિ 3.5 *મોલ, એવોગેડ્રો અંક અને દળ વચ્ચેનો સંબંધ*

અથવા કણ)ના એક મૉલ-જથ્થામાં તેની જેટલી સંખ્યા હોય છે તેટલી જ સંખ્યા તેના પરમાણ્વીય દળ અથવા આણ્વીય દળ જેટલા ગ્રામમાં દર્શાવેલા જથ્થામાં હોય છે.

કોઈ પણ પદાર્થના 1 મૉલ જથ્થામાં હાજર રહેલા ઘટકોની (અણુઓ, પરમાણુઓ કે આયનો) સંખ્યા 6.022×10^{23} જેટલી નિશ્ચિત હોય છે. તે પ્રાયોગિક રીતે મેળવેલ મૂલ્ય છે. આ સંખ્યાને ઇટાલિયન વૈજ્ઞાનિક એમેડિયો એવોગેડ્રો (Amedeo Avogadro)ના માનમાં એવોગેડ્રો અચળાંક અથવા એવોગેડ્રો અંક (N_A દ્વારા દર્શાવાય છે) કહેવાય છે.

1 મૉલ (કોઈ પણ વસ્તુના) = 6.022×10^{23} વસ્તુની સંખ્યા જેમ, 1 ડઝન = 12 નંગ, 1 ગ્રોસ = 144 નંગ ગણીએ છીએ તેમ સંખ્યાના સંદર્ભમાં મૉલ, ડઝન અને ગ્રોસ કરતા વધુ ફાયદાકારક છે કારણ કે કોઈ પણ પદાર્થના 1 મૉલ જથ્થાનું દળ નિશ્ચિત હોય છે.

કોઈ પણ પદાર્થના 1 મૉલ જથ્થાનું દળ એ ગ્રામમાં દર્શાવેલું તેનું સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ કે આણ્વીય દળ છે. તત્ત્વનું પરમાણ્વીય દળ આપણને એક પરમાણુનું દળ પરમાણ્વીય દળ એકમ (u) માં દર્શાવે છે. તત્ત્વના 1 મૉલ પરમાણુઓનું દળ કે જે મૉલર દળ તરીકે ઓળખાય છે, તેનું મૂલ્ય મેળવવા આપણે સમાન આંકડાકીય મૂલ્ય લઈએ છીએ; પરંતુ તેના એકમ u ને બદલે g દર્શાવીએ છીએ. પરમાણુના આણ્વીય દળને ગ્રામ પરમાણ્વીય દળ પણ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે, હાઇડ્રોજનનું પરમાણ્વીય દળ = 1 u તેથી હાઈડ્રોજનનું ગ્રામ પરમાણ્વીય દળ = 1 g છે.

1 u હાઇડ્રોજન માત્ર એક જ હાઇડ્રોજન પરમાણુ ધરાવે છે. જ્યારે 1 g હાઇડ્રોજન 1 મોલ પરમાણુ એટલે કે 6.022×10^{23} જેટલા હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ ધરાવે છે. તેવી જ રીતે,

16 u ઑક્સિજન એ માત્ર એક જ ઑક્સિજન પરમાણુ ધરાવે છે જ્યારે 16 g ઑક્સિજન 1 મૉલ પરમાણુ એટલે કે 6.022×10^{23} જેટલા ઑક્સિજન પરમાણુઓ ધરાવે છે. અણુનું ગ્રામ આણ્વીય દળ અથવા આણ્વીય દળ શોધવા માટે આપણે તેના આણ્વીય દળ જેટલું જ સંખ્યાત્મક મૂલ્ય લઈએ છીએ. પરંતુ ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેનો એકમ u ના બદલે g લઈએ છીએ. ઉદાહરણ તરીકે, આપણે પહેલેથી ગણતરી કરી ચૂક્યા છીએ કે H_2O નું આણ્વીય દળ 18 u છે. તેના દ્વારા આપણે સમજી શકીએ છીએ કે,

18 u પાણી માત્ર એક પાણીનો અણુ ધરાવે છે.

18 g પાણી 1 મૉલ પાણીના અણુ ધરાવે છે.

કે જે પાણીના 6.022×10^{23} અણુ હશે.

રસાયણશાસ્ત્રીઓને કોઈ પણ પ્રક્રિયા કરતી વખતે અણુઓ અને પરમાણુઓની સંખ્યાની જરૂર પડે છે, તે માટે તેઓએ દળનો સંબંધ ગ્રામમાં લીધેલ સંખ્યાઓ સાથે કરવો પડે, જે નીચે પ્રમાણે થઈ શકે છે :

1 મૉલ = 6.022×10^{23} સંખ્યા

= ગ્રામમાં સાપેક્ષ દળ

આમ, રસાયણશાસ્ત્રીઓએ દર્શાવેલ ગણતરીનો એકમ મૉલ છે.

ઈ.સ. 1896ની આસપાસ વિલ્હેમ ઓસ્વાલ્ડે (Wilhelm Ostwald) ''મૉલ'' શબ્દનો પરિચય આપ્યો જે એક લૅટિન શબ્દ મૉલ્સ (Moles) પરથી આવેલો છે, જેનો અર્થ થાય છે 'ઢગલો' અથવા 'થપ્પી' કોઈ પદાર્થના અણુઓ કે પરમાણુઓનો એક ઢગલા સ્વરૂપે વિચાર કરી શકાય. 1967 માં એક એકમ તરીકે મૉલની સ્વીકૃતિ થઈ, કે જેના દ્વારા પરમાણુઓ અને અણુઓની મોટી સંખ્યા (ઢગલા)ને સરળ રીતે દર્શાવવાનો માર્ગ પૂરો પાડે છે.

ઉદાહરણ 3.3 :

1. નીચે દર્શાવેલા માટે મૉલ સંખ્યાની ગણતરી કરો :
   (1) 52 ગ્રામ He (દળ દ્વારા મૉલ શોધો)
   (ii) 12.044×10^{23} He પરમાણુઓ (કણોની સંખ્યા દ્વારા મૉલ શોધો)

ઉકેલ :

મૉલ-સંખ્યા = n

આપેલ દળ = m

મોલર દળ = M

આપેલ કણોની સંખ્યા = N

કણો માટે એવોગેડ્રો અંક = N_A

(i) Heનું પરમાણ્વીય દળ = 4u

Heનું મોલર દળ = 4 g

$$\text{આમ મૉલ-સંખ્યા} = \frac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મોલર દળ}}$$

$$\therefore n = \frac{m}{M} = \frac{52}{4} = 13$$

(ii) આપણે જાણીએ છીએ કે,

1 મૉલ = 6.022×10^{23}

$$\text{મૉલ-સંખ્યા} = \frac{\text{આપેલ કણોની સંખ્યા}}{\text{એવોગ્રેડ્રો અંક}}$$

$$\therefore n = \frac{N}{N_A} = \frac{12.044 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 2$$

ઉદાહરણ 3.4 : નીચે દર્શાવેલા માટે દળની ગણતરી કરો :

(i) 0.5 મૉલ N_2 વાયુ (અણુના મૉલમાંથી દળ)

(ii) 0.5 મૉલ N પરમાણુ (પરમાણુના મૉલમાંથી દળ)

(iii) 3.011×10^{23} N પરમાણુ ની સંખ્યા (સંખ્યામાંથી દળ)

(iv) 6.022×10^{23} N_2 અણુ ની સંખ્યા (સંખ્યામાંથી દળ)

ઉકેલ :

(i) દળ = મૉલર દળ × મૉલ સંખ્યા

$m = M \times n = 28 \times 0.5 = 14$ g

(ii) દળ = મૉલર દળ × મૉલ સંખ્યા

$m = M \times n = 14 \times 0.5 = 7$ g

(iii) મૉલ સંખ્યા (n) = $\dfrac{\text{આપેલ કણોની સંખ્યા}}{\text{એવોગેડ્રો અંક}}$

$= \dfrac{N}{N_0} = \dfrac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}}$

$\Rightarrow m = M \times n = 14 \times 0.5 = 7$ g

(iv) $n = \dfrac{N}{N_0}$

$m = M \times \dfrac{N}{N_0} = 28 \times \dfrac{6.022 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}}$

$= 28 \times 1 = 28$ g

ઉદાહરણ 3.5 : નીચે દર્શાવેલા દરેકમાં કણોની સંખ્યાની ગણતરી કરો :

(i) 46 g સોડિયમ પરમાણુ (દળમાંથી સંખ્યા)

(ii) 8 g ઑક્સિજન અણુ (દળમાંથી અણુ-સંખ્યા)

(iii) 0.1 મૉલ કાર્બન પરમાણુ (આપેલ મૉલમાંથી સંખ્યા)

ઉકેલ :

(i) પરમાણુની સંખ્યા = $\dfrac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મોલર દળ}}$ × એવોગેડ્રો અંક

$\Rightarrow N = \dfrac{m}{M} \times N_0$

$\Rightarrow N = \dfrac{46}{23} \times 6.022 \times 10^{23}$

$\Rightarrow N = 12.044 \times 10^{23}$

(ii) અણુની સંખ્યા = $\dfrac{\text{આપેલ દળ}}{\text{મોલર દળ}}$ × એવોગેડ્રો અંક

$\Rightarrow N = \dfrac{m}{M} \times N_0$

∴ ઑક્સિજન પરમાણુનું દળ
= 16 u

∴ ઑક્સિજન અણુનું મૉલર દળ
= 16 × 2 = 32 g

$\Rightarrow N = \dfrac{8}{32} \times 6.022 \times 10^{23}$

$\Rightarrow N = 1.5055 \times 10^{23}$

$\approx N = 1.51 \times 10^{23}$

(iii) કણો (પરમાણુ)ની સંખ્યા

= કણની મૉલ-સંખ્યા × એવોગેડ્રો અંક

$N = n \times N_0$

$= 0.1 \times 6.022 \times 10^{23}$

$= 6.022 \times 10^{22}$

પ્રશ્નો :

1. જો એક મૉલ કાર્બન પરમાણુનું દળ 12 ગ્રામ હોય, તો કાર્બનના એક પરમાણુનું દળ કેટલું થશે ?
2. 100 ગ્રામ સોડિયમ અથવા 100 ગ્રામ લોખંડ પૈકી શેમાં પરમાણુની સંખ્યા વધુ હશે ?
(Na નું પરમાણ્વીય દળ = 23 u, Fe નું પરમાણ્વીય દળ = 56 u)

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- કોઈ પણ રાસાયણિક પ્રક્રિયા દરમિયાન પ્રક્રિયકો અને નીપજોના દળનો સરવાળો બદલાતો નથી. તેને દળ સંચયનો નિયમ કહે છે.
- કોઈ પણ શુદ્ધ રાસાયણિક સંયોજનમાં તત્ત્વો હંમેશાં દળથી નિશ્ચિત પ્રમાણમાં જોડાયેલાં હોય છે, તેને નિશ્ચિત પ્રમાણનો નિયમ કહે છે.
- પરમાણુ તત્ત્વનો નાનામાં નાનો કણ છે, જે સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે અને તેના તમામ રાસાયણિક ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે.
- અણુ તત્ત્વ અથવા સંયોજનનો નાનામાં નાનો કણ છે, કે જે સામાન્ય પરિસ્થિતિઓમાં સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે છે અને પદાર્થના તમામ ગુણધર્મો દર્શાવે છે.
- કોઈ પણ સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર તેમાં રહેલાં તમામ ઘટક તત્ત્વો અને સંયોજાતા દરેક તત્ત્વના પરમાણુઓની સંખ્યા દર્શાવે છે.
- પરમાણુઓનો સમૂહ (Cluster) કે જે આયનની માફક વર્તે છે, તેને બહુપરમાણ્વીય આયન કહે છે. તે ચોક્કસ વીજભાર ધરાવે છે.
- કોઈ પણ આણ્વીય સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર દરેકે દરેક તત્ત્વની સંયોજકતા દ્વારા નક્કી થાય છે.
- આયનીય સંયોજનોમાં દરેક આયન પરના વીજભાર સંયોજનનું રાસાયણિક સૂત્ર નક્કી કરવામાં ઉપયોગી છે.
- વૈજ્ઞાનિકો જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુઓના દળની સરખામણી કરવા માટે સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ માપક્રમનો ઉપયોગ કરે છે. કાર્બન-12 સમસ્થાનિકના પરમાણુનું સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ 12 નક્કી કરવામાં આવેલ છે, અને અન્ય તમામ તત્ત્વોના પરમાણુઓના સાપેક્ષ દળ કાર્બન-12 પરમાણ્વીય દળ સાથે સરખામણી કરીને મેળવાયેલા છે.
- કાર્બન-12 ના નિશ્ચિત દળ 12 ગ્રામમાં હાજર રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યાને એવોગેડ્રો અચળાંક 6.022×10^{23} તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરેલ છે.
- કોઈ પણ પદાર્થમાં કણોની સંખ્યા (પરમાણુઓ/આયનો/અણુઓ/સૂત્ર એકમો વગેરે) એ કાર્બન-12 ના નિશ્ચિત દળ 12 ગ્રામમાં હાજર રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યા જેટલી હોય, તો તે પદાર્થના જથ્થાને મૉલ કહે છે.
- પદાર્થના એક મૉલ-જથ્થાનું દળ મૉલર દળ કહેવાય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. ઑક્સિજન અને બોરોન ધરાવતા એક સંયોજનના 0.24 g નમૂનામાં 0.096 g બોરોન અને 0.144 g ઑક્સિજન હાજર છે, તો વજનથી સંયોજનના ટકાવારી પ્રમાણની ગણતરી કરો.
2. 8 g ઑક્સિજનમાં જ્યારે 3 g કાર્બનનું દહન કરવામાં આવે ત્યારે 11 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બને છે. જ્યારે 3 g કાર્બનને 50 g ઑક્સિજનમાં દહન કરવામાં આવે ત્યારે કેટલા ગ્રામ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બનશે ? રાસાયણિક સંયોગીકરણનો કયો નિયમ તમારા જવાબ માટે દિશા સૂચવે છે ?

3. બહુપરમાણ્વીય આયન એટલે શું ? ઉદાહરણ આપો.

4. નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોનાં રાસાયણિક સૂત્રો લખો :
   (a) મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડ
   (b) કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ
   (c) કૉપર નાઇટ્રેટ
   (d) ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ
   (e) કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ

5. નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં હાજર રહેલ તત્ત્વોનાં નામ જણાવો :
   (a) ક્વિક લાઇમ
   (b) હાઇડ્રોજન બ્રોમાઇડ
   (c) બેકિંગ પાઉડર
   (d) પોટૅશિયમ સલ્ફેટ

6. નીચેના પદાર્થોના મોલર દળની ગણતરી કરો :
   (a) ઈથાઈન (C_2H_2)
   (b) સલ્ફર અણુ (S_8)
   (c) ફૉસ્ફરસ અણુ (P_4) (ફૉસ્ફરસનું પરમાણ્વીય દળ = 31)
   (d) હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ (HCl)
   (e) નાઇટ્રિક ઍસિડ (HNO_3)

7. નીચેનાનાં દળ શું હશે ?
   (a) 1 મૉલ નાઇટ્રોજન પરમાણુ ?
   (b) 4 મૉલ ઍલ્યુમિનિયમ પરમાણુ (ઍલ્યુમિનિયમનું પરમાણ્વીય દળ = 27)
   (c) 10 મૉલ સોડિયમ સલ્ફાઇટ (Na_2SO_3) ?

8. નીચેનાનું મૉલમાં રૂપાંતર કરો :
   (a) 12 g ઑક્સિજન વાયુ
   (b) 20 g પાણી
   (c) 22 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

9. નીચેનાનું દળ કેટલું થશે ?
   (a) 0.2 મૉલ ઑક્સિજન પરમાણુ
   (b) 0.5 મૉલ પાણીના અણુ

10. 16 g ઘન સલ્ફરમાં રહેલા સલ્ફર અણુ (S_8)ની સંખ્યા ગણો.

11. 0.051 g ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડમાં હાજર રહેલા ઍલ્યુમિનિયમ આયનની સંખ્યા ગણો.

(સંકેત : કોઈ પણ આયનનું દળ તે જ તત્ત્વના પરમાણુના દળ જેટલું હોય છે. ઍલ્યુમિનિયમનું પરમાણ્વીય દળ = 27 u)

સામૂહિક પ્રવૃત્તિ (Group Activity)

સૂત્ર લખવા માટે નીચેની રમત રમો :

ઉદાહરણ 1 : તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓ અને સંયોજકતાઓ દર્શાવતાં અલગ-અલગ પ્લેકાર્ડ (ગંજીફાનાં પત્તાં જેવાં) બનાવો. પ્રત્યેક વિદ્યાર્થી સંજ્ઞા દર્શાવતું કાર્ડ જમણા હાથમાં અને સંયોજકતા દર્શાવતું કાર્ડ ડાબા હાથમાં લેશે. વિદ્યાર્થીઓ તત્ત્વોની સંજ્ઞાઓને ધ્યાનમાં રાખીને તેની સંયોજકતાઓ પરસ્પર જોડીને (Criss-Cross) સંયોજનનું સૂત્ર બનાવશે.

ઉદાહરણ 2 : સૂત્ર લખવાનો ખૂબ જ ઓછી કિંમતનો નમૂનો : દવાઓના ખાલી થઈ ગયેલા ફૂલેલા (Blister) પૅકેટ્સ (જથ્થો) લો. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેને સંયોજક્તાના આધારે સમૂહોમાં કાપો. હવે તમે એક પ્રકારના આયનને અન્ય પ્રકારના આયન સાથે જોડીને સૂત્ર બનાવી શકો છે.

દા.ત. :

સોડિયમ સલ્ફેટનું સૂત્ર :

બે સોડિયમ આયન એક સલ્ફેટ આયન સાથે જોડાઈ શકે છે.

તેથી સૂત્ર : Na_2SO_4 થશે.

તમારી જાતે કરો : હવે સોડિયમ ફૉસ્ફેટનું સૂત્ર લખો.

પ્રકરણ 4

પરમાણુનું બંધારણ (Structure of The Atom)

પ્રકરણ 3માં આપણે શીખી ગયાં કે પરમાણુઓ અને અણુઓ દ્રવ્યના મૂળભૂત બંધારણીય ઘટકો છે. જુદા-જુદા પ્રકારનાં દ્રવ્યોનું અસ્તિત્વ તે દ્રવ્યોની રચના કરતાં જુદા-જુદા પરમાણુઓને કારણે હોય છે. હવે પ્રશ્નો એ ઉદ્ભવે કે (i) કોઈ એક તત્ત્વનો પરમાણુ બીજા તત્ત્વના પરમાણુ કરતાં જુદો શા માટે પડે છે ? (ii) ડાલ્ટને સૂચિત કર્યા મુજબ શું પરમાણુઓ ખરેખર અવિભાજ્ય (Indivisible) હોય છે ? અથવા શું પરમાણુની અંદર અન્ય નાના ઘટકો હોય છે ? આ પ્રકરણમાં આપણે આ પ્રશ્નોના ઉત્તર મેળવીશું. આપણે અવપરમાણ્વીય (Subatomic) કણો અને પરમાણુના અનેકવિધ નમૂનાઓ (Models) વિશે અભ્યાસ કરીશું કે જે, સૂચિત કરે છે કે આ કણો પરમાણુની અંદરની તરફ કેવી રીતે ગોઠવાય છે.

19મી સદીના અંતમાં વૈજ્ઞાનિકો સમક્ષ મુખ્ય પડકાર એ હતો કે, પરમાણુનું બંધારણ રજૂ કરવું તેમજ તેના મહત્ત્વના ગુણધર્મો સમજાવવા. અનેક પ્રયોગોના આધારે પરમાણુનું બંધારણ સ્પષ્ટ કરવામાં આવ્યું છે.

પરમાણુઓ અવિભાજ્ય ન હોવાના સંકેતો પૈકી એક સંકેત એ સ્થિર વિદ્યુત અને જુદા-જુદા પદાર્થોની વિદ્યુતના વહનની પરિસ્થિતિના અભ્યાસ દ્વારા મળ્યો.

4.1 દ્રવ્યમાં રહેલા વીજભારિત કણો (Charged Particles in Matter)

દ્રવ્યમાં રહેલા વીજભારિત કણોની પ્રકૃતિ સમજવા માટે ચાલો આપણે નીચે દર્શાવેલ પ્રવૃત્તિઓ કરીએ :

પ્રવૃત્તિ ______ 4.1

A. કોરા વાળમાં કાંસકો ફેરવો. શું હવે કાંસકો કાગળના નાના-નાના ટુકડાઓને આકર્ષિત કરે છે ?

B. કાચના સળિયાને રેશમના કાપડ પર ઘસો અને ત્યાર બાદ તે સળિયાને હવાભરેલા ફુગ્ગાની નજીક લઈ જાઓ. શું થાય છે, તેનું અવલોકન કરો.

આ પ્રવૃત્તિઓ પરથી શું આપણે એ તારણ કાઢી શકીએ કે બે વસ્તુઓને એકબીજા સાથે ઘસવાથી તેઓ વીજભારિત બને છે ? આ વીજભાર ક્યાંથી આવે છે ? આ પ્રશ્નનો ઉત્તર ત્યારે આપી શકાયો કે જ્યારે પરમાણુ વિભાજ્ય છે અને વીજભારિત કણોનો બનેલો છે તેવું જાણી શકાયું.

પરમાણુમાં રહેલા વીજભારિત કણોની હાજરીના રહસ્યને સ્પષ્ટ કરવામાં અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ યોગદાન આપ્યું છે.

1900 સુધી એમ જાણી લેવાયું હતું કે, પરમાણુ અવિભાજ્ય કણ હતો; પરંતુ તે ઓછામાં ઓછો એક અવપરમાણ્વીય કણ (Sub-Atomic Particle) ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવે છે, જેની ઓળખ જે. જે. થોમસને (J. J. Thomson) આપી. ઇલેક્ટ્રૉનની ઓળખ થઈ તે પહેલાં ઇ. ગોલ્ડસ્ટીને (E. Goldstein) 1886માં વાયુવિભારમાં (Gas Discharge) નવા વિકિરણોની હાજરી શોધી કાઢી. આ વિકિરણોને કેનાલ કિરણો (Canal Rays) કહેવાયા. આ કિરણો ધનવીજભારિત વિકિરણો હતાં, જે આખરે અન્ય અવપરમાણ્વીય કણોની શોધ તરફ દોરી ગયા. આ અવપરમાણ્વીય કણોના વીજભારની તીવ્રતા ઇલેક્ટ્રૉન જેટલી પરંતુ ચિહ્ન તેનાથી વિરુદ્ધ હતું. તેનું દળ ઇલેક્ટ્રૉનના દળ કરતાં આશરે 2000 ગણું વધુ હતું. તેને પ્રોટોન નામ અપાયું. સામાન્ય રીતે ઇલેક્ટ્રૉનને 'e^-' અને પ્રોટોન 'p^+' દ્વારા દર્શાવાય છે. પ્રોટોનનું દળ એક એકમ અને તેનો વીજભાર +1 લેવાય છે. ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ નહિવત્ (અવગણ્ય) અને વીજભાર −1 લેવામાં આવે છે.

પરમાણુ પ્રોટોન અને ઇલેક્ટ્રૉનનો બનેલો છે કે જે પરસ્પરના વીજભારને સમતોલિત કરે છે. એવું પણ જોવામાં આવ્યું કે પ્રોટોન પરમાણુના અંદરના ભાગમાં હોય છે. પરમાણુમાંથી ઇલેક્ટ્રૉનને સહેલાઈથી દૂર કરી શકાય છે; પરંતુ પ્રોટોનને દૂર કરી શકાતો નથી. હવે મોટો પ્રશ્ન એ હતો કે પરમાણુના આ કણોએ કયા પ્રકારનું બંધારણ રચ્યું ? આપણે આ પ્રશ્નનો ઉત્તર નીચે મુજબ મેળવીશું :

પ્રશ્નો :

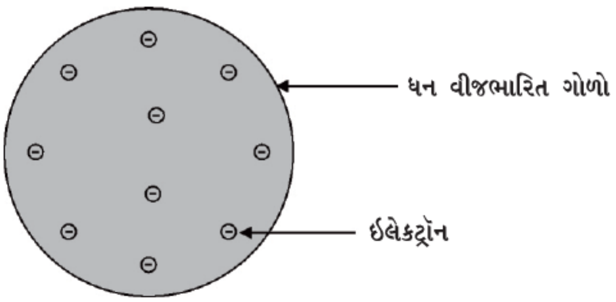
1. કેનાલ કિરણો શું છે ?
2. જો કોઈ પરમાણુમાં એક પ્રોટોન અને એક ઈલેક્ટ્રૉન હોય, તો તે વીજભાર ધરાવતો હશે કે નહિ ?

4.2 પરમાણુનું બંધારણ (The Structure of an Atom)

આપણે પ્રકરણ 3માં ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંત વિશે અભ્યાસ કર્યો છે. જેના મત મુજબ પરમાણુ અવિભાજ્ય અને અવિનાશી (Indestructible) છે; પરંતુ પરમાણુમાં બે મૂળભૂત કણો (પ્રોટોન અને ઈલેક્ટ્રૉન)ની શોધે ડાલ્ટનના પરમાણુ સિદ્ધાંતની આ અભિધારણાને ખોટી સાબિત કરી. હવે એ જાણવું જરૂરી હતું કે પરમાણુની અંદર પ્રોટોન અને ઈલેક્ટ્રૉન કેવી રીતે ગોઠવાયેલ છે ? આ સમજાવવા માટે અનેક વૈજ્ઞાનિકોએ વિવિધ પરમાણ્વીય નમૂના રજૂ કર્યા. જે. જે. થોમસન પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક હતા જેમણે પરમાણુના બંધારણ સંબંધિત નમૂનો રજૂ કર્યો.

4.2.1 થોમસનનો પરમાણુનો નમૂનો (Thomson's Model of an Atom)

થોમસને રજૂ કરેલ પરમાણ્વીય નમૂનો ક્રિસમસ કેકને મળતો આવે છે. તેમના મત મુજબ પરમાણુ ધનવીજભારિત ગોળો છે. જેમાં ક્રિસમસ કેકમાં ગોઠવાયેલ સૂકી દ્રાક્ષ (સૂકો મેવો)ની માફક ઈલેક્ટ્રૉન ગોઠવાયેલા છે. તરબૂચનું ઉદાહરણ પણ લઈ શકાય કે જેમાં ધનભારિત પ્રોટોન એ તરબૂચના લાલ ભાગની માફક (કે જે ખાઈ શકાય છે) સમગ્ર રીતે ફેલાયેલા હોય છે અને ઈલેક્ટ્રૉન એ તરબૂચના લાલ ભાગમાં રહેલા બીજની જેમ ગોઠવાયેલ છે (આકૃતિ 4.1).



આકૃતિ 4.1 : થોમસનનો પરમાણુનો નમૂનો

બ્રિટિશ ભૌતિકશાસ્ત્રી જે. જે. થોમસન (1856-1940)નો જન્મ 18 ડિસેમ્બર 1856માં માન્ચેસ્ટરના ઉપનગર ક્રિથમ હિલ (Cheetham Hill)માં થયો હતો. ઈલેક્ટ્રૉનની શોધ બદલ તેમને ઈ.સ. 1906માં નોબેલ પારિતોષિક દ્વારા સન્માનિત કરવામાં આવ્યા હતા. તેઓ 35 વર્ષ સુધી કેમ્બ્રિજની કેવેન્ડિશ પ્રયોગશાળામાં નિર્દેશન આપ્યું. પાછળથી તેમના સંશોધનમાં મદદ કરનારા સાત સહાયકોને પણ નોબેલ પારિતોષિક એનાયત થયા.

થોમસને સૂચવ્યું કે,

(i) પરમાણુ ધનભારિત ગોળાનો બનેલો છે અને ઈલેક્ટ્રૉન તેમાં જડિત થયેલા (Embedded) છે.

(ii) પરમાણુમાં ઋણભાર અને ધનભાર સમાન માત્રામાં હોય છે, તેથી પરમાણુ વીજભારની દૃષ્ટિએ તટસ્થ હોય છે.

થોમસનનો પરમાણુનો નમૂનો સમજાવે છે કે પરમાણુઓ વીજભારની દૃષ્ટિએ તટસ્થ હોય છે, તેમ છતાં અન્ય વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા થયેલા પ્રયોગોનાં પરિણામો થોમસનના પરમાણ્વીય નમૂનાને સમજાવી શક્યા નહિ. જેને આપણે નીચે મુજબ જોઈ શકીએ.

4.2.2 રૂથરફૉર્ડનો પરમાણુનો નમૂનો (Rutherford's Model of an Atom)

અર્નેસ્ટ રૂથરફૉર્ડ (Ernest Rutherford) એ જાણવા માગતા હતાં કે પરમાણુમાં ઈલેક્ટ્રૉન કેવી રીતે ગોઠવાયેલ છે ? તે માટે રૂથરફૉર્ડે એક પ્રયોગ કર્યો. તે પ્રયોગમાં સોનાના પાતળા વરખ પર ઝડપથી ગતિ કરતા આલ્ફા કણોનો મારો ચલાવ્યો.

- તેમણે શક્ય એટલું પાતળું સ્તર જોઈતું હતું તેથી તેમણે સોનાનો વરખ પસંદ કર્યો. સોનાનો આ વરખ 1000 પરમાણુઓ જેટલી જાડાઈ ધરાવતો હતો.
- આલ્ફા (α) કણો દ્વિવીજભારિત હિલિયમ આયનો છે. જોકે તેનું દળ 4u હોય છે. ઝડપથી ગતિ કરતા આલ્ફા કણો ગણનાપાત્ર માત્રા(Considerable Amount)માં ઊર્જા ધરાવે છે.
- એવી ધારણા કરવામાં આવી હતી કે, સોનાના પરમાણુઓમાં રહેલા અવપરમાણ્વીય કણો દ્વારા આલ્ફા કણો વિચલિત થશે. જોકે આલ્ફા કણો પ્રોટોન કરતાં ઘણા ભારે હોવાને કારણે તેઓને વધુપડતા વિચલન (Deflection)ની અપેક્ષા ન હતી.

4.2.3 બોહ્રનો પરમાણુનો નમૂનો (Bohr's Model of Atom)

રૂથરફૉર્ડે રજૂ કરેલ પરમાણુના નમૂનાના વિરોધમાં અનેક સમસ્યાઓ (વાંધાઓ) ઊઠવા પામી, જેને દૂર કરવા માટે નિલ્સ બોહરે (Neils Bohr) પરમાણુ-બંધારણ વિશે નીચે દર્શાવેલ અભિધારણાઓ રજૂ કરી :

(i) ઇલેક્ટ્રૉનની સ્વતંત્ર કક્ષાઓ તરીકે ઓળખાતી અમુક ચોક્કસ કક્ષાઓ જ પરમાણુમાં માન્ય કક્ષાઓ ગણાય છે.

(ii) સ્વતંત્ર કક્ષાઓમાં પરિભ્રમણ દરમિયાન ઇલેક્ટ્રૉન વિકિરણ સ્વરૂપે ઊર્જામુક્ત કરતાં નથી.

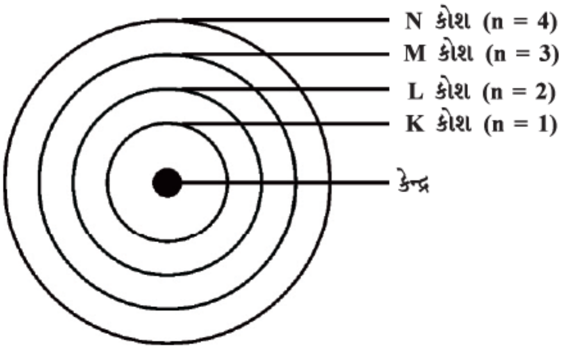
નિલ્સ બોહ્ર (1885-1962)નો જન્મ 7 ઑક્ટોબર 1885માં કોપનહેગનમાં થયો હતો. 1916માં કોપનહેગન વિશ્વવિદ્યાલય માં તેઓને ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રાધ્યાપક તરીકે નિયુક્ત કરવામાં આવ્યા. 1922માં તેમના પરમાણુ-બંધારણ પરના કાર્ય માટે તેમને નોબેલ પારિતોષિક એનાયત થયું. પ્રાધ્યાપક બોહરના અનેક લેખો પર આધારિત ત્રણ પુસ્તકો જોવા મળે છે :

(i) પરમાણ્વીય બંધારણ અને વર્ણપટ સિદ્ધાંત (The Theory of Spectra and Atomic Constitution)

(ii) પરમાણ્વીય સિદ્ધાંત (Atomic Theory) અને

(iii) પ્રકૃતિનું વર્ણન (The Description of Nature)

આ કક્ષાઓ અથવા કોશો ઊર્જાસ્તર તરીકે ઓળખાય છે. પરમાણુના ઊર્જાસ્તરો આકૃતિ 4.3માં દર્શાવેલા છે.



આકૃતિ 4.3 : પરમાણુમાં રહેલા કેટલાક ઊર્જાસ્તર

આ કક્ષાઓ અથવા કોશોને K, L, M, N...અક્ષરો દ્વારા અથવા n = 1, 2, 3, 4... સંખ્યાઓ દ્વારા દર્શાવાય છે.

પ્રશ્નો :

1. થોમસનના પરમાણુના નમૂનાના આધારે સમજાવો કે પરમાણુ સમગ્રતયા તટસ્થ છે.
2. રૂથરફૉર્ડના પરમાણુના નમૂનાના આધારે પરમાણુના કેન્દ્રમાં કયો અવપરમાણ્વીય કણ હાજર હોય છે ?
3. ત્રણ કોશ ધરાવતા પરમાણુનો બોહ્રનો નમૂનો દોરો.
4. આલ્ફા કણ પ્રકીર્ણનનો પ્રયોગ સોનાના વરખને બદલે અન્ય કોઈ ધાતુના વરખનો ઉપયોગ કરીને કરવામાં આવે તો શું અવલોકન નોંધી શકાય ?

4.2.4 ન્યુટ્રૉન (Neutrons)

ઈ.સ. 1932માં જે. ચેડવિકે (J. Chadwick) અન્ય અવપરમાણ્વીય કણની શોધ કરી કે જે વીજભારવિહીન હતો અને તેનું દળ લગભગ પ્રોટોનના દળ જેટલું જ હતું. આખરે તેને ન્યુટ્રૉન નામ અપાયું. ન્યુટ્રૉન પરમાણુના કેન્દ્રમાં આવેલાં હોય છે, સિવાય કે હાઇડ્રોજન. સામાન્ય રીતે ન્યુટ્રૉન ને ‘n’ સંજ્ઞા દ્વારા દર્શાવાય છે. તેથી પરમાણુનું દળ તેના કેન્દ્રમાં રહેલા પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનના દળોના સરવાળા દ્વારા દર્શાવાય છે.

પ્રશ્નો :

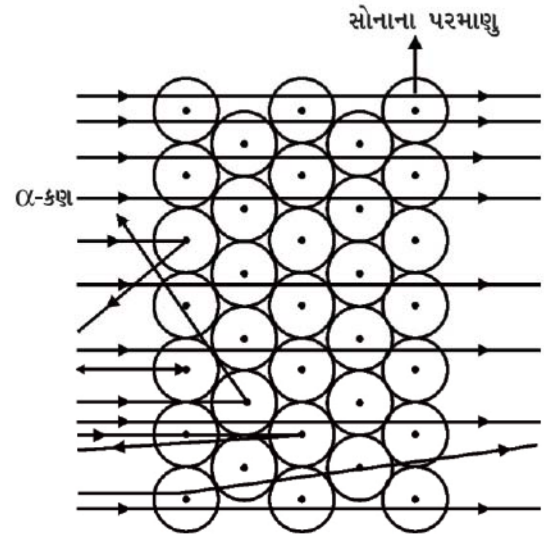
1. પરમાણુના ત્રણ અવપરમાણ્વીય કણોનાં નામ આપો.
2. હિલિયમ પરમાણુનું પરમાણ્વીય દળ 4 u છે અને તેના કેન્દ્રમાં 2 પ્રોટોન છે, તો તેમાં કેટલા ન્યુટ્રૉન હશે ?

4.3 વિવિધ કક્ષાઓ (કોશો)માં ઇલેક્ટ્રૉન કેવી રીતે વહેંચાય છે ? (How are Electrons Distributed in Different Orbits (Shells) ?

પરમાણુની વિભિન્ન કક્ષાઓમાં ઇલેક્ટ્રૉનની વહેંચણી બોહ્ર અને બરી (Bury) નામના વૈજ્ઞાનિકોએ સૂચવી.

જુદા-જુદા ઊર્જાસ્તરો અથવા કોશોમાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા દર્શાવવા માટે નીચે મુજબના નિયમો અનુસરવામાં આવે છે :

(i) કક્ષામાં હાજર રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનની મહત્તમ સંખ્યા $2n^2$ સૂત્ર દ્વારા દર્શાવાય છે, જ્યાં ‘n’ કક્ષાનો ક્રમ અથવા



આકૃતિ 4.2 : સોનાના વરખ દ્વારા આલ્ફા (α) કણોનું પ્રકીર્ણન

પરંતુ α-કણ પ્રકીર્ણન (Scattering)ના પ્રયોગે સંપૂર્ણ રીતે અણધાર્યાં પરિણામો આપ્યાં (આકૃતિ 4.2). નીચેના અવલોકનો નોંધવામાં આવ્યાં :

(i) ઝડપથી ગતિ કરતા મોટા ભાગના α-કણો સોનાના વરખમાંથી સીધેસીધા જ પસાર થઈ જાય છે.

(ii) કેટલાક α-કણો સોનાના વરખ દ્વારા ઓછા અંશને ખૂણે વિચલન પામે છે.

(iii) આશ્ચર્યજનક રીતે દર 12,000 α-કણો પૈકી એક કણ અથડાઈને પાછો ફરે છે.

રૂથરફૉર્ડના શબ્દોમાં ''આ પરિણામ એટલી હદે આશ્ચર્ય પમાડે તેવું હતું કે, તમે એક 15-ઇંચનો તોપગોળો લઈ તેનો અતિ પાતળા કાગળ (Tissue Paper) પર મારો કરો તો તે પાછો ફરીને તમને જ ઈજા પહોંચાડે.''

અર્નેસ્ટ રૂથરફૉર્ડ (1871-1937)નો જન્મ 30 ઑગસ્ટ, 1871માં સ્પ્રિંગગ્રોવમાં થયો હતો. તેમને કેન્દ્રિય (ન્યુક્લિઅર) ભૌતિકવિજ્ઞાનના પિતા માનવામાં આવે છે. સોનાના વરખના પ્રયોગ દ્વારા પરમાણુના કેન્દ્રની શોધ તેમજ રેડિયો સક્રિયતા (Radio Activity) પરના તેમના કાર્યને કારણે તે પ્રસિદ્ધ થયા. તેમણે 1908માં નોબેલ પારિતોષિક પ્રાપ્ત કર્યું.

આ પ્રયોગની અસરો સમજવા માટે ચાલો આપણે ખુલ્લા મેદાનમાં એક પ્રવૃત્તિ કરીએ. એક બાળકને તેની આંખો બંધ કરી એક દીવાલની સામે ઊભો રાખો અને તેને અમુક અંતરેથી દીવાલ પર પથ્થર મારવાનું કહો. દરેક વખતે જ્યારે પથ્થર દીવાલ પર અથડાશે ત્યારે તે બાળક પથ્થર અથડાવાનો અવાજ સાંભળશે. જો તે આ પ્રક્રિયા 10 વખત પુનરાવર્તિત કરશે તો તેને 10 વખત પથ્થર અથડાવવાનો અવાજ સંભળાશે; પરંતુ આ આંખો બંધ કરેલ બાળક કાંટાળી તારની વાડ પર પથ્થર ફેંકશે તો મોટા ભાગના પથ્થર તારની વાડને અથડાશે નહિ અને તેને કોઈ અવાજ સંભળાશે નહિ, કારણ કે તારની વાડમાં ખાલી જગ્યા ઘણી બધી હોય છે જે પથ્થરને આરપાર પસાર થઈ જવા દે છે.

આ જ તર્કના આધારે રૂથરફૉર્ડે આલ્ફા કણ પ્રકીર્ણનના પ્રયોગ દ્વારા તારણો આપ્યાં કે,

(i) સોનાના વરખમાંથી મોટા ભાગના કણો વિચલન પામ્યા સિવાય સીધા જ પસાર થઈ જતાં હોવાથી પરમાણુનો મોટા ભાગનો વિસ્તાર ખાલી હોવો જોઈએ.

(ii) ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં કણો પોતાના માર્ગમાંથી વિચલિત થાય છે. જે દર્શાવે છે કે, પરમાણુમાં ધનવીજભારિત ભાગ ખૂબ જ ઓછી જગ્યા રોકે છે.

(iii) ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં આલ્ફા કણો 180° ખૂણે વિચલિત થયા હતા. જે સૂચવે છે કે, સોનાના પરમાણુનો સંપૂર્ણ ધનવીજભારિત ભાગ અને દળ પરમાણુની અંદરના ભાગમાં ખૂબ જ ઓછી જગ્યામાં સંકેન્દ્રિત થયેલ છે.

માહિતીનાં આધારે તેણે તે પણ ગણતરી કરી કે પરમાણુની ત્રિજ્યા કરતાં તેના કેન્દ્રની ત્રિજ્યા 10^5 ગણી ઓછી હોય છે.

રૂથરફૉર્ડે તેના પ્રયોગના આધારે પરમાણુનો કેન્દ્રીય નમુનો રજુ કર્યો, જે નીચે મુજબની લાક્ષણિકતાઓ ધરાવતો હતો.

(i) પરમાણુમાં રહેલ ધનભારિત કેન્દ્રને પરમાણુનું કેન્દ્ર (ન્યુક્લિયસ) કહે છે. પરમાણુનું મોટાભાગનું બધું જ દળ તેના કેન્દ્રમાં સમાયેલું હોય છે.

(ii) ઈલેક્ટ્રોન કેન્દ્રની આસપાસ નિશ્ચિત કક્ષાઓમાં ભ્રમણ કરે છે.

(iii) પરમાણુના કદની સાપેક્ષે તેના કેન્દ્રનું કદ ઘણું નાનું હોય છે.

રૂથરફોર્ડના પરમાણુના નમૂનાની ખામીઓ

વર્તુળાકાર કક્ષામાં ઇલેક્ટ્રૉનનું પરિભ્રમણ સ્થાયી હોવાની અપેક્ષા કરી શકીએ નહિ. વર્તુળાકાર કક્ષામાં રહેલ કોઈ પણ કણ પ્રવેગિત થાય છે. તે દરમિયાન તે વિકિરણો સ્વરૂપે ઊર્જામુક્ત કરે છે. આ રીતે પરિભ્રમણ કરતો ઇલેક્ટ્રૉન ઊર્જા ગુમાવે છે અને અંતે કેન્દ્ર સાથે ટકરાય. જો આવું થતું હોત તો પરમાણુ અત્યંત અસ્થાયી હોત અને દ્રવ્ય એવા સ્વરૂપમાં અસ્તિત્વ ન ધરાવતું હોત કે જે સ્વરૂપમાં આપણે તેને જાણીએ છીએ. આપણે જાણીએ છીએ કે, પરમાણુઓ સર્વથા સ્થાયી હોય છે.

ઊર્જાસ્તરનો ક્રમ 1, 2, 3..... વગેરે છે. આમ, જુદી-જુદી કક્ષાઓમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનની મહત્તમ સંખ્યા નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય :

પ્રથમ કક્ષા અથવા K-કોશમાં $2 \times 1^2 = 2$ થશે. બીજી કક્ષા અથવા L-કોશમાં $2 \times 2^2 = 8$ થશે. ત્રીજી કક્ષા અથવા M-કોશમાં $2 \times 3^2 = 18$ થશે. ચોથી કક્ષા અથવા N-કોશમાં $2 \times 4^2 = 32$ થશે અને તેવી જ રીતે આગળની કક્ષાઓમાં ઇલેક્ટ્રૉન ગોઠવી શકાશે.

(ii) સૌથી બહારની કક્ષામાં મહત્તમ 8 ઇલેક્ટ્રૉન સમાવી શકાય છે.

(iii) પરમાણુની આપેલી કક્ષામાં ત્યાં સુધી ઇલેક્ટ્રૉન નહિ ભરાય જ્યાં સુધી તેની અંદરની કક્ષાઓ ઇલેક્ટ્રૉનથી સંપૂર્ણપણે ભરાઈ ન જાય. તેનાથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, કક્ષાઓ તબક્કાવાર ભરાય છે.

પ્રથમ અઢાર તત્ત્વોનાં પરમાણ્વીય બંધારણ યોજનાબદ્ધ રીતે આકૃતિ 4.4માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે.

- પ્રથમ અઢાર તત્ત્વોના પરમાણુઓની સંરચના કોષ્ટક 4.1માં દર્શાવવામાં આવેલી છે.

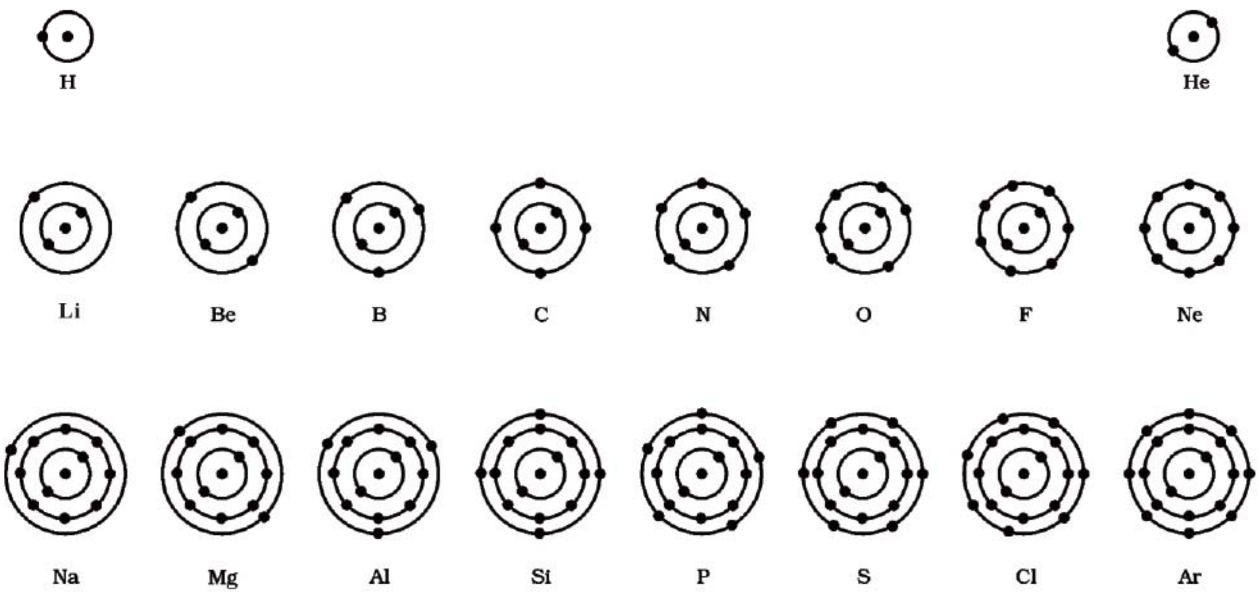
પ્રશ્નો :

1. કાર્બન અને સોડિયમ પરમાણુઓમાં ઇલેક્ટ્રૉનની વહેંચણી દર્શાવો.
2. કોઈ પરમાણુના K અને L કોશ ઇલેક્ટ્રૉનથી ભરાયેલા છે, તો તે પરમાણુમાં ઇલેક્ટ્રૉન સંખ્યા કેટલી હશે ?

4.4 સંયોજકતા (Valency)

આપણે શીખી ગયાં કે, પરમાણુની ભિન્ન-ભિન્ન કક્ષાઓમાં ઇલેક્ટ્રૉનની ગોઠવણી કેવી રીતે થાય છે. પરમાણુની સૌથી બહારની (બાહ્યતમ) કક્ષામાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યાને સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રૉન કહે છે.

બોહ્ર-બરી યોજના (Scheme)ને આધારે આપણે તે પણ જાણીએ છીએ કે, પરમાણુની બાહ્યતમ કક્ષામાં વધુમાં વધુ 8



આકૃતિ 4.4 : પ્રથમ અઢાર તત્ત્વોના યોજનાબદ્ધ રીતે દર્શાવેલ પરમાણ્વીય બંધારણ

પ્રવૃત્તિ ______ 4.2

- પ્રથમ અઢાર તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના દર્શાવતો સ્થિર પરમાણુ નમૂનો તૈયાર કરો.

ઇલેક્ટ્રૉન સમાવી શકાય છે. આપણે જોયું કે બાહ્યતમ કક્ષા 8 ઇલેક્ટ્રૉનથી સંપૂર્ણપણે ભરાયેલી હોય તેવાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ ખૂબ જ ઓછી રાસાયણિક સક્રિયતા દર્શાવે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો આવા પરમાણુઓની સંયોજાવાની ક્ષમતા અથવા

કોષ્ટક 4.1 : જુદા-જુદા કોશોમાં ઇલેક્ટ્રૉનની વહેંચણી સાથે પ્રથમ અઢાર તત્ત્વોના પરમાણુઓની રચના

તત્ત્વનું નામ	સંજ્ઞા	પરમાણ્વીય-ક્રમાંક	પ્રોટોનની સંખ્યા	ન્યુટ્રૉનની સંખ્યા	ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા	ઇલેક્ટ્રૉનની વહેંચણી				સંયોજકતા
હાઇડ્રોજન	H	1	1	-	1	1	-	-	-	1
હિલિયમ	He	2	2	2	2	2	-	-	-	0
લિથિયમ	Li	3	3	4	3	2	1	-	-	1
બેરીલિયમ	Be	4	4	5	4	2	2	-	-	2
બોરોન	B	5	5	6	5	2	3	-	-	3
કાર્બન	C	6	6	6	6	2	4	-	-	4
નાઇટ્રોજન	N	7	7	7	7	2	5	-	-	3
ઑક્સિજન	O	8	8	8	8	2	6	-	-	2
ફ્લોરિન	F	9	9	10	9	2	7	-	-	1
નિયોન	Ne	10	10	10	10	2	8	-	-	0
સોડિયમ	Na	11	11	12	11	2	8	1	-	1
મૅગ્નેશિયમ	Mg	12	12	12	12	2	8	2	-	2
ઍલ્યુમિનિયમ	Al	13	13	14	13	2	8	3	-	3
સિલિકોન	Si	14	14	14	14	2	8	4	-	4
ફૉસ્ફરસ	P	15	15	16	15	2	8	5	-	3, 5
સલ્ફર	S	16	16	16	16	2	8	6	-	2
ક્લોરિન	Cl	17	17	18	17	2	8	7	-	1
આર્ગોન	Ar	18	18	22	18	2	8	8	-	0

સંયોજકતા શૂન્ય હોય છે. આ નિષ્ક્રિય તત્ત્વો પૈકી હિલિયમ પરમાણુની બાહ્યતમ કક્ષામાં બે જ ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે, જ્યારે અન્ય નિષ્ક્રિય તત્ત્વોના પરમાણુઓની બાહ્યતમ કક્ષામાં આઠ ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે.

તત્ત્વના પરમાણુઓની સંયોજાવાની ક્ષમતા એટલે સમાન અથવા અસમાન તત્ત્વોના પરમાણુઓ સાથે પ્રક્રિયા દ્વારા અણુઓ બનાવવાની તેઓની વૃત્તિ, કે જેને સંપૂર્ણ ભરાયેલી બાહ્યતમ કક્ષા પ્રાપ્ત કરવાનો પ્રયત્ન કહી શકાય. આવી બાહ્યતમ કક્ષા અષ્ટક ધરાવે છે, તેમ કહી શકાય. પરમાણુ પોતાની બાહ્યતમ કક્ષામાં અષ્ટક પ્રાપ્ત કરવા માટે પ્રક્રિયા કરે છે અને તે ઇલેક્ટ્રૉનની ભાગીદારી અથવા ઇલેક્ટ્રૉન મેળવીને કે ગુમાવીને થઈ શકે છે. જેટલા ઇલેક્ટ્રૉનની બાહ્યતમ કક્ષામાં ભાગીદારી થાય છે અથવા આપ-લે થાય છે, તે સંખ્યાને તત્ત્વની સંયોજાવાની ક્ષમતા એટલે કે સંયોજકતા કહે છે. જેની ચર્ચા અગાઉના પ્રકરણમાં કરવામાં આવી છે. ઉદાહરણ તરીકે, હાઇડ્રોજન, લિથિયમ કે સોડિયમ પરમાણુઓ તેઓની બાહ્યતમ કક્ષામાં એક ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવે છે, તેથી તે દરેક એક ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવી શકે છે. તેથી તેઓની સંયોજકતા એક છે, તેમ કહેવાય. મૅગ્નેશિયમ અને ઍલ્યુમિનિયમની સંયોજકતા કેટલી છે તે તમે કહી શકો ? તે અનુક્રમે બે અને ત્રણ છે, કારણ કે મૅગ્નેશિયમની બાહ્યતમ કક્ષામાં બે ઇલેક્ટ્રૉન અને ઍલ્યુમિનિયમની બાહ્યતમ કક્ષામાં ત્રણ ઇલેક્ટ્રૉન છે.

જ્યારે પરમાણુની બાહ્યતમ કક્ષામાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા તેની ક્ષમતા અનુસાર લગભગ મહત્તમ હોય ત્યારે સંયોજકતા જુદા પ્રકારે નક્કી થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે ફ્લોરિન પરમાણુની બાહ્યતમ કક્ષામાં 7 ઇલેક્ટ્રૉન છે, તો તેની સંયોજકતા 7 હોઈ

શકે છે; પરંતુ તે ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવવાને બદલે સહેલાઈથી એક ઇલેક્ટ્રૉન મેળવી શકે છે. તેથી તેની સંયોજકતા અષ્ટક (8)માંથી સાત ઇલેક્ટ્રૉન બાદ કરીને નક્કી કરવામાં આવે છે અને આ પ્રકારે ફ્લોરિનની સંયોજકતા એક થાય છે. ઑક્સિજન માટે પણ તે જ રીતે સંયોજકતાની ગણતરી કરી શકાય છે. આ પ્રકારની ગણતરી દ્વારા તમે ઑક્સિજનની સંયોજકતા કેટલી મેળવશો ?

આમ, દરેક તત્ત્વનો પરમાણુ સંયોજાવા માટેની નિશ્ચિત ક્ષમતા ધરાવે છે જેને સંયોજકતા કહે છે. પ્રથમ અઢાર તત્ત્વોની સંયોજકતા આગળ દર્શાવેલા કોષ્ટક 4.1નાં છેલ્લા સ્તંભમાં આપેલી છે.

પ્રશ્નો :

1. ક્લોરિન, સલ્ફર અને મૅગ્નેશિયમ પરમાણુઓની સંયોજકતા તમે કેવી રીતે શોધશો ?

4.5 પરમાણ્વીય-ક્રમાંક અને દળક્રમાંક (Atomic Number and Mass Number)

4.5.1 પરમાણ્વીય-ક્રમાંક (Atomic Number)

આપણે જાણીએ છીએ કે, પ્રોટોન પરમાણુના કેન્દ્રમાં આવેલા છે. પરમાણુમાં રહેલા પ્રોટોનની સંખ્યા પરમાણ્વીય-ક્રમાંક કહેવાય છે. તેને 'Z' દ્વારા દર્શાવાય છે. કોઈ એક તત્ત્વના તમામ પરમાણુઓ એકસમાન પરમાણ્વીય-ક્રમાંક (Z) ધરાવે છે. અલબત્ત તત્ત્વોને તેમાં રહેલા પ્રોટોનની સંખ્યાના આધારે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. હાઇડ્રોજન માટે $Z = 1$ છે, કારણ કે હાઇડ્રોજનના કેન્દ્રમાં એક પ્રોટોન હાજર છે. તે જ રીતે કાર્બન માટે $Z = 6$ છે. આમ, પરમાણુના કેન્દ્રમાં હાજર રહેલા પ્રોટોનની કુલ સંખ્યાના આધારે પરમાણ્વીય-ક્રમાંક વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે.

4.5.2 દળક્રમાંક (Mass Number)

પરમાણુના અવપરમાણ્વીય કણોના ગુણધર્મો શીખ્યા પછી આપણે એ તારણ પર પહોંચી શકીએ છીએ કે, પ્રાયોગિક રીતે પરમાણુનું દળ તેમાં રહેલા પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનને કારણે હોય છે. આ અવપરમાણ્વીય કણો, પરમાણુના કેન્દ્રમાં આવેલા હોય છે. તેથી પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનને ન્યુક્લિઓન્સ (Nucleons) પણ કહે છે. તેથી પરમાણુનું દળ તેના કેન્દ્રમાં કેન્દ્રિત થયેલું હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે કાર્બનનું દળ 12 u છે કારણ કે તેમાં 6 પ્રોટોન અને 6 ન્યુટ્રૉન છે, તેથી 6u +6u = 12 u થાય તેવી જ રીતે ઍલ્યુમિનિયમનું દળ 27 u (13 પ્રોટોન + 14 ન્યુટ્રૉન) છે. પરમાણુના કેન્દ્રમાં રહેલા પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનની કુલ સંખ્યાના સરવાળાને તત્ત્વનો દળાંક-કહે છે. તેને 'A' વડે દર્શાવાય છે. કોઈ પણ પરમાણુને દર્શાવવા માટે તેના પરમાણ્વીય-ક્રમાંક, દળાંક અને તત્ત્વની સંજ્ઞા નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય :

દળાંક

તત્ત્વની સંજ્ઞા

પરમાણ્વીય-ક્રમાંક

$${}^{A}_{Z}\boxed{X}$$

ઉદાહરણ તરીકે નાઇટ્રોજન આ પ્રકારે દર્શાવી શકાય ${}^{14}_{7}N$

પ્રશ્નો :

1. જો પરમાણુમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા 8 અને પ્રોટોનની સંખ્યા પણ 8 હોય, તો (i) પરમાણુનો પરમાણ્વીય-ક્રમાંક કેટલો થાય ? અને (ii) પરમાણુનો વીજભાર કેટલો થાય ?
2. કોષ્ટક 4.1ની મદદથી ઑક્સિજન અને સલ્ફરના દળાંક શોધો.

4.6 સમસ્થાનિકો (Isotopes)

કુદરતમાં અમુક એવાં તત્ત્વોના પરમાણુઓની ઓળખ થઈ છે, કે જેઓ સમાન પરમાણ્વીય ક્રમાંક પરંતુ અસમાન દળાંક ધરાવે છે. ઉદાહરણ તરીકે હાઇડ્રોજન પરમાણુ ત્રણ પરમાણ્વીય ઘટકો ધરાવે છે, જેમનાં નામ અનુક્રમે પ્રોટિયમ $\left({}^{1}_{1}H\right)$, ડ્યુટેરિયમ$\left({}^{2}_{1}H \text{ અથવા } D\right)$ અને ટ્રિટિયમ $\left({}^{3}_{1}H \text{ અથવા } T\right)$ છે. તે દરેકના પરમાણ્વીય-ક્રમાંક 1 છે પરંતુ દળક્રમાંક અનુક્રમે 1, 2 અને 3 છે. આ પ્રકારનાં અન્ય ઉદાહરણો નીચે મુજબ છે : (i) કાર્બન : ${}^{12}_{6}C$ અને ${}^{14}_{6}C$ (ii) ક્લોરિન : ${}^{35}_{17}Cl$ અને ${}^{37}_{17}Cl$ વગેરે.

આ ઉદાહરણોના આધારે સમસ્થાનિકોને આ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય. સમાન તત્ત્વના પરમાણુઓ કે જે સમાન પરમાણ્વીય-ક્રમાંક પરંતુ અસમાન દળક્રમાંક ધરાવે છે તેને સમસ્થાનિકો કહે છે. આમ, આપણે કહી શકીએ કે હાઇડ્રોજન પરમાણુના ત્રણ સમસ્થાનિકો છે, જેનાં નામ અનુક્રમે પ્રોટિયમ, ડ્યુટેરિયમ અને ટ્રિટિયમ છે.

ઘણાં તત્ત્વો સમસ્થાનિકોનું મિશ્રણ ધરાવતાં હોય છે. તત્ત્વનો દરેક સમસ્થાનિક એક શુદ્ધ પદાર્થ છે. સમસ્થાનિકોના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે; પરંતુ તેઓના ભૌતિક ગુણધર્મો જુદા-જુદા હોય છે.

કુદરતમાં ક્લોરિન બે સમસ્થાનિક સ્વરૂપોમાં પ્રાપ્ત થાય છે. જેનાં દળ 35 u અને 37 u છે કે જે 3:1ના ગુણોત્તરમાં હોય છે. દેખીતી રીતે આપણને પ્રશ્ન થાય કે ક્લોરિનનું દળ આપણે શું લઈ શકીએ ? ચાલો, આપણે તે શોધીએ.

ઉપર્યુક્ત માહિતીને આધારે ક્લોરિન પરમાણુનો સરેરાશ દળાંક નીચે મુજબ થશે :

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

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

કોઈ પણ કુદરતી તત્ત્વના પરમાણુનું દળ એ તે તત્ત્વના કુદરતી રીતે મળતા તમામ પરમાણુઓના દળની સરેરાશ જેટલું હોય છે. જો તત્ત્વને કોઈ સમસ્થાનિક ન હોય તો તેનું દળ તેના કેન્દ્રમાં રહેલા પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનની કુલ સંખ્યાના સરવાળા જેટલું હોય છે; પરંતુ જો તત્ત્વ સમસ્થાનિક સ્વરૂપે મળે તો, આપણે તેના દરેક સમસ્થાનિક સ્વરૂપનું ટકાવાર પ્રમાણ જાણવું પડે, તેના આધારે સરેરાશ દળની ગણતરી થઈ શકે.

તેનો અર્થ એવો નથી કે ક્લોરિનનો કોઈ પણ પરમાણુ અપૂર્ણાંક દળ (35.5 u) ધરાવે છે. તેનો અર્થ એવો થાય છે કે જો તમે ચોક્કસ માત્રામાં ક્લોરિન લેશો તો તેમાં ક્લોરિનના બંને સમસ્થાનિકોનો સમાવેશ થતો હશે અને તેનું સરેરાશ દળ 35.5 u હશે.

અનુપ્રયોગ (Applications)

તત્ત્વના તમામ સમસ્થાનિકોના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે, તેથી આપણે સમસ્થાનિકોનાં મિશ્રણ લેવા સાથે કોઈ નિસ્બત નથી. અમુક સમસ્થાનિકો વિશિષ્ટ ગુણધર્મો ધરાવે છે, જેનો ઉપયોગ આપણે વિભિન્ન ક્ષેત્રોમાં કરીએ છીએ. તે પૈકી અમુક નીચે મુજબ છે :

(i) યુરેનિયમના એક સમસ્થાનિકનો ઉપયોગ પરમાણુ ભઠ્ઠી (Atomic Reactor)માં બળતણ સ્વરૂપે થાય છે.

(ii) કોબાલ્ટનો એક સમસ્થાનિક કૅન્સરની સારવારમાં વપરાય છે.

(iii) ગોઇટર (Goitre) રોગની સારવારમાં આયોડિનના એક સમસ્થાનિકનો ઉપયોગ થાય છે.

4.6.1 સમદળીય (સમભારીય) (Isobars)

બે તત્ત્વો કૅલ્શિયમ અને આર્ગોન ધ્યાનમાં લો. જેના પરમાણ્વીય ક્રમાંક અનુક્રમે 20 અને 18 છે. તે બંનેમાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા જુદી-જુદી છે; પરંતુ આ બંને તત્ત્વોનો દળક્રમાંક સમાન (40) છે. આમ, આ બંને તત્ત્વોના પરમાણુઓમાં ન્યુક્લિઓન્સની કુલ સંખ્યા સમાન છે. જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના પરમાણુ કે જેના પરમાણ્વીય ક્રમાંક અસમાન હોય પરંતુ દળક્રમાંક સમાન હોય તેઓ સમદળીય (Isobars) કહેવાય છે.

પ્રશ્નો :

1. H, D અને T દરેક સંજ્ઞા માટે તેમાં રહેલા ત્રણ અવપરમાણ્વીય કણોનું યોગ્ય કોષ્ટક બનાવો.
2. સમસ્થાનિકો અને સમદળીયની કોઈ એક જોડની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના લખો.

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- ઇલેક્ટ્રૉન અને પ્રોટોનની શોધ અનુક્રમે જે. જે. થોમસન અને ઇ. ગોલ્ડસ્ટીને કરી હતી.
- જે. જે. થોમસનની રજૂઆત પ્રમાણે ઇલેક્ટ્રૉન સમગ્ર ધનવીજભારિત ગોળામાં જડેલા (Embedded) છે.

- રૂથરફૉર્ડના આલ્ફા કણ પ્રકીર્ણનના પ્રયોગ દ્વારા પરમાણ્વીય કેન્દ્રની શોધ થઈ.
- રૂથરફૉર્ડના પરમાણ્વીય નમૂનાના આધારે રજૂ થયું કે પરમાણુની અંદરના ભાગમાં ખૂબ જ નાનું પરમાણુ કેન્દ્ર હોય છે, જેની ફરતે ઇલેક્ટ્રૉન સતત ઘૂમતા હોય છે. આ પરમાણ્વીય નમૂના દ્વારા પરમાણુની સ્થાયીતા સમજાવી શકાતી નથી.
- નિલ્સ બોહ્ર દ્વારા રજૂ થયેલ પરમાણ્વીય નમૂનો વધુ સફળ રહ્યો. તેમના મત મુજબ કેન્દ્રની ફરતે જુદી-જુદી કક્ષાઓમાં અથવા કોશોમાં નિશ્ચિત ઊર્જા ધરાવતા ઇલેક્ટ્રૉન ગોઠવાયેલા હોય છે. જો પરમાણુની સૌથી બહારની કક્ષા (બાહ્યતમ કક્ષા) ઇલેક્ટ્રૉનથી સંપૂર્ણ ભરાઈ જાય તો પરમાણુ સ્થાયી થઈ જશે અને તેની ક્રિયાશીલતા ઓછી થઈ જશે.
- જે. ચેડવિકે પરમાણુના કેન્દ્રમાં ન્યુટ્રૉનની હાજરી શોધી કાઢી. આમ, પરમાણુના ત્રણ અવપરમાણ્વીય કણો (i) ઇલેક્ટ્રૉન (ii) પ્રોટોન અને (iii) ન્યુટ્રૉન છે. દરેક ઇલેક્ટ્રૉન ઋણવીજભારિત, પ્રોટોન ધનવીજભારિત અને ન્યુટ્રૉન વીજભારવિહીન છે. ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ એ હાઇડ્રોજન પરમાણુના દળ કરતાં આશરે $\frac{1}{2000}$ ગણું છે. પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉન દરેકનું દળ એક એકમ લેવામાં આવેલું છે.
- પરમાણુના કોશો K, L, M, N..... દ્વારા દર્શાવાય છે.
- સંયોજકતા પરમાણુની સંયોજાવાની ક્ષમતા દર્શાવે છે.
- પરમાણુનો પરમાણ્વીય-ક્રમાંક એ પરમાણુના કેન્દ્રમાં રહેલા પ્રોટોનની સંખ્યા જેટલો હોય છે.
- પરમાણુનો દળક્રમાંક એ પરમાણુના કેન્દ્રમાં રહેલા ન્યુક્લિઓન્સની સંખ્યા જેટલો હોય છે.
- સમસ્થાનિકો એક જ તત્ત્વના જુદા-જુદા દળક્રમાંક ધરાવતા પરમાણુઓ છે.
- સમદળીય જુદાં-જુદાં તત્ત્વોના એકસરખા દળક્રમાંક ધરાવતા પરમાણુઓ છે.
- તત્ત્વોને તેમાં રહેલા પ્રોટોનની સંખ્યાને આધારે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે.

સ્વાધ્યાય (Exercises)

1. ઇલેક્ટ્રૉન, પ્રોટોન અને ન્યુટ્રૉનના ગુણધર્મોની સરખામણી કરો.
2. જે. જે. થોમસનના પરમાણુના નમૂનાની મર્યાદાઓ દર્શાવો.
3. રૂથરફૉર્ડના પરમાણુના નમૂનાની મર્યાદાઓ દર્શાવો.
4. બોહ્રનો પરમાણુનો નમૂનો સમજાવો.
5. આ પ્રકરણમાં રજૂ થયેલા પરમાણુના નમૂનાઓની સરખામણી દર્શાવો.
6. પ્રથમ અઢાર તત્ત્વોની વિવિધ કોશોમાં ઇલેક્ટ્રૉનની વહેંચણીના નિયમો દર્શાવો.
7. સિલિકોન અને ઑક્સિજનનાં ઉદાહરણો દ્વારા સંયોજકતા વ્યાખ્યાયિત કરો.

8. ઉદાહરણ સહિત સમજાવો : (i) પરમાણ્વીય-ક્રમાંક, (ii) દળક્રમાંક (iii) સમસ્થાનિકો (iv) સમદળીય. સમસ્થાનિકોના કોઈ પણ બે ઉપયોગ જણાવો.

9. Na^{+} સંપૂર્ણ ભરાયેલી K અને L કક્ષાઓ ધરાવે છે. સમજાવો.

10. જો બ્રોમિન પરમાણુ બે સમસ્થાનિકો ${}^{79}_{35}Br$ (49.7 %) અને ${}^{81}_{35}Br$ (50.3 %) સ્વરૂપે પ્રાપ્ય હોય, તો બ્રોમિન પરમાણુના સરેરાશ પરમાણ્વીયદળની ગણતરી કરો.

11. તત્ત્વ Xના એક નમૂનાનું સરેરાશ પરમાણ્વીય દળ 16.2 u હોય, તો તે નમૂનામાં બે સમસ્થાનિકો ${}^{16}_{8}X$ અને ${}^{18}_{8}X$ના ટકાવાર પ્રમાણ શું હશે ?

12. જો Z = 3 હોય, તો તત્ત્વની સંયોજકતા શું હશે ? તત્ત્વનું નામ પણ દર્શાવો.

13. બે પરમાણ્વીય સ્પીસિઝના કેન્દ્રની રચના નીચે મુજબ દર્શાવેલી છે :

	X	Y
પ્રોટોન =	6	6
ન્યુટ્રૉન =	6	8

X અને Yનો દળક્રમાંક જણાવો. બે સ્પીસિઝ વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવો.

14. નીચે દર્શાવેલ વિધાનો માટે સાચા માટે T (True) અને ખોટા માટે F (False) સંકેત દર્શાવો :

(a) જે. જે. થોમસને રજૂ કર્યું કે પરમાણુના કેન્દ્રમાં માત્ર ન્યુક્લિઓન્સ હોય છે.

(b) ન્યુટ્રૉન, પ્રોટોન અને ઇલેક્ટ્રૉનના એકબીજા સાથે સંયોજાવાથી બને છે, તેથી તે તટસ્થ હોય છે.

(c) ઇલેક્ટ્રૉનનું દળ પ્રોટોનના દળ કરતાં $\frac{1}{2000}$ ગણું છે.

(d) આયોડિનનો સમસ્થાનિક ટિંક્ચર આયોડિન બનાવવા ઉપયોગી છે, કે જે દવા તરીકે વપરાય છે.

પ્રશ્ન (15), (16) અને (17)માં સાચા વિકલ્પ સામે (✓) નિશાની અને ખોટા વિકલ્પ સામે (✗) નિશાની કરો.

15. રૂથરફૉર્ડનો આલ્ફા કણ પ્રકીર્ણનનો પ્રયોગ શેની શોધ માટે જવાબદાર છે ?

(a) પરમાણ્વીય કેન્દ્ર (b) ઇલેક્ટ્રૉન

(c) પ્રોટોન (d) ન્યુટ્રૉન

16. તત્ત્વના સમસ્થાનિકો .... ધરાવે છે.

(a) સમાન ભૌતિક ગુણધર્મો

(b) જુદા-જુદા રાસાયણિક ગુણધર્મો

(c) ન્યુટ્રૉનની જુદી-જુદી સંખ્યા

(d) જુદા-જુદા પરમાણ્વીય ક્રમાંકો

17. Cl^{-} આયનમાં સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા .... છે.

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

18. નીચેના પૈકી સોડિયમની સાચી ઈલેક્ટ્રોનીય રચના કઈ છે ?

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

19. નીચેનું કોષ્ટક પૂર્ણ કરો :

પરમાણ્વીય-ક્રમાંક	દળક્રમાંક	ન્યુટ્રૉનની સંખ્યા	પ્રોટોનની સંખ્યા	ઈલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા	પરમાણ્વીય ઘટકનું નામ
9	–	10	–	–	–
16	32	–	–	–	સલ્ફર
–	24	–	12	–	–
–	2	–	1	–	–
–	1	0	1	0	–

પ્રકરણ 5

સજીવનો પાયાનો એકમ (The Fundamental Unit of Life)

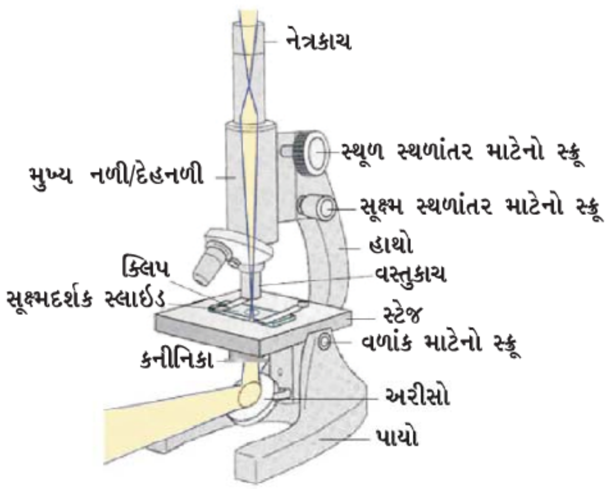
બૂચના પાતળા છેદનું અવલોકન કરતાં રૉબર્ટ હૂકે જણાવ્યું કે, તેમાં (ત્વચા કે છાલમાં) અનેક નાનાં-નાનાં ખાનાંઓ છે, જેની સંરચના મધમાખીના મધપૂડા જેવી જોવા મળે છે. બૂચ એક પદાર્થ છે જે વૃક્ષની છાલમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે. સને 1665માં હૂકે તેમના સ્વનિર્મિત સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રથી અવલોકન કર્યું હતું. રૉબર્ટ હૂકે આ ખાનાંઓને કોષ કહ્યા હતા. Cell = કોષ, લૅટિન ભાષાનો શબ્દ છે જેનો અર્થ 'નાનો ઓરડો' તેવો થાય છે.

ઉપર્યુક્ત ઘટના નાની અને અર્થહીન લાગતી હશે; પરંતુ વિજ્ઞાનના ઇતિહાસમાં આ એક ખૂબ જ અગત્યની ઘટના છે. આ રીતે સૌથી પહેલાં રૉબર્ટ હૂકે જોયું કે સજીવોમાં ભિન્ન-ભિન્ન એકમો હોય છે. આ એકમોનું વર્ણન કરવા માટે જીવવિજ્ઞાનમાં કોષ શબ્દનો ઉપયોગ આજ સુધી કરાય છે. આવો, કોષના વિષયમાં વધારે કે વિશેષ જાણકારી મેળવીએ.

5.1 સજીવો શેના બનેલા હોય છે ? (What are Living Organisms Made Up of ?)

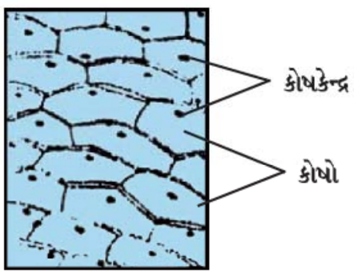
પ્રવૃત્તિ 5.1

- ડુંગળીના કંદના એક નાના ટુકડાને લો. બે ચીપિયાની મદદથી આપણે તેમના અંદરની સપાટીમાંથી પટલ (અધિસ્તર) ઉતારી શકીએ છીએ. આ પટલને તરત જ પાણીભરેલા વૉચગ્લાસમાં મૂકો. આ રીતે પટલને વળી જતાં અથવા સુકાઈ જતાં અટકાવી શકાશે. આપણે આ પટલથી શું કરીશું ?
- એક કાચની સ્લાઇડ લો. તેના પર પાણીનું એક ટીપું મૂકો. હવે વૉચગ્લાસમાં રાખેલા પટલના નાના ટુકડાને આ કાચની સ્લાઇડ પર મૂકો. એ ધ્યાન રાખો કે પટલ બિલકુલ સીધું (વળ્યા વગરનું) હોવું જોઈએ. એક પાતળું બ્રશ (પીંછી) આ પટલને સ્લાઇડ પર મૂકવામાં મદદરૂપ થઈ શકે છે. હવે આના પર (પટલ પર) એક ટીપું આયોડિનનું મૂકો અને તેને કવરસ્લિપથી ઢાંકો. કવરસ્લિપને સોયની મદદથી એ રીતે મૂકો જેથી તેમાં હવાના પરપોટાનો પ્રવેશ ન થાય. તમારા શિક્ષકની મદદ લો. આપણે ડુંગળીના પટલની અસ્થાયી કે હંગામી સ્લાઇડ બનાવેલી છે. હવે, આપણે આ સ્લાઇડનું ઓછી ક્ષમતાવાળા (10 X) અને તેના પછી વધુ ક્ષમતાવાળા (45 X) (વસ્તુકાચ દ્વારા) સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક વડે અવલોકન કરીએ.



આકૃતિ 5.1 : સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર

તમે શું અવલોકન કર્યું ? શું તમે જે સંરચના સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર દ્વારા નિહાળી છે તેની આકૃતિ કાગળ કે અવલોકન પત્ર પર દોરી શકશો ? શું આ આકૃતિ 5.2 જેવી દેખાય છે ?



આકૃતિ 5.2 : ડુંગળીની છાલના કોષો

હવે, આપણે વિવિધ આકારવાળા ડુંગળીના પટલોમાંથી હંગામી સ્લાઇડ બનાવીએ. આપણે શું નિહાળીએ છીએ ? આપણે એકસરખી સંરચનાઓને નિહાળીએ છીએ કે અલગ-અલગ રચનાઓને નિહાળીએ છીએ ?

આ સંરચનાઓ શું છે ?

આ બધી સંરચનાઓ એક જેવી જોવા મળે છે. આ બધી મળીને એક મોટી સંરચના (કંદનું શલ્કી આવરણ) બનાવે છે, જેમકે ડુંગળી. આ પ્રવૃત્તિથી આપણને ખ્યાલ આવે છે કે, વિવિધ કદની ડુંગળીમાં સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર દ્વારા નિહાળવાથી એક જેવી સંરચનાઓ જોવા મળે છે. ડુંગળીના કોષો એક સમાન સંરચના ધરાવે છે. ડુંગળીના કદ સાથે તેનો કોઈ સંબંધ નથી.

આ નાની-નાની સંરચનાઓ જે આપણે નિહાળી રહ્યા છીએ તે ડુંગળીના કંદના શલ્કી પર્ણ કે શલ્કનો મૂળભૂત એકમ છે. આ સંરચનાઓને કોષ કહે છે. માત્ર ડુંગળી જ નહિ; પરંતુ જેટલા પણ સજીવો આપણી આસપાસ આપણને જોવા મળે છે તે બધા જ કોષોથી બનેલા છે. જોકે કેટલાક સજીવો એકકોષીય હોય છે.

વધારે જાણવા જેવું

1665માં રૉબર્ટ હૂક (Robert Hooke) દ્વારા સૌપ્રથમ કોષોનું સંશોધન થયું હતું. તેમણે બૂચના પાતળા છેદમાં કોષોને પોતાના પ્રાથમિક સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રની મદદથી અવલોકિત કર્યા હતા. 1674માં લ્યૂવૉન હૉકે (Leeuwen Hoek) વધુ વિકસિત સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રની મદદથી સૌપ્રથમવાર ખાબોચિયામાંના મુક્તજીવી કોષોનું સંશોધન કર્યું હતું. કોષમાં કોષકેન્દ્રનું સંશોધન 1831માં કરનાર રૉબર્ટ બ્રાઉન (Robert Brown) હતા. કોષના પ્રવાહી દ્રવ્ય માટે 'પ્રોટોપ્લાઝમ' (એટલે કોષરસ) શબ્દ 1839માં પરકિન્જે (Purkinje) આપેલો હતો. કોષવાદઃ બધી જ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ કોષોના બનેલા છે અને કોષ તે સજીવનો પાયાનો એકમ છે. આ બાબત બે જીવવિજ્ઞાનીઓ, સ્લાઇડન (Schleiden) (1838) અને શ્વૉન (Schwann) (1839) દ્વારા રજૂ કરેલ. કોષવાદ પુનઃ વિસ્તૃત વિર્શોવ (Virchow) (1855) દ્વારા પામ્યો. 'પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા કોષોમાંથી બધા નવા કોષો સર્જાય છે.' તેવું સૂચન કર્યું. 1940માં ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કૉપના સંશોધન સાથે કોષની જટિલ સંરચનાને સમજવી અને અવલોકન કરવું તેમજ તેમની વિવિધ અંગિકાઓનો અભ્યાસ શક્ય બન્યો હતો.

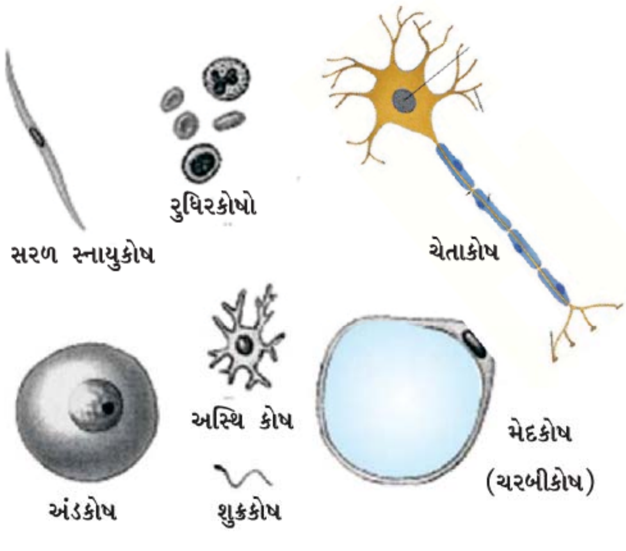
વિશાલન ક્ષમતા ધરાવતાં લેન્સના સંશોધનને આધારે સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રના વિશ્વનું પણ સંશોધન થયું. તે હવે જાણી શકાયું કે, એકકોષનું બંધારણ સંપૂર્ણ સજીવ તરીકે અમીબા, પેરામિશિયમ, ક્લેમિડોમોનાસ અને બૅક્ટેરિયામાં હોય છે. આવા સજીવોને એકકોષીય સજીવો કહે છે. (uni = single = એક/એકમ). બીજી બાજુએ, બહુકોષીય સજીવ શરીરમાં ઘણાં કોષોનો સમૂહ રચાય છે, જે વિભિન્ન કાર્યો માટે શરીરના જુદાં જુદાં ભાગો સર્જે છે. (multi = many = બહુ/વિપુલ) જેવાં કે ફૂગ, વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ. શું આપણે કેટલાક એકકોષીય સજીવોનાં વધારે નામ મેળવી શકીએ ?

પ્રત્યેક બહુકોષીય સજીવ એક જ કોષમાંથી ઉદ્ભવે છે. કેવી રીતે ? કોષો વિભાજન પામી તેમના પોતાના જ જેવા કોષોનું નિર્માણ કરે છે. આમ, બધા જ કોષો પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતાં કોષોમાંથી ઉદ્ભવે છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 5.2

- આપણે જુદાં જુદાં કદનાં પર્ણનાં આવરણ કે સ્તર, ડુંગળીના મૂળાગ્ર કે ડુંગળીના પટલ લઈને હંગામી આસ્થાપન કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ.
- ચાલો ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિ કર્યા બાદ, આપણે નીચે આપેલા પ્રશ્નોના ઉત્તરો આપીએ :
  (a) શું બધા કોષો કદ અને આકારમાં સમાન છે ?
  (b) શું બધા કોષોની સંરચના સમાન છે ?
  (c) વનસ્પતિ દેહના વિભિન્ન ભાગોમાંના કોષો વચ્ચેની ભિન્નતા પારખી શકાય છે ?
  (d) આપણને શું સમાનતા જોવા મળે છે ?

કેટલાક સજીવો વિભિન્ન પ્રકારના કોષો પણ ધરાવે છે. નીચે આપેલ આકૃતિ નિહાળો. તે માનવશરીરના કેટલાક કોષોનું નિરૂપણ દર્શાવે છે.



આકૃતિ 5.1 : માનવશરીરમાંના વિવિધ કોષો

તેઓના વિશિષ્ટ કાર્યને સંબંધિત કોષોનો આકાર અને કદ હોય છે. કેટલાક કોષો અમીબાની જેમ આકાર બદલતાં રહે છે. કેટલાક કિસ્સાઓમાં કોષનો આકાર ઓછા-વધતા અંશે નિયત પ્રકારના કોષો માટે નિયત હોય છે. દા.ત., ચેતાકોષો લાક્ષણિક આકાર ધરાવે છે.

પ્રત્યેક જીવંત કોષ કેટલાક પાયાનાં કાર્યો કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. તે બધા જ સજીવોની લાક્ષણિકતા છે. જીવંત કોષ કેવી રીતે આ પાયાનાં કાર્યો કરે છે ? આપણે જાણીએ છીએ કે, બહુકોષીય સજીવો જેમકે મનુષ્યમાં શ્રમવિભાજન થાય છે. આનો અર્થ એ થયો કે માનવશરીરના વિભિન્ન ભાગો વિભિન્ન કાર્યો કરે છે. માનવશરીરમાં હૃદય રુધિર પંપનું કાર્ય કરે છે, જઠર ખોરાકનું પાચન કરે છે વગેરે. તેવી જ રીતે એકકોષીયમાં પણ શ્રમવિભાજન જોવા મળે છે. જેમકે પ્રત્યેક કોષ કેટલાક વિશિષ્ટ ઘટકો ધરાવે છે જે કોષીય અંગિકાઓ સ્વરૂપે હોય છે. પ્રત્યેક પ્રકારની કોષીય અંગિકા એક નિયત કાર્ય કરે છે; જેમકે કોષમાં નવા દ્રવ્યનું નિર્માણ કરે છે. કોષમાંથી ઉત્સર્ગ દ્રવ્યને દૂર કરે છે વગેરે. કોષ આ અંગિકાઓને કારણે જીવવાની ક્ષમતા ધરાવે છે અને બધાં કાર્યો કરે છે. આ અંગિકાઓ એકત્રિત થઈને પાયાનો એકમ બનાવે છે જેને કોષ કહે છે. તે રસપ્રદ છે કે બધા જ કોષો સમાન અંગિકાઓ ધરાવે છે. તેમનાં કાર્ય અને તેમનાં દ્રવ્યમાં ફેર પડતો નથી અથવા તો કયા સજીવમાં જોવા મળે છે તેનાથી ફેર પડતો નથી.

પ્રશ્નો :

1. કોષોની શોધ કોણે અને કેવી રીતે કરી ?
2. શા માટે કોષને સજીવનો બંધારણીય તેમજ ક્રિયાત્મક એકમ કહે છે ?

5.2 કોષ શાનો બનેલો છે ? કોષનું બંધારણીય આયોજન શું છે ? (What is a Cell made up of ? What is the Structural Organisation of a Cell ?)

આપણે અગાઉ જોયું કે, કોષ વિશિષ્ટ ઘટકો ધરાવે છે જેને અંગિકાઓ કહે છે. કોષનું આયોજન કેવી રીતે થાય છે ?

જો આપણે કોષનો સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર હેઠળ અભ્યાસ કરીએ તો, આપણને પ્રત્યેક કોષમાં મોટે ભાગે ત્રણ લાક્ષણિકતા જોવા મળે છે. કોષરસપટલ, કોષકેન્દ્ર અને કોષરસ. આ બધી લાક્ષણિકતાઓને લીધે કોષમાંની બધી પ્રવૃત્તિઓ અને કોષની તેમના પર્યાવરણ સાથે આંતરક્રિયાઓ શક્ય બને છે. ચાલો, આપણે જોઈએ તે કેવી રીતે થાય છે ?

5.2.1 કોષરસપટલ અથવા કોષીય પટલ (Plasma membrane or cell membrane)

કોષનું આ સૌથી બહારનું આવરણ છે. તે કોષને તેના બાહ્ય પરિઆવરણથી અલગ કરે છે. કોષરસપટલ કેટલાંક દ્રવ્યોને કોષમાં પ્રવેશ આપવાની તેમજ કોષની બહાર નીકળવાની મંજૂરી આપે છે. તે કેટલાંક અન્ય દ્રવ્યોની ગતિશીલતાને પણ અવરોધે છે. આથી જ કોષરસપટલને પસંદગીમાન પ્રવેશશીલ પટલ કહે છે.

કોષમાં દ્રવ્યોની ગતિશીલતા કેવી રીતે હોય છે ? કેવી રીતે દ્રવ્યો કોષમાંથી બહાર જાય છે ?

કેટલાંક દ્રવ્યો જેવાં કે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ કે ઑક્સિજન કોષરસપટલમાંથી બહાર જાય છે, જે ક્રિયાને પ્રસરણ કહે છે. આપણે પ્રસરણની ક્રિયાનો અભ્યાસ અગાઉનાં પ્રકરણોમાં કરી ચૂક્યા છીએ. આપણે જોયું કે દ્રવ્ય વધુ સંકેન્દ્રણ તરફથી ઓછા સંકેન્દ્રણ તરફ ત્વરિત ગતિશીલતા ધરાવે છે.

આવી જ કંઈક ઘટના કોષોમાં જોવા મળે છે. દા.ત., જ્યારે કોષમાં CO_2 જેવા કેટલાક દ્રવ્યનું સંકેન્દ્રણ વધે (જે ઉત્સર્ગદ્રવ્ય છે. જેનો કોષ દ્વારા નિકાલ જરૂરી છે.) જ્યારે કોષની બહારના પરિઆવરણમાં કોષમાંના CO_2ના સંકેન્દ્રણની સાપેક્ષે સંકેન્દ્રણ ઓછું હોય છે ત્યારે CO_2ના આ સંકેન્દ્રણ તફાવતને લીધે કોષમાંનો CO_2 કોષની બહાર નીકળે છે/જાય છે, જે પ્રસરણ દ્વારા થાય છે. તેવી જ રીતે જ્યારે કોષમાં O_2નું સંકેન્દ્રણ ઘટે છે ત્યારે O_2 કોષમાં પ્રસરણની ક્રિયા દ્વારા જ પ્રવેશે છે. આથી પ્રસરણ વાત વિનિમય માટે કોષ તેમજ કોષના બાહ્ય પરિઆવરણ વચ્ચે અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે.

પાણી પણ પ્રસરણના નિયમો અનુસરે છે. પાણીના અણુઓની ગતિ આવી જ પસંદગીશીલ પ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા થાય છે, જેને આસૃતિ અથવા અભિસરણ કહે છે. પાણીમાં દ્રાવ્ય પદાર્થની માત્રા એ કોષરસપટલમાંથી પાણીની ગતિ પર અસર

કરે છે. આમ, આસૃતિ પાણી માટેનો એક પરિવર્ધક માર્ગ છે કે જે પાણીના વધુ સંકેન્દ્રણ તરફથી પસંદગીમાન પ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા પાણીનાં ઓછા સંકેન્દ્રણ તરફ સમતુલન ન સ્થપાય ત્યાં સુધી વહન પામે છે.

શર્કરા કે ક્ષારના પાણીથી બનેલા દ્રાવણમાં જો પ્રાણીકોષ કે વનસ્પતિ કોષને આપણે મૂકીએ તો શું થશે ?

નીચે આપેલી ત્રણ બાબતોમાંથી એક બાબત થશે :

1. જો કોષની ફરતે/આસપાસનું માધ્યમ પાણીના વધુ સંકેન્દ્રણવાળુ હોય અર્થાત્ બહારનું દ્રાવણ ઘણું મંદ હોય, જેથી કોષ આસૃતિ દ્વારા પાણી મેળવે છે. આવા દ્રાવણ હાયપોટોનિક દ્રાવણ (અધોસાંદ્ર દ્રાવણ) (Hypotonic Solution) તરીકે ઓળખાય છે.

   પાણીના અણુઓ મુક્ત રીતે કોષરસપટલ દ્વારા બંને દિશામાં વહન પામી શકે છે; પરંતુ વધારે પાણી કોષમાં પ્રવેશશે ત્યાર બાદ તે દૂર જાય છે (પાણી બહાર જાય). ચોક્કસ પરિણામ એ છે કે કોષમાં પાણી પ્રવેશવાથી કોષ ફૂલેલા જોવા મળે છે.

2. જો કોષ તેમજ કોષના બહારના માધ્યમમાં પાણીનું સંકેન્દ્રણ સમાન હોય તો તેમાં પાણીનું કોષરસપટલ દ્વારા ચોક્કસ વહન થતું નથી. આવા દ્રાવણ સમસાંદ્ર દ્રાવણ (Isotonic Solution) તરીકે ઓળખાય છે. પાણી કોષરસપટલમાંથી બંને દિશાઓમાં વહન પામે છે; પરંતુ અંદર દાખલ થતી પાણીની માત્રા અને કોષમાંથી બહાર નીકળતી પાણીની માત્રા સમાન હોય છે તેથી તે પાણીના વહનથી ભરાતો નથી. કોષ સમાન કદ ધરાવતો સ્થાયી રહેશે.

3. જો કોષના માધ્યમ કરતાં પાણીનું સંકેન્દ્રણ બહારની તરફ કે માધ્યમમાં ઓછું હોય તો તેનો અર્થ એ થાય કે બહાર સંકેન્દ્રિત માધ્યમ ધરાવતું દ્રાવણ છે, જેથી કોષ આસૃતિ દ્વારા પાણી ગુમાવે છે. આવા દ્રાવણને અધિસાંદ્ર (Hypertonic Solution) દ્રાવણ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

   ફરીથી, પાણી કોષરસપટલમાંથી બંને દિશાઓમાં વહન પામે છે; પરંતુ આ વખતે પ્રવેશતાં પાણી કરતાં બહાર નીકળતાં પાણીનું પ્રમાણ વધારે હોય છે. તેથી કોષ ચીમળાઈ જશે.

   આમ, આસૃતિએ પસંદગીશીલ પ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા પ્રસરણની ક્રિયાનો વિશિષ્ટ કિસ્સો છે. હવે ચાલો, નીચેની પ્રવૃત્તિ માટેનો પ્રયત્ન કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 5.3

ઈંડા સાથે આસૃતિ

(a) ઈંડાના કવચને મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડમાં દ્રાવ્ય કરીને દૂર કરો. કવચ મોટે ભાગે કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટનું બનેલું છે. પાતળું ત્વચીય બાહ્ય આવરણ ઈંડા કે અંડકોષને આવરે છે. ઈંડાને શુદ્ધ પાણીમાં મૂકો અને પાંચ મિનિટ પછી અવલોકન કરો. આપણે શું અવલોકિત કર્યું ? આસૃતિ દ્વારા પાણી તેમાં પસાર થવાને કારણે ઈંડું ફૂલે છે.

(b) તેવી જ રીતે કવચવિહીન ઈંડાને સાંદ્ર ક્ષારીય દ્રાવણમાં મૂકો અને પાંચ મિનિટ માટે અવલોકન કરો. ઈંડું સંકોચન પામે છે. શા માટે ? ઈંડામાંથી પાણી બહાર દ્રાવણમાં આવે છે કારણ કે ક્ષારનું દ્રાવણ વધુ સંકેન્દ્રિત છે. આપણે આવી પ્રવૃત્તિનો પ્રયત્ન સૂકી દ્રાક્ષ કે જરદાળુ માટે પણ કરી શકીએ.

પ્રવૃત્તિ 5.4

- સૂકી દ્રાક્ષ કે જરદાળુને માત્ર પાણીમાં મૂકો. તેમને થોડી વાર માટે રહેવા દો, ત્યાર બાદ તેમાં શર્કરા કે ક્ષારનું સાંદ્ર દ્રાવણ ઉમેરો. તમને નીચેનું અવલોકન મળશે.

(a) જ્યારે તેમને પાણીમાં મૂકવામાં આવે ત્યારે પાણી પ્રાપ્ત કરીને ફૂલે છે.

(b) અલબત્ત, જ્યારે તેને સંકેન્દ્રિત દ્રાવણમાં મૂકવામાં આવે ત્યારે તેઓ પાણી ગુમાવે છે અને છેવટે ચીમળાઈ જાય છે.

એકકોષીય મીઠાજળના સજીવો અને મોટા ભાગના વનસ્પતિકોષો આસૃતિ દ્વારા પાણી મેળવે છે. વનસ્પતિ મૂળ દ્વારા પાણીનું શોષણ કરે છે, તે પણ આસૃતિનું એક ઉદાહરણ છે.

આમ, કોષના જીવનમાં પાણી અને વાયુઓના વિનિમય માટે પ્રસરણ એક અગત્યની ઘટના છે. વધુમાં પ્રસરણ દ્વારા કોષ તેમના પરિઆવરણમાંથી પોષણ પણ મેળવે છે. વિભિન્ન અણુઓ કોષમાં તેમજ કોષની બહાર ઊર્જાની જરૂરિયાત દ્વારા વહન પામે છે.

કોષરસપટલ લવચીકતા (Flexibility) ધરાવે છે. જે કાર્બનિક અણુઓનું બનેલું છે. તેને લિપિડ્સ અને પ્રોટીન્સ કહે છે. જોકે, આપણે માત્ર ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કૉપ દ્વારા કોષરસપટલની સંરચનાનું અવલોકન કરી શકીએ છીએ.

કોષરસપટલની તરલતાએ કોષને ખોરાક તેમજ બાહ્ય પરિઆવરણમાંથી દ્રવ્યોનું ગ્રહણ કરવા માટે સક્ષમ બનાવે છે. આવી ક્રિયાઓને કોષરસના અંતર્વહન (Endocytosis) તરીકે ઓળખાય છે. અમીબા તેમનો ખોરાક આવી જ ક્રિયાઓ દ્વારા મેળવે છે.

પ્રવૃત્તિ _______________ 5.5

શાળાના પુસ્તકાલય કે ઇન્ટરનેટ દ્વારા ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કૉપ વિશેની શોધ કરો. તેની ચર્ચા તમારા શિક્ષક સાથે કરો.

પ્રશ્નો :

1. કોષમાં CO_2 અને પાણી જેવા પદાર્થોનું અંદર તેમજ બહારની તરફ વહન કેવી રીતે થાય છે ? ચર્ચા કરો.
2. શા માટે કોષરસપટલને પસંદગીમાન પ્રવેશશીલ પટલ કહે છે ?

5.2.2 કોષ દીવાલ (Cell wall)

વનસ્પતિ કોષોમાં, કોષરસપટલ સિવાય પણ તેની બહારની બાજુએ એક વધારાનું બરડ આવરણ આવેલું હોય છે તેને **કોષદીવાલ** કહે છે. કોષદીવાલ, કોષરસપટલની બહારની બાજુએ આવેલી હોય છે. વનસ્પતિકોષમાં તે મોટે ભાગે સેલ્યુલોઝની બનેલી હોય છે. સેલ્યુલોઝ એક જટિલ પદાર્થ છે જે વનસ્પતિઓને બંધારણીય મજબૂતાઈ આપે છે.

જ્યારે જીવંત વનસ્પતિકોષ આસૃતિ દ્વારા પાણી ગુમાવે ત્યારે તે ચીમળાઈ જાય કે સંકોચન પામે તેથી કોષરસ કોષદીવાલથી દૂર જાય છે. આ ઘટના રસસંકોચન (Plasmolysis) તરીકે ઓળખાય છે. આ ઘટના નીચે આપેલી પ્રવૃત્તિ દ્વારા અવલોકિત કરી શકાય છે.

પ્રવૃત્તિ _______________ 5.6

- રિહો પર્ણની છાલ(ઉપરી અધિસ્તર)નું આસ્થાપન સ્લાઇડ પર કરીને સૂક્ષ્મદર્શકયંત્રના હાઇપાવર નીચે તેના કોષોનું પરીક્ષણ કરો. નાની લીલી કણિકાઓની નોંધ લો. જેને હરિતકણો કહે છે. તેઓ લીલું રંજકદ્રવ્ય ધરાવે છે જેને ક્લોરોફીલ (Chlorophyll) કહે છે. સ્લાઇડપર આસ્થાપિત પર્ણ પર શર્કરા કે મીઠાનું સાંદ્ર દ્રાવણનું ટીપું મૂકો. એક મિનિટ સુધી રાહ જુઓ અને પછી સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર નીચે તેનું અવલોકન કરો. આપણે શું જોઈ શકીએ છીએ ?
- હવે થોડાંક રિહો પર્ણોને ઉકાળેલા પાણીમાં થોડીક મિનિટો માટે મૂકો. આ ક્રિયા કોષોનો નાશ કરે છે. ત્યાર બાદ એક પર્ણને સ્લાઇડ પર આસ્થાપિત કરી સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર વડે તેનું અવલોકન કરો. આસ્થાપિત કરેલાં પર્ણ પર શર્કરા કે મીઠાના સાંદ્ર દ્રાવણનું એક ટીપું મૂકો. એક મિનિટ માટે રાહ જુઓ અને તેનું ફરીથી અવલોકન કરો. આપણને શું જોવા મળશે ? હવે શું રસસંકોચન થશે ?

આ પ્રવૃત્તિમાંથી આપણને શું માહિતી પ્રાપ્ત થાય છે ? તે માત્ર જીવંત કોષોમાં થાય છે મૃતકોષો આસૃતિ દ્વારા પાણીનું શોષણ કરવાની ક્ષમતા ધરાવતા નથી.

વનસ્પતિ કોષોની કોષદીવાલ તેમજ ફૂગ અને બૅક્ટેરિયાની કોષદીવાલને ખૂબ મંદ માધ્યમમાં મૂકવા છતાં તેઓ તૂટી જતી નથી. આવા માધ્યમમાં કોષો આસૃતિ દ્વારા પાણી મેળવવાની વૃત્તિ ધરાવે છે જેથી કોષ ફૂલે છે અને કોષદીવાલ સામે દબાણ ઉત્પન્ન થાય છે. કોષદીવાલ ફૂલેલા કોષ સામે સમાન દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે. કોષદીવાલના કારણે વનસ્પતિકોષ એ પ્રાણીકોષ કરતાં બહારના માધ્યમમાં થતાં વધુમાં વધુ ફેરફારનો સામનો કરી શકે છે.

5.2.3 કોષકેન્દ્ર (Nucleus)

આપણે કરેલ ડુંગળીના પટલનું હંગામી આસ્થાપન યાદ છે? છાલ પર આયોડિનનું દ્રાવણ મૂકેલ. શા માટે ? જો આપણે ડુંગળીના પટલ પર આયોડિનનું ટીપું મૂક્યા વિના જોઈએ તો ? પ્રયત્ન કરો અને તફાવત જુઓ. જ્યારે આપણે પટલ પર આયોડિનનું દ્રાવણ મૂકીએ, તો શું દરેક કોષ રંગ પ્રાપ્ત કરે છે ?

તેઓના રાસાયણિક બંધારણના અનુસાર કોષોના ભિન્ન પ્રદેશોમાં રંગની ભિન્નતા પ્રાપ્ત થાય છે. કેટલાક પ્રદેશો અન્ય પ્રદેશો કરતાં વધારે ઘેરા બને છે. આયોડિનના દ્રાવણના સ્થાને આપણે સેફ્રેનીનનું દ્રાવણ કે મિથિલીન બ્લ્યૂના દ્રાવણનો ઉપયોગ કરીને પણ કોષોને અભિરંજિત કરી શકીએ છીએ.

આપણે ડુંગળીમાંના કોષોને અવલોકિત કર્યા હતા. ચાલો, હવે આપણા શરીરના કોષોને અવલોકિત કરીએ.

પ્રવૃત્તિ _______________ 5.7

- કાચની એક સ્લાઇડ લો. તેના પર એક ટીપું પાણી લો. આઇસક્રીમની ચમચીનો ઉપયોગ કરીને હલકા હાથે ગાલની અંદરની સપાટીમાંથી ઘસો. ચમચી પર કોઈ પદાર્થ મળે છે ? સોયની મદદથી આ દ્રવ્ય કે પદાર્થને તૈયાર કરેલી કાચની સ્લાઇડ પર એકસરખી રીતે મૂકો. તેને અભિરંજિત કરવા માટે તેના પર મિથિલીન બ્લ્યૂનું એક ટીપું મૂકો. હવે સ્લાઇડ - સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર નીચે અવલોકન માટે તૈયાર છે. તેના પર કવરસ્લિપ મૂકવાનું ભૂલતા નહિ !
- આપણે શું અવલોકન કરીશું ? આપણને કોષોનો આકાર કેવો દેખાય છે? અવલોકનપત્ર પર તેની આકૃતિ દોરો.

- શું તે ઘેરો રંગ ધરાવતી ગોળાકાર કે અંડાકાર રચના છે ? પ્રત્યેક કોષની મધ્યની નજીકમાં બિંદુ જેવી રચના જોવા મળે છે ? આ સંરચનાને કોષકેન્દ્ર કહે છે. શું કોષો ડુંગળીની છાલના કોષોની સંરચનાને સમાન રચના ધરાવે છે ?

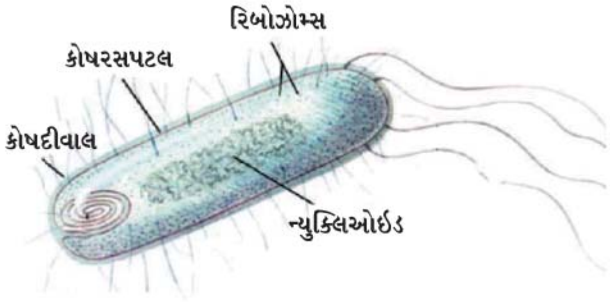
કોષકેન્દ્ર દ્વિસ્તરીય આવરણ ધરાવે છે. તેને કોષકેન્દ્રપટલ કહે છે. કોષકેન્દ્રપટલ છિદ્રો ધરાવે છે જે કોષકેન્દ્રની અંદરનાં દ્રવ્યોને તેની બહાર વહન કરાવે છે. જે પરિવહન કોષરસ તરફ દર્શાવે છે. (જેના વિશે આપણે વિભાગ 5.2.4માં વાત કરીશું.)

કોષકેન્દ્ર રંગસૂત્રો ધરાવે છે. માત્ર કોષવિભાજન દરમિયાન જ તેઓ સળિયા જેવા આકારના જોઈ શકાય છે. રંગસૂત્રો આનુવંશિકતા માટેનાં લક્ષણોની માહિતી પિતૃઓ તરફથી તેની પછીની પેઢીમાં DNAના અણુઓના સ્વરૂપમાં ધરાવે છે. (DNA = ડીઓક્સિરીબો ન્યુક્લિઇકઍસિડ) રંગસૂત્રો DNA અને પ્રોટીનના બનેલા છે. DNA અણુઓ કોષોના બંધારણ અને આયોજનની આવશ્યક માહિતી ધરાવે છે. DNAના કાર્યકારી ટુકડાને જનીનો કહે છે. કોષવિભાજન ન થતું હોય ત્યારે DNA રંગસૂત્રીય દ્રવ્યના ભાગ સ્વરૂપે હોય છે. આ રંગસૂત્રીય દ્રવ્ય દોરીના જથ્થા જેવી રચના દર્શાવે છે. જ્યારે કોષ વિભાજન તરફ આગળ વધે ત્યારે રંગસૂત્રીય દ્રવ્ય રંગસૂત્રોમાં પરિણમે છે.

કોષીય પ્રજનનમાં કોષકેન્દ્ર મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. તે ક્રિયા કે જેના દ્વારા એક કોષ વિભાજન પામીને બે નવા કોષોનું નિર્માણ કરે છે. કોષની રાસાયણિક પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા, કોષનો વિકાસ થાય અને તે પરિપકવતા તરફ આગળ વધે તે માટે પણ તે અગત્યનો ભાગ ભજવે છે.

બૅક્ટેરિયા જેવા કેટલાક સજીવોમાં કોષકેન્દ્રપટલની ગેરહાજરીને લીધે કોષનો કોષકેન્દ્રિય પ્રદેશ અસ્પષ્ટ હોય છે. આ અસ્પષ્ટ કોષકેન્દ્રિય પ્રદેશ માત્ર ન્યુક્લિઇક ઍસિડ્સ ધરાવે છે જેને ન્યુક્લિઓઇડ કહે છે. આવા સજીવો કે જેમને કોષોમાં કોષકેન્દ્રપટલનો અભાવ હોય છે. તેમને આદિકોષકેન્દ્રિય (Prokaryotes) કહે છે. (Pro = પ્રાથમિક કે આદિ karyote = karyon = nucleus = કોષકેન્દ્ર) જે સજીવોના કોષો કોષકેન્દ્રપટલ ધરાવે તેમને સુકોષકેન્દ્રીય (Eukaryotes) કહે છે.

આદિકોષકેન્દ્રીય કોષો (જુઓ આકૃતિ 5.4)માં અન્ય કોષરસીય અંગિકાઓની પણ ગેરહાજરી હોય છે જે સુકોષકેન્દ્રી કોષોમાં આવેલી હોય છે. આવી અંગિકાઓનાં ઘણાં બધાં કાર્યો કોષરસીય ભાગો દ્વારા અસ્પષ્ટ રીતે આયોજિત થતાં હોય છે. (જુઓ વિભાગ 5.2.4). પ્રકાશસંશ્લેષી આદિકોષકેન્દ્રી બૅક્ટેરિયામાંનું ક્લોરોફીલ કોષરસીય પટલની પુટિકાઓ (જે કોથળી જેવી રચનાઓ ધરાવે) સાથે સંકળાયેલ હોય છે; પરંતુ સુકોષકેન્દ્રી કોષોની જેમ રંજકકણોમાં હોતું નથી (જુઓ વિભાગ 5.2.5).



આકૃતિ 5.4 : આદિકોષકેન્દ્રિય કોષ

5.2.4 કોષરસ (Cytoplasm)

જ્યારે આપણે ડુંગળીની છાલ તેમજ માનવના ગાલના અંદરના કોષોનું હંગામી આસ્થાપન જોયું ત્યારે આપણે જોયું કે પ્રત્યેક કોષનો મોટો પ્રદેશ કોષરસપટલ દ્વારા આવરિત હતો. આ પ્રદેશ ખૂબ આછું અભિરંજન ધરાવે છે. તેને કોષરસ કહે છે. કોષરસ એ કોષરસપટલની અંદર આવેલ તરલ પ્રવાહી છે. તે વિશિષ્ટ પ્રકારની કોષીય અંગિકાઓ પણ ધરાવે છે. આ પ્રત્યેક અંગિકાઓ કોષ માટે વિશિષ્ટ કાર્ય કરે છે.

કોષીય અંગિકાઓ પટલો દ્વારા આવરિત હોય છે. પરંતુ આદિકોષકેન્દ્રીય કોષમાં સ્પષ્ટ કેન્દ્રીય પ્રદેશ તેમજ પટલીય કોષીય અંગિકાઓની પણ ગેરહાજરી હોય છે. બીજી તરફ, સુકોષકેન્દ્રીય કોષો કોષકેન્દ્રપટલ તેમજ પટલીય કોષીય અંગિકાઓ ધરાવે છે.

પટલનું મહત્ત્વ વાઇરસના ઉદાહરણ દ્વારા સમજાવી શકાય છે. વાઇરસ કોઈ પણ પ્રકારના પટલ ધરાવતા નથી. તેથી તેઓ ત્યાં જીવંત લાક્ષણિકતા ધરાવતાં નથી કે જ્યાં સુધી તેઓ જીવંત શરીરમાં દાખલ થઈ અને કોષની યાંત્રિકી દ્વારા પોતાનું ગુણન ન કરી લે.

પ્રશ્નો :

1. નીચે આદિકોષકેન્દ્રીય કોષ અને સુકોષકેન્દ્રીય કોષનો તફાવત આપેલ છે. તેમાં રહેલી ખાલી જગ્યા પૂરો :

આદિકોષકેન્દ્રીય કોષ	સુકોષકેન્દ્રીય કોષ
1. કદ : સામાન્યતઃ નાનું (1 - 10 μm) 1 μm = 10^{-6}m	1. કદ : સામાન્યતઃ મોટું (5 - 100 μm)
2. કોષકેન્દ્રિય પ્રદેશ : ______ અને ______ તરીકે ઓળખાય છે.	2. કેન્દ્રિય પ્રદેશ : સુસ્પષ્ટ અને કોષકેન્દ્રપટલ દ્વારા આવરિત.
3. રંગસૂત્ર : એકલ	3. એક કરતાં વધારે રંગસૂત્ર
4. પટલીય અંગિકાઓની ગેરહાજરી.	4. ______ ______

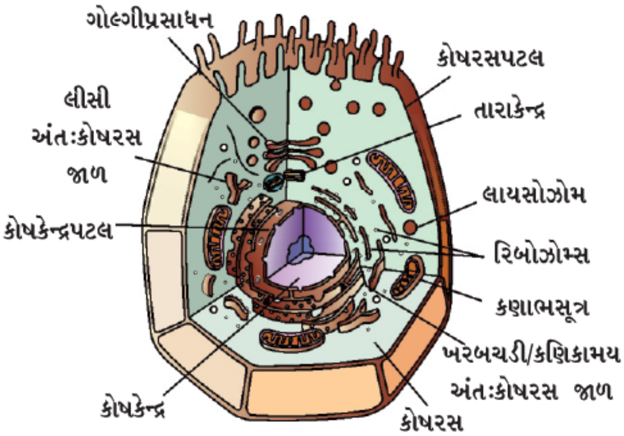
5.2.5 કોષીય અંગિકાઓ (Cell organelles)

પ્રત્યેક કોષ પોતાના દ્રવ્યને બાહ્ય પરિઆવરણથી અલગ રાખવા પટલ ધરાવે છે. મોટા તેમજ જટિલ કોષો જેવા કે બહુકોષી સજીવના કોષો તેમની જટિલ રચના અને કાર્યોને પહોંચી વળવા માટે ઘણી જટિલ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દર્શાવતા હોય છે. આ જુદી જુદી પ્રક્રિયાઓને એકબીજાથી અલગ રાખવા માટે કોષો પટલથી આવરિત નાની રચના (અંગિકા) ધરાવે છે. સુકોષકેન્દ્રીય કોષની આ લાક્ષણિકતા તેને આદિકોષકેન્દ્રીય કોષોથી અલગ કરે છે. આમાંની કેટલીક અંગિકાઓ માત્ર ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કોપ દ્વારા જ જોઈ શકાય છે.

આપણે કોષકેન્દ્ર વિશે અગાઉના વિભાગમાં વાત કરી ચૂક્યા છીએ. હવે બીજી કેટલીક અગત્યની કોષીય અંગિકાઓ વિશે આપણે અહીં ચર્ચા કરીશું. જેવી કે અંતઃકોષરસજાળ, ગોલ્ગીપ્રસાધન, લાયસોઝોમ્સ, કણાભસૂત્રો અને રંજકકણો. આ અંગિકાઓ કોષમાં ઘણાં વિશિષ્ટ કાર્યો કરતી હોવાથી ખૂબ અગત્ય ધરાવે છે.

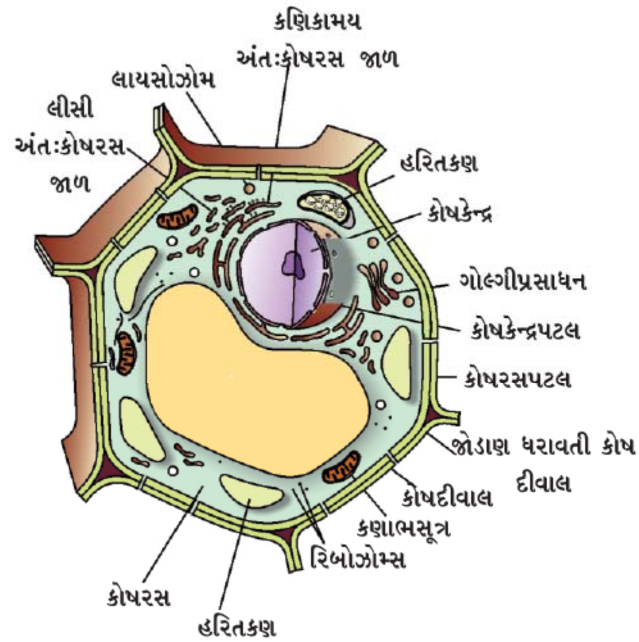
5.2.5 (i) અંતઃકોષરસજાળ (Endoplasmic reticulum) (ER)

અંતઃકોષરસજાળ, પુટિકાઓ અને નલિકાઓની મોટી આવરિત જાળીરૂપ રચના ધરાવે છે. તે લાંબી નલિકામય કે ગોળાકાર અથવા કોથળી જેવી પુટિકાઓ જેવી રચના ધરાવે છે. અંતઃકોષરસજાળની પટલીય સંરચના કોષરસપટલની સંરચનાને મળતી આવે છે. અંતઃકોષરસજાળ બે પ્રકારની છે : ખરબચડી કે કણિકામય અંતઃકોષરસજાળ (Rough Endoplasmic Reticulum -RER) અને લીસી અંતઃકોષરસજાળ (Smooth Endoplasmic Reticulum - SER). RER ખરબચડી સપાટી સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર નીચે RERની સપાટી ખરબચડી દેખાય છે કારણ કે તેની સપાટી પર કણો જેવી રચના જોવા મળે છે જેને રિબોઝોમ્સ કહે છે. રિબોઝોમ્સ, બધા જ સક્રિય કોષોમાં હાજર હોય છે. તે પ્રોટીનનું સંશ્લેષણ કરવાનું સ્થાન છે. ER દ્વારા નિર્માણ પામેલ પ્રોટીન્સને કોષમાં જરૂરિયાતને આધારે વિવિધ સ્થાનોએ મોકલવામાં આવે છે. SER કોષના અગત્યના કાર્ય માટે જરૂરી ચરબીના અણુ અને લિપિડ્સનું નિર્માણ કરે છે. આમાંનાં કેટલાંક પ્રોટીન્સ અને લિપિડ્સ, કોષરસપટલના બંધારણમાં મદદરૂપ થાય છે. આ ક્રિયા, પટલના જૈવસંશ્લેષણ (Membrane biogenesis) તરીકે ઓળખાય છે. કેટલાક અન્ય પ્રોટીન્સ અને લિપિડ્સ ઉત્સેચકો અને અંતઃસ્રાવો તરીકે કાર્ય કરે છે. અલબત્ત, વિભિન્ન કોષોમાં ER (અંતકોષરસજાળ)ની રચનામાં ઘણી વિવિધતા જોવા મળે છે. તે હંમેશાં જાળીરૂપ તંત્રમય રચનાનું નિર્માણ કરે છે.



આકૃતિ 5.5 : પ્રાણીકોષ

આમ, કોષકેન્દ્ર અને કોષરસ વચ્ચે કે કોષરસના વિવિધ પ્રદેશોમાં અંતઃકોષરસજાળ દ્રવ્યો(મુખ્યત્વે પ્રોટીન) વહન માટે માર્ગ તરીકેનું કાર્ય કરે છે. કોષની કેટલીક જૈવરાસાયણિક પ્રવૃત્તિઓ માટે અંતઃકોષરસજાળ કોષરસીય બંધારણીય સપાટી પૂરી પાડે છે. પૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓમાં (જુઓ પ્રકરણ 7માં) યકૃતના કોષોની SER ઘણાં વિષારી દ્રવ્યો અને દવાઓને બિનવિષારક બનાવવાની અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે.



આકૃતિ 5.6 : વનસ્પતિકોષ

5.2.5 (ii) ગોલ્ગી પ્રસાધન (Golgi apparatus)

ગોલ્ગી પ્રસાધનનું સૌપ્રથમ વર્ણન **કેમીલો ગોલ્ગી** દ્વારા કરવામાં આવ્યું હતું. તે પટલ દ્વારા આવરિત તંત્રની બનેલી રચના છે. જે એકબીજાને સમાંતર થપ્પીઓમાં ગોઠવાયેલી પુટિકાઓયુક્ત (ચપટી કોથળીઓ) રચના છે. આવી પુટિકાને સિસ્ટર્ની કહે છે. આ પટલો કેટલીક વાર અંતઃકોષરસજાળના પટલ સાથે જોડાયેલી હોય છે તેથી જ તે જટિલ કોષીય પટલતંત્રનો અન્ય ભાગ બનાવે છે.

ગોલ્ગી પ્રસાધન દ્વારા અંતઃકોષરસજાળ દ્વારા સંશ્લેષિત દ્રવ્યનું પેકેજિંગ કરીને કોષની અંદર તથા કોષની બહાર મુક્ત કરવામાં આવે છે. પુટિકાઓમાં નીપજોનું પૅકેજિંગ કરવું અને રૂપાંતરણ કરવું તેમજ તેમાં તેઓનો સંગ્રહ કરવાનાં કાર્યો ગોલ્ગી પ્રસાધન કરે છે. કેટલાક કિસ્સામાં ગોલ્ગી પ્રસાધન સરળ શર્કરામાંથી જટિલ શર્કરાઓનું નિર્માણ પણ કરે છે. ગોલ્ગી પ્રસાધન લાયસોઝોમ્સના નિર્માણ સાથે પણ સંકળાયેલ છે. [જુઓ 5.2.5 (ii).]

1843માં કેમિલો ગોલ્ગી બ્રેસ્કીઆની નજીક કોરેટેનોમાં જન્મ્યા હતા. તેમણે પાવિઆની યુનિવર્સિટીમાં મેડિસિનનો અભ્યાસ કર્યો હતો. 1865માં સ્નાતક થયા પછી તેમણે સેન્ટ મેટેઓની હૉસ્પિટલમાં પાવિઆ ખાતે કામ કરવાનું ચાલુ રાખ્યું હતું. તે સમયે તેમના મોટા ભાગનાં સંશોધનો ચેતાતંત્ર સાથેના હતાં. 1872માં તેમણે ચિફ મેડિકલ ઑફિસરની પદવી સ્વીકારી જે એબીઆટેગ્રાસો ખાતે

માનસિક બીમાર માટેની હૉસ્પિટલમાં આ પદવી સ્વીકારી હતી. તેમણે આ હૉસ્પિટલમાં એક નાના રસોડામાંથી ચેતાતંત્ર પરના તેમનાં સંશોધનોની પ્રથમ શરૂઆત કરી હતી. જે આગળ જતાં પ્રયોગશાળામાં રૂપાંતરિત થઈ. અલબત્ત તેમનું સૌથી અગત્યનું મહાન કાર્ય એ હતું કે કોષસંરચના અને વ્યક્તિગત ચેતાકોષને અભિરંજિત કરવાની પદ્ધતિમાં ઉત્ક્રાંતિમય પગલું ગોલ્ગી દ્વારા લાવવામાં આવ્યું. આ પદ્ધતિને **બ્લેક રિએક્શન** (કાળી પ્રક્રિયા) તરીકે ઓળખાય છે. આ પદ્ધતિમાં સિલ્વર નાઈટ્રેટનું મંદ દ્રાવણ અને તેની પ્રક્રિયાઓને ઓળખવામાં નિયત મૂલ્યવાન ફાળો આપે છે તેમજ કોષોની અતિ સંવેદી રચનાઓ પણ ઓળખી શકાય છે. તેમના સમગ્ર જીવન દરમિયાન તેઓ આ જ મુદ્દાઓ પર કાર્ય કરતાં રહ્યા હતા અને પદ્ધતિમાં સુધારો લાવ્યા. ગોલ્ગી તેમના કાર્યના અનુસંધાનમાં ઉચ્ચતમ આદર અને સન્માન તેમણે પ્રાપ્ત કર્યા હતા. 1906માં તેમણે સાનટીએગો-રામોની કાજલ સાથે ચેતાતંત્રની સંરચના વિશેના તેમના કાર્ય માટે નોબેલ પ્રાઇઝની ભાગીદારી મેળવી હતી.

5.2.5 (iii) લાયસોઝોમ્સ (Lysosomes)

કોષના ઉત્સર્ગ દ્રવ્ય કે કચરાને ત્યજતા તંત્રના પ્રકાર તરીકે લાયસોઝોમ્સ આવેલી છે. કોઈ પણ બહારથી પ્રવેશતા દ્રવ્ય તેમજ તૂટેલી કોષીય અંગિકાઓનું પાચન કરીને કોષને સ્વચ્છ રાખવામાં લાયસોઝોમ્સ મદદરૂપ થાય છે. બહારથી પ્રવેશતાં દ્રવ્ય જેવાં કે બૅક્ટેરિયા, ખોરાક, જૂની અંગિકાઓ જે નાશ થવાને આરે હોય તેનું લાયસોઝોમ્સ વિઘટન કરે છે અને નાના ટુકડાઓમાં ફેરવે છે. લાયસોઝોમ્સ પાચન માટેના સક્રિય ઉત્સેચકો ધરાવતી હોવાથી બધા કાર્બનિક દ્રવ્યને તોડવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. કોષીય ચયાપચય દરમિયાન વિક્ષેપ સર્જાતા લાયસોઝોમ પોતાના જ કોષનું પાચન કરી નાંખે છે. ઉદાહરણ તરીકે જ્યારે કોષ ઈજાગ્રસ્ત બને ત્યારે લાયસોઝોમ્સ તૂટે છે અને તે પોતાના જ ઉત્સેચકો દ્વારા પોતાના જ કોષનું પાચન કરી નાંખે છે. આથી લાયસોઝોમ્સને કોષની 'આત્મઘાતી કોથળીઓ' તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે.

5.2.5 (iv) કણાભસૂત્રો (Mitochondria)

કણાભસૂત્રોને કોષનાં 'શક્તિઘરો' તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. કણાભસૂત્રો બે આવરણો ધરાવે છે. બાહ્ય આવરણ ઘણુંખરું છિદ્રિષ્ઠ હોય છે જ્યારે અંતઃઆવરણ ઊંડા અંતઃપ્રવર્ધો ધરાવે છે. આ પ્રવર્ધો ATP નિર્માણ માટેની રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ માટે વિશાળ સપાટી પૂરી પાડે છે. જીવનની વિવિધ રાસાયણિક પ્રવૃત્તિઓ માટે ઊર્જાની જરૂરિયાત હોય છે, જે ઊર્જા ATP (એડિનોસાઈન ટ્રાયફૉસ્ફેટ)ના સ્વરૂપમાં કણાભસૂત્રો દ્વારા મુક્ત થાય છે. ATP ને કોષના ઊર્જાચલણ કે શક્તિ ચલણ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. યાંત્રિક કાર્ય માટે અને નવાં રાસાયણિક સંયોજનો બનાવવા માટે શરીરમાં ATPના સ્વરૂપમાં ઊર્જા સંગ્રહ થાય.

કણાભસૂત્રો અદ્ભુત અંગિકાઓ છે કારણ કે તેઓ પોતાના DNA અને રિબોઝોમ્સ ધરાવે છે. આથી કણાભસૂત્રો પોતાના કેટલાક પ્રોટીન્સનું નિર્માણ કરવાની પણ ક્ષમતા ધરાવે છે.

5.2.5 (v) રંજકકણો (Plastids)

રંજકકણો (પ્લાસ્ટિડ્સ) માત્ર વનસ્પતિ કોષોમાં હોય છે. બે પ્રકારના રંજકકણો હોય છે : (1) ક્રોમોપ્લાસ્ટિડ્સ (રંગકણો) અને (2) લ્યુકોપ્લાસ્ટ્સ (શ્વેત કે રંગહીન કણો). રંજકકણો ક્લોરોફીલ રંજકદ્રવ્ય ધરાવે તો તે હરિતકણો તરીકે ઓળખાય છે. વનસ્પતિઓમાં હરિતકણો પ્રકાશ સંશ્લેષણ માટે ઘણા અગત્યના છે. હરિતકણો ક્લોરોફીલ સિવાય વધારામાં પીળા કે નારંગી રંજકદ્રવ્યો પણ ધરાવે છે. રંગહીનકણો પ્રાથમિક કક્ષાની અંગિકાઓ છે કે જેમાં સ્ટાર્ચ, ચરબી અને પ્રોટીન કણિકાઓનો સંગ્રહ થાય છે.

હરિતકણના આંતરિક આયોજનમાં ઘણા બધા પટલીય સ્તરો દ્રવ્યમાં લટકતા આવેલા હોય છે જે દ્રવ્યને સ્ટ્રોમા કે આધારક કહે છે. તેમની બાહ્ય સંરચના કણાભસૂત્રોને મળતી આવે છે. કણાભસૂત્રોની જેમ રંજકકણો પણ પોતાના DNA અને રિબોઝોમ્સ ધરાવે છે.

5.2.5 (vi) રસધાનીઓ (Vacuoles)

રસધાનીઓ ઘન કે પ્રવાહી પદાર્થોનો સંગ્રહ કરતી કોથળીઓ જેવી રચના છે. રસધાનીઓ પ્રાણીકોષોમાં નાનાં કદની હોય છે જ્યારે વનસ્પતિ કોષોમાં ઘણાં મોટાં કદની હોય છે. કેટલાક વનસ્પતિ કોષોમાં કેન્દ્રસ્થ રસધાની કોષના કદનો 50-90 % ભાગ રોકે છે.

વનસ્પતિ કોષોમાં રસધાનીઓ કોષીય દ્રવ્યો દ્વારા ભરેલી હોય છે જે કોષને આશૂનતા અને બરડતા આપે છે. વનસ્પતિ કોષના જીવનમાં અગત્યનાં ઘણાં દ્રવ્યોનો સંગ્રહ રસધાનીઓમાં થાય છે. જેમાં એમિનો ઍસિડ્સ, શર્કરાઓ, વિવિધ કાર્બનિક ઍસિડ્સ અને કેટલાક પ્રોટીન્સનો સમાવેશ થાય છે. અમીબા જેવા એકકોષીય સજીવો અન્નધાની (ખોરાકનો સંગ્રહ કરતી રસધાની)માં ઉપયોગમાં લેવાયેલ ખોરાક દ્રવ્યો ધરાવે છે કેટલાક એકકોષીય સજીવો વિશિષ્ટ પ્રકારની રસધાનીઓ પણ ધરાવે છે. જે વધારાનાં પાણીનો અને કેટલાક નકામા પદાર્થોનો કોષમાંથી ત્યાગ કરવામાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે.

પ્રશ્નો :

1. તમે અભ્યાસ કરેલી બે અંગિકાઓનાં નામ આપો કે જે તેમનું પોતાનું જનીનિક દ્રવ્ય ધરાવે છે.
2. જો કેટલાંક ભૌતિક કે રાસાયણિક કારણોસર કોષનું આયોજન નાશ પામે તો તેનું શું થશે ?
3. શા માટે લાયસોઝોમ્સને આત્મઘાતી કોથળીઓ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે ?
4. કોષમાં પ્રોટીનસંશ્લેષણ ક્યાં થાય છે ?

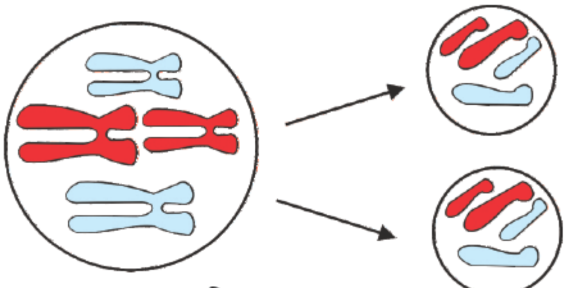
પ્રત્યેક કોષ આ રીતે તેમની પોતાની રચના અને કાર્ય કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. કારણ કે તેમનું પટલીય આયોજન અને અંગિકાઓ વિશિષ્ટ રીતે આયોજનબદ્ધ હોય છે. આમ કોષ પાયાનું બંધારણીય આયોજન ધરાવે છે. જે કોષોને વિવિધ કાર્યો કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. જેવાં કે શ્વસન, પોષણ મેળવવું અને નકામાં દ્રવ્યોને દૂર કરવા કે નવા પ્રોટીન્સનું નિર્માણ કરવું.

આમ, કોષ એ સજીવોનો પાયાનો બંધારણીય એકમ છે. તેમજ સજીવનો પાયાનો ક્રિયાત્મક એકમ પણ છે.

કોષવિભાજન (Cell Division)

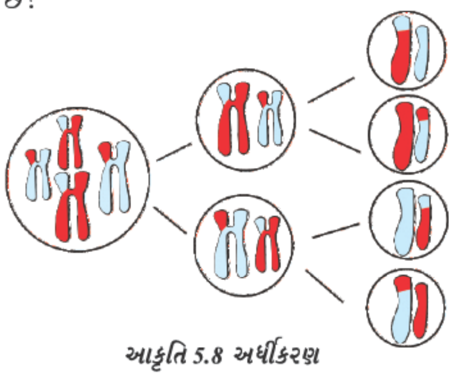
જૂનાં, મૃત અને ઈજાગ્રસ્ત કોષોનાં સ્થાને સજીવોમાં ક્રમાનુસાર વૃદ્ધિથી નવા કોષોનું નિર્માણ થાય છે અને પ્રજનન માટે જન્યુકોષો (જનનકોષો)નું નિર્માણ આવશ્યક છે. જે ક્રિયા દ્વારા નવા કોષોનું નિર્માણ થાય છે તેને કોષવિભાજન કહે છે. કોષવિભાજનના બે પ્રકારો છે : સમભાજન અને અર્ધીકરણ.

કોષવિભાજનની તે ક્રિયા કે જે વૃદ્ધિ માટે મોટે ભાગે (કોષવિભાજન) થાય છે તેને સમભાજન કહે છે. આ ક્રિયામાં પ્રત્યેક કહેવાતો માતૃકોષ વિભાજનથી બે સમાન બાળકોષોનું નિર્માણ કરે છે. (આકૃતિ 5.7) બાળકોષો, માતૃકોષો જેટલા જ રંગસૂત્રો ધરાવે છે. તે સજીવોમાં વૃદ્ધિ અને પેશીઓના સમારકામમાં મદદરૂપ થાય છે.



આકૃતિ 5.7 સમભાજન

પ્રાણીઓના અને વનસ્પતિઓનાં પ્રજનન અંગો અથવા પેશીના નિયત કોષો વિભાજન પામીને જન્યુકોષોનું નિર્માણ કરે છે કે જેઓ પછીથી ફલન પામીને સંતતિનું નિર્માણ કરે છે. તેઓ ભિન્ન ક્રિયા દ્વારા વિભાજન પામે છે, જેને અર્ધીકરણ કહે છે, જેમાં સતત બે વિભાજન સંકળાયેલ છે. જ્યારે કોષ અર્ધીકરણ દ્વારા વિભાજન પામે ત્યારે બે ને સ્થાને ચાર નવા કોષોનું નિર્માણ કરે છે(આકૃતિ 5.8).માતૃકોષો કરતાં નવા કોષોમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા અડધી હોય છે. શું તમે વિચારી શકો છો કે શા માટે બાળકોષોમાં રંગસૂત્રની સંખ્યા અડધી જેટલી ઘટેલી છે?



આકૃતિ 5.8 અર્ધીકરણ

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- કોષ સજીવનો પાયાનો રચનાત્મક એકમ છે.
- કોષો કોષરસપટલ દ્વારા આવરિત હોય છે જે લિપિડ્સ અને પ્રોટીન્સની બનેલી રચના છે.
- કોષરસપટલ તે કોષનો એક સક્રિય ભાગ છે. તે કોષમાંનાં દ્રવ્યોની ગતિશીલતા અને બાહ્ય પરિઆવરણ દ્રવ્યોની ગતિશીલતાનું નિયમન કરે છે.
- વનસ્પતિ કોષોમાં કોષદીવાલ મુખ્યત્વે સેલ્યુલોઝની બનેલી છે, જે કોષરસપટલની બહારની બાજુએ આવેલી હોય છે.
- વનસ્પતિ ફૂગ અને બૅક્ટેરિયાના કોષની કોષદીવાલ કોષને સક્ષમતા બક્ષે છે જેથી કોષને ખૂબ મંદ માધ્યમમાં મૂકવા છતાં કોષ ફાટી જતો નથી.
- સુકોષકેન્દ્રીમાંનું કોષકેન્દ્ર કોષરસથી દ્વિસ્તરીય પટલ દ્વારા સ્વતંત્ર કે અલગ હોય છે અને તે કોષ જીવનની ક્રિયાઓનું નિયંત્રણ કરે છે.
- અંતઃકોષરસજાળ આંતરકોષીય વહન અને ઉત્પાદક સપાટી એમ બંને રીતે કાર્યો કરે છે.
- ગોલ્ગી પ્રસાધન પુટિકાઓ, થપ્પીઓ ધરાવે છે જે પટલ દ્વારા આવરિત હોય છે. તે સંગ્રહ, રૂપાંતરણ અને સંશ્લેષિત દ્રવ્યોનું પૅકેજિંગ કોષમાં કરે છે.
- મોટા ભાગના વનસ્પતિ કોષો મોટી પટલીય અંગિકાઓ ધરાવે છે જેને રંજકકણો કહે છે. જેના બે પ્રકારો છે : રંગકણો અને રંગહીન કણો.
- રંગકણો કે જે ક્લોરોફીલ ધરાવે છે તેને હરિતકણો કહે છે અને તેઓ પ્રકાશસંશ્લેષણ કરે છે.
- રંગહીન કણોનું પ્રાથમિક કાર્ય સંગ્રહ કરવાનું છે.
- મોટા ભાગના પરિપક્વ/પુખ્ત વનસ્પતિકોષો મોટી કેન્દ્રસ્થ રસધાની ધરાવે છે. તે કોષની આશૂનતાની જાળવણી કરે છે અને અગત્યનાં દ્રવ્યો સાથે નકામાં દ્રવ્યોનો સંગ્રહ કરે છે.
- પ્રોકેરિયોટિક કોષો પટલ દ્વારા આવરિત અંગિકાઓ ધરાવતાં નથી, તેમનાં રંગસૂત્રો માત્ર ન્યુક્લિઇક ઍસિડના બનેલા હોય છે તેમજ તેઓ ખૂબ નાની રિબોઝોમ્સ અંગિકાઓ તરીકે ધરાવે છે.
- મૃતકોષોના પ્રતિસ્થાપન માટે સજીવોના શરીરમાં વૃદ્ધિ માટે કોષોનું વિભાજન થાય છે અને પ્રજનન માટે જનનકોષનું (જન્યુકોષો) નિર્માણ થાય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. પ્રાણીકોષની સાથે વનસ્પતિકોષની તુલના કરો અને તેમના તફાવત આપો.
2. કેવી રીતે પ્રોકેરિયોટિક કોષ યુકેરિયોટિક કોષથી ભિન્ન છે ?
3. જો કોષરસપટલ ઈજાગ્રસ્ત બને કે તૂટી જાય તો શું થશે ?

4. જો ગોલ્ગી પ્રસાધનનો અભાવ હોય તો કોષના જીવનનું શું થાય ?
5. કઈ અંગિકાને કોષનું ઊર્જાઘર/શક્તિઘર તરીકે ઓળખાવાય છે ? શા માટે ?
6. કોષરસપટલનું બંધારણ કરતાં લિપિડ્સ અને પ્રોટીન્સનું સંશ્લેષણ ક્યાં થાય છે ?
7. અમીબા તેનો ખોરાક કેવી રીતે મેળવે છે ?
8. આસૃતિ એટલે શું ?
9. નીચેનો આસૃતિનો પ્રયોગ કરો :

બટાટાને લઈને તેની છાલ સહિત ચાર ટુકડા કરો અને બટાટાના કપ્સ તેને ખોતરીને બનાવો. આમાંનો એક બટાટાનો કપ બાફેલા બટાટાનો બનાવો. પ્રત્યેક બટાટાના કપને પાણી ભરેલ પાત્રમાં મૂકો.

(a) કપ Aને ખાલી રાખો.
(b) કપ Bમાં એક ચમચી શર્કરા મૂકો.
(c) કપ Cમાં એક ચમચી મીઠું મૂકો.
(d) કપ Dમાં જે ઉકાળેલો કે બાફેલા બટાટાનો કપ છે તેમાં એક ચમચી શર્કરા મૂકો. આ ચારેય કપને બે કલાક માટે રહેવા દો. ત્યાર બાદ આ ચારેય બાફેલા બટાટાના કપ્સને અવલોકિત કરો અને નીચે આપેલા પ્રશ્નોના જવાબ આપો :

(i) શા માટે કપ B અને Cમાં ખાલી જગ્યામાં પાણી એકઠું થાય છે ? સમજાવો.
(ii) શા માટે બટાટાનો કપ A આ પ્રયોગ માટે આવશ્યક છે ?
(iii) કપ A અને Dમાં ખાલી જગ્યામાં પાણી શા માટે એકઠું થતું નથી ? સમજાવો.

10. શરીરના સમારકામ અને વૃદ્ધિ માટે કયા પ્રકારનું કોષવિભાજન આવશ્યક છે અને જન્યુઓના નિર્માણમાં કયા પ્રકારનું કોષવિભાજન સંકળાયેલું છે ?

પ્રકરણ 6

પેશીઓ (Tissues)

અગાઉના પ્રકરણમાં આપણે જોયું કે, બધા જ સજીવો કોષોના બનેલા છે. એકકોષીય સજીવોમાં, એક જ કોષ પાયાનાં બધાં કાર્યો કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે, અમીબામાં એક જ કોષ દ્વારા હલનચલન, ખોરાકનું અંતઃગ્રહણ અને વાયુઓનો વિનિમય અને ઉત્સર્જન જેવાં કાર્યો થાય છે; પરંત બહુકોષીય સજીવોમાં કોષો લાખોની સંખ્યામાં હોય છે. જેમાં મોટા ભાગના કોષો વિશિષ્ટ પ્રકારનાં જૂજ કાર્યો કરવા માટે જ સક્ષમ હોય છે. પ્રત્યેક વિશિષ્ટ કાર્ય કોષોના વિભિન્ન સમૂહ દ્વારા થાય છે. કોષોના આ સમૂહ વિશિષ્ટ કાર્યોને જ સચોટ રીતે પૂર્ણ કરવા સક્ષમ હોય છે. માનવમાં સ્નાયુકોષોના સંકોચન અને શિથિલનને લીધે હલનચલન થાય છે, ચેતાકોષો સંદેશાઓનું વહન કરે છે. રુધિરના પ્રવાહ દ્વારા ઑક્સિજન, ખોરાક, અંતઃસ્રાવો અને નકામા દ્રવ્યોનું વહન થાય છે. વનસ્પતિઓમાં, વાહક પેશીઓ દ્વારા ખોરાક અને પાણીનું વહન વનસ્પતિના એક ભાગમાંથી અન્ય ભાગોમાં થાય છે. આમ, બહુકોષીય સજીવો શ્રમવિભાજન દર્શાવે છે. શરીરમાં ચોક્કસ પ્રકારનાં કાર્યો કરતાં કોષો મોટે ભાગે સમૂહમાં હોય છે. તેઓ હંમેશાં સમૂહમાં હોય છે. આ પરથી જાણી શકાય કે શરીરમાં એક નિશ્ચિત પ્રકારનું કાર્ય નિશ્ચિત સ્થાન પર કોષોના આ વિશિષ્ટ સમૂહ દ્વારા થાય છે. કોષોના આ સમૂહને પેશી કહે છે. આ પેશી વધારે કાર્યક્ષમતાથી કાર્ય કરવા માટે એક વિશિષ્ટ ક્રમમાં વ્યવસ્થિત રીતે ગોઠવાયેલી હોય છે. રુધિર, અન્નવાહક અને સ્નાયુ આ બધાં પેશીનાં ઉદાહરણો છે.

એવા કોષોનો સમૂહ કે જે સંરચનાકીય સમાનતા ધરાવે છે તેમજ કોઈ એક કાર્ય, એક સાથે એકઠા થઈને પૂર્ણ કરે છે. તે સમૂહમાં ગોઠવાઈને પેશીનું સ્વરૂપ ધારણ કરે છે.

6.1 શું વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ સમાન પ્રકારની પેશીઓનાં બનેલાં છે ? (Are Plants and Animals Made of Same Types of Tissues ?)

આવો, આપણે હવે વિભિન્ન પેશીઓની સંરચનાઓ તથા તેમનાં કાર્યોની તુલના કરીએ. શું વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓની સંરચના સમાન હોય છે ? શું બંને સમાન કાર્યો કરે છે ?

બંને વચ્ચે નોંધનીય તફાવત હોય છે. વનસ્પતિઓ સ્થાયી કે સ્થાપિત હોય છે - તે સ્થળાંતર કરી શકતા નથી. જોકે તેમણે ટટ્ટાર ઊભા રહેવાનું હોવાથી મોટા ભાગની પેશીઓ આધાર (મજબૂતાઈ) આપવાવાળી હોય છે અને આ પેશીના કોષો સામાન્ય રીતે મૃત હોય છે.

બીજી બાજુએ, પ્રાણીઓ આહાર, પ્રજનન અને રહેઠાણ માટેની શોધમાં અહીં-તહીં વિચરણ કરે છે. તેઓ વનસ્પતિઓની તુલનામાં વધુ ઊર્જા વાપરે છે. પ્રાણીઓની મોટા ભાગની પેશી જીવંત હોય છે.

પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓની વચ્ચે વૃદ્ધિને અનુલક્ષીને એક અન્ય તફાવત હોય છે. વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ કેટલાક પ્રદેશો કે ક્ષેત્રો સુધી સીમિત રહે છે. જ્યારે પ્રાણીઓમાં આવું હોતું નથી. વનસ્પતિઓમાં કેટલીક પેશીઓ જીવનપર્યંત વિભાજન પામતી રહે છે. આ પેશીઓ કેટલાક વિસ્તારો સુધી સીમિત હોય છે. પેશીઓની વિભાજન-ક્ષમતાને આધારે વિવિધ વનસ્પતિ પેશીઓને વર્ગીકૃત કરાય છે જેમકે વૃદ્ધિ પામતી કે વર્ધમાન પેશી (વર્ધનશીલ) અને સ્થાયી પેશી. પ્રાણીઓમાં કોષીય વૃદ્ધિ મોટે ભાગે એકરૂપ કે સમાન હોય છે. આથી પ્રાણીઓમાં વર્ધમાન અને અવર્ધમાન પ્રદેશો જેવી કોઈ સીમારેખા હોતી નથી.

જટિલ વનસ્પતિની સરખામણીમાં જટિલ પ્રાણીઓનાં અંગો અને અંગતંત્રોની રચના વધારે વિશિષ્ટ તેમજ સીમિત હોય છે. આ પાયાનો તફાવત સજીવોના બે મહત્ત્વપૂર્ણ સજીવ સમૂહો સૂચવે છે કે જેઓ ભિન્ન જીવનપદ્ધતિઓ દર્શાવે છે. ખાસ કરીને તેઓની ખોરાક ગ્રહણની પ્રક્રિયામાં તેમજ ઉપરાંત, એક બાજુએ વનસ્પતિમાં કે જે એક જ સ્થાને સ્થાયી છે. જ્યારે બીજી તરફ પ્રાણીઓ પ્રચલન માટે અંગતંત્રોમાં વિકાસના હેતુસર વિભિન્ન પ્રકારનું અનુકૂલન ધરાવે છે.

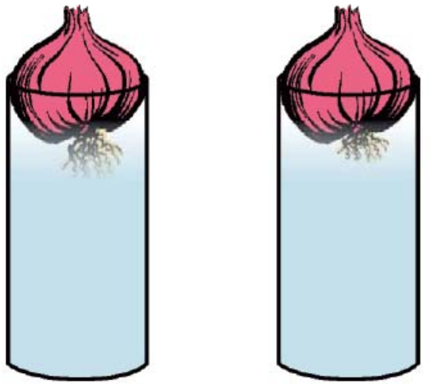
જટિલ કે ઉચ્ચ કક્ષાના પ્રાણી અને વનસ્પતિના દેહના સંદર્ભમાં હવે આપણે પેશીઓની બાબતોએ વિસ્તૃતમાં ચર્ચા કરીશું.

પ્રશ્નો :

1. પેશી એટલે શું ?
2. બહુકોષીય સજીવોમાં પેશીઓની ઉપયોગિતા શું છે ?

6.2 વનસ્પતિ પેશીઓ (Plant Tissues)

6.2.1 વર્ધનશીલ પેશી (Meristematic Tissue)



આકૃતિ 6.1 : ડુંગળીનાં કંદોમાં મૂળની વૃદ્ધિ

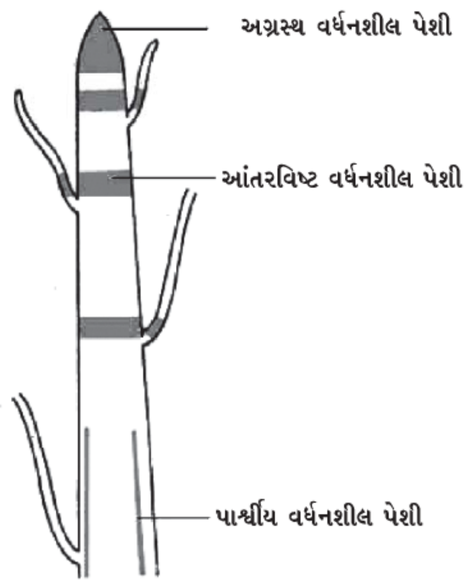
પ્રવૃત્તિ 6.1

- બે કાચના જાર લો અને તેઓને પાણી વડે પૂર્ણ ભરો.
- હવે ડુંગળીના બે કંદ લો અને પ્રત્યેક જાર પર એક-એક એમ મૂકો. જે રીતે આકૃતિ 6.1માં દર્શાવેલ છે.
- થોડાક દિવસો પછી બંને ડુંગળીના કંદના મૂળની લંબાઈ માપો.
- પહેલા દિવસે, બીજા દિવસે અને ત્રીજા દિવસે મૂળની લંબાઈ માપો.
- બીજા જારમાં રાખેલ ડુંગળીના કંદનાં મૂળને ચોથા દિવસે 1 cm કાપો. ત્યાર બાદ બંને જારમાં રાખેલા ડુંગળીનાં કંદોનાં મૂળની લંબાઈને પાંચ દિવસ સુધી નિરીક્ષણ કરો અને પ્રત્યેક દિવસે મૂળની વૃદ્ધિનાં માપને નીચે આપેલ કોષ્ટકમાં લખો :

લંબાઈ	પહેલો દિવસ	બીજો દિવસ	ત્રીજો દિવસ	ચોથો દિવસ	પાંચમો દિવસ
જાર 1					
જાર 2					

- ઉપર્યુક્ત નિરીક્ષણોને અનુલક્ષીને નીચે આપેલા પ્રશ્નોના જવાબ આપો :
  1. કયા જારમાં રાખેલ ડુંગળીના કંદના મૂળની લંબાઈ વધારે છે. શા માટે ?
  2. મૂળના આ ભાગને આપણે કાપી નાખ્યા પછી પણ તેની વૃદ્ધિ થઈ છે ?
  3. જ્યારે આપણે જાર 2 માં રાખેલ ડુંગળીના કંદના મૂળના અગ્ર ભાગને કાપી નાખીએ છીએ ત્યારે શું તે વૃદ્ધિ કરવાનું બંધ કરે છે ? શા માટે ?

વનસ્પતિઓમાં વૃદ્ધિ કેટલાક નિશ્ચિત વિસ્તારો કે પ્રદેશોમાં જ થાય છે. આવું વિભાજનશીલ પેશીના કારણે થાય છે. આ પેશી વર્ધનશીલ પેશી (meristematic tissues) તરીકે પણ ઓળખાય છે. આ પેશી આવા પ્રદેશમાં જ જોવા મળે છે. વર્ધનશીલ પેશી કયા ભાગમાં આવેલી છે, તેના આધારે તેને અગ્રસ્થ, પાર્શ્વીય અને આંતરવિષ્ટ પ્રકારોમાં વર્ગીકૃત કરાય છે. (આકૃતિ 6.2) વર્ધનશીલ પેશી દ્વારા નિર્માણ પામેલા નવા કોષો શરૂઆતમાં વર્ધનશીલ જેવા હોય છે; પરંતુ જેમ-જેમ તે વૃદ્ધિ પામી અને પરિપક્વ બને છે તેનાં લક્ષણો ધીમે-ધીમે પરિવર્તન પામે છે અને તે અન્ય પેશીઓના ઘટકોના સ્વરૂપે વિભાજિત થઈ જાય છે.



આકૃતિ 6.2 : વનસ્પતિ દેહમાં વર્ધનશીલ પેશીનું સ્થાન

અગ્રસ્થ વર્ધનશીલ પેશી મૂળ તેમજ પ્રકાંડની વૃદ્ધિવાળા ભાગમાં હોય છે અને તેમની લંબાઈમાં વૃદ્ધિ કરે છે. પ્રકાંડના પરિઘીય વિસ્તાર તેમજ મૂળમાં વૃદ્ધિ પાર્શ્વીય વર્ધનશીલ પેશીને કારણે થાય છે. આંતરવિષ્ટ વર્ધનશીલ પેશી કેટલીક વનસ્પતિઓની ગાંઠની નજીક જોવા મળે છે.

વર્ધનશીલ પેશીના કોષો ખૂબ જ સક્રિય હોય છે, તેમાં કોષરસ વધારે ઘટ્ટ, પાતળી સેલ્યુલોઝયુક્ત કોષદીવાલ અને સ્પષ્ટ કોષ કેન્દ્ર ધરાવે છે. તેઓ રસધાની ધરાવતાં નથી. શું આપણે વિચારી શકીએ કે તેઓ રસધાની કેમ ધરાવતાં નથી ? (તેના માટે કોષો પર આધારિત પ્રકરણમાં ઉલ્લેખિત રસધાનીઓનાં કાર્યો વિષયક જ્ઞાનનો ઉપયોગ કરો.)

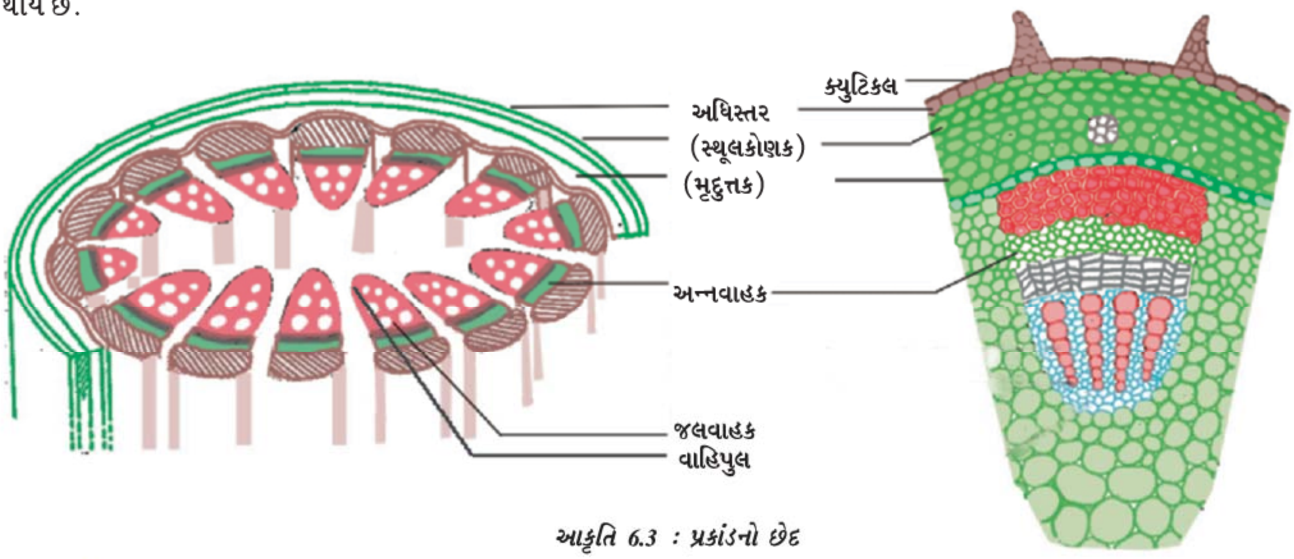
6.2.2 સ્થાયી પેશી (Permanent tissue)

વર્ધનશીલ પેશી દ્વારા નિર્માણ પામેલા કોષોનું શું થાય છે ? તેઓ એક વિશિષ્ટ કાર્ય કરે છે અને વિભાજન પામવાની ક્ષમતા ગુમાવે છે. તેને પરિણામે સ્થાયી પેશીનું નિર્માણ થાય છે. આ પ્રકારે એક વિશિષ્ટ કાર્ય કરવા માટે સ્થાયી સ્વરૂપ આકાર પ્રાપ્ત કરવાની ક્રિયાને વિભેદીકરણ કહે છે. વિભેદીકરણને લીધે વિવિધ પ્રકારની સ્થાયી પેશીઓનો વિકાસ થાય છે.

- હવે તમારા અવલોકનને આધારે નીચે આપેલા પ્રશ્નોના જવાબ આપો :
  1. શું બધા જ કોષોની સંરચના સમાન છે ?
  2. કેટલા પ્રકારના કોષો જોવા મળે છે ?
  3. શું આપણે તેનાં કારણો પર વિચારી શકીએ છીએ કે કોષોના આટલા પ્રકારો શા માટે છે ?
- આપણે મૂળના પણ આડા છેદ લઈ શકીએ તથા બીજી વનસ્પતિના મૂળ અને પ્રકાંડના પણ છેદ લઈ અભ્યાસ કરી શકીએ.

6.2.2 (i) સરળ સ્થાયી પેશી (Simple Permanent tissue)

અધિસ્તરની નીચે આવેલા થોડાક સ્તરોના કોષો સામાન્ય રીતે સરળ સ્થાયી પેશી છે. મૃદુત્તક વધુ સામાન્ય સરળ સ્થાંયી પેશી છે. તે પાતળી કોષદીવાલવાળા સરળ કોષોની બનેલી છે. આ કોષો જીવંત છે. તેઓ સામાન્ય રીતે શિથિલ ગોઠવણી ધરાવે છે,



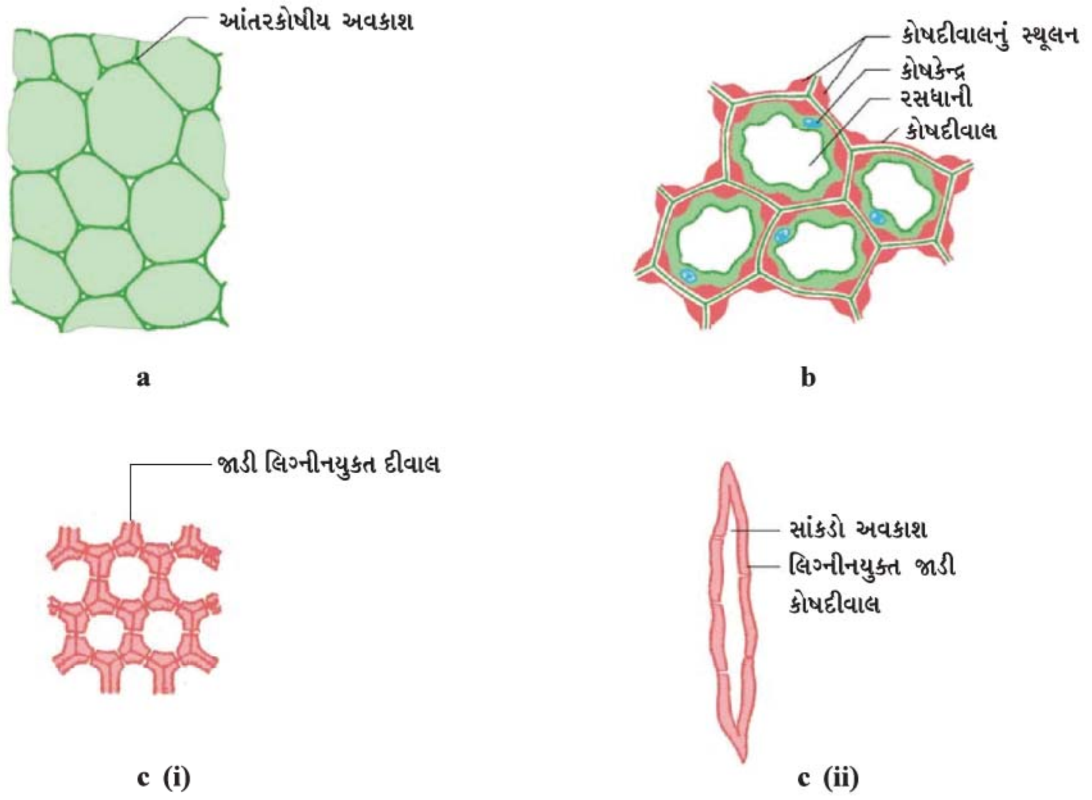
આકૃતિ 6.3 : પ્રકાંડનો છેદ

પ્રવૃત્તિ ____________ 6.2

- એક વનસ્પતિનું પ્રકાંડ લો અને તમારા શિક્ષકની મદદથી તેના પાતળા છેદ લો.
- હવે બધા જ છેદને સેફ્રેનીનથી અભિરંજિત કરો. એક સ્પષ્ટ સારા છેદને સ્લાઇડ પર આસ્થાપિત કરી ગ્લિસરીનનું એક ટીપું તેના પર મૂકો.
- તેને કવર-સ્લિપ વડે ઢાંકી દો અને સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર વડે સ્લાઇડનું અવલોકન કરો. વિભિન્ન પ્રકારના કોષોનો અભ્યાસ કરો અને તેના વિન્યાસ કે ગોઠવણીનું અધ્યયન કરો. આકૃતિ 6.3ની સાથે તેની તુલના કરો.

આથી આ પ્રકારની પેશીના કોષો વચ્ચે ઘણો અવકાશ (આંતરકોષીય અવકાશ) રહેલો હોય છે. (આકૃતિ 6.4(**a**)). આ પેશી સામાન્ય રીતે ખોરાકનો સંગ્રહ પણ કરે છે. કેટલીક પરિસ્થિતિઓમાં તે (મૃદુત્તક પેશી) ક્લોરોફીલ ધરાવે છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણનું કાર્ય કરે છે, તેથી તેને હરિતકણોત્તક કે નીલકણોત્તક પેશી કહે છે. જલીય વનસ્પતિઓમાં મોટા હવા કોટરો કે વાતકોટરો મૃદુત્તક પેશીના કોષોમાં હોય છે, જે વનસ્પતિઓને તરવા માટે તારક બળ (ઉત્પ્લાવક બળ) આપે છે. આ પ્રકારની મૃદુત્તક પેશીને વાયુત્તક પેશી કહે છે.

વનસ્પતિઓની નમ્યતાનું લક્ષણ એક અન્ય સ્થાયી પેશી, સ્થૂલકોણક પેશીને કારણે હોય છે. તે વનસ્પતિઓના વિવિધ ભાગો જેવા કે સૂત્રો અને વેલાઓના પ્રકાંડને તૂટ્યા વગર વળવાની નમ્યતા બક્ષે છે. તે વનસ્પતિઓને યાંત્રિક આધાર પણ આપે છે. આપણે આ પેશીને અધિસ્તરની નીચે પર્ણદંડમાં જોઈ શકીએ છીએ. આ પેશીના કોષો જીવંત, લાંબા અને કોણીય બાજુએ અનિયમિત મોટા હોય છે અને કોષોની વચ્ચે ઓછો અવકાશ હોય છે. (આકૃતિ 6.4(b).



આકૃતિ 6.4 : વિવિધ પ્રકારની સરળ પેશીઓ (a) મૃદુત્તક પેશી (b) સ્થૂલકોણક પેશી (c) દૃઢોત્તક પેશી (i) અનુપ્રસ્થ છેદ (ii) આયામ છેદ

હજી પણ એક અન્ય પ્રકારની સ્થાયી પેશી દૃઢોત્તક પેશી છે. તે પેશી વનસ્પતિને દૃઢતા તેમજ મજબૂતાઈ આપે છે. આપણે નાળિયેરની રેસાઓયુક્ત છાલને જોયેલી છે. તે દૃઢોતક પેશીની બનેલી છે. આ પેશીના કોષો મૃત હોય છે. તે લાંબા અને પાતળા હોય છે કારણ કે આ પેશીના કોષોની કોષદીવાલ લિગ્નીનને લીધે જાડી હોય છે. જોકે આ પેશીના કોષોની કોષદીવાલ જાડી હોય છે તેથી કોષોની વચ્ચે આંતરકોષીય અવકાશ હોતો નથી. (આકૃતિ 6.4(c)).

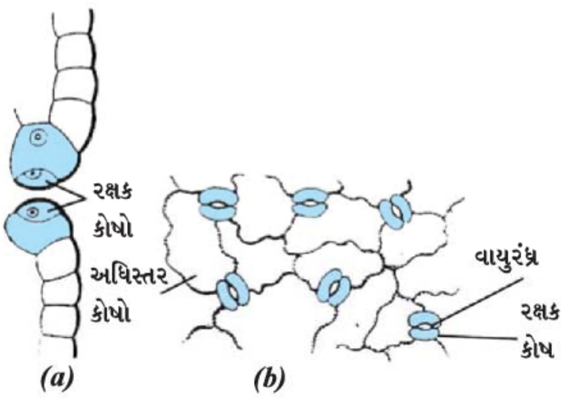
આ પેશી પ્રકાંડમાં, વાહીપુલની નજીક, પર્ણોની શિરાઓમાં, તેમજ બીજ અને ફળોની કઠણ છાલમાં હાજર હોય છે. તે વનસ્પતિ ભાગોને મજબૂતાઈ આપે છે.

પ્રવૃત્તિ 6.3

- રિયો (ટ્રેડેસ્કેન્શિયા)ના તોડેલા તાજા પર્ણને લો.
- તેને દબાણ આપીને એવી રીતે તોડો કે જેથી પર્ણની છાલ અલગ નીકળી આવે.
- આ છાલને અલગ કરીને પાણીભરેલી પેટ્રી ડિશમાં મૂકો.
- તેમાં થોડાંક ટીપાં સેફ્રેનીનનાં મૂકો.

- થોડાક સમય પછી (લગભગ બે મિનિટ પછી) છાલને સ્લાઇડ પર આસ્થાપિત કરો અને તેના પર ધીમેથી કવર સ્લિપને ઢાંકો.
- તેનું સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર દ્વારા અવલોકન કરો.

જે તમે અવલોકન કરી રહ્યા છો તે સૌથી બહારના સ્તરના કોષો, જેને અધિસ્તર કહે છે. અધિસ્તર સામાન્ય રીતે એક સ્તરનું બનેલું છે. વધારે શુષ્ક વસાહતોમાં આવેલી કેટલીક વનસ્પતિઓમાં અધિસ્તર જાડું હોય છે, તે પાણી ગુમાવવાની સામે વનસ્પતિને રક્ષણ આપે છે. વનસ્પતિની સમગ્ર સપાટી અધિસ્તરના બાહ્ય આવરણ વડે ઢંકાયેલી હોય છે. તે વનસ્પતિના બધા જ ભાગોને રક્ષણ આપે છે. વનસ્પતિના હવાઈ ભાગોના અધિસ્તરીય કોષો જળ પ્રતિરોધક મીણના સ્રાવથી એક સ્તર બનાવે છે. આ વધારાનું સ્તર પાણીના વ્યયની સામે રક્ષણ, યાંત્રિક ઈજા અને પરોપજીવી ફૂગ સામે રક્ષણ આપે છે. અધિસ્તરીય કોષોનું કાર્ય રક્ષણ કરવાનું હોવાથી તેના સ્તરના કોષો કોઈ પણ પ્રકારના આંતરકોષીય અવકાશ વગર સળંગ સ્તર બનાવે છે. મોટા ભાગના અધિસ્તરીય કોષો અપેક્ષિત રીતે ચપટા હોય છે. સામાન્ય રીતે, તેમની બાહ્ય તથા પાર્શ્વ કોષદીવાલ આંતરિક કોષદીવાલ કરતાં જાડી હોય છે.



આકૃતિ 6.5 : રક્ષક કોષો અને અધિસ્તરીય કોષો (a) પાર્શ્વ દેખાવ (b) સમતલીય દેખાવ

આપણે પર્ણના અધિસ્તરમાં નાનાં છિદ્રો અહીં અવલોકિત કરી શકીએ છીએ. આ છિદ્રોને વાયુરંધ્રો કહે છે. (આકૃતિ 6.5) વાયુરંધ્રો વૃક્કાકાર કે મૂત્રપિંડ આકારના બે કોષો દ્વારા આવરિત હોય છે. (બંધ હોય છે.) જેને રક્ષકકોષો કહે છે. તે કોષો વાતાવરણના વાયુઓના વિનિમય માટે આવશ્યક છે. બાષ્પોત્સર્જન (ઉત્સ્વેદન) (બાષ્પ સ્વરૂપે પાણી ગુમાવવાની ક્રિયા)ની ક્રિયા પણ વાયુરંધ્રો દ્વારા થાય છે.

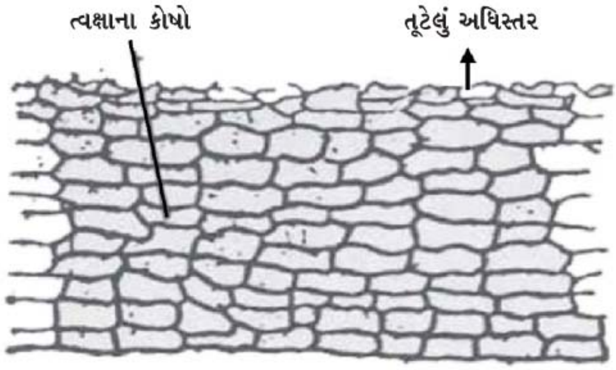
યાદ કરો કે, પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે કયો વાયુ આવશ્યક છે વનસ્પતિઓમાં બાષ્પોત્સર્જનની ભૂમિકા શોધો.

મૂળના અધિસ્તરીય કોષો પાણીનું શોષણ કરવાનું કાર્ય કરે છે. સામાન્ય રીતે વાળ જેવા વૃદ્ધિ પામતાં લાંબા પ્રવર્ધ ધરાવે છે. જેથી તેમની, પાણીનું અભિશોષણ કરવાની ક્ષમતામાં વધારો થાય છે.

મરુનિવાસી (રણ પ્રદેશમાં ઊગતી) કેટલીક વનસ્પતિઓમાં અધિસ્તર જાડું મીણ જેવું અસ્તર ક્યુટીન (એક જલ અવરોધક રાસાયણિક પદાર્થ)નું બાહ્ય સપાટી પર સ્થૂલન કે લેપન થયેલું હોય છે. શું આપણે તેનું કારણ વિચારી શકીએ છીએ ?

શું એક વૃક્ષની શાખાનું બાહ્ય સ્તર, તરુણ પ્રકાંડના બાહ્ય સ્તર કરતાં જુદું હોય છે ?

જેમ વૃક્ષની ઉંમર વધે છે, તેમ તેની બાહ્ય રક્ષણાત્મક પેશીઓમાં કેટલાંક પરિવર્તન થાય છે. બાહ્યકમાંના દ્વિતીય વર્ધનશીલ પેશીની પટ્ટીના કોષોની સ્તરીય રચના બનાવીને છાલની રચના કરે છે. આ પ્રકારે વધારે સ્તરોવાળી જાડી છાલનું વૃક્ષ પર નિર્માણ થાય છે. આ છાલના કોષો મૃત હોય છે. તે આંતરકોષીય અવકાશ વગર (આકૃતિ 6.6) ચુસ્ત ગોઠવણી ધરાવે છે. તેઓની કોષદીવાલો પર સુબેરીન નામનું રસાયણ પણ સ્થૂલિત હોય છે, જે છાલને હવા તેમજ પાણી માટે અપ્રવેશશીલ પટલ જેવું બનાવે છે.



આકૃતિ 6.6 : રક્ષણાત્મક પેશી

6.2.2 (ii) જટિલ સ્થાયી પેશી

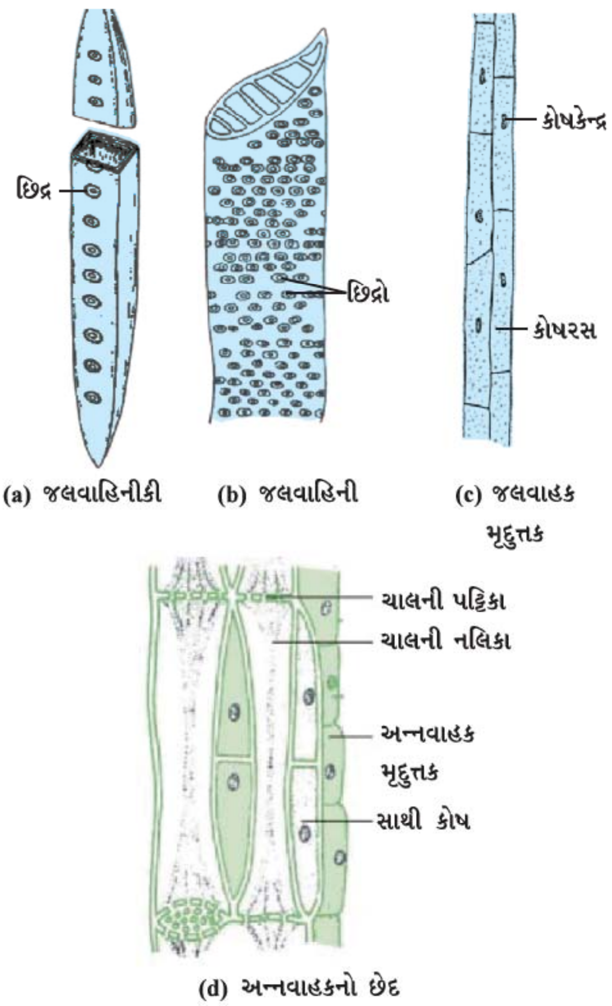
(Complex permanent tissue)

અત્યાર સુધી એક જ પ્રકારના કોષોની બનેલી વિભિન્ન પ્રકારની પેશીઓ પર ચર્ચા કરી ચૂક્યા છીએ, આવી પેશીઓને સરળ સ્થાયી પેશી કહે છે. અન્ય પ્રકારની સ્થાયી પેશીને જટિલ સ્થાયી પેશી કહે છે. જટિલ સ્થાયી પેશી એક કરતાં વધારે પ્રકારના કોષોથી બનતી હોય છે અને બધા એક સાથે મળીને એક સામાન્ય કાર્ય કરે છે. જલવાહક અને અન્નવાહક આ પ્રકારની જટિલ સ્થાયી પેશીનાં ઉદાહરણો છે.

તેઓ બંનેને વાહક પેશી પણ કહે છે અને તેઓ મળીને વાહીપુલનું નિર્માણ કરે છે. આ પેશી જટિલ વનસ્પતિઓની એક લાક્ષણિકતા છે, કે જે તેઓને સ્થલજ વાતાવરણમાં રહેવા માટે અનુકૂળ બનાવે છે. આકૃતિ 6.3માં પ્રકાંડનો એક ભાગ દેખાડવામાં આવ્યો છે. શું આપણે વાહીપુલમાં હાજર રહેલા વિભિન્ન પ્રકારના કોષોને જોઈ શકીએ છીએ ?

જલવાહક પેશી, જલવાહિનીકી (Trechids), જલવાહિની (Vessels), જલવાહક મૃદુત્તક (Xylem Parenchyma) (આકૃતિ 6.7, a, b, c) અને જલવાહક તંતુઓ (Xylem fibres)ની બનેલી હોય છે. જ્યારે જલવાહિનીકી અને જલવાહિની પુખ્ત હોય ત્યારે કોષદીવાલ જાડી હોય છે અને મૃતકોષો ધરાવે છે. જલવાહિનીકી અને જલવાહિનીની નલિકાકાર રચના છે. આ એકમો પાણી અને ખનીજક્ષારોનું ઊર્ધ્વ તરફ સ્થળાંતર કરે છે. મૃદુત્તકીય (જલવાહક મૃદુત્તક) એકમ ખોરાકનો સંગ્રહ કરે છે. જલવાહક તંતુઓ મુખ્યત્વે આધારોત્તક કાર્ય કરે છે.

અન્નવાહક પેશી, પાંચ પ્રકારના એકમો : ચાલનીકોષો, ચાલની નલિકાઓ, સાથી કોષો, અન્નવાહક તંતુઓ અને અન્નવાહક મૃદુત્તકની બનેલી છે. (આકૃતિ 6.7(d)). ચાલની નલિકા છિદ્રિષ્ઠ કોષદીવાલયુક્ત અને નલિકાકાર કોષીય રચના છે. અન્નવાહક પેશી, જલવાહક પેશીથી ભિન્ન, પદાર્થોને કોષોમાં બંને દિશાઓમાં ગતિ કરાવી શકે છે. અન્નવાહક પર્ણોથી ખોરાકનું વહન વનસ્પતિના વિભિન્ન ભાગો સુધી કરે છે. અન્નવાહક તંતુઓ સિવાયના અન્નવાહકના કોષો કે એકમો જીવંત કોષો કે એકમો છે.



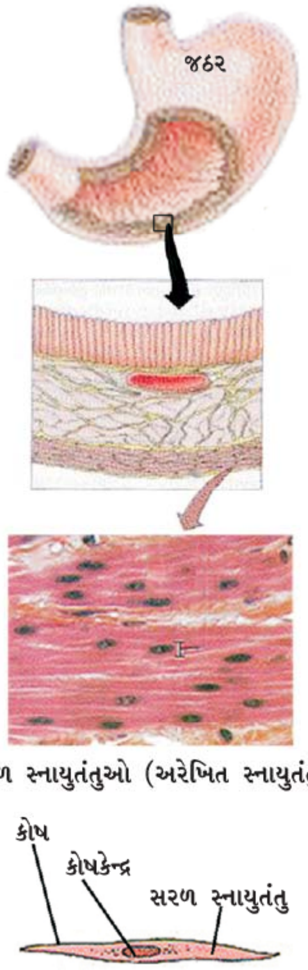
આકૃતિ 6.7 : જટિલ પેશીના પ્રકારો

પ્રશ્નો :

1. સરળ પેશીઓના કેટલા પ્રકારો છે ?
2. અગ્રસ્થ વર્ધનશીલ પેશી શેમાં મળી આવે છે ?
3. નાળિયેરના રેસાઓ કઈ પેશીના બનેલા હોય છે ?
4. અન્નવાહકના ઘટકો કે એકમો કયા કયા છે ?

6.3 પ્રાણી પેશીઓ (Animal Tissues)

જ્યારે આપણે શ્વાસ લઈએ છીએ ત્યારે આપણે આપણી છાતીનું હલનચલનને અનુભવી શકીએ છીએ. શરીરનાં અંગો કેવી રીતે હલનચલન કરે છે ? એના માટે આપણી પાસે અમુક વિશેષ કોષો આવેલા હોય છે. જેને આપણે પેશીય કોષો કહીએ છીએ. (આકૃતિ 6.8) આ કોષોના સંકોચન અને શિથિલનને પરિણામે અંગોને ગતિ પ્રાપ્ત થાય છે.



આકૃતિ 6.8 : સ્નાયુ તંતુઓનું સ્થાન

શ્વાસની ક્રિયા દરમિયાન ઑક્સિજન લઈએ છીએ. આ ઑક્સિજન ક્યાં જાય છે ? તે ફેફસાંમાં અવશોષિત થાય છે તેમજ રુધિર દ્વારા શરીરના બધા જ કોષો સુધી પહોંચે છે. કોષોને ઑક્સિજનની જરૂરિયાત શા માટે હોય છે ? કણાભસૂત્રોનાં કાર્યો આ પ્રશ્નના સમાધાન માટે એક સંકેત આપે છે જેના માટે આપણે અગાઉ અભ્યાસ કર્યો છે. રુધિર તેની સાથે વિભિન્ન પદાર્થોને શરીરમાં એક સ્થાનથી બીજા સ્થાન સુધી લઈ જાય છે. ઉદાહરણ તરીકે તે ખોરાક અને ઑક્સિજનને બધા જ કોષો સુધી પહોંચાડે છે. તે શરીરના બધા ભાગોમાંથી નકામા પદાર્થો એકત્ર કરી યકૃત તથા મૂત્રપિંડ સુધી ઉત્સર્જન માટે પહોંચાડે છે.

રુધિર અને સ્નાયુ બંને આપણા શરીરમાં જોવા મળતી પેશીઓનાં ઉદાહરણો છે. તેના કાર્યને આધારે આપણે વિભિન્ન પ્રકારની પ્રાણી પેશીઓના માટે વિચાર કરી શકીએ છીએ. અધિચ્છદીય પેશી, સંયોજક પેશી, સ્નાયુ પેશી અને ચેતા પેશી. રુધિર, સંયોજક પેશીનો એક પ્રકાર છે અને સ્નાયુ, સ્નાયુ પેશીની રચના કરે છે.

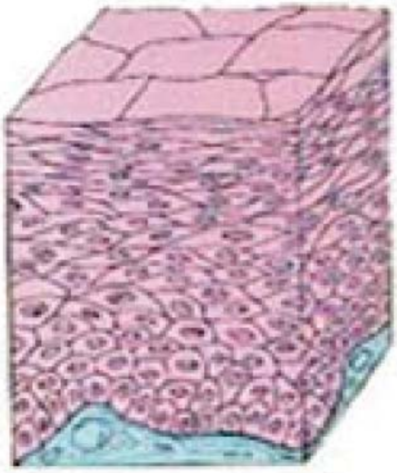
6.3.1 અધિચ્છદીય પેશી (Epithelial tissue)

પ્રાણીના શરીરને ઢાંકતી કે બાહ્ય આવરણ સ્વરૂપે રક્ષણ આપતી પેશી, અધિચ્છદ પેશી છે. અધિચ્છદ શરીરના અંદર રહેલાં મોટા ભાગનાં અંગો અને પોલાણો કે અવકાશોને ઢાંકે છે. તે વિભિન્ન પ્રકારનાં શારીરિક તંત્રોને એક-બીજાથી અલગ કરવા માટે અંતરાલ કે અવરોધનું નિર્માણ કરે છે. ત્વચા, મોંનું અસ્તર, અન્નનળી, રુધિરવાહિનીનું અસ્તર, ફેફસાંના વાયુકોષ્ઠો, મૂત્રપિંડનલિકા વગેરે બધા જ અધિચ્છદીય પેશીના બનેલા છે. અધિચ્છદીય પેશીના કોષો એકબીજાની સાથે ચુસ્ત રીતે સતત જોડાઈને એક આચ્છાદિત આવરણનું નિર્માણ કરે છે. તે આવરણોની વચ્ચે સિમેન્ટ દ્રવ્ય ખૂબ ઓછી માત્રામાં હોય છે અને મોટે ભાગે આંતરકોષીય અવકાશનો અભાવ હોય છે. સ્પષ્ટ છે કે જે પદાર્થ શરીરમાં પ્રવેશે કે બહાર નીકળે તે અધિચ્છદના કોઈ પણ સ્તર કે પટલમાંથી અવશ્ય પસાર થાય છે. વિભિન્ન પ્રકારની અધિચ્છદીય કોષોની વચ્ચેની પારગમ્યતા શરીર અને બાહ્ય વાતાવરણ તેમજ શરીરનાં વિભિન્ન અંગોની વચ્ચેના પદાર્થોના આદાન-પ્રદાન (આપ-લે)માં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા ભજવે છે. સામાન્ય રીતે બધી જ અધિચ્છદીયને એક બાહ્ય રેસામય આધાર આપતી આધાર કલા જે નીચે રહે છે. પેશીઓને અલગ કરે છે.

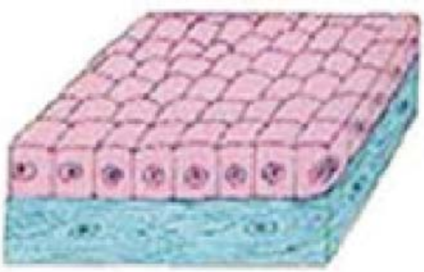
આકૃતિ 6.9માં દર્શાવ્યા અનુસાર, વિભિન્ન અધિચ્છદીય પેશીની સંરચનાઓ વિભિન્ન પ્રકારની હોય છે, જે તેનાં કાર્યો પર નિર્ભર કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે, રુધિરવાહિનીઓ કે ફેફસાંના વાયુકોષ્ઠનું અસ્તરના કોષો, જ્યાં પદાર્થોનું સંવહન પસંદગીમાન પ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા થાય છે. ત્યાં સરળ ચપટા પ્રકારની અધિચ્છદ

પેશીના કોષો આવેલા હોય છે. જેને સરળ લાદીસમ અધિચ્છદ પેશી કહે છે. (squama એટલે ત્વચાનું ઉપરી આવરણ-શલ્ક) સરળ લાદીસમ અધિચ્છદ પેશીના કોષો ખૂબ જ

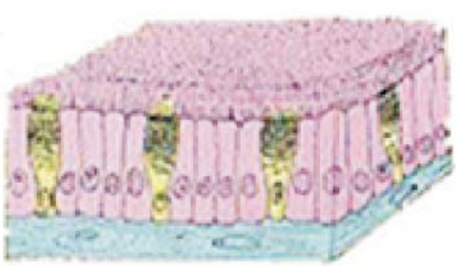
(a) લાદીસમ



(b) સ્તૃત લાદીસમ



(c) ઘનાકાર



(d) સ્તંભાકાર (પક્ષ્મલ)

આકૃતિ 6.9 : વિભિન્ન પ્રકારની અધિચ્છદીય પેશી

પાતળા, ચપટા અને નાજુક અસ્તર બનાવતાં હોય છે. અન્નનળી અને મોઢાનું અંદરનું અસ્તર પણ લાદીસમ અધિચ્છદ પેશી દ્વારા આવરિત હોય છે. શરીરનું રક્ષણાત્મક આવરણ અથવા ત્વચા આ જ લાદીસમ અધિચ્છદ પેશીથી બનેલી હોય છે. ત્વચાના અધિચ્છદીય પેશીના કોષો કપાવાથી તથા ફાટવાથી બચવા માટે અનેક સ્તરોમાં સુવ્યવસ્થિત ગોઠવણી ધરાવે છે કારણ કે ઘણા બધા સ્તરોની સુવ્યવસ્થિત ગોઠવણીની રીત ધરાવે છે આથી આ અધિચ્છદીય પેશીને સ્તરીય કે શૃંગીય સ્તૃત અધિચ્છદ પેશી કહે છે.

જ્યાં અભિશોષણ અને સ્રાવ થતો હોય છે. જેમકે આંતરડાનું અંદરનું અસ્તર જેમાં લાંબા અધિચ્છદીય કોષો હાજર હોય છે. આ સ્તંભાકાર અધિચ્છદ પેશીના કોષો (સ્તંભાકાર = પીલર જેવા) અધિચ્છદીય અવરોધને પસાર કરવા માટે મદદરૂપ થાય છે. શ્વાસનળીમાં, સ્તંભાકાર અધિચ્છદીય પેશીમાં પક્ષ્મો (cilia) ધરાવે છે. જોકે અધિચ્છદીય પેશીના કોષોની બહારની સપાટી પર વાળ જેવી રચનાઓ હોય છે. તે પક્ષ્મલ હલનચલન કરી શકે છે તેમજ તેમની ગતિ શ્લેષ્મને આગળ સ્થળાંતરિત કરીને તે પ્રદેશને સ્વચ્છ કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. આવા પ્રકારની અધિચ્છદીય પેશીને પક્ષ્મલ અધિચ્છદ પેશી કહે છે.

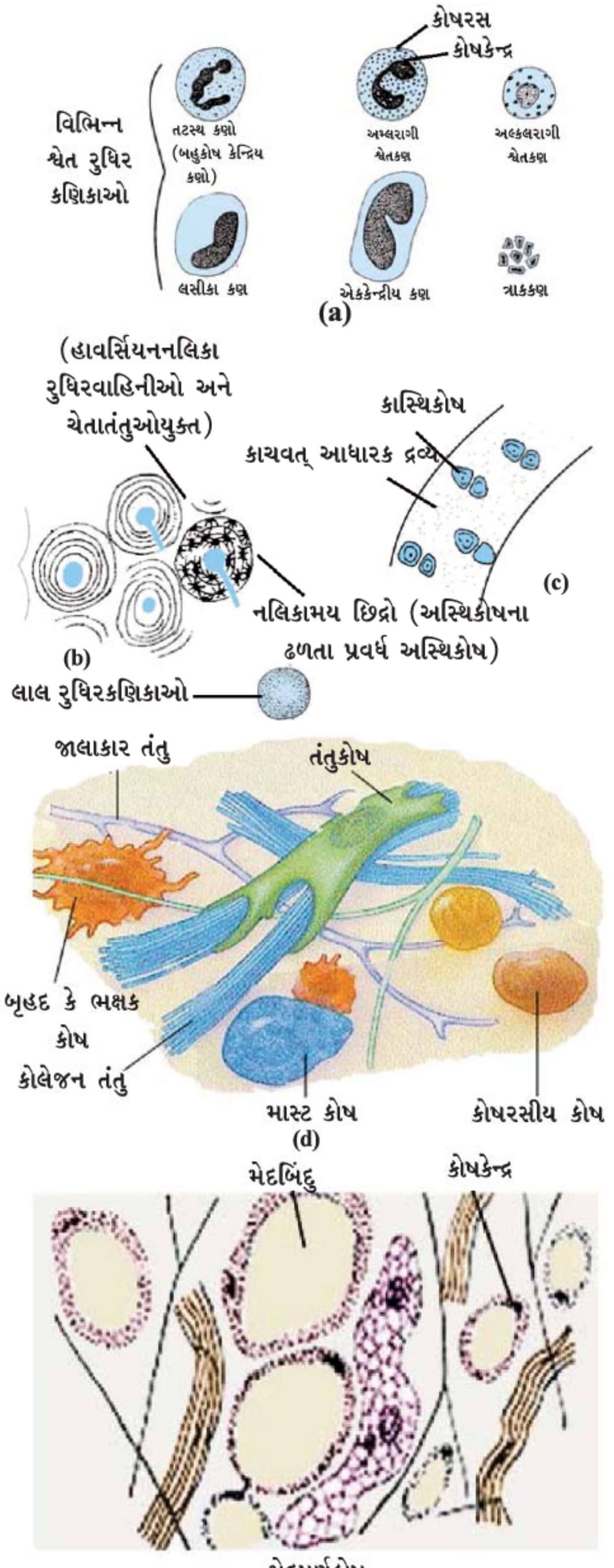
ઘનાકાર અધિચ્છદ પેશી (ઘન આકાર = જે કોષો લંબાઈ, પહોળાઈ અને જાડાઈમાં સમાન હોય) મૂત્રપિંડનલિકા તથા લાળગ્રંથિની નલિકાના અસ્તરનું નિર્માણ કરે છે, જ્યાં તે તેઓને યાંત્રિક આધાર આપે છે. આ અધિચ્છદીય કોષો વધારાની વિશિષ્ટતા દર્શાવીને ગ્રંથિકોષો તરીકે કાર્ય કરે છે. જે અધિચ્છદીય પેશીની સપાટી પર પદાર્થોનો સ્રાવ કરી શકે છે. કેટલીક વાર આ અધિચ્છદ પેશીનો કેટલોક ભાગ અંદરની તરફ વળેલો હોય છે અને એક બહુકોષીય ગ્રંથિનું નિર્માણ કરે છે. આ પેશીને ગ્રંથીય અધિચ્છદ પેશી કહેવાય છે.

6.3.2 સંયોજક પેશી (Connective tissue)

રુધિરને એક પ્રકારની સંયોજક પેશી કહે છે. શા માટે તેને (રુધિર) સંયોજક પેશી કહે છે ? આ પ્રકરણની પ્રસ્તાવનામાં આ બાબતે એક નિર્દેશન આપેલું છે. ચાલો, હવે આપણે આ પ્રકારની પેશી વિશે વિસ્તૃત માહિતી મેળવીએ. સંયોજક પેશીના કોષો એકબીજા સાથે ઓછા જોડાયેલા હોય છે અને આંતરકોષીય આધાર દ્રવ્ય (matrix)માં ખૂંપેલા કે ગોઠવાયેલા હોય છે. (આકૃતિ 6.10). આ આંતરકોષીય આધાર દ્રવ્ય જેલી જેવું, પ્રવાહી, ઘનતા ધરાવતું કે બરડ હોય છે. આંતરકોષીય આધારક દ્રવ્યનો સ્વભાવ, વિશિષ્ટ સંયોજક પેશીનાં કાર્યને અનુસરીને પરિવર્તનશીલ રહે છે.

પ્રવૃત્તિ 6.4

રુધિરનું એક ટીપું સ્લાઇડ પર લઈ અને તેમાં હાજર વિભિન્ન પ્રકારના કોષોને સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર વડે જુઓ.



આકૃતિ 6.10 : સંયોજક પેશીના પ્રકારો : (a) રુધિરકોષોના પ્રકારો (b) સંયુક્ત અસ્થિ પેશી (c) કાચવત્ કાસ્થિ (d) તંતુઘટક પેશી (e) મેદપૂર્ણ પેશી

રુધિરના પ્રવાહી, આંતરકોષીય આધારક દ્રવ્યના ભાગને રુધિરરસ કહે છે. (Plasma = રુધિરરસ) રુધિરરસમાં લાલ રુધિરકોષો (RBCs), શ્વેત રુધિર કોષો (WBCs) તેમજ ત્રાકકણો નિલંબિત રીતે હોય છે. રુધિરરસમાં પ્રોટીન, મીઠું (NaCl) તથા અંતઃસ્રાવો પણ હોય છે. રુધિર વાયુઓ, શરીરના પચેલા ખોરાક, અંતઃસ્રાવો અને ઉત્સર્જિત પદાર્થોને શરીરના એક ભાગથી બીજા ભાગમાં સંવહન કરે છે.

અસ્થિ, સંયોજક પેશીનું એક અન્ય ઉદાહરણ છે. તે શરીરના હાડપિંજરનું નિર્માણ કરી શરીરને આકાર આપે છે. તે સ્નાયુ પેશીઓને મદદરૂપ થાય છે અને શરીરનાં મુખ્ય અંગોને આધાર આપે છે. તે પેશી મજબૂત અને કઠણ હોય છે. (અસ્થિનાં કાર્યો માટે આ લક્ષણોનો ઉપયોગ શું છે ?) અસ્થિ કોષો આંતરકોષીય આધારક દ્રવ્યમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. જે કૅલ્શિયમ તથા ફૉસ્ફરસના બનેલા હોય છે.

બે નજીકના કે ક્રમિક અસ્થિઓ એકબીજા સાથે એક અન્ય સંયોજક પેશી દ્વારા જોડાય છે. તેને અસ્થિબંધ સ્નાયુ (અસ્થિબંધ = Ligament) કહે છે. આ પેશી ખૂબ જ સ્થિતિસ્થાપક અને નોંધનીય મજબૂતાઇ ધરાવે છે. અસ્થિબંધમાં ખૂબ જ ઓછું આંતરકોષીય આધારકદ્રવ્ય હોય છે અને અસ્થિઓને અસ્થિ સાથે જોડે છે. એક અન્ય પ્રકારની સંયોજક પેશી સ્નાયુ બંધ છે. (સ્નાયુબંધ = Tendon) જે સ્નાયુપેશી કે માંસ પેશીઓને અસ્થિઓ સાથે જોડે છે. સ્નાયુબંધ મજબૂત તથા સીમિત સ્થિતિ- સ્થાપકતાવાળી રેસામય પેશી છે.

કાસ્થિ (Cartilage) એક અન્ય પ્રકારની સંયોજક પેશી છે. જેમાં કોષો વચ્ચે પર્યાપ્ત સ્થાન હોય છે. તેનું આંતરકોષીય આધારક દ્રવ્ય પ્રોટીન અને શર્કરાનું બનેલું હોય છે. તે અસ્થિઓના સાંધાઓને લીસા બનાવે છે. કાસ્થિ, નાક, કાન, ગળું અને શ્વાસનળીમાં પણ હાજર હોય છે. આપણે કાનના કાસ્થિને વાળી શકીએ છીએ પરંતુ હાથના અસ્થિને વાળી શકતા નથી. વિચારો, આ બે પેશી કેવી રીતે ભિન્ન છે ?

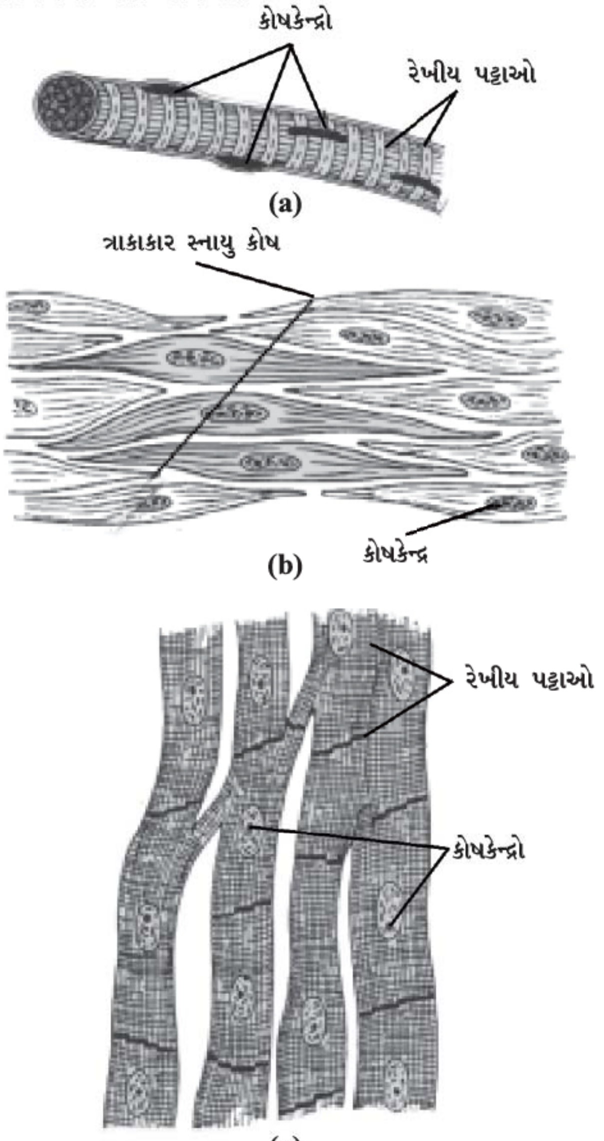
તંતુઘટક સંયોજક પેશી (Areolar connective tissue) ત્વચા અને સ્નાયુ પેશી કે માંસ પેશીઓની વચ્ચે, રુધિરવાહિનીની ચારેય તરફ ચેતાઓ અને અસ્થિમજ્જામાં જોવા મળે છે. તે અંગોની અંદરની ખાલી જગ્યાને ભરે છે કે પૂર્ણ કરે છે, આંતરિક અંગોને આધાર આપે છે અને પેશીઓના સમારકામમાં મદદરૂપ થાય છે.

આપણા શરીરમાં ચરબી (મેદ) ક્યાં સંગ્રહ પામે છે ? ચરબી કે મેદનો સંગ્રહ કરવાવાળી મેદપૂર્ણપેશી ત્વચાની નીચે આંતરિક અંગોની વચ્ચે જોવા મળે છે. આ પેશીના કોષો ચરબી કે મેદના ગોલકોથી ભરેલા હોય છે. ચરબી કે મેદનો સંગ્રહ થવાને કારણે તે ઉષ્માનિયમનનું કાર્ય પણ કરી શકે છે.

6.3.3 સ્નાયુ પેશી (Muscular tissue)

સ્નાયુપેશી લાંબા કોષોની બનેલી હોય છે જેને સ્નાયુતંતુ પણ કહે છે. આ પેશી આપણા શરીરમાં હલનચલન કે પ્રચલન માટે

જવાબદાર છે. સ્નાયુઓમાં એક વિશિષ્ટ પ્રકારનું પ્રોટીન હોય છે જેને સંકોચનશીલ પ્રોટીન કહે છે જેને લીધે સંકોચન અને શિથિલનની ગતિ થાય છે.



આકૃતિ : સ્નાયુ તંતુઓના પ્રકારો : (a) રેખીય સ્નાયુ (b) સરળ સ્નાયુ (અરેખિત સ્નાયુ) (c) હૃદ સ્નાયુ

કેટલાક સ્નાયુઓની ગતિ આપણે ઇચ્છાનુસાર કરાવી શકીએ છીએ. હાથ અને પગમાં આવેલા સ્નાયુઓને આપણે આપણી ઇચ્છાનુસાર જરૂરિયાત પ્રમાણે ગતિ કરાવી શકીએ છીએ અથવા તેની ગતિને રોકી શકીએ છીએ. આવા પ્રકારના સ્નાયુઓને ઐચ્છિક સ્નાયુ પેશી (Voluntary muscle) કહે છે. (આકૃતિ 6.11(a)) આ સ્નાયુઓને કંકાલ સ્નાયુ કે કંકાલ સ્નાયુ પેશી પણ કહે છે. કારણ કે તે મોટે ભાગે અસ્થિઓ સાથે સીધું જોડાણ ધરાવે છે અને શારીરિક ગતિશીલતા પ્રાપ્ત કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર વડે જોતાં આ સ્નાયુતંતુઓમાં આછા અને ઘેરા રંગના પટ્ટાઓ એકાંતરે રેખાઓની જેમ ગોઠવાયેલા જોવા મળે છે. આને લીધે તેને રેખિત સ્નાયુ પેશી પણ કહે છે. આ પેશીના કોષો કે તંતુઓ લાંબા, નળાકાર, અશાખિત અને બહુકોષકેન્દ્રીય હોય છે.

અન્નનળીમાં ખોરાકનું વહન કે રુધિરવાહિનીમાં રુધિર પ્રવાહનું વહન જેવું વહન ઐચ્છિક નથી. આ ગતિવિધિઓને આપણે સ્વયં સંચાલિત કરી શકતા નથી અથવા આપણે આ ગતિઓને ઇચ્છાનુસાર તે શરૂ કે બંધ કરી શકતા નથી. અરેખિત સ્નાયુપેશી (આકૃતિ 6.11(b)) અથવા અનૈચ્છિક સ્નાયુપેશી આવી ગતિ કે વહનશીલતાનું નિયંત્રણ કરે છે. તેઓ આંખની કીકી, મૂત્રવાહિની, ફેફસાંમાં શ્વાસવાહિનીઓમાં પણ જોવા મળે છે. કોષો કે તંતુઓ લાંબા અને તેમના અંતિમ છેડા સાંકડા (એટલે કે ત્રાકાકાર = Spindle Shaped) હોય છે. તેના કોષો એકકોષકેન્દ્રિય હોય છે. તેને અરેખિત સ્નાયુપેશી પણ કહે છે. તેનું નામ અરેખિત શા માટે છે ?

હૃદયના સ્નાયુઓ જીવનપર્યંત લયબદ્ધ રીતે સંકોચન અને શિથિલન કરતા રહે છે. આ અનૈચ્છિક સ્નાયુ પેશીને હૃદસ્નાયુ પેશી (Cardial) કહે છે. (આકૃતિ 6.11(c)) હૃદયના સ્નાયુતંતુઓ કે કોષો નળાકાર, શાખિત અને એકકોષકેન્દ્રિય હોય છે.

પ્રવૃત્તિ 6.5

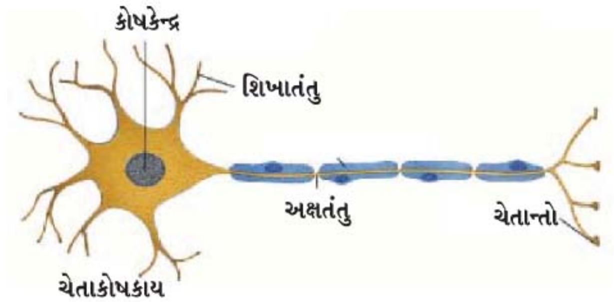
વિભિન્ન પ્રકારની સ્નાયુ પેશીઓની સંરચનાકીય તુલના કરો. તેમના આકાર, કોષકેન્દ્રોની સંખ્યા તથા કોષમાં કોષકેન્દ્રોનાં સ્થાનને કોષ્ટક 6.1માં નોંધો.

કોષ્ટક 6.1:

લક્ષણો	રેખિત સ્નાયુ	સરળ સ્નાયુ	હૃદ સ્નાયુ
આકાર			
કોષકેન્દ્રોની સંખ્યા			
કોષકેન્દ્રોનાં સ્થાન			

6.3.4 ચેતાપેશી (Nervous tissue)

બધા જ કોષોમાં ઉત્તેજનાને અનુરૂપ પ્રતિચાર આપવાની ક્ષમતા હોય છે. જોકે ચેતાપેશીના કોષો ખૂબ જ ત્વરિત ઉત્તેજિત થાય છે અને આ ઉત્તેજના ખૂબ જ ઝડપથી સમગ્ર શરીરમાં એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યા સુધી પહોંચાડે છે. મગજ કે મસ્તિષ્ક, કરોડરજ્જુ અને ચેતાઓ આ બધી જ રચના ચેતાપેશીની બનેલી હોય છે. ચેતાપેશીના કોષોને ચેતાકોષો કહેવાય છે. (ચેતાકોષ = Neuron or Nerve cell). ચેતાકોષમાં કોષકેન્દ્ર અને કોષરસ એટલે કે ચેતારસ હોય છે. તેમાંથી (ચેતાકોષમાંથી) લાંબા, પાતળા વાળ જેવી શાખાઓ નીકળતી હોય છે. (આકૃતિ 6.12) સામાન્ય રીતે પ્રત્યેક ચેતાકોષમાં આવી જ રીતે એક લાંબો પ્રવર્ધ હોય છે જેને અક્ષતંતુ (Axon) કહે છે અને ખૂબ જ નાની શાખાઓ ધરાવતા પ્રવર્ધને શિખાતંતુ (Dendrite) કહે છે. એક ચેતાકોષ 1 મીટર સુધી લાંબો હોઈ શકે છે. ઘણા બધા ચેતાતંતુઓ સંયોજક પેશી દ્વારા એકબીજા સાથે જોડાઈને એક ચેતાનું નિર્માણ કરે છે.



આકૃતિ 6.12 : ચેતાપેશીનો એકમ – ચેતાકોષ

ચેતાતંતુમાંથી પસાર થતી સંવેદનાને ઉર્મિવેગ કહે છે. ચેતાના સ્પંદન કે ઊર્મિવેગ આપણને ઇચ્છાનુસાર આપણા સ્નાયુઓના હલનચલનમાં મદદરૂપ થાય છે. ચેતા તેમજ સ્નાયુ પેશીઓનું કાર્યાત્મક સંયોજન સામાન્ય રીતે બધા જ સજીવોમાં પાયારૂપ છે, તેની સાથે, તે સંયોજન ઉત્તેજનાને અનુલક્ષીને પ્રાણીઓને ઝડપી ગતિશીલતા આપે છે.

પ્રશ્નો :

1. એવી પેશીનું નામ આપો કે જે આપણા શરીરને ગતિ આપવા માટે જવાબદાર છે.
2. ચેતાકોષ દેખાવમાં કેવો લાગે છે ?
3. હદ સ્નાયુપેશીનાં ત્રણ લક્ષણો આપો.
4. તંતુઘટક પેશીનાં કાર્યો કયાં છે ?

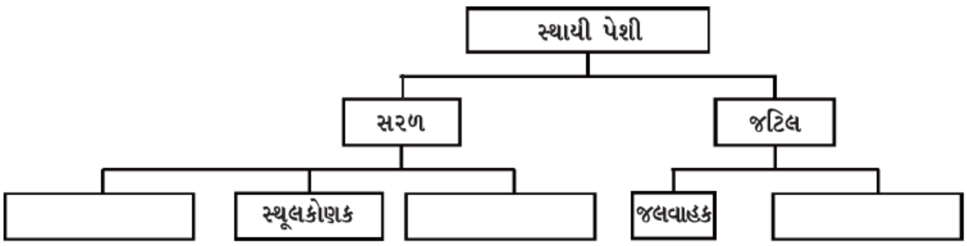
તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- પેશીકોષોનો સમૂહ હોય છે, જેમાં કોષોની સંરચના અને કાર્ય એકસમાન હોય છે.
- વનસ્પતિ પેશી બે પ્રકારની હોય છે : વર્ધનશીલ પેશી અને સ્થાયી પેશી.
- વર્ધનશીલ પેશી વિભાજન પામતી પેશી છે અને તે વનસ્પતિઓના વૃદ્ધિ પામતાં પ્રદેશોમાં જોવા મળે છે.
- સ્થાયી પેશી, વર્ધનશીલ પેશીમાંથી બને છે, જે એકવાર વિભાજન પામવાની ક્ષમતા ગુમાવી દે છે. તેઓને સરળ અને જટિલ સ્થાયી પેશીઓમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.
- મૃદુત્તક, સ્થૂલકોણક અને દૃઢોત્તક, સરળ પેશીના આ ત્રણ પ્રકારો છે. જલવાહક અને અન્નવાહક, જટિલ સ્થાયી પેશીના પ્રકારો છે.
- અધિચ્છદ પેશી, સ્નાયુપેશી, સંયોજક પેશી અને ચેતાપેશી પ્રાણીપેશીઓ છે.
- સંરચના અને કાર્યને આધારે અધિચ્છદ પેશીને લાદીસમ, ઘનાકાર, સ્તંભાકાર, પક્ષ્મલ અને ગ્રંથીય પેશીઓમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.
- આપણા શરીરમાં સંયોજક પેશીના વિભિન્ન પ્રકારો છે : તંતુઘટક પેશી, મેદપૂર્ણ પેશી, અસ્થિપેશી, અસ્થિબંધ, સ્નાયુબંધ, કાસ્થિપેશી અને રુધિરપેશી.
- સ્નાયુપેશીના ત્રણ પ્રકારો છે : રેખિત સ્નાયુપેશી, અરેખિત સ્નાયુપેશી, અને હૃદ સ્નાયુપેશી.
- ચેતાપેશી ચેતાકોષોની બનેલી હોય છે, જે સંવેદનાને પ્રાપ્ત કરીને તેનું સંચાલન કરે છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. પેશીની વ્યાખ્યા આપો.
2. કેટલા પ્રકારના એકમો મળીને જલવાહક પેશીનું નિર્માણ થાય છે ? તેમનાં નામ આપો.
3. વનસ્પતિઓમાં સરળ સ્થાયી પેશી અને જટિલ સ્થાયી પેશી કેવી રીતે ભિન્નતા દર્શાવે છે ?
4. કોષદીવાલને આધારે મૃદુત્તક પેશી, સ્થૂલકોણક પેશી અને દઢોત્તક પેશી વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો.
5. રંધ્ર કે વાયુરંધ્રનું કાર્ય શું છે ?
6. ત્રણેય પ્રકારના સ્નાયુતંતુઓની આકૃતિ દોરી, તેમની વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો.
7. હૃદ સ્નાયુપેશીનું વિશેષ કાર્ય શું છે ?
8. રેખિત, અરેખિત અને હૃદ સ્નાયુપેશીમાં, શરીરમાં સ્થાયી કાર્ય અને સ્થાનના આધાર પર ભેદ સ્પષ્ટ કરો.
9. ચેતાકોષના એક લક્ષણ સાથેની આકૃતિ દોરો.
10. નીચે આપેલાનાં નામ લખો :
    (a) પેશી કે જે મોંની અંદરના અસ્તરનું નિર્માણ કરે છે.
    (b) પેશી કે જે મનુષ્યમાં સ્નાયુઓને અસ્થિ સાથે જોડે છે.
    (c) પેશી કે જે વનસ્પતિઓમાં ખોરાકનું સંવહન કરે છે.
    (d) પેશી કે જે આપણા શરીરમાં ચરબીનો સંચય કરે છે.
    (e) તરલ આંતરકોષીય આધારક દ્રવ્ય સહિત સંયોજક પેશી છે.
    (f) મગજ કે મસ્તિષ્કમાં આવેલી પેશી.
11. નીચે આપેલામાં પેશીના પ્રકારને ઓળખો :
    ત્વચા, વનસ્પતિની છાલ અસ્થિ, મૂત્રપિંડનલિકાનું અસ્તર, વાહીપુલ
12. મૃદુત્તક પેશી કયા પ્રદેશમાં હોય છે ?
13. વનસ્પતિઓમાં અધિસ્તરની ભૂમિકા શું છે ?
14. છાલ કેવી રીતે રક્ષણાત્મક પેશીના રૂપમાં કાર્ય કરે છે ?
15. નીચે આપેલી ખાલી જગ્યા પૂરો :



પ્રકરણ 7

સજીવોમાં વિવિધતા (Diversity in Living Organisms)

શું તમે કદી વિચાર્યું છે કે, આપણી ચારેય બાજુએ કેટલા પ્રકારના સજીવ સમૂહ જોવા મળે છે ? પ્રત્યેક સજીવો એકબીજાથી ઓછા કે વધતા અંશે ભિન્નતા ધરાવે છે. જાણકારી માટે તમે તમારી જાતને અને તમારા એક મિત્રને વિચારો.

- શું બંનેની ઊંચાઈ એકસરખી છે ?
- શું તમારું નાક, તમારા મિત્રના નાક જેવું જ છે ?
- શું તમારી અને તમારા મિત્રની હથેળીનો આકાર એક સમાન છે ?

જો આપણે, આપણી અને આપણા મિત્રની તુલના કોઈ વાનર સાથે કરીએ તો આપણે શું કહીશું ? નિશ્ચિતપણે, આપણા અને આપણા મિત્રની અને વાનર વચ્ચે ઘણી સમાનતાઓ છે; પરંતુ જો આપણે આપણી તુલના ગાય અને વાનર બંને સાથે કરીએ તો ગાય કરતાં વાનર સાથેની સમાનતા આપણને વધારે જોવા મળે છે.

પ્રવૃત્તિ _______________ 7.1

- આપણે દેશી અને જર્શી ગાય વિશે સાંભળેલું છે.
- શું એક દેશી ગાય, જર્શી ગાય જેવી દેખાય છે ?
- શું બધી જ દેશી ગાય એક જેવી દેખાય છે ?
- શું આપણે દેશી ગાયોના સમૂહમાં જર્શી ગાયને ઓળખી શકીએ છીએ ?
- ઓળખવા માટેનો આપણો આધાર શું હોય છે ?

આ પ્રવૃત્તિમાં આપણે એ નક્કી કરવાનું છે કે ઇચ્છિત સમૂહના સજીવોને માટે કયા વિશિષ્ટ લક્ષણો વધુ મહત્ત્વપૂર્ણ છે ? ત્યાર બાદ આપણે એ પણ નક્કી કરીશું કે કયાં લક્ષણોની અવગણના કરી શકાય તેમ છે.

હવે, પૃથ્વી પર રહેવાવાળા સજીવોના વિભિન્ન સમૂહોને માટે વિચારો. આપણે એક બાજુ જ્યાં સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર વડે જોઈ શકાય તેવા બૅક્ટેરિયા, જેમનું કદ કેટલાક જ માઇક્રોમીટર હોય છે, ત્યાં બીજી બાજુ 30 મીટર લાંબી બ્લ્યુ વહેલ (Blue Whale) કે કેલિફોર્નિયામાં 100 મીટર ઊંચા રેડવુડ (Red Wood) વૃક્ષો પણ મળી આવે છે. કેટલાક પાઇનનાં વૃક્ષ હજારો વર્ષ સુધી જીવિત રહે છે. જોકે કેટલાક મચ્છર જેવા કીટકનો જીવનકાળ કેટલાક જ દિવસોનો હોય છે. જૈવવિવિધતા રંગહીન જીવો, પારદર્શી કીટકો અને વિવિધ રંગવાળાં પક્ષીઓ અને પુષ્પોમાં પણ જોવા મળે છે.

આપણી ચારેય બાજુએ, આ અમાપ વિભિન્નતાનો વિકાસ થવા માટે લાખો વર્ષનો સમય લાગ્યો છે. આ બધા સજીવોને જાણવા માટે અને સમજવા માટે આપણી પાસે ખૂબ જ ઓછો સમયગાળો છે, તેથી તેના માટે એક-એક કરીને વિચાર કરી શકતાં નથી. તેને સ્થાને આપણે સજીવોની સમાનતાનો અભ્યાસ કરીશું, જેથી આપણે તેઓને વિભિન્ન વર્ગોમાં મૂકી શકીશું, પછી વિભિન્ન વર્ગો કે સમૂહોનો અભ્યાસ કરીશું.

સજીવનાં આ વિભિન્ન સ્વરૂપોની વિભિન્નતાનો અભ્યાસ કરવા માટે તેઓના અનુરૂપ સમૂહ બનાવવાના માટે આપણે સુનિશ્ચિત કરવું પડશે કે તે કયાં વિશિષ્ટ લક્ષણ છે કે જે સજીવોમાં નૈસર્ગિક ભિન્નતા ઉત્પન્ન કરે છે ? આનાથી સજીવોના મુખ્ય વ્યાપક સમૂહો નક્કી થશે. આ સમૂહોમાંથી નાના સમૂહો ઓછા મહત્ત્વના લક્ષણોને આધારે નક્કી કરી શકાય.

પ્રશ્નો :

1. આપણે સજીવોનું વર્ગીકરણ શા માટે કરીએ છીએ ?
2. આપણી ચારેય બાજુએ ફેલાયેલાં સજીવસ્વરૂપોની ભિન્નતાનાં ત્રણ ઉદાહરણો આપો.

7.1 વર્ગીકરણનો આધાર શું છે ? (What is the Basis of Classification ?)

સજીવોના સમૂહોના વર્ગીકરણનો પ્રયાસ પ્રાચીન સમયથી થતો રહ્યો છે. ગ્રીક તત્ત્વચિંતક એરિસ્ટોટલે સજીવોનું વર્ગીકરણ તેમના જમીન, પાણી કે હવામાં નિવાસને આધારે કર્યું હતું. તે સજીવને ઓળખવાનો ખૂબ જ સરળ; પરંતુ ભ્રામક રસ્તો છે. (Corals)

ઉદાહરણ તરીકે, સમુદ્રોમાં રહેવાવાળા સજીવો, જેવા કે પ્રવાળ (Corals), વહેલ, ઑક્ટોપસ, સ્ટારફિશ (તારામાછલી) અને શાર્ક તે કોઈ પણ રીતે એકબીજાથી ખૂબ જ ભિન્ન છે. આ બધામાં એક માત્ર સમાનતા તેમનાં નિવાસસ્થાનની છે. એના જ આધારે સજીવો વિશે વિચારવા અને અભ્યાસ કરવા માટે તેમને સમૂહોમાં વહેંચવામાં યોગ્ય નથી.

એટલા માટે આપણે હવે તે નિર્ણય કરવાનો છે કે કયાં વિશિષ્ટ લક્ષણોના આધારે મોટા વર્ગનું નિર્માણ કરી શકાય ? ત્યાર બાદ આપણે અન્ય લક્ષણોના આધારે કોઈક વર્ગને ઉપસમૂહોમાં વર્ગીકૃત કરી શકીએ. આ રીતે દરેક વર્ગમાં વર્ગીકરણની ક્રિયા નવા લક્ષણોને ધ્યાનમાં રાખીને અમલમાં મૂકી શકીએ છીએ.

આ વિષયમાં આગળ વધતાં પહેલાં આપણે લક્ષણોના અર્થને સમજવા પડશે. જ્યારે આપણે કોઈ પણ સજીવને વિવિધ સમૂહમાં વર્ગીકૃત કરીએ ત્યારે સૌથી પહેલાં આપણે એ જાણવું જરૂરી બને કે આ સમૂહના સભ્યોમાં કઈ-કઈ સમાનતાઓ છે ? જેના આધારે કેટલાક સજીવોને એકસાથે રાખી શકાય છે. વાસ્તવમાં આ તેમનું લક્ષણ અને વર્તણૂક હોય છે અથવા આપણે એમ કહી શકીએ કે તે સજીવોનું સ્વરૂપ અને કાર્ય હોય છે.

કોઈ પણ સજીવની લાક્ષણિકતા, તે સજીવનું કોઈ વિશિષ્ટ સ્વરૂપ અથવા વિશિષ્ટ કાર્ય છે. હાથમાં પાંચ આંગળીઓ હોય છે; જે એક લક્ષણ છે. તેવી જ રીતે આપણી દોડવાની ક્ષમતા છે અને વડના વૃક્ષની દોડવાની ક્ષમતા હોતી નથી, તે પણ એક લક્ષણ છે.

હવે, આપણે જોઈશું કે કેટલાંક લક્ષણોને કેવી રીતે અન્યની તુલનામાં વધારે પાયાનાં લક્ષણોના સ્વરૂપમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. આપણે વિચાર કરીએ કે, એક પથ્થરની દીવાલ કેવી રીતે બને છે ? દીવાલમાં ઉપયોગમાં લેવાયેલા પથ્થર વિભિન્ન આકાર-કદના હોય છે. અહીંયાં ધ્યાન રાખવા જેવી બાબત એ છે કે ઉપરની તરફ મૂકેલા પથ્થરોના આકાર અને કદ નીચેના પથ્થરોને પ્રભાવિત કરતા નથી; પરંતુ નીચલા સ્તરના પથ્થરોના આકાર એમની ઉપરવાળા પથ્થરોના આકાર પર ચોક્કસ પ્રભાવ પાડે છે.

અહીં સૌથી નીચેના સ્તરના પથ્થરની જેમ સજીવોના એવાં લક્ષણોને લેવામાં આવે કે જે સજીવોના મોટા ભાગના વર્ગને નિર્ધારિત કરે છે. તે લક્ષણ સજીવના બીજા કોઈ પણ સંરચનાત્મક તથા ક્રિયાત્મક લક્ષણથી સ્વતંત્ર હોય છે; પરંતુ તેના પછીના સ્તરનાં લક્ષણ પહેલાં સ્તરનાં લક્ષણ પર તો નિર્ભર હોય છે તેમજ તેના પછીના સ્તરના પ્રકારને નિર્ધારિત કરે છે. બિલકુલ તેવી જ રીતે આપણે સજીવોને વર્ગીકરણ માટે પરસ્પર સંબંધિત લક્ષણોના એક અનુક્રમ બનાવી શકીએ.

સાંપ્રત દિવસોમાં આપણે સજીવોનાં વર્ગીકરણ માટે કોષની પ્રકૃતિથી શરૂઆત કરીને ભિન્ન આંતર-સંબંધિત લક્ષણોને દૃષ્ટિગોચર કરીએ છીએ. ઉદ્‌વિકાસીય વર્ગીકરણ માટે આવી લાક્ષણિકતાનાં કેટલાંક સચોટ ઉદાહરણો શું છે ? ચાલો, આપણે એવાં લક્ષણો પર ધ્યાન આપીએ.

- એક સુકોષકેન્દ્રી કોષમાં કેન્દ્ર સહિત કેટલીક પટલીય અંગિકાઓ હોય છે. જેનાં કારણે કોષીય ક્રિયા અલગ-અલગ કોષોમાં ક્ષમતાપૂર્વક થાય છે. આ જ કારણ છે કે જે કોષોમાં પટલયુક્ત અંગિકાઓ અને કોષકેન્દ્ર ન હોય તેની જૈવરાસાયણિક પથ ભિન્ન હોય છે. આની અસર કોષની સંરચનાનાં બધાં જ પાસાંઓ પર પડે છે. આ ઉપરાંત કોષકેન્દ્રયુક્ત કોષોમાં બહુકોષીય સજીવના નિર્માણની ક્ષમતા હોય છે. કારણ કે તેઓ કોઈ ખાસ કાર્યો માટે વિશિષ્ટીકરણ પામી શકે છે. આથી જ કોષકેન્દ્ર વર્ગીકરણનું આધારભૂત લક્ષણ છે.
- પ્રશ્ન એ થાય છે કે શું કોષો એકલા મળી આવે છે ? અથવા શું એકસાથે સમૂહોમાં કોષો મળી આવે છે ? અથવા શું કોષો અવિભાજ્ય સમૂહમાં મળી આવે છે ? જો કોષો એકસાથે સમૂહ બનાવી કોઈ એક સજીવનું નિર્માણ કરે છે, તો તેમાં શું શ્રમવિભાજન જોવા મળે છે ? શારીરિક રચનામાં બધા જ કોષો એકસરખા હોતા નથી; પરંતુ કોષોનો સમૂહ કેટલાંક વિશિષ્ટ કાર્યો માટે વિશિષ્ટીકરણ પામેલા હોય છે. આ જ કારણને લીધે સજીવોની શારીરિક રચનામાં વધારે પડતી ભિન્નતા હોય છે. આના પરિણામ સ્વરૂપે આપણે જાણી શકીએ છીએ કે, એક અમીબા અને એક કૃમિની શરીરરચનામાં કેટલી ભિન્નતા હોય છે ?
- શું સજીવ, પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા દ્વારા પોતાનો ખોરાક પોતાની જાતે બનાવે છે ? પોતાની જાતે ખોરાક બનાવવાની ક્ષમતા રાખવાવાળા સજીવો અને બહારથી ખોરાક પ્રાપ્ત કરવાવાળા સજીવોની શારીરિક રચનામાં ભિન્નતા જોવા મળે છે.
- જે સજીવો પ્રકાશસંશ્લેષણ કરે છે, તેઓને વનસ્પતિઓ કહે છે. વનસ્પતિઓનું શારીરિક ગઠન કયા સ્તરનું થાય છે ?
- તેવી જ રીતે પ્રાણીઓમાં કેવી રીતે શરીર વિકાસ પામે છે અને શરીરનાં વિભિન્ન અંગ કેવી રીતે બને છે ? આ ઉપરાંત ભિન્ન કાર્યો માટે કયાં વિશિષ્ટ અંગો છે ?

આવા થોડાક પ્રશ્નોના માધ્યમથી આપણે જાણી શકીએ કે કેવી રીતે ભિન્ન લક્ષણોને અનુક્રમિત કરી શકાય. વર્ગીકરણ માટે વનસ્પતિઓના દેહનાં લક્ષણ પ્રાણીઓના લક્ષણથી ભિન્ન છે. આનું કારણ એ છે કે વનસ્પતિઓના દેહમાં ખોરાક બનાવવાની ક્ષમતા અનુસાર વિકાસ થાય છે. જ્યારે પ્રાણીઓને તેમના દેહની બહારથી ખોરાક ગ્રહણને અનુસરીને વિકાસ થાય છે. આ જ લક્ષણ (જેમકે હાડપિંજર હોવું) વર્ગીકરણ દરમિયાન ઉપસમૂહ અને ત્યાર બાદ મોટા સમૂહોના વિભાજન કરવા માટે મૂળભૂત આધાર બને છે.

પ્રશ્નો :

1. સજીવોના વર્ગીકરણ માટે સૌથી વધારે મૂળભૂત લક્ષણ કયું હોઈ શકે છે ? શા માટે ?
   (a) તેમનાં નિવાસસ્થાન
   (b) તેમની કોષીય સંરચના
2. સજીવોના પ્રારંભિક વિભાજન માટે કયા મૂળભૂત લક્ષણને આધાર ગણવામાં આવ્યો છે ?
3. કયા લક્ષણને આધારે પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓને એકબીજાથી ભિન્ન વર્ગમાં મૂકવામાં આવે છે ?

7.2 વર્ગીકરણ અને ઉદ્વિકાસ (Classification and Evolution)

બધા સજીવોને તેમની શરીરરચના અને કાર્યને આધારે ઓળખી શકાય છે અને તેમનું વર્ગીકરણ પણ કરી શકાય છે. શરીરની રચનાના બંધારણનાં કેટલાંક લક્ષણ અન્ય લક્ષણોની તુલનામાં વધારે પરિવર્તન લાવે છે. તેમાં સમયની પણ ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા હોય છે. છેવટે જ્યારે કોઈ શરીરરચના અસ્તિત્વમાં આવે છે ત્યારે શરીરમાં પછીથી થવાના હોય તેવાં કેટલાંક પરિવર્તનોને અસર પહોંચાડે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો શરીરરચના દરમિયાન જે લક્ષણ પહેલાં જોવા મળે છે, તેને મૂળભૂત લક્ષણના સ્વરૂપમાં માનવામાં આવે છે.

આના પરથી એ ખ્યાલ આવે છે કે, સજીવોના વર્ગીકરણનો સજીવોના ઉદ્વિકાસ સાથે કેટલો નજીકનો સંબંધ છે ? સજીવોનો ઉદ્વિકાસ શું છે ? આપણે જેટલા પણ સજીવોને જોઈએ છીએ તેઓ બધા જ નિરંતર આવનારાં પરિવર્તનોની એ પ્રક્રિયાનું સ્વાભાવિક પરિણામ છે જે તેમના અસ્તિત્વ માટે આવશ્યક છે. સજીવના ઉદ્વિકાસની આ પૂર્વધારણાને સૌથી પહેલાં ચાર્લ્સ ડાર્વિને (Chales Darwin) 1859માં તેમના પુસ્તક "The Origin of Species" માં આપી હતી.

સજીવના ઉદ્વિકાસની આ પૂર્વધારણાને વર્ગીકરણની સાથે જોડીને જોતાં આપણને જાણવા મળે છે કે કેટલાક સજીવસમૂહોની શરીરરચનામાં પ્રાચીન સમયથી લઈને આજ સુધીમાં કોઈ ખાસ પરિવર્તન થયું નથી; પરંતુ કેટલાક સજીવસમૂહોની શરીરરચનામાં પર્યાપ્ત પરિવર્તન જોવા મળે છે. પહેલા પ્રકારના સજીવોને આદિ અથવા નિમ્ન સજીવ કહે છે, જ્યારે બીજા પ્રકારના સજીવોને શ્રેષ્ઠ કે ઉચ્ચ સજીવ કહે છે; પરંતુ આ શબ્દ યોગ્ય નથી. કારણ કે, તેનાથી તેઓની ભિન્નતાઓનો વ્યવસ્થિત ખ્યાલ આવતો નથી. તેને સ્થાને આપણે તેઓ માટે જૂના સજીવો કે પ્રાચીન સજીવો અને નવા સજીવો શબ્દનો ઉપયોગ કરી શકીએ છીએ. જોકે ઉદ્વિકાસ દરમિયાન સજીવોમાં જટિલતા પ્રવેશવાની સંભાવના હોય છે. એટલા માટે જૂના સજીવોને સાધારણ કે સામાન્ય અને નવા સજીવોને અપેક્ષા પ્રમાણેના જટિલ સજીવો પણ કહેવામાં આવે છે.

વધારે જાણવા જેવું

જૈવવિવિધતાનો અર્થ એ છે કે, ભિન્ન સજીવ સ્વરૂપોમાં જોવા મળતી વિવિધતા. આ શબ્દ કોઈ વિશિષ્ટ ક્ષેત્ર કે પ્રદેશમાં મળી આવતા સજીવ સ્વરૂપોને નિર્દેશિત કરે છે. આ ભિન્ન સજીવ ન તો માત્ર એક સમાન પર્યાવરણમાં રહે છે; પરંતુ એક-બીજાને પ્રભાવિત પણ કરે છે. આના પરિણામરૂપે ભિન્ન પ્રજાતિઓનો સ્થાયી સમુદાય અસ્તિત્વમાં આવે છે. આધુનિક સમયમાં માનવે આ સમુદાયનાં સંતુલનને બદલવામાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા ભજવેલી છે. વાસ્તવમાં કોઈ પણ સમુદાયની વિવિધતા ભૂમિ, પાણી, આબોહવા જેવી કેટલીયે બાબતોથી અસર (નુકસાન) પામે છે. એક મોટા અનુમાન પ્રમાણે, પૃથ્વી પર સજીવોની આશરે 1 કરોડ પ્રજાતિઓ મળી આવે છે. જોકે આપણને માત્ર 10 લાખ કે 20 લાખ પ્રજાતિઓ વિશેની જ જાણકારી છે. પૃથ્વી પર કર્કવૃત્ત રેખા અને મકરવૃત્ત રેખાની વચ્ચેના પ્રદેશોમાં જ્યાં તાપમાન અને ઠંડકવાળા ભાગો કે પ્રદેશો છે, ત્યાં વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં ખૂબ જ વિવિધતા જોવા મળે છે તેમજ આ ક્ષેત્ર કે પ્રદેશને વધુ વિવિધતા ધરાવતા પ્રદેશો કે ક્ષેત્રો તરીકે ઓળખાય છે. પૃથ્વી પર જૈવવિવિધતાનો અડધાથી વધારે ભાગ કેટલાક દેશોમાં છે જેવા કે બ્રાઝિલ, કોલંબિયા, ઈક્વાડોર, પેરૂ, મેક્સિકો, ઝાયરે (Zaire), મડાગાસ્કર, ઑસ્ટ્રેલિયા, ચીન, ભારત, ઈન્ડોનેશિયા અને મલેશિયામાં કેન્દ્રિત થયેલ છે.

પ્રશ્નો :

1. આદિમાનવ કોને કહે છે ? તે કહેવાતા ઉચ્ચ સજીવોથી કેવી રીતે ભિન્નતા ધરાવે છે ?
2. શું ઉચ્ચ સજીવ અને જટિલ સજીવ એક જેવાજ હોય છે ? શા માટે ?

7.3 વર્ગીકરણ સમૂહોની પદાનુક્રમિત સંરચના (The Hierarchy of Classification Groups)

અર્નેસ્ટ હેકેલ (Ernst Haeckel) (1894), રોબર્ટ વ્હીટેકર (Robert Whittaker) (1959) અને કાર્લ વ્હૂઝ (Carl Woese) (1977) નામના જીવવૈજ્ઞાનિકોએ બધા સજીવોને સૃષ્ટિ (Kingdom) નામના વ્યાપક વર્ગમાં વિભાજિત કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે. વ્હીટેકર દ્વારા રજૂ થયેલી વર્ગીકરણ પદ્ધતિમાં પાંચ સૃષ્ટિ છે – મોનેરા (Monera), પ્રોટિસ્ટા (Protista), ફૂગ (Fungi), વનસ્પતિ સૃષ્ટિ (Plantae) અને પ્રાણી સૃષ્ટિ (Anemalia). આ સમૂહ કોષીય સંરચના, પોષણનો સ્રોત અને શરીર આયોજન અને પોષણ મેળવવાની પદ્ધતિને આધારે બનાવાયા હતા. વ્હૂઝે (Woese) તેમના વર્ગીકરણમાં મોનેરા સૃષ્ટિને આર્કિઓ બૅક્ટેરિયા અને યુબૅક્ટેરિયામાં વહેંચી છે, તેને પણ ઉપયોગમાં લેવાય છે. ફરીથી ભિન્ન સ્તરોમાં સજીવોને ઉપસમૂહોમાં વર્ગીકૃત કરાય છે. જેમકે,

સૃષ્ટિ (Kingdom)

સમુદાય (Phylum-ફાઇલમ) (પ્રાણીઓ માટે)/વિભાગ (Division) (વનસ્પતિઓ માટે)

વર્ગ (Class)

ગોત્ર (Order)

કુળ (Family)

પ્રજાતિ (Genus)

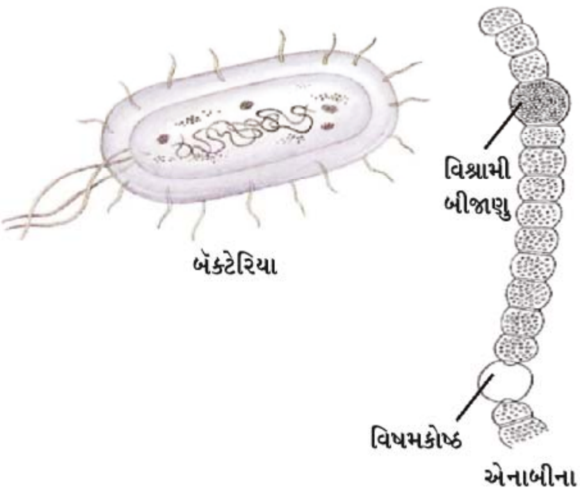
જાતિ (Species)

આ રીતે, વર્ગીકરણના સ્તરોમાં સજીવોનાં વિભિન્ન લક્ષણોને આધારે નાનામાં નાના સમૂહોમાં વહેંચાતા જતાં આપણે વર્ગીકરણના નાનામાં નાના એકમ સુધી પહોંચી શકીએ. વર્ગીકરણનો સૌથી નાનામાં નાનો એકમ જાતિ (Species) છે. અલબત્ત આપણે કયા સજીવોને એક જ જાતિના સજીવો કહીએ ? વિશાળ અર્થમાં એક જાતિના એવા તમામ સજીવોનો સમાવેશ થાય છે જેઓ પ્રજનન કરીને પેઢીને આગળ વધારી શકે છે. (શાશ્વત રહી શકે છે.)

વ્હીટેકર દ્વારા રજૂ થયેલ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણની પાંચ મુખ્ય સૃષ્ટિઓની વિશેષતાઓ નીચે વર્ણવેલી છે :

7.3.1 મોનેરા (Monera)

આ સજીવોમાં સુયોજિત કોષકેન્દ્ર કે અંગિકાઓ હોતી નથી અને ના તો તેમનાં શરીર બહુકોષીય હોય છે. અન્ય રીતે જોતાં તેમાં જોવા મળતી વિવિધતા અન્ય લક્ષણો પર નિર્ભર કરે છે. તેઓમાં કેટલાકમાં કોષદીવાલ જોવા મળે છે જ્યારે કેટલાકમાં કોષદીવાલ નથી. બહુકોષીય સજીવોમાં કોષદીવાલ હોવી કે ન હોવી તેની વિપરિત અસર તેઓની શરીર રચના પર થતી નથી. કેટલાંક સજીવો પોતાનો ખોરાક જાતે બનાવે છે (સ્વયંપોષી) અથવા કેટલાંક પર્યાવરણમાંથી મેળવે છે. (પરપોષી). ઉદાહરણો : બૅક્ટેરિયા (જીવાણુ) નીલહરિત લીલ અથવા સાયનોબૅક્ટેરિયા, માઇકોપ્લાઝમા. કેટલાંક ઉદાહરણને આકૃતિ 7.1માં દર્શાવેલા છે.



આકૃતિ 7.1 : મોનેરા

7.3.2 પ્રોટિસ્ટા (Protista)

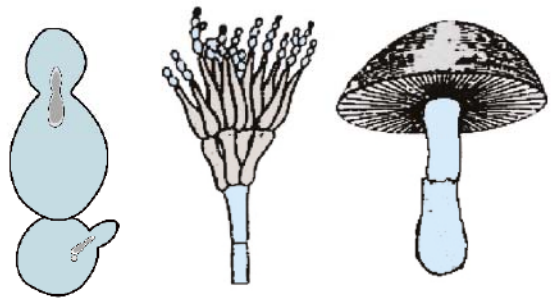
આ સમૂહ કે જૂથમાં એકકોષીય ઘણા પ્રકારના સુકોષકેન્દ્રિય સજીવોનો સમાવેશ થાય છે. આ વર્ગના કેટલાક સજીવોમાં પ્રચલન માટે પક્ષ્મો, કશા નામની રચનાઓ જોવા મળે છે. તેઓ સ્વયંપોષી તેમજ વિષમપોષી બંને પ્રકારના હોય છે. ઉદાહરણો : એકકોષીય લીલ, ડાયેટમ્સ (દ્વિઅણુ), પ્રોટોઝોઆ (પ્રજીવ) વગેરે. ઉદાહરણો માટે આકૃતિ 7.2 જુઓ.

બૃહદ કોષકેન્દ્ર
લઘુ કોષકેન્દ્ર
ઉત્સર્ગદ્રવ્યો
પેરામિશિયમ
કોષકેન્દ્ર
અમીબા
કશા (લાંબી)
કોષકેન્દ્ર
યુગ્લીના

આકૃતિ 7.2 : પ્રજીવો

7.3.3 ફૂગ (*Fungi*-ફંગાઈ)

આ વિષમપોષી યુકેરિયોટિક સજીવ છે. તેઓ સડેલા કાર્બનિક પદાર્થોનો પોષણ માટે ઉપયોગ કરે છે. તેથી તેઓને મૃતજીવી પણ કહે છે. અન્ય કેટલાકને ખોરાક માટે યજમાન સજીવના જીવંત કોષરસની આવશ્યકતા હોય છે. તેઓને પરોપજીવીઓ કહે છે. તેઓમાંની ઘણીબધી ફૂગ તેમના જીવનની વિશેષ અવસ્થામાં બહુકોષીય ક્ષમતા પ્રાપ્ત કરી લે છે. ફૂગની કોષદીવાલમાં કાઇટીન નામની જટિલ શર્કરા જોવા મળે છે. ઉદાહરણો : યીસ્ટ, મશરૂમ (એગેરિક્સ) (ઉદાહરણો માટે જુઓ આકૃતિ 7.3.)



આકૃતિ 7.3 : ફૂગ

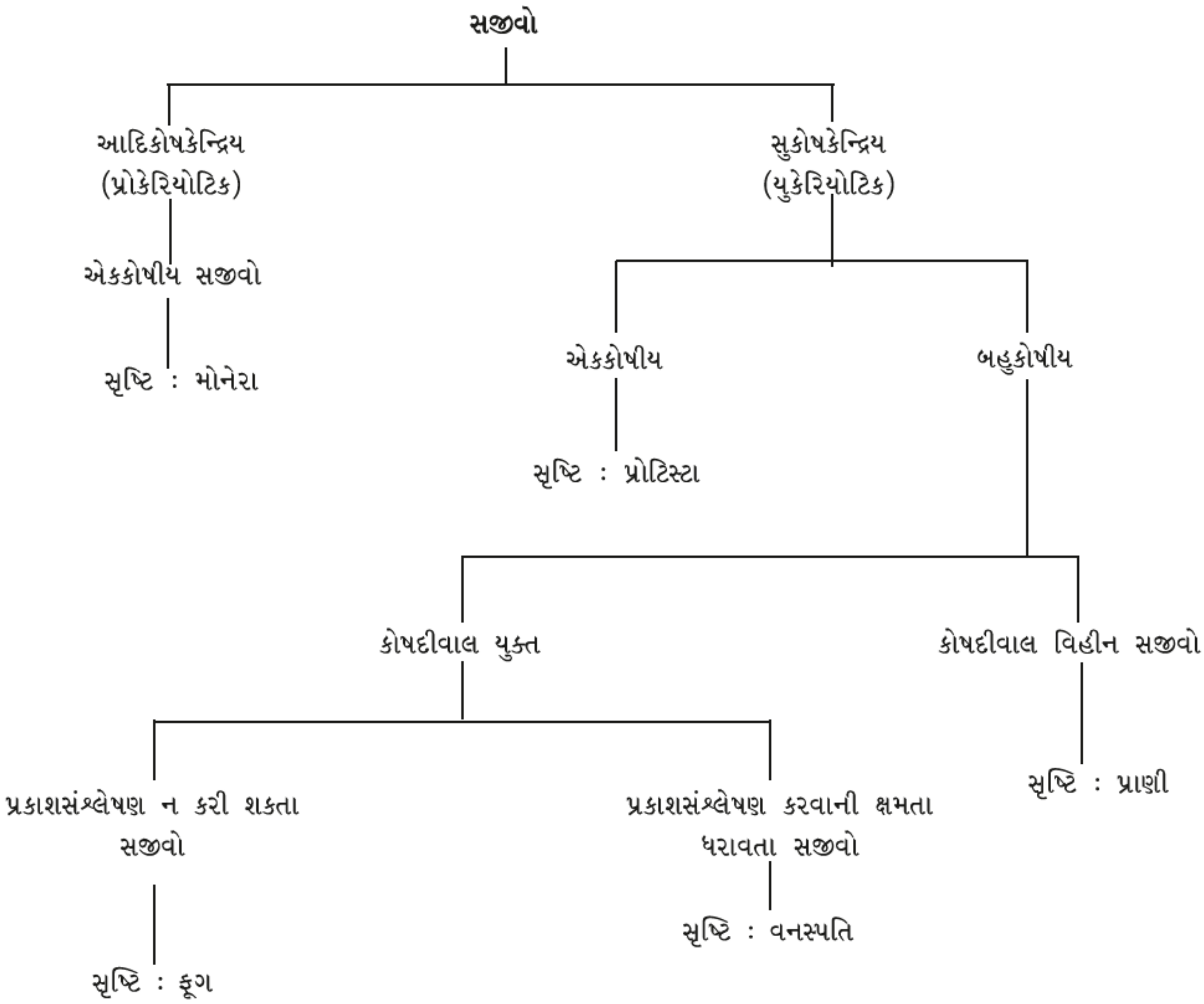
કેટલીક ફૂગની જાતિઓ નીલહરિત લીલ (સાયનો બૅક્ટેરિયા)ની સાથે સ્થાયી આંતરસંબંધ ધરાવે છે, જેને સહજીવન કહે છે. આવા સહજીવી સજીવોને લાઇકેન કહે છે. તે લાઇકેન્સ મોટે ભાગે વૃક્ષોની છાલ પર રંગીન ધબ્બાઓ સ્વરૂપમાં જોવા મળે છે.

7.3.4 વનસ્પતિ સૃષ્ટિ (*Plantae*-પ્લાન્ટી)

આ વર્ગમાં કોષદીવાલ ધરાવતા બહુકોષીય સુકોષકેન્દ્રીય (યુકેરિયોટિક) સજીવો આવે છે. તેઓ સ્વયંપોષી છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણના માટે હરિતકણનો ઉપયોગ કરે છે. આ વર્ગમાં બધી જ વનસ્પતિઓને સમાવેશ થાય છે. કારણ કે, આપણી આસપાસ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ સૌથી વધારે જોવા મળે છે. જોકે વનસ્પતિ સૃષ્ટિના ઉપવર્ગોની ચર્ચા આના પછી (વિભાગ 7.4માં) કરેલી છે.

7.3.5 પ્રાણીસૃષ્ટિ (*Animalia*-એનિમલીઆ)

આ વર્ગમાં એવા બધા બહુકોષીય સુકોષકેન્દ્રી સજીવો આવે છે, કે જેમાં કોષદીવાલનો અભાવ હોય છે. આ વર્ગના સજીવો વિષમપોષી હોય છે. તેમના ઉપવર્ગોની ચર્ચા આપણે આ પછી (વિભાગ 7.5માં) કરીશું.



આકૃતિ 7.4 : પાંચસૃષ્ટિ વર્ગીકરણ

પ્રશ્નો :

1. મોનેરા અથવા પ્રોટિસ્ટા સૃષ્ટિના સજીવોના વર્ગીકરણ માટેના એકમો ક્યા છે ?
2. એકકોષીય, સુકોષકેન્દ્રિય અને પ્રકાશસંશ્લેષી સજીવને તમે કઈ સૃષ્ટિમાં મૂકશો ?
3. ઉદ્‌વિકાસીય વર્ગીકરણમાં ક્યો સજીવ સમૂહ સજીવોની ઓછી સંખ્યા સાથે લક્ષણોની વધુમાં વધુ સમાનતા ધરાવે છે અને ક્યો સજીવ સમૂહ વધુ સંખ્યામાં સજીવો ધરાવે છે ?

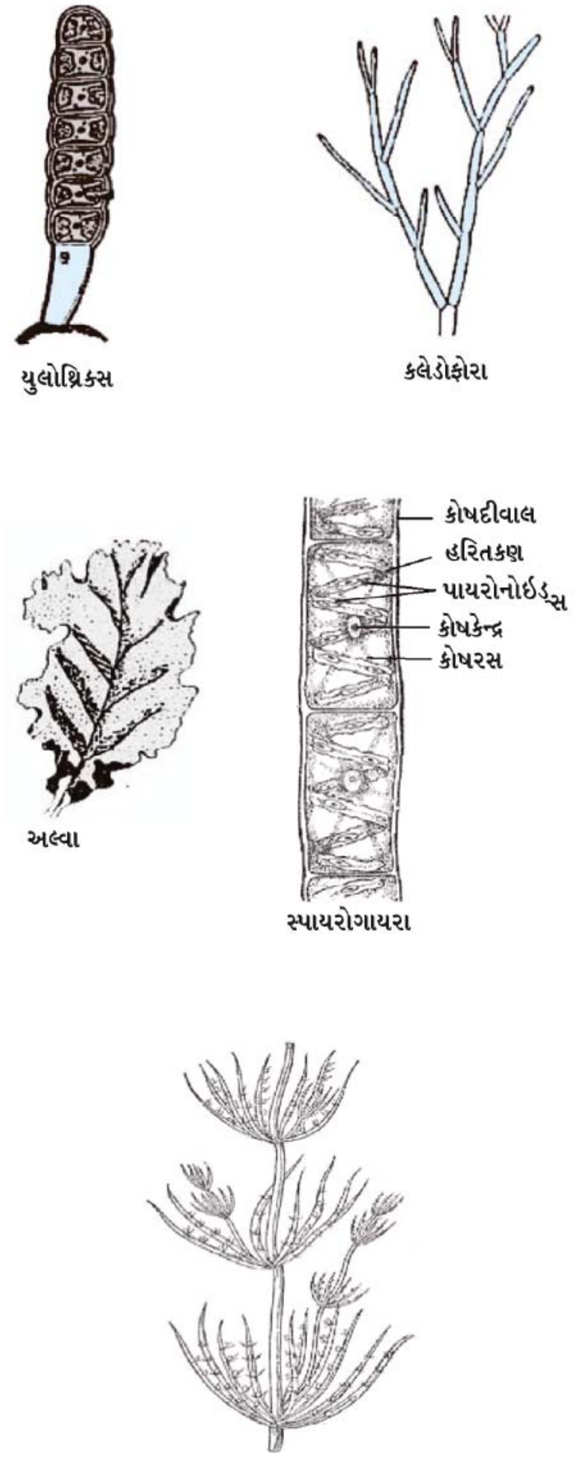
7.4 વનસ્પતિ સૃષ્ટિ *(Plantae)*

વનસ્પતિઓમાં પ્રથમ સ્તરના વર્ગીકરણ એ તથ્યો પર આધારિત છે કે વનસ્પતિ દેહના મુખ્ય ભાગો પૂર્ણ રીતે વિકસિત તેમજ વિભેદિત હોય છે અથવા વિભેદિત હોતા નથી. વર્ગીકરણના તેના પછીના સ્તરમાં વનસ્પતિ દેહમાં પાણી અને અન્ય પદાર્થોના સંવહન કરવાવાળી વિશિષ્ટ પેશીઓની હાજરીને આધારે વર્ગીકરણ થાય છે. વધુમાં વર્ગીકરણનો આધાર બીજ ધારણ કરવાની ક્ષમતા અને બીજ ફળોથી આવરિત હોય તે છે.

7.4.1 સુકાયક (એકાંગી) (*Thallophyta*-થેલોફાયટા)

આ વનસ્પતિઓની શરીરરચનામાં વિભેદીકરણ જોવા મળતું નથી. આ વર્ગની વનસ્પતિઓને સામાન્ય રીતે લીલ કહેવાય

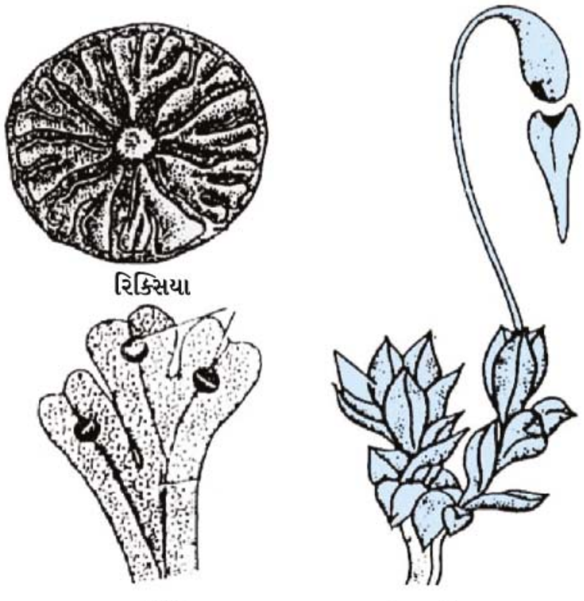
છે. તેઓ મુખ્યત્વે પાણીમાં જોવા મળે છે. ઉદાહરણો : યુલોથ્રિક્સ, સ્પાયરોગાયરા, કારા અને ક્લેડોફોરા વગેરે (આકૃતિ 7.5 જુઓ.)



આકૃતિ 7.5 : સૂકાયક વનસ્પતિઓ - લીલ

7.4.2 દ્વિઅંગી (*Bryophyta*-બ્રાયોફાયટા)

વનસ્પતિસૃષ્ટિના આ વર્ગની વનસ્પતિઓના વનસ્પતિવર્ગને ઉભયજીવી કહેવાય છે. વનસ્પતિ દેહ આ વનસ્પતિનાં પ્રકાંડ અને પર્ણો જેવી રચનામાં વિભેદિત થાય છે. જોકે આ વનસ્પતિમાં દેહના એક ભાગથી બીજા ભાગ સુધી પાણી તથા બીજી વસ્તુઓનું વહન કરવા માટે કોઈ વિશિષ્ટ પેશીય સંરચના કે પેશી જોવા મળતી નથી. ઉદાહરણ : શેવાળ (ફ્યુનારિયા), માર્કેન્શિયા (આકૃતિ 7.6 જુઓ.)

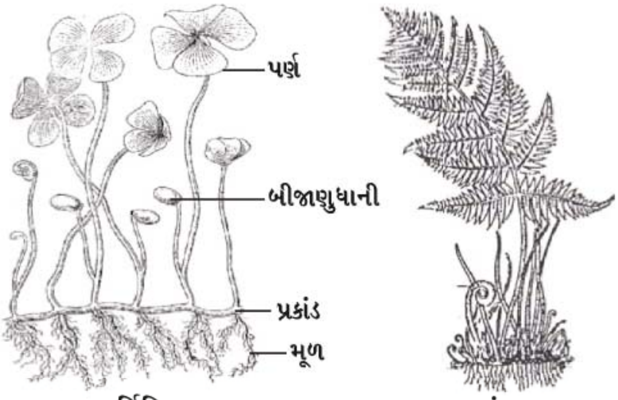


આકૃતિ 7.6 : કેટલીક સામાન્ય દ્વિઅંગી વનસ્પતિઓ

7.4.3 ત્રિઅંગી (*Pteridophyta*-ટેરિડોફાયટા)

આ વર્ગની વનસ્પતિઓનાં શરીર મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણમાં વિભાજિત હોય છે. તેમની દેહરચનામાં પાણી અને અન્ય પદાર્થોનું એક ભાગથી બીજા ભાગ સુધી વહન કરવા માટે વાહક પેશી પણ જોવા મળે છે. ઉદાહરણો : માર્સેલિયા, હંસરાજ, હોર્સ-ટેલ (ઈક્વીસેટમ) વગેરે.

આ ત્રણેય વનસ્પતિ સમૂહની વનસ્પતિઓમાં પ્રજનનાંગ અપ્રત્યક્ષ હોય છે તેમજ તેઓમાં બીજ ઉત્પન્ન કરવાની ક્ષમતા હોતી નથી. આથી તેઓને ક્રિપ્ટોગેમ (Cryptogame = અપુષ્પી) અથવા અપ્રત્યક્ષ પ્રજનન અંગોવાળી વનસ્પતિ કહે છે.



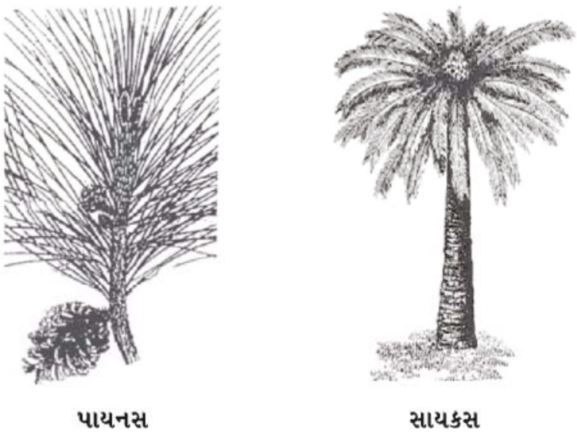
માર્સિલિયા હંસરાજ

આકૃતિ 7.7 : ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓ

બીજી બાજુએ જે વનસ્પતિઓમાં પ્રજનનપેશી પૂર્ણસ્વરૂપે વિકાસ પામેલી હોય તેમજ વિભેદિત હોય છે અને પ્રજનનક્રિયા પછી બીજ ઉત્પન્ન કરે છે, તેઓને સપુષ્પી (Phanerogams = સપુષ્પી બીજધારી) વનસ્પતિઓ કહે છે. બીજ એ લિંગી પ્રજનન ક્રિયાનું પરિણામ છે. બીજની અંદર ભ્રૂણની સાથે સંચિત ખોરાક હોય છે, જે અંકુરણ સમયે સહાય કરીને ભ્રૂણનો પ્રારંભિક વિકાસ કરે છે. બીજની અવસ્થાના આધારે આ વર્ગની વનસ્પતિઓને પુનઃ બે વર્ગોમાં વિભાજિત કરાય છે. અનાવૃત્તબીજધારી (જીમ્નોસ્પર્મ = Gymnosperms) વનસ્પતિઓ. અનાવૃત્ત કે નગ્ન બીજ ઉત્પન્ન કરવાવાળી વનસ્પતિઓ. આવૃત્તબીજધારી વનસ્પતિઓ (એન્જિઓસ્પર્મ = Angiosperm) આવરિત કે ફળની અંદર બીજ ઉત્પન્ન કરવાવાળી વનસ્પતિઓ.

7.4.4 અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ (Gymnosperms-જિમ્નોસ્પર્મ)

આ શબ્દ 'Gymno' જીમ્નો અને 'Sperma' સ્પર્મા ભેગા મળીને ગ્રીક શબ્દોથી બનેલો છે. જેમાં 'Gymno' = જીમ્નો નો અર્થ થાય છે નગ્ન અથવા અનાવૃત્ત અને 'Sperma' = સ્પર્માનો અર્થ થાય છે બીજ. આથી તેઓને અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ પણ કહેવાય છે. તેઓ બહુવર્ષાયુ, સદાબહાર અને કાષ્ઠીય વનસ્પતિઓ હોય છે. ઉદાહરણો : પાયનસ અને સાયકસ (આકૃતિ 7.8 જુઓ.)



પાયનસ સાયકસ

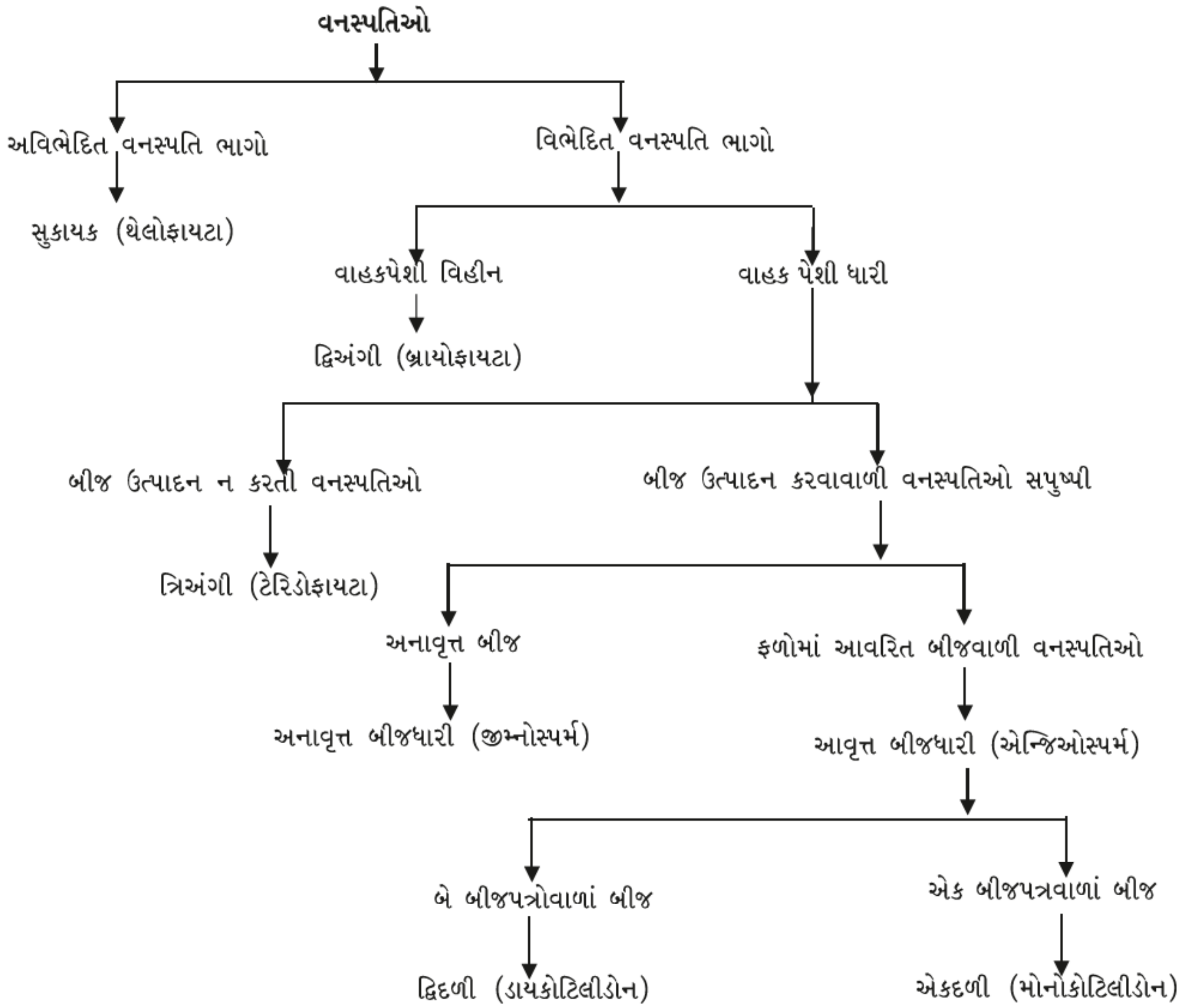
આકૃતિ 7.8 : અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ

7.4.5 આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ (Angiosperms-એન્જિઓસ્પર્મ)

આ શબ્દ બે ગ્રીક શબ્દોથી બનેલો છે. 'Angio' = આવરિત અને 'Sperma' = બીજ અથવા આ વનસ્પતિઓનાં બીજ ફળોની અંદર આવરિત કે ઢંકાયેલાં હોય છે. તેમને સપુષ્પી વનસ્પતિઓ પણ કહે છે. તેમનાં બીજનો વિકાસ બીજાશયની અંદર થાય છે જે ત્યાર બાદ ફળ બને છે. વનસ્પતિ બીજના ભ્રૂણમાં આવેલી રચનાને બીજપત્રો કહે છે કારણ કે તેઓ બીજાંકુરણ પામીને લીલો રંગ ધારણ કરી વિકસે છે. બીજપત્રોની સંખ્યાને આધારે આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓને બે વર્ગમાં વિભાજન કરાય છે - એક બીજપત્ર ધરાવતી વનસ્પતિઓને એકદળી વનસ્પતિઓ અને બે બીજપત્રો ધરાવતી વનસ્પતિઓને દ્વિદળી વનસ્પતિઓ કહેવાય છે. (આકૃતિ 7.9 અને 7.10 જુઓ.)

આકૃતિ 7.9 : એકદળી

આકૃતિ 7.10 : દ્વિદળી



આકૃતિ 7.11 : વનસ્પતિઓનું વર્ગીકરણ

પ્રવૃત્તિ 7.2

- ભીંજવેલા ચણા, ઘઉં, મકાઈ, વટાણા અને આંબલીનાં બીજ લો. ભીંજવેલાં બીજ પાણીના અભિશોષણને કારણે નરમ થઈ જાય છે. આ બીજને બે ભાગમાં વહેંચવાનો પ્રયત્ન કરો. શું આમાંનાં બધાં જ ફાટીને બે સરખા ભાગોમાં વહેંચાઈ જાય છે ?
- જે બીજ બે અડધા ભાગોમાં દેખાય છે તેઓ દ્વિદળી બીજ છે અને જે તૂટતાં નથી અને બે ભાગોમાં વહેંચાતા નથી તેઓ એકદળી બીજ છે.
- હવે આ વનસ્પતિઓનાં મૂળ, પર્ણો અને પુષ્પોને જુઓ.
- શું આ મૂળ સોટીમય છે કે તંતુમય ?
- શું પર્ણોમાં સમાંતર કે જાલાકાર શિરાવિન્યાસ છે ?
- આ વનસ્પતિઓનાં પુષ્પોમાં કેટલાં દલપત્રો છે ?
- શું તમે એકદળી અને દ્વિદળી વનસ્પતિઓના આનાથી વધારે લક્ષણો અવલોકનને આધારે લખી શકો છો ?

પ્રશ્નો :

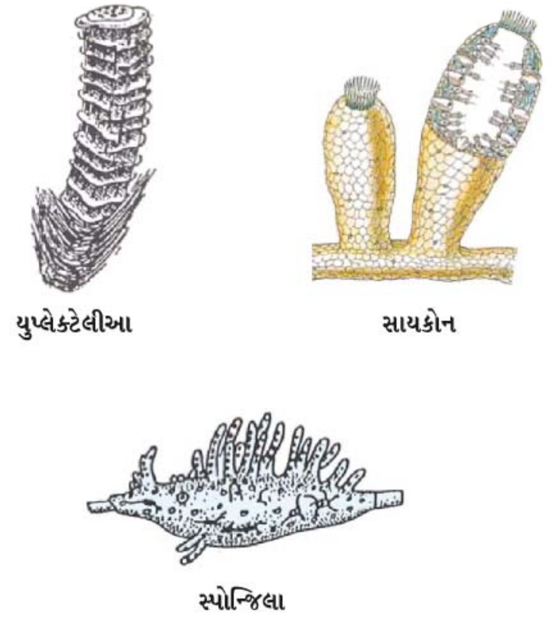
1. સરળતમ વનસ્પતિઓને કયા વર્ગમાં મૂકવામાં આવી છે ?
2. ત્રિઅંગીઓ પુષ્પધારી વનસ્પતિઓથી કેવી રીતે જુદી છે ?
3. અનાવૃત્ત બીજધારી અને આવૃત્ત બીજધારી એકબીજાથી કેવી રીતે જુદી છે ?

7.5 પ્રાણીસૃષ્ટિ (Animalia)

આ વર્ગમાં સુકોષકેન્દ્રીય, બહુકોષીય અને વિષમપોષી સજીવોને મૂકવામાં આવ્યા છે. તેઓના કોષોમાં કોષદીવાલ જોવા મળતી નથી. મોટા ભાગનાં પ્રાણીઓ પ્રચલનશીલ હોય છે. શરીરરચના તેમજ વિભેદીકરણને આધારે તેઓનું આગળ વર્ગીકરણ કરવામાં આવ્યું છે.

7.5.1 છિદ્રકાય (સછિદ્રા) (*Porifera*-પોરિફેરા)

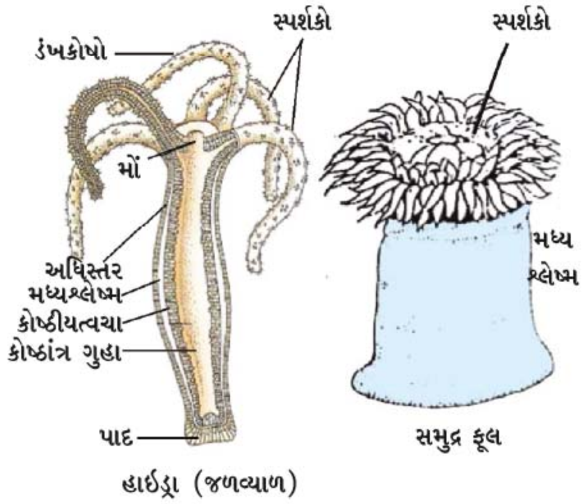
પોરિફેરા શબ્દનો અર્થ થાય છિદ્રયુક્ત સજીવ. તે સ્થાયી સજીવ છે. જેઓ કોઈ એક આધાર સાથે ચોંટીને રહે છે. તેમના સંપૂર્ણ શરીરમાં અનેક છિદ્રો જોવા મળે છે. આ છિદ્રો શરીરમાં હાજર નલિકાતંત્ર સાથે જોડાયેલા હોય છે, જેના માધ્યમથી શરીરમાં પાણી, ઑક્સિજન અને ખોરાકનું વહન થાય છે. તેઓનું શરીર કઠણ આવરણ અથવા બાહ્યકંકાલ દ્વારા ઢંકાયેલું હોય છે. તેઓની શરીરરચના અત્યંત સરળ હોય છે. તેઓને સામાન્યતઃ વાદળી કે સ્પોન્જિલાના નામથી ઓળખાય છે. જેઓ મોટે ભાગે દરિયાઈ નિવાસસ્થાન ધરાવે છે. ઉદાહરણો : સાઇકોન, યુપ્લેક્ટેલીઆ, સ્પોન્જિલા વગેરે. ઉદાહરણો આકૃતિ 7.12માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 7.12 : છિદ્રકાય પ્રાણીઓ

7.5.2 કોષ્ઠાંત્રિ (*Coelenterata*-સિલેન્ટ્રેટા) (*Cnidaria*-નિડેરિયા)

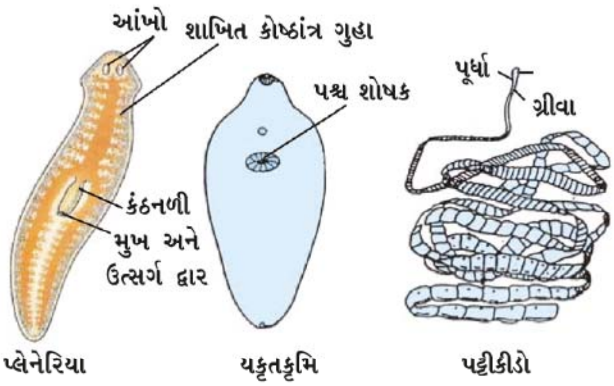
આ પ્રાણીઓ જલીય નિવાસ ધરાવે છે. તેઓની શરીરરચના પેશીય સ્તરની હોય છે. તેઓમાં એક દેહગુહા જોવા મળે છે. તેઓનું શરીર બે સ્તરનું કોષીય સ્તરોથી બનેલું હોય છે (જેમાં આંતરિક સ્તર તેમજ બાહ્યસ્તર હોય છે). તેઓની કેટલીક જાતિઓ સમૂહમાં કે વસાહતી સ્વરૂપે રહે છે. (જેવી કે - પ્રવાળ કે પરવાળા) અને કેટલીક જાતિઓ એકાકી હોય છે. (જેવી કે-હાઇડ્રા કે જળવ્યાળ) ઉદાહરણો : હાઇડ્રા (જળવ્યાળ), સમુદ્ર ફુલ, જેલીફિશ વગેરે (આકૃતિ 7.13 જુઓ.)



આકૃતિ 7.13 : કોષ્ઠાંત્રિ પ્રાણીઓ

7.5.3 પૃથુકૃમિ (*Platyhelminthes*-પ્લેટીહેલ્મિન્થિસ)

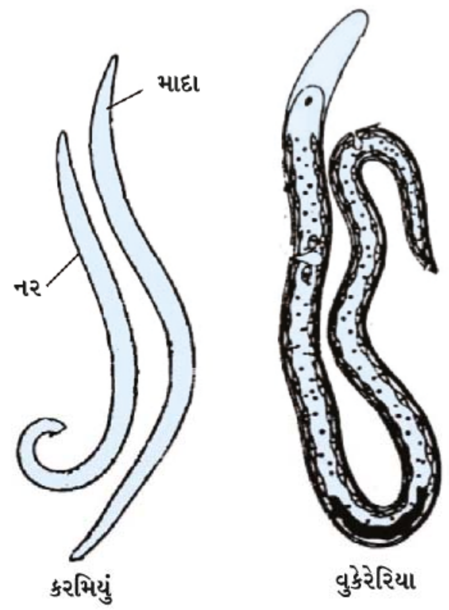
અગાઉ વર્ણવેલા વર્ગોની સાપેક્ષે આ વર્ગનાં પ્રાણીઓની શરીર-રચના વધારે જટિલ હોય છે. તેમનાં શરીર દ્વિપાર્શ્વસ્થ સમમિતિ ધરાવે છે અથવા આ પ્રાણીઓનાં શરીર જમણી અને ડાબી એમ બે સમાન સંરચના ધરાવતા ભાગો ધરાવે છે. તેઓ ત્રણ સ્તરોની કોષીય સંરચનામાં વિભેદિત થાય છે. આવાં પ્રાણીઓને ત્રિગર્ભસ્તરીય (Triploblastic) પ્રાણીઓ કહે છે. આ પ્રાણીઓનાં શરીરમાં બાહ્ય અને આંતરિક બંને પ્રકારનાં અસ્તર બને છે અને તેઓમાં કેટલાંક અંગો પણ બને છે. તેથી ત્યાં અમુક પ્રમાણમાં પેશીઓનું નિર્માણ થાય છે. તેઓમાં સાચી કે વાસ્તવિક દેહગુહાનો અભાવ હોય છે. જેમાં સુવિકસિત અંગ વ્યવસ્થિત હોય છે. તેઓનાં શરીર પૃથુ અથવા ચપટા (પૃષ્ઠ વક્ષીય) હોય છે. તેથી જ તેઓને ચપટાકૃમિ કે પૃથુકૃમિ કહે છે. તેઓમાં પ્લેનેરિયા જેવાં મુક્તજીવી પ્રાણી અને યકૃતકૃમિ જેવાં પરોપજીવી પ્રાણીઓ હોય છે. આમ, તેઓ મુક્તજીવી કે પરોપજીવી પ્રાણીઓ છે. (ઉદાહરણ માટે જુઓ આકૃતિ 7.14.)



આકૃતિ 7.14 : પૃથુકૃમિ

7.5.4 સૂત્રકૃમિ (*Nematoda*-નિમેટોડા)

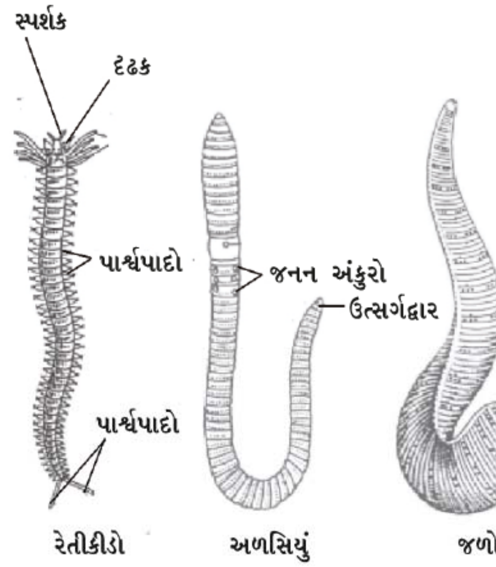
તેઓ પણ ત્રિગર્ભસ્તરીય પ્રાણીઓ છે અને તેઓમાં પણ દ્વિપાર્શ્વસ્થ સમમિતિ જોવા મળે છે; પરંતુ તેઓનાં શરીર ચપટા હોતાં નથી, નળાકાર હોય છે. તેઓની દેહગુહાને કૂટ દેહકોષ્ઠ કે આભાસી શરીરગુહા કહે છે. આમાં પેશી જોવા મળે છે; પરંતુ અંગતંત્ર સંપૂર્ણપણે વિકસિત હોતા નથી. તેઓની શરીરરચના પણ ત્રિગર્ભસ્તરીય હોય છે. તેઓ મોટા ભાગના પરોપજીવી હોય છે. પરોપજીવી હોવાને કારણે તેઓ બીજા પ્રાણીઓમાં રોગ ઉત્પન્ન કરે છે. ઉદાહરણો : ગોળકૃમિ, હાથીપગાનું કૃમિ (વુકેરેરિયા), કરમિયાં (એસ્કેરિસ) કેટલાંક ઉદાહરણ આકૃતિ 7.15માં દર્શાવેલ છે



આકૃતિ 7.15 : ગોળકૃમિ (સૂત્રકૃમિ)

7.5.5 નૂપુરક (*Annelida*-એનેલિડા)

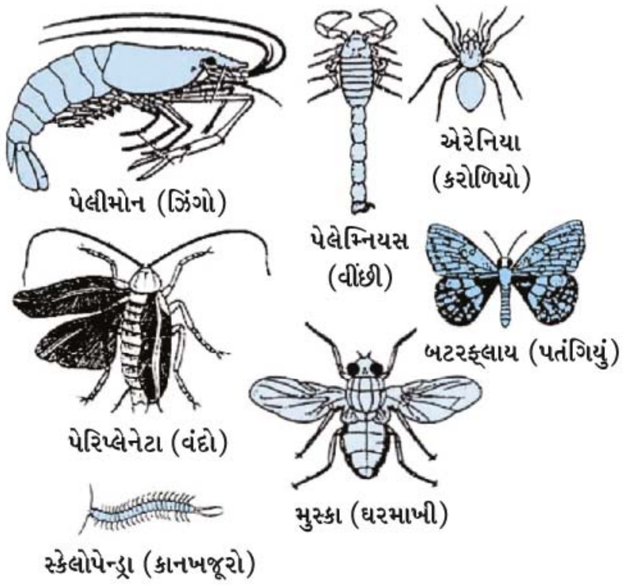
નૂપુરક પ્રાણીઓ પણ દ્વિપાર્શ્વસ્થ સમમિતિ તેમજ ત્રિગર્ભસ્તરીય હોય છે. તેઓમાં સાચી શરીરગુહાયુક્ત દેહ પણ જોવા મળે છે. જેનાથી સાચાં અંગ, શરીરરચનામાં નિર્માણ પામે છે. આથી અંગોમાં વ્યાપક ભિન્નતાઓ હોય છે. આ ભિન્નતાઓ, તેઓના શરીરના શીર્ષથી પૂંછડી સુધી એક પછી એક ખંડોનાં સ્વરૂપે હાજર હોય છે. નૂપુરક એ મીઠાજળ, દરિયાઈજળ તેમજ સ્થળજ પ્રકારના રહેઠાણ ધરાવે છે. તેઓમાં પરિવહન, પાચન, ઉત્સર્જન અને ચેતાતંત્ર જોવા મળે છે. ઉદાહરણ : અળસિયું, રેતીકીડો, જળો વગેરે (આકૃતિ 7.16 જુઓ.)



આકૃતિ 7.16 : નૂપુરક પ્રાણીઓ

7.5.6 સંધિપાદ (*Arthropoda*-આર્થોપોડા)

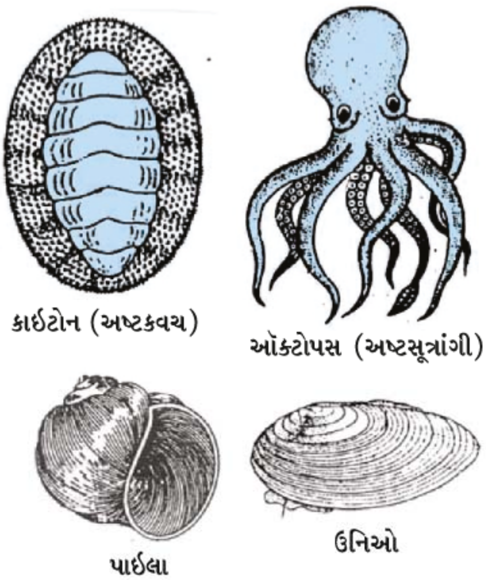
આ પ્રાણીજગતનો સૌથી મોટો સમુદાય છે. તેઓમાં દ્વિપાર્શ્વસ્થ સમમિતિ જોવા મળે છે અને શરીર ખંડમય હોય છે. તેઓમાં ખુલ્લા પ્રકારનું પરિવહન તંત્ર જોવા મળે છે. આથી રુધિર, વાહિનીઓમાં વહેતું નથી. દેહગુહા કે શરીરગુહા રુધિરથી ભરેલી હોય છે. તેઓમાં જોડમાં ઉપાંગો એટલે કે યુગ્મ ઉપાંગો જોવા મળે છે. (***Arthopod***)નો અર્થ યગ્મ ઉપાંગો) કેટલાંક સામાન્ય ઉદાહરણો છે : ઝિંગો, પતંગિયું, માખી, કરોળિયો, વીંછી, કરચલો વગેરે. (આકૃતિ 7.17 જુઓ.)



આકૃતિ 7.17 : સંધિપાદ પ્રાણીઓ

7.5.7 મૃદુકાય (*Mollusca*-મોલુસ્કા)

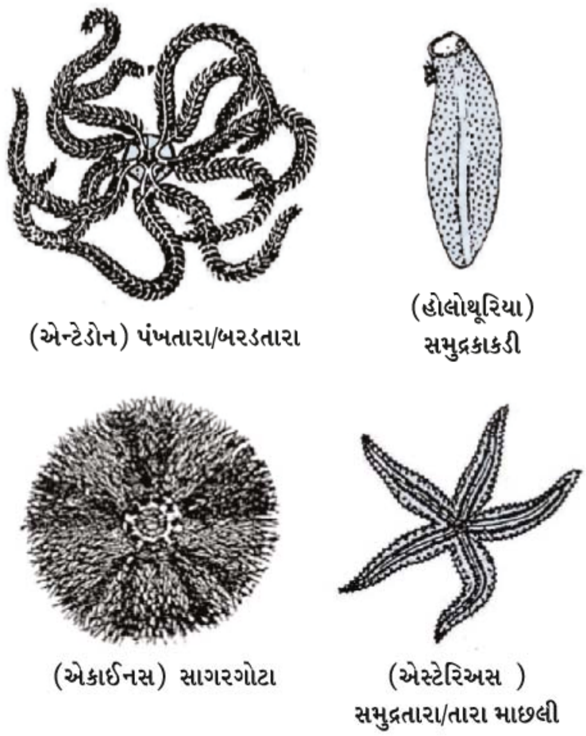
આ પ્રાણીઓના સમૂહમાં પણ દ્વિપાર્શ્વસ્થ સમમિતિ જોવા મળે છે. તેઓની દેહગુહા નાની હોય છે તેમજ શરીરમાં થોડુંક વિખંડન થાય છે. મોટા ભાગનાં મૃદુકાય પ્રાણીઓમાં કવચ જોવા મળે છે. તેઓમાં ખુલ્લું પરિવહન તંત્ર અને ઉત્સર્જન માટે મૂત્રપિંડ જેવી રચનાઓ પણ જોવા મળે છે. તેઓ પ્રચલન માટે મૃદુપગનો ઉપયોગ કરે છે. ઉદાહરણો : કાઈટોન, ઑક્ટોપસ, પાઈલા વગેરે. (આકૃતિ 7.18માં જુઓ.)



આકૃતિ 7.18 : મૃદુકાય પ્રાણીઓ

7.5.8 શૂળત્વચી (*Echinodermata*-એકિનોડર્મેટા)

ગ્રીકમાં 'Echino'નો અર્થ થાય છે કંટકીય નલિકામય રચના. (hedgehog) અને 'Derma'નો અર્થ થાય છે ત્વચા. આથી આ પ્રાણીઓની ત્વચા કાંટા જેવી શૂળિય રચનાઓથી આચ્છાદિત હોય છે. તેઓ મુક્તજીવી દરિયાઈ પ્રાણીઓ છે. તેઓ દેહગુહા કે શરીરગુહાયુક્ત, ત્રિગર્ભસ્તરીય પ્રાણીઓ છે. તેઓમાં વિશિષ્ટ પ્રકારનું જલપરિવહન નલિકાતંત્ર જોવા મળે છે, જે તેઓને પ્રચલનમાં સહાયક બને છે. તેઓમાં કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટનું સખત કંકાલ અને શૂળો જોવા મળે છે. ઉદાહરણો : તારા માછલી, સાગરગોટા વગેરે (આકૃતિ 7.19 જુઓ.)

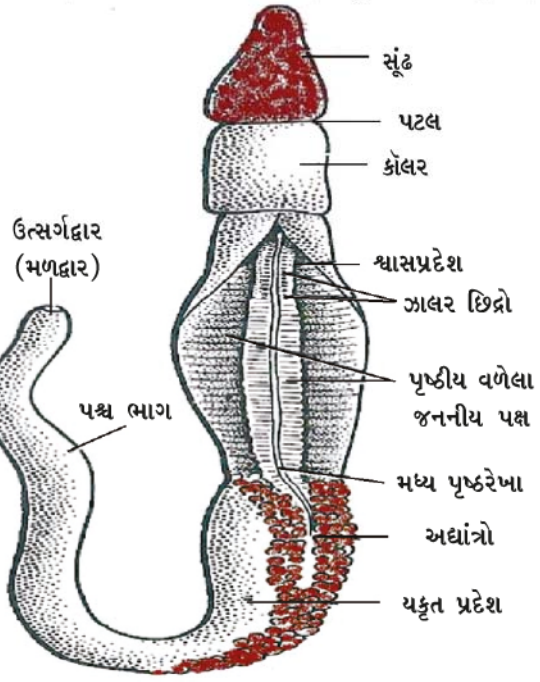


આકૃતિ 7.19 : શૂળત્વચી

7.5.9 પ્રાથમિક મેરુદંડી (*Protochordata*-પ્રોટોકોર્ડેટા-પ્રમેરૂડંદી)

તેઓ દ્વિપાર્શ્વસ્થ સમમિતીય, ત્રિગર્ભસ્તરી તેમજ દેહયુક્ત પ્રાણીઓ છે. તેઓમાં શરીરરચનાનાં વધારાનાં કેટલાંક નવાં લક્ષણો જોવા મળે છે. જેવાં કે મેરુદંડ. તે નવું લક્ષણ તેમના જીવનની કેટલીક અવસ્થાઓમાં નિશ્ચિતપણે હાજર હોય છે. મેરુદંડ એક લાકડી જેવી લાંબી રચના છે. જે પ્રાણીઓમાં પૃષ્ઠ ભાગે જોવા મળે છે. તે ચેતાપેશીને અન્નમાર્ગથી અલગ કરે છે. તે સ્નાયુઓને જોડવાનું સ્થાન પણ આપે છે જેનાથી પ્રચલન સરળતાથી થઈ શકે છે. પ્રાથમિક મેરુદંડી પ્રાણીઓમાં તેમના

જીવનની બધી જ અવસ્થાઓ સુધી મેરુદંડ હાજર રહેતો નથી. તેઓ દરિયાઈ પ્રાણી છે. ઉદાહરણો : બાલાનોગ્લોસસ, હર્ડમેનિયા, એમ્ફિઓક્સસ વગેરે (આકૃતિ 7.20 જુઓ.)



આકૃતિ 7.20 : એક પ્રાથમિક મેરુદંડી (બાલાનોગ્લોસસ)

7.5.10 પૃષ્ઠવંશી (*Vertebrata*-વર્ટીબ્રેટા)

આ પ્રાણીઓમાં સાચો મેરુદંડ તેમજ અંતઃકંકાલ જોવા મળે છે. આ કારણે આ પ્રાણીઓમાં સ્નાયુ, કંકાલ સાથે જોડાયેલ હોય છે, જે તેઓને પ્રચલનમાં મદદરૂપ થાય છે.

પૃષ્ઠવંશીઓ દ્વિપાર્શ્વસ્થ સમમિતિ, ત્રિગર્ભસ્તરી, દેહકોષ્ઠી પ્રાણીઓ છે. તેઓમાં પેશીઓ તેમજ અંગોનું જટિલ કક્ષાએ વિભેદન થયેલું જોવા મળે છે. બધાં જ પૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓમાં નીચે આપેલાં લક્ષણો જોવા મળે છે :

(i) મેરુદંડ ધરાવે
(ii) પૃષ્ઠ કશેરૂકદંડ તેમજ કરોડરજ્જુ
(iii) ત્રિગર્ભસ્તરીય શરીર રચના
(iv) યુગ્મિત ઝાલરપોથી
(v) દેહકોષ્ઠ કે દેહગુહા કે શરીરગુહા

પૃષ્ઠવંશીઓને છ વર્ગોમાં વિભાજિત કરેલા છે.

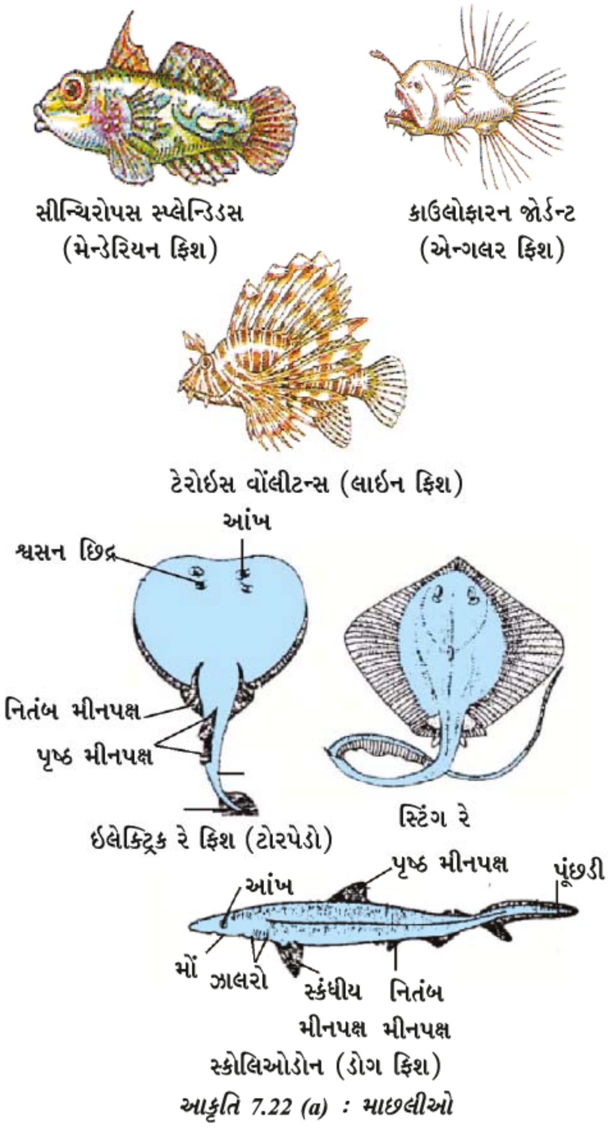
આકૃતિ 7.21 (a) : પેટ્રોમાયઝોન

7.5.10 (i) ચૂષમુખા (*Cyclostomata*-સાયક્લોસ્ટોમાટા)

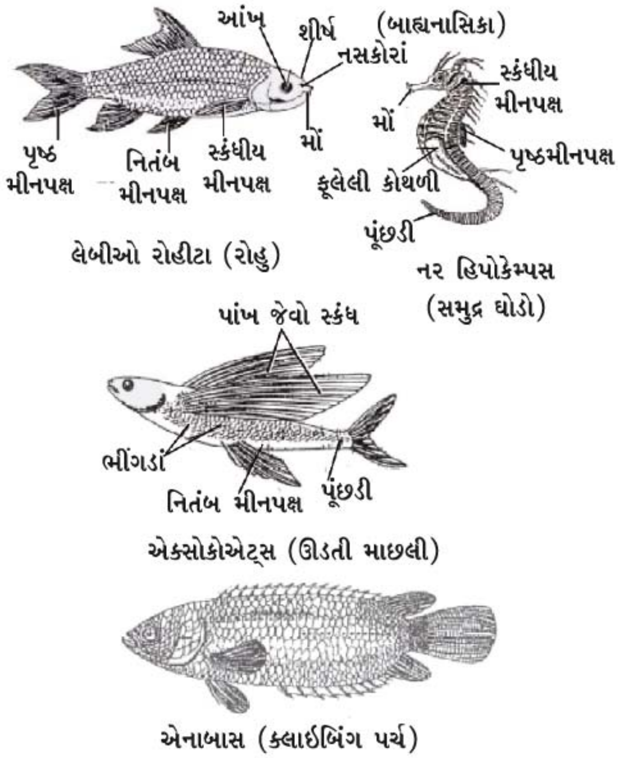
ચૂષમુખા, જડબાવિહીન પૃષ્ઠવંશીઓ છે, જેવું વિસ્તરેલું શરીર, વર્તુળાકાર મુખ, શ્લેષ્મી ત્વચા અને ભીંગડાવિહીન જેવી લાક્ષણિકતા તેઓ ધરાવે છે. તેઓ બાહ્ય પરોપજીવીઓ અથવા અન્ય પૃષ્ઠવંશીઓમાં દરનિવાસી છે. પેટ્રોમાયઝોન (લેમ્પ્રી) અને માયક્સિન (હેગફિશ) ઉદાહરણો છે.

7.5.10 (ii) મત્સ્ય (Pisces)

તેઓ માછલીઓ છે; જે સમુદ્ર અને મીઠા પાણી બંને સ્થાને જોવા મળે છે. તેઓની ત્વચા ભીંગડા (Scales) અથવા પ્લેટોથી ઢંકાયેલી હોય છે અને તેઓ તેમની પૂંછડીનો ઉપયોગ તરવા માટે કરે છે. તેઓનું શરીર ચપટું રેખીય કે ત્રાકાકાર હોય છે. તેઓ શ્વસનક્રિયા માટે ઝાલરોનો ઉપયોગ કરે છે. જે પાણીમાં દ્રાવ્ય થયેલ ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે. તેઓ અસમતાપીય હોય છે અને માનવ હૃદયના ચારખંડથી વિપરિત તેઓનાં હૃદય દ્વિખંડીય હોય છે. તેઓ ઈંડાં આપે છે. કેટલીક માછલીઓમાં કંકાલ માત્ર કાસ્થિનું બનેલું હોય છે. જેવી કે - શાર્ક. અન્ય પ્રકારની માછલીઓનું કંકાલ અસ્થિનું બનેલું હોય છે. જેમકે - ટ્યૂના અથવા રોહુ. ઉદાહરણ માટે આકૃતિ 7.22 (a) અને 7.22 (b) જુઓ.



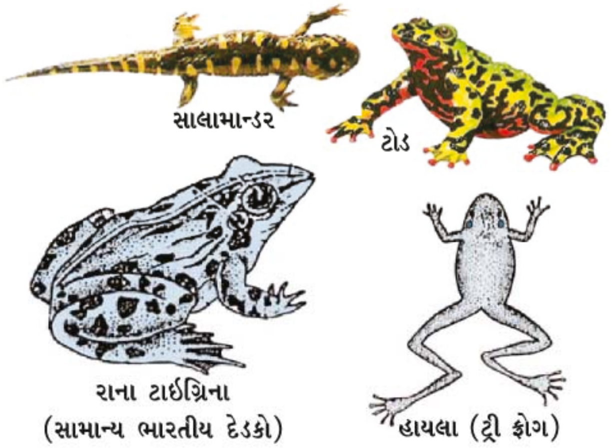
આકૃતિ 7.22 (a) : માછલીઓ



આકૃતિ 7.22 (b) : માછલીઓ

7.5.10 (iii) ઉભયજીવી (*Amphibia*-એમ્ફિબીયા)

આ માછલીઓ કરતાં ભિન્ન હોય છે કારણ કે તેઓમાં ભીંગડાં હોતાં નથી. તેઓની ત્વચા પર શ્લેષ્મ ગ્રંથિઓ જોવા મળે છે અને હૃદય ત્રિખંડીય હોય છે. તેઓમાં બાહ્ય કંકાલ હોતું નથી. મૂત્રપિંડ જોવા મળે છે. શ્વસન ઝાલરો અને ફેફસાં દ્વારા થાય છે. તેઓ ઈંડાં આપતાં પ્રાણીઓ છે. તેઓ પાણી અને જમીન બંને જગ્યાએ રહી શકે છે. ઉદાહરણો : દેડકો, સાલામાન્ડર, ટોડ વગેરે (આકૃતિ 7.23 જુઓ.)



આકૃતિ 7.23 : ઉભયજીવીઓ

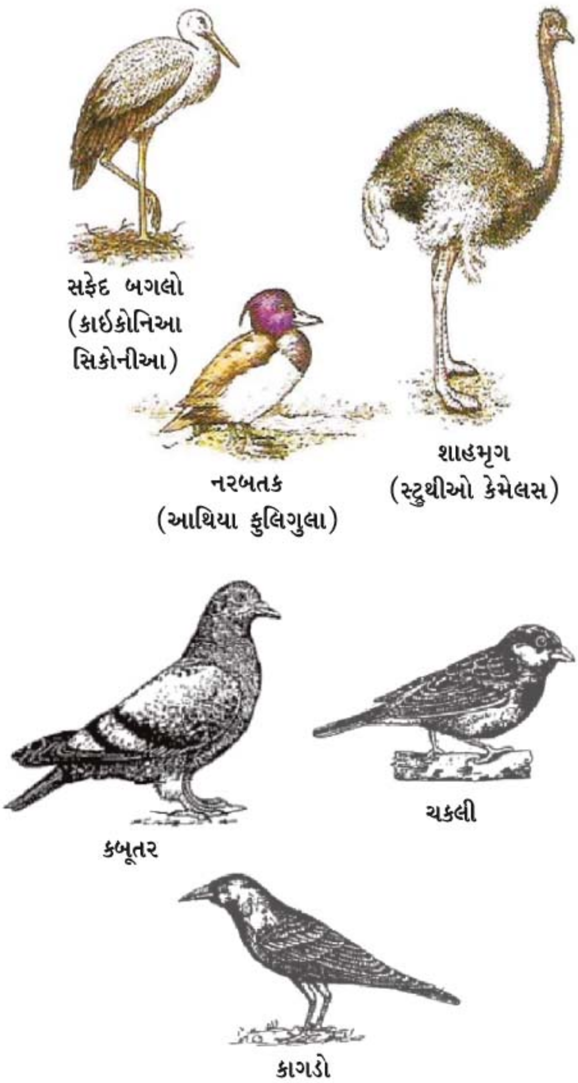
7.5.10 (iv) સરિસૃપ (*Reptilia*-રેપ્ટિલીયા)

આ પ્રાણીઓ ઠંડા રુધિરવાળા (અસમતાપી) છે. તેઓનાં શરીર ભીંગડાંઓ દ્વારા આવરિત હોય છે. તેઓમાં શ્વસન ફેફસાં દ્વારા થાય છે. હૃદય સામાન્યતઃ ત્રિખંડીય છે; પરંતુ મગરમચ્છનું હૃદય ચાર ખંડોનું હોય છે. મૂત્રપિંડ જોવા મળે છે. તેઓ પણ ઈંડાં આપતાં પ્રાણીઓ છે. તેઓનાં ઈંડાં કઠણ કે મજબૂત કવચથી ઢંકાયેલાં હોય છે અને ઉભયજીવીની જેમ તેઓને પાણીમાં ઈંડાં મૂકવાની આવશ્યકતા પડતી નથી. ઉદાહરણ : કાચબો, સાપ, ગરોળી, મગરમચ્છ (આકૃતિ 7.24 જુઓ)

આકૃતિ 7.24 : સરિસૃપ

7.5.10 (v) વિહગ (*Aves*-એવ્સ)

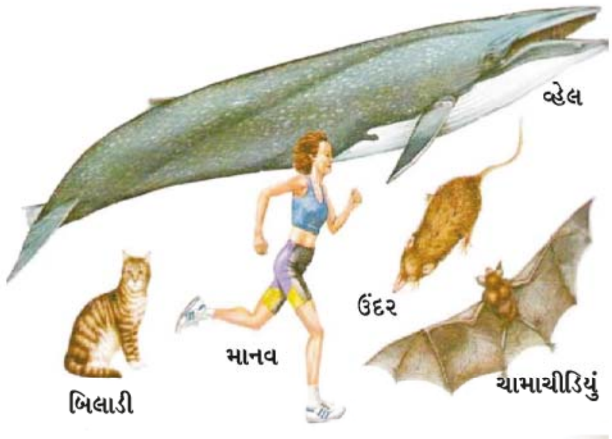
આ ઉષ્ણ રુધિરવાળા કે સમતાપી પ્રાણીઓ છે. તેઓ ચાર ખંડોનું હૃદય ધરાવે છે. તેઓ ઈંડા મૂકે છે. તેઓમાં બે જોડ ઉપાંગો હોય છે. તેઓમાં બે અગ્રઉપાંગો ઊડવા માટે પાંખોમાં પરિવર્તિત થયેલા છે. શરીર પાંખોથી ઢંકાયેલાં હોય છે. શ્વસન ફેફસાં દ્વારા થાય છે. બધાં પક્ષીઓને આ વર્ગમાં મૂકવામાં આવે છે. ઉદાહરણો માટે જુઓ આકૃતિ 7.25.)



આકૃતિ 7.25 : વિહગ (પક્ષીઓ)

7.5.10 (vi) સસ્તન (*Mammalia*-મેમેલીઆ)

સસ્તન પ્રાણીઓ ઉષ્ણ રુધિરવાળાં કે સમતાપી પ્રાણીઓ છે. સસ્તનોનું હૃદય ચાર ખંડોનું બનેલું હોય છે. આ વર્ગનાં બધાં જ પ્રાણીઓ નવજાત શિશુને પોષણ આપવા માટે સ્તનગ્રંથિઓ ધરાવે છે. તેઓની ત્વચા પર વાળ, પ્રસ્વેદ અને તેલગ્રંથિઓ આવેલી હોય છે. જોકે કેટલાંક પ્રાણીઓ અપવાદરૂપે ઈંડાં પણ મૂકે છે. જેવાં કે શેપો અને પ્લેટિપસ (બતકચાંચ). કાંગારુ જે સસ્તન છે, તેઓ અવિકસિત નવજાતને માર્સૂપિયમ નામની કોથળીમાં ત્યાં સુધી લટકાવી રાખે છે જ્યાં સુધી તેઓ પૂર્ણ વિકાસ પામતાં નથી. કેટલાંક ઉદાહરણ આકૃતિ 7.26માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 7.26 : સસ્તન

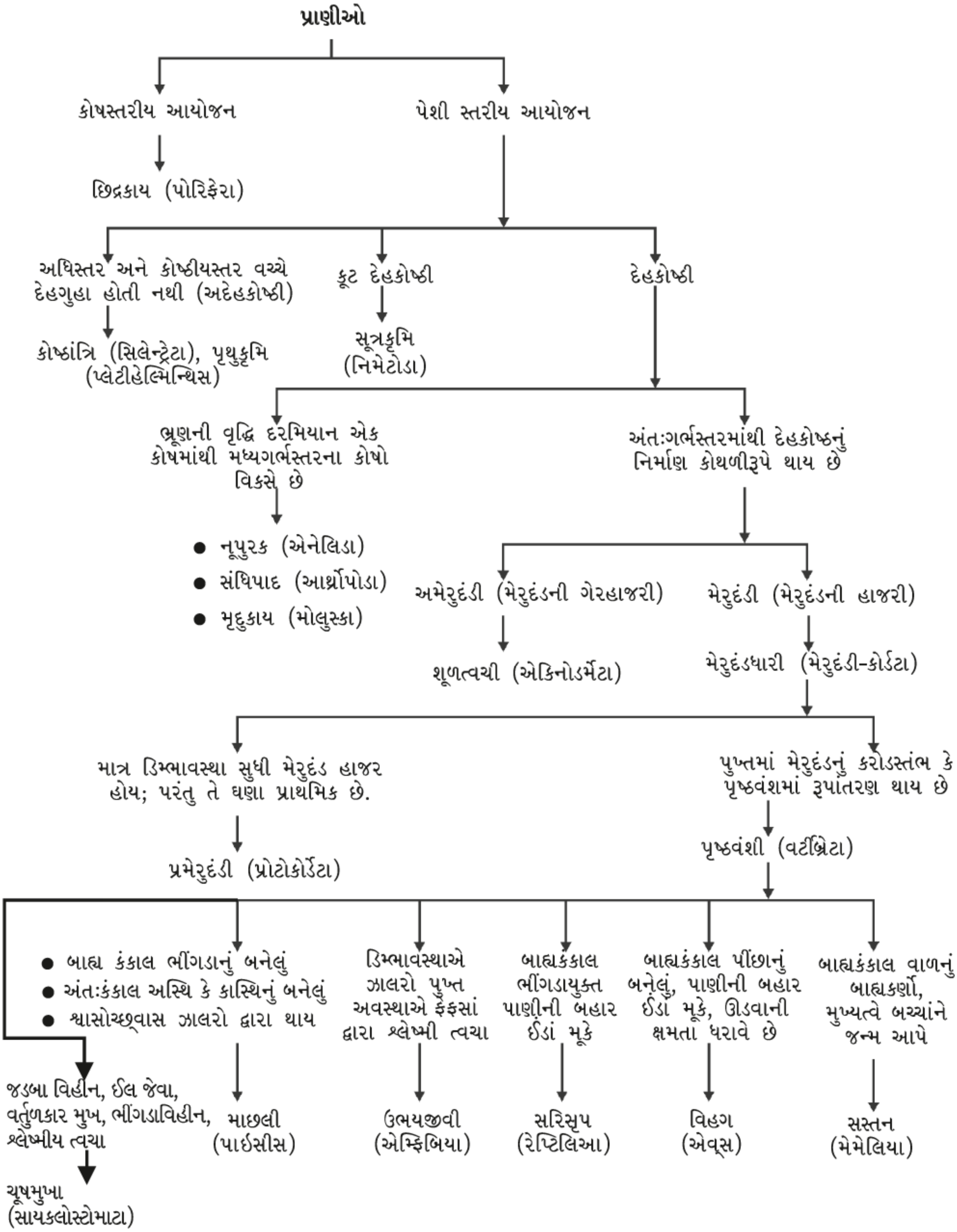
પ્રશ્નો :

1. છિદ્રકાય અને કોષ્ઠાંત્રિ પ્રાણીઓમાં શું ભેદ છે ?
2. નૂપુરક પ્રાણીઓ, સંધિપાદ પ્રાણીઓથી કયા પ્રકારની ભિન્નતા ધરાવે છે ?
3. ઉભયજીવી અને સરિસૃપનો ભેદ શું છે ?
4. પક્ષીવર્ગ અને સસ્તન વર્ગનાં પ્રાણીઓમાં શું ભિન્નતા છે ?

કરોલસ લિનિયસ
(Carolus Linnaeus)
(1707-1778)

કરોલસ લિનિયસ (Carolus Linnaeus), કાર્લવૉન લિને (Karl von Linne)નો જન્મ સ્વીડનમાં થયો હતો. તેઓ ડૉક્ટર હતા; પરંતુ વનસ્પતિઓનો અભ્યાસ કરવામાં તેમણે ખાસ ધ્યાન કેન્દ્રિત કર્યું હતું. બાવીસ વર્ષની ઉંમરે તેમણે વનસ્પતિઓ પર પહેલું સંશોધનપત્ર પ્રકાશિત કર્યું હતું. એક ધનવાન અધિકારીને ત્યાં નોકરી કરતાં તેઓએ તેમના માલિકના બગીચામાંની વનસ્પતિઓની વિવિધતાનો અભ્યાસ કર્યો હતો. ત્યાર બાદ તેમણે 14 પેપરો પ્રકાશિત કર્યા અને તેમણે સિસ્ટેમા નેચુરી (Systema Naturae) નામનું પુસ્તક લખ્યું હતું. જે આગળ જતાં વિભિન્ન વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓનો આધાર બન્યો હતો. તેમના દ્વારા આપેલ વર્ગીકરણ પદ્ધતિમાં વનસ્પતિઓને સરળ ક્રમમાં આ પ્રકારે વ્યવસ્થિત ગોઠવી શકાય છે. જેથી વનસ્પતિઓની ઓળખ સરળથઈ શકે છે.

પ્રાણીસૃષ્ટિના વર્ગીકરણની રૂપરેખા આકૃતિ 7.27માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 7.27 : પ્રાણીઓનું વર્ગીકરણ

7.6 નામકરણ (Nomenclature)

સજીવોને વર્ગીકરણ નામ આપવાની આવશ્યકતા શું છે ?

પ્રવૃત્તિ 7.3

- નીચે આપેલાં પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓનાં નામ જેટલી ભાષાઓમાં તમે આપી શકો તેટલી શક્ય ભાષાનાં નામ આપો :

1. વાઘ	2. મોર	3. કીડી
4. લીમડો	5. કમળ	6. બટાટા

આમાં બધાંનાં નામ વિભિન્ન ભાષાઓમાં અલગ-અલગ આપેલાં છે. એટલા માટે જ્યારે કોઈ એક ભાષામાં સજીવની વાત કરતા હોઈએ ત્યારે એવું થઈ શકે છે કે બીજી ભાષા જાણવાવાળા તેને સમજી શકતા નથી. વૈજ્ઞાનિકોએ બધા સજીવોને એક વૈજ્ઞાનિક નામ આપીને આ સમસ્યાનો ઉકેલ કાઢ્યો. જેમકે વિભિન્ન રાસાયણિક તત્ત્વોને સંકેતમાં નિરૂપિત કરીને દર્શાવ્યા છે. એવી જ રીતે કોઈ પણ સજીવને માત્ર એક જ વૈજ્ઞાનિક નામ હોય છે અને સમગ્ર વિશ્વમાં તે એ જ નામથી ઓળખી શકાય છે.

નામકરણ પદ્ધતિ માટે આપણે જે વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરીએ છીએ તે સૌપ્રથમ કૅરોલસ લિનિયસ દ્વારા અઢારમી શતાબ્દીમાં પ્રારંભ પામેલી હતી. વૈજ્ઞાનિક નામકરણ પદ્ધતિ સજીવોની એકબીજામાં જોવા મળતી સમાનતા અને ભિન્નતા પર નિર્ભર કરે છે. જોકે નામકરણ પદ્ધતિમાં આપણે સજીવના વર્ગીકરણના બધા પદાનુક્રમ કે કક્ષાઓને ધ્યાનમાં લેતાં નથી; પરંતુ માત્ર પ્રજાતિ અને જાતિને ધ્યાનમાં રાખીએ છીએ. નામકરણ પદ્ધતિ માટે કેટલીક સવિશેષ બાબતો પર વિચાર કરી શકાય છે જેમકે,

1. પ્રજાતિનું નામ અંગ્રેજીમાં મૂળાક્ષર (Capital Letter)થી શરૂ થવું જોઈએ.
2. જાતિનું નામ નાના અક્ષરથી શરૂ થવું જોઈએ.
3. છાપેલું હોય તો વૈજ્ઞાનિક નામ ઇટાલિક (Italic)થી લખાવું જોઈએ.
4. જો તેઓને હાથથી લખવામાં આવે છે તો પ્રજાતિ અને જાતિ બંનેના નામની નીચે અધો રેખાંકન અલગ-અલગ રેખાંકિત કરવું જોઈએ.

પ્રવૃત્તિ 7.4

- કોઈ પણ પાંચ પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓનાં વૈજ્ઞાનિક નામોને શોધો. શું તેઓનાં વૈજ્ઞાનિક નામો અને સામાન્ય નામોમાં કોઈ સમાનતા છે ?

તમે શું શીખ્યાં
What You Have Learnt

- વર્ગીકરણ સજીવોની વિવિધતાને સ્પષ્ટ કરવામાં મદદરૂપ થાય છે.
- સજીવોના પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિમાં વર્ગીકૃત કરવા માટે નીચેની વિશેષતાઓને ધ્યાનમાં રાખવામાં આવે છે :
  - (a) કોષીય સંરચના - પ્રોકેરિયોટિક (આદિકોષકેન્દ્રિય) અથવા યુકેરિયોટિક (સુકોષકેન્દ્રિય)
  - (b) સજીવોના શરીર એકકોષીય અથવા બહુકોષીય હોય છે. બહુકોષીય સજીવોની સંરચના જટિલ હોય છે.
  - (c) કોષદીવાલની હાજરી અને સ્વપોષણની ક્ષમતા
- ઉપર્યુક્ત લક્ષણોને આધારે બધા સજીવોને પાંચ સૃષ્ટિમાં વહેંચવામાં આવે છે : મોનેરા, પ્રોટિસ્ટા, ફૂગ, વનસ્પતિ સૃષ્ટિ અને પ્રાણી સૃષ્ટિ.
- સજીવોનું વર્ગીકરણ તેમના ઉદ્‌વિકાસ સાથે સંબંધિત છે.

- વનસ્પતિ સૃષ્ટિ અને પ્રાણી સૃષ્ટિને તેઓની ક્રમિક શારીરિક જટિલતાને આધારે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે.
- વનસ્પતિઓને પાંચ જૂથોમાં વહેંચવામાં આવેલી છે : લીલ, દ્વિઅંગી, ત્રિઅંગી, અનાવૃત્ત બીજધારી અને આવૃત્ત બીજધારી.
- પ્રાણીઓને દસ જૂથોમાં વહેંચવામાં આવેલા છે : છિદ્રકાય, કોષ્ઠાંત્રિ, પૃથુકૃમિ, સૂત્રકૃમિ, નૂપુરક, સંધિપાદ, મૃદુકાય, શૂળત્વચી, પ્રાથમિક મેરુદંડી (પ્રમેરુદંડી) અને મેરુદંડી.
- દ્વિનામી-નામકરણ પદ્ધતિ સજીવોની સાચી ઓળખ મેળવવામાં મદદરૂપ થાય છે.
- દ્વિનામી-નામકરણ પદ્ધતિમાં પહેલું નામ પ્રજાતિ અને બીજું નામ જાતિનું હોય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. સજીવોનું વર્ગીકરણ કરવાથી શો ફાયદો થાય છે ?
2. વર્ગીકરણમાં પદાનુક્રમ કે કક્ષા નક્કી કરવા માટે બે લક્ષણોમાંથી તમે કયા લક્ષણની પસંદગી કરશો ?
3. સજીવોની પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિમાં વર્ગીકરણ કરવાના આધારો સમજાવો.
4. વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાં મુખ્ય વિભાગ કયા છે ? આ વર્ગીકરણનો મુખ્ય આધાર શું છે ?
5. પ્રાણી વર્ગીકરણ માટેના માપદંડો વનસ્પતિ વર્ગીકરણ માટેના માપદંડોથી કેવી રીતે જુદાં પડે છે ?
6. પૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓને વિભિન્ન વર્ગોમાં વહેંચવા માટેની મુખ્ય બાબતો કે મુદ્દાઓની વ્યાખ્યા આપો.

પ્રકરણ 8

ગતિ (Motion)

રોજબરોજના જીવનમાં આપણે કેટલીક વસ્તુઓ સ્થિર અવસ્થામાં તથા કેટલીક વસ્તુઓ ગતિમાન અવસ્થામાં જોઈએ છીએ. પક્ષીઓ ઊડે છે, માછલીઓ તરે છે, રુધિર, શિરાઓ અને ધમનીઓમાં વહે છે તથા મોટરગાડીઓ ગતિ કરે છે. પરમાણુ, અણુ, ગ્રહો, તારાઓ તથા આકાશગંગાઓ બધા જ ગતિમાન છે. સામાન્ય રીતે, આપણે કોઈ પદાર્થ સમયની સાથે પોતાનું સ્થાન બદલે ત્યારે જ તે ગતિમાં હોય છે તેવું સમજીએ છીએ. આ સિવાય એવી પણ કેટલીક અવસ્થાઓ છે કે જેમાં ગતિના અસ્તિત્વનો ખ્યાલ અપ્રત્યક્ષ પુરાવાઓ દ્વારા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે, આપણે હવાની ગતિનું અનુમાન ધૂળના રજકણોના ઊડવાથી તથા વૃક્ષોની ડાળીઓ અને પર્ણોના હલન-ચલન પરથી કરીએ છીએ. સૂર્યોદય, સૂર્યાસ્ત તેમજ ઋતુ-પરિવર્તન પાછળ કયું કારણ જવાબદાર છે ? શું તે પૃથ્વીની ગતિના કારણે છે ? જો આ સાચું છે તો આપણે પૃથ્વીની ગતિનું અનુમાન પ્રત્યક્ષ રૂપે કેમ કરી શકતાં નથી ?

કોઈ એક વ્યક્તિ માટે એક વસ્તુ ગતિશીલ હોય તો બીજી એક વ્યક્તિ માટે તે સ્થિર પણ હોઈ શકે. ગતિ કરતી બસમાં બેઠેલા મુસાફરોને રસ્તાના કિનારે આવેલાં ઝાડ પાછળ તરફ ગતિ કરતાં અનુભવાય છે. રસ્તાના કિનારે ઊભેલ એક વ્યક્તિ બસમાં બેઠેલા બધા જ મુસાફરોને બસ સાથે ગતિ કરતાં અનુભવે છે, જ્યારે બસમાં બેઠેલ એક મુસાફર પોતાના સાથી મુસાફરોને સ્થિર અવસ્થામાં જુએ છે. આ અવલોકનો શું દર્શાવે છે ?

મોટા ભાગની વસ્તુઓની ગતિ જટિલ હોય છે. કેટલીક વસ્તુઓ સીધી રેખામાં તો કેટલીક વસ્તુઓ વર્તુળાકાર પથ પર ગતિ કરતી હોય છે. કેટલીક વસ્તુઓ ચાકગતિ તો કેટલીક વસ્તુઓ કંપન કરતી હોય છે. એવી પણ પરિસ્થિતિ હોઈ શકે કે જેમાં આ બધાનો એક સાથે સમાવેશ હોય. આ પ્રકરણમાં સૌપ્રથમ આપણે સીધી રેખામાં ગતિ કરતી વસ્તુઓનો અભ્યાસ કરીશું. આપણે આ પ્રકારની ગતિઓનો અભ્યાસ સામાન્ય સમીકરણો તેમજ ગ્રાફ (આલેખ)ની મદદથી કરીશું. ત્યાર બાદ આપણે વર્તુળાકાર ગતિ વિશે ચર્ચા કરીશું.

પ્રવૃત્તિ ____ 8.1

- તમારા ક્લાસરૂમની દીવાલો સ્થિર અવસ્થામાં છે કે ગતિમાં છે તેની ચર્ચા કરો.

પ્રવૃત્તિ ____ 8.2

- શું તમે ક્યારેય એવો અનુભવ કર્યો છે કે જે ટ્રેનમાં તમે બેઠા છો તે ગતિ કરતી પ્રતીત થાય પરંતુ વાસ્તવમાં તે સ્થિર હોય ?
- આ બાબત પર ચર્ચા કરો અને તમારા અનુભવોનું આદાન-પ્રદાન કરો.

વિચારો અને કહો

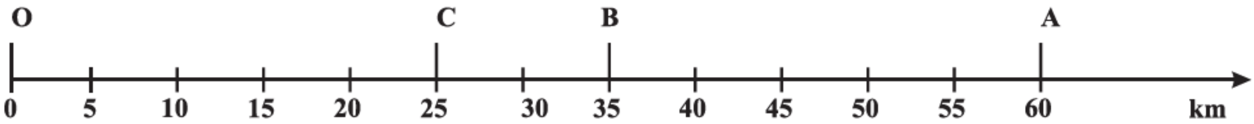
આપણે ક્યારેક આપણી આસપાસની વસ્તુઓની ગતિને કારણે તકલીફમાં મુકાઈએ છીએ. ખાસ કરીને જો તે વસ્તુની ગતિ અનિશ્ચિત અને અનિયંત્રિત હોય જેમકે નદીમાં આવેલ પૂર, તોફાન કે સુનામી. જ્યારે બીજી બાજુ વસ્તુની નિયંત્રિત ગતિ માનવની સેવામાં ઉપયોગી થઈ પડે છે. જેમકે, પાણી દ્વારા વિદ્યુતનું ઉત્પાદન. શું તમે એ અનુભવો છો કે કેટલીક વસ્તુઓની અનિયમિત ગતિનો અભ્યાસ કરવો અને તેને નિયંત્રિત કરવા અંગેનો અભ્યાસ જરૂરી છે ?

8.1 ગતિનું વર્ણન (Describing Motion)

આપણે કોઈ વસ્તુનું સ્થાન એક સંદર્ભબિંદુ નક્કી કરી રજૂ કરીએ છીએ. આવો, આપણે આ એક ઉદાહરણ દ્વારા સમજીએ. માની લો કે કોઈ એક ગામમાં એક શાળા રેલવે-સ્ટેશનથી 2 km ઉત્તર દિશામાં છે. આપણે તે શાળાનું સ્થાન તે રેલવે-સ્ટેશનની સાપેક્ષે નિર્ધારિત કર્યું છે. આ ઉદાહરણમાં રેલવે-સ્ટેશન સંદર્ભબિંદુ છે. આપણે આપણી અનુકૂળતા ખાતર બીજાં સંદર્ભબિંદુઓ પણ પસંદ કરી શકીએ. આમ, કોઈ વસ્તુનું સ્થાન દર્શાવવા માટે આપણને એક સંદર્ભબિંદુની જરૂર પડે છે, જેને ઊગમબિંદુ કહે છે.

8.1.1 સુરેખ પથ પર ગતિ (Motion along a straight line)

ગતિનો સૌથી સરળ પ્રકાર રેખીય ગતિ છે. આપણે સૌપ્રથમ એક ઉદાહરણ દ્વારા તેને વર્ણવવાનું શીખીશું. ધારો કે, કોઈ વસ્તુ સુરેખ પથ પર ગતિ કરી રહી છે. વસ્તુ પોતાની ગતિ, બિંદુ O થી શરૂ કરે છે. જેને સંદર્ભબિંદુ ગણી શકાય (આકૃતિ 8.1). ધારો કે A, B અને C જુદી જુદી ક્ષણે વસ્તુનું સ્થાન દર્શાવે છે. સૌપ્રથમ વસ્તુ C અને B બિંદુઓ પાસેથી પસાર થઈ બિંદુ A પાસે પહોંચે છે, ત્યાર બાદ તે આ જ પથ પર પરત ફરે છે અને B પાસેથી પસાર થઈ C સુધી પહોંચે છે. લંબાઈ (85 km) બંને સરખા નથી. આ સિવાય આપણે એ પણ નોંધીએ કે ગતિ દરમિયાન સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય શૂન્ય હોઈ શકે પરંતુ, તે દરમિયાન કપાયેલ અંતરનું મૂલ્ય શૂન્ય હોતું નથી. જો આપણે એવું માનીએ કે વસ્તુ ગતિ કરી બિંદુ O પાસે પાછી આવે છે, તો તેનું અંતિમ સ્થાન, પ્રારંભિક સ્થાન પર સંપાત થશે અને તેથી તેનું સ્થાનાંતર શૂન્ય થશે; પરંતુ આ ગતિ દરમિયાન તેણે કાપેલ કુલ અંતર OA + AO = 60 km + 60 km = 120 km થશે. આ રીતે બે અલગ-અલગ ભૌતિકરાશિઓ - અંતર અને સ્થાનાંતરનો ઉપયોગ વસ્તુની ગતિના સંપૂર્ણ વર્ણન માટે તેમજ



આકૃતિ 8.1 : સુરેખ પથ પર વસ્તુનાં સ્થાન

વસ્તુ દ્વારા આવરી લેવાયેલ કુલ પથલંબાઈ OA + AC છે એટલે કે 60 km + 35 km = 95 km. જે વસ્તુ દ્વારા કપાયેલ કુલ અંતર છે. કોઈ વસ્તુનું અંતર નક્કી કરવા માટે ફક્ત મૂલ્યની જ જરૂરિયાત હોય છે, ગતિની દિશાની નહિ. કેટલીક રાશિઓ એવી હોય છે કે જેને માત્ર મૂલ્ય વડે દર્શાવી શકાય છે. આ આંકડાકીય મૂલ્ય તે ભૌતિક રાશિનું માન (મૂલ્ય) દર્શાવે છે. આ ઉદાહરણ દ્વારા શું તમે વસ્તુની પ્રારંભિક અવસ્થા O થી તેની અવસ્થા C સુધીનું અંતર જાણી શકો ? આ તફાવત તમને બિંદુ O થી શરૂ કરી બિંદુ A પરથી પરત થઈને બિંદુ C સુધી પહોંચતા થતાં સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય આપે છે. વસ્તુની પ્રારંભિક તેમજ અંતિમ સ્થિતિ વચ્ચેના લઘુતમ અંતરને વસ્તુનું સ્થાનાંતર કહે છે.

શું સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય વસ્તુ દ્વારા કાપેલ અંતર જેટલું હોઈ શકે ? આકૃતિ 8.1માં દર્શાવેલ ઉદાહરણ ધ્યાનમાં લો. વસ્તુ દ્વારા O થી A સુધી ગતિ દરમિયાન કાપેલ અંતરનું મૂલ્ય 60 km છે તથા સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય પણ 60 km છે. O થી A અને ત્યાંથી B સુધી પાછા ફરતાં તેણે કાપેલ અંતર = 60 km + 25 km = 85 km. જ્યારે સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય = 35 km. આમ, સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય (35 km) અને પથ આપેલ સમયગાળામાં વસ્તુના પ્રારંભિક સ્થાનની સાપેક્ષે અંતિમ સ્થાન જાણવા માટે કરવામાં આવે છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 8.3

- એક મીટરપટ્ટી અને એક લાંબું દોરડું લો.
- બાસ્કેટ બૉલના મેદાનના એક ખૂણાથી તેની વિરુદ્ધ આવેલા બીજા ખૂણા સુધી તેની ધારે ધારે ચાલતાં જાઓ.
- તમારા દ્વારા કપાયેલ અંતર અને સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય માપો.
- આ કિસ્સામાં બંને વચ્ચે તમે શું તફાવત નોંધો છો ?

પ્રવૃત્તિ ______ 8.4

- ગાડીમાં એક એવું સાધન ફિટ કરેલ હોય છે કે જેના દ્વારા તેણે કાપેલ અંતર જાણી શકાય છે. આ સાધનને ઓડોમીટર કહે છે. એક કારને ભુવનેશ્વરથી નવી દિલ્હી સુધી લઈ જવામાં આવે છે. ઓડોમીટરના અંતિમ વાંચન અને પ્રારંભિક વાંચન વચ્ચેનો તફાવત 1850 km છે.
- ભારતના રોડ નકશાનો ઉપયોગ કરી ભુવનેશ્વર અને નવી દિલ્હી વચ્ચેનું સ્થાનાંતર ગણી તેની નોંધ કરો.

પ્રશ્નો :

1. કોઈ વસ્તુ દ્વારા કંઈક અંતર કપાયેલ છે. શું તેનું સ્થાનાંતર શૂન્ય હોઈ શકે ? જો હા, તો આપના ઉત્તરને ઉદાહરણ દ્વારા સમજાવો.
2. એક ખેડૂત 10 m લંબાઈના એક ચોરસ ખેતરની ધારે ધારે 40 s માં એક ચક્કર પૂર્ણ કરે છે. 2 મિનિટ 20 સેકન્ડ બાદ આ ખેડૂતે પ્રારંભિક સ્થાનથી કેટલું સ્થાનાંતર કર્યું હશે ?
3. સ્થાનાંતર માટે નીચેના પૈકી કયું સાચું છે ?
   (a) તે શૂન્ય હોઈ શકે નહિ.
   (b) તેનું મૂલ્ય વસ્તુ દ્વારા કપાયેલ અંતર કરતાં વધુ હોય છે.

8.1.2 નિયમિત ગતિ અને અનિયમિત ગતિ (Uniform motion and non-uniform motion)

ધારો કે, એક વસ્તુ સુરેખ પથ પર ગતિ કરી રહી છે. તે પ્રથમ કલાકમાં 50 km, બીજા કલાકમાં 50 km, ત્રીજા કલાકમાં 50 km અને ચોથા કલાકમાં 50 km અંતર કાપે છે. આમ, વસ્તુ સમાન સમયગાળામાં સરખું અંતર કાપતી હોવાથી આવી ગતિને નિયમિત ગતિ કહે છે. આ પ્રકારની ગતિમાં સમયગાળો નાનો કે મોટો હોઈ શકે. રોજબરોજના જીવનમાં આપણે એવી પણ કેટલીક ગતિ જોઈએ છીએ કે જેમાં વસ્તુ સમાન સમયગાળામાં જુદું જુદું અંતર કાપતી હોય. ઉદાહરણ તરીકે ભીડવાળા રોડ પર ગતિ કરતી કાર અથવા બાગમાં જોગિંગ કરતી વ્યક્તિ. જે અનિયમિત ગતિનાં કેટલાંક ઉદાહરણ છે.

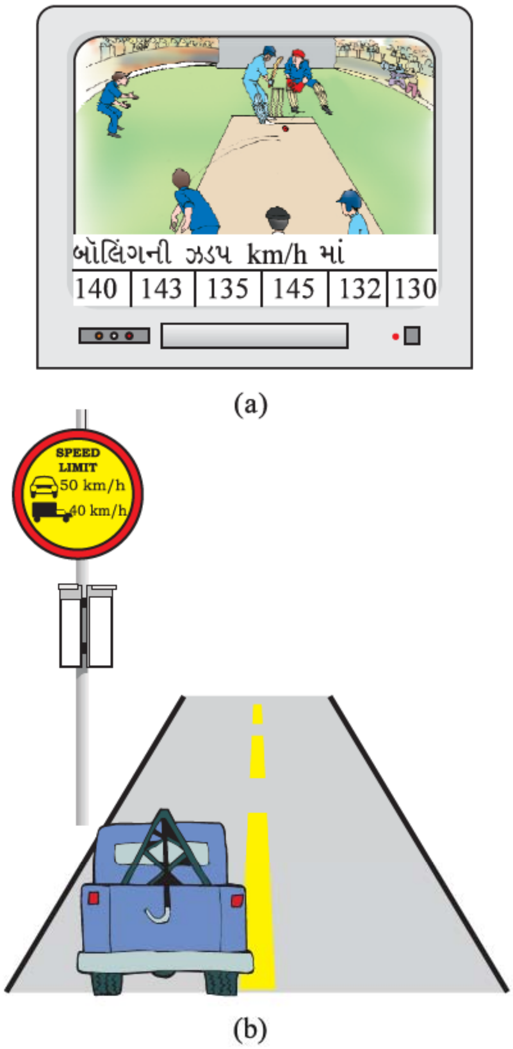
પ્રવૃત્તિ _______________ 8.5

- બે વસ્તુઓ A તથા B ની ગતિ સાથે સંબંધિત માહિતી કોષ્ટક 8.1માં આપેલ છે.
- ધ્યાનથી ચકાસો અને બતાવો કે વસ્તુઓની ગતિ નિયમિત છે કે અનિયમિત.

કોષ્ટક 8.1

સમય	વસ્તુ A દ્વારા કપાયેલ અંતર m માં	વસ્તુ B દ્વારા કપાયેલ અંતર m માં
9:30 am	10	12
9:45 am	20	19
10:00 am	30	23
10:15 am	40	35
10:30 am	50	37
10:45 am	60	41
11:00 am	70	44

8.2 ગતિના દરનું માપન (Measuring the Rate of Motion)



આકૃતિ 8.2

આકૃતિ 8.2માં દર્શાવેલ બે સ્થિતિઓ ધ્યાનમાં લો. આકૃતિ 8.2(a)માં જો દડાને ફેંકવાની ગતિ (બૉલિંગ) 143 km h^{-1} હોય, તો તેનો અર્થ શું થાય ? આકૃતિ 8.2(b)માં, દર્શાવેલ સાઇન બોર્ડ દ્વારા તમે શું સમજો છો ?

આપેલ ચોક્કસ અંતર કાપવા માટે અલગ-અલગ વસ્તુઓ જુદા-જુદા સમય લે છે. તેમાંથી કેટલીક વસ્તુઓ ઝડપથી ગતિ કરતી હોય છે, જ્યારે કેટલીક વસ્તુઓ ધીમે ધીમે ગતિ કરતી હોય છે. વસ્તુઓનો ગતિ-દર જુદો-જુદો હોઈ શકે તેમજ જુદી જુદી વસ્તુઓ સમાન દરથી પણ ગતિ કરી શકે. વસ્તુનો ગતિ દર શોધવાની એક રીત એવી છે જેમાં એકમ સમયગાળામાં વસ્તુએ કાપેલું અંતર શોધવામાં આવે છે. આ રાશિને ઝડપ કહે છે. ઝડપનો SI એકમ મીટર પ્રતિ સેકન્ડ છે તેને સંજ્ઞાત્મક રીતે ms^{-1} અથવા m/s વડે દર્શાવી શકાય. ઝડપના અન્ય એકમો સેન્ટિમીટર પ્રતિ સેકન્ડ (cm s^{-1}) તથા કિલોમીટર પ્રતિ કલાક (km h^{-1}) છે. વસ્તુની ઝડપ દર્શાવવા માટે માત્ર તેના મૂલ્યની જરૂર પડે છે. વસ્તુની ઝડપ અચળ હોવી જરૂરી નથી. મોટા ભાગના કિસ્સાઓમાં વસ્તુઓ અનિયમિત ગતિ કરતી હોય છે. તેથી આપણે આ વસ્તુઓની ઝડપનો દર સરેરાશ ઝડપ સ્વરૂપે દર્શાવીએ છીએ. વસ્તુએ કાપેલ કુલ અંતર અને તે માટે લાગતા કુલ સમયના ગુણોત્તર પરથી વસ્તુની સરેરાશ ઝડપ મેળવી શકાય છે. એટલે કે,

$$\text{સરેરાશ ઝડપ} = \frac{\text{વસ્તુએ કાપેલ કુલ અંતર}}{\text{તે અંતર કાપવા માટે લાગતો કુલ સમય}}$$

જો વસ્તુને s અંતર કાપતાં લાગતો સમય t હોય તો તેની ઝડપ v એ,

$$v = \frac{s}{t} \qquad (8.1)$$

ચાલો, આ બાબત આપણે એક ઉદાહરણ દ્વારા સમજીએ. એક કાર 100 km અંતર 2 h માં કાપે છે. તેની સરેરાશ ઝડપ 50 km h^{-1} થશે. કાર દરેક સમયે 50 km h^{-1} ની ઝડપે ગતિ નહીં કરતી હોય. કેટલાક સમયગાળામાં તે આના કરતાં વધુ ઝડપથી, તો કેટલાક સમયગાળામાં તે આના કરતાં ઓછી ઝડપથી ગતિ કરતી હશે.

ઉદાહરણ 8.1 : એક વસ્તુ 4 s માં 16 m અંતર કાપે છે, ત્યાર બાદ 2 s માં બીજું 16 m અંતર કાપે છે. તો આ વસ્તુની સરેરાશ ઝડપ કેટલી હશે ?

ઉકેલ :

વસ્તુ દ્વારા કપાયેલ કુલ અંતર = 16 m + 16 m = 32 m

આ અંતર કાપવાં લીધેલ કુલ સમય = 4 s + 2 s = 6 s

$$\text{સરેરાશ ઝડપ} = \frac{\text{કાપેલ કુલ અંતર}}{\text{લાગતો કુલ સમય}}$$

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

આમ, વસ્તુની સરેરાશ ઝડપ 5.33 m s^{-1} છે.

8.2.1 દિશા સાથે ઝડપ (Speed with direction)

જો આપણે, વસ્તુની ઝડપની સાથે-સાથે તેની ગતિની દિશા પણ દર્શાવીએ તો વસ્તુની ગતિનો દર વધારે સચોટ થઈ શકે. આ બંને બાબતોને રજૂ કરતી ભૌતિકરાશિને વેગ કહે છે. નિશ્ચિત દિશામાં વસ્તુની ઝડપને તેનો વેગ કહે છે. કોઈ વસ્તુનો વેગ સમાન કે બદલાતો હોઈ શકે. તે વસ્તુની ઝડપ, ગતિની દિશા કે બંનેના બદલાવાથી બદલાઈ શકે. જ્યારે કોઈ વસ્તુ સુરેખ પથ પર બદલાતી જતી ઝડપ સાથે ગતિ કરતી હોય ત્યારે તેની ગતિનો દર સરેરાશ વેગ દ્વારા રજૂ કરી શકાય. તેની ગણતરી સરેરાશ ઝડપની ગણતરી મુજબની જ હોય છે.

જ્યારે કોઈ વસ્તુનો વેગ સમાન દરથી બદલાતો જતો હોય ત્યારે તેનો સરેરાશ વેગ, પ્રારંભિક વેગ અને અંતિમ વેગના અંકગણિતીય સરેરાશ દ્વારા મેળવી શકાય છે.

$$\text{સરેરાશ વેગ} = \frac{\text{પ્રારંભિક વેગ} + \text{અંતિમ વેગ}}{2}$$

ગાણિતીક રીતે, $v_{av} = \frac{u + v}{2}$ (8.2)

જ્યાં v_{av} એ વસ્તુનો સરેરાશ વેગ, u વસ્તુનો પ્રારંભિક વેગ તથા v વસ્તુનો અંતિમ વેગ છે. ઝડપ અને વેગ બંનેના એકમો સમાન હોય છે એટલે કે m s^{-1} અથવા m/s.

પ્રવૃત્તિ 8.6

- તમને તમારા ઘરેથી બસ-સ્ટૅન્ડ કે શાળા સુધી ચાલીને જતા લાગતો સમય નોંધો. જો તમારી ચાલવાની સરેરાશ ઝડપ 4 km h^{-1} લેવામાં આવે તો બસ-સ્ટૅન્ડ કે શાળાનું તમારા ઘરથી અંતર નક્કી કરો.

પ્રવૃત્તિ _______________ 8.7

- જ્યારે આકાશ વાદળોથી ઘેરાયેલું હોય ત્યારે વીજળી ચમકવાની અને વાદળોના ગડગડાટની ઘટના વારંવાર થતી જોવા મળે છે. આ ઘટનામાં વીજળીનો ચમકારો પહેલાં દેખાય છે. તેના થોડા સમય પછી વાદળોના ગડગડાટનો ધ્વનિ આપણા સુધી પહોંચે છે.
- શું તમે સમજાવી શકો કે આવું કેમ થાય છે ?
- આ બંને ઘટનાઓ વચ્ચેનો સમયગાળો ડિજિટલ કાંડા ઘડિયાળ કે સ્ટૉપ વૉચની મદદથી માપો.
- વીજળીના ચમકારાના સૌથી નજીકના બિંદુનું અંતર ગણો. (હવામાં ધ્વનિની ઝડપ 346 ms^{-1})

પ્રશ્નો :

1. ઝડપ અને વેગ વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો.
2. કઈ પરિસ્થિતિમાં વસ્તુના સરેરાશ વેગ અને સરેરાશ ઝડપનાં મૂલ્યો સમાન થાય ?
3. વાહનનું ઓડોમીટર શું માપે છે ?
4. જ્યારે કોઈ વસ્તુ નિયમિત ગતિ કરતી હોય ત્યારે તેનો ગતિપથ કેવો દેખાશે ?
5. એક પ્રયોગ દરમિયાન અવકાશયાનમાંથી એક સિગ્નલને પૃથ્વી પરના સ્ટેશન સુધી પહોંચતા 5 min જેટલો સમય લાગે છે. પૃથ્વી પરના સ્ટેશનથી અવકાશયાનનું અંતર કેટલું હશે ? સિગ્નલનો વેગ પ્રકાશના વેગ જેટલો જ એટલે કે 3×10^8 m s^{-1} છે.

ઉદાહરણ 8.2 : મુસાફરીના પ્રારંભના સમયે કારના ઓડોમીટરનું અવલોકન 2000 km છે અને મુસાફરીના અંતમાં 2400 km દર્શાવે છે. જો આ મુસાફરી દરમિયાન લાગતો સમય 8 h હોય, તો કારની સરેરાશ ઝડપ km h^{-1} તથા m s^{-1} માં ગણો.

ઉકેલ :

કાર દ્વારા કપાયેલ કુલ અંતર

s = 2400 km – 2000 km = 400 km

આ અંતર કાપતા લાગતો કુલ સમય t = 8 h

કારની સરેરાશ ઝડપ,

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

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

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

કારની સરેરાશ ઝડપ 50 km h^{-1} અથવા 13.9 m s^{-1} છે.

ઉદાહરણ 8.3 : ઉષા 90 m લંબાઈના એક સ્વિમિંગપુલમાં તરે છે. તે સ્વિમિંગપુલના એક છેડેથી બીજા છેડા સુધી તથા તેજ માર્ગ પર પાછા ફરતાં 180 m નું કુલ અંતર 1 minમાં પુરુ કરે છે. ઉષાની સરેરાશ ઝડપ અને સરેરાશ વેગ ગણો.

ઉકેલ :

ઉષાએ 1 min માં કાપેલ કુલ અંતર 180 m છે.

1 min માં ઉષાનું સ્થાનાંતર = 0 m.

$$\text{સરેરાશ ઝડપ} = \frac{\text{કાપેલ કુલ અંતર}}{\text{લાગતો કુલ સમય}}$$

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

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

$$\text{સરેરાશ વેગ} = \frac{\text{સ્થાનાંતર}}{\text{લાગતો કુલ સમય}}$$

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

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

ઉષાની સરેરાશ ઝડપ 3 m s^{-1} અને સરેરાશ વેગ 0 m s^{-1} છે.

8.3 વેગના ફેરફારનો દર (Rate of Change of Velocity)

કોઈ વસ્તુની સુરેખ પથ પર નિયમિત ગતિ દરમિયાન તેનો વેગ સમય સાથે અચળ રહે છે. આ કિસ્સામાં, કોઈ પણ સમયગાળામાં વસ્તુના વેગના ફેરફારનો દર શૂન્ય છે. જોકે, અનિયમિત ગતિમાં વેગ સમય સાથે બદલાય છે. તેનું મૂલ્ય જુદા જુદા સમયે તેમજ જુદાં-જુદાં બિંદુઓ પાસે જુદું-જુદું હોય છે. તેથી કોઈ પણ સમયગાળામાં વસ્તુના વેગના ફેરફારનો દર શૂન્ય હોતો નથી. તો શું હવે આપણે વસ્તુના વેગમાં થતા ફેરફારને દર્શાવી શકીએ ?

આ પ્રશ્નના જવાબ માટે આપણે એક અન્ય ભૌતિકરાશિ પ્રવેગ વિશે પરિચય મેળવવો પડશે, કે જે એકમ સમયમાં વસ્તુના વેગમાં થતા ફેરફારનું માપ છે. એટલે કે,

$$\text{પ્રવેગ} = \frac{\text{વેગમાં થતો ફેરફાર}}{\text{તે માટે લીધેલ સમય}}$$

જો કોઈ વસ્તુનો પ્રારંભિક વેગ u, t સમયમાં બદલાઈને અંતિમ વેગ v થતો હોય, તો તેનો પ્રવેગ a,

$$a = \frac{v-u}{t} \qquad (8.3)$$

આ પ્રકારની ગતિને પ્રવેગી ગતિ કહે છે. જો પ્રવેગ, વેગની દિશામાં હોય તો તેને ધન અને જો વેગની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય તો ઋણ લેવામાં આવે છે. પ્રવેગનો SI એકમ $m\ s^{-2}$ છે.

જો કોઈ વસ્તુ સુરેખ પથ પર ગતિ કરતી હોય અને તેનો વેગ સમાન સમયગાળામાં સમાન રીતે વધતો કે ઘટતો હોય તો વસ્તુનો પ્રવેગ અચળ ગણાય છે. મુક્ત પતન કરતા પદાર્થની ગતિ અચળ પ્રવેગી ગતિનું ઉદાહરણ છે. બીજી રીતે જોઈએ તો, જો કોઈ વસ્તુનો વેગ અસમાન દરથી બદલાતો હોય તો તેની ગતિ અસમાન પ્રવેગી ગણી શકાય. ઉદાહરણ તરીકે જો એક કાર સુરેખ પથ પર ગતિ કરતી હોય અને સમાન સમયગાળામાં અસમાન માત્રામાં તેના વેગમાં ફેરફાર થતો હોય તો, કારની ગતિ અસમાન પ્રવેગી કહેવાય.

પ્રવૃત્તિ 8.8

- તમે રોજિંદા જીવનમાં ઘણા પ્રકારની ગતિ અનુભવો છો જેવી કે,
  (a) પ્રવેગ ગતિની દિશામાં હોય.
  (b) પ્રવેગ ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય.
  (c) પ્રવેગ અચળ હોય.
  (d) પ્રવેગ અસમાન હોય.
- શું તમે ઉપર દર્શાવેલ દરેક પ્રકારની ગતિનું એક-એક ઉદાહરણ આપી શકશો ?

ઉદાહરણ 8.4 : સ્થિર અવસ્થામાંથી રાહુલ પોતાની સાઈકલ ચલાવવાનું શરૂ કરે છે અને 30 s માં 6 $m\ s^{-1}$ નો વેગ પ્રાપ્ત કરે છે. હવે તે એવી રીતે બ્રેક મારે છે કે જેથી સાઈકલનો વેગ ત્યારબાદની 5 s માં ઘટીને 4 $m\ s^{-1}$ થઈ જાય છે. આ બંને કિસ્સાઓમાં સાયકલનાં પ્રવેગની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

પ્રથમ કિસ્સામાં,

પ્રારંભિક વેગ $u = 0$,

અંતિમ વેગ $v = 6\ m\ s^{-1}$,

સમય $t = 30\ s$

સમીકરણ 8.3 પરથી

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

u, v અને t નાં આપેલ મૂલ્યો ઉપરના સમીકરણમાં મૂકતાં,

$$a = \frac{(6\,ms^{-1} - 0\,ms^{-1})}{30\,s}$$

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

બીજા કિસ્સામાં,

પ્રારંભિક વેગ $u = 6\ m\ s^{-1}$,

અંતિમ વેગ $v = 4\ m\ s^{-1}$,

સમય $t = 5\ s$

તેથી, $a = \frac{(4\,ms^{-1} - 6\,ms^{-1})}{5\,s}$

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

આમ, સાઈકલનો પ્રથમ કિસ્સામાં પ્રવેગ 0.2 $m\ s^{-2}$ છે અને બીજા કિસ્સામાં $-0.4\ m\ s^{-2}$ છે.

પ્રશ્નો :

1. તમે કોઈ વસ્તુની બાબતમાં ક્યારે કહી શકો કે,
   (i) તે અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરે છે ?
   (ii) તે અસમાન પ્રવેગથી ગતિ કરે છે ?
2. એક બસની ગતિ 5 s માં 80 $km\ h^{-1}$ થી ઘટીને 60 $km\ h^{-1}$ થઈ જાય છે. બસનો પ્રવેગ શોધો.
3. એક ટ્રેન રેલવે-સ્ટેશનથી ગતિનો પ્રારંભ કરે છે અને અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરી 10 min માં 40 $km\ h^{-1}$ની ઝડપ પ્રાપ્ત કરે છે, તો તેનો પ્રવેગ શોધો.

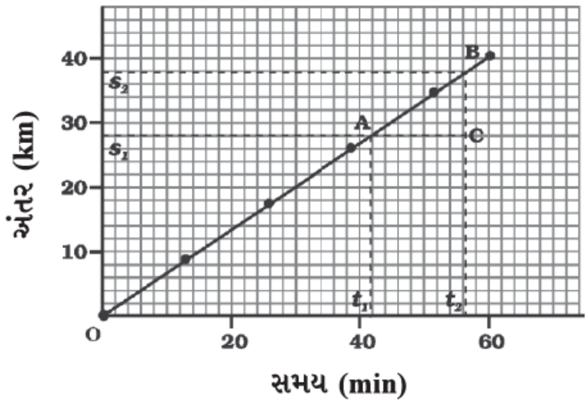
8.4 ગતિનું આલેખીય નિરૂપણ (Graphical Representation of Motion)

ઘણીબધી ઘટનાઓની મૂળભૂત જાણકારી આલેખ દ્વારા સરળતાપૂર્વક મળી શકે છે. ઉદાહરણ તરીકે કોઈ એકદિવસીય ક્રિકેટ મૅચના પ્રસારણ દરમિયાન કોઈ ટીમ દ્વારા પ્રત્યેક ઓવરમાં બનાવેલ રનના દરને ઊભા સ્તંભ [ઊભી લીટી (બાર) વાળા] આલેખ વડે દર્શાવાય છે. તમે ગણિતમાં અભ્યાસ કર્યો છે તે મુજબ સુરેખ આલેખની મદદથી બે ચલો ધરાવતાં રેખીય સમીકરણનો ઉકેલ મેળવી શકાય છે.

કોઈ વસ્તુની ગતિને દર્શાવવા માટે આપણે સુરેખ આલેખનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. આ કિસ્સામાં સુરેખ આલેખ કોઈ એક ભૌતિકરાશિ પરની નિર્ભરતા દર્શાવે છે. જેમકે અંતર કે વેગની કોઈ બીજી ભૌતિકરાશિ સમય પરની નિર્ભરતા.

8.4.1 અંતર - સમય-આલેખો (Distance - time graphs)

કોઈ વસ્તુના સ્થાનમાં સમયની સાપેક્ષમાં થતો ફેરફાર એક સુવિધાજનક સ્કેલ પસંદ કરી અંતર-સમયના આલેખ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે. આ આલેખમાં સમયને X-અક્ષ પર તથા અંતરને Y-અક્ષ પર લેવામાં આવે છે. અંતર-સમયના આલેખને વસ્તુની વિવિધ અવસ્થાઓ માટે દર્શાવી શકાય છે. જેમકે સમાન ઝડપ, અસમાન ઝડપ, સ્થિર સ્થિતિ વગેરે.



આકૃતિ 8.3 : અચળ ઝડપથી ગતિ કરતી વસ્તુનો અંતર-સમયનો આલેખ

આપણે જાણીએ છીએ કે, જ્યારે કોઈ વસ્તુ સમાન સમયગાળામાં સમાન અંતર કાપે ત્યારે તે અચળ ઝડપથી ગતિ કરે છે. જે દર્શાવે છે કે વસ્તુએ કાપેલ અંતર સમયના સમપ્રમાણમાં છે. આમ, અચળ ઝડપ માટે અંતર વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ સીધી રેખા મળે છે, જે આકૃતિ 8.3માં દર્શાવેલ છે. આલેખનો OB ભાગ દર્શાવે છે કે અંતર સમાન દરથી વધી રહ્યું છે. અહીં, નોંધો કે જો તમે Y-અક્ષ પર વસ્તુએ કાપેલા અંતરનાં મૂલ્ય જેટલું જ તેણે કરેલા સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય લો તો તમે અચળ ઝડપને બદલે અચળ વેગ એવું પદ વાપરી શકો.

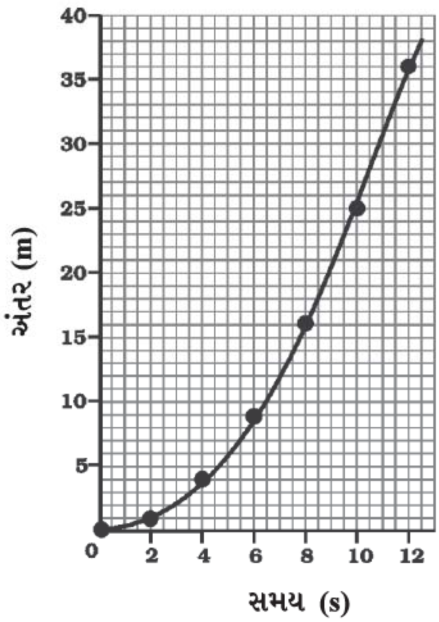
આપણે અંતર-સમયના આલેખનો ઉપયોગ વસ્તુની ઝડપ શોધવા માટે કરી શકીએ છીએ. આ માટે આકૃતિ 8.3માં દર્શાવેલ અંતર-સમયના આલેખમાં નાનો ખંડ AB ધ્યાનમાં લો. બિંદુ A માંથી X-અક્ષને સમાંતર રેખા તથા બિંદુ B માંથી Y-અક્ષને સમાંતર એક રેખા દોરો. આ બંને રેખા બિંદુ C પાસે મળી Δ ABC ની રચના કરે છે. હવે, આલેખમાં AC સમયગાળો $(t_2 - t_1)$ જ્યારે BC તેને અનુરૂપ અંતર $(s_2 - s_1)$ દર્શાવે છે. આપણે આલેખ પરથી જોઈ શકીએ છીએ કે, વસ્તુ A થી B સુધી ગતિ કરે તે દરમિયાન $(t_2 - t_1)$ સમયગાળામાં તે $(s_2 - s_1)$ અંતર કાપે છે. તેથી વસ્તુની ઝડપ v નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય.

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \qquad (8.4)$$

આ જ રીતે આપણે અંતર-સમયનો આલેખ પ્રવેગી ગતિ માટે પણ દોરી શકીએ. કોષ્ટક 8.2માં એક કાર દ્વારા 2 s ના સમયગાળા દરમિયાન કાપેલ અંતર દર્શાવ્યું છે.

કોષ્ટક 8.2 : કાર દ્વારા નિયમિત સમયગાળામાં કપાપેલ અંતર

સમય સેકન્ડમાં	અંતર મીટરમાં
0	0
2	1
4	4
6	9
8	16
10	25
12	36

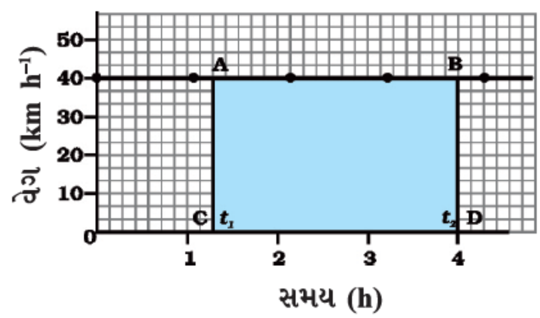


આકૃતિ 8.4 : અસમાન ગતિ કરતી કાર માટે અંતર-સમયનો આલેખ

કારની ગતિ માટે અંતર-સમયનો આલેખ આકૃતિ 8.4માં દર્શાવ્યો છે. એ નોંધો કે આકૃતિ 8.3માં દર્શાવેલ અંતર-સમયનાં સમાન ગતિનાં આલેખ કરતાં આ આલેખનો આકાર જુદો છે. આ આલેખની પ્રકૃતિ નિયત સમયમાં કાર દ્વારા કપાયેલ અંતરમાં અરેખીય ફેરફાર દર્શાવે છે. માટે, આકૃતિ 8.4માં દર્શાવેલ આલેખ અસમાન ઝડપવાળી ગતિ દર્શાવે છે.

8.4.2 વેગ-સમયનો આલેખ (Velocity-time Graphs)

સુરેખ પથ પર ગતિ કરતી એક વસ્તુના વેગમાં સમય સાથે થતા ફેરફારને વેગ-સમયના આલેખ દ્વારા દર્શાવાય છે. આ આલેખમાં સમયને X-અક્ષ પર અને વેગને Y-અક્ષ પર દર્શાવ્યો છે. જો વસ્તુ સમાન વેગથી ગતિમાન હોય તો સમય સાથે વેગ-સમયના આલેખની ઊંચાઈમાં કોઈ ફેરફાર થતો



આકૃતિ 8.5 : નિયમિત ગતિ કરતી કાર માટે વેગ-સમયનો આલેખ

નથી (આકૃતિ 8.5). તેથી તે X-અક્ષને સમાંતર એક સીધી રેખા હશે. આકૃતિ 8.5, 40 km h^{-1} ના અચળ વેગથી ગતિ કરતી કાર માટે વેગ-સમયનો આલેખ દર્શાવે છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે, અચળ વેગથી ગતિ કરતી વસ્તુના વેગ અને સમયના ગુણાકાર પરથી તેનું સ્થાનાંતર મળે છે. વેગ-સમયના આલેખ અને સમયની અક્ષ વડે ઘેરાયેલા ભાગનું ક્ષેત્રફળ વસ્તુના સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય આપે છે.

આકૃતિ 8.5 દ્વારા t_1 થી t_2 સમયગાળા દરમિયાન કાર દ્વારા કપાયેલ અંતર શોધવા માટે t_1 અને t_2 સમયને અનુરૂપ બિંદુઓ પરથી આલેખ પર લંબ દોરો. 40 km h^{-1} ના વેગને ઊંચાઈ AC અથવા BD વડે તથા સમય (t_2-t_1) ને લંબાઈ ABથી દર્શાવેલ છે.

તેથી (t_2-t_1) સમયગાળામાં કાર દ્વારા કપાયેલ અંતર s નીચે પ્રમાણે શોધી શકાય છે :

s = AC × CD

= $[(40 \text{ km h}^{-1}) \times (t_2 - t_1) \text{ h}]$

= $40\ (t_2 - t_1)$ km

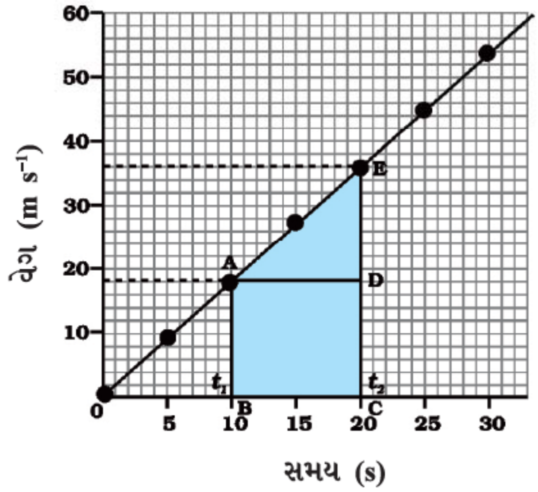
= લંબચોરસ ABDCનું ક્ષેત્રફળ (આકૃતિ 8.5માં દર્શાવેલ છાયાંકિત ભાગ)

વેગ-સમયના આલેખ દ્વારા આપણે અચળ પ્રવેગી ગતિનો અભ્યાસ પણ કરી શકીએ છીએ. ધારો કે એક કારના એન્જિનની ચકાસણી માટે તેને એક સુરેખ પથ પર ગતિ કરાવવામાં આવે છે. ડ્રાઈવરની બાજુમાં બેઠેલ એક વ્યક્તિ દર 5 s બાદ કારના સ્પીડોમીટરનું અવલોકન લે છે. જુદા-જુદા સમય માટે કારનો વેગ m s^{-1} તથા km h^{-1} માં કોષ્ટક 8.3 માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 8.3 : ચોક્કસ સમયગાળામાં કારનો વેગ

સમય	કારનો વેગ	
(s)	(m s^{-1})	(km h^{-1})
0	0	0
5	2.5	9
10	5.0	18
15	7.5	27
20	10.0	36
25	12.5	45
30	15.0	54

આ કિસ્સામાં કારની ગતિ માટે વેગ-સમયનો આલેખ આકૃતિ 8.6માં દર્શાવેલ છે. આલેખનો આકાર દર્શાવે છે કે સમાન સમયગાળામાં વેગમાં થતો ફેરફાર સમાન છે. આમ, બધી જ અચળ પ્રવેગી ગતિ માટે વેગ-સમયનો આલેખ સીધી રેખા હોય છે.



આકૃતિ 8.6 : અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરતી કાર માટે વેગ-સમયનો આલેખ

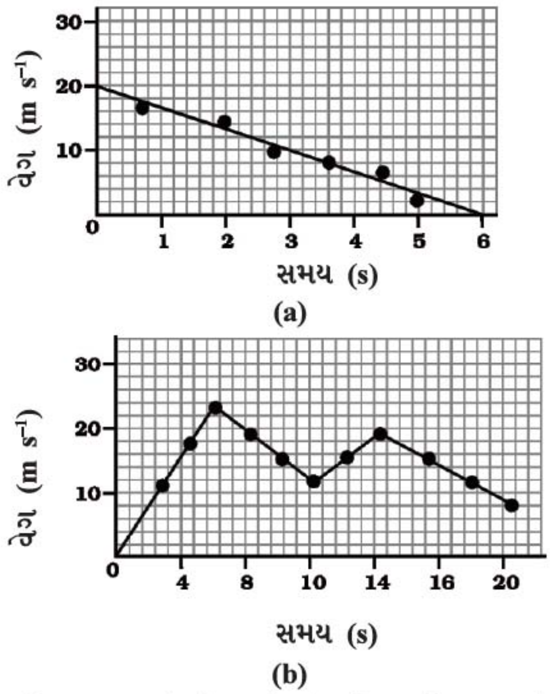
તમે વેગ-સમયનાં આલેખ દ્વારા કાર વડે કપાયેલું અંતર પણ માપી શકો છો. વેગ-સમયના આલેખ નીચે ઘેરાયેલ ભાગનું ક્ષેત્રફળ આપેલ સમયગાળામાં કાર દ્વારા કપાયેલ અંતર (સ્થાનાંતરનું મૂલ્ય) દર્શાવે છે. જો કાર અચળ વેગથી ગતિ કરતી હોય તો આલેખ (આકૃતિ 8.6)માં દર્શાવેલ ભાગ ABCD તેણે કાપેલ અંતર દર્શાવે; પરંતુ કારનો વેગ પ્રવેગી ગતિના કારણે બદલાતો હોવાથી કાર દ્વારા કપાયેલ અંતર s વેગ-સમયના આલેખ (આકૃતિ 8.6)માં દર્શાવેલ ક્ષેત્રફળ ABCDE દ્વારા મેળવી શકાય.

s = ABCDE નું ક્ષેત્રફળ

= લંબચોરસ ABCD નું ક્ષેત્રફળ + ત્રિકોણ ADEનું ક્ષેત્રફળ

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

અનિયમિત પ્રવેગી ગતિના કિસ્સામાં વેગ-સમયનો આલેખ ગમે તે આકારનો હોઈ શકે.



આકૃતિ 8.7 : અનિયમિત પ્રવેગથી ગતિ કરતી વસ્તુ માટે વેગ-સમયનો આલેખ

આકૃતિ 8.7 (a)માં વેગ-સમયનો આલેખ દર્શાવે છે કે વસ્તુની ગતિ એવી છે કે વેગ એ સમય સાથે ઘટતો જાય છે. જ્યારે આકૃતિ 8.7 (b)માં કોઈ વસ્તુના વેગમાં અસમાન ફેરફાર વેગ-સમયના આલેખમાં દર્શાવેલ છે. આ આલેખોનું અર્થઘટન કરવાનો પ્રયત્ન કરો.

પ્રવૃત્તિ 8.9

- એક ટ્રેનનાં ત્રણ સ્ટેશનો A, B અને C પાસે આગમન અને પ્રસ્થાનના સમય તથા સ્ટેશન B અને C ના સ્ટેશન A થી અંતર કોષ્ટક 8.4 માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 8.4 : સ્ટેશન B અને C ના A થી અંતરો તથા ટ્રેનનો આવવાનો અને જવાનો સમય

સ્ટેશન	A થી અંતર (km)	આવવાનો સમય (hours)	જવાનો સમય (hours)
A	0	08:00	08:15
B	120	11:15	11:30
C	180	13:00	13:15

- કોઈ બે સ્ટેશનોની વચ્ચે ટ્રેનની ગતિ અચળ છે તેમ સ્વીકારી લઈને અંતર-સમયનો આલેખ દોરો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

પ્રવૃત્તિ _______________ 8.10

- ફિરોજ અને તેની બહેન સાનિયા તેમની સાઈકલો પર શાળાએ જાય છે. તે બંને ઘરેથી એક સાથે પ્રસ્થાન કરે છે તેમજ એક જ માર્ગે ગતિ કરે છે; છતાં અલગ-અલગ સમયે શાળાએ પહોંચે છે. કોષ્ટક 8.5માં બંને દ્વારા અલગ-અલગ સમય પર કાપેલ અંતર દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 8.5 : ફિરોજ અને સાનિયા દ્વારા જુદા જુદા સમયમાં તેમની સાઈકલો વડે કપાયેલ અંતર

સમય	ફિરોજ દ્વારા કપાયેલ અંતર (km)	સાનિયા દ્વારા કપાયેલ અંતર (km)
8:00 am	0	0
8:05 am	1.0	0.8
8:10 am	1.9	1.6
8:15 am	2.8	2.3
8:20 am	3.6	3.0
8:25 am	–	3.6

- આ બંનેની ગતિ માટે અંતર-સમયનો આલેખ એક જ સ્કેલ પર દોરો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

પ્રશ્નો :

1. કોઈ વસ્તુની નિયમિત અને અનિયમિત ગતિ માટે અંતર-સમયના આલેખનો આકાર કેવો હોય છે ?
2. કોઈ વસ્તુની ગતિની બાબતમાં તમે શું કહી શકો જેનો અંતર-સમયનો આલેખ સમયની અક્ષને સમાંતર રેખા હોય ?
3. કોઈ વસ્તુની ગતિની બાબતમાં તમે શું કહી શકો જેનો ઝડપ-સમયનો આલેખ સમયની અક્ષને સમાંતર રેખા હોય ?
4. વેગ-સમયના આલેખની નીચે ઘેરાયેલ ક્ષેત્રફળનું માપ કઈ ભૌતિકરાશિ દર્શાવે છે ?

8.5 આલેખીય રીત વડે ગતિનાં સમીકરણો : (Equations of Motion by Graphical Method)

કોઈ વસ્તુ સુરેખ પથ પર અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરતી હોય તો તેના વેગ, ગતિ દરમિયાન તેના પ્રવેગ તથા તેના દ્વારા નિશ્ચિત સમયગાળામાં કાપેલ અંતર વચ્ચેનો સંબંધ સમીકરણો દ્વારા સ્થાપિત કરી શકાય છે. જેને ગતિનાં સમીકરણો કહે છે. આ પ્રકારનાં ત્રણ સમીકરણો નીચે પ્રમાણે છે :

$$v = u + at \qquad (8.5)$$

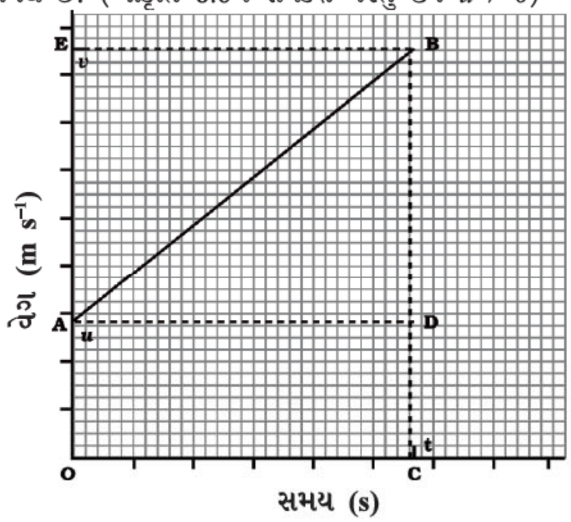
$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \qquad (8.6)$$

$$2\,a\,s = v^2 - u^2 \qquad (8.7)$$

જ્યાં, u એ t સમયે a જેટલા અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરતી વસ્તુનો પ્રારંભિક વેગ અને v અંતિમ વેગ છે. જ્યારે વસ્તુ દ્વારા t સમયમાં કપાયેલ અંતર s છે. સમીકરણ (8.5) વેગ અને સમય વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવે છે. જ્યારે સમીકરણ (8.6) સ્થાન અને સમય વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવે છે. સમીકરણ (8.7) કે જે વેગ તેમજ સ્થાન વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવે છે. તેને સમીકરણ (8.5) અને (8.6) પરથી t નો લોપ કરીને મેળવી શકાય છે. આ ત્રણેય સમીકરણોને આલેખીય રીત વડે તારવી શકાય છે.

8.5.1 વેગ-સમય સંબંધ માટેનું સમીકરણ (Equation for velocity-time relation)

અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરતી વસ્તુનો આલેખ આકૃતિ 8.8માં દર્શાવેલ છે. (આકૃતિ 8.6ને સમકક્ષ પરંતુ હવે $u \neq 0$) આ



આકૃતિ 8.8 : ગતિનાં સમીકરણો મેળવવા માટે વેગ-સમયનો આલેખ

આલેખ પરથી તમે જોઈ શકો છો કે વસ્તુનો પ્રારંભિક વેગ u છે (બિંદુ A પાસે) અને તે t સમયમાં વધીને v (બિંદુ B પાસે) જેટલો થાય છે. વેગ એકસમાન દર a થી બદલાય છે. આકૃતિ 8.8 માં બિંદુ B થી બે લંબ BC અને BE અનુક્રમે સમય તથા વેગની અક્ષો પર દોરેલ છે. પ્રારંભિક વેગ OA દ્વારા, અંતિમ વેગ BC દ્વારા તથા સમયગાળાં t ને, OC દ્વારા દર્શાવેલ છે. BD = BC – CD એ, t સમયગાળામાં વેગમાં થતો ફેરફાર દર્શાવે છે.

હવે OC ને સમાંતર AD રેખા દોરો. આલેખ પરથી આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે,

$$BC = BD + DC = BD + OA$$

હવે BC = v અને OA = u મૂકતાં,

આપણને, $v = BD + u$

અથવા $BD = v - u$ મળે છે. (8.8)

વેગ-સમય આલેખ (આકૃતિ 8.8) પરથી વસ્તુના પ્રવેગને નીચે પ્રમાણે આપી શકાય :

$$a = \frac{\text{વેગમાં થતો ફેરફાર}}{\text{લીધેલ સમય}}$$

$$= \frac{BD}{AD} = \frac{BD}{OC}$$

OC = t મૂકતાં આપણને

$$a = \frac{BD}{t} \text{ મળે છે.}$$

અથવા $BD = at$ (8.9)

સમીકરણ 8.8 તથા 8.9 પરથી આપણને $v = u + at$ મળે છે.

8.5.2 સ્થાન-સમય સંબંધ માટેનું સમીકરણ (Equation for position-time relation)

ધારો કે વસ્તુ a જેટલા અચળ પ્રવેગથી t સમયમાં s જેટલું અંતર કાપે છે. આકૃતિ 8.8 માં વસ્તુ દ્વારા કપાયેલ અંતર વેગ-સમયના આલેખ AB નીચે ઘેરાયેલ ભાગ OABC ના ક્ષેત્રફળ દ્વારા પ્રાપ્ત થાય છે.

આમ, વસ્તુ દ્વારા કપાયેલ અંતર s નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

s = OABC નું ક્ષેત્રફળ (કે જે સમલંબ ચતુષ્કોણ છે)

= લંબચોરસ OADC નું ક્ષેત્રફળ + ત્રિકોણ ABD નું ક્ષેત્રફળ

$$= OA \times OC + \frac{1}{2} (AD \times BD) \quad (8.10)$$

OA = u, OC = AD = t તથા BD = at મૂલ્યો મૂકતાં

આપણને $s = u \times t + \frac{1}{2} (t \times at)$

અથવા $s = ut + \frac{1}{2} at^2$ મળે છે.

8.5.3 સ્થાન-વેગ સંબંધ માટેનું સમીકરણ (Equation for position-velocity relation)

આકૃતિ 8.8માં દર્શાવેલ વેગ-સમયના આલેખ પરથી અચળ પ્રવેગ a દ્વારા t સમયમાં વસ્તુ દ્વારા કપાયેલ અંતર s, આલેખ નીચેના સમલંબ ચતુષ્કોણ OABC દ્વારા ઘેરાયેલ ભાગના ક્ષેત્રફળ દ્વારા મળે છે.

એટલે કે, s = સમલંબ OABC નું ક્ષેત્રફળ

$$= \frac{(OA + BC) \times OC}{2}$$

OA = u, BC = v તથા OC = t મૂકતાં,

$$s = \frac{(u + v)t}{2} \quad (8.11)$$

વેગ-સમયના સંબંધ (સમીકરણ 8.6) પરથી,

$$t = \frac{(v - u)}{a} \quad (8.12)$$

સમીકરણ (8.11) અને (8.12) પરથી

$$s = \frac{(v + u) \times (v - u)}{2a}$$

અથવા $2\,a\,s = v^2 - u^2$

ઉદાહરણ 8.5 : એક ટ્રેન સ્થિર સ્થિતિમાંથી ગતિની શરૂઆત કરે છે અને 5 minમાં 72 km h^{-1} નો વેગ પ્રાપ્ત કરે છે. ધારો કે, તેનો પ્રવેગ અચળ છે. (i) તેનો પ્રવેગ અને (ii) આ વેગ પ્રાપ્ત કરવા માટે ટ્રેન દ્વારા કપાયેલ અંતર શોધો.

ઉકેલ :

આપણને $u = 0$, $v = 72 \text{ km h}^{-1} = 20 \text{ m s}^{-1}$ અને $t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$ આપેલ છે.

(i) સમીકરણ 8.5 પરથી આપણે જાણીએ છીએ કે,

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

$$= \frac{20 \text{ ms}^{-1} - 0 \text{ ms}^{-1}}{300 \text{ s}}$$

$$= \frac{1}{15} \text{ms}^{-2}$$

(ii) સમીકરણ 8.7 પરથી આપણે જાણીએ છીએ કે,

$$2as = v^2 - u^2 = v^2 - 0$$

તેથી $s = \frac{v^2}{2a}$

$$= \frac{(20 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \times \left(\frac{1}{15}\right) \text{ms}^{-2}}$$

$$= 3000 \text{ m}$$

$$= 3 \text{ km}$$

ટ્રેનનો પ્રવેગ $\frac{1}{15} \text{ ms}^{-2}$ તથા તેણે કાપેલ અંતર 3 km છે.

ઉદાહરણ 8.6 : એક કાર અચળ પ્રવેગથી 5 s માં 18 km h^{-1} થી 36 km h^{-1} નો વેગ પ્રાપ્ત કરે છે, તો તેનો (i) પ્રવેગ (ii) આ સમયગાળામાં કાપેલ અંતર શોધો.

ઉકેલ :

આપણને
$u = 18 \text{ km h}^{-1} = 5 \text{ m s}^{-1}$
$v = 36 \text{ km h}^{-1} = 10 \text{ m s}^{-1}$ અને
$t = 5 \text{ s}$ આપેલ છે.

(i) સમીકરણ (8.5) પરથી

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

$$= \frac{10 \text{ ms}^{-1} - 5 \text{ ms}^{-1}}{5 \text{s}}$$

$$= 1 \text{ m s}^{-2}$$

(ii) સમીકરણ (8.6) પરથી આપણે જાણીએ છીએ કે,

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

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

$$= 25 \text{ m} + 12.5 \text{ m} = 37.5 \text{ m}$$

આમ, કારનો પ્રવેગ 1 m s^{-2} અને તેના દ્વારા કપાયેલ અંતર 37.5 m છે.

ઉદાહરણ 8.7 : એક કારમાં બ્રેક મારતાં તેમાં ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં 6 m s^{-2} નો પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય છે. જો કાર બ્રેક માર્યા બાદ 2 s પછી રોકાતી હોય, તો આ સમય દરમિયાન તેણે કાપેલ અંતર શોધો.

ઉકેલ :

આપણને

$a = -6 \text{ m s}^{-2}$, $t = 2 \text{ s}$ તથા $v = 0 \text{ m s}^{-1}$ આપેલ છે.

સમીકરણ 8.5 પરથી, આપણે જાણીએ છીએ કે,

$$v = u + at$$

$$0 = u + (-6 \text{ m s}^{-2}) \times 2 \text{ s}$$

$$\therefore u = 12 \text{ m s}^{-1}$$

સમીકરણ 8.6 પરથી,

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

$$= (12 \text{ m s}^{-1}) \times (2 \text{ s}) + \frac{1}{2} (-6 \text{ m s}^{-2}) (2 \text{ s})^2$$

$$= 24 \text{ m} - 12 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

આમ, કાર રોકાય તે પહેલાં 12 m અંતર કાપે છે. શું હવે તમે એ વાતનું મહત્ત્વ સમજો છો કે રસ્તા પર ગાડી ચલાવતી વખતે ડ્રાઇવરે બીજી ગાડીથી હંમેશાં અમુક અંતર રાખવું કેમ જરૂરી છે ?

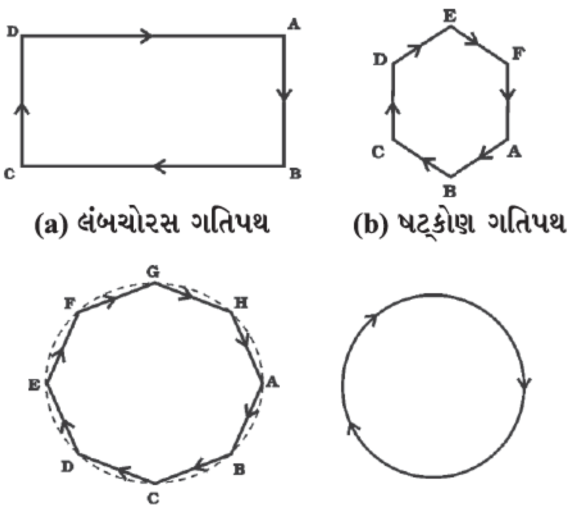
પ્રશ્નો :

1. એક બસ સ્થિર સ્થિતિમાંથી ગતિની શરૂઆત કરે છે તથા 2 min સુધી 0.1 m s^{-2} ના અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરે છે, તો (*a*) પ્રાપ્ત કરેલ ઝડપ (*b*) તેણે કાપેલ અંતર શોધો.

2. એક ટ્રેન 90 km h^{-1} ની ઝડપથી ગતિ કરી રહી છે. બ્રેક મારતાં તેમાં –0.5 m s^{-2} નો અચળ પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય છે. ટ્રેન સ્થિર સ્થિતિમાં આવે તે પહેલાં કેટલું અંતર કાપશે ?
3. એક ટ્રોલી ઢોળાવ ધરાવતી સપાટી પર 2 m s^{-2} ના પ્રવેગથી નીચે તરફ ગતિ કરી રહી છે. ગતિની શરૂઆત બાદ 3 s ના અંતે તેનો વેગ કેટલો હશે ?
4. એક રેસિંગ કારનો અચળ પ્રવેગ 4 m s^{-2} છે. ગતિની શરૂઆત બાદ 10 s ના અંતે તેણે કેટલું અંતર કાપેલ હશે ?
5. એક પથ્થરને ઊર્ધ્વદિશામાં 5 m s^{-1} ના વેગથી ફેંકવામાં આવે છે. જો ગતિ દરમિયાન પથ્થરનો અધોદિશામાં પ્રવેગ 10 m s^{-2} હોય, તો પથ્થર કેટલી ઊંચાઈ પ્રાપ્ત કરશે તથા તેને ત્યાં પહોંચતા કેટલો સમય લાગશે ?

8.6 નિયમિત વર્તુળમય ગતિ (Uniform Circular Motion)

જ્યારે કોઈ વસ્તુના વેગમાં ફેરફાર થાય ત્યારે આપણે એમ કહીએ છીએ કે, તે વસ્તુ પ્રવેગિત ગતિ કરી રહી છે. વેગમાં થતો આ ફેરફાર, વેગના મૂલ્યમાં કે દિશામાં કે બંનેમાં થતા ફેરફારને કારણે હોઈ શકે. શું તમે એક એવા ઉદાહરણનો વિચાર કરી શકો કે જેમાં, વસ્તુ પોતાના વેગનું મૂલ્ય નથી બદલતી પરંતુ દિશા બદલે છે ?



(a) લંબચોરસ ગતિપથ (b) ષટ્કોણ ગતિપથ

(c) અષ્ટકોણ ગતિપથ (d) વર્તુળાકાર ગતિપથ

આકૃતિ 8.9 : એથલેટ્‌ની જુદા-જુદા આકારના બંધ ગતિપથો પરની ગતિ

કોઈ બંધ માર્ગ પર ગતિ કરતી વસ્તુનું ઉદાહરણ ધ્યાનમાં લો. આકૃતિ 8.9 (a)માં એક એથલેટ્ (દોડવીર)ની ગતિનો લંબચોરસ ગતિપથ ABCD દર્શાવ્યો. ધારો કે, એથલેટ્ ગતિપથના સીધા ભાગો AB, BC, CD અને DA પર એક સમાન વેગથી ગતિ કરી રહ્યો છે. તે પોતાને ગતિપથ પર જ રાખવા માટે ખૂણાઓ પાસે પોતાની ગતિની દિશા ઝડપથી બદલે છે. એક ચક્કર પૂરું કરવા માટે તેણે કેટલી વાર પોતાની ગતિની દિશા બદલવી પડશે ? એ સ્પષ્ટ છે કે લંબચોરસ ગતિપથ પર એક ચક્કર દરમિયાન તેણે ચાર વખત પોતાની ગતિની દિશા બદલવી પડશે.

હવે, ધારો કે લંબચોરસ ગતિપથના બદલે એથલેટ્ આકૃતિ 8.9 (b)માં દર્શાવેલ ષટ્કોણ આકારના ગતિપથ ABCDEF પર દોડી રહ્યો છે. આ પરિસ્થિતિમાં એક ચક્કર દરમિયાન એથલેટ્ પોતાની ગતિની દિશામાં 6 વાર ફેરફાર કરશે. જો ગતિપથ ષટ્કોણના બદલે અષ્ટકોણ (આકૃતિ 8.9(c)) ABCDEFGH હોય તો શું થશે ? આમ, જોઈ શકાય છે કે ગતિપથની બાજુઓની સંખ્યા વધે તેમ એથલેટ્‌ને પોતાની ગતિની દિશામાં કરવો પડતો ફેરફાર પણ વધે છે. જો આપણે અનંત સંખ્યામાં ગતિપથની બાજુઓ વધારીએ તો તે ગતિપથનો આકાર કેવો થાય ? અને જો તમે આ પ્રકારે કરો છો તો તમે જોઈ શકશો કે ગતિપથનો આકાર વર્તુળ બની જાય છે અને દરેક બાજુઓની લંબાઈ ઘટીને બિંદુવત્ બનશે. જો એથલેટ્ વર્તુળાકાર પથ પર અચળ મૂલ્ય ધરાવતા વેગથી દોડતો હોય, તો તેના વેગમાં થતો ફેરફાર માત્ર ગતિની દિશા બદલાવાને કારણે જ થશે. આમ, વર્તુળાકાર પથ પર દોડતો એથલેટ્ પ્રવેગિત ગતિનું ઉદાહરણ છે.

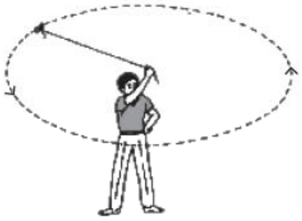
આપણે જાણીએ છીએ કે r ત્રિજ્યાના વર્તુળનો પરિઘ $2\pi r$ હોય છે. જો એથલેટ r ત્રિજ્યાવાળા વર્તુળાકાર પથ પર એક ચક્કર પૂર્ણ કરવા માટે t સેકન્ડ લેતો હોય, તો તેનો વેગ

$$v = \frac{2\pi r}{t} \text{ થશે.} \qquad (8.13)$$

જ્યારે કોઈ વસ્તુ વર્તુળાકાર પથ પર અચળ ઝડપે ગતિ કરતી હોય ત્યારે તેની ગતિને નિયમિત વર્તુળગતિ કહે છે.

પ્રવૃત્તિ _______________ 8.11

- દોરીનો એક ટુકડો લઈ તેના કોઈ એક છેડે પથ્થરનો નાનો ટુકડો બાંધો. દોરીના બીજા છેડાને પકડીને પથ્થરને અચળ ઝડપથી વર્તુળાકાર પથ પર ગતિ કરાવો જે આકૃતિ 8.10માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 8.10 : વેગના અચળ મૂલ્ય સાથે વર્તુળાકાર પથ પર ગતિ કરતા પથ્થરનો ગતિપથ

- હવે દોરીને પથ્થર સહિત છોડી દો.
- શું તમે કહી શકો કે દોરી છોડ્યા બાદ પથ્થર કઈ દિશામાં ગતિ કરશે ?
- આ પ્રવૃત્તિનું વારંવાર પુનરાવર્તન કરીને વર્તુળાકાર પથનાં જુદાં-જુદાં બિંદુઓ પાસેથી પથ્થરને છોડો અને જુઓ કે પથ્થરની ગતિની દિશા સમાન છે કે નહિ.

જો તમે ધ્યાનપૂર્વક જોશો તો તમને દેખાશે કે પથ્થરને મુક્ત કરતાં તે વર્તુળાકાર પથ પરના તે બિંદુ પાસેના સ્પર્શકની દિશામાં સુરેખ પથ પર ગતિ કરે છે. કારણ કે જ્યારે પથ્થરને છોડવામાં આવે ત્યારે તે ક્ષણે તે જે દિશામાં ગતિ કરતો હોય તે જ દિશામાં ગતિ ચાલુ રાખશે. આ દર્શાવે છે કે, જ્યારે પથ્થરને વર્તુળ ગતિ કરાવવામાં આવે ત્યારે દરેક બિંદુ પાસે તેની ગતિની દિશા બદલાય છે.

જ્યારે કોઈ એથલેટ્ રમત-ગમતની હરીફાઈમાં ગોળો કે ચક્ર ફેંકે છે ત્યારે તે ગોળા કે ચક્રને હાથમાં પકડીને પોતાના શરીરને ઘુમાવીને વર્તુળાકાર ગતિ આપે છે. ઇચ્છિત દિશામાં એકવાર છૂટ્યા બાદ તે ગોળો કે ચક્ર તે જ દિશામાં ગતિ કરે છે જે દિશામાં તે છૂટતી વખતે ગતિ કરતો હોય. આ બરાબર તે જ પ્રકારે છે જેની ચર્ચા આપણે પ્રવૃત્તિમાં પથ્થરના માટે વર્ણન કરેલ હતું. વસ્તુઓની નિયમિત વર્તુળ ગતિનાં ઘણાંબધાં પરિચિત ઉદાહરણો છે. જેમકે, ચંદ્ર તેમજ પૃથ્વીની ગતિ. પૃથ્વીની ચારે તરફ વર્તુળાકાર કક્ષામાં પરિક્રમણ કરતો ઉપગ્રહ, વર્તુળાકાર પથ પર અચળ ઝડપથી ગતિ કરતો સાઇકલ-સવાર વગેરે.

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- ગતિ એ સ્થાનમાં થતો ફેરફાર છે. તેનું વર્ણન કાપેલ અંતર અથવા સ્થાનાંતરના રૂપમાં કરી શકાય છે.
- કોઈ વસ્તુની ગતિ નિયમિત કે અનિયમિત હોવાનો આધાર તેનો વેગ અચળ છે કે બદલાય છે તેના પર રહેલો છે.
- વસ્તુની ઝડપ એટલે તેણે એકમ સમયમાં કાપેલ અંતર અને વેગ એટલે એકમ સમયમાં કરેલ સ્થાનાંતર.
- વસ્તુનો પ્રવેગ એટલે એકમ સમયમાં તેના વેગમાં થતો ફેરફાર.
- વસ્તુની સમાન કે અસમાન ગતિ આલેખ (ગ્રાફ) દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.
- અચળ પ્રવેગી ગતિ કરતી વસ્તુની ગતિ નીચેનાં ત્રણ સમીકરણો દ્વારા વર્ણવી શકાય :

$$v = u + at$$

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

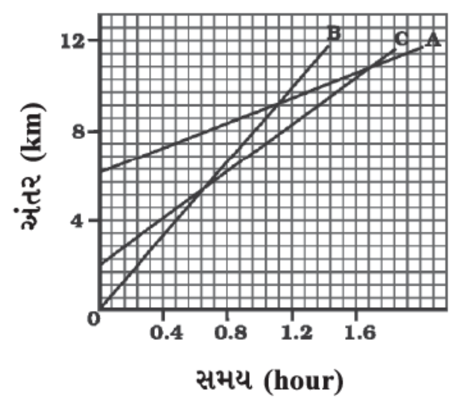
$$2as = v^2 - u^2$$

જ્યાં, u એ વસ્તુનો પ્રારંભિક વેગ છે કે જે t સમય માટે a જેટલા અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરે છે, v તેનો અંતિમ વેગ અને s તેના દ્વારા t સમયમાં કપાયેલ અંતર છે.

- જો કોઈ વસ્તુ અચળ ઝડપથી વર્તુળાકાર પથ પર ગતિ કરતી હોય તો તેની ગતિને નિયમિત વર્તુળ ગતિ કહે છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. એક એથલેટ્ 200 m વ્યાસ ધરાવતા વર્તુળાકાર પથ પર એક ચક્કર 40 s માં પૂરું કરે છે. 2 min 20 s બાદ તેણે કેટલું અંતર કાપેલ હશે તથા તેનું સ્થાનાંતર કેટલું હશે ?
2. 300 m ના સીધા રસ્તા પર જોસેફ જોગીંગ કરતો કરતો 2 min 30 s માં એક છેડા Aથી બીજા છેડા B સુધી પહોંચે છે. ત્યાંથી પાછો ફરી 1 મિનિટમાં 100 m પાછળ રહેલાં બિંદુ C પર પહોંચે છે. જોસેફની સરેરાશ ઝડપ અને સરેરાશ વેગ (a) A છેડાથી B છેડા સુધી તથા (b) A છેડાથી C છેડા સુધી કેટલો હશે ?
3. અબ્દુલ, ગાડી દ્વારા શાળાએ જતી વખતે સરેરાશ ઝડપ 20 km h^{-1} માપે છે. તે જ રસ્તા પર પાછા ફરતી વખતે ટ્રાફિક ઓછો હોવાને કારણે તે 30 km h^{-1} સરેરાશ ઝડપ માપે છે. અબ્દુલની સમગ્ર મુસાફરી દરમિયાન સરેરાશ ઝડપ કેટલી હશે ?
4. તળાવમાં સ્થિર અવસ્થામાં રહેલી એક મોટરબોટ સુરેખ પથ પર 3.0 m s^{-2} ના અચળ પ્રવેગથી 8.0 s સુધી ગતિ કરે છે. આ સમયગાળામાં મોટરબોટ કેટલી દૂર ગઈ હશે ?
5. 52 km h^{-1} ની ઝડપથી ગતિ કરતી કારનો ડ્રાઈવર બ્રેક મારતાં, કારમાં ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં અચળ પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય છે. કાર 5 s માં અટકી જાય છે. બીજો ડ્રાઈવર 3 km h^{-1} ની ઝડપથી ગતિ કરતી બીજી કાર પર ધીમેથી બ્રેક લગાડતાં તે 10 s માં અટકે છે. એક જ આલેખ (ગ્રાફ) પેપર પર ઝડપ વિરુદ્ધ સમયનો આલેખ બંને કાર માટે દોરો. બ્રેક લગાડ્યા બાદ બંનેમાંથી કઈ કાર વધારે દૂર સુધી જશે ?
6. આકૃતિ 8.11માં ત્રણ વસ્તુઓ A, B અને C માટે અંતર-સમયનો આલેખ દર્શાવેલ છે. આલેખનો અભ્યાસ કરી નીચેના પ્રશ્નોનો ઉત્તર આપો :



આકૃતિ 8.11

(a) ત્રણેયમાંથી સૌથી વધારે ઝડપથી કોણ ગતિ કરે છે ?

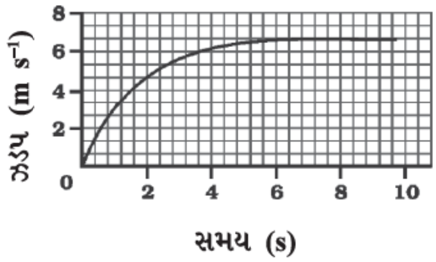
(b) શું ત્રણેય કોઈ સમયે રોડ પરના એક જ બિંદુએ હશે ?

(c) જ્યારે B, A પાસેથી પસાર થાય ત્યારે C કેટલે દૂર હશે ?

(d) જ્યારે B, C પાસેથી પસાર થાય તે સમય દરમિયાન તેણે કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ?

7. 20 m ની ઊંચાઈ પરથી એક દડાને નીચે પડવા દેવામાં આવે છે, જો તેનો વેગ 10 m s^{-2} ના નિયમિત પ્રવેગથી વધતો હોય, તો તે કેટલા વેગથી જમીન સાથે અથડાશે ? કેટલા સમય બાદ તે જમીન સાથે અથડાશે ?

8. આકૃતિ 8.12માં ઝડપ-સમયનો આલેખ એક ગતિ કરતી કાર માટે દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 8.12

(a) પ્રથમ 4 s માં કાર કેટલું અંતર કાપશે ? આ સમયગાળા દરમિયાન કાર દ્વારા કપાયેલ અંતરને આલેખમાં છાયાંકિત કરો.

(b) આલેખનો કયો ભાગ કારની અચળ ગતિ દર્શાવે છે ?

9. નીચેના પૈકી કઈ પરિસ્થિતિ શક્ય છે તથા દરેકનાં ઉદાહરણ આપો :

(a) કોઈ વસ્તુ કે જેનો પ્રવેગ અચળ પણ વેગ શૂન્ય હોય.

(b) કોઈ વસ્તુ કે જે પ્રવેગિત છે પણ તેની ઝડપ નિયમિત હોય.

10. એક કૃત્રિમ ઉપગ્રહ 42,250 km ત્રિજ્યાની વર્તુળાકાર કક્ષામાં પરિક્રમણ કરે છે. જો તે 24 કલાકમાં પૃથ્વીનું પરિક્રમણ કરતો હોય તો તેની ઝડપ ગણો.

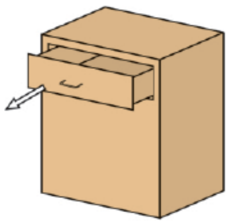
પ્રકરણ 9

બળ તથા ગતિના નિયમો (Force and Laws of Motion)

આગળના પ્રકરણમાં આપણે સુરેખ પથ પર વસ્તુની ગતિની ચર્ચા તેનાં સ્થાન, વેગ અને પ્રવેગના સંદર્ભમાં કરી. આપણે જોયું કે આવી ગતિ નિયમિત કે અનિયમિત હોઈ શકે; પરંતુ હજુ આપણે એ જાણ્યું નથી કે ગતિ માટેનું કારણ શું હોઈ શકે ? સમયની સાથે વસ્તુની ઝડપ કેમ બદલાય છે ? શું બધા જ પ્રકારની ગતિ માટે કોઈ કારણ (પરિબળ) જરૂરી હોય છે ? જો એમ હોય તો આ કયાં કારણો છે ? આ પ્રકરણમાં આપણે આ બધી જ જિજ્ઞાસાઓ સંતોષવાનો પ્રયત્ન કરીશું.

સદીઓથી ગતિ અને તેનાં કારણોએ, વૈજ્ઞાનિકો તથા તત્ત્વવેત્તાઓને મૂંઝવણમાં રાખેલ હતાં. જમીન પર રાખેલ એક દડાને ધીમેથી ઠોકર મારતાં તે હંમેશ માટે ગતિશીલ રહેતો નથી. આ પ્રકારનાં અવલોકનો દર્શાવે છે કે, કોઈ વસ્તુની સ્થિર અવસ્થા જ તેની 'પ્રાકૃતિક અવસ્થા' છે. જ્યાં સુધી ગેલીલિયો ગેલેલી (Galileo Galilei) તથા આઈઝેક ન્યુટને (Isaac Newton) ગતિને સમજાવવા માટે સંપૂર્ણપણે અલગ વિચારધારાનો વિકાસ ન કર્યો ત્યાં સુધી આવી માન્યતા પ્રવર્તતી રહી.

(a) ધક્કો મારવાથી ટ્રોલી લગાડેલ બળની દિશામાં ગતિ કરે છે



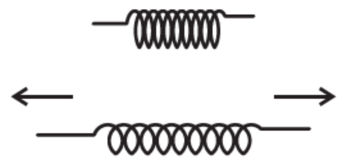
(b) તિજોરીના ખાનાને ખેંચવામાં આવે છે

(c) હૉકી સ્ટિકથી દડાને આગળ તરફ ફટકારવામાં આવે છે

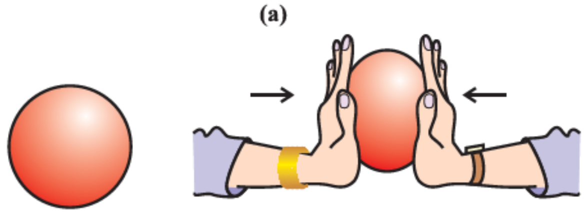
આકૃતિ 9.1 : વસ્તુઓને ધકેલવાથી, ખેંચવાથી કે ફટકારી તેની ગતિની અવસ્થા બદલી શકાય છે.

દૈનિક જીવનમાં આપણે જોઈએ છીએ કે એક સ્થિર વસ્તુને ગતિમાં લાવવા કે ગતિશીલ વસ્તુને અટકાવવા માટે આપણે કંઈક પ્રયાસ કરવો પડે છે તથા આપણે કહીએ છીએ કે કોઈ વસ્તુની ગતિની અવસ્થા બદલવા માટે તેને ખેંચવી પડે, ધકેલવી પડે કે આઘાત (ટૂંકા ગાળામાં લાગતું બળ) લગાડવો પડે છે. બળનો ખ્યાલ વસ્તુને આ રીતે ખેંચવા, ધકેલવા કે ઠોકર લગાડવા પર આધારિત છે. હવે આપણે બળના વિષયમાં વિચાર કરીએ કે તે શું છે ? વાસ્તવમાં બળને કોઈએ જોયું નથી, ચકાસ્યું નથી કે અનુભવ્યું નથી. તેમ છતાં આપણે બળનો પ્રભાવ જોઈ શકીએ છીએ કે અનુભવી શકીએ છીએ. જ્યારે કોઈ વસ્તુ પર બળ લગાડવામાં આવે ત્યારે શું થાય છે તેના વર્ણન પરથી જ તેને (બળને) સમજાવી શકાય છે. વસ્તુને ખેંચવી, ધકેલવી કે આઘાત લગાડવો આ બધી પ્રક્રિયાઓ વસ્તુને ગતિમાં લાવવાની પ્રયુક્તિઓ છે (આકૃતિ 9.1). આપણા દ્વારા તેની પર બળ લાગવાના કારણે જ તેની ગતિ થાય છે.

તમારાં અગાઉનાં ધોરણોના અભ્યાસ પરથી તમે જાણો જ છો કે કોઈ વસ્તુના વેગના મૂલ્યમાં ફેરફાર કરવા (એટલે કે વસ્તુની ગતિ વધારવા કે ધીમી કરવા) અથવા તેની ગતિની દિશા બદલવા માટે બળનો ઉપયોગ થાય છે. આપણે એ પણ જાણીએ છીએ કે બળ દ્વારા વસ્તુના આકાર અને પરિમાણમાં ફેરફાર કરી શકાય છે (આકૃતિ 9.2).



(a)

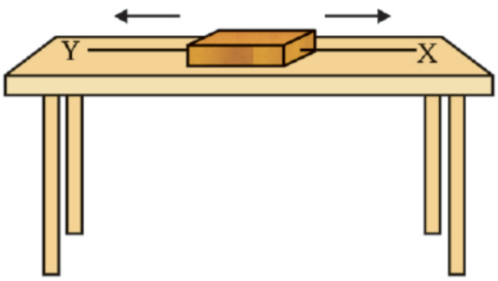


(b)

આકૃતિ 9.2 : (a) બળ લગાડવાથી સ્પ્રિંગ ખેંચાય છે.
(b) બળ લગાડવાથી ગોળાકાર દડો અંડાકાર બની જાય છે.

9.1 સંતુલિત અને અસંતુલિત બળ (Balanced and Unbalanced Forces)

આકૃતિ 9.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લાકડાનો એક બ્લૉક સમક્ષિતિજ ટેબલ પર મૂકેલ છે. આકૃતિમાં દર્શાવ્યા અનુસાર બે દોરી X અને Y બ્લૉકના સામસામેના છેડાઓ સાથે જોડેલ છે. હવે જો આપણે બળ લગાડીને દોરી Xને ખેંચીએ તો બ્લૉક જમણી બાજુ ખસવાની શરૂઆત કરે છે. તે જ રીતે, જો દોરી Yને ખેંચવામાં આવે તો બ્લૉક ડાબી બાજુ ખસવાની શરૂઆત કરે છે; પરંતુ જો બ્લૉકને બંને બાજુથી સમાન બળ દ્વારા ખેંચવામાં આવે તો બ્લૉક ગતિ કરતો નથી. આ પ્રકારનાં બળોને સંતુલિત બળો કહે છે અને તે વસ્તુની સ્થિર કે ગતિમાન અવસ્થામાં ફેરફાર કરતા નથી. હવે એક એવી અવસ્થાનો વિચાર કરો કે જેમાં અલગ-અલગ મૂલ્યનાં બે પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં લાગતાં બળો દ્વારા બ્લૉકને ખેંચવામાં આવે છે. આ કિસ્સામાં બ્લૉક વધારે મૂલ્ય ધરાવતાં બળની દિશામાં ગતિ કરવાની શરૂઆત કરે છે. આમ, અહીં બે બળો સંતુલિત નથી અને આ અસંતુલિત બળોનું પરિણામીબળ ગતિની દિશામાં કાર્યરત છે. આ પરથી કહી શકાય

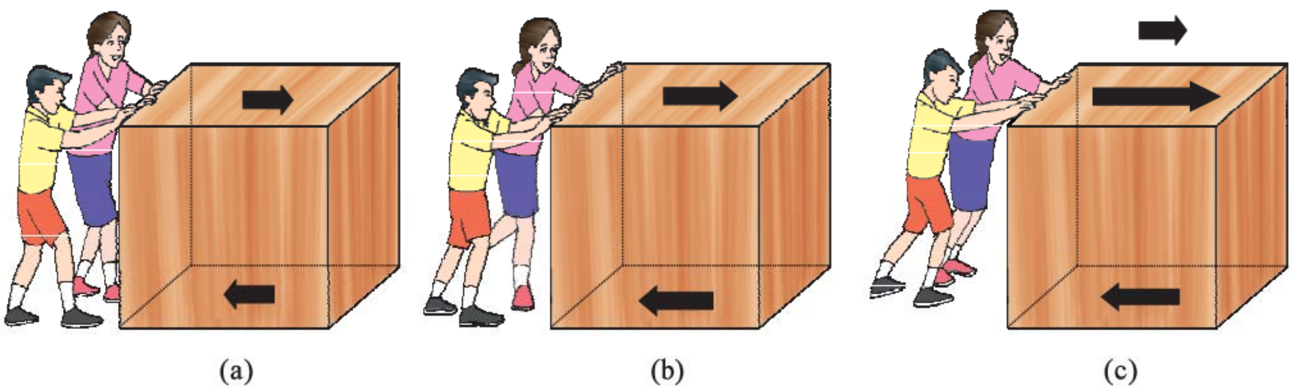


આકૃતિ 9.3 : લાકડાના એક બ્લૉક પર બે બળો

કે બ્લૉક પર લાગતું અસંતુલિત બળ બ્લૉકને ગતિમાં લાવે છે.

જ્યારે કેટલાંક બાળકો એક બૉક્સને ખરબચડી સપાટી પર ખસેડવાનો પ્રયત્ન કરે ત્યારે શું થશે ? જો તે ઓછા બળથી બૉક્સને ખસેડવાનો પ્રયત્ન કરે તો બૉક્સ ખસતું નથી. કારણ કે ઘર્ષણબળ ધક્કાની વિરુદ્ધ દિશામાં લાગી રહ્યું છે (આકૃતિ 9.4 (a)). આ ઘર્ષણબળ બે સંપર્ક સપાટીઓ વચ્ચે ઉદ્ભવે છે, આ કિસ્સામાં બૉક્સના તળિયા અને રફ સપાટી વચ્ચે. જે બૉક્સને ધકેલવા માટે લગાડેલ બળને સંતુલિત કરે છે અને તેથી બૉક્સ ગતિ કરતું નથી. આકૃતિ 9.4 (b)માં બાળકો બૉક્સને થોડા વધુ જોરથી ખસેડે છે તોપણ બૉક્સ ખસતું નથી, કારણ કે ધકેલવા માટે લગાડેલ બળને હજું ઘર્ષણબળ સંતુલિત કરે છે. હવે જો બાળકો હજુ વધારે જોરથી ધક્કો મારે તો લાગતું બળ ઘર્ષણબળ કરતાં વધી જાય છે (આકૃતિ 9.4 (c)) જે અસંતુલિત બળ છે અને તેથી બૉક્સ ગતિ કરવાનું શરૂ કરે છે.

જ્યારે આપણે સાઇકલ ચલાવીએ છીએ ત્યારે શું થાય છે ? જ્યારે આપણે પૅડલ મારવાનું બંધ કરીએ ત્યારે સાઇકલની ગતિ ધીમી પડે છે. આમ થવાનું કારણ ઘર્ષણબળ ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં લાગે છે. સાઇકલને ગતિમાં ચાલુ રાખવા માટે આપણે ફરીથી પૅડલ મારવાનું ચાલુ કરવું પડશે. આ પરિસ્થિતિ પરથી કહી શકાય કે કોઈ વસ્તુને સતત ગતિશીલ રહેવા માટે કોઈ અસંતુલિત બળની જરૂરિયાત છે – જોકે આ હકીકત સદંતર ખોટી છે. કોઈ વસ્તુ જ્યારે અચળ વેગથી ગતિ કરતી હોય ત્યારે વસ્તુ પર લાગતું બળ (ધક્કારૂપી બળ અને ઘર્ષણબળ) સંતુલિત હોય છે તથા તેની પર કોઈ ચોખ્ખું બાહ્યબળ લાગતું નથી. જો વસ્તુ પર કોઈ અસંતુલિત બાહ્યબળ લાગે તો તેની ઝડપમાં અથવા ગતિની દિશામાં ફેરફાર થાય છે. આમ, કોઈ વસ્તુને પ્રવેગિત

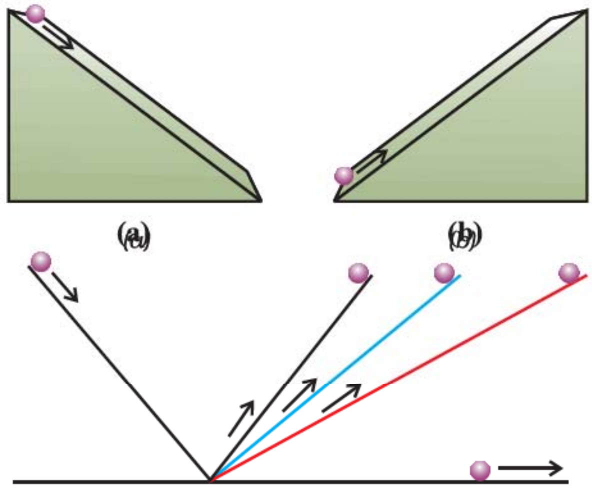


આકૃતિ 9.4

ગતિ કરાવવા માટે અસંતુલિત બળ જરૂરી છે તથા તેની ઝડપ (કે ગતિની દિશા)માં જ્યાં સુધી અસંતુલિત બળ લાગે ત્યાં સુધી ફેરફાર થતો રહે છે. જ્યારે આ બળ સંપૂર્ણ દૂર કરવામાં આવે ત્યારે વસ્તુ ત્યાં સુધીમાં તેણે પ્રાપ્ત કરેલ વેગથી ગતિ ચાલુ રાખે છે.

9.2 ગતિનો પ્રથમ નિયમ (First Law of Motion)

વસ્તુઓની ઢોળાવ ધરાવતી સપાટી પર થતી ગતિના અવલોકન પરથી ગેલીલિયોએ તારણ કાઢ્યું કે જ્યાં સુધી કોઈ બાહ્ય બળ ન લાગે ત્યાં સુધી વસ્તુઓ અચળ ઝડપથી ગતિ કરે છે. તેમણે અવલોકન કર્યું કે જ્યારે લખોટી ઢોળાવવાળી સપાટી પર ગબડતી હોય ત્યારે તેનો વેગ વધી જાય છે (આકૃતિ 9.5 (a)). હવે પછીના પ્રકરણમાં તમે ભણશો કે લખોટી અસંતુલિત ગુરુત્વીય બળને કારણે નીચે તરફ ગતિ કરે છે અને નીચે પહોંચતા સુધીમાં એક નિશ્ચિત વેગ પ્રાપ્ત કરે છે. આકૃતિ 9.5 (b)માં દર્શાવ્યા અનુસાર જ્યારે લખોટી ઉપર તરફ ગતિ કરે છે ત્યારે તેનો વેગ ઘટે છે. આકૃતિ 9.5 (c)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બંને બાજુથી ઘર્ષણરહિત આદર્શ સમતલ ઢળતી સપાટી પર એક લખોટી સ્થિર છે. ગેલીલિયોએ દલીલ કરી કે જ્યારે લખોટીને ડાબી બાજુથી છોડવામાં આવે ત્યારે તે ઢાળ પર નીચે તરફ ગબડે છે તથા જમણી બાજુના ઢાળ પર તેટલી જ ઊંચાઈ સુધી પહોંચે છે જેટલી ઊંચાઈએથી તેને છોડવામાં આવેલ હોય. જો બંને બાજુના સમતલના ઢોળાવ સમાન હોય તો લખોટી તેટલી જ ઊંચાઈ સુધી પહોંચશે જેટલી ઊંચાઈએથી તે ગબડે છે. જો જમણી બાજુના ઢાળનો નમનકોણ ધીરે-ધીરે ઘટાડવામાં આવે તો લખોટીને તેટલી જ ઊંચાઈ પ્રાપ્ત કરવા માટે વધારે અંતર કાપવું પડશે. હવે જો જમણી બાજુનું સમતલ સમક્ષિતિજ કરી દેવામાં આવે (એટલે કે ઢાળ ઘટાડીને શૂન્ય કરવામાં આવે) તો લખોટી મૂળ ઊંચાઈ પ્રાપ્ત કરવા માટે સમક્ષિતિજ સમતલ પર સતત ગતિ કરતી રહેશે. આ કિસ્સામાં લખોટી પર લાગતું અસંતુલિત બળ શૂન્ય છે. જે નિર્દેશ કરે છે કે લખોટીની ગતિ બદલવા માટે અસંતુલિત (બાહ્ય) બળ જરૂરી છે; પરંતુ લખોટીની અચળ ગતિ ચાલુ રાખવા માટે કોઈ પરિણામી બળની જરૂર પડતી નથી. વ્યાવહારિક સ્થિતિમાં શૂન્ય અસંતુલિત બળ પ્રાપ્ત કરવું કઠિન છે. આમ થવા પાછળનું કારણ ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં લાગતા ઘર્ષણબળની હાજરી છે. તેથી વ્યવહારમાં લખોટી અમુક અંતર કાપ્યા બાદ સ્થિર થઈ જાય છે. અહીં ઘર્ષણબળની અસર ઘટાડવા માટે લીસી લખોટી તથા લીસી સપાટીનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. તેમજ સપાટી પર લુબ્રિકન્ટ લગાડવું જોઈએ.



આકૃતિ 9.5 : (a) એક લખોટીને ઢોળાવવાળા સમતલ પરથી નીચે તરફ ગબડાવતાં (b) લખોટીની ઢોળાવવાળા સમતલ પર ઉપર તરફની ગતિ (c) લખોટીની સામ- સામા ઢોળાવ વાળા (double inclined) સમતલ પર ગતિ

ન્યૂટને બળ તેમજ ગતિ વિશેના ગેલીલિયોના વિચારોનો આગળ અભ્યાસ કર્યો અને ગતિમાન પદાર્થની ગતિને સમજાવતાં ત્રણ મૂળભૂત નિયમો રજૂ કર્યા. આ ત્રણ નિયમો ન્યૂટનની ગતિના નિયમો તરીકે ઓળખાય છે. ગતિનો પ્રથમ નિયમ આ પ્રમાણે છે :

દરેક વસ્તુ પોતાની સ્થિર અવસ્થા કે સુરેખ પથ પર અચળ ગતિની અવસ્થા જાળવી રાખે છે જ્યાં સુધી તેના પર કોઈ બાહ્ય બળ વડે અવસ્થા બદલવાની ફરજ ન પડે.

બીજા શબ્દોમાં દરેક વસ્તુ પોતાની ગતિની અવસ્થામાં થતાં પરિવર્તનનો વિરોધ કરે છે. સમગ્રતયા કોઈ વસ્તુની સ્થિર અવસ્થામાં રહેવાની કે અચળ વેગથી ગતિમાં રહેવાની પ્રકૃતિને જડત્વ કહે છે. આ જ કારણથી ગતિના પ્રથમ નિયમને જડત્વનો નિયમ પણ કહે છે.

કોઈ મોટરકારમાં મુસાફરી કરતી વખતે થયેલા અનુભવોનું વર્ણન જડત્વના નિયમ દ્વારા કરી શકાય છે. સીટની સાપેક્ષમાં આપણે ત્યાં સુધી સ્થિર અવસ્થામાં રહીએ છીએ જ્યાં સુધી મોટરકારને રોકવા માટે ડ્રાઈવર બ્રેક ન લગાડે. બ્રેક લગાડવાથી ગાડીની સાથે સીટ પણ સ્થિર અવસ્થામાં આવે છે; પરંતુ આપણું શરીર જડત્વને કારણે ગતિમાન અવસ્થામાં જ રહેવાની વૃત્તિ ધરાવે છે. અચાનક બ્રેક લાગવાના કારણે આપણે સીટની આગળ લગાડેલ પેનલ સાથે અથડાવાથી ઘાયલ થઈ શકીએ છીએ. આ પ્રકારની દુર્ઘટનાથી બચવા માટે સુરક્ષાબૅલ્ટનો ઉપયોગ કરવામાં

ગેલીલિયો ગેલિલીનો જન્મ 15 ફેબ્રુઆરી, 1564ના રોજ ઇટાલીના પીસા શહેરમાં થયો હતો. ગેલીલિયોને નાનપણથી જ ગણિત તથા પ્રાકૃતિક તત્ત્વજ્ઞાનમાં રસ હતો; પરંતુ પિતા વિન્સેજો ગેલિલી તેમને તબીબ બનાવવા ઇચ્છતા હતા. તે અનુસાર ગેલીલિયો 1581માં તબીબની ઉપાધિ મેળવવા માટે પીસા વિશ્વવિદ્યાલયમાં દાખલ થયા; પરંતુ તે આ અભ્યાસક્રમ પૂર્ણ ન કરી શક્યા કારણ કે વાસ્તવિક રીતે તેમને ગણિતમાં રસ હતો. 1586માં તેમણે પોતાનું પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક પુસ્તક "ધ લિટલ બૅલેન્સ" (લા બેલેન્સિટા) લખ્યું, જેમાં તેમણે એક તુલા દ્વારા પદાર્થોની સાપેક્ષ ઘનતા (અથવા વિશિષ્ટ ગુરુત્વ) શોધવા માટેની આર્કિમિડીઝની પદ્ધતિનું વર્ણન કર્યું. 1589માં તેમણે પોતાની નિબંધશ્રેણી 'ડી મોટું' (De motu)માં ઢોળાવવાળી સપાટીના પ્રયોગ દ્વારા કોઈ નીચે પડતી વસ્તુ માટે પડવાના દરમાં થતા ઘટાડાના સંબંધે પોતાના સિદ્ધાંત રજૂ કર્યા.

ગેલીલિયો ગેલિલી
(1564-16242)

1592માં તેમને વેનિસ ગણરાજયના પડુઆ વિશ્વવિદ્યાલયમાં ગણિતના પ્રોફેસરના પદ પર નિયુક્ત કરવામાં આવ્યા. અહીં પણ તેમણે સતત ગતિના સિદ્ધાંતો પર અવલોકનો ચાલુ રાખ્યાં અને ઢોળાવવાળા સમતલ તથા લોલક સંબંધિત પોતાનાં અવલોકનો દ્વારા અચળ પ્રવેગથી ગતિશીલ વસ્તુઓ સાથે સંબંધિત નિયમ વસ્તુ દ્વારા કપાયેલ અંતરએ લીધેલ સમયના વર્ગના સમપ્રમાણમાં છે તેમ પ્રસ્થાપિત કર્યો.

ગેલીલિયો એક કુશળ કારીગર પણ હતા. તેમણે અલગ-અલગ પ્રકારના ટેલિસ્કૉપની શ્રેણી વિકસિત કરી જેની પ્રકાશીય ક્ષમતા તે સમયે ઉપલબ્ધ ટેલિસ્કૉપની ક્ષમતા કરતાં ઘણી સારી હતી. 1640ની આસપાસ તેમણે પ્રથમ લોલકવાળી ઘડિયાળની રચના કરી હતી. તેમની અવકાશીય શોધો અંગેના એક પુસ્તક "સ્ટારી મેસેંજર" (Starry messenger)માં ગેલીલિયોએ ચંદ્રમા પરના પહાડો, નાના-નાના તારાઓના ભેગા મળવાથી રચાતી આકાશગંગા તથા ગુરુ ગ્રહની આસપાસ ચાર નાના પિંડ કક્ષામાં પરિભ્રમણ કરતા જોયા હોવાનો દાવો કર્યો. તેમણે પોતાના પુસ્તક "ડિસ્કોર્સ ઑન ફ્લોટિંગ બૉડીઝ" (Discourse on Floating Bodies) અને "લેટર્સ ઑન ધ સનસ્પોટ" (Letters on the Sunspots)માં સૂર્ય પર ઉપસ્થિત સૂર્ય કલંકો (Sunspots) વિશેનાં રહસ્યો ઉજાગર કર્યા.

પોતાના દ્વારા બનાવેલ ટેલિસ્કૉપોની મદદથી શનિ તથા શુક્ર ગ્રહના નિરીક્ષણ દ્વારા ગેલીલિયોએ એ તર્ક આપ્યો કે, બધા જ ગ્રહ સૂર્યની આસપાસ કક્ષામાં ભ્રમણ કરે છે નહિ કે પૃથ્વીની આસપાસ. આ વિચાર તે સમયની પ્રચલિત માન્યતાથી વિપરિત હતો.

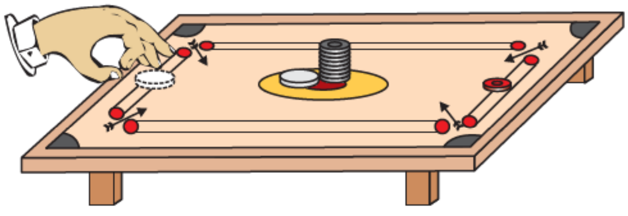
આવે છે. સુરક્ષાબૅલ્ટ આપણા શરીરની આગળ તરફની ગતિને ધીમી પાડતું બળ લગાડે છે. આનાથી ઊલટો અનુભવ આપણને ત્યારે થાય છે જ્યારે આપણે બસમાં ઊભા હોઈએ અને બસ અચાનક ચાલુ થાય. આ સ્થિતિમાં આપણે પાછળની તરફ નમી પડીએ છીએ. આમ થવાનું કારણ બસ અચાનક ચાલુ થતાં આપણા પગ કે જે બસના તળિયા સાથે સંપર્કમાં છે તે ગતિમાં આવે છે; પરંતુ શરીરનો ઉપરનો ભાગ જડત્વને કારણે આ ગતિનો વિરોધ કરે છે.

જ્યારે કોઈ મોટરકાર અત્યંત ઝડપથી તીવ્ર વળાંક લે ત્યારે આપણે એક તરફ નમી પડીએ છીએ. આ હકીકત જડત્વના નિયમથી સમજી શકાય છે. આપણું શરીર સુરેખ પથ પર ગતિ ચાલુ રાખે છે જ્યારે મોટરકારની દિશા બદલવા માટે એન્જિન દ્વારા અસંતુલિત બળ લગાડવામાં આવે છે ત્યારે આપણાં શરીરના જડત્વને કારણે સીટ પર એક તરફ નમી પડીએ છીએ.

કોઈ વસ્તુ ત્યાં સુધી સ્થિર અવસ્થામાં રહેશે જ્યાં સુધી કોઈ અસંતુલિત બળ ન લાગે તે હકીકત નીચેની પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે :

પ્રવૃત્તિ 9.1

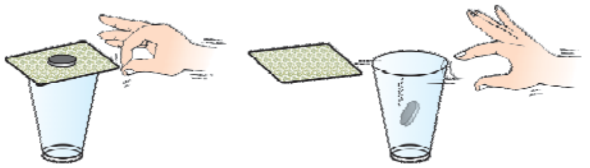
- આકૃતિ 9.6માં દર્શાવ્યા અનુસાર કૅરમની એકસરખી કૂકરીઓ (Coins)ને એક ઉપર એક એમ ગોઠવી થપ્પી (Pile) બનાવો.
- અન્ય એક કૂકરી અથવા સ્ટ્રાઇકરને પોતાની આંગળીઓની મદદથી સમક્ષિતિજ દિશામાં ફટકારી થપ્પીની સૌથી નીચેની કૂકરી જોડે અથડાવો. જો તમે કૂકરીને પૂરતી તીવ્રતાથી અથડાવશો તો જોઈ શકશો કે ફક્ત નીચેવાળી કૂકરીના બહાર આવી ગયા બાદ બાકીની કૂકરીઓ પોતાની ગોઠવણી બદલ્યા વગર જડત્વના કારણે અધો દિશામાં આવી જાય છે.



આકૃતિ 9.6 : સ્ટ્રાઇકરને તીવ્ર વેગથી કૂકરીની થપ્પી સાથે અથડાવતા ફક્ત સૌથી નીચેની ગોટી ઢગલામાંથી બહાર નીકળી જાય છે

પ્રવૃત્તિ 9.2

- આકૃતિ 9.7માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કાચના એક ખાલી ગ્લાસ પર કડક પત્તાંને મૂકી તેની પર એક પાંચ રૂપિયાનો સિક્કો મૂકો.
- પત્તાને આંગળી વડે સમક્ષિતિજ દિશામાં ધક્કો મારો.
- જો આપણે આ પ્રક્રિયા ઝડપથી કરીશું તો પત્તું બહાર તરફ ફેંકાઈ જશે. જ્યારે સિક્કો પોતાના જડત્વને કારણે નીચેની તરફ ગતિ કરી ગ્લાસમાં પડી જાય છે.
- પત્તું ખસવા છતાં પણ સિક્કો જડત્વને કારણે પોતાની સ્થિર અવસ્થા જાળવી રાખવાનો પ્રયત્ન કરે છે.



આકૃતિ 9.7 : આંગળીથી કડક પત્તાને ધક્કો મારતાં પત્તાની ઉપર રાખેલ સિક્કો નીચે રાખેલ ગ્લાસ (પ્યાલા)માં પડે છે

પ્રવૃત્તિ 9.3

- પાણીભરેલ ગ્લાસ (પ્યાલો) કોઈ ટ્રે પર મૂકો.
- ટ્રે ને હાથથી પકડી જેટલું થઈ શકે તેટલા જોરથી ગોળ ફેરવો.
- આપણે જોઈએ છીએ કે પાણી છલકાય છે. કેમ ?

શું હવે તમે સમજ્યાં કે રકાબીમાં ચાનો કપ રાખવા માટે ખાંચો કેમ આપેલ હોય છે ? અચાનક ધક્કો વાગવાની સ્થિતિમાં રકાબીનો ખાંચો કપને ડગમગ થઈને ગબડી પડતો અટકાવે છે.

9.3 જડત્વ તથા દ્રવ્યમાન (દળ) (Inertia and Mass)

અત્યાર સુધી આપેલ ઉદાહરણો તેમજ પ્રવૃત્તિઓ દર્શાવે છે કે પ્રત્યેક વસ્તુ પોતાની ગતિની અવસ્થામાં થતા ફેરફારનો વિરોધ કરે છે. જો તે સ્થિર અવસ્થામાં હોય તો સ્થિર અને ગતિમાન અવસ્થામાં હોય તો સતત ગતિમાં રહેવાનો પ્રયત્ન કરે છે. વસ્તુના આ ગુણને તેનું જડત્વ કહે છે. શું બધી જ વસ્તુઓનું જડત્વ સમાન હોય છે ? આપણે જાણીએ છીએ કે પુસ્તકોથી ભરેલા બૉક્સની સાપેક્ષે ખાલી બૉક્સને ધક્કો મારવો સરળ છે. તે જ રીતે જો આપણે એક ફૂટબૉલને કિક મારીએ તો તે દૂર સુધી ગતિ કરે છે જ્યારે તેટલા જ બળથી તેટલી જ સાઇઝના પથ્થરને કિક મારીએ તો તે ભાગ્યે જ ગતિ કરશે. એવું પણ બની શકે કે આવું કરતી વખતે આપણા પગને ઈજા પણ થાય. તે જ રીતે પ્રવૃત્તિ 9.2માં પાંચ રૂપિયાના સિક્કાને બદલે જો એક રૂપિયાનો સિક્કો લઈએ તો આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે, આ જ ક્રિયા કરવા માટે આપણને ઓછા બળની જરૂર પડે છે. એક હાથલારીને ગતિ આપવા માટે જેટલા બળની જરૂરિયાત હોય છે તેટલું જ બળ જો ટ્રેન પર લગાડવામાં આવે તો તેની ગતિમાં અવગણ્ય (નગણ્ય) ફેરફાર થાય છે. કારણ કે હાથલારીની સાપેક્ષમાં ટ્રેન પોતાની ગતિમાં ફેરફારનું વલણ ઓછું ધરાવે છે. આ રીતે આપણે કહી શકીએ કે ટ્રેનનું જડત્વ હાથલારી કરતાં વધુ છે. આ પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, ભારે વસ્તુઓનું જડત્વ વધારે હોય છે. માત્રાત્મક રૂપે કોઈ વસ્તુનું જડત્વ તેના દ્રવ્યમાન દ્વારા માપી શકાય છે. આમ, આપણે જડત્વ તથા દ્રવ્યમાન નીચે પ્રમાણે વ્યાખ્યાયિત કરી શકીએ :

જડત્વ એ પદાર્થનું એવું કુદરતી વલણ છે જે પદાર્થની સ્થિર કે ગતિમાન અવસ્થામાં થતા ફેરફારનો વિરોધ કરે છે. કોઈ વસ્તુનું દ્રવ્યમાન તેના જડત્વનું માપ છે.

પ્રશ્નો :

1. નીચેના પૈકી કોનું જડત્વ વધુ છે : (a) રબરનો દડો અને તેટલા જ પરિમાણવાળો પથ્થર (b) સાઇકલ અને ટ્રેન (c) પાંચ રૂપિયાનો સિક્કો અને એક રૂપિયાનો સિક્કો
2. નીચે આપેલા ઉદાહરણમાં દડાનો વેગ કેટલી વાર બદલાય છે તે જાણવાનો પ્રયાસ કરો : "ફૂટબૉલનો એક ખેલાડી બૉલ પર કિક મારીને બૉલને પોતાની ટીમના બીજા ખેલાડી પાસે પહોંચાડે છે. બીજો ખેલાડી તે દડાને કિક મારીને ગોલ તરફ પહોંચાડવાનો પ્રયત્ન કરે છે. પ્રતિસ્પર્ધી ટીમનો ગોલકીપર દડાને પકડે છે અને પોતાની ટીમના ખેલાડી તરફ કિક મારે છે." સાથે-સાથે દરેક કિસ્સામાં બળ લગાડનાર કારક (Agent) પણ ઓળખી બતાવો.
3. કોઈ ઝાડની ડાળીને તીવ્રતાથી હલાવતાં કેટલાંક પર્ણો કેમ ડાળીમાંથી છૂટી જાય છે સમજાવો.
4. જ્યારે કોઈ ગતિશીલ બસ અચાનક અટકી જાય તો તમે આગળ તરફ નમી પડો છો અને ઊભી રહેલી બસ અચાનક ગતિમાન થાય તો પાછળ તરફ નમી પડો છો – કેમ ?

9.4 ગતિનો બીજો નિયમ (Second Law of Motion)

ગતિનો પ્રથમ નિયમ દર્શાવે છે કે જ્યારે કોઈ અસંતુલિત બાહ્ય બળ કોઈ વસ્તુ પર લાગે તો તેના વેગમાં ફેરફાર થાય છે, એટલે

કે વસ્તુ પ્રવેગ પ્રાપ્ત કરે છે. હવે, આપણે એ વાતનો અભ્યાસ કરીશું કે કોઈ વસ્તુનો પ્રવેગ તેના પર લગાડેલ બળ પર કેવી રીતે આધાર રાખે છે તથા તે બળને કેવી રીતે માપી શકાય છે. આવો, આપણે રોજબરોજના કેટલાક અનુભવોનો અભ્યાસ કરીએ. ટેબલટેનિસની રમત દરમિયાન દડો જો કોઈ ખેલાડીના શરીરને અથડાય તો તે ઘાયલ થતો નથી. ઝડપથી આવતો ક્રિકેટનો દડો કોઈ દર્શકને વાગવાથી તે ઘાયલ થઈ શકે છે. રોડની સાઈડમાં ઊભેલા ટ્રકથી કોઈ જોખમ નથી. પરંતુ $5\ m\ s^{-1}$ જેટલા ઓછા વેગથી ગતિ કરતી ટ્રકની ટક્કરથી પણ તેના રસ્તામાં ઊભેલ કોઈ વ્યક્તિનું મૃત્યુ થઈ શકે છે. ઓછું દળ ધરાવતી વસ્તુ જેમકે ગોળી જો બંદૂકમાંથી તીવ્ર વેગથી છોડવામાં આવે તો તે પણ કોઈ વ્યક્તિના મૃત્યુનું કારણ બની શકે છે. આ પરથી ખ્યાલ આવે છે કે વસ્તુ દ્વારા ઉત્પન્ન થતો આઘાત (impact) વસ્તુના દ્રવ્યમાન તેમજ વેગ પર આધાર રાખે છે. આ જ રીતે જો કોઈ વસ્તુને પ્રવેગિત કરવામાં આવે તો વધારે વેગ પ્રાપ્ત કરાવવા માટે વધારે બળની જરૂર પડે છે. બીજા શબ્દોમાં આપણે કહી શકીએ કે વસ્તુના દ્રવ્યમાન તેમજ વેગ સાથે સંબંધિત એક મહત્ત્વપૂર્ણ રાશિ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. ન્યૂટને આ રાશિને વેગમાન તરીકે ઓળખાવી હતી. કોઈ વસ્તુનું વેગમાન p તેના દ્રવ્યમાન m અને વેગ v ના ગુણાકારથી વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે. એટલે કે,

$$p = mv \tag{9.1}$$

વેગમાનને દિશા અને માન (મૂલ્ય) બંને છે. તેની દિશા તે જ હોય છે જે વેગ v ની દિશા હોય, વેગમાનનો SI એકમ કિલોગ્રામ-મીટર/સેકન્ડ ($kg\ m\ s^{-1}$) છે. હવે કોઈ અસંતુલિત બળ વડે વસ્તુના વેગમાં પરિવર્તન થતું હોવાથી એ સ્પષ્ટ છે કે બળ દ્વારા જ વેગમાનમાં ફેરફાર થાય છે.

એક એવી સ્થિતિનો વિચાર કરો કે જેમાં ખરાબ બૅટરીવાળી કારને સુરેખ રસ્તા પર $1\ m\ s^{-1}$નો વેગ પ્રાપ્ત કરવા માટે ધક્કો મારવામાં આવે છે, જે તેના એન્જિનને ચાલુ કરવા માટે પૂરતો છે. જો એક કે બે વ્યક્તિ તેને ક્ષણિક ધક્કો (અસંતુલિત બળ) મારે તો તે ચાલુ નહિ થાય; પણ જો થોડા સમય સુધી સતત ધક્કો મારવામાં આવે તો કારમાં ઉદ્ભવતા ક્રમિક પ્રવેગથી તે આપેલ ઝડપ પ્રાપ્ત કરે છે. આનો અર્થ એ થયો કે કારના વેગમાનનો ફેરફાર ફક્ત બળના મૂલ્ય વડે માપી શકાતો નથી; પરંતુ જેટલા સમય સુધી બળ લાગે છે તે સમયગાળો પણ ધ્યાનમાં લેવો પડે. આ પરથી એ તારણ કાઢી શકાય કે કોઈ વસ્તુના વેગમાનમાં ફેરફાર કરવા જરૂરી બળ, વેગમાનનો ફેરફાર જે સમય-દરથી થાય છે તેના પર આધાર રાખે છે.

ગતિનો બીજો નિયમ કહે છે કે કોઈ વસ્તુના વેગમાનના ફેરફારનો સમય-દર તેના પર લાગતાં અસંતુલિત બળ જેટલો અને બળની દિશામાં હોય છે.

9.4.1 ગતિના બીજા નિયમનું ગાણિતીક નિરૂપણ (Mathematical formulation of second law of motion)

ધારો કે કોઈ m દળ ધરાવતી વસ્તુ સુરેખ પથ પર u જેટલા પ્રારંભિક વેગથી ગતિ કરે છે. t સમયમાં અચળ પ્રવેગી ગતિ કરી અચળ બળ F ની અસર હેઠળ v જેટલો વેગ પ્રાપ્ત કરે છે. વસ્તુનું પ્રારંભિક અને અંતિમ વેગમાન અનુક્રમે $p_1 = mu$ અને $p_2 = mv$.

વેગમાનમાં થતો ફેરફાર $\propto p_2 - p_1$

$\propto mv - mu$

$\propto m \times (v - u)$

વેગમાનના ફેરફારનો દર $\propto \dfrac{m \times (v-u)}{t}$

અથવા લાગુ પડેલ બળ,

$$F \propto \frac{m \times (v-u)}{t}$$

$$F = \frac{km \times (v-u)}{t} \tag{9.2}$$

$$= kma \tag{9.3}$$

અહીં $a\left[= \dfrac{(v-u)}{t}\right]$ પ્રવેગ છે, જે વેગના ફેરફારનો દર છે. k સપ્રમાણતાનો અચળાંક છે. દળ અને પ્રવેગના SI એકમો અનુક્રમે kg અને $m\ s^{-2}$ છે. આપણે બળનો એકમ એવો પસંદ કરીશું કે જેથી અચળાંક k નું મૂલ્ય એક થાય. આ માટે 1 એકમ બળને આ પ્રમાણે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. 1 kg દળની વસ્તુમાં $1\ m\ s^{-2}$ નો પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરવા માટે જરૂરી બળ 1 એકમ છે.

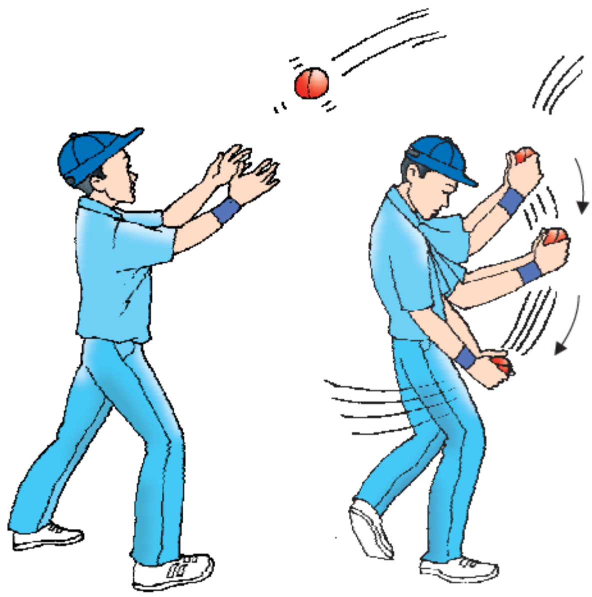
તેથી 1 એકમ બળ $= k \times (1\ kg) \times (1\ m\ s^{-2})$

આમ, k નું મૂલ્ય 1 બને છે. સમીકરણ (9.3) પરથી,

$$F = ma \tag{9.4}$$

બળનો એકમ kg m s^{-2} અથવા ન્યૂટન છે, જે તેની સંજ્ઞા N છે. ગતિનો બીજો નિયમ પદાર્થ પર લાગતા બળના માપનની પદ્ધતિ આપે છે, જે તેના દ્રવ્યમાન અને પ્રવેગનો ગુણાકાર છે.

ગતિના બીજા નિયમનો ઉપયોગ રોજિંદા જીવનમાં વારંવાર જોવા મળે છે. શું તમે નોંધ્યું છે કે, ક્રિકેટ મૅચ દરમિયાન મેદાનમાં ફિલ્ડર ખૂબ જ ઝડપથી આવતાં દડાને કૅચ કરતી વખતે હાથને પાછળની બાજુ લઈ જાય છે ? આમ કરવાથી ફિલ્ડર ખૂબ જ ઝડપથી ગતિ કરતાં દડાનો વેગ શૂન્ય કરવા માટે લાગતો સમય વધારી દે છે. તેથી દડાના પ્રવેગમાં ઘટાડો થાય છે અને તેને પરિણામે ખૂબ જ ઝડપથી ગતિ કરતાં દડાને કૅચ કરતી વખતે લાગતો આઘાત (impact) ઘટાડી શકાય છે (આકૃતિ 9.8). જો દડાને અચાનક રોકવામાં આવે તો તેનો ઝડપી વેગ ખૂબ જ ટૂંકા સમયગાળામાં શૂન્ય થઈ જાય છે. આથી દડાના વેગમાનમાં થતો ફેરફારનો દર ઘણો મોટો થશે અને કૅચ પકડવા માટે વધારે બળ લગાડવું પડશે, જેના પરિણામે ફિલ્ડરની હથેળીમાં ઈજા થવાની શક્યતા છે. ઊંચી કૂદની રમતમાં ખેલાડીઓ ગાદલાની પથારી કે રેતીની પથારી પર કૂદકો લગાવે છે. આવું ખેલાડીઓના છલાંગ લગાવ્યા બાદ નીચે પડવા માટે લાગતા સમયને વધારવા માટે કરવામાં આવે છે. જે વેગમાનમાં થતા ફેરફારનો દર અને પરિણામે બળ પણ ઘટાડે છે. વિચારવાનો પ્રયત્ન કરો કે કરાટેનો ખેલાડી એક જ ફટકામાં બરફની પાટને કેવી રીતે તોડી નાંખે છે ?



આકૃતિ 9.8 : ક્રિકેટની રમતમાં કૅચ પકડવા માટે ફિલ્ડર દડાની સાથે પોતાના હાથને ધીરે ધીરે પાછળની તરફ લઈ જાય છે.

ગતિના બીજા નિયમના ગાણિતિક સૂત્ર (સમીકરણ 9.4)ના ઉપયોગ દ્વારા ગતિના પ્રથમ નિયમને ગાણિતિક સ્વરૂપે મેળવી શકાય છે. સમીકરણ (9.4) પરથી,

$$F = ma$$

અથવા $$F = \frac{m(v-u)}{t} \qquad (9.5)$$

અથવા $$Ft = mv - mu$$

એટલે કે, જ્યારે $F = 0$ હોય ત્યારે કોઈ પણ સમય t માટે $v = u$. તેનો અર્થ એ થયો કે વસ્તુ સમાન વેગ uથી સમગ્ર સમય t દરમિયાન ગતિ ચાલુ રાખશે. જો u શૂન્ય હોય તો v પણ શૂન્ય થશે એટલે કે વસ્તુ સ્થિર રહેશે.

ઉદાહરણ 9.1 : એક 5 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતી વસ્તુ પર 2 s માટે અચળ બળ લાગે છે. જે વસ્તુનો વેગ 3m s^{-1}થી વધારીને 7 m s^{-1} કરે છે. લગાડેલ બળનું મૂલ્ય શોધો. હવે, જો આ બળ 5 s માટે લગાડવામાં આવે. તો વસ્તુનો અંતિમ વેગ કેટલો હશે ?

ઉકેલ :

આપણને આપેલ છે :

$u = 3$ m s^{-1} તથા $v = 7$ m s^{-1}

$t = 2$ s અને $m = 5$ kg

સમીકરણ (9.5) પરથી, $F = \frac{m(v-u)}{t}$

આ સમીકરણમાં મૂલ્યો મૂકતાં

$$F = \frac{5\text{ kg}\left(7\text{ ms}^{-1} - 3\text{ ms}^{-1}\right)}{2\text{s}}$$

$$F = 10\text{ N}$$

હવે, જો આ બળ 5 s ($t = 5$ s) ના સમયગાળા માટે લગાડવામાં આવે, તો અંતિમ વેગની ગણતરી સમીકરણ 9.5ને નીચે પ્રમાણે ફરીથી લખીને મેળવી શકાય છે.

$v = u + \frac{Ft}{m}$ મુજબ લખીને કરી શકાય છે.

u, F, m અને t નાં મૂલ્યો મૂકતાં આપણને અંતિમ વેગ,

$v = 13$ m s^{-1} મળે છે.

ઉદાહરણ 9.2 : કઈ બાબતમાં વધારે બળની જરૂર પડશે ? 2 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતી વસ્તુને 5 m s^{-2} ના દરે પ્રવેગિત કરવા માટે કે 4 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતી વસ્તુને 2 m s^{-2}ના દરથી પ્રવેગિત કરવા માટે ?

ઉકેલ :

સમીકરણ (9.4) પરથી, $F = ma$

અહીં, $m_1 = 2$ kg, $a_1 = 5$ m s^{-2} તથા

$m_2 = 4$ kg, $a_2 = 2$ m s^{-2}

તેથી, $F_1 = m_1a_1 = 2 \text{ kg} \times 5 \text{ m s}^{-2} = 10$ N તથા

$F_2 = m_2a_2 = 4 \text{ kg} \times 2 \text{ m s}^{-2} = 8$ N

$\Rightarrow F_1 > F_2$

આમ, 2 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતી વસ્તુને 5 m s^{-2}ના દરે પ્રવેગિત કરવા માટે વધારે બળની જરૂર પડશે.

ઉદાહરણ 9.3 : 108 km/h ના વેગથી ગતિ કરતી કારમાં બ્રેક લગાડતાં તે સ્થિર થવા માટે 4 sનો સમય લે છે. કાર પર બ્રેક લાગવાના કારણે લાગતાં બળની ગણતરી કરો. કારનું મુસાફરો સાથેનું કુલ દળ 1000 kg છે.

ઉકેલ :

કારનો પ્રારંભિક વેગ $u = 108$ km/h

$= 108 \times 1000$ m/(60 × 60 s)

$= 30$ m s^{-1}

તથા કારનો અંતિમ વેગ, $\upsilon = 0$ m s^{-1}

કારનું મુસાફરો સહિત કુલ દળ $m = 1000$ kg તથા કારને રોકવામાં લાગતો સમય $t = 4$ s. સમીકરણ (9.5) પરથી

બ્રેક દ્વારા લાગતા બળનું માન $F = \dfrac{m(\upsilon - u)}{t}$

આ સમીકરણમાં મૂલ્યો મૂકતાં,

$$F = \frac{1000 \text{ kg} \times (0 - 30) \text{ m s}^{-1}}{4 \text{ s}}$$

$= -7500$ kg m s^{-2} અથવા -7500 N.

અહીં ઋણ ચિહ્ન દર્શાવે છે કે બ્રેક દ્વારા લગાડેલ બળ કારની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં છે.

ઉદાહરણ 9.4 : 5 N નું એક બળ કોઈ દ્રવ્યમાન m_1ને 10 m s^{-2}ના પ્રવેગથી પ્રવેગિત કરે છે તથા દ્રવ્યમાન m_2ને 20 m s^{-2}ના પ્રવેગથી પ્રવેગિત કરે છે. જો બંને દ્રવ્યમાનોને ભેગા બાંધી દેવામાં આવે, તો આ બળ દ્વારા કેટલો પ્રવેગ ઉત્પન્ન થશે ?

ઉકેલ :

સમીકરણ (9.4) પરથી $m_1 = \dfrac{F}{a_1}$ તથા $m_2 = \dfrac{F}{a_2}$

અહીં $a_1 = 10$ m s^{-2}, $a_2 = 20$ m s^{-2} તથા $F = 5$ N

તેથી, $m_1 = \dfrac{5 \text{ N}}{10 \text{ m s}^{-2}} = 0.50$ kg અને

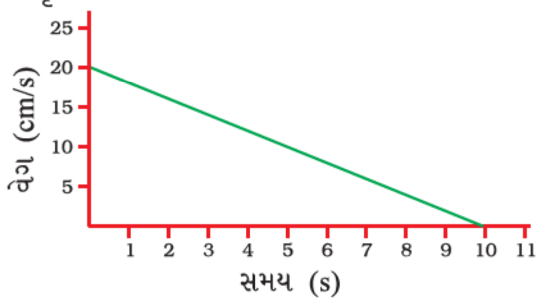
$m_2 = \dfrac{5 \text{ N}}{20 \text{ m s}^{-2}} = 0.25$ kg.

જ્યારે બંને દ્રવ્યમાનોને ભેગા બાંધવામાં આવે ત્યારે કુલ દ્રવ્યમાન $m = 0.50$ kg + 0.25 kg

$= 0.75$ kg.

તેથી સંયુક્ત દ્રવ્યમાન પર 5 N બળ દ્વારા ઉત્પન્ન થતો પ્રવેગ $a = \dfrac{F}{m} = \dfrac{5 \text{ N}}{0.75 \text{ kg}} = 6.67$ m s^{-2}

ઉદાહરણ 9.5 : એક લાંબા ટેબલ પર સુરેખ પથ પર ગતિ કરતાં 20 g દળના દડા માટે વેગ-સમયનો આલેખ આકૃતિ 9.9માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 9.9

દડાને સ્થિર સ્થિતિમાં લાવવા માટે ટેબલ દ્વારા કેટલું બળ લગાડવું પડશે ?

ઉકેલ :

દડાનો પ્રારંભિક વેગ 20 cm s^{-1} છે. ટેબલ દ્વારા દડા પર લાગતાં ઘર્ષણબળને કારણે દડાનો વેગ 10 sમાં શૂન્ય થાય છે. તેથી $u = 20$ cm s^{-1}, $\upsilon = 0$ cm s^{-1} અને $t = 10$ s. વેગ-સમયનો આલેખ સુરેખ છે તે દર્શાવે છે કે દડો અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરે છે. તેથી પ્રવેગ,

$$a = \frac{\upsilon - u}{t} = \frac{(0 \text{ cm s}^{-1} - 20 \text{ cm s}^{-1})}{10 \text{ s}}$$

$$= -2 \text{ cm s}^{-2}$$
$$= -0.02 \text{ m s}^{-2}$$

દડા પર લાગતું ઘર્ષણબળ,

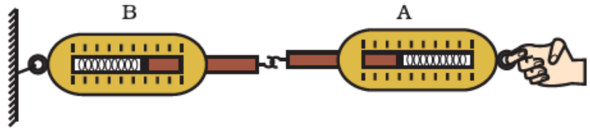
$$F = ma$$
$$= \left(\frac{20}{1000}\right)\text{kg} \times \left(-0.02 \text{ m s}^{-2}\right)$$
$$= -0.0004 \text{ N}$$

અહીં, ઋણ ચિહ્ન દર્શાવે છે કે ટેબલ દ્વારા લાગતું ઘર્ષણબળ દડાની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં છે.

9.5 ગતિનો ત્રીજો નિયમ (Third Law of Motion)

ગતિના પ્રથમ બે નિયમો આપણને જણાવે છે કે કેવી રીતે લગાડેલ બળ ગતિમાં ફેરફાર કરે છે તથા તે બળના માપનની પદ્ધતિ પણ આપે છે. ગતિનો ત્રીજો નિયમ દર્શાવે છે કે, જ્યારે એક વસ્તુ બીજી વસ્તુ પર બળ લગાડે છે ત્યારે બીજી વસ્તુ પણ તત્કાળ પહેલી વસ્તુ પર બળ લગાડે છે. આ બંને બળો હંમેશાં સમાન મૂલ્યનાં અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. આ બળો અલગ-અલગ વસ્તુઓ પર લાગે છે તે કદાપિ એક જ વસ્તુ પર લાગતાં ન હોઈ શકે. ફૂટબૉલની રમતમાં ઘણી વાર આપણે ફૂટબૉલ તરફ જોવામાં અને તેને વધારે બળથી કિક મારવાના પ્રયત્ન વખતે પ્રતિસ્પર્ધી ટીમના ખેલાડી સાથે અથડાઈ પડીએ છીએ. આ ઘટનામાં બંને ખેલાડી ઈજાગ્રસ્ત થાય છે, કારણ કે બંને એકબીજા પર બળ લગાડે છે. બીજા શબ્દોમાં એકલા-અટૂલા બળનું અસ્તિત્વ શક્ય નથી. બળો હંમેશાં જોડમાં હોય છે. આ બંને પરસ્પર વિરોધી બળોને ક્રિયા બળ તથા પ્રતિક્રિયા બળ પણ કહે છે.

આકૃતિ 9.10માં દર્શાવ્યા મુજબ એકબીજા સાથે જોડેલા બે સ્પ્રિંગ બૅલેન્સનો વિચાર કરો. સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ Bનો સ્થિર છેડો એક દીવાલ જેવા દૃઢ આધાર સાથે જડિત કરેલ છે. જ્યારે સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ Aના મુક્ત છેડા પાસે બળ લગાડવામાં આવે ત્યારે જોઈ શકાય છે કે, બંને સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ તેમના સ્કેલ પર એકસરખું રીડિંગ દર્શાવે છે. એનો અર્થ એ થયો કે સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ A દ્વારા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ B પર લાગતું બળ અને સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ B દ્વારા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ A પર લાગતું બળ સમાન પરંતુ દિશા વિરુદ્ધ દિશામાં છે. સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ A દ્વારા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ B પર લગાડેલ બળને ક્રિયાબળ જ્યારે સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ B દ્વારા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ A પર લગાડેલ બળને પ્રતિક્રિયા બળ કહે છે. જે ન્યૂટનના ગતિના ત્રીજા નિયમનું વૈકલ્પિક વિધાન છે, એટલે કે દરેક ક્રિયાબળ સામે સમાન મૂલ્યનું અને વિરુદ્ધ દિશામાં પ્રતિક્રિયાબળ લાગે છે. તેમ છતાં યાદ રાખો કે ક્રિયાબળ અને પ્રતિક્રિયાબળ હંમેશાં બે જુદી-જુદી વસ્તુઓ પર એકસાથે લાગે છે.

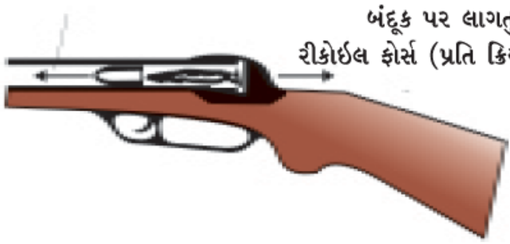


આકૃતિ 9.10 : ક્રિયા અને પ્રતિક્રિયાબળ સમાન તથા વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે

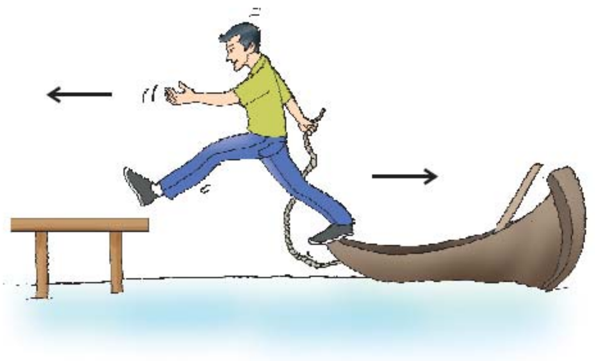
ધારો કે તમે સ્થિર ઊભા છો અને રસ્તા પર ચાલવાનું શરૂ કરવાનો ઇરાદો કરો છો. ગતિના બીજા નિયમ અનુસાર આ માટે એક બળની જરૂરિયાત ઊભી થાય છે કે જે તમારા શરીરમાં પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરે. આ બળ કયું છે ? શું તે સ્નાયુબળ છે જે તમે રસ્તા પર લગાવો છો ? શું આ બળ આપણે તે જ દિશામાં લગાડીએ છીએ જે દિશામાં આપણે આગળ વધવું હોય ? ના, તમે રસ્તા પર બળ પાછળની તરફ લગાવો છો. રસ્તા વડે તે જ સમયે તમારા પગ પર તેટલા જ મૂલ્યનું; પરંતુ વિરુદ્ધ દિશામાં પ્રતિક્રિયા બળ લાગે છે કે જેથી તમે આગળ વધી શકો.

અહીં, એ નોંધવું જરૂરી છે કે ક્રિયા તથા પ્રતિક્રિયા બળ મૂલ્યમાં સમાન હોવા છતાં દરેક વખતે સમાન પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરતાં નથી, કારણ કે આ બળો અલગ-અલગ વસ્તુ પર લાગે છે જેમનાં દળ અસમાન પણ હોઈ શકે.

બંદૂક દ્વારા ગોળી છોડવાની ઘટનામાં બંદૂક દ્વારા ગોળી પર આગળની તરફ એક બળ લાગે છે. ગોળી પણ બંદૂક પર તેટલા જ મૂલ્યનું પરંતુ વિરુદ્ધ દિશામાં બળ લગાડે છે, તેનાથી બંદૂક પાછળ તરફ ધકેલાય છે જે બંદૂકને રીકોઈલ કરવામાં પરિણમે છે. (આકૃતિ 9.11). બંદૂકનું દળ ગોળીના દળ કરતાં ઘણું વધારે હોવાથી બંદૂકનો પ્રવેગ ગોળીના પ્રવેગ કરતાં ઘણો ઓછો હોય છે. એક ખલાસી દ્વારા બોટમાંથી આગળ તરફ કૂદવાની સ્થિતિ પણ ગતિના ત્રીજા નિયમનું ઉદાહરણ દર્શાવે છે. જ્યારે ખલાસી આગળ તરફ કૂદે છે ત્યારે બોટ પર લાગતું પ્રતિક્રિયા બળ બોટને પાછળ તરફ ધકેલે છે (આકૃતિ 9.12).



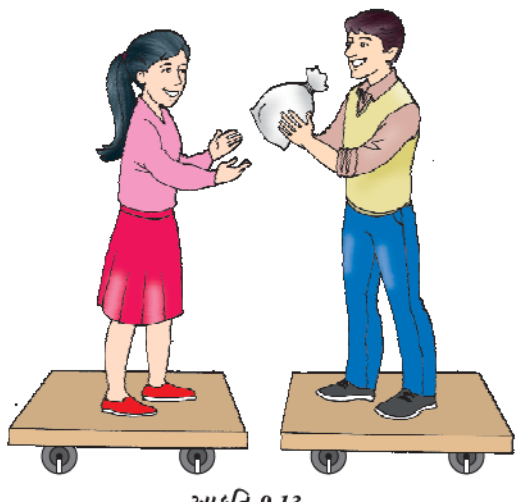
આકૃતિ 9.11 : ગોળી પર લાગતું પ્રવેગક બળ તથા બંદૂકનો રીકોઈલ



આકૃતિ 9.12 : જ્યારે ખલાસી આગળ તરફ કૂદે છે ત્યારે બોટ પાછળ તરફ ગતિ કરવા લાગે છે.

પ્રવૃત્તિ _______________ 9.4

- બે બાળકોને ગરગડીવાળા પાટિયા (Cart) પર આકૃતિ 9.13માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઊભા રહેવાનું કહો.
- તેમને રેતીથી ભરેલો થેલો કે બીજી કોઈ ભારે વસ્તુ આપો. હવે તેમને આ થેલાને કૅચ કરવાની રમત રમવાનું કહો.
- શું રેતીનો થેલો ફેંકવાને કારણે તે બંને તત્કાળ પ્રતિક્રિયા બળનો અનુભવ કરશે ?
- તમે પાટિયાની ગરગડી પર એક સફેદ રેખા દોરો કે જેથી જ્યારે બંને બાળકો થેલાને ફેંકે ત્યારે બન્ને પાટિયાંની ગતિનું અવલોકન કરી શકાય.



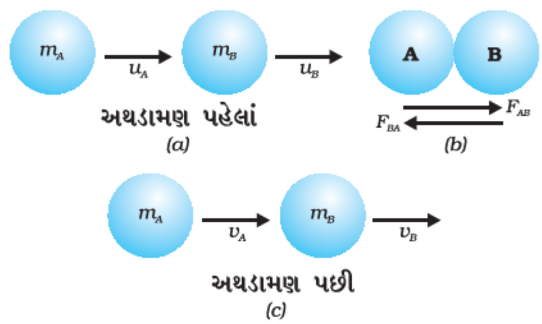
આકૃતિ 9.13

- બંને બાળકોને કોઈ એક પાટિયા પર ઊભા રાખો તથા બીજા એક બાળકને બીજા પાટિયા પર ઊભો રાખો. અહીં તમે ગતિના બીજા નિયમનો અનુભવ કરી શકો, કારણ કે આ સ્થિતિમાં એક જ બળ જુદો-જુદો પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરશે.

આ પ્રવૃત્તિમાં દર્શાવેલ પાટિયું 50 cm × 100 cm આકારના 12 mm કે 18 mm જાડાઈના પ્લાયવુડ બૉર્ડ અને બે જોડ બૉલ-બેરિંગ વ્હીલ દ્વારા બનાવી શકાય છે. (સ્કેટ વ્હીલનો ઉપયોગ વધારે સારો પડશે.) સ્કેટબૉર્ડ અહીં એટલું અસરકારક નહિ રહે કારણ કે તેના દ્વારા સુરેખ પથ ગતિ કરવી મુશ્કેલ છે.

9.6 વેગમાનનું સંરક્ષણ (Conservation of Momentum)

ધારો કે બે વસ્તુઓ (બે દડા A અને B) કે જેમનાં દળ અનુક્રમે m_A અને m_B છે, સુરેખ પથ પર એક જ દિશામાં u_A તથા u_B જેટલા અલગ-અલગ વેગથી ગતિ કરી રહ્યા છે. (આકૃતિ 9.14 (a)) અને તેમની પર બીજા કોઈ પણ પ્રકારનું બાહ્ય અસંતુલિત બળ લાગતું નથી. ધારો કે $u_A > u_B$ અને બે દડા એકબીજા સાથે આકૃતિ 9.14 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અથડાય છે. t સમય સુધી ચાલતી અથડામણ દરમિયાન દડા A દ્વારા દડા B પર લાગતું બળ F_{AB} અને દડા B દ્વારા દડા A પર લાગતું બળ F_{BA} છે. ધારો કે અથડામણ બાદ દડા A અને Bના વેગ અનુક્રમે v_A અને v_B છે (આકૃતિ 9.14 (c)).



આકૃતિ 9.14 : બે દડાની અથડામણમાં વેગમાનનું સંરક્ષણ

સમીકરણ (9.1) પરથી દડા Aના અથડામણ પહેલાં અને પછીના વેગમાનો અનુક્રમે $m_A u_A$ તથા $m_A v_A$ છે. અથડામણ દરમિયાન તેના વેગમાનના ફેરફારનો દર (અથવા F_{AB})

$$m_A \frac{(v_A - u_A)}{t}$$ છે. તે જ રીતે અથડામણ

દરમિયાન દડા Bના વેગમાનના ફેરફારનો દર ($= F_{BA}$)

$$m_B \frac{(v_B - u_B)}{t}.$$

ગતિના ત્રીજા નિયમ અનુસાર દડા A દ્વારા દડા B પર લાગતું બળ F_{AB} તથા દડા B દ્વારા દડા A પર

લાગતું બળ F_{BA} સમાન મૂલ્યના અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં છે. તેથી

$$F_{AB} = -F_{BA} \tag{9.6}$$

અથવા $$m_A \frac{(v_A - u_A)}{t} = -m_B \frac{(v_B - u_B)}{t}$$

આ પરથી,

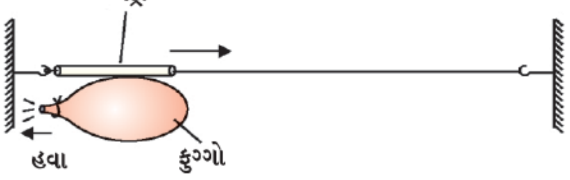
$$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B \tag{9.7}$$

અથડામણ પહેલાં દડા A અને Bનું કુલ વેગમાન $(m_A u_A + m_B u_B)$ તથા અથડામણ બાદ કુલ વેગમાન $(m_A v_A + m_B v_B)$ છે. સમીકરણ (9.7) પરથી આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે જો દડાઓ પર કોઈ બાહ્ય બળ લાગતું ન હોય તો તેમનું કુલ વેગમાન બદલાતું નથી એટલે કે તેનું સંરક્ષણ થાય છે.

આ આદર્શ સંઘાતના પ્રયોગના પરિણામ સ્વરૂપે આપણે કહી શકીએ કે (જ્યારે બાહ્ય અસંતુલિત બળ લાગતું ન હોય ત્યારે) બે વસ્તુઓના અથડામણ પહેલાંના વેગમાનોનો સરવાળો અથડામણ બાદના વેગમાનોના સરવાળા જેટલો જ થાય છે. જેને વેગમાન સંરક્ષણનો નિયમ કહે છે. આ વિધાનને બીજી રીતે આ મુજબ પણ આપી શકાય કે - અથડામણની ઘટનામાં બે વસ્તુઓનું કુલ વેગમાન અચળ રહે છે અથવા તેનું સંરક્ષણ થાય છે.

પ્રવૃત્તિ 9.5

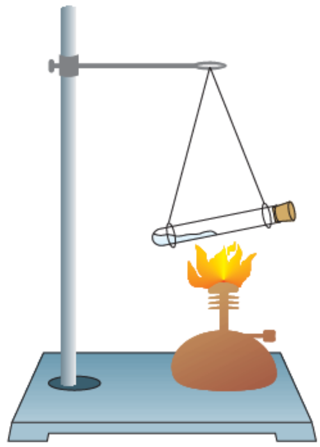
- એક મોટો ફુગ્ગો લો તથા તેને પૂરેપૂરો ફુલાવો. તેના મુખને દોરી વડે બાંધી દો. સેલોટેપની મદદથી એક સ્ટ્રોને ફુગ્ગા પર ચીપકાવો.
- સ્ટ્રોમાંથી એક દોરી પસાર કરો અને તેનો છેડો તમારા હાથમાં પકડો અથવા દીવાલ સાથે બાંધી દો.
- તમારા મિત્રને દોરીનો બીજો છેડો પકડવાનું કહો અથવા તેને દીવાલ પર અમુક અંતરે બાંધી દો. આ ગોઠવણ આકૃતિ 9.15માં દર્શાવેલ છે.
- હવે ફુગ્ગાના મુખ પર બાંધેલ દોરી છોડી દો અને હવાને ફુગ્ગાના મુખમાંથી બહાર નીકળવા દો.
- સ્ટ્રો સાથેના ફુગ્ગાની ગતિની દિશાનું અવલોકન કરો.



આકૃતિ 9.15

પ્રવૃત્તિ 9.6

- સારી ગુણવત્તા ધરાવતા કાચની બનેલી એક કસનળી (ટેસ્ટટ્યૂબ) લો અને તેમાં થોડું પાણી ઉમેરો. કસનળીના મુખ પર એક બૂચ લગાવો.
- આકૃતિ 9.16માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કસનળીને બે દોરીઓની મદદથી સમક્ષિતિજ દિશામાં લટકાવો.
- બર્નરની મદદથી કસનળીને ત્યાં સુધી ગરમ કરો જ્યાં સુધી પાણીનું સંપૂર્ણ બાષ્પીભવન ન થાય અને બૂચ બહાર નીકળી ન જાય.
- આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે કસનળી બૂચની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં પાછળ તરફ ધકેલાય છે.



આકૃતિ 9.16

- બૂચ અને કસનળીના વેગની ભિન્નતાનું પણ અવલોકન કરો.

ઉદાહરણ 9.6 : 20 g દળ ધરાવતી ગોળીને 2 kg દળની પિસ્તોલ દ્વારા 150 m s^{-1}ના વેગથી છોડવામાં આવે છે. પિસ્તોલના પાછળ ધકેલાવાના વેગ (રીકોઈલ વેગ)ની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

ગોળીનું દ્રવ્યમાન m_1 = 20 g (= 0.02 kg)

પિસ્તોલનું દ્રવ્યમાન m_2 = 2 kg

ગોળીનો પ્રારંભિક વેગ u_1 તથા પિસ્તોલનો પ્રારંભિક વેગ (u_2) શૂન્ય છે.

ગોળીનો અંતિમ વેગ v_1 = + 150 m s^{-1} ગોળીની ગતિની દિશા ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ તરફ લીધેલ છે. (અનુકૂળતા ખાતર ધન, આકૃતિ 9.17)

ધારો કે પિસ્તોલનો રીકોઈલ વેગ v છે.

ગોળી છૂટ્યા પહેલાં પિસ્તોલ અને ગોળીનું પ્રારંભિક વેગમાન

$= (2 + 0.02)\ kg \times 0\ m\ s^{-1}$

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

ગોળી છૂટ્યા બાદ પિસ્તોલ અને ગોળીનું અંતિમ વેગમાન

$= 0.02\ kg \times (150\ m\ s^{-1}) + 2\ kg \times v\ m\ s^{-1}$

$= (3 + 2v)\ kg\ m\ s^{-1}$

વેગમાન સંરક્ષણના નિયમ અનુસાર,

ગોળી છૂટ્યા બાદનું કુલ વેગમાન = ગોળી છૂટ્યા પહેલાંનું કુલ વેગમાન

$3 + 2v = 0$

$\Rightarrow v = -1.5\ m\ s^{-1}$

અહીં ઋણ ચિહ્ન દર્શાવે છે કે પિસ્તોલ ગોળીની વિરુદ્ધ દિશામાં એટલે કે જમણીથી ડાબી તરફ રીકોઇલ થાય છે.

આકૃતિ 9.17 : પિસ્તોલનું રીકોઈલ થવું

ઉદાહરણ 9.7 : 40 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતી એક છોકરી 5 m s^{-1} જેટલા સમક્ષિતિજ વેગથી 3 kg દળ ધરાવતાં સ્થિર ગરગડીવાળા પાટિયા પર કૂદે છે. પાટિયાના પૈડાં ઘર્ષણ-રહિત છે. પાટિયું જ્યારે ગતિ ચાલુ કરે ત્યારે છોકરીનો વેગ કેટલો હશે ? સમક્ષિતિજ દિશામાં કોઈ અસંતુલિત બળ લાગતું નથી તેમ ધારો.

ઉકેલ :

ધારો કે ગરગડીવાળું પાટિયું ગતિ ચાલુ કરે ત્યારે છોકરીનો વેગ v છે.

છોકરી કૂદે તે પહેલાં છોકરી તથા પાટિયાનું વેગમાન

$= 40\ kg \times 5\ m\ s^{-1} + 3\ kg \times 0\ m\ s^{-1}$

$= 200\ kg\ m\ s^{-1}$

છોકરીના કૂદ્યા પછીનું કુલ વેગમાન

$= (40 + 3)\ kg \times v\ m\ s^{-1}$

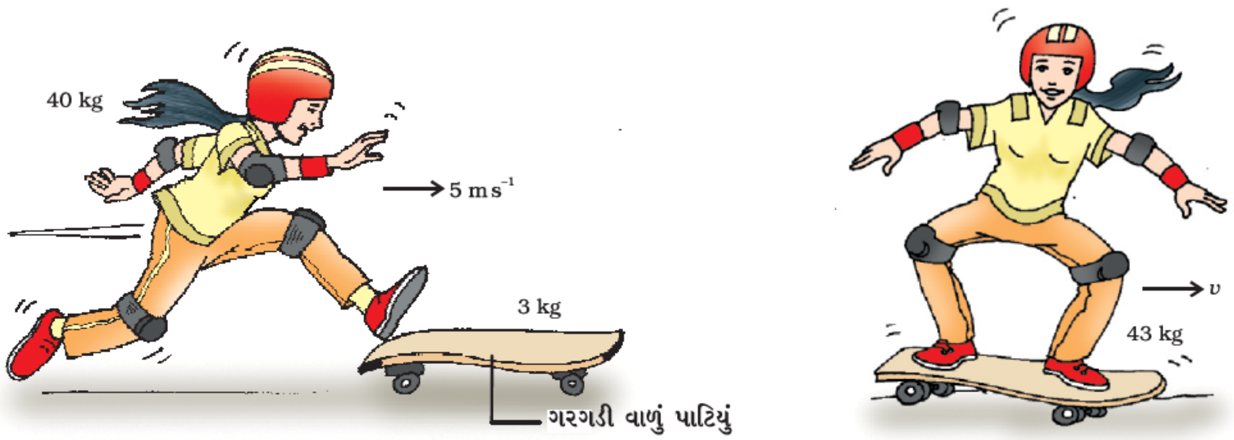
$= 43v\ kg\ m\ s^{-1}$

વેગમાન સંરક્ષણના નિયમ અનુસાર બંને સ્થિતિમાં કુલ વેગમાન અચળ રહે છે. એટલે કે,

$43v = 200$

$$v = \frac{200}{43} = +\ 4.65\ m\ s^{-1}$$

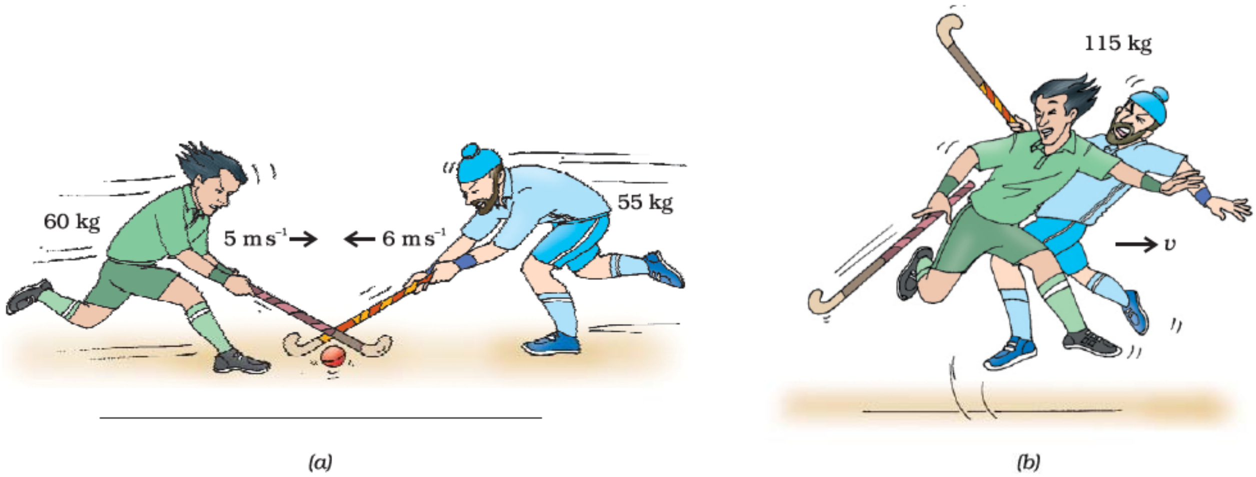
આમ, પાટિયા પર રહેલ છોકરી 4.65 m s^{-1}ના વેગથી તેણીએ લગાવેલ છલાંગની દિશામાં ગતિ કરશે. (આકૃતિ 9.18)



આકૃતિ 9.18 : છોકરી ગરગડીવાળા પાટિયાં પર કૂદકો મારે છે

ઉદાહરણ 9.8 : હૉકીની પ્રતિસ્પર્ધી ટીમોના બે ખેલાડીઓ દડાને ફટકારવાના પ્રયાસ વખતે એકબીજા સાથે અથડાઈ જાય છે અને ગૂંથાઈ (વીંટળાઈ જાય છે.) પહેલા ખેલાડીનું દળ 60 kg છે તથા તે 5.0 m s^{-1} ના વેગથી ગતિમાં છે જ્યારે બીજા ખેલાડીનું દળ 55 kg છે અને તે 6.0 m s^{-1} ના વેગથી પહેલા ખેલાડી સાથે અથડાય છે. અથડાયા પછી તે કઈ દિશામાં કેટલા વેગથી ગતિ કરશે ? બંને ખેલાડીઓના પગ તથા પૃથ્વી વચ્ચે લાગતું ઘર્ષણબળ અવગણ્ય છે.

ઉકેલ :



આકૃતિ 9.19 : બે હૉકી ખેલાડીઓની ટક્કર (a) ટક્કર પહેલાં (b) ટક્કર બાદ

ધારો કે, પ્રથમ ખેલાડી ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ દોડી રહ્યો છે. અનુકૂળતા ખાતર ડાબીથી જમણી બાજુ ગતિની દિશાને ધન અને જમણીથી ડાબી બાજુની દિશાને ઋણ ગણેલ છે. (આકૃતિ 9.18) સંજ્ઞા m અને u બંને ખેલાડીઓના અનુક્રમે દળ અને વેગ દર્શાવે છે. નીચે લખેલ સંખ્યા 1 અને 2 અનુક્રમે પ્રથમ તથા બીજા હૉકી ખેલાડીને દર્શાવે છે. આમ,

$m_1 = 60$ kg, $u_1 = +5$ m s^{-1} તથા

$m_2 = 55$ kg, $u_2 = -6$ m s^{-1}

અથડામણ પહેલાં બંને ખેલાડીઓનું કુલ વેગમાન

$= 60 \text{ kg} \times (+5 \text{ m s}^{-1}) + 55 \text{ kg} \times (-6 \text{ m s}^{-1})$

$= -30 \text{ kg m s}^{-1}$

જો અથડામણ બાદ બંને ખેલાડીઓનો વેગ v હોય, તો અથડામણ બાદ કુલ વેગમાન

$= (m_1 + m_1) \times v$

$= (60 + 55) \text{ kg} \times v \text{ m s}^{-1}$

$= 115 \times v \text{ kg m s}^{-1}$

વેગમાન સંરક્ષણના નિયમ અનુસાર અથડામણ પહેલાંનું વેગમાન અને અથડામણ પછીનું વેગમાન સમાન હોવાથી તેમને સરખાવતાં

$$v = \frac{-30}{115} = -0.26 \text{ m s}^{-1}$$

આમ, અથડામણ બાદ બંને ખેલાડીઓ જમણીથી ડાબી બાજુ તરફ 0.26 m s^{-1}ના વેગથી ગતિ કરશે.

પ્રશ્નો :

1. જો ક્રિયાબળ અને પ્રતિક્રિયાબળ હંમેશાં સમાન હોય, તો સમજાવો કે ઘોડો ગાડીને કેવી રીતે ખેંચી શકે છે ?
2. એક ફાયરબ્રિગેડના કર્મચારીને તીવ્ર વેગથી મોટી માત્રામાં પાણી બહાર ફેંકતી નળીને પકડવામાં તકલીફ કેમ પડે છે ? સમજાવો.
3. એક 50 g દ્રવ્યમાનની ગોળી 4 kg દ્રવ્યમાનની રાઇફલમાંથી 35 m s^{-1} વેગથી છોડવામાં આવે છે. રાઇફલનો પ્રારંભિક રીકોઇલ વેગ ગણો.

4. 100 g અને 200 g દળની બે વસ્તુઓ એક જ રેખા પર એક જ દિશામાં અનુક્રમે 2 m s^{-1} તથા 1 m s^{-1}ના વેગથી ગતિ કરે છે. બંને વસ્તુઓ અથડાય છે અને અથડામણ બાદ પ્રથમ વસ્તુનો વેગ 1.67 m s^{-1} થતો હોય, તો બીજી વસ્તુનો વેગ નક્કી કરો.

સંરક્ષણના નિયમો (Conservation Laws)

સંરક્ષણના બધા જ નિયમો જેમકે – વેગમાન, ઊર્જા, કોણીય વેગમાન, વીજભાર વગેરેના સંરક્ષણને ભૌતિકવિજ્ઞાનમાં મૂળભૂત નિયમો તરીકે લેવામાં આવે છે. આ બધા જ સંરક્ષણના નિયમો અવલોકનો અને પ્રયોગો પર આધારિત છે. અહીં એ યાદ રાખવું જરૂરી છે કે સંરક્ષણના નિયમો સાબિત કરી શકાતા નથી. તેમને પ્રયોગો દ્વારા જ ચકાસી શકાય કે ખોટા સાબિત કરી શકાય છે. કોઈ પણ સંરક્ષણના નિયમને અનુરૂપ પ્રયોગનું પરિણામ તે નિયમની ચકાસણી જ કરે છે; તે સાબિત નથી કરતું. આનાથી વિપરીત જો કોઈ પ્રયોગનું પરિણામ સંરક્ષણના નિયમની વિરુદ્ધ હોય, તો તે સંરક્ષણના નિયમને ખંડિત કરવા માટે પર્યાપ્ત છે.

વેગમાન સંરક્ષણનો નિયમ ખૂબ જ મોટી સંખ્યાનાં અવલોકનો તેમજ પ્રયોગો દ્વારા મેળવવામાં આવેલ છે. આ નિયમ લગભગ ત્રણ શતાબ્દી પૂર્વે શોધાયેલ હતો. રસપ્રદ અને નોંધનીય છે કે આ નિયમનું ખંડન કરતી એક પણ પરિસ્થિતિ હજુ સુધી જોવા મળેલ નથી. જુદા-જુદા રોજિંદા અનુભવોને વેગમાન સંરક્ષણના નિયમ પરથી સમજાવી શકાય છે.

તમે શું શીખ્યાં
What You Have Learnt

- ગતિનો પ્રથમ નિયમ : વસ્તુ પોતાની સ્થિર અવસ્થા કે સુરેખ પથ પર અચળ વેગથી ગતિની અવસ્થા ત્યાં સુધી જાળવી રાખે છે જ્યાં સુધી તેની પર અસંતુલિત બળ ન લાગે.
- વસ્તુઓ દ્વારા પોતાની સ્થિર કે અચળવેગી ગતિની અવસ્થામાં થતા ફેરફારનો વિરોધ કરવાના ગુણધર્મને જડત્વ કહે છે.
- કોઈ વસ્તુનું દળ તેના જડત્વનું માપ દર્શાવે છે. તેનો SI એકમ કિલોગ્રામ (kg) છે
- ઘર્ષણબળ હંમેશાં વસ્તુની ગતિનો વિરોધ કરે છે.
- ગતિનો બીજો નિયમ : કોઈ વસ્તુના વેગમાનમાં થતા ફેરફારનો દર તેની પર લગાડેલ અસંતુલિત બળ જેટલો હોય છે અને તે બળની દિશામાં જ હોય છે.
- બળનો SI એકમ kg m s^{-2} છે. જેને ન્યૂટન તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે અને તેની સંજ્ઞા N છે. 1 ન્યૂટન જેટલું બળ 1 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતા પદાર્થમાં 1 m s^{-2} જેટલો પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરે છે.
- વસ્તુના દળ અને વેગના ગુણાકારને તેનું વેગમાન કહે છે અને તે વેગની દિશામાં જ હોય છે. તેનો SI એકમ kg m s^{-1} છે.
- ગતિનો ત્રીજો નિયમ : ક્રિયાબળ અને પ્રતિક્રિયા બળ સમાન મૂલ્યનાં અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે અને તે બંને બળો અલગ-અલગ વસ્તુઓ પર લાગે છે.
- અલગ કરેલા તંત્ર (જ્યાં બાહ્ય બળ ન લાગે તેવા તંત્ર)નું કુલ વેગમાન અચળ રહે છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. કોઈ વસ્તુ શૂન્ય અસંતુલિત બાહ્યબળ અનુભવે છે. શું તે વસ્તુ માટે અશૂન્ય વેગથી ગતિ કરવી શક્ય છે ? જો હા તો વસ્તુના વેગનું મૂલ્ય અને દિશા માટે જરૂરી શરતોનો ઉલ્લેખ કરો. જો ના, તો કારણ સ્પષ્ટ કરો.
2. જ્યારે કાર્પેટ (જાજમ)ને લાકડી વડે ફટકારવામાં આવે છે ત્યારે તેમાંથી ધૂળ બહાર આવે છે - સમજાવો.
3. બસની છત પર મૂકેલ સામાનને દોરડા વડે કેમ બાંધવામાં આવે છે ?
4. કોઈ બૅટ્સમૅન દ્વારા ક્રિકેટના બૉલને ફટકારાતાં તે જમીન પર ગબડે છે અને અમુક અંતર કાપીને સ્થિર થાય છે. દડો ધીમો પડી અને અટકે છે. કારણ કે,
   (a) બૅટ્સમૅન દ્વારા ક્રિકેટના બૉલને પૂરતા પ્રયત્નથી ફટકાર્યો નથી.
   (b) વેગ બૉલ પર લગાડેલ બળના સમપ્રમાણમાં છે.
   (c) બૉલની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં એક બળ લાગી રહ્યું છે.
   (d) બૉલ પર કોઈ અસંતુલિત બળ કાર્યરત નથી તેથી બૉલ સ્થિર થવાનો પ્રયત્ન કરે છે. (સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો.)
5. સ્થિર અવસ્થામાં રહેલી એક ટ્રક કોઈ ટેકરી પરથી નીચે તરફ અચળ પ્રવેગથી ગતિની શરૂઆત કરે છે. તે 20 sમાં 400 m અંતર કાપે છે. તેનો પ્રવેગ શોધો. જો તેનું દળ 7 ટન હોય, તો તેના પર લાગતું બળ શોધો. (1 ટન = 1000 kg)
6. 1 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતા એક પથ્થરને 20 m s^{-1} ના વેગથી તળાવની થીજી ગયેલ પાણીની સપાટી પર સપાટીને સમાંતર ફેંકવામાં આવે છે. પથ્થર 50 m અંતર કાપ્યા બાદ અટકી જાય છે. પથ્થર અને બરફ વચ્ચે લાગતું ઘર્ષણબળ કેટલું હશે ?
7. 8000 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતું રેલવે એન્જિન 2000 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતા તેના પાંચ ડબાઓને પાટા પર સમક્ષિતિજ દિશામાં ખેંચે છે. જો એન્જિન 40,000 N બળ લગાડતું હોય તથા પાટા દ્વારા 5000 N ઘર્ષણબળ લાગતું હોય તો,
   (a) ચોખ્ખું પ્રવેગી બળ અને
   (b) ટ્રેનનો પ્રવેગ
8. એક ગાડીનું દળ 1500 kg છે. જો ગાડી 1.7 m s^{-2} ના પ્રતિપ્રવેગ (ઋણ પ્રવેગ)થી સ્થિર થતી હોય તો ગાડી તથા રસ્તા વચ્ચે લાગતું બળ કેટલું હશે ?
9. કોઈ m દળની વસ્તુ જેનો વેગ v છે. તેનું વેગમાન કેટલું હશે ?
   (a) $(mv)^2$ (b) mv^2 (c) $\frac{1}{2}mv^2$ (d) mv
   (સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો.)
10. જો આપણે લાકડાની એક પેટીને 200 N જેટલું સમક્ષિતિજ બળ લગાડીને અચળ વેગથી લાદી પર ધકેલીએ તો પેટી પર લાગતું ઘર્ષણબળ કેટલું હશે ?
11. 1.5 kg જેટલું સમાન દળ ધરાવતી બે વસ્તુઓ સુરેખ પથ પર એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશામાં

ગતિ કરી રહી છે. અથડામણ પહેલાં બંનેનો વેગ 2.5 m s^{-1} છે. જો અથડામણ બાદ બંને વસ્તુઓ એકબીજા સાથે જોડાઈ જતી હોય, તો તેમનો સંયુક્ત વેગ કેટલો હશે ?

12. ગતિના ત્રીજા નિયમ અનુસાર જ્યારે આપણે કોઈ વસ્તુને ધક્કો મારીએ ત્યારે તે વસ્તુ તેટલાં જ બળથી આપણને વિરુદ્ધ દિશામાં ધક્કો મારતી હોય છે. જો આ વસ્તુ રસ્તાના છેડે ઊભેલ ટ્રક હોય તો આપણા દ્વારા લગાડેલ બળથી તે ગતિમાં આવતી નથી. એક વિદ્યાર્થી આ ઘટનાને સમજાવતાં કહે છે કે બે બળો સમાન અને પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં છે જે એકબીજાની અસરો નાબૂદ કરે છે. આ તર્ક પર તમારાં સૂચન આપો અને બતાવો કે ટ્રક ગતિમાં કેમ નથી આવતી ?

13. 10 m s^{-1} ના વેગથી ગતિ કરતા 200 g દળના હૉકીના બૉલને હૉકીસ્ટિક વડે ફટકારતાં તે મૂળ ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં 5 m s^{-1}ના વેગથી પાછો ફરે છે. આ ગતિ દરમિયાન હૉકી સ્ટિક વડે લાગતા બળથી હૉકીના બૉલના વેગમાનમાં થતો ફેરફાર ગણો.

14. 10 g દળ ધરાવતી એક ગોળી સમક્ષિતિજ દિશામાં 150 m s^{-1} ના વેગથી ગતિ કરી લાકડાના એક બ્લૉક સાથે અથડાઈ તેમાં ઘૂસીને 0.03 sમાં સ્થિર થાય છે. ગોળીએ બ્લૉકમાં ઘૂસ્યા બાદ કેટલું અંતર કાપ્યું હશે ? લાકડાના બ્લૉક દ્વારા ગોળી પર લાગતા બળના મૂલ્યની પણ ગણતરી કરો.

15. 1 kg દળ ધરાવતી વસ્તુ 10 m s^{-1} ના વેગથી સુરેખ પથ પર ગતિ કરી સ્થિર રહેલા 5 kg દળના લાકડાંના બ્લૉકને અથડાય છે. અથડામણ બાદ બંને સાથે-સાથે તે જ દિશામાં ગતિ કરે છે, તો અથડામણ પહેલાં અને પછીનું કુલ વેગમાન ગણો તથા બંનેનો સંયુક્ત વેગ પણ ગણો.

16. અચળ પ્રવેગથી ગતિ કરતી 100 kg દળની એક વસ્તુનો વેગ 6 sમાં 5 m s^{-1} થી 8 m s^{-1} થઈ જાય છે. વસ્તુના પ્રારંભિક અને અંતિમ વેગમાનોની ગણતરી કરો. વસ્તુ પર લાગતાં બળની પણ ગણતરી કરો.

17. અખ્તર, કિરણ અને રાહુલ કોઈ એક્સપ્રેસ હાઇવે પર તીવ્ર વેગથી ગતિ કરતી કારમાં બેઠેલા છે. અચાનક એક કીટક (Insect) ગાડીની સામેના કાચ પર અથડાય છે અને ચોંટી જાય છે. અખ્તર અને કિરણ આ સ્થિતિ પર વિચાર કરે છે. કિરણ એવું કહે છે કે, કીટકના વેગમાનમાં થતા ફેરફારનું મૂલ્ય કારના વેગમાનમાં થતા ફેરફારના મૂલ્યની સાપેક્ષમાં ખૂબ જ વધારે છે. (કારણ કે કીટકના વેગમાં થતા ફેરફારનું મૂલ્ય કારના વેગમાં થતાં ફેરફારના મૂલ્ય કરતાં ખૂબ જ વધારે છે.) અખ્તર એમ કહે છે કે કારનો વેગ પ્રચંડ હોવાથી કાર દ્વારા કીટક પર ખૂબ જ મોટું બળ લાગે છે જેના પરિણામે કીટક મૃત્યુ પામે છે. રાહુલે એક નવો વિચાર આપતાં કહ્યું કે કાર તથા કીટક બંને પર સમાન બળ લાગ્યું તથા તેમના વેગમાનમાં સમાન ફેરફાર થયો.
- આ વિચારો પર તમારી પ્રતિક્રિયા જણાવો.

18. 10 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતી એક ડંબેલ (dumb-bell) 80 cm ઊંચાઈએથી જમીન પર પડે તો તે જમીન કેટલું વેગમાન આપશે ? તેનો અધોદિશામાં પ્રવેગ 10 m s^{-2} લો.

વધારાનું સ્વાધ્યાય (Additional Exercise)

A1. નીચેના કોષ્ટકમાં એક વસ્તુની ગતિ માટે સમય અને અંતરનાં મૂલ્યો દર્શાવ્યાં છે :

સમય સેકન્ડમાં	અંતર મીટરમાં
0	0
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125
6	216
7	343

(a) તેના પ્રવેગ વિશે તમે શું અનુમાન કરશો ? શું તે અચળ છે, વધે છે, ઘટે છે કે શૂન્ય છે ?

(b) વસ્તુ પર લાગતાં બળ વિશે તમે શું અનુમાન કરશો ?

A2. બે વ્યક્તિઓ 1200 kg દળ ધરાવતી કારને સુરેખ રસ્તા પર અચળ વેગથી ધકેલી રહ્યા છે. જો આ જ કારને ત્રણ વ્યક્તિઓ ધકેલતા હોય, તો 0.2 $m\ s^{-2}$ નો પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય છે. દરેક વ્યક્તિ કેટલા બળથી કારને ધકેલતા હશે ? (દરેક વ્યક્તિ એક સરખી સ્નાયુમય તાકાત (muscular effort)થી કારને ધકેલે છે તેમ ધારો.)

A3. 500 g દળ ધરાવતી હથોડી 50 $m\ s^{-1}$ ના વેગથી એક ખીલીને અથડાય છે. ખીલી 0.01 sના ટૂંકા સમયગાળામાં હથોડીને અટકાવી દેતી હોય તો હથોડી પર ખીલી દ્વારા લાગતું બળ કેટલું હોય ?

A4. 1200 kg દળની એક કાર સુરેખ પથ પર $90\frac{km}{h}$ ના વેગથી ગતિ કરી રહી છે. બાહ્ય અસંતુલિત બળ દ્વારા તેનો વેગ 4 sમાં ઘટીને $18\frac{km}{h}$ જેટલો થાય છે, તો પ્રવેગ તથા વેગમાનમાં થતો ફેરફાર ગણો તથા જરૂરી બળનું મૂલ્ય પણ ગણો.

પ્રકરણ 10

ગુરુત્વાકર્ષણ (Gravitation)

પ્રકરણ 8 અને 9માં આપણે પદાર્થોની ગતિ તથા ગતિ માટે જવાબદાર બળનો અભ્યાસ કર્યો. આપણે શીખ્યાં કે પદાર્થની ઝડપ કે ગતિની દિશા બદલવા માટે બળ જરૂરી છે. આપણે હંમેશાં જોઈએ છીએ કે કોઈ પદાર્થને ઊંચાઈ પરથી પડવા દેવામાં આવે ત્યારે તે પૃથ્વી તરફ ગતિ કરે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે બધા જ ગ્રહો સૂર્યની આસપાસ પરિક્રમા કરે છે. ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ પરિક્રમા કરે છે. આ દરેક પરિસ્થિતિઓમાં પદાર્થો પર, ગ્રહો પર તથા ચંદ્ર પર કોઈ બળ ચોક્કસ લાગતું હોવું જોઈએ. આઇઝેક ન્યૂટન એ હકીકત સમજી ગયા હતાં કે આ બધાં જ માટે એક જ બળ જવાબદાર છે. આ બળને ગુરુત્વાકર્ષણ બળ કહે છે.

આ પ્રકરણમાં આપણે ગુરુત્વાકર્ષણ તથા ગુરુત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમનો અભ્યાસ કરીશું. આપણે પૃથ્વી પર ગુરુત્વાકર્ષણ બળની અસર હેઠળ પદાર્થોની ગતિની ચર્ચા કરીશું. આપણે અભ્યાસ કરીશું કે કોઈ પદાર્થનું વજન એક સ્થાનથી બીજા સ્થાન પર કેવી રીતે બદલાય છે. આપણે પ્રવાહીઓમાં પદાર્થોને તરવા માટેની શરતોની પણ ચર્ચા કરીશું.

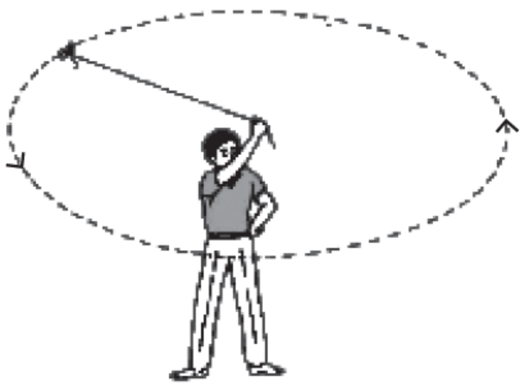
10.1 ગુરુત્વાકર્ષણ (Gravitation)

આપણે જાણીએ છીએ કે ચંદ્ર પૃથ્વીની આસપાસ પરિક્રમણ કરે છે. જ્યારે કોઈ પદાર્થને ઊર્ધ્વદિશામાં ફેંકવામાં આવે ત્યારે તે અમુક ઊંચાઈ સુધી પહોંચ્યા બાદ ફરી નીચે તરફ પડવા લાગે છે. એવું કહેવાય છે કે ન્યૂટન જ્યારે ઝાડ નીચે બેઠા હતા ત્યારે એક સફરજન તેમના પર પડ્યું. સફરજનના નીચે તરફ પડવાની ઘટનાએ ન્યૂટનને વિચારવા માટે પ્રેરિત કર્યા. તેમણે વિચાર્યુ કે જો પૃથ્વી સફરજનને પોતાની તરફ આકર્ષી શકે છે તો શું ચંદ્રમાને આકર્ષિત નહિ કરતી હોય ? શું બંને પરિસ્થિતિઓમાં એક જ બળ લાગે છે ? તેમણે અનુમાન લગાવ્યું કે બંને અવસ્થાઓ માટે એક જ પ્રકારનું બળ જવાબદાર છે. તેમણે તર્ક આપ્યો કે પોતાની કક્ષાના દરેક બિંદુ પાસે ચંદ્રમા કોઈ સુરેખ પથ પર ગતિ કરવાને બદલે પૃથ્વી તરફ પડતો રહે છે. એટલે કે તે પૃથ્વી દ્વારા ચોક્કસપણે આકર્ષિત થાય છે; પરંતુ વાસ્તવમાં આપણે ચંદ્રમાને પૃથ્વી પર પડતો જોતાં નથી.

ચંદ્રમાની ગતિને સમજવા માટે પ્રવૃત્તિ 8.11 પર ફરીથી વિચાર કરીએ.

પ્રવૃત્તિ ______ 10.1

- દોરીનો એક ટુકડો લો.
- તેના એક છેડા પર એક નાનો પથ્થર બાંધો. દોરીના બીજા છેડાને પકડીને પથ્થરને વર્તુળાકાર માર્ગે આકૃતિ 10.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઘુમાવો.
- પથ્થરની ગતિની દિશા જુઓ.
- હવે દોરીને છોડી દો.
- ફરીથી પથ્થરની ગતિની દિશા જુઓ.



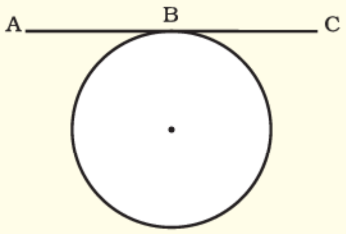
આકૃતિ 10.1 : પથ્થર દ્વારા અચળ ઝડપે વર્તુળાકાર પથ પર થતી ગતિ

દોરીને છોડતાં પહેલાં પથ્થર એક નિશ્ચિત ઝડપથી વર્તુળાકાર માર્ગે ગતિ કરે છે અને દરેક બિંદુ પાસે તેની દિશા બદલાય છે. દિશામાં થતા ફેરફારમાં વેગનો ફેરફાર અથવા પ્રવેગ સંકળાયેલ છે. જે બળને લીધે આ પ્રવેગ ઉદ્ભવે છે તથા જે પદાર્થને વર્તુળાકાર પથ પર ગતિશીલ રાખે છે તે બળ કેન્દ્ર તરફ લાગે છે. આ બળને કેન્દ્રગામી બળ કહે છે (અર્થાત્ કેન્દ્ર તરફ).

આ બળની ગેરહાજરીમાં પથ્થર સુરેખ પથ પર ગતિ કરે છે. આ સુરેખ પથ વર્તુળાકાર રેખા પરની સ્પર્શક રેખા હોય છે.

વધારે જાણવા જેવું

વર્તુળ પર સ્પર્શક રેખા



કોઈ સુરેખા જે વર્તુળના માત્ર એક જ બિંદુને છેદે છે તેને વર્તુળનો સ્પર્શક (સ્પર્શરેખા) કહે છે. સુરેખા ABC વર્તુળના B બિંદુ પર સ્પર્શરેખા છે.

ચંદ્રમાની પૃથ્વીની આસપાસ ગતિ કેન્દ્રગામી બળને કારણે છે. આ કેન્દ્રગામી બળ પૃથ્વીના આકર્ષણ બળ દ્વારા પૂરું પડે છે. જો આવું કોઈ બળ ન હોત, તો ચંદ્ર સુરેખ પથ પર ગતિ કરતો હોત.

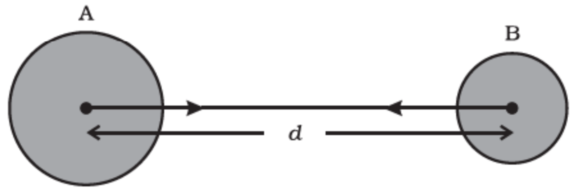
આપણે જોઈએ છીએ કે સફરજન પૃથ્વી તરફ આકર્ષાય છે. શું સફરજન પણ પૃથ્વીને પોતાની તરફ આકર્ષે છે ? જો તેમ હોય તો આપણે પૃથ્વીને સફરજનની તરફ ગતિ કરતી કેમ જોઈ શકતાં નથી ?

ગતિના ત્રીજા નિયમ અનુસાર સફરજન પણ પૃથ્વીને આકર્ષે છે; પરંતુ ગતિના બીજા નિયમ અનુસાર આપેલ બળ માટે પદાર્થમાં ઉદ્ભવતો પ્રવેગ તેના દળના વ્યસ્તપ્રમાણમાં હોય છે. (સમીકરણ 9.4). પૃથ્વીની સાપેક્ષમાં સફરજનનું દળ અવગણ્ય છે. તેથી આપણે પૃથ્વીને સફરજન તરફ ગતિ કરતી જોઈ શકતાં નથી. આ જ તર્કના આધાર પર આપણે જાણી શકીએ છીએ કે કેમ પૃથ્વી ચંદ્ર તરફ ગતિ કરતી નથી.

આપણા સૌર પરિવારમાં બધા જ ગ્રહો સૂર્યની આસપાસ પરિભ્રમણ કરે છે. આગળ જણાવેલ તર્ક અનુસાર આપણે કહી શકીએ કે સૂર્ય તથા ગ્રહો વચ્ચે એક બળ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. ઉપર્યુક્ત તથ્યોના આધારે ન્યૂટન એ તારણ પર આવ્યા કે ફક્ત પૃથ્વી જ સફરજન કે ચંદ્રને આકર્ષિત કરતી નથી; પરંતુ વિશ્વના બધા જ પદાર્થો એકબીજાને આકર્ષે છે. પદાર્થો વચ્ચેના આ આકર્ષણબળને ગુરુત્વાકર્ષણ બળ કહે છે.

10.1.1 ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક નિયમ (Universal law of gravitation)

વિશ્વનો પ્રત્યેક પદાર્થ બીજા દરેક પદાર્થ પર આકર્ષણબળ લગાડે છે, જે બંને પદાર્થોના દ્રવ્યમાન (દળ)ના ગુણાકારના સમપ્રમાણમાં તથા તેમની વચ્ચેના અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. આ બળ બંને પદાર્થોના કેન્દ્રને જોડતી રેખાની દિશામાં હોય છે.



$$F = G\frac{Mm}{d^2}$$

આકૃતિ 10.2 : કોઈ બે પદાર્થો વચ્ચે લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણબળ તેમનાં કેન્દ્રોને જોડતી રેખાની દિશામાં લાગે છે

ધારો કે, બે પદાર્થો A અને Bનાં દળ અનુક્રમે M અને m તથા તેમની વચ્ચેનું અંતર d છે. (આકૃતિ 10.2). ધારો કે, બંને પદાર્થો વચ્ચે લાગતું આકર્ષણ બળ F છે. ગુરુત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમ અનુસાર બે પદાર્થો વચ્ચે લાગતું બળ તેમના દળના ગુણાકારના સમપ્રમાણમાં હોય છે. એટલે કે,

$$F \propto M \times m \qquad (10.1)$$

અને આ બળ બંને પદાર્થો વચ્ચેના અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. એટલે કે,

$$F \propto \frac{1}{d^2} \qquad (10.2)$$

સમીકરણ (10.1) અને (10.2)નો સમન્વય કરતાં,

$$F \propto \frac{M \times m}{d^2} \qquad (10.3)$$

અથવા $$F = G\frac{M \times m}{d^2} \qquad (10.4)$$

જ્યાં G સપ્રમાણતાનો અચળાંક છે અને તેને ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક અચળાંક કહે છે.

સમીકરણ (10.4)માં ચોકડી ગુણાકાર કરતાં,

$$F \times d^2 = GM \times m$$

આઈઝેક ન્યૂટન
(1642 – 1727)

આઇઝેક ન્યૂટનનો જન્મ ઇંગ્લૅન્ડમાં ગ્રેન્થામની નજીક વૂલ્સથોર્પમાં થયો હતો, વિજ્ઞાનના ઇતિહાસમાં તે સૌથી વધારે મૌલિક તથા પ્રભાવશાળી સિદ્ધાંતવાદી તરીકે ઓળખાય છે. તેઓનો જન્મ એક નિર્ધન ખેડૂત પરિવારમાં થયો હતો; પરંતુ તે ખેતીના કામમાં કુશળ ન હતાં. ઈ.સ. 1661માં અભ્યાસ માટે તેમને કેમ્બ્રિજ યુનિર્વસિટીમાં મોકલવામાં આવ્યા. ઈ.સ. 1665માં કેમ્બ્રિજમાં પ્લેગ ફેલાવાના કારણે ન્યૂટનને એક વર્ષની રજા મળી ગઈ. એવું કહેવાય છે કે, આ વર્ષમાં જ તેમની પર સફરજનના પડવાની ઘટના બની હતી. આ ઘટનાએ ન્યૂટનને, ચંદ્રને તેની કક્ષામાં જકડી રાખતા બળ તથા ગુરુત્વ બળ વચ્ચેના સંબંધની સંભાવના વિચારવા માટે પ્રેરિત કર્યા. આ પરથી તેમણે ગુરુત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમની શોધ કરી. વિશિષ્ટ બાબત એ છે કે, તેમના પહેલાં પણ ઘણાં બધાં મહાન વૈજ્ઞાનિકો ગુરુત્વ વિશે જાણતાં હતાં પરંતુ તેના મહત્ત્વને સ્પષ્ટપણે જાણવામાં અસફળ રહ્યા.

ન્યૂટને ગતિના સુપ્રસિદ્ધ નિયમો પ્રસ્થાપિત કર્યા. તેમણે પ્રકાશ તથા રંગોના સિદ્ધાંતો પર પણ કાર્ય કર્યું. તેમણે અવકાશીય અવલોકન માટે ખગોળશાસ્ત્રીય (એસ્ટ્રોનોમિકલ) ટેલિસ્કૉપની રચના કરી. ન્યૂટન એક મહાન ગણિતજ્ઞ પણ હતા. તેમણે ગણિતની એક નવી શાખાની શોધ કરી જેને કલનશાસ્ત્ર (Calculus) કહે છે. આનો ઉપયોગ તેમણે એ બાબત સાબિત કરવા માટે કર્યો કે કોઈ સમાન ઘનતાવાળા ગોળાની બહાર રહેલી વસ્તુઓ માટે ગોળાની વર્તણૂક એવી હોય છે કે જાણે સંપૂર્ણ દ્રવ્યમાન તેના કેન્દ્ર પર સ્થિર હોય. ન્યૂટને પોતાના ગતિના ત્રણ નિયમો તથા ગુરુત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમની મદદથી ભૌતિકવિજ્ઞાનનું સ્વરૂપ બદલી નાખ્યું. સત્તરમી સદીની મુખ્ય વૈજ્ઞાનિક ક્રાંતિના રૂપમાં ન્યૂટને કૉપરનિક્સ (Copernicus), કેપ્લર (Kepler), ગેલીલિયો તથા અન્યના યોગદાનને પોતાનાં કાર્યો સાથે એક નવા જ શક્તિશાળી સંશ્લેષણના રૂપમાં ભેગા કર્યા.

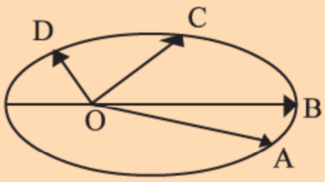
આ એક નોંધનીય બાબત છે કે તે સમયમાં ગુરુત્વીય સિદ્ધાંતોની ચકાસણી થઈ નહતી તે છતાં તેમની સત્યતા વિશે કોઈ સંશય નહતો. એનું કારણ એ હતું કે ન્યૂટનના સિદ્ધાંતો ચોક્કસ વૈજ્ઞાનિક તર્કો પર આધારિત હતા તથા તેની ગણિત દ્વારા સાબિતી પણ આપેલ હતી. જેના દ્વારા આ સિદ્ધાંત સરળ અને રસપ્રદ (Elegant) બની ગયો. આ વિશેષતાઓ આજે પણ કોઈ સારા વૈજ્ઞાનિક સિદ્ધાંત માટે આવશ્યક છે.

ન્યૂટને વ્યસ્ત વર્ગના નિયમનું અનુમાન કેવી રીતે કર્યું ?

ગ્રહોની ગતિના અભ્યાસમાં સદાય આપણો ઊંડો રસ રહ્યો છે. સોળમી સદીના અંત સુધીમાં ઘણા ખગોળશાસ્ત્રીઓએ ગ્રહોની ગતિ સાથે સંબંધિત માહિતી એકત્ર કરી લીધેલ હતી. જ્હૉન કેપ્લરે, આ માહિતી પરથી ત્રણ નિયમ તારવ્યા, જેને કેપ્લરના નિયમો કહે છે. આ નિયમો નીચે પ્રમાણે છે :

1. બધા ગ્રહો એવી લંબવૃત્તીય કક્ષાઓમાં ભ્રમણ કરે છે કે જેના એક કેન્દ્ર પર સૂર્ય હોય. જે નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે. આ આકૃતિમાં સૂર્યની સ્થિતિ O વડે દર્શાવેલ છે.
2. સૂર્ય અને ગ્રહને જોડતી રેખાઓ દ્વારા સમાન સમયગાળામાં આંતરેલ ક્ષેત્રફળ સમાન હોય છે. આમ, જો A થી B સુધી ગતિ માટે લાગતો સમય, C થી D સુધી ગતિ કરવા માટે લાગતા સમય જેટલો હોય તો ક્ષેત્રફળ OAB તથા ક્ષેત્રફળ OCD સમાન હોય.
3. સૂર્યથી કોઈ ગ્રહના સરેરાશ અંતર (r)નો ઘન (r^3) ગ્રહના સૂર્યની આસપાસના પરિભ્રમણના આવર્તકાળ (T)ના વર્ગને સમપ્રમાણમાં હોય છે અથવા r^3/T^2 = અચળ.

અહીં નોંધવું જરૂરી છે કે ગ્રહોની ગતિ સમજાવવા માટે કેપ્લર કોઈ સિદ્ધાંત રજૂ કરી શક્યા નહિ. ન્યૂટને જ દર્શાવ્યું કે ગ્રહોની ગતિ માટે ગુરુત્વાકર્ષણ બળ જ જવાબદાર છે કે જે સૂર્ય દ્વારા તેમની પર લાગી રહ્યું છે. ન્યૂટને કેપ્લરના ત્રીજા નિયમનો ઉપયોગ ગુરુત્વાકર્ષણ બળનું મૂલ્ય ગણવા માટે કર્યો. પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ અંતર સાથે ઘટતું જાય છે. એક સરળ તર્ક આ પ્રમાણે છે. આપણે એવી કલ્પના કરી શકીએ કે ગ્રહોની કક્ષાઓ વર્તુળાકાર છે. ધારો કે કક્ષીય વેગ v તથા ગ્રહની કક્ષાની ત્રિજ્યા r છે. પરિભ્રમણ કરતાં ગ્રહ પર લાગતું બળ $F \propto \frac{v^2}{r}$.



જો પરિભ્રમણનો આવર્તકાળ T હોય, તો $v = \frac{2\pi r}{T}$,

એટલે કે $v^2 \propto \frac{r^2}{T^2}$

આ સંબંધને આ પ્રમાણે પણ લખી શકાય છે.

$v^2 \propto \left(\frac{1}{r}\right) \times \left(\frac{r^3}{T^2}\right)$. કારણ કે $\frac{r^3}{T^2}$ કેપ્લરના ત્રીજા નિયમ અનુસાર અચળ છે. તેથી $v^2 \propto \left(\frac{1}{r}\right)$ જેને $F \propto \frac{v^2}{r}$ સાથે સંયોજિત કરતાં, $F \propto \frac{1}{r^2}$.

અથવા $G = \frac{Fd^2}{M \times m}$ (10.5)

સમીકરણ (10.5) માં બળ, અંતર તથા દળના એકમો મૂકતાં આપણને G નો SI એકમ N m^2 kg^{-2} મળે છે.

હેનરી કેવેન્ડિશે (Henry Cavendish) (1731-1810) સંવેદનશીલ તુલાની મદદથી G નું મૂલ્ય શોધ્યું હતું. G નું હાલમાં સર્વસ્વીકૃત મૂલ્ય 6.673×10^{-11} N m^2 kg^{-2} છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે, કોઈ પણ બે પદાર્થો વચ્ચે આકર્ષણ બળ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. તમે તમારી તથા તમારી નજીક બેઠેલા તમારા મિત્ર વચ્ચે લાગતાં આ બળની ગણતરી કરો. આ પરથી નિષ્કર્ષ તારવો કે તમે આ બળનો અનુભવ કેમ કરતાં નથી.

વધારે જાણવા જેવું

આ નિયમ સાર્વત્રિક એ રીતે છે કે તે દરેક પદાર્થો પર લાગુ પડે છે, પછી તે પદાર્થ નાનો હોય કે મોટો, ખગોળીય હોય કે પાર્થિવ.

વર્ગનો વ્યસ્ત

F એ *d* ના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે, એનો અર્થ એ થયો કે જો *d* ને 6 ગણું કરવામાં આવે તો F નું મૂલ્ય 36 મા ભાગનું થાય છે.

ઉદાહરણ 10.1 : પૃથ્વીનું દળ 6×10^{24} kg તથા ચંદ્રનું દળ 7.4×10^{22} kg છે. જો પૃથ્વી અને ચંદ્ર વચ્ચેનું અંતર 3.84×10^5 km હોય, તો પૃથ્વી દ્વારા ચંદ્ર પર લાગતું બળ ગણો ($G = 6.7 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2} લો.).

ઉકેલ :

પૃથ્વીનું દળ, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

ચંદ્રનું દળ, $m = 7.4 \times 10^{22}$ kg

પૃથ્વી તથા ચંદ્ર વચ્ચેનું અંતર

$$d = 3.84 \times 10^5 \text{ km}$$
$$= 3.84 \times 10^5 \times 1000 \text{ m}$$
$$= 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$
$$G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

સમીકરણ (10.4) પરથી, પૃથ્વી દ્વારા ચંદ્ર પર લાગતું બળ,

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

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

$$= 2.01 \times 10^{20} \text{ N}$$

આમ, પૃથ્વી દ્વારા ચંદ્ર પર લગાડેલ બળ 2.01×10^{20} N છે.

પ્રશ્નો :

1. ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક નિયમ જણાવો.
2. પૃથ્વી તથા તેની સપાટી પર રાખેલ કોઈ પદાર્થ વચ્ચે લાગતાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળનું મૂલ્ય શોધવા માટેનું સૂત્ર લખો.

10.1.2 ગુરુત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમનું મહત્ત્વ (Importance of the universal law of gravitation)

ગુરુત્વાકર્ષણનો સાર્વત્રિક નિયમ અનેક એવી ઘટનાઓ સફળતાપૂર્વક સમજાવે છે જે અસંબંધિત (unconnected) માનવામાં આવતી હતી.

(i) આપણને પૃથ્વી સાથે બાંધી રાખતું બળ

(ii) પૃથ્વીની ફરતે થતું ચંદ્રનું પરિક્રમણ

(iii) સૂર્યની ફરતે થતું ગ્રહોનું પરિક્રમણ

(iv) ચંદ્ર તથા સૂર્યને કારણે આવતી ભરતી અને ઓટ

10.2 મુક્ત પતન (Free Fall)

મુક્ત પતનનો અર્થ જાણવા માટે ચાલો, આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 10.2

- એક પથ્થર લો.
- તેને ઉપર તરફ ફેંકો.
- તે એક નિશ્ચિત ઊંચાઈ સુધી પહોંચે છે પછી તે નીચે પડવા લાગે છે.

આપણે અભ્યાસ કર્યો કે પૃથ્વી પદાર્થોને પોતાની તરફ આકર્ષે છે. આમ, થવાનું કારણ ગુરુત્વાકર્ષણ છે. જ્યારે કોઈ

પદાર્થ પૃથ્વી તરફ ફક્ત આ બળને કારણે ગતિ કરતો હોય ત્યારે આપણે કહી શકીએ કે પદાર્થ મુક્ત પતન કરે છે. શું નીચે પડતાં પદાર્થના વેગમાં કોઈ ફેરફાર થશે ? પડતી વખતે પદાર્થની ગતિની દિશામાં કોઈ પરિવર્તન થતું નથી; પરંતુ પૃથ્વીના આકર્ષણના કારણે વેગના મૂલ્યમાં ફેરફાર થાય છે. વેગમાં થતો કોઈ પણ ફેરફાર પ્રવેગ ઉત્પન્ન કરે છે. જ્યારે કોઈ પદાર્થ પૃથ્વી તરફ પડતો હોય ત્યારે પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય છે. આ પ્રવેગ પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણ બળને લીધે હોય છે. તેથી આ પ્રવેગને ગુરુત્વાકર્ષણને કારણે ઉદ્‌ભવતો પ્રવેગ (અથવા ગુરુત્વીય પ્રવેગ) કહે છે. તેને g વડે દર્શાવાય છે. g નો એકમ તે જ છે જે પ્રવેગનો એકમ છે. એટલે કે $m\ s^{-2}$.

ગતિના બીજા નિયમ પરથી આપણે જાણીએ છીએ કે, બળ એ દ્રવ્યમાન તથા પ્રવેગનો ગુણાકાર છે. ધારો કે, પ્રવૃત્તિ 10.2 માં પથ્થરનું દ્રવ્યમાન m છે. આપણે જાણીએ છીએ કે મુક્ત પતન કરતાં પદાર્થમાં ગુરુત્વીય બળને કારણે પ્રવેગ ઉત્પન્ન થાય છે અને તેને g વડે દર્શાવાય છે. તેથી ગુરુત્વીય બળનું મૂલ્ય F, દ્રવ્યમાન m તથા ગુરુત્વીય પ્રવેગ g ના ગુણાકાર જેટલું હોય છે. એટલે કે,

$$F = mg \qquad (10.6)$$

સમીકરણ (10.4) તથા (10.6) પરથી,

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

અથવા $$g = G\frac{M}{d^2} \qquad (10.7)$$

અહીં M પૃથ્વીનું દ્રવ્યમાન છે તથા d પદાર્થ તથા પૃથ્વી વચ્ચેનું અંતર છે.

ધારો કે, એક પદાર્થ પૃથ્વી પર કે તેની સપાટીની નજીક છે. સમીકરણ (10.7)માં અંતર d, પૃથ્વીની ત્રિજ્યા R જેટલું થશે. તેથી પૃથ્વીની સપાટી પર કે તેની નજીક રાખેલ પદાર્થો માટે,

$$mg = G\frac{M \times m}{R^2} \qquad (10.8)$$

$$g = G\frac{M}{R^2} \qquad (10.9)$$

પૃથ્વી સંપૂર્ણ ગોળ નથી. પૃથ્વીની ત્રિજ્યા ધ્રુવોથી વિષુવવૃત્ત તરફ જતાં વધતી જાય છે, તેથી g નું મૂલ્ય ધ્રુવો પર વિષવવૃત્તની સાપેક્ષમાં વધુ હોય છે. મોટા ભાગની ગણતરીઓમાં પૃથ્વીની સપાટી પર અથવા તેની નજીક g નું મૂલ્ય લગભગ અચળ ગણી શકીએ પરંતુ પૃથ્વીથી દૂર રહેલા પદાર્થો માટે પૃથ્વીના ગુરુત્વીય બળના કારણે ઉદ્‌ભવતો પ્રવેગ સમીકરણ (10.7) પરથી મેળવી શકાય છે.

10.2.1 ગુરુત્વપ્રવેગ g ના મૂલ્યની ગણતરી : (To calculate the value of g)

ગુરુત્વપ્રવેગ g ના મૂલ્યની ગણતરી કરવા માટે આપણે સમીકરણ (10.9) માં G, M તથા R નાં મૂલ્યો મૂકીશું.

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

પૃથ્વીનું દ્રવ્યમાન $M = 6 \times 10^{24}$ kg તથા

પૃથ્વીની ત્રિજ્યા $R = 6.4 \times 10^6$ m

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

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

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

આમ, પૃથ્વીના ગુરુત્વપ્રવેગનું મૂલ્ય $g = 9.8\ m\ s^{-2}$

10.2.2 પૃથ્વીના ગુરુત્વીય બળની અસર હેઠળ પદાર્થોની ગતિ (Motion of objects under the influence of gravitational force of the earth)

શું બધા જ પદાર્થો પોલા કે નક્કર, મોટા કે નાના કોઈ ઊંચાઈ પરથી સમાન દરથી નીચે પડે છે ? તે જાણવા માટે આવો, આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ ______ 10.3

- કાગળની એક શીટ તથા એક પથ્થર લો. બંનેને એક સાથે કોઈ ઇમારતના પ્રથમ માળેથી એક સાથે પડતાં મૂકો. જુઓ કે તે બંને એકસાથે જમીન પર પહોંચે છે કે નહિ.
- આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે કાગળ જમીન પર પથ્થર કરતાં થોડો મોડો પહોંચે છે. આવું હવાના અવરોધક બળને કારણે થાય છે. નીચે તરફ ગતિ કરતાં ગતિશીલ પદાર્થો પર ઘર્ષણના કારણે હવાનું અવરોધક બળ લાગે છે. કાગળ પર લાગતું હવાનું અવરોધક બળ પથ્થર પર લાગતાં અવરોધક બળ કરતાં વધારે હોય છે. જો આપણે આ પ્રયોગ હવા કાઢી લીધેલ (શૂન્યાવકાશિત) કાચના જારમાં કરીએ તો કાગળ અને પથ્થર બંને એકસાથે નીચે પડશે.

આપણે જાણીએ છીએ કે મુક્ત પતનમાં પદાર્થ પ્રવેગનો અનુભવ કરે છે. સમીકરણ (10.9) પરથી, પદાર્થ દ્વારા અનુભવાતો પ્રવેગ તેના દ્રવ્યમાન પર આધાર રાખતો નથી. એનો અર્થ એ થયો કે, પદાર્થ પોલો હોય કે નક્કર, મોટો હોય કે નાનો, એક સરખા દરથી નીચે તરફ પડવો જોઈએ. એક વાર્તા મુજબ આ વિચારના સમર્થન માટે ગેલીલિયોએ ઇટાલીમાં આવેલા પીસાના ઢળતા મિનારા પરથી જુદા-જુદા પદાર્થો પડતા મૂક્યા હતા.

પૃથ્વીની નજીક g નું મૂલ્ય અચળ હોવાથી અચળ પ્રવેગી ગતિનાં સમીકરણોમાં પ્રવેગ a ના બદલે g મૂકવાથી દરેક સમીકરણો માન્ય રહેશે (જુઓ વિભાગ 8.5). આ સમીકરણો છે :

$$v = u + at \quad (10.10)$$

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2 \quad (10.11)$$

$$v^2 = u^2 + 2as \quad (10.12)$$

જ્યાં u તથા v અનુક્રમે પ્રારંભિક તેમજ અંતિમ વેગ તથા s વસ્તુ દ્વારા t સમયમાં કાપેલ અંતર છે.

આ સમીકરણોના ઉપયોગ વખતે જો પ્રવેગ (a) વેગની દિશામાં એટલે કે ગતિની દિશામાં હોય તો ધન લઈશું. જો પ્રવેગ (a) ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય તો ઋણ લઈશું.

ઉદાહરણ 10.2 : એક કાર (રમકડાંની (!!!)) કોઈ છાજલી પરથી 0.5 s માં નીચે જમીન પર પડે છે. ગણતરીની સરળતા ખાતર g નું મૂલ્ય 10 m s^{-2} લો.

(i) જમીન પર અથડાતી વખતે કારનો વેગ કેટલો હશે ?

(ii) 0.5 s દરમિયાન કારની સરેરાશ ઝડપ કેટલી હશે ?

(iii) જમીનથી છાજલી કેટલી ઊંચાઈ પર હશે ?

ઉકેલ :

સમય $t = \frac{1}{2}\ s$

પ્રારંભિક વેગ $u = 0\ m\ s^{-1}$

ગુરુત્વીય પ્રવેગ $g = 10\ m\ s^{-2}$

કારનો પ્રવેગ $a = +\ 10\ m\ s^{-2}$. (નીચેની તરફ)

(i) ઝડપ $v = at$

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

(ii) સરેરાશ ઝડપ $= \frac{u+v}{2}$

$$= \frac{(0\ m s^{-1} + 5\ m\ s^{-1})}{2}$$
$$= 2.5\ m\ s^{-1}$$

(iii) કાપેલ અંતર $s = \frac{1}{2}\ a\ t^2$

$$= \frac{1}{2} \times 10\ m\ s^{-2} \times (0.5\ s)^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 10\ m\ s^{-2} \times 0.25\ s^2$$
$$= 1.25\ m$$

આમ,

(i) જમીન પર અથડાતી વખતે તેની ઝડપ $= 5\ m\ s^{-1}$

(ii) 0.5 s દરમિયાન તેની સરેરાશ ઝડપ $= 2.5\ m\ s^{-1}$

(iii) જમીનથી છાજલીની ઊંચાઈ = 1.25 m

ઉદાહરણ 10.3 : એક પદાર્થને ઊર્ધ્વદિશામાં ફેંકતા તે 10 mની ઊંચાઈએ પહોંચે છે. તો (i) પદાર્થને કેટલા વેગથી ઉપર તરફ ફેંકેલ હશે તથા (ii) પદાર્થને મહત્તમ ઊંચાઈએ પહોંચતા લાગતાં સમયની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

કાપેલ અંતર s = 10 m

અંતિમ વેગ $v = 0\ m\ s^{-1}$

ગુરુત્વીય પ્રવેગ $g = 9.8\ m\ s^{-2}$

પદાર્થનો પ્રવેગ $a = -\ 9.8\ m\ s^{-2}$. (ઊર્ધ્વદિશામાં)

(i) $v^2 = u^2 + 2a\ s$

$$0 = u^2 + 2\ (-9.8\ m\ s^{-2}) \times 10\ m$$
$$-u^2 = -2 \times 9.8 \times 10\ m^2 s^{-2}$$
$$u = \sqrt{196}\ m s^{-1}, \quad u = 14\ m s^{-1}$$

(ii) $v = u + at$

$$0 = 14\ m\ s^{-1} - 9.8\ m\ s^{-2} \times t$$
$$t = 1.43\ s$$

આમ,

(i) પ્રારંભિક વેગ $u = 14\ m\ s^{-1}$ તથા

(iii) લીધેલ સમય $t = 1.43$ s

પ્રશ્નો :

1. મુક્ત પતનનું તમે શું અર્થઘટન કરશો ?
2. ગુરુત્વીય પ્રવેગનું તમે શું અર્થઘટન કરશો ?

10.3 દ્રવ્યમાન (દળ) (Mass)

આપણે અગાઉના પ્રકરણમાં અભ્યાસ કર્યો કે પદાર્થનું દ્રવ્યમાન તેના જડત્વનું માપ છે. (વિભાગ 9.3) આપણે એ પણ શીખ્યાં કે, પદાર્થનું દ્રવ્યમાન જેટલું વધારે હશે તેનું જડત્વ પણ તેટલું જ વધારે હશે. પદાર્થનું દ્રવ્યમાન હંમેશાં અચળ રહે છે, પછી તે પૃથ્વી પર હોય, ચંદ્ર પર હોય કે બાહ્ય અંતરિક્ષમાં હોય. આમ, પદાર્થનું દ્રવ્યમાન અચળ હોય છે તથા એક સ્થાનેથી બીજા સ્થાને લઈ જતાં તે બદલાતું નથી.

10.4 વજન (Weight)

આપણે જાણીએ છીએ, કે પૃથ્વી દરેક પદાર્થને એક નિશ્ચિત બળથી આકર્ષે છે તથા આ બળ પદાર્થના દ્રવ્યમાન (m) અને પૃથ્વીના ગુરુત્વીય પ્રવેગ g પર આધાર રાખે છે. પૃથ્વી જે બળથી પદાર્થને પોતાનાં તરફ આકર્ષે છે, તેને પદાર્થનું વજન કહે છે.

આપણે જાણીએ છીએ, કે $F = m \times a$, (10.13)

એટલે કે,

$$F = m \times g \tag{10.14}$$

પદાર્થ પર પૃથ્વીનું આકર્ષણબળ પદાર્થનું વજન કહેવાય છે. તેને W સંજ્ઞા વડે દર્શાવાય છે. જે સમીકરણ (10.14) માં મૂકતાં,

$$W = m \times g \tag{10.15}$$

પદાર્થનું વજન એક બળ છે કે જેના વડે તે પૃથ્વી તરફ આકર્ષાય છે તેથી વજનનો SI એકમ બળનો જ એકમ છે એટલે કે ન્યૂટન (N) છે. વજનબળ હંમેશાં નીચેની તરફ લાગે છે. આમ, તેને મૂલ્ય અને દિશા બંને હોય છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે, આપેલ સ્થળે g નું મૂલ્ય અચળ છે. તેથી કોઈ આપેલ સ્થળે પદાર્થનું વજન તેના દ્રવ્યમાન mના સમપ્રમાણમાં હોય છે એટલે કે, $W \propto m$. આ કારણે જ આપેલ સ્થળે પદાર્થના વજનને આપણે તેના દ્રવ્યમાનના માપ સ્વરૂપે ઉપયોગમાં લઈ શકીએ છીએ. કોઈ પદાર્થનું દ્રવ્યમાન દરેક સ્થાને એટલે કે પૃથ્વી પર કે અન્ય ગ્રહ પર સમાન રહે છે જ્યારે પદાર્થનું વજન તેનાં સ્થાન પર આધાર રાખે છે.

10.4.1 પદાર્થનું ચંદ્ર પર વજન

(Weight of an object on the moon)

આપણે અભ્યાસ કર્યો કે પૃથ્વી પર કોઈ પદાર્થનું વજન એ બળ છે કે જેના દ્વારા પૃથ્વી પદાર્થને પોતાની તરફ આકર્ષે છે. આ રીતે ચંદ્ર પર કોઈ પદાર્થનું વજન એ બળ છે કે જેના દ્વારા ચંદ્ર તે પદાર્થને પોતાની તરફ આકર્ષે છે. ચંદ્રનું દળ, પૃથ્વીની સાપેક્ષમાં ઓછું છે. તેથી ચંદ્ર પદાર્થો પર ઓછું આકર્ષણ બળ લગાડે છે.

ધારો કે, કોઈ પદાર્થનું દ્રવ્યમાન m છે તથા ચંદ્ર પર તેનું વજન W_m છે. ધારો કે, ચંદ્રનું દ્રવ્યમાન M_m છે અને તેની ત્રિજ્યા R_m છે.

ગુરુત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમ અનુસાર ચંદ્ર પર પદાર્થનું વજન

$$W_m = G\frac{M_m \times m}{R_m^2} \tag{10.16}$$

ધારો કે આ જ પદાર્થનું પૃથ્વી પર વજન W_e છે. પૃથ્વીનું દ્રવ્યમાન M તથા તેની ત્રિજ્યા R છે.

સમીકરણો (10.9) તથા (10.15) પરથી,

$$W_e = G\frac{M \times m}{R^2} \tag{10.17}$$

કોષ્ટક 10.1

ખગોળીય પદાર્થ	દ્રવ્યમાન (kg)	ત્રિજ્યા (m)
પૃથ્વી	5.98×10^{24}	6.37×10^{6}
ચંદ્ર	7.36×10^{22}	1.74×10^{6}

સમીકરણ (10.16) તથા (10.17) માં કોષ્ટક 10.1 માંથી મૂલ્યો મૂકતાં,

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

$$W_m = 2.431 \times 10^{10}\ \ G \times m \tag{10.18a}$$

તથા $W_e = 1.474 \times 10^{11}\ \ G \times m$ (10.18b)

સમીકરણ (10.18a) ને (10.18b) વડે ભાગતાં,

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

અથવા $$\frac{W_m}{W_e} = 0.165 \approx \frac{1}{6} \tag{10.19}$$

$$\frac{\text{પદાર્થનું ચંદ્ર પર વજન}}{\text{પદાર્થનું પૃથ્વી પર વજન}} = \frac{1}{6}$$

પદાર્થનું ચંદ્ર પર વજન = $\left(\frac{1}{6}\right)$ × તેનું પૃથ્વી પર વજન

ઉદાહરણ 10.4 : એક પદાર્થનું દળ 10 kg છે. પૃથ્વી પર તેનું વજન કેટલું હશે ?

ઉકેલ :

દ્રવ્યમાન m = 10 kg

ગુરુત્વપ્રવેગ $g = 9.8\ ms^{-2}$

$W = m \times g$

$W = 10\ kg \times 9.8\ ms^{-2}$

$= 98\ N$

આમ, પદાર્થનું વજન 98 N છે.

ઉદાહરણ 10.5 : એક પદાર્થનું વજન પૃથ્વીની સપાટી પર માપતાં 10 N મળે છે. તેનું વજન ચંદ્રની સપાટી પર માપતાં કેટલું મળશે ?

ઉકેલ :

આપણે જાણીએ છીએ કે,

ચંદ્ર પર પદાર્થનું વજન = $\left(\frac{1}{6}\right)$ × પૃથ્વી પર તેનું વજન

એટલે કે,

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

$$= 1.67\ N$$

આમ, ચંદ્રની સપાટી પર પદાર્થનું વજન 1.67 N હશે.

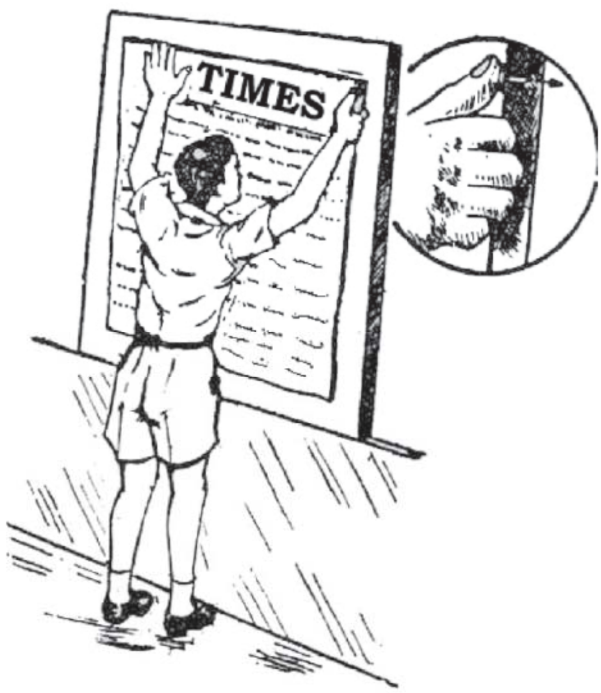
પ્રશ્નો :

1. પદાર્થના દળ તથા તેના વજન વચ્ચે શું તફાવત છે ?
2. કોઈ પદાર્થનું ચંદ્ર પર વજન પૃથ્વી પરના વજન કરતાં $\frac{1}{6}$ ભાગનું કેમ હોય છે ?

10.5 ધક્કો અને દબાણ (Thrust and Pressure)

શું તમે ક્યારેય વિચાર્યું છે કે ઊંટ રણમાં સરળતાથી કેમ દોડી શકે છે ? સેનાની ટૅન્ક કે જેનું વજન એક હજાર ટનથી પણ વધારે હોય છે, એક સતત ગતિ કરતી ચેઇન પર કેવી રીતે ટકે છે ? કોઈ બસ કે ટ્રકનાં ટાયર પ્રમાણમાં વધારે પહોળાં કેમ હોય છે ? કાપવા માટે વપરાતાં ઓજારોની ધાર તીક્ષ્ણ કેમ હોય છે ? આ પ્રશ્નોના જવાબ જાણવા માટે તથા તેની સાથે સંકળાયેલ ઘટનાઓને સમજવા માટે આપેલ વસ્તુ પર એક ચોક્કસ દિશામાં લાગતાં ચોખ્ખા બળ (ધક્કો-thrust) તથા એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ લાગતું બળ (દબાણ)ની ધારણા સમજવી જરૂરી છે. આવો, નીચે દર્શાવેલ પરિસ્થિતિઓનો વિચાર કરીએ.

સ્થિતિ 1 : આકૃતિ 10.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કોઈ બુલેટિન બોર્ડ પર તમે એક ચાર્ટ લગાવવા ઇચ્છો છો. આ કાર્ય કરવા માટે તમારે ડ્રૉઇંગ પિનોને અંગૂઠા વડે દબાવવી પડશે. આ સ્થિતિમાં તમે પિનના શીર્ષ (ચપટા ભાગ)ની સપાટીના ક્ષેત્રફળ પર બળ લગાડો છો. આ બળ બોર્ડની સપાટી (પૃષ્ઠ)ને લંબરૂપે લાગે છે. આ બળ પિનની અણી પરના નાના ક્ષેત્રફળ પર લાગે છે.



આકૃતિ 10.3 : ચાર્ટ લગાડવા માટે ડ્રૉઇંગ પિનને અંગૂઠાથી બોર્ડ પર લંબરૂપે દબાવવામાં આવે છે

સ્થિતિ 2 : જ્યારે તમે ઢીલી (loose) રેતી પર ઊભા હો ત્યારે તમારા પગ રેતીમાં ઊંડે સુધી ઘૂસી જાય છે. હવે તમે રેતી પર સૂઈ જાઓ. તમે જોશો કે હવે તમારું શરીર રેતીમાં પહેલાં જેટલું ઘૂસતું નથી. બંને સ્થિતિમાં રેતી પર લાગતું બળ તમારા શરીરનું વજન છે.

તમે અભ્યાસ કરી ચૂક્યાં છો કે વજન એ શિરોલંબ દિશામાં નીચે તરફ લાગતું બળ છે. અહીં બળ રેતીની સપાટીને લંબરૂપે લાગી રહ્યું છે. કોઈ વસ્તુની સપાટીને લંબરૂપે લાગતા બળને થ્રસ્ટ (ધક્કો-thrust) કહે છે.

જ્યારે તમે ઢીલી રેતી પર ઊભા હો ત્યારે આ બળ એટલે કે તમારા શરીરનું વજન તમારા પગના ક્ષેત્રફળ જેટલા ક્ષેત્રફળ પર લાગી રહ્યું હોય છે. જ્યારે તમે સૂઈ જાઓ છો ત્યારે આ જ બળ પૂરા શરીરના સંપર્ક ક્ષેત્રફળ પર લાગે છે, જે તમારા પગના ક્ષેત્રફળની સાપેક્ષે વધારે છે. આમ, સમાન મૂલ્યનું બળ જુદાં-જુદાં ક્ષેત્રફળો પર જુદો-જુદો પ્રભાવ પાડે છે. આ સ્થિતિમાં થ્રસ્ટ (thrust) સમાન રહે છે, પરંતુ તેનો પ્રભાવ જુદો-જુદો હોય છે. આમ થ્રસ્ટ (thrust)ની અસર તે ક્ષેત્રફળ પર આધાર રાખે છે જેના પર તે લાગતું હોય.

તમે સૂતા હોય તે સ્થિતિ કરતાં ઊભા હોય ત્યારે રેતી પર ધક્કા (thrust)ની અસર વધુ હોય છે. એકમ ક્ષેત્રફળ પર લાગતાં ધક્કાને દબાણ કહે છે. આમ,

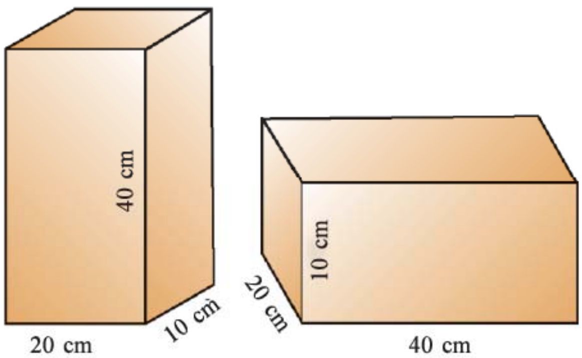
$$\text{દબાણ} = \frac{\text{ધક્કો}}{\text{ક્ષેત્રફળ}} \qquad (10.20)$$

સમીકરણ (10.20)માં થ્રસ્ટ અને ક્ષેત્રફળના SI એકમો મૂકતાં આપણને દબાણનો SI એકમ મળે છે જે N/m^2 અથવા $N\ m^{-2}$ છે.

વૈજ્ઞાનિક બ્લેઝ પાસ્કલના માનમાં દબાણના SI એકમને પાસ્કલ કહે છે, જેને Pa સંજ્ઞાથી દર્શાવાય છે.

જુદાં-જુદાં ક્ષેત્રફળો પર લાગતાં થ્રસ્ટની અસર સમજવા માટે ચાલો, આપણે એક સંખ્યાત્મક ઉદાહરણનો વિચાર કરીએ.

ઉદાહરણ 10.6 : લાકડાનો એક બ્લૉક ટેબલ પર રાખેલ છે. બ્લૉકનું દળ 5 kg છે તથા તેનાં પરિમાણ 40 cm × 20 cm × 10 cm છે. જ્યારે (a) 20 cm × 10 cm તથા (b) 40 cm × 20 cm ક્ષેત્રફળ ધરાવતી સપાટીઓ ટેબલના સંપર્કમાં હોય, ત્યારે લાકડાના બ્લૉક દ્વારા ટેબલની સપાટી પર લાગતાં દબાણની ગણતરી કરો.



આકૃતિ 10.4

ઉકેલ :

લાકડાના બ્લૉકનું દ્રવ્યમાન = 5 kg

તેનું પરિમાણ = 40 cm × 20 cm × 10 cm

અહીં લાકડાના બ્લૉકનું વજન ટેબલની સપાટી પર બળ લગાડે છે.

તેથી બળ = $F = m \times g$

$= 5\ kg \times 9.8\ m\ s^{-2}$

$= 49\ N$

સપાટીનું ક્ષેત્રફળ = લંબાઈ × પહોળાઈ

$= 20\ cm \times 10\ cm$

$= 200\ cm^2$

$= 0.02\ m^2$

સમીકરણ (10.20) પરથી,

$$\text{દબાણ} = \frac{49\,N}{0.02\,m^2}$$

$= 2450\ N\ m^{-2}$

જ્યારે બ્લૉકની 40 cm × 20 cm બાજુઓ ધરાવતી સપાટી ટેબલ પર રાખેલ હોય ત્યારે ટેબલ પર થ્રસ્ટ પહેલાં જેટલું જ લાગે છે.

ક્ષેત્રફળ = લંબાઈ × પહોળાઈ

$= 40\ cm \times 20\ cm$

$= 800\ cm^2 = 0.08\ m^2$

સમીકરણ (10.20) પરથી,

$$\text{દબાણ} = \frac{49N}{0.08\,m^2}$$

$= 612.5\ Nm^{-2}$

આમ, 20 cm × 10 cm ની સપાટી પર લાગતું દબાણ $2450\ N\ m^{-2}$ જ્યારે 40 cm × 20 cm ની સપાટી પર લાગતું દબાણ $612.5\ N\ m^{-2}$ છે.

આમ, સમાન મૂલ્યનાં બળો, જ્યારે ઓછા ક્ષેત્રફળ પર લાગે ત્યારે, વધારે દબાણ અને મોટા ક્ષેત્રફળ પર લાગે ત્યારે ઓછું દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે. આ જ કારણસર ખીલીની ધાર અણીવાળી, ચપ્પાની ધાર તીક્ષ્ણ અને ઇમારતોના પાયા પહોળા હોય છે.

10.5.1 તરલમાં દબાણ (Pressure in fluids)

દરેક પ્રવાહી અને વાયુ તરલ છે. ઘન પદાર્થો પોતાના વજનને

કારણે કોઈ સપાટી પર દબાણ લગાડે છે. તે જ રીતે તરલોમાં પણ વજન હોય છે તથા તેને જે પાત્રમાં રાખવામાં આવે છે તેનાં તળિયા પર અને દીવાલો પર દબાણ લગાડે છે. કોઈ મર્યાદિત દ્રવ્યમાનના તરલમાં લાગતું દબાણ બધી જ દિશાઓમાં એકસરખું પ્રસરણ પામે છે.

10.5.2 ઉત્પ્લાવકતા (Buoyancy)

શું તમે ક્યારેય સ્વીમિંગ પુલમાં તરતી વખતે પોતાને કંઈક હલકા હોવાનો અનુભવ કરેલ છે ? શું તમે ક્યારેક કૂવામાંથી પાણી ખેંચતી વખતે એવો અનુભવ કર્યો છે કે જ્યારે પાણી ભરેલ ડોલ કૂવાનાં પાણીમાંથી બહાર આવે, ત્યારે વધારે વજનદાર લાગતી હોય ? શું તમે ક્યારેય એવો વિચાર કર્યો છે કે લોખંડ અને સ્ટીલમાંથી બનેલ જહાજ સમુદ્રના પાણીમાં ડૂબતું નથી પરંતુ તેટલી જ માત્રામાં લોખંડ તથા સ્ટીલને પતરાના સ્વરૂપમાં લેવામાં આવે તો તે કેમ ડૂબી જાય છે ? આ બધા પ્રશ્નોના જવાબ જાણવા માટે ઉત્પ્લાવકતા વિશે જાણવું જરૂરી છે. ઉત્પ્લાવકતાનો અર્થ જાણવા માટે આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીશું.

પ્રવૃત્તિ 10.4

- પ્લાસ્ટિકની એક ખાલી બૉટલ લો. બૉટલના મુખને હવાચુસ્ત ઢાંકણથી બંધ કરી દો. તેને એક પાણી ભરેલ ડોલમાં મૂકો. તમે જોશો કે બૉટલ તરે છે.
- બૉટલને પાણીમાં ધકેલો. તમે ઉપરની તરફ એક ધક્કો અનુભવશો. તેને હજુ વધારે અંદર તરફ ધકેલો. તમે તેને વધારે ઊંડાઈએ લઈ જવામાં મુશ્કેલી અનુભવશો. જે દર્શાવે છે કે પાણી બૉટલ પર ઉપરની દિશામાં એક બળ લગાડે છે. જેમ-જેમ બૉટલને પાણીમાં અંદરની તરફ ધકેલવામાં આવે છે તેમ-તેમ તેની પર પાણી દ્વારા લાગતું બળ વધતું જાય છે, જ્યાં સુધી તે પૂરી ડૂબી ન જાય.
- હવે બૉટલને છોડી દો. તે ઉછળીને સપાટી પર પાછી આવે છે.
- શું પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણબળ આ બૉટલ પર કાર્યરત છે ? જો એમ હોય તો બૉટલને છોડી દેતાં તે પાણીમાં ડૂબતી કેમ નથી ? તમે બૉટલને પાણીમાં કેવી રીતે ડુબાડશો ?

પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ બૉટલ પર નીચેની દિશામાં લાગે છે. તેનાં કારણે બૉટલ નીચેની દિશામાં ખેંચાય છે; પરંતુ પાણી બૉટલ પર ઉપરની તરફ બળ લગાડે છે. તેથી બૉટલ ઉપરની દિશામાં ધકેલાય છે. આપણે અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ કે પદાર્થનું વજન પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણ બળ જેટલું હોય છે. જ્યારે બૉટલને ડુબાડવામાં આવે છે ત્યારે બૉટલ પર પાણી દ્વારા લાગતું ઉપર તરફનું બળ તેના વજન કરતાં વધુ હોય છે. તેથી તેને છોડતાં તે ઉપરની તરફ ગતિ કરે છે.

બૉટલને પૂરી ડુબાડી રાખવા માટે પાણી દ્વારા બૉટલ પર, ઉપરની તરફ લાગતાં બળને સંતુલિત કરવું પડશે. જે નીચેની તરફ એક બાહ્યબળ લગાડીને મેળવી શકાય છે. આ બળ ઓછામાં ઓછું ઉપર તરફ લાગતા બળ તથા બૉટલના વજનના તફાવત બરાબર હોવું જોઈએ.

બૉટલ પર પાણી દ્વારા ઉપર તરફ લાગતાં બળને ઉત્પ્લાવક બળ કહે છે. વાસ્તવમાં કોઈ પણ પદાર્થને જ્યારે તરલમાં ડૂબાડવામાં આવે છે ત્યારે તેના પર ઉત્પ્લાવકબળ લાગે છે. ઉત્પ્લાવક બળનું મૂલ્ય તરલની ઘનતા પર આધારિત છે.

10.5.3 શા માટે પાણીની સપાટી પર રાખવામાં આવતા પદાર્થો તરે છે અથવા ડૂબી જાય છે ? (Why objects float or sink when placed on the surface of water ?)

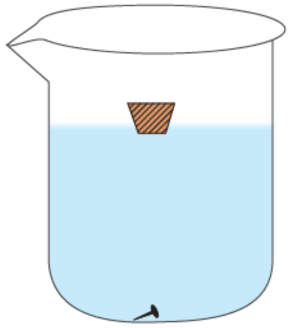
આ પ્રશ્નનો જવાબ આપવા માટે આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 10.5

- પાણીથી ભરેલ એક બીકર લો.
- એક લોખંડની ખીલી લો તેને પાણીની સપાટી પર મૂકો.
- જુઓ શું થાય છે ?

ખીલી ડૂબી જાય છે. ખીલી પર લાગતું પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ તેને નીચેની તરફ ખેંચે છે. પાણી ખીલી પર ઉત્પ્લાવક બળ લગાડે છે જે તેને ઉપરની દિશામાં ધકેલે છે; પરંતુ ખીલી પર નીચેની તરફ લાગતું બળ, ખીલી પર પાણી દ્વારા લાગતા ઉત્પ્લાવક બળ કરતાં વધારે છે. તેથી તે ડૂબી જાય છે આકૃતિ (10.5).

પ્રવૃત્તિ 10.6



આકૃતિ 10.5 : પાણીની સપાટી પર મૂકેલ લોખંડની ખીલી ડૂબી જાય છે જ્યારે બૂચ તરે છે

- પાણીથી ભરેલ એક બીકર લો.
- એક ખીલી તથા સમાન દ્રવ્યમાન ધરાવતો એક બૂચ (Cork)નો ટુકડો લો.
- બંનેને પાણીની સપાટી પર મૂકો.
- જુઓ શું થાય છે ?

બૂચનો ટુકડો તરે છે જ્યારે ખીલી ડૂબી જાય છે. આમ થવાનું કારણ તેમની ઘનતાઓ વચ્ચેનો તફાવત છે. કોઈ પદાર્થની ઘનતા એટલે તેના એકમ કદ દીઠ દળ. બૂચની ઘનતા પાણીની ઘનતા કરતાં ઓછી હોય છે. તેનો અર્થ એ છે કે બૂચ પર પાણીનું ઉત્પ્લાવક બળ બૂચના વજન કરતાં વધુ છે. તેથી તે તરે છે. આકૃતિ (10.5).

લોખંડની ખીલીની ઘનતા પાણીની ઘનતા કરતાં વધારે છે. એનો અર્થ એ થયો કે લોખંડની ખીલી પર પાણીનું ઉત્પ્લાવક બળ ખીલીના વજન કરતાં ઓછું લાગે છે. તેથી તે ડૂબી જાય છે.

આમ, પ્રવાહીની ઘનતા કરતાં ઓછી ઘનતા ધરાવતાં દરેક દ્રવ્યો તે પ્રવાહી પર તરે છે અને પ્રવાહી કરતાં વધારે ઘનતા ધરાવતાં દ્રવ્યો ડૂબી જાય છે.

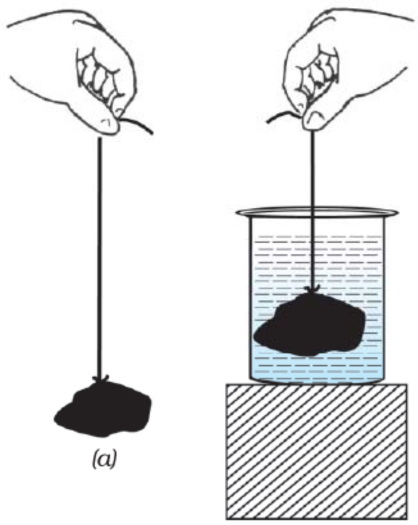
પ્રશ્નો :

1. એક પાતળી અને મજબૂત દોરીથી બનેલા પટ્ટાની મદદથી સ્કૂલબૅગને ઉપાડવાનું મુશ્કેલ હોય છે. - કેમ ?
2. ઉત્પ્લાવકતાનું તમે શું અર્થઘટન કરશો ?
3. પાણીની સપાટી પર કોઈ વસ્તુને રાખતાં તે કેમ તરે છે અથવા ડૂબે છે ?

10.6 આર્કિમિડીઝનો સિદ્ધાંત (Archimedes Principle)

પ્રવૃત્તિ ______ 10.7

- એક પથ્થરનો ટુકડો લો અને તેને એક છેડેથી રબરની દોરી કે સ્પ્રિંગ બૅલેન્સ સાથે બાંધો.
- આકૃતિ 10.6 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બૅલેન્સ કે દોરીને પકડીને પથ્થરને લટકાવો.
- પથ્થરના વજનને કારણે રબરની દોરીની લંબાઈમાં થતો વધારો અથવા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સનું વાંચન નોંધી લો.
- હવે પથ્થરને એક વાસણમાં રાખેલા પાણીમાં આકૃતિ 10.6 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ધીરે-ધીરે ડુબાડો.



આકૃતિ 10.6 : (a) હવામાં લટકાવેલ પથ્થરના ટુકડાના વજનને કારણે રબરની દોરીની લંબાઈમાં વધારો થાય છે. (b) પથ્થરને પાણીમાં ડુબાડતાં દોરીની લંબાઈના વધારામાં ઘટાડો થાય છે.

- દોરીની લંબાઈમાં અથવા સ્પ્રિંગ બૅલેન્સના વજનમાં શું ફેરફાર થાય છે તે નોંધો.

તમે જોશો કે પથ્થરને ધીમે-ધીમે પાણીમાં નીચેની તરફ લઈ જવામાં આવે તેમ-તેમ દોરીની લંબાઈમાં અથવા બૅલેન્સના અવલોકનમાં ઘટાડો થાય છે. જ્યારે પથ્થર પાણીમાં સંપૂર્ણ ડૂબી જાય છે ત્યાર બાદ અવલોકનમાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી. દોરીની લંબાઈમાં કે બૅલેન્સના માપનમાં થતા ઘટાડા પરથી તમે શું નિષ્કર્ષ તારવો છો ?

આપણે જાણીએ છીએ કે રબરની દોરીની લંબાઈમાં કે સ્પ્રિંગ બૅલેન્સના અવલોકનમાં વધારો પથ્થરના વજનના કારણે થાય છે. પથ્થરને પાણીમાં ડુબાડતા આ વધારામાં ઘટાડો થાય છે. એનો અર્થ એ થયો કે પથ્થર પર ઉપરની દિશામાં કોઈ બળ લાગે છે. જેના પરિણામ સ્વરૂપે રબરની દોરી પર લાગતા પરિણામી બળમાં ઘટાડો થાય છે અને તેથી લંબાઈના વધારામાં ઘટાડો થાય છે. જે ચર્ચા આપણે અગાઉ કરી ચૂક્યાં છીએ, તે મુજબ પાણી દ્વારા ઉપર તરફ લાગતાં આ બળને ઉત્પ્લાવક બળ કહે છે.

કોઈ પદાર્થ પર લાગતાં ઉત્પ્લાવક બળનું મૂલ્ય કેટલું હોય છે ? શું તે આપેલ એક જ વસ્તુ માટે બધાં જ તરલોમાં સમાન હોય છે ? શું આપેલ કોઈ એક તરલમાં બધી જ વસ્તુઓ સમાન ઉત્પ્લાવક બળ અનુભવે છે ? આ પ્રશ્નોનો જવાબ આર્કિમિડીઝના

સિદ્ધાંત પરથી મળે છે. જેને નીચે પ્રમાણે રજૂ કરી શકાય છે :

જ્યારે કોઈ પદાર્થને તરલમાં આંશિક કે સંપૂર્ણપણે ડુબાડવામાં આવે ત્યારે તે ઉપરની તરફ જે બળનો અનુભવ કરે છે તે પદાર્થ દ્વારા ખસેડાયેલા તરલના વજન બરાબર હોય છે.

શું હવે તમે એ સ્પષ્ટ કરી શકશો કે પ્રવૃત્તિ 10.7 માં પથ્થરને પાણીમાં પૂરેપૂરો ડુબાડ્યા બાદ દોરીની લંબાઈમાં પછી કોઈ ઘટાડો કેમ થતો નથી ?

આર્કિમિડીઝ

આર્કિમિડીઝ (Archimedes) એક ગ્રીક વૈજ્ઞાનિક હતા. તેમણે એક સિદ્ધાંતની શોધ કરી જે તેમના નામથી પ્રખ્યાત છે. આ સિદ્ધાંત તેમણે એ અવલોકન પરથી તારવ્યો કે જ્યારે નહાવાના ટબમાં પ્રવેશતાં પાણી ટબની બહાર વહેવા લાગે છે. તે રસ્તાઓ પર યૂરેકા (Eureka) યૂરેકા બૂમો પાડતાં દોડવા લાગ્યાં. જેનો અર્થ થાય છે 'મેં શોધી લીધું છે.' આ જ્ઞાનનો ઉપયોગ તેમણે રાજાના મુગટમાં ઉપયોગમાં લીધેલ સોનાની શુદ્ધતા માપવામાં કર્યો.

તેમના યંત્રશાસ્ત્ર અને ભૂમિતિમાં કરવામાં આવેલાં કાર્યોએ તેમને પ્રસિદ્ધ કરી દીધા તેમના ઉચ્ચાલન, ગરગડી, પૈડા તેમજ ધરી (axle)ના જ્ઞાનથી ગ્રીક સેનાને રોમન સેના વિરુદ્ધ લડાઈમાં ખૂબ જ સહાયતા મળી.

આર્કિમિડીઝના સિદ્ધાંતના ઘણા ઉપયોગો છે. તેને જહાજ તેમજ સબમરીનની રચનામાં તેમજ ડિઝાઇનમાં ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. લૅક્ટૉમિટર જે દૂધના નમૂનાની શુદ્ધતા માપવામાં વપરાય છે તથા હાઇડ્રોમિટર જે દ્રવ્યની ઘનતા માપવા માટે વપરાય છે તે આ સિદ્ધાંત પર આધારિત છે.

પ્રશ્નો :

1. એક વજનકાંટા પર તમારું વજન 42 kg નોંધાય છે. શું તમારું દળ 42 kg કરતાં વધારે છે કે ઓછું ?
2. તમારી પાસે રૂ ભરેલો કોથળો અને લોખંડનો સળિયો છે તેમને વજનકાંટા પર મૂકતાં બંનેનું દળ 100 kg નોંધાય છે. વાસ્તવમાં એક પદાર્થ બીજા કરતાં ભારે છે. શું તમે કહી શકશો કે કયો પદાર્થ ભારે છે અને કેમ ?

10.7 સાપેક્ષ ઘનતા (Relative Density)

તમે જાણો છો કે કોઈ પદાર્થની ઘનતા એટલે તેના એકમ કદનું દળ. ઘનતાનો એકમ કિલોગ્રામ પ્રતિ ઘન મીટર છે. (kg m^{-3}). આપેલ પરિસ્થિતિમાં પદાર્થની ઘનતા અચળ હોય છે. આમ, કોઈ પદાર્થની ઘનતા તેનો લાક્ષણિક ગુણ છે. જે અલગ-અલગ પદાર્થો માટે અલગ-અલગ હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, સોનાની ઘનતા 19300 kg m^{-3} છે જ્યારે પાણીની ઘનતા 1000 kg m^{-3} છે. આપેલ પદાર્થના કોઈ નમૂનાની ઘનતા તે પદાર્થની શુદ્ધતા ચકાસવા માટે ઉપયોગી થાય છે.

ઘણી વાર કોઈ પદાર્થની ઘનતાને પાણીની ઘનતાની સાપેક્ષમાં રજૂ કરવી સુવિધાજનક હોય છે. કોઈ પદાર્થની સાપેક્ષ ઘનતા તે પદાર્થની ઘનતા અને પાણીની ઘનતાનો ગુણોત્તર છે. એટલે કે,

$$\text{સાપેક્ષ ઘનતા} = \frac{\text{કોઈ પદાર્થની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}}$$

સાપેક્ષ ઘનતા સમાન રાશિઓનો ગુણોત્તર હોવાથી તેને એકમ નથી.

ઉદાહરણ 10.7 : ચાંદીની સાપેક્ષ ઘનતા 10.8 છે. પાણીની ઘનતા 10^3 kg m^{-3} છે. SI પદ્ધતિમાં ચાંદીની ઘનતા કેટલી હશે ?

ઉકેલ :

ચાંદીની સાપેક્ષ ઘનતા = 10.8

$$\text{સાપેક્ષ ઘનતા} = \frac{\text{ચાંદીની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}}$$

ચાંદીની ઘનતા = ચાંદીની સાપેક્ષ ઘનતા × પાણીની ઘનતા

$$= 10.8 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમ અનુસાર કોઈ બે પદાર્થો વચ્ચે લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ તેમના દ્રવ્યમાનના ગુણાકારના સમપ્રમાણમાં તથા તેમની વચ્ચેના અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. આ નિયમ દરેક પદાર્થને લાગુ પડે છે પછી તે વિશ્વમાં ગમે ત્યાં હોય. આ પ્રકારના નિયમને સાર્વત્રિક નિયમ કહે છે.
- ગુરુત્વાકર્ષણ એક નિર્બળ બળ છે જ્યાં સુધી ખૂબ જ વધારે દળ ધરાવતો પદાર્થ સંકળાયેલ ન હોય.
- ગુરુત્વાકર્ષણ બળ પૃથ્વીની સપાટીથી ઊંચાઈના વધવા સાથે ઘટવા લાગે છે.
- તેનું મૂલ્ય પૃથ્વી પરનાં વિવિધ સ્થળોએ પણ જુદું-જુદું હોય છે તેનું મૂલ્ય ધ્રુવોથી વિષુવવૃત્ત તરફ જતાં ઘટતું જાય છે.
- કોઈ પદાર્થનું વજન એ બળ છે કે જેના દ્વારા પૃથ્વી તેને પોતાની તરફ આકર્ષિત કરતી હોય.
- કોઈ પદાર્થનું વજન તેના દ્રવ્યમાન અને ગુરુત્વપ્રવેગના ગુણાકાર બરાબર હોય છે.
- કોઈ પદાર્થનું વજન જુદાં-જુદાં સ્થળોએ જુદું-જુદું હોઈ શકે; પરંતુ દ્રવ્યમાન અચળ રહે છે.
- દરેક પદાર્થને કોઈ તરલમાં ડુબાડતા તે ઉત્પ્લાવક બળનો અનુભવ કરે છે.
- જે દ્રવ્યમાં પદાર્થને ડુબાડવામાં આવે છે તેની ઘનતાથી ઓછી ઘનતા ધરાવતા પદાર્થસપાટી પર તરતા હોય છે. જો કોઈ પદાર્થની ઘનતા તેને જેમાં ડુબાડવામાં આવે છે તે દ્રવ્યની ઘનતા કરતાં વધુ હોય તો તે પદાર્થ ડૂબી જાય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. જો બે પદાર્થો વચ્ચેનું અંતર અડધું કરવામાં આવે, તો તેમની વચ્ચે લાગતું ગુરુત્વાકર્ષબળ કેટલું થશે ?
2. દરેક પદાર્થ પર લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ તેમના દ્રવ્યમાનના સમપ્રમાણમાં હોય છે, તો પછી એક ભારે પદાર્થ હલકા પદાર્થની સાપેક્ષમાં વધારે ઝડપથી નીચે કેમ પડતો નથી ?
3. પૃથ્વી તથા તેની સપાટી પર રાખેલ 1 kg ના પદાર્થ વચ્ચે લાગતા ગુરુત્વીય બળનું મૂલ્ય કેટલું હશે ? (પૃથ્વીનું દ્રવ્યમાન 6×10^{24} kg તથા પૃથ્વીની ત્રિજ્યા 6.4×10^{6} m છે.)
4. પૃથ્વી તથા ચંદ્ર એકબીજાને ગુરુત્વાકર્ષી બળથી આકર્ષે છે. શું પૃથ્વી જે બળથી ચંદ્રને આકર્ષે છે તે બળ, ચંદ્ર પૃથ્વીને આકર્ષે છે તે બળ કરતાં મોટું હોય છે, નાનું હોય છે કે સમાન હોય છે ? સમજાવો કેમ ?
5. જો ચંદ્ર પૃથ્વીને આકર્ષિત કરતો હોય તો પૃથ્વી ચંદ્ર તરફ ગતિ કેમ નથી કરતી ?

6. બે પદાર્થો વચ્ચે લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ કેટલું થશે જો

(i) એક પદાર્થનું દ્રવ્યમાન બમણું કરવામાં આવે.

(ii) પદાર્થો વચ્ચેનું અંતર બમણું અને ત્રણગણું કરવામાં આવે.

(iii) બંને પદાર્થોનું દ્રવ્યમાન બમણું કરવામાં આવે.

7. ગુરુત્વાકર્ષણના સાર્વત્રિક નિયમનું શું મહત્ત્વ છે ?

8. મુક્ત પતનનો પ્રવેગ કેટલો છે ?

9. પૃથ્વી તથા કોઈ પદાર્થ વચ્ચે લાગતાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળને આપણે શું કહીશું ?

10. અમિત પોતાના એક મિત્રના કહેવાથી ધ્રુવો પર કેટલાક ગ્રામ સોનું ખરીદે છે. તે સોનું વિષુવવૃત્ત પર પોતાના મિત્રને આપી દે છે. શું તેનો મિત્ર ખરીદાયેલા સોનાના વજનથી સંતુષ્ટ હશે ? જો ના તો કેમ ? (સૂચન : ધ્રુવો પર g નું મૂલ્ય વિષુવવૃત્ત પરના મૂલ્ય કરતાં વધુ હોય છે.)

11. એક કાગળની શીટ તેના જેવી જ શીટને વાળીને બનાવેલ દડાની સાપેક્ષમાં ધીમેથી નીચે પડે છે - કેમ ?

12. ચંદ્રની સપાટી પર ગુરુત્વાકર્ષણ બળ, પૃથ્વીની સપાટી પરના ગુરુત્વીય બળની સાપેક્ષમાં $\frac{1}{6}$ ગણું છે. એક 10 kg ની વસ્તુનું ચંદ્ર પર તથા પૃથ્વી પર ન્યૂટનમાં વજન કેટલું થશે ?

13. એક દડાને ઊર્ધ્વદિશામાં 49 m s^{-1} ના વેગથી ફેંકવામાં આવે છે. તો,

(i) દડાએ પ્રાપ્ત કરેલ મહત્તમ ઊંચાઈ શોધો.

(ii) પૃથ્વીની સપાટી પર પાછા ફરવા માટે લાગતો કુલ સમય શોધો.

14. 19.6 m ઊંચાઈના ટાવરની ટોચ પરથી એક પથ્થરને મુક્ત પતન કરવા દેવામાં આવે છે. પૃથ્વીની સપાટીને અડકે તે પહેલાં તેનો અંતિમ વેગ શોધો.

15. એક પથ્થરને ઊર્ધ્વ દિશામાં 40 m s^{-1} ના પ્રારંભિક વેગથી ફેંકવામાં આવે છે. g = 10 m s^{-2} લઈને પથ્થર દ્વારા પ્રાપ્ત કરેલ મહત્તમ ઊંચાઈ શોધો. પથ્થર દ્વારા થયેલ કુલ સ્થાનાંતર તથા તેણે કાપેલ કુલ અંતર કેટલું ?

16. પૃથ્વી તથા સૂર્ય વચ્ચે લાગતાં ગુરુત્વાકર્ષણ બળની ગણતરી કરો. પૃથ્વીનું દ્રવ્યમાન = 6×10^{24} kg તથા સૂર્યનું દ્રવ્યમાન = 2×10^{30} kg. બંને વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર = 1.5×10^{11} m છે.

17. કોઈ પથ્થરને 100 m ઊંચા ટાવરની ટોચ પરથી પડતો મૂકવામાં આવે છે. તે જ સમયે બીજા પથ્થરને જમીન પરથી 25 m s^{-1} ના વેગથી ઊર્ધ્વદિશામાં ફેંકવામાં આવે છે, તો બંને પથ્થર ક્યારે અને ક્યાં એકબીજાને મળશે ?

18. ઉર્ધ્વદિશામાં ફેંકવામાં આવેલ એક દડો 6 s બાદ ફેંકવાવાળાના હાથમાં પાછો આવે છે. તો,

(a) તેને કેટલા વેગથી ઉપર ફેંકવામાં આવેલ છે ?

(b) દડાએ પ્રાપ્ત કરેલ મહત્તમ ઊંચાઈ કેટલી ?

(C) 4 s બાદ દડાનું સ્થાન શોધો.

19. કોઈ પ્રવાહીમાં ડુબાડેલ પદાર્થ પર ઉત્પ્લાવક બળ કઈ દિશામાં કાર્ય કરે છે ?

20. પાણીમાં ડુબાડેલ પ્લાસ્ટિકના બ્લૉકને છોડી દેતાં તે પાણીની સપાટી પર કેમ આવી જાય છે ?

21. 50 g દળ ધરાવતા કોઈ પદાર્થનું કદ 20 cm^3 છે. જો પાણીની ઘનતા 1 g cm^{-3} હોય, તો પદાર્થ તરશે કે ડૂબશે ?

22. 500 g ના સીલબંધ પૅકેટનું કદ 350 cm^3 છે. પૅકેટ 1 g cm^{-3} ઘનતા ધરાવતાં પાણીમાં ડૂબશે કે તરશે ? આ પૅકેટ દ્વારા વિસ્થાપિત પાણીનું દળ કેટલું હશે ?

પ્રકરણ 11

કાર્ય અને ઊર્જા (Work And Energy)

અગાઉનાં કેટલાંક પ્રકરણોમાં આપણે વસ્તુઓની ગતિનું વર્ણન કરવાની રીતો, ગતિનાં કારણ તથા ગુરુત્વાકર્ષણ વિશે ચર્ચા કરી ચૂક્યા છીએ. એક બીજો ખ્યાલ કે જે આપણને અનેક કુદરતી ઘટનાઓને સમજવા તથા તેનું અર્થઘટન કરવામાં મદદરૂપ થાય છે તે છે કાર્ય. ઊર્જા અને પાવરનો કાર્ય સાથે ગાઢ સંબંધ છે. આ પ્રકરણમાં આપણે આ ખ્યાલો વિશે વિસ્તૃત રીતે સમજીશું.

બધા સજીવોને ખોરાકની જરૂરિયાત હોય છે. જીવિત રહેવા માટે સજીવોને અનેક મૂળભૂત ગતિવિધિઓ એટલે કે શારીરિક કામો કરવાં પડે છે. આ ગતિવિધિઓ (પ્રવૃત્તિઓ)ને આપણે જૈવિક પ્રક્રિયા કહીએ છીએ. આ બધાં કાર્યો માટેની ઊર્જા ખોરાકમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે. કેટલાંક અન્ય કાર્યો જેમકે, રમવું, ગાવું, ભણવું, લખવું, વિચારવું, કૂદવું, દોડવું તથા સાઇકલ ચલાવવી આ બધાં માટે પણ આપણને ઊર્જાની જરૂર પડે છે. મુશ્કેલ કાર્યો માટે આપણને વધારે ઊર્જાની જરૂર પડે છે.

પ્રાણીઓ પણ તેમનાં રોજિંદાં કાર્યોમાં વ્યસ્ત રહે છે. ઉદાહરણ તરીકે તેઓ દોડે કે કૂદે છે. તેઓ લડે છે, પોતાના દુશ્મનોથી દૂર ભાગે છે. ખોરાક માટે શોધખોળ તેમજ રહેઠાણ માટે તેઓ સુરક્ષિત જગ્યા શોધે છે. આ સિવાય પણ કેટલાંક પ્રાણીઓને આપણે ભાર ઊંચકવાં, ગાડું ખેંચવા, ખેતર ખેડવાના ઉપયોગમાં લઈએ છીએ. આ બધી ક્રિયાઓ માટે ઊર્જા જરૂરી છે.

મશીન વિશે વિચારો. એવાં મશીનોની યાદી બનાવો, જેનો ઉપયોગ તમે કરો છો. તેમને કાર્ય કરવા માટે કઈ વસ્તુઓની જરૂરિયાત હોય છે ? કેટલાંક એન્જિનને પેટ્રોલ તથા ડીઝલ જેવા ઇંધણની જરૂરિયાત કેમ હોય છે ? શા માટે સજીવો અને મશીન (યંત્રો)ને ઊર્જાની જરૂરિયાત હોય છે ?

11.1 કાર્ય (Work)

કાર્ય શું છે ? આપણે રોજિંદા જીવનમાં જે રીતે 'કાર્ય' શબ્દનો ઉપયોગ કરીએ છીએ તે અને જે રૂપે આપણે તેને વિજ્ઞાનમાં પ્રયોગ કરીએ છીએ તેમાં તફાવત છે. એ બાબતોને સ્પષ્ટ કરવા માટે આપણે કેટલાંક ઉદાહરણો જોઈએ.

11.1.1 સખત મહેનત કરવા છતાં વધુ 'કાર્ય' થતું નથી ! (Not much 'Work' in spite of Working Hard !)

કમલી પરીક્ષાની તૈયારી કરી રહી છે. તેણી અધ્યયન કરવામાં ઘણો સમય વિતાવે છે. તે પુસ્તકો વાંચે છે, ચિત્ર બનાવે છે, પોતાના વિચારોને વ્યવસ્થિત કરે છે, પ્રશ્નપત્રો એકઠાં કરે છે, વર્ગખંડમાં હાજર રહે છે, પોતાના મિત્રો સાથે સમસ્યાઓ પર વિચાર-વિમર્શ કરે છે તથા તે પ્રયોગો પણ કરે છે. આ પ્રક્રિયાઓમાં તે ઘણીબધી ઊર્જા વ્યય કરે છે. સામાન્ય શબ્દોમાં તે 'સખત મહેનત' કરી રહી છે. જો આપણે કાર્યને વૈજ્ઞાનિક પરિભાષા અનુસાર જોવા જોઈએ તો આ 'સખત મહેનત'માં ખૂબ જ ઓછું 'કાર્ય' સંકળાયેલ છે.

તમે એક બહુ જ મોટા પથ્થરને ધક્કો મારવાનું મુશ્કેલ કામ કરી રહ્યા છો. માની લો કે તમારા ઘણા જ પ્રયત્નો છતાં પણ પથ્થર હલતો નથી. તમે પૂરેપૂરા થાકી ગયા છો તેમ છતાં તમે પથ્થર પર કોઈ કાર્ય કર્યું નથી કેમ કે પથ્થરનું સ્થાનાંતર થયું જ નથી.

તમે તમારા માથા ઉપર એક ભારે વજન મૂકીને થોડીક મિનિટો માટે સ્થિર ઊભા રહો. તમે થાકી જશો. તમે થાકી ગયા છો તથા તમે ઘણી શક્તિ વાપરી છે. શું તમે વજન ઉપર કંઈક કામ કરી રહ્યા છો ? આપણે વિજ્ઞાનમાં જે પ્રકારે 'કાર્ય' શબ્દનો અર્થ સમજીએ છીએ એ અર્થમાં આ પરિસ્થિતિમાં કાર્ય નથી થયું.

કુદરતી દૃશ્યોને જોવા માટે તમે સીડીઓ ચડીને મકાનના બીજા માળ સુધી પહોંચી જાવ છો. તમે એક ઊંચા ઝાડ ઉપર પણ ચઢી શકો છો. વૈજ્ઞાનિક પરિભાષા મુજબ આ પ્રક્રિયામાં ઘણું કાર્ય વણાયેલ છે.

આપણા રોજિંદા જીવનમાં આપણે કોઈ પણ લાભદાયક શારીરિક કે માનસિક મહેનતને જ કાર્ય સમજીએ છીએ. કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ જેવી કે મેદાનમાં રમવું, મિત્રો સાથે વાતચીત કરવી, કોઈ ધૂનને ગણગણવી, કોઈ ફિલ્મને જોવી, કોઈ સમારંભમાં જોડાવું, આ બધાને ઘણી વાર કાર્ય સમજવામાં આવતું નથી. કાર્ય શું છે, તે એ વાત ઉપર આધારિત છે કે આપણે તેને કેવી રીતે વર્ણવીએ છીએ. વિજ્ઞાનમાં આપણે કાર્ય શબ્દનો અલગ પ્રકારથી ઉપયોગ કરીએ છીએ તે જાણવા માટે નીચે પ્રકારની પ્રવૃત્તિ કરીએ :

પ્રવૃત્તિ ______ 11.1

- ઉપર જણાવેલ ફકરાઓમાં આપણે કેટલાંય આવાં કાર્યોની ચર્ચા કરી છે, જે સામાન્ય રીતે આપણા રોજિંદા

જીવનમાં કાર્ય માનવામાં આવે છે. આ દરેક પ્રવૃત્તિ માટે નીચે આપેલા પ્રશ્નો પૂછો અને તેના જવાબ આપો :

(i) કઈ વસ્તુ પર કાર્ય થયું ?

(ii) વસ્તુ પર કઈ ક્રિયા થઈ ?

(iii) કોણ (ક્યું) કાર્ય કરી રહ્યું છે ?

11.1.2 કાર્યની વૈજ્ઞાનિક સંકલ્પના

(Scientific Conception of Work)

વિજ્ઞાનના દૃષ્ટિકોણથી આપણે કાર્યને કેવા પ્રકારે જોઈએ છીએ અને વ્યાખ્યાયિત કરીએ છીએ આ સમજવા માટે આવો, કેટલીક પરિસ્થિતિઓ પર વિચાર કરીએ.

કોઈ સપાટી પર રાખેલા એક લીસા કાંકરાને (Pebble) ધક્કો મારો. કાંકરો થોડુંક અંતર કાપે છે. તમે કાંકરા પર બળ લગાડ્યું જેનાથી કાંકરો થોડોક સ્થાનાંતરિત થયો. આ સ્થિતિમાં કાર્ય થયું તેમ કહેવાય.

એક છોકરી, કોઈ ટ્રોલીને ખેંચે છે અને ટ્રોલી થોડું અંતર કાપે છે. છોકરીએ ટ્રોલી પર બળ લગાવ્યું અને તેનું સ્થાનાંતર થયું, એટલે કાર્ય થયું.

એક પુસ્તકને થોડે ઊંચે સુધી ઉપાડો. આવું કરવા માટે તમારે બળ લગાડવું પડશે. પુસ્તક ઊંચુ જાય છે. પુસ્તક ઉપર એક બળ લગાડ્યું અને પુસ્તક ગતિમાન થયું એટલે કાર્ય થયું તેમ કહેવાય.

ઉપરની પરિસ્થિતિઓ ધ્યાનપૂર્વક જોવાથી એ જણાય છે કે કાર્ય કરવા માટે બે પરિસ્થિતિ હોવી જરૂરી છે : (i) વસ્તુ ઉપર કંઈક બળ લગાડવું જોઈએ અને (ii) વસ્તુનું સ્થાનાંતર થવું જોઈએ.

જો આમાંથી, કોઈપણ એક પરિસ્થિતિનું અસ્તિત્વ ન હોય તો કાર્ય થતું નથી. વિજ્ઞાનમાં કાર્યને સમજવા માટે આ વિચારધારાનો ઉપયોગ થાય છે.

એક બળદ કોઈ ગાડાને ખેંચી રહ્યો છે. ગાડું ગતિ કરે છે. ગાડા પર બળ લાગી રહ્યું છે અને ગાડું થોડું અંતર કાપે છે. શું તમારા મતે આ સ્થિતિમાં કાર્ય થઈ રહ્યું છે ?

પ્રવૃત્તિ ______ 11.2

- તમારા રોજિંદા જીવનની કેટલીક ઘટનાઓ પર વિચાર કરો - જેમાં કાર્ય સમાયેલ હોય.
- તેની સૂચિ બનાવો.
- તમારા મિત્રો સાથે વિચાર-વિમર્શ કરો કે શું દરેક સ્થિતિમાં કાર્ય કરેલું છે ?
- તમારા જવાબોનાં કારણો જાણવાનો પ્રયત્ન કરો.
- જો કાર્ય થયું છે તો વસ્તુ ઉપર ક્યું બળ કાર્ય કરી રહ્યું છે ?
- એ કઈ વસ્તુ છે કે જેના પર કાર્ય થયું છે ?
- જે વસ્તુ પર કાર્ય થયું છે, એની સ્થિતિમાં શું પરિવર્તન થાય છે ?

પ્રવૃત્તિ ______ 11.3

- એવી પરિસ્થિતિઓ પર વિચાર કરો કે જેમાં વસ્તુ પર બળ લગાડવા છતાં પણ સ્થાનાંતરિત થતી ન હોય અને
- એવી પરિસ્થિતિ ઉપર પણ વિચાર કરો જ્યારે કોઈ વસ્તુ પર બળ લાગ્યા વિના સ્થાનાંતરિત થઈ જાય. દરેક માટે જેટલી પરિસ્થિતિઓ તમે વિચારી શકો તેની યાદી બનાવો.
- તમારા મિત્રો સાથે વિચાર-વિમર્શ કરો કે શું આ સ્થિતિમાં કાર્ય થયું છે ખરું ?

11.1.3 અચળ બળ દ્વારા થયેલ કાર્ય

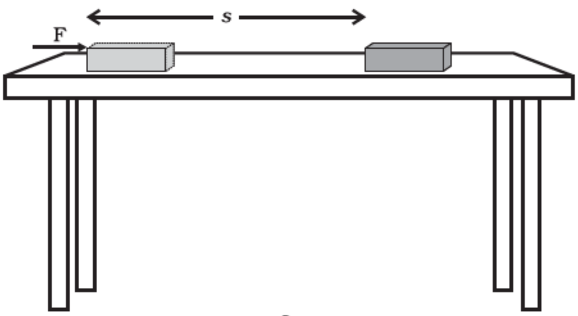
(Work Done by a Constant Force)

વિજ્ઞાનમાં કાર્યને કેવી રીતે વર્ણવવામાં આવે છે ? આ સમજવા માટે પહેલાં આપણે એ સ્થિતિ પર વિચાર કરીએ છીએ કે જ્યારે બળ સ્થાનાંતરની દિશામાં લાગી રહ્યું હોય.

માની લો કે કોઈ વસ્તુ ઉપર એક ચોક્કસ બળ F લાગે છે. માની લો કે વસ્તુ બળની દિશામાં s જેટલું અંતર કાપે છે. (આકૃતિ 11.1) માની લો કે W કરેલું કાર્ય છે. કાર્યની વ્યાખ્યા મુજબ કરેલ કાર્ય બળ તથા સ્થાનાંતરના ગુણાકાર જેટલું છે.

$$\text{કરેલું કાર્ય} = \text{બળ} \times \text{સ્થાનાંતર}$$

$$W = Fs \qquad (11.1)$$



આકૃતિ 11.1

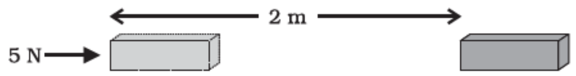
આમ, કોઈ વસ્તુ પર લાગતા બળ દ્વારા થયેલ કાર્ય બળના મૂલ્ય તથા બળની દિશામાં થયેલ સ્થાનાંતરના ગુણાકાર બરાબર હોય છે. કાર્ય ફક્ત મૂલ્ય જ ધરાવે છે તથા તેને કોઈ દિશા હોતી નથી.

સમીકરણ (11.1) માં જો F = 1 N તથા s = 1 m હોય, તો બળ દ્વારા થયેલ કાર્ય 1Nm હશે. અહીં કાર્યનો એકમ ન્યૂટન મીટર (Nm) અથવા જૂલ (J) છે. આમ, 1 J એ કોઈ વસ્તુ

પર કરેલાં કાર્યની તે માત્રા છે જ્યારે 1N જેટલું, બળ, વસ્તુને બળની કાર્યરેખાની દિશામાં 1m જેટલું સ્થાનાંતર કરાવે.

સમીકરણ (11.1)ને ધ્યાનપૂર્વક જુઓ. જો વસ્તુ ઉપર લાગતું બળ શૂન્ય હોય તો કેટલું કાર્ય થયું હશે ? જો વસ્તુનું સ્થાનાંતર શૂન્ય હોય તો કેટલું કાર્ય થયું હશે ? એ શરતોનો સંદર્ભ લો કે જે કાર્ય થવા માટે જરૂરી છે.

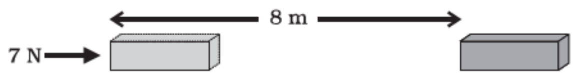
ઉદાહરણ 11.1 : કોઈ વસ્તુ પર 5 N બળ લાગી રહ્યું છે. વસ્તુ બળની દિશામાં 2 m અંતર કાપે છે (આકૃતિ 11.2). જો બળ વસ્તુના સમગ્ર સ્થાનાંતર દરમિયાન લાગતું હોય, તો સમીકરણ (11.1) મુજબ થયેલું કાર્ય $5N \times 2m = 10$ Nm અથવા 10 J



આકૃતિ 11.2

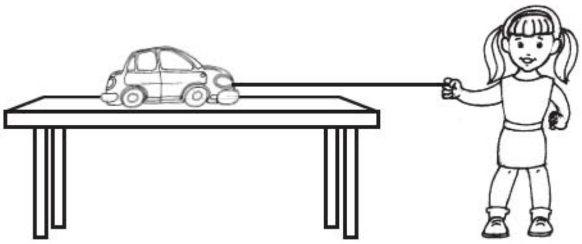
પ્રશ્નો :

1. કોઈ વસ્તુ ઉપર 7 N નું બળ લાગે છે. માની લો કે બળની દિશામાં વસ્તુનું સ્થાનાંતર 8 m છે (આકૃતિ 11.3) અને બળ વસ્તુના સમગ્ર સ્થાનાંતર દરમિયાન લાગી રહ્યું છે. આ સ્થિતિમાં કરેલું કાર્ય કેટલું હશે ?



આકૃતિ 11.3

એક બીજી સ્થિતિ પર વિચાર કરો જેમાં બળ તથા સ્થાનાંતર એક જ દિશામાં હોય. એક બાળકી કોઈ રમકડાની કારને આકૃતિ 11.4 માં બતાવ્યા મુજબ જમીનને સમાંતર ખેંચી રહી છે. બાળકીએ કારના સ્થાનાંતરની દિશામાં બળ લગાડ્યું છે. આ સ્થિતિમાં કરેલું કાર્ય બળ તથા સ્થાનાંતરના ગુણાકાર જેટલું થશે. આ પ્રકારની સ્થિતિમાં બળ દ્વારા કરેલું કાર્ય ધન ગણાય છે.



આકૃતિ 11.4

હવે એક એવી સ્થિતિ પર વિચાર કરો જેમાં એક વસ્તુ ઘણાં બળોના પ્રભાવથી સ્થાનાંતરિત થાય છે અને તેમાંથી એક બળ F, સ્થાનાંતર sની વિરુદ્ધ દિશામાં લાગી રહ્યું છે. એટલે કે બંનેની દિશાઓની વચ્ચે 180° નો કોણ બની રહ્યો છે. આવી સ્થિતિમાં બળ F વડે થયેલું કાર્ય ઋણાત્મક કહેવાય છે અને તેને ઋણ ચિહ્ન દ્વારા દર્શાવાય છે. બળ દ્વારા થયેલ કાર્ય, $F \times (-s)$ અથવા $(-F \times s)$ થાય.

ઉપરની ચર્ચા પરથી સ્પષ્ટ છે કે, કોઈ બળ દ્વારા કરેલ કાર્ય ધનાત્મક અથવા ઋણાત્મક બંનેમાંથી કોઈ એક હોઈ શકે છે. આને સમજવા માટે કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 11.4

- કોઈ વસ્તુ ઉપર ઉઠાવો. તમારા દ્વારા વસ્તુ ઉપર લગાવેલ બળ દ્વારા કાર્ય કરાયું. વસ્તુ ઊંચી થાય છે. તમારા દ્વારા લગાવવામાં આવેલું બળ તેના સ્થાનાંતરની દિશામાં છે જો કે વસ્તુ ઉપર ગુરુત્વીય બળ પણ કાર્યરત છે.
- આમાંથી કયું બળ ધનાત્મક કાર્ય કરી રહ્યું છે ?
- કયું બળ ઋણાત્મક કાર્ય કરી રહ્યું છે ?
- કારણ બતાવો.

જ્યારે બળ સ્થાનાંતરની દિશાથી વિરુદ્ધ દિશામાં લાગે છે ત્યારે થતું કાર્ય ઋણાત્મક હોય છે. જ્યારે બળ સ્થાનાંતરની દિશામાં લાગે છે તો થતું કાર્ય ધનાત્મક હોય છે.

ઉદાહરણ 11.2 : એક કુલી 15 kg વજન જમીન પરથી ઉપાડીને જમીનથી 1.5 m ઊંચાઈએ પોતાનાં માથા પર રાખે છે. તેના દ્વારા વજન ઉપર કરેલ કાર્યની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

વજનનું દળ m = 15 kg તથા

સ્થાનાંતર s = 1.5 m

કરેલ કાર્ય $w = F \times s = mg \times s$

$= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ ms}^{-2} \times 1.5 \text{ m}$

$= 225 \text{ kg m s}^{-2} \text{ m}$

$= 225 \text{ N m} = 225 \text{ J}$

કુલી દ્વારા વજન ઉપર કરેલ કાર્ય 225 J છે.

પ્રશ્નો :

1. આપણે ક્યારે કહીએ છીએ કે કાર્ય થયું છે ?
2. જ્યારે કોઈ વસ્તુ ઉપર લગાવેલું બળ એના અંતરની દિશામાં હોય તો કરેલ કાર્યનું સૂત્ર લખો.
3. 1 J કાર્યને વ્યાખ્યાયિત કરો.
4. બળદની એક જોડી ખેતર ખેડતી વખતે કોઈ હળ પર 140 N બળ લગાવે છે. ખેડાયેલ ખેતરની લંબાઈ 15 m છે. ખેતરને લંબાઈની દિશામાં ખેડવા માટે કેટલું કાર્ય કરવું પડશે ?

11.2 ઊર્જા (Energy)

ઊર્જા વિના જીવન અસંભવ છે. ઊર્જાની માંગ દિન-પ્રતિદિન વધતી જાય છે. આપણને ઊર્જા ક્યાંથી પ્રાપ્ત થાય છે ? સૂર્ય આપણા માટે કુદરતી ઊર્જાનો સૌથી મોટો સ્રોત છે. આપણી ઊર્જાના ઘણાબધા સ્રોત સૂર્યથી ઉત્પન્ન થાય છે. આપણે પરમાણુઓનાં કેન્દ્ર, પૃથ્વીના અંદરના ભાગોમાંથી તથા સમુદ્રનાં મોજાંમાંથી પણ ઊર્જા મેળવી શકીએ છીએ. શું તમે ઊર્જાના બીજા સ્રોત વિશે વિચારી શકો છો ?

પ્રવૃત્તિ ______ 11.5

- ઊર્જાના કેટલાક સ્રોત ઉપર દર્શાવ્યા છે. ઊર્જાના બીજા ઘણા સ્રોત છે. તેની યાદી બનાવો.
- નાના સમૂહોમાં વિચાર-વિમર્શ કરો કે કેવી રીતે ઊર્જાના કેટલાક સ્રોત સૂર્યના લીધે છે.
- શું ઊર્જાના કેટલાક એવા સ્રોત પણ છે જે સૂર્યના કારણે નથી ?

ઊર્જા શબ્દનો ઉપયોગ આપણા રોજિંદા જીવનમાં ઘણી વાર થતો રહ્યો છે; પરંતુ વિજ્ઞાનમાં આનો ચોક્કસ અને યોગ્ય અર્થ છે.

આવો, નીચે દર્શાવેલ ઉદાહરણો પર વિચાર કરીએ. જ્યારે તીવ્ર ગતિથી ક્રિકેટનો દડો સ્થિર વિકેટ (સ્ટમ્પ)ને અથડાય છે ત્યારે વિકેટ દૂર જઈને પડે છે. તે જ રીતે જ્યારે આપણે કોઈ વસ્તુને કોઈ ચોક્કસ ઊંચાઈ સુધી ઉપાડીએ છીએ ત્યારે તેમાં કાર્ય કરવાની ક્ષમતા આવી જાય છે. તમે ચોક્કસ જોયું હશે કે ઉપર સુધી ઉઠાવેલો હથોડો જ્યારે લાકડાના કોઈ ટુકડા ઉપર રાખેલી ખીલી ઉપર અથડાય છે ત્યારે તે ખીલી લાકડામાં ઘૂસી જાય છે. આપણે બાળકોને રમકડા (જેમકે રમકડાની કાર)માં ચાવી ભરતા જોયા હશે, અને જ્યારે તે રમકડું કોઈ જમીન ઉપર રાખવામાં આવે તો તે ગતિ કરવા લાગે છે. જ્યારે કોઈ ફુગ્ગામાં હવા ભરી તેને દબાવીએ છીએ ત્યારે એના આકારમાં ફેરફાર થાય છે. જો આપણે ફુગ્ગાને ઓછું બળ આપીને દબાવીએ તો લાગુ પાડેલ બળ દૂર કરતાં તે પોતાના મૂળ આકારમાં પાછો આવે છે; પરંતુ, જો આપણે ફુગ્ગાને વધારે બળથી દબાવીએ તો મોટા અવાજથી ફૂટી પણ શકે છે. આ બધાં ઉદાહરણમાં વસ્તુઓ જુદા-જુદા પ્રકારથી કાર્ય કરવાની ક્ષમતા મેળવે છે. જો કોઈ વસ્તુમાં કાર્ય કરવાની ક્ષમતા હોય તો કહી શકાય કે તેમાં ઊર્જા છે. જે વસ્તુ કાર્ય કરે છે તે ઊર્જા ગુમાવે છે અને જે વસ્તુ ઉપર કાર્ય થાય છે તે ઊર્જા મેળવે છે.

જો કોઈ વસ્તુમાં ઊર્જા હોય તો તે કેવી રીતે કાર્ય કરે છે ? કોઈ વસ્તુ જેમાં ઊર્જા છે તે બીજી કોઈ વસ્તુ ઉપર બળ લગાડી શકે છે. જ્યારે આવું થાય છે ત્યારે ઊર્જા એક વસ્તુમાંથી બીજી વસ્તુમાં સ્થળાંતરિત થઈ જાય છે. બીજી વસ્તુ થોડી ઊર્જા પ્રાપ્ત કરતી હોવાથી કંઈક કાર્ય કરી શકે છે અને આ રીતે તે ગતિમાં આવી શકે છે. આમ, પ્રથમ વસ્તુમાં કાર્ય કરવાની ક્ષમતા હતી. દર્શાવે છે કે કોઈ પણ વસ્તુ જેમાં ઊર્જા છે તે કાર્ય કરી શકે છે.

આ પ્રકારે કોઈ વસ્તુમાં રહેલી ઊર્જા તેના કાર્ય કરવાની ક્ષમતાના રૂપમાં માપી શકાય છે એટલા માટે ઊર્જાનો એકમ એ જ છે જે કાર્યનો એકમ છે. એટલે કે જૂલ (J). એક જૂલ કાર્ય કરવા માટેની આવશ્યક ઊર્જાની માત્રા 1 J હોય છે. ક્યારેક-ક્યારેક ઊર્જાનો મોટો એકમ કિલો જૂલ (kJ)નો ઉપયોગ થાય છે. 1 kJ, 1000 J બરાબર હોય છે. (1 kJ = 1000 J)

11.2.1 ઊર્જાના પ્રકાર (Forms of Energy)

આપણું સૌભાગ્ય છે કે જે વિશ્વમાં આપણે રહીએ છીએ તે આપણને અનેક પ્રકારની ઊર્જા પૂરી પાડે છે. જેમાં યાંત્રિકઊર્જા, સ્થિતિઊર્જા, ગતિઊર્જા, ઉષ્માઊર્જા, રાસાયણિકઊર્જા, વિદ્યુતઊર્જા અને પ્રકાશઊર્જાનો સમાવેશ થાય છે.

આ વિશે વિચારો !

તમે કેવી રીતે નક્કી કરશો કે કોઈ entity (સ્પીસીઝ-વસ્તુ જેનું અસ્તિત્વ છે) ઊર્જાનું સ્વરૂપ છે. તમારા મિત્રો અને શિક્ષકો સાથે ચર્ચા કરો.

જેમ્સ પ્રેસકોટ જૂલ
(1818 – 1889)

જેમ્સ પ્રેસકોટ જૂલ (James Prescott Joule) એક પ્રતિભાશાળી બ્રિટિશ ભૌતિક શાસ્ત્રી હતા. તેઓ વિદ્યુત તથા ઉષ્માગતિકીય સંશોધનો માટે વિશેષ રૂપથી જાણીતા થયા. અન્ય વિચારોથી અલગ તેમણે વિદ્યુતના ઉષ્મીય પ્રભાવ વિશે નિયમ બનાવ્યો. તેમણે ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમને પ્રયોગાત્મક રૂપે ચકાસ્યા તથા ઉષ્માના યાંત્રિક તુલ્યાંકના મૂલ્યની શોધ કરી. ઊર્જા અને કાર્યના એકમનું નામ જૂલ તેમના જ સન્માન માટે રાખેલ છે.

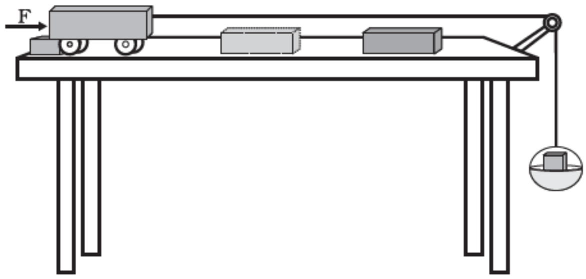
11.2.2 ગતિઊર્જા (Kinetic energy)

પ્રવૃત્તિ ________ 11.6

- એક વજનદાર દડો લો. તેને રેતીના મોટા ઢગલા પર ફેંકો. ભીની રેતીની સપાટી પર આ પ્રવૃત્તિ સારી રીતે સમજી શકાશે. દડાને રેતી ઉપર લગભગ 25 cm ની ઊંચાઈથી ફેંકો. દડો રેતીમાં એક ખાડો બનાવી દેશે.
- આ પ્રવૃત્તિ 50 cm, 1 m તથા 1.5 m ની ઊંચાઈએથી પુનરાવર્તિત કરો.
- ચોક્કસ કરો કે દરેક ખાડો સુસ્પષ્ટ દેખાય.
- દડાની ઊંચાઈ અનુસાર દરેક ખાડા પર નિશાન લગાવો.
- તેમની ઊંડાઈની સરખામણી કરો.
- તેમાંથી કયા ખાડાની ઊંડાઈ સૌથી વધુ છે ?
- કયા ખાડાની ઊંડાઈ સૌથી ઓછી છે ? કેમ ?
- દડાએ કયા કારણસર ઊંડો ખાડો બનાવ્યો ?
- વિચાર-વિમર્શ કરી તેનું વિશ્લેષણ કરો.

પ્રવૃત્તિ ________ 11.7

- આકૃતિ 11.5 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સાધનો ગોઠવો.
- જાણીતા દળના લાકડાના બ્લૉકને એક ટ્રોલીની સામે ચોક્કસ અંતરે મૂકો.
- પલ્લામાં એક જાણીતું દળ મૂકો કે જેથી ટ્રોલી ગતિ શરૂ કરે.



આકૃતિ 11.5

- ટ્રોલી આગળ ગતિ કરીને લાકડાના બ્લૉકને અથડાશે.
- ટેબલ પર એક અવરોધક એવી રીતે રાખો કે બ્લૉકને અથડાયા બાદ ટ્રોલી ત્યાં અટકી જાય. બ્લૉક સ્થાનાંતરિત થાય.
- બ્લૉકનું સ્થાનાંતર માપો. આનો અર્થ એ થયો કે ટ્રોલી દ્વારા બ્લૉક પર કાર્ય થયું અને બ્લૉકે-ઊર્જા મેળવી.
- આ ઊર્જા ક્યાંથી આવી ?
- પલ્લામાં મૂકેલા વજનમાં વધારો કરી આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો.
- ક્યા કિસ્સામાં સ્થાનાંતર વધુ છે ? ક્યા કિસ્સામાં થતું કાર્ય વધું છે ?
- આ પ્રવૃત્તિમાં ગતિમાન ટ્રોલી કાર્ય કરે છે અને તેથી તે ઊર્જા ધરાવે છે.

કોઈ ગતિમાન વસ્તુ કાર્ય કરી શકે છે. ઝડપથી ગતિ કરતી વસ્તુ તેના જેવી જ પણ ધીમેથી ગતિ કરતી વસ્તુની સાપેક્ષમાં વધારે કાર્ય કરી શકે છે. એક ગતિશીલ ગોળી, ઝડપથી ફૂંકાતો પવન, ગોળ ફરતું પૈડું, એક ગતિશીલ પથ્થર કાર્ય કરી શકે છે. ગોળી પોતાના લક્ષ્યને કેવી રીતે વીંધી શકે છે ? વહેતો પવન પવનચક્કીની પાંખોને કેવી રીતે ફેરવી શકે છે ? ગતિશીલ વસ્તુઓ ઊર્જા ધરાવતી હોય છે. આ ઊર્જાને આપણે ગતિઊર્જા કહીએ છીએ.

નીચે પડતું નારિયેળ, ગતિમાન કાર, ગબડતો પથ્થર, ઊડતું વિમાન, વહેતું પાણી, વહેતી હવા, દોડતો ખેલાડી વગેરે ગતિ-ઊર્જા ધરાવે છે. ટૂંકમાં કોઈ વસ્તુમાં તેની ગતિને કારણે ધારણ થતી ઊર્જાને ગતિઊર્જા કહે છે. વસ્તુની ગતિઊર્જા તેની ઝડપ સાથે વધે છે.

કોઈ વસ્તુ તેની ગતિને કારણે કેટલી ઊર્જા ધરાવતી હશે ? વ્યાખ્યા પરથી આપણે કહી શકીએ કે કોઈ નિશ્ચિત વેગથી ગતિ કરતી વસ્તુની ગતિઊર્જા વસ્તુ ને તે વેગ પ્રાપ્ત કરવા માટે કરવા પડતા કાર્યના બરાબર હોય છે.

ચાલો, હવે આપણે વસ્તુની ગતિઊર્જાને એક સમીકરણ સ્વરૂપે રજૂ કરીએ. ધારો કે m દળની એક વસ્તુ u જેટલા સમાન વેગથી ગતિ કરી રહી છે. હવે ધારો કે, તેના પર F જેટલું અચળ બળ સ્થાનાંતરની દિશામાં લાગે છે, તેથી વસ્તુનું s જેટલું સ્થાનાંતર થાય છે. સમીકરણ (11.1) પરથી થયેલ કાર્ય W, F s જેટલું હશે. વસ્તુ પર થતાં કાર્યને કારણે તેના વેગમાં ફેરફાર થાય છે. ધારો કે તેનો વેગ u થી બદલાઈને v થાય છે. ધારો કે ઉત્પન્ન થતા પ્રવેગનું મૂલ્ય a છે.

વિભાગ 8.5માં આપણે ગતિના ત્રણ સમીકરણનો અભ્યાસ કર્યો. અચળ પ્રવેગ a થી ગતિ કરતી કોઈ વસ્તુના પ્રારંભિક વેગ (u), અંતિમ વેગ v તથા સ્થાનાંતર s વચ્ચેનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે છે :

$$v^2 - u^2 = 2a\,s \qquad (8.7)$$

અથવા

$$s = \frac{v^2 - u^2}{2a} \qquad (11.2)$$

વિભાગ 9.4 પરથી આપણે જાણીએ છીએ કે F = ma. આ રીતે સમીકરણ (11.2)ને સમીકરણ (11.1)માં મૂકતાં આપણે બળ F દ્વારા કરવામાં આવેલ કાર્યને લખી શકીએ છીએ.

$$W = ma \times \left(\frac{v^2 - u^2}{2a}\right) \text{ અથવા}$$

$$W = \frac{1}{2}\,m\,(v^2 - u^2) \qquad (11.3)$$

જો વસ્તુ સ્થાયી અવસ્થામાંથી પોતાની ગતિની શરૂઆત કરતી હોય તો એટલે કે u = 0, હોય તો,

$$W = \frac{1}{2}\,mv^2 \qquad (11.4)$$

સ્પષ્ટ છે કે કરેલ કાર્ય વસ્તુની ગતિઊર્જામાં રૂપાંતરણ પામે છે.

જો u = 0, તો થયેલ કાર્ય $\frac{1}{2}\,mv^2$

આમ, m દળ તથા v જેટલા સમાન વેગથી ગતિ કરતી વસ્તુની ગતિઊર્જાનું મૂલ્ય,

$$E_k = \frac{1}{2}\,mv^2 \qquad (11.5)$$

ઉદાહરણ 11.3 : 15 kg દળની એક વસ્તુ 4 m s^{-1} ના સમાન વેગથી ગતિ કરે છે. વસ્તુની ગતિઊર્જા કેટલી હશે ?

ઉકેલ :

વસ્તુનું દળ m = 15 kg

વસ્તુનો વેગ v = 4 m s^{-1}

સમીકરણ (11.5) પરથી,

$$E_k = \frac{1}{2}\,mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-1} \times 4 \text{ m s}^{1}$$

$$= 120 \text{ J}$$

વસ્તુની ગતિઊર્જા 120 J છે.

ઉદાહરણ 11.4 : જો કોઈ કારનું દ્રવ્યમાન 1500 kg હોય, તો તેના વેગને 30 km h^{-1} થી વધારીને 60 km h^{-1} કરવા માટે કેટલું કાર્ય કરવું પડશે ?

ઉકેલ :

કારનું દળ m = 1500 kg

કારનો પ્રારંભિક વેગ u = 30 km h^{-1}

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

આ રીતે કારનો અંતિમ વેગ v = 60 km h^{-1}

$$= \frac{50}{3} \text{ m s}^{-1}$$

તેથી કારની પ્રારંભિક ગતિઊર્જા $E_{ki} = \frac{1}{2}\,mu^2$

$$= \frac{1}{2} \times 1500 \text{ kg} \times \left(\frac{25}{3} \text{ m s}^{-1}\right)^2$$

$$= \frac{156250}{3} \text{ J}$$

આ જ રીતે કારની અંતિમ ગતિઊર્જા

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

$$= \frac{625000}{3} \text{ J}$$

આમ, થયેલ કાર્ય = ગતિઊર્જામાં ફેરફાર

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

પ્રશ્નો :

1. વસ્તુની ગતિઊર્જા એટલે શું ?
2. વસ્તુની ગતિઊર્જાનું સૂત્ર લખો.
3. 5 m s^{-1}ના વેગથી ગતિ કરતી m દળની વસ્તુની ગતિઊર્જા 25 J છે. જો વેગને બમણો કરી દેવામાં આવે, તો તેની ગતિઊર્જા કેટલી થશે ? જો વેગને ત્રણ ગણો કરવામાં આવે તો ગતિઊર્જા કેટલી થશે ?

11.2.3 સ્થિતિઊર્જા (Potential Energy)

પ્રવૃત્તિ ______ 11.8

- એક રબરની રિંગ લો.
- તેના એક છેડાને પકડીને બીજો છેડો ખેંચો. રિંગ ખેંચાશે.
- રિંગના કોઈ એક છેડાને છોડી દો.
- શું થાય છે ?
- રબર પોતાની મૂળ લંબાઈ મેળવવાનો પ્રયત્ન કરશે.
- સ્પષ્ટ છે કે રબરે તેના ખેંચાવાની સ્થિતિમાં કંઈક ઊર્જા મેળવી છે. ખેંચાવાથી તે કેવી રીતે ઊર્જા મેળવે છે ?

પ્રવૃત્તિ ______ 11.9

- એક સ્લિંકી (slinky-લાંબી સ્પ્રિંગ) લો.
- આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેનો એક છેડો તમારા મિત્રને પકડવાનું કહો. તમે બીજા છેડાને પકડો તથા મિત્રથી દૂર જાઓ.

- હવે તમે સ્લિંકીને છોડી દો. શું થાય છે ?
- ખેંચવાથી કેવી રીતે ઊર્જા મેળવે છે ?
- શું સંકોચન સ્થિતિમાં પણ સ્લિંકી ઊર્જા મેળવશે ?

પ્રવૃત્તિ ______ 11.10

- એક રમકડાની કાર લો. એમાં ચાવી ભરો.
- કારને જમીન ઉપર મૂકો.
- શું તે ચાલે છે ?
- તેણે ઊર્જા ક્યાંથી મેળવી ?
- શું મેળવેલ ઊર્જા ચાવી દ્વારા ફેરવેલા આંટાઓની સંખ્યા ઉપર આધારિત છે ?
- તમે આની તપાસ કેવી રીતે કરશો ?

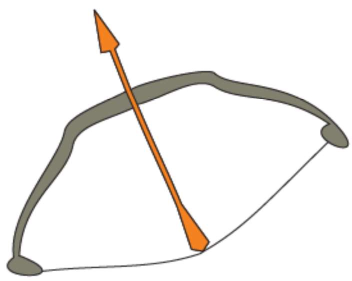
પ્રવૃત્તિ ______ 11.11

- કોઈ વસ્તુને એક ચોક્કસ ઊંચાઈ સુધી ઉઠાવો.
- વસ્તુ હવે કાર્ય કરી શકે છે. છોડી દેવાથી તે નીચે પડે છે. આનો અર્થ એ થાય છે કે એણે થોડીક ઊર્જા ધારણ કરી લીધી છે.
- વધુ ઊંચે લઈ જતા તે વધારે કાર્ય કરી શકે છે અને આ પ્રકારે એમાં વધારે ઊર્જા નો સંગ્રહ થઈ જાય છે.
- આને ઊર્જા ક્યાંથી મળે છે ? તે વિચારો અને વિચાર-વિમર્શ કરો.

ઉપર્યુક્ત પરિસ્થિતિઓમાં વસ્તુ ઉપર કરેલ કાર્યના લીધે એમાં ઊર્જા ભેગી થાય છે. કોઈ વસ્તુમાં સ્થળાંતર કરેલી ઊર્જા તેમાં સ્થિતિઊર્જા રૂપે સંગ્રહ પામે છે. કોઈ રમકડાંની કારમાં ચાવી ભરતી વખતે તમે કાર્ય કરો છો તે તેની અંદરની કમાનમાં સ્થાનાંતર પામતી ઊર્જા સ્થિતિઊર્જા રૂપે સંગ્રહ પામે છે. કોઈ વસ્તુ દ્વારા તેની સ્થિતિ અથવા બંધારણ દ્વારા ધારણ થતી ઊર્જાને સ્થિતિઊર્જા કહે છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 11.12

- વાંસની એક પટ્ટી લો અને તેમાંથી આકૃતિ 11.6 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક ધનુષ્ય તૈયાર કરો.
- એક હલકી દંડીનું તીર બનાવો.
- તીરનો એક છેડો ધનુષ્ય પર ખેંચીને બાંધેલી દોરી પર રાખો.
- હવે દોરીને ખેંચી તીરને છોડો.
- તીર ધનુષ્યથી દૂર જાય છે તે નોંધો તથા ધનુષ્યના આકારમાં થતો ફેરફાર નોંધો.
- ખેંચેલી દોરી વખતે ધનુષ્યના આકારમાં થતા ફેરફારના કારણે તેમાં સંગ્રહ પામેલી સ્થિતિઊર્જા તીરને ગતિઊર્જા રૂપે મળે છે. જેથી તીર ગતિ કરીને દૂર પડે છે.

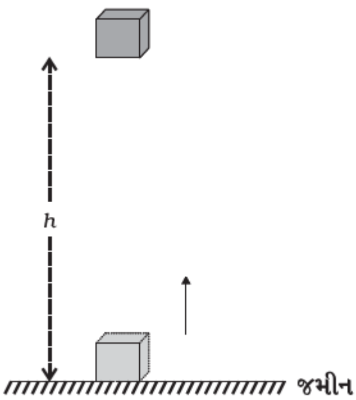


આકૃતિ 11.6 : ધનુષ્યની તાણેલી દોરી પર રાખેલ તીર

11.2.4 ઊંચાઈએ રહેલી વસ્તુની સ્થિતિઊર્જા (Potential Energy of an Object at a Height)

કોઈ વસ્તુને ઊંચાઈ પર લઈ જતાં તેની ઊર્જામાં વધારો થાય છે કારણ કે વસ્તુને ઉપર લઈ જવા માટે ગુરુત્વાકર્ષણ બળની વિરુદ્ધમાં કાર્ય કરવું પડે છે. વસ્તુમાં સંગ્રહ પામતી આ પ્રકારની ઊર્જાને તેની ગુરુત્વીય સ્થિતિઊર્જા કહે છે. જમીનથી ઉપર કોઈ બિંદુ પાસે વસ્તુની ગુરુત્વીય સ્થિતિઊર્જાને, વસ્તુને જમીન પરથી તે બિંદુ સુધી લઈ જવા માટે ગુરુત્વીય બળની વિરુદ્ધમાં કરવા પડતા કાર્ય દ્વારા વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે.

કોઈ ઊંચાઈ પર વસ્તુની ગુરુત્વીય સ્થિતિઊર્જાનું સૂત્ર મેળવવું સરળ છે.



આકૃતિ 11.7

એક m દળ ધરાવતી વસ્તુ લો. તેને જમીનથી h ઊંચાઈ સુધી લઈ જવામાં આવે છે. આ માટે બળની જરૂર પડશે. વસ્તુને આપેલ ઊંચાઈ સુધી લઈ જવા માટે જરૂરી લઘુતમ બળ વસ્તુના વજનબળ એટલે કે mg જેટલું હશે. વસ્તુમાં તેના પર કરેલા કાર્ય જેટલી ઊર્જા સંગ્રહ પામે છે. ધારો કે, વસ્તુ પર ગુરુત્વીય બળની વિરુદ્ધમાં કરેલ કાર્ય W છે. આમ,

કરેલ કાર્ય W = બળ × સ્થાનાંતર

= mg × h

= mgh

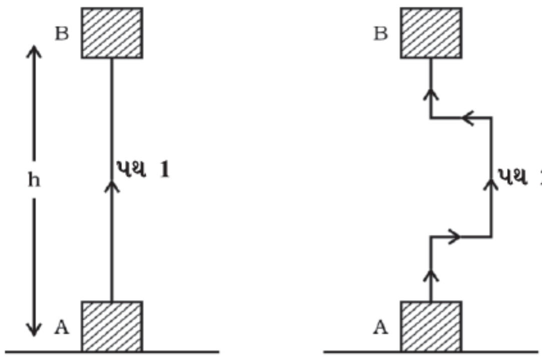
વસ્તુ પર કરેલ કાર્ય mgh જેટલું છે તેથી વસ્તુને mgh જેટલી ઊર્જા મળે છે, જે વસ્તુની સ્થિતિઊર્જા (E_p) છે.

$$E_p = mgh \qquad (11.6)$$

વધારે જાણવા જેવું

વસ્તુની કોઈ ઊંચાઈ પર સ્થિતિઊર્જા જમીનની સપાટી પર કે પછી તમારા દ્વારા પસંદ કરવામાં આવેલ શૂન્ય તલ પર આધાર રાખે છે. કોઈ વસ્તુની આપેલ સ્થિતિ માટે એક સમતલની સાપેક્ષમાં સ્થિતિઊર્જાનું મૂલ્ય કંઈક હોઈ શકે તો બીજા કોઈ સમતલની સાપેક્ષમાં સ્થિતિ ઊર્જાનું મૂલ્ય કંઈક જુદું પણ હોઈ શકે છે.

અહીં ધ્યાનમાં લેવા જેવી વાત એ છે કે, ગુરુત્વીય બળ દ્વારા થયેલ કાર્ય વસ્તુના પ્રારંભિક તથા અંતિમ સ્થાન પર આધાર રાખે છે. તેના ગતિપથ પર આધાર રાખતું નથી. આકૃતિ 11.8માં આવી એક સ્થિતિ દર્શાવેલ છે જેમાં એક બ્લૉકને સ્થિતિ A થી સ્થિતિ B સુધી બે જુદા-જુદા પથ દ્વારા પહોંચાડાય છે. ધારો કે ઊંચાઈ AB = h. બંને સ્થિતિઓમાં વસ્તુ પર થયેલ કાર્ય mgh છે.



આકૃતિ 11.8

ઉદાહરણ 11.5 : 10 kg દળની એક વસ્તુને જમીનથી 6 મીટરની ઊંચાઈ સુધી લઈ જવામાં આવે છે. આ વસ્તુમાં સંગ્રહ પામતી ઊર્જાની ગણતરી કરો. $g = 9.8\ m\ s^{-2}$

ઉકેલ :

વસ્તુનું દળ m = 10 kg

ઊંચાઈ $h = 6$ m

ગુરુત્વપ્રવેગ $g = 9.8\ m\ s^{-2}$

સમીકરણ (11.6) પરથી,

સ્થિતિઊર્જા = mgh

$= 10\ kg \times 9.8\ m\ s^{-2} \times 6\ m$

= 588 J

સ્થિતિઊર્જા 588 J છે.

ઉદાહરણ 11.6 : 12 kg દળની એક વસ્તુ જમીન પરથી અમુક ઊંચાઈ પર આવેલ છે. જો આ વસ્તુની સ્થિતિઊર્જા 480 J હોય, તો વસ્તુની જમીનની સાપેક્ષ ઊંચાઈ શોધો. $g = 10\ m\ s^{-2}$ લો.

ઉકેલ :

વસ્તુનું દળ m = 12 kg

સ્થિતિઊર્જા $E_P = 480$ J

$E_P = mgh$

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

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

$= 4$ m

વસ્તુ 4 m ની ઊંચાઈ પર આવેલ છે.

11.2.5 શું ઊર્જાનાં જુદાં-જુદાં રૂપ એકબીજામાં આંતર રૂપાંતરણીય છે ? (Are various energy forms interconvertible ?)

શું આપણે ઊર્જાના એક રૂપને બીજા રૂપમાં રૂપાંતરિત કરી શકીએ ? કુદરતમાં આપણને ઊર્જાના રૂપાંતરણનાં અનેક ઉદાહરણો જોવા મળે છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 11.13

- નાનાં-નાનાં જૂથમાં બેસો.
- કુદરતમાં ઊર્જાના રૂપાંતરણના જુદા-જુદા પ્રકારો વિશે ચર્ચા કરો.
- તમારા સમૂહમાં નીચેના પ્રશ્નો વિશે વિચાર-વિમર્શ કરો :
  (i) લીલાં પર્ણો ખોરાક કેવી રીતે બનાવે છે ?
  (ii) તેમને ઊર્જા ક્યાંથી પ્રાપ્ત થાય છે ?
  (iii) વાયુ એક સ્થળેથી બીજા સ્થળે કેમ વહે છે ?
  (iv) કોલસો તથા પેટ્રોલિયમ જેવા ઇંધણ કેવી રીતે બન્યાં ?
  (v) કયા પ્રકારના ઊર્જાનાં રૂપાંતરણો જલચક્રને ટકાવી રાખે છે ?

પ્રવૃત્તિ ______ 11.14

- અનેક માનવપ્રવૃત્તિઓ તથા આપણાં દ્વારા ઉપયોગમાં લેવાતાં ઉપકરણો (gadgets)માં ઊર્જાનું રૂપાંતરણ સામેલ થયેલું હોય છે.
- આવા પ્રકારની પ્રવૃત્તિઓ તથા ઉપકરણોની સૂચિ બનાવો.
- દરેક પ્રવૃત્તિ તથા ઉપકરણમાં કયા પ્રકારની ઊર્જા રૂપાંતરણ થાય છે તે ઓળખી બતાવો.

11.2.6 ઊર્જા-સંરક્ષણનો નિયમ (Law of conservation of energy)

પ્રવૃત્તિ 11.13 તથા 11.14 માં આપણે શીખ્યાં કે ઊર્જા એક રૂપમાંથી બીજા રૂપમાં રૂપાંતરિત થઈ શકે છે. આ પ્રક્રિયામાં તંત્રની કુલ ઊર્જાનું શું થશે ? જ્યારે પણ ઊર્જા રૂપાંતરણ થાય છે ત્યારે તંત્રની કુલ ઊર્જા અચળ રહે છે, જે ઊર્જા-સંરક્ષણનો નિયમ છે. આ નિયમાનુસાર ઊર્જા ફક્ત એક સ્વરૂપમાંથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાંતરિત થઈ શકે છે; પરંતુ તેની ઉત્પત્તિ કે વિનાશ થઈ શકતો નથી. રૂપાંતરણ પહેલાં તથા રૂપાંતરણ બાદ કુલ ઊર્જા હંમેશાં અચળ રહે છે. ઊર્જા-સંરક્ષણનો નિયમ દરેક અવસ્થા તેમજ તેના દરેક રૂપાંતરણો માટે સાચો છે.

એક સાદા ઉદાહરણનો વિચાર કરીએ. ધારો કે, m દળની એક વસ્તુને h ઊંચાઈએથી મુક્ત પતન કરાવવામાં આવે છે. પ્રારંભમાં તેની સ્થિતિઊર્જા mgh છે તથા ગતિઊર્જા શૂન્ય છે. ગતિઊર્જા શૂન્ય કેમ છે ? તે શૂન્ય છે કારણ કે તેનો પ્રારંભિક વેગ શૂન્ય છે. આ રીતે વસ્તુની કુલ ઊર્જા mgh છે. જ્યારે વસ્તુ નીચે પડે છે ત્યારે તેની સ્થિતિઊર્જા, ગતિઊર્જામાં રૂપાંતરિત થાય છે. જો કોઈ આપેલ ક્ષણે વસ્તુનો વેગ v હોય તો તેની ગતિઊર્જા $\frac{1}{2}mv^2$ થશે. વસ્તુ જેમ જેમ નીચે આવતી જાય છે તેમ તેમ તેની સ્થિતિઊર્જા ઓછી થતી જાય છે અને ગતિઊર્જા વધતી જાય છે. જ્યારે વસ્તુ જમીન પર પહોંચે છે ત્યારે $h = 0$ થશે. આ સ્થિતિમાં અંતિમ વેગ મહત્તમ થશે. તેથી હવે ગતિઊર્જા મહત્તમ તથા સ્થિતિઊર્જા લઘુતમ થશે. જો કે દરેક બિંદુ પાસે વસ્તુની સ્થિતિઊર્જા તથા ગતિઊર્જાનો સરવાળો અચળ રહે છે.

એટલે કે સ્થિતિઊર્જા + ગતિઊર્જા = અચળ

$$\text{અથવા } mgh + \frac{1}{2}mv^2 = \text{અચળ} \qquad (11.7)$$

કોઈ વસ્તુની ગતિઊર્જા તથા સ્થિતિઊર્જાના સરવાળાને તેની કુલ યાંત્રિકઊર્જા કહે છે.

આપણે જોઈએ છીએ કે, કોઈ વસ્તુના મુક્ત પતન દરમિયાન તેના ગતિપથના કોઈ બિંદુ પાસે સ્થિતિઊર્જામાં જેટલો ઘટાડો થાય છે તેટલો જ તેની ગતિઊર્જામાં વધારો થાય છે. (અહીં વસ્તુની ગતિ પર હવાનો અવરોધ વગેરેને અવગણેલ છે.) આ રીતે ગુરુત્વીય સ્થિતિઊર્જાનું ગતિઊર્જામાં સતત રૂપાંતરણ થયું હોય છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 11.15

- 20 kg દળની કોઈ વસ્તુ 4 m ની ઊંચાઈથી મુક્ત પતન પામે છે. નીચેના કોષ્ટક અનુસાર દરેક સ્થિતિમાં સ્થિતિઊર્જા તથા ગતિઊર્જાની ગણતરી કરો અને કોષ્ટકમાં ખાલી સ્થાનોની પૂર્તિ કરો.

ઊંચાઈ જ્યાં વસ્તુ આવેલી છે. m	સ્થિતિઊર્જા $(E_p = mgh)$ J	ગતિઊર્જા $\frac{mv^2}{2}$ J	$E_p + E_k$ J
4			
3			
2			
1			
જમીનની સહેજ ઉપર			

- ગણતરીની સરળતા ખાતર g નું મૂલ્ય 10 m s^{-2} લો.

આ વિશે વિચારો !

જો કુદરતમાં ઊર્જાનું રૂપાંતરણ શક્ય ન હોત તો શું થાત ? એક વિચાર અનુસાર ઊર્જાના રૂપાંતરણ વિના જીવન શક્ય જ ન બનત. શું તમે આ હકીકત સાથે સહમત છો ?

11.3 કાર્ય કરવાનો દર (Rate of Doing Work)

શું આપણે બધા એક જ દરથી કાર્ય કરીએ છીએ ? શું યંત્રો ઊર્જાનો ઉપયોગ તથા તેનું રૂપાંતરણ સમાન દરથી કરે છે ? કાર્યકારી પદાર્થો (એજન્ટો) કે જે ઊર્જાનું રૂપાંતરણ કરે છે તે જુદા-જુદા દરે કાર્ય કરતાં હોય છે. ચાલો, નીચેની પ્રવૃત્તિ સમજીએ :

પ્રવૃત્તિ ______ 11.16

- બે બાળકો, ધારો કે A અને Bનો વિચાર કરો. ધારો કે, તેમનાં દળ સમાન છે. બંને દોરડા પર અલગ-અલગ ચડવાનો પ્રારંભ કરે છે. બંને 8 mની ઊંચાઈ સુધી પહોંચે છે. માની લો કે આ કાર્ય કરવામાં A, 15 s લે છે જ્યારે B, 20 s લે છે.
- દરેક બાળક દ્વારા થયેલ કાર્ય કેટલું છે ?
- કરેલ કાર્ય સમાન છે તથા A બાળકે કાર્ય કરવા માટે B બાળકની સરખામણીમાં ઓછો સમય લીધો છે.
- કયા બાળકે આપેલ સમય ધારો કે 1 s, માં વધારે કાર્ય કર્યું છે ?

એક શક્તિશાળી વ્યક્તિ તેને આપેલ કાર્ય અપેક્ષાકૃત સમય કરતાં ઓછા સમયમાં પૂરું કરી શકે છે. વધારે શક્તિશાળી વાહન ઓછા શક્તિશાળી વાહનની સરખામણીમાં કોઈ મુસાફરી ઓછા સમયમાં પૂરી કરી શકે છે. આપણે મોટરબાઈક તથા કાર જેવાં સાધનોના પાવર વિશે ચર્ચા કરીશું. તે કેટલી ઝડપથી ઊર્જાનું રૂપાંતરણ કરે છે કે કાર્ય કરે છે તે બાબતના આધારે તેમનું વર્ગીકરણ કરવામાં આવે છે. પાવર, કરેલ કાર્યની ઝડપ માપે છે, એટલે કે કાર્ય કેટલું ઝડપથી કે ધીમેથી કરવામાં આવ્યું. કાર્ય કરવાના સમય-દરને અથવા ઊર્જાના રૂપાંતરણના દરને પાવર કહે છે. જો કોઈ પદાર્થ (એજન્ટ) t સમયમાં W જેટલું કાર્ય કરતો હોય તો,

$$\text{પાવર} = \frac{\text{કાર્ય}}{\text{સમય}}$$

અથવા $$P = \frac{W}{t} \qquad (11.8)$$

પાવરનો એકમ વૉટ છે. [વૈજ્ઞાનિક જેમ્સ વૉટ (1736-1819)ના માનમાં] તેની સંજ્ઞા W છે. 1 વૉટ તે એજન્ટ (વસ્તુ)નો પાવર છે કે જે 1 સેકન્ડમાં 1 જૂલકાર્ય કરતો હોય. આપણે તેમ પણ કહી શકીએ કે જો ઊર્જાના વપરાશનો દર 1 J s^{-1} હોય ત્યારે પાવર 1 W છે.

1 વૉટ = 1 જૂલ / સેકન્ડ અથવા 1 W = 1 J s^{-1}

આપણે ઊર્જાનાં મોટાં મૂલ્યોને કિલોવૉટ (kW) માં રજૂ કરીએ છીએ.

1 કિલોવૉટ = 1000 વૉટ

1 kW = 1000 W અથવા 1000 J s^{-1}

કોઈ એજન્ટ(વસ્તુ)નો પાવર સમય સાથે બદલાતો હોય છે. એનો અર્થ એ થયો કે એજન્ટ(વસ્તુ) જુદા-જુદા દરથી કાર્ય કરે છે. તેથી સરેરાશ પાવરનો ખ્યાલ વધારે ઉપયોગી છે. આપણે સરેરાશ પાવર, કુલ ઉપયોગમાં લીધેલ ઊર્જા અને લીધેલ કુલ સમયના ગુણોત્તર દ્વારા મેળવી શકીએ છીએ.

ઉદાહરણ 11.7 : 400 N જેટલું સમાન વજન ધરાવતી બે છોકરીઓ એક દોરડાંની મદદથી 8 m ઉપર ચડે છે. આપણે એક છોકરીનું નામ A અને બીજી છોકરીનું નામ B રાખીશું. આ કાર્ય પૂરું કરવા માટે છોકરી A 20 sનો સમય લે છે જ્યારે છોકરી B 50 s નો સમય લે છે. દરેક છોકરી દ્વારા વપરાયેલ પાવરની ગણતરી ગણો.

ઉકેલ :

(i) છોકરી A દ્વારા વપરાયેલ પાવર :

છોકરીનું વજન mg = 400 N

સ્થાનાંતર (ઊંચાઈ) h = 8 m

લીધેલ સમય t = 20 s

સમીકરણ (11.8) પરથી,

$$\text{પાવર } P = \frac{\text{કરવામાં આવેલ કાર્ય}}{\text{લીધેલ સમય}}$$

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

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

$$= 160 \text{ W}$$

(ii) છોકરી B દ્વારા વપરાયેલ પાવર :

છોકરીનું વજન mg = 400 N

લીધેલ સમય t = 50 s

$$\text{પાવર } P = \frac{mgh}{t} = \frac{400 \text{ N} \times 8 \text{ m}}{50 \text{ s}}$$

$$= 64 \text{ W}$$

છોકરી A દ્વારા વપરાયેલ પાવર 160 W અને છોકરી B દ્વારા વપરાયેલ પાવર 64 W છે.

ઉદાહરણ 11.8 : 50 kg દ્રવ્યમાન ધરાવતો એક છોકરો સીડીનાં 45 પગથિયાં દોડીને 9 s માં ચઢી જાય છે. જો દરેક પગથિયાની ઊંચાઈ 15 cm હોય, તો તેનો પાવર શોધો. g નું મૂલ્ય 10 m s^{-2} લો.

ઉકેલ :

છોકરાનું વજન mg = 50 kg × 10 m s^{-2} = 500 N

પગથિયાની ઊંચાઈ h = 45 × 15/100 m = 6.75 m

ચઢવા માટે લીધેલ સમય t = 9 s

સમીકરણ (11.8) પરથી,

$$\text{પાવર } P = \frac{\text{થયેલ કાર્ય}}{\text{લીધેલ સમય}} = \frac{mgh}{t}$$

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

$$= 375 \text{ W}$$

પાવર 375 W છે.

પ્રશ્નો :

1. પાવર એટલે શું ?
2. 1 W પાવર વ્યાખ્યાયિત કરો.
3. એક બલ્બ 1000 J વિદ્યુતઊર્જા 10 s માં વાપરે છે. તેનો પાવર કેટલો હશે ?
4. સરેરાશ પાવર વ્યાખ્યાયિત કરો.

11.3.1 ઊર્જાના વ્યાવસાયિક એકમો (Commercial Units of Energy)

જૂલ ઊર્જાનો બહુ નાનો એકમ છે. તેથી ઊર્જાનાં મોટાં મૂલ્યો દર્શાવવા માટે તે અસુવિધાજનક છે. આથી આપણે ઊર્જાના મોટા એકમ કિલોવૉટ અવર (kW h)નો ઉપયોગ કરીશું.

1 kW h એટલે શું ? માની લો કે આપણી પાસે એક મશીન છે કે જે એક સેકન્ડમાં 1000 J ઊર્જા વાપરે છે. જો આ મશીન સતત એક કલાક સુધી કાર્યરત હોય તો તે 1 કિલોવૉટ કલાક (1 kW h) ઊર્જા વાપરશે. આ રીતે એક કિલો વૉટ કલાક (1 kW h), ઊર્જાનું તે મૂલ્ય છે કે જે 1000 J s^{-1} ના દરથી એક કલાકમાં વપરાતી ઊર્જાનું માપ દર્શાવે છે.

$$1 \text{ kW h} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h}$$

$$= 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s}$$

$$= 36,00,000 \text{ J}$$

અથવા $1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

ઘરોમાં, ઉદ્યોગોમાં તથા વ્યાવસાયિક સંસ્થાઓમાં વપરાતી ઊર્જા મોટા ભાગે કિલોવૉટ કલાકમાં દર્શાવાય છે. ઉદાહરણ તરીકે એક મહિનામાં ઉપયોગમાં લીધેલ વિદ્યુત ઊર્જાને 'યુનિટ'ના રૂપમાં દર્શાવવામાં આવે છે. અહીં 1 'યુનિટ'નો અર્થ થાય છે 1 kW h.

ઉદાહરણ 11.9 : 60 Wનો એક વિદ્યુત બલ્બ દરરોજ 6 કલાક વપરાય છે. બલ્બ દ્વારા એક દિવસમાં ખર્ચાતી ઊર્જાના 'યુનિટો'ની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

વિદ્યુત બલ્બનો પાવર = 60 W

= 0.06 kW

સમય t = 6 h

ઊર્જા = પાવર × લીધેલ સમય

= 0.06 kW × 6 h

= 0.36 kWh

= 0.36 યુનિટ

બલ્બ દ્વારા 0.36 યુનિટ વપરાશે.

પ્રવૃત્તિ _______________ 11.17

- તમારા ઘરમાં વિદ્યુત-પરિપથમાં લગાડેલ વિદ્યુતમીટરને ધ્યાનપૂર્વક જુઓ. તેની વિશેષતાઓ બારીકાઈથી જુઓ.
- દરરોજ સવારે 6:30 વાગે તથા સાંજે 6:30 વાગે વિદ્યુત મીટરનું વાચન કરો.
- આ પ્રવૃત્તિ લગભગ 1 અઠવાડિયા સુધી કરો.
- દિવસમાં કેટલા 'યુનિટ' વપરાય છે ?
- રાતના સમયે કેટલા 'યુનિટ' વપરાય છે ?
- તમારાં અવલોકનોને કોષ્ટકમાં નોંધો.
- આ અવલોકનો પરથી નિષ્કર્ષ તારવો.
- તમારાં અવલોકનોની તુલના વીજળીના માસિક બિલ સાથે તેમાં આપેલ માહિતી સાથે કરો. (ચોક્કસ ઉપકરણ દ્વારા વપરાતી વીજળીનો અંદાજ તેમના જ્ઞાત વૉટ અને ઉપયોગના કલાકના કોષ્ટક દ્વારા કાઢી શકાય છે.)

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- કોઈ વસ્તુ પર કરેલ કાર્ય, તેના પર લગાડેલ બળના મૂલ્ય તથા બળની દિશામાં તેના દ્વારા થયેલ સ્થાનાંતરના ગુણાકાર દ્વારા વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. કાર્યનો એકમ જૂલ છે. 1 જૂલ = 1 ન્યૂટન × 1 મીટર
- કોઈ વસ્તુનું સ્થાનાંતર શૂન્ય હોય, તો બળ દ્વારા તે વસ્તુ પર થયેલ કાર્ય શૂન્ય હશે.
- જો કોઈ વસ્તુમાં કાર્ય કરવાની ક્ષમતા હોય, તો કહી શકાય કે તેમાં ઊર્જા છે. ઊર્જાનો એકમ અને કાર્યનો એકમ એક જ છે.
- કોઈ ગતિમાન વસ્તુની ગતિને કારણે સંકળાયેલ ઊર્જાને ગતિઊર્જા કહે છે. v વેગથી ગતિમાન કોઈ m દળની વસ્તુની ગતિઊર્જા $\frac{1}{2}mv^2$ જેટલી હોય છે.
- વસ્તુ દ્વારા તેનાં સ્થાન કે આકારમાં થતા ફેરફારને કારણે મળતી ઊર્જાને સ્થિતિઊર્જા કહે છે. પૃથ્વીની સપાટીથી h ઊંચાઈએ m દળની વસ્તુને લઈ જતાં મળતી ગુરુત્વીય સ્થિતિઊર્જા mgh હોય છે.
- ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમ અનુસાર ઊર્જા માત્ર એક સ્વરૂપમાંથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાંતરિત થાય છે. તેને ઉત્પન્ન કરી શકાતી નથી કે તેનો નાશ થતો નથી. રૂપાંતરણની પહેલાં અને રૂપાંતરણની પછી કુલ ઊર્જા હંમેશાં અચળ જ રહે છે.
- કુદરતમાં ઊર્જા જુદાં-જુદાં સ્વરૂપે જોવા મળે છે. જેમકે ગતિઊર્જા, સ્થિતિઊર્જા, ઉષ્માઊર્જા, રાસાયણિક ઊર્જા વગેરે. કોઈ વસ્તુની ગતિઊર્જા તથા સ્થિતિઊર્જાના સરવાળાને તેની કુલ યાંત્રિકઊર્જા કહે છે.
- કાર્ય કરવાના સમય-દરને પાવર કહે છે. પાવરનો SI એકમ વૉટ છે.
  1 W = 1 J/s
- 1 kW ના દરે એક કલાકમાં વપરાયેલ ઊર્જાને 1 કિલોવૉટ કલાક (1 kWh) કહે છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. નીચેની યાદીમાં દર્શાવેલ પ્રવૃત્તિઓ જુઓ. તમારી 'કાર્ય' શબ્દની સમજને આધારે વિચારો કે તેમાં કાર્ય થઈ રહ્યું છે કે નહિ ?
   - સૂમા એક તળાવમાં તરી રહી છે.
   - એક ગધેડાએ પોતાની પીઠ પર બોજ (ભાર) ઉઠાવેલ છે.
   - એક પવનચક્કી કૂવામાંથી પાણી ખેંચી રહી છે.
   - એક લીલા છોડમાં પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા થઈ રહી છે.
   - એક એન્જિન ટ્રેન (રેલગાડી)ને ખેંચી રહ્યું છે.
   - સૂર્યના તડકામાં અનાજના દાણા સુકાઈ રહ્યા છે.
   - સઢવાળી એક હોડી પવન ઊર્જાને કારણે ગતિશીલ છે.
2. એક વસ્તુને જમીનથી કોઈ ચોક્કસ ખૂણે ફેંકવામાં આવે છે. તે એક વક્રમાર્ગ પર ભ્રમણ કરીને પાછી જમીન પર આવીને પડે છે. વસ્તુના માર્ગનું પ્રારંભિક અને અંતિમ બિંદુ એક જ સમક્ષિતિજ રેખા પર સ્થિર છે. વસ્તુ પર ગુરુત્વબળ દ્વારા કેટલું કાર્ય થયું હશે ?
3. એક બૅટરી એક વિદ્યુત ગોળા (બલ્બ)ને પ્રકાશે છે. આ પ્રક્રિયામાં થતા ઊર્જા-રૂપાંતરણોનું વર્ણન કરો.
4. 20 kg દળનો પદાર્થ તેના પર લાગતાં કોઈ બળને લીધે તેના વેગમાં 5 m s^{-1} થી 2 m s^{-1} જેટલો ફેરફાર અનુભવે છે. બળ દ્વારા થતાં કાર્યની ગણતરી કરો.
5. 10 kg દળની વસ્તુ ટેબલ પર A બિંદુ પર રાખેલ છે. તેને B બિંદુ સુધી લઈ જવામાં આવે છે. જો A અને B ને જોડતી રેખા સમક્ષિતિજ હોય, તો વસ્તુ પર ગુરુત્વબળ દ્વારા થતું કાર્ય કેટલું હશે ? તમારો ઉત્તર વર્ણવો.
6. મુક્ત પતન કરતી વસ્તુની સ્થિતિઊર્જા સતત ઘટતી જાય છે. શું તે ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમનું ઉલ્લંઘન કરે છે ? કારણ જણાવો.
7. જ્યારે તમે સાઈકલ ચલાવો છો ત્યારે કઈ-કઈ ઊર્જાઓ રૂપાંતરિત થાય છે ?
8. જ્યારે તમે તમારી બધી જ તાકાત લગાડીને એક મોટા પથ્થરને ધકેલવાનો પ્રયત્ન કરો છો પરંતુ તેને ધકેલવામાં નિષ્ફળ થઈ જાઓ છો. શું આ અવસ્થામાં ઊર્જાનું રૂપાંતરણ થાય છે ખરું ? તમારા દ્વારા વપરાયેલી ઊર્જા ક્યાં જાય છે ?
9. એક ઘરમાં એક મહિનામાં 250 'યુનિટ' ઊર્જા વપરાય છે. આ ઊર્જા જૂલ એકમમાં કેટલી થશે ?
10. 40 kg દળની વસ્તુને જમીનથી 5 mની ઊંચાઈ પર લઈ જવામાં આવે છે. તેની સ્થિતિઊર્જા કેટલી થાય ? જો આ વસ્તુને મુક્ત પતન કરવા દેવામાં આવે અને તે જ્યારે અડધા રસ્તે પહોંચે ત્યારે તેની ગતિ ઊર્જાની ગણતરી કરો. ($g = 10$ m s^{-2})
11. પૃથ્વીની ચારેબાજુ ફરતાં કોઈ ઉપગ્રહ પર ગુરુત્વબળ દ્વારા કેટલું કાર્ય થશે ? તમારો જવાબ તર્કસંગત રીતે આપો.
12. શું કોઈ વસ્તુ પર લાગતાં બળની ગેરહાજરીમાં તેનું સ્થાનાંતર થશે ? વિચારો. આ પ્રશ્નની બાબતમાં તમારા મિત્રો તથા શિક્ષકો સાથે વિચાર-વિમર્શ કરો.

13. કોઈ વ્યક્તિ ભૂસાથી ભરેલ ગાંસડીને પોતાના માથા પર 30 મિનિટ સુધી રાખે છે. પછી થાકી જાય છે. શું તેણે કોઈ કાર્ય કર્યું કહેવાય ? તમારા જવાબનું વાજબીપણું ચકાસો.

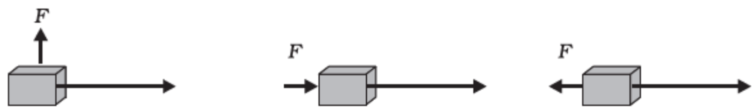
14. એક વિદ્યુત હીટરનો પાવર 1500 W છે. 10 કલાકમાં તે કેટલી ઊર્જા વાપરશે ?

15. જ્યારે આપણે કોઈ સાદા લોલકને એક છેડે લઈ જઈને છોડી દઈએ છીએ તો તે દોલન કરે છે. આ ઘટનામાં થતાં ઊર્જાનાં રૂપાંતરણોની ચર્ચા કરો અને તે પરની ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમને સ્પષ્ટ કરો. લોલક થોડા સમય બાદ સ્થિર અવસ્થામાં કેમ આવી જાય છે ? આ સ્થિતિમાં તેની ઊર્જાનું શું થાય છે ? શું તે ઊર્જા-સંરક્ષણના નિયમનું ઉલ્લંઘન કરે છે ?

16. m દળ ધરાવતી વસ્તુ એક અચળ વેગ v થી ગતિમાન છે. વસ્તુએ કેટલું કાર્ય કરવું જોઈએ કે જેથી તે સ્થિર સ્થિતિમાં આવી જાય ?

17. 1500 kg દ્રવ્યમાનની કાર કે જે 60 km/h ના વેગથી ગતિ કરી રહી છે. તેને રોકવા માટે કરવા પડતાં કાર્યની ગણતરી કરો.

18. નીચે આપેલ દરેક સ્થિતિ માટે m દ્રવ્યમાનની એક વસ્તુ પર એક બળ F લાગી રહ્યું છે. સ્થાનાંતરની દિશા પશ્ચિમથી પૂર્વ તરફ છે. જે એક લાંબા તીરથી દર્શાવેલ છે. ચિત્રોને ધ્યાનપૂર્વક જુઓ અને બતાવો કે દરેક કિસ્સામાં કરેલ કાર્ય ઋણ છે કે ધન છે કે શૂન્ય છે.



19. સોની કહે છે કે કોઈ વસ્તુનો પ્રવેગ શૂન્ય હોઈ શકે પછી ભલે તેના પર ઘણાંબધાં બળ કાર્ય કરી રહ્યાં હોય. શું તમે તેની સાથે સહમત છો ? કેમ ?

20. દરેકનો પાવર 500 W હોય તેવાં ચાર સાધનો 10 કલાક માટે વાપરવામાં આવે છે, તો તેમના દ્વારા વપરાતી ઊર્જા kWh માં શોધો.

21. મુક્ત પતન કરતી એક વસ્તુ જમીન પર પડીને સ્થિર થાય છે. તો તેની ગતિઊર્જાનું શું થશે ?

પ્રકરણ 12

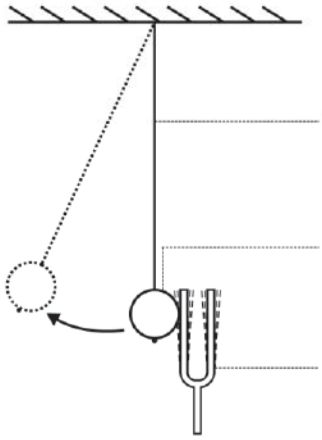
ધ્વનિ (Sound)

આપણે રોજિંદા જીવનમાં જુદા-જુદા સ્રોતો, જેવા કે માનવો, પક્ષીઓ, ઘંટડીઓ, મશીનો, વાહનો, ટેલિવિઝન, રેડિયો વગેરેનો ધ્વનિ સાંભળીએ છીએ. ધ્વનિ ઊર્જાનું એક સ્વરૂપ છે જે આપણા કાનમાં શ્રવણની સંવેદના ઉત્પન્ન કરે છે. ઊર્જાનાં અન્ય સ્વરૂપો પણ છે, જેમકે યાંત્રિકઊર્જા, ઉષ્માઊર્જા, પ્રકાશઊર્જા વગેરે. આગળનાં પ્રકરણોમાં આપણે યાંત્રિકઊર્જાનો અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ. તમે ઊર્જા-સંરક્ષણનો નિયમ પણ ભણ્યાં છો જે દર્શાવે છે કે આપણે ઊર્જા નથી ઉત્પન્ન કરી શકતા કે નથી તેનો નાશ કરી શકતા. આપણે તેને ફક્ત એક સ્વરૂપમાંથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાંતરિત કરી શકીએ છીએ. જ્યારે તમે તાળી પાડો છો ત્યારે ધ્વનિ ઉત્પન્ન થાય છે. શું તમે તમારી ઊર્જાનો ઉપયોગ કર્યા વિના ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકશો ? ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરવા માટે તમે ઊર્જાના કયા સ્વરૂપનો ઉપયોગ કર્યો ? આ પ્રકરણમાં આપણે શીખીશું કે ધ્વનિ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે તથા કેવી રીતે કોઈ માધ્યમમાં તે પ્રસરણ પામી આપણા કાન દ્વારા ગ્રહણ કરાય છે.

12.1 ધ્વનિનું ઉત્પાદન (Production of Sound)

પ્રવૃત્તિ ______ 12.1

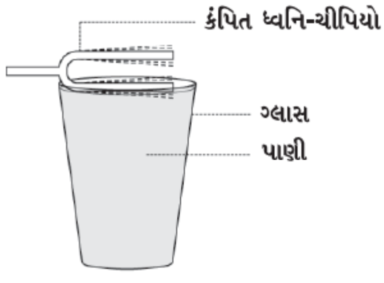
- એક ધ્વનિચીપિયો લઈ તેને રબરના પૅડ પર અથડાવી કંપન કરાવો. તેને તમારા કાનની નજીક લાવો.
- શું તમે કોઈ ધ્વનિ સાંભળી શકો છો ?
- કંપિત ધ્વનિ ચીપિયાની એક ભુજાને તમારી આંગળી વડે સ્પર્શ કરો અને તમને થતો અનુભવ તમારા મિત્રો સાથે ચર્ચો.
- હવે એક આધાર પરથી ટેબલ ટેનિસ બૉલ કે નાના પ્લાસ્ટિકના બૉલને દોરી વડે લટકાવો. (એક મોટી સોય અને દોરી લો. દોરાના એક છેડે ગાંઠ મારો અને સોયની મદદથી બૉલને દોરીમાં પરોવો.) કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાને હળવેથી બૉલના સંપર્કમાં લાવો. (આકૃતિ 12.1)
- અવલોકન કરો કે શું થાય છે અને તેની ચર્ચા તમારા મિત્રો સાથે કરો.



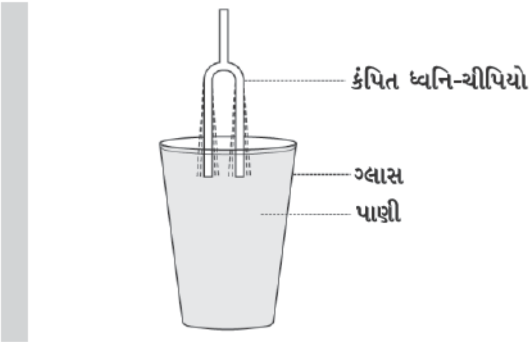
આકૃતિ 12.1 : કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયો લટકાવેલ ટેનિસ બૉલને સહેજ અડકાવેલ છે

પ્રવૃત્તિ ______ 12.2

- એક બીકર અથવા ગ્લાસમાં ઉપરની કિનારી સુધી પાણી ભરો. કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની એક ભુજાને આકૃતિ 12.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર પાણીની સપાટી સાથે સ્પર્શ કરાવો.
- હવે આકૃતિ 12.3માં દર્શાવ્યા અનુસાર કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની બંને ભુજાઓને પાણીમાં ડુબાડો.
- બંને અવસ્થાઓમાં શું થાય છે તેનું અવલોકન કરો.
- તમારા મિત્રો સાથે વિચાર-વિમર્શ કરો કે આવું કેમ થાય છે ?



આકૃતિ 12.2 : કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની એક ભુજાને પાણીની સપાટી સાથે સ્પર્શ કરાવેલ છે.



આકૃતિ 12.3 : કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયાની બંને ભુજાને પાણીમાં ડુબાડેલ છે

ઉપરની પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા તમે શું નિષ્કર્ષ તારવો છો ? શું તમે કંપિત વસ્તુ સિવાય ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકો છો ?

અત્યાર સુધી વર્ણવેલ પ્રવૃત્તિઓમાં આપણે કંપિત ધ્વનિ-ચીપિયામાં આઘાત દ્વારા ધ્વનિ ઉત્પન્ન કર્યો. આપણે જુદી-જુદી વસ્તુઓમાં ઘર્ષણ દ્વારા, ખોતરવાથી (Scratch), ઘસવાથી, હવા ફૂંકીને અથવા તેને હલાવીને ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી શકીએ છીએ. આ પ્રવૃત્તિઓમાં આપણે શું કરીએ છીએ ? આપણે વસ્તુઓને કંપિત કરીએ છીએ અને ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરીએ છીએ. કંપનનો અર્થ એ થાય છે કે વસ્તુની ઝડપથી વારંવાર આમ તેમ કે આગળ પાછળ ગતિ. મનુષ્યમાં ધ્વનિ તેના વાક્-તંતુઓના કંપનના કારણે ઉત્પન્ન થાય છે. જ્યારે કોઈ પક્ષી પોતાની પાંખો ફફડાવે ત્યારે શું તમે કોઈ ધ્વનિ સાંભળો છો ? શું તમે જાણો છો કે માખી ગણગણાટનો ધ્વનિ કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરે છે ? એક ખેંચેલ રબર બૅન્ડને વચ્ચેથી ખેંચીને છોડી દેતા તે કંપન કરે છે અને ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે. જો તમે ક્યારેય એવું કર્યું ન હોય તો હવે આ પ્રવૃત્તિ કરો અને ખેંચાયેલ રબર બૅન્ડમાં કંપનો જુઓ.

પ્રવૃત્તિ ______ 12.3

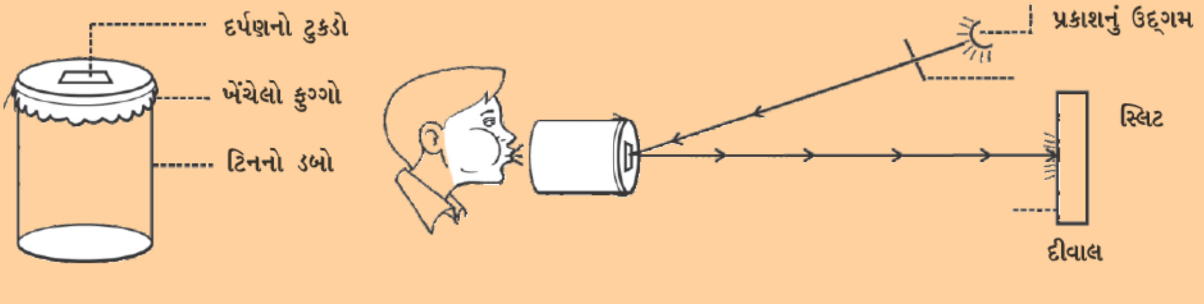
- જુદાં-જુદાં વાજિંત્રોની યાદી તૈયાર કરો તથા તમારા મિત્રો સાથે વિચાર-વિમર્શ કરો કે ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરવા માટે આ વાજિંત્રોનો કયો ભાગ કંપન કરે છે.

12.2 ધ્વનિનું પ્રસરણ (Propagation of Sound)

કંપિત વસ્તુઓ દ્વારા ધ્વનિ ઉત્પન્ન થાય છે. જે દ્રવ્ય અથવા પદાર્થમાંથી ધ્વનિનું પ્રસરણ થાય છે, તેને માધ્યમ કહે છે. તે ઘન, પ્રવાહી કે વાયુ હોઈ શકે. કોઈ સ્રોતમાંથી ઉત્પન્ન થતો ધ્વનિ સાંભળનાર વ્યક્તિ સુધી કોઈ માધ્યમમાં પસાર થઈને જ પહોંચે છે. જ્યારે કોઈ વસ્તુ કંપન કરતી હોય ત્યારે તે પોતાની આસપાસ રહેલા માધ્યમના કણોને કંપિત કરે છે. આ કણ કંપિત વસ્તુથી આપણા કાન સુધી જાતે ગતિ કરીને પહોંચતો નથી. સૌપ્રથમ કંપિત વસ્તુના સંપર્કમાં રહેલ માધ્યમનો કણ પોતાની સંતુલન સ્થિતિમાંથી સ્થાનાંતરિત થાય છે. તે પોતાની બાજુમાં અડીને રહેલા કણો પર એક બળ લગાવે છે જેનાં પરિણામ સ્વરૂપ સંલગ્ન કણો પોતાની સંતુલિત અવસ્થામાંથી સ્થાનાંતરિત થાય છે. નજીકના કણનું સ્થાનાંતર થયા બાદ પ્રથમ કણ પોતાની મૂળ સ્થિતિમાં પાછો આવે છે. માધ્યમમાં આ પ્રક્રિયા ત્યાં સુધી

શું ધ્વનિ પ્રકાશના એક ટપકાને નૃત્ય કરાવી શકે છે ?

એક ટિનનો ડબો લો. તેના બંને છેડાઓને કાપીને પોલો નળાકાર બનાવો. એક ફુગ્ગો લો અને તેને ડબા પર ખેંચીને લગાવી દો. ફુગ્ગાની આ સપાટીની ચારેબાજુ એક રબરબૅન્ડ લગાવી દો. સમતલ દર્પણનો એક નાનો ટુકડો લો. દર્પણના આ ટુકડાને ગુંદરની મદદથી ફુગ્ગા પર એવી રીતે ચોંટાડો કે જેથી તેની ચકચકિત સપાટી ઉપર તરફ રહે. એક સ્લિટમાંથી આવતા પ્રકાશને દર્પણ પર પડવા દો. પરાવર્તન બાદ પ્રકાશનું એક બિંદુ દીવાલ પર પહોંચે છે જે આકૃતિ 12.4માં દર્શાવેલ છે. ડબાના ખુલ્લા ભાગ આગળ તમારા મુખમાંથી જોરથી અવાજ કરો. દીવાલ પર પ્રકાશનું બિંદુ નૃત્ય કરતું દેખાશે. તમારા મિત્રો સાથે પ્રકાશનાં ટપકાંના નૃત્યનું કારણ ચર્ચો.

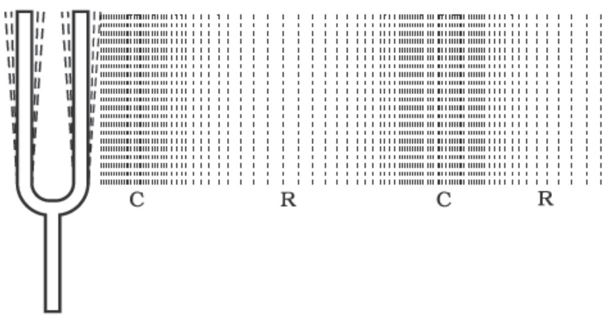


આકૃતિ 12.4 : પ્રકાશ સ્રોતમાંથી આવતું પ્રકાશનું કિરણ પરાવર્તક પર આપાત થાય છે. પરાવર્તિત પ્રકાશ દીવાલ પર પડે છે

ચાલતી રહે છે જ્યાં સુધી ધ્વનિ આપણા કાન સુધી ન પહોંચે. માધ્યમમાં ધ્વનિ દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલો વિક્ષોભ આગળ પ્રસરણ પામે છે, નહિ કે માધ્યમનો કણ.

તરંગ એક વિક્ષોભ છે જે કોઈ માધ્યમમાં ગતિ કરે છે તથા માધ્યમના નિકટવર્તી કણોમાં ગતિ ઉત્પન્ન કરે છે. માધ્યમના કણો પોતે આગળની દિશામાં ગતિ કરવા લાગતાં નથી પરંતુ વિક્ષોભને આગળ વધારે છે. કોઈ માધ્યમમાં ધ્વનિના પ્રસરણ વખતે આ મુજબની પ્રક્રિયા થાય છે તેથી ધ્વનિને તરંગ સ્વરૂપે જ ઓળખી શકાય છે. ધ્વનિ-તરંગોની લાક્ષણિકતા માધ્યમના કણોની ગતિ દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે તથા તેને યાંત્રિક તરંગો કહે છે.

ધ્વનિના પ્રસરણ માટે હવા સૌથી સામાન્ય માધ્યમ છે. જ્યારે કોઈ કંપિત વસ્તુ આગળની તરફ કંપન કરે છે ત્યારે પોતાની સામેની હવાને ધક્કો મારી સંકોચન ઉત્પન્ન કરે છે અને આ રીતે એક ઉચ્ચ દબાણનું ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્ષેત્રને સંઘનન (C), કહે છે. આકૃતિ (12.5). આ સંઘનન કંપિત વસ્તુથી દૂર તરફ ગતિ શરૂ કરે છે. જ્યારે કંપિત વસ્તુ પાછળની તરફ કંપન કરે ત્યારે નીચા દબાણનું ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે જેને વિઘનન (R) કહે છે. આકૃતિ (12.5). જ્યારે વસ્તુ કંપન કરતી હોય એટલે કે આગળ અને પાછળ ખૂબ જ ઝડપથી ગતિ કરતી હોય ત્યારે હવામાં સંઘનન અને વિઘનનની એક શ્રેણી રચાય છે. આ સંઘનન અને વિઘનન ધ્વનિ-તરંગનું નિર્માણ કરે છે જે માધ્યમમાં પ્રસરણ પામે છે. સંઘનન ઉચ્ચ દબાણનું ક્ષેત્ર છે જ્યારે વિઘનન નિમ્ન દબાણનું ક્ષેત્ર છે. દબાણ માધ્યમના આપેલ કદમાં રહેલા કણોની સંખ્યા પર આધારિત હોય છે. કોઈ માધ્યમમાં, કણોની વધારે ઘનતા વધારે દબાણ અને ઓછી ઘનતા ઓછું દબાણ દર્શાવે છે. આમ, ધ્વનિનું પ્રસરણ માધ્યમમાં ઘનતા-સ્પંદન અથવા દબાણ-સ્પંદન સ્વરૂપે પણ જોઈ શકાય.



આકૃતિ 12.5 : કંપિત વસ્તુ કોઈ માધ્યમમાં સંઘનન (C) તથા વિઘનન (R)ની શ્રેણી રચે છે

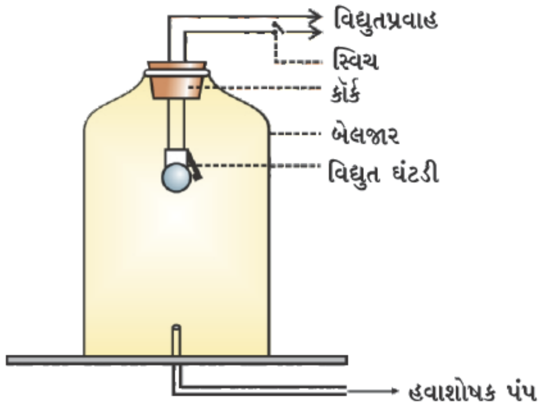
પ્રશ્ન :

1. કોઈ માધ્યમમાં કંપિત વસ્તુ દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલ ધ્વનિ તમારા કાન સુધી કેવી રીતે પહોંચે છે ?

12.2.1 ધ્વનિ-પ્રસરણ માટે માધ્યમની આવશ્યકતા હોય છે (Sound Needs a Medium to Travel)

ધ્વનિ એક યાંત્રિક તરંગ છે અને પ્રસરણ માટે કોઈ માધ્યમ જેમ કે હવા, પાણી, સ્ટીલ વગેરેની જરૂરિયાત હોય છે. ધ્વનિના તરંગો શૂન્યાવકાશમાંથી પસાર થઈ શકતાં નથી, તે નીચેના પ્રયોગ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે :

પ્રયોગ : એક વિદ્યુતઘંટડી અને એક કાચની હવાચુસ્ત બૅલજાર લો. વિદ્યુતઘંટડીને બેલજારમાં લટકાવો. બૅલજારને આકૃતિ 12.6માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક હવાશોષક પંપ સાથે જોડો. જો તમે સ્વિચ દબાવશો તો તમે ઘંટડીનો અવાજ સાંભળી શકશો. હવે હવાશોષક (Vacuum) પંપને ચાલુ કરો જ્યારે બૅલજારમાંથી વાયુ ધીરે-ધીરે બહાર નીકળે છે ત્યારે ઘંટડીમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ પહેલાં જેટલો હોવા છતાં તેનો અવાજ ધીમો થતો જાય છે. થોડા સમય બાદ જ્યારે બેલજારમાં બહુ જ ઓછી હવા રહે ત્યારે ખૂબ જ ધીમો અવાજ સંભળાય છે. જો બૅલજારમાંથી બધી જ હવા કાઢી લેવામાં આવે તો શું થશે ? શું આ સ્થિતિમાં પણ તમે ઘંટડીનો અવાજ સાંભળી શકશો ?



આકૃતિ 12.6 : શૂન્યાવકાશમાં ધ્વનિનું પ્રસરણ થતું નથી તે દર્શાવતો બેલજારનો પ્રયોગ

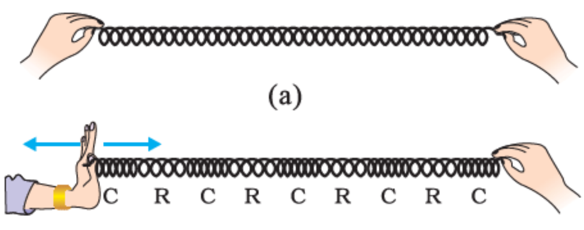
પ્રશ્નો :

1. તમારી શાળાનો ઘંટ, ધ્વનિ કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરે છે તે સમજાવો.
2. ધ્વનિ-તરંગોને યાંત્રિક તરંગો કેમ કહે છે ?
3. માની લો કે તમે તમારા મિત્ર સાથે ચંદ્ર પર ગયા છો, શું તમે તમારા મિત્ર દ્વારા ઉત્પન્ન કરવામાં આવેલ ધ્વનિ સાંભળી શકશો ?

12.2.2 ધ્વનિ-તરંગો સંગત તરંગો છે (Sound Waves are Longitudinal Waves)

પ્રવૃત્તિ ________ 12.4

- એક સ્લિંકી (લાંબી સ્પ્રિંગ-Slinky) લો. તેનો એક છેડો તમારા મિત્રને પકડવાનું કહો અને બીજો છેડો તમે પકડો. હવે આ લાંબી સ્પ્રિંગને આકૃતિ 12.6 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ખેંચો. હવે તેને તમારા મિત્ર તરફ અચાનક ધક્કો આપો.
- તમે શું જુઓ છો ? જો તમે તમારા હાથથી સ્લિંકીને સતત આગળ-પાછળ એક પછી એક ધક્કો મારતા તથા ખેંચતા રહેશો તો તમે શું જોશો ?
- જો તમે સ્લિંકી પર એક ચિહ્ન લગાવી દો તો તમે જોશો કે સ્લિંકી પર લગાડેલ ચિહ્ન વિક્ષોભના પ્રસરણની દિશાને સમાંતર આગળ-પાછળ ગતિ કરે છે.



આકૃતિ 12.7 : સ્લિંકીમાં સંગત તરંગો

એવા વિસ્તારો કે જ્યાં સ્લિંકીના આંટાઓ પાસપાસે આવી જાય છે તેને સંઘનન (C) તથા જે વિસ્તારોમાં સ્લિંકીના આંટાઓ દૂર-દૂર ગોઠવાય છે તેને વિઘનન (R) કહે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે કોઈ માધ્યમમાં ધ્વનિ સંઘનન અને વિઘનન સ્વરૂપે પ્રસરણ પામે છે. હવે આપણે સ્લિંકીમાં વિક્ષોભના પ્રસરણની કોઈ માધ્યમમાં વિક્ષોભના સંચરણ સાથે તુલના કરી શકીએ. આ તરંગોને સંગત તરંગો કહે છે. આ તરંગોમાં માધ્યમના કણોનું સ્થાનાંતર સંચરણની દિશાને સમાંતર થાય છે. કણ એક સ્થાનથી બીજા સ્થાન સુધી ગતિ નથી કરતા; પરંતુ પોતાના સમતોલન સ્થાનની આસપાસ આગળ-પાછળ દોલન કરે છે. ધ્વનિ-તરંગો પણ આ જ રીતે સંચરણ પામે છે તેથી ધ્વનિતરંગોને સંગત તરંગો કહે છે.

તરંગનો એક બીજો પણ પ્રકાર છે જેને લંબગત તરંગ કહે છે. લંબગત તરંગમાં કણો તરંગના પ્રસરણની દિશામાં દોલનો કરતાં નથી પરંતુ જેમ તરંગનું પ્રસરણ થાય છે તેમ તેઓ પોતાના મધ્યમાન સ્થાનની આસપાસ ઉપર અને નીચે તરફ ગતિ કરે છે. આ પ્રકારના તરંગોને લંબગત તરંગ કહે છે. આમ, લંબગત તરંગો એવા તરંગો છે કે જેમાં માધ્યમના કણ સ્વતંત્ર રીતે પોતાના મધ્યમાન સ્થાન પર તરંગના પ્રસરણની દિશાને લંબરૂપે ગતિ કરતા હોય. પ્રકાશ લંબગત તરંગ છે; પરંતુ પ્રકાશનાં દોલનો માધ્યમના કણો અથવા તેના દબાણ કે તેની ઘનતાને લીધે થતા નથી. પ્રકાશના તરંગો યાંત્રિક તરંગો નથી. તમે લંબગત તરંગો વિશે વધારે માહિતી આગળનાં ધોરણોમાં મેળવશો.

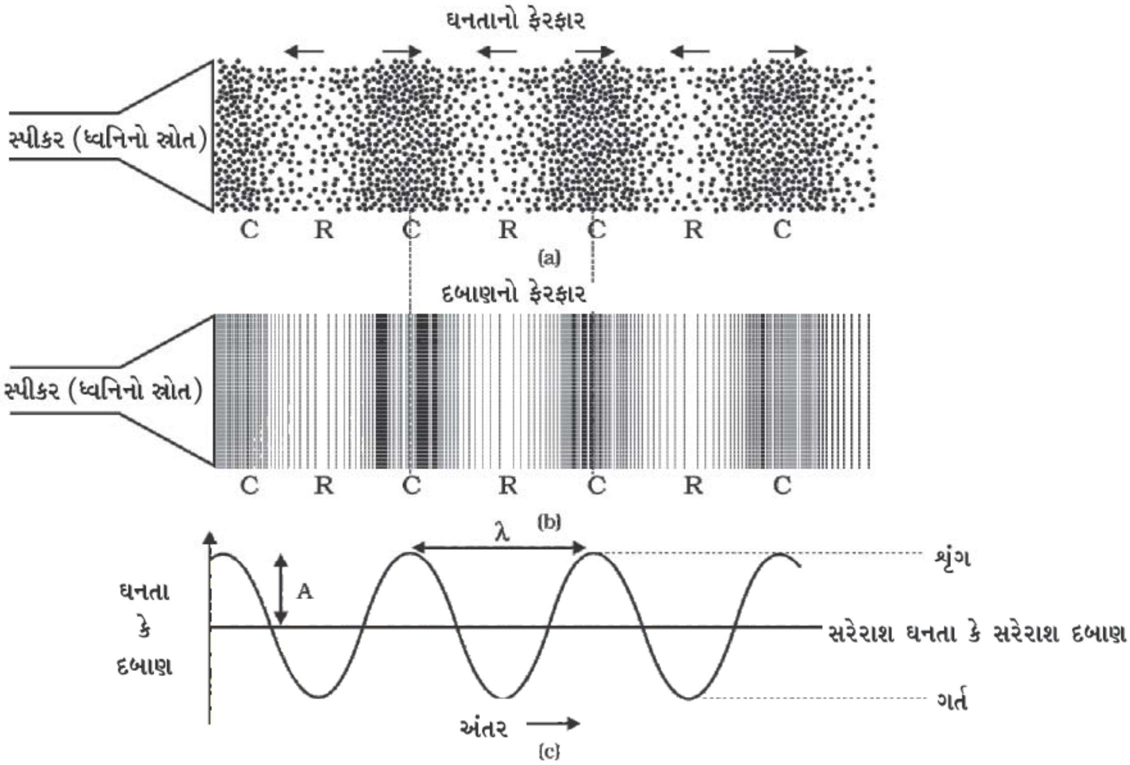
12.2.3 ધ્વનિ-તરંગોના ગુણધર્મો (Characteristics of a Sound Wave)

આપણે કોઈ ધ્વનિ તરંગને તેની

- આવૃત્તિ
- કંપવિસ્તાર અને
- ઝડપ વડે વર્ણવી શકીએ છીએ.

ધ્વનિ-તરંગોને આલેખ સ્વરૂપે આકૃતિ 12.8 (c)માં દર્શાવેલ છે, જે દર્શાવે છે કે જ્યારે ધ્વનિ-તરંગ કોઈ માધ્યમમાં ગતિ કરે છે ત્યારે સમય સાથે ઘનતા અને દબાણમાં કેવાં પરિવર્તનો થાય છે. કોઈ નિશ્ચિત સમય પર માધ્યમની ઘનતા તથા દબાણ તેમના સરેરાશ મૂલ્યથી ઉપર તથા નીચે અંતરની સાથે બદલાય છે. આકૃતિ 12.8 (a) તથા 12.8 (b) દર્શાવે છે કે જ્યારે ધ્વનિ તરંગ માધ્યમમાં પ્રસરણ પામે ત્યારે ઘનતા તથા દબાણમાં કેવા ફેરફારો થાય છે.

સંઘનન એવું ક્ષેત્ર છે કે જ્યાં કણ પાસે-પાસે આવી જાય છે, જેને વક્રના ઉપરના ભાગ તરીકે દર્શાવેલ છે (આકૃતિ 12.8 (c)). ટોચ મહત્તમ સંઘનનના ક્ષેત્રને દર્શાવે છે. આમ, સંઘનન એવું ક્ષેત્ર છે કે જ્યાં ઘનતા અને દબાણ બંને વધારે હોય છે.



આકૃતિ 12.8 : આકૃતિ 12.8 (a) તથા 12.8 (b)માં દર્શાવેલ છે કે ધ્વનિ ઘનતા કે દબાણના ઉતાર-ચઢાવના રૂપમાં પ્રસરણ પામે છે. આકૃતિ 12.8 (c)માં ઘનતા તથા દબાણમાં ઉતાર-ચઢાવને આલેખીય રીતે દર્શાવેલ છે.

વિઘનન નિમ્ન દબાણનું ક્ષેત્ર છે જ્યાં કણ એકબીજાથી દૂર ફેલાઈ જાય છે, જેને ખાડા વડે દર્શાવેલ છે, જેને વક્રમાં નીચેના ભાગ વડે દર્શાવેલ છે (આકૃતિ 12.8 (c)).

ટોચને તરંગનું શૃંગ તથા ખાડાને ગર્ત કહે છે. બે ક્રમિક સંઘનનો (C) અથવા બે ક્રમિક વિઘનનો (R) વચ્ચેના અંતરને તરંગલંબાઈ કહે છે. તરંગલંબાઈને સામાન્ય રીતે λ (ગ્રીક અક્ષર લૅમ્ડા) વડે દર્શાવાય છે. જેનો SI એકમ મીટર (m) છે.

હેનરિચ રુડોલ્ફ હર્ટ્ઝ (Heinrich Rudolph Hertz)નો જન્મ 22 ફેબ્રુઆરી, 1857માં હેમબર્ગ, જર્મનીમાં થયો હતો અને તેમનો અભ્યાસ બર્લિન વિશ્વવિદ્યાલયમાં થયો હતો. તેમણે જે. સી. મેક્સવેલ (J. C. Maxwell's)ના વિદ્યુત ચુંબકીય સિદ્ધાંતની પ્રાયોગિક સાબિતી આપી. તેમણે રેડિયો, ટેલિફોન, ટેલિગ્રાફ તથા ટેલિવિઝનના ભવિષ્યમાં વિકાસ માટેનો પાયો નાખ્યો. તેમણે પ્રકાશ-વિદ્યુત પ્રભાવની પણ શોધ કરી. જેને બાદમાં આલ્બર્ટ આઇન્સ્ટાઇને વ્યાખ્યાઇત કર્યું. આવૃત્તિના SI એકમનું નામ તેમના સન્માનમાં હર્ટ્ઝ રાખવામાં આવ્યું છે.

આવૃત્તિથી આપણને ખ્યાલ આવે છે કે કોઈ ઘટના એકમ સમયમાં કેટલી-વાર પુનરાવર્તિત થાય છે. માની લો કે તમે કોઈ ઢોલને ટીપીટીપીને વગાડો છો. તમે ઢોલને એક સેકન્ડમાં જેટલી-વાર ટીપશો તે તમારા દ્વારા ઢોલને વગાડવાની આવૃત્તિ છે. આપણે જાણીએ છીએ કે, જ્યારે ધ્વનિ કોઈ માધ્યમમાં પ્રસરણ પામે છે ત્યારે માધ્યમની ઘનતા કોઈ મહત્તમ તથા લઘુતમ મૂલ્યોની વચ્ચે બદલાય છે. ઘનતા અધિકતમ મૂલ્યથી લઘુતમ મૂલ્ય સુધી જઈ ફરી અધિકતમ મૂલ્ય સુધી પહોંચે ત્યારે એક દોલન પૂરું થાય છે. એકમ સમયમાં થતાં દોલનોની કુલ સંખ્યાને ધ્વનિ-તરંગની આવૃત્તિ કહે છે. જો આપણે એકમ સમયમાં આપણી પાસેથી પસાર થતાં સંઘનનો અથવા વિઘનનોની સંખ્યા ગણીએ તો આપણને ધ્વનિ-તરંગની આવૃત્તિ મળે છે. જેને સામાન્ય રીતે ν (ગ્રીક અક્ષર, ન્યૂ)થી દર્શાવાય છે. તેનો SI એકમ એકમ હર્ટ્ઝ (Hertz) (સંજ્ઞા, Hz) છે.

બે ક્રમિક સંઘનનો કે બે ક્રમિક વિઘનનોને કોઈ નિશ્ચિત બિંદુ પાસેથી પસાર થવા માટે લાગતા સમયને તરંગનો આવર્તકાળ કહે છે. તમે કહી શકો કે માધ્યમની ઘનતાનાં એક સંપૂર્ણ દોલન માટે લીધેલ સમયને ધ્વનિ-તરંગનો આવર્તકાળ

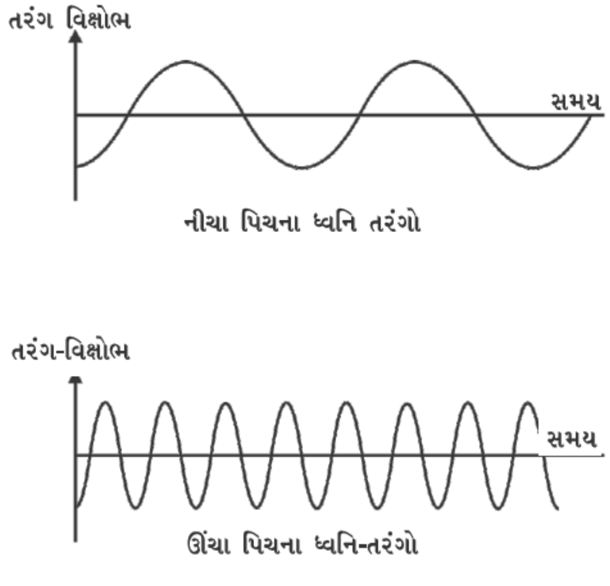
કહે છે. તેને T સંજ્ઞાથી દર્શાવાય છે. તેનો SI એકમ સેકન્ડ (s) છે. આવૃત્તિ તથા આવર્તકાળ વચ્ચેનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે દર્શાવાય છે :

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

કોઈ ઑરકેસ્ટ્રામાં વાયૉલિન તથા વાંસળી એક સાથે વગાડવામાં આવે છે. બંને ધ્વનિ એક જ માધ્યમમાં ગતિ કરી આપણા કાન સુધી સમાન સમયમાં પહોંચે છે. સ્રોતને ધ્યાનમાં લીધા સિવાય ઉત્પન્ન થતો ધ્વનિ સમાન વેગથી ગતિ કરે છે; પરંતુ, જે ધ્વનિઓ આપણે સાંભળીએ છીએ તે જુદા-જુદા છે. આનું કારણ ધ્વનિ સાથે સંકળાયેલા જુદા-જુદા ગુણધર્મો છે. પિચ (Pitch) આ પૈકીનો એક ગુણધર્મ છે.

કોઈ ઉત્સર્જિત ધ્વનિની આવૃત્તિનું આપણું મસ્તિષ્ક કેવું અર્થઘટન કરે છે તેને પિચ કહે છે. કોઈ સ્રોતમાં કંપન જેટલી ઝડપથી થાય છે તેની આવૃત્તિ તેટલી જ વધારે હોય છે તથા તેની પિચ પણ વધારે હોય છે. તેવી જ રીતે, જે ધ્વનિની પિચ ઓછી હોય તેની આવૃત્તિ પણ ઓછી હોય છે, જે આકૃતિ 12.9માં દર્શાવેલ છે. આમ, ઊંચી પિચવાળો ધ્વનિ માધ્યમના કોઈ સ્થિર બિંદુ પાસેથી એકમ સમયમાં પસાર થતાં વધુ સંખ્યાના સંઘનન તથા વિઘનન સાથે સંબંધિત છે.

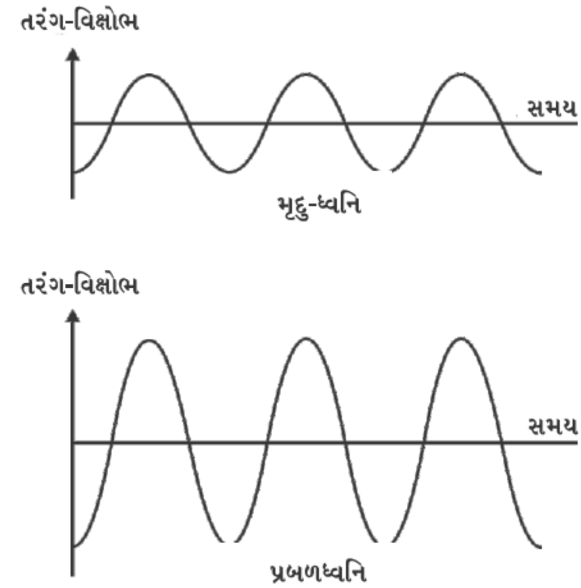
વિવિધ આકાર તથા અવસ્થાઓ ધરાવતી વસ્તુઓ જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ સાથે કંપન કરે છે તથા જુદી-જુદી પિચ ધરાવતો ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે.



આકૃતિ 12.9 : નીચા પિચના ધ્વનિની આવૃત્તિ ઓછી તથા ઊંચા પિચના ધ્વનિની આવૃત્તિ વધારે હોય છે

કોઈ માધ્યમમાં પ્રારંભિક અવસ્થાની કોઈએક બાજુ રહેલા મહત્તમ વિક્ષોભના સરેરાશ મૂલ્યને તરંગનો કંપવિસ્તાર કહે છે. તેને સામાન્ય રીતે A સંજ્ઞા વડે દર્શાવાય છે, જે આકૃતિ 12.8 (c)માં દર્શાવેલ છે. ધ્વનિ માટે તેનો એકમ દબાણ અથવા ઘનતાનો એકમ હોય છે.

ધ્વનિની પ્રબળતા અથવા મૃદુતા તેના કંપવિસ્તારથી જાણી શકાય છે. જો કોઈ ટેબલ પર ધીરેથી મુક્કો મારો તો તમને એક મૃદુ ધ્વનિ સંભળાશે કારણ કે આપણે ઓછી ઊર્જાનો ધ્વનિ-તરંગ ઉત્પન્ન કરેલ છે; પરંતુ જો ટેબલ પર જોરથી મુક્કો મારવામાં આવે, તો આપણને પ્રબળ ધ્વનિ સંભળાય છે. શું તમે તેનું કારણ કહી શકશો ? પ્રબળ ધ્વનિ લાંબા અંતર સુધી જઈ શકે છે કારણ કે તેની સાથે સંકળાયેલી ઊર્જા વધારે હોય છે. ધ્વનિ ઉત્પાદક સ્રોતમાંથી નીકળ્યા બાદ ધ્વનિ-તરંગો ફેલાઈ જાય છે. સ્રોતથી દૂર જતાં તેમનો કંપવિસ્તાર અને પ્રબળતા બંને ઘટતી જાય છે. આકૃતિ 12.10માં સમાન આવૃત્તિ પ્રબળ તથા મૃદુ ધ્વનિ તરંગોના આકારો દર્શાવેલા છે.



આકૃતિ 12.10 : મૃદુ-ધ્વનિનો કંપવિસ્તાર ઓછો તથા પ્રબળ ધ્વનિનો વધારે હોય છે

ધ્વનિની ગુણવત્તા અથવા (timbre-ધ્વનિ ગુણતા) એવી લાક્ષણિકતા છે જે આપણને સમાન પિચ અને તીવ્રતા ધરાવતા ધ્વનિઓને એકબીજાથી જુદા પાડવાની ક્ષમતા આપે છે. જે ધ્વનિ સુખદ અનુભવ આપે છે તેની ગુણવત્તા વધુ સારી ગણાય છે. એક જ આવૃત્તિ ધરાવતા ધ્વનિને ટોન (tone) કહે છે. અનેક આવૃત્તિઓનાં મિશ્રણથી ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિને સ્વર (note) કહે

છે અને તે સાંભળવામાં કર્ણપ્રિય હોય છે. ઘોંઘાટ (noise) કર્ણપ્રિય હોતો નથી. 'મ્યુઝિક' સાંભળવામાં સુખદ અને ઉચ્ચ ગુણવત્તા ધરાવે છે.

પ્રશ્નો :

1. તરંગનો કયો ગુણધર્મ નીચે દર્શાવેલ બાબતો નક્કી કરે છે ?

   (a) પ્રબળતા (b) પિચ

2. અનુમાન લગાવો કે નીચેનામાંથી કયા ધ્વનિની પિચ વધારે છે ?

   (a) ગિટાર (b) કારનું હૉર્ન

તરંગના કોઈ એક બિંદુ જેમ કે સંઘનન કે વિઘનન દ્વારા એકમ સમયમાં કાપેલ અંતરને તરંગનો વેગ કહે છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે,

$$\text{વેગ} = \frac{\text{અંતર}}{\text{સમય}}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

અહીં λને ધ્વનિ-તરંગની તરંગ-લંબાઈ કહે છે. તે ધ્વનિ-તરંગ દ્વારા આવર્તકાળ (T) જેટલા સમયમાં કપાયેલ અંતર દર્શાવે છે.

$$\therefore \quad v = \lambda \nu \quad \left(\because \nu = \frac{1}{T}\right)$$

$$\therefore \quad \text{વેગ} = \text{તરંગલંબાઈ} \times \text{આવૃત્તિ}$$

આપેલ માધ્યમમાં સમાન ભૌતિક પરિસ્થિતિમાં ધ્વનિનો વેગ બધી આવૃત્તિઓ માટે લગભગ સમાન હોય છે.

ઉદાહરણ 12.1 : કોઈ ધ્વનિતરંગની આવૃત્તિ 2 kHz તથા તરંગલંબાઈ 35 cm છે. તો 1.5 km અંતર કાપવા માટે કેટલો સમય લેશે ?

ઉકેલ :

આપેલ છે,

આવૃત્તિ ν = 2 kHz = 2000 Hz

તરંગલંબાઈ λ = 35 cm = 0.35 m

આપણે જાણીએ છીએ કે, તરંગનો વેગ v

= તરંગલંબાઈ × આવૃત્તિ

= 0.35 m × 2000 Hz

$$= 700\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

તરંગે 1.5 km અંતર કાપવા માટે લીધેલ સમય

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1.5\ \text{km}}{700\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= \frac{1500\ \text{m}}{700\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

= 2.1 s

આમ, ધ્વનિ 1.5 km અંતર કાપવા માટે 2.1 s જેટલો સમય લેશે.

પ્રશ્નો :

1. કોઈ ધ્વનિ-તરંગ માટે તરંગલંબાઈ, આવૃત્તિ, આવર્તકાળ અને કંપવિસ્તાર એટલે શું ?
2. કોઈ ધ્વનિ-તરંગની તરંગલંબાઈ તથા આવૃત્તિ તેના વેગ સાથે કેવો સંબંધ ધરાવે છે ?
3. આપેલ માધ્યમમાં એક ધ્વનિ-તરંગની આવૃત્તિ 220 Hz અને ઝડપ 440 m/s છે. આ તરંગની તરંગલંબાઈ ગણો.
4. કોઈ ધ્વનિ સ્રોતથી 450 m દૂર બેઠેલ કોઈ વ્યક્તિ 500 Hzનો ટોન સાંભળે છે. સ્રોતથી વ્યક્તિ સુધી પહોંચવાવાળા બે ક્રમિક સંઘનન વચ્ચેનો સમયગાળો કેટલો હશે ?

ધ્વનિ પ્રસરણની દિશાને લંબરૂપે રહેલા એકમ ક્ષેત્રફળમાંથી એક સેકન્ડમાં પસાર થતી ધ્વનિ ઊર્જાને ધ્વનિની તીવ્રતા કહે છે. ઘણી વાર આપણે 'પ્રબળતા' તથા 'તીવ્રતા' શબ્દનો એકબીજાના પર્યાયરૂપે ઉપયોગ કરીએ છીએ; પરંતુ તેનો અર્થ એક જ નથી. પ્રબળતા ધ્વનિ માટે કાનની સંવેદનશીલતાનું માપ છે. બે ધ્વનિ સમાન તીવ્રતાના હોઈ શકે તે છતાં પણ આપણે એકને બીજાની સાપેક્ષમાં વધારે પ્રબળ ધ્વનિ તરીકે સાંભળી શકીએ છીએ. કારણ કે આપણા કાન તેના માટે વધારે સંવેદનશીલ છે.

પ્રશ્ન :

1. ધ્વનિની પ્રબળતા તથા તીવ્રતા વચ્ચેનો તફાવત જણાવો.

12.2.4 જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં ધ્વનિની ઝડપ (Speed of Sound in Different Media)

માધ્યમમાં ધ્વનિ એક ચોક્કસ ઝડપથી ગતિ કરે છે. ચોમાસામાં વાદળોની ગર્જનાનો અવાજ વીજળીના ઝબકારા કરતા થોડો

મોડો સંભળાય છે તેથી, આપણે એ નિષ્કર્ષ તારવી શકીએ કે ધ્વનિનો વેગ પ્રકાશના વેગની સાપેક્ષમાં બહુ જ ઓછો છે. ધ્વનિનો વેગ તે જે માધ્યમમાં પ્રસરણ પામે છે તેના ગુણધર્મો પર આધાર રાખે છે. તમે આ હકીકત આગળનાં ધોરણોમાં શીખશો. કોઈ માધ્યમમાં ધ્વનિનો વેગ માધ્યમના તાપમાન પર આધાર રાખે છે. ધ્વનિની ઝડપ ઘનથી વાયુ અવસ્થા તરફ જતાં ઘટતી જાય છે. કોઈ માધ્યમમાં તાપમાન વધારતાં ધ્વનિની ઝડપ વધે છે. ઉદાહરણ તરીકે, ધ્વનિની હવામાં ઝડપ 331 m s^{-1} જેટલી 0 °C તાપમાને હોય છે જ્યારે 22 °C તાપમાને 344 m s^{-1} હોય છે. કોષ્ટક 2.1માં જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં એક નિશ્ચિત તાપમાને ધ્વનિની ઝડપ દર્શાવેલ છે. જે તમારે યાદ રાખવાની જરૂર નથી.

કોષ્ટક 12.1 : જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં 25° C પર ધ્વનિનો વેગ

અવસ્થા	પદાર્થ	વેગ m/s
ઘન	ઍલ્યુમિનિયમ	6420
	નિકલ	6040
	સ્ટીલ	5960
	લોખંડ	5950
	પિત્તળ	4700
	કાચ (ફ્લિન્ટ)	3980
પ્રવાહી	પાણી (સમુદ્ર)	1531
	પાણી (શુદ્ધ)	1498
	ઈથેનોલ	1207
	મિથેનોલ	1103
વાયુ	હાઈડ્રોજન	1284
	હિલીયમ	965
	હવા	346
	ઑક્સિજન	316
	સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ	213

પ્રશ્ન :

1. ચોક્કસ તાપમાને, હવા, પાણી અથવા લોખંડ પૈકી કયા માધ્યમમાં ધ્વનિ સૌથી વધારે ઝડપથી ગતિ કરશે ?

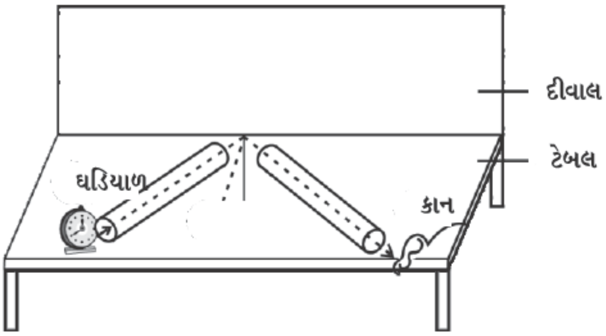
ધ્વનિ બૂમ (Sonic Boom) : જ્યારે કોઈ પદાર્થ ધ્વનિની ઝડપ કરતાં વધારે ઝડપથી ગતિ કરે છે ત્યારે તેને સુપર સોનિક ઝડપથી ગતિ કરતો કહે છે. ગોળીઓ (Bullets) જૅટ વિમાન વગેરે મોટે ભાગે સુપરસોનિક ઝડપથી ગતિ કરે છે. જ્યારે ધ્વનિ ઉત્પાદક કેન્દ્ર ધ્વનિની ઝડપ કરતાં વધારે ઝડપથી ગતિ કરતું હોય ત્યારે તે વાયુમાં શૉક વેવ (Shock Wave) ઉત્પન્ન કરે છે. આ Shock Wave માં ખૂબ જ વધારે ઊર્જા હોય છે. આ પ્રકારના શૉક વેવથી વાયુના દબાણમાં થતાં ફેરફારના કારણે એક ખૂબ જ તીક્ષ્ણ અને પ્રબળ ધ્વનિ ઉત્પન્ન થાય છે, જેને 'ધ્વનિ બૂમ' કહે છે. સુપર સોનિક વાયુયાનમાં ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિ બૂમમાં એટલી માત્રામાં ઊર્જા હોય છે કે તે બારીઓના કાચ તોડી શકે છે અને ક્યારેક ઇમારતોને પણ નુક્સાન પહોંચાડી શકે છે.

12.3 ધ્વનિનું પરાવર્તન (Reflection of Sound)

કોઈ ઘન અથવા પ્રવાહી સપાટી પરથી ધ્વનિ અથડાઈને એવી રીતે પાછો વળે છે જેવી રીતે કોઈ રબરનો દડો દીવાલને અથડાઈને પાછો ફરે. પ્રકાશની જેમ ધ્વનિ પણ કોઈ ઘન કે પ્રવાહીની સપાટી પરથી પરાવર્તિત થાય છે તથા તે પરાવર્તનના બધા જ નિયમોનું પાલન કરે છે જેનો અભ્યાસ તમે આગળનાં ધોરણમાં કરી ચૂક્યા છો. સપાટી પરથી પરાવર્તન પામતા તથા સપાટી પર આપાત થયેલ ધ્વનિના તરંગો એ સપાટી સાથે આપાત બિંદુ પાસે દોરેલ લંબ સાથે સમાન ખૂણો બનાવે છે અને આ ત્રણેય એક જ સમતલમાં હોય છે. ધ્વનિ-તરંગોના પરાવર્તન માટે મોટા આકારના અવરોધકની જરૂરિયાત પડે છે પછી તે ચકચકિત હોય કે ખરબચડા.

પ્રવૃત્તિ 12.5

- આકૃતિ 12.11માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બે સમાન પાઇપ લો. તમે ચાર્ટપેપરની મદદથી આવા પાઇપ બનાવી શકો છો.
- પાઇપોની લંબાઈ પૂરતી હોવી જોઈએ (ચાર્ટપેપરની લંબાઈ જેટલી).
- તેમને દીવાલની નજીક ટેબલ પર વ્યવસ્થિત ગોઠવો. એક પાઇપના ખુલ્લા છેડા પાસે ઘડિયાળ મૂકો જ્યારે બીજા પાઇપ પાસે આ ઘડિયાળનો ધ્વનિ સાંભળવાનો પ્રયત્ન કરો.
- બંને પાઇપોની સ્થિતિ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તમને ઘડિયાળનો અવાજ સ્પષ્ટ સંભળાય.
- હવે આપાતકોણ અને પરાવર્તનકોણ માપો તથા તેમની વચ્ચેનો સંબંધ ચકાસો.
- જમણી બાજુની પાઇપને ઊર્ધ્વદિશામાં થોડે ઊંચે સુધી લઈ જાવ અને જુઓ શું થાય છે ? (ઘડિયાળના સ્થાને કંપિત અવસ્થામાં રાખેલો મોબાઇલ ફોનનો પણ ઉપયોગ કરી શકાય છે.)



આકૃતિ 12.11 : ધ્વનિનું પરાવર્તન

12.3.1 પડઘો (Echo)

જો આપણે યોગ્ય પરાવર્તક વસ્તુ જેવી કે ઊંચી ઇમારત અથવા પહાડની નજીક જોરથી બૂમ પાડીએ કે તાળી પાડીએ તો થોડા સમય પછી તે જ ધ્વનિ આપણને ફરી સંભળાય છે. તમને સંભળાતા આ ધ્વનિને પડઘો કહે છે. આપણા મગજમાં ધ્વનિની સંવેદના લગભગ 0.1 sec સુધી રહે છે. પડઘો સ્પષ્ટ રીતે સંભળાય તે માટે મૂળ ધ્વનિ અને પરાવર્તિત ધ્વનિ વચ્ચે ઓછામાં ઓછો 0.1 secનો સમયગાળો ચોક્કસ હોવો જોઈએ. જો આપણે આપેલ તાપમાન જેમકે 22° C પર ધ્વનિનો વેગ 344 m/s લઈએ, તો ધ્વનિને અવરોધક સુધી જવા તથા પરાવર્તન પછી શ્રોતા સુધી પહોંચવા વચ્ચેનો સમયગાળો 0.1 sec કે તેથી થોડો વધુ હોવો જોઈએ. આમ, શ્રોતાથી પરાવર્તક સપાટી સુધી જવા તથા પાછા આવવા માટે ધ્વનિ દ્વારા કપાયેલ કુલ અંતર ઓછામાં ઓછું (344 m/s) × 0.1s = 34.4 m હોવું જોઈએ. આમ, પડઘાઓ સ્પષ્ટ સાંભળવા માટે અવરોધકનું ધ્વનિ-સ્રોતથી લઘુતમ અંતર ધ્વનિએ કાપેલા કુલ અંતરથી અડધું એટલે કે 17.2 m હોવું જોઈએ. આ અંતર હવાના તાપમાન સાથે બદલાય છે કારણ કે, તાપમાન સાથે ધ્વનિનો વેગ પણ બદલાય છે. ધ્વનિના વારંવાર થતાં પરાવર્તનના કારણે આપણને એકથી વધારે વખત પડઘો સંભળાઈ શકે છે. વાદળોના ગડગડાટનો ધ્વનિ પણ ઘણી પરાવર્તક સપાટીઓ જેમકે વાદળો તથા જમીન પરથી વારંવાર પરાવર્તનના ફળસ્વરૂપે ઉત્પન્ન થયો હોય છે.

12.3.2 અનુરણન (Reverberation)

કોઈ મોટા ઓરડામાં ઉત્પન્ન થતો ધ્વનિ દીવાલો પરથી વારંવાર પરાવર્તન પામવાનાં કારણે લાંબા સમય સુધી જળવાઈ રહે છે, જ્યાં સુધી તેની તીવ્રતા ખૂબ જ ઓછી ન થાય. આ વારંવાર પરાવર્તનનાં કારણે જે પ્રબળ ધ્વનિ મળે છે તેને અનુરણન (Reverberation) કહે છે. કોઈ સભામંડપ કે મોટા હૉલમાં વધારે પડતું અનુરણન અનિચ્છનીય છે. અનુરણન ઓછું કરવા માટે હૉલની છત તથા દીવાલો પર ધ્વનિશોષક પદાર્થો જેવા કે દબાવેલા ફાઈબર બૉર્ડ, રફ પ્લાસ્ટર અથવા પડદા લગાડવામાં આવે છે. સીટોના પદાર્થની પસંદગી પણ તેના ધ્વનિ-શોષકતાના ગુણોને આધારે કરવામાં આવે છે.

ઉદાહરણ 12.2 : એક વ્યક્તિ એક ભેખડ પાસે તાળી પાડે છે. તેની 2 sec બાદ તેનો પડઘો સંભળાય છે. જો ધ્વનિનો વેગ 346 m/s લઈએ, તો ભેખડ અને વ્યક્તિ વચ્ચેનું અંતર કેટલું હશે ?

ઉકેલ :

ધ્વનિનો વેગ $v = 346\ m\ s^{-1}$

પડઘો સાંભળવા માટે લીધેલ સમય,

$t = 2$ s

ધ્વનિ દ્વારા કપાયેલ અંતર

$= v \times t$

$= 346\ m\ s^{-1} \times 2\ s$

$= 1730$ m

2 sમાં ધ્વનિ ભેખડ તથા વ્યક્તિની વચ્ચે બમણું અંતર કાપશે તેથી ભેખડ અને વ્યક્તિ વચ્ચેનું અંતર

$$= \frac{1730\ m}{2} = 865\ m$$

પ્રશ્ન :

1. કોઈ પડઘો 3 sec પછી સંભળાય છે. જો ધ્વનિનો વેગ 342 m s^{-1} હોય, તો સ્રોત અને પરાવર્તક સપાટી વચ્ચેનું અંતર કેટલું હશે ?

12.3.3 ધ્વનિના ગુણક પરાવર્તનના ઉપયોગો (Uses of Multiple Reflection of Sound)

1. મેગાફોન કે લાઉડસ્પીકર, હૉર્ન, તૂરી તથા શહેનાઈ જેવાં વાદ્યો, બધાં એવી રીતે બનાવવામાં આવે છે જેથી ધ્વનિ બધી દિશામાં ફેલાવાના બદલે ફક્ત એક ચોક્કસ દિશામાં ગતિ કરે જે આકૃતિ 12.12માં દર્શાવેલ છે.

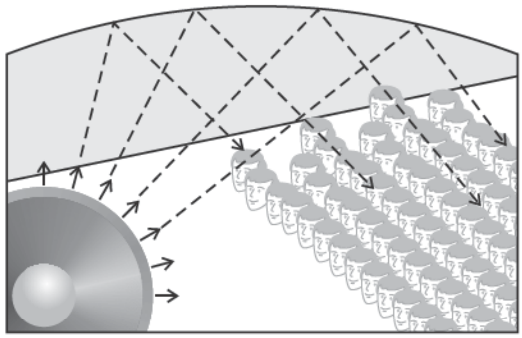
આકૃતિ 12.12 : મેગાફોન અને હૉર્ન

આ યંત્રોમાં એક નળીનો આગળનો ખુલ્લો ભાગ શંકુ આકારનો હોય છે જે સ્રોતથી ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિને વારંવાર પરાવર્તિત કરી શ્રોતાઓની દિશામાં આગળ તરફ મોકલે છે.

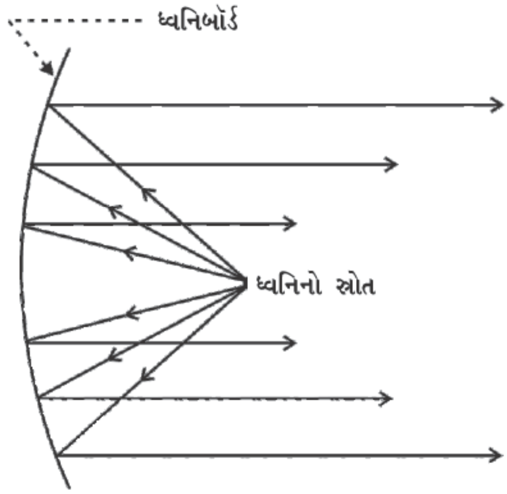
2. સ્ટેથોસ્કોપ એક મેડિકલ ઉપકરણ છે જે શરીરની અંદર ખાસ કરીને હૃદય તથા ફેફસાંઓમાં ઉત્પન્ન થતા ધ્વનિને સાંભળવાના કામમાં આવે છે. સ્ટેથોસ્કોપમાં દર્દીના હૃદયના ધબકારાનો ધ્વનિ વારંવાર પરાવર્તન પામી ડૉક્ટરના કાન સુધી પહોંચે છે. (આકૃતિ 12.13)

આકૃતિ 12.13 : સ્ટેથોસ્કોપ

3. કોનસર્ટ હૉલ, સંમેલન ઓરડાઓ તથા સિનેમા હૉલની છત વક્રાકાર બનાવવામાં આવે છે જેથી પરાવર્તન બાદ ધ્વનિ હૉલના બધા જ ભાગો સુધી પહોંચી જાય. જે આકૃતિ 12.14માં દર્શાવેલ છે. ક્યારેક-ક્યારેક વક્રાકાર ધ્વનિબૉર્ડ મંચની પાછળ રાખવામાં આવે છે જેથી ધ્વનિ આ ધ્વનિબૉર્ડથી પરાવર્તન પામી સંપૂર્ણ હૉલમાં ફેલાઈ જાય છે. (આકૃતિ 12.15)



આકૃતિ 12.14 : સંમેલન કક્ષમાં વક્રાકાર છત



આકૃતિ 12.15 : મોટા ઓરડામાં ઉપયોગમાં લેવાતાં ધ્વનિબૉર્ડ

પ્રશ્ન :

1. કોન્સર્ટ હૉલની છતો વક્રાકાર કેમ હોય છે ?

12.4 સાંભળવાનો વિસ્તાર (Range of Hearing)

આપણે બધી આવૃત્તિના ધ્વનિ સાંભળી શકતા નથી. મનુષ્યમાં ધ્વનિની સાંભળવાનો વિસ્તાર લગભગ 20 Hzથી 20,000Hz (1Hz = 1 Cycle/s) સુધીની હોય છે. 5 વર્ષથી ઓછી વયનાં

બાળક તથા કેટલાંક પ્રાણીઓ જેમકે કૂતરો 25 kHz સુધીના ધ્વનિ સાંભળી શકે છે (1kHz = 1000 Hz). જેમ-જેમ વ્યક્તિની ઉંમર વધતી જાય છે તેમ-તેમ તેના કાન ઉચ્ચ આવૃત્તિઓ ઓછી સાંભળી શકે છે. 20 Hzથી ઓછી આવૃત્તિ ધરાવતા ધ્વનિને અવશ્રાવ્ય (infrasonic) ધ્વનિ કહે છે. જો આપણે અવશ્રાવ્ય ધ્વનિ સાંભળી શકતા હોત તો કોઈ લોલકનાં કંપનો એવી જ રીતે સાંભળી શકત જેવી રીતે માખીની પાંખોના કંપન સાંભળી શકીએ છીએ. ગેંડો 5 Hz આવૃત્તિ ધરાવતા અવશ્રાવ્ય ધ્વનિનો ઉપયોગ કરીને સંપર્ક સ્થાપિત કરે છે. વહેલ તથા હાથી અવશ્રવ્ય ધ્વનિ રેન્જના ધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે. એવું જોવામાં આવ્યું છે કે કેટલાંક પ્રાણીઓ ભૂકંપ પહેલાં પરેશાન થઈ જાય છે. ભૂકંપમા મુખ્ય શૉક તરંગ પહેલાં ઓછી આવૃત્તિવાળા અવશ્રાવ્ય ધ્વનિ ઉત્પન્ન થતાં હોય છે જે કદાચ આ પ્રાણીઓને સાવધાન કરતા હશે. 20 kHzથી વધારે આવૃત્તિ ધરાવતા ધ્વનિને પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ અથવા પરાધ્વનિ (Ultrasonic) કહે છે. ડોલ્ફીન, ચામાચીડિયું અને પોરપોઇઝ (વ્હેલ જેવું જ સસ્તન પ્રાણી) પરાધ્વનિ ઉત્પન્ન કરે છે. કેટલીક પ્રજાતિના (moths) ફૂદાંઓની શ્રવણશક્તિ ખૂબ જ ઊંચી હોય છે. આ ફૂદાં ચામાચીડિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થતી ઉચ્ચ આવૃત્તિના ચીંચીં જેવા ધ્વનિને સાંભળી શકે છે. તેમને પોતાની આસપાસ ઊડતાં ચામાચીડિયાની જાણકારી મળી જાય છે અને પોતાને પકડાઈ જતા બચાવે છે. ઉંદર પણ પરાધ્વનિ ઉત્પન્ન કરી કેટલીક રમતો રમે છે.

શ્રવણ સહાયક યંત્ર (Hearing Aid) : જે લોકોને ઓછું સંભળાતું હોય તેમને આ યંત્રની જરૂર પડે છે. આ બૅટરીથી ચાલતું એક ઇલેક્ટ્રૉનિક ઉપકરણ છે જેમાં એક નાનો માઇક્રોફોન, એક ઍમ્પ્લિફાયર તથા સ્પીકર હોય છે. જ્યારે ધ્વનિ માઇક્રોફોન પર પડે છે ત્યારે તે ધ્વનિ-તરંગોને વિદ્યુત સિગ્નલમાં રૂપાંતરિત કરે છે. વિદ્યુત સિગ્નલો એમ્પિફાયર દ્વાર વિવર્ધિત (એમ્લિફાય) થાય છે. જે કાનના ડાયફ્રામ(પડદા) પર આપાત થાય છે અને વ્યક્તિને સ્પષ્ટ ધ્વનિ સંભળાય છે.

પ્રશ્ન :

1. સામાન્ય મનુષ્ય માટે ધ્વનિ-શ્રાવ્યતાનો વિસ્તાર કેટલો હોય છે ?
2. નીચેનાની ધ્વનિ આવૃત્તિનો વિસ્તાર કેટલો હોય છે ?

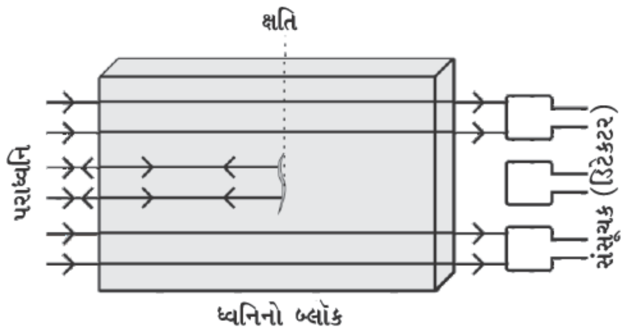
   (a) અવશ્રાવ્ય ધ્વનિ

   (b) પરાશ્રાવ્ય ધ્વનિ

12.5 પરાધ્વનિની ઉપયોગિતા (અનુપ્રયોગ) (Applications of Ultrasound)

પરાધ્વનિ ઉચ્ચ આવૃત્તિના તરંગો છે. પરાધ્વનિ અવરોધોની હાજરીમાં પણ એક નિશ્ચિત પથ પર ગતિ કરે છે. ઉદ્યોગો તથા ચિકિત્સાક્ષેત્રમાં બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

- પરાધ્વનિ મોટે ભાગે તે ભાગોને સાફ કરવા માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે જ્યાં સુધી પહોંચવું કઠિન હોય જેમકે સર્પિલાકાર નળી, વિષમ આકારના ભાગો, ઇલેક્ટ્રૉનિક ઘટકો વગેરે જે વસ્તુઓને સાફ કરવાની હોય તેને સફાઈ દ્રાવણમાં રાખી તેની પર પરાધ્વનિ આપાત કરવામાં આવે છે. ઉચ્ચ આવૃત્તિને કારણે ધૂળ, ચીકાશ તથા ગંદકીના કણો જુદા થઈને નીચે પડી જાય છે અને આ રીતે વસ્તુ સંપૂર્ણ સાફ થાય છે.
- પરાધ્વનિનો ઉપયોગ ધાતુના બ્લૉકમાં રહેલી તિરાડો તથા અન્ય ખામીઓ શોધવામાં કરી શકાય છે. ધાતુના બ્લૉકને મોટા ભાગે મોટાં-મોટાં ભવનો, પુલો, મશીનો તથા વૈજ્ઞાનિક સાધનો બનાવવાના ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. ધાતુના બ્લૉકમાં રહેલી તિરાડ કે છિદ્ર બહારથી દેખાતા નથી. તે ભવન કે પુલની મજબૂતી ઓછી કરે છે. પરાધ્વનિ તરંગો ધાતુના બ્લૉક પર આપાત કરી પરાવર્તિત થતા તરંગો ડિટેક્ટર દ્વારા નોંધવામાં આવે છે. જો બ્લૉકમાં થોડી પણ ખામી હોય, તો પરાધ્વનિ તરંગો તરત પરાવર્તિત થાય છે જે ખામીની હાજરી સૂચવે છે. (આકૃતિ 12.16)



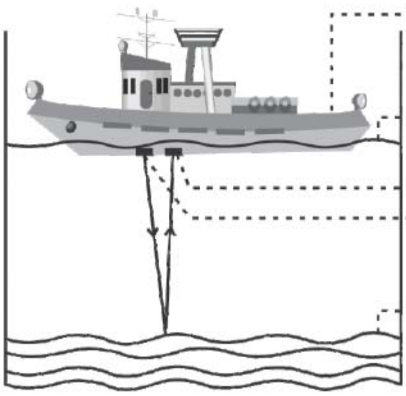
આકૃતિ 12.16 : પરાધ્વનિ ધાતુના બ્લૉકમાં ક્ષતિયુક્ત સ્થાનેથી પરાવર્તિત થાય છે

સામાન્ય ધ્વનિ જેની તરંગલંબાઈ વધારે હોય તે ખામીયુક્ત સ્થાનના ખૂણાઓ પાસેથી વાંકા વળી ડિટેક્ટર સુધી પહોંચી જાય છે. તેથી આવા ધ્વનિનો ઉપયોગ આ પ્રકારનાં કાર્યોમાં કરી શકાતો નથી.

- પરાધ્વનિ તરંગોને હૃદયના જુદા-જુદા ભાગો દ્વારા પરાવર્તિત કરાવી હૃદયનું પ્રતિબિંબ બનાવાય છે. આ ટેક્નિકને 'ઇકો કાર્ડિયોગ્રાફી' (ECG) કહે છે.
- પરાધ્વનિ સમસૂચક (સ્કેનર) એક એવું યંત્ર છે કે જે પરાધ્વનિ તરંગોનો ઉપયોગ કરી માનવશરીરનાં આંતરિક અંગોનું પ્રતિબિંબ પ્રાપ્ત કરવામાં કામ લાગે છે. આ યંત્ર દ્વારા દર્દીનાં અંગો જેવાં કે યકૃત, પિત્તાશય, ગર્ભાશય, કિડની વગેરેનાં પ્રતિબિંબ બનાવી શકાય છે. આ યંત્ર શરીરની અસામાન્યતાઓ જેમકે પિત્તાશય અથવા મૂત્રપિંડમાં પથરી તથા જુદાં-જુદાં અંગોમાં ગાંઠ (ટ્યુમર)ની શોધ કરવામાં ઉપયોગી છે. આ ટેક્નિકમાં પરાધ્વનિ તરંગો શરીરના કોષોમાંથી પસાર થાય છે તથા જ્યાં કોષોની ઘનતામાં ફેરફાર થાય ત્યાંથી પરાવર્તિત થાય છે, ત્યાર બાદ આ તરંગોને વિદ્યુત સંકેતોમાં રૂપાંતરિત કરવામાં આવે છે જેનાથી તે અંગનું પ્રતિબિંબ બનાવાય છે. આ પ્રતિબિંબને મૉનિટર પર દર્શાવાય છે અથવા ફોટોગ્રાફિક ફિલ્મ પર મુદ્રિત કરી શકાય છે. આ ટેક્નિકને અલ્ટ્રાસોનોગ્રાફી કહે છે. અલ્ટ્રાસોનિક સોનોગ્રાફીનો ઉપયોગ ગર્ભાવસ્થામાં ભ્રૂણની ચકાસણી તથા જન્મજાત દોષ કે તેના વિકાસમાં રહેલી અનિયમિતતાઓની જાણકારી મેળવી શકાય છે.
- પરાધ્વનિને મૂત્રપિંડમાં રહેલી પથરીને બારીક કણોમાં તોડવા માટે પણ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. આ કણો ત્યાર બાદ મૂત્ર સાથે બહાર નીકળી જાય છે.

12.5.1 સોનાર (SONAR)

સોનાર શબ્દ Sound Navigation And Ranging પરથી બન્યો છે. સોનાર એક એવું સાધન છે કે જેની મદદથી પાણીમાં ઊંડે રહેલી વસ્તુઓનું અંતર, દિશા તથા વેગ માપવા માટે પરાધ્વનિ તરંગનો ઉપયોગ કરે છે. સોનાર કેવી રીતે કાર્ય કરે છે ? સોનારમાં એક ટ્રાન્સમિટર અને એક ડિટેક્ટર હોય છે જેને કોઈ નાવ અથવા જહાજમાં આકૃતિ 12.17માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લગાડવામાં આવે છે.



આકૃતિ 12.17 : ટ્રાન્સમિટર દ્વારા ટ્રાન્સમીટ થયેલ તથા ડિટેક્ટર દ્વારા ઝિલાયેલ પરાધ્વનિ

ટ્રાન્સમિટર પરાધ્વનિ તરંગ ઉત્પન્ન કરી પ્રસારણ (ટ્રાન્સમીટ) કરે છે. આ તરંગો પાણીમાંથી પસાર થઈ સમુદ્રના તળિયે રહેલી વસ્તુઓ સાથે અથડાઈને પરાવર્તન પામી ડિટેક્ટર દ્વારા નોંધાય છે. ડિટેક્ટર પરાધ્વનિ તરંગોને વિદ્યુત સંકેતોમાં બદલે છે જેની યોગ્ય રીતે ચકાસણી કરી શકાય છે. પાણીમાં ધ્વનિનો વેગ તથા પરાધ્વનિના ટ્રાન્સમિશન અને રિસીવિંગ વચ્ચેના સમયગાળાની મદદથી વસ્તુના અંતરની ગણતરી કરી શકાય છે. ધારો કે, પરાધ્વનિ સંકેતના ટ્રાન્સમિશન અને રિસીવિંગ વચ્ચેનો સમયગાળો t છે તથા સમુદ્રના પાણીમાં ધ્વનિનો વેગ v છે. આ સ્થિતિમાં તળિયે રહેલી વસ્તુનું કુલ અંતર $2d$ થશે.

$$2d = v \times t$$

આ વિધિને ઇકોરેજિંગ (Eco-Ranging - પડઘો અવધિ) કહે છે. સોનાર ટેક્નિકનો ઉપયોગ સમુદ્રની ઊંડાઈ જાણવા તથા પાણીની અંદર રહેલા પહાડો, ખીણો, સબમરીનો, હિમશિલાઓ, ડૂબેલાં જહાજો વગેરેની જાણકારી પ્રાપ્ત કરવા માટે કરી શકાય છે.

ઉદાહરણ 12.3 : એક જહાજ પરાધ્વનિ ઉત્સર્જિત કરે છે જે સમુદ્રના તળિયેથી પરાવર્તન પામી 3.42 સેકન્ડ બાદ નોંધાય છે. જો સમુદ્રના પાણીમાં પરાધ્વનિનો વેગ 1531 m/s હોય, તો સમુદ્રના તળિયાથી જહાજ કેટલે દૂર હશે ?

ઉકેલ :

ટ્રાન્સમિશન અને પરખ થવા વચ્ચેનો સમયગાળો

t = 3.42 s આપેલ છે.

સમુદ્રના પાણીમાં પરાધ્વનિની ઝડપ

v = 1531 m/s

પરાધ્વનિએ કાપેલ અંતર = $2d$

જ્યાં d = સમુદ્રની ઊંડાઈ

$2d$ = ધ્વનિનો વેગ × સમય

= 1531 m/s × 3.42 s = 5236 m

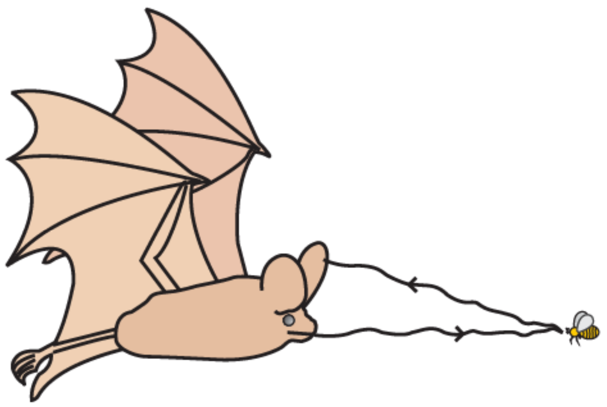
d = 5236 m/2 = 2618 m

આમ, જહાજ સમુદ્રના તળિયેથી 2618 m અથવા 2.62 km છે.

પ્રશ્ન :

1. એક સબમરીન સોનાર સ્પંદ ઉત્પન્ન કરે છે. જો પાણીની અંદર રહેલ ખડક સાથે અથડાઈને 1.02 s બાદ પરાવર્તિત થતી હોય તથા ખારા પાણીમાં ધ્વનિની ઝડપ 1531 m/s હોય, તો ખડકનું અંતર શોધો.

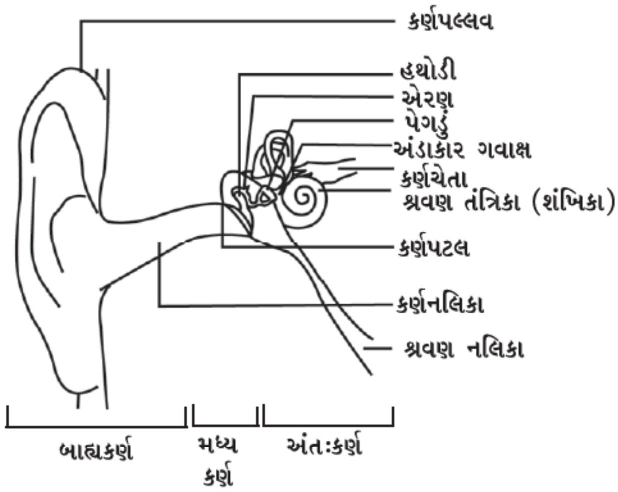
આગળ વર્ણન કરેલ છે તે મુજબ ચામાચીડિયા ઘોર અંધકારમાં પોતાનું ભોજન શોધવા માટે ઊડતા હોય ત્યારે પરાધ્વનિ તરંગો ઉત્સર્જિત કરે છે અને પરાવર્તન બાદ તેનું સંસૂચન (Detection) કરે છે. ચામાચીડિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં ઉચ્ચ આવૃત્તિવાળા પરાધ્વનિ સ્પંદ અવરોધો કે કીટકોથી પરાવર્તન પામી તેના કાનમાં પ્રવેશે છે (આકૃતિ 12.18). આ પરિવર્તિત સ્પંદનોની પ્રકૃતિથી ચામાચીડિયાને ખબર પડે છે કે અવરોધ કે કીટક ક્યાં આગળ છે અને તે કેવા પ્રકારનું છે. પોરપોઇઝ સસ્તન માછલીઓ પણ અંધારામાં સંચાલન અને ભોજનની શોધમાં પરાધ્વનિનો ઉપયોગ કરે છે.



આકૃતિ 12.18 : ચામાચીડિયા દ્વારા પરાધ્વનિ ઉત્પન્ન થાય છે તથા અવરોધો કે કીટકો દ્વારા પરાવર્તિત થાય છે

12.6 માનવ-કાનની સંરચના (Structure of Human Ear)

આપણે કેવી રીતે સાંભળીએ છીએ ? આપણે એક અતિ સંવેદી સાધન કે જેને કાન (કર્ણ-Ear) કહે છે તેની મદદથી સાંભળી શકીએ છીએ. જે શ્રવણીય આવૃત્તિઓ દ્વારા વાયુમાં થતા દબાણના પરિવર્તનને વિદ્યુત સંકેતમાં રૂપાંતરિત કરે છે. જે શ્રવણ તંત્ર દ્વારા મસ્તિષ્ક સુધી પહોંચે છે. માનવની કાન દ્વારા સાંભળવાની પ્રક્રિયા વિશે આપણે અહીં ચર્ચા કરીશું.



આકૃતિ 12.19 : માનવ-કાનનો શ્રવણ ભાગ

કાનના બહારના ભાગને કર્ણપલ્લવ કહે છે. તે આજુબાજુમાંથી આવતા ધ્વનિને એકત્રિત કરે છે. એકત્રિત ધ્વનિ શ્રવણ (કર્ણ)નલિકામાંથી પસાર થાય છે. શ્રવણ (કર્ણ) નલિકાના એક છેડે એક પાતળો પડદો હોય છે, જેને કર્ણપટલ પણ કહે છે. જ્યારે માધ્યમનું સંઘનન કર્ણપટલ સુધી પહોંચે ત્યારે પડદા પર બહારની તરફથી લાગતું દબાણ વધી જાય છે, જે કર્ણપટલને અંદરની તરફ દબાવે છે. તે જ રીતે વિઘનન વખતે કર્ણપટલ બહારની તરફ ગતિ કરે છે. આ રીતે કર્ણપટલ કંપન કરે છે. મધ્યકર્ણમાં રહેલ ત્રણ હાડકાં (હથોડી, એરણ, પેગડું) આ કંપનોને કેટલાય ગણો વધારી દે છે. મધ્યકર્ણ ધ્વનિ-તરંગોથી થતા દબાણ પરિવર્તન આંતરિક કર્ણ સુધી પ્રસરણ કરે છે. આંતરિક કર્ણમાં કર્ણાવર્ત (શંખિકા) (Cochlea) દ્વારા દબાણના ફેરફારને વિદ્યુત-સંકેતમાં રૂપાંતરિત કરવામાં આવે છે. આ વિદ્યુત-સંકેત શ્રવણતંત્રિકા (ઉદરિકા) દ્વારા મસ્તિકમાં મોકલાય છે અને મસ્તિક તે ધ્વનિને ઓળખે છે.

તમે શું શીખ્યાં
What You Have Learnt

- ધ્વનિ જુદી-જુદી વસ્તુઓના કંપનને કારણે ઉત્પન્ન થાય છે.
- ધ્વનિ કોઈ દ્રવ્ય માધ્યમમાં સંગત તરંગોરૂપે ગતિ કરે છે.
- ધ્વનિ માધ્યમમાં ક્રમિક સંઘનનો તથા વિઘનનોનાં સ્વરૂપે ગતિ કરે છે.
- ધ્વનિ-પ્રસરણમાં માધ્યમના કણ ગતિ કરતા નથી, માત્ર વિક્ષોભ (ઊર્જા) જ સંચરણ પામે છે.
- ધ્વનિ શૂન્યાવકાશમાં પ્રસરણ પામી શકતો નથી.
- ઘનતાના અધિકતમ મૂલ્યથી ન્યૂનતમ મૂલ્ય અને ફરી પાછા અધિકતમ મૂલ્યમાં પરિવર્તનથી એક દોલન પૂરું થાય છે.
- બે ક્રમિક સંઘનન કે બે ક્રમિક વિઘનન વચ્ચેના અંતરને તરંગલંબાઈ λ કહે છે.
- તરંગ દ્વારા માધ્યમની ઘનતા અથવા દબાણના એક સંપૂર્ણ દોલન માટે લીધેલ સમયને આવર્તકાળ (T) કહે છે.
- એકમ સમયમાં થતાં દોલનોની કુલ સંખ્યાને આવૃત્તિ (ν) કહે છે. $\nu = \frac{1}{T}$.
- ધ્વનિનો વેગ (υ), આવૃત્તિ (ν) તથા તરંગલંબાઈ (λ) વચ્ચેનો સંબંધ $\upsilon = \lambda\nu$
- ધ્વનિનો વેગ, મુખ્યત્વે જેમાં તે પ્રસરણ પામે છે તે માધ્યમની પ્રકૃતિ તથા તાપમાન પર આધાર રાખે છે.
- ધ્વનિના પરાવર્તનના નિયમ અનુસાર સપાટીને દોરેલ લંબ સાથે આપાત તરંગે બનાવેલ આપાતકોણ અને પરાવર્તિત તરંગે બનાવેલ પરાવર્તનકોણ સમાન હોય છે તથા ત્રણેય એક જ સમતલમાં હોય છે.
- પડઘો સ્પષ્ટ રીતે સાંભળવા માટે મૂળ ધ્વનિ તથા પરાવર્તિત ધ્વનિ વચ્ચે ઓછામાં ઓછો 0.1 sનો સમયગાળો અવશ્ય હોવો જોઈએ.
- કોઈ સભાગૃહમાં ધ્વનિ-પડઘાનું વારંવાર પરાવર્તન થવાને કારણે જે પ્રબળ ધ્વનિ મળે છે તેને અનુરણન કહે છે.
- ધ્વનિના ગુણધર્મો જેવા કે - પિચ, પ્રબળતા, ગુણવત્તા, તેની સાથે સંકળાયેલ તરંગોના ગુણધર્મ દ્વારા નક્કી કરવામાં આવે છે.
- પ્રબળતા–ધ્વનિની તીવ્રતા માટે કાનની શારીરિક પ્રતિક્રિયા છે.
- કોઈ લંબરૂપ એકમ ક્ષેત્રફળમાંથી એક સેકન્ડમાં પસાર થતી ધ્વનિઊર્જાને ધ્વનિની તીવ્રતા કહે છે.
- માનવ દ્વારા સાંભળી શકાતા ધ્વનિની સરેરાશ આવૃત્તિ નો વિસ્તાર 20 Hzથી 20 kHz સુધી છે.

- જે ધ્વનિ-તરંગોની આવૃત્તિ શ્રાવ્યવિસ્તાર (ઑડિયો રેન્જ)ની આવૃત્તિ કરતાં ઓછી હોય, તો તે તરંગોને અવશ્રાવ્ય (ઇન્ફ્રાસોનિક (infrasonic)) અને જેની આવૃત્તિ શ્રાવ્યવિસ્તાર (ઑડિયો રેન્જ)ની આવૃત્તિ કરતાં વધારે હોય તેને પરાધ્વનિ (ultrasonic) કહે છે.
- પરાધ્વનિનો ચિકિત્સા તેમજ ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે બહોળો ઉપયોગ થાય છે.
- સોનાર ટેક્નિકનો ઉપયોગ સમુદ્રની ઊંડાઈ જાણવા, પાણીની અંદર છુપાયેલા પહાડો, ખીણો, સબમરીનો, હિમશિલાઓ, ડૂબેલાં જહાજો વગેરે શોધવામાં થાય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. ધ્વનિ શું છે અને તે કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે ?
2. આકૃતિની મદદથી વર્ણવો કે ધ્વનિનો સ્રોત તેની નજીકના વાયુઓમાં સંઘનન અને વિઘનન કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરે છે ?
3. કયો પ્રયોગ દર્શાવે છે કે ધ્વનિના પ્રસરણ માટે દ્રવ્ય માધ્યમ આવશ્યક છે.
4. ધ્વનિ-તરંગો શા માટે સંગત તરંગો તરીકે ઓળખાય છે ?
5. ધ્વનિની કઈ લાક્ષણિકતા તમને અંધારા ઓરડામાં બેઠેલા ઘણાબધા લોકો પૈકી તમારા મિત્રનો અવાજ ઓળખવામાં મદદ કરે છે ?
6. વાદળ ગર્જના અને વીજળી બંને એક સાથે ઉત્પન્ન થાય છે; પરંતુ વીજળી દેખાય તે પછી કેટલીક સેકન્ડ બાદ વાદળ ગર્જના સંભળાય છે. આમ કેમ થાય છે ?
7. કોઈ વ્યક્તિની સરેરાશ શ્રાવ્ય-આવૃત્તિ 20 Hzથી 20 kHz છે. આ બે આવૃત્તિઓ માટે ધ્વનિ-તરંગોની તરંગ-લંબાઈ શોધો. ધ્વનિનો વેગ 344 m s^{-1} લો.
8. બે બાળકો કોઈ ઍલ્યુમિનિયમ પાઇપના બંને છેડા પાસે એક-એક એમ ઉભેલા છે. એક બાળક પાઈપના એક છેડા પર પથ્થર મારે છે. બીજા છેડા પાસે ઊભેલ બાળક પાસે હવા તથા ઍલ્યુમિનિયમમાંથી પસાર થઈ પહોંચતા ધ્વનિ-તરંગોએ લીધેલ સમયનો ગુણોત્તર શોધો.
9. કોઈ ધ્વનિ સ્રોતની આવૃત્તિ 100 Hz છે. 1 મિનિટમાં તે કેટલી વાર કંપન કરશે ?
10. શું ધ્વનિ પરાવર્તન તે જ નિયમોનું પાલન કરે છે જે પ્રકાશના તરંગો કરે છે ? સમજાવો.
11. ધ્વનિના એક સ્રોતને પરાવર્તક સપાટીની સામે રાખવાથી તેનો પડઘો સંભળાય છે. જો સ્રોત અને પરાવર્તક સપાટી વચ્ચેનું અંતર અચળ રહે તો કયા દિવસે પડઘો ઝડપથી સંભળાશે ? (i) જે દિવસે તાપમાન વધુ હોય કે (ii) જે દિવસે તાપમાન ઓછું હોય.
12. ધ્વનિ-તરંગોના પરાવર્તનના બે વ્યાવહારિક ઉપયોગો લખો.
13. 500 m ઊંચા કોઈ ટાવરની ટોચ પરથી એક પથ્થરને નીચે તળાવના પાણીમાં પડવા દેવામાં આવે છે. પાણીમાં તેના પડવાનો ધ્વનિ ટોચ પર કેટલા સમય પછી સંભળાશે ? $g = 10$ m s^{2} ધ્વનિનો વેગ $= 340$ m s^{-1}
14. એક ધ્વનિ-તરંગ 339 m s^{-1}ના વેગથી ગતિ કરે છે. જો તેની તરંગલંબાઈ 1.5 cm હોય, તો આ તરંગની આવૃત્તિ કેટલી હશે ? શું તે શ્રાવ્ય હશે ?

15. અનુરણન શું છે ? તેને કેવી રીતે ઘટાડી શકાય છે ?

16. ધ્વનિની પ્રબળતા એટલે શું ? તે કઈ બાબતો પર આધાર રાખે છે ?

17. ચામાચીડિયું પોતાનો શિકાર પકડવા માટે પરાધ્વનિનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરે છે તેનું વર્ણન કરો.

18. વસ્તુઓને સાફ કરવા માટે પરાધ્વનિનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરવામાં આવે છે ?

19. સોનારની કાર્યવિધિ તથા ઉપયોગોનું વર્ણન કરો.

20. એક સબમરીનમાં લગાડવામાં આવેલ સોનાર સાધન સંકેત મોકલે છે તેનો પ્રતિધ્વનિ 5 sec પછી પ્રાપ્ત થાય છે. જો સબમરીનથી વસ્તુનું અંતર 3625 m હોય, તો ધ્વનિના વેગની ગણતરી કરો.

21. કોઈ ધાતુના બ્લૉકમાં રહેલ ખામી શોધવા માટે પરાધ્વનિનો ઉપયોગ કેવી રીતે થાય છે તેનું વર્ણન કરો.

22. માનવ-કાન કેવી રીતે કાર્ય કરે છે તે સમજાવો.

પ્રકરણ 13

આપણે શા માટે માંદા પડીએ છીએ ? (Why Do We Fall Ill ?)

પ્રવૃત્તિ _____ 13.1

- આપણે લાતૂર, ભુજ, કાશ્મીર વગેરેમાં આવેલા ધરતીકંપ કે ભૂકંપ વિશે કે તટવર્તી પ્રદેશોને અસર પહોંચાડવાવાળા ચક્રવાત વિશે સાંભળેલું હશે. જો આવી વિપત્તિઓ આપણી આજુબાજુ થયેલી હોય તો કલ્પના કરો કે લોકોનાં સ્વાસ્થ્ય પર કેવા પ્રકારની અસર થયેલી હશે ?
- આવી વિપત્તિઓ વાસ્તવમાં થવાને લીધે તે સમયે આપણા પર કઈ અસરો પહોંચી હશે ?
- વિપત્તિ આવ્યા પછી કેટલા સમય સુધી વિભિન્ન પ્રકારની સ્વાસ્થ્ય સંબંધિત સમસ્યાઓ ઉત્પન્ન થતી રહેશે ?
- પહેલી પરિસ્થિતિમાં (વિપત્તિના સમયે) સ્વાસ્થ્ય પર શું અસર પડે છે ? અને બીજી પરિસ્થિતિમાં (વિપત્તિના સમય પછી) સ્વાસ્થ્ય સંબંધિત કઈ સમસ્યાઓ ઉત્પન્ન થઈ હશે ?

આ પ્રવૃત્તિ દરમિયાન આપણને એ અનુભવ થાય છે કે માનવસમુદાયમાં સ્વાસ્થ્ય તેમજ રોગ એક જટિલ સમસ્યા છે. જેના માટે એકબીજાને સંબંધિત અનેક કારકો (ઘટકો) જવાબદાર છે. આપણે એ પણ અનુભવી શકીએ છીએ કે 'સ્વાસ્થ્ય' અને 'રોગ'નો અર્થ તે સ્વયં જ ખૂબ જટિલ છે જ્યારે આપણે પૂછીએ છીએ કે માંદા પડવાનું કારણ શું છે અને તેને કેવી રીતે રોકી શકાય ? તો આપણે તેઓની પૂર્વધારણાઓનો અર્થ સમજવો પડશે.

આપણે જાણીએ છીએ કે કોષ એ સજીવોનો પાયાનો એકમ છે. કોષો વિભિન્ન પ્રકારના રાસાયણિક પદાર્થો જેવા કે - પ્રોટીન, કાર્બોદિત, ચરબી કે લિપિડ વગેરેથી બનેલા છે. કોષ એક ક્રિયાશીલ સ્થાન છે. તેમાં કોઈને કોઈ ક્રિયાઓ હંમેશા થતી રહે છે. કોષોમાં જટિલ પ્રક્રિયાઓ અને સમારકામ થતું રહે છે. નવા કોષો નિર્માણ પામતા રહે છે. આપણાં અંગો અથવા પેશીઓમાં ઘણીબધી વિશિષ્ટ ક્રિયાઓ ચાલતી હોય છે. જેવી કે - હૃદયનું ધબકવું, ફેફસાં શ્વાસ લે છે, મૂત્રપિંડમાં ગાળણ દ્વારા મૂત્રનું નિર્માણ થાય છે, મગજ વિચારે છે.

આ બધી પ્રવૃત્તિઓ કે ક્રિયાઓ પરસ્પર સંબંધિત છે. ઉદાહરણ તરીકે મૂત્રપિંડમાં ગાળણ ન થાય તો ઝેરી (વિષારી) પદાર્થો આપણા શરીરમાં એકઠા થઈ જાય છે. આ પરિસ્થિતિમાં મગજ યોગ્ય રીતે વિચારી શકતું નથી. આ બધી પારસ્પરિક ક્રિયાઓ કરવા માટે ઊર્જા અને કાચા પદાર્થોની જરૂરિયાત હોય છે. આ કાચા પદાર્થો આપણા શરીરને બહારથી પ્રાપ્ત થાય છે. બીજા શબ્દોમાં કોષો અને પેશીઓને કાર્ય કરવા માટે ખોરાકની જરૂરિયાત હોય છે. તેવો કોઈ ઘટક કે કારક કે જે કોષો તેમજ પેશીઓના યોગ્ય પ્રકારનાં કાર્યોને રોકે છે, તેનાથી શરીરની સામાન્ય ક્રિયાઓ ખોરવાય છે.

ઉપર્યુક્ત બધાં તથ્યોને ધ્યાનમાં રાખીને સ્વાસ્થ્ય તથા રોગની પૂર્વધારણાઓ કે વ્યાખ્યાને સમજીશું.

13.1 સ્વાસ્થ્ય અને તેનું કથળવું (Health and Its Failure)

13.1.1 સ્વાસ્થ્યનું મહત્ત્વ (The significance of 'health')

આપણે બધાએ 'સ્વાસ્થ્ય' શબ્દ સાંભળેલો છે અને તેનો વારંવાર ઉપયોગ પણ આપણે કરીએ છીએ. જેમકે આપણે કહીએ છીએ કે, મારા દાદીનું સ્વાસ્થ્ય (તબિયત) સારું નથી. આપણા શિક્ષકો પણ આ શબ્દનો ઉપયોગ કરે છે અને કહે છે આ એક ''સ્વાસ્થ્યપ્રદ વલણ'' નથી, તો આ 'સ્વાસ્થ્ય' શબ્દનો અર્થ શું થાય ?

જો આપણે આ વિષય પર વિચાર કરીએ તો આપણને જ્ઞાત થશે કે તેનો અર્થ સાજા થવા કે સાજા રહેવાથી છે. આપણે સારાપણાનો અર્થ અસરકારક શારીરિક ક્રિયા એવું વિચારી શકીએ છીએ. અમારા દાદીને માટે બજાર જવું અથવા આડોશપાડોશમાં જવા યોગ્ય થવું તે 'સારા સ્વાસ્થ્ય'નું પ્રતીક છે. જો તેઓ આ કાર્ય કરવાયોગ્ય નથી તો આપણે કહીએ છીએ કે તેઓનું સ્વાસ્થ્ય સારું નથી. જો તમારી ઇચ્છા વર્ગમાં ભણવાની છે તો આપણે કહીએ છીએ કે તમારી તબિયત સારી છે અને જો ભણવાની ઇચ્છા ન હોય તો કહીએ છીએ કે તમારી તબિયત સારી નથી. આથી 'સ્વાસ્થ્ય' તે અવસ્થા છે જેને અંતર્ગત શારીરિક, માનસિક તથા સામાજિક કાર્ય કરવાની ક્ષમતા દ્વારા યોગ્ય પ્રકારે થાય છે.

13.1.2 વ્યક્તિગત તેમજ સામૂહિક સમસ્યાઓ બંનેની સ્વાસ્થ્ય પર અસર (Personal and Community issues Both Matter for Health)

જો સ્વાસ્થ્ય કોઈ એક વ્યક્તિની શારીરિક, માનસિક તથા સામાજિક જીવનની ક્ષમતાને પૂર્ણરૂપે સમન્વય સ્થિતિ દર્શાવે છે. તો કોઈ પણ વ્યક્તિ તેને સ્વયં પૂર્ણસ્વરૂપે પ્રાપ્ત કરી શકતું નથી.

બધા સજીવોનું સ્વાસ્થ્ય તેમની આજુબાજુ અથવા તેમની આસપાસના પર્યાવરણ પર આધારિત હોય છે. પર્યાવરણમાં ભૌતિક કારક કે ઘટક આવે છે. પર્યાવરણમાં પાયાનાં પરિબળો કે કારક કે ઘટકો આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે ચક્રવાત આપણા સ્વાસ્થ્યને અનેક રીતે નુકસાન પહોંચાડે છે.

માનવ, સમાજમાં રહે છે. આથી આપણું સામાજિક પર્યાવરણ, આપણું વ્યક્તિગત સ્વાસ્થ્ય મહત્ત્વપૂર્ણ છે. આપણે ગામ, કસ્બાઓ અથવા શહેરોમાં રહીએ છીએ. આવાં સ્થાનોમાં આપણા ભૌતિક પર્યાવરણનું નિર્ધારણ પણ સામાજિક પર્યાવરણ દ્વારા જ થાય છે.

વિચારો કે કચરો ઉપાડવાવાળી વ્યક્તિઓ (સફાઈ-કામદારો) કચરાનો નિકાલ ન કરે તો શું થાય ? વિચારો જો નાળાઓ સાફ ન હોય તો શું થાય ?

જો વધુ માત્રામાં કચરો ગલીઓમાં ફેંકવામાં આવે છે અથવા ખુલ્લા નાળામાં રોકાયેલા પાણીમાં તે સ્થિર પડેલો રહે, તો ખરાબ સ્વાસ્થ્યની સંભાવના વધી જાય છે. આથી સામુદાયિક સ્વચ્છતા સ્વાસ્થ્ય માટે મહત્ત્વપૂર્ણ હોય છે.

પ્રવૃત્તિ 13.2

- તમારા સ્થાનિક પ્રશાસન (પંચાયત, નગરનિગમ) દ્વારા સ્વચ્છ પાણી પૂરું પાડવા માટે શું ઉપાય કરેલ છે તેની જાણકારી મેળવો.
- શું તમારા મહોલ્લામાં બધા જ રહેવાસીઓને સ્વચ્છ પાણી પ્રાપ્ત થાય છે ?

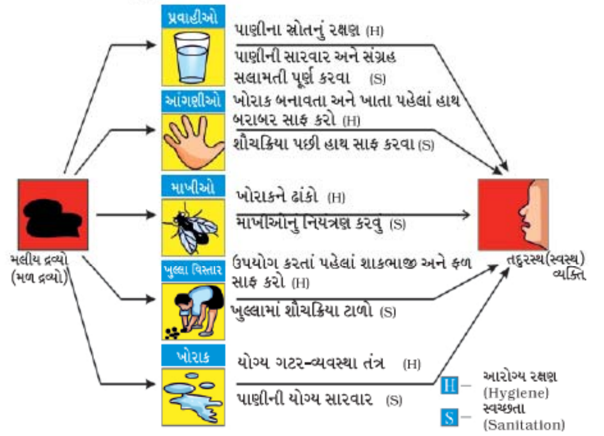
પ્રવૃત્તિ 13.3

- તમારા સ્થાનિક પ્રશાસન તમારા મહોલ્લામાં ઉત્પન્ન કચરાનો નિકાલ કેવી રીતે કરે છે ?
- શું સ્થાનિક અધિકારી દ્વારા કરેલા ઉપાયો પર્યાપ્ત છે ?
- જો ન હોય તો તેમાં સુધારણા માટે તમે કયો ઉપાય સૂચવી શકો છો ?
- તમે તમારા ઘરમાં દૈનિક અથવા અઠવાડિયામાં ઉત્પન્ન થતા કચરાને ઘટાડવા માટે શું કરશો ?

સ્વાસ્થ્યને માટે આપણને ખોરાકની જરૂરિયાત હોય છે. આ ખોરાકને મેળવવા માટે આપણે કામ કરવું પડે છે. તેના માટે કામ કરવાની તક મળવી જોઈએ.

સ્વસ્થ રહેવા માટે આપણે ખુશ રહેવું આવશ્યક છે. જો કોઈની પણ જોડે આપણો વ્યવહાર સારો ન હોય અને એક-બીજાથી ડરતા હોઈએ તો આપણે ખુશ અને સ્વસ્થ રહી શકતા નથી. એટલા માટે વ્યક્તિગત સ્વાસ્થ્યને માટે સામાજિક સમાનતા અને સંવાદિતતા ખૂબ જ આવશ્યક છે. આપણે એવી રીતે વિચારી શકીએ છીએ કે અનેક સામુદાયિક સમસ્યાઓ આપણા વ્યક્તિગત સ્વાસ્થ્યને કેવી રીતે અસર પહોંચાડે છે ?

પાંચ 'F' - શું કરી શકાય ?



આરોગ્ય રક્ષણ અને સ્વચ્છતા દ્વારા સંક્રમિત રોગોનું અવરોધન (અટકાવવા)

13.1.3 'સ્વસ્થ' અને 'રોગમુક્ત' વચ્ચેની ભિન્નતા (Distinctions between 'healthy' and 'disease-free')

જો આપણે આને સ્વાસ્થ્ય સમજીએ છીએ તો રોગ અથવા વ્યાધિ શું છે ? અંગ્રેજીમાં આ શબ્દ (DIS + EASE) પોતાને જ વર્ણવે છે કે જે આપણને ખલેલ (Disturbed) પહોંચાડે છે. Ease એટલે કે સુવિધા સ્વરૂપમાં વિચારાય છે. રોગનો બીજો અર્થ એ છે કે અસુવિધા. જોકે આ શબ્દનો ઉપયોગ ખૂબ જ સીમિત છે. આપણે રોગના વિષયમાં ત્યારે વાત કરીશું જ્યારે આપણને અસુવિધાનાં વિશિષ્ટ કારણની ખબર હોય છે. આનો અર્થ એવો બિલકુલ નથી કે આપણે તેનો સાચો અને અંતિમ ઉત્તર જાણીએ છીએ. આપણે કહી શકીએ કે કોઈ વ્યક્તિ ઝાડાથી પીડાતો હોય તો તેનું ચોક્કસ કારણ શું હોઈ શકે ?

આપણે એ પણ જાણીએ છીએ કે કોઈ પણ કારણ વગર વિશિષ્ટ રોગથી અસ્વસ્થતા કે નાદુરસ્તી થઈ શકે છે. માત્ર કોઈ રોગ ન થવાનો અર્થ એ નથી કે તમે સ્વસ્થ છો. નૃત્યાંગના માટે સ્વાસ્થ્યનો અર્થ એ છે કે તે શિષ્ટતાપૂર્વક પોતાના શરીરને વિષમ પરિસ્થિતિઓની મુદ્રાઓની અભિવ્યક્તિ કરી શકે. સંગીતકાર માટે આનો અર્થ એ થાય કે તે લાંબો શ્વાસ લઈ શકે જેનાથી તે પોતાની વાંસળીમાં સૂરને નિયંત્રિત કરી શકે. આપણને આપણી વિશિષ્ટ ક્ષમતાને ઓળખવાનો અવસર કે તક મળે તે પણ સ્વાસ્થ્ય માટે આવશ્યક છે.

આમ, આપણે કોઈ પણ રોગનાં લક્ષણો કે ચિહ્નોનો ફેલાવો થયા વગર પણ અસ્વસ્થ બની શકીએ છીએ. આજ કારણ છે કે જ્યારે આપણે સ્વાસ્થ્ય માટે વિચારીએ છીએ ત્યારે આપણે સમાજ અને સમુદાય માટે વિચારીએ છીએ. બીજી તરફ જ્યારે આપણે રોગ વિશે વિચારીએ છીએ ત્યારે આપણે વ્યક્તિગત પીડા માટે વિચારીએ છીએ.

પ્રશ્નો :

1. સારા સ્વાસ્થ્યની બે આવશ્યક પરિસ્થિતિઓ દર્શાવો.
2. રોગમુક્ત રહેવા માટેની કોઈ પણ બે આવશ્યક પરિસ્થિતિઓ દર્શાવો.
3. શું ઉપર્યુક્ત પ્રશ્નોના ઉત્તર એક જ જેવા છે કે ભિન્ન છે ? શા માટે ?

13.2 રોગ અને તેનાં કારણો (Disease and Its Causes)

13.2.1 રોગોને કેવી રીતે ઓળખી શકાય ? (What does disease look like ?)

ચાલો, આપણે રોગના વિષયમાં હજુ વધારે વિચારીએ. પહેલું એ છે કે આપણને કોઈ રોગ થયેલો છે તે કેવી રીતે ખબર પડે છે ? અથવા કેવી રીતે ખબર પડે છે કે શરીરમાં કઈક ખોટું થઈ રહ્યું છે ? આપણે પ્રકરણ 6માં અભ્યાસ કર્યો છે કે, આપણા શરીરમાં અનેક પેશી હોય છે. તે પેશીઓ આપણા શરીરનાં ક્રિયાત્મક અંગો અથવા અંગતંત્રોનું નિર્માણ કરે છે, જે શરીરનાં વિભિન્ન કાર્યો કરે છે. પ્રત્યેક અંગતંત્રમાં વિશિષ્ટ અંગ હોય છે જેનું વિશિષ્ટ કાર્ય હોય છે જેમકે પાચનતંત્રમાં જઠર અને આંતરડું હોય છે. જે આપણા દ્વારા લેવાયેલ ખોરાકને પચાવે છે. સ્નાયુઓ અને અસ્થિઓથી બનેલા સ્નાયુકંકાલતંત્ર, આપણા શરીરને સંભાળે છે અને શરીરના હલનચલન માટે મદદરૂપ થાય છે.

જ્યારે કોઈ રોગ થાય છે ત્યારે શરીરનાં એક અથવા અનેક અંગો તેમજ તંત્રોમાં ક્રિયા અથવા સંરચનામાં ખરાબી કે વિક્ષેપની સ્થિતિ જણાય છે. આ પરિવર્તન અથવા બદલાયેલી સ્થિતિ રોગનાં લક્ષણનું નિદર્શન કરે છે. રોગનાં લક્ષણ ખરાબ કે અસામાન્ય પરિસ્થિતિનો સંકેત આપે છે. આ રીતે માથાનો દુઃખાવો, ઉધરસ, ઝાડા થઈ જવા કે કોઈ ઘામાંથી પરુ (ખરાબ થયેલું પ્રવાહી) બહાર આવવું આ બધાં લક્ષણો છે. આ લક્ષણોથી કોઈ ને કોઈ રોગનું નિદાન થાય છે; પરંતુ એનાથી એ ખબર પડતી નથી કે કયો રોગ થયો છે ? ઉદાહરણ તરીકે માથાના દુઃખાવાનું કારણ પરીક્ષાનો ભય અથવા મગજનો તાવ (મેનિન્જાઈટીસ) આવવાનું અથવા બીજી અનેક બીમારીઓમાંથી કોઈ પણ એક હોઈ શકે છે.

રોગનાં ચિહ્ન એ છે કે જેનું ચિકિત્સક (physician) લક્ષણો અથવા ચિહ્નોને આધારે રોગનું નિદાન કરે છે. લક્ષણ અથવા ચિહ્ન કોઈ વિશેષ રોગના અનુસંધાને સુનિશ્ચિત સંકેત આપે છે. ચિકિત્સક રોગના સાચા કારણને જાણવા માટે લેબોરેટરીમાં કેટલાંક પરીક્ષણ પણ કરાવી શકે છે.

13.2.2 તીવ્ર અને હઠીલા રોગો (Acute and chronic diseases)

રોગોની અભિવ્યક્તિ વિભિન્ન હોઈ શકે છે અને સંખ્યાબંધ કે ઘણાં કારકો પર નિર્ભર હોય છે. કેટલાક રોગોનો સમયગાળો ટૂંકો હોય છે. જેને તીવ્ર કે હઠીલા (Acute) રોગ કહે છે. આપણે બધાએ અનુભવ્યું છે કે, શરદી-ઉધરસ ખૂબ જ ઓછા સમયગાળા સુધી જ રહે છે. અન્ય રોગો એવા છે કે જેઓ લાંબા સમયગાળા સુધી અથવા જીવનપર્યંત રહે છે. એવા રોગોને હઠીલા (Chronic) રોગ કહે છે. એનું એક ઉદાહરણ એલિફેન્ટાઈસિસ અથવા હાથીપગાનો રોગ છે. આ રોગ ભારતના કેટલાક પ્રદેશમાં ખૂબ જ સામાન્ય છે.

પ્રવૃત્તિ 13.4

- નીચેની પ્રવૃત્તિને ચકાસવા માટે તમારી આસપાસનાં પર્યાવરણનું અવલોકન કરો.
  (1) છેલ્લા ત્રણ મહિનાઓમાં કેટલા લોકો તીવ્ર રોગોથી પીડાય છે ?
  (2) છેલ્લા ત્રણ મહિનામાં કેટલા લોકોને હઠીલા રોગો થયા ?
  (3) તમારા પાડોશના કુલ કેટલા લોકો હઠીલા રોગથી પીડાય છે ?
- શું ઉપર્યુક્ત પ્રશ્ન 1 તથા 2ના ઉત્તરો ભિન્ન છે ?
- શું ઉપર્યુક્ત પ્રશ્ન 2 તથા 3ના ઉત્તરો ભિન્ન છે ?
- આ ભિન્નતાનું કારણ શું હોઈ શકે છે ? આ ભિન્નતાની લોકોના સામાન્ય સ્વાસ્થ્ય પર શું અસર પડે છે ?

13.2.3 હઠીલા રોગ અને નબળું સ્વાસ્થ્ય (Chronic diseases and poor health)

તીવ્ર તથા હઠીલા રોગોની આપણા સ્વાસ્થ્ય પર ભિન્ન-ભિન્ન અસર થાય છે. કોઈ પણ રોગ જો આપણા શરીરના કોઈ પણ ભાગના કાર્યને અસર પહોંચાડી શકે છે, તો તે આપણા સામાન્ય સ્વાસ્થ્યને પણ અસર પહોંચાડે છે. કારણ કે સામાન્ય સ્વાસ્થ્ય માટે શરીરનાં બધાં અંગોને સામુદાયિક કાર્ય કરવું તે આવશ્યક હોય છે, પણ તીવ્ર રોગ, જે ખૂબ જ ઓછા સમય સુધી રહે છે. તેઓ સામાન્ય સ્વાસ્થ્યને અસર પહોંચાડવા માટેનો સમય મળતો નથી; પરંતુ હઠીલા રોગ આપણા સ્વાસ્થ્યને અસર પહોંચાડી શકે છે.

ઉદાહરણ તરીકે શરદી-ઉધરસના વિષયે વિચારો જે આપણને બધાને સમયાંતરે થતાં હોય છે. આપણામાંથી અડધા કરતાં પણ વધારે લોકો લગભગ એક અઠવાડિયામાં સાજા થઈ

જાય છે અને આપણા સ્વાસ્થ્ય પર તેની કોઈ ખરાબ અસર થતી નથી. પણ જો આપણે હઠીલા રોગ જેવો કે ફેફસાંના ક્ષયના રોગથી સંક્રમિત થઈએ તો કેટલાંય વર્ષો સુધી બીમાર હોવાને કારણે વજન ઓછું થઈ જાય છે અને પ્રત્યેક સમયે થાકનો અનુભવ થાય છે.

જો તમે તીવ્ર રોગથી પીડિત હોવ તો તમે કેટલાક દિવસો માટે શાળામાં જઈ શકતાં નથી. પણ જો તમે હઠીલા રોગથી પીડાતા હોવ તો તમે શાળામાં જઈને અભ્યાસને સમજવામાં મુશ્કેલી પડે છે અને આપણી શીખવાની ક્ષમતા પણ ઘટતી જાય છે અથવા આપણે ઘણા લાંબા સમય સુધી અસ્વસ્થ રહીએ છીએ. એટલા માટે હઠીલા રોગ તીવ્ર રોગની સાપેક્ષમાં લોકોના સ્વાસ્થ્ય પર લાંબા સમયગાળા સુધી વિપરીત અસર ઉત્પન્ન કરે છે.

13.2.4 રોગોનાં કારણો (Causes of diseases)

રોગનું કારણ શું છે ? જ્યારે આપણે રોગનાં કારણ વિશે વિચારીએ છીએ ત્યારે આપણે એ યાદ રાખવું જોઈએ કે, આ કારણના ઘણા સ્તરો હોય છે. ચાલો, આપણે એક ઉદાહરણ લઈએ. જો કોઈ નાનાં બાળકને પાણી જેવા પાતળા ઝાડા થયા છે તો શક્ય છે તે ચેપગ્રસ્ત છે.

પરંતુ તેના પછીનો પ્રશ્ન એ છે કે - વાઈરસ ક્યાંથી આવ્યો ? સમજી લો કે આપણને ખબર છે કે વાઈરસ દૂષિત પાણી પીવાને કારણે (તે બાળકના શરીરમાં) આવ્યો પણ અન્ય બાળકોએ પણ તે દૂષિત પાણી પીધેલું છે તો એનું શું કારણ છે કે એક જ બાળકને ઝાડા થયા અને બીજાને ન થયા ?

આનું એક કારણ એ પણ હોઈ શકે કે આ બાળક તંદુરસ્ત ન હોય જેને પરિણામરૂપે એવી બાબત થવાની શક્યતા છે કે જ્યારે આ બાળક વાઈરસના સંપર્કમાં આવે છે તો તે બીમાર થઈ જાય છે જ્યારે અન્ય બાળકો બીમાર પડતાં નથી. હવે પ્રશ્ન એ થાય છે કે, બાળક સ્વસ્થ કેમ નથી, એવું બની શકે કે બાળકને સારું પોષણ ન મળતું હોય અને તે પર્યાપ્ત માત્રામાં ખોરાક ન લેતો હોય. આમ, પર્યાપ્ત માત્રામાં પોષણ ન લેવું એ પણ રોગનું બીજું કારણ હોય. બાળક પર્યાપ્ત માત્રામાં પોષણ કેમ નથી મેળવી શકતું ? બની શકે કે માતા-પિતા ગરીબ હોય.

એ પણ સંભવિત છે કે બાળકમાં આનુવંશિક ખામી હોય, જેથી બાળક રોગકારકના સંપર્કમાં આવવાથી પાતળા ઝાડાની અસર દર્શાવે છે, માત્ર આનુવંશિક ખામી કે ઓછા પોષણથી પાતળા ઝાડા થઈ શકતા નથી, પણ તે રોગના કારણમાં પણ સહભાગી હોય છે.

બાળક માટે સ્વચ્છ પાણી ઉપલબ્ધ કેમ નહતું ? સંભવ છે કે બાળકનો પરિવાર નિવાસ કરતો હોય ત્યાં સુવિધાઓ નિર્બળ હોવાને કારણે સ્વચ્છ પાણી ઉપલબ્ધ ન પણ હોય. આ રીતે ગરીબ લોકોને સુવિધાઓનો અભાવ બાળકની બીમારીનું ત્રીજું કારણ છે.

આ પ્રકારે હવે એ સ્પષ્ટ થઈ ગયું છે કે, રોગો પ્રાથમિક કારણ અને સહાયક કારણને લીધે થાય છે. તેની સાથે વિભિન્ન પ્રકારના રોગ થવાનાં એક નહિ પરંતુ ઘણાં બધાં કારણો હોય છે.

13.2.5 સંસર્ગજન્ય (ચેપી) અને બિનસંસર્ગજન્ય (બિનચેપી) કારણો (Infectious and non-infectious causes)

આપણે જોયું કે જ્યારે કોઈ પણ રોગ માટે કારણ વિષય વિચારીએ છીએ ત્યારે આપણે વ્યક્તિગત સ્વાસ્થ્ય અને સામુદાયિક સ્વાસ્થ્ય સંબંધિત કારણો ધ્યાનમાં રાખવા જરૂરી બને છે. આપણે આ વિષય પર હજુ વધારે ચર્ચા કરીએ. રોગનાં પ્રાથમિક કારણોના વિષયમાં વિચારવું વધારે યોગ્ય છે, રોગના કારણનો એક વર્ગ છે. સંસર્ગજન્ય કારકો, મોટા ભાગના સૂક્ષ્મ જીવો હોય છે. જે રોગના પ્રાથમિક કારક સૂક્ષ્મ જીવો હોય છે તેઓને સંસર્ગજન્ય રોગો કહે છે. તેનું કારણ એ છે કે સૂક્ષ્મ જીવો સમુદાયોમાં ફેલાઈ શકે છે અને તેના કારણે થનારા રોગ પણ તેઓની સાથે ફેલાય છે.

આના વિશે વિચારો :

1. શું બધા રોગો રોગી વ્યક્તિના સંપર્કમાં આવવાથી ફેલાય છે ?
2. એવા કયા રોગો છે કે જે ફેલાતા નથી ?
3. મનુષ્યોમાં તે રોગો કેવી રીતે થાય છે ? જે રોગીના સંપર્કમાં આવવાથી ફેલાતા નથી ?

બીજી તરફ, કેટલાક રોગો એવા પણ હોય છે જે સંસર્ગજન્ય કારકો દ્વારા થતાં નથી. તેમનાં કારણો ભિન્ન હોય છે; પરંતુ તે બહારનાં કારકો જેવા કે સૂક્ષ્મ જીવો નથી હોતાં, કે જેઓ સમુદાયમાં ફેલાઈ શકે છે. જોકે તેઓ મોટે ભાગે આંતરિક તેમજ અસંસર્ગજન્ય હોય છે.

ઉદાહરણ તરીકે કેટલાક પ્રકારનાં કૅન્સર જનીનિક અનિયમિતતાને કારણે થાય છે. ઊંચું રુધિર દબાણનું કારણ વધારે વજન હોવાનું અને કસરત ન કરવાનું છે. તમે એવા અન્ય રોગોના વિષયમાં પણ વિચારી શકો છો જે સંસર્ગજન્ય હોતા નથી.

પેપ્ટિક અલ્સર અને નોબેલ પુરસ્કાર

Peptic ulcers and the Nobel prize

કેટલાંય વર્ષોથી આપણે એ વિચારતા હતા કે પેપ્ટિક અલ્સર, જે જઠર અને પક્વાશયની એસિડિટીના સંદર્ભમાં થતો દુ:ખાવો અને રુધિરસ્રાવ છે. તેનું કારણ આપણી રહેણીકરણી છે. આપણે વિચારીએ છીએ કે તણાવયુક્ત જીવનમાં જઠરમાં ઍસિડનો સ્રાવ વધારે થાય છે જેને કારણે કાળક્રમે પેપ્ટિક અલ્સર થઈ જાય છે.

બે ઑસ્ટ્રેલિયન વૈજ્ઞાનિકોએ શોધ્યું કે એક બૅક્ટેરિયા- હેલીકોબૅક્ટર પાયલોરી પેપ્ટિક અલ્સરનું કારણ છે. ઑસ્ટ્રેલિયાના પર્થ શહેરમાં પેથોલોજિસ્ટ (રોગવિજ્ઞાની) રોબિન વોરેન (Robin Warren) (જન્મ 1937માં) જોયું કે અનેક રોગીઓનાં જઠરના નીચલા ભાગમાં નાના-નાના વક્રાકાર બૅક્ટેરિયાઓ જોવા મળ્યા હતા. તેણે નોંધ્યું કે આ બૅક્ટેરિયાની આસપાસ હંમેશાં સોજાનાં ચિહ્નો હોય છે. બેરી માર્શલ (Berry Marshal) (જન્મ 1951 માં) જેઓ એક ચિકિત્સક (Physician) હતા. તેમણે વોરેનની શોધમાં રસ દાખવ્યો અને તેમણે આ સ્રોતો પરથી બૅક્ટેરિયાના સંવર્ધનમાં સફળતા મેળવી.

ઉપચાર દરમિયાન અભ્યાસ કરતાં, માર્શલ અને વોરેને શોધ્યું કે રોગીના પેપ્ટિક અલ્સરનો ઉપચાર ત્યારે જ શક્ય છે કે જ્યારે બૅક્ટેરિયાઓ જઠરમાં મારી નાખવામાં આવે. માર્શલ અને વોરેનના આ અદ્ભુત કાર્યને માટે વિશ્વ સમુદાય તેઓનો આભારી છે કે, પેપ્ટિક અલ્સર હવે હઠીલા તેમજ અસહાય સ્થિતિવાળા રોગ રહ્યા નથી; પરંતુ કેટલાક સમય સુધી પ્રતિજૈવિક (એન્ટિબાયોટિક)નાં ઉપચારથી આરામ થઈ જાય છે.

આ શોધ માટે માર્શલ અને વોરેનને (ફોટોગ્રાફમાં જુઓ) દેહધાર્મિક વિજ્ઞાન તથા ઔષધી માટે સન્ 2005માં સંયુક્તરૂપે નોબેલ પુરસ્કાર પ્રદાન કરવામાં આવ્યો હતો.

રોગોના ફેલાવાની રીતો અને તેમના ઉપચારની રીતો તેમજ સામુદાયિક સ્તર પર તેઓનાં નિવારણની રીતો વિભિન્ન રોગો માટે ભિન્ન હોય છે. તેઓનાં પ્રાથમિક કારણો સંસર્ગજન્ય છે અથવા અસંસર્ગજન્ય છે. તેના પર તે આધાર રાખે છે.

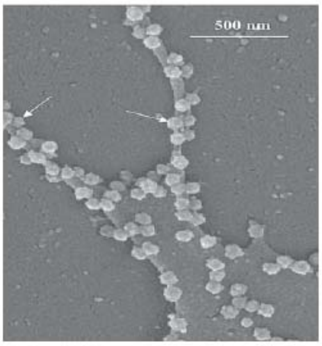
પ્રશ્નો :

1. એવાં ત્રણ કારણ લખો કે જેના આધારે તમે વિચારી શકો કે તમે બીમાર છો અને ચિકિત્સકની પાસે જવા માંગો છો. જો આમાંથી એક પણ લક્ષણ હોય તો પણ તમે ચિકિત્સક પાસે જવા માંગો છો ? શા માટે અથવા શા માટે નહિ ?
2. નીચે આપેલા પૈકી કોનાથી તમારા સ્વાસ્થ્ય પર ખરાબ અસર પડેલી છે ? અને કેમ ?
   - જો તમને કમળો થયો હોય.
   - જો તમને જૂ પડી હોય.
   - જો તમને ખીલ થયા હોય.

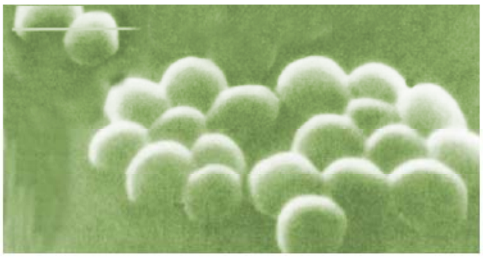
13.3 સંસર્ગજન્ય રોગો (ચેપી રોગો) (Infectious Diseases)

13.3.1 સંસર્ગજન્ય કારકો (ચેપી કારકો) (Infectious agents)

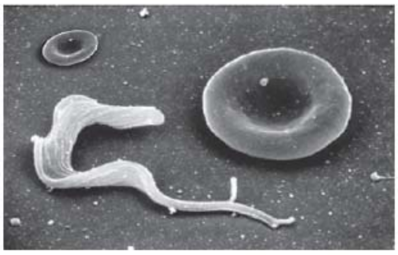
આપણે જોયું કે સજીવસૃષ્ટિની સંપૂર્ણ વિવિધતાને કેટલાક જૂથોમાં વિભાજિત કરવામાં આવી છે. વિભિન્ન સજીવોનું વર્ગીકરણ કેટલાંક સામાન્ય લક્ષણોને આધારે કરી શકીએ છીએ. રોગ ઉત્પન્ન કરવાવાળા સજીવોનો આમાંથી અનેક જૂથોમાં સમાવેશ થાય છે. આમાંથી કેટલાક વાઇરસ, કેટલાક બૅક્ટેરિયા, કેટલાક એકકોષીય સજીવો, કેટલીક ફૂગ અથવા પ્રજીવો (આકૃતિ 13.1) છે. કેટલાક રોગો બહુકોષીય સજીવો, જેવા કે અનેક પ્રકારના કૃમિથી પણ થાય છે.



આકૃતિ 13.1 (a) : સંક્રમણ (ચેપગ્રસ્ત) કોષની બહાર નીકળતા SARS વાઈરસને આકૃતિમાં તીર દ્વારા અંકિત કરેલ છે. આકૃતિમાં સફેદ રેખા 500 નેનોમીટર (nm) માપને દર્શાવે છે. જે એક માઈક્રોમીટરનું અડધું માપ છે. એક માઈક્રોમીટર એક મિલીમીટરના એક હજારમા ભાગ બરાબર થાય છે. આ આકૃતિ એ બાબતને દર્શાવે છે કે આપણે કેટલી સૂક્ષ્મ વસ્તુઓને જોઈ રહ્યા છીએ.
સૌજન્ય : ઈમર્જિંગ ઈન્ફેક્શીયસ ડિસિસ, સીડીસી, યુ.એસ.ના એક જર્નલમાંથી

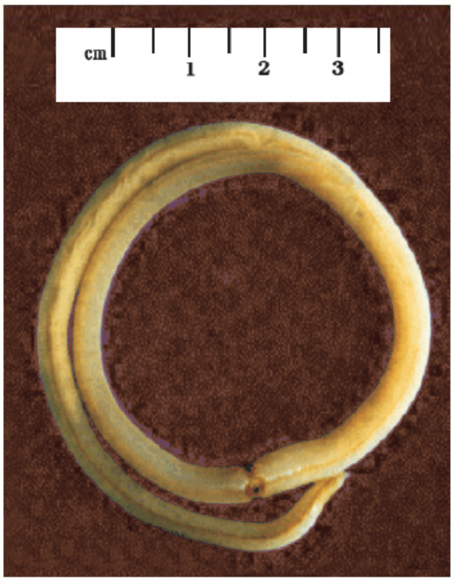


આકૃતિ 13.1 (b) : સ્ટેફીલોકોકાઈ (staphylococci) બૅક્ટેરિયા જે ખીલના રોગકારક છે. તેની ડાબી બાજુ મથાળે દોરેલી રેખા 5 માઈક્રોમિટર માપને પ્રદર્શિત કરે છે.



આકૃતિ 13.1 (c) : પ્રજીવ ટ્રાયપેનોસોમા (*Trypanosoma*) તે અનિંદ્રા રોગનો રોગકારક છે. રકાબી આકારના લાલ રુધિર કોષો તેની બાજુમાં રહેલા ટ્રાયપેનોસોમાના માપની સમજણ આપે છે.
કૉપીરાઈટ : ઓરગોન હેલ્થ ઍન્ડ સાયન્સ યુનિવર્સિટી, યુ.એસ.

આકૃતિ 13.1 (d) : લેશ્માનિયા (*Leishmania*)ની આકૃતિ કે જે કાલા-અઝાર રોગનું કારણરૂપ પ્રજીવ છે. સજીવો અંડાકાર છે અને પ્રત્યેક એક લાંબી ચાબૂક જેવી રચના ધરાવે છે. એક સજીવ વિભાજિત થાય છે (તીર વડે દર્શાવેલ છે) જ્યારે પ્રતિકારક તંત્રના એક કોષે (નીચેની તરફ જમણી બાજુએ) વિભાજિત સજીવની ચાબૂકને જકડ્યું છે અને તે સજીવને નાશ થાય ત્યાં સુધી તે સક્રિય રહે છે. રોગપ્રતિકારક કોષ લગભગ દસ માઈક્રોમીટર વ્યાસ ધરાવે છે.



આકૃતિ 13.1 (e) : ગોળકૃમિ (એસ્કેરિસ લુમ્બ્રિકોઈડીસ) (*Ascaris lumbricoides*) નાના આંતરડામાં જોવા મળે છે. 4 cm ની માપપટ્ટીમાં મપાયેલ એક પુખ્ત ગોળકૃમિ (સૂત્રકૃમિ) (કરમિયું)ના માપના અનુમાન માટે છે.

સામાન્ય શરદી, ઇન્ફ્લ્યુએન્ઝા, ડેન્ગ્યુ તાવ અને એઇડ્સ (AIDS) જેવા સામાન્ય રોગો વાઇરસ દ્વારા થાય છે. કેટલાક રોગ જેવા કે ટાઇફૉઇડ તાવ, કૉલેરા, ક્ષય અને એન્થ્રેક્સ બૅક્ટેરિયા દ્વારા થાય છે. ઘણા બધા સામાન્ય ચામડીના રોગો વિભિન્ન પ્રકારની ફૂગ દ્વારા થાય છે. પ્રજીવથી મૅલેરિયા, કાલા-અજાર નામના રોગ થાય છે. આપણે આંતરડાના કૃમિના સંક્રમણથી પરિચિત છીએ. એવી જ રીતે હાથીપગાના રોગ વિવિધ પ્રકારના કૃમિની જાતિઓથી થાય છે.

ચેપી કારકો વિશે વિચારવું શા માટે જરૂરી છે ? કેવી સારવાર આપવી તે જાણવા રોગકારક સજીવોના પ્રકાર વિશે સમજવું જરૂરી છે.

ઉદાહરણ તરીકે વાઇરસ, પરપોષી હોય છે. તે કોષોમાં રહે છે, પણ બૅક્ટેરિયામાં એવા ગુણ ઓછા હોય છે. વાઇરસ, બૅક્ટેરિયા અને ફૂગનું ગુણન અત્યંત ઝડપથી થાય છે. જોકે તુલનાત્મક રીતે કૃમિમાં ગુણન ધીમું હોય છે. વર્ગીકરણ અનુસાર બધા બૅક્ટેરિયા એકબીજા સાથે વાઇરસ કરતાં વધારે નજીક હોય છે. એવું વાઇરસમાં પણ હોય છે. એનો અર્થ એવો છે કે અનેક જૈવિક પ્રક્રિયાઓ બધા બૅક્ટેરિયાઓમાં સમાન હોય છે; પરંતુ વાઇરસ વર્ગથી ભિન્ન હોય છે. તેના પરિણામરૂપે ઔષધિ જે કોઈ વર્ગમાં કોઈ એક જૈવિક પ્રક્રિયાને રોકે છે તો તે આ વર્ગના અન્ય સભ્યો પર પણ આ પ્રકારે અસર પહોંચાડે છે; પરંતુ એવી જ ઔષધિ અન્ય વર્ગથી સંબંધિત રોગકારકો પર અસર પહોંચાડી શકતી નથી.

આપણે એન્ટિબાયોટિકનું પણ ઉદાહરણ લઈએ છીએ. તેઓ સામાન્યતઃ બૅક્ટેરિયાનો મહત્ત્વપૂર્ણ જૈવરાસાયણિક માર્ગને બંધ કરી દે છે. ઉદાહરણ તરીકે મોટા ભાગના બૅક્ટેરિયા તેના રક્ષણ માટે કોષદીવાલ બનાવી લે છે. પેનિસિલિન, એન્ટિબાયોટિક બૅક્ટેરિયાની કોષદીવાલ બનાવવાની પ્રક્રિયાને અવરોધી દે છે. આના પરિણામ સ્વરૂપ બૅક્ટેરિયાની કોષદીવાલનું નિર્માણ થવા દેતી નથી અને તેથી તેઓ સરળતાથી મરી જાય છે. માનવના કોષોમાં કોષદીવાલ બનતી નથી એટલા માટે પેનિસિલિનની અસર આપણા પર થતી નથી. આમ તો પેનિસિલિન બધા બૅક્ટેરિયાને અસર પહોંચાડે છે જેઓમાં કોષદીવાલ બનાવવાની પ્રક્રિયા થાય છે. આ રીતે ઘણા બધા એન્ટિબાયોટિક બૅક્ટેરિયાઓની અનેક જાતિઓને અસર કરે છે. માત્ર એક જ જાતિ અસર કરે છે એવું નથી.

પરંતુ વાઇરસમાં એવો માર્ગ નથી હોતો, આ કારણે કોઈ પણ એન્ટિબાયૉટિક વાઇરસના સંક્રમણ પર અસરકારક નીવડતી નથી. જો આપણે શરદી-ઉધરસથી પ્રભાવિત હોઈએ તો એન્ટિબાયૉટિક લેવાથી રોગની તીવ્રતા અથવા તેનો સમયગાળો ઓછો થતો નથી પણ જો વાઇરસ સંક્રમિત શરદી-ઉધરસની સાથે બૅક્ટોરિયાનું સંક્રમણ હોય છે ત્યારે એન્ટિબાયૉટિકનો ઉપયોગ લાભકારક નીવડે છે; આમ છતાં એન્ટિબાયૉટિક માત્ર બૅક્ટેરિયાના સંક્રમણ માટે ઉપયોગી બને છે, વાઇરસના સંક્રમણ પર નહીં.

પ્રવૃત્તિ ______ 13.5

- તપાસ કરો કે તમારા વર્ગમાં તાજેતરમાં કેટલા વિદ્યાર્થીઓને શરદી / ઉધરસ / તાવ આવ્યો હતો.
- તેઓની બીમારી કેટલા દિવસો સુધી રહી.
- તેમાંથી કેટલાએ એન્ટિબાયૉટિકનો ઉપયોગ કર્યો હતો ? (તમારાં માતા-પિતાને પૂછો કે તમે એન્ટિબાયોટિક લીધી હતી કે નહિ ?
- જેઓએ એન્ટિબાયૉટિક લીધેલી હતી તેઓ કેટલા દિવસો સુધી બીમાર રહ્યા હતા ?
- જેઓએ એન્ટિબાયૉટિક લીધેલી ન હોય તેઓ કેટલા દિવસો સુધી બીમાર રહ્યા હતા ?
- શું આ બે જૂથો વચ્ચે કોઈ ભેદ છે ?
- જો હા હોય તો શા માટે ? જો ના હોય તો શા માટે નહિ ?

13.3.2 રોગનો ફેલાવો (Means of spread)

સંસર્ગજન્ય રોગો કેવી રીતે ફેલાય છે ? મોટા ભાગના સૂક્ષ્મ જીવો, (રોગકારકો) રોગી વ્યક્તિથી અન્ય સ્વસ્થ મનુષ્ય સુધી વિભિન્ન રીતોથી ફેલાય છે અથવા તેઓ સંચારિત થઈ શકે છે આથી તેઓને ચેપી રોગો પણ કહે છે.

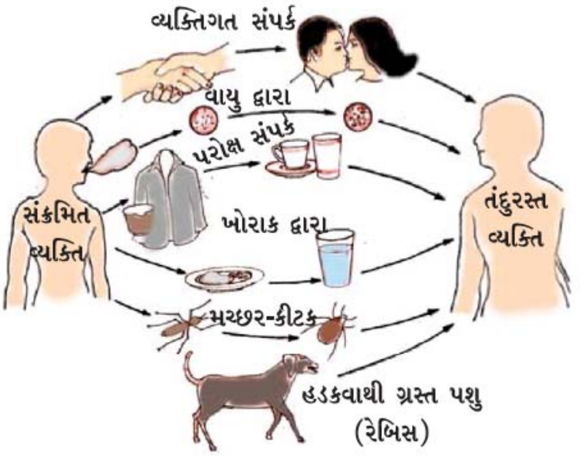
આવા રોગકારક સૂક્ષ્મ જીવો હવા દ્વારા ફેલાય છે. એવું ત્યારે થાય છે કે જ્યારે રોગી વ્યક્તિ છીંકે છે અથવા ઉધરસ ખાય છે. તે સમયે નાના-નાના છાંટા (કે બિંદુઓ) બહાર નીકળે છે. જો તે સમયે તેની નજીક કોઈ અન્ય વ્યક્તિ હોય તો શ્વાસ દ્વારા તે છાંટા કે બિંદુઓ તેના શરીરમાં પ્રવેશ કરી શકે છે. આનાથી સૂક્ષ્મ જીવોને એક નવી જગ્યાએ ફેલાવવાની તક મળી જાય છે. હવા દ્વારા શરદી-ઉધરસ, ન્યુમોનિયા અને ક્ષય જેવા રોગો હવાથી ફેલાતા રોગોના ઉદાહરણ છે.

આપણે બધાએ એવો અનુભવ કર્યો હશે કે જ્યારે આપણે કોઈ શરદી-ઉધરસવાળી વ્યક્તિની પાસે બેઠા હોઈએ ત્યારે આપણને પણ શરદી-ઉધરસ થઈ જાય છે. જ્યાં વધારે ભીડ હોય ત્યાં હવા દ્વારા ફેલાતા રોગો પણ વધારે થાય છે.

પાણી દ્વારા પણ રોગ ફેલાઈ શકે છે. જ્યારે સંક્રમિત રોગ કે કૉલેરાવાળા વ્યક્તિના ઉત્સર્ગદ્રવ્યો પીવાના પાણીમાં ભળે છે અને જો કોઈ સ્વસ્થ વ્યક્તિ જાણતા-અજાણતામાં આ પાણી પીએ છે તો રોગકારકો એક તંદુરસ્ત વ્યક્તિમાં દાખલ થાય છે. જેનાથી તે પણ આ જ રોગથી ગ્રસ્ત બને છે. આવા રોગો મોટે ભાગે સ્વચ્છ પીવાનું પાણી ન મળવાને કારણે ફેલાય છે. નાનાં-નાનાં ટીપાંઓ હવાના વેગ સાથે મિનિટો કે કલાકો સુધી વાતાવરણમાં પ્રવાહી સ્વરૂપે રહે છે.

લૈગિંક ક્રિયાઓ (પ્રજનનક્રિયા) દ્વારા બે વ્યક્તિ શારીરિક રૂપથી એકબીજાના સંપર્કમાં આવે છે. આથી એ આશ્ચર્યજનક બાબત નથી કે કેટલાક સૂક્ષ્મ જીવ દ્વારા ફેલાતા ચેપ જેવા કે સિફિલિસ કે એઇડ્સ (AIDS) લૈગિંક સંપર્કના સમયે એક સાથીથી બીજા સાથીમાં સ્થળાંતરિત થાય છે. જો આવા લૈગિંક ચેપી રોગ સામાન્ય સંપર્ક જેવાં કે હસ્તધૂનન કરવું કે ગળે મળવું અથવા રમતગમત જેવી કે કુસ્તી અથવા કોઈ અન્ય રીતે જેમાં આપણે સામાજિક રીતથી એકબીજાના સંપર્કમાં આવીએ છીએ તેનાથી તેઓ ફેલાતાં નથી. AIDS માટે જવાબદાર વાઈરસ (HIV) લૈગિંક સંપર્ક જાતીય સમાગમ ઉપરાંત રુધિરાધાન (Blood transfusion) દ્વારા પણ સંક્રમિત થાય છે. જેમકે, AIDSવાળી વ્યક્તિનું રુધિર સ્વસ્થ વ્યક્તિમાં રુધિરાધાન કરવામાં આવે અથવા ગર્ભાવસ્થા દરમિયાન કે રોગી માતા દ્વારા બાળકને સ્તનપાન દ્વારા રોગ ફેલાય છે.

આપણે એવા પર્યાવરણમાં રહીએ છીએ કે જેમાં આપણા સિવાય અન્ય સજીવ પણ રહે છે. એટલા માટે કેટલાક રોગ



આકૃતિ 13.2 : રોગના ફેલાવાની સામાન્ય રીતો

અન્ય સજીવો દ્વારા પણ ફેલાય છે. આ જંતુઓ રોગકારકો (રોગનું વહન કરનાર કારક)ને રોગીમાંથી લઈને અન્ય નવા યજમાન સુધી પહોંચાડી દે છે. આથી તેઓ મધ્યસ્થીનું કામ કરે છે, જેને રોગવાહકો (vectors) કહેવાય છે. સામાન્ય રોગવાહકનું એક ઉદાહરણ મચ્છર છે. મચ્છરની ઘણી બધી એવી જાતિઓ છે કે જેઓને વધારે માત્રામાં પોષણની જરૂરિયાત હોય છે. જેનાથી તેઓ પરિપક્વ ઈંડાં ઉત્પન્ન કરી શકે છે. મચ્છર અનેક સમતાપી પ્રાણીઓ (જેમાં મનુષ્ય સહિતના) પર નિર્ભર હોય છે. આ રીતે તેઓ એક માનવથી બીજા માનવમાં રોગનો ફેલાવો કરે છે.(આકૃત્તિ 13.2)

13.3.3 અંગ-વિશિષ્ટ અને પેશી-વિશિષ્ટ અભિવ્યક્તિ (Organ-specific and tissue-specific manifestations)

વિભિન્ન રીતે રોગ ઉત્પન્ન કરવાવાળા સૂક્ષ્મ જીવો શરીરમાં પ્રવેશ કરે છે. પછી તેઓ ક્યાં જાય છે ? સૂક્ષ્મ જીવોની સાપેક્ષ શરીર ખૂબ જ મોટું છે. એટલા માટે આપણા શરીરમાં ઘણાંબધાં સ્થાન, અંગ, પેશી વગેરે છે જ્યાં સૂક્ષ્મ જીવો જઈ શકે છે. શું બધા જ સૂક્ષ્મ જીવો એક જ અંગ કે પેશીમાં જાય છે કે તેઓ ભિન્ન-ભિન્ન સ્થાનોએ જાય છે ?

સૂક્ષ્મ જીવોની વિભિન્ન જાતિઓ શરીરના વિભિન્ન ભાગોમાં વિકસે છે. આવી પસંદગી તેઓના પ્રવેશનાં સ્થાન પર નિર્ભર કરે છે. જો તેઓ હવાથી નાક દ્વારા પ્રવેશ કરે તો તેઓ ફેફસાંમાં જશે. એવા બૅક્ટેરિયાથી થવાવાળો રોગ ક્ષય હોય છે. જો તેઓ મોં દ્વારા પ્રવેશ કરે તો તેઓ ટાઈફૉઇડના બૅક્ટેરિયાની

જેમ પાચનમાર્ગની નળીમાં વસે છે. અથવા તેઓ યકૃતમાં જશે જેવાં કે હિપેટાઇટિસના વાઇરસ જે કમળાના રોગકારક છે. પરંતુ હંમેશાં એવું થતું નથી. HIV વાઇરસ જે લૈંગિક અંગો દ્વારા શરીરમાં પ્રવેશ કરે છે. તેઓ લસિકા ગાંઠોમાં ફેલાય છે. મૅલેરિયા ઉત્પન્ન કરવાવાળા સૂક્ષ્મ જીવો જે મચ્છરના કરડવાથી શરીરમાં પ્રવેશ કરે છે. તેઓ યકૃતમાં પણ જાય છે. તેના પછી લાલરુધિરકણિકાઓ (રક્તકણો)માં આવે છે. આ જ રીતે જાપાનીઝ એન્સીફેલાઇટિસ (મગજનો તાવ) ઉત્પન્ન કરવાવાળા વાઇરસ પણ મચ્છરના કરડવાથી શરીરમાં પહોંચે છે; પરંતુ તેઓ મગજને ચેપ લગાડે છે.

જે પેશી કે અંગ પર સૂક્ષ્મ જીવ આક્રમણ કરે છે, રોગનાં લક્ષણ તેમજ ચિહ્ન તેના પર નિર્ભર કરે છે. જો ફેફસાં પર આક્રમણ થાય છે તો લક્ષણ ઉધરસ આવવી અને ઓછો શ્વાસ લેવાના હોય છે. જો યકૃત પર આક્રમણ કરે છે તો કમળાનાં લક્ષણ હોય છે. જો મગજ પર આક્રમણ થાય છે તો માથાનો દુઃખાવો, ઊલટી આવવી, ચક્કર આવવા અથવા બેભાન બનવાનાં લક્ષણો મેળવે છે. જો આપણે એ જાણતા હોઈએ કે, કઈ પેશી કે અંગ પર આક્રમણ થયું છે ? અને તેઓનાં કાર્ય શું છે ? તો આપણે સંક્રમણનાં ચિહ્ન અને લક્ષણ વિશે અનુમાન કરી શકીએ છીએ.

સંસર્ગજન્ય રોગોની પેશી વિશિષ્ટ અસર સિવાય તેઓની અન્ય સામાન્ય અસર પણ હોય છે. મોટે ભાગે સામાન્ય અસરો એના પર નિર્ભર કરે છે કે સંક્રમણથી શરીરનું પ્રતિરક્ષાતંત્ર કે રોગપ્રતિકારક તંત્ર (Immunity System) ક્રિયાશીલ થઈ જાય. એક સક્રિય પ્રતિરક્ષાતંત્ર પ્રભાવિત પેશીની ચારેય બાજુ રોગ ઉત્પન્ન કરનારા સૂક્ષ્મ જીવોને મારવા માટે અનેક કોષો બનાવી લે છે. નવા કોષો બનાવાની આ પ્રક્રિયાને સોજો કહે છે. આ પ્રક્રિયાને અંતર્ગત સ્થાનિક અસર જેવી કે સોજો અને દર્દ થવાની તથા સામાન્ય અસર જેવી કે તાવ આવવો હોય છે.

કેટલાક કિસ્સાઓમાં ચેપની વિશિષ્ટ અસરથી ખૂબ જ સામાન્ય અસર જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે HIV સંક્રમણમાં વાઇરસ પ્રતિરક્ષાતંત્ર (રોગપ્રતિકારક તંત્ર)માં જાય છે અને તેનાં કાર્યને નષ્ટ કરી નાંખે છે. આથી HIV-AIDSની ઘણીબધી અસરોને કારણે આપણું શરીર રોજબરોજ થવાવાળા નાનાં-નાનાં સંક્રમણોનો લાંબા સમય સુધી સામનો કરી શકતાં નથી. સામાન્ય શરદી - ઉધરસથી પણ ન્યુમોનિયા થઈ શકે છે. આ રીતે અન્નનળીના સંક્રમણથી રુધિરયુક્ત ઝાડા પ્રવાહીપણું થઈ જાય છે. છેવટે તેઓ અન્ય સંક્રમણથી HIV-AIDSના રોગીના મૃત્યુનું કારણ બને છે.

આપણે યાદ રાખવું આવશ્યક છે કે રોગની તીવ્રતાની અસર શરીરમાં આવેલા સૂક્ષ્મ જીવોની સંખ્યા પર આધાર રાખે છે. જો સૂક્ષ્મ જીવોની સંખ્યા ખૂબ જ ઓછી હોય તો રોગની અસર ઓછી હોય છે. જો એવા સૂક્ષ્મ જીવોની સંખ્યા વધારે હોય, તો રોગની અસર એટલી બધી તીવ્ર હોય છે કે સજીવનું મૃત્યુ પણ થઈ શકે છે. પ્રતિરક્ષા તંત્ર (રોગપ્રતિકારક તંત્ર) એક મુખ્ય કારક છે જે શરીરમાં જીવંત સૂક્ષ્મ જીવોની સંખ્યાને નિર્ધારિત કરે છે. આ વિષયમાં આપણે આ પ્રકરણના અંતમાં જોઈશું.

13.3.4 ઉપચારના સિદ્ધાંતો (Principles of treatment)

જ્યારે તમે બીમાર પડો છો ત્યારે તમારા કુટુંબના સભ્યો શું કરે છે ? શું તમે ક્યારેય વિચાર્યું છે કે તમે થોડો સમય સૂઈ ગયા. પછી સારો અનુભવ શા માટે કરો છો ? ઉપચારમાં દવાનો ઉપયોગ ક્યારે કરો છો ?

અત્યાર સુધીના જ્ઞાનને આધારે એવું લાગે છે કે, સંસર્ગજન્ય રોગોના ઉપચાર માટેના બે ઉપાયો છે. એક તો એ છે કે રોગની અસર ઓછી કરી દેવી અને બીજો ઉપાય એ છે કે રોગનાં કારણનો જ નાશ કરી દેવો. પહેલા ઉપાય માટે આપણે એવો ઉપચાર કરવો પડે કે જેનાથી તેમનાં લક્ષણો ઘટી જાય. લક્ષણો સામાન્ય રીતે બળતરાને કારણે હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે આપણે તાવ, દર્દ અથવા ઝાડાને ઓછા થવાની દવાઓનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. આપણે આરામ કરીને ઊર્જાનું સંરક્ષણ કરી શકીએ છીએ. જે આપણને સ્વસ્થ થવામાં મદદરૂપ થાય છે.

પરંતુ આ પ્રકારનાં લક્ષણ-આધારિત ઉપચારમાં સંસર્ગજન્ય સૂક્ષ્મ જીવોનો નાશ નથી થતો અને રોગ મટશે નહિ એટલા માટે આપણે સૂક્ષ્મજીવોનો નાશ કરવો જ રહ્યો.

આપણે સૂક્ષ્મજીવોને કેવી રીતે મારી નાંખીએ છીએ ? સૂક્ષ્મજીવોને મારી નાખવાની એક રીત ઔષધિઓનો (દવાઓનો) ઉપયોગ કરવો છે. આપણે અગાઉ પણ અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ કે સૂક્ષ્મજીવો વિભિન્ન વર્ગોમાં આવેલ હોય છે. તેઓ વાઇરસ, બૅક્ટેરિયા, ફૂગ અથવા પ્રજીવો છે. સજીવોના પ્રત્યેક વર્ગમાં કેટલીક આવશ્યક જૈવરાસાયણિક જૈવ પ્રક્રિયાઓ

કરે છે જે આ વર્ગના માટે વિશિષ્ટ હોય છે અને અન્ય વર્ગોમાં જોવા મળતી નથી. તે પ્રક્રિયાઓ નવા પદાર્થ બનાવવાના વિભિન્ન તબક્કા અથવા શ્વસનની હોઈ શકે છે.

આ માર્ગો-પરિપથોનો આપણે ઉપયોગ કરતાં નથી. ઉદાહરણ તરીકે આપણા કોષો એવી પ્રક્રિયાથી નવા પદાર્થ બનાવી શકે છે, જે બૅક્ટેરિયાની પ્રક્રિયાથી ભિન્ન હોય છે. આપણે એવી દવાનો ઉપયોગ કરવાનો હોય છે જે આપણા શરીરને અસર કર્યા વગર બૅક્ટેરિયાના સંશ્લેષણીય પરિપથને રોકી શકે છે. આવું એન્ટિબાયૉટિકથી સંભવ છે. આવી રીતે કેટલીક એવી દવાઓ છે કે જે મૅલેરિયાના પરોપજીવી પ્રજીવને મારી નાખે છે.

એન્ટિવાઈરલ દવાને બનાવવી એન્ટિબૅક્ટેરિયલ દવા બનાવવાની તુલનામાં અઘરી છે. એનું કારણ એ છે કે વાઈરસને પોતાની જૈવરાસાયણિક પ્રણાલી ખૂબ જ ઓછી હોય. વાઈરસ આપણા શરીરમાં પ્રવેશ કરે છે અને આપણી જીવન પ્રક્રિયા માટે આપણી જ મશીનરી (યાંત્રિકી)નો ઉપયોગ કરે છે. આનો અર્થ એ છે કે દવાને આક્રમણ કરવા માટે અપેક્ષા કરતાં ઓછા વાઈરસ વિશિષ્ટ લક્ષ્ય બને છે. આ મર્યાદાઓ હોવા છતાં પણ હવે પ્રભાવશાળી એન્ટિવાઈરસ દવાઓ પણ મળી રહે છે. ઉદાહરણ તરીકે HIV સંક્રમણને નિયંત્રિત કરનારી દવાઓ.

13.3.5 રોગ અટકાવવાના સિદ્ધાંતો

(Principles of prevention of disease)

અત્યાર સુધી આપણે એ અભ્યાસ કર્યો કે કોઈ વ્યક્તિમાં કોઈ રોગ છે તો તેના સંક્રમણથી કેવી રીતે છુટકારો મેળવી શકાય ? સંસર્ગજન્ય ક્રમિક રોગોથી છુટકારો મેળવવા માટેની ત્રણ મર્યાદાઓ છે. પહેલી એ છે કે જો કોઈ વ્યક્તિ એકવાર બીમાર થઈ જાય તો તેનાં શારીરિક કાર્યોને ખૂબ જ નુકસાન થાય છે અને તે ફરીથી પૂર્ણપણે સ્વસ્થ થઈ શકતો નથી. બીજી મર્યાદા એ છે કે, ઉપચારમાં લાંબો સમય લાગી શકે છે અથવા વ્યવસ્થિત સાચો ઉપચાર થવા છતાં પણ રોગીને પથારી પર લાંબો સમય આરામ કરવો પડે છે. ત્રીજી મર્યાદા એ છે કે સંસર્ગજન્ય રોગો અન્ય વ્યક્તિઓમાં રોગને ફેલાવાનો સ્રોત બની જાય તેનાથી વધારે મુશ્કેલીઓ વધી જાય છે. એટલા માટે રોગોને અટકાવવા તે ઉપચાર કરતાં સારું છે.

આપણે રોગોને કેવી રીતે અટકાવી શકીએ ? તેની બે રીતો છે : એક સામાન્ય અને બીજી રોગ વિશિષ્ટતા. સંક્રમણથી બચવા માટે સામાન્ય રીત છે રોગીથી દૂર રહેવું. આનાથી આપણે સંસર્ગજન્ય સૂક્ષ્મ જીવોથી આપણો બચાવ કરી શકીએ છીએ.

જો આપણે તેમના ફેલાવાની રીતો જાણતા હોઈએ તો આપણને તેમાં વધારે સરળતા રહે છે. હવા દ્વારા ફેલાતા સૂક્ષ્મજીવોથી બચવા માટે આપણે ખુલ્લા વિસ્તારોમાં રહેવું અને ભીડવાળા સ્થાનો પર ન જવું. પાણી દ્વારા ફેલાતા સૂક્ષ્મજીવોથી બચવા માટે આપણે સ્વચ્છ પાણી પીવું જોઈએ આ માટે તમે પાણીમાં રહેલા સૂક્ષ્મજીવોને મારવા માટેનો ઉપાય કરી શકો છો. રોગના વાહક સૂક્ષ્મજીવોથી બચવા માટે આપણે સ્વચ્છ પર્યાવરણમાં રહેવું જોઈએ. આવા વાતાવરણમાં મચ્છર ઉત્પન્ન થતાં નથી તેમજ સંસર્ગજન્ય રોગોથી બચવા માટે સ્વચ્છતા જરૂરી છે.

વાતાવરણ સંબંધિત વિષયો કરતાં, સંસર્ગજન્ય રોગોથી બચવા માટે પણ અન્ય સામાન્ય નિયમ છે. નિયમોની બાબતે વાત કરતાં પહેલાં આપણે એક પ્રશ્ન પૂછીએ કે જેની તરફ હજી આપણું ધ્યાન ગયું નથી. આમ તો આપણે દિન- પ્રતિદિન સંક્રમણમાંથી પસાર થઈએ છીએ. જો વર્ગમાં કોઈ એક વિદ્યાર્થી શરદી-ઉધરસથી પીડાય છે તો એવું સંભવ છે કે તેની આસપાસના વિદ્યાર્થી પણ તેનાથી સંક્રમિત થાય; પરંતુ આપણે બધા વાસ્તવમાં રોગથી પીડાતા નથી. એવું કેમ થતું નથી ?

એનું કારણ એ છે કે, આપણા શરીરમાં આવેલું રોગ-પ્રતિકારક તંત્ર જે રોગકારકો સામે લડતું રહે છે. આપણા શરીરમાં વિશિષ્ટ કોષો હોય છે. જે રોગકારકોને મારી નાંખે છે. આપણા શરીરમાં જેવા કોઈ સંસર્ગજન્ય રોગકારક આવે છે કે તરત જ આ કોષો સક્રિય થઈ જાય છે. જો તેઓ તેમને મારી નાંખે તો આપણને રોગ થતો નથી. પ્રતિકારક કોષો સંક્રમણને ફેલાતા પહેલાં જ તેઓનો નાશ કરી નાંખે છે. જેમકે પહેલાં આપણે જોયું કે, જો રોગકારકોની સંખ્યા નિયંત્રિત થઈ જાય તો રોગની અભિવ્યક્તિ ખૂબ જ ઓછી થાય છે તેમજ સંસર્ગજન્ય રોગકારકોથી સંક્રમિત થવાનો અર્થ એ નથી કે આપણને કોઈ વિશેષ બીમારી થઈ શકે છે.

ગંભીર સંસર્ગજન્ય રોગ, રોગ પ્રતિકારકતંત્રની અસફળતાને દર્શાવે છે. જો આપણને પર્યાપ્ત ખોરાક અને પોષણ પ્રાપ્ત ન થાય તો રોગપ્રતિકારકતા તંત્ર આપણા શરીરમાં આવેલાં અન્ય તંત્રોની જેમ સફળ થતાં નથી. એટલા માટે સંસર્ગજન્ય રોગોથી બચવા, યોગ્ય માત્રામાં બધાને ખોરાકની પ્રાપ્યતા એ બીજી મૂળ જરૂરિયાત છે.

પ્રવૃત્તિ 13.6

- તમારા મહોલ્લામાં એક સર્વેક્ષણ કરો. દસ પરિવારો સાથે વાતચીત કરો જેમની રહેણીકરણી ઉચ્ચ સ્તરની છે અને દસ એવા પરિવારને લો કે જે તમારા અનુમાનને અનુસાર ગરીબ છે. આ બે પરિવારોમાં બાળકો હોવાં જોઈએ જેઓની ઉંમર પાંચ વર્ષથી ઓછી હોય. પ્રત્યેક બાળકની ઊંચાઈ માપો અને તેઓની ઉંમર લખો. તેનો એક આલેખ તૈયાર કરો.
- શું વર્ગમાં કોઈ ભેદ છે ? અને જો હોય તો શા માટે ભેદ છે ?
- જો તેમાં કોઈ ભેદ નથી તો શું તમે તે નિર્ણય પર આવી શકો છો કે સ્વાસ્થ્યને માટે ધનવાન કે ગરીબ હોવું જરૂરી નથી ?

આ સંક્રમણથી બચવાની સામાન્ય રીતો છે. વિશિષ્ટ રીતો શું છે ? તે રોગપ્રતિકારક તંત્રના વિશિષ્ટ ગુણધર્મોને સંબંધિત છે જે નિયત રોગકારકની સાથે લડતા રહે છે. આને સમજવા માટે એક ઉદાહરણ લઈએ.

આજના દિવસોમાં વિશ્વમાં શીતળા થતાં નથી; પરંતુ સો વર્ષ પહેલાં શીતળાના રોગથી ભયંકર વિનાશ થયો હતો. એવી સ્થિતિમાં લોકો રોગીની પાસે જતા ડરતાં હતાં. કારણ કે તેઓને ભય હતો કે તેઓને પણ શીતળા ન થઈ જાય.

પરંતુ એક એવો પણ વર્ગ હતો કે જે શીતળાના રોગથી ડરતો ન હતો. આ વર્ગ શીતળાના રોગીઓની સેવા કરતો હતો. આ તે વર્ગ હતો જેઓને વધુ ભયાનક શીતળાનો રોગ થયો હતો પરંતુ તેમ છતાં પણ જીવતા રહ્યા હતા. પણ તેમના શરીર પર શીતળાના બહુ જ ડાઘા હતા. તેમ જ જો તમને એકવાર શીતળા થઈ જાય તો તમને શીતળાનો રોગ પુનઃ થવાની સંભાવના હોતી નથી. એટલા માટે એકવાર એક રોગ થયા પછી તે રોગથી બચવાની આ એક રીત છે.

આવું એટલા માટે થાય છે કે જ્યારે રોગકારક જીવાણુ રોગપ્રતિકારક તંત્ર પર પહેલી વાર આક્રમણ કરે છે ત્યારે રોગ પ્રતિકારક તંત્ર રોગકારક જીવાણુઓ સામે પ્રતિક્રિયા કરે છે અને એને વિશિષ્ટ સ્વરૂપમાં યાદ કરી લે છે. ફરીથી જ્યારે તે રોગકારક જીવાણુઓ કે તેમના જેવા રોગકારક જીવાણુ સંપર્કમાં આવે તો રોગ પ્રતિકારક તંત્ર પૂરી તાકાત (શક્તિ)થી તેઓનો નાશ કરી નાંખે છે. આનાથી પહેલાં સંક્રમણની સાપેક્ષ બીજું સંક્રમણ ઝડપથી નાશ પામી જાય છે. આ જ રોગપ્રતિકારક તંત્રના નિયમનો પાયો છે.

હવે આપણે કહી શકીએ કે, રસીકરણનો સામાન્ય નિયમ પણ એ છે કે શરીરનાં રોગ પ્રતિકારક તંત્રને છેતરીને ચોક્કસ ચેપી સજીવો દાખલ કરાવવામાં આવે છે. તે રોગકારક જીવાણુઓની નકલ કરે છે. જેને રસી દ્વારા શરીરમાં દાખલ કરવામાં આવે છે. તેઓ વાસ્તવમાં રોગ કરતાં નથી પણ ભવિષ્યમાં થનારા તેના જેવા જ રોગની સામે રક્ષણ આપે છે.

રોગપ્રતિકારકતા :

પરંપરા અનુસાર ભારતીય અને ચીની ચિકિત્સાકીય તંત્રમાં ક્યારેક જાણીને શીતળાના રોગથી પીડાતા વ્યક્તિ અને સ્વસ્થ વ્યક્તિની ત્વચાને કે ચામડીને અરસપરસ ઘસેલી હતી. તેઓને આના પરથી એવી આશા હતી કે આના દ્વારા શીતળાના રોગના નિર્બળ રોગકારક જીવાણુઓ સ્વસ્થ વ્યક્તિના શરીરમાં રોગની સામે પ્રતિરોધક ક્ષમતા ઉત્પન્ન કરી આપશે.

બસો વર્ષ પૂર્વે એક અંગ્રેજ ચિકિત્સક, જેમનું નામ એડવર્ડ જેનર (Edward Jenner) હતું. તેમણે શોધ્યું કે ગોવાળિયા જેમને ગાયના શીતળાનો રોગ થયો હોય છે, તેઓને રોગગ્રસ્તતા દરમિયાન પણ શીતળાનો રોગ થતો નથી. ગાયના શીતળાનો રોગ નિર્બળ કે અશક્ત રોગ છે. જેનરે જાણી જોઈને લોકોને ગાયના શીતળાના રોગના રોગકારકો આપ્યા. (જેમકે ફોટોગ્રાફમાં દેખાય છે.) એનાથી તેમણે નોંધ્યું કે લોકો શીતળાના રોગના પ્રતિરોધી છે. એનું કારણ એ છે કે, શીતળાના વાઈરસ, ગાયના શીતળાના રોગના વાઈરસના નજીકથી સંકળાયેલ છે. લૅટિન ભાષામાં ગાયનો અર્થ 'વાક્કા' અને Cowpox (ગાયના શીતળાનો રોગનો) અર્થ થાય છે 'વેક્સીનિયા'. આના આધારે વેક્સિન અથવા રસી શબ્દ આવેલો છે, જેનો આપણે આજકાલ ઉપયોગ કરીએ છીએ.

આજકાલ એવી ઘણી બધી રસીઓ ઉપલબ્ધ છે, જે સંસર્ગજન્ય રોગો અટકાવવા માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે અને ચોક્કસ રોગની સામે સંરક્ષણ પ્રદાન કરે છે. ધનૂર, ડિફ્થેરિયા, સૂકી ખાંસી (ઊટાંટિયું), ઓરી, પોલિયો વગેરેની રસીઓ ઉપલબ્ધ છે. સંસર્ગજન્ય રોગોથી રક્ષણ આપવા માટે સરકાર બાળકો માટે રસીકરણના કાર્યક્રમ કરે છે.

આવા કાર્યક્રમ ત્યારે સફળ થાય છે જ્યારે એવી સ્વાસ્થ્ય સુવિધાઓ બધાં જ બાળકોને મળે. શું તમે આનું કારણ વિચારી શકો છો કે આવું કેમ થાય છે ?

હિપેટાઇટિસના કેટલાક વાઇરસ કે જેનાથી કમળો થાય છે તેઓ પાણી દ્વારા ફેલાય છે. હિપેટાઇટિસ A માટે રસીકરણ થઈ શકે છે; પરંતુ દેશના મોટા ભાગના ભાગોમાં કે પ્રદેશોમાં જ્યારે બાળકની ઉંમર પાંચ વર્ષની થઈ જાય ત્યારે તે હિપેટાઇટિસ 'A'ની દ્વારા પ્રતિકારક થઈ ગયેલા હોય છે. આનું કારણ એ છે કે તેઓ પાણી દ્વારા વાઇરસની અસરમાં આવી ગયેલા હોય છે. આવી પરિસ્થિતિઓમાં શું તમે રસી મુકાવશો ?

પ્રવૃત્તિ _______________ 13.7

- રોગગ્રસ્ત કૂતરાઓ અને અન્ય પ્રાણીઓનાં કરડવાથી રેબીસ (હડકવા)ના વાઇરસ ફેલાય છે. મનુષ્ય અને પ્રાણીઓ બંનેને માટે એન્ટીરેબિસ (હડકવા વિરોધી રસી) પ્રાપ્ય છે. તપાસ કરો કે તમારા આડોશપાડોશમાં સ્થાનિક પ્રશાસન દ્વારા રેબિસને ફેલાતાં અટકાવવા માટે શું કરી રહ્યું છે ? શું આ ઉપાય પર્યાપ્ત છે ? જો નથી તો તમે આની સુધારણા માટે શું સૂચન કરી શકો છો ?

પ્રશ્નો :

1. જ્યારે તમે બીમાર થાવ છો. ત્યારે તમને સુપાચ્ય અને પોષણયુક્ત આહારની સલાહ કેમ આપવામાં આવે છે ?
2. સંસર્ગજન્ય રોગની ફેલાવાની વિભિન્ન રીતો કઈ-કઈ છે ?
3. સંસર્ગજન્ય રોગોને ફેલાતા અટકાવવા માટે તમારી શાળામાં કઈ-કઈ સાવચેતીઓ આવશ્યક છે ?
4. રોગપ્રતિકારતા એટલે શું ?
5. તમારી નજીકમાં આવેલ સ્વાસ્થ્ય કેન્દ્રમાં રસીકરણના કયા કાર્યક્રમ થાય છે ? તમારા વિસ્તારમાં કઈ-કઈ સ્વાસ્થ્ય સંબંધી મુખ્ય સમસ્યા છે ?

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- સ્વાસ્થ્ય વ્યક્તિની શારીરિક, માનસિક અને સામાજિક જીવનની એક સમગ્ર સમન્વય અવસ્થા છે.
- કેટલાકનું સ્વાસ્થ્ય તેમના ભૌતિક પર્યાવરણ અને આર્થિક અવસ્થા પર નિર્ભર કરે છે.
- રોગોના સમયગાળાને આધારે તેઓને તીવ્ર (Acute) અને હઠીલા (Chronic) એમ બે વર્ગોમાં વિભાજિત કરી શકાય છે.
- રોગોના કારકો સંક્રામક (ચેપી) અથવા અસંક્રામક (બિનચેપી) હોઈ શકે છે.
- સંક્રામક કારકો સજીવોના વિભિન્ન વર્ગથી થઈ શકે છે. તેઓ એકકોષયુક્ત સૂક્ષ્મ જીવો અથવા બહુકોષીય હોઈ શકે છે.
- રોગોનો ઉપચાર તેમના કારક રોગકારક જીવાણુના વર્ગ પર આધાર રાખે છે.
- સંક્રામક કારક હવા, પાણી, શારીરિક સંપર્ક અથવા રોગવાહક દ્વારા ફેલાય છે.
- રોગોને થતા અટકાવવા એ રોગોના ઉપચાર કરવા કરતાં વધુ સારો પ્રયાસ છે.
- લોકોની સ્વાસ્થ્ય-સ્વચ્છતાની રીતો દ્વારા સંસર્ગજન્ય રોગોને અટકાવી શકાય છે. જેથી સંક્રામક કારકો ઓછા થઈ જાય છે.

- રસીકરણ દ્વારા સંસર્ગજન્ય રોગોને અટકાવી શકાય છે.
- સંસર્ગજન્ય રોગોને અટકાવવા અને પ્રભાવશાળી બનાવવા માટે આવશ્યક છે કે સાર્વજનિક સ્વચ્છતા અને રસીકરણની સુવિધા બધાંને મળી શકે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. છેલ્લા એક વર્ષમાં તમે કેટલી વાર બીમાર પડ્યા હતા ? બીમારી શું હતી ?
   (a) આ બીમારીઓને દૂર કરવા માટે તમે તમારી દિનચર્યામાં કયું પરિવર્તન કરશો ?
   (b) આ બીમારીઓથી બચવા માટે તમે તમારી આડોશપાડોશમાં શું પરિવર્તન કરશો ?
2. ડૉક્ટર, નર્સ, સ્વાસ્થ્ય કર્મચારીઓ અન્ય વ્યક્તિની તુલનામાં રોગીઓના સંપર્કમાં વધારે રહે છે. તપાસ કરો કે તેઓ તેમની જાતને બીમાર થતા કેવી રીતે બચાવે છે ?
3. તમારી આડોશપાડોશમાં એક સર્વેક્ષણ કરો અને તપાસ કરો કે સામાન્ય રીતે કઈ ત્રણ બીમારીઓ થાય છે ? આ બીમારીઓને ફેલાતી અટકાવવા માટે તમારા સ્થાનીય પ્રશાસનને ત્રણ સૂચન કરો.
4. એક બાળક તેની બીમારી કહી શકતો નથી. આપણે તેની ઓળખ કઈ રીતે કરીશું ?
   (a) શું બાળક બીમાર છે ?
   (b) બાળકને કઈ બીમારી થઈ છે ?
5. નીચે આપેલી પૈકી કઈ પરિસ્થિતિઓમાં કોઈ વ્યક્તિ પુનઃ બીમાર પડી શકે છે ? શા માટે ?
   (a) જ્યારે તે મૅલેરિયામાંથી સાજો થઈ રહ્યો છે.
   (b) તે મૅલેરિયામાંથી સાજો થઈ ગયો છે અને તે અછબડાના રોગીની સેવા કરી રહ્યો છે.
   (c) મૅલેરિયામાંથી સાજા થઈ ગયા પછી તે ચાર દિવસ ઉપવાસ કરે છે અને અછબડા રોગીની સેવા કરી રહ્યો છે. શા માટે ?
6. નીચે આપેલ પૈકી કઈ પરિસ્થિતિઓમાં તમે બીમાર થઈ શકો છો ?
   (a) જ્યારે તમારી પરીક્ષાનો સમય છે.
   (b) જ્યારે તમે બસ તેમજ રેલગાડીમાં બે દિવસ સુધી યાત્રા કરી ને આવ્યા હોય.
   (c) જ્યારે તમારો મિત્ર ઓરીથી પીડાય છે. શા માટે ?

પ્રકરણ 14

નૈસર્ગિક સ્રોતો (Natural Resources)

આપણે જાણીએ છીએ કે, આપણી પૃથ્વી એક એવો ગ્રહ છે કે જ્યાં જીવન આવેલું છે. પૃથ્વી પરનું જીવન ઘણાંબધાં પરિબળો પર આધારિત છે. આપણે જાણીએ છીએ કે જીવન માટે વધુ માત્રામાં તાપમાન, પાણી અને આહાર કે ખોરાકની જરૂરિયાત હોય છે. પૃથ્વી પર આવેલા બધા પ્રકારના સજીવોની મૂળભૂત આવશ્યકતાઓની પૂર્તિ કરવા માટે સૂર્યમાંથી ઊર્જા અને પૃથ્વી પર આવેલા સ્રોતોની આવશ્યકતા હોય છે.

પૃથ્વી પર આ સ્રોતો કયા છે ? (What are these resources on the Earth ?)

આ સ્રોતો ભૂમિ (સ્થળ), પાણી તેમજ હવા છે. પૃથ્વીના સૌથી બહારના કવચને મૃદાવરણ (lithosphere) કહે છે. પૃથ્વીના 75 % ભાગ પર પાણી છે. તે ભૂગર્ભીય પાણીના રૂપમાં પણ આવેલા હોય છે. આ બધાને જલાવરણ કહે છે. હવા કે વાયુ જે સમગ્ર પૃથ્વીને કામળા કે ચાદરની જેમ ઢાંકતી રહે છે, તેને વાતાવરણ કે વાયુ-આવરણ કહે છે. જીવંત પદાર્થો ત્યાં જ જોવા મળે છે જ્યાં એ ત્રણેય આવરણો આવેલાં હોય. જીવનને આશ્રય આપવાવાળી પૃથ્વીનાં આ ગાઢ આવરણો વાતાવરણ કે વાયુ-આવરણ, મૃદાવરણ તેમજ જલાવરણ એકબીજાથી ભળી જઈને જીવનની સંભાવના શક્ય બનાવે છે. તેને જીવાવરણના નામથી ઓળખાવી શકાય છે.

સજીવ જીવાવરણના જૈવિક ઘટકને બનાવે છે અથવા ઉત્પન્ન કરે છે. વાયુ, જળ અને જમીન જીવાવરણના નિર્જીવ ઘટક છે. ચાલો, હવે આ અજૈવિક ઘટકો જે પૃથ્વી પર જીવન માટે આવશ્યક છે, તેઓની ભૂમિકા વિશે વિસ્તૃત અભ્યાસ કરીએ.

14.1 જીવનનો શ્વાસ : હવા (The Breath of Life : Air)

આપણે પહેલા પ્રકરણમાં હવાના ઘટકોના વિશે અભ્યાસ કર્યો છે. હવા ઘણાબધા વાયુઓ જેવા કે નાઇટ્રોજન, ઑક્સિજન, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણીની બાષ્પનું મિશ્રણ છે. એ જાણવું રસપ્રદ છે કે, પૃથ્વી પરની હવાના ઘટકો પણ પૃથ્વી પરના જીવનના પરિણામે છે. શુક્ર અને મંગળ જેવા ગ્રહો જ્યાં કોઈ જીવન નથી. ત્યાં વાતાવરણનો મુખ્ય ઘટક કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ છે. વાસ્તવમાં શુક્ર તથા મંગળ ગ્રહોના વાતાવરણમાં 95 ટકા થી 97 % સુધી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ છે.

આપણે પ્રકરણ 5માં અભ્યાસ કર્યો કે યુકેરિયોટિક કોષો અને ઘણાબધા પ્રોકેરિયોટિક કોષોને ગ્લુકોઝના અણુઓ તોડીને ઊર્જા પ્રાપ્ત કરવા માટે ઑક્સિજનની આવશ્યકતા રહે છે. તેના પરિણામ સ્વરૂપે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની ઉત્પત્તિ થાય છે. બીજી પ્રક્રિયા કે જેમાં પરિણામ સ્વરૂપે ઑક્સિજન વપરાઈ જાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું ઉત્પાદન થાય છે, તે માટે દહનની ક્રિયા થાય છે. તેમાં માનવની પ્રવૃત્તિ જેવી કે ઊર્જા પ્રાપ્ત કરવા માટે ઈંધણ કે બળતણને સળગાવવું અને જંગલોમાં લાગેલી આગનો પણ સમાવેશ થાય છે.

આ સિવાય, આપણા વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની માત્રા કે ટકાવારીનો ખૂબ જ નાનો ભાગ છે કારણ કે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના સ્થાપન માટે બે રીતો આવેલી છે : (i) લીલી વનસ્પતિઓ (વૃક્ષો, છોડ વગેરે) સૂર્યનાં કિરણોની હાજરીમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇનું ગ્લુકોઝમાં રૂપાંતર કરે છે. અને (ii) ઘણાંબધાં દરિયાઈ પ્રાણીઓ દરિયાઈ પાણીમાં ઓગળેલ કાર્બોનેટથી તેમનું કવચ બનાવે છે.

14.1.1 આબોહવાના નિયંત્રણમાં વાતાવરણની ભૂમિકા (The Role of the Atmosphere in Climate Control)

આપણે જાણ્યું છે કે વાતાવરણ પૃથ્વીને ચાદર કે કામળાની જેમ ઢાંકે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે હવા, ઉષ્માની મંદવાહક છે. વાતાવરણ પૃથ્વીના સરેરાશ તાપમાનને દિવસના સમયે અને ત્યાં સુધી સમગ્ર વર્ષમાં લગભગ નિયત રાખે છે. વાતાવરણ દિવસનું તાપમાન અચાનક વધતું અટકાવે છે અને રાત્રિના સમયમાં ઉષ્માને બહારની તરફ અવકાશમાં જતા દરને ઓછો કરે છે. ચંદ્ર વિશે વિચારીએ તો જે સૂર્યથી લગભગ એટલો જ દૂર છે જેટલી પૃથ્વી દૂર છે. તેમ છતાં, ચંદ્ર પર વાતાવરણ નથી તેથી તાપમાન – 190 °C થી 110 °Cની વચ્ચે રહેલું છે.

પ્રવૃત્તિ 14.1

- નીચેનાઓનું તાપમાન માપો : (i) પાણીથી ભરેલું એક બીકર (ii) માટી કે રેતીથી ભરેલું એક બીકર (iii) એક બંધ શીશી લો. જેમાં થરર્મોમીટર લગાડેલ હોય છે. આ બધાંને સૂર્યના પ્રકાશમાં ત્રણ કલાક સુધી રાખો. હવે ત્રણેય વાસણોનું તાપમાન માપો. તે સમયે છાંયડામાં પણ રાખીને તાપમાનને માપો.

હવે જવાબ આપો

1. (i) અને (ii)માંથી કોનું તાપમાનનું માપ વધારે છે ?
2. મેળવેલા નિષ્કર્ષને આધારે કોણ સૌથી પહેલું ગરમ થશે - જમીન કે દરિયો ?
3. શું છાંયડામાં હવાનું તાપમાન, રેતી કે પાણીના તાપમાન જેટલું જ હોય છે ? અને તાપમાનને છાંયડામાં કેમ માપવામાં આવે છે ?
4. શું બંધ શીશી કે કાચના વાસણમાં લીધેલી હવાનું તાપમાન અને ખુલ્લામાં લીધેલી હવાનું તાપમાન સમાન છે ? આનાં કારણ વિશે તમે શું વિચારો છો ? શું રોજિંદા જીવનમાં આપણે બીજી આવા પ્રકારની ઘટનાઓથી વાકેફ છીએ ?

જેમકે આપણે જોયું કે રેતી અને પાણી એકસરખા દરથી ગરમ થતાં નથી. તમે તેમને ઠંડા થવાના દરના વિષયમાં શું વિચારો છો ? શું આપણે આપણા અનુમાનની સત્યતા માટે એક પ્રયોગ કરી શકીએ છીએ ?

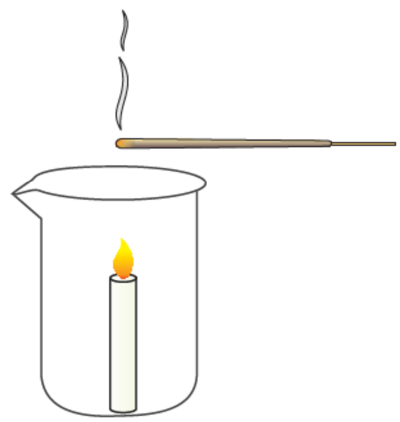
14.1.2 હવાની ગતિ : પવનો (The Movement of Air : Winds)

આપણે દિવસભરની ગરમી પછીની સાંજે વહેતા ઠંડા પવનથી રાહતનો અનુભવ કરીએ છીએ. આપણે એટલા ખુશનસીબ છીએ કે ઉનાળાના ગરમ વાતાવરણ પછી ઘણી વખતે વરસાદ પડે છે. તે કયું પરિબળ છે કે જે હવાને કોઈકવાર હવાની લહેર, કોઈકવાર તેજ હવા કે કોઈકવાર તોફાનના સ્વરૂપમાં ગતિ આપે છે. વરસાદને આપણી પાસે કોણ લાવે છે ?

આ બધી ક્રિયાઓ આપણા વાતાવરણમાં હવા ગરમ થવાથી અને પાણીની બાષ્પ બનવાનાં પરિણામે થાય છે. પાણીની બાષ્પ સજીવોની પ્રવૃત્તિઓ અને પાણીના ગરમ થવાને કારણે થાય છે. સ્થલજ ભાગ કે જલજ ભાગથી થવાવાળા વિકિરણના પરાવર્તન અને પુનઃવિકિરણને કારણે વાતાવરણ ગરમ થાય છે. ગરમ થવાને લીધે, હવામાં ઉષ્ણતાનો સંચાર થાય છે. આ પ્રકૃતિને જાણવા માટે આવો, નીચેની પ્રવૃત્તિ કરીએ :

પ્રવૃત્તિ 14.2

- એક મીણબત્તીને પહોળા મોઢાવાળી શીશીમાં કે બીકરમાં રાખો અને તેને સળગાવો. એક અગરબત્તીને સળગાવો અને તે જ શીશીના મોઢાની નજીક લઈ આવો. (આકૃતિ 14.1 મુજબ)
- જ્યારે અગરબત્તીને શીશીના મોંઢાની કિનારી પર લઈ આવો છો ત્યારે અવલોકન કરો કે ધુમાડો કઈ બાજુએ જાય છે ?
- જ્યારે અગરબત્તીને મીણબત્તીની થોડીક ઉપર રાખતાં ધુમાડો કઈ તરફ જાય છે ?
- બીજા ભાગોમાં જ્યારે અગરબત્તીને રાખો છો ત્યારે ધુમાડો કઈ તરફ જાય છે ?



આકૃતિ 14.1 : હવાના અસમાન તાપમાનથી ઉત્પન્ન થતો હવાનો પ્રવાહ

ધુમાડા દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલી ભાત (Pattern) આપણને દર્શાવે છે કે કઈ દિશામાં ગરમ અને ઠંડી હવા વહે છે. આ પ્રકારે જ્યારે હવા, ભૂમિ અને પાણીના ઉષ્મીય વિકિરણને કારણે ગરમ થાય છે ત્યારે તે ઉપરની તરફ પ્રવાહિત થાય છે. પરંતુ પાણીની સાપેક્ષ ભૂમિ ઝડપથી ગરમ થતી હોવાથી ભૂમિની ઉપરની હવા પાણીની ઉપરની હવાની સાપેક્ષે ઝડપથી ગરમ થાય છે.

એટલા જ માટે આપણે તટીય ક્ષેત્રોની સ્થિતિ જોઈએ છીએ તો દિવસ દરમિયાન જમીન (ભૂમિ)ની ઉપરની હવા ઝડપથી

ગરમ થઈને ઉપર જવાની શરૂઆત કરે છે. જેવી આ હવા ઉપરની તરફ જાય છે, ત્યાં ઓછા દબાણનું ક્ષેત્ર બને છે અને દરિયાની હવા ઓછા દબાણવાળા ક્ષેત્ર (જમીન)ની તરફ વહે છે. એક ક્ષેત્રથી બીજા ક્ષેત્રમાં હવાની ગતિથી પવનોનું નિર્માણ થાય છે. દિવસના સમયે હવાની દિશા દરિયાથી જમીન કે ભૂમિ તરફ થાય છે.

રાત્રિના સમયે જમીન અને દરિયો બંને ઠંડા થવા માંડે છે કારણ કે જમીનની સાપેક્ષમાં પાણી ધીરે-ધીરે ઠંડું થાય છે. એટલા માટે પાણીની ઉપરની હવા ભૂમિની ઉપરની હવા કરતાં વધુ ગરમ હોય છે. ઉપર્યુક્ત ચર્ચાને આધારે તમે નીચેના વિષય બાબતે શું કહી શકો છો ?

1. તટીય ક્ષેત્રોના વિસ્તારમાં રાત્રિ દરમિયાન નીચા અને ઊંચા દબાણના ક્ષેત્રો શા માટે સર્જાય છે ?
2. તટીય ક્ષેત્રોમાં રાત્રિના સમયે હવાની દિશા શું હોય છે ?

આ પ્રકારે, હવાની બધા પ્રકારની ગતિ વૈવિધ્ય સભર વાતાવરણીય પ્રક્રિયાઓનું પરિણામ છે, જે પૃથ્વીના વિવિધ ભાગો પર વાતાવરણનું અસમાન રીતે ગરમ થવાથી થાય છે, પરંતુ આ હવાને ઘણાં અન્ય પરિબળો પણ અસર કરે છે. જેમકે પૃથ્વીના પરિભ્રમણની ગતિ અને પવનના માર્ગમાં આવવાવાળી પર્વતીય શૃંખલાઓથી હવા અવરોધાય છે. આપણે આ પરિબળોના વિષયમાં આ પ્રકરણમાં વિસ્તૃત અભ્યાસ કરીશું નહિ. પણ, તેના વિશે વિચારી શકીએ છીએ. કેવી રીતે હિમાલયની હાજરીથી અલાહાબાદથી ઉત્તર તરફ આવતા પવન કે હવાની દિશા બદલાઈ છે ?

14.1.3 વરસાદ (Rain)

આવો આપણે વિચારીએ કે વાદળ કેવી રીતે બને છે અને વરસાદ કેવી રીતે થાય છે. આપણે આના માટે એક સામાન્ય પ્રયોગ કરી શકીએ કે જેથી કયા કેટલાંક પરિબળો આબોહવાને કેવી રીતે અસર કરે છે તે જાણી શકાય.

પ્રવૃત્તિ — 14.3

- એક પાતળી પ્લાસ્ટિકની શીશી લો. આમાં 5થી 10 mL પાણી લો અને શીશીને ચુસ્ત રીતે બંધ કરો. આને સારી રીતે હલાવો અને 10 મિનિટ સુધી તાપમાં કે સૂર્યપ્રકાશમાં રાખો જેથી શીશીમાં રહેલી હવા પાણીની બાષ્પથી સંતૃપ્ત થઈ જાય છે.
- હવે એક સળગતી અગરબત્તી લો. શીશીના ઢાંકણાને ખોલીને અગરબત્તીના ધુમાડાના કેટલાક ભાગને શીશીની અંદર જવા દો. ફરીથી શીશીને હવાચુસ્ત બંધ કરી લો. શીશીને તમારી હથેળીઓની વચ્ચે રાખીને ખૂબ જ જોરથી જેટલી શક્ય એટલી દબાવો. કેટલાક સમય રહેવા દઈ અને શીશીને છોડી દો. એકવાર પુનઃ શીશીને તમે જેટલી જોરથી શક્ય હોય તેટલી દબાવો.

હવે જવાબ આપો

1. તમે ક્યારે અવલોકન કર્યું કે શીશીની અંદર રહેલી હવામાં ''ધુમાડો'' જણાય છે ?
2. ધુમાડો ક્યારે અદૃશ્ય થઈ જાય છે ?
3. શીશીમાં ક્યારે દબાણ વધારે હોય છે ?
4. ધુમાડો દેખાય તે સ્થિતિમાં શીશીની અંદરનું દબાણ ઓછું થાય છે કે વધે છે ?
5. આ પ્રયોગ માટે શીશીની અંદર ધુમાડાની જરૂરિયાત શા માટે છે ?
6. આ પ્રયોગને અગરબત્તીના ધુમાડા વગર કરો ત્યારે શું થશે ? હવે એવો પ્રયત્ન કરો અને જુઓ કે અનુમાન સાચું હતું કે ખોટું ?

ખૂબ જ નાના પાયા પર ઉપર્યુક્ત પ્રયોગને ફરીથી કરો, જ્યારે પાણીની બાષ્પ ભરેલી હોય તે હવા ઊંચા દબાણવાળા ક્ષેત્રમાંથી ઓછા દબાણવાળા ક્ષેત્રમાં અથવા તેનાથી વિપરીત વહે છે ત્યારે શું થાય છે ?

દિવસના સમયે જ્યારે પાણીનો ભાગ ગરમ થઈ જાય છે ત્યારે ખૂબ જ વધારે માત્રામાં પાણીની બાષ્પ બને છે અને આ બાષ્પ હવામાં વહે છે. પાણીની બાષ્પ કેટલીક માત્રામાં વિવિધ પ્રકારની જૈવિકક્રિયાઓના કારણે વાતાવરણમાં જતી રહે છે. આ હવા પણ ગરમ થઈ જાય છે ગરમ હવા તેની સાથે પાણીની બાષ્પને લઈને ઉપરની તરફ જાય છે. જેવી હવા ઉપરની તરફ જાય છે કે તરત તે ફેલાય છે અથવા વિસ્તાર પામે છે અને ઠંડી પડે છે. ઠંડી હવા હોવાના લીધે હવામાં રહેલ પાણીની બાષ્પ નાનાં-નાનાં પાણીનાં ટીપાંના સ્વરૂપમાં સંઘનન કે સંગઠિત થાય છે. પાણીનું આ સંઘનન સરળતાથી થાય છે. કોઈ કણ કેન્દ્રમાં રહીને તેની ચારેય તરફ પાણીના ટીપાંને જમા કરે છે. સામાન્ય રીતે હવામાં રહેલ ધૂળની રજકણ અને બીજા નિલંબિત કણ કેન્દ્રસ્થ કણના સ્વરૂપમાં કાર્ય કરે છે.

એકવાર જ્યારે પાણીનાં ટીપાંનું નિર્માણ થઈ જાય છે ત્યારે તેઓ સંગઠિત હોવાને લીધે મોટાં બની જાય છે. જ્યારે આ ટીપાં મોટાં અને ભારે બની જાય ત્યારે તેઓ વરસાદના સ્વરૂપમાં નીચે પડે છે (પૃથ્વી પર પડે છે). ક્યારેક હવાનું તાપમાન ખૂબ

જ ઓછું થઈ જાય છે ત્યારે તેઓ હિમવર્ષા અથવા કરાના સ્વરૂપમાં અવક્ષેપિત (રૂપાંતરણ) થાય છે.

વરસાદ પવનોની ભાત કે દિશા પર આધાર રાખે છે. ભારતમાં મોટે ભાગે ભૂમિવિસ્તારમાં વરસાદ દક્ષિણ પશ્ચિમ કે ઉત્તર પૂર્વીય વરસાદી પવનને લીધે થાય છે. આપણે હવામાન ખાતાની સૂચનાઓ સાંભળેલી છે કે બંગાળની ખાડી પર હવાનું દબાણ ઓછું હોવાને લીધે કેટલાક વિસ્તારો કે ક્ષેત્રોમાં વરસાદ થશે. (આકૃતિ 4.2)

આકૃતિ 14.2 : ઉપગ્રહ દ્વારા લેવાયેલ ભારત પર વાદળોથી આચ્છાદિત નકશો

પ્રવૃત્તિ 14.4

- સમગ્ર દેશમાં થનારા વરસાદની ભાત વિશે સમાચારપત્ર કે ટેલિવિઝનના માધ્યમથી હવામાનવિષયક સૂચનાઓની જાણકારી એકત્ર કરો. એ પણ તપાસ કરો કે એક વર્ષામાપક યંત્ર કેવી રીતે બનાવાય છે અને તેને બનાવો. વર્ષામાપક યંત્રથી સાચી માહિતી મેળવવા માટે કઈ-કઈ સાવચેતીઓની આવશ્યકતા છે ? હવે નીચે આપેલ પ્રશ્નોના જવાબ આપો :
- કયા મહિનામાં તમારા શહેર/નગર/ગામમાં સૌથી વધારે વરસાદ પડે છે ?
- કયા મહિનામાં તમારા રાજ્ય/કેન્દ્રશાસિત પ્રદેશમાં સૌથી વધારે વરસાદ પડે છે ?
- શું વરસાદ હંમેશાં વાદળ ગરજવાથી અને વીજળીના ચમકારાની સાથે જ થાય છે ? જો ના તો કઈ મોસમમાં સૌથી વધારે વરસાદ, વાદળ ગરજવા અને વીજળીના ચમકારા થવાની સાથે થાય છે ?

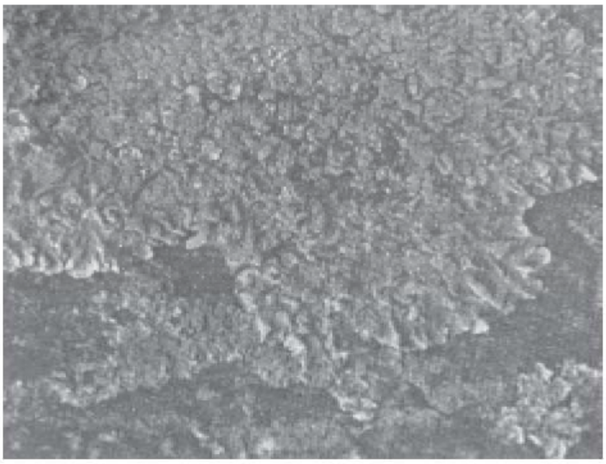
પ્રવૃત્તિ 14.5

- પુસ્તકાલયમાંથી વરસાદ અને ચક્રવાતના વિષયમાં હજી વધારે જાણકારી એકત્ર કરો. કોઈ બીજા દેશના વરસાદ થવાની રીતની તપાસ કરો. શું સમગ્ર વિશ્વમાં વરસાદ માટે વર્ષાઋતુ જવાબદાર છે ?

14.1.4 વાયુનું પ્રદૂષણ (Air pollution)

આપણે સમાચારોમાં સાંભળીએ છીએ કે, નાઇટ્રોજન અને સલ્ફરના ઑક્સાઇડનું સ્તર વધી રહ્યું છે. લોકો દુઃખ પણ વ્યક્ત કરે છે કે તેઓના બાળપણથી લઈને અત્યાર સુધીમાં હવાની ગુણવત્તામાં ઘટાડો થયો છે. હવાની ગુણવત્તા કેવી રીતે અસર પામે છે (ઘટે છે) અને આ ગુણવત્તામાં આવેલું પરિવર્તન આપણને અને અન્ય સજીવોને કેવી રીતે પ્રભાવિત (અસર) કરે છે ?

અશ્મિ બળતણ જેવા કે કોલસો અને પેટ્રોલિયમ પદાર્થોમાં નાઇટ્રોજન અને સલ્ફર બહુ જ ઓછી માત્રામાં હોય છે. જ્યારે આ બળતણનું દહન થાય છે ત્યારે નાઇટ્રોજન અને સલ્ફર પણ તેઓની સાથે સળગે છે અને નાઇટ્રોજન અને સલ્ફરના વિવિધ ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન કરે છે. આ વાયુઓને શ્વાસના રૂપમાં લેવો નુકસાનકારક છે. પરંતુ તેઓ વરસાદના પાણીમાં ભળી જઈને ઍસિડિકવરસાદ/ઍસિડવર્ષા પણ કરે છે. અશ્મિ બળતણોનું દહન હવામાં નિલંબિત કણોની માત્રામાં પણ વધારો કરે છે. તે નિલંબિત કણો સળગ્યા વગરનો કાર્બન કણ કે પદાર્થ હોઈ શકે છે. જેઓને હાઇડ્રોકાર્બન કહેવામાં આવે છે. આ બધાં પ્રદૂષકોનું વધુ પ્રમાણ વાતાવરણને ધૂંધળું બનાવે છે. ખાસ કરીને શિયાળાની ઋતુમાં જ્યારે પાણી પણ હવાની સાથે સંઘનિત હોય છે. આને આપણે ધુમ્મસ કહીએ છીએ અને તે હવાના પ્રદૂષણની તરફ સંકેત કરે છે. અભ્યાસ પરથી આપણે નિર્ણય પર આવ્યા છીએ કે આ પદાર્થોવાળી હવામાં શ્વાસ લેવાથી કૅન્સર, હૃદયરોગ કે એલર્જી જેવા રોગો થવાની સંભાવનાઓ વધતી જાય છે. હવામાં આવેલા હાનિકારક પદાર્થોનો વધારો થાય તો હવાનું પ્રદૂષણ કહેવાય છે.



આકૃતિ 14.3 : લાઇકેન

પ્રવૃત્તિ 14.6

- લાઇકેન નામના સજીવ (સહજીવી વનસ્પતિ સમૂહ) હવામાં રહેલા સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના સ્તર પ્રત્યે વધારે સંવેદનશીલ હોય છે. જે પ્રકરણ 7માં મુદ્દા નંબર 7.3.3માં જણાવવામાં આવ્યું છે. તેઓ મોટા ભાગનાં વૃક્ષોની છાલ પર પાતળા લીલા અને સફેદ રંગના સ્તરના સ્વરૂપમાં જોવા મળે છે. જો તમારી આસપાસ વૃક્ષો પર લાઇકેન હોય, તો તેઓને તમે જોઈ શકો છો.
- વધારે અવરજવરવાળા રોડની નજીકના વૃક્ષ પર આવેલી લાઇકેન અને રોડથી દૂર આવેલા વૃક્ષ પર આવેલી લાઇકેનની તુલના કરો.
- રોડની નજીકમાં આવેલાં વૃક્ષો પર, રોડની તરફની ડાળીઓ પર આવેલી લાઇકેનની તુલના રોડથી દૂર કે વિપરીત દિશામાં આવેલી ડાળીઓ પર આવેલી લાઇકેનની સાથે કરો.

ઉપર્યુક્ત મેળવેલાં લક્ષણોને આધારે તમે રોડની કિનારીએ કે દૂર પ્રદૂષણ ફેલાવવાવાળા પદાર્થોના સ્તરના વિષયમાં શું કહી શકો છો ?

પ્રશ્નો :

1. શુક્ર અને મંગળ ગ્રહોના વાતાવરણથી આપણું વાતાવરણ કેવી રીતે ભિન્ન છે ?
2. વાતાવરણ એક કામળા કે ચાદરની જેમ કેવી રીતે કાર્ય કરે છે ?
3. હવાની ગતિ (પવન)નું કારણ શું છે ?
4. વાદળોનું નિર્માણ કેવી રીતે થાય છે ?
5. મનુષ્યની ત્રણ પ્રવૃત્તિઓનો ઉલ્લેખ કરો કે જે હવાના પ્રદૂષણ તરફ દોરી જાય છે.

14.2 પાણી : એક અદ્ભુત પ્રવાહી (Water : A Wonder Liquid)

પાણી, પૃથ્વીની સપાટીના સૌથી મોટા ભાગ પર આવેલું છે અને તે ભૂમિમાં પણ હોય છે. પાણીનું કેટલુંક પ્રમાણ પાણીની બાષ્પના સ્વરૂપમાં વાતાવરણમાં પણ મળી આવે છે. પૃથ્વીની સપાટી પર મળી આવતું પાણી મોટે ભાગે દરિયામાં અને મહાસાગરોમાં હોય છે અને તે ખારું હોય છે. શુદ્ધ પાણી બરફ સ્વરૂપમાં બંને ધ્રુવો પર અને બરફથી આચ્છાદિત પહાડો કે પર્વતો પર મળી આવે છે. ભૂમિગત પાણી અને નદીઓ, ઝરણાંઓ અને તળાવોનાં પાણી પણ શુદ્ધ હોય છે. છતાં પણ આ પાણીની પ્રાપ્યતા વિભિન્ન સ્થાનો પર ભિન્ન-ભિન્ન હોય છે. ઉનાળામાં મોટા ભાગના વિસ્તારોમાં પાણીની અછત સર્જાય છે. ગ્રામ્ય વિસ્તારોમાં જ્યાં પાણીની પ્રાપ્યતાની વ્યવસ્થા હોતી નથી ત્યાંના લોકોનો ઘણોખરો સમય ઘણે દૂરથી પાણી લાવવામાં વ્યય થાય છે.

પ્રવૃત્તિ 14.7

- ઘણી બધી નગરપાલિકાઓ પાણીની પ્રાપ્યતાને વધારવા માટે પાણીના સંગ્રહણની તકનિકો ઉપર કાર્ય કરી રહ્યા છે.
- તપાસ કરો કે તે કઈ તકનિક છે ? અને તેનો ઉપયોગ આવશ્યક પાણીની માત્રા વધારવામાં કેવી રીતે સહાયક બને છે ?

પરંતુ પાણી આટલું બધું જરૂરી કેમ છે ? અને શું બધાં જ પ્રાણીઓને પાણીની જરૂરિયાત હોય છે ? બધી કોષીય પ્રક્રિયાઓ પાણીના માધ્યમમાં થાય છે. બધી પ્રતિક્રિયાઓ જે આપણા શરીરમાં કે કોષોની અંદર થાય છે, તે માટેના જરૂરી પદાર્થો પાણીમાં ઓગળેલા પદાર્થમાં થાય છે. શરીરના એક ભાગથી બીજા ભાગમાં પદાર્થોનું સંવહન દ્રાવ્ય અવસ્થામાં થાય છે. એટલા માટે જીવંત પ્રાણી પોતાને જીવવા માટે તેમના શરીરમાં પાણીની માત્રાને સંતુલિત રાખે છે. સ્થલજ પ્રાણીઓને જીવન ટકાવવા માટે શુદ્ધ પાણીની જરૂરિયાત હોય છે કારણ કે ખારા પાણીમાં મીઠા (ક્ષાર)નું પ્રમાણ વધારે હોવાનાં કારણે પ્રાણીઓનાં શરીર તેને સહન કરી શકતા નથી. એટલા માટે પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓને પૃથ્વી પર જીવતા રાખવા માટે સરળતાથી પાણીની પ્રાપ્યતાના સ્રોતની જરૂર હોય છે.

પ્રવૃત્તિ 14.8

- કોઈ એક નદી, તળાવ કે ઝરણાની નજીકનું એક નાનકડું સ્થાન પસંદ કરો. એક મીટર ક્ષેત્રફળવાળા આ વિસ્તારમાં આવેલી વિભિન્ન વનસ્પતિઓ તેમજ પ્રાણીઓની સંખ્યાને ગણો. પ્રત્યેક જાતિની અલગ-અલગ ગણતરી કરો.
- આ વિસ્તારની તુલના શુષ્ક અને પથરાળ વિસ્તારના રેતાળવાળા મોટા વિસ્તારમાં મળી આવતાં પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ સાથે કરો.
- શું બંને વિસ્તારોમાં મળી આવતી વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ એક જ પ્રકારનાં છે ?

પ્રવૃત્તિ 14.9

- તમારી શાળાની નજીકની કોઈ પણ વપરાશમાં ન લેવાયેલ હોય તેવી ભૂમિની પસંદગી કરો (લગભગ 1 m^2 ક્ષેત્રફળવાળી) અને તેને અંકિત કરો.
- આ પ્રકારે આ વિસ્તારમાં મળી આવેલી વિભિન્ન વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ તેમજ પ્રત્યેક જાતિઓના સજીવોની સંખ્યાઓની ગણતરી કરો.

- તે જ સ્થાન કે વિસ્તારની ગણતરી વર્ષમાં બેવાર કરો. એકવાર ઉનાળા કે શુષ્ક ઋતુમાં અને બીજીવાર વર્ષાઋતુ પછી કરો.

હવે જવાબ આપો

1. શું બંને વખતે સંખ્યાઓ સમાન હતી ?
2. કઈ ઋતુમાં તમે વિભિન્ન પ્રકારની વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓની સંખ્યામાં વધારો જોયો ?
3. પ્રત્યેક પ્રકારના સજીવોની સંખ્યા કઈ ઋતુમાં વધારે હતી ?

ઉપર્યુક્ત બંને પ્રવૃત્તિઓનાં પરિણામોનું સંકલન કર્યા પછી તમે વિચાર કરો કે શું પાણીના પ્રમાણની પ્રાપ્યતાને વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના પ્રકાર અને તેઓની સંખ્યા સાથે સંબંધ છે ? જો સંબંધ હોય, તો જણાવો કે તમે કયા વિસ્તારમાં સૌથી વધારે પ્રકાર અને સજીવો મળ્યાં. 200 cm વરસાદવાળા વિસ્તારમાં કે 5 cm વરસાદવાળા વિસ્તારમાં ? નકશાપોથીમાં વરસાદની ભાત દર્શાવતા કે નકશામાં જુઓ અને એ જણાવો કે ભારતમાં કયા રાજ્યમાં સૌથી વધારે જૈવ વિવિધતા હશે અને કયા રાજ્યમાં ઓછી હશે ? અનુમાન સાચું છે કે ખોટું તેની તપાસ કરવા માટે શું આપણે કોઈ એક રીત કે પદ્ધતિ પર વિચાર કરી શકીએ છીએ ?

પાણીની પ્રાપ્યતા પ્રત્યેક જાતિના વર્ગ કે જે એક વિશેષ વિસ્તારમાં જીવિત રહેવા માટે સક્ષમ છે, તેની સંખ્યાને માત્ર નિર્ધારિત કરતાં નથી; પરંતુ ત્યાંના જીવનની વિવિધતાનું પણ નિર્ધારણ કરે છે. પણ પાણીની પ્રાપ્યતા એક માત્ર પરિબળ નથી, જે-તે વિસ્તારમાં જીવન માટેનું આવશ્યક પરિબળ છે. બીજાં પરિબળો જેવાં કે તાપમાન અને ભૂમિની પ્રકૃતિ કે સ્વભાવ પણ મહત્ત્વપૂર્ણ છે; પરંતુ પાણી એક મહત્ત્વપૂર્ણ સ્રોત છે, જે કોઈ સ્થળે જીવનની સંભાવના નક્કી કરે છે.

14.2.1 જળ પ્રદૂષણ (Water Pollution)

પાણી કીટનાશકો અને ખાતરોને પણ ઓગાળે છે, જેનો ઉપયોગ આપણે ખેતરોમાં કરીએ છીએ. આમ, આ પદાર્થોનો કેટલાક પ્રતિશત ભાગ પાણીમાં જાય છે. આપણા શહેર કે નગરના નાળાનું પાણી અને ઉદ્યોગોનો કચરો પણ નદીઓ અને ઝરણાંમાં સંગ્રહ થાય છે. કેટલાક વિશિષ્ટ ઉદ્યોગોની ઘણીબધી ક્રિયાઓમાં ઠંડક જાળવી રાખવા માટે પાણીનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે અને આ પ્રકારે ગંદા ગરમ પાણીને જળાશયમાં પાછું વહેવડાવામાં આવે છે. જ્યારે બંધમાંથી પાણીને છોડવામાં આવે છે ત્યારે નદીઓનાં પાણીનાં તાપમાન પર પણ અસર થાય છે. ઊંડા જળાશયમાં અંદરના સ્તરનું પાણી ઉપરની સપાટીના પાણી કરતાં વધુ ઠંડુ હોય છે કારણ કે, ઉપરની સપાટીનું પાણી સૂર્ય દ્વારા ગરમ થાય છે.

આ બાબત બધાં જળાશયોમાં મળી આવતા સજીવોના પ્રકારને વિવિધ પ્રકારે અસર કરી શકે છે. તે કેટલાક સજીવોની વૃદ્ધિને પ્રોત્સાહિત કરે છે, તો કેટલાકને નુકસાન પહોંચી શકે છે. તે આ પ્રણાલીમાં આવેલા વિભિન્ન સજીવોના સંતુલનને બગાડી શકે છે. આમ, આપણે નીચેની અસરોને જોવા માટે પાણીના પ્રદૂષણ શબ્દનો ઉપયોગ કરીએ છીએ :

1. જળાશયોમાં અનૈચ્છિક પદાર્થોનું ભળવું. આ પદાર્થો જંતુનાશક કે ખાતર હોઈ શકે છે. જેનો ઉપયોગ ખેતરોમાં થાય છે અથવા તો તે કાગળ ઉદ્યોગમાંથી ઉત્પન્ન થયેલા ઝેરી પદાર્થો જેવા કે પારા (મરક્યુરી)ના ક્ષાર હોઈ શકે છે. તે રોગ ફેલાવનારા સજીવ જેવા કે કૉલેરા ફેલાવનારા બૅક્ટેરિયા પણ હોઈ શકે છે.
2. ઇચ્છિત પદાર્થોને જળાશયમાંથી દૂર કરવા પાણીમાં રહેનારી વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓ પાણીમાં ઓગળેલા ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે. આ ઓગળેલા ઑક્સિજનનો ઘટાડો જળચર સજીવો પર વિપરીત અસર કરે છે. જળાશયોમાંથી અન્ય પોષક દ્રવ્યોમાં પણ ઘટાડો થઈ શકે છે.
3. તાપમાનમાં પરિવર્તન : જળચર સજીવો જે જળાશયોમાં રહે છે ત્યાં તેઓ એક વિશિષ્ટ તાપમાન અનુકૂળ હોય છે અને તે તાપમાનમાં અચાનક પરિવર્તન તેઓના માટે નુકસાનકારક હોઈ શકે છે અથવા પ્રજનનની ક્રિયા પર તેની અસર પડે છે. વિવિધ પ્રકારનાં પ્રાણીનાં ઈંડાં અને ડિમ્ભ તાપમાન પરિવર્તન થવા પ્રત્યે સંવેદનશીલ હોય છે.

પ્રશ્નો :

1. સજીવોને પાણીની જરૂરિયાત શા માટે હોય છે ?
2. જે ગામ/શહેર/નગરમાં તમે રહો છો ત્યાં શુદ્ધ પાણીનો પ્રાપ્ય મુખ્ય સ્રોત શું છે ?
3. શું તમે કોઈ એવી પ્રવૃત્તિ વિશે જાણો છો કે જે આ પાણીના સ્રોતને પ્રદૂષિત કરી રહી છે ?

14.3 ભૂમિમાં ખનીજની પ્રચુરતા (Mineral Riches in the Soil)

એક વિસ્તારમાં સજીવની વિવિધતાનું નિર્ધારણ કરનાર એક મહત્ત્વનો સ્રોત ભૂમિ છે; પરંતુ ભૂમિ શું છે અને તે કેવી રીતે બને છે ? પૃથ્વીની સૌથી બહારની સપાટીને ભૂપૃષ્ઠ કહેવાય છે અને આ સ્તરમાં મળી આવતાં ખનીજ, સજીવોને વિવિધ રીતે જીવન ઉપયોગી તત્ત્વ આપે છે; પરંતુ જો આ ખનીજ પથ્થરોની સાથે સંલગ્ન હોય તો સજીવોને માટે પ્રાપ્ય થતાં નથી. હજારો અને લાખો વર્ષોના લાંબા સમયના અંતરે પૃથ્વીની સપાટી કે તેની નજીક મળી આવતા પથ્થરો વિવિધ પ્રકારના ભૌતિક, રાસાયણિક અને કેટલીક જૈવ પ્રક્રિયાઓ દ્વારા તૂટી જાય છે. તૂટી ગયા પછીના સૌથી છેલ્લે નાના કણ ભૂમિ છે; પરંતુ કયા પરિબળ કે કઈ પ્રક્રિયાઓ છે કે જેનાથી ભૂમિ બને છે ?

- સૂર્ય : સૂર્ય દિવસ દરમિયાન પથ્થરને ગરમ કરે છે જેથી તે વિસ્તરણ પામે છે. રાત્રિના સમયમાં આ પથ્થર ઠંડા થાય છે અને સંકોચન પામે છે. આવું વારંવાર થવાથી પથ્થરમાં તિરાડો પડે છે અને અંતે આ મોટો પથ્થર તૂટીને નાના-નાના ટુકડાઓમાં વિભાજિત થઈ જાય છે.
- પાણી : પાણી ભૂમિ (મૃદા)નું નિર્માણ બે રીતે કરે છે પહેલી રીતમાં સૂર્યના તાપથી પથ્થરોમાં પડેલી તિરાડોમાં પાણી જાય છે. જો આ પાણી તેમાં (તિરાડોમાં) જમા થાય છે તો આ તિરાડો વધારે પહોળી બને છે. વિચારો કે આવું શા માટે થાય છે ? બીજી રીતમાં વહેતું પાણી કઠણ કે મજબૂત પથ્થરોને પણ તોડી નાંખી શકે છે. તીવ્ર ગતિની સાથે વહેતું પાણી તેની સાથે નાના-મોટા પથ્થરોને પણ વહેવડાવી જાય છે. આ પથ્થરો બીજા પથ્થરોની સાથે અથડાઈને નાના-નાના કણોમાં પરિવર્તિત થાય છે. પાણી પથ્થરોના આ કણોને તેની સાથે લઈ જાય છે. આ રીતે ભૂમિ (મૃદા કે જમીન) મૂળભૂત પથ્થરથી ઘણી દૂર સ્થાને મળી આવે છે.
- **પવન** : જે રીતે પાણીમાં પથ્થર એકબીજાની સાથે અથડાવાને કારણે તૂટે છે. તેવી જ રીતે તીવ્ર પવન પણ પથ્થરને તોડી નાંખે છે. પવન પાણીની જેમજ રેતીને એક સ્થાનથી બીજા સ્થાન સુધી લઈ જાય છે.
- સજીવ પણ ભૂમિની બનવાની પ્રક્રિયાને અસર પહોંચાડે છે. લાઈકેન કે જેના વિશે આપણે અગાઉ અભ્યાસ કર્યો છે. લાઈકેન પથ્થરોની સપાટી પર ઊગે છે. જ્યારે લાઈકેન પથ્થર પર પોતાનું જીવનચક્ર પૂર્ણ કરે છે ત્યારે તેઓ અમુક પદાર્થોને મુક્ત કરે છે. જે પથ્થરની સપાટીને તોડીને નાના કણોમાં ફેરવી નાંખે છે અને ભૂમિના એક પાતળા સ્તરનું નિર્માણ કરે છે. હવે આ સપાટી મોસ (Moss) જેવી બીજી નાની વનસ્પતિઓના ઊગવા માટે સક્ષમ હોય છે અને તેઓ પણ પથ્થરને વધારે પ્રમાણમાં તોડે છે. મોટાં વૃક્ષોનાં મૂળ પણ કેટલીક વાર પથ્થરોની તિરાડોમાં જાય છે અને તે તિરાડો વધારે ને વધારે પહોળી કરે છે.

પ્રવૃત્તિ 14.10

- થોડીક માટી લો અને તેને પાણીથી ભરેલા બીકરમાં નાંખો. લીધેલી માટીથી લગભગ પાંચ- ગણું પાણી બીકરમાં હોવું જોઈએ. માટી અને પાણીને ભેગા કરો અને ત્યાર બાદ માટીને નીચે જામવા દો. કેટલાક સમય પછી અવલોકન કરો.
- શું બીકરના તળિયે માટી સમાંગ છે કે સ્તરોમાં વિભાજિત છે ?
- જો સ્તરોનું નિર્માણ થયેલું હોય તો એક સ્તર બીજા સ્તરથી કેવી રીતે ભિન્ન છે ?
- શું ત્યાં પાણીની સપાટી પર કંઈક તરતું જણાય છે ?
- શું કોઈ પદાર્થ પાણીમાં ઓગળેલા હોઈ શકે છે ? તમે કઈ રીતે ચકાસશો ?

જેમકે તમે જોયું કે ભૂમિ એક મિશ્રણ છે. તેમાં વિભિન્ન આકારના નાના-નાના ટુકડાઓ ઓગળેલા હોય છે. તેમાં સડેલા-ગળી ગયેલા સજીવોના ટુકડાઓ પણ મળી આવે છે, જેને હ્યુમસ (Humus - સડતા કાર્બનિક પદાર્થો) કહે છે. આના સિવાય ભૂમિની માટીમાં વિવિધ પ્રકારના સૂક્ષ્મ જીવ પણ હોય છે. ભૂમિના પ્રકારનો નિર્ણય તેમાં મળી આવતા કણોના સરેરાશ પ્રમાણ દ્વારા નક્કી કરવામાં આવે છે. જમીનની ગુણવત્તા તેમાં આવેલ હ્યુમસનું પ્રમાણ અને તેમાં મળી આવતા સૂક્ષ્મ જીવોને આધારે નક્કી કરવામાં આવે છે. કારણ કે તે ભૂમિને છિદ્રાળુ બનાવે છે અને હવા તેમજ પાણીને ભૂમિની અંદર દાખલ થવા માટે મદદરૂપ બને છે. ખનીજ પોષકતત્ત્વો જે-તે જમીનમાં મળી આવે છે તે તેવા પથ્થરો પર નિર્ભર રહે છે જેના દ્વારા જમીન બને છે. કઈ જમીનમાં પોષકતત્ત્વો કેટલાં છે ? હ્યુમસનું પ્રમાણ

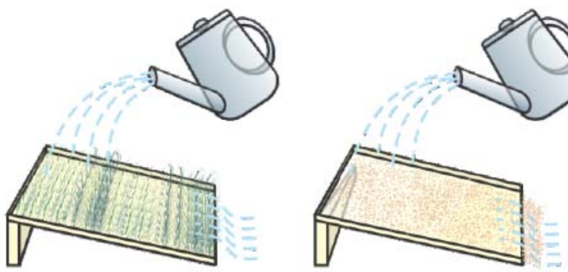
કેટલું છે અને તેઓની ઊંડાઈ કેટલી છે ? આ રીતે ભૂમિનું ઉપરનું સ્તર કે, જેમાં ભૂમિના કણો સિવાય હ્યુમસ અને સૂક્ષ્મ જીવો હોય છે તે સ્તરને ઉપરિભૂમિ કહે છે. ઉપરિભૂમિની ગુણવત્તા જે-તે વિસ્તારની જૈવવિવિધતાને નક્કી કરે છે, જે એક મહત્ત્વનું પરિબળ છે.

આધુનિક ખેતીમાં જંતુનાશકો અને ખાતરોનો ખૂબ વધુ માત્રામાં ઉપયોગ થઈ રહ્યો છે. લાંબા સમય સુધી આવા પદાર્થોનો ઉપયોગ કરવાથી જમીનના સૂક્ષ્મજીવો નાશ પામે છે અને જમીનની સંરચનાનો નાશ કરી શકે છે. અળસિયાં જમીનના પોષકતત્ત્વોનું પુનઃ ચક્રીયકરણ કરે છે. હ્યુમસ બનાવવામાં મદદરૂપ એવાં જમીનમાં આવેલાં અળસિયાંઓનો પણ નાશ થઈ શકે છે. જો ટકાઉ રીતે ખેતી ન કરવામાં આવે તો ઉપજાઉ જમીન પણ જલદીથી પડતર કે બિનઉપજાઉ ભૂમિમાં પરિવર્તન પામી શકે છે. ઉપયોગી કે જરૂરી ઘટકો જમીન પરથી દૂર થવાથી અને બીજા હાનિકારક પદાર્થો જમીનમાં ભળી જવાને લીધે જમીનની ફળદ્રુપતા ઓછી થાય છે. જેથી તેના પર આવેલી જૈવવિવિધતા નાશ પામે છે. આને ભૂમિ-પ્રદૂષણ કહે છે.

જમીન જેને આપણે આજે એક સ્થળ પર જોઈએ છીએ તે એક લાંબા સમયના અંતે નિર્માણ પામેલી છે, પણ જો કેટલીક ભૂમિને એક સ્થાન પર નિર્માણ કરવા માટે કેટલાંક પરિબળો તેને કોઈ બીજા સ્થાન પર સ્થળાંતરિત કરવા માટે જવાબદાર હોઈ શકે છે. જમીનના નાના કણો પવન દ્વારા કે પાણી દ્વારા વહન પામીને સ્થળાંતરિત થઈ શકે છે. ભૂમિના બધા જ કણોનું સ્થળાંતર થઈ જવાને પરિણામે કઠણ કે મજબૂત પથ્થર બહાર આવે છે. આ પ્રક્રિયામાં એક મહત્ત્વના સ્રોતનું નુકસાન થાય છે કારણ કે પથ્થર પર વનસ્પતિ ઊગવાની પ્રક્રિયા નહિવત્ થાય છે.

પ્રવૃત્તિ ______ 14.11

- એક જ પ્રકારની બે ટ્રે લો અને તેને માટીથી ભરી દો. એક ટ્રેમાં રાઈ કે મગ કે ડાંગરના રોપાને રોપી દો અને બંને ટ્રેમાં ત્યાં સુધી પાણી સીંચો જ્યાં સુધી ટ્રેમાં વનસ્પતિઓના રોપાની વૃદ્ધિથી ટ્રે ઢંકાઈ ન જાય. તે સુનિશ્ચિત કરો કે બંને ટ્રે એક જ ખૂણે વળે. બંને ટ્રેમાં સરખા પ્રમાણમાં પાણી એ રીતેથી સીંચો કે પાણી બહારની તરફ નીકળી જાય (આકૃતિ 14.4)
- ટ્રેની બહાર નીકળતી માટીના પ્રમાણનો અભ્યાસ કરો. શું આ પ્રમાણ બંને ટ્રેમાં સરખું છે ?
- હવે કેટલીક/થોડી ઊંચાઈથી બંને ટ્રેમાં સરખા પ્રમાણમાં પાણી સીંચો. જેટલું પાણી પહેલાં સિંચાયું હતું તેટલા જ પ્રમાણમાં પાણી ત્રણથી ચારવાર નાંખો.
- હવે જમીનના પ્રમાણનો અભ્યાસ કરો. જે જમીન ટ્રેની બહાર નીકળેલી છે તેનો અભ્યાસ કરો. શું બંને ટ્રેમાં જમીનનું પ્રમાણ સરખું છે ?
- શું જમીનનું ધોવાણ પહેલાં કરતાં વધારે કે ઓછી કે સમાન માત્રામાં થાય છે ?



આકૃતિ 14.4 : વહેતા પાણીની ઉપરિભૂમિ (જમીનનું ઉપરનું સ્તર) પર થતી અસર

વનસ્પતિઓના મૂળ જમીનના ક્ષરણ (કે ધોવાણ – ક્ષરણ Erosion)ને રોકવામાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. સમગ્ર વિશ્વમાં મોટા પાયે જંગલો કપાઈ રહ્યાં છે. તેથી માત્ર જૈવવિવિધતાનો નાશ થાય જ છે; પરંતુ જમીનના ધોવાણ માટે પણ જવાબદાર છે. વનસ્પતિની વૃદ્ધિ માટે મદદરૂપ ઉપરિભૂમિ, ધોવાણોની ક્રિયા દ્વારા ઝડપથી દૂર થાય છે. આ ઘટનાથી પર્વતીય અને ઊંચાણવાળા વિસ્તારોમાં ઝડપથી ધોવાણ થાય છે. જમીનના ધોવાણની ક્રિયાને રોકવી ખૂબ જ અઘરી છે. જમીનની સપાટી પર આવેલી વનસ્પતિનું આવરણ પાણીનું ભૂમિનાં સ્તરોમાં ઉતારવામાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા ભજવે છે.

પ્રશ્નો :

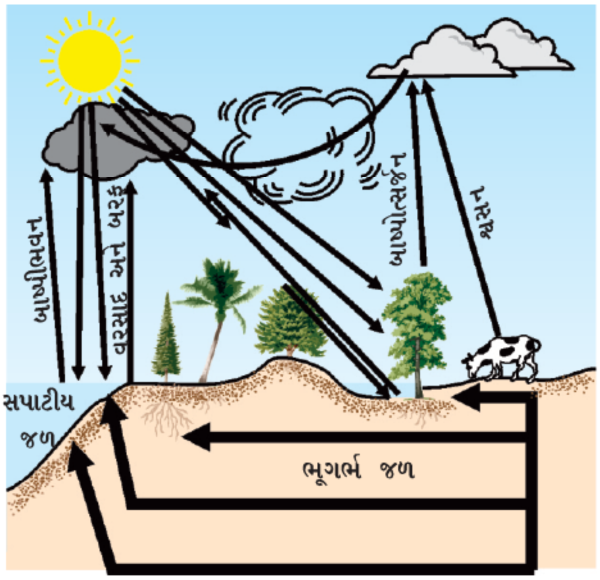
1. ભૂમિ કે માટીનું નિર્માણ કેવી રીતે થાય છે ?
2. ભૂમિનું ક્ષરણ એટલે શું ?
3. ક્ષરણને રોકવા અને ઓછું કરવા માટે કઈ-કઈ રીતો છે ?

14.4 જૈવ-ભૂ-રાસાયણિક ચક્રો (Biogeochemical Cycles)

જીવાવરણના જૈવિક અને અજૈવિક ઘટકોની વચ્ચેની આંતરક્રિયા જીવાવરણને ગતિશીલ અને સ્થાયી બનાવે છે. આ આંતરક્રિયા દ્વારા જીવાવરણના વિવિધ ઘટકોની વચ્ચે પદાર્થ અને ઊર્જાનું સ્થળાંતર થાય છે. આવો, આપણે જોઈએ કે તે કઈ-કઈ ક્રિયાઓ છે જે સંતુલનને જાળવી રાખે છે.

14.4.1 જલચક્ર (Water Cycle)

આપણે જોયું કે જળાશયોમાંથી પાણીનું બાષ્પીભવન અને પછી સંઘનન કે સંગઠન થયા બાદ વરસાદ કેવી રીતે થાય છે; પરંતુ આપણે દરિયા અને મહાસાગરોને સુકાઈ જતાં જોયા નથી. તો કઈ રીતે પાણી આ જળાશયોમાં પાછું આવે છે ? આ પૂર્ણ પ્રક્રિયા જેમાં પાણીમાંથી પાણીની બાષ્પ બને છે અને વરસાદના સ્વરૂપમાં પૃથ્વીની સપાટી પર પડે છે અને પછી નદીઓના દ્વારા સમુદ્રમાં પહોંચે છે. આને જલચક્ર કહે છે. આ ચક્ર એટલું સરળ નથી કે જેટલું વ્યક્ત કરાયું છે. તે સમગ્ર પાણી જે પૃથ્વી પર આવે છે તે તરત જ સમુદ્રમાં જતું રહેતું નથી. આમાંથી કેટલુંક પાણી જમીનમાં શોષાઈ જાય છે અને ભૂમીય જળનો ભાગ બની જાય છે. કેટલુંક ભૂમીય જળ ઝરણાંઓ દ્વારા સપાટી પર આવે છે અથવા આપણે આપણા રોજિંદા વ્યવહારો કે ઉપયોગ માટે કૂવાઓ અને ભૂગર્ભીય કૂવાઓની મદદથી સપાટી પર પાણીને લાવીએ છીએ. સજીવોની વિવિધ ક્રિયાઓમાં સ્થળચર જીવજંતુઓ અને વનસ્પતિઓ પાણીનો ઉપયોગ કરે છે.



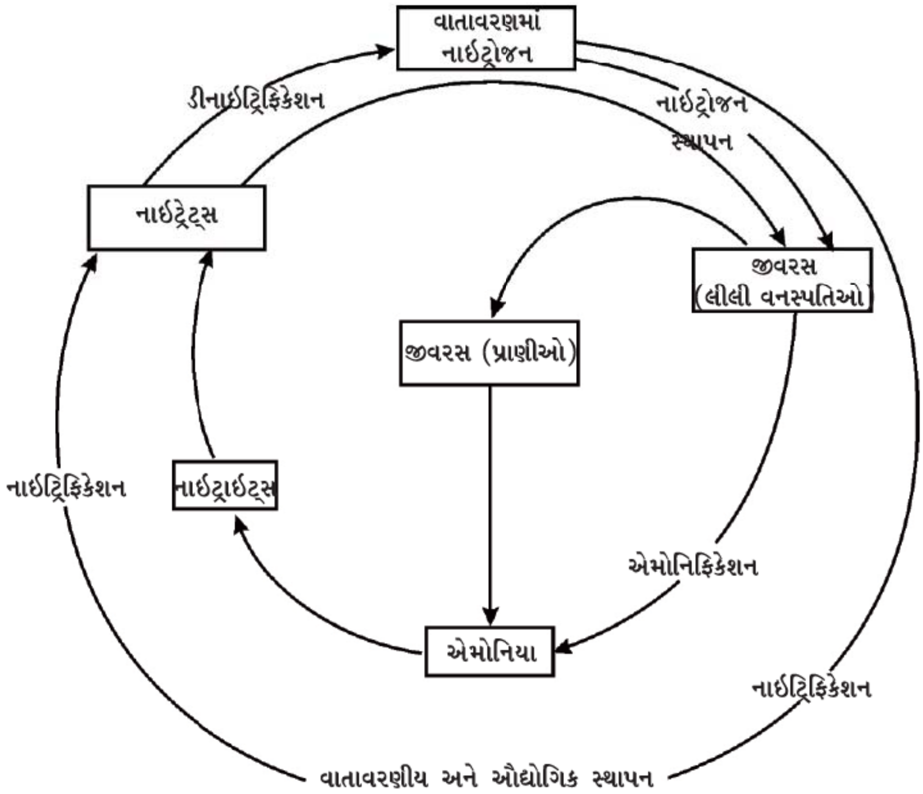
આકૃતિ 14.5 : કુદરતમાં જલચક્ર

ચાલો, આપણે જલચક્રમાં પાણીનું શું થાય છે અથવા કેવી રીતે વહન પામે છે તે વિશે વિચાર કરીએ. જેમકે આપણે જાણીએ છીએ કે, પાણી ઘણાબધા પદાર્થોને ઓગાળવા કે દ્રાવ્ય કરવા માટે સક્ષમ છે એટલે કે પાણીમાં ઘણાબધા પદાર્થો દ્રાવ્ય બને છે. દ્રાવ્ય થવાવાળા ખનીજો પરથી જ્યારે પાણી પસાર થાય છે ત્યારે આમાંથી કેટલાંક ખનીજ પાણીમા દ્રાવ્ય થઈ જાય છે. આ જ રીતે નદી ઘણાંબધાં પોષકતત્ત્વોને સપાટીથી સમુદ્ર કે દરિયામાં લઈ જાય છે અને તેઓનો ઉપયોગ દરિયાઈ સજીવો દ્વારા થાય છે.

14.4.2 નાઇટ્રોજનચક્ર (Nitrogen Cycle)

આપણા વાતાવરણમાં નાઇટ્રોજન વાયુનું પ્રમાણ 78 % છે. આ વાયુ સજીવો માટે જરૂરી છે. તે ઘણાબધા અણુઓના ઘટક તરીકે છે. જેમકે પ્રોટીન, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ, (DNA અને RNA) તેમજ કેટલાક વિટામિન્સ. નાઇટ્રોજન બીજા અન્ય જૈવિક અણુઓના બંધારણીય ઘટક તરીકે મળી આવે છે જેમકે આલ્કેલોઇડ્સ અને યુરિયા. એટલા જ માટે નાઇટ્રોજન બધા પ્રકારના સજીવો માટે એક આવશ્યક પોષકતત્ત્વ છે. બધાં જ સજીવ સ્વરૂપો દ્વારા વાતાવરણમાં આવેલા નાઇટ્રોજન વાયુના પ્રત્યક્ષ ઉપયોગથી જીવન સરળ થઈ જાય; પરંતુ કેટલાક પ્રકારના બૅક્ટેરિયા સિવાય બીજા સજીવો નિષ્ક્રિય નાઇટ્રોજન પરમાણુઓનું નાઇટ્રેટ્સ અને નાઇટ્રાઇટ્સ જેવા બીજા આવશ્યક અણુઓમાં પરિવર્તન કરવામાં સક્ષમ નથી. નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરવાવાળા તે બૅક્ટેરિયા મુક્તજીવી હોય છે અથવા દ્વિદળી વનસ્પતિઓની કેટલીક જાતિઓમાં જોવા મળે છે. સામાન્ય રીતે તે નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરવાવાળા બૅક્ટેરિયા શિમ્બીકુળની વનસ્પતિઓનાં મૂળમાં એક વિશિષ્ટ પ્રકારની સંરચના બનાવે છે જેને 'મૂળગંડિકા' કહે છે, તેમાં આવેલ હોય છે. આ બૅક્ટેરિયા સિવાય નાઇટ્રોજન પરમાણુનું નાઇટ્રેટ્સ કે નાઇટ્રાઇટ્સમાં ભૌતિકક્રિયાઓ દ્વારા પરિવર્તન થાય છે. વીજળીના ચમકારાના સમયે વાયુના રૂપમાં ઊંચા તાપમાને અને ઊંચા દબાણે નાઇટ્રોજનને નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડમાં ફેરવે છે. ઑક્સાઇડ પાણીમાં ભળીને નાઇટ્રિક ઍસિડ અને નાઇટ્રસ ઍસિડ બનાવે છે અને વરસાદની સાથે જમીનની સપાટી પર વરસે છે ત્યારે તેનો ઉપયોગ વિવિધ સજીવો દ્વારા થાય છે.

નાઇટ્રોજનયુક્ત સંયોજનો બનાવવામાં વપરાયા પછી નાઇટ્રોજનનું શું થાય છે ? સામાન્ય રીતે વનસ્પતિઓ નાઇટ્રેટ્સ અને નાઇટ્રાઇટ્સને મેળવે છે અને તેઓને એમિનો ઍસિડમાં ફેરવે છે, તેનો ઉપયોગ પ્રોટીન બનાવવામાં થાય છે. જ્યારે પ્રાણી કે વનસ્પતિ મૃત્યુ પામે છે ત્યારે ભૂમિ (માટી)માં રહેલા અન્ય બૅક્ટેરિયા વિવિધ સંયોજનોમાં આવેલા નાઇટ્રોજનનું નાઇટ્રેટ્સ અને નાઇટ્રાઇટ્સમાં પરિવર્તન કરે છે અને બીજા પ્રકારના



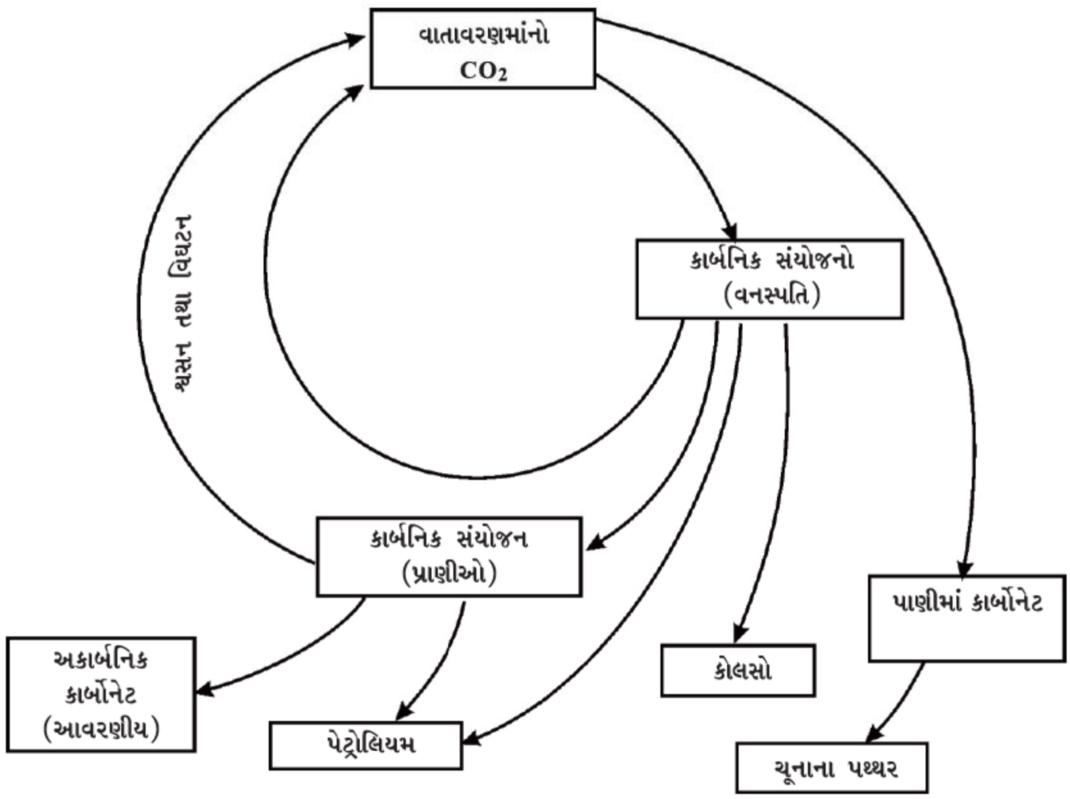
આકૃતિ 14.6 : કુદરતમાં નાઇટ્રોજનચક્ર

બૅક્ટેરિયા આ નાઇટ્રેટ્સ તેમજ નાઇટ્રાઇટ્સને નાઇટ્રોજન તત્ત્વમાં ફેરવે છે. આ રીતે, પ્રકૃતિમાં નાઇટ્રોજનચક્ર હોય છે જેમાં નાઇટ્રોજન વાતાવરણમાં પોતાના મૂળભૂત સ્વરૂપથી પસાર થતાં ભૂમિ અને પાણીમાં સાદા અણુઓના સ્વરૂપમાં ફેરવાય છે, જે સજીવોમાં વધારે જટિલ અણુઓના સ્વરૂપમાં ફેરવાય છે. પછી તે સામાન્ય સ્વરૂપમાં વાતાવરણમાં પાછો આવે છે.

14.4.3 કાર્બનચક્ર (Carbon Cycle)

કાર્બન પૃથ્વી પર ઘણાબધા સ્વરૂપોમાં મળી આવે છે. તે પોતાના મૂળતત્ત્વ સ્વરૂપમાં હીરો અને ગ્રૅફાઇટમાં મળી આવે છે. સંયોજન સ્વરૂપે તે વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના સ્વરૂપમાં વિવિધ પ્રકારનાં ખનિજોમાં કાર્બોનેટ અને હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટના સ્વરૂપમાં મળી આવે છે. જ્યારે બધા જ સજીવોમાં કાર્બન આધારિત અણુઓ જેવા કે - પ્રોટીન, કાર્બોદિત, ચરબી, ન્યૂક્લિઇક ઍસિડ અને વિટામિન પર આધારિત હોય છે. ઘણાંબધાં પ્રાણીઓમાં બાહ્ય અને અંતઃકંકાલ પણ કાર્બોનેટ ક્ષારોથી બનતાં હોય છે. ક્લોરોફિલ ધરાવતા તમામ સજીવો સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં કાર્બનનો ઉપયોગ કરીને પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા કરે છે. આ પ્રક્રિયા દ્વારા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું ગ્લુકોઝના અણુઓમાં રૂપાંતર થાય છે. આ ગ્લુકોઝના અણુ બીજા પદાર્થોમાં રૂપાંતર પામે છે અથવા તો અન્ય સજીવોમાં મહત્ત્વના અણુઓનું સંશ્લેષણ કરવા માટે ઊર્જા આપે છે (આકૃતિ 14.7).

જીવંત પ્રાણીઓને ઊર્જા મેળવવાની પ્રક્રિયામાં ગ્લુકોઝનો ઉપયોગ થાય છે. શ્વસનની ક્રિયા દ્વારા ગ્લુકોઝને કાર્બન-ડાયૉક્સાઇડમાં ફેરવવા માટે ઑક્સિજનનો ઉપયોગ પણ થાય છે અને નથી પણ થતો. આ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાતાવરણમાં



આકૃતિ 14.7 : કુદરતમાં કાર્બનચક્ર

પાછો ભળી જાય છે. અન્ય એક પ્રક્રિયા જે વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઉમેરે છે તે છે. દહનની ક્રિયા જ્યાં બળતણનો ઉપયોગ રસોઈ માટે, ગરમી મેળવવા, પરિવહન માટે અને ઉદ્યોગોમાં થાય છે. ખરેખર તો જ્યારથી ઔદ્યોગિક ક્રાંતિ થઈ છે અને માનવે મોટા પાયે અશ્મિ બળતણને સળગાવવાની શરૂઆત કરી છે ત્યારથી વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની ટકાવારી બમણા પ્રમાણમાં વધી છે. પાણીની જેમ કાર્બનનું પણ વિવિધ ભૌતિક તેમજ જૈવિક ક્રિયાઓ દ્વારા પુનઃચક્રીયકરણ થાય છે.

14.4.3 (i) ગ્રીનહાઉસ અસર (Green House Effect)

પ્રવૃત્તિ 14.1માં મેળવેલા અવલોકનોને યાદ કરો. કાચની શીશી દ્વારા ઉષ્માને રોકવાને કારણે શીશીની અંદરનું તાપમાન બહારના તાપમાન કરતાં ઘણું વધી જાય છે. ઠંડા વાતાવરણમાં ઉષ્ણ કટિબંધીય વનસ્પતિઓને ગરમ રાખવા માટે આવરણ બનાવવાની ક્રિયામાં આ ઘટનાનો ઉપયોગ થયેલો છે. આ પ્રકારના આવરણને ગ્રીનહાઉસ કહે છે. ગ્રીનહાઉસ અસર વાતાવરણીય પ્રક્રિયાઓમાં પણ થાય છે. કેટલાક વાયુઓ પૃથ્વીમાંથી ઉષ્માને પૃથ્વીની બહારના વાતાવરણમાં જતાં રોકે છે. વાતાવરણમાં આવેલા આ પ્રકારના વાયુઓનો વધારો સમગ્ર વિશ્વના સરેરાશ તાપમાનને વધારી શકે છે. આ પ્રકારની અસરને ગ્રીનહાઉસ અસર કહે છે.

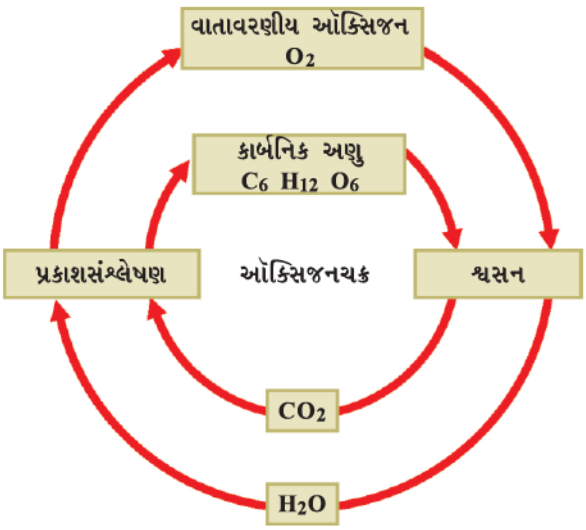
પ્રવૃત્તિ 14.12

- વૈશ્વિક ઉષ્મીકરણ (Global Warming)નાં પરિણામો શું હોઈ શકે છે ?
- કેટલાક અન્ય ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનાં નામોની પણ તપાસ કરો.

14.4.4 ઑક્સિજન ચક્ર (Oxygen Cycle)

ઑક્સિજન પૃથ્વી પર ઘણી માત્રામાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. તેનું પ્રમાણ વાતાવરણમાં મૂળભૂત સ્વરૂપમાં આશરે 21 % છે. તે વધુ માત્રામાં પૃથ્વીના પોપડામાં સંયોજનના સ્વરૂપમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના સ્વરૂપમાં પણ મળી આવે છે. પૃથ્વીના પોપડામાં આ (ઑક્સિજન) ધાતુઓ અને સિલિકોનના ઑક્સાઇડ્સના સ્વરૂપમાં મળી આવે છે. તે જૈવિક અણુઓ, જેવાં કે કાર્બોદિતો, પ્રોટીન, ન્યૂક્લિઇક ઍસિડ અને ચરબી (અથવા લિપિડ)નું પણ એક આવશ્યક ઘટક છે.

પરંતુ, જ્યારે આપણે ઑક્સિજન-ચક્રની બાબતે વાત કરીએ છીએ ત્યારે આપણે મુખ્યત્વે તે ચક્રને નિર્દેશિત કરે છે કે જે વાતાવરણમાં ઑક્સિજનનું પ્રમાણ સંતુલિત જાળવી રાખે છે. વાતાવરણમાં ઑક્સિજનનો ઉપયોગ ત્રણ પ્રક્રિયામાં થાય છે. જેનાં નામ છે : શ્વસન, દહન અને નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડના નિર્માણમાં. વાતાવરણમાં ઑક્સિજનમાં એક માત્ર મુખ્ય ક્રિયા એ છે કે જેને પ્રકાશસંશ્લેષણ કહે છે. જેના દ્વારા ઑક્સિજન પાછો મળે છે. આ રીતે કુદરતમાં ઑક્સિજન-ચક્રની રૂપરેખા બને છે. (આકૃતિ 14.8)



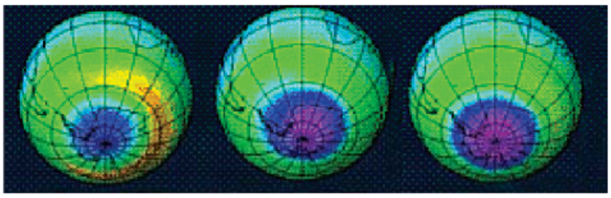
આકૃતિ 14.8 : કુદરતમાં ઑક્સિજન-ચક્ર

પરંતુ, આપણે જીવનની એક ક્રિયા કે જે શ્વસન છે તેમાં ઑક્સિજનને અગત્યનો માનીએ છીએ; પરંતુ કેટલાક સજીવ મુખ્યત્વે બૅક્ટેરિયા માટે તત્ત્વીય ઑક્સિજન ઝેરી બની જાય છે હકીકતમાં બૅક્ટેરિયા ઑક્સિજનની હાજરીમાં નાઇટ્રોજન સ્થાપનની પ્રક્રિયા કરતા નથી.

14.5 ઓઝોન સ્તર (Ozone Layer)

તત્ત્વીય ઑક્સિજન મૂળભૂત સ્વરૂપમાં સામાન્યતઃ દ્વિપરમાણ્વીય અણુના સ્વરૂપમાં મળી આવે છે; પરંતુ વાતાવરણના ઉપરના ભાગમાં ઑક્સિજનના ત્રણ પરમાણુવાળા અણુઓ પણ મળી આવે છે. તેમનું સૂત્ર છે O_3 અને તેને ઓઝોન કહે છે. ઑક્સિજનના સામાન્ય દ્વિપરમાણ્વીય અણુથી વિપરિત ઓઝોન ઝેરી હોય છે. આપણે ભાગ્યશાળી છીએ કે ઓઝોન પૃથ્વીની સપાટીની નજીક આવેલ નથી. તે સૂર્યમાંથી આવતાં હાનિકારક વિકિરણોનું શોષણ કરે છે. આ રીતે તે હાનિકારક વિકિરણોને પૃથ્વીની સપાટી પર પહોંચતાં રોકે છે, જે ઘણા સજીવોને નુકસાન પહોંચાડી શકે છે.

હાલમાં એ સંશોધન થયું છે કે ઓઝોન સ્તરનું વિઘટન થતું જાય છે. મનુષ્ય દ્વારા બનાવેલા વિવિધ પ્રકારનાં સંયોજનો જેવાં કે ક્લોરોફ્લોરો કાર્બન (CFC) વાતાવરણમાં સ્થિર અવસ્થામાં હાજર હોય છે. CFC ક્લોરિન અને ફ્લોરિનયુક્ત કાર્બનિક સંયોજન છે. તે ઘણા સ્થાયી હોય છે અને કોઈ પણ જૈવપ્રક્રિયા દ્વારા પણ વિઘટન થતું નથી. એકવાર તે ઓઝોનના સ્તરની નજીક પહોંચે પછી તેઓ ઓઝોન અણુઓની સાથે પ્રતિક્રિયા કરે છે. આના પરિણામ સ્વરૂપે ઓઝોનના સ્તરમાં ઘટાડો થાય છે અને હાલમાં જાણવા મળ્યું છે કે ઍન્ટાર્કટિકાના ઉપરના ઓઝોનના સ્તરમાં છિદ્રો (ગાબડાં) મળી આવ્યાં છે. ઓઝોન સ્તરનું વિઘટન અને ઑઝોનનો વધારે નાશ થવાને કારણે પૃથ્વી પર આવેલ સજીવો પણ તેની અસર અનુભવે છે. આ વિશે કલ્પના કરવી તે પણ અઘરી છે. આથી ઘણા લોકોના વિચાર પ્રમાણે ઓઝોનના સ્તરને ઘટતું અટકાવવાની પ્રક્રિયા રોકવા પ્રયત્ન કરવો આવશ્યક છે.



ઑક્ટોબર 1960 ઑક્ટોબર 1985 ઑક્ટોબર 1990

આકૃતિ 14.9 : ઍન્ટાર્કટિકાની ઉપર ઑઝોનના સ્તરમાં પડેલા છિદ્ર (ગાબડાં)ને દર્શાવતી ઉપગ્રહની લીધેલી આકૃતિ

પ્રવૃત્તિ 14.10

- તપાસ કરો કે કયા બીજા અણુઓ ઓઝોનસ્તરને નુકસાન પહોંચાડી શકે છે.
- સમાચારપત્રોમાં આપેલ સમાચારને આધારે ઑઝોનસ્તરમાં છિદ્રો (ગાબડાં)ની ચર્ચા કરી શકાય છે.
- તપાસ કરો કે ઓઝોન છિદ્રમાં કોઈ પરિવર્તન થઈ રહ્યું છે ? વૈજ્ઞાનિક શું વિચારે છે કે આ કેવી રીતે પૃથ્વી પર જીવનને અસર કરશે ? (આકૃતિ 14.9)

પ્રશ્નો :

1. જલચક્રમાં પાણીની કઈ-કઈ અવસ્થાઓ મળી આવે છે ?
2. જૈવિક મહત્ત્વનાં બે સંયોજનોનાં નામ આપો કે જેમાં ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજન બંને મળી આવે છે.
3. હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું પ્રમાણ વધારતી હોય તેવી ત્રણ માનવીય પ્રવૃત્તિઓની યાદી બનાવો.
4. ગ્રીનહાઉસ અસર એટલે શું ?
5. વાતાવરણમાં મળી આવતા ઑક્સિજનનાં કયાં કયાં બે સ્વરૂપો કયાં કયાં છે ?

તમે શું શીખ્યાં
What You Have Learnt

- પૃથ્વી પરનું જીવન, ભૂમિ, પાણી અને હવા તથા સૂર્યઊર્જા જેવા સ્રોતો પર આધારિત છે.
- જમીન અને જળાશયોના ઉપર અસમાન પ્રકારે હવા ગરમ થવાને કારણે પવન ઉત્પન્ન થાય છે.
- જળાશયોમાંથી પાણીનું બાષ્પીભવન અને પછી સંઘનન આપણને વરસાદ આપે છે.
- કોઈ પણ વિસ્તારમાં થનારો વરસાદ તે વિસ્તારના પ્રવર્તમાન પવનોની ભાત (Pattern) પર નિર્ભર કરે છે.
- વિભિન્ન પ્રકારનાં પોષકતત્ત્વ ચક્રીય સ્વરૂપે પુનઃ ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે. જેના કારણે જીવાવરણના વિભિન્ન ઘટકોમાં એક નિશ્ચિત સંતુલન સ્થાપિત થાય છે.
- હવા, પાણી અને જમીનનું પ્રદુષણ જીવનની ગુણવત્તાને અસર કરે છે અને જૈવવિવિધતાને નુકસાન પહોંચાડે છે.
- આપણે આપણાં કુદરતી સ્રોતોનું સંરક્ષણ કરવાની જરૂરિયાત છે અને તેનો વિવેકપૂર્ણ ઉપયોગ કરવો જરૂરી છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. જીવન માટે વાતાવરણની આવશ્યકતા શું છે ?
2. જીવન માટે પાણીની આવશ્યકતા કેમ છે ?
3. સજીવો જમીન પર કેવી રીતે નિર્ભર છે ? શું પાણીમાં રહેવાવાળા સજીવો ભૂમિય સ્રોતોથી સ્વતંત્ર છે ?
4. તમે ટેલિવિઝન પર અને સમાચારપત્રમાં હવામાન સંબંધી રિપોર્ટને જોયા હશે. તમે શું વિચારો છો કે આપણે ઋતુના પૂર્વાનુમાનમાં સક્ષમ છીએ ?

5. આપણે જાણીએ છીએ કે ઘણીબધી માનવીય પ્રવૃત્તિઓ હવા, પાણી તેમજ ભૂમિના પ્રદૂષણ સ્તરને વધારે છે. શું તમે વિચારો છો કે આ પ્રવૃત્તિઓને કંઈક અંશે વિશિષ્ટ રીતે સીમિત કરી શકાય કે જે પ્રદૂષણના સ્તરને ઘટાડીને પ્રદૂષણ ઘટાડવામાં મદદરૂપ થાય ?
6. જંગલ હવા, જમીન અને પાણીના સ્રોતની ગુણવત્તા પર કેવી રીતે અસર કરે છે તે વિશે નોંધ લખો.

પ્રકરણ 15

અન્નસ્રોતોમાં સુધારણા (Improvement in Food Resources)

આપણે બધા જાણીએ છીએ કે બધા જ સજીવોને ખોરાકની આવશ્યકતા હોય છે. ખોરાક (કે આહાર)થી આપણને પ્રોટીન, કાર્બોદિત, ચરબી, વિટામિન અને ખનિજ ક્ષાર પ્રાપ્ત થાય છે. આ બધાં તત્ત્વોની આવશ્યકતા આપણા વિકાસ, વૃદ્ધિ અને સ્વાસ્થ્ય માટે હોય છે. વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ બંને આપણા ખોરાકના મુખ્ય સ્રોત છે. મોટા ભાગનો ખાદ્યપદાર્થ ખેતીવાડી તથા પશુપાલનથી મળી રહે છે.

આપણે લગભગ સમાચારપત્રોમાં વાંચીએ છીએ કે, ખેતીવાડી કે કૃષિ-ઉત્પાદન અને પશુપાલનને વધારવાનો પ્રયાસ થઈ રહ્યો છે. તે શા માટે જરૂરી છે ? આપણે ઉત્પાદનની વર્તમાન ક્ષમતા પર જ કેમ નિર્વાહ કરતાં નથી ?

ભારતની વસ્તી ખૂબ જ વધારે છે. આપણા દેશની વસતી એક બિલિયન (સો કરોડ)થી પણ વધારે છે અને તેમાં સતત વધારો થઈ રહ્યો છે. આ વધતી-જતી વસતીને માટે એક બિલિયન ટનના ચોથા ભાગ જેટલા અન્ન ઉત્પાદનની જરૂરિયાત છે. આ વધારો વધારે ભૂમિ પર ખેતીવાડી કરવાથી સંભવિત થઈ શકે છે; પરંતુ ભારતમાં પહેલેથી ઘણાંબધાં સ્થળો પર ખેતી થઈ રહી છે. આથી ખેતીવાડી માટે વધારે ભૂમિ કે જમીનની પ્રાપ્યતા સંભવિત નથી. એટલા માટે પાક તથા પશુધનના ઉત્પાદનની ક્ષમતામાં વધારો કરવો આવશ્યક છે.

અત્યાર સુધી પાક-ઉત્પાદનને વધારવાના આપણા પ્રયત્નો કેટલાક અંશે સફળ રહ્યા છે. આપણે હરિયાળી ક્રાંતિ દ્વારા પાક ઉત્પાદનમાં વધારો કર્યો છે અને શ્વેતક્રાંતિ દ્વારા દૂધના ઉત્પાદનને વધાર્યું છે તેમજ તેનું સારું આયોજન પણ કર્યું છે.

આ ક્રાંતિઓની પ્રક્રિયામાં આપણા કુદરતી કે નૈસર્ગિક સ્રોતોનો ઘણોખરો ઉપયોગ થયો છે. આનાં પરિણામરૂપે આપણા કુદરતી કે નૈસર્ગિક સ્રોતોને નુકસાન થવાની તકો વધી ગઈ છે. આથી એ અગત્યનું છે કે પાક-ઉત્પાદન વધારવાના, આપણા પ્રયત્નો, પર્યાવરણ સંતુલિત રાખવા અને પર્યાવરણ જાળવી રાખનારાં પરિબળોને નુકસાન ન પહોંચે તેવા હોવા જોઈએ. એટલા જ માટે ખેતી અને પશુપાલન માટે સંપોષણીય (નુકસાન ન કરે તેવી) પ્રણાલીઓને અપનાવવાની આવશ્યકતા છે.

પાક-ઉત્પાદન વધારીને અને તેને ગોદામોમાં સંગ્રહ કરવાથી કુપોષણ અને ભૂખની સમસ્યાનું સમાધાન થઈ શકતું નથી. લોકોને અનાજ ખરીદવા માટે ધનની આવશ્યકતા પણ હોય છે. ખાદ્યસુરક્ષા તેના ઉત્પાદન અને પ્રાપ્યતા બંને પર આધારિત છે. આપણા દેશની મોટા ભાગની વસ્તી તેમના જીવનનિર્વાહ માટે ખેતી પર નિર્ભર છે. એટલા માટે જ ખેતીક્ષેત્રે લોકોની આવક પણ વધારવી જોઈએ. જેથી ભૂખની સમસ્યાનું સમાધાન થઈ શકે. ખેતીમાં વધારે ઉત્પાદન પ્રાપ્ત કરવા માટે વૈજ્ઞાનિક આયોજનબદ્ધ પ્રણાલીઓ અપનાવવી જોઈએ. સારા પોષણયુક્ત જીવનનિર્વાહ માટે મિશ્ર ખેતી, આંતર-પાક પદ્ધતિ અને સંઘટિત ખેતી કે વર્ધિત કૃષિ પ્રણાલીઓ અપનાવવી જોઈએ. ઉદાહરણ તરીકે પશુપાલન, મરઘાંપાલન, મત્સ્યઉદ્યોગ, મધમાખીઉછેરની સાથે ખેતી વગેરેને પ્રોત્સાહન આપવું.

હવે પ્રશ્ન એ છે કે આપણે પાક અને પશુપાલનનાં ઉત્પાદનને કેવી રીતે વધારી શકીએ ?

15.1 પાક-ઉત્પાદનમાં સુધારણા (Improvement in Crop Yields)

ઊર્જાની આવશ્યકતા માટે અનાજ જરૂરી છે જેમકે, ઘઉં, ચોખા, મકાઈ, બાજરી અને જુવારમાંથી કાર્બોદિત મળે છે. કઠોળ જેવા કે ચણા, વટાણા, અડદ, મગ, તુવેર, મસૂરમાંથી પ્રોટીન મળે છે અને તેલીબિયાં કે તેલવાળાં બીજ, જેવાં કે સોયાબીન, મગફળી, તલ, એરંડા કે દિવેલા, રાઈ, અળસી અને સૂર્યમુખીમાંથી આવશ્યક તેલ પ્રાપ્ત થાય છે. શાકભાજી, મસાલા અને ફળોમાંથી આપણને વિટામિન અને ખનીજ ક્ષાર, કેટલાક પ્રમાણમાં પ્રોટીન અને કાર્બોદિત પણ મળે છે. ઘાસચારાના પાક, જેવાં કે બર્સીમ (berseem / *Trifolium alexandrium* L - Legumes), જવ (ઓટ) અથવા સુદાન ઘાસના ઉત્પાદન પશુપાલન માટે ઘાસચારાના સ્વરૂપમાં થાય છે.

આકૃતિ 15.1 : વિવિધ પ્રકારના પાક

પ્રશ્ન :

1. અનાજ (ધાન્ય), દાળ (કઠોળ) અને ફળો, શાકભાજીમાંથી આપણને શું મળે છે ?

વિવિધ પાક માટે વિભિન્ન આબોહવાસંબંધી પરિસ્થિતિઓ, તાપમાન અને પ્રકાશઅવધિ (Photoperiods)ની આવશ્યકતા હોય છે. જેનાથી તેઓની સીધી રીતે વૃદ્ધિ પામી શકે છે અને તેઓ તેમનું જીવનચક્ર પૂરું કરે છે. પ્રકાશઅવધિ સૂર્યપ્રકાશના સમયગાળાને સંબંધિત હોય છે. પુષ્પસર્જન અને વૃદ્ધિ સૂર્યપ્રકાશ પર આધારિત હોય છે. જેમકે આપણે બધા જાણીએ છીએ કે, વનસ્પતિઓ સૂર્યના પ્રકાશમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ દ્વારા પોતાનો ખોરાક બનાવે છે. કેટલાક એવા પણ પાક છે કે જે આપણે વર્ષાઋતુમાં ઉગાડીએ છીએ, તેને ખરીફ પાક કહેવાય છે. જેની ખેતી જૂનથી શરૂઆત થઈ ઑક્ટોબર મહિના સુધી થાય છે. કેટલાક પાક શિયાળાની ઋતુમાં ઉગાડાય છે. જેને નવેમ્બરથી એપ્રિલ મહિના સુધી ઉગાડવામાં આવે છે. આ પાકને રવિ પાક કહે છે. ડાંગર, સોયાબીન, તુવેર, મકાઈ, કપાસ, મગ અને અડદ ખરીફ પાકો છે. ઘઉં, ચણા, વટાણા, રાઈ અને અળસી રવિ- પાકો છે.

ભારતમાં 1952 થી 2010 સુધી ખેતીલાયક ભૂમિમાં 25 ટકાનો વધારો થયો છે જ્યારે અન્નના ઉત્પાદનમાં ચારગણો વધારો થયો છે. ઉત્પાદનમાં આ વધારો કેવી રીતે થયો ? જો આપણે ખેતીમાં સમાયેલ પ્રણાલીઓની બાબતમાં વિચારીએ તો આપણે તેઓને ત્રણ ચરણોમાં વહેંચી શકાય છે. સૌથી પહેલા ચરણમાં બીજની પસંદગી કરવી, બીજા ચરણમાં પાકની યોગ્ય દેખરેખ રાખવી અને ત્રીજા ચરણમાં ખેતરોમાં ઊગેલા પાકની સુરક્ષા અને કાપણી કે લણણી કરેલ પાકને નુકસાન થવાથી બચાવવો. આ રીતે પાક-ઉત્પાદનમાં સુધારણાની ક્રિયામાં પ્રયુક્ત પ્રવૃત્તિઓને નીચે આપેલ વર્ગોમાં વહેંચેલ છે :

- પાકની જાતિઓ (Varieties)માં સુધારણા કરવી.
- પાક-ઉત્પાદનમાં સુધારણા કરવી.
- પાક સુરક્ષાનું પ્રબંધન કરવું.

15.1.1 પાકની જાતમાં સુધારણા (Crop variety improvement)

પાકનું ઉત્પાદન સારું થાય, તે પ્રયત્ન, પાકની જાતિ (Varieties)ની પસંદગી પર આધારિત છે. પાકની જાતિઓ કે જાતો માટે વિવિધ ઉપયોગી લક્ષણ જેવાં કે રોગ-પ્રતિકારક ક્ષમતા, ખાતર પ્રત્યે પ્રતિચાર, નીપજની ગુણવત્તા અને ઊંચા ઉત્પાદનને આધારે પસંદગી કરી પ્રજનન કરાવી શકાય છે. પાકની જાતોમાં ઇચ્છિત લક્ષણોને સંકરણ દ્વારા ઉમેરી શકાય છે. સંકરણવિધિમાં વિવિધ આનુવંશિક લક્ષણોવાળી વનસ્પતિઓમાં સંકરણ કરાવવામાં આવે છે. આ સંકરણ આંતરજાતીય (બે ભિન્ન જાતિ વચ્ચે), અંતર્જાતીય (એક જ પ્રજાતિની બે ભિન્ન જાતિઓ વચ્ચે) અથવા આંતરપ્રજાતીય (બે ભિન્ન પ્રજાતિ વચ્ચે) કરી શકાય છે. પાક-સુધારણાની બીજી રીત એ છે કે, ઐચ્છિક લક્ષણોવાળા જનીનને ઉમેરવા. આના પરિણામ સ્વરૂપે જનીનિક રૂપાંતરિત પાક (Genetically Modified Crops = GMCs) મળે છે.

નવી જાતિઓને અપનાવવા કે સ્વીકારતાં પહેલાં આવશ્યક છે કે પાકની જાતિની વિવિધ પરિસ્થિતિઓમાં, જે વિભિન્ન ક્ષેત્રો કે વિસ્તારોમાં ભિન્ન-ભિન્ન હોય છે, તે સારું ઉત્પાદન આપી શકે છે. ખેડૂતોને સારી ગુણવત્તાવાળાં વિશિષ્ટ બીજ (બિયારણ)ની પ્રાપ્તિ થવી જોઈએ અથવા બીજ તે જ જાતિના હોવાં જોઈએ, જે અનુકૂળ પરિસ્થિતિમાં અંકુરણ પામી શકે.

સંવર્ધન પ્રણાલીઓ તથા પાક-ઉત્પાદનની ઋતુ, ભૂમિની ગુણવત્તા અને પાણીની પ્રાપ્યતા પર આધારિત છે. કારણ કે ઋતુકીય પરિસ્થિતિઓ, જેવી કે અનાવૃષ્ટિ અને પૂરનું પૂર્વાનુમાન કરવું મુશ્કેલીપૂર્ણ હોય છે. એટલા જ માટે એવી જાતિ વધારે ઉપયોગી છે કે જે વિવિધ આબોહવાકીય પરિસ્થિતિઓમાં પણ ઊગી શકે. આ રીતે એવી જાતિ બનાવેલી છે કે જે વધુ ક્ષારવાળી (ક્ષારીય) ભૂમિમાં પણ ઊગી શકે.

- વધુ ઉત્પાદન : એકર દીઠ પાકની ઉત્પાદકતામાં વધારો કરવો.
- ગુણવત્તામાં સુધારણા : પાક-ઉત્પાદનની ગુણવત્તા, પ્રત્યેક પાકમાં ભિન્ન હોય છે. ઘઉંમાં બૅકિંગ ગુણવત્તા, કઠોળમાં પ્રોટીનની ગુણવત્તા, તેલીબિયાંમાં તેલની ગુણવત્તા અને ફળ અને શાકભાજીનું સંરક્ષણ અગત્યનું છે.
- જૈવિક અને અજૈવિક પ્રતિરોધકતા : જૈવિક (રોગો, કીટકો અને કૃમિઓ) અને અજૈવિક (અનાવૃષ્ટિ, ક્ષારતા, વધુપડતું પાણી, ગરમી, ઠંડી તથા હિમપાત) પરિસ્થિતિઓને કારણે પાક-ઉત્પાદકતા ઓછી થઈ શકે છે. આ પરિસ્થિતિઓને સહન કરી શકે તે જાતિ પાક ઉત્પાદનમાં સુધારણા લાવી શકે છે.
- પરિપક્વન સમયમાં પરિવર્તન : પાકને ઉગાડવાથી લઈને કાપણી કે લણણી સુધી ઓછામાં ઓછો સમયગાળો થાય તે આર્થિક દૃષ્ટિએ સારું ગણાય. આથી ખેડૂત પ્રતિવર્ષ પોતાનાં ખેતરોમાં ઘણો પાક ઉગાડી શકે છે. ઓછો સમયગાળો હોવાને કારણે પાક-ઉત્પાદનમાં ધન પણ ઓછું ખર્ચાય છે. સમાન પરિપક્વન (પુખ્તતા) કાપણીની ક્રિયાને સરળ બનાવે છે અને કાપણી દરમિયાન થનારા પાકને ઓછું નુકસાન થાય છે.
- વ્યાપક અનુકૂળતા : વ્યાપક અનુકૂળતાવાળી જાતોનો વિકાસ કરવો વિવિધ પર્યાવરણીય પરિસ્થિતિઓનાં પાક-ઉત્પાદનને સ્થાયી કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. એક જ જાતિને વિવિધ વિસ્તારોમાં વિવિધ આબોહવામાં ઉગાડી શકાય છે.
- ઐચ્છિક કૃષિકીય લાક્ષણિકતા : ઘાસચારાવાળા પાક માટે લાંબી અને વધુ શાખાઓ ઇચ્છિત લક્ષણ છે. અનાજ માટે વામન છોડ યોગ્ય છે જેથી આ પાકને ઉગાડવા માટે ઓછાં પોષકદ્રવ્યોની આવશ્યકતા રહે છે. આ રીતે કૃષિકીય વિજ્ઞાનવાળી જાતિઓ વધારે ઉત્પાદન મેળવવામાં મદદરૂપ થાય છે.

પ્રશ્નો :

1. જૈવિક અને અજૈવિક પરિબળો કેવી રીતે પાક-ઉત્પાદનને નુકસાન પહોંચાડે છે ?
2. પાક-સુધારણા માટે ઐચ્છિક કૃષિકીય વિજ્ઞાન (Agronomy) લાક્ષણિકતાઓ કઈ છે ?

15.1.2 પાક-ઉત્પાદન પ્રબંધન (વ્યવસ્થાપન) (Crop production management)

અન્ય ખેતીપ્રધાન દેશોની તુલનામાં, ભારતમાં પણ ખેતી નાનાં-નાનાં ખેતરોથી મોટાં ખેતરો સુધી થાય છે. એટલા જ માટે વિવિધ ખેડૂતો પાસે ભૂમિ, ધન, સૂચનાઓ અને તકનિકીની પ્રાપ્યતા ઓછી અથવા વધારે હોય છે. ટૂંકમાં ધન અથવા આર્થિક પરિસ્થિતિઓ ખેડૂતને વિવિધ ખેતી-પ્રણાલીઓ અને ખેતીની તકનિકોને અપનાવવામાં અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે. યોગદાન, વધુ રોકાણ અને પાક-ઉત્પાદનમાં સહસંબંધ છે. આ રીતે ખેડૂતની રોકાણ કરવાની ક્ષમતા પાકના તંત્ર અને ઉત્પાદન પ્રણાલીઓનું નિર્ધારણ કરે છે. એટલા માટે ઉત્પાદન-પ્રણાલીઓ પણ વિવિધ સ્તરની હોઈ શકે છે. 'રોકાણ વગર' ઉત્પાદન, 'ઓછું રોકાણ' ઉત્પાદન અને 'વધુ રોકાણ' ઉત્પાદન આ પ્રણાલીઓ આમાં સમાયેલ છે.

15.1.2 (i) પોષકતત્ત્વ પ્રબંધન (વ્યવસ્થાપન) (Nutrient management)

જેવી રીતે આપણને વિકાસ, વૃદ્ધિ અને તંદુરસ્ત રહેવા માટે ખોરાકની આવશ્યકતા હોય છે, તેવી રીતે વનસ્પતિઓને પણ વૃદ્ધિ માટે પોષકતત્ત્વોની આવશ્યકતા હોય છે. વનસ્પતિઓને પોષક પદાર્થો હવા, પાણી અને ભૂમિમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે. વનસ્પતિઓ માટે કેટલાક પોષકતત્ત્વો આવશ્યક છે. હવામાંથી કાર્બન અને ઑક્સિજન, પાણીમાંથી હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન તેમજ બાકીનાં 13 પોષકતત્ત્વો ભૂમિમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે. તે પૈકીના કેટલાક વધુ માત્રામાં જોઈએ છે એટલા માટે તેઓને બૃહદ્ પોષકતત્ત્વો (ગુરુ પોષકતત્ત્વો) કહે છે. બાકીનાં પોષકતત્ત્વોની જરૂરિયાત ઓછા પ્રમાણમાં હોય છે. એટલા માટે તેઓને લઘુ પોષકતત્ત્વો કે સૂક્ષ્મ પોષકતત્ત્વો કહે છે (કોષ્ટક 15.1).

કોષ્ટક 15.1: હવા, પાણી અને ભૂમિથી પ્રાપ્ત થતાં પોષકતત્ત્વ

સ્રોત	પોષકતત્ત્વો
હવા	કાર્બન, ઑક્સિજન
પાણી	હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન
ભૂમિ	(i) બૃહદ્ પોષકતત્ત્વો (ગુરુ પોષકતત્ત્વ) નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ પોટૅશિયમ, કૅલ્શિયમ, મૅગ્નેશિયમ, સલ્ફર (ii) સૂક્ષ્મ પોષકતત્ત્વો (લઘુ પોષકતત્ત્વ) ઝિંક, કૉપર મોલિબ્ડેનમ, ક્લોરિન, આયર્ન, મૅંગેનીઝ, બોરોન

આ પોષકતત્ત્વોની ઊણપને કારણે વનસ્પતિઓની દેહધાર્મિક પ્રક્રિયાઓ સહિત પ્રજનન, વૃદ્ધિ અને રોગોની પ્રવૃત્તિઓ પ્રત્યે અસર પડે છે. વધારે ઉત્પાદનપ્રાપ્તિ કરવા માટે ભૂમિમાં છાણિયું ખાતર અને ખાતરના સ્વરૂપમાં આ પોષક તત્ત્વોને ભેળવવાં આવશ્યક છે.

પ્રશ્નો :

1. બૃહદ્ કે ગુરુ પોષકતત્ત્વ એટલે શું ? અને તેમને ગુરુ પોષકતત્ત્વ કેમ કહે છે ?
2. વનસ્પતિઓ તેઓનું પોષણ કેવી રીતે પ્રાપ્ત કરે છે ?

સેન્દ્રિય ખાતર (Manure)

સેન્દ્રિય ખાતરમાં કાર્બનિક પદાર્થોની માત્રા વધારે હોય છે અને તે જમીનને અલ્પ પ્રમાણમાં પોષકતત્ત્વો આપી શકે છે. સેન્દ્રિય ખાતરને પ્રાણીઓનાં મળ અને વનસ્પતિઓના કચરાના અવઘટન અથવા વિઘટનથી તૈયાર કરવામાં આવે છે. સેન્દ્રિય ખાતર જમીનને પોષકતત્ત્વો અને કાર્બનિક પદાર્થોથી પરિપૂર્ણ કરે છે અને ભૂમિની ફળદ્રુપતામાં વધારો થાય છે. સેન્દ્રિય ખાતરમાં રહેલા કાર્બનિક પદાર્થો ભૂમિના બંધારણમાં સુધારો કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. આના કારણે રેતાળ જમીનમાં પાણીને રાખવાની કે જલસંગ્રહ-ક્ષમતા વધારે છે. ચીકણી જમીનમાં કાર્બનિક પદાર્થોની વધુ માત્રા પાણીના નિકાલમાં મદદરૂપ થાય છે. જેમાં પાણી એકત્રિત થતું નથી.

સેન્દ્રિય ખાતરના ઉપયોગમાં આપણે જૈવિક કચરાનો ઉપયોગ કરીએ છીએ, જે પર્યાવરણને રાસાયણિક ખાતરના વધુ ઉપયોગ સામે રક્ષણ આપે છે. જૈવિક કચરાનો ઉપયોગ ખેતરના કચરાનું પુનઃચક્રણ છે. સેન્દ્રિય ખાતર બનાવવાની ક્રિયામાં વિવિધ જૈવિક પદાર્થના ઉપયોગોને આધારે સેન્દ્રિય ખાતરને નીચેના વર્ગોમાં વિભાજિત કરી શકાય છે :

(i) કમ્પોસ્ટ અને વર્મી કમ્પોસ્ટ : કંપોસ્ટીકરણની ક્રિયામાં ખેતીના નકામા પદાર્થ, જેવાં કે – પશુઓનાં મળમૂત્ર (છાણ વગેરે), શાકભાજીની છાલ તેમજ કચરો, પશુઓ દ્વારા ત્યજાયેલો ચારો, ઘરગથ્થુ કચરો, સુએઝનો કચરો, ફેંકેલી સ્ટ્રો, નીંદણ વગેરેને ખાડાઓમાં સડવા દેવામાં આવે છે. આ ક્રિયાને કમ્પોસ્ટિંગ કહે છે. કમ્પોસ્ટમાં કાર્બનિક પદાર્થ અને પોષકતત્ત્વો ખૂબ જ વધારે પ્રમાણમાં હોય છે. કમ્પોસ્ટને અળસિયાં દ્વારા વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના ત્યજાયેલા પદાર્થોને તરત જ વિઘટનની ક્રિયા દ્વારા બનાવવામાં આવે છે. આને વર્મી-કમ્પોસ્ટ કહે છે.

(ii) લીલું જૈવિક ખાતર : પાક ઉગાડતા પહેલાં ખેતરોમાં કેટલીક વનસ્પતિઓ જેવી કે શણ, અથવા ગુવાર વગેરે ઉગાડાય છે અને ત્યાર પછી આના પર હળ ચલાવીને ખેતરની ભૂમિમાં ભેળવી દેવામાં આવે છે. આ વનસ્પતિઓ લીલા જૈવિક ખાતરમાં પરિવર્તિત થઈ જાય છે, જે ભૂમિને નાઇટ્રોજન અને ફૉસ્ફરસથી પરિપૂર્ણ કરવામાં મદદરૂપ થાય છે.

ખાતરો (Fertilizers)

ખાતર વ્યાવસાયિક સ્વરૂપમાં તૈયાર કરેલ વનસ્પતિ પોષક દ્રવ્ય છે. ખાતર નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ અને પોટૅશિયમ આપે છે. આના ઉપયોગથી સારી વાનસ્પતિક વૃદ્ધિ (પર્ણો, શાખાઓ અને પુષ્પો) થાય છે અને સ્વસ્થ વનસ્પતિઓની પ્રાપ્તિ થાય છે. વધારે ઉત્પાદન માટે ખાતરનો પણ ઉપયોગ થાય છે; પરંતુ તે આર્થિક દૃષ્ટિએ મોઘું પડે છે.

ખાતરનો ઉપયોગ વધુ ધ્યાનથી કરવો જોઈએ અને તેના સદુપયોગ માટે તેની યોગ્ય માત્રાને યોગ્ય સમયે અને ખાતર આપતા પહેલાં અને તેના પછીની સાવચેતીઓને સ્વીકારવી જોઈએ. ઉદાહરણ તરીકે ક્યારેક ખાતર વધારેપડતી સિંચાઈને કારણે પાણીની સાથે વહી જાય છે અને વનસ્પતિઓ તેનું પૂરતાં પ્રમાણમાં શોષણ કરી શકતી નથી. ખાતરનું આ વધારાનું પ્રમાણ જળ પ્રદૂષણનું કારણ બને છે.

જેમકે આપણે અગાઉના પ્રકરણમાં અભ્યાસ કર્યો છે. ખાતરનો સતત ઉપયોગ ભૂમિની ફળદ્રુપતાને ઘટાડે છે. કારણ કે કાર્બનિક પદાર્થોની પુનઃપૂર્તિ થઈ શકતી નથી અને આનાથી સૂક્ષ્મ જીવો તેમજ ભૂમિગત સજીવોનાં જીવનચક્ર અવરોધાય છે. ખાતરોના ઉપયોગ દ્વારા પાકનું વધારે ઉત્પાદન ઓછા સમયમાં પ્રાપ્ત થઈ શકે છે; પરંતુ આ જમીનની ફળદ્રુપતાને કેટલાક સમય

પછી નુકસાન પહોંચાડે છે. જ્યારે જૈવિક ખાતરના ઉપયોગથી થતા લાભ લાંબા સમય માટે છે.

પ્રશ્ન :

1. જમીનની ફળદ્રુપતાને જાળવી રાખવા માટે સેન્દ્રિય ખાતર અને ખાતરના ઉપયોગની તુલના કરો.

કાર્બનિક ખેતી, ખેતી કરવાની આ એક પદ્ધતિ છે જેમાં રાસાયણિક ખાતર, જંતુનાશક, નીંદણનાશક વગેરેનો ઉપયોગ ખૂબ જ ઓછો કે બિલકુલ થતો નથી. આ પદ્ધતિમાં વધુમાં વધુ કાર્બનિક ખાતર, ખેતીના નકામા પદાર્થો (કચરો અને પશુધનનો કચરો)નું પુનઃચક્રીયકરણ, જૈવિક પરિબળો જેવાં કે નીલહરિત લીલનું સંવર્ધન, જૈવિક ખાતર બનાવવામાં ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. લીમડાનાં પર્ણો અને હળદરનો વિશેષ રૂપે જૈવ કીટનાશકોના સ્વરૂપમાં ખાદ્ય સંગ્રહમાં ઉપયોગ થાય છે. કુશળ પાક-ઉત્પાદન પદ્ધતિ માટે મિશ્રિત ખેતી, આંતરપાક પદ્ધતિ અને પાક ચક્રણ અથવા પાકની ફેરબદલી 15.1.2 (iii) માં ચર્ચા કરેલ છે, જે આવશ્યક છે. તે પાક તંત્ર કીટક, જંતુ અને નીંદણનું નિયંત્રણ કરે છે અને પોષકતત્ત્વ પણ આપે છે.

15.1.2 (ii) સિંચાઈ (Irrigation)

ભારતમાં મોટા ભાગની ખેતી વરસાદ પર આધારિત છે અથવા મોટા ભાગના વિસ્તારોમાં પાકનું ઉત્પાદન, સમયસર વર્ષાઋતુ આવવાને લીધે અને વૃદ્ધિ સમયગાળામાં યોગ્ય વરસાદ થવા પર આધારિત છે. એટલા જ માટે ઓછો વરસાદ થવાને લીધે પાક ઉત્પાદન ઘટી જાય છે. પાકની વૃદ્ધિ નિયત સમયગાળામાં યોગ્ય સમયે સિંચાઈ કરવાથી સંભવિત પાક-ઉત્પાદનમાં વધારો થઈ શકે છે. એટલા માટે વધારેમાં વધારે ખેતી ઉપયોગી ભૂમિને સિંચાઈ કરવા માટે ઘણાબધા ઉપાયો થાય છે.

વધારે જાણવા જેવું

પાણીની ઊણપ અથવા વરસાદની અનિયમિતતાને કારણે શુષ્ક કે અનાવૃષ્ટિ સ્થિતિ સર્જાય છે. વરસાદ પર આધારિત ખેતીને અનાવૃષ્ટિને કારણે વધુ નુકસાન થાય છે. વિશેષમાં તે વિસ્તારોમાં જ્યાં ખેડૂત પાક-ઉત્પાદનમાં સિંચાઈનો ઉપયોગ કરતા નથી અને માત્ર વરસાદ પર આધારિત હોય છે. નિમ્ન કક્ષાની ભૂમિમાં પાણીનો સંચય કરવાની ક્ષમતા એટલે કે જળ-ક્ષમતા ઓછી હોય છે. એટલા જ માટે જે વિસ્તારોમાં નિમ્ન કક્ષાની જમીન હોય છે ત્યાં અનાવૃષ્ટિને કારણે પાકને વધુ નુકસાન થાય છે. વૈજ્ઞાનિકોએ કેટલાક પાકની એવી પણ જાતો તૈયાર કરેલી છે કે જે અનાવૃષ્ટિની સ્થિતિને પણ સહન કરી શકે છે.

ભારતમાં પાણીના અનેક સ્રોત છે અને વિવિધ પ્રકારની આબોહવા છે. આ પરિસ્થિતિઓમાં વિવિધ પ્રકારની સિંચાઈની રીતો પાણીના સ્રોતની પ્રાપ્યતાને આધારે અપનાવી શકાય છે. આ સ્રોતોનાં કેટલાંક ઉદાહરણ કૂવાઓ, નદીઓ અને તળાવો છે.

- કૂવાઓ : કૂવા બે પ્રકારના હોય છે : ખોદેલા કૂવા અને નળકૂવા (ટ્યૂબવેલ). ખોદેલા કૂવા દ્વારા ભૂમિગત પાણીના સ્તરોમાં આવેલા પાણીને એકત્રિત કરવામાં આવે છે. નળકૂવામાં પાણી ઊંડા જળ-સ્તરોમાંથી કાઢવામાં આવે છે. આ કૂવાઓમાંથી સિંચાઈ માટે પાણીને પંપ દ્વારા કાઢવામાં આવે છે.
- નહેરો : આ સિંચાઈનું એક મોટું, વિસ્તૃત અને વ્યાપક તંત્ર છે. આમાં પાણી એક કે વધારે જળાશયો અથવા નદીઓમાંથી આવતું હોય છે. મુખ્ય નહેરમાંથી શાખાઓ દ્વારા નીકળે છે, જે વિભાજિત થઈને ખેતરોમાં સિંચાઈ કરાય છે.
- **નદીના પાણીને ઊંચકવાની પ્રણાલી/તંત્રો (RLS, River Lift Systems)** : જે વિસ્તારોમાં જળાશયોમાંથી ઓછું પાણી મળવાને કારણે નહેરોના વહેળા અનિયમિત અથવા અપૂરતા હોય છે ત્યાં પાણીને ઉપર કે ઊંચે લઈ જવા માટેનું તંત્ર કે પ્રણાલી વધારે ઉપયોગી બને છે. નદીઓના કિનારે આવેલાં ખેતરોમાં સિંચાઈ કરવા માટે નદીઓમાંથી સીધું પાણી મેળવવામાં આવે છે.
- તળાવો : નાનાં જળાશયો જે નાના વિસ્તારોમાં વહેતા પાણીનો સંગ્રહ કરે છે. જે તળાવનું સ્વરૂપ ધારણ કરી લે છે.

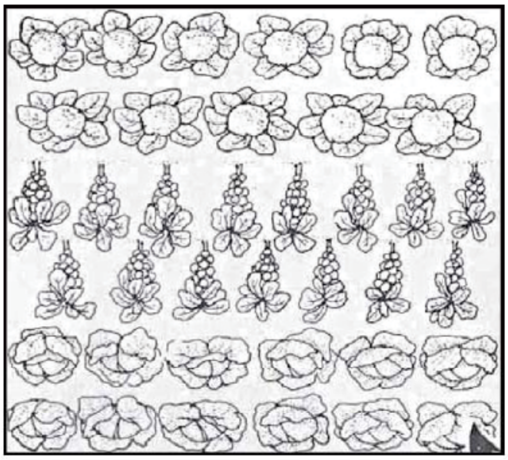
ખેતીમાં પાણીની પ્રાપ્યતા વધારવા માટે આધુનિક રીતો જેવી કે પાણીનો સંગ્રહ અને પાણીની વહેંચણીનું યોગ્ય પ્રબંધન દ્વારા ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. એટલા માટે નાના બંધ બનાવવામાં આવે છે. જેનાથી ભૂમિ જળમાં વધારો થાય છે. આ નાના બંધ વરસાદના પાણીને વહેતું અટકાવે છે અને ભૂમિનું ધોવાણ પણ ઓછું કરે છે.

15.1.2 (iii) પાકની રીતો (ખેતીની રીતો) (Cropping patterns)

વધારે લાભ મેળવવા માટે પાક ઉગાડવાની વિવિધ રીતોનો ઉપયોગ કરી શકાય છે.

મિશ્રિત કે મિશ્ર પાકમાં બે અથવા બેથી વધારે પાકને એક સાથે એક જ ખેતરમાં ઉગાડવામાં આવે છે. જેમકે ઘઉં-ચણા અથવા ઘઉં-રાઈ અથવા મગફળી-સૂર્યમુખી. આને લીધે નુકસાન થવાની સંભાવના ઓછી થઈ જાય છે. કારણ કે એક પાક નાશ થઈ જવાને લીધે બીજા પાકના ઉત્પાદનની આશા જાગ્રત રહે છે.

આંતરપાક ઉછેરપદ્ધતિમાં બે અથવા બેથી વધારે પાકને એકસાથે એક ખેતરમાં નિર્દેશિત માળખામાં ઉગાડાય છે. (આકૃતિ 15.2). કેટલીક હરોળ (ચાસ)માં એક પ્રકારનો પાક અને તેને એકાંતરે આવેલી બીજી હરોળ કે ચાસમાં બીજો પાક ઉગાડાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, સોયાબીન - મકાઈ, અથવા બાજરી - ચોળા પાકની પસંદગી એ પ્રકારે કરાય છે કે તેઓનાં પોષકતત્ત્વોની આવશ્યકતાઓ ભિન્ન-ભિન્ન હોય જેથી પોષક દ્રવ્યોનો વધુ માત્રામાં ઉપયોગ થઈ શકે. આ વિધિ દ્વારા જંતુ અથવા રોગોને એક પ્રકારના પાકને બધી જ વનસ્પતિઓમાં ફેલાતી રોકી શકાય છે. આ પ્રકારે બંને પાકથી સારું ઉત્પાદન મેળવી શકાય છે.



આકૃતિ 15.2 : ***આંતરખેત-ઉત્પાદન / આંતરપાક ઉછેર***

કોઈ એક ખેતરમાં ક્રમવાર પૂર્વ આયોજન કાર્યક્રમ અનુસાર વિવિધ પાકને ઉગાડાય તેને પાકની ફેરબદલી કહે છે. પ્રબળતા કે પરિપક્વન સમયગાળા પર આધારિત વિવિધ પાકનું સંમિશ્રણ કરવા માટે પાકની ફેરબદલી અપનાવવામાં આવે છે. એક કાપણી પછી કયા પાકને ઉગાડવો જોઈએ તે ભૂમિની મૃદુતા અને સિંચાઈની પ્રાપ્યતા પર આધાર રાખે છે. જો પાકની ફેરબદલી યોગ્ય રીતે કરવામાં આવે તો એક વર્ષમાં બે અથવા ત્રણ પાક દ્વારા સારું ઉત્પાદન મેળવી શકાય છે.

15.1.3 પાક-સુરક્ષાનું પ્રબંધન (વ્યવસ્થાપન) (Crop protection management)

ખેતરોમાં પાકને નીંદણ, કીટકો, જંતુઓ અને રોગોથી નુકસાન થતું હોય છે. જો યોગ્ય સમયે નીંદણ તથા જંતુઓનું નિયંત્રણ ન કરવામાં આવે, તો પાકને ખૂબ જ નુકસાન થાય છે.

નીંદણ ખેતી ઉપયોગી ભૂમિમાં અનાવશ્યક વનસ્પતિઓ છે. ઉદાહરણ તરીકે ગાડરિયું (ઝેન્થિયમ), ગાજરઘાસ (પાર્થેનિયમ) મોથા (સાયપેરિનસ રોટુન્ડ્સ). તે નીંદણ ખોરાક સ્થાન તથા પ્રકાશ માટે સ્પર્ધા કરે છે. નીંદણ પોષકતત્ત્વ પણ મેળવે છે. જેનાથી પાકની વૃદ્ધિ ઓછી થઈ જાય છે. એટલા માટે સારી ઊપજ માટે પ્રારંભિક અવસ્થામાં જ નીંદણને ખેતરોમાંથી કાઢી નાખવું જોઈએ.

સામાન્ય રીતે કીટક-જંતુઓ ત્રણ પ્રકારે વનસ્પતિઓ પર આક્રમણ કરે છે : (1) તે મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણોને કોતરી નાંખે છે. (2) તે વનસ્પતિઓના વિવિધ ભાગોમાંથી કોષોનો રસ (કોષરસ) ચૂસી લે છે અને (3) તે પ્રકાંડ અને ફળોમાં છિદ્ર કરી નાંખે છે. આ પ્રકારે તે પાકને ખરાબ કરી નાંખે છે અને પાકની ઉત્પાદકતા ઘટાડી નાંખે છે.

વનસ્પતિઓમાં રોગ બૅક્ટેરિયા, ફૂગ અને વાઈરસ જેવા રોગકારકો દ્વારા થાય છે. તે ભૂમિ, પાણી અને હવામાં હાજર હોય છે અને આ માધ્યમો દ્વારા જ વનસ્પતિઓમાં ફેલાય છે.

નીંદણ, કીટકો અને રોગો પર નિયંત્રણ જુદી જુદી રીતો દ્વારા કરી શકાય છે. આમાં સૌથી વધારે પ્રચલિત રીત જંતુનાશક રસાયણના ઉપયોગની છે. તેમાં તૃણનાશક, કીટનાશક અને ફૂગનાશકનો સમાવેશ થાય છે. આ રસાયણોનો પાકની વનસ્પતિઓ પર છંટકાવ કરવામાં આવે છે અથવા બીજ અને ભૂમિના ઉપચાર માટે ઉપયોગ કરાય છે; પરંતુ તેઓનો વધુ માત્રામાં ઉપયોગ કરવાથી ઘણીબધી સમસ્યાઓ ઉત્પન્ન થઈ શકે છે, જેમકે તે કેટલીક વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ માટે વિષાલું પદાર્થો હોઈ શકે છે અને પર્યાવરણીય પ્રદૂષણનું કારણ હોઈ શકે છે.

યાંત્રિક રીત દ્વારા નીંદણને દૂર કરવું એ પણ એક રીત છે. નિષેધાત્મક રીતો જેવી કે, સમય પર પાક ઉગાડવો, યોગ્ય ક્યારીઓ કે ચાસ તૈયાર કરવા, આંતરિક પાક લેવા અને પાકની ફેરબદલી કરવી આ પદ્ધતિઓ કે રીતો નીંદણને નિયંત્રિત કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. જંતુઓ પર નિયંત્રણ મેળવવા માટે પ્રતિરોધકતાની ક્ષમતા ધરાવતી જાતોનો ઉપયોગ અને ઉનાળામાં હળ ચલાવીને કે હળથી ખેડીને કેટલીક નિષેધાત્મક પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ કરી શકાય. આ પદ્ધતિમાં નીંદણ અને જંતુઓનો નાશ કરવા માટે ઉનાળાની ઋતુમાં ઊંડાઈ સુધી હળ ચલાવાય છે.

પ્રશ્ન :

1. નીચે આપેલ પૈકી કઈ પરિસ્થિતિમાં સૌથી વધારે લાભ થશે ? કેમ ?
   (a) ખેડૂત ઉચ્ચ કક્ષાના બીજનો ઉપયોગ કરે, સિંચાઈ ન કરે અથવા ખાતરનો ઉપયોગ કરતો નથી.
   (b) ખેડૂત સામાન્ય બીજનો ઉપયોગ કરે છે, સિંચાઈ કરે છે અને ખાતરનો પણ ઉપયોગ કરે છે.
   (c) ખેડૂત સારી જાતનાં બીજનો ઉપયોગ કરે છે, સિંચાઈ કરે છે, ખાતરનો ઉપયોગ કરે છે અને પાક-સુરક્ષાની પદ્ધતિઓ પણ અપનાવે છે.

કોષ્ટક 15.2 : પશુ-ઉત્પાદનનાં પોષણ મૂલ્યો (પ્રતિશત પ્રમાણમાં)

પશુ ઉત્પાદન	પોષક દ્રવ્યોની ટકાવારી (%)					
	ચરબી	પ્રોટીન	શર્કરા	ખનીજ તત્ત્વો	પાણી	વિટામિન્સ
ગાયનું દૂધ	3.60	4.00	4.50	0.70	87.20	B_1, B_2, B_{12}, D, E
ઈંડાં	12.00	13.00	*	1.00	74.00	B_2, D
માંસ	3.60	21.10	*	1.10	74.20	B_2, B_{12}
માછલી	2.50	19.00	*	1.30	77.20	નીએસીન, D, A

*ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં આપેલ છે.

પ્રવૃત્તિ 15.1

- જુલાઈ અથવા ઑગસ્ટના મહિનામાં નીંદણથી અસરગ્રસ્ત ખેતરનું અવલોકન કરો. ખેતરમાં આવેલા નીંદણ અને કીટકોની એક યાદી બનાવો.

અનાજનો સંગ્રહ (Storage of grains)

ખેત-ઉત્પાદન કે કૃષિ-ઉત્પાદનને વધુ નુકસાન થઈ શકે છે. આ નુકસાનના જૈવિક કારકો કીટકો, ખોતરીને ખાનારા (ઉંદર), ફૂગ, ઈતરડી અને બૅક્ટેરિયા તેમજ અજૈવિક ઘટકો જેવા કે તાપમાન અને ભેજના અયોગ્ય પ્રમાણને કારણે સંગ્રહસ્થાનને નુકસાન થાય છે. આ પરિબળોને કારણે ગુણવત્તામાં ઘટાડો, વજનમાં ઘટાડો, નબળી અંકુરણ-ક્ષમતા, નીપજનો રંગ દૂર થવો જેને કારણે બજારકિંમત ઘટે છે. આ પરિબળો પર નિયંત્રણ મેળવવા માટે યોગ્ય ઉપચાર અને સંગ્રહનું પ્રબંધન કરવું જોઈએ.

નિરોધક અને નિયંત્રણ પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ સંગ્રહ કરતાં પહેલાં કરાય છે. આ પદ્ધતિઓમાં સંગ્રહ કરતાં પહેલાં ઉત્પાદનની નિયંત્રિત સફાઈ કરીને સારી રીતે સૂકવવામાં આવે છે (પહેલાં સૂર્યના પ્રકાશમાં અને પછી છાંયડામાં) રસાયણયુક્ત તથા ધુમાડાનો ઉપયોગ કરાય છે. જેથી જંતુઓ મરી જાય છે. આવી પદ્ધતિઓ તેમાં સામેલ છે.

પ્રશ્નો :

1. પાકની સુરક્ષા માટે નિરોધક કે જંતુ વિરોધી પદ્ધતિઓ અને જૈવ-નિયંત્રણ શા માટે સારું સમજવામાં (માનવામાં) આવે છે ?
2. સંગ્રહની પ્રક્રિયા દરમિયાન કયા કારકોને અનાજને થતાં નુકસાન માટે જવાબદાર ગણવામાં આવે છે ?

પ્રવૃત્તિ 15.2

- અનાજ, કઠોળ અને તેલીબિયાંના બીજ એકત્રિત કરી હર્બેરિયમ બનાવો તેમજ તેઓને કઈ ઋતુમાં ઉગાડી શકાય અને કાપણી કરી શકાય તે જણાવો.

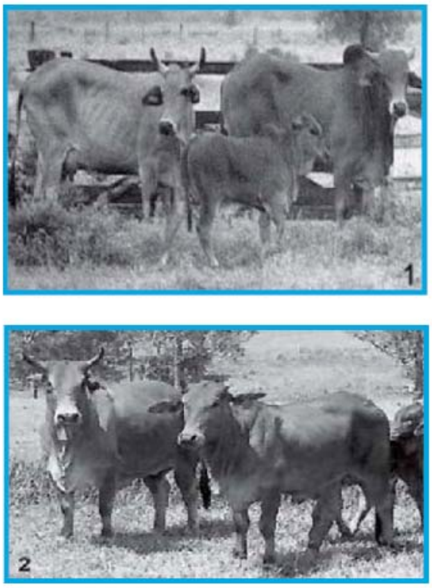
15.2 પશુપાલન (Animal Husbandry)

પશુધનના પ્રબંધનને પશુપાલન કહે છે. આના અંતર્ગત ઘણાંબધાં કાર્યો છે. જેવાં કે, ખોરાક આપવો, પ્રજનન અને રોગો પર નિયંત્રણ રાખવું. પશુપાલનમાં દુધાળા ઢોર, બકરી ઘેટાં, મરઘા અને મત્સ્ય ઉછેરનો સમાવેશ થાય છે. વસતીવધારો અને રહેણીકરણીમાં સુધારાના કારણે ઈંડાં, દૂધ અને માંસની માંગ વધી રહી છે. પશુધન માટે માનવીય વ્યવહારના પ્રતિ જાગૃતિ હોવાને કારણે પશુધનની માવજતમાં કેટલીક નવી મર્યાદાઓ પણ આવેલી છે. એટલા માટે પશુધનનું ઉત્પાદન વધારવા માટે તેઓમાં સુધારણાની આવશ્યકતા છે.

15.2.1 પશુની ખેતી કે કૃષિ (Cattle farming)

પશુપાલનના બે ઉદ્દેશો છે. દૂધ આપવાવાળા અને ખેતી-ઉપયોગી કામ કરનારા (હળ ચલાવનારા, સિંચાઈ અને ભારવહન કરનારા) માટે પશુઓને પાળવામાં આવે છે. ભારતીય પાલતુ પશુઓની બે મુખ્ય જાતિઓ છે. ગાય (બોસ ઇન્ડિકસ), ભેંસ (બોસ બુબેલિસ). દૂધ આપનારી માદાઓને દુધાળાં પશુઓ કહે છે.

દૂધ-ઉત્પાદન, પશુનું દુગ્ધસ્રવણના સમયગાળા પર કોઈ એક મર્યાદા સુધી આધારિત છે. જેનો અર્થ એ છે કે બચ્ચા (નવજાત)ના જન્મ પછી દૂધ-ઉત્પાદનનો સમયગાળો પ્રારંભ થાય



આકૃતિ 15.3 : ભારતીય દુધાળા ઢોરની જાત

છે. આ રીતે દૂધ-ઉત્પાદન દુગ્ધસ્રવણ કાળને વધારી શકાય છે. લાંબા સમય સુધી દુગ્ધસ્રવણ કાળ માટે વિદેશી જાતો, જેવી કે જર્શી, બ્રાઉન સ્વીસ ગાયને પસંદ કરે છે. દેશી જાતો, જેવી કે રાતી સિંધી, શાહિવાલ (આકૃતિ 15.3માં) રોગપ્રતિકારક-ક્ષમતા ખૂબ જ વધારે હોય છે. જો આ બે જાતોમાં સંકરણ કરાવાય તો એક એવી સંતતિ પ્રાપ્ત થાય છે જેમાં બંનેનાં ઐચ્છિક લક્ષણો (રોગ-પ્રતિકારક-ક્ષમતા તેમજ લાંબા સમયનો દુધસ્રવણ કાળ) હોય છે.

પ્રશ્ન :

1. પશુઓની જાતમાં સુધારણા કરવા માટે સામાન્ય રીતે કઈ રીતનો ઉપયોગ કરાય છે ? અને શા માટે ?

પ્રવૃત્તિ 15.3

- પશુપાલનક્ષેત્રની મુલાકાત લો અને નીચે આપેલ બાબતોને નોંધો.
  - (1) પશુઓની સંખ્યા અને વિવિધ પ્રકારની જાતોની સંખ્યા નોંધો.
  - (2) વિવિધ જાતો દ્વારા દરરોજ મેળવાતા દૂધની માત્રાની નોંધ કરો.

ઉત્પાદનનું પ્રમાણ માનવીય વ્યવહાર-આધારિત પશુપાલનમાં પશુઓનું સ્વાસ્થ્ય અને સ્વચ્છ દૂધ-ઉત્પાદન માટે ગાય અને ભેંસનાં શરીરની યોગ્ય સફાઈ અને યોગ્ય નિવાસસ્થાનની આવશ્યકતા હોય છે. પશુના શરીર પરથી ખરેલા વાળ અને ધૂળને દૂર કરવા માટે નિયમિત રીતે પશુની સફાઈ કરવી જોઈએ. તેઓનું નિવાસસ્થાન (ગમાણ) ધાબાવાળું અને હવાની અવરજવરયુક્ત હોવું જોઈએ. આવા નિવાસસ્થાનથી તેઓ વરસાદ, ગરમી અને શિયાળામાં ઠંડીથી બચી શકે છે. નિવાસસ્થાનનું ભૂમિ (ભોંયતળિયું) ઢોળાવવાળું હોવું જોઈએ. જેથી તે સાફ અને સૂકું રહે છે.

દૂધ આપવાવાળાં પશુ (ડેરીપશુ)ને આહારની આવશ્યકતા બે પ્રકારની હોય છે : (a) એક પ્રકારનો આહાર કે જે તેઓના સ્વાસ્થ્યને સારો જાળવી રાખે છે. અને (b) બીજો, તે કે જે દૂધના ઉત્પાદનને વધારે છે. તેની જરૂરિયાત દુગ્ધસ્રવણ કાળ સમયે હોય છે. પશુ-આહારમાં (a) મોટો કે રુક્ષ ચારો (ખાંડેલું અનાજ) જે સામાન્ય રીતે મુખ્યત્વે રેસામય હોય છે. અને (b) સમૃદ્ધ, જેમાં રેસા ઓછા હોય છે અને પ્રોટીન અને અન્ય પોષકતત્ત્વ વધારે હોય છે. પશુને એક સંતુલિત આહારની જરૂરિયાત હોય છે. જેમાં યોગ્ય માત્રામાં બધાં જ પોષકતત્ત્વો હોય એવાં પોષકતત્ત્વો ઉપરાંત કેટલાંક લઘુપોષક તત્ત્વ (સૂક્ષ્મ પોષકતત્ત્વ) પણ ભેળવવામાં આવે છે. જે દુધાળાં પશુઓને સ્વસ્થ રાખે છે અને દૂધના ઉત્પાદનમાં વધારો કરે છે.

ઢોર અનેક પ્રકારના રોગોથી ગ્રસ્ત થઈ શકે છે. જેના કારણે તેમનાં દૂધ-ઉત્પાદનની ક્ષમતામાં ઊણપ આવે અથવા તેઓનું મૃત્યુ પણ થઈ શકે છે. એક સ્વસ્થ પશુ નિયમિત રીતે ખાય છે અને સારી રીતે બેસે છે તેમજ સારી રીતે ઊભા થઈ શકે છે. ઢોરમાં બાહ્ય પરોપજીવીઓ અને અંતઃપરોપજીવીઓ બંને હોય છે. બાહ્ય પરોપજીવીઓ ઢોરની ત્વચા પર રહે છે, જેનાથી ઢોરની ત્વચાનો રોગ થઈ શકે છે. અંતઃપરોપજીવીઓ જેવા કે કૃમિઓ, જઠર અને આંતરડાને તથા યકૃતકૃમિ યકૃતને રોગગ્રસ્ત કરે છે. સંસર્ગજન્ય રોગ બૅક્ટેરિયા અને વાઈરસને કારણે થાય છે. અનેક વાઈરસ અને જીવાણુઓના રોગોથી પશુઓને બચાવવા માટે રસી મૂકાવવી જોઈએ.

15.2.2 મરઘા-પાલન (Poultry farming)

ઈંડાં તેમજ મરઘાના માંસનું ઉત્પાદનને વધારવા માટે મરઘાં-પાલન કરવામાં આવે છે. એટલા માટે મરઘાંપાલનમાં ઉચ્ચ કક્ષાની મરઘીની જાતનો વિકાસ કરવામાં આવે છે. ઈંડાં માટે ઈંડાં આપનારી (લેઅર) મરઘી પાલન કરવામાં આવે છે અને માંસ માટે બ્રોઈલરને પાળવામાં આવે છે.

નીચે આપેલાં લક્ષણો માટે નવી-નવી જાતોનો વિકાસ કરવામાં આવે છે. નવી જાતોને બનાવવા માટે દેશી જેવી કે અસીલ અને વિદેશી જેવી કે લૅગહૉર્ન જાતોનું સંકરણ કરાવાય છે.

(i) મરઘાનાં બચ્ચાની સંખ્યા અને ગુણવત્તા
(ii) નાના કદના બ્રોઈલર માતા-પિતા દ્વારા તેમનાં બચ્ચાઓનું વ્યાવસાયિક ઉત્પાદન હેતુ
(iii) ગરમીથી અનુકૂલન-ક્ષમતા / ઊંચા તાપમાનને સહન કરવાની ક્ષમતા
(iv) સારસંભાળમાં ઓછા ખર્ચની જરૂરિયાત
(v) ખેતી માટે ઉપયોગી ઉત્પાદનની આડપેદાશ કે ઉપપેદાશ તરીકે પ્રાપ્ત થતા સસ્તા રેસામય આહારનો ઉપયોગથી ઈંડાં મૂકનારા પક્ષીનું કદ ઘટે છે.

એસીલ

લૅગહૉર્ન

આકૃતિ 15.4

1. નીચે આપેલા વિધાનનું વિવેચન કરો :
"એ રસપ્રદ છે કે ભારતમાં મરઘાં, ઓછા રેસાના ખાદ્યપદાર્થને ઊંચી પોષકતાવાળાં પ્રોટીન આહારમાં પરિવર્તન કરવા માટે સૌથી વધારે સક્ષમ છે. (જે માનવ ખાદ્યપદાર્થ તરીકે અયોગ્ય છે.)"

ઈંડાં અને બ્રોઈલરનું ઉત્પાદન (Egg and broiler production)

બ્રોઈલરનાં બચ્ચાઓના સારા વૃદ્ધિ-દર અને સારા આહારદક્ષતા માટે વિટામિનથી ભરપૂર આહાર આપવામાં આવે છે. તેઓનો મૃત્યુ-દર ઓછો રાખી અને તેઓની પાંખો અને માંસની ગુણવત્તા જાળવી રાખવા માટેની સાવચેતી રાખવી પડે છે. તેઓને બ્રોઈલરના રૂપમાં ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે અને માંસના પ્રયોજન માટે ઉછેર કરવામાં આવે છે.

મરઘાપાલનમાં સારું ઉત્પાદન મેળવવા માટે સારી પ્રબંધન પ્રણાલીઓ ખૂબ જ જરૂરી છે. તેને અંતર્ગત તેઓના નિવાસમાં યોગ્ય તાપમાન અને સ્વચ્છતાનું નિર્ધારણ કરીને મરઘાના આહારની ગુણવત્તાને જાળવી રાખવામાં આવે છે. તેની સાથે-સાથે રોગો અને જંતુઓ પર નિયંત્રણ અને તેઓથી બચાવવાની રીત પણ સંકળાયેલી છે.

બ્રોઈલરનું નિવાસ, પોષણ અને પર્યાવરણીય જરૂરિયાતો ઈંડાં આપવાવાળી મરઘીઓથી કેટલાક અંશે અલગ હોય છે. બ્રોઈલરના આહારમાં પ્રોટીન અને ચરબી વધુ માત્રામાં હોય છે. મરઘાંના આહારમાં વિટામિન A અને વિટામિન Kની માત્રા પણ વધારે હોય છે.

જીવાણુ, વાઈરસ (વિષાણુ), ફૂગ, પરોપજીવી અને પોષણની હીનતાને કારણે મરઘીઓમાં ઘણા પ્રકારના રોગો થઈ શકે છે. આમ સફાઈ તથા સ્વચ્છતા પ્રત્યે વિશેષ ધ્યાન રાખવું જોઈએ. તેના માટે નિયમિત રીતે રોગાણુનાશ કરનારા પદાર્થોનો છંટકાવ કરવો જરૂરી છે. મરઘીઓને સંસર્ગજન્ય રોગોથી બચાવવા માટે રસી અપાવવી જોઈએ જેનાથી રોગના ફેલાવાથી તે ગ્રસ્ત ન થાય. આ સાવચેતીઓને અનુસરવાથી રોગોના ફેલાવાની દિશામાં ઘટાડો થાય. મરઘાને ન્યૂનતમ નુકસાન થાય છે.

પ્રશ્નો :

1. પશુપાલન અને મરઘાપાલનની પ્રબંધન પ્રણાલીમાં શું સમાનતા છે ?
2. બ્રોઈલર અને ઈંડાં આપવાવાળી (લેઈંગ) મરઘીઓમાં શું ભેદ છે ? તેમના પ્રબંધનના ભેદને પણ સ્પષ્ટ કરો.

પ્રવૃત્તિ 15.4

- મરઘાપાલન કેન્દ્રમાં જાઓ ત્યાં વિવિધ પ્રકારની જાતોનું અવલોકન કરો. તેઓને આપવામાં આવતો આહાર, તેઓના નિવાસ અને પ્રકાશની સુવિધાઓને નોંધો. ઈંડાં દેવાવાળી લેઅર અને બ્રોઈલરને ઓળખો.

15.2.3 મત્સ્ય-ઉછેર/મત્સ્ય-ઉત્પાદન

આપણા ખોરાકમાં માછલી પ્રોટીનનો એક સમૃદ્ધ અને સસ્તો સ્રોત છે. માછલીના ઉત્પાદનમાં મીનપક્ષોયુક્ત માછલીઓ તેમજ કવચીય માછલીઓ જેવી કે ઝિંગાઓ અને મૃદુકાયોનો સમાવેશ થાય છે. માછલીઓ મેળવવાના બે સ્રોતો છે : (1) એક પ્રાકૃતિક સ્રોત જેને માછલી પકડવી કહે છે. અને (2) બીજો સ્રોત મત્સ્ય-પાલન જેને માછલીનું સંવર્ધન કહે છે.

માછલીઓનાં જળસ્રોત સમુદ્રી પાણી અને મીઠું પાણી (ક્ષારવિહીન પાણી) છે. ક્ષારવિહીન પાણી નદીઓ અને તળાવોમાં હોય છે. એટલા માટે જ માછલી પકડવી અને મત્સ્ય-સંવર્ધન, સમુદ્ર અને મીઠા પાણીનાં નિવસન તંત્રોમાં કરી શકાય છે.

15.2.3 (i) દરિયાઈ મત્સ્ય-ઉછેર

ભારતના સમુદ્રી કે દરિયાઈ મત્સ્ય સંસાધન ક્ષેત્ર 7500 કિલોમીટર સમુદ્રીતટ અને તેના સિવાય સમુદ્રની ઊંડાઈ સુધી

છે. સૌથી વધારે પ્રચલિત સમુદ્રી માછલીઓ, પોમફ્રેટ, મેકેરલ, ટુના, સારડીન્સ અને બૉમ્બે ડક છે. સમુદ્રી કે દરિયાઈ માછલીઓ પકડવા માટે વિવિધ પ્રકારની જાળીઓનો ઉપયોગ માછલી પકડવાવાળી હોડીઓથી કરવામાં આવે છે. સેટેલાઇટ અને પ્રતિધ્વનિ ધ્વનિત્ર (echo-sounders)થી ખુલ્લા સમુદ્રમાં માછલીઓના મોટા સમૂહની તપાસ કરી શકાય છે અને આ સૂચનાઓનો ઉપયોગ કરી માછલીના ઉત્પાદનને વધારી શકાય છે.

કેટલાક આર્થિક મહત્ત્વવાળી સમુદ્રી માછલીઓને સમુદ્રી પાણીમાં સંવર્ધન પણ કરાવામાં આવે છે. તેમાં મુલેટ, ભેટકી અને પલૅસ્પોટ (મીનપક્ષયુક્ત માછલીઓ) કવચીય માછલીઓ, જેવી કે ઝિંગા (આકૃતિ 15.5) મુસ્સલ અને ઓએસ્ટર (મોતીછીપ) તેમજ તેની સાથે સમુદ્રી નીંદણનો સમાવેશ થાય છે કે દરિયાઈ નીંદણ મોતીછીપનું સંવર્ધન મોતીઓને પ્રાપ્ત કરવા માટે પણ કરવામાં આવે છે.

મેક્રોબ્રેકિયમ રોસેનર્બગી (મીઠું પાણી) પીનસ મોનોડોન (સમુદ્રી)

આકૃતિ 15.5 : મીઠા પાણી અને સમુદ્રી ઝિંગો

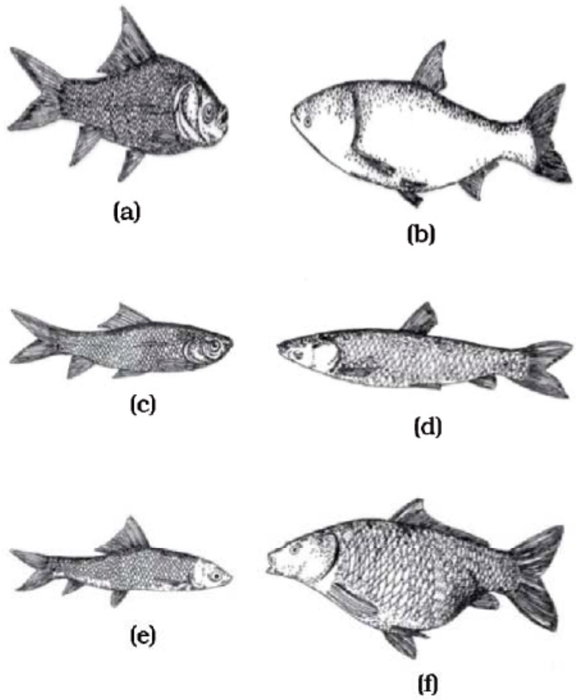
ભવિષ્યમાં દરિયાઈ માછલીઓના ભંડાર ઓછા હોવાની સ્થિતિમાં આ માછલીઓની પૂર્તિ સંવર્ધન દ્વારા થઈ શકે છે. આ પ્રણાલીને દરિયાઈ સંવર્ધન (marine culture) કહે છે.

15.2.3 (ii) અંતઃસ્થલીય મત્સ્ય-ઉછેર (Inland fisheries)

મીઠા જળના સ્રોત, નહેરો, તળાવો, પાણી સંગ્રહાલયો અને નદીઓ છે. ખારા જળનાં સંસાધન, જ્યાં દરિયાઈ પાણી અને મીઠા પાણી મિશ્રિત થાય છે જેમકે નદીમુખ, સરોવરોની પણ અગત્ય મત્સ્ય સંગ્રહસ્થાનો છે. જ્યારે માછલીઓનું પ્રગ્રહણ અંતઃસ્થલીયવાળા સ્રોતો પર કરવામાં આવે છે, તો ઉત્પાદન વધારે થતું નથી. આ સ્રોતોથી મોટા ભાગનું મત્સ્ય-ઉત્પાદન જલસંર્વધન દ્વારા જ થાય છે.

મત્સ્ય-સંવર્ધન ક્યારેક ડાંગરના પાકની સાથે પણ કરવામાં આવે છે. વધુ મત્સ્ય-સંવર્ધન મિશ્રિત મત્સ્ય-સંવર્ધન તંત્રથી કરી શકાય છે. આ ક્રિયામાં દેશી અને આયાત થતી માછલીઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

આવા તંત્રમાં એક જ તળાવમાં 5 અથવા 6 માછલીઓની જાતિઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તેમાં એવી માછલીઓને પસંદ કરવામાં આવે છે, જેનામાં આહાર માટે પ્રતિસ્પર્ધા ન થઈ શકે અથવા આહાર જુદો-જુદો હોય છે. આનાં પરિણામ રૂપે તળાવના પ્રત્યેક ભાગમાં આવેલ આહારનો ઉપયોગ થાય છે. જેમકે કટલા માછલી પાણીની સપાટીથી તેઓનો ખોરાક લે છે. રોહુ માછલી તળાવના મધ્યના વિસ્તારમાંથી પોતાનો ખોરાક લે છે. મ્રિગલ અને કોમન કાર્પ તળાવના તળિયેથી ખોરાક મેળવે છે. ગ્રાસ કાર્પ નીંદણને ખાય છે. આ પ્રકારની આ બધી માછલીઓ સાથે-સાથે રહેવા છતાં પણ સ્પર્ધા વિના પોતપોતાનો આહાર લે છે. (આકૃતિ 15.6). આનાથી તળાવમાં માછલીના ઉત્પાદનમાં વધારો થાય છે.



આકૃતિ 15.6 : (a) કટલા (b) સિલ્વર કાર્પ (c) રોહુ (d) ગ્રાસ કાર્પ (e) મ્રિગલ (f) કૉમન કાર્પ

મિશ્ર મત્સ્ય-સંવર્ધનમાં એક સમસ્યા એ છે કે, આમાંથી કેટલીક માછલીઓ માત્ર વર્ષાઋતુમાં જ પ્રજનન કરે છે. ત્યાં સુધી કે જો મત્સ્ય ડિમ્ભ દેશી જાત માટે લેવામાં આવે, તો અન્ય જાતિના ડિમ્ભોની સાથે ભળી જઈ શકે છે. આથી મત્સ્ય સંવર્ધન માટે સારી ગુણવત્તાવાળા ડિંભોની પ્રાપ્યતા ન હોવી એક ગંભીર સમસ્યા છે. આ સમસ્યાનું સમાધાન માટે એવી પદ્ધતિઓ શોધાઈ રહેલી છે કે તળાવમાં આ માછલીઓનું સંવર્ધન અંતઃસ્રાવના ઉપયોગ દ્વારા કરવામાં આવી શકે છે. આનાથી ઐચ્છિક પ્રમાણમાં શુદ્ધ માછલીના ડિમ્ભ મળતા રહે છે.

પ્રશ્નો :

1. માછલીઓ કેવી રીતે મેળવાય છે ?
2. મિશ્ર મત્સ્ય-સંવર્ધનના શું લાભ છે ?

પ્રવૃત્તિ ______ 15.5

- માછલીઓના પ્રજનનકાળમાં મત્સ્ય ખેતર(મત્સ્ય ઉછેરકેન્દ્ર)ની મુલાકાત લો અને નીચે આપેલ નોંધ કરો.
- મત્સ્ય ઉછેરકેન્દ્રમાં માછલીની જાતિઓ
- તળાવના પ્રકારો
- પોષણ આપવા માટેના ઘટકો
- ઉછેરકેન્દ્રની ઉત્પાદન-ક્ષમતા

જો મત્સ્ય ઉછેરકેન્દ્ર તમારા સ્થાનની નજીકમાં ન હોય તો ઈન્ટરનેટ પરથી માહિતી એકઠી કરીને કે પુસ્તકોનો સંદર્ભ લઈને અથવા તો જે લોકો મત્સ્ય ઉછેર વિશે જાણે છે તેમની જોડેથી માહિતી એકઠી કરો.

15.2.4 મધમાખી-ઉછેર / મધુમક્ષિકા પાલન (Bee-keeping)

મધનો સર્વત્ર ઉપયોગ થાય છે. આથી એના માટે મધમાખી ઉછેરનો ઉદ્યમ એક ખેતીઉદ્યોગ બની ગયો છે. કારણ કે મધમાખી ઉછેરમાં ધનનું રોકાણ ઓછું થાય છે. એટલા માટે ખેડૂત તેનો ઉપયોગ વધારાની ધનપ્રાપ્તિના સાધન તરીકે કરે છે. મધ ઉપરાંત મધમાખીના મધપૂડામાં મીણનો ખૂબ જ સારો સ્રોત પ્રાપ્ત થાય છે. મીણનો ઉપયોગ ઔષધ તૈયાર કરવામાં થાય છે.

વ્યાવસાયિક સ્તરે પણ મધ-ઉત્પાદન કરવા માટે દેશી જાતની મધમાખી એપિસ સેરેના ઈન્ડિકા (સામાન્ય ભારતીય મધમાખી), એપિસ ડોરસાટા (એક પર્વતીય મધમાખી) અને

(a) (b)

આકૃતિ 15.7 : (a) મધમાખીના મધપૂડાઓની મધુવાટિકામાં વ્યવસ્થા (b) મધનું નિષ્કર્ષક

એપિસ ફ્લોરી (લિટલ મધમાખી)નો ઉપયોગ કરે છે. ઈટાલીની મધમાખી એપિસ મેલીફેરાનો ઉપયોગ મધના ઉત્પાદનને વધારવા માટે કરવામાં આવે છે. આથી વ્યાવસાયિક મધ-ઉત્પાદનમાં આ મધમાખીનો સામાન્યતઃ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

ઈટાલીની મધમાખીમાં મધ એકત્ર કરવાની ક્ષમતા ખૂબ જ વધારે હોય છે. તેઓ ડંખ પણ ઓછા મારે છે. તે તેઓના નિર્ધારિત મધપૂડાઓમાં ઘણા સમય સુધી રહે છે અને પ્રજનન તીવ્રતાથી કરે છે. વ્યાવસાયિક મધ-ઉત્પાદન માટે મધુવાટિકા અથવા મધમાખી ફાર્મ બનાવી શકાય છે.

મધની કિંમત અથવા ગુણવત્તા મધમાખીઓ તેમના ખોરાક પર અથવા તેઓના મધ એકત્ર કરવા માટે ફૂલો પર નિર્ભર કરે છે. મધમાખીઓ ફૂલોમાંથી મધુરસ અને પરાગ એકત્રિત કરે છે. તેઓના ખોરાકની પર્યાપ્તા અને પુષ્પોની જાતો મધના સ્વાદને નિર્ધારિત કરે છે.

પ્રશ્નો :

1. મધ-ઉત્પાદન માટે યોગ્ય મધમાખીમાં કયા ઐચ્છિક લક્ષણો હોય છે ?
2. ચરાણ (ચારાગાહ) શું છે અને તે મધ-ઉત્પાદનની સાથે કેવી રીતે સંબંધિત છે ?

તમે શું શીખ્યાં

What You Have Learnt

- પાક માટે કેટલાક પોષકતત્ત્વો આવશ્યક છે. જે પૈકીના કેટલાક વધુ માત્રામાં જરૂરી છે તેઓને ગુરુપોષકતત્ત્વો અને બાકીના જે ઓછી માત્રામાં જરૂરી છે તેઓને લઘુ પોષકતત્ત્વો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.
- પાક માટે પોષકતત્ત્વોના મુખ્ય સ્રોત સેન્દ્રિય ખાતર અને ખાતર છે.

- કાર્બનિક ખેતીમાં ખાતરો, જંતુનાશકો અને તૃણનાશકોનો ન્યૂનતમ ઉપયોગ થાય છે અથવા બિલકુલ ઉપયોગ થતો નથી. આ પ્રણાલીઓમાં સ્વસ્થ પાક તંત્રની સાથે કાર્બનિક ખાતરો, પુનઃચક્રિત ખેતરના નકામા પદાર્થો અને જૈવ પરિબળોનો વધારેમાં વધારે ઉપયોગ થાય છે.
- એક વિશેષ ખેતરમાં પાક-ઉત્પાદન અને પશુપાલન વગેરેમાં વધારો કરવાવાળી ખેતીને મિશ્ર ખેતી તંત્ર કહે છે.
- મિશ્ર પાકમાં બે અથવા બેથી વધારે પાકને એક જ ખેતરમાં એક સાથે ઉગાડવામાં આવે છે.
- બે અથવા બે કરતાં વધારે પાકને નિશ્ચિત હાર (ચાસ) ની પદ્ધતિમાં ઉગાડવાને આંતરખેડ કે આંતરપાક કહે છે.
- એક જ ખેતરમાં વિવિધ પાકને પૂર્વ આયોજિત અનુક્રમમાં ઉગાડીએ, તો તેને પાકની ફેરબદલી કહે છે.
- વધુ ઉત્પાદન, સારી ગુણવત્તા જૈવિક તેમજ અજૈવિક પરિબળોની પ્રત્યે પ્રતિરોધકતા, અલ્પ પરિપક્વતા કાળ અને બદલાતી પરિસ્થિતિઓને માટે અનુકૂળ અને ઐચ્છિક ખેતીના લક્ષણ માટે જાત-સુધારણાની આવશ્યકતા છે.
- ખેત ઉપયોગી પશુઓને માટે યોગ્ય સારસંભાળ તથા પ્રબંધન જેવાં કે, નિવાસસ્થાન, આહાર, પ્રજનન અને રોગો પર નિયંત્રણની આવશ્યકતા હોય છે. આને પશુપાલન કહે છે.
- મરઘાપાલન પાળેલી મરઘીઓની સંખ્યાને વધારવાને માટે કરાય છે. મરઘાંપાલનમાં ઈંડાંનું ઉત્પાદન અને મરઘાના માંસ માટે બ્રોઈલર ઉત્પાદન થાય છે.
- મરઘાંપાલનમાં ઉત્પાદનને વધારવા અને ઉચ્ચ જાત માટે ભારતીય (દેશી) અને બાહ્ય જાતોની વચ્ચે સંકરણ કરાય છે.
- સમુદ્ર અને અંતઃસ્થલીય સ્રોતોમાંથી માછલીઓ મેળવી શકાય છે.
- માછલીના ઉત્પાદનમાં વધારો કરવા માટે તેઓનું સંવર્ધન દરિયા અને અંતઃસ્થલીય નિવસનતંત્રોમાં કરી શકાય છે.
- દરિયાઈ માછલીઓને પકડવા માટે પ્રતિધ્વનિ ધ્વનિત્ર (echo-sounders) અને ઉપગ્રહ દ્વારા નિર્દેશિત માછલી પકડવાને માટે જાળમાં ઉપયોગ કરાય છે.
- મિશ્ર મત્સ્ય-સંવર્ધન તંત્રમાં સામાન્ય રીતે મત્સ્યઉછેર માટે અપનાવાય છે.
- મધમાખી-ઉછેર, મધ અને મીણને પ્રાપ્ત કરવા માટે કરાય છે.

સ્વાધ્યાય (Exercise)

1. પાક-ઉત્પાદનની એક રીતનું વર્ણન કરો જેમાં વધારે ઉત્પાદન પ્રાપ્ત થઈ શકતું હોય.
2. ખેતરોમાં જૈવિક ખાતર અને ખાતરનો ઉપયોગ શા માટે કરાય છે ?
3. આંતર પાક કે આંતર ખેડ અને પાકની ફેરબદલીથી શો લાભ થાય છે ?
4. જનીનિક ફેરબદલી શું છે ? ખેતીમાં વપરાતી પ્રણાલીઓમાં તે કેવી રીતે ઉપયોગી છે ?

5. ભંડારગૃહો (ગોદામો)માં અનાજને નુકસાન કેવી રીતે થાય છે ?
6. ખેડૂતો માટે પશુપાલન પ્રણાલીઓ કેવી રીતે લાભદાયક છે ?
7. પશુપાલનથી શું લાભ થાય છે ?
8. ઉત્પાદન વધારવા માટે મરઘાપાલન, મત્સ્યઉછેર અને મધમાખી-ઉછેરમાં શું સમાનતાઓ છે ?
9. પ્રગ્રહણ મત્સ્યઉછેર, મેરિકલ્ચર (દરિયાઈ મત્સ્યઉછેર) અને જલસંવર્ધનમાં શું તફાવત છે ?

જવાબો

પ્રકરણ 3

4. (a) $MgCl_2$
   (b) CaO
   (c) $Cu\ (NO_3)_2$
   (d) $AlCl_3$
   (e) $CaCO_3$
5. (a) કેલ્શિયમ, ઑક્સિજન
   (b) હાઇડ્રોજન, બ્રોમિન
   (c) સોડિયમ, હાઇડ્રોજન, કાર્બન અને ઑક્સિજન
   (d) પોટૅશિયમ, સલ્ફર અને ઑક્સિજન
6. (a) 26 g
   (b) 256 g
   (c) 124 g
   (d) 36.5 g
   (e) 63 g
7. (a) 14 g
   (b) 108 g
   (c) 1260 g
8. (a) 0.375 મૉલ
   (b) 1.11 મૉલ
   (c) 0.5 મૉલ
9. (a) 3.2 g
   (b) 9.0 g
10. 3.76×10^{22} અણુઓ
11. 6.022×10^{20} આયનો

પ્રકરણ 4

10. 80.006
11. ${}^{16}_{8}\times = 90\ \%$, ${}^{18}_{8}\times = 10\ \%$
12. સંયોજકતા = 1, તત્ત્વનું નામ લિથિયમ છે.
13. Xનો દળાંક =12, Y=14, સંબંધ સમસ્થાનિક છે.

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.

પરમાણ્વીય-ક્રમાંક	દળાંક	ન્યૂટ્રૉનની સંખ્યા	પ્રોટૉનની સંખ્યા	ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા	પરમાણ્વીય સ્પીસિઝના નામ
9	19	10	9	9	ફ્લોરિન
16	32	16	16	16	સલ્ફર
12	24	12	12	12	મૅગ્નેશિયમ
01	2	01	1	01	ડ્યુટેરિયમ
01	1	0	1	0	પ્રોટિયમ

પ્રકરણ 8

1. (a) અંતર = 2200 m; સ્થાનાંતર = 200 m
2. (a) સરેરાશ ઝડપ = સરેરાશ વેગ = 2.00 $m\ s^{-1}$
   (b) સરેરાશ ઝડપ = 1.90 $m\ s^{-1}$; સરેરાશ વેગ = 0.952 $m\ s^{-1}$
3. સરેરાશ ઝડપ = 24 $km\ h^{-1}$
4. કાપેલ અંતર = 96 m
7. વેગ = 20 $m\ s^{-1}$; સમય = 2 s
10. ઝડપ = 3.07 $km\ s^{-1}$

પ્રકરણ 9

4. c
5. 14000 N
6. – 4 N
7. (a) 35000 N
   (b) 1.944 $m\ s^{-2}$
   (c) 15556 N
8. 2550 N વાહનની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં
9. d
10. 200 N
11. 0 $m\ s^{-1}$
13. 3 $kg\ m\ s^{-1}$
14. 2.25 m; 50 N
15. 10 $kg\ m\ s^{-1}$; 10 $kg\ m\ s^{-1}$; 5/3 $m\ s^{-1}$
16. 500 $kg\ m\ s^{-1}$; 800 $kg\ m\ s^{-1}$; 50 N
18. 40 $kg\ m\ s^{-1}$

A2. 240 N
A3. 2500 N
A4. 5 $m\ s^{-2}$; 2400 $kg\ m\ s^{-1}$; 6000 N

પ્રકરણ 10

3. 9.8 N
12. પૃથ્વી પરનું વજન 98 N અને ચંદ્ર પર 16.3 N
13. મહત્તમ ઊંચાઈ 122.5 m અને કુલ સમય 5 s + 5 s = 10 s છે.
14. 19.6 m/s
15. મહત્તમ ઊંચાઈ = 80 m, ચોખ્ખું સ્થાનાંતર = 0, કાપેલ કુલ અંતર = 160 m
16. ગુરુત્વાકર્ષી બળ = 3.56×10^{22} N
17. 4 s, ટોચ પરથી 80 m
18. પ્રારંભિક વેગ = 29.4 m s^{-1}, ઊંચાઈ = 44.1 m. 4 s બાદ ટોચથી દડાનું અંતર 4.9 m અને તળિયેથી 39.2 m હશે.
21. પદાર્થ ડૂબી જશે.
22. પૅકેટ ડૂબી જશે. વિસ્થાપિત પાણીનું દળ 350 g હશે.

પ્રકરણ 11

2. શૂન્ય
4. 210 J
5. શૂન્ય
9. 9×10^8 J
10. 2000 J, 1000 J
11. શૂન્ય
14. 15 kWh (યુનિટ)
17. 208333.3 J
18. (i) શૂન્ય
    (ii) ધન
    (iii) ઋણ
20. 20 kWh

પ્રકરણ 12

7. 17.2 m, 0.0172 m
8. 18.55
9. 6000
13. 11.47 s
14. 22,600 Hz
20. 1450 ms^{-1}