રસાયણવિજ્ઞાન

ભાગ II

ધોરણ XI

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.

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

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

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

અનુવાદ

ડૉ. આઇ. એમ. ભટ્ટ
ડૉ. મયૂર સી. શાહ

સમીક્ષા

પ્રો. જાબાલી જે. વોરા
ડૉ. દશરથ પી. પટેલ
ડૉ. દેવાંગ આર. પંડ્યા
શ્રી સી. આઇ. પટેલ
શ્રી મુકેશ બી. પટેલ
શ્રી કિરણ કે. પુરોહિત
શ્રી શેખર બી. ગોર
શ્રી નિરવ એન. શાહ
શ્રી મિતેષ એચ. પંચોલી

ભાષાશુદ્ધિ

શ્રી મનીષ કે. પંચાલ

સંયોજન

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

નિર્માણ-સંયોજન

શ્રી આશિષ એચ. બોરીસાગર
(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. 25/10/2017ના ઠરાવ ક્રમાંક મશભ/1217/1036/છ થી શાળા કક્ષાએ NCERTના પાઠ્યપુસ્તકોનો સીધો જ અમલ કરવાનો નિર્ણય કરવામાં આવ્યો. તેને અનુલક્ષીને NCERT, નવી દિલ્હી દ્વારા પ્રકાશિત **ધોરણ XIના રસાયણવિજ્ઞાન (ભાગ II)** 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 પહેલા આ પાઠ્યપુસ્તકની મંજૂરી માટે એક સ્ટેટ લેવલની કમિટીની રચના કરવામાં આવી. આ કમિટીની સાથે NCERTના પ્રતિનિધિ તરીકે RIE, ભોપાલથી ઉપસ્થિત રહેલા નિષ્ણાતોની સાથે એક ત્રિદિવસીય કાર્યશિબિરનું આયોજન કરવામાં આવ્યું અને પાઠ્યપુસ્તકને અંતિમ સ્વરૂપ આપવામાં આવ્યું. જેમાં, ડૉ. એસ. કે. મકવાણા (RIE, ભોપાલ), ડૉ. કલ્પના મસ્કી (RIE, ભોપાલ), ડૉ. આઇ. એમ. ભટ્ટ, પ્રો.(ડૉ.) જાબાલી જે. વોરા, શ્રી સી. આઇ. પટેલ અને શ્રી શેખર બી. ગોરે ઉપસ્થિત રહી પોતાના કીમતી સૂચનો અને માર્ગદર્શન પૂરા પાડ્યા છે.

પ્રસ્તુત પાઠ્યપુસ્તકને રસપ્રદ, ઉપયોગી અને ક્ષતિરહિત બનાવવા માટે માન. અગ્રસચિવશ્રી (શિક્ષણ) દ્વારા અંગત રસ લઈને જરૂરી માર્ગદર્શન આપવામાં આવ્યું છે. મંડળ દ્વારા પૂરતી કાળજી લેવામાં આવી છે, તેમ છતાં શિક્ષણમાં રસ ધરાવનાર વ્યક્તિઓ પાસેથી ગુણવત્તા વધારે તેવાં સૂચનો આવકાર્ય છે.

NCERT, નવી દિલ્હીના સહકાર બદલ તેમના આભારી છીએ.

ડૉ. એમ. આઇ. જોષી	**ડૉ. નીતિન પેથાણી**
નિયામક	કાર્યવાહક પ્રમુખ
તા. 26-10-2017	ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2018

પ્રકાશક : ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર વતી, ડૉ. એમ. આઇ. જોષી, 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 calender 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 committee responsible for this book. We wish to thank the Chairperson of the advisory group in science and mathematics, Professor J.V. Narlikar and the Chief Advisor for this book, Professor B. L. Khandelwal for guiding the work of this committee. Several teachers contributed to the development of this textbook; we are grateful to 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 Chairpersonship 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

Chairperson, Advisory Group for Textbooks in Science and Mathematics

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

Chief Advisor

B.L. Khandelwal, *Professor (Retd.)*, *Emeritus Scientist*, CSIR; *Emeritus Fellow,* AICTE and formerly *Chairman*, Department of Chemistry, Indian Institute of Technology, New Delhi

Members

A. S. Brar, *Professor,* Indian Institute of Technology, Delhi

Anjni Koul, *Lecturer,* DESM, NCERT, New Delhi

H.O. Gupta, *Professor,* DESM, NCERT, New Delhi

I.P. Aggarwal, Professor, Regional Institute of Education, NCERT, Bhopal

Jaishree Sharma, *Professor,* DESM, NCERT, New Delhi

M. Chandra, *Professor,* DESM, NCERT, New Delhi

Poonam Sawhney, *PGT* (Chemistry), Kendriya Vidyalaya, Vikas Puri, New Delhi

R.K. Parashar, *Lecturer,* DESM NCERT, New Delhi

S.K. Dogra, *Professor*, Dr. B.R. Ambedkar Centre for Biomedical Research Delhi University, Delhi

S.K. Gupta, *Reader,* School of Studies in Chemistry, Jiwaji University, Gwalior

Sadhna Bhargava, *PGT* (Chemistry), Sardar Patel Vidyalaya, Lodhi Estate, New Delhi

Shubha Keshwan, *Headmistress,* Demonstration School, Regional Institute of Education, NCERT, Mysore

Sukhvir Singh, *Reader,* DESM, NCERT, New Delhi

Sunita Malhotra, *Professor,* School of Sciences, IGNOU, Maidan Garhi, New Delhi

V.K. Verma, *Professor* (Retd.) Institute of Technology, Banaras Hindu University, Varanasi

V.P. Gupta, *Reader,* Regional Institute of Education, NCERT, Bhopal

Member-Coordinator

Alka Mehrotra, *Reader,* DESM, NCERT, New Delhi

ACKNOWLEDGEMENTS

The National Council of Educational Research and Training acknowledges the valuable contributions of the individuals and organisations involved in the development of Chemistry textbook for Class XI. It also acknowledges that some useful material from the reprint editions (2005) of Chemistry textbooks has been utilised in the development of the present textbook. The following academics contributed very effectively for editing, reviewing, refining and finalisation of the manuscript of this book: G.T. Bhandage, *Professor*, RIE, Mysore; N. Ram, *Professor*, IIT, New Delhi; R. Sindhu, *Reader*, RIE (NCERT), Bhopal; Sanjeev Kumar, *Reader,* Desh Bandhu College, Kalkaji, New Delhi; Shampa Bhattacharya, *Reader*, Hans Raj College, Delhi; Vijay Sarda, *Reader*, Zakir Husain College, New Delhi. K.K. Arora, *Reader,* Zakir Husain College, New Delhi; Shashi Saxena, *Reader*, Hans Raj College, Delhi; Anuradha Sen, Apeejay School, Sheikh Sarai, New Delhi; C.Shrinivas, *PGT,* Kendriya Vidyalaya, Pushp Vihar, New Delhi; D.L. Bharti, *PGT*, Ramjas School, Sector IV, R.K. Puram, New Delhi; Ila Sharma, *PGT*, Delhi Public School, Dwarka, Sector-B, New Delhi; Raj Lakshmi Karthikeyan, *Head* (Science), Mothers' International School, Sri Aurobindo Marg, New Delhi; Sushma Kiran Setia, *Principal*, Sarvodaya Kanya Vidyalaya, Hari Nagar (CT), New Delhi; Nidhi Chaudray, *PGT*, CRPF Public School, Rohini, Delhi; and Veena Suri, *PGT*, Bluebells School, Kailash, New Delhi. We are thankful to them.

Special thanks are due to M. Chandra, *Professor and Head*, DESM, NCERT for her support.

The Council also gratefully acknowledges the contribution of Surendra Kumar, *DTP Operator*; Subhash Saluja, Ramendra Kumar Sharma and Abhimanyu Mohanty*, Proof Readers;* Bhavna Saxena, *Copy Editor* and Deepak Kapoor, *Incharge,* Computer Station, in shaping this book. The contributions of the Publication Department in bringing out this book are also duly acknowledged.

રસાયણવિજ્ઞાન ભાગ Iની અનુક્રમણિકા

એકમ 1	રસાયણવિજ્ઞાનની કેટલીક પાયાની સંકલ્પનાઓ	1
એકમ 2	પરમાણુનું બંધારણ	26
એકમ 3	તત્ત્વોનું વર્ગીકરણ અને ગુણધર્મોમાં આવર્તિતા	70
એકમ 4	રાસાયણિક બંધન અને આણ્વીય રચના	96
એકમ 5	દ્રવ્યની અવસ્થાઓ	132
એકમ 6	ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર	155
એકમ 7	સંતુલન	186
	પરિશિષ્ટ	232
	જવાબો	246
	પારિભાષિક શબ્દો	251

અનુક્રમણિકા

	Foreword		**iii**
એકમ 8	**રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ**		**255**
	8.1	રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓનો ચિરસંમત ખ્યાલ – ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન પ્રક્રિયાઓ	255
	8.2	ઇલેક્ટ્રોન વિનિમય પ્રક્રિયાઓના સ્વરૂપમાં રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ	257
	8.3	ઑક્સિડેશન આંક	259
	8.4	રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ અને વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રમ	269
એકમ 9	**હાઇડ્રોજન**		**276**
	9.1	આવર્તકોષ્ટકમાં હાઇડ્રોજનનું સ્થાન	276
	9.2	ડાયહાઇડ્રોજન, H_2	277
	9.3	ડાયહાઇડ્રોજનની બનાવટ, H_2	278
	9.4	ડાયહાઇડ્રોજનના ગુણધર્મો	278
	9.5	હાઇડ્રાઇડ	280
	9.6	પાણી	281
	9.7	હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ (H_2O_2)	285
	9.8	ભારે પાણી, D_2O	286
	9.9	ઇંધણ તરીકે ડાયહાઇડ્રોજન	286
એકમ 10	***s*-વિભાગના તત્ત્વો**		**291**
	10.1	સમૂહ 1ના તત્ત્વો : આલ્કલી ધાતુઓ	292
	10.2	આલ્કલી ધાતુઓના સંયોજનોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓ	295
	10.3	લિથિયમના અનિયમિત ગુણધર્મો	296
	10.4	સોડિયમના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો	296
	10.5	સોડિયમ અને પોટેશિયમનું જૈવિક અગત્ય	298
	10.6	સમૂહ 2ના તત્ત્વો : આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ	298
	10.7	આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓના સંયોજનોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓ	301
	10.8	બેરિલિયમની અનિયમિત વર્તણૂક	302
	10.9	કૅલ્શિયમના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો	302
	10.10	મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમનું જૈવિક અગત્ય	304
એકમ 11	***p*-વિભાગના તત્ત્વો**		**307**
	11.1	સમૂહ 13ના તત્ત્વો : બોરોન પરિવાર	309
	11.2	બોરોનના અગત્યના વલણો અને અનિયમિત ગુણધર્મો	312
	11.3	બોરોનના અગત્યના કેટલાક સંયોજનો	312
	11.4	બોરોન અને એલ્યુમિનિયમ તથા તેઓના સંયોજનોના ઉપયોગો	314

	11.5	સમૂહ 14ના તત્ત્વો : કાર્બન પરિવાર	314
	11.6	કાર્બનના અગત્યના વલણો અને અનિયમિત વર્તણૂક	317
	11.7	કાર્બનના અપરરૂપો	317
	11.8	કાર્બન અને સિલિકોનના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો	319
એકમ 12	**કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન – કેટલાક પાયાના સિદ્ધાંતો અને પદ્ધતિઓ**		**326**
	12.1	સામાન્ય પ્રસ્તાવના	326
	12.2	કાર્બનની ચતુર્સંયોજકતા : કાર્બનિક સંયોજનોના આકાર	327
	12.3	કાર્બનિક સંયોજનોનું બંધારણીય નિરૂપણ	328
	12.4	કાર્બનિક સંયોજનોનું વર્ગીકરણ	331
	12.5	કાર્બનિક સંયોજનોનું નામકરણ	332
	12.6	સમઘટકતા	340
	12.7	કાર્બનિક પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિમાં મૂળભૂત સંકલ્પનાઓ	341
	12.8	કાર્બનિક સંયોજનોના શુદ્ધીકરણની પદ્ધતિઓ	348
	12.9	કાર્બનિક સંયોજનોનું ગુણાત્મક પૃથક્કરણ	354
	12.10	જથ્થાત્મક પૃથક્કરણ	355
એકમ 13	**હાઇડ્રોકાર્બન**		**365**
	13.1	વર્ગીકરણ	365
	13.2	આલ્કેન	366
	13.3	આલ્કીન	376
	13.4	આલ્કાઈન	384
	13.5	ઍરોમૅટિક હાઇડ્રૉકાર્બન	388
	13.6	કૅન્સરજન્યતા અને વિષાલુતા	395
એકમ 14	**પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન**		**398**
	14.1	પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ	398
	14.2	વાતાવરણીય પ્રદૂષણ	399
	14.3	જળ પ્રદૂષણ	406
	14.4	જમીનનું પ્રદૂષણ	408
	14.5	ઔદ્યોગિક કચરો	409
	14.6	પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ-નિયંત્રણના પગલાં	410
	14.7	હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન	410
	જવાબો		**414**
	પારિભાષિક શબ્દો		**418**

એકમ 8

રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ (Redox Reactions)

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓને એક વર્ગ તરીકે ઓળખી શકશો કે જેમાં ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન પ્રક્રિયાઓ એકસાથે થાય છે.
- ઑક્સિડેશન, રિડક્શન, ઑક્સિડેશનકર્તા (ઑક્સિડન્ટ), રિડક્શનકર્તા (રિડક્ટન્ટ) શબ્દોને વ્યાખ્યાયિત કરી શકશો.
- રેડોક્ષ પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિને ઇલેક્ટ્રૉન વિનિમય પ્રક્રિયા દ્વારા સમજાવી શકશો.
- ઑક્સિડેશન આંકની સંકલ્પનાનો ઉપયોગ કરી પ્રક્રિયામાં રહેલા ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તાને ઓળખી શકશો.
- રેડોક્ષ પ્રક્રિયાને સંયોગીકરણ પ્રક્રિયા (સંશ્લેષણ), વિઘટન પ્રક્રિયા, વિસ્થાપન પ્રક્રિયા અને વિષમીકરણ પ્રક્રિયામાં વર્ગીકૃત કરી શકશો.
- વિભિન્ન રિડક્શનકર્તા અને ઑક્સિડેશનકર્તાઓના સાપેક્ષ ક્રમ સૂચવી શકશો.
- (i) ઑક્સિડેશન આંક (ii) અર્ધપ્રક્રિયા પદ્ધતિ દ્વારા રાસાયણિક સમીકરણોને સમતોલિત કરી શકશો.
- રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓની સંકલ્પના વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રિયા સ્વરૂપે શીખી શકશો.

જ્યાં ઑક્સિડેશન છે ત્યાં હંમેશાં રિડક્શન હોય છે,
રસાયણવિજ્ઞાન રેડોક્ષ પ્રણાલીના અભ્યાસનું વિજ્ઞાન છે.

વિભિન્ન પદાર્થોના અભ્યાસને અને એક પદાર્થના બીજા પદાર્થમાં રૂપાંતરણના અભ્યાસને રસાયણવિજ્ઞાન કહે છે. આ રૂપાંતરણ વિવિધ પ્રક્રિયાઓ દ્વારા થાય છે. **રેડોક્ષ પ્રક્રિયા**ઓ આવી પ્રક્રિયાઓનો મહત્ત્વનો વર્ગ છે. અનેક ભૌતિક અને જૈવિક પરિઘટનાઓ (phenomena) રેડોક્ષ પ્રક્રિયા સાથે સંબંધિત છે. આ પ્રક્રિયાઓનો વ્યાપક રીતે ઔષધવિજ્ઞાનમાં, જીવવિજ્ઞાનમાં, ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે, ધાતુકર્મવિજ્ઞાનમાં અને કૃષિવિજ્ઞાનમાં ઉપયોગ થાય છે. તેનું મહત્ત્વ તે વાતથી સ્પષ્ટ છે કે તેમનો ઉપયોગ નીચેના ક્ષેત્રોની રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓમાં જેવી કે ઘરેલુ, પરિવહન તથા વ્યાવસાયિક ક્ષેત્રોમાં અનેક પ્રકારના ઇંધણના દહનથી ઊર્જા પ્રાપ્ત કરવા માટે, અતિક્રિયાશીલ ધાતુઓ અને અધાતુઓના નિષ્કર્ષણ માટે વિદ્યુત-રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં, કોસ્ટિક સોડા જેવા રસાયણોના ઉત્પાદનમાં, શુષ્ક અને ભીની બૅટરીને કાર્યરત કરવામાં, ધાતુ ક્ષારણમાં થાય છે. હાલમાં **હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા** (ઇંધણ તરીકે પ્રવાહી હાઇડ્રોજનનો ઉપયોગ) અને **'ઓઝોન સ્તરમાં ગાબડું'** વગેરે જેવા પર્યાવરણના વિષયોમાં પણ રેડોક્ષ પ્રક્રિયા જોવા મળે છે.

8.1 રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓનો ચિરસંમત ખ્યાલ – ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન પ્રક્રિયાઓ (Classical Idea of Redox Reactions - Oxidation and Reduction Reactions)

મૂળ રીતે, તત્ત્વ કે સંયોજનમાં ઑક્સિજનના ઉમેરણને વર્ણવવા માટે **ઑક્સિડેશન** શબ્દ વપરાતો હતો. વાતાવરણમાં ડાયઑક્સિજનની (~20 %) હાજરીને કારણે તેની સાથે ઘણા તત્ત્વો જોડાય છે અને આ જ કારણે પૃથ્વી પર તત્ત્વ સામાન્ય રીતે તેમના ઑક્સાઇડ સ્વરૂપે જ પ્રાપ્ત થાય છે. ઑક્સિડેશનની આ મર્યાદિત વ્યાખ્યા મુજબ ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાને નીચે દર્શાવેલા સમીકરણ દ્વારા રજૂ કરી શકાય છે :

$$2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s) \quad (8.1)$$

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) \quad (8.2)$$

પ્રક્રિયાઓ (8.1) અને (8.2)માં મૅગ્નેશિયમ અને સલ્ફર તત્ત્વો ઑક્સિજનના ઉમેરાવાના કારણે ઑક્સિડેશન પામે છે. તેવી જ રીતે મિથેન પણ પોતાનામાં ઑક્સિજન ઉમેરાવાના કારણે ઑક્સિડેશન પામે છે.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad (8.3)$$

જો પ્રક્રિયા (8.3)નું ધ્યાનપૂર્વક અવલોકન કરવામાં આવે તો મિથેનમાં હાઇડ્રોજનનું સ્થાન ઑક્સિજન દ્વારા લેવાયું છે. જેથી રસાયણવિજ્ઞાનીઓને પ્રેરણા મળી કે હાઇડ્રોજન દૂર થવાની પ્રક્રિયાને ઑક્સિડેશન કહી શકાય. આ રીતે ઑક્સિડેશન શબ્દને વિસ્તૃત રીતે પદાર્થમાંથી હાઇડ્રોજન દૂર થવાની ક્રિયાને ઑક્સિડેશન કહેવામાં આવ્યું. નીચે દર્શાવેલા ઉદાહરણમાં હાઇડ્રોજન દૂર થઈને ઑક્સિડેશન થતું હોય તેવી પ્રક્રિયા છે :

$$2H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow 2S(s) + 2H_2O(l) \quad (8.4)$$

રસાયણવિજ્ઞાનીઓના જ્ઞાનમાં જેમજેમ વૃદ્ધિ થતી ગઈ તેમતેમ એવી પ્રક્રિયાઓ જેમાં (8.1) થી (8.4)ની જેમ ઑક્સિજન સિવાય અન્ય વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વોનો સમાવેશ થતો હોય તેને ઑક્સિડેશન કહેવા લાગ્યા. મૅગ્નેશિયમનું ફ્લોરિન, ક્લોરિન અને સલ્ફર દ્વારા થતું ઑક્સિડેશન નીચેની પ્રક્રિયાઓમાં દર્શાવેલું છે :

$$Mg(s) + F_2(g) \rightarrow MgF_2(s) \quad (8.5)$$

$$Mg(s) + Cl_2(g) \rightarrow MgCl_2(s) \quad (8.6)$$

$$Mg(s) + S(s) \rightarrow MgS(s) \quad (8.7)$$

ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાઓના સમૂહમાં ઉપરોક્ત પ્રક્રિયાઓને (8.5 થી 8.7) સમાવતા રસાયણવિજ્ઞાનીઓને ઑક્સિડેશન માટે માત્ર હાઇડ્રોજન દૂર થવું એટલું જ નહિ, પરંતુ કોઈ પણ વિદ્યુતધનમય તત્ત્વ દૂર થવાને ઑક્સિડેશન કહેવા માટેનું પ્રોત્સાહન મળ્યું. આમ, આ પ્રક્રિયામાં,

$$2K_4[Fe(CN)_6](aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow 2K_3[Fe(CN)_6](aq) + 2KOH(aq)$$

પોટેશિયમ ફેરીસાયનાઇડમાં રૂપાંતર પામે તે પહેલા પોટેશિયમ ફેરોસાયનાઇડમાંથી પોટેશિયમ દૂર થવાની પ્રક્રિયાને ઑક્સિડેશન કહે છે. ટૂંકમાં **ઑક્સિડેશન** શબ્દને તે મુજબ વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવ્યો કે **કોઈ પદાર્થમાં ઑક્સિજન/વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વના ઉમેરાવાની અથવા હાઇડ્રોજન / વિદ્યુતધનમય તત્ત્વના દૂર થવાની પ્રક્રિયાને ઑક્સિડેશન કહે છે.**

શરૂઆતમાં સંયોજનમાંથી ઑક્સિજનના દૂર થવાની પ્રક્રિયાને **રિડક્શન** તરીકે ગણવામાં આવતી હતી, **પરંતુ હાલમાં રિડક્શન શબ્દને વિસ્તૃત રીતે પદાર્થમાંથી ઑક્સિજન/વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વના દૂર થવાની અથવા હાઇડ્રોજન/વિદ્યુતધનમય તત્ત્વના ઉમેરાવાની પ્રક્રિયાને રિડક્શન કહે છે.**

ઉપર જણાવેલ વ્યાખ્યા અનુસાર નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ રિડક્શન પ્રક્રિયાઓના ઉદાહરણ છે :

$$2HgO(s) \xrightarrow{\Delta} 2Hg(l) + O_2(g) \quad (8.8)$$

(મરક્યુરિક ઑક્સાઇડમાંથી ઑક્સિજનનું દૂર થવું)

$$2FeCl_3(aq) + H_2(g) \rightarrow 2FeCl_2(aq) + 2HCl(aq) \quad (8.9)$$

(ફેરિક ક્લોરાઇડમાંથી વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વ ક્લોરિનનું દૂર થવું.)

$$CH_2 = CH_2(g) + H_2(g) \rightarrow H_3C - CH_3(g) \quad (8.10)$$

(હાઇડ્રોજનનું ઉમેરણ)

$$2\ HgCl_2(aq) + SnCl_2(aq) \rightarrow Hg_2Cl_2(s) + SnCl_4(aq) \quad (8.11)$$

(મરક્યુરિક ક્લોરાઇડમાં મરક્યુરિનું ઉમેરણ)

પ્રક્રિયા (8.11)માં સાથેસાથે સ્ટેનસ ક્લોરાઇડમાં વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વ ક્લોરિનના ઉમેરણના કારણે તેનું ઑક્સિડેશન થઈ સ્ટેનિક ક્લોરાઇડ પણ બને છે. આ પરથી આપણને તરત જ ખ્યાલ આવે છે કે ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન પ્રક્રિયાઓ હંમેશાં એક સાથે જ થાય છે (આ બાબત તમે ઉપર જણાવેલી બધી પ્રક્રિયાઓના પુનઃઅભ્યાસ કરવાથી જોઈ શકશો.) આથી આવી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ માટે **'રેડોક્ષ'** શબ્દ આપવામાં આવ્યો છે.

કોયડો 8.1

નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓમાં તમે ઓળખી બતાવો કે કોનું ઑક્સિડેશન થાય છે અને કોનું રિડક્શન થાય છે.

(i) $H_2S(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g) + S(s)$

(ii) $3Fe_3O_4(s) + 8Al(s) \rightarrow 9Fe(s) + 4Al_2O_3(s)$

(iii) $2Na(s) + H_2(g) \rightarrow 2NaH(s)$

ઉકેલ :

(i) H_2Sનું ઑક્સિડેશન થાય છે કારણ કે વધુ વિદ્યુતઋણમય ક્લોરિન પરમાણુ હાઇડ્રોજનમાં ઉમેરાય છે (અથવા S પાસેથી વધુ વિદ્યુતધનમય હાઇડ્રોજન પરમાણુ દૂર થાય છે) ક્લોરિનમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુ ઉમેરાવાના કારણે ક્લોરિનનું રિડક્શન થાય છે.

(ii) એલ્યુમિનિયમનું ઑક્સિડેશન થાય છે કારણ કે ઑક્સિજન પરમાણુ તેમાં ઉમેરાય છે. ફેરસફેરિક ઑક્સાઇડ

(Fe_3O_4)નું રિડક્શન થાય છે કારણ કે તેમાંથી ઑક્સિજન દૂર થાય છે.

(iii) માત્ર વિદ્યુતઋણતાની સંકલ્પનાના કાળજીપૂર્વકના ઉપયોગથી આપણે તારણ કાઢી શકીએ કે સોડિયમનું ઑક્સિડેશન અને હાઇડ્રોજનનું રિડક્શન થાય છે.

રેડોક્ષ પ્રક્રિયાને અલગ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરવા માટે પ્રક્રિયા (iii)ને અહીં પસંદ કરવામાં આવી છે.

8.2 ઇલેક્ટ્રોન વિનિમય પ્રક્રિયાઓના સ્વરૂપમાં રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ (Redox Reactions in Terms of Electron Transfer Reactions)

આપણે શીખ્યા તે મુજબ નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ છે.

$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$ (8.12)

$2Na(s) + O_2(g) \rightarrow Na_2O(s)$ (8.13)

$2Na(s) + S(s) \rightarrow Na_2S(s)$ (8.14)

કારણ કે બધી પ્રક્રિયાઓમાં સોડિયમ પરમાણુ સાથે ઑક્સિજન અથવા વધુ વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વ ઉમેરાય છે તેથી સોડિયમનું ઑક્સિડેશન થાય છે. સાથે સાથે ક્લોરિન, ઑક્સિજન અને સલ્ફર સાથે વિદ્યુતધનમય તત્ત્વ સોડિયમ ઉમેરાવાથી તેમનું રિડક્શન થાય છે. આપણે રાસાયણિક બંધનના જ્ઞાનના આધારે જાણીએ છીએ કે સોડિયમ ક્લોરાઇડ, સોડિયમ ઑક્સાઇડ અને સોડિયમ સલ્ફાઇડ આયનીય સંયોજનો છે. તેઓને વધુ સ્પષ્ટ રીતે $Na^+Cl^-(s)$, $(Na^+)_2 O^{2-}(s)$ અને $(Na^+)_2 S^{2-}(s)$ સ્વરૂપે લખી શકાય છે. સ્પીસિઝ પર વીજભાર ઉત્પન્ન થવાના કારણે પ્રક્રિયાઓ (8.12 થી 8.14)ને પુનઃ નીચે મુજબ લખી શકાય :

2e⁻ ગુમાવે છે.

$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2Na^+Cl^-(s)$

2e⁻ મેળવે છે.

2e⁻ ગુમાવે છે.

$2Na(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow (Na^+)_2O^{2-}(s)$

2e⁻ મેળવે છે.

2e⁻ ગુમાવે છે.

$2Na(s) + S(s) \rightarrow (Na^+)_2 S^{2-}(s)$

2e⁻ મેળવે છે.

અનુકૂળતા માટે ઉપરોક્ત પ્રક્રિયાઓને બે જુદા તબક્કાઓમાં લખી શકાય છે. એકમાં ઇલેક્ટ્રૉનનું દૂર થવું અને બીજામાં ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્તિ હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે સોડિયમ ક્લોરાઇડની બનાવટ પ્રક્રિયાને વિસ્તૃત રીતે આ પ્રમાણે લખી શકાય છે :

$2Na(s) \rightarrow 2Na^+(g) + 2e^-$

$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(g)$

ઉપરોક્ત બધા તબક્કાઓને અર્ધપ્રક્રિયા કહે છે. જેમાં ઇલેક્ટ્રૉન સમાવિષ્ટ થયેલા જણાય છે. બે અર્ધપ્રક્રિયાઓનો સરવાળો એકંદર પ્રક્રિયા આપે છે.

$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2Na^+ Cl^-(s)$ અથવા $2NaCl(s)$

પ્રક્રિયાઓ 8.12 થી 8.14 સૂચવે છે કે **ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવનાર અર્ધપ્રક્રિયાને ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયા અને તેવી જ રીતે ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્ત કરનાર અર્ધપ્રક્રિયાને રિડક્શન પ્રક્રિયા કહે છે.** અત્રે તે જણાવવું અસ્થાને નહિ ગણાય કે ચિરસંમત ખ્યાલ મુજબ સ્પીસિઝની વર્તણૂક અને તેઓના ઇલેક્ટ્રૉન વિનિમય ફેરફાર વચ્ચેના સહસંબંધ દ્વારા ઑક્સિડેશન અને રિડક્શનની નવી વ્યાખ્યા પ્રાપ્ત થઈ છે. પ્રક્રિયાઓ (8.12 થી 8.14)માં સોડિયમ જેનું ઑક્સિડેશન થાય છે તે **રિડક્શનકર્તા** તરીકે વર્તે છે, કારણ કે તે તેના સંપર્કમાં આવતા દરેક પરમાણુને ઇલેક્ટ્રૉનનું દાન કરે છે અને તેમનું રિડક્શન કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. ક્લોરિન, ઑક્સિજન અને સલ્ફર રિડક્શન પામે છે અને ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે, કારણ કે તેઓ સોડિયમ તરફથી મળતા ઇલેક્ટ્રૉનને સ્વીકારે છે. ટૂંકમાં આપણે નીચે મુજબ કહી શકીએ :

ઑક્સિડેશન : કોઈ સ્પીસિઝ દ્વારા ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવવા

રિડક્શન : કોઈ સ્પીસિઝ દ્વારા ઇલેક્ટ્રૉન મેળવવા

ઑક્સિડેશનકર્તા : ઇલેક્ટ્રૉનગ્રાહી

રિડક્શનકર્તા : ઇલેક્ટ્રૉનદાતા

કોયડો 8.2

નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાનું વાજબીપણું જણાવો :

$2Na(s) + H_2(g) \rightarrow 2NaH(s)$ રેડોક્ષ ફેરફાર છે.

ઉકેલ :

ઉપરની પ્રક્રિયામાં બનતી નીપજ આયનીય સંયોજન છે, જેને $Na^+H^-(s)$ વડે દર્શાવી શકાય છે. જે સૂચવે છે કે આ પ્રક્રિયામાં થતી એક અર્ધપ્રક્રિયા

$2Na(s) \rightarrow 2Na^+(g) + 2e^-$

અને બીજી અર્ધપ્રક્રિયા

$H_2(g) + 2e^- \rightarrow 2H^-(g)$ છે.

આપેલી પ્રક્રિયાનું બે અર્ધપ્રક્રિયામાં થતું વિભાજન સૂચવે છે કે સોડિયમનું ઑક્સિડેશન અને હાઇડ્રોજનનું રિડક્શન થાય છે. તેથી સંપૂર્ણ પ્રક્રિયાને રેડોક્ષ ફેરફાર કહે છે.

8.2.1 સ્પર્ધાત્મક ઇલેક્ટ્રૉન વિનિમય પ્રક્રિયાઓ (Competitive Electron Transfer Reactions)

આકૃતિ 8.1માં દર્શાવ્યા મુજબ કૉપર નાઇટ્રેટના જલીય દ્રાવણમાં ઝિંક ધાતુના સળિયાને (પટ્ટી) આશરે એક કલાક માટે મૂકી રાખો. તેનું અવલોકન કરતા જોવા મળશે કે ઝિંક ધાતુના સળિયા પર લાલાશ પડતી કૉપર ધાતુનું સ્તર ચઢેલ છે અને દ્રાવણનો વાદળી રંગ દૂર થયેલો છે. જ્યારે Cu^{2+}ના કારણે વાદળી રંગ ધરાવતું દ્રાવણ રંગવિહીન બને છે ત્યારે તેમાં Zn^{2+} આયન બન્યાની ખાતરી આપે છે. જો Zn^{2+} વાળા રંગવિહીન દ્રાવણમાં હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ વાયુને પસાર કરવામાં આવે તો તેમાં બનતો સફેદ રંગનો ઝિંક સલ્ફાઇડ (ZnS) તે દ્રાવણને એમોનિયા દ્વારા આલ્કલાઇન બનાવવાથી જોવા મળે છે.

ઝિંક ધાતુ અને કૉપર નાઇટ્રેટના જલીય દ્રાવણ વચ્ચે થતી પ્રક્રિયા :

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (8.15)$$

પ્રક્રિયા (8.15)માં ઝિંક ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને Zn^{2+} બનાવે છે, તેથી ઝિંકનું ઑક્સિડેશન થાય છે. અહીં સ્પષ્ટ છે કે જો ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને ઝિંકનું ઑક્સિડેશન થાય છે તો આ ઇલેક્ટ્રૉનને સ્વીકારીને અન્ય કોઈનું રિડક્શન પણ થતું હશે. કૉપર આયન ઝિંકે ગુમાવેલા ઇલેક્ટ્રૉનને સ્વીકારીને રિડક્શન પામે છે.

પ્રક્રિયા (8.15)ને પુનઃ આ રીતે લખી શકાય :

$2e^-$ ગુમાવે છે.

$$Zn\,(s) + Cu^{2+}\,(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

$2e^-$ મેળવે છે

હવે આપણે સમીકરણ 8.15 દ્વારા દર્શાવાયેલી પ્રક્રિયાની સંતુલન અવસ્થાનો અભ્યાસ કરીશું. આ માટે આપણે કૉપર ધાતુના સળિયાને ઝિંક સલ્ફેટના દ્રાવણમાં મૂકીશું. થોડા સમય બાદ પણ કોઈ પ્રક્રિયા થયાનો સંકેત જોવા મળતો નથી કે Cu^{2+} આયનની તે કસોટી સફળ થતી નથી, જેમાં દ્રાવણમાં H_2S વાયુને પસાર કરવાથી ક્યુપ્રિક સલ્ફાઇડ (CuS)ના કારણે તે કાળા રંગનું બને છે. ક્યુપ્રિક સલ્ફાઇડ ઓછી દ્રાવ્યતા ધરાવતો હોવાથી, આ કસોટી ખૂબ જ સંવેદનશીલ છે, તેમ છતાં Cu^{2+} બન્યાનું જાણવા મળતું નથી. આ પરથી આપણે તારણ કાઢી શકીએ કે પ્રક્રિયા 8.15ની સંતુલન અવસ્થા પ્રક્રિયકો કરતા નીપજોની વધુ તરફેણ કરે છે.

ચાલો હવે આપણે ઇલેક્ટ્રૉન વિનિમય પ્રક્રિયાને આગળ વિસ્તારવા આકૃતિ 8.2માં દર્શાવ્યા મુજબ સિલ્વર નાઇટ્રેટના જલીય દ્રાવણમાં કૉપર ધાતુના સળિયાને મૂકીએ. દ્રાવણમાં નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયા મુજબ Cu^{2+} આયન બનવાના કારણે દ્રાવણનો રંગ વાદળી થાય છે.

$2e^-$ ગુમાવે છે

$$Cu\,(s) + 2Ag^+\,(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s) \qquad (8.16)$$

$2e^-$ મેળવે છે

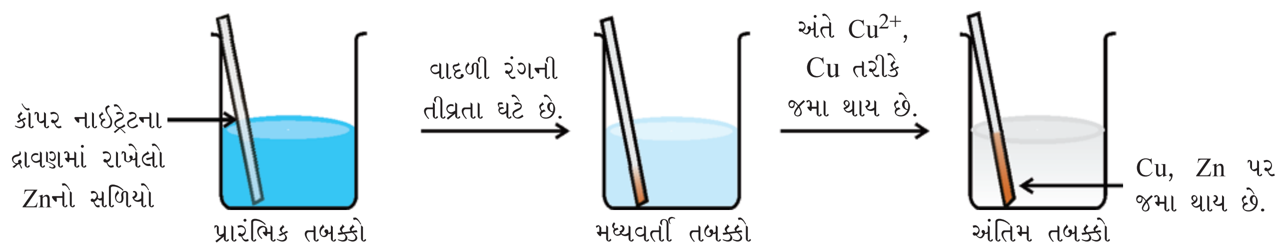
અહીં Cu(s)નું ઑક્સિડેશન થઈ $Cu^{2+}(aq)$ બને છે અને $Ag^+(aq)$નું રિડક્શન થઈ Ag(s) બને છે. પ્રક્રિયાનું સંતુલન નીપજો $Cu^{2+}(aq)$ અને Ag(s)ની તરફેણ કરે છે.

ચાલો હવે અલગ રીતે કોબાલ્ટ ધાતુને નિકલ સલ્ફેટના દ્રાવણમાં રાખીને તેમનો તુલનાત્મક અભ્યાસ કરીએ. અહીં નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયા થાય છે.

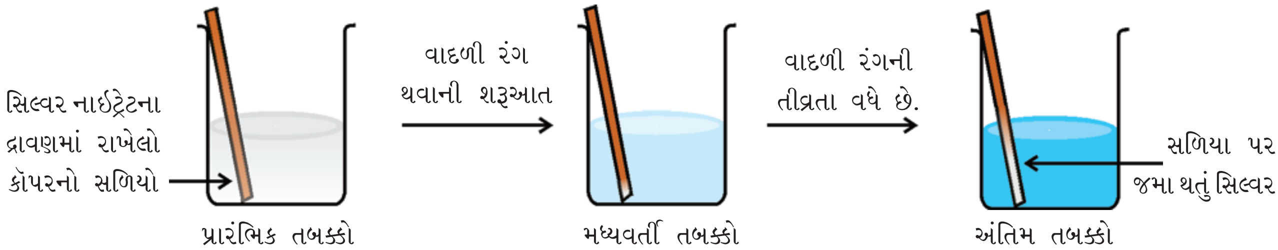
$2e^-$ ગુમાવે છે

$$Co\,(s) + Ni^{2+}\,(aq) \rightarrow Co^{2+}(aq) + Ni(s) \qquad (8.17)$$

$2e^-$ મેળવે છે



આકૃતિ 8.1 : બીકરમાં રાખેલા કૉપર નાઇટ્રેટના જલીય દ્રાવણ અને ઝિંક વચ્ચે થતી રેડોક્ષ પ્રક્રિયા



આકૃતિ 8.2 બીકરમાં રાખેલા સિલ્વર નાઈટ્રેટના જલીય દ્રાવણ અને કૉપર વચ્ચે થતી રેડોક્ષ પ્રક્રિયા

રાસાયણિક કસોટીના પરિણામો જણાવે છે કે સંતુલને Ni^{2+}(aq) અને Co^{2+}(aq)ની હાજરી મધ્યમ સાંદ્રતાએ જોવા મળે છે. આ કિસ્સામાં સંતુલન પ્રક્રિયકો [Co(s) અને Ni^{2+}(aq)] કે નીપજો [Co^{2+}(aq) અને Ni(s)]ની તરફેણ કરતું નથી.

ઈલેક્ટ્રૉન ગ્રહણ કરવા માટેની સ્પર્ધા આપણને ઍસિડ અણુઓ વચ્ચે થતી પ્રોટોન મુક્ત કરવાની સ્પર્ધાની યાદ અપાવે છે. આ સામ્યતા સૂચવે છે કે ઈલેક્ટ્રૉન ગુમાવાની પ્રવૃત્તિ આધારિત ધાતુઓ અને તેમના આયનોની એક યાદી એવી રીતે તૈયાર કરી શકાય કે જે રીતે ઍસિડની પ્રબળતાની યાદી તૈયાર કરવામાં આવે છે. વાસ્તવમાં આપણે આવી કેટલીક તુલનાઓ પણ કરી છે. આપણે જાણ્યું છે કે ઝિંક કૉપરને તથા કૉપર સિલ્વરને ઈલેક્ટ્રૉન આપે છે. તેથી ઈલેક્ટ્રૉન ગુમાવવાની વૃત્તિનો ક્રમ Zn > Cu > Ag થશે. જો આપણે આ ક્રમને વિસ્તૃત કરવા ઈચ્છીશું તો **ધાતુ સક્રિયતા શ્રેણી અથવા વિદ્યુતરાસાયણિક શ્રેણી** બનાવી શકીશું. વિભિન્ન ધાતુ વચ્ચે થતી ઈલેક્ટ્રૉનની સ્પર્ધાની મદદથી આપણે એવા કોષ બનાવી શકીએ કે જે વિદ્યુતઊર્જાના સ્રોત હોય. આ કોષને ગૅલ્વેનિક કોષ કહે છે. આ વિશે આપણે ધોરણ 12માં વિસ્તારથી શીખીશું.

8.3 ઑક્સિડેશન આંક (Oxidation Number)

જ્યારે હાઈડ્રોજન ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈને પાણી બનાવે છે ત્યારે તે નીચે દર્શાવ્યા મુજબની ઓછી સ્પષ્ટ ઈલેક્ટ્રૉન વિનિમય પ્રક્રિયાનું ઉદાહરણ બને છે.

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \quad (8.18)$$

જો કે આ એક સરળ અભિગમ તો નથી જ, તો પણ આપણે વિચારી શકીએ કે H_2માં H પરમાણુ તટસ્થ (શૂન્ય) અવસ્થામાંથી H_2Oમાં ધન અવસ્થા પ્રાપ્ત કરે છે. O પરમાણુ O_2માં શૂન્ય અવસ્થાથી H_2Oમાં દ્વિઋણ અવસ્થા પ્રાપ્ત કરે છે. અહીં એવું અનુમાન છે કે H થી O તરફ ઈલેક્ટ્રૉનનો વિનિમય થયો છે, એટલે H_2નું ઑક્સિડેશન અને O_2નું રિડક્શન થયું છે. જો કે આપણને પછીથી જોવા મળશે કે આ વીજભાર વિનિમય માત્ર આંશિક રીતે જ થાય છે. તેથી તેને માત્ર ઈલેક્ટ્રૉન વિનિમય રીતે દર્શાવવું જોઈએ, નહિ કે H દ્વારા ઈલેક્ટ્રૉન સંપૂર્ણપણે ગુમાવ્યો અને O દ્વારા ઈલેક્ટ્રૉન સંપૂર્ણપણે મેળવ્યો. અહીં સમીકરણ (8.18) માટે જે કહેવામાં આવ્યું છે તે અન્ય સહસંયોજક સંયોજનોની અન્ય પ્રક્રિયા માટે પણ સાચું ઠરી શકે છે. આ પ્રકારના બે ઉદાહરણો :

$$H_2(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g) \quad (8.19)$$

અને

$$CH_4(g) + 4Cl_2(g) \rightarrow CCl_4(l) + 4HCl(g) \quad (8.20)$$

સહસંયોજક સંયોજનોની બનાવટની પ્રક્રિયાઓમાં ઈલેક્ટ્રૉન વિનિમયને ધ્યાનમાં રાખીને વધુ વ્યાવહારિક પદ્ધતિ - **ઑક્સિડેશન આંક** પદ્ધતિનો વિકાસ કરવામાં આવ્યો છે. આ પદ્ધતિમાં એમ માનવામાં આવે છે કે ઈલેક્ટ્રૉન ઓછા વિદ્યુતઋણમય પરમાણુ પરથી વધુ વિદ્યુતઋણમય પરમાણુ તરફ સંપૂર્ણપણે સ્થાનાંતર પામે છે. આપણે ઉદાહરણ સ્વરૂપે સમીકરણને (8.18 થી 8.20) તેમાંના બધા પરમાણુઓને વીજભાર સહિત પુનઃ નીચે મુજબ લખી શકીએ :

$$\overset{0}{2H_2}(g) + \overset{0}{O_2}(g) \rightarrow \overset{+1\,-2}{2H_2O}(l) \quad (8.21)$$

$$\overset{0}{H_2}(s) + \overset{0}{Cl_2}(g) \rightarrow \overset{+1\,-1}{2HCl}(g) \quad (8.22)$$

$$\overset{-4\,+1}{CH_4}(g) + \overset{0}{4Cl_2}(g) \rightarrow \overset{+4\,-1}{4CCl_4}(g) + \overset{+1\,-1}{4HCl}(g) \quad (8.23)$$

આપણે એ વાત પર ભાર મૂકવો જોઈએ કે ઈલેક્ટ્રૉન વિનિમયની ધારણા માત્ર લેણદેણને ધ્યાને રાખવા માટે છે. આ એકમમાં આગળ સ્પષ્ટ થશે કે આ બાબત રેડોક્ષ પ્રક્રિયા માટે સરળતા દર્શાવનાર છે.

કોઈ સંયોજનમાં તત્ત્વનો ઑક્સિડેશન આંક તેની ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. જેને તે નિયમના આધારે નક્કી કરવામાં આવે છે કે સહસંયોજકબંધમાં ઈલેક્ટ્રૉન માત્ર વધુ વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વના હોય છે.

સંયોજન/આયનમાં રહેલું કયું તત્ત્વ વધુ વિદ્યુતઋણમય છે તે યાદ રાખવું કે જાણવું હંમેશાં શક્ય નથી. તેથી સંયોજન/

આયનમાં રહેલા કોઈ તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંકનું મૂલ્ય નક્કી કરવાના કેટલાક નિયમો બનાવવામાં આવ્યા છે. જો કોઈ અણુ/આયનમાં કોઈ તત્ત્વના બે અથવા બેથી વધુ પરમાણુઓ હાજર હોય તો (જેમકે $Na_2S_2O_3/Cr_2O_7^{2-}$) તે તત્ત્વનો ઑક્સિડેશન આંક તેના બધા પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંકના સરેરાશ મૂલ્ય જેટલો હોય છે. ઑક્સિડેશન આંકની ગણતરી માટેના નિયમો નીચે જણાવ્યા મુજબના છે :

1. મુક્ત અવસ્થામાં અથવા બિનસંયોજિત પરમાણુનો ઑક્સિડેશન આંક શૂન્ય હોય છે. H_2, O_2, Cl_2, O_3, P_4, S_8, Na, Mg, Al માં દરેક પરમાણુનો ઑક્સિડેશન આંક શૂન્ય હોય છે.
2. એક પરમાણ્વીય આયનનો ઑક્સિડેશન આંક તેના પર રહેલા વીજભાર જેટલો હોય છે. તેથી Na^+ આયનનો ઑક્સિડેશન આંક +1, Mg^{2+} આયનનો +2, Fe^{3+} આયનનો +3, Cl^- આયનનો (–1) તથા O^{2-} આયનનો (–2) છે. બધી આલ્કલી ધાતુઓના તેના સંયોજનોમાં ઑક્સિડેશન આંક +1 અને બધી આલ્કલાઇન અર્થધાતુઓના તેના સંયોજનોમાં ઑક્સિડેશન આંક +2 હોય છે. એલ્યુમિનિયમનો તેના બધા સંયોજનોમાં ઑક્સિડેશન આંક +3 હોય છે.
3. મોટા ભાગના સંયોજનોમાં ઑક્સિજનનો ઑક્સિડેશન આંક –2 હોય છે. જો કે તેમાં આપણને બે પ્રકારના અપવાદ જોવા મળે છે. પહેલો અપવાદ પેરૉક્સાઇડ અને સુપરઑક્સાઇડ તથા એવા સંયોજનો જેમાં ઑક્સિજન પરમાણુઓ એકબીજા સાથે જોડાયેલા હોય તેમાં જોવા મળે છે. પેરૉક્સાઇડમાં (દા.ત., H_2O_2, Na_2O_2) દરેક ઑક્સિજનનો ઑક્સિડેશન આંક –1 હોય છે. સુપરઑક્સાઇડમાં (દા.ત., KO_2, RbO_2) દરેક ઑક્સિજનનો ઑક્સિડેશન આંક $-\frac{1}{2}$ હોય છે. બીજો અપવાદ ભાગ્યે જ જોવા મળે છે. આ અપવાદ જ્યારે ઑક્સિજન, ફ્લોરિન સાથે જોડાય છે ત્યારે જોવા મળે છે. દા.ત., ઑક્સિજન ડાયફ્લોરાઇડ (OF_2) અને ડાયઑક્સિજન ડાયફ્લોરાઇડ (O_2F_2) જેવા સંયોજનોમાં ઑક્સિજનનો ઑક્સિડેશન આંક અનુક્રમે +2 અને +1 હોય છે. આ આંક ઑક્સિજનની બંધન સ્થિતિ પર આધારિત હોય છે, પરંતુ આ મૂલ્ય હંમેશાં ધન સંખ્યા હોય છે.
4. હાઇડ્રોજન પરમાણુનો ઑક્સિડેશન આંક +1 હોય છે, પરંતુ તે જ્યારે ધાતુઓ સાથે જોડાઈને દ્વિઅંગી સંયોજન (એવું સંયોજન કે જેમાં બે તત્ત્વો જ હોય) બનાવે છે, તેમાં અપવાદ તરીકે હાઇડ્રોજનનો ઑક્સિડેશન આંક –1 હોય છે. દા.ત., LiH, NaH અને CaH_2માં Hનો ઑક્સિડેશન આંક –1 છે.
5. બધા સંયોજનોમાં ફ્લોરિનનો ઑક્સિડેશન આંક –1 હોય છે. અન્ય હેલોજન તત્ત્વો (Cl, Br અને I) જે સંયોજનોમાં હેલાઇડ આયન તરીકે હોય છે તેવા કિસ્સામાં આ હેલોજન તત્ત્વોનો ઑક્સિડેશન આંક પણ –1 હોય છે. જ્યારે ક્લોરિન, બ્રોમિન અને આયોડિન ઑક્સિજન સાથે જોડાય છે ત્યારે તેઓનો ઑક્સિડેશન આંક ધન સંખ્યા હોય છે, દા.ત., ઓક્સો ઍસિડ અને ઓક્સો એનાયન.
6. સંયોજનમાં રહેલા બધા પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંકનો બૈજિક સરવાળો શૂન્ય થાય છે. બહુપરમાણ્વીય આયનમાં બધા પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંકનો બૈજિક સરવાળો તેના પર રહેલા વીજભાર જેટલો હોય છે. આમ, કાર્બોનેટ આયન (CO_3^{2-})માં રહેલા ત્રણ ઑક્સિજન પરમાણુઓ અને એક કાર્બન પરમાણુનાં ઑક્સિડેશન આંકનો બૈજિક સરવાળો –2 થાય છે.

ઉપરોક્ત નિયમોના ઉપયોગથી આપણે અણુ અથવા આયનમાં રહેલા ઇચ્છિત પરમાણુના ઑક્સિડેશન આંક નક્કી કરી શકીએ છીએ. અહીં એક બાબત સ્પષ્ટ છે કે ધાતુ પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંક ધન સંખ્યા અને અધાતુ પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંક ઋણ સંખ્યા હોય છે. સંક્રાંતિ ધાતુ પરમાણુઓ સામાન્ય રીતે અનેક ધન ઑક્સિડેશન આંક ધરાવે છે. પ્રતિનિધિ તત્ત્વો પૈકીના પ્રથમ બે સમૂહોના તત્ત્વો માટે ઉચ્ચતમ ઑક્સિડેશન આંક તેઓનાં સમૂહનો ક્રમ થાય છે, તથા બાકીના અન્ય સમૂહના તત્ત્વો માટે ઉચ્ચતમ ઑક્સિડેશન આંક તેઓના સમૂહ ક્રમમાંથી 10 બાદ કરવાથી મળતી સંખ્યા થશે (આવર્તકોષ્ટકના વિસ્તૃતસ્વરૂપ મુજબ). આમ, પરમાણુના ઉચ્ચતમ ઑક્સિડેશન આંક આવર્તકોષ્ટકમાં આવર્તની ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ તરફ જતાં વધે છે. ત્રીજા આવર્તમાં ઑક્સિડેશન આંક 1 થી 7 સુધી વધે છે, જેમકે નીચે કોષ્ટકમાં દર્શાવેલા સંયોજનોના તત્ત્વોમાં જોવા મળે છે.

કેટલીકવાર ઑક્સિડેશન આંકના બદલે **ઑક્સિડેશન અવસ્થા** શબ્દનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ રીતે CO_2માં કાર્બનની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +4 છે, જે તેનો ઑક્સિડેશન આંક પણ છે. તેવી જ રીતે ઑક્સિજનની ઑક્સિડેશન અવસ્થા અને

સમૂહ	1	2	13	14	15	16	17
તત્ત્વ	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
સંયોજન	NaCl	$MgSO_4$	AlF_3	$SiCl_4$	P_4O_{10}	SF_6	$HClO_4$
સમૂહના તત્ત્વનો ઉચ્ચતમ ઑક્સિડેશન આંક	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7

ઑક્સિડેશન આંક –2 છે. આનો અર્થ એ થાય કે તત્ત્વનો ઑક્સિડેશન આંક તેની ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. કેટલીકવાર સંયોજનમાં ધાતુઓના ઑક્સિડેશન આંકને જર્મન રસાયણવિજ્ઞાની આલફ્રેડ સ્ટૉક (Alfred Stock) દ્વારા સૂચવેલ સંકેત પદ્ધતિ પ્રમાણે દર્શાવાય છે. જે **સ્ટૉક સંકેત** પદ્ધતિ દ્વારા પ્રચલિત છે. આ પદ્ધતિ મુજબ આણ્વીય સૂત્રમાં ધાતુની સંજ્ઞા પછી કૌંસમાં તે ધાતુનો ઑક્સિડેશન આંક રોમન લિપિમાં લખવામાં આવે છે. આ રીતે ઓરસ ક્લોરાઇડ અને ઑરિક ક્લોરાઇડને અનુક્રમે Au (I) Cl અને $Au(III)Cl_3$ મુજબ લખી શકાય છે. તેવી જ રીતે સ્ટેનસ ક્લોરાઇડ અને સ્ટેનિક ક્લોરાઇડને અનુક્રમે $Sn(II)Cl_2$ અને $Sn(IV)Cl_4$ મુજબ લખી શકાય છે. ઑક્સિડેશન આંકમાં થતાં ફેરફારને ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં થતાં ફેરફાર સ્વરૂપે માનવામાં આવે છે. તે સ્પીસિઝ ઑક્સિડેશન પામેલ છે કે રિડક્શન પામેલ છે તેની જાણકારી મેળવવામાં મદદરૂપ થાય છે. આ રીતે $Hg(II)Cl_2$નું રિડક્શન પામેલ સ્વરૂપ $Hg_2(I)Cl_2$ છે.

ઑક્સિડેશન આંકના ખ્યાલનો ઉપયોગ ઑક્સિડેશન, રિડક્શન, ઑક્સિડેશનકર્તા (ઑક્સિડન્ટ), રિડક્શનકર્તા (રિડક્ટન્ટ) અને રેડોક્ષ પ્રક્રિયાને વ્યાખ્યાયિત કરવા માટે થાય છે. ટૂંકમાં આપણે કહી શકીએ કે :

ઑક્સિડેશન : આપેલા પદાર્થમાં તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંકમાં થતો વધારો.

રિડક્શન : આપેલા પદાર્થમાં તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંકમાં થતો ઘટાડો.

ઑક્સિડેશનકર્તા : જે પ્રક્રિયક આપેલા પદાર્થમાં રહેલા તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંકમાં વધારો કરે તેને **ઑક્સિડેશનકર્તા** કહે છે.

રિડક્શનકર્તા : જે પ્રક્રિયક આપેલા પદાર્થમાં રહેલા તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંકમાં ઘટાડો કરે તેને **રિડક્શનકર્તા** કહે છે.

રેડોક્ષ પ્રક્રિયા : પારસ્પરિક ક્રિયા કરતી સ્પીસિઝના ઑક્સિડેશન આંકમાં થતો ફેરફાર દર્શાવતી પ્રક્રિયા.

કોયડો 8.3

નીચે જણાવેલા સંયોજનોને સ્ટૉક સંકેત પદ્ધતિ દ્વારા દર્શાવો :

$HAuCl_4$, Tl_2O, FeO, Fe_2O_3, CuI, CuO, MnO અને MnO_2

ઉકેલ :

ઑક્સિડેશન આંકની ગણતરી માટેના નિયમોનો ઉપયોગ કરીને આપેલા સંયોજનોમાં રહેલા ધાતુ તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંક નીચે દર્શાવ્યા મુજબ છે :

$HAuCl_4$ → Auનો 3
Tl_2O → Tlનો 1
FeO → Feનો 2
Fe_2O_3 → Feનો 3
CuI → Cuનો 1
CuO → Cuનો 2
MnO → Mnનો 2
MnO_2 → Mnનો 4

તેથી આ સંયોજનોને આ પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

$HAu(III)Cl_4$, $Tl_2(I)O$, Fe(II)O, $Fe_2(III)O_3$, Cu (I) I, Cu (II)O, Mn (II)O, $Mn(IV)O_2$

કોયડો 8.4

આપેલી પ્રક્રિયા રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે તેનું વાજબીપણું જણાવો :

$2Cu_2O(s) + Cu_2S(s) \rightarrow 6Cu(s) + SO_2(g)$

ઑક્સિડેશન/રિડક્શન પામેલી સ્પીસિઝ, કઈ સ્પીસિઝ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે અને કઈ સ્પીસિઝ રિડક્શન-કર્તા તરીકે વર્તે છે તે ઓળખી બતાવો.

ઉકેલ :

ચાલો આપણે આપેલી પ્રક્રિયાની દરેક સ્પીસિઝના ઑક્સિડેશન આંક લખીએ,

$$\overset{+1\;-2}{2Cu_2O(s)} + \overset{+1\;-2}{Cu_2S(s)} \rightarrow \overset{0}{6Cu(s)} + \overset{+4\;-2}{SO_2(g)}$$

આથી આપણે તે તારણ કાઢી શકીએ કે કૉપરનું +1 ઑક્સિડેશન અવસ્થાથી 0 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં રિડક્શન થાય છે અને સલ્ફરનું –2 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાંથી +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં ઑક્સિડેશન થાય છે. તેથી આપેલી પ્રક્રિયા રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે.

વિશેષમાં, Cu_2S માં રહેલા સલ્ફરને તેનો ઑક્સિડેશન આંક વધારવામાં Cu_2O મદદરૂપ થાય છે. તેથી Cu(I) ઑક્સિડેશનકર્તા છે તથા Cu_2S નો સલ્ફર સ્વયં Cu_2S અને Cu_2O માં રહેલા Cu ના ઑક્સિડેશન આંકમાં ઘટાડો કરે છે, તેથી Cu_2S માં રહેલો સલ્ફર રિડક્શનકર્તા છે.

8.3.1 રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓના પ્રકારો (Types of Redox Reactions)

1. સંયોગીકરણ પ્રક્રિયાઓ

સંયોગીકરણ પ્રક્રિયાને આ પ્રમાણે લખી શકાય છે :

$$A + B \rightarrow C$$

આ પ્રક્રિયાને રેડોક્ષ પ્રક્રિયા બનવા માટે A અથવા Bમાંથી એક, કે A અને B બંને તત્ત્વ સ્વરૂપમાં હોવા જોઈએ. બધી જ દહન પ્રક્રિયાઓમાં તત્ત્વરૂપ ડાયઑક્સિજનનો ઉપયોગ થાય છે, તે જ પ્રમાણે ડાયઑક્સિજન સિવાયની અન્ય તત્ત્વો ધરાવતી અન્ય પ્રક્રિયાઓ રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે. આ પ્રકારની કેટલીક અગત્યની પ્રક્રિયાઓ :

0 0 +4 –2

$$C(s) + O_2(g) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) \quad (8.24)$$

0 0 +2 –3

$$3Mg(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_2(s) \quad (8.25)$$

–4 +1 0 +4 –2 +1 –2

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

2. વિઘટન પ્રક્રિયાઓ

વિઘટન પ્રક્રિયા સંયોગીકરણની વિરુદ્ધ પ્રક્રિયા છે. ચોકસાઈપૂર્વક કહીએ તો વિઘટન પ્રક્રિયામાં સંયોજન તૂટીને બે કે તેથી વધુ ઘટકોમાં વિભાજિત થાય છે, તે પૈકીનો ઓછામાં ઓછો એક ઘટક તત્ત્વ અવસ્થામાં હોવો જોઈએ. આવી પ્રક્રિયાઓના ઉદાહરણો :

+1 –2 0 0

$$2H_2O(l) \xrightarrow{\Delta} 2H_2(g) + O_2(g) \quad (8.26)$$

+1 –1 0 0

$$2NaH(s) \xrightarrow{\Delta} 2Na(s) + H_2(g) \quad (8.27)$$

+1 +5 –2 +1 –1 0

$$2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KCl(s) + 3O_2(g) \quad (8.28)$$

ખૂબ જ કાળજીપૂર્વક નોંધવું જોઈએ કે મિથેનની સંયોગીકરણ પ્રક્રિયામાં હાઇડ્રોજનના ઑક્સિડેશન આંકમાં અને પ્રક્રિયા 8.28માં પોટેશિયમ ક્લોરેટના પોટેશિયમના ઑક્સિડેશન આંકમાં ફેરફાર થતો નથી. અત્રે તે પણ નોંધવું જોઈએ કે બધી જ વિઘટન પ્રક્રિયાઓ રેડોક્ષ પ્રક્રિયા હોતી નથી. દા.ત., કેલ્શિયમ કાર્બોનેટની વિઘટન પ્રક્રિયા રેડોક્ષ પ્રક્રિયા નથી.

+2 +4 –2 +2 –2 +4 –2

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g)$$

3. વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ

વિસ્થાપન પ્રક્રિયામાં સંયોજનના આયન (અથવા પરમાણુ) બીજા તત્ત્વના આયન (અથવા પરમાણુ) દ્વારા વિસ્થાપિત થાય છે. તેને આ પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

$$X + YZ \rightarrow XZ + Y$$

વિસ્થાપન પ્રક્રિયા બે પ્રકારે જોવા મળે છે : ધાતુ વિસ્થાપન અને અધાતુ વિસ્થાપન.

(a) ધાતુ વિસ્થાપન :

સંયોજનમાં એક ધાતુ બીજી ધાતુને બિનસંયોજીત સ્વરૂપમાં વિસ્થાપિત કરી શકે છે. આપણે આ પ્રકારની પ્રક્રિયાઓની ચર્ચા અગાઉ 8.2.1માં કરી ચૂક્યા છીએ. ધાતુ વિસ્થાપન પ્રક્રિયાનો વધુ ઉપયોગ ધાતુકર્મમાં ખનીજોમાંના સંયોજનમાંથી શુદ્ધ ધાતુને મેળવવા માટે થાય છે. આવા કેટલાક ઉદાહરણો :

+2 +6 –2 0 0 +2 +6 –2

$$CuSO_4(aq) + Zn(s) \rightarrow Cu(s) + ZnSO_4(aq) \quad (8.29)$$

+5 –2 0 0 +2 –2

$$V_2O_5(s) + 5Ca(s) \xrightarrow{\Delta} 2V(s) + 5CaO(s) \quad (8.30)$$

+4 –1 0 0 +2 –1

$$TiCl_4(l) + 2Mg(s) \xrightarrow{\Delta} Ti(s) + 2MgCl_2(s) \quad (8.31)$$

+3 –2 0 +3 –2 0

$$Cr_2O_3(s) + 2Al(s) \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3(s) + 2Cr(s) \quad (8.32)$$

આ બધા કિસ્સામાં રિડક્શન કરનાર ધાતુ રિડક્શન પામેલી ધાતુ કરતા ઉત્તમ રિડક્શનકર્તા છે, જેની ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવવાની ક્ષમતા રિડક્શન પામેલી ધાતુ કરતા વધુ છે.

(b) અધાતુ વિસ્થાપન :

અધાતુ વિસ્થાપન રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓમાં હાઇડ્રોજન વિસ્થાપન પ્રક્રિયા અને જવલ્લે થતી ઑક્સિજન વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓનો સમાવેશ થાય છે.

બધી આલ્કલી ધાતુઓ અને કેટલીક આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ (Ca, Sr અને Ba) ખૂબ સારી રિડક્શનકર્તા ધાતુઓ છે, તેઓ ઠંડા પાણીમાંથી હાઇડ્રોજનનું વિસ્થાપન કરે છે.

$$\overset{0}{2Na(s)} + \overset{+1\ -2}{2H_2O(l)} \rightarrow \overset{+1\ -2\ +1}{2NaOH(aq)} + \overset{0}{H_2(g)} \quad (8.33)$$

$$\overset{0}{Ca(s)} + \overset{+1\ -2}{2H_2O(l)} \rightarrow \overset{+2\ -2\ +1}{Ca(OH)_2(aq)} + \overset{0}{H_2(g)} \quad (8.34)$$

ઓછી સક્રિય ધાતુઓ જેવી કે મૅગ્નેશિયમ અને લોખંડ પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે.

$$\overset{0}{Mg(s)} + \overset{+1\ -2}{2H_2O(l)} \xrightarrow{\Delta} \overset{+2\ -2\ +1}{Mg(OH)_2(s)} + \overset{0}{H_2(g)} \quad (8.35)$$

$$\overset{0}{2Fe(s)} + \overset{+1\ -2}{3H_2O(l)} \xrightarrow{\Delta} \overset{+3\ -2}{Fe_2O_3(s)} + \overset{0}{3H_2(g)} \quad (8.36)$$

ઠંડા પાણી સાથે પ્રક્રિયા ન કરી શકતી હોય તેવી ઘણી ધાતુઓ ઍસિડમાંથી હાઇડ્રોજનનું વિસ્થાપન કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. જે ધાતુઓ પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરી શકતી નથી. તેઓ ઍસિડમાંથી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન કરી શકે છે. કેડમિયમ અને ટીન આ પ્રકારની ધાતુઓ છે. ઍસિડમાંથી હાઇડ્રોજનનું વિસ્થાપન થતું હોય તેવી પ્રક્રિયાઓના કેટલાક ઉદાહરણો :

$$\overset{0}{Zn(s)} + \overset{+1\ -1}{2HCl(aq)} \rightarrow \overset{+2\ -1}{ZnCl_2(aq)} + \overset{0}{H_2(g)} \quad (8.37)$$

$$\overset{0}{Mg(s)} + \overset{+1\ -1}{2HCl(aq)} \rightarrow \overset{+2\ -1}{MgCl_2(aq)} + \overset{0}{H_2(g)} \quad (8.38)$$

$$\overset{0}{Fe(s)} + \overset{+1\ -1}{2HCl(aq)} \rightarrow \overset{+2\ -1}{FeCl_2(aq)} + \overset{0}{H_2(g)} \quad (8.39)$$

પ્રક્રિયાઓ (8.37 થી 8.39)નો ઉપયોગ પ્રયોગશાળામાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવવામાં થાય છે. હાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થવાનો વેગ જે-તે ધાતુની પ્રતિક્રિયાત્મકતા દર્શાવે છે. Fe જેવી ઓછી સક્રિય ધાતુ ધીમા વેગે, Mg જેવી વધુ સક્રિય ધાતુ ઝડપી વેગે હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા આપે છે, અતિ ઓછી સક્રિય ધાતુઓ જેવી કે સિલ્વર (Ag) અને સોનું (Au) કે જે મૂળ અવસ્થામાં પ્રાપ્ય હોય છે તે હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરતી નથી.

મુદ્દા ક્રમાંક 8.2.1માં આપણે ચર્ચા કરી છે તે મુજબ ઝિંક (Zn), કૉપર (Cu) અને સિલ્વર (Ag) ધાતુઓની ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવવાની વૃત્તિ તેમની રિડક્શન સક્રિયતાનો ક્રમ Zn > Cu > Ag દર્શાવે છે. ધાતુઓની જેમ હેલોજન તત્ત્વોની સક્રિયતા શ્રેણી અસ્તિત્વ ધરાવે છે. આવર્તકોષ્ટકમાં સમૂહ 17માં ફ્લોરિનથી આયોડિન સુધી નીચે તરફ જતા ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકેની સક્રિયતા ઘટતી જાય છે. તેનો અર્થ એ થયો કે ફ્લોરિન એટલી પ્રતિક્રિયાત્મક છે કે તે દ્રાવણમાંથી ક્લોરાઇડ, બ્રોમાઇડ કે આયોડાઇડ આયનને વિસ્થાપિત કરી શકે છે. વાસ્તવમાં ફ્લોરિનની સક્રિયતા એટલી વધારે છે કે તે પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરીને તેમાંથી ઑક્સિજનનું વિસ્થાપન કરી શકે છે.

$$\overset{+1\ -2}{2H_2O(l)} + \overset{0}{2F_2(g)} \rightarrow \overset{+1\ -1}{4HF(aq)} + \overset{0}{O_2(g)} \quad (8.40)$$

આ કારણે જ જલીય માધ્યમમાં ફ્લોરિન દ્વારા ક્લોરિન, બ્રોમિન અને આયોડિનની વિસ્થાપન પ્રક્રિયા થતી નથી. બીજી તરફ ક્લોરિન જલીય માધ્યમમાં નીચે દર્શાવ્યા મુજબ બ્રોમાઇડ અને આયોડાઇડનું વિસ્થાપન કરી શકે છે :

$$\overset{0}{Cl_2(g)} + \overset{+1\ -1}{2KBr(aq)} \rightarrow \overset{+1\ -1}{2KCl(aq)} + \overset{0}{Br_2(l)} \quad (8.41)$$

$$\overset{0}{Cl_2(g)} + \overset{+1\ -1}{2KI(aq)} \rightarrow \overset{+1\ -1}{2KCl(aq)} + \overset{0}{I_2(s)} \quad (8.42)$$

Br_2 અને I_2 રંગીન અને CCl_4 માં દ્રાવ્ય હોય છે, તેથી દ્રાવણના રંગ પરથી તેઓને સરળતાથી ઓળખી શકાય છે. ઉપર જણાવેલ પ્રક્રિયાઓને આયનીય સ્વરૂપે નીચે મુજબ લખી શકાય છે :

$$\overset{0}{Cl_2(g)} + \overset{-1}{2Br^-(aq)} \rightarrow \overset{-1}{2Cl^-(aq)} + \overset{0}{Br_2(l)} \quad (8.41a)$$

$$\overset{0}{Cl_2(g)} + \overset{-1}{2I^-(aq)} \rightarrow \overset{-1}{2Cl^-(aq)} + \overset{0}{I_2(s)} \quad (8.42b)$$

પ્રક્રિયા 8.41 અને 8.42ના આધારે પ્રયોગશાળામાં કરવામાં આવતી Br^- અને I^- ની પરખ માટેની કસોટી 'સ્તર કસોટી' (Layer test)ના નામથી પ્રચલિત છે. અહીં તે જણાવવું અપ્રાસંગિક નહિ લાગે કે આ રીતે દ્રાવણમાંથી બ્રોમિન આયોડાઇડ આયનનું વિસ્થાપન કરી શકે છે.

$$\overset{0}{Br_2(l)} + \overset{-1}{2I^-(aq)} \rightarrow \overset{-1}{2Br^-(aq)} + \overset{0}{I_2(s)} \quad (8.43)$$

હેલોજન વિસ્થાપન પ્રક્રિયાનો સીધો ઉપયોગ ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે થાય છે. હેલાઇડ સંયોજનોમાંથી હેલોજનને મેળવવા માટે ઑક્સિડેશન પદ્ધતિ આવશ્યક છે, જેને નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય.

$$2X^- \rightarrow X_2 + 2e^- \quad (8.44)$$

અહીં X હેલોજન તત્ત્વ માટે વપરાયેલ છે. જો કે રાસાયણિક માર્ગો દ્વારા Cl^-, Br^- અને I^-ના ઑક્સિડેશન કરવા માટે પ્રબળ

ઑક્સિડેશનકર્તા ફ્લોરિન વપરાય છે. F^- આયનને F_2 માં ફેરવવા માટે કોઈ પણ રાસાયણિક માર્ગ સંભવ નથી. F^-ને F_2 માં ફેરવવા માટે માત્ર વિદ્યુતવિઘટન દ્વારા ઑક્સિડેશન જ એક માર્ગ છે, જેનો અભ્યાસ તમે પછીના તબક્કે કરશો.

4. વિષમીકરણ પ્રક્રિયાઓ

વિષમીકરણ પ્રક્રિયા વિશિષ્ટ રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે. વિષમીકરણ પ્રક્રિયામાં એક ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં રહેલું તત્ત્વ એક સાથે ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન પામે છે. પ્રક્રિયકોનું એક તત્ત્વ ઓછામાં ઓછી ત્રણ ઑક્સિડેશન અવસ્થા પ્રાપ્ત કરી શકે છે. પ્રક્રિયકો સ્વરૂપે રહેલું તત્ત્વ મધ્યવર્તી ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં હોય છે તથા રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં તે ઉચ્ચતર અને નિમ્નત્તર એમ બંને ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં હોય છે. હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડનું વિઘટન એક જાણીતું ઉદાહરણ છે, જ્યાં ઑક્સિજન તત્ત્વનું વિષમીકરણ થાય છે.

$$\overset{+1\ -1}{2H_2O_2(aq)} \rightarrow \overset{+1\ -2}{2H_2O(l)} + \overset{0}{O_2(g)} \qquad (8.45)$$

અહીં પેરૉક્સાઇડમાં રહેલો ઑક્સિજન –1 અવસ્થા ધરાવે છે, જે શૂન્ય અવસ્થાવાળા O_2માં અને –2 ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળા H_2Oમાં ફેરવાય છે.

ફોસ્ફરસ, સલ્ફર અને ક્લોરિન નીચે દર્શાવ્યા મુજબ આલ્કલાઇન માધ્યમમાં વિષમીકરણ પામે છે.

$$\overset{0}{P_4(s)} + 3OH^-(aq) + 3H_2O(l) \rightarrow \overset{-3}{PH_3(g)} + \overset{+1}{3H_2PO_2^-(aq)} \qquad (8.46)$$

$$\overset{0}{S_8(s)} + 12OH^-(aq) \rightarrow \overset{-2}{4S^{2-}(aq)} + \overset{+2}{2S_2O_3^{2-}(aq)} + 6H_2O(l) \qquad (8.47)$$

$$\overset{0}{Cl_2(g)} + 2OH^-(aq) \rightarrow \overset{+1}{ClO^-(aq)} + \overset{-1}{Cl^-(aq)} + H_2O(l) \qquad (8.48)$$

પ્રક્રિયા 8.48 ઘરેલુ બ્લીચિંગ પ્રક્રિયક બનતું હોવાનું સૂચવે છે. હાઇપોક્લોરાઇટ (ClO^-) આયન રંગીન ડાઘાઓનું ઑક્સિડેશન કરીને રંગવિહીન સંયોજન બનાવે છે.

અહીં તે જણાવવું યોગ્ય જણાશે કે બ્રોમિન અને આયોડિન દ્વારા એવું વલણ દર્શાવાય છે કે જેવું વલણ ક્લોરિન દ્વારા પ્રક્રિયા 8.48માં દર્શાવાય છે, પરંતુ ફ્લોરિન જ્યારે આલ્કલી સાથે પ્રક્રિયા કરે છે ત્યારે તે આ વલણમાંથી વિચલન દર્શાવે છે. આ પ્રક્રિયા નીચે દર્શાવેલી છે :

$$2F_2(g) + 2OH^-(aq) \rightarrow 2F^-(aq) + OF_2(g) + H_2O(l) \qquad (8.49)$$

(અહીં ધ્યાન આપવા જેવી બાબત એ છે કે પ્રક્રિયા 8.49માં કોઈ પણ શંકા વિના ફ્લોરિન પાણી પર હુમલો કરી કેટલોક ઑક્સિજન પણ ઉત્પન્ન કરે છે.) ફ્લોરિન દ્વારા જોવા મળતો આ ભિન્ન વ્યવહાર આશ્ચર્યજનક નથી. કારણ કે આપણે જાણીએ છીએ કે ફ્લોરિન સૌથી વધુ વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વ હોવાને લીધે ધન ઑક્સિડેશન અવસ્થા પ્રાપ્ત કરી શકતું નથી. આનો અર્થ એમ થયો કે હેલોજનમાં ફ્લોરિન વિષમીકરણ પ્રક્રિયા દર્શાવતું નથી.

કોયડો 8.5

નીચેના પૈકી કઈ સ્પીસિઝ વિષમીકરણ પ્રક્રિયા દર્શાવતી નથી ? શા માટે ?

ClO^-, ClO_2^-, ClO_3^- અને ClO_4^-

તથા જે સ્પીસિઝ વિષમીકરણ દર્શાવે છે તે દરેકની પ્રક્રિયાઓ પણ લખો.

ઉકેલ :

ક્લોરિનના ઉપર દર્શાવેલા ઑક્સો એનાયનમાંથી ClO_4^- વિષમીકરણ પ્રક્રિયા દર્શાવતું નથી. કારણ કે આ ઑક્સો એનાયનમાં ક્લોરિન તેની ઉચ્ચતમ ઓક્સિડેશન અવસ્થા +7 માં છે. બાકીના ત્રણ ઓક્સો એનાયનની વિષમીકરણ પ્રક્રિયા નીચે મુજબ છે :

$$\overset{+1}{3ClO^-} \rightarrow \overset{-1}{2Cl^-} + \overset{+5}{ClO_3^-}$$

$$\overset{+3}{6ClO_2^-} \xrightarrow{h\nu} \overset{+5}{4ClO_3^-} + \overset{-1}{2Cl^-}$$

$$\overset{+5}{4ClO_3^-} \rightarrow \overset{-1}{Cl^-} + \overset{+7}{3ClO_4^-}$$

કોયડો 8.6

નીચે દર્શાવેલી રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓનું વર્ગીકરણ કરો :

(a) $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$

(b) $2Pb(NO_3)_2(s) \rightarrow 2PbO(s) + 2NO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$

(c) $NaH(s) + H_2O(l) \rightarrow NaOH(aq) + H_2(g)$

(d) $2NO_2(g) + 2OH^-(aq) \rightarrow NO_2^-(aq) + NO_3^-(aq) + H_2O(l)$

ઉકેલ :

પ્રક્રિયા (a)માં તત્ત્વીય પદાર્થ નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજનનાં સંયોગીકરણથી નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ સંયોજન બને છે. તેથી આ પ્રક્રિયા સંયોગીકરણ રેડોક્ષ પ્રક્રિયાનું ઉદાહરણ છે. પ્રક્રિયા (b)માં લેડ નાઇટ્રેટનું ત્રણ ઘટકોમાં વિભાજન થાય છે. તેથી આ પ્રક્રિયાને વિઘટન રેડોક્ષ પ્રક્રિયા કહે છે. પ્રક્રિયા (c)માં પાણીનો હાઇડ્રોજન, હાઇડ્રાઇડ આયન વડે વિસ્થાપન પામીને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે. તેથી તેને વિસ્થાપન રેડોક્ષ પ્રક્રિયા કહે છે. પ્રક્રિયા (d)માં NO_2 (+4 અવસ્થા) વિષમીકરણ થઈને NO_2^- (+3 અવસ્થા) અને NO_3^- (+5 અવસ્થા) બને છે. તેથી પ્રક્રિયા (d) વિષમીકરણ રેડોક્ષ પ્રક્રિયાનું ઉદાહરણ છે.

અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન આંકનો વિરોધાભાસ

ક્યારેક આપણને એવા સંયોજનો જોવા મળે છે જેમાં કોઈ એક તત્ત્વનો ઑક્સિડેશન આંક અપૂર્ણાંક હોય છે. દા.ત.,

C_3O_2 [જ્યાં કાર્બનનો ઑક્સિડેશન આંક (4/3) છે.],

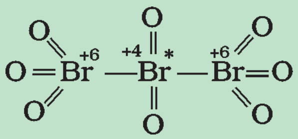
Br_3O_8 [જ્યાં બ્રોમિનનો ઑક્સિડેશન આંક (16/3) છે.] અને

$Na_2S_4O_6$ [જ્યાં સલ્ફરનો ઑક્સિડેશન આંક 2.5 છે.]

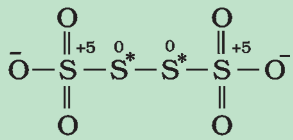
આપણે જાણીએ છીએ કે અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન આંક સ્વીકાર્ય નથી, કારણ કે સહભાગિતા/સ્થાનાંતર પામનારા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા અપૂર્ણાંક હોઈ શકે નહિ. વાસ્તવમાં અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન આંક જે-તે તત્ત્વનો સરેરાશ ઑક્સિડેશન આંક છે. બંધારણીય પ્રાચલોથી જાણવા મળ્યું કે જે તત્ત્વ અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન આંક ધરાવે છે તે વાસ્તવમાં જુદી જુદી ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં હોય છે. C_3O_2, Br_3O_8 અને $S_4O_6^{2-}$ સ્પીસિઝના બંધારણો નીચે જણાવેલ બંધન સ્થિતિઓ દર્શાવે છે.

$$O = \overset{+2}{C} = \overset{0}{C^*} = \overset{+2}{C} = O$$

C_3O_2નું બંધારણ (કાર્બન સબઑક્સાઇડ)



Br_3O_8 નું બંધારણ (ટ્રાયબ્રોમોઓક્ટાઑક્સાઇડ)



$S_4O_6^{2-}$ નું બંધારણ (ટેટ્રાથાયોનેટ આયન)

દરેક સ્પીસિઝમાં ફુદડી (*) વડે દર્શાવેલા પરમાણુ તે જ તત્ત્વના અન્ય પરમાણુઓ કરતા જુદી ઑક્સિડેશન અવસ્થા (ઑક્સિડેશન આંક) દર્શાવે છે. આ સૂચવે છે કે C_3O_2 માં બે કાર્બન પરમાણુઓ +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં અને ત્રીજો કાર્બન શૂન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં છે. તેમનું સરેરાશ મૂલ્ય 4/3 છે. વાસ્તવમાં છેડે રહેલા બે કાર્બન પરમાણુઓની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +2 તથા વચ્ચેના કાર્બનની ઑક્સિડેશન અવસ્થા શૂન્ય છે. તેવી જ રીતે Br_3O_8માં છેડે રહેલા બંને બ્રોમિનની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +6 છે, જ્યારે વચ્ચેના બ્રોમિનની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +4 છે. ફરીવાર સરેરાશ સંખ્યા 16/3 વાસ્તવિકતાથી દૂર છે. આવી જ રીતે $S_4O_6^{2-}$માં છેડે રહેલા બે સલ્ફર +5 ઑક્સિડેશન અવસ્થા તથા વચ્ચે રહેલા બંને સલ્ફર પરમાણુઓ શૂન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. ચારેય સલ્ફર પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંકની સરેરાશ 5/2 થશે, જ્યારે વાસ્તવમાં દરેક સલ્ફર પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંક +5, 0, 0, +5 છે.

આ પરથી આપણે એવું તારણ કાઢી શકીએ કે અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન આંકના ખ્યાલને આપણે કાળજીપૂર્વક લેવો જોઈએ તથા વાસ્તવિક ઑક્સિડેશન આંક તેના બંધારણથી જ જાણી શકાય છે. વધુમાં જ્યારે આપણને કોઈ તત્ત્વની અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન અવસ્થા જોવા મળે ત્યારે આપણે સમજવાનું કે તે માત્ર સરેરાશ ઑક્સિડેશન અવસ્થા છે. વાસ્તવમાં આ સ્પીસિઝમાં રહેલ તત્ત્વ એક કરતા વધુ પૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ ધરાવે છે (જે માત્ર બંધારણ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.). Fe_3O_4, Mn_3O_4, Pb_3O_4 મિશ્ર ઑક્સાઇડ સંયોજનો છે. જેમાં દરેક ધાતુ અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવે છે. O_2^+ અને O_2^- માં અપૂર્ણાંક ઑક્સિડેશન અવસ્થા જોવા મળે છે જે અનુક્રમે $+\frac{1}{2}$ અને $-\frac{1}{2}$ છે.

કોયડો 8.7

નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ શા માટે જુદી જુદી રીતે થાય છે ?

$Pb_3O_4 + 8HCl \rightarrow 3PbCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$

અને

$Pb_3O_4 + 4HNO_3 \rightarrow 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2 + 2H_2O$

ઉકેલ :

વાસ્તવમાં Pb_3O_4 2 મોલ PbO અને 1 મોલ PbO_2 નું તત્ત્વયોગમિતિ મિશ્રણ છે. PbO_2માં લેડ +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં છે. પરંતુ PbO માં લેડની સ્થાયી ઑક્સિડેશન અવસ્થા +2 છે. આમ, PbO_2 ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. તેથી HCl માં રહેલ Cl^- આયન ક્લોરિનમાં ઑક્સિડેશન પામે છે. આપણે એ બાબતનું ધ્યાન રાખવું જોઈએ કે PbO બેઝિક ઑક્સાઇડ છે તેથી આ પ્રક્રિયા, $Pb_3O_4 + 8HCl \rightarrow 3PbCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$ને બે પ્રક્રિયાઓમાં વિભાજિત કરી શકાય, જેમ કે

$2PbO + 4HCl \rightarrow 2PbCl_2 + 2H_2O$

(ઍસિડ-બેઇઝ પ્રક્રિયા)

$\overset{+4}{Pb}O_2 + 4H\overset{-1}{Cl} \rightarrow \overset{+2}{Pb}Cl_2 + \overset{0}{Cl_2} + 2H_2O$

(રેડોક્ષ પ્રક્રિયા)

જોકે HNO_3 સ્વયં ઑક્સિડેશનકર્તા છે, તેથી PbO_2 અને HNO_3 વચ્ચે પ્રક્રિયા થતી નથી. તેમ છતાં PbO અને HNO_3 વચ્ચે ઍસિડ-બેઇઝ પ્રક્રિયા થાય છે.

$2PbO + 4HNO_3 \rightarrow 2Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$

આ પ્રક્રિયામાં PbO_2ની HNO_3 પ્રત્યે નિષ્ક્રિયતાના કારણે તે HCl થી થતી પ્રક્રિયાથી જુદી પડે છે.

8.3.2 રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓનું સમતોલન (Balancing of Redox Reactions)

રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓના રાસાયણિક સમીકરણોને સમતોલિત કરવા બે પદ્ધતિઓ વપરાય છે. તે પૈકીની એક પદ્ધતિ રિડક્શનકર્તા અને ઑક્સિડેશનકર્તાના ઑક્સિડેશન આંકમાં થતા ફેરફાર પર આધારિત હોય છે. જ્યારે બીજી પદ્ધતિમાં રેડોક્ષ પ્રક્રિયાને બે અડધા ભાગમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે. એક ભાગમાં ઑક્સિડેશન અને બીજા ભાગમાં રિડક્શન થાય છે. આ બંને પદ્ધતિઓ પ્રચલિત છે, પરંતુ વ્યક્તિ પોતાની ઇચ્છાનુસાર તેમનો ઉપયોગ કરે છે.

(a) ઑક્સિડેશન આંક પદ્ધતિ : અન્ય પ્રક્રિયાઓની જેમ ઑક્સિડેશન-રિડક્શન પ્રક્રિયાઓ માટે ભાગ લેનાર પદાર્થ તથા બનનાર નીપજોના સંઘટન (compositions) અને સૂત્રોની જાણકારી હોવી જરૂરી છે. ઑક્સિડેશન આંક પદ્ધતિને નીચેના સોપાનો દ્વારા સારી રીતે સમજાવી શકાય છે.

સોપાન 1 : દરેક પ્રક્રિયક અને નીપજના સાચા સૂત્રો લખો.

સોપાન 2 : પ્રક્રિયામાં દરેક તત્ત્વના પરમાણુઓનો ઑક્સિડેશન આંક લખી, જે પરમાણુઓના ઑક્સિડેશન આંકમાં ફેરફાર થતો હોય તેમને શોધો.

સોપાન 3 : દરેક પરમાણુ તથા પૂર્ણઅણુ/આયનના ઑક્સિડેશન આંકમાં થતાં વધારા કે ઘટાડાની ગણતરી કરો. જો તેમાં સમાનતા ન હોય તો યોગ્ય ગુણક વડે ગુણીને સમાન કરો. (જો તમને લાગે કે બે પદાર્થોનું રિડક્શન થાય છે અને કોઈનું ઑક્સિડેશન થતું નથી અથવા તેનાથી ઊલટું થાય તો સમજવું કે કોઈ સ્થાને ભૂલ છે. ક્યાં તો પ્રક્રિયક અથવા નીપજના સૂત્રો ખોટા લખ્યા હોય અથવા ઑક્સિડેશન આંક યોગ્ય રીતે ન લખ્યા હોય).

સોપાન 4 : જો પ્રક્રિયા જલીય માધ્યમમાં થતી હોય તો પ્રક્રિયામાં પ્રક્રિયકો અને નીપજોના વીજભારને સમાન કરવા માટે H^+ કે OH^- આયનને યોગ્ય બાજુ ઉમેરો. જો પ્રક્રિયા ઍસિડિક માધ્યમમાં થતી હોય તો H^+ આયનનો ઉપયોગ કરો. જો પ્રક્રિયા બેઝિક માધ્યમમાં થતી હોય તો OH^- આયનનો ઉપયોગ કરો.

સોપાન 5 : પ્રક્રિયાની બંને બાજુ હાઇડ્રોજન પરમાણુની સંખ્યા સમાન કરવા માટે પ્રક્રિયકો અથવા નીપજોની બાજુ પાણીનાં (H_2O) અણુઓ ઉમેરો. હવે પ્રક્રિયકો અને નીપજોમાં રહેલા ઑક્સિજન પરમાણુઓની સંખ્યાને પણ તપાસો. જો તે સમાન હોય તો આ સમીકરણ સમતોલિત રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે તેમ દર્શાવે છે.

ચાલો આપણે નીચે દર્શાવેલા કેટલાક કોયડા દ્વારા આ સોપાનોને સમજીએ.

કોયડો 8.8

પોટેશિયમ ડાયક્રોમેટ (VI) ($K_2Cr_2O_7$)ની સોડિયમ સલ્ફાઇટ (Na_2SO_3) સાથેની ઍસિડિક માધ્યમમાં થતી પ્રક્રિયાથી બનતા ક્રોમિયમ (III) આયન અને સલ્ફેટ આયનને ચોખ્ખા (net) આયનીય સમીકરણ સ્વરૂપે લખો.

ઉકેલ :

સોપાન 1 : મૂળ આયનીય પ્રક્રિયા

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + SO_3^{2-}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ છે.

સોપાન 2 : Cr અને Sના ઑક્સિડેશન આંક નક્કી કરો.

$$\overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}}(aq) + \overset{+4\ -2}{SO_3^{2-}}(aq) \rightarrow \overset{+3}{Cr^{3+}}(aq) + \overset{+6\ -2}{SO_4^{2-}}(aq)$$

આ સૂચવે છે કે ડાયક્રોમેટ આયન ઑક્સિડેશનકર્તા અને સલ્ફાઇટ આયન રિડક્શનકર્તા છે.

સોપાન 3 : ઑક્સિડેશન આંકમાં થતાં વધારા કે ઘટાડાની ગણતરી કરો અને તેમને સમાન બનાવો.

$$\overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}}(aq) + 3\overset{+4\ -2}{SO_3^{2-}}(aq) \rightarrow 2\overset{+3}{Cr^{3+}}(aq) + 3\overset{+6\ -2}{SO_4^{2-}}(aq)$$

સોપાન 4 : પ્રક્રિયા ઍસિડિક માધ્યમમાં થતી હોવાથી તથા બંને બાજુ આયનીય વીજભાર સમાન ન હોવાથી આયનીય વીજભારને સમાન બનાવવા ડાબી બાજુ $8H^+$ ઉમેરો.

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) + 8H^+ \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3SO_4^{2-}(aq)$$

સોપાન 5 : અંતમાં, હાઇડ્રોજન પરમાણુની ગણતરી કરો. જમણી બાજુ જરૂરી પાણીના અણુઓ (એટલે $4H_2O$) ઉમેરીને સમતોલિત રેડોક્ષ પ્રક્રિયા મેળવો.

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 3SO_3^{2-}(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3SO_4^{2-}(aq) + 4H_2O(l)$$

કોયડો 8.9

પરમેંગેનેટ આયન બ્રોમાઇડ આયન સાથે બેઝિક માધ્યમમાં પ્રક્રિયા કરી મેંગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડ અને બ્રોમેટ આયન બનાવે છે. આ પ્રક્રિયા માટે સમતોલિત આયન સમીકરણ લખો.

ઉકેલ :

સોપાન 1 : મૂળ આયનીય પ્રક્રિયા

$$MnO_4^-(aq) + Br^-(aq) \rightarrow MnO_2(s) + BrO_3^-(aq)$$

સોપાન 2 : Mn અને Brના ઑક્સિડેશન આંક નક્કી કરો.

$$\overset{+7}{MnO_4^-}(aq) + \overset{-1}{Br^-}(aq) \rightarrow \overset{+4}{MnO_2}(s) + \overset{+5}{BrO_3^-}(aq)$$

આ સૂચવે છે કે પરમેંગેનેટ આયન ઑક્સિડેશનકર્તા અને બ્રોમાઇડ આયન રિડક્શનકર્તા છે.

સોપાન 3 : ઑક્સિડેશન આંકમાં થતાં વધારા કે ઘટાડાની ગણતરી કરો તથા વધારા-ઘટાડાને સમાન બનાવો.

$$2\overset{+7}{MnO_4^-}(aq) + \overset{-1}{Br^-}(aq) \rightarrow 2\overset{+4}{MnO_2}(s) + \overset{+5}{BrO_3^-}(aq)$$

સોપાન 4 : પ્રક્રિયા બેઝિક માધ્યમમાં થતી હોવાથી તથા બંને બાજુ આયનીય વીજભાર સમાન ન હોવાથી આયનીય વીજભારને સમાન બનાવવા જમણી બાજુ $2OH^-$ ઉમેરો.

$$2MnO_4^-(aq) + Br^-(aq) \rightarrow 2MnO_2(s) + BrO_3^-(aq) + 2OH^-(aq)$$

સોપાન 5 : અંતમાં, હાઇડ્રોજન પરમાણુની ગણતરી કરો. ડાબી બાજુ જરૂરી પાણીના અણુઓ (એટલે કે એક H_2O અણુ) ઉમેરીને સમતોલિત રેડોક્ષ પ્રક્રિયા મેળવો.

$$2MnO_4^-(aq) + Br^-(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2MnO_2(s) + BrO_3^-(aq) + 2OH^-(aq)$$

(b) અર્ધ પ્રક્રિયા પદ્ધતિ : આ પદ્ધતિમાં બે અર્ધ પ્રક્રિયાઓનાં સમીકરણોને અલગથી સમતોલ કરવામાં આવે છે અને ત્યારબાદ બંનેનો સરવાળો કરવાથી સમતોલિત સમીકરણ મળે છે.

ધારો કે આપણે Fe^{2+} આયનનું Fe^{3+} આયનમાં ઑક્સિડેશન થતું હોય તેવી ડાયક્રોમેટ આયન ($Cr_2O_7^{2-}$) દ્વારા ઍસિડિક માધ્યમમાં થતી પ્રક્રિયા, જેમાં $Cr_2O_7^{2-}$ આયનનું Cr^{3+} આયનમાં રિડક્શન થાય છે, તેને સમતોલ કરવી છે. આ માટે નીચેના સોપાનોને અનુસરવામાં આવે છે.

સોપાન 1 : પ્રક્રિયાના અસમતોલિત સમીકરણને આયનીય સ્વરૂપમાં લખો.

$$Fe^{2+}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + Cr^{3+}(aq) \quad (8.50)$$

સોપાન 2 : સમીકરણને અર્ધપ્રક્રિયાઓ સ્વરૂપે અલગ પાડો.

ઑક્સિડેશન અર્ધપ્રક્રિયા : $\overset{+2}{Fe^{2+}}(aq) \rightarrow \overset{+3}{Fe^{3+}}(aq)$ (8.51)

રિડક્શન અર્ધપ્રક્રિયા : $\overset{+6\ -2}{Cr_2O_7^{2-}}(aq) \rightarrow \overset{+3}{Cr^{3+}}(aq)$ (8.52)

સોપાન 3 : બંને અર્ધપ્રક્રિયામાં રહેલા O અને H સિવાયના પરમાણુઓનું સમતોલન કરો. અહીં ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયામાં Fe પરમાણુઓ પહેલેથી જ સમતોલનમાં છે. રિડક્શન પ્રક્રિયામાં Cr પરમાણુઓને સમતોલ કરવા Cr^{3+}ને 2 વડે ગુણવામાં આવે છે.

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) \quad (8.53)$$

સોપાન 4 : પ્રક્રિયા ઍસિડિક માધ્યમમાં થતી હોવાથી O પરમાણુઓને સમતોલ કરવા H_2O અને H પરમાણુઓને સમતોલ કરવા H^+ ઉમેરો. તેથી આપણને નીચેનું સમીકરણ મળશે.

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \quad (8.54)$$

સોપાન 5 : વીજભારને સમતોલ કરવા અર્ધપ્રક્રિયાની એક બાજુએ ઇલેક્ટ્રૉન ઉમેરો. બંને અર્ધપ્રક્રિયામાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા સરખી કરવા માટે જરૂરિયાત મુજબ કોઈ એક અથવા બંને અર્ધપ્રક્રિયાઓને યોગ્ય ગુણાંક વડે ગુણો. ઑક્સિડેશન અર્ધપ્રક્રિયાના વીજભારને સમતોલ કરી પ્રક્રિયાને પુનઃ આ પ્રમાણે લખી શકાય.

$$Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e^- \quad (8.55)$$

રિડક્શન અર્ધપ્રક્રિયામાં ડાબી બાજુ ચોખ્ખો 12 ધન વીજભાર છે, જ્યારે જમણી બાજુ માત્ર છ ધનવીજભાર છે. તેથી આપણે ડાબી બાજુ 6 ઇલેક્ટ્રૉન ઉમેરીએ છીએ.

$$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \quad (8.56)$$

બંને અર્ધપ્રક્રિયાઓમાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યાને સમાન કરવા આપણે ઑક્સિડેશન અર્ધપ્રક્રિયાને 6 વડે ગુણી તેને નીચે મુજબ લખી શકાય :

$$6Fe^{2+}(aq) \rightarrow 6Fe^{3+}(aq) + 6e^- \quad (8.57)$$

સોપાન 6 : બંને અર્ધપ્રક્રિયાઓનો સરવાળો કરતા આપણને એકંદર પ્રક્રિયા મળશે તથા બંને બાજુના ઇલેક્ટ્રૉન રદ થશે, જેથી નીચે મુજબનું ચોખ્ખું આયનીય સમીકરણ મળે છે.

$$6Fe^{2+}(aq) + Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) \rightarrow 6Fe^{3+}(aq) + 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l) \quad (8.58)$$

સોપાન 7 : ચકાસી જુઓ કે સમીકરણની બંને બાજુએ સમાન પરમાણુઓની સંખ્યા તથા વીજભાર સમાન છે ? આ છેલ્લી ચકાસણી દર્શાવે છે કે સમીકરણમાં પરમાણુઓની સંખ્યા તથા વીજભાર સંપૂર્ણપણે સમતોલિત છે.

બેઝિક માધ્યમ માટે પ્રક્રિયાને પ્રથમ તે પ્રમાણે સમતોલ કરો કે જે પ્રમાણે ઍસિડિક માધ્યમ માટે કરો છો, ત્યારબાદ સમીકરણમાં બંને બાજુ H^+ આયનની સંખ્યા જેટલા OH^- આયન ઉમેરો. સમીકરણમાં જ્યાં H^+ અને OH^- એક સાથે છે ત્યાં તેઓને જોડીને H_2O લખી દો.

કોયડો 8.10

પરમેંગેનેટ (VII) આયન (MnO_4^-) બેઝિક માધ્યમમાં આયોડાઇડ આયન (I^-)નું ઑક્સિડેશન કરી આયોડિનનો અણુ (I_2) અને મેંગેનીઝ (IV) ઑક્સાઇડ (MnO_2) બનાવે છે. આ રેડોક્ષ પ્રક્રિયાને દર્શાવતું સમતોલિત આયનીય સમીકરણ લખો.

ઉકેલ :

સોપાન 1 : સૌપ્રથમ આપણે મૂળ આયનીય સમીકરણ લખીએ.

$$MnO_4^-(aq) + I^-(aq) \rightarrow MnO_2(s) + I_2(s)$$

સોપાન 2 : બે અર્ધપ્રક્રિયાઓ,

ઑક્સિડેશન અર્ધપ્રક્રિયા : $\overset{-1}{I^-}(aq) \rightarrow \overset{0}{I_2}(s)$

રિડક્શન અર્ધપ્રક્રિયા : $\overset{+7}{MnO_4^-}(aq) \rightarrow \overset{+4}{MnO_2}(s)$

સોપાન 3 : ઑક્સિડેશન અર્ધપ્રક્રિયામાં I પરમાણુઓને સમતોલ કરી સમીકરણને પુનઃ નીચે પ્રમાણે લખી શકાય.

$$2I^-(aq) \rightarrow I_2(s)$$

સોપાન 4 : રિડક્શન અર્ધપ્રક્રિયામાં O પરમાણુઓને સમતોલ કરવા આપણે જમણી બાજુ પાણીના બે અણુઓ ઉમેરીએ,

$$MnO_4^-(aq) \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$$

H પરમાણુઓને સમતોલ કરવા આપણે ડાબી બાજુ ચાર H^+ આયનો ઉમેરીએ,

$$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$$

આ પ્રક્રિયા બેઝિક માધ્યમમાં થાય છે તેથી ચાર H^+ આયનો માટે આપણે સમીકરણની બંને બાજુ ચાર OH^- આયન ઉમેરીએ,

$$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) + 4OH^-(aq) \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l) + 4OH^-(aq)$$

H^+ અને OH^- આયનના સરવાળાને સ્થાને પાણીનો અણુ મૂકવાથી મળતું સમીકરણ :

$$MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$$

સોપાન 5 : આ સોપાનમાં આપણે બે અર્ધપ્રક્રિયાઓના વીજભારને નીચે મુજબ સમતોલ કરી શકીએ.

$$2I^-(aq) \rightarrow I_2(s) + 2e^-$$

$$MnO_4^-(aq) + 2H_2O(l) + 3e^- \rightarrow MnO_2(s) + 4OH^-(aq)$$

હવે આપણે ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યાને સમતોલ કરવા ઑક્સિડેશન અર્ધપ્રક્રિયાને 3 વડે અને રિડક્શન અર્ધપ્રક્રિયાને 2 વડે ગુણીએ,

$6I^-(aq) \rightarrow 3I_2(s) + 6e^-$

$2MnO_4^-(aq) + 4H_2O(l) + 6e^- \rightarrow 2MnO_2(s) + 8OH^-(aq)$

સોપાન 6 : બંને અર્ધપ્રક્રિયાઓનો સરવાળો કરતાં બંને બાજુના ઇલેક્ટ્રૉન રદ થઈ મળતી ચોખ્ખી પ્રક્રિયા :

$6I^-(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 4H_2O(l) \rightarrow 3I_2(s) + 2MnO_2(s) + 8OH^-(aq)$

સોપાન 7 : અંતિમ ચકાસણી દર્શાવે છે કે સમીકરણની બંને બાજુએ રહેલા પરમાણુઓની સંખ્યા અને વીજભારની દૃષ્ટિએ મેળવેલ ઉપરોક્ત સમીકરણ સમતોલિત છે.

8.3.3 રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ પર આધારિત અનુમાપનો (Redox Reactions as the Basis for Titrations)

ઍસિડ-બેઇઝ પ્રણાલીમાં આપણે એવી અનુમાપન પદ્ધતિના સંપર્કમાં આવીએ છીએ કે જેમાં એક દ્રાવણની પ્રબળતા બીજા દ્રાવણની મદદથી pH સંવેદનશીલ સૂચકના ઉપયોગથી નક્કી કરવામાં આવે છે. તેવી જ રીતે રેડોક્ષ પ્રણાલીમાં પણ રિડક્શનકર્તા/ઑક્સિડેશનકર્તાની પ્રબળતા નક્કી કરવા રેડોક્ષ સંવેદનશીલ સૂચકનો ઉપયોગ કરી અનુમાપન પદ્ધતિ અપનાવી શકાય છે. સૂચકોના ઉપયોગોને નીચે મુજબ સમજાવી શકાય છે :

(i) જો કોઈ પ્રક્રિયક સ્વયં ઘેરા રંગનો હોય તો તે સ્વયંસૂચક તરીકે વર્તે છે. દા.ત., પરમેંગેનેટ આયન (MnO_4^-). જ્યારે રિડક્શનકર્તાનો (Fe^{2+} અથવા $C_2O_4^{2-}$) અંતિમ ભાગ ઑક્સિડેશન પામ્યો હશે ત્યારે દૃશ્યમાન અંતિમ બિંદુ પ્રાપ્ત થાય છે. MnO_4^- આયનની સાંદ્રતા 10^{-6} mol dm^{-3} (10^{-6} mol L^{-1})થી ઓછી હોય તો પણ ગુલાબી રંગની પ્રબળ સ્થાયી ઝલક જોવા મળે છે. જેથી સમતુલ્યબિંદુ કે જ્યાં રિડક્શનકર્તા અને ઑક્સિડેશનકર્તાની મોલ તત્ત્વયોગમિતિ સમાન હોય છે ત્યારે રંગ ન્યૂનતમથી અતિશય બની જાય છે.

(ii) જેવું MnO_4^-ના અનુમાપનમાં થાય છે તેવું નાટકીય રીતે સ્વયં રંગ પરિવર્તન જોવા મળતું ન હોય ત્યારે એવા સૂચક પણ જોવા મળે છે કે જે રિડક્શનકર્તાનો અંતિમ ભાગ વપરાઈ ગયા બાદ પોતાનું ઑક્સિડેશન કરી નાટકીય રીતે રંગ પરિવર્તન દર્શાવે છે. તેનું સર્વોત્તમ ઉદાહરણ $Cr_2O_7^{2-}$ છે. જે સ્વયંસૂચક નથી. પરંતુ સમતુલ્યબિંદુ પછી તરત જ તે ડાયફિનાઇલએમાઇન સૂચકનું ઑક્સિડેશન કરી દ્રાવણને ઘેરા વાદળી રંગનું બનાવે છે. આ રીતે અંતિમ બિંદુ નક્કી થાય છે.

(iii) અન્ય એક પદ્ધતિ પણ છે જે રસપ્રદ અને સામાન્ય છે. આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ માત્ર એવા પ્રક્રિયકો માટે સીમિત છે કે જે I^- આયનોનું ઑક્સિડેશન કરી શકે છે. દા.ત., Cu(II) :

$$2Cu^{2+}(aq) + 4I^-(aq) \rightarrow Cu_2I_2(s) + I_2(aq) \quad (8.59)$$

આ પદ્ધતિનો આધાર આયોડિનની સ્ટાર્ચ સાથે ઘેરા વાદળી રંગ આપવાની પ્રક્રિયા તથા આયોડિનની થાયોસલ્ફેટ આયન ($S_2O_3^{2-}$) સાથેની વિશેષ પ્રક્રિયા કે જે રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે તેના પર છે.

$$I_2(aq) + 2S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq) \quad (8.60)$$

જોકે I_2 પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે, વધેલા KIના દ્રાવણમાં KI_3 સ્વરૂપે હોય છે.

જ્યારે આયોડાઇડ આયન સાથે Cu^{2+} આયનની પ્રક્રિયા થાય છે ત્યારે ઉત્પન્ન થયેલા આયોડિન બાદ ઉમેરવામાં આવતો સ્ટાર્ચ ઘેરો વાદળી રંગ આપે છે. થાયોસલ્ફેટ દ્વારા આયોડિન વપરાવાના કારણે ઉત્પન્ન થતો આ રંગ શક્ય તેટલી ઝડપથી અદૃશ્ય થાય છે. આ રીતે અંતિમ બિંદુને સરળતાથી જાણી શકાય છે. જ્યારે બાકીનો ભાગ માત્ર તત્ત્વયોગમિતિય ગણતરી હોય છે.

8.3.4 ઑક્સિડેશન આંકની સંકલ્પનાની મર્યાદાઓ (Limitations of Concept of Oxidation Number)

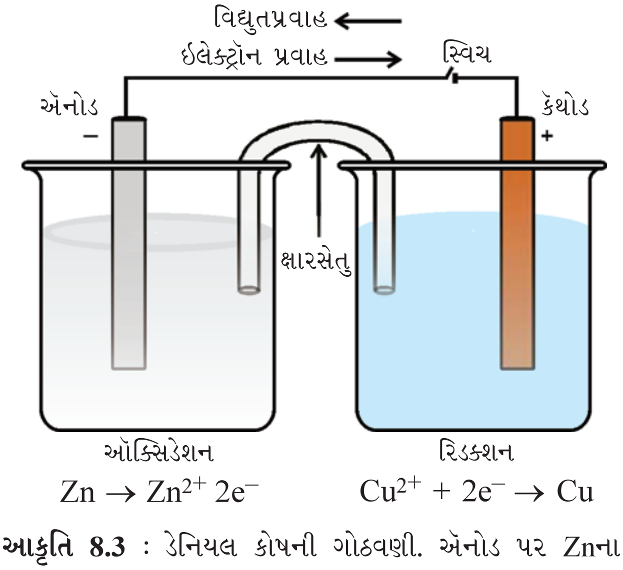
ઉપરોક્ત ચર્ચાના આધારે તમે જાણી ગયા હશો કે રેડોક્ષ પ્રક્રિયાની સંકલ્પનાનો વિકાસ સમય સાથે થતો ગયો છે. આ પદ્ધતિનો વિકાસ હાલમાં પણ ચાલુ છે. વાસ્તવમાં થોડા સમય પહેલા ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાને પ્રક્રિયામાં સમાવિષ્ટ પરમાણુની આસપાસ ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતામાં થતા ઘટાડા સ્વરૂપે અને રિડક્શન પ્રક્રિયાને ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતામાં થતા વધારા સ્વરૂપે જોવામાં આવતું હતું.

8.4 રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ અને વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રમો (Redox Reactions and Electrode Processes)

જો ઝિંકના સળિયાને કૉપર સલ્ફેટના દ્રાવણમાં ડુબાડવામાં આવે તો પ્રક્રિયા(8.15)ને અનુરૂપ પ્રયોગ જોવા મળે છે. આ રેડોક્ષ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઝિંકથી કૉપર તરફના ઇલેક્ટ્રૉનના પ્રત્યક્ષ સ્થાનાંતરને કારણે ઝિંક ધાતુનું ઑક્સિડેશન થઈ ઝિંક આયન તથા કૉપર આયનનું રિડક્શન થઈ કૉપર ધાતુ બને છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉષ્માનું ઉત્સર્જન થાય છે. આ જ પ્રક્રિયા માટે આ પ્રયોગમાં થોડો ફેરફાર તે મુજબ કરવામાં આવે કે જેથી ઇલેક્ટ્રૉનનું થતું સ્થાનાંતર અપ્રત્યક્ષ રીતે થાય. આ માટે કૉપર

સલ્ફેટના દ્રાવણમાંથી ઝિંક ધાતુને અલગ કરવી આવશ્યક થઈ જાય છે. હવે આપણે એક બીકરમાં કૉપર સલ્ફેટનું દ્રાવણ લઈ તેમાં કૉપરના સળિયાને મૂકીએ તથા બીજા બીકરમાં ઝિંક સલ્ફેટનું દ્રાવણ લઈ ઝિંકના સળિયાને મૂકીએ. તેથી બંને બીકરોમાં ધાતુ અને તેના ક્ષારના દ્રાવણના આંતરપૃષ્ઠ પર એક જ પ્રકારના રસાયણના રિડક્શન પામેલા અને ઑક્સિડેશન પામેલા સ્વરૂપો એક સાથે હાજર હોય છે. જે ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન અર્ધપ્રક્રિયાઓમાં રહેલી સ્પીસિઝને દર્શાવે છે. ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન પ્રક્રિયાઓમાં ભાગ લેતા પદાર્થોના ઑક્સિડેશન પામેલા અને રિડક્શન પામેલા સ્વરૂપોની એક સાથે હાજરીને **રેડોક્ષ યુગ્મ** (redox couple) કહેવામાં આવે છે.

આ ઑક્સિડેશન પામેલા સ્વરૂપને રિડક્શન પામેલા સ્વરૂપથી અલગ પાડવા સીધી કે ત્રાંસી લીટીનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે (દા.ત., ઘન/દ્રાવણ). આ ઉદાહરણમાં બે રેડોક્ષ યુગ્મોને Zn^{2+} / Zn અને Cu^{2+} / Cu વડે દર્શાવાય છે. બંને કિસ્સામાં ઑક્સિડેશન પામેલા સ્વરૂપને રિડક્શન પામેલા સ્વરૂપની પહેલા મૂકાય છે. હવે આપણે કૉપર સલ્ફેટ દ્રાવણવાળા બીકરને ઝિંક સલ્ફેટવાળા બીકરની બાજુમાં રાખીએ (આકૃતિ 8.3). હવે આપણે આ બે બીકરને ક્ષારસેતુ વડે જોડીએ (પોટેશિયમ ક્લોરાઇડ અથવા એમોનિયમ નાઈટ્રેટને અગાર-અગાર સાથે ઉકાળીને U આકારની



આકૃતિ 8.3 : ડેનિયલ કોષની ગોઠવણી. ઍનોડ પર Znના ઑક્સિડેશનથી ઉત્પન્ન થયેલા ઇલેક્ટ્રૉન બાહ્યપરિપથ દ્વારા કૅથોડ સુધી પહોંચે છે જ્યાં કૉપર આયનનું રિડક્શન કરે છે. કોષની અંદરનો પરિપથ ક્ષારસેતુમાં રહેલા આયનોના સ્થાનાંતર દ્વારા પૂર્ણ થાય છે. એ નોંધવું જોઈએ કે વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઇલેક્ટ્રૉન પ્રવાહની દિશાની વિરુદ્ધ હોય છે.

નળીમાં ભરી, ઠંડું પાડી જેલી જેવું સ્વરૂપ બનાવવામાં આવે છે). આ બંને દ્રાવણોને એકબીજામાં મિશ્ર કર્યા વિના વિદ્યુત સંપર્ક આપવામાં આવે છે. ઝિંક અને કૉપરના સળિયાઓને એમીટર તથા સ્વિચ દ્વારા ધાતુના તારથી જોડવામાં આવે છે. આકૃતિ 8.3માં દર્શાવ્યા મુજબની ગોઠવણીને ડેનિયલ કોષ કહે છે. સ્વિચ બંધ હોય ત્યારે કોઈ પણ બીકરમાં કોઈ પ્રક્રિયા થતી નથી અને ધાતુના તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થતો નથી. સ્વિચને ચાલુ કરવાથી આપણને નીચેના અવલોકનો જોવા મળે છે.

1. Znથી Cu^{2+} તરફ ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર પ્રત્યક્ષ રીતે થતું નથી, પરંતુ બે સળિયાને જોડનાર ધાતુ તાર દ્વારા થાય છે. જેને તીર દ્વારા વિદ્યુતપ્રવાહના સ્વરૂપે દર્શાવેલું છે.
2. એક બીકરમાં રાખેલા દ્રાવણથી બીજા બીકરમાં રાખેલા દ્રાવણ તરફ આયનોનું સ્થાનાંતર ક્ષાર સેતુ દ્વારા થાય છે. આપણે જાણીએ છીએ કે કૉપર અને ઝિંકના સળિયાઓ જે **વિદ્યુતધ્રુવો** તરીકે ઓળખાય છે, તેમની વચ્ચેના પોટેન્શિયલના તફાવતના કારણે વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે.

દરેક વિદ્યુતધ્રુવના પોટેન્શિયલને **વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ** કહે છે. જો વિદ્યુતધ્રુવની પ્રક્રિયામાં ભાગ લેતી પ્રત્યેક સ્પીસિઝ એકમ સાંદ્રતા ધરાવતી હોય (જો વિદ્યુતધ્રુવની પ્રક્રિયામાં કોઈ વાયુ ઉત્પન્ન થતો હોય તો તે એક વાતાવરણ દબાણે હોવો જોઈએ.) અને પ્રક્રિયા 298 K તાપમાને થતી હોય તો દરેક વિદ્યુતધ્રુવના પોટેન્શિયલને **પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ** કહે છે. સામાન્ય રીતે એમ માનવામાં આવે છે કે પ્રમાણિત હાઇડ્રોજન વિદ્યુતધ્રુવનો પોટેન્શિયલ 0.0 વૉલ્ટ છે. દરેક વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રિયા માટે વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય સક્રિય સ્પીસિઝના ઑક્સિડેશન પામેલા / રિડક્શન પામેલા સ્વરૂપોના સાપેક્ષ વલણનું માપ છે. $E^{\ominus}$ના ઋણ મૂલ્યનો અર્થ થાય છે કે રેડોક્ષ યુગ્મ, H^+ / H_2 યુગ્મની સરખામણીમાં પ્રબળ રિડક્શનકર્તા છે. $E^{\ominus}$ના ધન મૂલ્યનો અર્થ થાય છે કે રેડોક્ષ યુગ્મ, H^+ / H_2 યુગ્મની સરખામણીમાં નિર્બળ રિડક્શનકર્તા છે. પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ બહુ જ મહત્ત્વપૂર્ણ છે. તેનાથી આપણને બહુ જ ઉપયોગી અન્ય જાણકારી પણ મળે છે. કેટલીક પસંદગીયુક્ત વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રિયાઓ (રિડક્શન પ્રક્રિયાઓ)ના પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલના મૂલ્યોને કોષ્ટક 8.1માં દર્શાવ્યા છે. તમે વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રિયાઓ અને કોષો વિશે વધુ ઊંડાણમાં ધોરણ 12માં શીખશો.

કોષ્ટક 8.1 પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ (298 K)

આયન જલીય સ્પીસિઝ સ્વરૂપે અને H_2O પ્રવાહી સ્વરૂપે હાજર છે; વાયુ અને ઘનને અનુક્રમે g અને s દ્વારા દર્શાવવામાં આવ્યું છે.

પ્રક્રિયા (ઑક્સિડેશન પામેલું સ્વરૂપ + ne^-	→	રિડક્શન પામેલું સ્વરૂપ)	$E^\ominus$ / V
$F_2(g) + 2e^-$	→	$2F^-$	2.87
$Co^{3+} + e^-$	→	Co^{2+}	1.81
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^-$	→	$2H_2O$	1.78
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^-$	→	$Mn^{2+} + 4H_2O$	1.51
$Au^{3+} + 3e^-$	→	$Au(s)$	1.40
$Cl_2(g) + 2e^-$	→	$2Cl^-$	1.36
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^-$	→	$2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33
$O_2(g) + 4H^+ + 4e^-$	→	$2H_2O$	1.23
$MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^-$	→	$Mn^{2+} + 2H_2O$	1.23
$Br_2 + 2e^-$	→	$2Br^-$	1.09
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^-$	→	$NO(g) + 2H_2O$	0.97
$2Hg^{2+} + 2e^-$	→	Hg_2^{2+}	0.92
$Ag^+ + e^-$	→	$Ag(s)$	0.80
$Fe^{3+} + e^-$	→	Fe^{2+}	0.77
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^-$	→	H_2O_2	0.68
$I_2(s) + 2e^-$	→	$2I^-$	0.54
$Cu^+ + e^-$	→	$Cu(s)$	0.52
$Cu^{2+} + 2e^-$	→	$Cu(s)$	0.34
$AgCl(s) + e^-$	→	$Ag(s) + Cl^-$	0.22
$AgBr(s) + e^-$	→	$Ag(s) + Br^-$	0.10
$2H^+ + 2e^-$	→	**$H_2(g)$**	**0.00**
$Pb^{2+} + 2e^-$	→	$Pb(s)$	-0.13
$Sn^{2+} + 2e^-$	→	$Sn(s)$	-0.14
$Ni^{2+} + 2e^-$	→	$Ni(s)$	-0.25
$Fe^{2+} + 2e^-$	→	$Fe(s)$	-0.44
$Cr^{3+} + 3e^-$	→	$Cr(s)$	-0.74
$Zn^{2+} + 2e^-$	→	$Zn(s)$	-0.76
$2H_2O + 2e^-$	→	$H_2(g) + 2OH^-$	-0.83
$Al^{3+} + 3e^-$	→	$Al(s)$	-1.66
$Mg^{2+} + 2e^-$	→	$Mg(s)$	-2.36
$Na^+ + e^-$	→	$Na(s)$	-2.71
$Ca^{2+} + 2e^-$	→	$Ca(s)$	-2.87
$K^+ + e^-$	→	$K(s)$	-2.93
$Li^+ + e^-$	→	$Li(s)$	-3.05

↑ ઑક્સિડેશનકર્તાની પ્રબળતા વધે છે.

↓ રિડક્શનકર્તાની પ્રબળતા વધે છે.

1. ઋણ $E^\ominus$ એટલે કે રેડોક્ષ યુગ્મ, H^+/H_2 યુગ્મની સરખામણીમાં પ્રબળ રિડક્શનકર્તા છે.
2. ધન $E^\ominus$ એટલે કે રેડોક્ષ યુગ્મ, H^+/H_2 યુગ્મની સરખામણીમાં નિર્બળ રિડક્શનકર્તા છે.

સારાંશ

પ્રક્રિયાઓનો એક મહત્ત્વનો વર્ગ રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે, જેમાં **ઑક્સિડેશન** તથા **રિડક્શન** એકસાથે થાય છે. આ એકમમાં ત્રણ પ્રકારની સંકલ્પનાઓ ઊંડાણથી આપવામાં આવી છે. જેવી કે ચિરસંમત, ઇલેક્ટ્રૉનીય અને ઑક્સિડેશન આંક. દરેક સંકલ્પનાઓના આધારે ઑક્સિડેશન, રિડક્શન, ઑક્સિડેશનકર્તા **(ઑક્સિડન્ટ)** અને રિડક્શનકર્તાને **(રિડક્ટન્ટ)** સમજાવવામાં આવ્યા છે. ચોક્કસ નિયમોને આધારે **ઑક્સિડેશન આંક** નક્કી કરવામાં આવે છે. ઑક્સિડેશન આંક અને આયન-ઇલેક્ટ્રૉન પદ્ધતિ રેડોક્ષ પ્રક્રિયાના સમીકરણ લખવામાં ઉપયોગી છે. રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓને ચાર ભાગમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે : સંયોગીકરણ પ્રક્રિયા, વિઘટન પ્રક્રિયા, વિસ્થાપન પ્રક્રિયા અને વિષમીકરણ પ્રક્રિયા. **રેડોક્ષ યુગ્મ** અને **વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રમો**ની સંકલ્પનાને પણ સમાવવામાં આવ્યા છે. રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓનો વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રમ તથા કોષના અભ્યાસ માટે વ્યાપક ઉપયોગ થાય છે.

સ્વાધ્યાય

8.1 નીચે દર્શાવેલી સ્પીસિઝમાં લીટી દોરેલા દરેક તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંક નક્કી કરો :

(a) $NaH_2\underline{P}O_4$ (b) $NaH\underline{S}O_4$ (c) $H_4\underline{P}_2O_7$ (d) $K_2\underline{Mn}O_4$

(e) $Ca\underline{O}_2$ (f) $Na\underline{B}H_4$ (g) $H_2\underline{S}_2O_7$ (h) $KAl(\underline{S}O_4)_2, 12H_2O$

8.2 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં લીટી દોરેલા દરેક તત્ત્વના ઑક્સિડેશન આંક શું હશે ? તમે પરિણામો કેવી રીતે મેળવ્યા તે સમજાવો :

(a) $K\underline{I}_3$ (b) $H_2\underline{S}_4O_6$ (c) $\underline{Fe}_3O_4$ (d) $\underline{C}H_3\underline{C}H_2OH$ (e) $\underline{C}H_3\underline{C}OOH$

8.3 નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ છે, તેનું વાજબીપણું પુરવાર કરો :

(a) $CuO(s) + H_2(g) \rightarrow Cu(s) + H_2O(g)$

(b) $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$

(c) $4BCl_3(g) + 3LiAlH_4(s) \rightarrow 2B_2H_6(g) + 3LiCl(s) + 3AlCl_3(s)$

(d) $2K(s) + F_2(g) \rightarrow 2K^+F^-(s)$

(e) $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$

8.4 ફ્લોરિન બરફ સાથે પ્રક્રિયા કરી નીચે દર્શાવ્યા મુજબનું પરિવર્તન લાવે છે :

$H_2O(s) + F_2(g) \rightarrow HF(g) + HOF(g)$

આ પ્રક્રિયા રેડોક્ષ પ્રક્રિયા છે તેનું વાજબીપણું પુરવાર કરો.

8.5 H_2SO_5, $Cr_2O_7^{2-}$ અને NO_3^- માં રહેલા સલ્ફર, ક્રોમિયમ અને નાઇટ્રોજન તત્ત્વોના ઑક્સિડેશન આંકની ગણતરી કરો. આ સંયોજનોના બંધારણીય સૂત્રો સૂચવો. ખોટા તર્કને સ્પષ્ટ કરો.

8.6 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના સૂત્રો લખો :

(a) મરક્યુરી (II) ક્લોરાઇડ (b) નિકલ (II) સલ્ફેટ

(c) ટીન (IV) ઑક્સાઇડ (d) થેલિયમ (I) સલ્ફેટ

(e) આયર્ન (III) સલ્ફેટ (f) ક્રોમિયમ (III) ઑક્સાઇડ

8.7 એવા સંયોજનોની યાદી તૈયાર કરો કે જેમાં કાર્બન પરમાણુ –4 થી +4 સુધીની અને નાઇટ્રોજન પરમાણુ –3 થી +5 સુધીની ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવતા હોય.

8.8 સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ અને હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ તેઓની પ્રક્રિયામાં ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા એમ બંને રીતે પ્રક્રિયા કરે છે જ્યારે ઓઝોન અને નાઇટ્રિક ઍસિડ માત્ર ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. શા માટે ?

8.9 નીચેની પ્રક્રિયાઓ અંગે વિચાર કરો :

(a) $6CO_2(g) + 6H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g)$

(b) $O_3(g) + H_2O_2(l) \rightarrow H_2O(l) + 2O_2(g)$

આ પ્રક્રિયાઓને નીચે મુજબ લખવી શા માટે વધુ ઉચિત છે ?

(a) $6CO_2(g) + 12H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6H_2O(l) + 6O_2(g)$

(b) $O_3(g) + H_2O_2(l) \rightarrow H_2O(l) + O_2(g) + O_2(g)$

ઉપરોક્ત રેડોક્ષ પ્રક્રિયા (a) અને (b)ના પથ નક્કી કરવાની પ્રવિધિ પણ સૂચવો.

8.10 AgF_2 અસ્થાયી સંયોજન છે. જો તે બની જાય તો આ સંયોજન પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. શા માટે ?

8.11 જ્યારે ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા વચ્ચે પ્રક્રિયા થાય છે ત્યારે જો રિડક્શનકર્તાનું પ્રમાણ વધારે હોય તો નિમ્નતર ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળું સંયોજન બને છે. જ્યારે ઑક્સિડેશનકર્તાનું પ્રમાણ વધારે હોય તો ઉચ્ચતર ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળું સંયોજન બને છે. આ વિધાનનું વાજબીપણું ત્રણ ઉદાહરણો આપીને પુરવાર કરો.

8.12 નીચેના અવલોકનોને કેવી રીતે સમજાવશો ?

(a) આલ્કલાઇન પોટેશિયમ પરમેંગેનેટ અને એસિડિક પોટેશિયમ પરમેંગેનેટ બંને ઑક્સિડેશનકર્તા છે, તેમ છતાં ટોલ્યુઇનમાંથી બેન્ઝોઇક ઍસિડ બનાવવા માટે આપણે શા માટે આલ્કોહોલિય પોટેશિયમ પરમેંગેનેટનો ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે ઉપયોગ કરીએ છીએ ? આ પ્રક્રિયા માટેનું સમતોલિત રેડોક્ષ સમીકરણ લખો.

(b) ક્લોરાઇડયુક્ત અકાર્બનિક મિશ્રણમાં સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે તીવ્ર વાસવાળો રંગવિહીન HCl વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે, પરંતુ જો મિશ્રણમાં બ્રોમાઇડ હોય તો બ્રોમિનની લાલ વરાળ ઉત્પન્ન થાય છે. શા માટે ?

8.13 નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓમાં ઑક્સિડેશન પામેલ સ્પીસિઝ, રિડક્શન પામેલ સ્પીસિઝ, ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા ઓળખી બતાવો.

(a) $2AgBr(s) + C_6H_6O_2(aq) \rightarrow 2Ag(s) + 2HBr(aq) + C_6H_4O_2(aq)$

(b) $HCHO(l) + 2[Ag(NH_3)_2]^+(aq) + 3OH^-(aq) \rightarrow 2Ag(s) + HCOO^-(aq) + 4NH_3(aq) + 2H_2O(l)$

(c) $HCHO(l) + 2Cu^{2+}(aq) + 5OH^-(aq) \rightarrow Cu_2O(s) + HCOO^-(aq) + 3H_2O(l)$

(d) $N_2H_4(l) + 2H_2O_2(l) \rightarrow N_2(g) + 4H_2O(l)$

(e) $Pb(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$

8.14 નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓનો વિચાર કરો :

$2S_2O_3^{2-}(aq) + I_2(s) \rightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2I^-(aq)$

$S_2O_3^{2-}(aq) + 2Br_2(l) + 5H_2O(l) \rightarrow 2SO_4^{2-}(aq) + 4Br^-(aq) + 10H^+(aq)$

ઉપરોક્ત પ્રક્રિયામાં એક જ રિડક્શનકર્તા થાયોસલ્ફેટ આયોડિન અને બ્રોમિન સાથે જુદી જુદી પ્રક્રિયા શા માટે આપે છે ?

8.15 પ્રક્રિયાઓ આપી વાજબીપણું પુરવાર કરો કે હેલોજનમાં ફ્લોરિન ઉત્તમ ઑક્સિડેશનકર્તા અને હાઇડ્રોહેલિક સંયોજનોમાં હાઇડ્રોઆયોડિક ઍસિડ ઉત્તમ રિડક્શનકર્તા છે.

8.16 નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયા શા માટે થાય છે ?

$XeO_6^{4-}(aq) + 2F^-(aq) + 6H^+(aq) \rightarrow XeO_3(g) + F_2(g) + 3H_2O(l)$

સંયોજન Na_4XeO_6 (જેનો એક ભાગ XeO_6^{4-} છે) માટે તમે આ પ્રક્રિયાનો શું નિષ્કર્ષ કાઢી શકો છો ?

8.17 નીચેની પ્રક્રિયાઓનો વિચાર કરો :

(a) $H_3PO_2(aq) + 4AgNO_3(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow H_3PO_4(aq) + 4Ag(s) + 4HNO_3(aq)$

(b) $H_3PO_2(aq) + 2CuSO_4(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow H_3PO_4(aq) + 2Cu(s) + H_2SO_4(aq)$

(c) $C_6H_5CHO(l) + 2[Ag(NH_3)_2]^+(aq) + 3OH^-(aq) \rightarrow C_6H_5COO^-(aq) + 2Ag(s) + 4NH_3(aq) + 2H_2O(l)$

(d) $C_6H_5CHO(l) + 2Cu^{2+}(aq) + 5OH^-(aq) \rightarrow$ કોઈ ફેરફાર નહિ.

આ પ્રક્રિયાઓના આધારે Ag^+ અને Cu^{2+}ના વ્યવહાર અંગેનું અનુમાન કરો.

8.18 નીચેની રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓને આયન-ઇલેક્ટ્રૉન પદ્ધતિ દ્વારા સમતોલ કરો.

(a) $MnO_4^-(aq) + I^-(aq) \rightarrow MnO_2(s) + I_2(s)$ (બેઝિક માધ્યમમાં)

(b) $MnO_4^-(aq) + SO_2(g) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + HSO_4^-(aq)$ (ઍસિડિક દ્રાવણમાં)

(c) $H_2O_2(aq) + Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + H_2O(l)$ (ઍસિડિક દ્રાવણમાં)

(d) $Cr_2O_7^{2-} + SO_2(g) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$ (ઍસિડિક દ્રાવણમાં)

8.19 નીચે દર્શાવેલા સમીકરણોને આયન-ઇલેક્ટ્રૉન તથા ઑક્સિડેશન આંક પદ્ધતિ દ્વારા સમતોલ કરો (બેઝિક માધ્યમમાં) તથા તેમાં રહેલા ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તાને ઓળખી બતાવો :

(a) $P_4(s) + OH^-(aq) \rightarrow PH_3(g) + HPO_2^-(aq)$

(b) $N_2H_4(l) + ClO_3^-(aq) \rightarrow NO(g) + Cl^-(g)$

(c) $Cl_2O_7(g) + H_2O_2(aq) \rightarrow ClO_2^-(aq) + O_2(g) + H^+$

8.20 નીચે આપેલી પ્રક્રિયાથી કયા પ્રકારની સૂચનાઓ પ્રાપ્ત કરી શકો છો ?

$(CN)_2(g) + 2OH^-(g) \rightarrow CN^-(aq) + CNO^-(aq) + H_2O(l)$

8.21 Mn^{3+} આયન દ્રાવણમાં અસ્થાયી હોય છે તથા વિષમીકરણ દ્વારા Mn^{2+}, MnO_2 અને H^+ આયન આપે છે. આ પ્રક્રિયા માટે સમતોલિત આયનીય સમીકરણ લખો.

8.22 નીચેના તત્ત્વોને ધ્યાને રાખી ઉત્તર આપો :

Cs, Ne, I અને F

(a) એવું તત્ત્વ ઓળખી બતાવો કે જે માત્ર ઋણ ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે.

(b) એવું તત્ત્વ ઓળખી બતાવો કે જે માત્ર ધન ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે.

(c) એવું તત્ત્વ ઓળખી બતાવો કે જે ધન અને ઋણ એમ બંને ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે.

(d) એવું તત્ત્વ ઓળખી બતાવો કે જે ન ધન કે ન ઋણ ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે.

8.23 પીવાના પાણીના શુદ્ધીકરણમાં ક્લોરિનનો ઉપયોગ થાય છે. ક્લોરિનનું વધુ પ્રમાણ હાનિકારક છે. વધારાના ક્લોરિનને સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ વડે દૂર કરવામાં આવે છે. પાણીમાં થતા આ રેડોક્ષ ફેરફાર માટે સમતોલિત સમીકરણ લખો.

8.24 તમારા પાઠ્યપુસ્તકમાં આપેલા આવર્તકોષ્ટકનો અભ્યાસ કરો અને નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :

(a) વિષમીકરણ પ્રક્રિયા દર્શાવી શકે તેવી સંભવિત અધાતુઓને પસંદ કરો.

(b) વિષમીકરણ પ્રક્રિયા દર્શાવી શકે તેવી ત્રણ ધાતુઓને પસંદ કરો.

8.25 ઑસ્વાલ્ડ પદ્ધતિ દ્વારા નાઇટ્રિક ઍસિડના ઉત્પાદનના પ્રથમ તબક્કામાં ઑક્સિજન વાયુ દ્વારા એમોનિયા વાયુના ઑક્સિડેશનથી નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ અને પાણીની વરાળ બને છે. 10 g એમોનિયા અને 20 g ઑક્સિજન દ્વારા નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડનો મહત્તમ કેટલો જથ્થો પ્રાપ્ત થશે ?

8.26 કોષ્ટક 8.1માં આપેલા પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલનો ઉપયોગ કરી અનુમાન કરો કે નીચે દર્શાવેલા પ્રક્રિયકો વચ્ચે પ્રક્રિયા સંભવ છે ?

(a) $Fe^{3+}(aq)$ અને $I^{-}(aq)$

(b) $Ag^{+}(aq)$ અને $Cu(s)$

(c) $Fe^{3+}(aq)$ અને $Cu(s)$

(d) $Ag(s)$ અને $Fe^{3+}(aq)$

(e) $Br_2(aq)$ અને $Fe^{2+}(aq)$

8.27 નીચે દર્શાવેલા દરેકના વિદ્યુતવિભાજનથી મળતી નીપજોનું અનુમાન કરો :

(i) $AgNO_3$ના જલીય દ્રાવણમાં સિલ્વર વિદ્યુતધ્રુવ

(ii) $AgNO_3$ના જલીય દ્રાવણમાં પ્લેટિનમ વિદ્યુતધ્રુવ

(iii) મંદ H_2SO_4ના જલીય દ્રાવણમાં પ્લેટિનમ વિદ્યુતધ્રુવ

(iv) મંદ $CuCl_2$ના દ્રાવણમાં પ્લેટિનમ વિદ્યુતધ્રુવ

8.28 નીચે દર્શાવેલી ધાતુઓને તેમના ક્ષારના દ્રાવણોમાંથી એકબીજાનું વિસ્થાપન કરવાની ક્ષમતાના આધારે ક્રમમાં ગોઠવો :

Al, Cu, Fe, Mg તથા Zn

8.29 નીચે પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ આપવામાં આવ્યા છે :

$K^{+}/K = -2.93V$, $Ag^{+}/Ag = 0.80V$

$Hg^{2+}/Hg = 0.79V$

$Mg^{2+}/Mg = -2.37V$, $Cr^{3+}/Cr = -0.74V$

આ ધાતુઓને તેમની રિડક્શન કરવાની ક્ષમતાના ચઢતાક્રમમાં ગોઠવો.

8.30 $Zn(s) + 2Ag^{+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$ પ્રક્રિયા થતી હોય તેવો ગેલ્વેનિક કોષ દોરો અને જણાવો કે...

(i) કયો વિદ્યુતધ્રુવ ઋણ વીજભારિત છે ?

(ii) કોષમાં વિદ્યુતપ્રવાહના વાહક કોણ છે ?

(iii) દરેક વિદ્યુતધ્રુવ પર થતી પ્રક્રિયાઓ કઈ છે ?

એકમ 9

હાઈડ્રોજન (Hydrogen)

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- આવર્તકોષ્ટકમાં હાઈડ્રોજનના સ્થાન માટેની જ્ઞાત ધારણાઓ કરી શકશો.
- ડાયહાઈડ્રોજનના સ્રોતના સ્વરૂપો અને તેના નાના પાયે તથા વ્યાપારિક ધોરણે બનાવટની પદ્ધતિઓ જણાવી શકશો તથા હાઈડ્રોજનના સમસ્થાનિકો વર્ણવી શકશો.
- હાઈડ્રોજન કેવી રીતે વિભિન્ન તત્ત્વો સાથે જોડાઈને આયનીય, આણ્વીય અને બિનતત્ત્વયોગમિતિય સંયોજનો બનાવી શકે છે તે સમજાવી શકશો.
- તેના ગુણધર્મોની સમજના આધારે ઉપયોગી પદાર્થો તથા નવી ટેક્નોલૉજીના ઉત્પાદનનું વર્ણન કરી શકશો.
- પાણીનું બંધારણ સમજી શકશો અને તે જ્ઞાનના આધારે પાણીના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો સમજાવી શકશો.
- વાતાવરણીય પાણીની ગુણવત્તા કેવી રીતે વિભિન્ન ઓગળેલા પદાર્થો પર આધારિત છે તે સમજાવી શકશો. કઠિન અને નરમ પાણી વચ્ચેનો તફાવત કહી શકશો તથા પાણીને નરમ કરવાનું શીખી શકશો.
- ભારે પાણી અને તેના મહત્ત્વ સંબંધિત જ્ઞાન મેળવી શકશો.
- હાઈડ્રોજન પેરૉક્સાઇડનું બંધારણ સમજી શકશો. તેની બનાવટની પદ્ધતિઓ અને તેના ગુણધર્મોના આધારે ઉપયોગી રસાયણોના ઉત્પાદન અને પર્યાવરણની સ્વચ્છતાને સમજી શકશો.
- ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપ, ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ, ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક, હાઈડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા અને હાઈડ્રોજનીકરણ વગેરે શબ્દો સમજી શકશો અને તેનો ઉપયોગ કરી શકશો.

"હાઈડ્રોજન બ્રહ્માંડમાં વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. તે પૃથ્વીની સપાટી પર ત્રીજા ક્રમે વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવે છે. તે ભવિષ્યમાં ઊર્જાના મુખ્ય સ્રોત તરીકે જોવા મળશે."

કુદરતમાં આપણી આસપાસ રહેલા બધા તત્ત્વો પૈકી હાઈડ્રોજન તત્ત્વનું પરમાણ્વીય બંધારણ અતિ સાદું છે. તેના પરમાણુમાં એક પ્રોટોન અને એક ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે. જોકે તત્ત્વીય હાઈડ્રોજનનું અસ્તિત્વ દ્વિપરમાણ્વીય અણુ (H_2) સ્વરૂપે હોય છે. જેને ડાયહાઈડ્રોજન (H_2) કહે છે. અન્ય તત્ત્વોની સરખામણીમાં હાઈડ્રોજન તત્ત્વ વધારે સંયોજનો બનાવે છે. શું તમે જાણો છો ? કે હાઈડ્રોજનનો ઉપયોગ ઊર્જાના સ્રોત તરીકે કરીને વૈશ્વિક સ્તરે ઊર્જાની પૂર્તિ કરી શકાય. આ એકમમાં તમે હાઈડ્રોજનના ઔદ્યોગિક મહત્ત્વ વિશે અભ્યાસ કરી શકશો.

9.1 આવર્તકોષ્ટકમાં હાઈડ્રોજનનું સ્થાન (Position of Hydrogen in the Periodic Table)

હાઈડ્રોજન આવર્તકોષ્ટકનું પ્રથમ તત્ત્વ છે. તેમ છતાં આવર્તકોષ્ટકમાં તેનું સ્થાન ચર્ચાનો વિષય બની રહ્યો હતો. તમે જાણો છો તે મુજબ હાલમાં આવર્તકોષ્ટકમાં તત્ત્વોને તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના મુજબ ગોઠવવામાં આવે છે.

હાઈડ્રોજનની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $1s^1$ છે. એક બાજુ તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના આલ્કલી ધાતુઓ કે જે પ્રથમ સમૂહના તત્ત્વો છે. તેની બાહ્યતમ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના(ns^1)ને સમાન છે. બીજી બાજુ હાઈડ્રોજનમાં હેલોજનની જેમ (આવર્તકોષ્ટકમાં સત્તરમા સમૂહના તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રાનીય રચના ns^2np^5) હિલિયમ ઉમદા વાયુ તત્ત્વની ઇલેક્ટ્રૉન રચના ($1s^2$) કરતાં એક ઇલેક્ટ્રૉન ઓછો છે. તેથી હાઈડ્રોજન આલ્કલી ધાતુઓની જેમ એક ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને એક ધનવીજભારિત આયન બનાવે છે, સાથે સાથે હેલોજન તત્ત્વોની જેમ એક ઇલેક્ટ્રૉન મેળવીને એક ઋણવીજભારિત આયન બનાવે છે. આલ્કલી ધાતુની જેમ હાઈડ્રોજન ઑક્સાઇડ, હેલાઇડ અને સલ્ફાઇડ બનાવે છે. આલ્કલી ધાતુઓની વિરુદ્ધ અતિ ઊંચી આયનીકરણ એન્થાલ્પી ધરાવે છે અને સામાન્ય સ્થિતિમાં ધાત્વીય લાક્ષણિકતા ધરાવતો નથી. વાસ્તવમાં આયનીકરણ એન્થાલ્પીના સંદર્ભમાં હાઈડ્રોજન હેલોજન સાથે વધુ સામ્યતા દર્શાવે છે. Liની $\Delta_i H$નું મૂલ્ય 520 kJ mol^{-1}, Fનું મૂલ્ય 1680 kJ mol^{-1} અને Hનું મૂલ્ય 1312 kJ mol^{-1} છે. હેલોજનની જેમ તે દ્વિપરમાણ્વીય અણુ

બનાવે છે. તે વિભિન્ન તત્ત્વો સાથે જોડાઈને હાઇડ્રાઇડ અને અનેક સહસંયોજક સંયોજનો બનાવે છે. તેમ છતાં હાઇડ્રોજનની પ્રતિક્રિયાત્મકતા હેલોજન કરતાં ઘણી ઓછી છે.

કેટલીક હદ સુધી હાઇડ્રોજન આલ્કલી ધાતુઓ અને હેલોજન સાથે સમાનતા દર્શાવતો હોવા છતાં તેમની સાથે અસમાનતા પણ દર્શાવે છે. હવે પ્રાસંગિક પ્રશ્ન એ છે કે તેને આવર્તકોષ્ટકમાં ક્યાં મૂકવો જોઈએ ? હાઇડ્રોજન પરમાણુમાંથી એક ઇલેક્ટ્રૉન દૂર થવાથી કેન્દ્ર (H^+)નું કદ ~1.5×10^{-3} pm જેટલું થાય છે. તે સામાન્ય પરમાણ્વીય અને આયનીય કદ 50થી 200 pm કરતાં અતિ નાનું છે. પરિણામે H^+ મુક્તપણે અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી, પરંતુ તે હંમેશાં અન્ય પરમાણુઓ કે અણુઓ સાથે જોડાયેલો હોય છે. આમ તેની વર્તણૂક અદ્વિતીય હોવાથી તેને આવર્તકોષ્ટમાં (એકમ 3) અલગ રીતે દર્શાવાય છે.

9.2 ડાયહાઇડ્રોજન (Dihydrogen) (H_2)

9.2.1 પ્રાપ્તિ (Occurrence)

ડાયહાઇડ્રોજન બ્રહ્માંડમાં વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે (બ્રહ્માંડના કુલ દળના 70 %) તથા સૌર વાતાવરણનું મુખ્ય તત્ત્વ છે. મોટા ગ્રહો ગુરુ અને શનિમાં હાઇડ્રોજન વધુ પ્રમાણમાં હોય છે, પરંતુ તેની વજનમાં હલકી પ્રકૃતિના કારણે તે પૃથ્વીના વાતાવરણમાં બહુ જ ઓછા પ્રમાણમાં (દળના 0.15 %) હોય છે. તે સંયોજિત અવસ્થામાં પૃથ્વીના પોપડા અને મહાસાગરના 15.4 % જેટલા ભાગનું નિર્માણ કરે છે. તે પાણી ઉપરાંત વનસ્પતિ અને પ્રાણી પેશીઓ, કાર્બોદિત પદાર્થો, પ્રોટીન, હાઇડ્રાઇડ, હાઇડ્રોકાર્બન અને ઘણા અન્ય સંયોજનોમાં સંયોજિત અવસ્થા સ્વરૂપે મળે છે.

9.2.2 હાઇડ્રોજનના સમસ્થાનિકો (Isotopes of Hydrogen)

હાઇડ્રોજનના ત્રણ સમસ્થાનિકો **પ્રોટિયમ** (^1_1H), **ડ્યુટેરિયમ** (^2_1H અથવા D) અને **ટ્રિટિયમ** (^3_1H અથવા T) છે. શું તમે અનુમાન લગાવી શકો છો કે આ સમસ્થાનિકો એકબીજાથી કેવી રીતે જુદા પડે છે ? આ ત્રણ સમસ્થાનિકો ન્યુટ્રોનની સંખ્યાના આધારે એકબીજાથી જુદા પડે છે. સામાન્ય હાઇડ્રોજનના (પ્રોટિયમ) કેન્દ્રમાં કોઈ ન્યુટ્રોન હોતા નથી, ડ્યુટેરિયમના (ભારે હાઇડ્રોજન તરીકે જાણીતો છે) કેન્દ્રમાં એક ન્યુટ્રોન અને ટ્રિટિયમના કેન્દ્રમાં બે ન્યુટ્રોન હોય છે. વર્ષ 1934માં અમેરિકન વૈજ્ઞાનિક હેરોલ્ડ સી. યૂરેને (Harold C. Urey) 2 પરમાણ્વીય દળવાળા હાઇડ્રોજનના સમસ્થાનિકોને ભૌતિક પદ્ધતિઓ વડે અલગ કરવાના કાર્ય માટે નૉબેલ પારિતોષિક પ્રાપ્ત થયું હતું.

હાઇડ્રોજનનો મુખ્ય સમસ્થાનિક પ્રોટિયમ છે. પૃથ્વીના હાઇડ્રોજનમાં ડ્યુટેરિયમ 0.0156 % સુધી મુખ્યત્વે HD સ્વરૂપે હોય છે. ટ્રિટિયમની સાંદ્રતા લગભગ 10^{18} પ્રોટિયમ પરમાણુમાં એક ટ્રિટિયમ પરમાણુની છે. આ સમસ્થાનિકોમાંથી માત્ર ટ્રિટિયમ રેડિયોસક્રિય ($t_{\frac{1}{2}}$ = 12.33 વર્ષ) છે તથા તે ઓછી ઊર્જાવાળા β કણોને ઉત્સર્જિત કરે છે.

કોષ્ટક 9.1 હાઇડ્રોજન પરમાણુના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મ	પ્રોટિયમ	ડ્યુટેરિયમ	ટ્રિટિયમ
સાપેક્ષ પ્રચૂરતા (%)	99.985	0.0156	10^{-15}
સાપેક્ષ પરમાણ્વીય દળ ($gmol^{-1}$)	1.008	2.014	3.016
ગલનબિંદુ (K)	13.96	18.73	20.62
ઉત્કલનબિંદુ (K)	20.39	23.67	25.0
ઘનતા (gL^{-1})	0.09	0.18	0.27
ગલન એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	0.117	0.197	–
બાષ્પન એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	0.904	1.226	–
બંધ વિયોજન એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1} at 298 K)	435.88	443.35	–
આંતરકેન્દ્રીય અંતર (pm)	74.14	74.14	–
આયનીકરણ એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	1312	–	–
ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્તિ એન્થાલ્પી (kJ mol^{-1})	-73	–	–
સહસંયોજક ત્રિજ્યા (pm)	37	–	–
આયનીય ત્રિજ્યા (H^-)(pm)	208	–	–

સમસ્થાનિકો સમાન ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ધરાવે છે તેથી તેમના રાસાયણિક ગુણધર્મો સમાન હોય છે. તેઓમાં મુખ્યત્વે બંધવિયોજન એન્થાલ્પીમાં (કોષ્ટક 9.1) તફાવતના કારણે માત્ર પ્રક્રિયાના વેગમાં તફાવત જોવા મળે છે. જ્યારે સમસ્થાનિકોના દળના તફાવતના કારણે તેઓના ભૌતિક ગુણધર્મોમાં તફાવત જોવા મળે છે.

9.3 ડાયહાઇડ્રોજનની બનાવટ (Preparation of Dihydrogen) (H_2)

ધાતુઓ અને ધાતુ હાઇડ્રાઇડમાંથી ડાયહાઇડ્રોજન બનાવવાની અનેક પદ્ધતિઓ છે.

9.3.1 પ્રયોગશાળામાં ડાયહાઇડ્રોજનની બનાવટ (Laboratory Preparation of Dihydrogen)

(i) સામાન્ય રીતે દાણાદાર ઝિંકની મંદ હાઇડ્રૉક્લોરિક ઍસિડ સાથેની પ્રક્રિયાથી ડાયહાઇડ્રોજન બનાવી શકાય છે.

$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$

(ii) ઝિંકની જલીય આલ્કલી સાથેની પ્રક્રિયાથી પણ ડાયહાઇડ્રોજન બનાવી શકાય છે.

$$Zn + 2NaOH \rightarrow \underset{\text{સોડિયમ ઝિંકેટ}}{Na_2ZnO_2} + H_2$$

9.3.2 ડાયહાઇડ્રોજનનું વ્યાપારિક ઉત્પાદન (Commercial Production of Dihydrogen)

સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવાતી પદ્ધતિઓની રૂપરેખા નીચે દર્શાવેલી છે :

(i) પ્લેટિનમ વિદ્યુતધ્રુવના ઉપયોગથી ઍસિડિક પાણીનું વિદ્યુતવિભાજન ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે :

$$2H_2O(l) \xrightarrow[\text{અલ્પમાત્રામાં એસિડ / બેઇઝ}]{\text{વિદ્યુતવિભાજન}} 2H_2(g) + O_2(g)$$

(ii) નિકલ વિદ્યુતધ્રુવો વચ્ચે ગરમ બેરિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના જલીય દ્રાવણના વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા અતિશુદ્ધતાવાળો ($>$ 99.95 %) ડાયહાઇડ્રોજન મળે છે.

(iii) ક્ષારવાળા પાણીના (દરિયાનું પાણી) (brine) વિદ્યુતવિભાજનથી સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને ક્લોરિનના ઉત્પાદન દરમિયાન ઉપપેદાશ તરીકે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. વિદ્યુતવિભાજન દરમિયાન નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ થાય છે.

ઍનોડ : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

કૅથોડ : $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

એકંદર પ્રક્રિયા,

$$2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) + 2H_2O(l)$$
$$\downarrow$$
$$Cl_2(g) + H_2(g) + 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq)$$

(iv) ઊંચા તાપમાને હાઇડ્રોકાર્બન અથવા કોકની પાણીની વરાળ સાથે ઉદ્દીપકની હાજરીમાં પ્રક્રિયા થવાથી ડાયહાઇડ્રોજન નીપજ મળે છે.

$$C_nH_{2n+2} + nH_2O \xrightarrow[\text{Ni}]{1270\text{ K}} nCO + (2n+1)H_2$$

દા.ત.,

$$CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow[\text{Ni}]{1270\text{ K}} CO(g) + 3H_2(g)$$

CO અને H_2 વાયુના મિશ્રણને જળવાયુ કહે છે. CO અને H_2નું આ મિશ્રણ મિથેનોલ અને અનેક હાઇડ્રૉકાર્બનના સંશ્લેષણમાં ઉપયોગી થાય છે. તેથી તેને સાંશ્લેષિત વાયુ અથવા **'સિનગૅસ (Syngas)'** કહે છે. હાલના સમયમાં સિનગૅસ સુએઝ, લાકડાના બારિક ભૂકા, લાકડાના ટુકડા, સમાચારપત્રના કાગળ વગેરેમાંથી બને છે. કોલસામાંથી સિનગૅસ બનાવવાની પ્રક્રિયાને 'કોલગેસિફીકેશન' કહે છે.

$$C(s) + H_2O(g) \xrightarrow{1270\text{ K}} CO(g) + H_2(g)$$

આયર્ન ક્રોમેટ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં સિનગૅસ મિશ્રણમાંના કાર્બન મોનોક્સાઇડની પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉત્પાદન વધારી શકાય છે.

$$CO(g) + H_2O(g) \xrightarrow[\text{ઉદ્દીપક}]{673\text{ K}} CO_2(g) + H_2(g)$$

આ પ્રક્રિયાને જળવાયુ સ્થાનાંતર પ્રક્રિયા (Watergas shift reaction) કહે છે. આ જળવાયુને સોડિયમ આર્સેનાઇટના દ્રાવણમાંથી પસાર કરી કાર્બન ડાયોક્સાઇડને દૂર કરવામાં આવે છે.

હાલમાં ~77 % ઔદ્યોગિક ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉત્પાદન પેટ્રોરસાયણમાંથી, 18 % કોલસામાંથી, 4 % જલીય દ્રાવણના વિદ્યુતવિભાજનથી અને 1 % અન્ય સ્રોતમાંથી થાય છે.

9.4 ડાયહાઇડ્રોજનના ગુણધર્મો (Properties of Dihydrogen)

9.4.1 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

ડાયહાઇડ્રોજન રંગવિહીન, વાસવિહીન, સ્વાદવિહીન, દહનશીલ વાયુ છે. તે હવા કરતાં હલકો અને પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે. ડાયહાઇડ્રોજન અને ડ્યુટેરિયમના ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 9.1માં આપેલા છે.

9.4.2 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties)

ડાયહાઇડ્રોજનની (કોઈ પણ અણુ) રાસાયણિક વર્તણૂક મોટા ભાગે બંધવિયોજન એન્થાલ્પી દ્વારા નક્કી કરવામાં આવે છે. H–H બંધવિયોજન એન્થાલ્પી કોઈ તત્ત્વના બે પરમાણુઓ વચ્ચેના એકલબંધ માટે ઉચ્ચતમ હોય છે. આ તથ્ય પરથી તમે શું તારણ કાઢશો ? આ તે પરિબળના કારણે છે કે ડાયહાઇડ્રોજનનું તેના પરમાણુઓમાં વિયોજન 2000 K

તાપમાને માત્ર લગભગ 0.081 % જ થાય છે, જ્યારે 5000 K તાપમાને તે વધીને 95.5 % સુધી પહોંચી જાય છે. ઊંચી H–H બંધ એન્થાલ્પીના કારણે તે ઓરડાના તાપમાને સાપેક્ષ રીતે નિષ્ક્રિય હોય છે. આમ, વિદ્યુતચાપ અથવા પારજાંબલી વિકિરણો દ્વારા ઊંચા તાપમાને પરમાણ્વીય હાઇડ્રોજનનું ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. તે અપૂર્ણ ભરાયેલી ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $1s^1$ ધરાવે છે, તેથી તે મોટા ભાગે બધા તત્ત્વો સાથે જોડાઈ શકે છે. ડાયહાઇડ્રોજન પ્રક્રિયાઓમાં (i) એક ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને H^+ આપે છે. (ii) એક ઇલેક્ટ્રૉન મેળવીને H^- બનાવે છે અને (iii) ઇલેક્ટ્રૉનની ભાગીદારી કરીને એકલ સહસંયોજક બંધ બનાવે છે.

ડાયહાઇડ્રોજનનું રસાયણવિજ્ઞાન નીચે દર્શાવેલી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા સમજાવી શકાય છે.

હેલોજન સાથે પ્રક્રિયા : ડાયહાઇડ્રોજન હેલોજન (X_2) સાથે પ્રક્રિયા કરીને હાઇડ્રોજન હેલાઇડ (HX) બનાવે છે.

$$H_2(g) + X_2(g) \rightarrow 2HX(g) \quad (X = F, Cl, Br, I)$$

ફ્લોરિન સાથેની પ્રક્રિયા અંધારામાં પણ થઈ શકે છે. આયોડિન સાથેની પ્રક્રિયા માટે ઉદ્દીપકની જરૂર પડે છે.

ડાયઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા : તે ડાયઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા કરીને પાણી બનાવે છે. આ પ્રક્રિયા પ્રબળ ઉષ્માક્ષેપક છે.

$$2H_2(g) + O_2(g) \xrightarrow[\text{ગરમી}]{\text{ઉદ્દીપક અથવા}} 2H_2O(l)$$

$$\Delta H^\ominus = -285.9 \text{ kJmol}^{-1}$$

ડાયનાઇટ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા : તે ડાયનાઇટ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા કરીને એમોનિયા બનાવે છે.

$$3H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow[\text{Fe}]{\text{673 K, 200 વાતા.}} 2NH_3(g)$$

$$\Delta H^\ominus = -92.6 \text{ kJmol}^{-1}$$

આ પ્રક્રિયા હેબર પદ્ધતિથી એમોનિયાના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે.

ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા : તે ઊંચા તાપમાને ઘણી ધાતુઓ સાથે સંયોજાઈને ધાતુના અનુવર્તી હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. (મુદ્દા નં. 9.5)

$$H_2(g) + 2M(g) \rightarrow 2MH(s)$$

જ્યાં, M આલ્કલી ધાતુઓ છે.

ધાતુ આયન અને ધાતુ ઑક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયાઓ : ડાયહાઇડ્રોજન કેટલાક ધાતુ આયનોના જલીય દ્રાવણ અને ધાતુઓના ઑક્સાઇડનું (આયર્ન ધાતુથી ઓછી સક્રિય) તેની અનુવર્તી ધાતુઓમાં રિડક્શન કરે છે.

$$H_2(g) + Pd^{2+}(aq) \rightarrow Pd(s) + 2H^+(aq)$$

$$yH_2(g) + M_xO_y(s) \rightarrow xM(s) + yH_2O(l)$$

કાર્બનિક સંયોજનો સાથે પ્રક્રિયા : ડાયહાઇડ્રોજન ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ઘણા કાર્બનિક સંયોજનો સાથે પ્રક્રિયા કરી ઉપયોગી ઔદ્યોગિક મહત્ત્વ ધરાવતી હાઇડ્રોજનીકૃત નીપજ બનાવે છે. દા.ત.,

(i) વનસ્પતિ તેલનું નિકલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં હાઇડ્રોજનીકરણ (Hydrogenation) કરતાં ખાદ્ય ચરબી (માર્ગેરીન અને વનસ્પતિ ઘી) બને છે.

(ii) ઓલીફીનનું હાઇડ્રૉફોર્મિલીકરણ (Hydroformylation) કરવાથી આલ્ડિહાઇડ બને છે. જેનું પછીથી રિડક્શન થઈ આલ્કોહોલ બને છે.

$$H_2 + CO + RCH = CH_2 \rightarrow RCH_2CH_2CHO$$

$$H_2 + RCH_2CH_2CHO \rightarrow RCH_2CH_2CH_2OH$$

કોયડો 9.1

ડાયહાઇડ્રોજનની નીચે જણાવેલા પ્રક્રિયકો સાથેની પ્રક્રિયા અંગેની ટીપ્પણી કરો : (i) ક્લોરિન (ii) સોડિયમ અને (iii) કૉપર (II) ઑક્સાઇડ

ઉકેલ :

(i) ડાયહાઇડ્રોજન ક્લોરિનનું રિડક્શન ક્લોરાઇડ આયન (Cl^-)માં કરે છે અને પોતે ક્લોરિન વડે H^+માં ઑક્સિડેશન પામી હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ બનાવે છે. H અને Cl વચ્ચે એક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મની ભાગીદારી થઈ એક સહસંયોજક અણુ બને છે.

(ii) ડાયહાઇડ્રોજનનું સોડિયમ વડે રિડક્શન થઈ NaH બને છે. Na માંથી એક ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર H પર થઈ આયનીય સંયોજન Na^+H^- બને છે.

(iii) ડાયહાઇડ્રોજન કૉપર (II) ઑક્સાઇડનું શૂન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળા કૉપરમાં રિડક્શન કરે છે અને પોતે ઑક્સિડેશન પામી H_2O બનાવે છે. જે સહસંયોજક અણુ છે.

9.4.3 ડાયહાઇડ્રોજનના ઉપયોગો (Uses of Dihydrogen)

- ડાયહાઇડ્રોજનનો એક મોટો ઉપયોગ એમોનિયાના સંશ્લેષણમાં થાય છે જે નાઇટ્રિક ઍસિડ અને નાઇટ્રોજનયુક્ત ખાતરોના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.
- ડાયહાઇડ્રોજન સોયાબીન, કપાસના બીજ વગેરેમાંથી મળતા બહુઅસંતૃપ્તીય વનસ્પતિ તેલના હાઇડ્રોજનીકરણથી વનસ્પતિ ચરબીના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગમાં આવે છે.
- તે કાર્બનિક સંયોજનોની બનાવટમાં મુખ્યત્વે મિથેનોલના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.

$$CO(g) + 2H_2(g) \xrightarrow[\text{ઉદ્દીપક}]{\text{કોબાલ્ટ}} CH_3OH(l)$$

- તેનો ધાતુ હાઇડ્રાઇડના ઉત્પાદનમાં બહોળો ઉપયોગ થાય છે (મુદ્દા નં. 9.5).
- તે વધુ ઉપયોગી રસાયણ હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.

- તે ધાતુકર્મ પ્રક્રમમાં ભારે ધાતુ ઑક્સાઇડનું ધાતુમાં રિડક્શન કરવા માટે ઉપયોગી છે.
- પરમાણ્વીય હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિહાઇડ્રોજન ટોર્ચ, કાપવાના અને વેલ્ડિંગના કામમાં વપરાય છે. પરમાણ્વીય હાઇડ્રોજન પરમાણુઓના (જે વિદ્યુત ચાપ દ્વારા ડાયહાઇડ્રોજનના વિયોજન દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે.) પુનર્જોડાણથી વેલ્ડિંગ કરવાની ધાતુઓની સપાટી પર લગભગ 4000 K તાપમાન પેદા થાય છે.
- તેનો ઉપયોગ અવકાશ સંશોધનમાં રોકેટના બળતણ તરીકે થાય છે.
- ડાયહાઇડ્રોજનનો ઉપયોગ બળતણકોષમાં વિદ્યુતશક્તિના ઉત્પાદન માટે થાય છે. પરંપરાગત અશ્મિગત ઈંધણ અને વિદ્યુતશક્તિની સરખામણીમાં ડાયહાઇડ્રોજનનો ઈંધણ તરીકેનો ઉપયોગ અનેક લાભ આપે છે. તે કોઈ પણ પ્રકારનું પ્રદૂષણ ફેલાવતું નથી. ડાયહાઇડ્રોજન ગૅસોલીન અને અન્ય ઈંધણના એકમ દ્રવ્યમાને ઉત્પન્ન થતી શક્તિની સરખામણીમાં વધુ શક્તિ ઉત્પન્ન કરે છે.

9.5 હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો (Hydrides)

ડાયહાઇડ્રોજન નિશ્ચિત પ્રક્રિયા પરિસ્થિતિમાં ઉમદા વાયુ તત્ત્વો સિવાય લગભગ બધા તત્ત્વો સાથે જોડાઈને દ્વિઅંગી સંયોજન બનાવે છે. જેને **હાઇડ્રાઇડ** કહે છે. જો તત્ત્વને 'E' વડે દર્શાવીએ તો હાઇડ્રાઇડને EH_x વડે દર્શાવી શકાય છે. (દા.ત., MgH_2) અથવા E_mH_n (દા.ત., B_2H_6)

હાઇડ્રાઇડને ત્રણ વિભાગમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે :

(i) આયનીય અથવા ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ

(ii) સહસંયોજક અથવા આણ્વીય હાઇડ્રાઇડ

(iii) ધાત્વીય અથવા બિનતત્ત્વયોગમિતિય હાઇડ્રાઇડ

9.5.1 આયનીય અથવા ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો (Ionic or Saline Hydrides)

મોટા ભાગના *s*-વિભાગના તત્ત્વો જે વિદ્યુતધન હોય છે તેઓ ડાયહાઇડ્રોજન સાથે તત્ત્વયોગમિતિય સંયોજન બનાવે છે. LiH, BeH_2 અને MgH_2 જેવા હલકા ધાતુ હાઇડ્રાઇડમાં સાર્થક સહસંયોજક લાક્ષણિકતા જોવા મળે છે. વાસ્તવમાં BeH_2 અને MgH_2 પોલિમર જેવા બંધારણ ધરાવે છે. આયનીય હાઇડ્રાઇડ ઘન અવસ્થામાં સ્ફટિકમય, અબાષ્પશીલ અને અવાહક હોય છે. આ હાઇડ્રાઇડ પિગલિત અવસ્થામાં વિદ્યુતનું વહન કરે છે અને વિદ્યુતવિભાજન દરમિયાન ઍનોડ પર ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે. જે હાઇડ્રાઇડમાં H^- આયનની હાજરી પુરવાર કરે છે.

$$2H^- \text{(પિગલિત)} \xrightarrow{\text{ઍનોડ}} H_2(g) + 2e^-$$

ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ પાણીની સાથે વિસ્ફોટકીય રીતે પ્રક્રિયા કરી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ આપે છે.

$$NaH(s) + H_2O(aq) \rightarrow NaOH(aq) + H_2(g)$$

લિથિયમ હાઇડ્રાઇડ સામાન્ય તાપમાને O_2 અથવા Cl_2 સાથે અપ્રતિક્રિયાત્મક છે. તેથી તે ઉપયોગી હાઇડ્રાઇડના સંશ્લેષણમાં વપરાય છે. દા.ત.,

$$8LiH + Al_2Cl_6 \rightarrow 2LiAlH_4 + 6LiCl$$

$$2LiH + B_2H_6 \rightarrow 2LiBH_4$$

9.5.2 સહસંયોજક અથવા આણ્વીયહાઇડ્રાઇડ (Covalent or Molecular Hydrides)

ડાયહાઇડ્રોજન મોટા ભાગના *p*-વિભાગના તત્ત્વો સાથે આણ્વીય સંયોજનો બનાવે છે. આ સંયોજનોના વધુ પ્રચલિત ઉદાહરણો CH_4, NH_3, H_2O અને HF છે. અનુકૂળતા માટે અધાતુ તત્ત્વોના હાઇડ્રોજન સાથેના સંયોજનોને પણ હાઇડ્રાઇડ માનવામાં આવે છે. સહસંયોજક હોવાના કારણે તેઓ બાષ્પશીલ સંયોજનો છે.

આણ્વીય હાઇડ્રાઇડને તેઓના લુઇસ બંધારણમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનની સાપેક્ષ સંખ્યા અને બંધની સાપેક્ષ સંખ્યા મુજબ પુનઃવર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે.

(i) ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઇડ્રાઇડ

(ii) ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ હાઇડ્રાઇડ

(iii) ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક હાઇડ્રાઇડ

ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઇડ્રાઇડનું નામ સૂચવે છે કે તેનું પરંપરાગત લુઇસ બંધારણ લખવામાં ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા અપૂરતી હશે. તેનું ઉદાહરણ ડાયબોરેન (B_2H_6) છે. વાસ્તવમાં સમૂહ 13ના બધા તત્ત્વો ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. તમે તેઓની વર્તણૂક સંદર્ભે શું અપેક્ષા રાખો છો ? તેઓ લુઇસ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે એટલે કે ઇલેક્ટ્રૉનગ્રાહી તરીકે વર્તે છે.

ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ હાઇડ્રાઇડના પરંપરાગત લુઇસ બંધારણ લખવા માટે પૂરતા ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે. સમૂહ 14ના બધા તત્ત્વો આવા સંયોજનો (દા.ત., CH_4) બનાવે છે, જે સમચતુષ્ફલકીય આકાર ધરાવે છે.

ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક હાઇડ્રાઇડમાં વધારાના ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે જે અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ તરીકે રહેલા હોય છે. સમૂહ 15થી 17ના તત્ત્વો આવા સંયોજનો (NH_3 એક અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ, H_2O બે અને HF ત્રણ અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મો ધરાવે છે) બનાવે છે. તમે આવા સંયોજનોની વર્તણૂક સંદર્ભે કેવી અપેક્ષા રાખો છો ? તેઓ લુઇસ બેઇઝ તરીકે વર્તે છે એટલે કે ઇલેક્ટ્રૉનદાતા તરીકે વર્તે છે. હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં વધુ વિદ્યુતઋણમય પરમાણુઓ જેવા કે N, O અને F પર રહેલા અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મોને કારણે અણુ-અણુ વચ્ચે હાઇડ્રોજન બંધ રચાય છે જેથી અણુઓનું સુયોજન (association) થાય છે.

કોયડો 9.2

તમે એવી અપેક્ષા રાખો છો કે N, O અને Fના હાઇડ્રાઇડના ઉત્કલનબિંદુ તે જ સમૂહના અન્ય સભ્યોના હાઇડ્રાઇડના ઉત્કલનબિંદુથી નીચાં હોય છે ? કારણ આપો.

ઉકેલ :

NH_3, H_2O અને HFના આણ્વીયદળના આધારે કહી શકાય કે તેઓના ઉત્કલનબિંદુ તે જ સમૂહના અન્ય તત્ત્વોના હાઇડ્રાઇડ સંયોજનના ઉત્કલનબિંદુ કરતાં નીચા હોવા જોઈએ, પરંતુ N, O, Fની વધુ વિદ્યુતઋણતાના કારણે તેઓના હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન બંધ બનાવવાની ક્ષમતા વધારે હોય છે. તેથી NH_3, H_2O અને HFના ઉત્કલનબિંદુ તે જ સમૂહના અન્ય તત્ત્વોના હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોના ઉત્કલનબિંદુથી ઊંચા હોય છે.

9.5.3 ધાત્વીય અથવા બિનતત્ત્વયોગમિતિય (અથવા આંતરાલીય) હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો (Metallic or Non-stoichiometric (or interstitial) Hydrides)

મોટા ભાગે *d*-વિભાગ અને *f*-વિભાગના તત્ત્વો આવા સંયોજનો બનાવે છે. જોકે સમૂહ 7, 8, 9ના ધાતુ તત્ત્વો હાઇડ્રાઇડ બનાવતા નથી. જ્યારે સમૂહ 6માંથી માત્ર ક્રોમિયમ જ CrH સંયોજન બનાવે છે. આ હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો ઉષ્મા અને વિદ્યુતનું વહન કરે છે, પરંતુ તેઓની વાહકતા તેઓના જનક ધાતુઓ જેટલી કાર્યક્ષમ હોતી નથી. આ સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજનની ઊણપને કારણે ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ વિપરિત તેઓ હંમેશાં બિનતત્ત્વયોગમિતિય સ્વરૂપમાં હોય છે. દા.ત., $LaH_{2.87}$, $YbH_{2.55}$, $TiH_{1.5-1.8}$, $ZrH_{1.3-1.75}$, $VH_{0.56}$, $NiH_{0.6-0.7}$, $PdH_{0.6-0.8}$ વગેરે. આવા હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં નિશ્ચિત સંરચનાનો નિયમ પળાતો નથી.

અગાઉ એમ વિચારવામાં આવ્યું હતું કે હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન ધાતુના સ્ફટિક લેટિસના આંતરાલીય સ્થાનમાં સ્થાન મેળવે છે ત્યારે તેના પ્રકારમાં કોઈ પણ ફેરફાર વિનાની વિકૃતિ ઉત્પન્ન થાય છે. આથી તેઓને આંતરાલીય હાઇડ્રાઇડ કહેવામાં આવે છે. જોકે હાલનો અભ્યાસ દર્શાવે છે કે Ni, Pd, Ce અને Acના હાઇડ્રાઇડ સિવાયના આ વર્ગના અન્ય હાઇડ્રાઇડ તેઓના જનક ધાતુતત્ત્વોથી અલગ સ્ફટિક લેટિસ ધરાવે છે. સંક્રાંતિ ધાતુઓ પર હાઇડ્રોજનના અધિશોષણનો ગુણધર્મ વધુ સંખ્યામાં સંયોજનોની બનાવટ માટેની ઉદ્દીપકીય રિડક્શન/હાઇડ્રોજનીકરણ પ્રક્રિયાઓમાં વધુ ઉપયોગી થાય છે. કેટલીક ધાતુઓ (દા.ત., Pd, Pt) ઘણા મોટા કદના હાઇડ્રોજનને સમાવી શકે છે તેથી તેઓને સંગ્રહ-માધ્યમ તરીકે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. આ ગુણધર્મ **હાઇડ્રોજન સંગ્રહમાં** અને **ઊર્જા સ્રોત** તરીકે ઉપયોગી થઈ શકે છે.

કોયડો 9.3

ફોસ્ફરસ તેની બાહ્યતમ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના $3s^23p^3$ ના આધારે PH_5 સંયોજન બનાવી શકશે ?

ઉકેલ :

ફોસ્ફરસ +3 અને +5 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે, પરંતુ તે PH_5 બનાવી શકતો નથી. કેટલાક અન્ય તથ્યોને કારણે ડાયહાઇડ્રોજનનું ઊંચું $\Delta_a H$ મૂલ્ય અને $\Delta_{eg} H$ મૂલ્ય Pની ઉચ્ચતમ ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવવાનું અને પરિણામસ્વરૂપ PH_5 બનવાનું સમર્થન કરતા નથી.

9.6 પાણી (Water)

બધા સજીવોનો એક મોટો ભાગ પાણીનો બનેલો છે. માનવશરીરમાં લગભગ 65 % અને કેટલીક વનસ્પતિઓમાં લગભગ 95 % ભાગ પાણી હોય છે. સજીવોને જીવિત રહેવા માટે પાણી એક અગત્યનું સંયોજન છે. તે અતિ અગત્યનો દ્રાવક છે. પૃથ્વીની સપાટી પર પાણીનું વિતરણ એક સમાન થયેલું હોતું નથી. વિશ્વમાં પાણીનો અંદાજિત પુરવઠો કોષ્ટક 9.2માં દર્શાવેલો છે.

કોષ્ટક 9.2 વિશ્વમાં પાણીનો અંદાજિત પુરવઠો

સ્રોત	કુલ જથ્થાના ટકા
સમુદ્ર/મહાસાગર	97.33
ક્ષારયુક્ત તળાવ અને ટાપુના દરિયા	0.008
ધ્રુવીય બરફ અને હિમનદીઓ	2.04
ભૌમજળ	0.61
સરોવરો અથવા તળાવ	0.009
જમીનમાંનો ભેજ	0.005
વાતાવરણીય પાણીની બાષ્પ	0.001
નદીઓ	0.0001

9.6.1 પાણીના ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties of Water)

પાણી રંગવિહીન અને સ્વાદવિહીન પ્રવાહી છે. કોષ્ટક 9.3માં પાણીના અને ભારે પાણીના ભૌતિક ગુણધર્મો દર્શાવેલા છે.

સંઘનિત અવસ્થામાં (પ્રવાહી અને ઘન અવસ્થા) પાણીનો અસામાન્ય ગુણધર્મ પાણીના અણુઓ વચ્ચે રહેલા વિસ્તૃત હાઇડ્રોજન બંધને કારણે હોય છે. આ વર્ગના અન્ય તત્ત્વોના હાઇડ્રાઇડ H_2S અને H_2Seની સરખામણીમાં પાણીના ઉચ્ચ ઠારબિંદુ, ઉચ્ચ ઉત્કલનબિંદુ, ઉચ્ચ બાષ્પન ઉષ્મા અને ઉચ્ચ ગલન ઉષ્મા પાણીમાં રહેલા હાઇડ્રોજન બંધને આભારી છે. અન્ય પ્રવાહીઓ સાથેની સરખામણીમાં પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્મા, ઉષ્માવાહકતા, પૃષ્ઠતાણ, દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રા અને ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંક (પરાવૈદ્યુત અચળાંક) વગેરેના મૂલ્યો ઊંચા હોય છે. આ ગુણધર્મોને કારણે જીવાવરણમાં પાણી અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે.

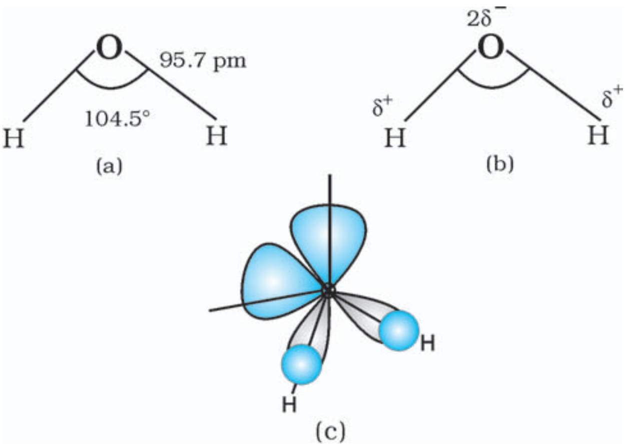
કોષ્ટક 9.3 H_2O અને D_2Oના ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મ	H_2O	D_2O
આણ્વિયદળ (g mol^{-1})	18.0151	20.0276
ગલનબિંદુ / K	273.0	276.8
ઉત્કલનબિંદુ / K	373.0	374.4
સર્જન એન્થાલ્પી / kJ mol^{-1}	–285.9	–294.6
બાષ્પન એન્થાલ્પી (373 K) / kJ mol^{-1}	40.66	41.61
ગલન એન્થાલ્પી / kJ mol^{-1}	6.01	–
મહત્તમ ઘનતાનું તાપમાન / K	276.98	284.2
ઘનતા (298 K) / g cm^{-3}	1.0000	1.1059
સ્નિગ્ધતા / centipoise	0.8903	1.107
ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંક / C^2 / $N{\cdot}m^2$	78.39	78.06
વિદ્યુતવાહકતા (293 K/$ohm^{-1}cm^{-1}$)	5.7×10^{-8}	–

પાણીની ઊંચી બાષ્પન ઉષ્મા અને ઉષ્માધારિતા સજીવોના શરીરના તાપમાન અને વાતાવરણના સામાન્ય તાપમાનને જાળવી રાખે છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓની ચયાપચય ક્રિયા માટે જરૂરી આયનો અને અણુઓના પરિવહન માટે પાણી અગત્યના દ્રાવક તરીકે વર્તે છે. પાણી ધ્રુવીય અણુઓ સાથે હાઇડ્રોજન બંધ બનાવે છે, તેથી આલ્કોહોલ અને કાર્બોહાઇડ્રેટ જેવા સહસંયોજક સંયોજનો પાણીમાં દ્રાવ્ય થાય છે.

9.6.2 પાણીનું બંધારણ (Structure of Water)

વાયુ અવસ્થામાં પાણી કોણીય આકાર ધરાવે છે. આકૃતિ 9.1(a)માં દર્શાવ્યા મુજબ તેનો બંધકોણ 104.5^o અને O–H બંધલંબાઈ 95.7 pm છે.



પાણીનો અણુ

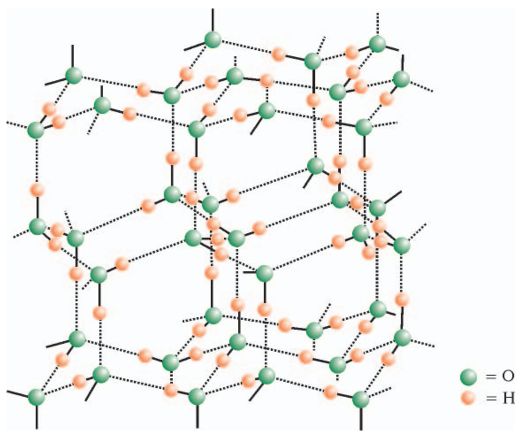
આકૃતિ 9.1 (a) પાણીનું કોણીય બંધારણ (b) દ્વિધ્રુવ તરીકે પાણીનો અણુ (c) પાણીના અણુમાં કક્ષકીય સંમિશ્રણ આકૃતિ

તે અત્યંત ધ્રુવીય અણુ (આકૃતિ 9.1(b)) છે. તેનું કક્ષકીય સંમિશ્રણ આકૃતિ 9.1(c)માં દર્શાવેલું છે. પ્રવાહી અવસ્થામાં પાણીના અણુઓ એકબીજા સાથે હાઇડ્રોજન બંધથી જોડાયેલા હોય છે.

બરફ પાણીનું સ્ફટિકીય સ્વરૂપ છે. વાતાવરણના દબાણે બરફ ષટકોણીય સ્વરૂપે સ્ફટિકીકરણ પામે છે, પરંતુ ખૂબ જ નીચા તાપમાને તે સમઘન સ્વરૂપે સંઘનિત થાય છે. બરફની ઘનતા તે પાણીની ઘનતા કરતાં ઓછી હોવાથી બરફ પાણી પર તરે છે. શિયાળામાં તળાવની સપાટી પર બરફ જામી જાય છે જે ઉષ્મા અવરોધન પ્રદાન કરે છે, જેથી જલીય જીવસૃષ્ટિ સુરક્ષિત રહે છે. ઉપરોક્ત બાબત પરિસ્થિતિકીય દૃષ્ટિએ ખૂબ યથાર્થ છે.

9.6.3 બરફનું બંધારણ (Structure of Ice)

બરફ સુવ્યવસ્થિત ત્રિપરિમાણીય હાઇડ્રોજન બંધ ધરાવતું બંધારણ છે, જેને આકૃતિ 9.2માં દર્શાવવામાં આવ્યું છે. X-કિરણો દ્વારા અભ્યાસ કરવાથી માલૂમ પડ્યું કે બરફના



આકૃતિ 9.2 બરફનું બંધારણ

સ્ફટિકમાં ઑક્સિજન પરમાણુ ચાર હાઇડ્રોજન પરમાણુઓથી 276 pm ના અંતરે સમચતુષ્ફલકીય સ્વરૂપે ઘેરાયેલો છે.

હાઇડ્રોજન બંધ બરફમાં વિશાળ છિદ્રોવાળું ખુલ્લું બંધારણ બનાવે છે. આ છિદ્રો યોગ્ય કદના કેટલાક અન્ય અણુઓને આંતરાલયમાં સ્થાન આપે છે.

9.6.4 પાણીના રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties of Water)

પાણી અનેક પદાર્થો સાથે પ્રક્રિયા કરે છે. કેટલીક અગત્યની પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવેલી છે.

(1) ઉભયધર્મી સ્વભાવ : પાણી ઍસિડ તેમજ બેઇઝ તરીકે વર્તવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. એટલે કે ઉભયધર્મી પદાર્થ છે. બ્રોન્સ્ટેડ સંકલ્પના મુજબ પાણી NH_3 સાથે ઍસિડ તરીકે અને H_2S સાથે બેઇઝ તરીકે વર્તે છે.

$$H_2O(l) + NH_3(aq) \rightleftharpoons OH^-(aq) + NH_4^+(aq)$$

$$H_2O(l) + H_2S(aq) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + HS^-(aq)$$

પાણીના સ્વયં પ્રોટોવિભાજનને (auto-protolysis) (સ્વ-આયનીકરણ) નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય.

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$$

ઍસિડ-1 બેઇઝ-2 ઍસિડ-2 બેઇઝ-1

(ઍસિડ) (બેઇઝ) (સંયુગ્મી ઍસિડ) (સંયુગ્મી બેઇઝ)

(2) પાણીની રેડોક્ષ પ્રક્રિયા : પાણી વધુ વિદ્યુતધનમય ધાતુ દ્વારા ડાયહાઇડ્રોજનમાં સરળતાથી રિડક્શન પામી શકે છે.

$$2H_2O(l) + 2Na(s) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$$

આમ, તે ડાયહાઇડ્રોજનનો મહત્ત્વનો સ્રોત છે.

પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન પાણી O_2માં ઑક્સિડેશન પામે છે.

$$6CO_2(g) + 12H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6H_2O(l) + 6O_2(g)$$

ફ્લોરિન સાથે પણ તે O_2માં ઑક્સિડેશન પામે છે.

$$2F_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + 4F^-(aq) + O_2(g)$$

(3) જળવિભાજન પ્રક્રિયા : પાણીના ઊંચા ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંકના કારણે તે પ્રબળ જલીયકરણ ગુણ ધરાવે છે. તે ઘણા આયનીય સંયોજનોને દ્રાવ્ય કરે છે. આમ કેટલાક સહસંયોજક અને આયનીય સંયોજનો પાણીમાં જળવિભાજન પામે છે.

$$P_4O_{10}(s) + 6H_2O(l) \rightarrow 4H_3PO_4(aq)$$

$$SiCl_4(l) + 2H_2O(l) \rightarrow SiO_2(s) + 4HCl(aq)$$

$$N^{3-}(s) + 3H_2O(l) \rightarrow NH_3(g) + 3OH^-(aq)$$

(4) જળયુક્ત સંયોજનોનું નિર્માણ : જલીય દ્રાવણમાંથી ઘણા ક્ષારોનું તેના જળયુક્ત ક્ષાર તરીકે સ્ફટિકિકરણ કરી શકાય છે. પાણીનું આવું જોડાણ જુદા જુદા પ્રકારે જોવા મળે છે. જેમકે,

(i) સવર્ગ સહસંયોજિત પાણી દા.ત., $[Cr(H_2O)_6]^{3+}\ 3Cl^-$

(ii) આંતરાલીય પાણી દા.ત., $BaCl_2 \cdot 2H_2O$

(iii) હાઇડ્રોજન બંધિત પાણી દા.ત., $CuSO_4 \cdot 5H_2O$માં $[Cu(H_2O)_4]^{2+}\ SO_4^{2-} \cdot H_2O$

કોયડો 9.4

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ માં કેટલા પાણીના અણુઓ હાઇડ્રોજન બંધથી જોડાયેલા છે ?

ઉકેલ :

માત્ર પાણીનો એક અણુ. જે મોટા કૌંસની બહાર (સહસંયોજક ક્ષેત્ર) છે તે હાઇડ્રોજન બંધ દ્વારા જોડાયેલો છે. બાકીના ચાર પાણીના અણુઓ સવર્ગ સહસંયોજિત છે.

9.6.5 કઠિન અને નરમ પાણી (Hard and Soft Water)

સામાન્ય રીતે વરસાદનું પાણી લગભગ શુદ્ધ હોય છે (વાતાવરણના કેટલાક વાયુઓ ઓગળેલા હોય છે). પાણી ઉત્તમ દ્રાવક હોવાથી જ્યારે તે જમીન પરથી પસાર થાય છે ત્યારે ઘણા ક્ષારો તેમાં ઓગળે છે. પાણીમાં રહેલા કેલ્શિયમ અને મેગ્નેશિયમના હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટ, ક્લોરાઇડ અને સલ્ફેટ ક્ષારોના કારણે પાણી **કઠિન** બને છે. **કઠિન પાણી** સાબુના દ્રાવણ સાથે ફીણ આપતું નથી. દ્રાવ્ય કેલ્શિયમ અને મેગ્નેશિયમના ક્ષારોથી મુક્ત પાણીને **નરમ પાણી** કહે છે. તે સાબુના દ્રાવણ સાથે સરળતાથી ફીણ આપે છે.

કઠિન પાણી સાબુ સાથે અવક્ષેપ ઉત્પન્ન કરે છે. સાબુ સોડિયમ સ્ટીઅરેટ ($C_{17}H_{35}COONa$) ધરાવે છે તે કઠિન પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી Ca/Mg સ્ટીઅરેટના અવક્ષેપ ઉત્પન્ન કરે છે.

$$2C_{17}H_{35}COONa(aq) + M^{2+}(aq) \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2M\downarrow + 2Na^+(aq);$$

જ્યાં, M = Ca/Mg

આમ, કઠિન પાણી ધોલાઈ કાર્ય માટે અનુકૂળ હોતું નથી. તે બોઈલર માટે નુકસાનકારક છે, કારણ કે તેનાથી બોઈલરમાં ક્ષારનું સ્તર જામતું જાય છે, જે બોઈલરની ક્ષમતા ઘટાડે છે.

પાણીમાં બે પ્રકારની કઠિનતા જોવા મળે છે : (i) અસ્થાયી કઠિનતા (ii) સ્થાયી કઠિનતા

9.6.6 અસ્થાયી કઠિનતા (Temporary Hardness)

પાણીમાં અસ્થાયી કઠિનતા કેલ્શિયમ અને મૅગ્નેશિયમના હાઇડ્રોજનકાર્બોનેટની હાજરીના કારણે હોય છે. પાણીમાં રહેલી અસ્થાયી કઠિનતા નીચેની રીતો દ્વારા દૂર કરી શકાય છે.

(i) ઉકાળવું : ઉકાળવાની પ્રક્રિયા દરમિયાન દ્રાવ્ય $Mg(HCO_3)_2$, અદ્રાવ્ય $Mg(OH)_2$ માં અને દ્રાવ્ય $Ca(HCO_3)_2$ અદ્રાવ્ય $CaCO_3$ માં રૂપાંતર પામે છે. $MgCO_3$ કરતાં $Mg(OH)_2$ ના દ્રાવ્યતા ગુણાકારનું મૂલ્ય વધુ હોવાથી $Mg(OH)_2$ અવક્ષેપિત થાય છે. આ અવક્ષેપને ગાળણક્રિયાથી દૂર કરવામાં આવે છે. મળતું ગાળણ નરમ પાણી હશે.

$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{ગરમી}} Mg(OH)_2\downarrow + 2CO_2\uparrow$$

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\text{ગરમી}} CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

(ii) ક્લાર્ક પદ્ધતિ : આ પદ્ધતિમાં ગણતરી કરેલા જથ્થા મુજબ ફોડેલા ચૂનાને કઠિન પાણીમાં ઉમેરવામાં આવે છે તેથી કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ અને મૅગ્નેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના અવક્ષેપ ઉત્પન્ન થાય છે, જેને ગાળણ દ્વારા દૂર કરવામાં આવે છે.

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2\downarrow \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + Mg(OH)_2\downarrow + 2H_2O$$

9.6.7 કાયમી કઠિનતા (Permanent Hardness)

કાયમી કઠિનતા પાણીમાં રહેલા કેલ્શિયમ અને મૅગ્નેશિયમના ક્લોરાઇડ અને સલ્ફેટ સ્વરૂપના દ્રાવ્ય ક્ષારોને કારણે હોય છે. કાયમી કઠિનતાને ઉકાળવાની ક્રિયાથી દૂર કરી શકાતી નથી. તેને નીચે દર્શાવેલી પદ્ધતિઓ દ્વારા દૂર કરી શકાય છે.

(i) ધોવાના સોડાના (સોડિયમ કાર્બોનેટ) ઉપચારથી : ધોવાના સોડા કઠિન પાણીમાં રહેલા દ્રાવ્ય કેલ્શિયમ અને મૅગ્નેશિયમના સલ્ફેટ અને ક્લોરાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરી અદ્રાવ્ય કાર્બોનેટ બનાવે છે.

$$MCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow MCO_3\downarrow + 2NaCl \quad (M = Mg, Ca)$$

$$MSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow MCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

(ii) કાલગૉન પદ્ધતિ : સોડિયમ હેક્ઝામેટાફોસ્ફેટ ($Na_6P_6O_{18}$) જેને વ્યાપારિક રીતે 'કાલગૉન' કહેવામાં આવે છે. તેને કઠિન પાણીમાં ઉમેરતાં નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણેની પ્રક્રિયાઓ થાય છે.

$$Na_6P_6O_{18} \rightarrow 2Na^+ + Na_4P_6O_{18}^{2-}$$

$$M^{2+} + Na_4P_6O_{18}^{2-} \rightarrow [Na_2MP_6O_{18}]^{2-} + 2Na^+ \quad (M = Mg, Ca)$$

આ સંકીર્ણ ઋણઆયન Mg^{2+} અને Ca^{2+} ને દ્રાવણોમાં રાખે છે.

(iii) આયન વિનિમય પદ્ધતિ : આ પદ્ધતિને ઝીઓલાઇટ/પરમ્યૂટિટ પદ્ધતિ પણ કહે છે. જળયુક્ત સોડિયમ એલ્યુમિનિયમ સિલિકેટને ઝીઓલાઇટ/પરમ્યૂટિટ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. સરળતા માટે સોડિયમ એલ્યુમિનિયમ સિલિકેટને ($NaAlSiO_4$) NaZ તરીકે લખી શકાય છે, જ્યારે આ પદાર્થને કઠિન પાણીમાં ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે વિસ્થાપન પ્રક્રિયા થાય છે.

$$2NaZ(s) + M^{2+}(aq) \rightarrow MZ_2(s) + 2Na^+(aq) \quad (M = Mg, Ca)$$

પરમ્યૂટિટ/ઝીઓલાઇટમાંથી બધો સોડિયમ વપરાઈ જાય છે ત્યારે તે બિનકાર્યક્ષમ બને છે, પરંતુ તેનો જલીય સોડિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણ દ્વારા ઉપચાર કરવામાં આવે તો તે પુનર્જીવિત એટલે કે ફરીથી કાર્યક્ષમ બની શકે છે.

$$MZ_2(s) + 2NaCl(aq) \rightarrow 2NaZ(s) + MCl_2(aq)$$

(iv) સાંશ્લેષિત રેઝિન પદ્ધતિ : પ્રવર્તમાન સમયમાં કઠિન પાણીને નરમ બનાવવામાં સાંશ્લેષિત ધનાયન વિનિમયકર્તાનો (Synthetic cation exchanger) ઉપયોગ થાય છે. આ પદ્ધતિ ઝીઓલાઇટ પદ્ધતિ કરતાં વધુ અસરકારક છે. ધનાયન વિનિમય રેઝિન $-SO_3H$ સમૂહ ધરાવતો મોટો કાર્બનિક અણુ છે, જે પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. આયન વિનિમય રેઝિનની (RSO_3H) સોડિયમ ક્લોરાઇડ સાથેની પ્રક્રિયાથી RNa બને છે. આ રેઝિન કઠિન પાણીમાં રહેલા Ca^{2+} અને Mg^{2+} આયનોનું Na^+ વડે વિસ્થાપન કરી પાણીને નરમ બનાવે છે. અહીં R રેઝિન ઋણાયન છે.

$$2RNa(s) + M^{2+}(aq) \rightarrow R_2M(s) + 2Na^+(aq)$$

આ રેઝિનને જલીય સોડિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણની મદદથી પુનઃ કાર્યક્ષમ બનાવી શકાય છે.

કઠિન પાણીને ક્રમાનુસાર ધનાયન વિનિમય રેઝિન (H^+ સ્વરૂપમાં) અને ઋણાયન વિનિમય રેઝિનમાંથી (OH^- સ્વરૂપમાં) પસાર કરવાથી પાણીમાં રહેલા બધા દ્રાવ્ય ખનિજ ક્ષારો દૂર થઈ શુદ્ધ વિખનિજિત પાણી (de-mineralised water) અથવા વિઆયનીકૃત પાણી (de-ionized water) મળે છે.

$$2RH(s) + M^{2+}(aq) \rightleftharpoons MR_2(s) + 2H^+(aq)$$

ધનાયન વિનિમય પદ્ધતિમાં H^+ આયનનો વિનિમય પાણીમાં રહેલા Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} અને અન્ય ધનાયનો દ્વારા થાય છે. આમ આ પદ્ધતિમાં પ્રોટોન મુક્ત થાય છે તેથી પાણી ઍસિડિક બને છે. ઋણાયન વિનિમય પદ્ધતિમાં :

$RNH_2(s) + H_2O(l) \rightleftharpoons RNH_3^+ \cdot OH^-(s)$

$RNH_3^+ \cdot OH^-(s) + X^-(aq) \rightleftharpoons RNH_3^+ \cdot X^-(s) + OH^-(aq)$

OH^- આયનનો વિનિમય પાણીમાં રહેલા Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-} વગેરે ઋણાયનો દ્વારા થાય છે. આ રીતે ઉત્પન્ન થયેલો OH^- ધનાયન વિનિમયથી ઉત્પન્ન થયેલા H^+ સાથે પ્રક્રિયા કરી પાણીને તટસ્થ બનાવે છે.

$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$

આમ બિનકાર્યક્ષમ બનેલા ધનાયન અને ઋણાયન વિનિમય રેઝિનને અનુક્રમે મંદ ઍસિડ અને મંદ આલ્કલીના દ્રાવણની મદદથી પુનઃકાર્યક્ષમ બનાવી શકાય છે.

9.7 હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ (Hydrogen Peroxide) (H_2O_2)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ ઘરેલુ અને ઔદ્યોગિક એકમોમાંથી બહાર છોડવામાં આવતા નકામા પ્રવાહીના (effluents) પ્રદૂષણમુક્ત ઉપચારમાં વપરાતું અગત્યનું રસાયણ છે.

9.7.1 બનાવટ (Preparation)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડને નીચેની પદ્ધતિઓ દ્વારા બનાવી શકાય છે :

(i) બેરિયમ પેરૉક્સાઇડને ઍસિડિક બનાવી તથા પાણીના વધારાના જથ્થાનું નીચા દબાણે બાષ્પીભવન કરી હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ મેળવી શકાય છે.

$BaO_2 \cdot 8H_2O(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + H_2O_2(aq) + 8H_2O(l)$

(ii) ઊંચી વિદ્યુતપ્રવાહ ઘનતાએ ઍસિડિક સલ્ફેટ દ્રાવણનું વિદ્યુતવિઘટનીય ઑક્સિડેશન થઈ પેરૉક્સોડાયસલ્ફેટ મળે છે, જેનું જળવિભાજન થઈ હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ મળે છે.

$2HSO_4^-(aq) \xrightarrow{\text{વિદ્યુતવિભાજન}} HO_3SOOSO_3H(aq)$

$\xrightarrow{\text{જળ વિભાજન}} 2HSO_4^-(aq) + 2H^+(aq) + H_2O_2(aq)$

હાલમાં પ્રયોગશાળામાં D_2O_2 ની બનાવટ માટે આ પદ્ધતિ ઉપયોગમાં લેવાય છે.

$K_2S_2O_8(s)+2D_2O(l) \rightarrow 2KDSO_4(aq)+D_2O_2(l)$

(iii) ઔદ્યોગિક રીતે હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ 2-આલ્કાઇલ એન્થ્રાક્વીનોલના સ્વનિયંત્રિત ઑક્સિડેશન (autoxidation) દ્વારા બને છે.

2-ઇથાઇલએન્થ્રાક્વીનોલ $\underset{H_2/Pd}{\overset{O_2\ (\text{હવા})}{\rightleftharpoons}}$ H_2O_2 + (ઑક્સિડેશન પામેલી નીપજ)

આ કિસ્સામાં 1 % H_2O_2 બને છે, તેને પાણી સાથે નિષ્કર્ષિત કરવામાં આવે છે. ત્યારબાદ તેને નીચા દબાણે નિસ્યંદન દ્વારા 30 % (દળ પ્રમાણે) સુધી સાંદ્ર બનાવવામાં આવે છે. તેને નીચા દબાણે નિસ્યંદન દ્વારા વધુ કાળજીપૂર્વક 85 % સુધી સાંદ્ર બનાવી શકાય છે. બાકીના પાણીને બરફ બનાવીને શુદ્ધ H_2O_2 મેળવી શકાય છે.

9.7.2 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

શુદ્ધ અવસ્થામાં H_2O_2 લગભગ રંગવિહીન (અતિ આછો વાદળી) પ્રવાહી છે. તેના અગત્યના ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 9.4માં દર્શાવેલા છે.

H_2O_2 દરેક પ્રમાણમાં પાણી સાથે મિશ્રિત થઈ શકે છે અને જળયુક્ત $H_2O_2 . H_2O$ (ગલનબિંદુ 221 K) બનાવે છે. H_2O_2નું 30 % વાળું દ્રાવણ બજારમાં '100 કદ' તરીકે વેચાય છે. તેનો અર્થ એ થાય કે 30 % H_2O_2 વાળા દ્રાવણનું 1 મિલિલિટર જેટલું કદ STP એ 100 V જેટલો ઑક્સિજન આપે છે. વ્યાપારિક ધોરણે જે 10 V તરીકે વેચાય છે તે 3 % H_2O_2 સાંદ્રતા ધરાવે છે.

કોયડો 9.5

10 કદવાળા હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ દ્રાવણની પ્રબળતાની ગણતરી કરો.

ઉકેલ :

10 કદવાળા H_2O_2ના દ્રાવણનો અર્થ STP એ H_2O_2નું 1 L દ્રાવણ 10 L ઑક્સિજન આપે છે.

$2H_2O_2(l) \rightarrow O_2(g) + H_2O(l)$

2×34 g STP એ

68 g 22.4 L

STP એ 22.4 L O_2 68 g H_2O_2 માંથી ઉત્પન્ન થાય છે.

STP એ 10 L O_2 $\frac{68 \times 10}{22.4}$ g H_2O_2 માંથી ઉત્પન્ન થાય છે.

$H_2O_2 = \frac{68 \times 10}{22.4}$ g $= 30.36$ g

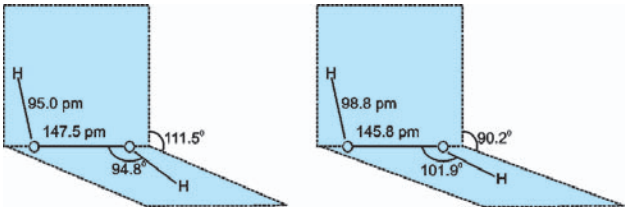
તેથી 10 કદના H_2O_2 માં H_2O_2 ની પ્રબળતા $= 30.36$ g/L

કોષ્ટક 9.4 હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડના ભૌતિક ગુણધર્મો

ગલનબિંદુ / K	272.4	ઘનતા (298 K તાપમાને પ્રવાહી) / g cm^{-3}	1.44
ઉત્કલનબિંદુ (અનુમાનિત) / K	423	સ્નિગ્ધતા (290 K) / centipoise	1.25
બાષ્પદબાણ (298 K) / mmHg	1.9	ડાયઇલેક્ટ્રિક અચળાંક (298 K) / C^2 / N m^2	70.7
ઘનતા (268.5 K તાપમાને ઘન) / g cm^{-3}	1.64	વિદ્યુતવાહકતા (298 K) / Ω^{-1} cm^{-1}	5.1×10^{-8}

9.7.3 બંધારણ (Structure)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ અસમતલીય બંધારણ ધરાવે છે. વાયુ અવસ્થા અને ઘન અવસ્થામાં તેના આણ્વીય પરિમાણોને આકૃતિ 9.3માં દર્શાવ્યા છે.



(a) વાયુ અવસ્થા (b) ઘન અવસ્થા

આકૃતિ 9.3 (a) વાયુ અવસ્થામાં H_2O_2નું બંધારણ, દ્વિતલ ખૂણો 111.5° છે. (b) ઘન અવસ્થામાં H_2O_2નું બંધારણ, દ્વિતલ ખૂણો 90.2° છે.

9.7.4 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties)

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ ઍસિડિક અને બેઝિક બંને માધ્યમમાં ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા તરીકે વર્તે છે. કેટલીક સાદી પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવી છે :

(i) ઍસિડિક માધ્યમમાં ઑક્સિડેશન અસર

$$2Fe^{2+}(aq) + 2H^+(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2H_2O(l)$$

$$PbS(s) + 4H_2O_2(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 4H_2O(l)$$

(ii) ઍસિડિક માધ્યમમાં રિડક્શન અસર

$$2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2O_2 \rightarrow 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O + 5O_2$$

$$HOCl + H_2O_2 \rightarrow H_3O^+ + Cl^- + O_2$$

(iii) બેઝિક માધ્યમમાં ઑક્સિડેશન અસર

$$2Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow 2Fe^{3+} + 2OH^-$$

$$Mn^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Mn^{4+} + 2OH^-$$

(iv) બેઝિક માધ્યમમાં રિડક્શન અસર

$$I_2 + H_2O_2 + 2OH^- \rightarrow 2I^- + 2H_2O + O_2$$

$$2MnO_4^- + 3H_2O_2 \rightarrow 2MnO_2 + 3O_2 + 2H_2O + 2OH^-$$

9.7.5 સંગ્રહ (Storage)

H_2O_2 પ્રકાશના સંપર્કમાં આવતા ધીરે ધીરે વિઘટન પામે છે.

$$2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

ધાતુની સપાટી અથવા અલ્પમાત્રામાં રહેલા બેઇઝ (કાચના પાત્રમાં રહેલા) ઉપરની પ્રક્રિયાને ઉદ્દીપિત (catalysed) કરે છે. તેથી તેને મીણનું સ્તર ચઢાવેલ કાચ કે પ્લાસ્ટિકના પાત્રમાં અંધારામાં રાખવામાં આવે છે. યુરિયાને તેમાં સ્થાયીકારક તરીકે ઉમેરવામાં આવે છે. તેને ધૂળના કણોથી દૂર રાખવામાં આવે છે. કારણ કે ધૂળ હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડના વિસ્ફોટકીય વિઘટનને પ્રેરિત કરે છે.

9.7.6 ઉપયોગો (Uses)

H_2O_2ના બહોળા ઉપયોગના કારણે તેના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદનમાં વધારો થતો રહે છે. તેના કેટલાક ઉપયોગો નીચે દર્શાવ્યા છે :

(i) રોજિંદા જીવનમાં H_2O_2નો ઉપયોગ વાળના રંગનાશક (hair bleach) તરીકે અને મંદ સંક્રમણહારક (disinfectant) તરીકે થાય છે. તે જીવાણુનાશી (antiseptic) તરીકે બજારમાં પરહાઇડ્રોલના (perhydrol) નામે વેચાય છે.

(ii) તે સોડિયમ પરબોરેટ અને સોડિયમ પરકાર્બોનેટ જેવા રસાયણોના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે. આવા રસાયણો ઊંચી ગુણવત્તાવાળા પ્રક્ષાલકોની બનાવટમાં વપરાય છે.

(iii) તે હાઇડ્રોક્વીનોન, ટાર્ટરિક ઍસિડ અને કેટલાક ખાદ્ય પદાર્થો તથા ઔષધો (સિફેલોસ્પોરિન) વગેરેના સંશ્લેષણમાં ઉપયોગી છે.

(iv) ઉદ્યોગોમાં તેનો ઉપયોગ કાપડ, કાગળનો માવો, ચામડું, તેલ, ચરબી વગેરે માટે રંગનાશક તરીકે થાય છે.

(v) પ્રવર્તમાન સમયમાં તે પર્યાવરણીય (હરિયાળુ) રસાયણ-વિજ્ઞાનમાં પણ ઉપયોગી બને છે. દા.ત., ઘરેલુ અને ઔદ્યોગિક એકમોમાંથી બહાર છોડવામાં આવતા નકામા પ્રવાહીના પ્રદૂષણમુક્ત ઉપચારમાં, સાયનાઇડ સંયોજનોના ઑક્સિડેશનમાં, સુએઝ કચરામાં જારક પરિસ્થિતિના પુનઃસ્થાપનમાં H_2O_2 ઉપયોગી છે.

9.8 ભારે પાણી (Heavy Water) (D_2O)

ભારે પાણીનો બહોળા પ્રમાણમાં ઉપયોગ ન્યુક્લિયર રિએક્ટરમાં ન્યુટ્રોન મંદક તરીકે અને વિનિમય પ્રક્રિયાઓની ક્રિયાવિધિના અભ્યાસમાં થાય છે. તેનું ઉત્પાદન પાણીના સંપૂર્ણ વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા અથવા કેટલાક ખાતરના ઉદ્યોગમાં ઉપપેદાશ તરીકે થાય છે. તેના ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 9.3માં દર્શાવેલા છે. તે અન્ય ડ્યુટેરિયમ સંયોજનોની બનાવટમાં વપરાય છે. દા.ત.,

$$CaC_2 + 2D_2O \rightarrow C_2D_2 + Ca(OD)_2$$

$$SO_3 + D_2O \rightarrow D_2SO_4$$

$$Al_4C_3 + 12D_2O \rightarrow 3CD_4 + 4Al(OD)_3$$

9.9 ઇંધણ તરીકે ડાયહાઇડ્રોજન (Dihydrogen as a Fuel)

ડાયહાઇડ્રોજન દહન દરમિયાન અધિક માત્રામાં ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરે છે. ડાયહાઇડ્રોજન, મિથેન, LPG વગેરે ઇંધણના

સમાન જથ્થાના (મૉલમાં, દળમાં અને કદમાં) દહનથી મુક્ત થતી ઊર્જાના મૂલ્યોને કોષ્ટક 9.5માં દર્શાવ્યા છે.

કોષ્ટક 9.5 પરથી સ્પષ્ટ છે કે ડાયહાઇડ્રોજન તેને સમાન દ્રવ્યમાનવાળા પેટ્રોલ કરતાં (ત્રણ ગણું) વધારે ઊર્જા મુક્ત કરી શકે છે. વધુમાં ડાયહાઇડ્રોજનના દહન દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં પ્રદૂષકોનું પ્રમાણ પેટ્રોલના દહન દરમિયાન ઉત્પન્ન થતા પ્રદૂષકો કરતાં ઓછું હોય છે. ડાયહાઇડ્રોજન દ્વારા ઉત્પન્ન થતા પ્રદૂષકમાં માત્ર ડાયનાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ જ હોય છે. (ડાયહાઇડ્રોજનની સાથે ડાયનાઇટ્રોજનની અશુદ્ધિઓ રહેલી હોય છે.) ગૅસના સિલિન્ડરમાં થોડા પ્રમાણમાં પાણીને દાખલ કરવાથી તાપમાન ઘટવાને કારણે ડાયનાઇટ્રોજન અને ડાયઑક્સિજન વચ્ચે પ્રક્રિયા થતી નથી. જો કે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુને જે પાત્રમાં રાખવામાં આવે છે તેના દળને ધ્યાનમાં લેવું જોઈએ. સંકોચિત ડાયહાઇડ્રોજન વાયુના પાત્રનું વજન સમાન જથ્થામાં ઊર્જા પ્રાપ્ત થાય તેટલા પ્રમાણમાં પેટ્રોલની ટાંકીના વજન કરતાં 30 ગણુ વધારે હોય છે. ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ 20 K તાપમાને ઠંડો પડી પ્રવાહીમાં રૂપાંતર પામે છે. તેથી મોંઘી અવાહક ટાંકીઓની આવશ્યકતા રહે છે. $NaNi_5$, $Ti\text{-}TiH_2$, $Mg\text{-}MgH_2$ વગેરે જેવી મિશ્રધાતુઓની બનેલી ટાંકીઓનો ઉપયોગ ડાયહાઇડ્રોજનના ઓછા જથ્થાને સંગ્રહ કરવામાં થાય છે. આ મર્યાદાઓએ સંશોધનકર્તાઓને ડાયહાઇડ્રોજનનો કાર્યક્ષમ રીતે ઉપયોગ કરવા માટેના વિકલ્પો શોધવા પ્રોત્સાહિત કર્યા.

આ સંદર્ભે ભાવિ વિકલ્પ **હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા** છે. હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થાનો મૂળ સિદ્ધાંત પ્રવાહી અથવા વાયુ સ્વરૂપના ડાયહાઇડ્રોજન સ્વરૂપની ઊર્જાનું પરિવહન અને સંગ્રહ છે. હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થાનો ફાયદો એ છે કે ઊર્જાનું સંચરણ વિદ્યુતઊર્જાના સ્વરૂપે નહીં પણ ડાયહાઇડ્રોજન સ્વરૂપે થાય છે. આપણા દેશના ઇતિહાસમાં પહેલી વાર ઑક્ટોબર 2005માં સ્વયંસંચાલિત વાહનોમાં ડાયહાઇડ્રોજનનો બળતણ તરીકે ઉપયોગ કરવાનો નાના પાયા પરનો પ્રોજેક્ટ શરૂ કર્યો. શરૂઆતમાં ચાર પૈડાંવાળા વાહનો માટે 5 % ડાયહાઇડ્રોજન મિશ્રિત CNGનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો. ત્યારબાદ ડાયહાઇડ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ ધીરે ધીરે વધારી અનુકૂળ પ્રમાણ સુધી પહોંચી શકાશે.

પ્રવર્તમાન સમયમાં ડાયહાઇડ્રોજનનો ઉપયોગ બળતણ-કોષમાં વિદ્યુતઊર્જાના ઉત્પાદન માટે થાય છે. એવી અપેક્ષા છે કે આવનારા વર્ષોમાં ડાયહાઇડ્રોજન આર્થિક રીતે પોષાય તેવું અને સુરક્ષિત ઊર્જા સ્રોત તરીકે ઓળખાશે.

કોષ્ટક 9.5 વિભિન્ન ઈંધણના (મોલમાં, દળમાં, કદમાં) દહનથી મુક્ત થતી ઊર્જા

દહનથી મુક્ત થતી ઊર્જા kJ માં	ડાયહાઇડ્રોજન (વાયુ અવસ્થામાં)	ડાયહાઇડ્રોજન (પ્રવાહી અવસ્થામાં)	LPG	CH_4 વાયુ	ઑક્ટેન (પ્રવાહી અવસ્થામાં)
પ્રતિ મોલ	286	285	2220	880	5511
પ્રતિ ગ્રામ	143	142	50	53	47
પ્રતિ લિટર	12	9968	25590	35	34005

સારાંશ

હાઇડ્રોજન માત્ર એક ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવતો સૌથી હલકો પરમાણુ છે. તે ઇલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને મૂળભૂત કણ પ્રોટોન બનાવે છે. આ તેનું વિશિષ્ટ લક્ષણ છે. તેના ત્રણ સમસ્થાનિકો **પ્રોટિયમ** (^1_1H), **ડ્યુટેરિયમ** (D અથવા ^2_1H) અને **ટ્રિટિયમ** (T અથવા ^3_1H) છે. આ ત્રણેમાં માત્ર ટ્રિટિયમ રેડિયોસક્રિય છે. આલ્કલી ધાતુઓ અને હેલોજન તત્ત્વો સાથે સામ્યતા હોવા છતાં તેના વિશિષ્ટ ગુણધર્મોના કારણે આવર્તકોષ્ટકમાં તેનું સ્થાન અદ્વિતીય જોવા મળે છે.

બ્રહ્માંડમાં હાઇડ્રોજન વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. મુક્ત અવસ્થામાં તે પૃથ્વીના વાતાવરણમાં જોવા મળતું નથી, પરંતુ સંયોજિત અવસ્થામાં પૃથ્વીની સપાટી પર વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતા તત્ત્વોના ક્રમમાં હાઇડ્રોજનનું સ્થાન ત્રીજું છે.

પેટ્રોરસાયણમાંથી **જળવાયુ સ્થાનાંતર** પ્રક્રિયા દ્વારા ડાયહાઇડ્રોજનનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. તે ક્ષારવાળા પાણીના વિદ્યુતવિભાજનથી ઉપપેદાશ તરીકે ઉત્પન્ન થાય છે.

ડાયહાઇડ્રોજનની H–H **બંધ વિયોજન એન્થાલ્પી** ($435.88\ kJ\ mol^{-1}$) કોઈ તત્ત્વના બે પરમાણુઓ વચ્ચેના એકલબંધ માટે ઉચ્ચતમ હોય છે. આ ગુણધર્મના આધારે ડાયહાઇડ્રોજનનો ઉપયોગ પરમાણ્વીય ટોર્ચમાં થાય છે. પરિણામે તાપમાન ~4000 K સુધી પહોંચે છે જે ઊંચા ગલનબિંદુવાળી ધાતુઓના વેલ્ડિંગ માટે આદર્શ તાપમાન છે.

ઓરડાના તાપમાને ડાયહાઇડ્રોજનની ઘણી ઊંચી ઋણ વિયોજન એન્થાલ્પીના કારણે તે નિષ્ક્રિય હોય છે. તે અનુકૂળ પરિસ્થિતિમાં લગભગ બધા તત્ત્વો સાથે જોડાઈને **હાઇડ્રાઇડ** બનાવે છે. બધા હાઇડ્રાઇડને ત્રણ વિભાગમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે : આયનીય અથવા ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ, સહસંયોજક અથવા આણ્વીય હાઇડ્રાઇડ અને ધાત્વીય અથવા બિનતત્ત્વયોગમિતિય હાઇડ્રાઇડ. અન્ય હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો બનાવવા માટે આલ્કલી ધાતુ હાઇડ્રાઇડ ઉપયોગી પ્રક્રિયક છે. આણ્વીય હાઇડ્રાઇડ (દા.ત., B_2H_6, CH_4, NH_3, H_2O) રોજિંદા જીવનમાં અતિ મહત્ત્વના સંયોજનો છે. ધાત્વીય હાઇડ્રાઇડનો ઉપયોગ ડાયહાઇડ્રોજનના અતિશુદ્ધીકરણ માટે અને ડાયહાઇડ્રોજનના સંગ્રહ માધ્યમ તરીકે થાય છે.

ડાયહાઇડ્રોજનની અન્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ પૈકી **રિડક્શન પ્રક્રિયા** દ્વારા હાઇડ્રોજન હેલાઈડ, પાણી, એમોનિયા, મિથેનોલ, વનસ્પતિ ઘી વગેરે અતિ મહત્ત્વના સંયોજનોનું નિર્માણ થાય છે. ધાતુકર્મ પ્રક્રમમાં તે ધાતુ ઑક્સાઇડના રિડક્શન માટે ઉપયોગી છે. અવકાશ કાર્યક્રમોમાં તે રોકેટના બળતણ તરીકે ઉપયોગી છે. ભવિષ્યમાં તે પ્રદૂષણમુક્ત ઈંધણ સ્વરૂપે મહત્ત્વ ધરાવશે **(હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા)**.

પાણી અતિ સામાન્ય, વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતો પદાર્થ છે. તે રાસાયણિક અને જૈવિક દૃષ્ટિએ અતિ મહત્ત્વનું છે. પાણીનું પ્રવાહી અવસ્થામાંથી ઘન અવસ્થા તથા પ્રવાહી અવસ્થામાંથી વાયુ અવસ્થામાં સરળતાથી રૂપાંતરણ થાય છે, જે **જીવાવરણ**માં અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે. પાણીનો અણુ તેના કોણીય બંધારણના કારણે વધુ ધ્રુવીય પ્રકૃતિ ધરાવે છે. આ ગુણધર્મના કારણે બરફમાં મહત્તમ હાઇડ્રોજન બંધ અને પાણીની બાષ્પમાં ન્યૂનતમ હાઇડ્રોજન બંધ હોય છે. પાણીની ધ્રુવીય પ્રકૃતિના કારણે – (a) તે આયનીય અને આંશિક આયનીય સંયોજનો માટે ઉત્તમ દ્રાવક તરીકે વર્તે છે. (b) તે ઊભયધર્મી (ઍસિડ અને બેઇઝ) પદાર્થ તરીકે વર્તે છે. (c) તે વિભિન્ન પ્રકારના જળયુક્ત સંયોજનો બનાવે છે. પાણીના ઘણા ક્ષારોને ઓગાળવાના ગુણધર્મને કારણે પાણી કઠિન બને છે જે ઉદ્યોગો માટે નુકસાનકારક હોય છે. ઝીઓલાઇટ અને સાંશ્લેષિત આયન વિનિમયકર્તા દ્વારા પાણીની અસ્થાયી અને સ્થાયી **કઠિનતા**ને દૂર કરી શકાય છે.

ભારે પાણી (D_2O) અગત્યનું સંયોજન છે જેનું ઉત્પાદન સામાન્ય પાણીના વિદ્યુતવિઘટન દ્વારા કરવામાં આવે છે. તે આવશ્યક રીતે ન્યુક્લિયર રિએક્ટરમાં ન્યુટ્રોન મંદક તરીકે ઉપયોગી છે.

હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ (H_2O_2) અસમતલીય બંધારણ ધરાવે છે. તે ઔદ્યોગિક રંગનાશક અને ઔષધોમાં તથા ઘરેલુ અને ઔદ્યોગિક એકમો દ્વારા છોડવામાં આવતા નકામા પ્રવાહીના પ્રદૂષણમુક્ત ઉપચારમાં બહોળા પ્રમાણમાં વપરાય છે.

સ્વાધ્યાય

9.1 આવર્તકોષ્ટકમાં હાઇડ્રોજન તત્ત્વના સ્થાનનું વાજબીપણું તેની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાના આધારે નક્કી કરો.

9.2 હાઇડ્રોજનના સમસ્થાનિકોના નામ લખો. આ સમસ્થાનિકોના દળ ગુણોત્તર શું છે ?

9.3 સામાન્ય સ્થિતિમાં હાઇડ્રોજન એક પરમાણ્વીય સ્વરૂપ કરતાં દ્વિપરમાણ્વીય સ્વરૂપમાં શા માટે જોવા મળે છે?

9.4 'કોલ ગેસિફીકેશન' દ્વારા થતું ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉત્પાદન કેવી રીતે વધારી શકાય ?

9.5 વિદ્યુતવિભાજન પદ્ધતિ દ્વારા મોટા પાયે ડાયહાઇડ્રોજનની બનાવટ વર્ણવો. આ પ્રક્રમમાં વિદ્યુતવિભાજ્યની શું ભૂમિકા રહેલી છે ?

9.6 નીચે જણાવેલી પ્રક્રિયાઓ પૂર્ણ કરો :

(i) $H_2(g) + M_mO_o(s) \xrightarrow{\Delta}$

(ii) $CO(g) + H_2(g) \xrightarrow[\text{ઉદ્દીપક}]{\Delta}$

(iii) $C_3H_8(g) + 3H_2O(g) \xrightarrow[\text{ઉદ્દીપક}]{\Delta}$

(iv) $Zn(s) + NaOH(aq) \xrightarrow{\text{ગરમી}}$

9.7 ડાયહાઇડ્રોજનની રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતાના સ્વરૂપે H–H બંધની ઊંચી એન્થાલ્પીના પરિણામોની ચર્ચા કરો.

9.8 હાઇડ્રોજનના (i) ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા (ii) ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ અને (iii) ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક સંયોજનો અંગે તમારી સમજ શું છે ? તમારા ઉત્તરનું વાજબીપણું યોગ્ય ઉદાહરણ દ્વારા સમજાવો.

9.9 ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા હાઇડ્રાઇડ સંયોજનોના બંધારણ અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓના આધારે તેની લાક્ષણિકતાઓ અંગે તમારી શું અપેક્ષાઓ છે ?

9.10 શું તમે એવી અપેક્ષા રાખો છો કે C_nH_{2n+2} પ્રકારના કાર્બન હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો લુઇસ ઍસિડ કે બેઇઝની જેમ વર્તશે ? તમારા ઉત્તરનું વાજબીપણું જણાવો.

9.11 ''બિનતત્ત્વયોગમિતિય હાઇડ્રાઇડ'' અંગે તમારી સમજ શું છે ? શું તમે એવી અપેક્ષા રાખો છો કે આલ્કલી ધાતુઓ આ પ્રકારના હાઇડ્રાઇડ બનાવી શકે ? તમારા ઉત્તરનું વાજબીપણું આપો.

9.12 હાઇડ્રોજન સંગ્રહ માટે ધાત્વીય હાઇડ્રાઇડ કેવી રીતે ઉપયોગી છે ? સમજાવો.

9.13 પરમાણ્વીય હાઇડ્રોજન અથવા ઑક્સિ-હાઇડ્રોજન ટોર્ચ કાપવાના અને વેલ્ડિંગના કામમાં કેવી રીતે ઉપયોગી બને છે સમજાવો.

9.14 તમે NH_3, H_2O અને HF પૈકી કોના હાઇડ્રોજન બંધના ઊંચા પરિમાણની અપેક્ષા રાખો છો ? શા માટે ?

9.15 ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ પાણી સાથે વિસ્ફોટકીય પ્રક્રિયા કરી આગ ઉત્પન્ન કરે છે. આ કિસ્સામાં અગ્નિશામક તરીકે જાણીતા CO_2નો ઉપયોગ કરી શકાય ? સમજાવો.

9.16 નીચે દર્શાવેલાની ગોઠવણી કરો :

(i) CaH_2, BeH_2 અને TiH_2ને વિદ્યુત વાહકતાના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

(ii) LiH, NaH અને CsHને આયનીય લાક્ષણિકતાના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

(iii) H–H, D–D અને F–Fને બંધવિયોજન એન્થાલ્પીના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

(iv) NaH, MgH_2 અને H_2Oને રિડક્શન કરવાના ગુણધર્મના ચડતા ક્રમમાં ગોઠવો.

9.17 H_2O અને H_2O_2ના બંધારણોની તુલના કરો.

9.18 પાણીના 'સ્વયં પ્રોટોવિભાજન' શબ્દ અંગે તમારી સમજ શું છે ? તેની સાર્થકતા શું છે ?

9.19 પાણીની F_2 સાથેની પ્રક્રિયાને ધ્યાને લઈ ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન સંદર્ભે જણાવો કે કઈ સ્પીસિઝનું ઑક્સિડેશન/રિડક્શન થશે ?

9.20 નીચે દર્શાવેલી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ પૂર્ણ કરો :

(i) $PbS(s) + H_2O_2(aq) \rightarrow$

(ii) $MnO_4^-(aq) + H_2O_2(aq) \rightarrow$

(iii) $CaO(s) + H_2O(g) \rightarrow$

(iv) $AlCl_3(g) + H_2O(l) \rightarrow$

(v) $Ca_3N_2(s) + H_2O(l) \rightarrow$

ઉપર દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓને (a) જળવિભાજન (b) રેડોક્ષ અને (c) જલીયકરણ પ્રક્રિયાઓમાં વર્ગીકૃત કરો.

9.21 બરફના સામાન્ય સ્વરૂપના બંધારણનું વર્ણન કરો.

9.22 કયા કારણોને લીધે પાણી અસ્થાયી અને સ્થાયી કઠિનતા ધરાવે છે ?

9.23 સાંશ્લેષિત આયન વિનિમય રેઝિન દ્વારા કઠિન પાણીને નરમ બનાવવાની પદ્ધતિ અને સિદ્ધાંતની ચર્ચા કરો.

9.24 પાણીના ઉભયધર્મી સ્વભાવ દર્શાવતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ લખો.

9.25 હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા તરીકે કાર્ય કરે છે તેવું વાજબીપણું દર્શાવતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ લખો.

9.26 વિખનિજિત પાણી એટલે શું ? તે કેવી રીતે મેળવી શકાય છે ?

9.27 શું વિખનિજિત પાણી અથવા નિસ્યંદિત પાણીનો ઉપયોગ પીવા માટે કરી શકાય ? જો ના, તો તેને પીવાલાયક બનાવવા શું કરવું જોઈએ ?

9.28 જીવાવરણ અને જૈવપ્રણાલીમાં પાણીની ઉપયોગિતા વર્ણવો.

9.29 પાણીનો કયો ગુણધર્મ તેને દ્રાવક તરીકે ઉપયોગી બનાવે છે ? તે કયા પ્રકારના સંયોજનોને (i) દ્રાવ્ય કરી શકે છે અને (ii) જળવિભાજિત કરી શકે છે ?

9.30 H_2O અને D_2Oના ગુણધર્મો જાણીએ છીએ તે પ્રમાણે શું તમે માનો છો કે D_2Oને પીવા માટે ઉપયોગમાં લઈ શકાય ?

9.31 ‘જળવિભાજન’ અને ‘જલીયકરણ’ શબ્દો વચ્ચે શું તફાવત રહેલો છે ?

9.32 ક્ષારીય હાઇડ્રાઇડ કેવી રીતે કાર્બનિક સંયોજનોમાંથી પાણીની અલ્પમાત્રાને દૂર કરી શકે છે ?

9.33 પરમાણ્વીયક્રમાંક 15, 19, 23 અને 44વાળા તત્ત્વો જો ડાયહાઇડ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા કરીને હાઇડ્રાઇડ બનાવતા હોય તો તમે તેમની પ્રકૃતિ વિષે શું અપેક્ષા રાખો છો ? પાણી સાથેની તેમની વર્તણૂકની તુલના કરો.

9.34 જ્યારે એલ્યુમિનિયમ (III) ક્લોરાઇડ અને પોટેશિયમ ક્લોરાઇડની જુદી જુદી (i) સામાન્ય પાણી (ii) ઍસિડિક પાણી અને (iii) બેઝિક પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરવામાં આવે તો તમે તે દ્રાવણમાં કઈ નીપજોની અપેક્ષા રાખો છો ? જ્યાં જરૂરી લાગે ત્યાં રાસાયણિક સમીકરણો લખો.

9.35 H_2O_2 કેવી રીતે રંગનાશક તરીકે વર્તે છે ?

9.36 નીચે દર્શાવેલા શબ્દો અંગે તમારી સમજ શું છે ?

(i) હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા (ii) હાઇડ્રોજનીકરણ (iii) સિનગૅસ (iv) જળવાયુ સ્થાનાંતર પ્રક્રિયા (v) બળતણ કોષ

s-વિભાગના તત્ત્વો (The s-Block Elements)

"આલ્કલી અને આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુ સમૂહોના પ્રથમ તત્ત્વ આ સમૂહોના અન્ય તત્ત્વોથી ઘણા ગુણધર્મોમાં જુદા પડે છે."

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- આલ્કલી ધાતુઓ અને તેમના સંયોજનોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓને વર્ણવી શકશો.
- આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ અને તેમના સંયોજનોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓને સમજાવી શકશો.
- ઔદ્યોગિક રીતે મહત્ત્વ ધરાવતા પોર્ટલેન્ડ સિમેન્ટ સહિતના સોડિયમ અને કૅલ્શિયમના સંયોજનોના ઉત્પાદન, ગુણધર્મો અને ઉપયોગોને વર્ણવી શકશો.
- સોડિયમ, પોટેશિયમ, મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમની જૈવિક અગત્યને બિરદાવશો.

આવર્તકોષ્ટકમાં *s*-વિભાગના તત્ત્વો એવા તત્ત્વો છે કે જેમાં છેલ્લો ઇલેક્ટ્રૉન સૌથી બહારની *s*-કક્ષકમાં દાખલ થાય છે. *s*-કક્ષક માત્ર બે જ ઇલેક્ટ્રૉન સમાવી શકે છે. તેથી આવર્તકોષ્ટકના *s*-વિભાગમાં બે સમૂહો (1 અને 2) આવેલા છે. આવર્તકોષ્ટકના સમૂહ 1માં લિથિયમ, સોડિયમ, પોટેશિયમ, રૂબિડિયમ, સિઝિયમ અને ફ્રાન્સિયમ તત્ત્વો આવેલા છે. સામૂહિક રીતે આ તત્ત્વો આલ્કલી ધાતુઓ તરીકે ઓળખાય છે. આ રીતે ઓળખાવાનું કારણ એ છે કે તેઓ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે. તે સ્વભાવમાં પ્રબળ આલ્કલાઈન (બેઝિક) હોય છે. સમૂહ 2માં બેરિલિયમ, મૅગ્નેશિયમ, કૅલ્શિયમ, સ્ટ્રૉન્શિયમ, બેરિયમ અને રેડિયમ તત્ત્વો આવેલા છે. આ તત્ત્વો બેરિલિયમના અપવાદ સિવાય સામાન્ય રીતે આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ તરીકે ઓળખાય છે. કારણ કે તેઓના ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ સ્વભાવમાં આલ્કલાઈન છે. આ ધાતુઓના ઑક્સાઇડ પૃથ્વીના પોપડામાં (crust)* મળી આવે છે.

આલ્કલી ધાતુઓ પૈકી સોડિયમ અને પોટેશિયમ પૃથ્વીના પોપડામાં વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવે છે. જ્યારે લિથિયમ, રૂબિડિયમ અને સિઝિયમનું પ્રમાણ ઘણું ઓછું છે (કોષ્ટક 10.1). ફ્રાન્સિયમ ખૂબ જ રેડિયોસક્રિય છે. તેનો સૌથી વધુ આયુષ્ય ધરાવતો સમસ્થાનિક ^{223}Fr નો અર્ધઆયુષ્ય સમય માત્ર 21 મિનિટ છે. આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓમાંની કૅલ્શિયમ અને મૅગ્નેશિયમનો વિપુલતાક્રમ પૃથ્વીના પોપડામાં અનુક્રમે પાંચમો અને છઠ્ઠો છે, જ્યારે સ્ટ્રૉન્શિયમ અને બેરિયમ ખૂબ જ ઓછા પ્રમાણમાં ઉપલબ્ધ હોય છે. બેરિલિયમ વિરલ (rare) તત્ત્વ છે અને રેડિયમ અતિવિરલ છે. તેનું પ્રમાણ અગ્નિકૃત ખડકો† ના 10^{-10} ટકા જેટલું જ છે (કોષ્ટક 10.2).

s-વિભાગના તત્ત્વોની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં આલ્કલી ધાતુઓ માટે [ઉમદા વાયુ] ns^1 અને આલ્કલાઈન અર્થધાતુઓ માટે [ઉમદા વાયુ] ns^2 છે.

સમૂહ 1 અને સમૂહ 2ના પ્રથમ તત્ત્વો અનુક્રમે લિથિયમ અને બેરિલિયમ કેટલાક એવા ગુણધર્મો દર્શાવે છે કે તે જ સમૂહના અન્ય તત્ત્વો કરતા અલગ પડે છે. આ અનિયમિત ગુણધર્મો ધરાવતા તત્ત્વ તેમની પછીના સમૂહના બીજા ક્રમના તત્ત્વ સાથે સામ્યતા ધરાવે છે. આમ, લિથિયમ મૅગ્નેશિયમ સાથે અને

* પૃથ્વીના પાતળા બાહ્યસ્તરને પોપડો (crust) કહે છે. † મૅગ્મા પિગલિત ખડકમાંથી બનેલો એક પ્રકારનો ખડક જે ઠંડો પડેલ છે અને સખત બનેલ છે.

બેરિલિયમ એલ્યુમિનિયમ સાથે તેમના ઘણા ગુણધર્મોમાં સામ્યતા દર્શાવે છે. આવર્તકોષ્ટકમાં આ પ્રકારની વિકર્ણીય સામ્યતાને સામાન્ય રીતે વિકર્ણ સંબંધ તરીકે દર્શાવવામાં આવે છે. આ વિકર્ણ સંબંધ તત્ત્વોના આયનીય કદ અને/અથવા વીજભાર/ત્રિજ્યા ગુણોત્તરને કારણે હોય છે. એક સંયોજક સોડિયમ અને પોટેશિયમ આયનો અને દ્વિસંયોજક મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમ આયનો જૈવિક દ્રવમાં (biological fluid) ખૂબ જ પ્રમાણમાં મળે છે. આ આયનો અગત્યના જૈવિક કાર્યો જેવા કે આયન સમતોલનની જાળવણી અને જ્ઞાનતંતુ વલણ વહન (nerve impulse conduction) કરે છે.

10.1 સમૂહ 1ના તત્ત્વો : આલ્કલી ધાતુઓ (Group 1 Elements : Alkali Metals)

આલ્કલી ધાતુઓના રાસાયણિક અને ભૌતિક ગુણધર્મોમાં પરમાણ્વીયક્રમાંક વધવાની સાથે નિયમિત વલણો જોવા મળ્યા છે. આલ્કલી ધાતુઓના પરમાણ્વીય, ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોની ચર્ચા નીચે કરવામાં આવી છે :

10.1.1 ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના (Electronic Configuration)

બધા આલ્કલી ધાતુ તત્ત્વો એક સંયોજકતા ઈલેક્ટ્રૉન ns^1 ધરાવે છે. આ ઈલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં ઉમદા વાયુ તત્ત્વોની ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના સમાયેલી હોય છે. આ તત્ત્વોની બાહ્યતમ સંયોજકતા કક્ષામાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉન સરળતાથી ગુમાવી શકાતા હોવાથી તે વધુ વિદ્યુતધન બને છે. તેઓ ઝડપથી ઈલેક્ટ્રૉન ગુમાવીને એક સંયોજક M^+ આયન બનાવે છે. આથી, તેઓ કુદરતમાં મુક્ત અવસ્થામાં મળી આવતા નથી.

તત્ત્વ	સંજ્ઞા	ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના
લિથિયમ	Li	$1s^2 2s^1$
સોડિયમ	Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
પૉટેશિયમ	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
રૂબિડિયમ	Rb	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^1$
સિઝિયમ	Cs	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ $4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$ અથવા $[Xe]\,6s^1$
ફ્રાન્સિયમ	Fr	$[Rn]7s^1$

10.1.2 પરમાણ્વીય અને આયનીય ત્રિજ્યા (Atomic and Ionic Radii)

આવર્તકોષ્ટકમાં કોઈ પણ આવર્તમાં આલ્કલી ધાતુઓના પરમાણ્વીય કદ સૌથી મોટા હોય છે. પરમાણ્વીયક્રમાંક વધવાની સાથે પરમાણુના કદ પણ વધે છે. એક સંયોજક આયનો (M^+) તેના જનક પરમાણુઓ કરતા નાના હોય છે. સમૂહમાં ઉપરથી નીચેની તરફ જતા આલ્કલી ધાતુઓની પરમાણ્વીય અને આયનીય ત્રિજ્યા વધતી જાય છે એટલે કે Li થી Cs તરફ જતા પરમાણ્વીય કદ વધે છે.

10.1.3 આયનીકરણ એન્થાલ્પી (Ionization Enthalpy)

આલ્કલી ધાતુઓની આયનીકરણ એન્થાલ્પી ઓછી હોય છે અને સમૂહમાં ઉપરથી નીચે Li થી Cs તરફ જતા આયનીકરણ એન્થાલ્પી ઘટે છે. આમ થવાનું કારણ વધતા જતા કેન્દ્રિય વીજભારની સરખામણીમાં વધતા જતા પરમાણ્વીય કદની અસર વધારે હોય છે તથા બાહ્યતમ કક્ષામાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉન કેન્દ્રિય વીજભારથી પરિરક્ષિત થયેલા હોય છે.

10.1.4 જલીયકરણ એન્થાલ્પી (Hydration Enthalpy)

આલ્કલી ધાતુ આયનોની જલીયકરણ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય આયનીય કદ વધવાની સાથે ઘટે છે.

$Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+$

Li^+નો જલીયકરણ અંશ સૌથી વધારે હોય છે અને આ કારણને લીધે જ લિથિયમ ક્ષારો મુખ્યત્વે જળયુક્ત હોય છે. દા.ત., $LiCl \cdot 2H_2O$

10.1.5 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

બધી જ આલ્કલી ધાતુઓ ચાંદી જેવી સફેદ, નરમ અને વજનમાં હલકી હોય છે. તેમના મોટા કદના કારણે તેમની ઘનતા ઓછી હોય છે, જે સમૂહમાં Li થી Cs તરફ જતાં વધે છે. પોટેશિયમ સોડિયમ કરતાં હલકી ધાતુ છે. તેઓના નીચાં ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ દર્શાવે છે કે તેઓમાં એકલ સંયોજકતા ઈલેક્ટ્રૉન હોવાના કારણે નિર્બળ ધાત્વીય બંધ રહેલો છે. આલ્કલી ધાતુઓ અને તેના ક્ષારો ઑક્સિડાઈઝીંગ જ્યોતમાં લાક્ષણિક રંગ દર્શાવે છે. આમ થવાનું કારણ એ છે કે જ્યોતની ગરમી તેની બાહ્યતમ કક્ષામાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉનને ઊંચા શક્તિ સ્તર પર ઉત્તેજિત કરે છે. જ્યારે ઉત્તેજિત થયેલા ઈલેક્ટ્રૉન પાછા ધરાવસ્થામાં પરત આવે છે ત્યારે દૃશ્ય ક્ષેત્રમાં નીચે જણાવ્યા મુજબ વિકિરણ ઉત્સર્જન જોવા મળે છે.

ધાતુ	Li	Na	K	Rb	Cs
રંગ	કિરમજી લાલ	પીળો	જાંબલી	લાલ જાંબલી	વાદળી
λ/nm	670.8	589.2	766.5	780.0	455.5

તેથી આલ્કલી ધાતુઓને તેની અનુરૂપ જ્યોત કસોટીથી પારખી શકાય છે, જ્યારે તેમની સાંદ્રતાને જ્યોત પ્રકાશમિતિ (flame photometry) અથવા પરમાણ્વીય અવશોષણ વર્ણપટદર્શી (atomic absorption spectroscopy) દ્વારા નક્કી કરી શકાય છે. આ તત્ત્વો પર પ્રકાશ આપાત થાય છે ત્યારે

કોષ્ટક 10.1 આલ્કલી ધાતુઓના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મો	લિથિયમ Li	સોડિયમ Na	પોટેશિયમ K	રૂબિડિયમ Rb	સિઝિયમ Cs	ફ્રાન્સિયમ Fr
પરમાણ્વીયક્રમાંક	3	11	19	37	55	87
પરમાણ્વીયદળ ($g\ mol^{-1}$)	6.94	22.99	39.10	85.47	132.91	(223)
ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના	[He] $2s^1$	[Ne] $3s^1$	[Ar] $4s^1$	[Kr] $5s^1$	[Xe] $6s^1$	[Rn] $7s^1$
આયનીકરણ એન્થાલ્પી / $kJ\ mol^{-1}$	520	496	419	403	376	~375
જલીયકરણ એન્થાલ્પી / $kJ\ mol^{-1}$	–506	–406	–330	–310	–276	–
ધાત્વીય ત્રિજ્યા / pm	152	186	227	248	265	–
આયનીય ત્રિજ્યા M^+ / pm	76	102	138	152	167	(180)
ગ.બિં. / K	454	371	336	312	302	–
ઉ.બિં. / K	1615	1156	1032	961	944	–
ઘનતા / $g\ cm^{-3}$	0.53	0.97	0.86	1.53	1.90	–
પ્રમાણિત પોટેન્શિયલ (M^+ / M) માટે E^0/ V	–3.04	–2.714	–2.925	–2.930	–2.927	–
મૃદાવરણમાં પ્રાપ્તિ†	18*	2.27**	1.84**	78-12*	2-6*	~ 10^{-18} *

*ppm (parts per million), ** વજનથી ટકાવાર પ્રમાણ; † મૃદાવરણ : પૃથ્વીનું ઉપરનું સ્તર : તેનો પોપડો અને ઉપરના મેન્ટલનો ભાગ

પ્રકાશનું શોષણ થવાના કારણે પરમાણુ ઈલેક્ટ્રૉન ગુમાવે છે. આ ગુણધર્મના કારણે સિઝિયમ અને પોટેશિયમનો ઉપયોગ પ્રકાશ વિદ્યુતકોષમાં વિદ્યુતધ્રુવ તરીકે થાય છે.

10.1.6 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties)

આલ્કલી ધાતુઓ તેમના મોટા કદ અને નીચી આયનીકરણ એન્થાલ્પીના કારણે ખૂબ જ પ્રતિક્રિયાત્મક છે. આ ધાતુઓની પ્રતિક્રિયાત્મકતા સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં વધતી જાય છે.

(i) **હવા પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા :** આલ્કલી ધાતુઓ શુષ્ક હવામાં ઝાંખી પડે છે. કારણ કે તેમના ઑક્સાઈડ બને છે, જે ભેજ સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે. તેઓ હવામાં જલદ રીતે સળગે છે અને ઑક્સાઈડ બનાવે છે. લિથિયમ મોનૉક્સાઇડ બનાવે છે, સોડિયમ પેરૉક્સાઇડ બનાવે છે, અન્ય ધાતુઓ સુપરઑક્સાઇડ બનાવે છે. સુપરઑક્સાઇડ (O_2^-) આયન K, Rb, Cs જેવા મોટા ધનાયનની હાજરીમાં જ સ્થાયી હોય છે.

$4\,Li + O_2 \rightarrow 2\,Li_2O$ (ઑક્સાઇડ)

$2\,Na + O_2 \rightarrow Na_2O_2$ (પેરૉક્સાઇડ)

$M + O_2 \rightarrow MO_2$ (સુપરઑક્સાઇડ)

(M = K, Rb, Cs)

આ બધા જ ઑક્સાઇડમાં આલ્કલી ધાતુની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +1 છે. લિથિયમ હવામાંના નાઇટ્રોજન સાથે સીધી જ પ્રક્રિયા કરી અપવાદરૂપ વર્તણૂક દર્શાવી લિથિયમ નાઇટ્રાઇડ (Li_3N) બનાવે છે. આલ્કલી ધાતુઓને તેમની પાણી અને હવા પ્રત્યેની ઊંચી પ્રતિક્રિયાત્મકતાને લીધે કેરોસીનમાં રાખવામાં આવે છે.

કોયડો 10.1

KO_2માં Kની ઑક્સિડેશન અવસ્થા શું છે ?

ઉકેલ :

સુપરઑક્સાઇડ સ્પીસિઝને O_2^- તરીકે દર્શાવવામાં આવે છે. જો કે સંયોજન તટસ્થ છે તેથી પોટેશિયમની ઑક્સિડેશન અવસ્થા +1 છે.

(ii) પાણી પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા : આલ્કલી ધાતુઓ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રોજન બનાવે છે.

$$2M + 2H_2O \rightarrow 2M^+ + 2OH^- + H_2$$

(M = આલ્કલી ધાતુ)

અત્રે એ નોંધવું જરૂરી છે કે આલ્કલી ધાતુઓમાં લિથિયમના $E^\ominus$નું મૂલ્ય સૌથી વધુ ઋણ (કોષ્ટક 10.1) હોય છે. જ્યારે સોડિયમના $E^\ominus$નું મૂલ્ય સૌથી ઓછું ઋણ હોય છે. તેમ છતાં લિથિયમ સોડિયમ કરતાં ઓછી ઉગ્ર રીતે પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરે છે. લિથિયમની આ વર્તણૂક તેના નાના કદ અને ઊંચી જલીયકરણ એન્થાલ્પીના કારણે ગણવામાં આવે છે. સમૂહની અન્ય ધાતુઓ પાણી સાથે સ્ફોટક રીતે પ્રક્રિયા કરે છે.

આ ઉપરાંત તેઓ પ્રોટોનદાતા જેવા કે આલ્કોહોલ, વાયુમય એમોનિયા અને આલ્કાઇન સાથે પ્રક્રિયા કરે છે.

(iii) ડાયહાઇડ્રોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા : લગભગ 673 K (લિથિયમ માટે 1073 K) તાપમાને ડાયહાઇડ્રોજન આલ્કલી ધાતુઓ સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. બધી આલ્કલી ધાતુઓના હાઇડ્રાઇડ ઘન અને આયનીય હોય છે, જેના ઉત્કલનબિંદુ ઊંચા હોય છે.

$$2M + H_2 \rightarrow 2M^+H^-$$

(iv) હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા : આલ્કલી ધાતુઓ હેલોજન સાથે ઝડપી ઉગ્ર પ્રક્રિયા કરી આયનીય હેલાઈડ M^+X^- બનાવે છે. જો કે લિથિયમના હેલાઈડ સંયોજનો અંશતઃ સહસંયોજક છે. આનું કારણ લિથિયમની ઊંચી ધ્રુવીભવન ક્ષમતા છે (ઋણાયનના ઇલેક્ટ્રૉન વાદળનું ધનાયન દ્વારા વિકૃત થવાની ક્રિયાને ધ્રુવીભવન કહે છે). Li^+ આયનનું કદ ઘણું નાનું હોય છે, તેથી Li^+ હેલાઈડ ઋણાયનની આસપાસ છવાયેલા ઇલેક્ટ્રૉન વાદળમાં વિકૃતિ લાવવા માટે વધુ ક્ષમતા ધરાવે છે. તેથી લિથિયમ આયોડાઇડ સૌથી વધુ સહસંયોજક પ્રકૃતિ દર્શાવે છે.

(v) રિડક્શનકર્તા પ્રકૃતિ : આલ્કલી ધાતુઓ પ્રબળ રિડક્શનકર્તા છે. લિથિયમ સૌથી વધુ અને સોડિયમ સૌથી ઓછી શક્તિશાળી રિડક્શનકર્તા છે (કોષ્ટક 10.1). પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ રિડક્શનકર્તા તરીકેની શક્તિનું માપન કરે છે. જે એકંદર ફેરફારને દર્શાવે છે.

$M(s) \rightarrow M(g)$ ઉર્ધ્વપાતન એન્થાલ્પી

$M(g) \rightarrow M^+(g) + e^-$ આયનીકરણ એન્થાલ્પી

$M^+(g) + H_2O \rightarrow M^+(aq)$ જલીયકરણ એન્થાલ્પી

લિથિયમ આયનનું કદ નાનું હોવાના કારણે તેની જલીયકરણ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય સૌથી વધુ હોય છે. જે તેનું $E^\ominus$નું મૂલ્ય વધુ ઋણ હોવાને અને તે વધુ શક્તિશાળી રિડક્શનકર્તા હોવાને અનુમોદન આપે છે.

કોયડો 10.2

Cl_2/Cl^- માટે $E^\ominus$નું મૂલ્ય +1.36, I_2/I^- માટે +0.53, Ag^+/Ag માટે +0.79, Na^+/Na માટે –2.71 અને Li^+/Li માટે –3.04 છે. નીચે દર્શાવેલી આયનીય સ્પીસિઝને રિડક્શનકર્તા તરીકેની પ્રબળતાના ઉતરતા ક્રમમાં ગોઠવો : I^-, Ag, Cl^-, Li, Na

ઉકેલ :

આ ક્રમ : $Li > Na > I^- > Ag > Cl^-$

(vi) પ્રવાહી એમોનિયામાં દ્રાવણ : આલ્કલી ધાતુઓ પ્રવાહી એમોનિયામાં ઓગળે છે અને ઘેરા વાદળી રંગનું દ્રાવણ બનાવે છે, જે સ્વભાવે વિદ્યુતવાહક છે.

$$M + (x + y)NH_3 \rightarrow [M(NH_3)_x]^+ + [e(NH_3)_y]^-$$

દ્રાવણનો વાદળી રંગ એમોનિયામય ઇલેક્ટ્રૉનને લીધે છે, જે પ્રકાશના દૃશ્ય વિસ્તારમાં શક્તિ શોષે છે અને દ્રાવણને વાદળી રંગ આપે છે. આ દ્રાવણો અનુચુંબકીય છે અને તેમને મૂકી રાખતા ધીમે ધીમે ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે અને એમાઇડ બનાવે છે.

$$M^+_{(am)} + e^- + NH_3(l) \rightarrow MNH_{2(am)} + \tfrac{1}{2}H_2(g)$$

(જ્યાં 'am' એમોનિયામાં દ્રાવણ સૂચવે છે.) સાંદ્ર દ્રાવણોમાં વાદળી રંગ કાળા-ભૂરા(Bronze)રંગમાં ફેરવાય છે અને પ્રતિચુંબકીય બને છે.

10.1.7 ઉપયોગો (Uses)

લિથિયમનો ઉપયોગ અગત્યની મિશ્ર ધાતુઓ બનાવવામાં થાય છે. દા.ત., લેડની સાથે તે 'સફેદ ધાતુ' (white metal) બનાવે છે જેનાથી એન્જિનની બેરીંગ બનાવવામાં આવે છે. એલ્યુમિનિયમ સાથે જે મિશ્ર ધાતુ બનાવે છે તેનો ઉપયોગ વિમાનના ભાગો બનાવવામાં થાય છે. મૅગ્નેશિયમ સાથે જે મિશ્ર ધાતુ બનાવે છે તેનો ઉપયોગ કવચ પ્લેટ (armour plates) બનાવવામાં થાય છે. આ પ્લેટનો ઉપયોગ થર્મોન્યુક્લિયર પ્રક્રિયાઓમાં થાય છે. લિથિયમનો ઉપયોગ વિદ્યુતરાસાયણિક કોષ બનાવવામાં પણ થાય છે. સોડિયમ ધાતુનો ઉપયોગ Na/Pb મિશ્ર ધાતુ બનાવવામાં થાય છે. જે $PbEt_4$ અને $PbMe_4$ બનાવવામાં જરૂરી છે. આ કાર્બલેડ (organolead) સંયોજનોને અગાઉ પેટ્રોલમાં અપસ્ફોટરોધી (anti knock) તરીકે ઉપયોગમાં લેવાતાં હતાં, પરંતુ હાલમાં વાહનોમાં લેડમુક્ત પેટ્રોલ વપરાય છે. પ્રવાહી સોડિયમનો ઉપયોગ ઝડપી પ્રજનક પરમાણુ ભઠ્ઠીમાં (fast breeder nuclear reactor)

શીતક તરીકે થાય છે. પોટેશિયમ જૈવિક ક્રિયાઓમાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. પોટેશિયમ ક્લોરાઇડ ખાતર તરીકે ઉપયોગી છે. પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ નરમ સાબુના ઉત્પાદનમાં અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના અવશોષકના રૂપમાં ઉપયોગી છે. સિઝિયમનો ઉપયોગ પ્રકાશવિદ્યુત કોષમાં થાય છે.

10.2 આલ્કલી ધાતુઓના સંયોજનોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓ (General Characteristics of the Compounds of the Alkali Metals)

આલ્કલી ધાતુઓના બધા સામાન્ય સંયોજનો આયનીય પ્રકૃતિ ધરાવે છે. તેઓના કેટલાક સંયોજનોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓની ચર્ચા અહીં કરવામાં આવી છે.

10.2.1 ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ સંયોજનો (Oxides and Hydroxides)

વધુ હવાની હાજરીમાં દહન કરતા લિથિયમ મુખ્યત્વે ઑક્સાઇડ Li_2O (તથા કેટલોક પેરૉક્સાઇડ Li_2O_2), સોડિયમ પેરૉક્સાઇડ Na_2O_2 (અને કેટલોક સુપરઑક્સાઇડ NaO_2) જ્યારે પોટેશિયમ, રૂબિડિયમ અને સિઝિયમ સુપરઑક્સાઇડ MO_2 બનાવે છે. યોગ્ય પરિસ્થિતિમાં શુદ્ધ સંયોજનો M_2O, M_2O_2 અને MO_2 બનાવી શકાય છે. ધાતુ આયનોના કદ વધવાની સાથે સાથે પેરૉક્સાઇડ અને સુપરઑક્સાઇડના સ્થાયીત્વમાં પણ વધારો થાય છે. તેનું કારણ લેટિસ ઊર્જા અસર દ્વારા મોટા ઋણ આયનોને મોટા ધનાયનો દ્વારા સ્થાયીતા આપવાનું છે. આ ઑક્સાઇડનું પાણી વડે સરળતાથી જળવિભાજન થઈ હાઇડ્રૉક્સાઇડ બને છે જેની પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવી છે :

$$M_2O + H_2O \rightarrow 2M^+ + 2OH^-$$

$$M_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 2M^+ + 2OH^- + H_2O_2$$

$$2MO_2 + 2H_2O \rightarrow 2M^+ + 2OH^- + H_2O_2 + O_2$$

શુદ્ધ અવસ્થામાં ઑક્સાઇડ અને પેરૉક્સાઇડ સંયોજનો રંગવિહીન હોય છે, પણ સુપરઑક્સાઇડ સંયોજનો પીળા અથવા નારંગી રંગના હોય છે. સુપરઑક્સાઇડ સંયોજનો અનુચુંબકીય પણ હોય છે. અકાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાનમાં સોડિયમ પેરૉક્સાઇડનો ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે બહોળા પ્રમાણમાં ઉપયોગ થાય છે.

કોયડો 10.3

KO_2 શા માટે અનુચુંબકીય છે ?

ઉકેલ :

સુપરઑક્સાઇડ O_2^- અનુચુંબકીય છે. કારણ કે π^*2p આણ્વીયકક્ષકમાં એક અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન રહેલો હોય છે.

ઑક્સાઇડ સંયોજનોની પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી મળતા હાઇડ્રૉક્સાઇડ સંયોજનો બધા બેઇઝમાં સૌથી વધુ પ્રબળ હોય છે અને તેઓ પાણીમાં સરળતાથી દ્રાવ્ય થઈ ખૂબ જ ગરમી ઉત્પન્ન કરે છે. આમ થવાનું કારણ તીવ્ર જલીયકરણ છે.

10.2.2 હેલાઇડ સંયોજનો (Halides)

બધા જ આલ્કલી ધાતુ હેલાઇડ સંયોજનો MX (X = F, Cl, Br, I) ઊંચા ગલનબિંદુવાળા રંગવિહીન ઘન સ્ફટિક છે. આ સંયોજનોને યોગ્ય ઑક્સાઇડ, હાઇડ્રૉક્સાઇડ અથવા કાર્બોનેટની જલીય હાઇડ્રોહેલિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરીને બનાવી શકાય છે. આ બધા હેલાઇડ વધુ ઋણ સર્જન એન્થાલ્પી ધરાવે છે. આલ્કલી ધાતુના ફ્લોરાઇડના $\Delta_f H^{\ominus}$નું મૂલ્ય સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં ઓછું ઋણ થતું જાય છે, જ્યારે આલ્કલી ધાતુઓના ક્લોરાઇડ, બ્રોમાઇડ અને આયોડાઇડ સંયોજનો માટે $\Delta_f H^{\ominus}$નું મૂલ્ય તેનાથી બરાબર ઊલટું જોવા મળે છે. કોઈ પણ ધાતુ માટે $\Delta_f H^{\ominus}$નું મૂલ્ય ફ્લોરાઇડથી આયોડાઇડ તરફ હંમેશાં ઓછું ઋણ થતું જાય છે.

ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુનો ક્રમ હંમેશાં ફ્લોરાઇડ > ક્લોરાઇડ > બ્રોમાઇડ > આયોડાઇડ મુજબનો હોય છે. આ બધા હેલાઇડ સંયોજનો પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય છે. LiFની પાણીમાં ઓછી દ્રાવ્યતા તેની વધુ લેટિસ એન્થાલ્પીના કારણે હોય છે તથા CsIની પાણીમાં ઓછી દ્રાવ્યતા તેના બે આયનોની ઓછી જલીયકરણ એન્થાલ્પીના કારણે હોય છે. લિથિયમના અન્ય હેલાઇડ સંયોજનો ઇથેનોલ, એસિટોન અને ઇથાઇલ એસિટેટમાં દ્રાવ્ય હોય છે. LiCl પીરીડીનમાં પણ દ્રાવ્ય છે.

10.2.3 ઓક્સો-ઍસિડના ક્ષારો (Salts of Oxo-acids)

ઓક્સો-ઍસિડ એવા સંયોજનો છે, જેમાં જે પરમાણુ પર ઍસિડિક પ્રોટોનવાળો હાઇડ્રૉક્સિલ સમૂહ હોય છે તે જ પરમાણુ સાથે ઓક્સો-સમૂહ જોડાયેલો હોય છે. દા.ત., કાર્બોનિક ઍસિડ $H_2CO_3[OC(OH)_2]$, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ $H_2SO_4(O_2S(OH)_2)$. આલ્કલી ધાતુઓ બધા ઓક્સો-ઍસિડ સાથે ક્ષાર બનાવે છે. તેઓ સામાન્ય રીતે પાણીમાં દ્રાવ્ય અને ઉષ્મીય રીતે સ્થાયી હોય છે. તેઓના કાર્બોનેટ (M_2CO_3) અને મોટા ભાગના કિસ્સામાં હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ ($MHCO_3$) પણ ઉષ્મીય રીતે વધુ સ્થાયી હોય છે. જેમ વિદ્યુતધન લાક્ષણિકતા સમૂહમાં નીચે તરફ જતા વધે છે તેમ કાર્બોનેટ અને હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટની સ્થાયીતા વધે છે. લિથિયમ કાર્બોનેટ ઉષ્માની હાજરીમાં વધુ સ્થાયી નથી હોતો. લિથિયમનું કદ નાનું હોવાના કારણે તે મોટા ઋણ આયનો CO_3^{2-}ને ધ્રુવિત કરીને વધારે સ્થાયી Li_2O અને CO_2 બનાવે છે. તેના હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટનું અસ્તિત્વ ઘન અવસ્થામાં નથી હોતું.

10.3 લિથિયમના અનિયમિત (વિસંગત) ગુણધર્મો (Anomalous Properties of Lithium)

લિથિયમ નીચેના કારણોસર અનિયમિત વર્તણૂક દર્શાવે છે : (i) અપવાદ તરીકે લિથિયમ પરમાણુ અને તેના આયનનું નાનું કદ (ii) ઊંચી ધ્રુવીભવન શક્તિ (એટલે વીજભાર/ત્રિજ્યા ગુણોત્તર). પરિણામે લિથિયમ સંયોજનોની સહસંયોજક લાક્ષણિકતામાં વધારો થાય છે, જે તેઓની કાર્બનિક દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા માટે જવાબદાર હોય છે. વધુમાં લિથિયમ મૅગ્નેશિયમ સાથે વિકર્ણ સંબંધ દર્શાવે છે, જેની ચર્ચા આગળ ઉપર કરીશું.

10.3.1 લિથિયમ અને અન્ય આલ્કલી ધાતુઓ વચ્ચેના તફાવતના મુદ્દાઓ (Points of Difference Between Lithium and Other Alkali Metals)

(i) લિથિયમ ઘણું સખત છે. તેના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ અન્ય આલ્કલી ધાતુઓ કરતાં ઊંચા છે.

(ii) લિથિયમ આલ્કલી ધાતુઓમાં સૌથી ઓછું પ્રતિક્રિયાત્મક છે, પરંતુ સૌથી પ્રબળ રિડક્શનકર્તા છે. હવામાં દહન કરતાં તે મુખ્યત્વે મોનૉક્સાઇડ Li_2O અને નાઇટ્રાઇડ Li_3N બનાવે છે, જે અન્ય આલ્કલી ધાતુઓમાં બનતું નથી.

(iii) LiCl જળશોષક છે અને જળયુક્ત ($LiCl \cdot 2H_2O$) તરીકે સ્ફટિકીકરણ પામે છે. જ્યારે અન્ય આલ્કલી ધાતુ ક્લોરાઇડ જળયુક્ત સંયોજનો બનાવતા નથી.

(iv) લિથિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ ઘન સ્વરૂપે મળતો નથી, જ્યારે અન્ય બધા જ તત્ત્વો ઘન હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ બનાવે છે.

(v) લિથિયમ અન્ય આલ્કલી ધાતુઓથી વિપરિત ઈથાઈન સાથેની પ્રક્રિયાથી ઈથાઈનાઇડ બનાવતો નથી.

(vi) લિથિયમ નાઇટ્રેટને ગરમ કરવાથી લિથિયમ ઑક્સાઇડ (Li_2O) બને છે, જ્યારે અન્ય આલ્કલી ધાતુઓના નાઇટ્રેટ તેમના અનુવર્તી નાઇટ્રાઇટમાં વિઘટન પામે છે.

$$4LiNO_3 \rightarrow 2Li_2O + 4NO_2 + O_2$$

$$2NaNO_3 \rightarrow 2NaNO_2 + O_2$$

(vii) LiF અને Li_2O અન્ય આલ્કલી ધાતુઓના અનુવર્તી સંયોજનો કરતાં પાણીમાં ઘણા ઓછા દ્રાવ્ય છે.

10.3.2 લિથિયમ અને મૅગ્નેશિયમ વચ્ચેની સામ્યતાના મુદ્દાઓ (Points of Similarities Between Lithium and Magnesium)

લિથિયમ અને મૅગ્નેશિયમ વચ્ચેની સામ્યતા ખાસ કરીને આશ્ચર્યજનક છે અને તે ઉદ્ભવવાનું કારણ તેઓના સરખાં કદ છે. પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા Li = 152 pm, Mg = 160 pm; આયનીય ત્રિજ્યા Li^+ = 76 pm, Mg^{2+} = 72 pm. સામ્યતાના મુખ્ય મુદ્દાઓ નીચે પ્રમાણે છે :

(i) લિથિયમ અને મૅગ્નેશિયમ તેઓના અનુવર્તી સમૂહોના અન્ય તત્ત્વો કરતાં વધારે સખત અને હલકાં છે.

(ii) લિથિયમ અને મૅગ્નેશિયમ પાણી સાથે ધીમેથી પ્રક્રિયા કરે છે. તેના ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ પાણીમાં ઘણા ઓછા દ્રાવ્ય છે. તેમના હાઇડ્રૉક્સાઇડને ગરમ કરતાં વિઘટન પામે છે. લિથિયમ અને મૅગ્નેશિયમ બંને નાઇટ્રોજન સાથે સીધા સંયોજાઈ નાઇટ્રાઇડ (Li_3N અને Mg_3N_2) આપે છે.

(iii) ઑક્સાઇડ Li_2O અને MgO વધુ ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈ કોઈ સુપરઑક્સાઇડ આપતા નથી.

(iv) લિથિયમ અને મૅગ્નેશિયમના કાર્બોનેટને ગરમ કરતાં સહેલાઈથી વિઘટન પામે છે અને ઑક્સાઇડ તથા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ આપે છે. લિથિયમ અને મૅગ્નેશિયમ દ્વારા ઘન હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ બનતા નથી.

(v) LiCl અને $MgCl_2$ બંને ઈથેનોલમાં દ્રાવ્ય છે.

(vi) LiCl અને $MgCl_2$ બંને ભેજગ્રાહી છે અને જલીય દ્રાવણમાંથી $LiCl \cdot 2H_2O$ તથા $MgCl_2 \cdot 8H_2O$ તરીકે સ્ફટિકીકરણ પામે છે.

10.4 સોડિયમના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો (Some Important Compounds of Sodium)

ઔદ્યોગિક રીતે ઉપયોગી સોડિયમના સંયોજનોમાં સોડિયમ કાર્બોનેટ, સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ, સોડિયમ ક્લોરાઇડ અને સોડિયમ બાયકાર્બોનેટનો સમાવેશ થાય છે. આ સંયોજનોનું મોટા પાયે ઉત્પાદન અને તેઓના ઉપયોગો નીચે વર્ણવ્યા છે :

સોડિયમ કાર્બોનેટ (વૉશિંગ સોડા) $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$:

સામાન્ય રીતે સોડિયમ કાર્બોનેટને સૉલ્વે પદ્ધતિથી બનાવવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયામાં સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટની ઓછી દ્રાવ્યતાનો લાભ લેવામાં આવે છે. જેથી તે સોડિયમ ક્લોરાઇડની એમોનિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ સાથેની પ્રક્રિયાથી અવક્ષેપન પામે છે. એમોનિયા વડે સંતૃપ્ત કરવામાં આવેલા સોડિયમ ક્લોરાઇડના સાંદ્ર દ્રાવણમાંથી CO_2 વાયુ પસાર કરવાથી એમોનિયમ કાર્બોનેટ અને ત્યારબાદ એમોનિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ બને છે. આ સંપૂર્ણ પ્રક્રિયાને સમીકરણ સ્વરૂપે નીચે મુજબ લખી શકાય છે :

$$2NH_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow 2NH_4HCO_3$$

$$NH_4HCO_3 + NaCl \rightarrow NH_4Cl + NaHCO_3$$

સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ સ્ફટિકને અલગ કરવામાં આવે છે, તેને ગરમ કરવાથી સોડિયમ કાર્બોનેટ બને છે.

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

આ પ્રક્રિયામાં NH_4Cl ધરાવતા દ્રાવણમાં $Ca(OH)_2$ ઉમેરતાં NH_3 ને પુનઃપ્રાપ્ત કરી શકાય છે. કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ ઉપનીપજ તરીકે મળે છે.

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$

અત્રે એ નોંધવું જરૂરી છે કે સૉલ્વે પ્રક્રિયા પોટેશિયમ કાર્બોનેટના ઉત્પાદન માટે વાપરી શકાય નહિ. કારણ કે પોટેશિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ એટલો બધો દ્રાવ્ય છે કે પોટેશિયમ ક્લોરાઇડના સંતૃપ્ત દ્રાવણમાં એમોનિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ ઉમેરવા છતાં પણ તે અવક્ષેપન પામતો નથી.

ગુણધર્મો : સોડિયમ કાર્બોનેટ સફેદ સ્ફટિકમય ઘન પદાર્થ છે. જે ડેકાહાઇડ્રેટ ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) તરીકે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. તેને ધોવાના સોડા તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. તે પાણીમાં સરળતાથી દ્રાવ્ય થાય છે. આ સંયોજનને ગરમ કરતાં ડેકાહાઇડ્રેટમાંથી સ્ફટિકજળ ગુમાવે છે અને મોનોહાઇડ્રેટ બનાવે છે. 373 Kથી ઊંચા તાપમાને મોનોહાઇડ્રેટ સંપૂર્ણપણે નિર્જલીય બને છે અને સફેદ પાઉડરમાં ફેરવાય છે, જેને સોડાએશ કહે છે.

$$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O \xrightarrow{375\ K} Na_2CO_3 \cdot H_2O + 9H_2O$$

$$Na_2CO_3 \cdot H_2O \xrightarrow{>373\ K} Na_2CO_3 + H_2O$$

સોડિયમ કાર્બોનેટનો કાર્બોનેટ ભાગ પાણી વડે જળ-વિભાજન પામી દ્રાવણને આલ્કલાઇન બનાવે છે.

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightarrow HCO_3^- + OH^-$$

ઉપયોગો :

(i) તે કઠિન પાણીને નરમ બનાવવામાં, ધોબી કામમાં અને સ્વચ્છીકરણમાં ઉપયોગી છે.

(ii) તે કાચ, સાબુ, બોરેક્ષ અને કોસ્ટિક સોડા જેવા સંયોજનોના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.

(iii) તે કાગળ, રંગ અને કાપડ ઉદ્યોગોમાં ઉપયોગી છે.

(iv) તે પ્રયોગશાળાના અગત્યના પ્રક્રિયક તરીકે જથ્થાત્મક અને ગુણાત્મક પૃથક્કરણમાં ઉપયોગી છે.

સોડિયમ ક્લોરાઇડ (NaCl)

સોડિયમ ક્લોરાઇડનો મુખ્ય સ્રોત સમુદ્રનું પાણી છે, જેમાં તેના દળના લગભગ 2.7થી 2.9 ટકા ક્ષાર હોય છે. આપણા દેશ જેવા દેશોમાં સમુદ્રજળના બાષ્પીભવનથી મીઠું પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે. આપણા દેશમાં દર વર્ષે સૂર્ય દ્વારા બાષ્પીભવનથી લગભગ 50 લાખ ટન મીઠાનું ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. અશુદ્ધ (crude) સોડિયમ ક્લોરાઇડને સામાન્ય રીતે ક્ષારીય દ્રાવણમાંથી સ્ફટિકીકરણ દ્વારા મેળવાય છે. આ અશુદ્ધ સોડિયમ ક્લોરાઇડમાં સોડિયમ સલ્ફેટ, કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ, કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ અને મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડ જેવા સંયોજનો અશુદ્ધિ તરીકે હોય છે. કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ અને મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડની અશુદ્ધિનું કારણ તેઓનો ભેજશોષક સ્વભાવ છે (વાતાવરણમાંથી ભેજને સહેલાઈથી શોષે છે). શુદ્ધ સોડિયમ ક્લોરાઇડ પ્રાપ્ત કરવા માટે અશુદ્ધ ક્ષારને પાણીની થોડી માત્રામાં ઓગાળવામાં આવે છે અને અદ્રાવ્ય અશુદ્ધિઓને ગાળણ ક્રિયાથી દૂર કરવામાં આવે છે. આ દ્રાવણને હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુ વડે સંતૃપ્ત કરવામાં આવે છે જેથી શુદ્ધ સોડિયમ ક્લોરાઇડના સ્ફટિકને અલગ તારવી શકાય છે, જ્યારે કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ અને મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડ પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય હોવાના કારણે દ્રાવણમાં જ રહે છે.

સોડિયમ ક્લોરાઇડ 1081 K તાપમાને પીગળે છે. તેની દ્રાવ્યતા 273 K તાપમાને 100 g પાણીમાં 36 g છે. તાપમાન વધવાની સાથે તેની દ્રાવ્યતામાં વિશેષ વધારો જોવા મળતો નથી.

ઉપયોગો :

(i) તે ઘરેલુ વપરાશમાં સામાન્ય મીઠા તરીકે ઉપયોગી છે.

(ii) તે Na_2O_2, NaOH અને Na_2CO_3ની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.

સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (કોસ્ટિક સોડા) (NaOH)

સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન સામાન્ય રીતે કાસ્ટનર કેલનર (Castner-Kellner) કોષમાં સોડિયમ ક્લોરાઇડના વિદ્યુતવિભાજન દ્વારા કરવામાં આવે છે. ક્ષારીય દ્રાવણનું મરક્યુરી કૅથોડ અને કાર્બન ઍનોડ વાપરીને વિદ્યુત-વિભાજન કરવામાં આવે છે. કૅથોડ પર મુક્ત થતી સોડિયમ ધાતુ મરક્યુરી સાથે જોડાઈને સોડિયમ સંરસ (amalgam) બનાવે છે અને ઍનોડ પર ક્લોરિન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

કૅથોડ : $Na^+ + e^- \xrightarrow{Hg}$ Na-સંરસ

ઍનોડ : $Cl^- \rightarrow \frac{1}{2}Cl_2 + e^-$

આ સંરસની પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

$2Na$ – સંરસ $+ 2H_2O \rightarrow 2NaOH + 2Hg + H_2$

સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ સફેદ પારભાષક (translucent) ઘન પદાર્થ છે. તે 591 K તાપમાને પીગળે છે. તે પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી તેમાં ઓગળે છે અને પ્રબળ આલ્કલાઇન દ્રાવણ બનાવે છે. સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના સ્ફટિકો ભેજશોષક છે. તેના દ્રાવણની સપાટી પર રહેલો સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ વાતાવરણમાંના CO_2 સાથે પ્રક્રિયા કરીને Na_2CO_3 બનાવે છે.

ઉપયોગો : સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનો ઉપયોગ : (i) સાબુ, કાગળ, કૃત્રિમ રેશમ અને અસંખ્ય રસાયણો બનાવવામાં થાય છે. (ii) પેટ્રોલિયમના શુધ્ધીકરણમાં થાય છે. (iii) બૉક્સાઇટના શુધ્ધીકરણમાં થાય છે. (iv) કાપડ ઉદ્યોગમાં સુતરાઉ કાપડને સુંવાળુ બનાવવામાં થાય છે. (v) શુદ્ધ ચરબી અને તેલ બનાવવા માટે થાય છે. (vi) પ્રયોગશાળામાં પ્રક્રિયક તરીકે થાય છે.

સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ (બેકિંગ સોડા) $NaHCO_3$

સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ બેકિંગ સોડા તરીકે ઓળખાય છે. કારણ કે તેને ગરમ કરતાં તે વિઘટન પામે છે અને મુક્ત થતા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના પરપોટા ઉત્પન્ન કરે છે (જેને લીધે કેક અથવા પૅસ્ટ્રી જેવા ખાદ્ય પદાર્થોમાં છિદ્રો રચાય છે. તેથી તે હલકા અને પોચા બને છે.)

સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ બનાવવા માટે સોડિયમ કાર્બોનેટના દ્રાવણને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વડે સંતૃપ્ત કરવામાં આવે છે. પાણીમાં ઓછા દ્રાવ્ય સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટના સફેદ સ્ફટિકોને અલગ તારવવામાં આવે છે.

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow 2NaHCO_3$$

સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ ચામડીના રોગોના ચેપ માટે મંદ ચેપનાશક છે. તેનો ઉપયોગ અગ્નિશામકમાં થાય છે.

10.5 સોડિયમ અને પોટેશિયમની જૈવિક અગત્ય (Biological Importance of Sodium and Potassium)

70 kg વજન ધરાવતી કોઈ સામાન્ય વ્યક્તિ 90 g Na અને 170 g K ધરાવે છે. જેની સરખામણીમાં 5 g Fe અને 0.06 g Cu ધરાવે છે.

સોડિયમ આયન પ્રાથમિક રીતે રુધિર પ્લાઝ્મામાં રહેલા કોષની બહારની બાજુએ અને આંતરાલીય પ્રવાહી જે કોષની આજુબાજુ હોય છે તેમાં રહેલા હોય છે. આ આયનો જ્ઞાનતંતુ સંદેશાવહન માટે, કોષ પડદાની વચ્ચે પાણીના વહેણના નિયમન માટે, કોષમાં શર્કરા તથા એમિનો ઍસિડના વહન માટે ભાગ ભજવે છે. સોડિયમ અને પોટેશિયમ આયન રાસાયણિક દૃષ્ટિએ ઘણી જ સામ્યતા ધરાવતા જણાય છે. પરંતુ કોષપટલમાંથી પસાર થવું, તેમની વહન ક્રિયાવિધિ અને તેમની ઉત્સેચકને સક્રિયકૃત કરવાની ક્ષમતામાં તેઓ જથ્થાત્મક રીતે અલગ પડે છે. આમ, પોટેશિયમ આયનો કોષ દ્રવમાં વિપુલ પ્રમાણમાં રહેલા ધનાયન છે જ્યાં તેઓ ઉત્સેચકને સક્રિયકૃત કરે છે અને ગ્લુકોઝના ઑક્સિડેશનથી ATP ઉત્પન્ન કરવા માટે ભાગ ભજવવામાં અને સોડિયમ સાથે જ્ઞાનતંતુ સિગ્નલમાં પ્રસરણ માટે જવાબદાર છે.

કોષપટલની વિરુદ્ધ બાજુઓએ સોડિયમ અને પોટેશિયમ આયનોની સાંદ્રતામાં પ્રમાણમાં નોંધપાત્ર વિચલન જણાય છે. એક વિશિષ્ટ ઉદાહરણ લઈએ તો, રુધિર પ્લાઝ્મામાંના રક્તકણોમાં સોડિયમ આયનનું સ્તર 143 $mmolL^{-1}$ જેટલું હોય છે. જ્યારે પોટેશિયમ આયનનું સ્તર માત્ર 5 $mmolL^{-1}$ છે. આ સાંદ્રતાઓ બદલાઈને 10 $mmolL^{-1}$ (Na^+) અને 105 $mmolL^{-1}$ (K^+) થાય છે. આ આયનીય ઉતાર-ચઢાવ એક વિભેદનીય ક્રિયાવિધિનું નિર્દેશન કરે છે. જેને સોડિયમ પોટેશિયમ પંપ કહે છે. આ પંપ પ્રાણી આરામ કરતું હોય ત્યારે એક તૃતીયાંશ ભાગથી વધારે ATPનો વપરાશ કરે છે અને આરામ કરતાં માનવમાં દર 24 કલાકે આશરે 15 kg જેટલું હોય છે.

10.6 સમૂહ 2ના તત્ત્વો : આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ (Group 2 Elements : Alkaline Earth Metals)

સમૂહ 2માં બેરિલિયમ, મૅગ્નેશિયમ, કૅલ્શિયમ, સ્ટ્રૉન્શિયમ, બેરિયમ અને રેડિયમ તત્ત્વોનો સમાવેશ થાય છે. આવર્તકોષ્ટકમાં તેઓ આલ્કલી ધાતુઓ પછીના સમૂહમાં આવે છે. આ તત્ત્વોને (બેરિલિયમ સિવાય) આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. પ્રથમ તત્ત્વ બેરિલિયમ સમૂહના અન્ય તત્ત્વોથી અલગ પડે છે અને એલ્યુમિનિયમ તત્ત્વ સાથે વિકર્ણ સંબંધ દર્શાવે છે. આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો કોષ્ટક 10.2માં દર્શાવેલા છે.

10.6.1 ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના (Electronic Configuration)

આ તત્ત્વોની સંયોજકતા કોષની s-કક્ષકમાં બે ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે (કોષ્ટક 10.2). તેઓની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના [ઉમદા વાયુ] ns^2 તરીકે દર્શાવી શકાય છે. આલ્કલી ધાતુઓની જેમ આ તત્ત્વોના સંયોજનો મુખ્યત્વે આયનીય પ્રકૃતિ ધરાવે છે.

તત્ત્વ	સંજ્ઞા	ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના
બેરિલિયમ	Be	$1s^22s^2$
મૅગ્નેશિયમ	Mg	$1s^22s^22p^63s^2$
કૅલ્શિયમ	Ca	$1s^22s^22p^63s^23p^64s^2$
સ્ટ્રૉન્શિયમ	Sr	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^65s^2$
બેરિયમ	Ba	$1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^64d^{10}5s^25p^66s^2$ or $[Xe]6s^2$
રેડિયમ	Ra	$[Rn]7s^2$

10.6.2 પરમાણ્વીય અને આયનીય ત્રિજ્યા (Atomic and Ionic Radii)

એક જ આવર્તમાં રહેલી આલ્ક્લાઈન અર્થ ધાતુઓની પરમાણ્વીય અને આયનીય ત્રિજ્યા તેને અનુવર્તી આલ્કલી

કોષ્ટક 10.2 આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મો	બેરિલિયમ Be	મૅગ્નેશિયમ Mg	કૅલ્શિયમ Ca	સ્ટ્રૉન્શિયમ Sr	બેરિયમ Ba	રેડિયમ Ra
પરમાણ્વીય-ક્રમાંક	4	12	20	38	56	88
પરમાણ્વીયદળ (g mol^{-1})	9.01	24.31	40.08	87.62	137.33	226.03
ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના	[He] $2s^2$	[Ne] $3s^2$	[Ar] $4s^2$	[Kr] $5s^2$	[Xe] $6s^2$	[Rn] $7s^2$
આયનીકરણ એન્થાલ્પી (I) / kJ mol^{-1}	899	737	590	549	503	509
આયનીકરણ એન્થાલ્પી (II) /kJ mol^{-1}	1757	1450	1145	1064	965	979
જલીયકરણ એન્થાલ્પી (kJ/mol)	– 2494	– 1921	–1577	– 1443	– 1305	–
ધાત્વીય ત્રિજ્યા / pm	111	160	197	215	222	–
આયનીય ત્રિજ્યા M^{2+} / pm	31	72	100	118	135	148
ગ.બિં. / K	1560	924	1124	1062	1002	973
ઉ.બિં. / K	2745	1363	1767	1655	2078	(1973)
ઘનતા / g cm^{-3}	1.84	1.74	1.55	2.63	3.59	(5.5)
પ્રમાણિત પોટેન્શિયલ (M^{2+}/ M) માટે $E^{\ominus}$ / V	–1.97	–2.36	–2.84	–2.89	– 2.92	–2.92
મૃદાવરણમાં પ્રાપ્તિ	2*	2.76**	4.6**	384*	390 *	10^{-6}*

*ppm (parts per million); ** વજનથી ટકાવાર પ્રમાણ

ધાતુઓની પરમાણ્વીય અને આયનીય ત્રિજ્યા કરતાં ઓછી હોય છે. આમ થવાનું કારણ આ તત્ત્વોમાં વધતો જતો કેન્દ્રિય વીજભાર છે, એક જ સમૂહમાં તત્ત્વોનો પરમાણ્વીયક્રમાંક વધવાની સાથે પરમાણ્વીય અને આયનીય ત્રિજ્યા વધે છે.

10.6.3 આયનીકરણ એન્થાલ્પી (Ionization Enthalpies)

આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓની નીચી આયનીકરણ એન્થાલ્પીનું કારણ પરમાણુઓના કંઈક અંશે મોટા કદ છે. સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જઈએ તેમ પરમાણ્વીય કદ વધવાની સાથે તેમની આયનીકરણ એન્થાલ્પી ઘટે છે (કોષ્ટક 10.2). આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓની પ્રથમ આયનીકરણ એન્થાલ્પી તેમને અનુવર્તી સમૂહ-1ની ધાતુઓ કરતાં વધારે છે. આનું કારણ તેમને અનુવર્તી આલ્કલી ધાતુઓની સરખામણીમાં તેમના નાના કદ છે. એ નોંધવું રસપ્રદ છે કે આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓની દ્વિતીય આયનીકરણ એન્થાલ્પી તેમને અનુવર્તી આલ્કલી ધાતુઓની આયનીકરણ એન્થાલ્પી કરતાં ઓછી છે.

10.6.4 જલીયકરણ એન્થાલ્પી (Hydration Enthalpies)

આલ્કલી ધાતુ આયનોની જેમ આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુ આયનોની જલીયકરણ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય સમૂહમાં નીચેની તરફ જતાં આયનીય કદ વધવાની સાથે ઘટે છે.

$$Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$$

આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુ આયનોની જલીયકરણ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય આલ્કલી ધાતુ આયનોની જલીયકરણ એન્થાલ્પી કરતાં વધારે હોય છે. આથી આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના સંયોજનો આલ્કલી ધાતુઓના સંયોજનો કરતાં વધુ પ્રમાણમાં જલીયકરણ પામેલા હોય છે. દા.ત., $MgCl_2$ અને $CaCl_2$ અનુક્રમે $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ અને $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ તરીકે અસ્તિત્વ ધરાવે છે, જ્યારે NaCl અને KCl જળયુક્ત હોતા નથી.

10.6.5 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ સામાન્ય રીતે ચાંદી જેવી સફેદ, ચળકતી અને પોચી પણ સાપેક્ષમાં આલ્કલી ધાતુઓ કરતાં કઠણ છે. બેરિલિયમ અને મૅગ્નેશિયમ કંઈક અંશે રાખોડી રંગની

દેખાય છે. આ ધાતુઓના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ તેમને અનુવર્તી આલ્કલી ધાતુઓ કરતાં ઊંચા હોય છે, કારણ કે તેમના કદ નાનાં છે. આ વલણ જો કે નિયમિત નથી. નીચી આયનીકરણ એન્થાલ્પીને કારણે તેઓ સ્વભાવે પ્રબળ વિદ્યુતધનમય હોય છે. સમૂહમાં Beથી Ba તરફ જતાં વિદ્યુતધનમય લાક્ષણિકતામાં વધારો થાય છે. કૅલ્શિયમ, સ્ટ્રૉન્શિયમ અને બેરિયમ લાક્ષણિક જ્યોત અનુક્રમે ઈંટ જેવી લાલ, કિરમજી લાલ અને આછી લીલી આપે છે. જ્યોતમાં તત્ત્વની બાહ્ય કક્ષાનો ઇલેક્ટ્રૉન ઉત્તેજિત થઈ ઊંચા શક્તિસ્તરમાં જાય છે અને ત્યારબાદ તે ધરાસ્થિતિમાં પાછો આવે છે ત્યારે તે દૃશ્યપ્રકાશ સ્વરૂપે શક્તિ ઉત્સર્જિત કરે છે. બેરિલિયમ અને મૅગ્નેશિયમના ઇલેક્ટ્રૉન એટલી પ્રબળ રીતે જોડાયેલા હોય છે કે તે જ્યોતમાં ઉત્તેજિત થઈ કોઈ રંગ દર્શાવી શકતા નથી. Ca, Sr અને Ba તત્ત્વોને ગુણાત્મક પૃથક્કરણમાં જ્યોત કસોટી કરી પારખવામાં આવે છે. કૅલ્શિયમનું જથ્થાત્મક પૃથક્કરણ જ્યોત પ્રકાશમિતિ દ્વારા કરવામાં આવે છે. આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ આલ્કલી ધાતુઓની જેમ ઊંચી વિદ્યુતીય અને ઉષ્મીય વાહકતા ધરાવે છે. આ ધાતુઓની આ એક ખાસ લાક્ષણિકતા છે.

10.6.6 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties)

આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ આલ્કલી ધાતુઓ કરતાં ઓછી પ્રતિક્રિયાત્મક છે. સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં આ તત્ત્વોમાં પ્રતિક્રિયાત્મકતા વધતી જાય છે.

(i) હવા અને પાણી પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા : બેરિલિયમ અને મૅગ્નેશિયમ ગતિકીય રીતે ઑક્સિજન અને પાણી પ્રત્યે નિષ્ક્રિય હોય છે, કારણ કે તેઓની સપાટી પર ઑક્સાઇડનું સ્તર બનેલું હોય છે. જોકે પાઉડર કરેલ બેરિલિયમ તેજસ્વી રીતે હવામાં સળગીને BeO અને Be_3N_2 આપે છે. મૅગ્નેશિયમ વધારે વિદ્યુતધનમય હોવાથી ઝગારા મારતા પ્રકાશ સાથે તેજસ્વી રીતે હવામાં સળગે છે અને MgO અને Mg_3N_2 આપે છે. કૅલ્શિયમ, સ્ટ્રૉન્શિયમ અને બેરિયમ ત્વરાથી હવા વડે અસર પામે છે અને ઑક્સાઇડ તથા નાઇટ્રાઇડ આપે છે. તે પાણી સાથે વધુ તીવ્રતાથી પ્રક્રિયા કરે છે, તે ઠંડા પાણી સાથે પણ પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવે છે.

(ii) હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા : બધી જ આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ ઊંચા તાપમાને હેલોજન સાથે સંયોજાઈ તેમના હેલાઇડ સંયોજનો બનાવે છે.

$$M + X_2 \rightarrow MX_2 \ (X = F, Cl, Br, I)$$

$(NH_4)_2BeF_4$ નું ઉષ્મીય વિઘટન BeF_2ની બનાવટ માટે ઉત્તમ પ્રક્રિયા છે. $BeCl_2$ તેના ઑક્સાઇડમાંથી સરળતાથી બનાવી શકાય છે.

$$BeO + C + Cl_2 \xrightleftharpoons{600-800\,K} BeCl_2 + CO$$

(iii) હાઇડ્રોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા : બેરિલિયમ સિવાયની આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ ગરમીની હાજરીમાં હાઇડ્રોજન સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રાઇડ બનાવે છે. જો કે BeH_2ને $BeCl_2$ સાથે $LiAlH_4$ની પ્રક્રિયા કરવાથી બનાવી શકાય છે.

$$2BeCl_2 + LiAlH_4 \rightarrow 2BeH_2 + LiCl + AlCl_3$$

(iv) ઍસિડ પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા : આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ ઍસિડ સાથે ઝડપી પ્રક્રિયા કરી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે.

$$M + 2HCl \rightarrow MCl_2 + H_2$$

(v) રિડક્શનકર્તા પ્રકૃતિ : આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ આલ્કલી ધાતુઓની જેમ પ્રબળ રિડક્શનકર્તા છે. આ બાબતને તેઓના રિડક્શન પોટેન્શિયલના વધુ ઋણ મૂલ્યો અનુમોદન આપે છે (કોષ્ટક 10.2). જોકે તેઓની રિડક્શનકર્તા તરીકેની શક્તિ તેઓની અનુવર્તી આલ્કલી ધાતુઓ કરતાં ઓછી હોય છે અન્ય આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓની સરખામણીમાં બેરિલિયમનું મૂલ્ય ઓછું ઋણ છે. તેનો રિડક્શનકર્તા સ્વભાવ વધારે જલીયકરણ એન્થાલ્પી જે તેના Be^{2+}ના નાના કદ સાથે સુસંગત છે અને ધાતુ પરમાણ્વીયકરણ એન્થાલ્પીના ઊંચા મૂલ્યને કારણે છે.

(vi) પ્રવાહી એમોનિયામાં દ્રાવણ : આલ્કલી ધાતુઓની જેમ આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ પ્રવાહી એમોનિયામાં ઓગળે છે અને એમોનિયાયુક્ત આયન બનાવીને ઘેરું વાદળી દ્રાવણ આપે છે.

$$M(s) + (x + y)NH_3 \rightarrow [M(NH_3)_x]^{2+} + 2[e(NH_3)_y]^-$$

આ દ્રાવણોમાંથી એમોનિયાયુક્ત $[M(NH_3)_6]^{2+}$ આયન મેળવી શકાય છે.

10.6.7 ઉપયોગો (Uses)

બેરિલિયમ મિશ્ર ધાતુના ઉત્પાદનમાં વપરાય છે. કૉપર-બેરિલિયમ મિશ્ર ધાતુ વધારે મજબૂતાઈ ધરાવતી સ્પ્રિંગો બનાવવામાં વપરાય છે. Be ધાતુનો ઉપયોગ X-કિરણોની ટ્યૂબની બારીઓ બનાવવામાં થાય છે. મૅગ્નેશિયમ એલ્યુમિનિયમ, ઝિંક, મૅંગેનીઝ અને ટીન ધાતુ સાથે મિશ્ર ધાતુ બનાવે છે. મૅગ્નેશિયમ-એલ્યુમિનિયમ મિશ્ર ધાતુ વજનમાં હલકી હોવાથી હવાઈ જહાજો બનાવવામાં વપરાય છે. મૅગ્નેશિયમ (પાઉડર અને પટ્ટી) ફ્લેશ (flash) પાઉડરમાં, બલ્બમાં, ઇન્સિડરી (incidery) બૉમ્બ તથા સિગ્નલમાં પણ વપરાય છે. મૅગ્નેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું પાણીમાં નિલંબન (suspension) (જે મિલ્ક ઑફ મેગ્નેશિયા તરીકે ઓળખાય છે) દવાઓમાં એન્ટાસિડ તરીકે વપરાય છે. મૅગ્નેશિયમ કાર્બોનેટ ટૂથપેસ્ટનો એક ઘટક છે. કૅલ્શિયમનો ઉપયોગ જે ધાતુઓને તેમના ઑક્સાઇડમાંથી કાર્બન વડે રિડક્શન કરી મેળવી શકાતી નથી, તે મેળવવામાં થાય છે. કૅલ્શિયમ અને બેરિયમ ધાતુઓ તેમની ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજન સાથેની ઊંચા તાપમાને પ્રતિક્રિયાત્મકતાને લીધે શૂન્યાવકાશ નળીઓમાંથી હવા દૂર કરવા માટે વપરાય છે. રેડિયમના ક્ષારો રેડિયોચિકિત્સામાં (Radiotherapy) વપરાય છે. દા.ત., કૅન્સરની સારવારમાં.

10.7 આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના સંયોજનોની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓ (General Characteristics of the Compounds of the Alkaline Earth Metals)

સમૂહ 2ના તત્ત્વોમાં સંયોજકતા તરીકે દ્વિધન ઑક્સિડેશન અવસ્થા (M^{2+}) સવિશેષ જોવા મળે છે. આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુ તત્ત્વો સવિશેષ રીતે આયનીય સંયોજનો બનાવે છે પણ આલ્કલી ધાતુ તત્ત્વોની સરખામણીમાં ઓછા આયનીય સંયોજનો બનાવે છે. આનું કારણ તેઓમાં વધતો જતો કેન્દ્રિય વીજભાર અને નાનું કદ છે. બેરિલિયમ અને મૅગ્નેશિયમના ઑક્સાઈડ અને અન્ય સંયોજનો ભારે અને મોટા કદવાળા તત્ત્વો (Ca, Sr, Ba) દ્વારા બનતા સંયોજનો કરતાં વધુ સહસંયોજક હોય છે. આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુ તત્ત્વોના કેટલાક સંયોજનોની લાક્ષણિકતાઓને નીચે વર્ણવી છે.

(i) ઑક્સાઈડ અને હાઈડ્રૉક્સાઈડ સંયોજનો : આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ ઑક્સિજનની હાજરીમાં બળીને મોનૉક્સાઈડ (MO) બનાવે છે, જેનું બંધારણ BeO સિવાય ખડક-ક્ષાર (rock salt) જેવું હોય છે. BeO આવશ્યક રીતે સહસંયોજક પ્રકૃતિનું હોય છે. આ ઑક્સાઈડ સંયોજનોની સર્જન એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઊંચું હોય છે. જેના કારણે તેઓ ઉષ્માની હાજરીમાં વધુ સ્થાયી હોય છે. BeO ઊભયધર્મી છે, જ્યારે અન્ય તત્ત્વોના ઑક્સાઈડ આયનીય પ્રકૃતિ દર્શાવે છે. BeO સિવાયના આ બધા ઑક્સાઈડ સંયોજનો બેઝિક સ્વભાવ ધરાવે છે અને પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરીને અલ્પદ્રાવ્ય હાઈડ્રૉક્સાઈડ સંયોજનો બનાવે છે.

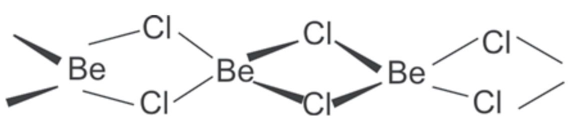
$$MO + H_2O \rightarrow M(OH)_2$$

આ હાઈડ્રૉક્સાઈડ સંયોજનોની દ્રાવ્યતા, ઉષ્મીય સ્થાયીતા અને બૅઝિક સ્વભાવ $Mg(OH)_2$થી $Ba(OH)_2$ સુધી પરમાણ્વીય-ક્રમાંક વધવાની સાથે વધે છે. આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના હાઈડ્રૉક્સાઈડ આલ્કલી ધાતુઓના હાઈડ્રૉક્સાઈડ કરતાં ઓછા બેઝિક અને ઓછા સ્થાયી હોય છે. બેરિલિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડ ઊભયધર્મી છે કારણ કે તે ઍસિડ અને બેઇઝ બંને સાથે પ્રક્રિયા કરે છે.

$$Be(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow [Be(OH)_4]^{2-}$$
બેરિલેટ આયન

$$Be(OH)_2 + 2HCl + 2H_2O \rightarrow [Be(OH)_4]Cl_2$$

(ii) હેલાઈડ સંયોજનો : બેરિલિયમ હેલાઈડ સિવાય બાકીની આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના હેલાઈડ સ્વભાવે આયનીય છે. બેરિલિયમ હેલાઈડ મુખ્યત્વે સહસંયોજક છે અને કાર્બનિક દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય છે. બેરિલિયમ ક્લોરાઈડ ઘન અવસ્થામાં નીચે દર્શાવ્યા મુજબનું સાંકળ જેવું બંધારણ ધરાવે છે.



બાષ્પ અવસ્થામાં $BeCl_2$ ક્લોરો સેતુ ધરાવતું દ્વિઅણુ બનાવે છે જે 1200 K જેટલા ઊંચા તાપમાને રેખીય એકાકી અણુમાં વિયોજન પામે છે. હેલાઈડ હાઈડ્રેટ બનવાનું વલણ સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં ક્રમશઃ ઘટે છે. (દા.ત., $MgCl_2 \cdot 8H_2O$, $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ અને $BaCl_2 \cdot 2H_2O$). Ca, Sr અને Baના જળયુક્ત ક્લોરાઈડ, બ્રોમાઈડ અને આયોડાઈડનું નિર્જલીકરણ તેમને ગરમ કરવાથી થઈ શકે છે, પરંતુ તેને અનુવર્તી Be અને Mgના જળયુક્ત હેલાઈડ જળવિભાજન દર્શાવે છે. ક્લૉરાઈડ કરતા ફ્લોરાઈડ સાપેક્ષમાં ઓછા દ્રાવ્ય છે. તેનું કારણ તેમની ઊંચી લેટિસ ઊર્જા છે.

(iii) ઑક્સો ઍસિડના ક્ષાર : આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ પણ ઑક્સો ઍસિડના ક્ષાર બનાવે છે. તે પૈકીના કેટલાક નીચે દર્શાવ્યા છે.

કાર્બોનેટ સંયોજનો : આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના કાર્બોનેટ પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે. તેમના દ્રાવ્ય ક્ષારોના દ્રાવણમાં સોડિયમ કાર્બોનેટ અથવા એમોનિયમ કાર્બોનેટ ઉમેરી તેમનું અવક્ષેપન કરી શકાય છે. ધાતુ આયનોના પરમાણ્વીયક્રમાંક વધવાની સાથે કાર્બોનેટ ક્ષારોની પાણીમાં દ્રાવ્યતા ઘટતી જાય છે. બધા કાર્બોનેટ સંયોજનોને ગરમ કરવાથી તેઓ કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ અને ઑક્સાઈડમાં વિઘટન પામે છે. બેરિલિયમ કાર્બોનેટ અસ્થાયી છે. જેને માત્ર CO_2ના વાતાવરણમાં રાખવામાં આવે છે. ધનાયનના કદ વધવાની સાથે કાર્બોનેટ સંયોજનોની ઉષ્મીય સ્થાયીતા વધે છે.

સલ્ફેટ સંયોજનો : આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના બધા સલ્ફેટ સંયોજનો સફેદ ઘન છે અને ઉષ્માની હાજરીમાં સ્થાયી હોય છે. $BeSO_4$ અને $MgSO_4$ પાણીમાં ઝડપથી દ્રાવ્ય થાય છે. $CaSO_4$ થી $BaSO_4$ તરફ જતાં દ્રાવ્યતા ઘટે છે. Be^{2+} અને Mg^{2+} આયનોની જલીયકરણ એન્થાલ્પી વધારે હોવાથી લેટિસ એન્થાલ્પી પરિબળને વટાવી જાય છે, માટે તેઓ પાણીમાં દ્રાવ્ય છે.

નાઈટ્રેટ સંયોજનો : ધાતુ કાર્બોનેટની મંદ નાઈટ્રિક ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરી નાઈટ્રેટ મેળવી શકાય છે. મૅગ્નેશિયમ નાઈટ્રેટ પાણીના છ અણુ સાથે જોડાઈ સ્ફટિકીકરણ પામે છે. જ્યારે બેરિયમ નાઈટ્રેટ નિર્જળ ક્ષાર તરીકે સ્ફટિકીકરણ પામે છે. આ પણ એમ દર્શાવે છે કે કદના વધારા સાથે અને ઘટતી જતી જલીયકરણ એન્થાલ્પીને લીધે જળયુક્ત બનવાના વલણમાં ઘટાડો જોવા મળે છે. તે બધા જ ગરમ કરતાં લિથિયમ નાઈટ્રેટની જેમ વિઘટન પામીને ઑક્સાઈડ આપે છે.

$$2M(NO_3)_2 \rightarrow 2MO + 4NO_2 + O_2$$
(M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba)

કોયડો 10.4

આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના હાઇડ્રૉક્સાઇડની પાણીમાં દ્રાવ્યતા સમૂહમાં નીચે તરફ જઈએ તેમ શા કારણે વધે છે ?

ઉકેલ :

આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુ હાઇડ્રૉક્સાઇડમાં ઋણ આયન સમાન હોવાથી ધનાયનની ત્રિજ્યા લેટિસ એન્થાલ્પીને અસર કરે છે. જો કે વધતી જતી આયનીય ત્રિજ્યાની સાથે જલીયકરણ એન્થાલ્પીની સરખામણીમાં લેટિસ એન્થાલ્પી ઝડપથી ઘટે છે. તેથી સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં દ્રાવ્યતા વધતી જાય છે.

કોયડો 10.5

આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના કાર્બોનેટ અને સલ્ફેટ સંયોજનોની પાણીમાં દ્રાવ્યતા સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં શા કારણે ઘટે છે ?

ઉકેલ :

સામાન્ય રીતે ઋણ આયનનું કદ ધનાયનના કદ કરતાં વધુ હોય છે તથા એક જ સમૂહમાં લેટિસ એન્થાલ્પી લગભગ અચળ રહેતી હોય છે. જો કે સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં જલીયકરણ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટે છે. આથી આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓના કાર્બોનેટ અને સલ્ફેટ સંયોજનોની દ્રાવ્યતા સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતા ઘટે છે.

10.8 બેરિલિયમની અનિયમિત વર્તણૂક (Anomalous Behaviour of Beryllium)

સમૂહ 2નું પ્રથમ તત્ત્વ બેરિલિયમ સમૂહમાં મૅગ્નેશિયમ તથા અન્ય તત્ત્વો સાથે અનિયમિત વર્તણૂક દર્શાવે છે. તે એલ્યુમિનિયમ સાથે વિકર્ણ સંબંધ દર્શાવે છે જેની ચર્ચા હવે પછી કરીશું.

(i) બેરિલિયમને અપવાદરૂપ નાના પરમાણ્વીય અને આયનીય કદ છે અને આથી તેને સમૂહના અન્ય તત્ત્વોની સાથે સરખાવી શકાતું નથી. ઊંચી આયનીકરણ એન્થાલ્પી અને નાના કદને કારણે તે જે સંયોજનો બનાવે છે તે મોટે ભાગે સહસંયોજક હોય છે અને સહેલાઈથી જળવિભાજન પામે છે.

(ii) બેરિલિયમની સંયોજકતા કોષમાં માત્ર ચાર જ કક્ષકો હોવાથી તે ચાર કરતાં વધુ સવર્ગાંક દર્શાવી શકતું નથી. સમૂહના બાકીના સભ્યો *d*-કક્ષકોનો ઉપયોગ કરીને સવર્ગાંક 6 પ્રાપ્ત કરી શકે છે.

(iii) અન્ય તત્ત્વોના હાઇડ્રૉક્સાઇડથી વિરુદ્ધ બેરિલિયમના ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ સંયોજનો ઊભય ગુણધર્મી સ્વભાવ દર્શાવે છે.

10.8.1 બેરિલિયમ અને એલ્યુમિનિયમ વચ્ચેનો વિકર્ણ સંબંધ (Diagonal Relationship Between Beryllium and Aluminium)

Be^{2+}ની આયનીય ત્રિજ્યા અંદાજે 31 pm છે. Be^{2+} આયનનો વીજભાર/ત્રિજ્યાનો ગુણોત્તર Al^{3+} આયનના ગુણોત્તરની લગભગ નજીક છે. આથી બેરિલિયમ કેટલીક બાબતોમાં એલ્યુમિનિયમ સાથે સામ્યતા ધરાવે છે. આવી કેટલીક સામ્યતાઓ નીચે પ્રમાણે છે :

(i) એલ્યુમિનિયમની જેમ બેરિલિયમ પણ ઝડપથી ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરતું નથી. કારણ કે ધાતુની સપાટી પર ઑક્સાઇડનું સ્તર હાજર હોય છે.

(ii) બેરિલિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અધિક આલ્કલીમાં દ્રાવ્ય થઈ બેરિલેટ આયન $[Be(OH)_4]^{2-}$ આપે છે, જે એલ્યુમિનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડમાંથી બનતા એલ્યુમિનેટ આયન $[Al(OH)_4]^-$ ને મળતું આવે છે.

(iii) બંને બેરિલિયમ અને એલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ બાષ્પ અવસ્થામાં Cl^- સેતુયુક્ત ક્લોરાઇડ બંધારણ ધરાવે છે. બંનેના ક્લોરાઇડ કાર્બનિક દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય છે અને પ્રબળ લુઈસ ઍસિડ છે, જે ફ્રિડલ-ક્રાફ્ટ્સ ઉદ્દીપક તરીકે વપરાય છે.

(iv) બેરિલિયમ અને એલ્યુમિનિયમ આયન સંકીર્ણ બનાવવાનું પ્રબળ વલણ ધરાવે છે. દા.ત., $[BeF_4]^{2-}$, $[AlF_6]^{3-}$

10.9 કૅલ્શિયમના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો (Some Important Compounds of Calcium)

કૅલ્શિયમના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ, કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ, કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ, કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ અને સિમેન્ટ છે. આ ઔદ્યોગિક દૃષ્ટિએ અગત્યના સંયોજનો છે. મોટા પાયા પર આ સંયોજનોના ઉત્પાદન અને ઉપયોગો નીચે દર્શાવ્યા છે.

કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ અથવા ક્વિક લાઇમ (કળી ચૂનો) (CaO)

કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ (કળી ચૂનો) વ્યાપારી ધોરણે ચૂનાના પથ્થર($CaCO_3$)ને રોટરી ભઠ્ઠીમાં 1070-1270 K તાપમાને ગરમ કરીને મેળવવામાં આવે છે.

$$CaCO_3 \xrightleftharpoons{\text{ગરમી}} CaO + CO_2$$

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ જેવો ઉત્પન્ન થાય છે તેવો જ તેને દૂર કરવામાં આવે છે, જેથી પ્રક્રિયા પૂર્ણ થવા તરફ આગળ વધે છે.

કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ સફેદ અસ્ફટિકમય ઘન પદાર્થ છે. તેનું ગલનબિંદુ 2870 K છે. વાતાવરણમાં ખુલ્લો રાખતાં તે ભેજ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને શોષે છે.

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$
$$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$$

સીમિત પ્રમાણમાં પાણી ઉમેરતાં કળી ચૂનાના ટુકડા તૂટે છે. આ ક્રિયાને ચૂનાનું ફૂટવું (slaking of lime) કહે છે. કળી ચૂનાને જ્યારે સોડા સાથે ફોડવામાં આવે છે ત્યારે ઘન સોડા લાઈમ બને છે. તે બેઝિક ઑક્સાઇડ હોવાથી ઊંચા તાપમાને ઍસિડિક ઑક્સાઇડ સાથે સંયોજાય છે.

$$CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$$
$$6CaO + P_4O_{10} \rightarrow 2Ca_3(PO_4)_2$$

ઉપયોગો :

(i) સિમેન્ટની બનાવટમાં પ્રાથમિક પદાર્થ તરીકે તથા સૌથી સસ્તા આલ્કલી તરીકે ઉપયોગી છે.

(ii) તે કૉસ્ટિક સોડામાંથી સોડિયમ કાર્બોનેટના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.

(iii) તે શર્કરાના શુદ્ધીકરણમાં તથા રંગકોના ઉત્પાદનમાં ઉપયોગી છે.

કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (ફોડેલો ચૂનો) [$Ca(OH)_2$]

કળી ચૂના(CaO)માં પાણી ઉમેરીને કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ બનાવી શકાય છે. તે સફેદ અસ્ફટિકમય પાઉડર છે. તે પાણીમાં અલ્પદ્રાવ્ય છે. તેના જલીય દ્રાવણને ચૂનાનું પાણી (lime water) કહે છે અને ભીંજવેલા ચૂનાનું નિલંબન 'મિલ્ક ઑફ લાઈમ' તરીકે ઓળખાય છે.

ચૂનાના પાણીમાં જ્યારે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પસાર કરવામાં આવે છે ત્યારે કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ બને છે જેથી દ્રાવણ દૂધિયું બને છે.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

જો આ દ્રાવણમાં વધુ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પસાર કરવામાં આવે તો કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટના અવક્ષેપ દ્રાવ્ય થઈ કૅલ્શિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ બને છે.

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

મિલ્ક ઑફ લાઈમ ક્લોરિન સાથેની પ્રક્રિયાથી હાઇપોક્લોરાઇડ બનાવે છે, જે બ્લીચિંગ પાઉડરનો એક ઘટક છે.

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 \rightarrow CaCl_2 + \underbrace{Ca(OCl)_2}_{\text{બ્લીચિંગ પાઉડર}} + H_2O$$

ઉપયોગો :

(i) તે બાંધકામમાં ઉપયોગી પદાર્થ મોર્ટારની બનાવટમાં ઉપયોગી છે.

(ii) તેના સંક્રમણહારક સ્વભાવને કારણે દીવાલો ધોળવામાં તે ઉપયોગી છે.

(iii) તે કાચની બનાવટમાં, ચર્મઉદ્યોગમાં, બ્લીચિંગ પાઉડરની બનાવટમાં અને ખાંડના શુદ્ધીકરણમાં ઉપયોગી છે.

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ ($CaCO_3$)

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ કુદરતમાં જુદા જુદા સ્વરૂપે જેવા કે ચૂનાના પથ્થર, ચૉક, આરસપહાણ વગેરે મળી આવે છે. તેને ભીંજવેલા ચૂનામાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પસાર કરીને અથવા કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણમાં સોડિયમ કાર્બોનેટ ઉમેરીને પણ બનાવી શકાય છે.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2NaCl$$

વધુ પ્રમાણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પસાર કરવો જોઈએ નહિ, નહિ તો પાણીમાં દ્રાવ્ય કૅલ્શિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ બને છે.

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ સફેદ લીસો પાઉડર હોય છે. તે પાણીમાં લગભગ અદ્રાવ્ય છે, જ્યારે તેને 1200 K તાપમાને ગરમ કરવામાં આવે ત્યારે તેનું વિઘટન થઈ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ મુક્ત થાય છે.

$$CaCO_3 \xrightarrow{1200\,K} CaO + CO_2$$

તે મંદ ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા કરી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ઉત્પન્ન કરે છે.

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

ઉપયોગો :

તે આરસપહાણ સ્વરૂપે બાંધકામ પદાર્થ તરીકે અને કળી ચૂનાની બનાવટમાં ઉપયોગી છે. કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ અને મૅગ્નેશિયમ કાર્બોનેટનું મિશ્રણ લોખંડ જેવી ધાતુના નિષ્કર્ષણમાં ફ્લક્સ (flux) તરીકે વપરાય છે. ખાસ પ્રકારે અવક્ષેપિત કરેલો $CaCO_3$ ઉચ્ચ ગુણવત્તાવાળા કાગળના ઉત્પાદનમાં વિશેષ પ્રમાણમાં વપરાય છે. તે ઍન્ટાસિડ તરીકે દવામાં, ટૂથપેસ્ટમાં ઘર્ષક (abrasive) તરીકે, ચ્યુંઇંગમમાં એક ઘટક તરીકે અને સૌંદર્ય-પ્રસાધનોમાં ફિલર તરીકે પણ વપરાય છે.

કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ (પ્લાસ્ટર ઑફ પૅરિસ) ($CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$)

તે કૅલ્શિયમ સલ્ફેટનો અર્ધ જળયુક્ત પદાર્થ છે. તે જિપ્સમ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ને 393 K તાપમાને ગરમ કરીને મેળવી શકાય છે.

$$2(CaSO_4 \cdot 2H_2O) \rightarrow 2(CaSO_4) \cdot H_2O + 3H_2O$$

393 Kથી ઊંચા તાપમાને સ્ફટિકજળ રહેતું નથી અને નિર્જળ કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ ($CaSO_4$) બને છે. તે 'મૃત બળેલ પ્લાસ્ટર' (dead burnt plaster) તરીકે ઓળખાય છે.

તેનો પાણી સાથે જામી જવાનો ગુણધર્મ (property of setting) નોંધપાત્ર છે. તેને પાણીના જરૂરી જથ્થા સાથે મિશ્ર

કરતાં પ્લાસ્ટિક જેવો પદાર્થ બનાવે છે જે 5 થી 15 મિનિટમાં સખત અને ઘનસ્વરૂપમાં ફેરવાય છે.

ઉપયોગો : પ્લાસ્ટર ઑફ પેરિસનો સૌથી વધુ ઉપયોગ બાંધકામ ઉદ્યોગમાં તથા પ્લાસ્ટરમાં થાય છે. તે ફ્રેક્ચર થયેલા હાડકાં અથવા સ્નાયુઓ પર દબાણ આવ્યું હોય ત્યારે તેને હલનચલનરહિત સ્થિર રાખવા માટે પ્લાસ્ટર કરવા ઉપયોગી છે. તે દંતવિદ્યામાં, દાગીનાની બનાવટમાં અને પૂતળાં બનાવવાના કામમાં બીબા તૈયાર કરવામાં ઉપયોગી થાય છે.

સિમેન્ટ : સિમેન્ટ એક અગત્યનો બાંધકામ માટેનો પદાર્થ છે. તેની સૌપ્રથમ જાણ 1824માં ઇંગ્લૅન્ડમાં જૉસેફ ઍસ્પિડિન (Joseph Aspidin) દ્વારા કરવામાં આવી હતી. તેને પૉર્ટલૅન્ડ સિમેન્ટ પણ કહેવામાં આવે છે. કારણ કે તે ઇંગ્લૅન્ડના ઇસલ ઑફ પૉર્ટલૅન્ડમાં (Isle of Portland) પથ્થરની ખાણમાંથી મળતા કુદરતી ચૂનાના પથ્થર જેવાં જ છે.

સિમેન્ટ એક એવી નીપજ છે જે ચૂનામાં (CaO) અધિક પ્રમાણમાં હોય તેવા પદાર્થ સાથે બીજા પદાર્થો જેવા કે માટી જે સિલિકા (SiO_2) ઉપરાંત એલ્યુમિનિયમ, આયર્ન અને મૅગ્નેશિયમના ઑક્સાઇડ ધરાવે છે. તેની સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી મેળવાય છે. પૉર્ટલૅન્ડ સિમેન્ટનું સરેરાશ બંધારણ CaO : 50-60 %, SiO_2 : 20-25 %, Al_2O_3 : 5-10 %, MgO : 2-3 %, Fe_2O_3 : 1-2 % અને SO_3 : 1-2 % છે. સારી ગુણવત્તાવાળા સિમેન્ટ માટે સિલિકા (SiO_2) અને એલ્યુમિના (Al_2O_3)નો ગુણોત્તર 2.5 થી 4 વચ્ચે હોવો જોઈએ તથા ચૂના (CaO) અને કુલ ઑક્સાઇડ [સિલિકોનના ઑક્સાઇડ (SiO_2) + એલ્યુમિનિયમના ઑક્સાઇડ (Al_2O_3) + આયર્ન ઑક્સાઇડ (Fe_2O_3)]નો ગુણોત્તર 2ની શક્ય હોય તેટલો નજીક હોવો જોઈએ.

સિમેન્ટના ઉત્પાદન માટેનો કાચો માલ ચૂનાનો પથ્થર અને માટી છે. જ્યારે માટી અને ચૂનાને સખત ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તે પિગળે છે અને પ્રક્રિયા કરીને 'સિમેન્ટ ક્લિન્કર' (Cement Clinker) બનાવે છે. આ સિમેન્ટ ક્લિન્કરને વજનથી 2-3 % જેટલા જિપ્સમ ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) સાથે મિશ્ર કરી સિમેન્ટ બનાવાય છે. આમ પૉર્ટલૅન્ડ સિમેન્ટમાં અગત્યના ઘટકોમાં ડાયકૅલ્શિયમ સિલિકેટ (Ca_2SiO_4) 26 %, ટ્રાયકૅલ્શિયમ સિલિકેટ (Ca_3SiO_5) 51 % અને ટ્રાયકૅલ્શિયમ એલ્યુમિનેટ ($Ca_3Al_2O_6$) 11 % છે.

સિમેન્ટનું જામી જવું (Setting of Cement) : સિમેન્ટને પાણી સાથે મિશ્ર કરવામાં આવે છે, ત્યારે તે જામી જાય છે અને કઠણ પદાર્થ બનાવે છે. આમ થવાનું કારણ સિમેન્ટમાં રહેલા ઘટકોના અણુઓનું જલીયકરણ અને તેઓની પુનઃગોઠવણી છે. જિપ્સમ ઉમેરવાનું કારણ એ છે કે તે સિમેન્ટના જામી જવાના સમયને ધીમો પાડી દે છે, જેથી તે પૂરતો કઠણ બની શકે છે.

ઉપયોગો : કોઈ પણ દેશ માટે લોખંડ અને સ્ટીલ પછીની રાષ્ટ્રીય જરૂરિયાતની પસંદગીની વસ્તુ સિમેન્ટ છે. તેનો ઉપયોગ કૉંક્રિટમાં, અત્યંત સખત કૉંક્રિટમાં (Reinforced concrete), પ્લાસ્ટર કરવામાં તથા પુલ, બંધ અને ઈમારતોના બાંધકામમાં થાય છે.

10.10 મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમનું જૈવિક અગત્ય (Biological Importance of Magnesium and Calcium)

એક પુખ્ત વ્યક્તિનું શરીર આશરે 25 g Mg અને 1200 g Ca તથા 5 g Fe અને 0.06 g Cu ધરાવે છે. માણસના શરીરમાં તેની રોજિંદી જરૂરિયાત 200-300 mg અંદાજવામાં આવે છે.

બધા જ ઉત્સેચકો ફોસ્ફેટ સ્થાનાંતરમાં ATPનો ઉપયોગ કરે છે. તેમને સહઅવયવ તરીકે મૅગ્નેશિયમની જરૂરિયાત હોય છે. વૃક્ષમાં પ્રકાશના શોષણ માટેનું મુખ્ય વર્ણક (pigment) ક્લૉરોફિલ છે. જે મૅગ્નેશિયમ ધરાવે છે. શરીરમાંનો લગભગ 99 % કૅલ્શિયમ હાડકાં અને દાંતમાં રહેલો છે. આ ઉપરાંત તે જ્ઞાનતંતુમય સ્નાયુના કાર્યમાં, આંતરજ્ઞાન તંતુમય પ્રસરણમાં, કોષપટલની અખંડિતતામાં અને લોહીના ગંઠાઈ જવામાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. પ્લાઝ્મામાં 100 mgL^{-1} જેટલી કૅલ્શિયમની સાંદ્રતાનું નિયમન કરવામાં આવે છે. આ નિયમન બે હોર્મોન-કેલ્શિટોનીન તથા પેરાથાઇરોઇડ વડે થાય છે. તમે જાણો છો કે હાડકું એક નિષ્ક્રિય અને બદલાતો ન હોય તેવો પદાર્થ નથી, પરંતુ સતત ઓગળતો જતો અને પુનઃનિક્ષેપન (Re-deposit) પામતો પદાર્થ છે. માણસમાં તેનું પ્રમાણ 400 mg પ્રતિદિવસ જેટલું હોય છે. આ બધો જ કૅલ્શિયમ પ્લાઝ્માની આરપાર પસાર થાય છે.

સારાંશ

આવર્તકોષ્ટકના ***s*-વિભાગમાં સમૂહ 1** (આલ્કલી ધાતુઓ) અને **સમૂહ 2** (આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ)નો સમાવેશ થાય છે. તેઓને આલ્કલી ધાતુઓ અને આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ કહેવાનું કારણ એ છે કે તેઓના ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ સ્વભાવે આલ્કલાઇન હોય છે. આલ્કલી ધાતુઓ અને આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓની ઓળખ તેઓના પરમાણુની સંયોજકતા કોષમાં રહેલા અનુક્રમે એક *s*-ઇલેક્ટ્રૉન અને બે *s*-ઇલેક્ટ્રૉનના આધારે થાય છે. આ વધુ પ્રતિક્રિયાત્મક ધાતુઓ છે જે અનુક્રમે એક ધનીય (M^+) અને દ્વિધનીય (M^{2+}) આયનો બનાવે છે.

આલ્કલી ધાતુઓમાં તેઓના વધતા જતા પરમાણ્વીયક્રમાંકની સાથે તેઓના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોમાં નિયમિત વલણ જોવા મળે છે. સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતા **પરમાણ્વીય** અને **આયનીય** કદ વધવાની સાથે વ્યવસ્થિત રીતે **આયનીકરણ એન્થાલ્પી**નું મૂલ્ય ઘટે છે. આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓનાં ગુણધર્મોમાં લગભગ આ જ પ્રકારનું વલણ જોવા મળે છે.

આ સમૂહોમાં દરેક સમૂહનું પ્રથમ તત્ત્વ સમૂહ 1માં લિથિયમ અને સમૂહ 2માં બેરિલિયમ તેઓના તરત પછીના સમૂહના બીજા તત્ત્વ સાથે ગુણધર્મોમાં સામ્યતા દર્શાવે છે. આવર્તકોષ્ટકમાં આ પ્રકારની સામ્યતાને **'વિકર્ણ સંબંધ'** કહે છે. આ સમૂહોના પ્રથમ તત્ત્વ તે જ સમૂહોના અન્ય તત્ત્વો સાથે અનિયમિત વર્તણૂક દર્શાવે છે.

આલ્કલી ધાતુઓ ચાંદી જેવી સફેદ, નરમ અને નીચા ગલનબિંદુવાળી હોય છે. તેઓ વધુ પ્રતિક્રિયાત્મક હોય છે. આલ્કલી ધાતુઓના સંયોજનો મુખ્યત્વે આયનીય હોય છે. તેઓના ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ પાણીમાં ઓગળીને પ્રબળ આલ્કલી બનાવે છે. સોડિયમના અગત્યના સંયોજનોમાં સોડિયમ કાર્બોનેટ, સોડિયમ ક્લોરાઇડ, સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટનો સમાવેશ થાય છે. સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડનું **કાસ્ટનર-કેલનર** (Castner-Kellner) પદ્ધતિ અને સોડિયમ કાર્બોનેટનું **સૉલ્વે** (Solvay) પદ્ધતિ દ્વારા ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે.

આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓનું રસાયણવિજ્ઞાન લગભગ આલ્કલી ધાતુઓના રસાયણવિજ્ઞાનને સમાન હોય છે. આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓમાં તેઓના ઘટતા જતા પરમાણ્વીય અને આયનીય કદ અને વધતા જતા ધનાયનીય વીજભારને કારણે કેટલીક અસમાનતા જોવા મળે છે. તેઓના ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ આલ્કલી ધાતુઓના ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉક્સાઇડ કરતાં ઓછા બેઝિક હોય છે. કૅલ્શિયમના ઔદ્યોગિક અગત્ય ધરાવતા સંયોજનોમાં કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ (કળી ચૂનો), કૅલ્શિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ (ફોડેલો ચૂનો), કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ **(પ્લાસ્ટર ઑફ પેરિસ)**, કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ (ચૂનાનો પથ્થર) અને સિમેન્ટનો સમાવેશ થાય છે. **પૉર્ટલેન્ડ સિમેન્ટ** એક અગત્યનો બાંધકામ માટેનો પદાર્થ છે. તેનું ઉત્પાદન ચૂનાના પથ્થરને માટી સાથે મિશ્ર કરી રોટરી ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરીને કરવામાં આવે છે. આ રીતે મળતા ક્લિન્કરમાં થોડો જિપ્સમ (2-3 %) મિશ્ર કરીને અતિબારિક પાઉડર સ્વરૂપે સિમેન્ટ મેળવવામાં આવે છે. આ બધા પદાર્થો જુદા જુદા ક્ષેત્રોમાં જુદી જુદી રીતે ઉપયોગી થાય છે.

જૈવિક દ્રવમાં (biological fluids) એક સંયોજક સોડિયમ અને પોટેશિયમ તથા દ્વિસંયોજક મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમ વિશેષ પ્રમાણમાં મળી આવે છે. આ આયનો કેટલાક અગત્યના **જૈવિક કાર્યો** જેવા કે આયન સમતોલનનું નિયમન અને ચેતા આવેગ સંચરણમાં (Nerve Impluse Conduction) અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે.

સ્વાધ્યાય

10.1 આલ્કલી ધાતુઓના સામાન્ય ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો કયા છે ?

10.2 આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓની સામાન્ય લાક્ષણિકતાઓ અને ગુણધર્મોમાં આવર્તિતાની ચર્ચા કરો.

10.3 આલ્કલી ધાતુઓ શા માટે કુદરતમાં મળી આવતી નથી ?

10.4 Na_2O_2 માં સોડિયમનો ઑક્સિડેશન આંક શોધો.

10.5 પોટેશિયમ કરતાં સોડિયમ શા માટે ઓછો પ્રતિક્રિયાત્મક છે ? સમજાવો.

10.6 નીચે દર્શાવેલા ગુણધર્મો સંદર્ભે આલ્કલી ધાતુઓ અને આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓની સરખામણી કરો : (i) આયનીકરણ એન્થાલ્પી (ii) ઑક્સાઇડ સંયોજનોની બેઝિકતા (iii) હાઇડ્રૉક્સાઇડ સંયોજનોની દ્રાવ્યતા

10.7 લિથિયમ કઈ રીતે મૅગ્નેશિયમની રાસાયણિક વર્તણૂક સાથે સામ્યતા દર્શાવે છે ?

10.8 આલ્કલી અને આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ શા માટે રાસાયણિક રિડક્શન પદ્ધતિઓ દ્વારા મેળવી શકાતી નથી ? સમજાવો.

10.9 પ્રકાશ વિદ્યુતકોષમાં લિથિયમના સ્થાને પોટેશિયમ અને સિઝિયમનો શા માટે ઉપયોગ કરવામાં આવે છે ?

10.10 જ્યારે આલ્કલી ધાતુઓને પ્રવાહી એમોનિયામાં દ્રાવ્ય કરવામાં આવે છે ત્યારે જુદા જુદા રંગ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. આ રંગ પરિવર્તનના કારણો સમજાવો.

10.11 બેરિલિયમ અને મૅગ્નેશિયમ જ્યોત સાથે રંગ આપતા નથી, જ્યારે આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ તે આપે છે. શા માટે ?

10.12 સૉલ્વે પદ્ધતિમાં થતી વિવિધ પ્રક્રિયાઓની ચર્ચા કરો.

10.13 પોટેશિયમ કાર્બોનેટને સૉલ્વે પદ્ધતિ દ્વારા બનાવી શકાતો નથી. શા માટે ?

10.14 Li_2CO_3 નીચા તાપમાને અને Na_2CO_3 ઊંચા તાપમાને શા માટે વિઘટન પામે છે ?

10.15 આલ્કલી ધાતુઓ અને આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓના નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોની દ્રાવ્યતા અને ઉષ્મીય સ્થાયીતાની સરખામણી કરો.
(a) નાઇટ્રેટ (b) કાર્બોનેટ (c) સલ્ફેટ

10.16 સોડિયમ ક્લોરાઇડથી શરૂઆત કરીને તમે નીચે દર્શાવેલા પદાર્થો કેવી રીતે બનાવશો ?
(i) સોડિયમ ધાતુ (ii) સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (iii) સોડિયમ પેરૉક્સાઇડ (iv) સોડિયમ કાર્બોનેટ

10.17 શું થાય છે ? જ્યારે... (i) મૅગ્નેશિયમને હવામાં બાળવામાં આવે છે. (ii) કળી ચૂનાને સિલિકા સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે. (iii) ફોડેલા ચૂના સાથે ક્લોરિન પ્રક્રિયા કરે છે.
(iv) કૅલ્શિયમ નાઇટ્રેટને ગરમ કરવામાં આવે છે.

10.18 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના બે અગત્યના ઉપયોગો વર્ણવો :
(i) કોસ્ટિક સોડા (ii) સોડિયમ કાર્બોનેટ (iii) ક્વિક લાઇમ

10.19 બંધારણ દોરો : (i) $BeCl_2$ (બાષ્પ) (ii) $BeCl_2$ (ઘન)

10.20 સોડિયમ અને પોટેશિયમના હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને કાર્બોનેટ સંયોજનો પાણીમાં સહેલાઈથી દ્રાવ્ય થાય છે. જ્યારે મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમના અનુવર્તી ક્ષારો પાણીમાં અલ્પદ્રાવ્ય થાય છે. સમજાવો.

10.21 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોની અગત્ય વર્ણવો : (i) ચૂનાનો પથ્થર (ii) સિમેન્ટ (iii) પ્લાસ્ટર ઑફ પેરિસ

10.22 સામાન્ય રીતે લિથિયમના ક્ષારો જળયુક્ત હોય છે અને આલ્કલી આયનોના ક્ષારો નિર્જલીય હોય છે, શા માટે ?

10.23 LiF મુખ્યત્વે પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે, જ્યારે LiCl પાણી ઉપરાંત એસિટોનમાં દ્રાવ્ય હોય છે. શા માટે ?

10.24 જૈવિક દ્રવમાં સોડિયમ, પોટેશિયમ, મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમની સાર્થકતા સમજાવો.

10.25 શું થાય છે ? જ્યારે... (i) સોડિયમ ધાતુને પાણીમાં નાખવામાં આવે છે. (ii) સોડિમય ધાતુને હવાના વધુ જથ્થાની હાજરીમાં ગરમ કરવામાં આવે છે. (iii) સોડિયમ પેરૉક્સાઇડ પાણીમાં ઓગળે છે.

10.26 નીચે દર્શાવેલા દરેક અવલોકનો માટે તમારું સ્પષ્ટીકરણ જણાવો :
(i) જલીય દ્રાવણોમાં આલ્કલી ધાતુ આયનોની ગતિશીલતાનો ક્રમ $Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$ હોય છે.
(ii) લિથિયમ એક માત્ર આલ્કલી ધાતુ છે જે સીધું નાઇટ્રાઇડ સંયોજન બનાવે છે.
(iii) $M^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow M(s)$ (જ્યાં, M = Ca, Sr અને Ba) માટે E^Θ લગભગ અચળ છે.

10.27 સમજાવો :
(i) Na_2CO_3નું દ્રાવણ શા માટે આલ્કલાઇન હોય છે ?
(ii) આલ્કલી ધાતુઓને તેમના સંગલિત (fused) ક્લોરાઇડ સંયોજનોના વિદ્યુતવિભાજનથી શા માટે બનાવવામાં આવે છે ?
(iii) પોટેશિયમ કરતાં સોડિયમ શા માટે વધુ ઉપયોગી છે ?

10.28 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનો વચ્ચે થતી પ્રક્રિયા માટેના સમતોલિત સમીકરણો લખો :
(i) Na_2O_2 અને પાણી (ii) KO_2 અને પાણી (iii) Na_2O અને CO_2.

10.29 નીચે દર્શાવેલા અવલોકનોને તમે કેવી રીતે સમજાવશો ?
(i) BeO પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે પણ $BeSO_4$ પાણીમાં દ્રાવ્ય છે.
(ii) BaO પાણીમાં દ્રાવ્ય છે પણ $BaSO_4$ અદ્રાવ્ય છે.
(iii) KI કરતાં LiI ઈથેનોલમાં વધુ દ્રાવ્ય છે.

10.30 કઈ આલ્કલી ધાતુનું ગલનબિંદુ સૌથી નીચું છે ?
(a) Na (b) K (c) Rb (d) Cs

10.31 નીચેના પૈકી કઈ આલ્કલી ધાતુ જળયુક્ત ક્ષારો આપે છે ?
(a) Li (b) Na (c) K (d) Cs

10.32 નીચેના પૈકી કયું આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુ કાર્બોનેટ સંયોજન ઉષ્મીય રીતે સૌથી વધુ સ્થાયી છે ?
(a) $MgCO_3$ (b) $CaCO_3$ (c) $SrCO_3$ (d) $BaCO_3$

એકમ 11

p-વિભાગના તત્ત્વો (The p-Block Elements)

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- p-વિભાગના તત્ત્વોના રસાયણવિજ્ઞાનમાં સામાન્ય વલણોને સમજી શકશો.
- સમૂહ 13 અને 14ના તત્ત્વોના ભૌતિક અને રાસાયાણિક ગુણધર્મોમાં જોવા મળતાં વલણોને વર્ણવી શકશો.
- કાર્બન અને બોરોનની અનિયમિત વર્તણૂક સમજાવી શકશો.
- કાર્બનના અપરરૂપોને વર્ણવી શકશો.
- બોરોન, કાર્બન અને સિલિકોનના કેટલાક અગત્યના સંયોજનોના રસાયણવિજ્ઞાનને જાણી શકશો.
- સમૂહ 13 અને 14ના તત્ત્વો તથા તેઓના સંયોજનોના અગત્યના ઉપયોગોની યાદી બનાવી શકશો.

"ભારે તત્ત્વોના અંતર્ભાગમાં *d* તથા *f* ઇલેક્ટ્રૉનની અસરના કારણે *p*-વિભાગના તત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં જોવા મળતી વિવિધતા તેઓના રસાયણવિજ્ઞાનને રસપ્રદ બનાવે છે."

p-વિભાગના તત્ત્વોમાં અંતિમ ઇલેક્ટ્રૉન બાહ્યતમ p-કક્ષકમાં પ્રવેશ કરે છે. આપણે જાણીએ છીએ તેમ p-કક્ષકોની સંખ્યા ત્રણ હોય છે. તેથી p-કક્ષકોના એક ગણ(સેટ)માં વધુમાં વધુ છ ઇલેક્ટ્રૉનને સમાવી શકાય છે. પરિણામે આવર્તકોષ્ટકમાં p-વિભાગમાં 13 થી 18 એમ છ સમૂહોનો સમાવેશ થાય છે. બોરોન, કાર્બન, નાઇટ્રોજન, ઑક્સિજન, ફ્લોરિન અને હિલિયમ આ સમૂહોના મુખ્ય તત્ત્વો છે. તેઓની સંયોજકતા કોશની **ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના** ns^2np^{1-6} (હિલિયમ સિવાય) છે. જો કે ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાનો **અંતર્ભાગ** જુદોજુદો હોઈ શકે છે. આ જુદાપણું તેઓના ભૌતિક ગુણધર્મો (જેવા કે પરમાણ્વીય અને આયનીય ત્રિજ્યા, આયનીકરણ એન્થાલ્પી વગેરે) તેમજ રાસાયણિક ગુણધર્મોને વિશેષ અસર કરે છે. પરિણામે p-વિભાગના સમૂહોના તત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં વિશેષ ભિન્નતા જોવા મળે છે. p-વિભાગના તત્ત્વ દ્વારા દર્શાવવામાં આવતી મહત્તમ ઑક્સિડેશન અવસ્થા તેની કુલ સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રૉનની (એટલે કે s અને p-ઇલેક્ટ્રૉનનો સરવાળો) સંખ્યા જેટલી હોય છે. આમ, સ્પષ્ટ છે કે આવર્તકોષ્ટકમાં ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ તરફ જતાં સંભવિત ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સંખ્યા વધતી જાય છે. આ ઉપરાંત p-વિભાગના તત્ત્વો સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સાથેસાથે અન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ પણ દર્શાવે છે, જે સામાન્ય રીતે (પરંતુ આવશ્યક નહિ) કુલ સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા કરતાં બે એકમ જેટલી ઓછી હોય છે. p-વિભાગના તત્ત્વો દ્વારા દર્શાવવામાં આવતી ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ કોષ્ટક 11.1માં દર્શાવેલી છે. બોરોન, કાર્બન અને નાઇટ્રોજન સમૂહોમાં હલકા તત્ત્વોની સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થા સૌથી વધુ સ્થાયી હોય છે. તેમ છતાં દરેક સમૂહના ભારે તત્ત્વો માટે ઑક્સિડેશન અવસ્થા તેની સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થાથી બે એકમ જેટલી ઓછી અને ક્રમિક રીતે સ્થાયી થતી જાય છે. સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થાથી બે એકમ જેટલી ઓછી ઑક્સિડેશન અવસ્થાની પ્રાપ્તિને **'નિષ્ક્રિય યુગ્મ અસર'** કહે છે.

કોષ્ટક 11.1 *p*-વિભાગના તત્ત્વોની સામાન્ય ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ

સમૂહ	13	14	15	16	17	18
સામાન્ય ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના	ns^2np^1	ns^2np^2	ns^2np^3	ns^2np^4	ns^2np^5	ns^2np^6 (He માટે $1s^2$)
સમૂહનું પ્રથમ તત્ત્વ	B	C	N	O	F	He
સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થા	+3	+4	+5	+6	+7	+8
અન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ	+1	+2, – 4	+3, – 3	+4, +2, –2	+5, + 3, +1, –1	+6, +4, +2

બે ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ - સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થા અને સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થાથી બે એકમ ઓછીની સાપેક્ષ સ્થાયીતા સમૂહ મુજબ બદલાતી રહે છે જેની ચર્ચા આગળ ઉપર યોગ્ય સ્થાને કરીશું.

એક રસપ્રદ બાબત નોંધવા જેવી એ છે કે આવર્તકોષ્ટકમાં અધાતુઓ અને ઉપધાતુઓનો માત્ર *p*-વિભાગમાં જ સમાવેશ થયો છે. સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જઈએ તેમ અધાત્વીય લાક્ષણિકતા ઘટતી જાય છે. વાસ્તવમાં *p*-વિભાગના દરેક સમૂહમાં સૌથી ભારે તત્ત્વો સૌથી વધુ ધાત્વીય સ્વભાવ ધરાવે છે. તત્ત્વોમાં અધાત્વીયથી ધાત્વીય લાક્ષણિકતાનો આ ફેરફાર તેઓના રસાયણવિજ્ઞાનમાં વિવિધતા લાવે છે જેનો આધાર તત્ત્વના સમૂહ પર રહેલો છે.

સામાન્ય રીતે અધાતુ તત્ત્વો ધાતુ તત્ત્વો કરતાં ઊંચી આયનીકરણ એન્થાલ્પી અને ઊંચી વિદ્યુતઋણતા ધરાવે છે. આથી ધાતુઓ ઝડપથી ધનાયન બનાવે છે, જ્યારે તેનાથી વિપરિત અધાતુઓ ઝડપથી ઋણાયન બનાવે છે. અતિ પ્રતિક્રિયાત્મક ધાતુ સાથે અતિ પ્રતિક્રિયાત્મક અધાતુ દ્વારા બનતા સંયોજનો સામાન્ય રીતે આયનીય હોય છે, કારણ કે તેઓની વિદ્યુતઋણતામાં મોટો તફાવત હોય છે, જ્યારે બીજી તરફ અધાતુઓ પોતાની સાથે જોડાઈને વધુ સહસંયોજક લાક્ષણિકતાવાળા સંયોજનો બનાવે છે, કારણ કે તેઓની વિદ્યુતઋણતામાં ઓછો તફાવત હોય છે. અધાત્વીયમાંથી ધાત્વીય લાક્ષણિકતાના આ ફેરફારને તેઓના દ્વારા બનતા ઑક્સાઇડ સંયોજનોના સ્વભાવના આધારે સમજાવી શકાય છે. અધાતુઓના ઑક્સાઇડ સંયોજનો સ્વભાવે ઍસિડિક અથવા તટસ્થ હોય છે, જ્યારે ધાતુઓના ઑક્સાઇડ સ્વભાવે બેઝિક હોય છે.

p-વિભાગના દરેક સમૂહનું પ્રથમ તત્ત્વ તે સમૂહના અન્ય તત્ત્વોથી મુખ્ય બે બાબતોમાં જુદું પડે છે. પહેલી બાબત તેઓનું કદ અને કદ પર આધારિત અન્ય બધા ગુણધર્મો છે. આથી *s*-વિભાગના હલકા તત્ત્વો લિથિયમ અને બેરિલિયમની જેમ *p*-વિભાગના હલકા તત્ત્વો પણ જુદાપણું દર્શાવે છે. બીજી મહત્ત્વની બાબત *p*-વિભાગના ભારે તત્ત્વોની (ત્રીજા આવર્તથી શરૂ કરી પછીના આવર્તમાં) સંયોજકતાકોશમાં *d*-કક્ષકોની હાજરી છે, જે દ્વિતીય આવર્તના તત્ત્વોમાં નથી હોતી. *p*-વિભાગના બીજા આવર્તના તત્ત્વો કે જેની શરૂઆત બોરોન તત્ત્વથી થાય છે તેની મહત્તમ સહસંયોજકતા ચાર (એક 2*s* અને ત્રણ 2*p* કક્ષકોનો ઉપયોગ કરવાથી) સુધી સીમિત છે. તેનાથી વિપરિત *p*-સમૂહોના ત્રીજા આવર્તના સભ્યોની ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના $3s^23p^n$ હોય છે. જેમાં 3*p* અને 4*s* શક્તિસ્તર વચ્ચે રહેલી 3*d* કક્ષક ખાલી હોય છે. આ *d*-કક્ષકોનો ઉપયોગ કરીને ત્રીજા આવર્તના તત્ત્વો તેઓની સહસંયોજકતા ચારથી વધારી શકે છે. દા.ત., બોરોન માત્ર $[BF_4]^-$ બનાવે છે જ્યારે ઍલ્યુમિનિયમ $[AlF_6]^{3-}$ આયન બનાવે છે. આ *d*-કક્ષકોની હાજરી ભારે તત્ત્વોના રસાયણવિજ્ઞાનને ઘણી બધી રીતે અસર કરે છે. કદ અને *d*-કક્ષકોની હાજરી સંયુક્ત રીતે આ તત્ત્વોની π-બંધ બનાવવાની ક્ષમતાને અસર કરે છે. સમૂહના પ્રથમ તત્ત્વ અને તે જ સમૂહના ભારે તત્ત્વોની પોતાની સાથે (દા.ત., $C=C$, $C\equiv C$, $N\equiv N$) અને દ્વિતીય આવર્તના અન્ય તત્ત્વો (દા.ત., $C=O$, $C=N$, $C\equiv N$, $N=O$) સાથે બહુબંધ બનાવવાની ક્ષમતામાં તફાવત હોય છે. *p*-વિભાગના ભારે તત્ત્વો આ પ્રકારના પ્રબળ π-બંધ બનાવતા નથી. ભારે તત્ત્વો π-બંધ બનાવે છે પણ તેમાં

d-કક્ષકો ($d\pi - p\pi$ અથવા $d\pi - d\pi$) ભાગ લે છે. d-કક્ષકોની શક્તિ p-કક્ષકોની શક્તિ કરતાં વધુ હોય છે, આથી બીજા આવર્તના તત્ત્વોના $p\pi - p\pi$ બંધની સરખામણીમાં d-કક્ષકોની એકંદર સ્થાયીતા ઓછી હોય છે. જો કે સમાન ઑક્સિડેશન આંક ધરાવતા પ્રથમ તત્ત્વો કરતાં ભારે તત્ત્વોની સ્પિસીઝના સવર્ગાંક વધારે હોય છે. દા.ત., +5 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં N અને P બંને ઑક્સો એનાયન NO_3^- (π-બંધ સહિતના ત્રણ સવર્ગને સમાવતી નાઇટ્રોજનની એક p-કક્ષક) અને PO_4^{3-} (π-બંધમાં ફાળો આપતી ચાર-સવર્ગ ધરાવતી s, p અને d કક્ષકો) બનાવે છે. આ એકમમાં આપણે આવર્તકોષ્ટકના સમૂહ 13 અને 14ના રસાયણવિજ્ઞાનનો અભ્યાસ કરીશું.

11.1 સમૂહ 13ના તત્ત્વો : બોરોન પરિવાર (Group 13 Elements : The Boron Family)

આ સમૂહના તત્ત્વો ગુણધર્મોમાં બહોળી વિવિધતા દર્શાવે છે. બોરોન એક વિશિષ્ટ અધાતુ છે. એલ્યુમિનિયમ ધાતુ છે પણ તે બોરોન સાથે ઘણી રાસાયણિક સામ્યતા દર્શાવે છે. જ્યારે ગેલિયમ, ઇન્ડિયમ અને થેલિયમ લગભગ પૂર્ણ રીતે ધાત્વીય લાક્ષણિકતા ધરાવે છે.

બોરોન એક દુર્લભ તત્ત્વ છે. તે મુખ્યત્વે ઓર્થોબોરિક ઍસિડ (H_3BO_3), બોરેક્ષ ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) અને કર્નાઇટ ($Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$) સ્વરૂપે મળી આવે છે. ભારતમાં બોરેક્ષ પુગાખીણ (લદાખ) અને સાંભર સરોવરમાં (રાજસ્થાન) મળી આવે છે. પૃથ્વીના પોપડામાં બોરોન કુલ દળના 0.0001 % પ્રમાણમાં મળી આવે છે. બોરોનના બે સમસ્થાનિકો ^{10}B (19 %) અને ^{11}B (81 %) જોવા મળે છે. એલ્યુમિનિયમ પૃથ્વીના પોપડામાં સૌથી વધુ પ્રમાણમાં મળી આવતી ધાતુ છે તથા ઑક્સિજન (45.5 %) અને સિલિકોન (27.7 %) પછી પૃથ્વીના પોપડામાં ત્રીજા ક્રમે સૌથી વધુ પ્રમાણમાં (8.31 %) મળી આવતું તત્ત્વ છે. બૉક્સાઇટ ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) અને ક્રાયોલાઇટ (Na_3AlF_6) એલ્યુમિનિયમની અગત્યની ખનીજો છે. ભારતમાં તે અબરખ (mica) તરીકે મધ્યપ્રદેશમાં, કર્ણાટકમાં, ઓરિસ્સામાં અને જમ્મુમાં મળી આવે છે. ગેલિયમ, ઇન્ડિયમ અને થેલિયમ કુદરતમાં ખૂબ જ ઓછા પ્રમાણમાં પ્રાપ્ય છે.

આ તત્ત્વોના પરમાણ્વીય, ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોની ચર્ચા નીચે કરવામાં આવી છે.

11.1.1 ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના (Electronic Configuration)

આ તત્ત્વોની બાહ્યત્તમ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^1 છે. ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાનો ઊંડાણમાં અભ્યાસ કરતાં જણાય છે કે બોરોન અને એલ્યુમિનિયમમાં અંતર્ભાગ ઉમદા વાયુ છે, ગેલિયમ અને ઇન્ડિયમમાં અંતર્ભાગ ઉમદા વાયુ ઉપરાંત 10 d ઇલેક્ટ્રૉન છે. થેલિયમમાં અંતર્ભાગ ઉમદા વાયુ ઉપરાંત 14 f ઇલેક્ટ્રૉન અને 10 d ઇલેક્ટ્રૉન છે. આમ, આ તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના એકમ 10માં ચર્ચા કરેલા પ્રથમ બે સમૂહોના તત્ત્વોની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના કરતાં વધુ જટિલ છે. ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનામાં જોવા મળતો આ તફાવત આ સમૂહના તત્ત્વોના અન્ય ગુણધર્મો તથા આ સમૂહના બધા તત્ત્વોના રસાયણવિજ્ઞાનને અસર કરે છે.

11.1.2 પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા (Atomic Radii)

સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતા દરેક ક્રમિક સભ્યમાં ઇલેક્ટ્રૉનનો એક વધારાનો કોશ ઉમેરાતો જાય છે. તેથી પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા વધતી જતી જોવા મળે છે. આમ, પરમાણ્વીય ત્રિજ્યામાં વિચલન જોવા મળે છે. Gaની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા Alની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા કરતાં ઓછી હોય છે. આ બાબતને ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાના અંતર્ભાગમાં જોવા મળતી ભિન્નતાના આધારે સમજાવી શકાય છે. ગેલિયમમાં રહેલા વધારાના 10 d ઇલેક્ટ્રૉન બાહ્યતમ ઇલેક્ટ્રૉન માટે તેમાં વધેલા કેન્દ્રિય વીજભાર પ્રત્યે માત્ર નબળી સ્ક્રિનિંગ (આવરણ) અસર (એકમ 2) દર્શાવે છે. પરિણામે ગેલિયમની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા (135 pm) એલ્યુમિનિયમની પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા (143 pm) કરતાં ઓછી હોય છે.

11.1.3 આયનીકરણ એન્થાલ્પી (Ionization Enthalpy)

સામાન્ય વલણના આધારે કહી શકાય કે સમૂહમાં આયનીકરણ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઉપરથી નીચે તરફ સરળતાથી ઘટતું નથી. B થી Al તરફ જતાં આયનીકરણ એન્થાલ્પીમાં જોવા મળતો ઘટાડો તેના કદના વધારા સાથે સંકળાયેલો હોય છે. Al અને Ga વચ્ચે તથા In અને Tl વચ્ચેના તત્ત્વોમાં મળતી આયનીકરણ એન્થાલ્પીમાં જોવા મળતું અસાતત્ય d અને f ઇલેક્ટ્રૉનને કારણે છે. આ ઇલેક્ટ્રૉન નબળી સ્ક્રિનિંગ અસર ધરાવતા હોવાથી વધતા જતા કેન્દ્રિય વીજભારને સમતોલિત કરવા અશક્તિમાન હોય છે.

આયનીકરણ એન્થાલ્પીનો અપેક્ષિત ક્રમ $\Delta_i H_1 < \Delta_i H_2 < \Delta_i H_3$ છે. દરેક તત્ત્વની પ્રથમ ત્રણ આયનીકરણ એન્થાલ્પીનો સરવાળો ઘણો વધુ હોય છે. આની અસર તમે જ્યારે રાસાયણિક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરશો ત્યારે જોવા મળશે.

11.1.4 વિદ્યુતઋણતા (Electronegativity)

સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતા વિદ્યુતઋણતા પ્રથમ B થી Al સુધી ઘટતી જાય છે અને બાદમાં અંશતઃ વધતી જાય

છે (કોષ્ટક 11.2). આનું કારણ તત્ત્વોના પરમાણ્વીય કદમાં રહેલો અનિયમિત તફાવત છે.

11.1.5 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

બોરોન સ્વભાવે અધાત્વીય છે. તે અતિ સખત અને કાળા રંગનો ઘન પદાર્થ છે. તે અનેક અપરરૂપો સ્વરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવે છે. અતિપ્રબળ સ્ફટિકમય લેટિસને કારણે બોરોન અસામાન્ય ઊંચું ગલનબિંદુ ધરાવે છે. તે સિવાયના અન્ય તત્ત્વો નીચા ગલનબિંદુ અને ઊંચી વિદ્યુતવાહકતા ધરાવતી નરમ ધાતુઓ છે. અહીં તે નોંધવું યોગ્ય ગણાશે કે ગેલિયમ અસામાન્ય નીચું ગલનબિંદુ (303 K) ધરાવે છે જેથી તે ઉનાળા દરમિયાન પ્રવાહી અવસ્થામાં અસ્તિત્વ ધરાવે છે. તેનું ઊંચું ઉત્કલનબિંદુ (2676 K) તેને ઊંચા તાપમાનના માપન માટેનો ઉપયોગી પદાર્થ બનાવે છે. સમૂહમાં બોરોનથી થેલિયમ તરફ નીચે જતાં તત્ત્વોની ઘનતા વધતી જાય છે.

11.1.6 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties)

ઑક્સિડેશન અવસ્થા અને રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતામાં વલણો

બોરોનના નાના કદને કારણે તેની પ્રથમ ત્રણ આયનીકરણ એન્થાલ્પીનો સરવાળો ઘણો વધુ હોય છે. જે +3 ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળા આયનોને બનતા રોકે છે અને માત્ર સહસંયોજક સંયોજનો બનાવવા પ્રેરે છે, પરંતુ આપણે B થી Al તરફ જઈએ તો Alની પ્રથમ ત્રણ આયનીકરણ એન્થાલ્પીના સરવાળાનું મૂલ્ય નોંધપાત્ર ઘટે છે અને તેથી તે Al^{3+} બનાવી શકે છે. વાસ્તવમાં એલ્યુમિનિયમ ઉચ્ચ વિદ્યુત ધનમય ધાતુ છે. આમ, સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં આંતરવર્તી *d* અને *f* કક્ષકોની નબળી શીલ્ડિંગ (પરિરક્ષણ) અસરને કારણે વધેલો અસરકારક કેન્દ્રિય વીજભાર *ns* ઇલેક્ટ્રૉનને મજબૂતાઈથી બાંધી રાખે છે (આંતર યુગ્મ અસર માટે જવાબદાર). આ રીતે તેઓની બંધમાં ભાગીદારી રોકાય છે. પરિણામે બંધમાં માત્ર *p*-કક્ષક ભાગ લે છે. વાસ્તવમાં Ga, In અને Tl માં +1 અને +3 બંને ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ જોવા મળે છે. ભારે તત્ત્વોમાં +1 ઑક્સિડેશન અવસ્થાનું સ્થાયીત્વ ક્રમાનુસાર વધતું જાય છે : $Al < Ga < In < Tl$. થેલિયમમાં +1 ઑક્સિડેશન અવસ્થા મુખ્ય છે. જ્યારે +3 ઑક્સિડેશન અવસ્થા વધુ ઑક્સિડેશનકર્તાની લાક્ષણિકતા ધરાવે છે. ઊર્જાના આધારે +1 ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળા સંયોજનો +3 ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સરખામણીમાં વધુ આયનીય હોય છે.

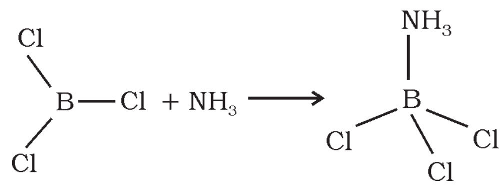
ત્રિસંયોજક અવસ્થામાં અણુના મધ્યસ્થી પરમાણુની આસપાસ ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા 6 હોય છે (દા.ત., BF_3 માં બોરોન). આવા **ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા** અણુઓ સ્થાયી

કોષ્ટક 11.2 સમૂહ 13ના તત્ત્વોના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મ		તત્ત્વ				
		બોરોન B	એલ્યુમિનિયમ Al	ગૅલિયમ Ga	ઇન્ડિયમ In	થેલિયમ Tl
પરમાણ્વીયક્રમાંક		5	13	31	49	81
પરમાણ્વીયદળ($g\ mol^{-1}$)		10.81	26.98	69.72	114.82	204.38
ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના		$[He]2s^2 2p^1$	$[Ne]3s^2 3p^1$	$[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^1$	$[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^1$	$[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^1$
પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા/pm[a]		(85)	143	135	167	170
આયનીય ત્રિજ્યા M^{3+}/pm[b]		(27)	53.5	62.0	80.0	88.5
આયનીય ત્રિજ્યા M^{+}/pm		-	-	120	140	150
આયનીકરણ એન્થાલ્પી/ ($kJ\ mol^{-1}$)	$\Delta_i H_1$	801	577	579	558	589
	$\Delta_i H_2$	2427	1816	1979	1820	1971
	$\Delta_i H_3$	3659	2744	2962	2704	2877
વિદ્યુતઋણતા[c]		2.0	1.5	1.6	1.7	1.8
ઘનતા /$g\ cm^{-3}$ 298 K		2.35	2.70	5.90	7.31	11.85
ગલનબિંદુ / K		2453	933	303	430	576
ઉત્કલનબિંદુ / K		3923	2740	2676	2353	1730
(M^{3+}/M) માટે $E^\ominus$/ V		-	–1.66	–0.56	–0.34	+1.26
(M^{+}/M) માટે $E^\ominus$ / V		-	+0.55	-0.79(ઍસિડ) –1.39(આલ્કલી)	–0.18	–0.34

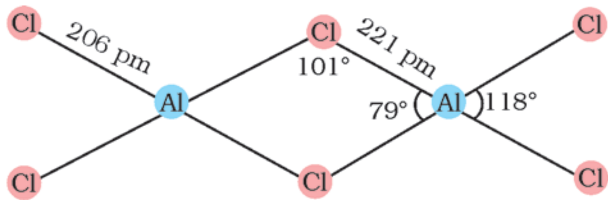
[a]ધાત્વીય ત્રિજ્યા, [b] 6-સવર્ગ, [c]પાઉલિંગ માપક્રમ

ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના પ્રાપ્ત કરવા માટે એક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ સ્વીકારી લુઈસ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે. સમૂહમાં ઉપરથી નીચે તરફ જતાં કદમાં વધારો થતાં લૂઈસ ઍસિડ તરીકેનું વલણ ઘટતું જાય છે. BCl_3 એમોનિયા પાસેથી સરળતાથી અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મ સ્વીકારીને $BCl_3 \cdot NH_3$ બનાવે છે.



સમતલીય સમચતુષ્ફલકીય

$AlCl_3$ ડાયમર બનાવીને સ્થાયીતા મેળવે છે.



સમચતુષ્ફલકીય

ત્રિસંયોજક અવસ્થામાં મોટા ભાગના સંયોજનો સહસંયોજક હોય છે, જે પાણીમાં જળવિભાજન પામે છે. દા.ત., ટ્રાયક્લોરાઇડ પાણીમાં જળવિભાજન પામીને સમચતુષ્ફલકીય $[M(OH)_4]^-$ સ્પીસિઝ બનાવે છે, જ્યાં M તત્ત્વની સંકરણ અવસ્થા sp^3 હોય છે. ઍસિડિક જલીય દ્રાવણમાં ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ અષ્ટફલકીય $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ આયન બનાવે છે. આ સંકીર્ણ આયનમાં Alની 3*d* કક્ષકો સમાયેલી હોય છે અને Alની સંકરણ અવસ્થા sp^3d^2 હોય છે.

કોયડો 11.1

Al^{3+}/Alના પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય ($E^\ominus$) –1.66 V છે અને Tl^{3+}/Tl ના પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય +1.26 V છે. દ્રાવણમાં M^{3+} આયન બનવા વિષેનું અનુમાન કરો અને બંને ધાતુઓની વિદ્યુતધન લાક્ષણિકતાની સરખામણી કરો.

ઉકેલ :

બંને અર્ધકોષ પ્રક્રિયાઓના પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલના મૂલ્યો દર્શાવે છે કે ઍલ્યુમિનિયમમાં Al^{3+} આયન બનાવવાનું વલણ વધુ છે, જ્યારે Tl^{3+} દ્રાવણમાં માત્ર અસ્થાયી છે તેટલું જ નહિ પણ તે પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા પણ છે. આમ દ્રાવણમાં Tl^{3+} કરતાં Tl^+ વધુ સ્થાયી હોય છે. +3 આયન બનાવવાને કારણે ઍલ્યુમિનિયમ થેલિયમની સરખામણીમાં વધુ વિદ્યુતધન છે.

(i) હવા પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા

બોરોન સ્ફટિકીય સ્વરૂપમાં અપ્રતિક્રિયાત્મક છે. ઍલ્યુમિનિયમ તેની સપાટી પર ઑક્સાઇડનું અતિ પાતળું સ્તર બનાવે છે જે ધાતુ પર બાદમાં થનાર હુમલા સામે રક્ષણ આપે છે. અસ્ફટિકમય બોરોન અને ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુને હવાની હાજરીમાં ગરમ કરતાં અનુક્રમે B_2O_3 અને Al_2O_3 બને છે. ઊંચા તાપમાને ડાયનાઇટ્રોજન સાથે તેઓ નાઇટ્રાઇડ બનાવે છે.

$$2E(s) + 3O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2E_2O_3(s)$$

$$2E(s) + N_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2EN(s) \quad (E = \text{તત્ત્વ})$$

સમૂહમાં નીચે તરફ જઈએ તેમ આ ઑક્સાઇડ સંયોજનોના સ્વભાવ બદલાતા જાય છે. બોરોન ટ્રાયૉક્સાઇડ ઍસિડિક છે અને બેઝિક (ધાત્વીય) ઑક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરીને ધાતુબોરેટ બનાવે છે. ઍલ્યુમિનિયમ અને ગેલિયમના ઑક્સાઇડ સંયોજનો ઊભયધર્મી સ્વભાવ ધરાવે છે, જ્યારે ઇન્ડિયમ અને થેલિયમ ઑક્સાઇડ બેઝિક સ્વભાવ ધરાવે છે.

(ii) ઍસિડ અને આલ્કલી સંયોજનો પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા

મધ્યમસરના તાપમાને પણ બોરોન ઍસિડ અને બેઈઝ સાથે પ્રક્રિયા કરતા નથી પણ ઍલ્યુમિનિયમ ખનીજ ઍસિડ અને જલીય આલ્કલીમાં ઓગળે છે અને ઊભયધર્મી લાક્ષણિકતા દર્શાવે છે.

ઍલ્યુમિનિયમ મંદ HCl માં ઓગળે છે અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે.

$$2Al(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 6Cl^-(aq) + 3H_2(g)$$

પરંતુ, સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડ ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુની સપાટી પર ઑક્સાઇડનું રક્ષણાત્મક સ્તર બનાવીને તેને નિષ્ક્રિય કરી દે છે.

ઍલ્યુમિનિયમ જલીય આલ્કલી સાથે પણ પ્રક્રિયા કરે છે અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે.

$$2Al(s) + 2NaOH(aq) + 6H_2O(l)$$
$$\downarrow$$
$$2Na^+[Al(OH)_4]^-(aq) + 3H_2(g)$$

સોડિયમ ટેટ્રાહાઇડ્રૉક્સોઍલ્યુમિનેટ(III)

(iii) હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા

આ તત્ત્વો હેલોજન સાથે પ્રક્રિયા કરી ટ્રાયહેલાઇડ (TlI_3 સિવાય) બનાવે છે.

$$2E(s) + 3X_2(g) \rightarrow 2EX_3(s) \quad (X = F, Cl, Br, I)$$

કોયડો 11.2

નિર્જળ એલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડની બોટલની આજુબાજુ સફેદ ધૂમ (fumes) જોવા મળે છે. કારણ આપો.

ઉકેલ :

નિર્જળ એલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ વાતાવરણીય ભેજ સાથે આંશિક જળવિભાજન પામીને HCl વાયુ મુક્ત કરે છે. આ ભેજયુક્ત HCl સફેદ રંગનો દેખાય છે.

11.2 બોરોનના અગત્યના વલણો અને અનિયમિત (વિસંગત) ગુણધર્મો (Important Trends and Anomalous Properties of Boron)

સમૂહ 13ના તત્ત્વોની રાસાયણિક વર્તણૂકમાં કેટલાક અગત્યના વલણો જોવા મળે છે. આ બધા તત્ત્વોના ટ્રાયક્લોરાઇડ, બ્રોમાઇડ અને આયોડાઇડ સંયોજનો તેઓના સહસંયોજક સ્વભાવને કારણે પાણીમાં જળવિભાજન પામે છે. જલીય માધ્યમમાં બોરોન સિવાય અન્ય તત્ત્વો સમચતુષ્ફલકીય $[M(OH)_4]^-$ અને અષ્ટફલકીય $[M(H_2O)_6]^{3+}$ સ્પીસિઝ તરીકે અસ્તિત્વ ધરાવે છે.

ઇલેક્ટ્રૉનની ઊણપના કારણે મોનોમર સ્વરૂપના ટ્રાયહેલાઇડ સંયોજનો પ્રબળ લુઈસ ઍસિડ તરીકે હોય છે. બોરોન ટ્રાયફ્લોરાઇડ NH_3 જેવા લુઈસ બેઈઝ સાથે સરળતાથી પ્રક્રિયા કરી બોરોનની આસપાસ સંપૂર્ણ અષ્ટક રચના બનાવે છે.

$$F_3B + :NH_3 \rightarrow F_3B \leftarrow NH_3$$

બોરોનમાં *d*-કક્ષકોની ગેરહાજરીને કારણે Bની મહત્તમ સહસંયોજકતા 4 હોય છે, જ્યારે Al અને અન્ય તત્ત્વોમાં *d*-કક્ષકોની હાજરી હોવાના કારણે તેમની મહત્તમ સહસંયોજકતા 4થી વધુ હોઈ શકે છે. મોટા ભાગે ધાતુ હેલાઇડ સંયોજનો (દા.ત., $AlCl_3$) હેલોજન સેતુ દ્વારા ડાયમર (દા.ત., Al_2Cl_6) બનાવે છે. આ હેલોજન સેતુવાળા અણુઓમાં ધાતુ સ્પીસિઝ હેલોજન પાસેથી ઇલેક્ટ્રૉન સ્વીકારીને તેનું અષ્ટક પૂર્ણ કરે છે.

કોયડો 11.3

બોરોન BF_6^{3-} આયન બનાવી શકતું નથી. સમજાવો.

ઉકેલ :

d-કક્ષકોની અપ્રાપ્યતાના કારણે બોરોન તેનું અષ્ટક વિસ્તારી શકતો નથી. તેથી બોરોનની મહત્તમ સહસંયોજકતા 4થી વધુ હોતી નથી.

11.3 બોરોનના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો (Some Important Compounds of Boron)

બોરોનના કેટલાક ઉપયોગી સંયોજનો બોરેક્સ, ઑર્થોબોરિક ઍસિડ અને ડાયબોરેન છે. આપણે તેઓના રસાયણવિજ્ઞાનનો ટૂંકમાં અભ્યાસ કરીશું.

11.3.1 બોરેક્સ (Borax)

તે બોરોનનું અતિ મહત્ત્વનું સંયોજન છે. તે સફેદ સ્ફટિકમય ઘન પદાર્થ છે. તેનું સૂત્ર $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ છે. વાસ્તવમાં તેમાં ચતુર્કેન્દ્રિય એકમો $[B_4O_5(OH)_4]^{2-}$ હોય છે. આથી તેનું સાચું સૂત્ર $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ થાય છે. બોરેક્સ પાણીમાં ઓગળીને બેઝિક દ્રાવણ બનાવે છે.

$$Na_2B_4O_7 + 7H_2O \rightarrow 2NaOH + \underset{\text{ઑર્થોબોરિક ઍસિડ}}{4H_3BO_3}$$

બોરેક્સને ગરમ કરવાથી પ્રથમ પાણીનો અણુ ગુમાવે છે અને ત્યારબાદ ફૂલે છે. તેને વધુ ગરમ કરવાથી તે પારદર્શક પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે, જે કાચ જેવા ઘન પદાર્થમાં રૂપાંતર પામે છે. તેને બોરેક્સ મણકો (Borex bead) કહે છે.

$$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O \xrightarrow{\Delta} Na_2B_4O_7 \xrightarrow{\Delta} \underset{\text{સોડિયમ મૅટાબોરેટ}}{2NaBO_2} + \underset{\text{બોરિક એનહાઇડ્રાઇડ}}{B_2O_3}$$

ઘણી સંક્રાંતિ ધાતુઓના મેટાબોરેટ સંયોજનો વિશિષ્ટ રંગ ધરાવે છે. તેથી પ્રયોગશાળામાં તેઓની પરખ માટે બોરેક્સ મણકા કસોટીનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. દા.ત., જ્યારે બોરેક્સને પ્લેટિનમ તારની કડી પર CoO સાથે બુન્સેન બર્નર પર ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે વાદળી રંગનો મણકો $Co(BO_2)_2$ બને છે.

11.3.2 ઑર્થોબોરિક ઍસિડ (Orthoboric Acid)

ઑર્થોબોરિક ઍસિડ (H_3BO_3) સફેદ સ્ફટિકમય ઘન પદાર્થ છે, જે સ્પર્શે ચીકણા હોય છે. તે પાણીમાં અલ્પદ્રાવ્ય અને ગરમ પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય હોય છે. તે બોરેક્સના જલીય દ્રાવણને ઍસિડિક કરીને બનાવી શકાય છે.

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O \rightarrow 2NaCl + 4B(OH)_3$$

તે બોરોનના ઘણા સંયોજનોના (હેલાઇડ, હાઇડ્રાઇડ વગેરે) જળવિભાજનથી (પાણી અથવા મંદ ઍસિડ સાથે પ્રક્રિયા) પણ બને છે. તે સ્તરીય બંધારણ ધરાવે છે જેમાં સમતલીય BO_3

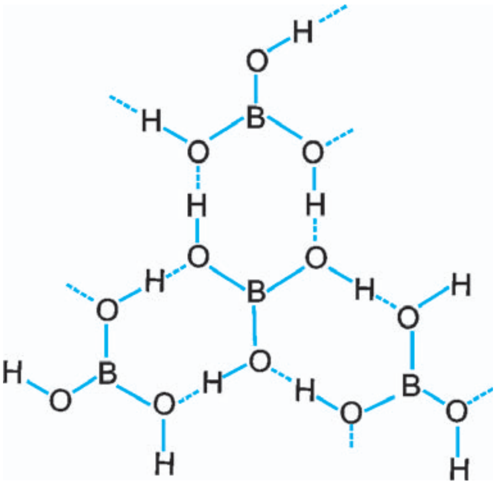
એકમો આકૃતિ 11.1માં દર્શાવ્યા મુજબ હાઇડ્રોજન બંધ દ્વારા જોડાયેલા હોય છે.

બોરિક ઍસિડ નિર્બળ એકબેઝિક ઍસિડ છે. તે પ્રોટોનીય (protonic) ઍસિડ નથી પણ હાઇડ્રોક્સિલ આયન પાસેથી ઇલેક્ટ્રૉન સ્વીકારીને લુઈસ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે.

$$B(OH)_3 + 2HOH \rightarrow [B(OH)_4]^- + H_3O^+$$

ઑર્થોબોરિક ઍસિડને 370 K થી ઊંચા તાપમાને ગરમ કરતાં તે મૅટાબોરિક ઍસિડ (HBO_2) બનાવે છે. જેને વધુ ગરમ કરતાં બોરિક ઑક્સાઇડ (B_2O_3) બને છે.

$$H_3BO_3 \xrightarrow{\Delta} HBO_2 \xrightarrow{\Delta} B_2O_3$$



આકૃતિ 11.1 બોરિક ઍસિડનું બંધારણ : તૂટક રેખા હાઇડ્રોજન બંધ દર્શાવે છે.

કોયડો 11.4

બોરિક ઍસિડને શા માટે નિર્બળ ઍસિડ તરીકે ગણવામાં આવે છે ?

ઉકેલ :

કારણ કે તે સ્વયં H^+ આયન મુક્ત કરવા શક્તિમાન નથી હોતો. તે પાણીના અણુમાંથી OH^- આયન મેળવીને તેનું અષ્ટક પૂર્ણ કરે છે અને H^+ આયન મુક્ત કરે છે.

11.3.3 ડાયબોરેન (Diborane) (B_2H_6)

સાદામાં સાદો બોરોન હાઇડ્રાઇડ ડાયબોરેન તરીકે ઓળખાય છે. તેને ડાયઇથાઇલ ઈથરમાં બોરોન ટ્રાયફ્લોરાઇડની $LiAlH_4$ સાથેની પ્રક્રિયાથી બનાવી શકાય છે.

$$4BF_3 + 3LiAlH_4 \rightarrow 2B_2H_6 + 3LiF + 3AlF_3$$

ડાયબોરેનની બનાવટ માટેની પ્રયોગશાળાની અનુકૂળ પદ્ધતિમાં સોડિયમ બોરોહાઇડ્રાઇડની આયોડિન સાથેની ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાનો સમાવેશ થાય છે.

$$2NaBH_4 + I_2 \rightarrow B_2H_6 + 2NaI + H_2$$

ઔદ્યોગિક સ્તરે ડાયબોરેનનું ઉત્પાદન BF_3ની સોડિયમ હાઇડ્રાઇડ સાથેની પ્રક્રિયા દ્વારા કરવામાં આવે છે.

$$2BF_3 + 6NaH \xrightarrow{450\ K} B_2H_6 + 6NaF$$

ડાયબોરેન અતિઝેરી રંગવિહીન વાયુ છે. તેનું ઉત્કલનબિંદુ 180 K છે. ડાયબોરેન હવાના સંપર્કમાં આવતા સ્વયંભૂ સળગી ઊઠે છે. હવાની હાજરીમાં તે સળગતા ખૂબ જ મોટા જથ્થામાં ઊર્જા પેદા કરે છે.

$$B_2H_6 + 3O_2 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O; \quad \Delta_cH^\ominus = -1976\ kJ\ mol^{-1}$$

મોટા ભાગના ઉચ્ચ બોરેન સંયોજનો પણ હવામાં સ્વયંભૂ સળગી ઊઠે છે. બોરેન સંયોજનો પાણીમાં ઝડપથી જળવિભાજન પામી બોરિક ઍસિડ આપે છે.

$$B_2H_6(g) + 6H_2O(l) \rightarrow 2B(OH)_3(aq) + 6H_2(g)$$

ડાયબોરેન લુઈસ બેઈઝ (L) સાથે ખંડન પ્રક્રિયા કરીને બોરોન યોગશીલ નીપજ ($BH_3 \cdot L$) બનાવે છે.

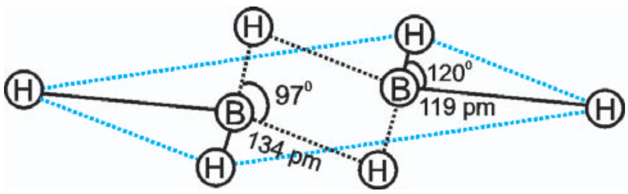
$$B_2H_6 + 2NMe_3 \rightarrow 2BH_3 \cdot NMe_3$$

$$B_2H_6 + 2CO \rightarrow 2BH_3 \cdot CO$$

ડાયબોરેન એમોનિયા સાથેની પ્રક્રિયાથી પ્રથમ $B_2H_6 \cdot 2NH_3$ બનાવે છે. જેને સૂત્ર $[BH_2(NH_3)_2]^+ [BH_4]^-$ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે. તેને વધુ ગરમ કરતાં $B_3N_3H_6$ (બોરેઝીન) મળે છે. આ સંયોજનોની વલય રચનામાં BH અને NH સમૂહો એકાંતરે ગોઠવાયેલા હોવાથી તેને અકાર્બનિક બેન્ઝિન પણ કહે છે.

$$3B_2H_6 + 6NH_3 \rightarrow 2[BH_2(NH_3)_2]^+ [BH_4]^- \xrightarrow{\text{ગરમી}} 2B_3N_3H_6 + 12H_2$$

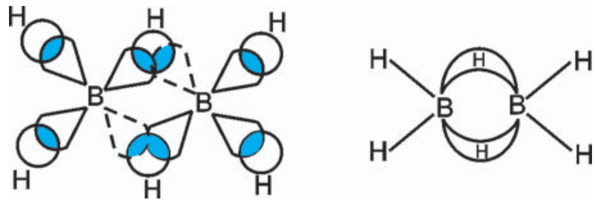
આકૃતિ 11.2(a)માં ડાયબોરેનનું બંધારણ દર્શાવેલું છે. જેમાં છેડે રહેલા ચાર હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ અને બે બોરોન પરમાણુઓ એક જ સમતલમાં હોય છે. ઉપરાંત બે સેતુ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ આ સમતલની ઉપર અને નીચે પણ આવેલા હોય છે. આકૃતિ 11.2(b)માં દર્શાવ્યા મુજબ છેડે રહેલા ચાર B-H બંધ સામાન્ય બે કેન્દ્ર - બે ઇલેક્ટ્રૉન બંધ બનાવે છે. જ્યારે બે સેતુ (B–H–B) બંધ જુદા હોય છે. જે ત્રણ કેન્દ્ર - બે ઇલેક્ટ્રૉન બંધ બનાવે છે.



આકૃતિ 11.2(a) ડાયબોરેનનું બંધારણ (B_2H_6)

બોરોન, હાઇડ્રાઇડોબોરેટ સંયોજનોની શ્રેણી બનાવે છે. જેમાં સમચતુષ્ફલકીય $[BH_4]^-$ અતિ મહત્ત્વનું છે. ઘણી ધાતુઓના ટેટ્રાહાઇડ્રાઇડોબોરેટ સંયોજનો જાણીતા છે. લિથિયમ અને સોડિયમ ટેટ્રાહાઇડ્રાઇડોબોરેટ સંયોજનોને **બોરોહાઇડ્રાઇડ સંયોજનો** પણ કહે છે, જેને ડાયઇથાઇલ ઈથરમાં ધાતુ હાઇડ્રાઇડની B_2H_6 સાથેની પ્રક્રિયાથી મેળવી શકાય છે.

$2MH + B_2H_6 \rightarrow 2\ M^+\ [BH_4]^-$ (M = Li અથવા Na)



આકૃતિ 11.2(b) ડાયબોરેનમાં બંધન. બંધન માટે દરેક B પરમાણુ, sp^3 સંકૃત હોય છે. દરેક B પરમાણુની ચાર sp^3 સંકૃત કક્ષકોમાંથી એક ઇલેક્ટ્રૉન રહિત હોય છે, જેને તૂટક રેખાથી દર્શાવેલ છે. છેડે રહેલા B-H બંધ સામાન્ય 2-કેન્દ્ર-2-ઇલેક્ટ્રૉન બંધ છે, પરંતુ બે સેતુ બંધ 3-કેન્દ્ર-2-ઇલેક્ટ્રૉન બંધ છે. આ 3-કેન્દ્ર-2-ઇલેક્ટ્રૉન સેતુ બંધને 'કેળા આકારનો બંધ' (banana bond) પણ કહે છે.

$LiBH_4$ અને $NaBH_4$ બંને સંયોજનો કાર્બનિક સંશ્લેષણમાં રિડક્શનકર્તા તરીકે ઉપયોગી છે. તેઓ અન્ય ધાતુબોરોહાઇડ્રાઇડની બનાવટ માટે પ્રારંભિક પદાર્થ તરીકે ઉપયોગી છે.

11.4 બોરોન અને એલ્યુમિનિયમ તથા તેમના સંયોજનોના ઉપયોગો (Uses of Boron and Aluminium and Their Compounds)

બોરોન ઊંચું ગલનબિંદુ, નીચી ઘનતા અને ઘણી ઓછી વિદ્યુતવાહકતા ધરાવતું અત્યંત સખત ઉચ્ચતાપસહી ઘન તત્ત્વ હોવાથી તેના અનેક ઉપયોગો છે. બોરોન રેસાઓનો ઉપયોગ બુલેટપ્રૂફ જૅકેટ બનાવવામાં તથા હવાઈજહાજ માટે હલકા સંયુક્ત (composite) પદાર્થો બનાવવામાં થાય છે. બોરોન-10(^{10}B) સમસ્થાનિક ન્યુટ્રોનને અવશોષવાની વધુ ક્ષમતા ધરાવે છે. તેથી ન્યુક્લિયર ઉદ્યોગોમાં ધાતુ બોરાઇડ સંયોજનો રક્ષણાત્મક આવરણ અને નિયંત્રણ સળિયા તરીકે ઉપયોગી થાય છે. બોરેક્સ અને બોરિક ઍસિડની મુખ્ય ઔદ્યોગિક ઉપયોગિતા ઉષ્માપ્રતિકારક કાચ (દા.ત., પાયરેક્સ), કાચનું ઊન અને કાચના રેસા બનાવવાની છે. બોરેક્સ ધાતુઓના સોલ્ડરિંગ કરવા માટે ફ્લક્સ તરીકે તથા ઉષ્મા, લિસોટા અને ડાઘા પ્રતિકારક માટીના વાસણો બનાવવામાં ઉપયોગી છે. તે ઔષધીય સાબુનો એક ઘટક છે. ઑર્થોબોરિક ઍસિડનું જલીય દ્રાવણ સામાન્ય રીતે મંદ જીવાણુનાશી તરીકે ઉપયોગી થાય છે.

ઍલ્યુમિનિયમ ચાંદી જેવી ચળકતી સફેદ ધાતુ છે. તે ઊંચું તનન સામર્થ્ય (tensile strength) ધરાવે છે. તે ઊંચી વિદ્યુત અને ઉષ્મા વાહકતા ધરાવે છે. વજન-થી-વજનના આધારે એલ્યુમિનિયમ, કૉપર કરતાં બમણી વિદ્યુતવાહકતા ધરાવે છે. રોજિંદા જીવનમાં અને ઉદ્યોગોમાં એલ્યુમિનિયમનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે. તે Cu, Mn, Mg, Si અને Zn સાથે મિશ્ર ધાતુ બનાવે છે. એલ્યુમિનિયમ અને તેની મિશ્ર ધાતુઓને જુદા જુદા આકાર - પાઈપ, ટ્યૂબ, સળિયા, વાયર, પ્લેટ અને પતરામાં ઢાળી શકાય છે. તેથી તેનો ઉપયોગ પેકિંગમાં, વાસણો બનાવવામાં, બાંધકામમાં, વિમાન અને વાહનવ્યવહાર ઉદ્યોગમાં થાય છે. એલ્યુમિનિયમ અને તેના સંયોજનોનો તેઓના ઝેરી સ્વભાવના કારણે રોજિંદા જીવનમાં ઉપયોગ ઘટ્યો છે.

11.5 સમૂહ 14ના તત્ત્વો : કાર્બન પરિવાર (Group 14 Elements : The Carbon Family)

કાર્બન (C), સિલિકોન (Si), જર્મેનિયમ (Ge), ટિન (Sn) અને લેડ (Pb) સમૂહ 14ના સભ્યો છે. કાર્બન પૃથ્વીના પોપડામાં વજનથી સત્તરમા ક્રમે વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. તે કુદરતમાં મુક્ત તેમજ સંયોજિત અવસ્થામાં બહોળા પ્રમાણમાં વહેંચાયેલું જોવા મળે છે. તત્ત્વ અવસ્થામાં તે કોલસા, ગ્રેફાઇટ અને હીરા સ્વરૂપે અસ્તિત્વ ધરાવે છે, જ્યારે સંયોજિત અવસ્થામાં તે ધાતુ-કાર્બોનેટ, હાઇડ્રોકાર્બન અને હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ (0.03 %) સ્વરૂપે હાજર હોય છે. એક બાબત દૃઢતાપૂર્વક કહી શકાય તેવી છે કે કાર્બન આખા વિશ્વમાં સૌથી વધુ ઉપયોગી તત્ત્વ છે. જેના અન્ય તત્ત્વો જેવા કે ડાયહાઇડ્રોજન, ડાયઑક્સિજન, ક્લોરિન અને સલ્ફર સાથેના સંયોજનો જીવંત પેશીઓમાંથી દવાઓ અને પ્લાસ્ટિક જેવા વિસ્મયકારક પદાર્થો બનાવે છે. કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન કાર્બનના સંયોજનો પર આધારિત હોય છે. તે જીવંત પ્રાણીઓ માટે આવશ્યક ઘટક છે. કુદરતી રીતે મળતો કાર્બન બે સ્થાયી સમસ્થાનિકો : ^{12}C અને ^{13}C ધરાવે છે. આ ઉપરાંત ત્રીજો સમસ્થાનિક ^{14}C પણ અસ્તિત્વ ધરાવે છે, જેનો અર્ધઆયુષ્ય સમય 5770 વર્ષ છે. તેનો ઉપયોગ રેડિયોકાર્બન ડેટિંગમાં થાય છે. સિલિકોન પૃથ્વીના પોપડામાં દ્વિતીય ક્રમે (દળથી 27.7 %) વિપુલ પ્રમાણમાં મળી આવતું તત્ત્વ છે. કુદરતમાં તે સિલિકા અને સિલેકેટ સ્વરૂપે મળી આવે છે. સિલિકોન સિરામિક, કાચ અને સિમેન્ટનું ખૂબ જ અગત્યનું ઘટક છે. જર્મેનિયમ ખૂબ જ અલ્પપ્રમાણમાં અસ્તિત્વ ધરાવે છે.

ટિન મુખ્યત્વે કેસિટેરાઇટ (cassiterite) (SnO_2) તરીકે અને લેડ ગેલીના (PbS) તરીકે મળી આવે છે.

અતિશુદ્ધ સ્વરૂપના જર્મેનિયમ અને સિલિકોન ટ્રાન્ઝિસ્ટર અને અર્ધવાહક બનાવવામાં ઉપયોગી થાય છે.

કોષ્ટક 11.3માં સમૂહ 14ના તત્ત્વોના અગત્યના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો તેઓની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના સહિત દર્શાવેલા છે. કેટલાક પરમાણ્વીય, ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોની ચર્ચા નીચે કરવામાં આવી છે.

11.5.1 ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના (Electronic Configuration)

સમૂહ 14ના તત્ત્વોની સંયોજકતા કોશની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^2 છે. આ સમૂહના તત્ત્વોની પણ ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાના અંતર્ભાગ જુદા પડે છે.

11.5.2 સહસંયોજક ત્રિજ્યા (Covalent Radius)

C થી Si તરફ જતાં સહસંયોજક ત્રિજ્યામાં નોંધપાત્ર વધારો થાય છે, ત્યારબાદ Si થી Pb તરફ જતાં આ ત્રિજ્યામાં ઓછો વધારો જોવા મળે છે. આમ, થવાનું કારણ ભારે તત્ત્વોમાં સંપૂર્ણ ભરાયેલી *d* અને *f* કક્ષકોની હાજરી છે.

11.5.3 આયનીકરણ એન્થાલ્પી (Ionization Enthalpy)

સમૂહ 14ના તત્ત્વોની પ્રથમ આયનીકરણ એન્થાલ્પી તેને અનુવર્તી સમૂહ 13ના તત્ત્વોની પ્રથમ આયનીકરણ એન્થાલ્પી કરતાં વધુ હોય છે. અહીં પણ અંતર્ભાગ ઇલેક્ટ્રૉનની અસર જોવા મળે છે. સામાન્ય રીતે સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં આયનીકરણ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઘટતું જાય છે. Si થી Ge તથા Ge થી Sn તરફ જતાં Δ_iH માં ઓછો ઘટાડો જોવા મળે છે તથા Sn થી Pb તરફ જતાં Δ_iH માં અલ્પ વધારો જોવા મળે છે. જેનું કારણ આંતરવર્તી *d* અને *f*-કક્ષકોની શિલ્ડીંગ અસર અને પરમાણુના કદમાં થતો વધારો છે.

11.5.4 વિદ્યુતઋણતા (Electronegativity)

નાના કદના કારણે સમૂહ 14ના તત્ત્વોની વિદ્યુતઋણતા સમૂહ 13ના તત્ત્વોની વિદ્યુતઋણતા કરતાં થોડી વધુ હોય છે. Si થી Pb તરફના તત્ત્વોની વિદ્યુતઋણતાનું મૂલ્ય લગભગ સરખું હોય છે.

11.5.5 ભૌતિક ગુણધર્મો (Physical Properties)

સમૂહ 14ના બધા તત્ત્વો ઘન છે. કાર્બન અને સિલિકોન અધાતુ, જર્મેનિયમ ઉપધાતુ, જ્યારે ટિન અને લેડ નીચા

કોષ્ટક 11.3 સમૂહ 14ના તત્ત્વોના પરમાણ્વીય અને ભૌતિક ગુણધર્મો

ગુણધર્મ		તત્ત્વ				
		કાર્બન C	સિલિકોન Si	જર્મેનિયમ Ge	ટિન Sn	લૅડ Pb
પરમાણ્વીય-ક્રમાંક		6	14	32	50	82
પરમાણ્વીય દળ ($g\ mol^{-1}$)		12.01	28.09	72.60	118.71	207.2
ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના		$[He]2s^22p^2$	$[Ne]3s^23p^2$	$[Ar]3d^{10}4s^24p^2$	$[Kr]4d^{10}5s^25p^2$	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$
સહસંયોજક ત્રિજ્યા/pm[a]		77	118	122	140	146
આયનીય ત્રિજ્યા M^{4+}/pm[b]		–	40	53	69	78
આયનીય ત્રિજ્યા M^{2+}/pm[b]		–	–	73	118	119
આયનીકરણ એન્થાલ્પી / $kJ\ mol^{-1}$	Δ_iH_1	1086	786	761	708	715
	Δ_iH_2	2352	1577	1537	1411	1450
	Δ_iH_3	4620	3228	3300	2942	3081
	Δ_iH_4	6220	4354	4409	3929	4082
વિદ્યુતઋણતા[c]		2.5	1.8	1.8	1.8	1.9
ઘનતા[d]/$g\ cm^{-3}$		3.51[e]	2.34	5.32	7.26[f]	11.34
ગલનબિંદુ/K		4373	1693	1218	505	600
ઉત્કલનબિંદુ/K		–	3550	3123	2896	2024
વિદ્યુતીય અવરોધકતા/ ohm cm (293 K)		10^{14}–10^{16}	50	50	10^{-5}	2×10^{-5}

[a] M^{IV} માટે ઑક્સિડેશન અવસ્થા; [b] 6–સવર્ગ; [c] પાઉલિંગ માપક્રમ; [d] 293 K; [e] હીરા માટે, ગ્રેફાઇટ માટે ઘનતા 2.22; [f] β-સ્વરૂપ (ઓરડાના તાપમાને સ્થાયી)

ગલનબિંદુ ધરાવતી નરમ ધાતુઓ છે. સમૂહ 14ના તત્ત્વોના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ તેને અનુવર્તી સમૂહ 13ના તત્ત્વોના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ કરતાં વધુ હોય છે.

11.5.6 રાસાયણિક ગુણધર્મો (Chemical Properties) ઑક્સિડેશન અવસ્થા અને રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતામાં વલણો

સમૂહ 14ના તત્ત્વોની બાહ્યતમ કોશમાં ચાર ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે. આ તત્ત્વો સામાન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થા +4 અને +2 દર્શાવે છે. કાર્બન ઋણ ઑક્સિડેશન અવસ્થા પણ દર્શાવે છે. તેની પ્રથમ ચાર આયનીકરણ એન્થાલ્પીનો સરવાળો ઘણો વધુ હોય છે. તેથી સામાન્ય રીતે +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થાવાળા સંયોજનો સ્વભાવે સહસંયોજક હોય છે. ભારે તત્ત્વોમાં +2 ઑક્સિડેશન દર્શાવવાનું વલણ Ge < Sn < Pb ક્રમમાં વધતું જાય છે. તેનું કારણ સંયોજકતા કોશના ns^2 ઇલેક્ટ્રૉનની બંધ બનાવવામાં ભાગ લેવાની અક્ષમતા છે. આ બે ઑક્સિડેશન અવસ્થાની સાપેક્ષ સ્થાયીતા સમૂહમાં નીચે તરફ જતા બદલાતી જાય છે. કાર્બન અને સિલિકોન મુખ્યત્વે +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. જર્મેનિયમ +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં સ્થાયી સંયોજનો બનાવે છે, જ્યારે +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં માત્ર થોડાક જ સંયોજનો બનાવે છે. ટિન આ બંને ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં સંયોજનો બનાવે છે (Sn, +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં રિડક્શનકર્તા તરીકે વર્તે છે.). લૅડના સંયોજનો +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં સ્થાયી હોય છે અને +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. ચતુર્સંયોજક અવસ્થામાં અણુમાં મધ્યસ્થી પરમાણુની આસપાસ આઠ ઇલેક્ટ્રૉન હોય છે (દા.ત., CCl_4માં કાર્બન). તેઓ ઇલેક્ટ્રૉન પરિપૂર્ણ અણુઓ હોવાના કારણે તેઓની પાસે ઇલેક્ટ્રૉન દાતા કે ઇલેક્ટ્રૉનગ્રાહી સ્પીસિઝ તરીકેની અપેક્ષા રાખી શકાતી નથી. જોકે કાર્બન ચાર કરતાં વધુ સહસંયોજકતા દર્શાવી શકતું નથી, પરંતુ સમૂહના અન્ય તત્ત્વો તેવું કરી શકે છે. આમ થવાનું કારણ તેઓમાં *d*-કક્ષકની હાજરી છે. આ કારણે તેઓના હેલાઈડ સંયોજનો જળવિભાજન પામે છે અને દાતા સ્પીસિઝ તરફથી ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મો સ્વીકારીને સંકીર્ણ બનાવવાનું વલણ ધરાવે છે. દા.ત., SiF_6^{2-}, $[GeCl_6]^{2-}$, $[Sn(OH)_6]^{2-}$ સ્પીસિઝ, જેમાં મધ્યસ્થી પરમાણુનું સંકરણ sp^3d^2 છે.

(i) ઑક્સિજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા

આ સમૂહના બધા તત્ત્વો ઑક્સિજનની હાજરીમાં ગરમ કરવાથી ઑક્સાઇડ બનાવે છે. આ ઑક્સાઇડ મુખ્યત્વે બે પ્રકારના હોય છે – મોનૉક્સાઇડ અને ડાયૉક્સાઇડ. તેઓના આણ્વીય સૂત્ર અનુક્રમે MO અને MO_2 છે. SiO માત્ર ઊંચા તાપમાને જ અસ્તિત્વ ધરાવે છે. સામાન્ય રીતે ઊંચી ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવતા તત્ત્વના ઑક્સાઇડ સંયોજનો નીચી ઑક્સિડેશન અવસ્થા ધરાવતા તત્ત્વના ઑક્સાઇડ સંયોજનો કરતાં વધુ ઍસિડિક હોય છે. ડાયૉક્સાઇડ –CO_2, SiO_2 અને GeO_2 સ્વભાવે ઍસિડિક હોય છે, જ્યારે SnO_2 અને PbO_2 સ્વભાવે ઊભયગુણી હોય છે. મોનૉક્સાઇડમાં CO તટસ્થ, GeO ઍસિડિક જ્યારે SnO અને PbO તટસ્થ હોય છે.

કોયડો 11.5

સમૂહ 14ના સભ્યો પસંદ કરો કે જે

(i) સૌથી વધુ ઍસિડિક ડાયૉક્સાઇડ બનાવે છે.

(ii) સામાન્ય રીતે +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં જોવા મળે છે.

(iii) અર્ધવાહક તરીકે ઉપયોગી છે.

ઉકેલ :

(i) કાર્બન (ii) લૅડ (iii) સિલિકોન અને જર્મેનિયમ

(ii) પાણી પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા

કાર્બન, સિલિકોન અને જર્મેનિયમને પાણીની કોઈ અસર થતી નથી. ટિન પાણીની બાષ્પનું વિઘટન કરી ડાયૉક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ બનાવે છે.

$$Sn + 2H_2O \xrightarrow{\Delta} SnO_2 + 2H_2$$

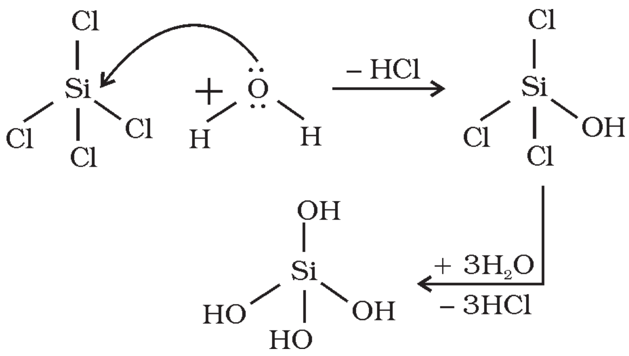
લૅડ પર પાણીની અસર થતી નથી, તેનું સંભવિત કારણ તેના પર બનતું રક્ષણાત્મક ઑક્સાઇડ સ્તર છે.

(iii) હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા

સમૂહ 14ના તત્ત્વો MX_2 અને MX_4 (જ્યાં, X = F, Cl, Br, I) આણ્વીયસૂત્રવાળા હેલાઈડ સંયોજનો બનાવે છે. કાર્બન સિવાયના અન્ય બધા તત્ત્વો અનુકૂળ પરિસ્થિતિમાં સીધા જ હેલોજન સાથે જોડાઈને હેલાઈડ સંયોજનો બનાવે છે. મોટા ભાગના MX_4 પ્રકારના સંયોજનો સહસંયોજક પ્રકૃતિ ધરાવે છે. આ હેલાઈડ સંયોજનોના મધ્યસ્થી પરમાણુ sp^3 સંકરણ દર્શાવે છે અને અણુનાં આકાર સમચતુષ્ફલકીય હોય છે. SnF_4 અને PbF_4 અપવાદ છે. કારણ કે તેઓ આયનીય પ્રકૃતિ ધરાવે છે. PbI_4 અસ્તિત્વ ધરાવતો નથી કારણ કે પ્રારંભમાં Pb-I બંધ બને છે ત્યારે પ્રક્રિયા એટલી ઊર્જા ઉત્પન્ન નથી કરી શકતી કે $6s^2$ માંના ઇલેક્ટ્રૉન અયુગ્મિત થાય અને તેમાંનો એક ઇલેક્ટ્રૉન ઊંચી કક્ષકમાં ઉત્તેજિત થવાથી લૅડ પરમાણુની આસપાસ ચાર અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્ત કરી શકે. ભારે તત્ત્વોમાં Ge થી Pb તરફ જતા તત્ત્વો MX_2 આણ્વીય સૂત્રવાળા હેલાઈડ સંયોજનો બનાવવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. સમૂહમાં નીચે તરફ જતાં ડાયહેલાઈડ સંયોજનોની સ્થાયીતા વધતી જાય છે. ઉષ્મીય અને રાસાયણિક સ્થાયીતાના આધારે GeX_4, GeX_2 કરતાં વધુ સ્થાયી છે, જ્યારે PbX_4 કરતાં PbX_2 વધુ સ્થાયી છે. CCl_4

સિવાય અન્ય ટેટ્રાક્લોરાઇડ સંયોજનો સહેલાઈથી પાણી દ્વારા જળવિભાજન પામી શકે છે, કારણ કે મધ્યસ્થ પરમાણુ પાણીના ઑક્સિજન પરમાણુના અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મને પોતાની d-કક્ષકમાં સમાવી શકે છે.

$SiCl_4$ના ઉદાહરણ દ્વારા આપણે જળવિભાજનને સમજી શકીએ છીએ. જળવિભાજનની શરૂઆતમાં Si પોતાની d-કક્ષકમાં ઑક્સિજન પરમાણુના અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મને સ્વીકારે છે, અંતમાં નીચે દર્શાવ્યા મુજબ $Si(OH)_4$ બને છે :



સિલિસિક ઍસિડ

કોયડો 11.6

$[SiF_6]^{2-}$ જાણીતું છે જ્યારે $[SiCl_6]^{2-}$ જાણીતું નથી. આના સંભવિત કારણો જણાવો.

ઉકેલ :

તેના મુખ્ય કારણો નીચે મુજબ છે :

(i) Si^{4+}ના મર્યાદિત કદને કારણે તેની આસપાસ મોટા કદવાળા 6 ક્લોરાઇડ આયનોને સમાવી શકાતા નથી.

(ii) Si^{4+} અને ક્લોરાઇડ આયનના અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ વચ્ચે પારસ્પરિકક્રિયા વધુ પ્રબળ હોતી નથી.

11.6 કાર્બનના અગત્યના વલણો અને અનિયમિત વર્તણૂક (Important Trends and Anomalous Behaviour of Carbon)

અન્ય સમૂહોના પ્રથમ તત્ત્વની જેમજ કાર્બન તત્ત્વ પણ તે જ સમૂહના અન્ય તત્ત્વો કરતાં જુદું પડે છે. આમ થવાનું કારણ તેનું નાનું કદ, વધુ વિદ્યુતઋણતા, ઊંચી આયનીકરણ એન્થાલ્પી અને d-કક્ષકોની અપ્રાપ્યતા છે.

કાર્બનમાં માત્ર s અને p કક્ષકો જ બંધ બનાવવા માટે પ્રાપ્ય હોય છે. તેથી તેની આસપાસ માત્ર ચાર ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મોને સમાવી શકાય છે. આ કારણે જ કાર્બનની મહત્તમ સહસંયોજકતા ચાર હોય છે. જ્યારે અન્ય તત્ત્વો d-કક્ષકોની હાજરીના કારણે તેઓની સહસંયોજકતામાં વધારો કરી શકે છે.

કાર્બનમાં પોતાની સાથે અથવા કદમાં નાના અને ઊંચી વિદ્યુતઋણતા ધરાવતા અન્ય પરમાણુઓ સાથે $p\pi-p\pi$ બહુબંધો બનાવવાની અદ્વિતીય ક્ષમતા રહેલી છે. બહુબંધોના કેટલાક ઉદાહરણો : C = C, C ≡ C, C = O, C = S અને C ≡ N છે. ભારે તત્ત્વો $p\pi-p\pi$ બંધ બનાવી શકતા નથી. કારણ કે તેઓની પરમાણ્વીય કક્ષકો ખૂબ જ મોટી અને વિસરિત હોવાથી અસરકારક સંમિશ્રણ થતું નથી.

કાર્બન પરમાણુ અન્ય કાર્બન પરમાણુ સાથે સહસંયોજક બંધથી જોડાઈને લાંબી શૃંખલા અને વલય બનાવવાનું વલણ ધરાવે છે. કાર્બનના આ વલણને **કૅટેનેશન** (Catenation) કહે છે. C–C બંધ અત્યંત મજબૂત હોવાના કારણે આમ થાય છે. સમૂહમાં નીચેની તરફ જતાં પરમાણ્વીય કદ વધે છે અને વિદ્યુતઋણતા ઘટે છે. જેથી કૅટેનેશનનું વલણ ઘટતું જાય છે. આ બાબતને બંધ એન્થાલ્પીના મૂલ્યથી સ્પષ્ટ રીતે સમજી શકાય છે. કૅટેનેશનનો ક્રમ C >> Si > Ge ≈ Sn છે. લેડ કૅટેનેશન દર્શાવી શકતું નથી.

બંધ	બંધ એન્થાલ્પી / kJ mol^{-1}
C—C	348
Si—Si	297
Ge—Ge	260
Sn—Sn	240

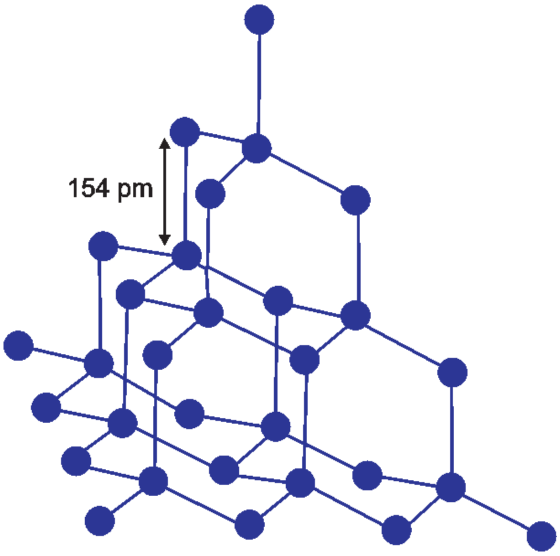
કૅટેનેશન ગુણધર્મ અને $p\pi-p\pi$ બંધ નિર્માણના કારણે કાર્બન અપરરૂપો દર્શાવી શકે છે.

11.7 કાર્બનના અપરરૂપો (Allotropes of Carbon)

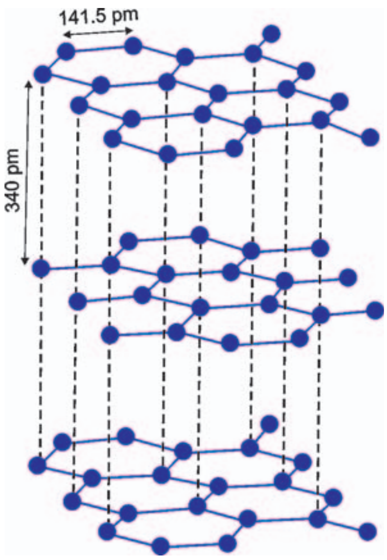
કાર્બન સ્ફટિકમય અને અસ્ફટિકમય બંને સ્વરૂપે ઘણા અપરરૂપો ધરાવે છે. હીરો અને ગ્રેફાઇટ કાર્બનના વધુ પ્રચલિત સ્ફટિકમય અપરરૂપો છે. 1985માં એચ. ડબલ્યુ ક્રોટો (H. W. Kroto), ઈ. સ્મોલે (E. Smalle) અને આર. એફ. કર્લ (R. F. Curl) વૈજ્ઞાનિકોએ **ફુલેરિન** તરીકે જાણીતા કાર્બનના ત્રીજા સ્વરૂપની શોધ કરી હતી. આ શોધ માટે તેઓને 1996માં નૉબેલ પારિતોષિક એનાયત કરવામાં આવ્યું હતું.

11.7.1 હીરો (Diamond)

હીરો સ્ફટિકમય લેટિસ છે. તેમાં દરેક કાર્બન પરમાણુ sp^3 સંકરણ ધરાવે છે અને અન્ય ચાર કાર્બન પરમાણુઓ સાથે સમચતુષ્ફલકીય આકારે સંકૃત કક્ષકોની મદદથી જોડાયેલો હોય છે. તેમાં C-C બંધલંબાઈ 154 pm હોય છે. આ બંધારણ અવકાશમાં વિસ્તાર પામે છે અને કાર્બન પરમાણુઓની દૃઢ ત્રિપરિમાણીય જાળીદાર રચના બનાવે છે. આ બંધારણમાં (આકૃતિ 11.3) સદિશીય સહસંયોજકબંધ સમગ્ર લેટિસમાં રહેલા હોય છે.



આકૃતિ 11.3 હીરાનું બંધારણ



આકૃતિ 11.4 ગ્રેફાઇટનું બંધારણ

આ પ્રકારના વિસ્તૃત સહસંયોજકબંધને તોડવા અતિ મુશ્કેલ છે અને તેથી હીરો પૃથ્વી પરનો સૌથી વધુ કઠિન પદાર્થ છે, તેનો ઉપયોગ સાધનોની ધાર કાઢવા માટે અપઘર્ષક (abrasive) તરીકે, બીબાં બનાવવા અને વીજળીના બલ્બમાં ટંગસ્ટનના પાતળા તારના ઉત્પાદનમાં થાય છે.

કોયડો 11.7

હીરો સહસંયોજક હોવા છતાં તેનું ગલનબિંદુ ઊંચું હોય છે. શા માટે ?

ઉકેલ :

હીરો પ્રબળ C-C બંધ ધરાવતી ત્રિપરિમાણીય જાળીદાર રચના ધરાવે છે. જેને તોડવી અતિ મુશ્કેલ છે. તેથી તેનું ગલનબિંદુ ઊંચું હોય છે.

11.7.2 ગ્રેફાઇટ (Graphite)

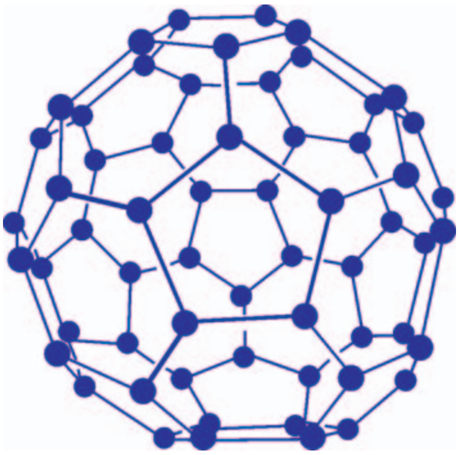
ગ્રેફાઇટ સ્તરીય બંધારણ (આકૃતિ 11.4) ધરાવે છે. આ સ્તરો વાન્ ડર વાલ્સ આકર્ષણ બળને કારણે જોડાયેલા હોય છે અને બે સ્તરો વચ્ચેનું અંતર 340 pm હોય છે. દરેક સ્તર કાર્બન પરમાણુઓના સમતલીય ષટ્કોણીય વલયોથી બનેલું હોય છે. આ સ્તરમાં C-C બંધલંબાઈ 141.5 pm હોય છે. ષટ્કોણીય વલયમાં દરેક કાર્બન પરમાણુઓ sp^2 સંકરણ ધરાવે છે અને પડોશના ત્રણ કાર્બન પરમાણુઓ સાથે ત્રણ સિગ્મા બંધ બનાવે છે. ચોથો ઇલેક્ટ્રૉન π બંધ બનાવે છે. સંપૂર્ણ સ્તર પર આ ઇલેક્ટ્રૉન વિસ્થાનીકૃત થાય છે. ઇલેક્ટ્રૉન ગતિશીલ હોય છે. તેથી સમગ્ર ગ્રેફાઇટ સ્તરમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન કરે છે. ગ્રેફાઇટમાં સ્તરો વચ્ચેના બંધોને સહેલાઈથી તોડી શકાય છે. તેથી તે અતિ નરમ અને સરકી શકે તેવું (slippery) હોય છે. આ કારણે ઊંચા તાપમાને ચાલતા મશીનોમાં જ્યાં ઓઈલનો ઊંજણ પદાર્થ તરીકે ઉપયોગ થઈ શકતો નથી, ત્યાં ગ્રેફાઇટ શુષ્ક ઊંજણ પદાર્થ તરીકે ઉપયોગી બને છે.

11.7.3 ફુલેરિન સંયોજનો (Fullerenes)

હિલિયમ અથવા આર્ગોન જેવા નિષ્ક્રિય વાયુઓની હાજરીમાં જ્યારે ગ્રેફાઇટને વિદ્યુત ચાપમાં ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે ફુલેરિન સંયોજનો બને છે. બાષ્પ સ્વરૂપના નાના C^n અણુઓને સંઘનિત કરવાથી પ્રાપ્ત થતા મેશવાળા પદાર્થમાં મુખ્યત્વે C_{60}, થોડા પ્રમાણમાં C_{70} તથા અતિ અલ્પપ્રમાણમાં 350 કે તેથી વધુ બેકી સંખ્યામાં કાર્બન ધરાવતા ફુલેરિન સંયોજનો જોવા મળે છે. ફુલેરિન સંયોજનો એક માત્ર કાર્બનનું શુદ્ધ સ્વરૂપ છે. કારણ કે તેઓ 'ઝુલતા' બંધ સિવાયનું મૃદુ બંધારણ ધરાવે છે. ફુલેરિન સંયોજનો પિંજર જેવા અણુઓ છે. C_{60} અણુનો આકાર સૉકર બૉલ (soccer ball) જેવો હોય છે અને તેને **બકમિન્સ્ટર ફુલેરિન** (Buckminster fullerene) (આકૃતિ 11.5) કહેવામાં આવે છે.

ફુલેરિન છ સભ્યોવાળા વીસ વલયો અને પાંચ સભ્યોવાળા બાર વલયો ધરાવે છે. છ સભ્યવાળું વલય પાંચ કે છ સભ્યવાળા વલય સાથે સંગલિત થાય છે, પરંતુ પાંચ સભ્યવાળું વલય માત્ર છ સભ્યવાળા વલય સાથે સંગલિત થાય છે. બધા જ કાર્બન પરમાણુઓ સમતુલ્ય હોય છે અને તેઓ sp^2 સંકરણ ધરાવે છે. દરેક કાર્બન પરમાણુ અન્ય ત્રણ કાર્બન પરમાણુ સાથે ત્રણ સિગ્મા બંધ બનાવે છે. દરેક કાર્બનનો બાકીનો ઇલેક્ટ્રૉન આણ્વીય કક્ષકો પર વિસ્થાનીકૃત પામે છે જે અણુને એરોમેટિક

લાક્ષણિકતા આપે છે. આ બૉલ આકારના અણુમાં 60 શિરોબિંદુઓ હોય છે અને તે દરેક સ્થાને એક કાર્બન પરમાણુ રહેલો હોય છે. આ અણુ એકલ અને દ્વિ બંને પ્રકારના બંધ ધરાવે છે. જેમાં C-C અંતર અનુક્રમે 143.5 pm અને 138.3 pm હોય છે. આ ગોળાકાર ફુલેરિનને ટૂંકમાં બકીબૉલ (bucky ball) પણ કહે છે.



આકૃતિ 11.5 બકમિન્સ્ટર ફુલેરિન C_{60}નું બંધારણ : અણુનો આકાર સોકર બૉલ (ફુટબૉલ) જેવો હોય છે.

એક અગત્યનું પરિણામ એ છે કે કાર્બનનું અપરરૂપ ગ્રેફાઇટ ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર મુજબ સૌથી વધુ સ્થાયી છે. તેથી ગ્રેફાઇટની $\Delta_f H^\ominus$ને શૂન્ય ગણવામાં આવે છે. હીરા તથા ફુલેરિન C_{60}ના $\Delta_f H^\ominus$નું મૂલ્ય અનુક્રમે 1.90 અને 38.1 kJ mol^{-1} હોય છે.

કાર્બન તત્ત્વના અન્ય રૂપો જેવા કે કાર્બન બ્લેક, કૉક અને કોલસા એ ગ્રેફાઇટ અથવા ફુલેરિનના અશુદ્ધ સ્વરૂપો છે. હવાના મર્યાદિત જથ્થામાં હાઇડ્રોકાર્બનને બાળવાથી કાર્બન બ્લેક મળે છે. હવાની ગેરહાજરીમાં લાકડાં અથવા કોલસાને ગરમ કરવાથી કોલસો તથા કોક મળે છે.

11.7.4 કાર્બનના ઉપયોગો (Uses of Carbon)

પ્લાસ્ટિક પદાર્થમાં ગ્રેફાઇટ રેસાઓને ઉમેરવાથી ઊંચી પ્રબળતાવાળો વજનમાં હલકો સંયુક્ત પદાર્થ (composite) મેળવી શકાય છે. આ સંયુક્ત પદાર્થ ટૅનિસ રેકેટ, માછલી પકડવાનો દંડો, વિમાન અને હોડીઓ જેવી વસ્તુઓની બનાવટમાં ઉપયોગી થાય છે. સુવાહક તરીકે ગ્રેફાઇટ બૅટરીમાં વિદ્યુતધ્રુવ તરીકે તથા ઔદ્યોગિક વિદ્યુતવિભાજનમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે. ગ્રેફાઇટમાંથી બનેલી ક્રુસિબલ મંદ ઍસિડ અને આલ્કલી પ્રત્યે નિષ્ક્રિય હોય છે. વધુ છિદ્રાળુ હોવાના કારણે સક્રિયકૃત કોલસો ઝેરી વાયુઓના અધિશોષણમાં, પાણીની ગાળણક્રિયામાં કાર્બનિક સંદૂષકોને (contaminators) દૂર કરવા માટે અને વાતાનુકૂલિત પ્રણાલીમાં વાસને નિયંત્રિત કરવા ઉપયોગમાં લેવાય છે. કાર્બન બ્લૅક કાળી શાહીમાં કાળા વર્ણક તરીકે તથા સ્વયંસંચાલિત વાહનોના ટાયરમાં ફિલર તરીકે ઉપયોગી છે. કૉક બળતણ તરીકે તથા ધાતુકર્મવિધિમાં રિડક્શનકર્તા તરીકે વિશેષ પ્રમાણમાં ઉપયોગી બને છે. હીરો કિંમતી પથ્થર છે અને તેનો ઉપયોગ ઘરેણામાં થાય છે તેનું માપન કૅરેટમાં થાય છે (1 કૅરેટ = 200 mg).

11.8 કાર્બન અને સિલિકોનના કેટલાક અગત્યના સંયોજનો (Some Important Compounds of Carbon and Silicon)

કાર્બનના બે અગત્યના ઑક્સાઇડ - કાર્બન મોનૉક્સાઇડ (CO) અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) છે.

11.8.1 કાર્બન મોનૉક્સાઇડ (Carbon Monoxide)

ઑક્સિજન અથવા હવાના મર્યાદિત જથ્થાની હાજરીમાં કાર્બનનું સીધું ઑક્સિડેશન થઈ કાર્બન મોનૉક્સાઇડ બને છે.

$$2C(s) + O_2(s) \xrightarrow{\Delta} 2CO(g)$$

નાના પાયે શુદ્ધ COનું ઉત્પાદન ફોર્મિક ઍસિડની સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથેની 373 K તાપમાને નિર્જલીકરણની પ્રક્રિયાથી કરવામાં આવે છે.

$$HCOOH \xrightarrow[\text{સાંદ્ર } H_2SO_4]{373\ K} H_2O + CO$$

ઔદ્યોગિક સ્તરે કાર્બન મોનૉક્સાઇડનું ઉત્પાદન કરવા માટે ગરમ કૉક પરથી પાણીની વરાળને પસાર કરવામાં આવે છે. આ રીતે મળતા CO તથા H_2ના મિશ્રણને **જળવાયુ** અથવા **સાંશ્લેષિત વાયુ** કહેવામાં આવે છે.

$$C(s) + H_2O(g) \xrightarrow{473-1273\ K} \underbrace{CO(g) + H_2(g)}_{\text{જળવાયુ}}$$

જ્યારે પાણીની વરાળના બદલે હવાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે તો CO અને N_2નું મિશ્રણ બને છે. જેને **ઉત્પાદક વાયુ** (Producer gas) કહેવામાં આવે છે.

$$2C(s) + O_2(g) + 4N_2(g) \xrightarrow{1273\ K} \underbrace{2CO(g) + 4N_2(g)}_{\text{ઉત્પાદક વાયુ}}$$

જળવાયુ અને ઉત્પાદક વાયુ ખૂબ જ અગત્યના ઔદ્યોગિક ઈંધણ છે. જળવાયુ અને ઉત્પાદક વાયુમાં રહેલા કાર્બન મોનૉક્સાઇડનું વધુ દહન થઈ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બને છે અને ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે.

કાર્બન મોનૉક્સાઇડ રંગવિહીન, વાસવિહીન અને પાણીમાં મહદ્અંશે અદ્રાવ્ય વાયુ છે. તે પ્રબળ રિડક્શનકર્તા છે. તે આલ્કલી, આલ્કલાઈન અર્થ ધાતુઓ, એલ્યુમિનિયમ અને બહુ જ થોડી સંક્રાંતિ ધાતુઓ સિવાયની અન્ય ઘણી બધી

ધાતુઓના ઑક્સાઇડનું રિડક્શન કરે છે. COના આ ગુણધર્મનો ઉપયોગ ઘણી ધાતુઓને તેઓના ઑક્સાઇડ અયસ્કમાંથી નિષ્કર્ષિત કરવામાં થાય છે.

$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \xrightarrow{\Delta} 2Fe(s) + 3CO_2(g)$$

$$ZnO(s) + CO(g) \xrightarrow{\Delta} Zn(s) + CO_2(g)$$

CO અણુમાં કાર્બન અને ઑક્સિજન પરમાણુઓની વચ્ચે એક સિગ્મા અને બે π બંધ હોય છે [$:C \equiv O:$]. CO અણુમાં કાર્બન પરમાણુ પર અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ હોવાના કારણે તે દાતા તરીકે વર્તે છે અને જ્યારે કેટલીક ધાતુઓ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે પ્રક્રિયા કરી **ધાતુ કાર્બોનિલ** બનાવે છે. COની વધુ ઝેરી પ્રકૃતિ તેની **હિમોગ્લોબિન સાથે સંકીર્ણ** બનાવવાની ક્ષમતાના કારણે હોય છે. આ સંકીર્ણ ઑક્સિજન-હિમોગ્લોબીન સંકીર્ણ કરતાં 300 ગણુ વધુ સ્થાયી હોય છે. જે રક્તકણમાં રહેલા હિમોગ્લોબિન દ્વારા શરીરમાં થતાં ઑક્સિજન વહનને રોકે છે, જેનું પરિણામ મૃત્યુ હોય છે.

11.8.2 કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (Carbon Dioxide)

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ કાર્બનના અને કાર્બન ધરાવતા ઈંધણના વધુ હવાની હાજરીમાં સંપૂર્ણ દહનથી બનાવી શકાય છે.

$$C(s) + O_2(g) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g)$$

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \xrightarrow{\Delta} CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

પ્રયોગશાળામાં કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ અને મંદ HClની પ્રક્રિયાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બનાવવો વધુ અનુકૂળ રહે છે.

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

ઔદ્યોગિક સ્તરે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ચૂનાના પથ્થરને ગરમ કરવાથી બનાવી શકાય છે.

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ રંગવિહીન અને વાસવિહીન વાયુ છે. પાણીમાં તેની અલ્પદ્રાવ્યતાને કારણે તે જૈવરાસાયણિક (biochemical) અને ભૂ-રાસાયણિક (geochemical) મહત્ત્વ દર્શાવે છે. પાણી સાથે તે કાર્બોનિક ઍસિડ (H_2CO_3) બનાવે છે. જે નિર્બળ દ્વિબેઝિક ઍસિડ છે અને બે તબક્કામાં વિયોજન પામે છે.

$$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$

H_2CO_3 / HCO_3^- બફર પ્રણાલી રુધિરની pHને 7.26થી 7.42ની વચ્ચે નિયંત્રિત રાખવામાં મદદ કરે છે. તેના ઍસિડિક સ્વભાવના કારણે તે આલ્કલી સાથે જોડાઈને ધાતુ કાર્બોનેટ બનાવે છે.

સામાન્ય રીતે વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ~0.03 % (કદથી) હાજર હોય છે, તેને વાતાવરણમાંથી જે પ્રક્રિયાથી દૂર કરી શકાય છે તેને **પ્રકાશસંશ્લેષણ** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ પ્રક્રિયામાં લીલી વનસ્પતિ વાતાવરણના CO_2ને ગ્લુકોઝ જેવા કાર્બોહાઇડ્રેટમાં રૂપાંતરિત કરે છે. આ પ્રક્રિયાના એકંદર રાસાયણિક ફેરફારને નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય છે.

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{ક્લોરોફિલ}]{h\nu} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

આ પ્રક્રિયાથી વનસ્પતિ પોતાનો ખોરાક બનાવે છે. ઉપરાંત પ્રાણીઓ અને મનુષ્ય માટે પણ ખોરાક બનાવે છે. COથી વિપરીત કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઝેરી હોતો નથી, પરંતુ અશ્મિગત ઈંધણનું વધતું જતું દહન તથા સિમેન્ટના ઉત્પાદનમાં ચૂનાના પથ્થરના થતા વિઘટનથી વાતાવરણમાં હાલના સમયમાં CO_2નું પ્રમાણ વધતું જણાય છે. જે **ગ્રીનહાઉસ અસર**માં વધારો કરે છે અને તેથી વાતાવરણના તાપમાનમાં વધારો થાય છે. જેના ગંભીર પરિણામો જોવા મળી શકે છે.

પ્રવાહીકૃત CO_2નું ઝડપથી વિસ્તરણ કરવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને ઘન સ્વરૂપે **સૂકા બરફ** તરીકે મેળવી શકાય છે. સૂકો બરફ આઇસ્ક્રીમ અને બરફ આચ્છાદિત ખાદ્ય પદાર્થ (frozen food) માટે પ્રશીતક (refrigerant) તરીકે ઉપયોગી બને છે. નરમ પીણાંને કાર્બોનેટયુક્ત કરવા માટે CO_2 વાયુનો વ્યાપક ઉપયોગ થાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વજનમાં ભારે અને દહનની પ્રક્રિયામાં મદદરૂપ ન થતો હોવાથી તેનો ઉપયોગ અગ્નિશામક તરીકે થાય છે. યુરિયાના ઉત્પાદનમાં વધુ પ્રમાણમાં CO_2નો ઉપયોગ થાય છે.

CO_2 અણુમાં કાર્બન પરમાણુ *sp* સંકરણ ધરાવે છે. કાર્બન પરમાણુની બે *sp* સંકૃત કક્ષકો ઑક્સિજન પરમાણુઓની બે *p*-કક્ષકો સાથે સંમિશ્રણ પામી બે સિગ્મા બંધ બનાવે છે, જ્યારે કાર્બનના અન્ય બે ઇલેક્ટ્રૉન ઑક્સિજન પરમાણુ સાથે $p\pi - p\pi$ બંધ બનાવવા ભાગ લે છે. તેથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રા રહિતનો રેખીય આકાર [બંને C-O બંધની લંબાઈ સમાન (115 pm) હોય છે.] ધરાવે છે. તેના સસ્પંદન સૂત્રો નીચે દર્શાવ્યા છે :

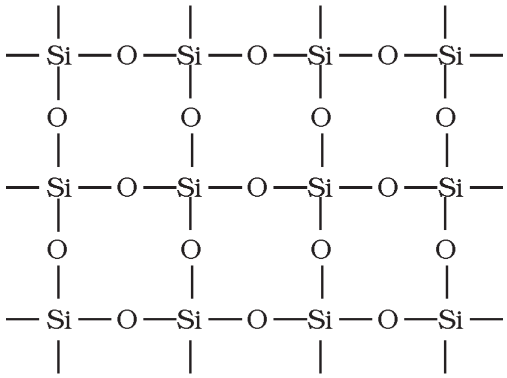
$$:\overset{-}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}}-C\equiv \overset{+}{O}: \longleftrightarrow :\ddot{O}=C=\ddot{O}: \longleftrightarrow :\overset{+}{O}\equiv C-\overset{-}{\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}}:$$

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના સસ્પંદન સૂત્રો

11.8.3 સિલિકોન ડાયૉક્સાઇડ (Silicon Dioxide)(SiO_2)

લગભગ 95 % જેટલો પૃથ્વીનો પોપડો સિલિકા અને સિલિકેટનો બનેલો છે. સામાન્ય રીતે સિલિકોન ડાયૉક્સાઇડ સિલિકા તરીકે ઓળખાય છે. જે અનેક સ્ફટિકમય બંધારણ સ્વરૂપે જોવા મળે છે. સિલિકાના કેટલાક સ્વરૂપો ક્વાર્ટ્ઝ (Quartz), ક્રિસ્ટોબેલાઇટ (Cristobalite) અને ટ્રાઇડાયમાઇટ

(Tridymite) છે અને તેઓ યોગ્ય તાપમાને આંતરપરિવર્તનશીલ હોય છે. સિલિકોન ડાયૉક્સાઇડ સહસંયોજક, ત્રિપરિમાણીય જાળીદાર ઘન પદાર્થ છે, જેમાં દરેક સિલિકોન પરમાણુ સમચતુષ્ફલકીય રીતે ચાર ઑક્સિજન પરમાણુ સાથે સહસંયોજક બંધથી જોડાયેલો હોય છે. દરેક ઑક્સિજન પરમાણુ બે સિલિકોન પરમાણુ સાથે આકૃતિ 11.6માં દર્શાવ્યા મુજબ સહસંયોજક બંધથી જોડાયેલો હોય છે. દરેક ખૂણો બીજા સમચતુષ્ફલક સાથે જોડાયેલો રહે છે. સંપૂર્ણ સ્ફટિકને વિરાટ અણુ તરીકે ગણી શકાય છે, જેમાં સિલિકોન અને ઑક્સિજન પરમાણુઓ એકાંતર ક્રમમાં આઠ સભ્યોનું વલય બનાવે છે.



આકૃતિ 11.6 SiO_2નું ત્રિપરિમાણીય બંધારણ

સિલિકા તેના સામાન્ય સ્વરૂપમાં Si–O બંધની ઘણી વધારે એન્થાલ્પીના કારણે અક્રિયાશીલ હોય છે. તે ઊંચા તાપમાને હેલોજન, ડાયહાઇડ્રોજન અને મોટા ભાગના ઍસિડ તથા ધાતુઓનો પ્રતિકાર કરે છે. જો કે તે HF અને NaOH સાથે પ્રક્રિયા કરે છે.

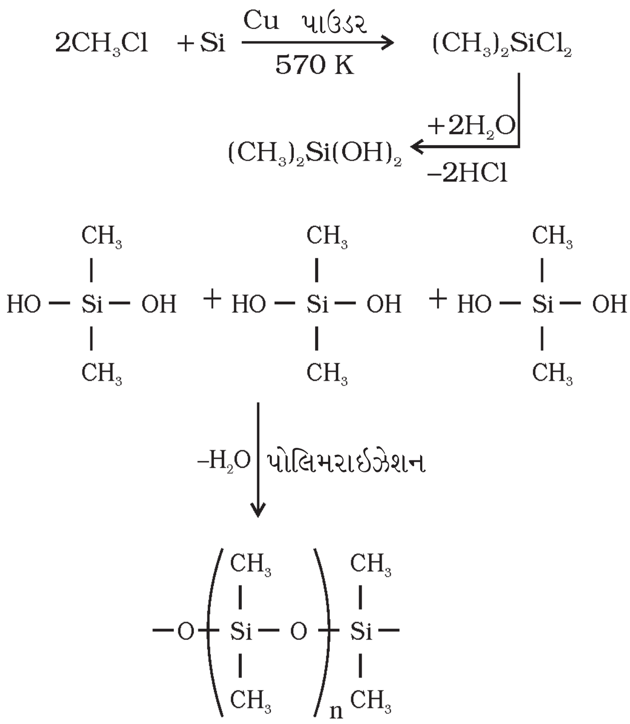
$$SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

$$SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4 + 2H_2O$$

ક્વાર્ટ્ઝનો મુખ્ય ઉપયોગ દાબ-વિદ્યુત (piezoelectric) પદાર્થ તરીકે થાય છે. તેનાથી અતિ ચોકસાઈવાળી ઘડિયાળ, આધુનિક રેડિયો અને ટેલિવિઝન પ્રસારણ તથા ગતિશીલ રેડિયો પ્રત્યાયનનો વિકાસ સંભવ બની શક્યો છે. સિલિકા જેલ સુકવણીકારક (drying agent), ઉદ્દીપક તથા ક્રોમેટોગ્રાફી (વર્ણલેખિકી) પદાર્થોને મદદકર્તા તરીકે ઉપયોગી છે. સિલિકાના અસ્ફટિકમય સ્વરૂપ કિસેલગુરનો (Kieselghur) ઉપયોગ ગાળણ પ્લાન્ટમાં થાય છે.

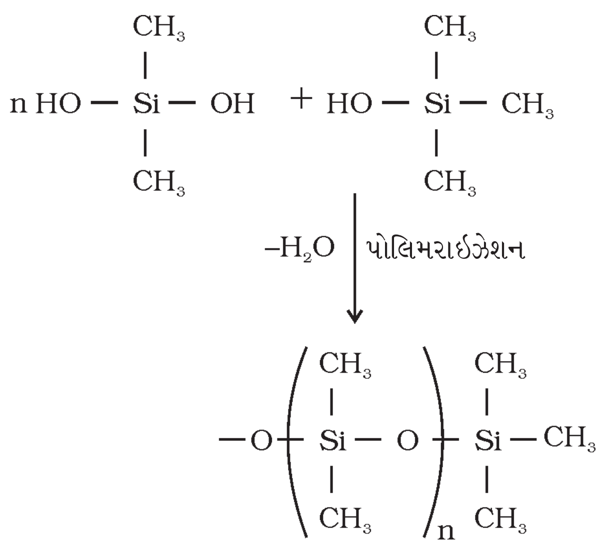
11.8.4 સિલિકોન્સ (Silicones)

તેઓ કાર્બન સિલિકોન પોલીમરનો એક સમૂહ છે, જે $-(R_2SiO)-$ પુનરાવર્તિત એકમ ધરાવે છે. સિલિકોન્સના ઉત્પાદન માટેનો પ્રારંભિક પદાર્થ આલ્કાઈલ અથવા એરાઈલ વિસ્થાપિત સિલિકોન ક્લોરાઇડ ($R_nSiCl_{(4-n)}$) છે. જ્યાં R આલ્કાઈલ અથવા એરાઈલ સમૂહ છે, જ્યારે મિથાઈલ ક્લોરાઇડ સિલિકોન સાથે 573 K તાપમાને કૉપર ઉદ્દીપકની હાજરીમાં પ્રક્રિયા કરે છે ત્યારે જુદા જુદા પ્રકારના મિથાઈલ વિસ્થાપિત ક્લોરાસિલેન ($MeSiCl_3$, Me_2SiCl_2, Me_3SiCl) તથા થોડા પ્રમાણમાં Me_4Si બને છે. ડાયમિથાઈલ ડાયક્લોરોસિલેનના $[(CH_3)_2SiCl_2]$ જળવિભાજન બાદ સંઘનન પોલિમરાઇઝેશન દ્વારા સરળ શૃંખલાવાળી પોલિમર નીપજ મળે છે.



સિલિકોન

$(CH_3)_3SiCl$ને ઉમેરવાથી નીચે દર્શાવ્યા મુજબ પોલિમરનો છેડો બંધ થતાં પોલિમર શૃંખલાની લંબાઈને નિયંત્રિત કરી શકાય છે.



સિલિકોન

સિલિકોનની આસપાસ અધ્રુવીય આલ્કાઈલ સમૂહો ગોઠવાયેલા હોવાથી તે જળ અપાકર્ષી પ્રકૃતિ ધરાવે છે. સામાન્ય રીતે તેઓ ઊંચી ઉષ્મીય સ્થાયીતા, ઊંચી પરાવૈદ્યુત પ્રબળતા તથા રસાયણો અને ઑક્સિડેશન પ્રત્યે પ્રતિરોધકતા દર્શાવે છે. તેઓના ઘણા ઉપયોગો છે. તેઓ સિલન્ટ (Sealant), ગ્રીસ, વિદ્યુતરોધક અને કાપડ માટે જલસહકારક (water proofing) તરીકે ઉપયોગી છે. જૈવ સુસંગત તરીકે તેઓ શારીરિક શસ્ત્રક્રિયાના સાધનો તથા સૌંદર્યપ્રસાધનો બનાવવાના પ્લાન્ટમાં પણ ઉપયોગી છે.

કોયડો 11.8

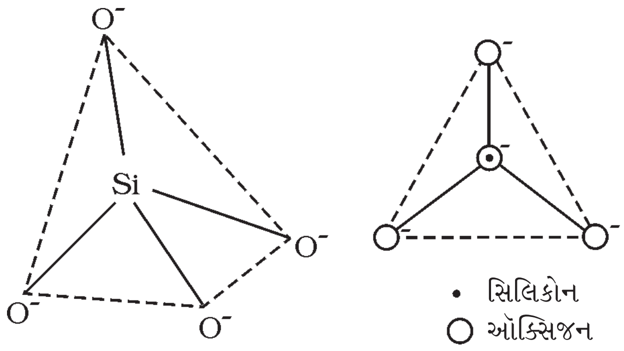
સિલિકોન્સ શું છે ?

ઉકેલ :

સાદા સિલિકોન્સ $\left(-\overset{|}{\underset{|}{Si}}-O- \right)_n$ શૃંખલા ધરાવે છે, જેમાં આલ્કાઈલ અથવા ફિનાઈલ સમૂહો દરેક સિલિકોનના બાકીના બંધ સ્થાને જોડાયેલા હોય છે. સિલિકોન્સ જળ અપાકર્ષી પ્રકૃતિ ધરાવે છે.

11.8.5 સિલિકેટ સંયોજનો (Silicates)

કુદરતમાં મોટી માત્રામાં સિલિકેટ ખનિજો મળી આવે છે. તે પૈકીના કેટલાક ઉદાહરણો ફેલ્ડસ્પાર, ઝીઓલાઈટ, માઈકા અને ઍસ્બેસ્ટોસ છે. સિલિકેટનો પાયાનો બંધારણીય એકમ SiO_4^{4-} (આકૃતિ 11.7) છે જેમાં સિલિકોન પરમાણુ ચાર ઑક્સિજન પરમાણુઓ સાથે સમચતુષ્ફલકીય રીતે ગોઠવાયેલો હોય છે. સિલિકેટ સંયોજનોમાં વિભિન્ન એકમ હોય છે અથવા આવા અનેક એકમો, સિલિકેટ એકમદીઠ 1, 2, 3 અથવા 4 ઑક્સિજન પરમાણુઓની ભાગીદારી દ્વારા ખૂણાએથી જોડાયેલા હોય છે. જ્યારે સિલિકેટ એકમો એકબીજા સાથે જોડાય છે ત્યારે તેઓ શૃંખલા, વલય, સ્તર અથવા ત્રિપરિમાણીય બંધારણ બનાવે છે. સિલિકેટ બંધારણ પરનો ઋણવીજભાર ધાતુ



(a) (b)

આકૃતિ 11.7 (a) SiO_4^{4-} ઋણાયનનું સમચતુષ્ફલકીય બંધારણ (b) SiO_4^{4-} એકમનું નિરૂપણ

આયનના ધનવીજભાર વડે તટસ્થીકરણ પામે છે. જો બધા ચારેય ખૂણાઓ અન્ય સમચતુષ્ફલકીય એકમો સાથે સહભાગીતા કરે તો ત્રિ-પરિમાણીય જાળીદાર રચના બને છે.

કાચ અને સિમેન્ટ બે અગત્યના માનવનિર્મિત સિલિકેટ સંયોજનો છે.

11.8.6 ઝિયોલાઈટ સંયોજનો (Zeolites)

સિલિકોન ડાયૉક્સાઇડની ત્રિ-પરિમાણીય જાળીદાર રચનામાં જો થોડા સિલિકોન પરમાણુઓનું વિસ્થાપન એલ્યુમિનિયમ પરમાણુઓ દ્વારા કરવામાં આવે તો મળતાં એકંદર બંધારણને એલ્યુમિનો સિલિકેટ કહે છે જે ઋણ વીજભાર ધરાવે છે. ધનાયનો જેવા કે Na^+, K^+ અથવા Ca^{2+} ઋણવીજભારને સમતોલિત કરે છે. આના ઉદાહરણો ફેલ્ડસ્પાર અને ઝિયોલાઈટ સંયોજનો છે. ઝિયોલાઈટ સંયોજનો પેટ્રોરસાયણ ઉદ્યોગોમાં હાઇડ્રોકાર્બનના ભંજન અને સમઘટકીકરણ ઉદ્દીપક તરીકે બહોળા પ્રમાણમાં વપરાય છે. દા.ત., ZSM-5 (ઝિયોલાઈટનો એક પ્રકાર) આલ્કોહોલને સીધું ગેસોલીનમાં રૂપાંતરિત કરવામાં વપરાય છે. જળયુક્ત ઝિયોલાઈટ સંયોજનો કઠિન પાણીને નરમ બનાવવામાં આયન વિનિમયકર્તા તરીકે ઉપયોગી છે.

સારાંશ

આવર્તકોષ્ટકમાં ***p*-વિભાગમાં** બધા જ પ્રકારના તત્ત્વો-**ધાતુઓ, અધાતુઓ** અને **ઉપધાતુઓ** આવેલા હોવાથી તે અદ્વિતીય છે. આવર્તકોષ્ટકમાં *p*-વિભાગમાં સમૂહ 13 થી 18 એમ કુલ 6 સમૂહો આવેલા છે. તેઓના સંયોજકતા કોશની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના ns^2np^{1-6} (He સિવાય) છે. તેઓની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચનાના **અંતર્ભાગ**ના તફાવતની અસર તેઓના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો પર પડે છે. જેના પરિણામે આ તત્ત્વોના ગુણધર્મોમાં મોટો તફાવત જોવા મળે છે. વધુમાં આ તત્ત્વો સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થા ઉપરાંત અન્ય ઑક્સિડેશન અવસ્થાઓ દર્શાવે છે, જેમાં સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રૉન કરતા 2 એકમ જેટલો તફાવત રહેલો હોય છે. હલકા તત્ત્વો માટે સમૂહ ઑક્સિડેશન અવસ્થા વધુ સ્થાયી હોય છે. જ્યારે ભારે તત્ત્વો માટે નીચી ઑક્સિડેશન અવસ્થા ક્રમાનુસાર વધુ સ્થાયી થતી જાય છે. કદ અને *d*-કક્ષકની પ્રાપ્યતાની સંયુક્ત અસર આ તત્ત્વોની π-બંધ બનાવવાની ક્ષમતા પર પડે છે. હલકા તત્ત્વો

pπ–pπ બંધ બનાવે છે. જ્યારે ભારે તત્ત્વો ***dπ–pπ*** અથવા ***dπ–dπ*** બંધ બનાવે છે. દ્વિતીય આવર્તમાં *d*-કક્ષકોની ગેરહાજરીના કારણે તેઓ મહત્તમ 4 સહસંયોજકતા દર્શાવી શકે છે, જ્યારે ભારે તત્ત્વો આ મર્યાદા વટાવી શકે છે.

સમૂહ 13માં બોરોન વિશિષ્ટ અધાતુ છે જ્યારે અન્ય સભ્યો ધાતુઓ છે. બંધ બનાવવામાં ભાગ લેનાર ચાર કક્ષકોમાં ($2s$, $2p_x$, $2p_y$ અને $2p_z$) માત્ર ત્રણ સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રૉનની ($2s^22p^1$) પ્રાપ્યતાના કારણે બોરોનના સંયોજનો **ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા** હોય છે. આ ઊણપને કારણે તેઓ સારા ઇલેક્ટ્રૉન ગ્રાહ્ય બને છે અને તેથી બોરોન સંયોજનો **લુઈસ ઍસિડ** તરીકે વર્તે છે. બોરોન ડાયહાઇડ્રોજન સાથે સહસંયોજક આણ્વીય સંયોજનો-બોરેન બનાવે છે. જેમાં સૌથી સરળ સંયોજન **ડાયબોરેન** (B_2H_6) છે. ડાયબોરેનમાં બે બોરોન પરમાણુઓ વચ્ચે બે સેતુ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ આવેલા હોય છે. આ સેતુ બંધોને **ત્રણ કેન્દ્ર - બે ઇલેક્ટ્રૉન બંધ** કહેવામાં આવે છે. બોરોનના ડાયઑક્સિજન સાથેના અગત્યના સંયોજનો **બોરિક ઍસિડ** અને **બોરેક્સ** છે. બોરિક ઍસિડ $B(OH)_3$ નિર્બળ એક-બેઝિક ઍસિડ છે, તે હાઇડ્રોક્સિલ આયન પાસેથી ઇલેક્ટ્રૉન સ્વીકારીને લુઈસ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે. બોરેક્સ સફેદ સ્ફટિકમય ઘન પદાર્થ છે જેનું સૂત્ર $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ છે. **બોરેક્સ મણકા કસોટી** સંક્રાંતિ ધાતુઓનો લાક્ષણિક રંગ આપે છે.

એલ્યુમિનિયમ +3 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે. સમૂહમાં નીચેની તરફ જતાં ભારે તત્ત્વોમાં +1 ઑક્સિડેશન અવસ્થા સ્થાયી થતી જાય છે. આ **નિષ્ક્રિય યુગ્મ અસર**ના કારણે થાય છે.

કાર્બન એક વિશિષ્ટ અધાતુ છે, જે પોતાના ચાર સંયોજકતા ઇલેક્ટ્રૉન ($2s^22p^2$) દ્વારા ચાર સહસંયોજક બંધ બનાવે છે. તે **કૅટેનેશન**નો ગુણધર્મ દર્શાવે છે. તે માત્ર C-C એકલબંધ નહીં પણ બહુબંધો ($C = C$ અથવા $C \equiv C$) દ્વારા શૃંખલા કે વલય બનાવવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. કૅટેનેશનનું વલણ $C >> Si > Ge \simeq Sn > Pb$ ક્રમ મુજબ ઘટતું જાય છે. કાર્બન **અપરરૂપતા** દર્શાવવાનું ઉત્તમ ઉદાહરણ પૂરું પાડે છે. કાર્બનના ત્રણ અગત્યના અપરરૂપો **હીરો, ગ્રેફાઇટ** અને **ફુલેરિન** છે. કાર્બન પરિવારના સભ્યો મુખ્યત્વે +4 અને +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે, સામાન્ય રીતે +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવતા સંયોજનો સહસંયોજક પ્રકૃતિ ધરાવે છે. ભારે તત્ત્વોમાં +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવવાનું વલણ વધતું જોવા મળે છે. લેડ +2 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં સ્થાયી છે જ્યારે +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં તે પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા તરીકે વર્તે છે. કાર્બન ઋણ ઑક્સિડેશન અવસ્થા પણ દર્શાવે છે. તે બે અગત્યના ઑક્સાઇડ સંયોજનો CO અને CO_2 બનાવે છે. કાર્બન મોનૉક્સાઇડ તટસ્થ છે જ્યારે CO_2 ઍસિડિક છે. કાર્બન મોનૉક્સાઇડ તેમાં કાર્બન પર રહેલા અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મના કારણે ધાતુ **કાર્બોનિલ** સંયોજનો બનાવે છે. કાર્બન મોનૉક્સાઇડ મૃત્યુ નીપજાવી શકે તેટલું ઝેરી છે કારણ કે તેનું **હિમોગ્લોબીન સાથેનું સંકીર્ણ** ઑક્સિહિમોગ્લોબીન સંકીર્ણ કરતા વધુ સ્થાયી હોય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઝેરી નથી. જોકે અશ્મિગત ઈંધણના દહનથી તથા ચૂનાના પથ્થરના થતા વિઘટનથી વાતાવરણમાં CO_2નું પ્રમાણ વધે છે. જે **ગ્રીનહાઉસ અસર**માં વધારો કરી ભયજનક સ્થિતિ પેદા કરે છે. તેના પરિણામે વાતાવરણનું તાપમાન વધે છે અને ગંભીર જટિલતાઓ ઉત્પન્ન થાય છે. **સિલિકા, સિલિકેટ સંયોજનો** અને **સિલિકોન સંયોજનો** અગત્યના સંયોજનોનો સમૂહ છે. તેઓ ઉદ્યોગો અને ટેક્નોલૉજીમાં ઉપયોગી થાય છે.

સ્વાધ્યાય

11.1 નીચે દર્શાવેલા તત્ત્વોની ઑક્સિડેશન અવસ્થામાં જોવા મળતી ભિન્નતાની ભાતની (pattern) ચર્ચા કરો.
(i) B થી Tl (ii) C થી Pb

11.2 $TlCl_3$ની સરખામણીમાં BCl_3ની વધુ સ્થાયીતા તમે કેવી રીતે સમજાવશો ?

11.3 બોરોન ટ્રાયફ્લોરાઇડ શા માટે લુઈસ ઍસિડ તરીકે વર્તે છે ?

11.4 BCl_3 અને CCl_4 સંયોજનોનો વિચાર કરીએ. તેઓ પાણી સાથે કેવી રીતે વર્તશે ? તેનું વાજબીપણું ચર્ચો.

11.5 શું બોરિક ઍસિડ પ્રોટોનીય ઍસિડ છે ? સમજાવો.

11.6 જ્યારે બોરિક ઍસિડને ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે શું થાય છે ? સમજાવો.

11.7 BF_3 અને BH_4^-નો આકાર વર્ણવો. આ સ્પીસિઝમાં બોરોનનું સંકરણ દર્શાવો.

11.8 એલ્યુમિનિયમના ઊભયધર્મી સ્વભાવના વાજબીપણા માટે પ્રક્રિયાઓ લખો.

11.9 ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા સંયોજનો એટલે શું ? BCl_3 અને $SiCl_4$ ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળી સ્પીસિઝ છે ? સમજાવો.

11.10 CO_3^{2-} અને HCO_3^-ના સસ્પંદન બંધારણો લખો.

11.11 નીચેની સ્પીસિઝમાં કાર્બનની સંકરણ અવસ્થા શું છે ?

(a) CO_3^{2-} (b) હીરો (c) ગ્રેફાઇટ

11.12 હીરા અને ગ્રેફાઇટનાં ગુણધર્મોમાં જોવા મળતી ભિન્નતા તેઓના બંધારણોના આધારે સમજાવો.

11.13 નીચે દર્શાવેલા વિધાનો માટે તર્કસંગત દલીલો કરો અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ લખો.

- લેડ (II) ક્લોરાઇડ Cl_2 સાથે પ્રક્રિયા કરી $PbCl_4$ બનાવે છે.
- લેડ (IV) ક્લોરાઇડ ગરમી પ્રત્યે વધુ અસ્થાયી છે.
- લેડ એક આયોડાઇડ PbI_4 નથી બનાવતો.

11.14 BF_3 (130 pm) અને BF_4^- (143 pm)માં B–F બંધની લંબાઈ શા માટે અલગ પડે છે ? કારણો જણાવો.

11.15 જો B–Cl બંધ દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રા ધરાવતો હોય તો BCl_3 અણુ શા માટે દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રાનું મૂલ્ય શૂન્ય ધરાવે છે ?

11.16 એલ્યુમિનિયમ ટ્રાયફ્લોરાઇડ નિર્જળ HFમાં અદ્રાવ્ય હોય છે પણ NaF ઉમેરવાથી તે દ્રાવ્ય થાય છે. મળતા દ્રાવણમાંથી વાયુમય BF_3ને પસાર કરવાથી એલ્યુમિનિયમ ટ્રાયફ્લોરાઇડ અવક્ષેપિત થાય છે. કારણો આપો.

11.17 CO શા માટે ઝેરી છે ? કારણ આપો.

11.18 ગ્લોબલ વૉર્મિંગ માટે CO_2નું વધુ પ્રમાણ કેવી રીતે જવાબદાર છે ?

11.19 ડાયબોરેન અને બોરિક ઍસિડના બંધારણો સમજાવો.

11.20 શું થશે ? જ્યારે...

(a) બોરેક્સને સખત ગરમ કરવામાં આવે છે.

(b) બોરિક ઍસિડને પાણીમાં ઉમેરવામાં આવે છે.

(c) એલ્યુમિનિયમમાં મંદ NaOH ઉમેરવામાં આવે છે.

(d) BF_3 એમોનિયા સાથે પ્રક્રિયા કરે છે.

11.21 નીચેની પ્રક્રિયાઓ સમજાવો :

(a) ઊંચા તાપમાને કૉપરની હાજરીમાં સિલિકોનને મિથાઇલ ક્લોરાઇડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે.

(b) સિલિકોન ડાયૉક્સાઇડની હાઇડ્રોજન ફ્લોરાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરવામાં આવે છે.

(c) COને ZnO સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે.

(d) જળયુક્ત એલ્યુમિનાની જલીય NaOHના દ્રાવણ સાથે પ્રક્રિયા કરવામાં આવે છે.

11.22 કારણો આપો :

(i) સાંદ્ર HNO_3નું પરિવહન એલ્યુમિનિયમના પાત્રમાં કરી શકાય છે.

(ii) ગટરની બંધ નળીને ખોલવા માટે મંદ NaOH અને એલ્યુમિનિયમના ટુકડાનું મિશ્રણ ઉપયોગમાં લેવાય છે.

(iii) ગ્રેફાઇટ ઊંજણ તરીકે ઉપયોગી છે.

(iv) હીરાનો ઉપયોગ અપઘર્ષક તરીકે થાય છે.

(v) એલ્યુમિનિયમ મિશ્ર ધાતુનો ઉપયોગ વિમાન બનાવવા થાય છે.

(vi) એલ્યુમિનિયમના વાસણને આખી રાત પાણીમાં રાખવા જોઈએ નહીં.

(vii) એલ્યુમિનિયમ તારનો ઉપયોગ સંચરણ વાયર બનાવવા થાય છે.

11.23 કાર્બનથી સિલિકોન તરફ જતાં આયનીકરણ એન્થાલ્પીમાં પરિઘટનીય (phenomenal) ઘટાડો શા માટે જોવા મળે છે ? સમજાવો.

11.24 તમે Alની સરખામણીમાં Gaની ઓછી પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા કેવી રીતે સમજાવશો ?

11.25 અપરરૂપો એટલે શું ? કાર્બનના બે અપરરૂપો - હીરો અને ગ્રેફાઇટના બંધારણ દોરો. આ બે અપરરૂપોના ભૌતિક ગુણધર્મો પર તેઓના બંધારણની શું અસર પડે છે ?

11.26 (a) નીચેના ઑક્સાઇડ સંયોજનોને તટસ્થ, ઍસિડિક, બેઝિક અથવા ઊભયધર્મી તરીકે વર્ગીકૃત કરો :
CO, B_2O_3, SiO_2, CO_2, Al_2O_3, PbO_2, Tl_2O_3
(b) તેઓની પ્રકૃતિ દર્શાવવા માટે યોગ્ય રાસાયણિક સમીકરણો લખો.

11.27 કેટલીક પ્રક્રિયાઓમાં થેલિયમ, એલ્યુમિનિયમ સાથે સમાનતા દર્શાવે છે, જ્યારે અન્ય કેટલીક પ્રક્રિયાઓમાં સમૂહ 1ની ધાતુઓ સાથે સમાનતા દર્શાવે છે. આ વિધાનને કેટલાક પુરાવાઓ દ્વારા સમર્થન આપો.

11.28 જ્યારે ધાતુ Xની સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરવામાં આવે છે ત્યારે સફેદ અવક્ષેપ (A) મળે છે. જે વધુ NaOHમાં દ્રાવ્ય થઈ દ્રાવ્ય સંકીર્ણ (B) બનાવે છે. સંયોજન (A) મંદ HCl માં દ્રાવ્ય થઈ સંયોજન (C) બનાવે છે. જ્યારે સંયોજન (A)ને સખત ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે (D) મળે છે, જે ધાતુના નિષ્કર્ષણમાં વપરાય છે. X, A, B, C અને Dને ઓળખો. તેઓની ઓળખના સમર્થન માટે યોગ્ય સમીકરણો લખો.

11.29 નીચે દર્શાવેલા વિષે તમારી સમજ શું છે ?
(a) નિષ્ક્રિય યુગ્મ અસર (b) અપરરૂપતા અને (c) કૅટેનેશન

11.30 કોઈ એક ક્ષાર X નીચે જણાવેલા પરિણામો આપે છે :
(i) તેનું જલીય દ્રાવણ લિટમસપત્ર પ્રત્યે બેઝિક છે.
(ii) તેને સખત ગરમ કરતાં ફુલીને કાચ જેવો ઘન પદાર્થ Y બને છે.
(iii) જ્યારે Xના ગરમ દ્રાવણમાં સાંદ્ર H_2SO_4ને ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે કોઈ ઍસિડ Zના સફેદ સ્ફટિક મળે છે.
ઉપર દર્શાવેલી બધી પ્રક્રિયાઓ માટે સમીકરણો લખો અને X, Y અને Zને ઓળખો.

11.31 નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ માટે સમતોલિત સમીકરણ લખો :
(i) $BF_3 + LiH \rightarrow$ (ii) $B_2H_6 + H_2O \rightarrow$
(iii) $NaH + B_2H_6 \rightarrow$ (iv) $H_3BO_3 \xrightarrow{\Delta}$
(v) $Al + NaOH \rightarrow$ (vi) $B_2H_6 + NH_3 \rightarrow$

11.32 CO અને CO_2 માટે એક ઔદ્યોગિક બનાવટ માટેની પદ્ધતિ અને એક પ્રયોગશાળામાં બનાવટ માટેની પદ્ધતિ લખો.

11.33 બોરેક્સનું જલીય દ્રાવણ .... હોય છે.
(a) તટસ્થ (b) ઊભયધર્મી (c) બેઝિક (d) ઍસિડિક

11.34 બોરિક ઍસિડ પોલિમર હોવાનું કારણ...
(a) તેનો ઍસિડિક સ્વભાવ (b) હાઇડ્રોજન બંધની હાજરી
(c) તેનો એકબેઝિક સ્વભાવ (d) તેની ભૂમિતિ

11.35 ડાયબોરેનમાં બોરેનના સંકરણનો પ્રકાર કયો છે ?
(a) *sp* (b) sp^2 (c) sp^3 (d) dsp^2

11.36 ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર મુજબ કાર્બનનું કયું સ્વરૂપ સૌથી વધુ સ્થાયી છે ?
(a) હીરો (b) ગ્રેફાઇટ (c) ફુલેરિન (d) કોલસો

11.37 સમૂહ 14ના તત્ત્વો –
(a) માત્ર +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે.
(b) +2 અને +4 ઑક્સિડેશન અવસ્થા દર્શાવે છે.
(c) M^{2-} અને M^{4+} આયનો બનાવે છે.
(d) M^{2+} અને M^{4+} આયનો બનાવે છે.

11.38 જો સિલિકોન્સની બનાવટનો પ્રારંભિક પદાર્થ $RSiCl_3$ હોય તો બનનાર નીપજનું બંધારણ લખો.

એકમ 12

કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન – કેટલાક પાયાના સિદ્ધાંતો અને પદ્ધતિઓ (Organic Chemistry - Some Basic Principles and Techniques)

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- કાર્બનની ચતુર્સંયોજકતા તથા કાર્બનિક અણુઓના આકારને સમજી શકશો.
- કાર્બનિક અણુઓના બંધારણોને વિભિન્ન રીતે લખી શકશો.
- કાર્બનિક સંયોજનોનું વર્ગીકરણ કરી શકશો.
- IUPAC નામકરણ પદ્ધતિ અનુસાર સંયોજનોના નામ આપી શકશો અને નામના આધારે તેમનું બંધારણ પણ લખી શકશો.
- કાર્બનિક પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિની સંકલ્પનાને સમજી શકશો.
- કાર્બનિક સંયોજનોના બંધારણ અને પ્રતિક્રિયાત્મકતા પર ઇલેક્ટ્રૉન વિસ્થાપનની અસરને સમજાવી શકશો.
- કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓના પ્રકારોને ઓળખી શકશો.
- કાર્બનિક સંયોજનોના શુદ્ધીકરણની પદ્ધતિઓને શીખી શકશો.
- કાર્બનિક સંયોજનોના ગુણાત્મક પૃથક્કરણમાં સંકળાયેલી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓને લખી શકશો.
- કાર્બનિક સંયોજનોના જથ્થાત્મક પૃથક્કરણમાં સંકળાયેલા સિદ્ધાંતોને સમજી શકશો.

અગાઉના એકમમાં તમે શીખ્યા છો કે કાર્બન અદ્વિતીય ગુણધર્મ ધરાવે છે, જેને **કૅટેનેશન** કહે છે. કૅટેનેશનના કારણે કાર્બન, અન્ય કાર્બન પરમાણુઓ સાથે સહસંયોજક બંધ બનાવે છે. તે અન્ય તત્ત્વો જેવા કે હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, સલ્ફર, ફૉસ્ફરસ અને હેલોજનના પરમાણુઓ સાથે પણ સહસંયોજક બંધ બનાવે છે. આ પ્રકારના સંયોજનોનો અભ્યાસ રસાયણવિજ્ઞાનની અલગ શાખા તરીકે કરવામાં આવે છે. જેને **કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન** કહે છે. આ એકમમાં કેટલાક પાયાના સિદ્ધાંતો તથા પૃથક્કરણ પદ્ધતિઓનો સમાવેશ થયેલો છે કે જે કાર્બનિક સંયોજનોની બનાવટ અને તેના ગુણધર્મો સમજવા માટે જરૂરી છે.

12.1 સામાન્ય પ્રસ્તાવના (General Introduction)

પૃથ્વી પર જીવનને ટકાવી રાખવા માટે કાર્બનિક સંયોજનો અનિવાર્ય છે. કાર્બનિક સંયોજનોમાં જટિલ અણુઓ જેવા કે આનુવંશિક સૂચના ધરાવનાર ડિઑક્સિરિબોન્યુક્લિક ઍસિડ (DNA) અને પ્રોટીન કે જે આપણા રુધિર, માંસપેશી તથા ત્વચા માટે જરૂરી સંયોજનો બનાવે છે તે વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. કપડાં, બળતણ, પોલિમર, રંગકો અને દવાઓ વગેરેમાં કાર્બનિક પદાર્થો હોય છે. આ બધા, કાર્બનિક સંયોજનોના ઉપયોગોના મહત્ત્વના ક્ષેત્રો છે.

કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન લગભગ 200 વર્ષ જૂનું છે. લગભગ 1780ની આસપાસ રસાયણવિજ્ઞાનીઓએ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાંથી મળતા કાર્બનિક સંયોજનો અને ખનીજ સ્રોતોમાંથી મળતા અકાર્બનિક સંયોજનોને વિભેદિત કરવાનું શરૂ કરી દીધું હતું. સ્વીડનના રસાયણવિજ્ઞાની બર્ઝેલિયસે (Berzilius) સૂચવ્યું કે કાર્બનિક સંયોજનોના નિર્માણ માટે જૈવશક્તિ (Vital force) જવાબદાર છે. જ્યારે 1828માં એફ. વ્હોલરે (F. Wohler) કાર્બનિક સંયોજન યુરિયાનું સંશ્લેષણ અકાર્બનિક સંયોજન એમોનિયમ સાયનેટમાંથી કર્યું ત્યારે જૈવશક્તિવાળી ધારણાનો અસ્વીકાર કરવામાં આવ્યો હતો.

$$\underset{\text{અમોનિયમ સાયનેટ}}{NH_4CNO} \xrightarrow{\text{ગરમી}} \underset{\text{યુરિયા}}{NH_2CONH_2}$$

કૉલ્બે (Kolbe) (1845) દ્વારા થયેલા ઍસિટિક ઍસિડના સંશ્લેષણ તથા બર્થલૉટ (Berthelot) (1856) દ્વારા થયેલા મિથેનના સંશ્લેષણ પરથી દર્શાવાયું કે કાર્બનિક સંયોજનોને અકાર્બનિક સ્રોતોમાંથી પ્રયોગશાળામાં સંશ્લેષિત કરી શકાય છે.

સહસંયોજક બંધના ઇલેક્ટ્રૉનીય સિદ્ધાંતના વિકાસે કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાનને નવીન આકાર આપ્યો છે.

12.2 કાર્બનની ચતુર્સંયોજકતા : કાર્બનિક સંયોજનોના આકાર (Tetravalence of Carbon : Shapes of Organic Compounds)

12.2.1 કાર્બનના સંયોજનોના આકાર (The Shapes of Carbon Compounds)

આણ્વીય બંધારણની સંકલ્પનાનું જ્ઞાન કાર્બનિક સંયોજનોના ગુણધર્મોને સમજવામાં અને તેની આગાહી કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. એકમ 4માં તમે સંયોજકતા સિદ્ધાંત અને આણ્વીય રચના વિષે શીખ્યા છો. તમે એ પણ જાણો છો કે કાર્બનની ચતુર્સંયોજકતા તથા તેના દ્વારા સહસંયોજક બંધના નિર્માણને ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના તથા *s* અને *p* કક્ષકોના સંકરણના આધારે સમજાવી શકાય છે. તમને યાદ હશે કે મિથેન (CH_4), ઇથીન (C_2H_4) અને ઇથાઇન (C_2H_2) જેવા અણુઓના નિર્માણ અને આકાર આ અણુઓમાં રહેલા કાર્બન પરમાણુ દ્વારા રચાતી અનુક્રમે sp^3, sp^2 અને *sp* સંકૃત કક્ષકો દ્વારા સમજાવી શકાય છે.

કાર્બનિક સંયોજનોમાં સંકરણ બંધલંબાઈ અને બંધ-એન્થાલ્પીને અસર કરે છે. *sp* સંકૃત કક્ષકમાં *s* લાક્ષણિકતા વધુ હોવાના કારણે તે કેન્દ્રની નજીક હોય છે. તેથી *sp* સંકૃત કક્ષક દ્વારા રચાતો બંધ, sp^3 સંકૃત કક્ષક દ્વારા રચાતા બંધની સરખામણીમાં નાનો અને મજબૂત હોય છે. sp^2 સંકૃત કક્ષક, *s* લાક્ષણિકતાના સંદર્ભે *sp* અને sp^3 સંકૃત કક્ષકની મધ્યવર્તી છે. આમ તેનાથી બનનાર બંધની લંબાઈ અને એન્થાલ્પી પણ તેમના મધ્યવર્તી હોય છે. સંકરણમાં ફેરફાર કાર્બનની વિદ્યુતઋણતાને અસર કરે છે. કાર્બનની સંકૃત કક્ષકમાં *s* લાક્ષણિકતા વધવાની સાથે કાર્બનની વિદ્યુતઋણતામાં વધારો થાય છે. *sp* સંકૃત કક્ષક કે જેમાં *s* લાક્ષણિકતા 50 % છે. તેમાં કાર્બનની વિદ્યુતઋણતા sp^2 અને sp^3 સંકૃત કક્ષકની સરખામણીમાં વધુ હોય છે. આ સાપેક્ષ વિદ્યુતઋણતાની અસર કાર્બનિક સંયોજનોના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો પર પડે છે. જેના વિષે તમે પછીના એકમોમાં શીખશો.

12.2.2 π-બંધોની કેટલીક લાક્ષણિકતાઓ (Some Characteristic Features of π Bonds)

π (પાઇ) બંધના નિર્માણ માટે સંલગ્ન પરમાણુઓની બે સમાંતર *p*-કક્ષકોનું બાજુએથી યોગ્ય સંમિશ્રણ થવું જરૂરી છે. આમ, $H_2C = CH_2$ અણુમાં બધા પરમાણુઓ એક જ સમતલમાં હોવા જોઈએ. આ અણુમાં બંને *p*-કક્ષકો એકબીજાને સમાંતર અને અણુના સમતલને લંબ હોય છે. એક CH_2નું ભ્રમણ કરવાથી *p*-કક્ષકોના મહત્તમ સંમિશ્રણમાં અવરોધ ઊભો થાય છે, તેથી કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધમાં (C = C) ભ્રમણ શક્ય બનતું નથી. π બંધનું ઇલેક્ટ્રૉન વાદળ બંધકારક પરમાણુઓના સમતલની ઉપર અને નીચે આચ્છાદિત થયેલું હોય છે. તેના પરિણામે હુમલો કરનાર પ્રક્રિયકને ઇલેક્ટ્રૉન સરળતાથી પ્રાપ્ત થાય છે. સામાન્ય રીતે બહુબંધ (multiple bonds) ધરાવનાર અણુમાં π બંધ વધુ સક્રિય કેન્દ્રો પૂરા પાડે છે.

કોયડો 12.1

નીચે દર્શાવેલા અણુઓમાં કેટલા σ અને π બંધ રહેલા છે ?

(a) $HC{\equiv}CCH{=}CHCH_3$ (b) $CH_2{=}C{=}CHCH_3$

ઉકેલ :

(a) σ_{C-C} : 4; σ_{C-H} : 6; $\pi_{C=C}$: 1; $\pi_{C\equiv C}$: 2

(b) σ_{C-C} : 3; σ_{C-H} : 6; $\pi_{C=C}$: 2

કોયડો 12.2

નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં પ્રત્યેક કાર્બન કયું સંકરણ ધરાવે છે ?

(a) CH_3Cl, (b) $(CH_3)_2CO$, (c) CH_3CN, (d) $HCONH_2$, (e) $CH_3CH{=}CHCN$

ઉકેલ :

(a) sp^3 (b) sp^3, sp^2 (c) sp^3, *sp* (d) sp^2 (e) sp^3, sp^2, sp^2, *sp*

કોયડો 12.3

નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં કાર્બનનું સંકરણ અને અણુનો આકાર જણાવો :

(a) $H_2C = O$, (b) CH_3F, (c) $HC{\equiv}N$

ઉકેલ :

(a) sp^2, સમતલીય ત્રિકોણ

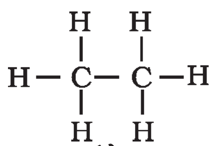
(b) sp^3, સમચતુષ્ફલકીય

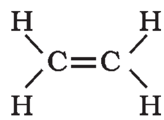
(c) *sp*, રેખીય

12.3 કાર્બનિક સંયોજનોનું બંધારણીય નિરૂપણ (Structural Representation of Organic Compounds)

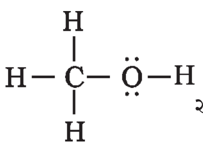
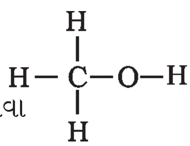
12.3.1 સંપૂર્ણ, સંઘનિત અને બંધરેખાવાળા બંધારણીય સૂત્ર (Complete, Condensed and Bond-line Structural Formulae)

કાર્બનિક સંયોજનોના બંધારણીય સૂત્ર જુદી જુદી રીતે લખી શકાય છે. તે પૈકી કેટલીક રીતોમાં લુઈસ બંધારણ અથવા બિંદુ નિરૂપણ, ડેશ (નાની લીટી) બંધારણ, સંઘનિત બંધારણ અને બંધરેખા બંધારણનો સમાવેશ થાય છે. જોકે સહસંયોજક બંધને ડેશ (–) દ્વારા સરળ રીતે દર્શાવી શકાય છે. આવા બંધારણીય સૂત્રો બંધ બનાવવામાં ભાગ લેનાર ઇલેક્ટ્રૉનનું મહત્ત્વ દર્શાવે છે. એકલબંધને એક ડૅશ દ્વારા (–), દ્વિબંધને બે ડૅશ દ્વારા (=) અને ત્રિબંધને ત્રણ ડૅશ દ્વારા (≡) દર્શાવવામાં આવે છે. વિષમ પરમાણુઓ (દા.ત., ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, સલ્ફર, હેલોજન વગેરે) પર અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉનયુગ્મને ક્યારેક દર્શાવાય છે તો ક્યારેક નથી દર્શાવાતા. આમ, ઈથેન (C_2H_6), ઈથીન (C_2H_4), ઇથાઇન (C_2H_2) અને મિથેનોલ (CH_3OH)ને નીચે દર્શાવેલા બંધારણીય સૂત્રો દ્વારા દર્શાવાય છે. આવા બંધારણીય સૂત્રોને સંપૂર્ણ બંધારણીય સૂત્ર કહેવાય છે.


ઈથેન


ઈથીન

H−C≡C−H
ઈથાઈન


અથવા

મિથેનોલ

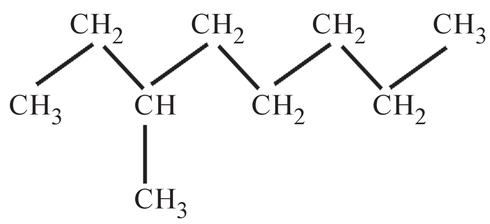
આ બંધારણીય સૂત્રોને તેમાં રહેલા કેટલાક અથવા બધા સહસંયોજક બંધોને દૂર કરીને એક પરમાણુ સાથે જોડાયેલા એકથી વધારે સમૂહોને કૌંસમાં લખી તેની સંખ્યાને નિમ્નસ્તર પર લખી સંક્ષિપ્ત રીતે લખી શકાય છે. આ સંક્ષિપ્ત સૂત્રને સંઘનિત બંધારણીય સૂત્ર કહે છે. આમ, ઈથેન, ઈથીન, ઈથાઈન અને મિથેનોલને આ પ્રમાણે લખી શકાય :

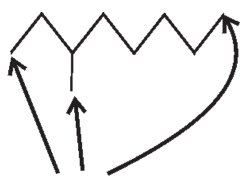
CH_3CH_3	$H_2C{=}CH_2$	$HC{\equiv}CH$	CH_3OH
ઈથેન	ઈથીન	ઈથાઈન	મિથેનોલ

તેવી જ રીતે $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ને પણ સંઘનિત રીતે $CH_3(CH_2)_6CH_3$ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે. બંધારણીય સૂત્રોને વધુ સરળ બનાવવા માટે કાર્બનિક રસાયણ-વિદોએ બંધારણ નિરૂપણ માટે માત્ર રેખાઓનો ઉપયોગ કર્યો. કાર્બનિક સંયોજનોના આ બંધરેખા બંધારણીય સૂત્રમાં કાર્બન અને હાઇડ્રોજન પરમાણુઓને લખવામાં આવતા નથી, પરંતુ કાર્બન-કાર્બન બંધોને આડી-અવળી (zigzag) રેખાઓ વડે દર્શાવાય છે. માત્ર ઑક્સિજન, ક્લોરિન, નાઇટ્રોજન વગેરે પરમાણુઓને વિશેષ રીતે લખવામાં આવે છે (જ્યાં સુધી ક્રિયાત્મક સમૂહ દ્વારા દર્શાવવામાં ન આવે). છેડે રહેલી રેખાઓ મિથાઈલ ($-CH_3$) સમૂહ દર્શાવે છે. આંતરિક રેખાઓ કાર્બન પરમાણુઓ દર્શાવે છે કે જેની સંયોજકતા હાઇડ્રોજન પરમાણુ વડે સંતોષાયેલી હોય છે. કેટલાક ઉદાહરણો અહીં દર્શાવેલા છે.

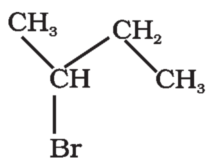
(i) 3-મિથાઈલઓક્ટેનને નીચે દર્શાવેલી જુદી જુદી રીતે લખી શકાય છે :

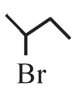
(a) $CH_3CH_2CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
with CH_3 attached to the CH

(b) 

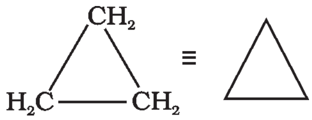
(c) 
છેડાઓ મિથાઈલ સમૂહ દર્શાવે છે.

(ii) 2-બ્રોમોબ્યુટેનને જુદી જુદી રીતે દર્શાવી શકાય છે :

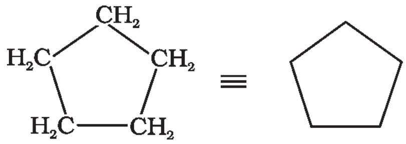
(a) $CH_3CHBrCH_2CH_3$ (b) 

(c) 

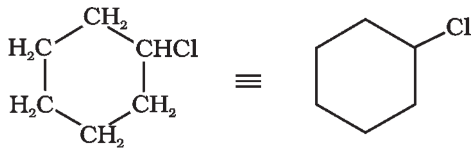
ચક્રિય સંયોજનોમાં બંધરેખાસૂત્ર નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય છે :



સાયક્લોપ્રોપેન



સાયક્લોપેન્ટેન



ક્લોરોસાયક્લોહેક્ઝેન

કોયડો 12.4

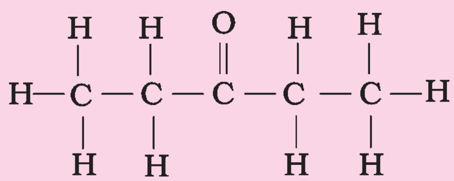
નીચે દર્શાવેલા સંઘનિત બંધારણીય સૂત્રોને સંપૂર્ણ બંધારણીય સૂત્રમાં લખો.

(a) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$

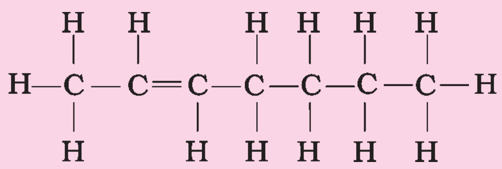
(b) $CH_3CH{=}CH(CH_2)_3CH_3$

ઉકેલ :

(a)



(b)

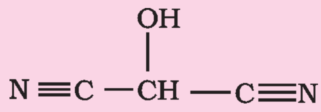


કોયડો 12.5

નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના સંઘનિત બંધારણીય સૂત્ર અને બંધરેખા સૂત્ર લખો.

(a) $HOCH_2CH_2CH_2CH(CH_3)CH(CH_3)CH_3$

(b)



ઉકેલ :

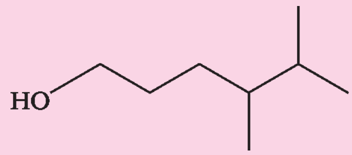
સંઘનિત બંધારણીય સૂત્ર :

(a) $HO(CH_2)_3CH(CH_3)CH(CH_3)_2$

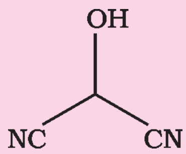
(b) $HOCH(CN)_2$

બંધરેખા સૂત્ર :

(a)



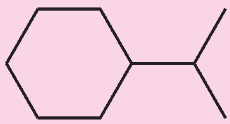
(b)



કોયડો 12.6

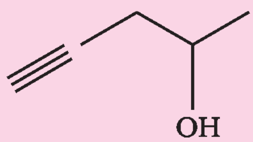
નીચે દર્શાવેલા બંધરેખા સૂત્રને કાર્બન અને હાઇડ્રોજન સહિત બધા પરમાણુઓ દર્શાવીને વિસ્તારિત સ્વરૂપે લખો :

(a)

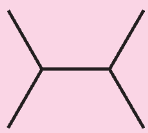


(b)

(c)

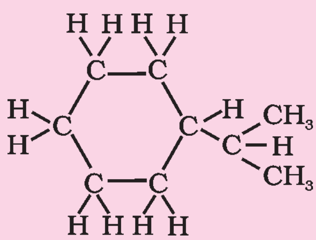


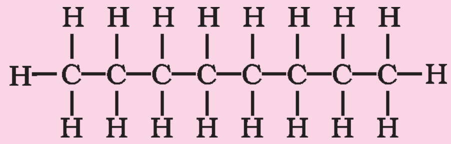
(d)

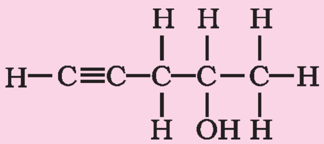


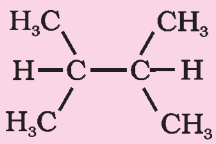
ઉકેલ :

(a)



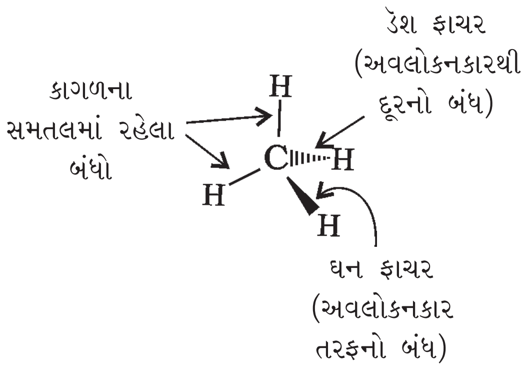
(b) 

(c) 

(d) 

12.3.2 કાર્બનિક અણુઓનું ત્રિપરિમાણીય નિરૂપણ (Three Dimensional Representation of Organic Molecules)

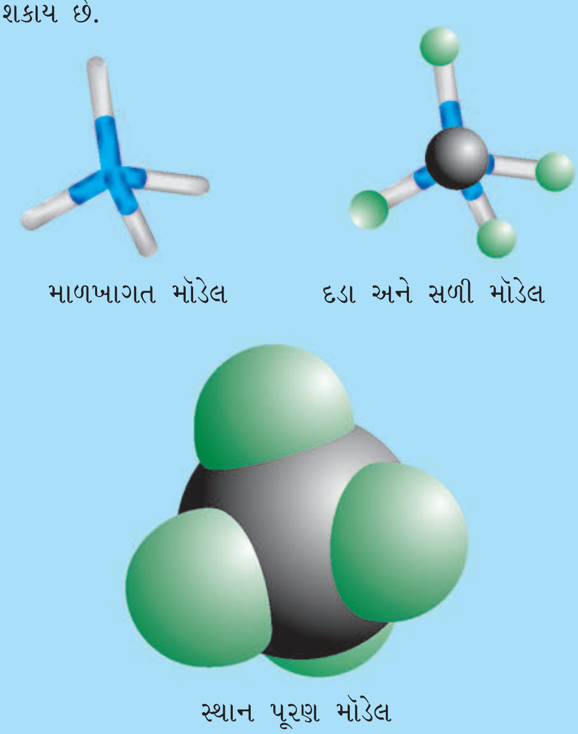
કાર્બનિક અણુઓને કાગળ પર ત્રિપરિમાણીય (3-D) બંધારણ સ્વરૂપે લખવા કેટલીક પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. દા.ત., દ્વિપરિમાણીય બંધારણને ત્રિપરિમાણીય બંધારણમાં જોવા માટે ઘન અને ડૅશ ફાચર સૂત્રનો (Solid and dashed wedge formula) ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ સૂત્રોમાં ઘન ફાચર (▬) કાગળના સમતલની બહાર અવલોકનકાર તરફ રહેલા બંધનું સૂચન કરે છે, જ્યારે ડૅશ ફાચર (·····ıııı) કાગળના સમતલની બહાર અવલોકનકારથી દૂર તરફ રહેલા બંધનું સૂચન કરે છે. કાગળના સમતલમાં રહેલા બંધને સામાન્ય રેખા (—) દ્વારા દર્શાવાય છે. આકૃતિ 12.1માં મિથેન અણુનું 3-D સૂત્ર દર્શાવેલું છે.



આકૃતિ 12.1 CH_4નું ઘન અને ડૅશ ફાચર બંધારણ

આણ્વીય મૉડેલ

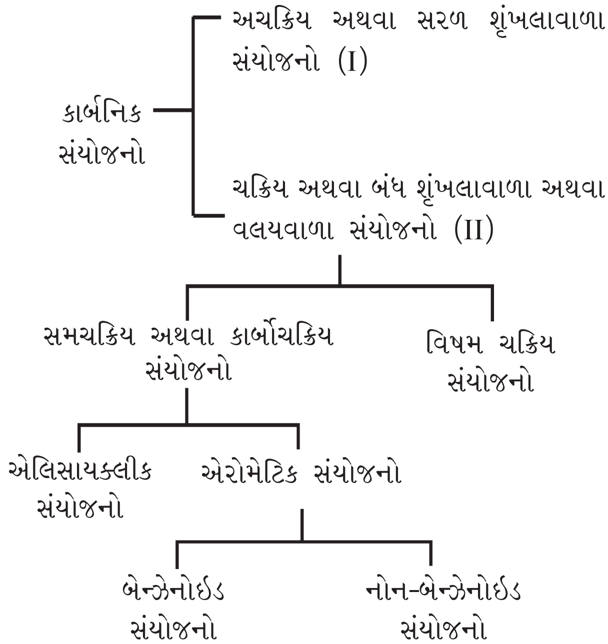
કાર્બનિક અણુઓનો ત્રિપરિમાણીય આકાર આણ્વીય મૉડેલ કે જે ભૌતિક સાધન છે તેની મદદથી સારી રીતે સમજી શકાય છે. આ આણ્વીય મૉડેલ લાકડાના કે પ્લાસ્ટિકના કે ધાતુના બનેલા હોય છે, જે બજારમાં ઉપલબ્ધ હોય છે. સામાન્ય રીતે ત્રણ પ્રકારના આણ્વીય મૉડેલોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે : (1) માળખાગત મૉડેલ (Framework Model) (2) દડા અને સળી મૉડેલ (Ball and Stic Model) (3) સ્થાનપૂરણ મૉડેલ (Space Filling Model). માળખાગત મૉડેલમાં અણુના માત્ર બંધો દર્શાવાય છે. તેમાં પરમાણુઓ દર્શાવાતા નથી. આ મૉડેલ પરમાણુઓના કદને અવગણીને માત્ર બંધની ભાત (Pattern) દર્શાવે છે. દડા અને સળી મૉડેલમાં બંધ અને પરમાણુ બંને દર્શાવાય છે. દડા પરમાણુ સૂચવે છે અને સળી બંધ સૂચવે છે. C = C ધરાવનાર સંયોજનો (દા.ત., ઈથીન)ને દર્શાવવા સળીને સ્થાને સ્પ્રિંગનો ઉપયોગ થાય છે. સ્થાન પૂરણ મૉડેલમાં પ્રત્યેક પરમાણુના સાપેક્ષકદ દર્શાવવામાં આવે છે જે તેની વાન્ ડર વાલ્સ ત્રિજ્યા પર આધારિત હોય છે. આ મૉડેલમાં બંધ દર્શાવવામાં આવતા નથી. આ મૉડેલ અણુમાં રહેલા પ્રત્યેક પરમાણુ દ્વારા રોકાયેલા કદને દર્શાવે છે. આ મૉડેલ સિવાય આણ્વીય મૉડેલ માટે કમ્પ્યૂટર ગ્રાફિક્સનો ઉપયોગ કરી શકાય છે.



આકૃતિ 12.2

12.4 કાર્બનિક સંયોજનોનું વર્ગીકરણ (Classification of Organic Compounds)

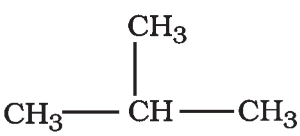
હાલમાં કાર્બનિક સંયોજનોની વધુ સંખ્યા અને તેમની વધતી જતી સંખ્યાને કારણે તેઓના બંધારણના આધારે તેઓનું વર્ગીકરણ કરવું જરૂરી છે. કાર્બનિક સંયોજનોનું મુખ્યત્વે વર્ગીકરણ નીચે પ્રમાણે કરવામાં આવે છે :



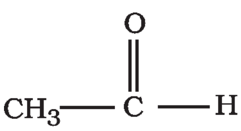
I. અચક્રિય અથવા સરળ શૃંખલાવાળા સંયોજનો

આ સંયોજનોને **એલિફેટિક** સંયોજનો પણ કહે છે, જે સીધી અથવા શાખીય શૃંખલાવાળા સંયોજનો ધરાવે છે. દા.ત.,

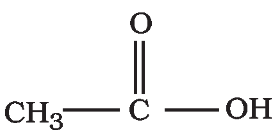
CH_3CH_3
ઇથેન



આઇસોબ્યુટેન



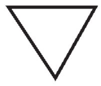
એસિટાલ્ડિહાઇડ

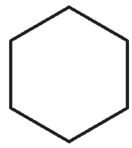


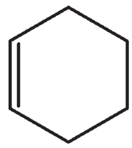
એસિટિક ઍસિડ

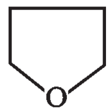
II. એલિસાયક્લીક અથવા બંધશૃંખલાવાળા અથવા વલયવાળા સંયોજનો

એલિસાયક્લીક (એલિફેટિક ચક્રિય) સંયોજનોમાં કાર્બન પરમાણુ જોડાઈને એક સમચક્રિય વલય બનાવે છે. ક્યારેક વલયમાં કાર્બન પરમાણુ સિવાય અન્ય પરમાણુ જોડાઈને વિષમ ચક્રિય વલય બનાવે છે. આ પ્રકારના સંયોજનોના કેટલાક ઉદાહરણ આ પ્રકારે છે :


સાયક્લોપ્રોપ્રેન


સાયક્લોહેક્ઝેન


સાયક્લોહેક્ઝીન



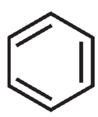
ટેટ્રાહાઇડ્રૉફ્યુરાન

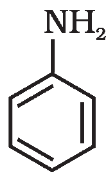
આ સંયોજનો, એલિફેટિક સંયોજનોના જેવા કેટલાક ગુણધર્મો દર્શાવે છે.

ઍરોમેટિક સંયોજનો

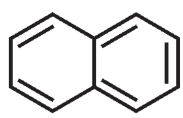
ઍરોમેટિક સંયોજનો વિશિષ્ટ પ્રકારના સંયોજનો છે, જેના વિષે તમે એકમ 13માં વિસ્તારથી અભ્યાસ કરશો. આ સંયોજનોમાં બેન્ઝિન અને અન્ય ચક્રિય સંયોજનોનો (બેન્ઝેનોઇડ) સમાવેશ કરવામાં આવે છે. એલિસાયક્લીક સંયોજનોની જેમ ઍરોમેટિક સંયોજનોના વલયમાં વિષમ પરમાણુ હોઈ શકે છે. આ સંયોજનોને વિષમ ચક્રિય ઍરોમટિક સંયોજનો કહેવાય છે. વિવિધ પ્રકારના ઍરોમેટિક સંયોજનોના કેટલાક ઉદાહરણ નીચે મુજબ છે :

બેન્ઝેનોઇડ સંયોજનો

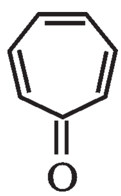

બેન્ઝિન



એનિલીન

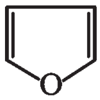

નેપ્થેલીન

નોન-બેન્ઝેનોઇડ સંયોજનો

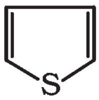


ટ્રોપોલોન

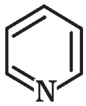
વિષમચક્રિય ઍરોમેટિક સંયોજનો



ફ્યુરાન



થાયોફિન



પીરીડીન

કાર્બનિક સંયોજનોને ક્રિયાશીલ સમૂહોના આધારે સમાનધર્મી શ્રેણીમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

ક્રિયાશીલ સમૂહ

કોઈ કાર્બનિક સંયોજનોમાં વિશિષ્ટ રીતે જોડાયેલા પરમાણુ અથવા પરમાણુ સમૂહ કે જે કાર્બનિક સંયોજનોના લાક્ષણિક રાસાયણિક ગુણધર્મો માટે જવાબદાર હોય છે તેને ક્રિયાશીલ સમૂહ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. હાઇડ્રૉક્સિલ સમૂહ (–OH), આલ્ડિહાઇડ સમૂહ (–CHO), કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ સમૂહ (–COOH) વગેરે ક્રિયાશીલ સમૂહના ઉદાહરણો છે.

સમાનધર્મી શ્રેણી

કાર્બનિક સંયોજનોનો વર્ગ કે શ્રેણી, જેમાં એક વિશિષ્ટ ક્રિયાશીલ સમૂહ એવા હોય છે કે જે સમાનધર્મી શ્રેણી બનાવે છે. આ વર્ગ કે શ્રેણીના સભ્યોને સમાનધર્મી કહેવામાં આવે છે. સમાનધર્મી શ્રેણીના સભ્યોને એક સામાન્ય સૂત્ર દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. તેના ક્રમિક સભ્યોના આણ્વીય સૂત્રો વચ્ચે $-CH_2$ એકમનો તફાવત હોય છે. કાર્બનિક સંયોજનોની અનેક સમાનધર્મી શ્રેણીઓ છે. તે પૈકીની કેટલીક શ્રેણીઓના ઉદાહરણો - આલ્કેન, આલ્કીન, આલ્કાઇન, હેલોઆલ્કેન, આલ્કેનોલ, આલ્કેનાલ, આલ્કેનોન, આલ્કેનોઇક ઍસિડ, એમાઇન વગેરે છે.

12.5 કાર્બનિક સંયોજનોનું નામકરણ (Nomenclature of Organic Compounds)

કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન લાખો કાર્બનિક સંયોજનો સાથે સંબંધિત છે. તેમની સ્પષ્ટ ઓળખાણ માટે નામકરણની સુવ્યવસ્થિત પદ્ધતિ વિકસાવવામાં આવી છે, જેને **IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)** નામકરણ પદ્ધતિ કહેવામાં આવે છે. આ સુવ્યવસ્થિત નામકરણ પદ્ધતિમાં સંયોજનોને તેના બંધારણ સાથે સહસંબંધિત કરવામાં આવ્યા છે કે જેથી વાંચનાર કે સાંભળનાર વ્યક્તિ સંયોજનોના નામના આધારે તેનું બંધારણ જાણી શકે.

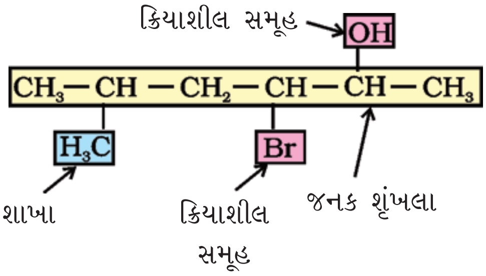
IUPAC નામકરણ પદ્ધતિની અગાઉ કાર્બનિક સંયોજનોના નામ તેના સ્રોત અથવા કોઈ ગુણધર્મના આધારે નક્કી કરવામાં આવતા હતા. દા.ત., સાઇટ્રિક ઍસિડનું નામ, તે ખાટા ફળોમાંથી મળતો હોવાના કારણે પાડવામાં આવ્યું છે. લાલ કીડીમાંથી મળતા ઍસિડનું નામ ફોર્મિક ઍસિડ આપવામાં આવ્યું છે, કારણ કે કીડી માટે લેટિન શબ્દ ફોર્મિકા છે. આ નામ પારંપારિક છે. તે રૂઢિગત (trivial) અથવા સામાન્ય (common) નામ કહેવાય છે. વર્તમાન સમયમાં પણ કેટલાક સંયોજનોને સામાન્ય નામ આપવામાં આવે છે. દા.ત., કેટલાક વર્ષ અગાઉ શોધાયેલું કાર્બનનું એક નવું સ્વરૂપ C_{60} ઝુમખાંને બકમિંસ્ટર ફુલેરિન નામ આપવામાં આવ્યું છે. કારણ કે તેનું બંધારણ અમેરિકાના પ્રસિદ્ધ વસ્તુકલા વિશેષજ્ઞ (architect) આર. બકમિંસ્ટર ફુલરે (R. Buckminster Fuller) જે ભૂમિનીય ઘુમ્મટોને (Geodesic Domes) લોકપ્રિય બનાવ્યા હતા તેને મળતું આવે છે. કેટલાક સંયોજનોના IUPAC નામ વધુ લાંબા અને જટિલ હોય છે, તેથી તેમના સામાન્ય નામ રાખવા જરૂરી બને છે. કેટલાક કાર્બનિક સંયોજનોના સામાન્ય નામ કોષ્ટક 12.1માં દર્શાવેલા છે.

કોષ્ટક 12.1 કેટલાક કાર્બનિક સંયોજનોના સામાન્ય અથવા રૂઢિગત નામ

સંયોજન	સામાન્ય નામ
CH_4	મિથેન
$H_3CCH_2CH_2CH_3$	*n*-બ્યુટેન
$(H_3C)_2CHCH_3$	આઇસો બ્યુટેન
$(H_3C)_4C$	નિયોપેન્ટેન
$H_3CCH_2CH_2OH$	*n*-પ્રોપાઇલ આલ્કોહોલ
HCHO	ફોર્માલ્ડિહાઇડ
$(H_3C)_2CO$	ઍસિટોન
$CHCl_3$	ક્લોરોફોર્મ
CH_3COOH	ઍસિટિક ઍસિડ
C_6H_6	બેન્ઝિન
$C_6H_5OCH_3$	એનીસોલ
$C_6H_5NH_2$	એનિલીન
$C_6H_5COCH_3$	એસિટોફિનોન
$CH_3OCH_2CH_3$	ઇથાઇલ મિથાઇલ ઇથર

12.5.1 IUPAC નામકરણ પદ્ધતિ (The IUPAC System of Nomenclature)

કાર્બનિક સંયોજનોને સુવ્યવસ્થિત નામ આપવા માટે, મૂળ હાઇડ્રોકાર્બન અને તેમાં જોડાયેલા ક્રિયાશીલ સમૂહને ઓળખવા જરૂરી બને છે. નીચે આપેલા ઉદાહરણોને સમજો.



જનક હાઇડ્રોકાર્બનના નામને યોગ્ય પૂર્વગ અને પ્રત્યય લગાવીને સંયોજનોનું વાસ્તવિક નામ મેળવી શકાય છે. માત્ર હાઇડ્રોજન અને કાર્બન તત્ત્વો ધરાવનાર સંયોજનને હાઇડ્રોકાર્બન કહેવાય છે. કાર્બન-કાર્બન એકલબંધવાળા હાઇડ્રોકાર્બનને સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન કહે છે. આવા સંયોજનોની સમાનધર્મી શ્રેણીનું IUPAC નામ આલ્કેન છે. તેમનું અગાઉનું નામ પેરાફિન (લેટિન : ઓછું ક્રિયાશીલ) હતું. જે હાઇડ્રોકાર્બનમાં ઓછામાં ઓછો એક દ્વિબંધ કે ત્રિબંધ હોય તેને અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન કહે છે.

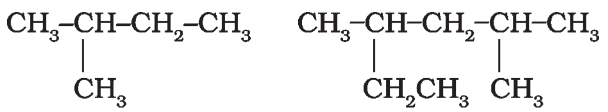
12.5.2 આલ્કેન સંયોજનોનું IUPAC નામકરણ (IUPAC Nomenclature of Alkanes)

સરળ શૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો : આ સંયોજનોનું નામ તેમની શૃંખલાના બંધારણ પર આધારિત હોય છે. શૃંખલાના નામના અંતમાં 'ઍન' પ્રત્યય તથા શરૂઆતમાં તેમાં હાજર રહેલા કાર્બન સંખ્યાને અનુરૂપ પૂર્વગ લગાવવામાં આવે છે. (CH_4 થી C_4H_{10} સિવાયના સંયોજનો માટે; કારણ કે CH_4 થી C_4H_{10} સંયોજનો માટે પૂર્વગ રૂઢિગત નામના આધારે લખાય છે.) કેટલાંક સરળ શૃંખલાવાળા સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનોના IUPAC નામ કોષ્ટક 12.2માં દર્શાવેલા છે. કોષ્ટક 12.2માં દર્શાવેલા આલ્કેન સંયોજનોમાં બે ક્રમિક સંયોજનો વચ્ચે $-CH_2$ પરમાણુઓ જેટલો તફાવત છે. તેઓ આલ્કેન શ્રેણીના સમાનધર્મીઓ છે.

કોષ્ટક 12.2 કેટલાક સરળ શૃંખલાવાળા સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનોના IUPAC નામ

નામ	આણ્વીય સૂત્ર	નામ	આણ્વીય સૂત્ર
મિથેન	CH_4	હેપ્ટેન	C_7H_{16}
ઇથેન	C_2H_6	ઑક્ટેન	C_8H_{18}
પ્રોપેન	C_3H_8	નોનેન	C_9H_{20}
બ્યુટેન	C_4H_{10}	ડેકેન	$C_{10}H_{22}$
પેન્ટેન	C_5H_{12}	આઇકોસેન	$C_{20}H_{42}$
હેકઝેન	C_6H_{14}	ટ્રાઇકોન્ટેન	$C_{30}H_{62}$

શાખિત શૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો : શાખિત શૃંખલાવાળા સંયોજનોમાં, જનક શૃંખલાના એક અથવા વધારે કાર્બન પરમાણુ સાથે કાર્બન પરમાણુઓની નાની શૃંખલાઓ જોડાયેલી હોય છે. કાર્બન પરમાણુની આ નાની શૃંખલાઓ (શાખાઓ) આલ્કાઈલ સમૂહ કહેવાય છે. દા.ત.,



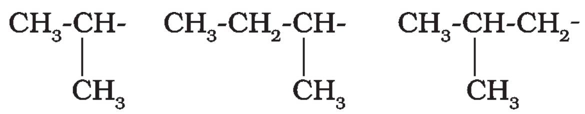
(a) (b)

આવા સંયોજનોના નામકરણ માટે, જનક આલ્કેન સંયોજનના નામની આગળ આલ્કાઈલ સમૂહનું નામ પૂર્વગ તરીકે જોડવામાં આવે છે. સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં કાર્બન પરમાણુ પરથી એક હાઇડ્રોજન દૂર કરવાથી આલ્કાઈલ સમૂહ પ્રાપ્ત થાય છે. આમ, CH_4 માંથી $-CH_3$ પ્રાપ્ત થાય છે, જેને મિથાઈલ સમૂહ કહેવામાં આવે છે. આલ્કાઈલ સમૂહના નામકરણ માટે અનુવર્તી આલ્કેનના નામના અંતમાં રહેલા 'ઍન'નું વિસ્થાપન 'આઈલ' દ્વારા કરવામાં આવે છે. કેટલાક આલ્કાઈલ સમૂહના નામ કોષ્ટક 12.3માં દર્શાવેલા છે.

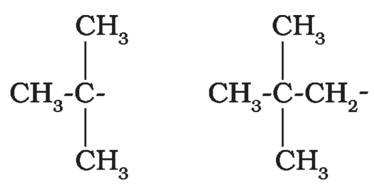
કોષ્ટક 12.3 : કેટલાક આલ્કાઈલ સમૂહો

આલ્કેન		આલ્કાઈલ સમૂહ	
આણ્વીય સૂત્ર	આલ્કેનનું નામ	બંધારણીય સૂત્ર	આલ્કાઈલ સમૂહનું નામ
CH_4	મિથેન	$-CH_3$	મિથાઈલ
C_2H_6	ઈથેન	$-CH_2CH_3$	ઈથાઇલ
C_3H_8	પ્રોપેન	$-CH_2CH_2CH_3$	પ્રોપાઇલ
C_4H_{10}	બ્યુટેન	$-CH_2CH_2CH_2CH_3$	બ્યુટાઇલ
$C_{10}H_{22}$	ડેકેન	$-CH_2(CH_2)_8CH_3$	ડેકાઈલ

કેટલાક આલ્કાઈલ સમૂહોને લખવા માટે ટૂંકારૂપ ઉપયોગમાં લેવાય છે. દા. ત., મિથાઈલને Me, ઈથાઇલને Et, પ્રોપાઇલને Pr તથા બ્યુટાઇલને Bu તરીકે લખાય છે. આલ્કાઈલ સમૂહો શાખાવાળા પણ હોય છે. આમ, પ્રોપાઇલ અને બ્યુટાઇલ સમૂહો નીચે દર્શાવ્યા મુજબ શાખાવાળા બંધારણ ધરાવે છે.



આઇસોપ્રોપાઇલ– દ્વિતીયક-બ્યુટાઇલ– આઇસોબ્યુટાઇલ–



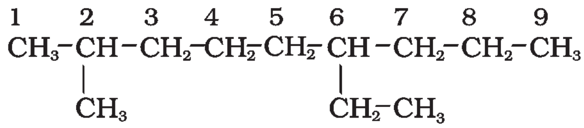
તૃતીયક-બ્યુટાઇલ– નીયોપેન્ટાઇલ–

શાખાવાળા સામાન્ય સમૂહોને વિશિષ્ટ રૂઢિગત નામ હોય છે. દા.ત., પ્રોપાઇલ સમૂહને *n*-પ્રોપાઇલ સમૂહ કે આઇસો પ્રોપાઇલ સમૂહ વડે લખાય છે. શાખાવાળા બ્યુટાઇલ સમૂહને દ્વિતીયક બ્યુટાઇલ, આઇસો બ્યુટાઇલ અને તૃતીયક બ્યુટાઇલ વડે દર્શાવાય છે. $-CH_2C(CH_3)_3$ બંધારણ માટે નિયોપેન્ટાઇલ સમૂહ નામ આપવામાં આવે છે.

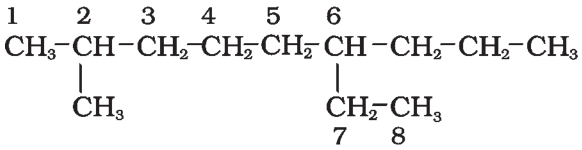
શાખિત શૃંખલાવાળા આલ્કેન સંયોજનોનું નામકરણ :

શાખિત શૃંખલાવાળા આલ્કેન વધુ સંખ્યામાં જોવા મળે છે. તેમના નામકરણના નિયમો નીચે દર્શાવ્યા છે :

1. સૌપ્રથમ **અણુમાં રહેલી દીર્ઘતમ (લાંબામાં લાંબી) કાર્બન શૃંખલા પસંદ કરવામાં આવે છે.** નીચે દર્શાવેલા ઉદાહરણ (I)માં દીર્ઘતમ કાર્બન શૃંખલામાં નવ કાર્બન પરમાણુઓ છે. જેને જનક શૃંખલા (Parent chain) તરીકે લેવામાં આવે છે. ઉદાહરણ (II)માં પસંદ કરેલી જનક શૃંખલા યોગ્ય નથી કારણ કે તે માત્ર આઠ કાર્બન પરમાણુઓ ધરાવે છે.

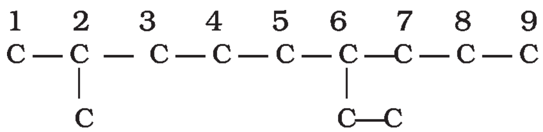


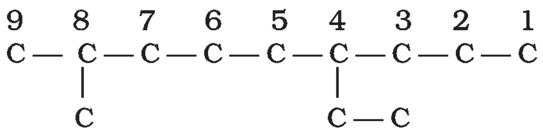
(I)



(II)

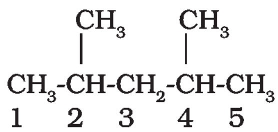
2. જનક આલ્કેનને ઓળખવા માટે જનક શૃંખલાના કાર્બન પરમાણુઓને ક્રમ આપવામાં આવે છે તથા હાઇડ્રોજન પરમાણુને વિસ્થાપિત કરનારા આલ્કાઈલ સમૂહથી શાખિત થનાર કાર્બનનું સ્થાન નક્કી કરાય છે. **જનક શૃંખલામાં કાર્બન પરમાણુને ક્રમ આપવા માટે એવો છેડો પસંદ કરાય છે કે જેથી શાખિત કાર્બન પરમાણુને ન્યૂનતમ ક્રમ મળે.** આથી ઉપરના ઉદાહરણમાં ક્રમ ડાબી બાજુથી જમણી બાજુ તરફ (શાખાવાળા કાર્બનને ક્રમ 2 અને 6 મળે છે) હોવો જોઈએ નહિ કે જમણી બાજુથી ડાબી બાજુ તરફ (શાખાવાળા કાર્બનને ક્રમ 4 અને 8 મળે છે).



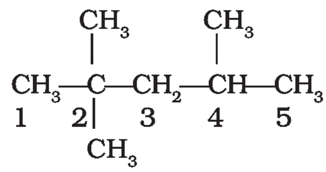


3. મૂળ આલ્કેનના નામમાં, શાખા તરીકે જોડાયેલા આલ્કાઈલ સમૂહોના નામને પૂર્વગ તરીકે જોડવામાં આવે છે તથા વિસ્થાપક સમૂહોને યોગ્ય ક્રમ આપવામાં આવે છે. જુદા જુદા આલ્કાઈલ સમૂહોના નામોને અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં લખવામાં આવે છે. આમ, ઉપર દર્શાવેલા સંયોજનનું નામ 6–ઇથાઇલ–2–મિથાઈલનોનેન થશે. (**નોંધ :** સંખ્યા અને સમૂહના નામ વચ્ચે ડેશ (–) કરવામાં આવે છે, તથા મિથાઈલ અને નોનેન વચ્ચે જગ્યા રાખવામાં આવતી નથી.)

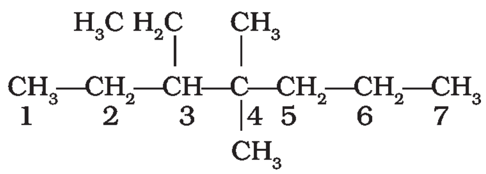
4. જો બે કે તેથી વધારે સમાન વિસ્થાપકો હોય તો તેમના ક્રમની વચ્ચે અલ્પવિરામ (,) મૂકવામાં આવે છે. સમાન વિસ્થાપકોના નામને પુનરાવર્તિત રીતે ન લખતા યોગ્ય પૂર્વગ જેમ કે ડાય (2 માટે), ટ્રાય (3 માટે), ટેટ્રા (4 માટે), પેન્ટા (5 માટે), હેક્ઝા (6 માટે) વગેરેનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે, પરંતુ નામ લખતી વખતે વિસ્થાપકોના નામો અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં લખવામાં આવે છે. નીચેના ઉદાહરણો આ નિયમોને સ્પષ્ટ કરે છે.



2,4-ડાયમિથાઈલપેન્ટેન

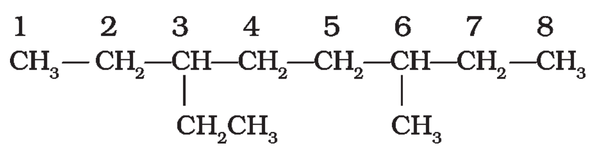


2,2,4-ટ્રાયમિથાઈલપેન્ટેન

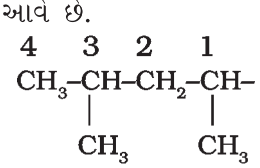


3-ઇથાઇલ-4,4-ડાયમિથાઈલહેપ્ટેન

5. જો બે વિસ્થાપકોના સ્થાન સમાન હોય તો **અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં પહેલા આવનાર સમૂહને ન્યૂનતમક્રમ આપવામાં આવે છે.** આમ નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોનું નામ 3-ઇથાઇલ-6-મિથાઈલઑક્ટેન છે, નહિ કે 6-ઇથાઇલ-3-મિથાઈલઑક્ટેન.



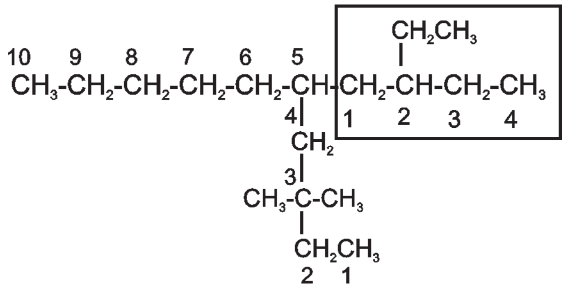
6. શાખિત આલ્કાઈલ સમૂહનું નામ ઉપરના નિયમો મુજબ નક્કી કરી શકાય છે, પરંતુ **શાખિત શૃંખલાનો કાર્બન પરમાણુ કે જે આલ્કેન જનક શૃંખલા સાથે જોડાયેલો** હોય છે, તેને નીચે દર્શાવ્યા મુજબ ક્રમ 1 આપવામાં આવે છે.



1,3-ડાયમિથાઈલબ્યુટાઇલ-

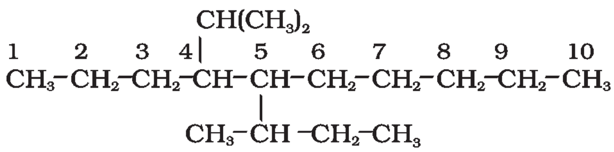
આવા શાખિત શૃંખલાવાળા આલ્કાઈલ સમૂહના નામને કૌંસમાં લખવામાં આવે છે. વિસ્થાપકોના રૂઢિગત નામને **અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં લખતી વખતે આઇસો (iso) અને નિયો (neo) પૂર્વગોને મૂળ આલ્કાઈલ સમૂહના નામના ભાગ ગણવામાં આવે છે, પરંતુ દ્વિતીયક (sec–) અને તૃતીયક (tert–) પૂર્વગોને મૂળ આલ્કાઈલ સમૂહના નામના ભાગ માનવામાં આવતા નથી.** આઈસો અને સંબંધિત અન્ય સામાન્ય પૂર્વગોનો ઉપયોગ IUPAC પદ્ધતિમાં ત્યાં સુધી કરવામાં આવે છે કે જ્યાં સુધી તે આગળ શાખિત ન થાય. બહુવિસ્થાપિત સંયોજનો માટે નીચે દર્શાવેલા નિયમો યાદ રાખો.

- જો બે શૃંખલાનું કદ સમાન હોય તો, વધારે ઉપશાખાવાળી શૃંખલાને પસંદ કરવી જોઈએ.
- શૃંખલાની પસંદગી બાદ ક્રમ આપવાનો છેડો એવો પસંદ કરવો જોઈએ કે જે છેડે વિસ્થાપકો નજીક હોય.

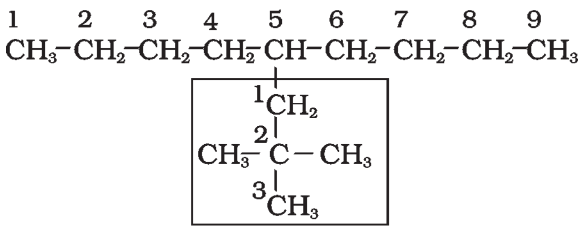


5-(2-ઈથાઈલબ્યુટાઈલ)-3,3-ડાયમિથાઈલડેકેન

(નહિ કે 5-(2,2-ડાયમિથાઈલબ્યુટાઈલ)-3-ઈથાઈલડેકેન)



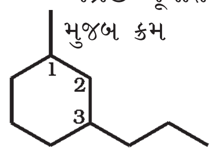
5-દ્વિતીયક-બ્યુટાઈલ-4-આઈસોપ્રોપાઈલડેકેન



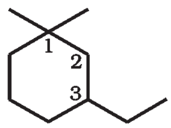
5-(2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપાઈલ)નોનેન

ચક્રિય સંયોજનો : એક ચક્રિય સંતૃપ્ત સંયોજનનું નામ અનુવર્તી સરળ શૃંખલાવાળા આલ્કેનના નામની આગળ 'સાયક્લો' પૂર્વગ લગાવવાથી મળે છે. જો તેમાં ઉપશાખા હાજર હોય તો ઉપરના નિયમો લાગુ પડે છે. કેટલાક ચક્રિય સંયોજનોના નામ નીચે દર્શાવેલા છે :

સાયક્લોપેન્ટેન



1-મિથાઈલ-3-પ્રોપાઈલસાયક્લોહેક્ઝેન

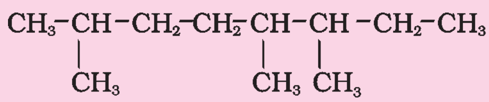


3-ઈથાઈલ-1, 1-ડાયમિથાઈલસાયક્લોહેક્ઝેન

(નહિ કે 1-ઈથાઈલ-3, 3-ડાયમિથાઈલસાક્લોહેક્ઝેન)

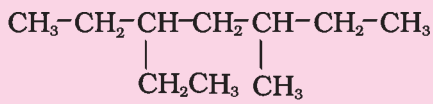
કોયડો 12.7

કેટલાક હાઈડ્રોકાર્બન સંયોજનોના IUPAC નામ તથા બંધારણીય સૂત્રો નીચે દર્શાવ્યા છે. કૌંસમાં આપેલા નામ શા માટે ખોટા છે ? સમજાવો.

(a) 

2,5,6-ટ્રાયમિથાઈલઓક્ટેન

(નહિ કે 3,4,7-ટ્રાયમિથાઈલઓક્ટેન)

(b) 

3-ઈથાઈલ-5-મિથાઈલહેપ્ટેન

(નહિ કે 5-ઈથાઈલ-3-મિથાઈલહેપ્ટેન)

ઉકેલ :

(a) ન્યૂનતમ સ્થાનક્રમ 2, 5, 6 એ 3, 4, 7 કરતા ન્યૂનતમ છે.

(b) વિસ્થાપક સમૂહોના સ્થાન સમાન છે. અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં જે પ્રથમ આવે તેને ન્યૂનતમ ક્રમ મળે તેમ છેડો પસંદ કરવો પડે.

12.5.3 ક્રિયાશીલ સમૂહવાળા કાર્બનિક સંયોજનોનું નામકરણ (Nomenclature of Organic Compounds having Functional Group(s))

અગાઉ વ્યાખ્યાયિત કર્યા મુજબ, કોઈ કાર્બનિક સંયોજનમાં પરમાણુ અથવા પરમાણુઓના સમૂહ કે જેને કારણે તે સંયોજન વિશિષ્ટ રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતા દર્શાવે છે, તેને ક્રિયાશીલ

સમૂહ કહે છે. સમાન ક્રિયાશીલ સમૂહોવાળા સંયોજનો સમાન પ્રક્રિયાઓ આપે છે. દા.ત., CH_3OH, CH_3CH_2OH, $(CH_3)_2CHOH$ વગેરે –OH ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવે છે, તેથી તે બધાં સોડિયમ ધાતુ સાથે પ્રક્રિયા કરી હાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરે છે. ક્રિયાશીલ સમૂહોની હાજરીને કારણે કાર્બનિક સંયોજનોનું પદ્ધતિસરનું વર્ગીકરણ જુદા જુદા વર્ગોમાં કરી શકાય છે. કેટલાક ક્રિયાશીલ સમૂહોના ઉદાહરણો તેમના પૂર્વગ, પ્રત્યય અને કેટલાક કાર્બનિક સંયોજનોના નામ કે જેમાં તે ક્રિયાશીલ સમૂહો હાજર છે તેઓને કોષ્ટક 12.4માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે.

સૌપ્રથમ અણુમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહને ઓળખવામાં આવે છે કે જેથી યોગ્ય પ્રત્યયની પસંદગી કરી શકાય. **ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવનારી દીર્ઘતમ કાર્બન શૃંખલામાં કાર્બન પરમાણુને ક્રમ એવા છેડેથી આપવામાં આવે છે કે જેથી ક્રિયાશીલ સમૂહ જોડાયેલા કાર્બન પરમાણુને ન્યૂનતમ ક્રમ મળે.** કોષ્ટક 12.4માં દર્શાવેલા પ્રત્યયોનો ઉપયોગ કરી સંયોજનોના નામ લખી શકાય છે.

બહુક્રિયાશીલ સમૂહવાળા સંયોજનોમાં એક ક્રિયાશીલ સમૂહને મુખ્ય ક્રિયાશીલ સમૂહ માનવામાં આવે છે અને તેના આધારે સંયોજનનું નામ નક્કી કરવામાં આવે છે. બાકી રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહોને વિસ્થાપક સમૂહ તરીકે ગણી યોગ્ય પૂર્વગની મદદથી તેમનું નામ નક્કી કરવામાં આવે છે. મુખ્ય ક્રિયાશીલ સમૂહની પસંદગી સમૂહોના અગ્રીમતા ક્રમને આધારે કરવામાં આવે છે. **કેટલાક ક્રિયાશીલ સમૂહોની અગ્રીમતાનો ઉતરતો ક્રમ :**

–COOH, –SO_3H, –COOR (R=આલ્કાઈલ સમૂહ), –COCl, –$CONH_2$, –CN, –HC=O, >C=O, –OH, –NH_2, >C=C<, –C≡C–.

–R, C_6H_5–, હેલોજન (–F, –Cl, –Br, –I), –NO_2, આલ્કોક્સિ (–OR) વગેરેને હંમેશાં વિસ્થાપકો તરીકે ગણીને પૂર્વગ તરીકે લખવામાં આવે છે. આમ, જો સંયોજનમાં આલ્કોહોલ અને કિટોન સમૂહ એમ બંને સમૂહો હાજર હોય તો તેનું નામ હાઇડ્રોક્સિઆલ્કેનોન આપવામાં આવે છે. કારણ કે અગ્રીમતાક્રમમાં કિટોન સમૂહ અગ્રીમ સ્થાને છે.

દા.ત., $HOCH_2(CH_2)_3CH_2COCH_3$ નું નામ 7-હાઇડ્રોક્સિહેપ્ટેન-2-ઑન છે, નહિ કે 2-ઓક્સોહેપ્ટેન-7-ઑલ. તેવી જ રીતે $BrCH_2CH = CH_2$ નું નામ 3-બ્રોમોપ્રોપ-1-ઈન છે, નહિ કે 1-બ્રોમોપ્રોપ-2-ઈન.

જો એક જ પ્રકારના ક્રિયાશીલ સમૂહોની સંખ્યા એક કરતાં વધારે હોય તો તેમની સંખ્યાને દર્શાવવા માટે ક્રિયાશીલ સમૂહોના પ્રત્યયની અગાઉ ડાય, ટ્રાય વગેરે પૂર્વગ લગાવવામાં આવે છે. આવા કિસ્સામાં જનક આલ્કેનનું પૂરું નામ ક્રિયાશીલ સમૂહ પ્રત્યયની પહેલા લખાય છે. દા.ત., $CH_2(OH)CH_2(OH)$નું નામ ઈથેન-1, 2-ડાયોલ છે, પરંતુ એકથી વધારે દ્વિબંધ કે ત્રિબંધ હોય તો આલ્કેનના અંગ્રેજી નામના છેડેથી '*ne*' દૂર કરવામાં આવે છે. દા.ત., $CH_2 = CH – CH = CH_2$ નું નામ બ્યુટા-1, 3-ડાઈન છે.

કોયડો 12.8

નીચે જણાવેલા સંયોજનો (i) થી (iv)ના IUPAC નામ લખો.

(i)
```
 1     2     3     4     5     6     7     8
CH3–CH2–CH–CH2–CH2–CH –CH2–CH3
              |                 |
              OH                CH3
```

ઉકેલ :

- ક્રિયાશીલ સમૂહ તરીકે આલ્કોહોલ (–OH) હોવાથી તેનો પ્રત્યય 'ઑલ' છે.
- –OH સમૂહ ધરાવતી દીર્ઘતમ કાર્બન શૃંખલામાં 8 કાર્બન પરમાણુઓ છે, તેથી તેને અનુરૂપ સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન ઑક્ટેન છે.
- –OH સમૂહ ત્રીજા કાર્બન પરમાણુ પર જોડાયેલો છે તથા મિથાઈલ સમૂહ છઠ્ઠા કાર્બન પરમાણુ પર જોડાયેલો છે. આથી આ સંયોજનનું નામ 6-મિથાઈલઑક્ટેન-3-ઑલ છે.

(ii)
```
               O          O
               ‖          ‖
CH3–CH2–C–CH2–C–CH3
 6      5     4  3     2  1
```

ઉકેલ :

ક્રિયાશીલ સમૂહ તરીકે કિટોન (>C=O) સમૂહ છે. તેથી તેનો પ્રત્યય 'ઑન' છે. બે કિટોન સમૂહ હોવાના કારણે તેનો પ્રત્યય 'ડાયોન' થશે. બે કિટોન સમૂહો બીજા કાર્બન અને ચોથા કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડાયેલા છે. કાર્બનની દીર્ઘતમ શૃંખલામાં 6 કાર્બન પરમાણુઓ આવેલા છે. તેથી જનક હાઇડ્રોકાર્બન હેક્ઝેન છે. આમ પદ્ધતિસરનું નામ હેક્ઝેન-2, 4-ડાયોન છે.

(iii)
```
        O
        ‖
CH3–C–CH2–CH2–CH2–COOH
 6    5  4     3     2     1
```

કોષ્ટક 12.4 કેટલાક ક્રિયાશીલ સમૂહો અને કાર્બનિક સંયોજનોના વર્ગો

સંયોજનોનો વર્ગ	ક્રિયાશીલ સમૂહનું બંધારણ	IUPAC સમૂહ પૂર્વગ	IUPAC સમૂહ પ્રત્યય	ઉદાહરણ
આલ્કેન	–	–	–ઍન	બ્યુટેન $CH_3(CH_2)_2CH_3$
આલ્કીન	$>C = C<$	–	–ઈન	બ્યુટ-1-ઈન $CH_2 = CHCH_2CH_3$
આલ્કાઈન	$-C\equiv C-$	–	–આઈન	બ્યુટ-1-આઈન $CH \equiv CCH_2CH_3$
એરીન	–	–	–	બેન્ઝિન,
હેલાઈડ	–X (X = F, Cl, Br, I)	હેલો–	–	1-બ્રોમોબ્યુટેન $CH_3(CH_2)_2CH_2Br$
આલ્કોહૉલ	–OH	હાઈડ્રૉક્સિ–	–ઑલ	બ્યુટેન-2-ઑલ $CH_3CH_2CHOHCH_3$
આલ્ડિહાઈડ	–CHO	ફોર્માઈલ– અથવા ઑક્સો–	–આલ	બ્યુટેનાલ $CH_3(CH_2)_2CHO$
કિટોન	$>C = O$	ઑક્સો–	–ઑન	બ્યુટેન-2-ઑન $CH_3CH_2COCH_3$
નાઈટ્રાઈલ	$-C\equiv N$	સાયનો–	–નાઈટ્રાઈલ	પેન્ટેનનાઈટ્રાઈલ $CH_3CH_2CH_2CH_2CN$
ઈથર	R–O–R	આલ્કોક્સિ–	–	ઈથોક્સિઈથેન $CH_3CH_2OCH_2CH_3$
કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ	–COOH	કાર્બોક્સિ–	–ઓઈક ઍસિડ	બ્યુટેનોઈક ઍસિડ $CH_3(CH_2)_2CO_2H$
કાર્બોક્સિલેટ આયન	$-COO^-$	–	–ઓએટ	સોડિયમ બ્યુટેનોએટ $CH_3(CH_2)_2CO_2^-Na^+$
એસ્ટર	–COOR	આલ્કોક્સિ કાર્બોનિલ	–ઓએટ	મિથાઈલ પ્રોપેનોએટ $CH_3CH_2COOCH_3$
એસાઈલ હેલાઈડ	–COX (X = F, Cl, Br, I)	હેલોકાર્બોનિલ	–ઓઈલ હેલાઈડ	બ્યુટેનોઈલ ક્લોરાઈડ $CH_3(CH_2)_2COCl$
એમાઈન	$-NH_2$ >NH, >N–	એમિનો–	–એમાઈન	બ્યુટેન-2-એમાઈન $CH_3CHNH_2CH_2CH_3$
એમાઈડ	$-CONH_2$ –CONHR $-CONR_2$	કાર્બામોઈલ	–એમાઈડ	બ્યુટેનેમાઈડ $CH_3(CH_2)_2CONH_2$
નાઈટ્રોસંયોજનો	$-NO_2$	નાઈટ્રો	–	1-નાઈટ્રોબ્યુટેન $CH_3(CH_2)_3NO_2$
સલ્ફોનિક ઍસિડ	$-SO_3H$	સલ્ફો	સલ્ફોનિક ઍસિડ	મિથાઈલસલ્ફોનિક ઍસિડ CH_3SO_3H

ઉકેલ :

અહીં બે ક્રિયાશીલ સમૂહો -કિટોન અને કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ છે. જેમાં કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ મુખ્ય ક્રિયાશીલ સમૂહ છે. તેથી જનક શૃંખલાને 'ઓઇક ઍસિડ' પ્રત્યય લગાડવામાં આવે છે. શૃંખલામાં રહેલા કાર્બન પરમાણુને ક્રમ આપવાની શરૂઆત –COOH ક્રિયાશીલ સમૂહના કાર્બન પરમાણુથી થાય છે. શૃંખલામાં પાંચમા કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડાયેલા કિટોન સમૂહને 'ઑક્સો' વડે દર્શાવાય છે. મુખ્ય ક્રિયાશીલ સમૂહ ધરાવતી દીર્ઘતમ શૃંખલામાં 6 કાર્બન પરમાણુઓ છે. તેથી જનક હાઇડ્રોકાર્બનનું નામ હેક્ઝેન થશે. તેથી સંયોજનનું નામ 5-ઑક્સોહેક્ઝેનોઇક ઍસિડ થશે.

(iv) $\underset{6}{CH}\equiv\underset{5}{C}-\underset{4}{CH}=\underset{3}{CH}-\underset{2}{CH}=\underset{1}{CH_2}$

ઉકેલ :

અહીં બે C=C ક્રિયાશીલ સમૂહો કાર્બન 1 અને કાર્બન 3ના સ્થાને છે, જ્યારે C≡C ક્રિયાશીલ સમૂહ કાર્બન 5 પર છે. આ સમૂહો અનુક્રમે 'ડાઇન' અને 'આઇન' પૂર્વગ સૂચવે છે. ક્રિયાશીલ સમૂહો ધરાવતી દીર્ઘતમ શૃંખલામાં 6 કાર્બન પરમાણુઓ છે, તેથી જનક હાઇડ્રોકાર્બનનું નામ હેક્ઝેન થશે. તેથી સંયોજનનું નામ હેક્ઝા-1,3-ડાઇન-5-આઇન થશે.

કોયડો 12.9

બંધારણીય સૂત્રો લખો :

(i) 2-ક્લોરોહેક્ઝેન (ii) પેન્ટ-4-ઇન-2-ઑલ

(iii) 3-નાઇટ્રોસાયક્લોહેક્ઝિન

(iv) સાયક્લોહેક્ઝ-2-ઇન-1-ઑલ

(v) 6-હાઇડ્રૉક્સિહેપ્ટેનાલ

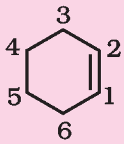
ઉકેલ :

(i) હેક્ઝેન સૂચવે છે કે શૃંખલામાં 6 કાર્બન પરમાણુઓ રહેલા છે. ક્લોરો ક્રિયાશીલ સમૂહ બીજા કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડાયેલો હશે. તેથી સંયોજનનું બંધારણીય સૂત્ર $CH_3CH_2CH_2CH_2CH(Cl)CH_3$ થાય.

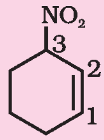
(ii) 'પેન્ટ' સૂચવે છે કે જનક હાઇડ્રોકાર્બન શૃંખલામાં 5 કાર્બન પરમાણુઓ રહેલા છે. 'ઇન' અને 'ઑલ' સંદર્ભે ક્રિયાશીલ સમૂહો >C=C< અને –OH અનુક્રમે કાર્બન 4 અને કાર્બન 2 સાથે જોડાયેલા હોવા જોઈએ. તેથી સંયોજનનું બંધારણીય સૂત્ર

$CH_2 = CHCH_2CH(OH)CH_3$

(iii) સાયક્લોહેક્ઝિન સૂચવે છે કે છ સભ્યવાળી વલય રચનામાં એક કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધ રહેલો છે. જેનો ક્રમ બંધારણ (I)માં દર્શાવેલો છે. 3-નાઇટ્રો પૂર્વગ સૂચવે છે કે નાઇટ્રો સમૂહ કાર્બન 3 સાથે જોડાયેલો છે. તેથી સંપૂર્ણ બંધારણીય સૂત્ર બંધારણ (II) મુજબનું થશે. દ્વિબંધ પ્રત્યય સૂચવનાર ક્રિયાશીલ સમૂહ છે, જ્યારે NO_2 પૂર્વગ સૂચવનાર ક્રિયાશીલ સમૂહ છે. તેથી દ્વિબંધ, $-NO_2$ સમૂહની સાપેક્ષે વધુ અગ્રીમતા મેળવે છે.



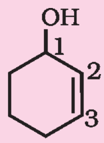
I



II

(iv) '1-ઑલ'નો અર્થ એ થાય છે કે –OH સમૂહ C-1 સાથે જોડાયેલો છે. –OH સમૂહ પ્રત્યય સૂચવનાર ક્રિયાશીલ સમૂહ હોવાથી તે C=C ની સાપેક્ષે વધુ અગ્રીમતા મેળવે છે. તેથી સંયોજનનું બંધારણીય સૂત્ર બંધારણ II મુજબનું થશે.

I

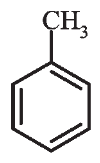


II

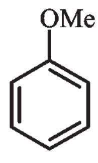
(v) 'હેપ્ટેનાલ' સૂચવે છે કે જનક શૃંખલામાં આલ્ડિહાઇડ ક્રિયાશીલ સમૂહના કાર્બન સહિત સાત કાર્બન પરમાણુઓ રહેલા છે. '6-હાઇડ્રોક્સિ' સૂચવે છે કે –OH સમૂહ કાર્બન 6 સાથે જોડાયેલો છે. આમ સંયોજનનું બંધારણીય સૂત્ર $CH_3CH(OH)CH_2CH_2CH_2CH_2CHO$ થશે. જનક શૃંખલામાં કાર્બન પરમાણુઓને આપવામાં આવતા ક્રમમાં – CHO સમૂહના કાર્બનને સમાવવામાં આવે છે.

12.5.4 વિસ્થાપિત બેન્ઝિન સંયોજનોનું નામકરણ (Nomenclature of Substituted Benzene Compounds)

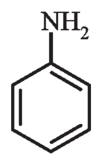
IUPAC નામકરણ પદ્ધતિમાં વિસ્થાપિત બેન્ઝિનનું નામ લખવા માટે નીચે દર્શાવેલા ઉદાહરણ મુજબ વિસ્થાપકોનું નામ પૂર્વગ તરીકે બેન્ઝિન શબ્દની પૂર્વે લખાય છે. જોકે ઘણા વિસ્થાપિત બેન્ઝિન સંયોજનોના સામાન્ય નામ (નીચે કૌંસમાં દર્શાવેલા છે) સાર્વત્રિક રીતે ઉપયોગમાં લેવાય છે.



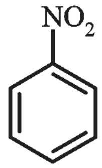
મિથાઈલબેન્ઝિન
(ટોલ્યુઇન)



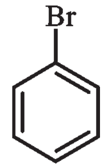
મિથોક્સિબેન્ઝિન
(એનિસોલ)



એમિનોબેન્ઝિન
(એનિલીન)

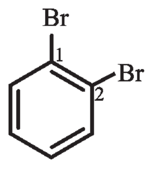


નાઇટ્રોબેન્ઝિન

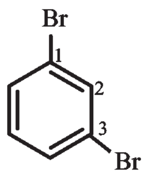


બ્રોમોબેન્ઝિન

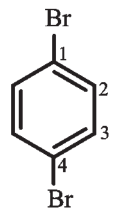
દ્વિવિસ્થાપિત બેન્ઝિન સંયોજનોમાં વિસ્થાપકોને ક્રમ આપવામાં આવે છે. ક્રમ તે પ્રકારે આપવામાં આવે છે કે જેથી વિસ્થાપક સમૂહના સ્થાનને ન્યૂનતમ ક્રમ મળે છે. દા.ત., સંયોજન (b)નું નામ 1,3-ડાયબ્રોમોબેન્ઝિન થાય છે, નહિ કે 1,5-ડાયબ્રોમોબેન્ઝિન.



(a)
1,2-ડાયબ્રોમો-
બેન્ઝિન



(b)
1,3-ડાયબ્રોમો-
બેન્ઝિન

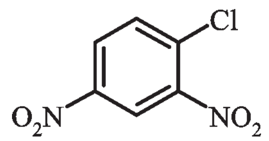


(c)
1,4-ડાયબ્રોમો-
બેન્ઝિન

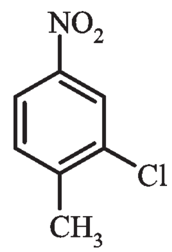
નામકરણની રૂઢિગત પ્રણાલીમાં 1,2-; 1,3-; અને 1,4- સાપેક્ષ સ્થાનોને અનુક્રમે ઓર્થો (o), મેટા (m) અને પેરા (p) પૂર્વગો દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. આમ, 1,3-ડાયબ્રોમોબેન્ઝિન (b) સંયોજનને *m*-ડાયબ્રોમોબેન્ઝિન (મેટાનું ટૂંકું રૂપ *m*– છે.) તથા ડાયબ્રોમોબેન્ઝિનના અન્ય સમઘટકો 1,2-(a) અને 1,4-(c)ને અનુક્રમે ઓર્થો (અથવા *o*–) અને પેરા (અથવા *p*–) ડાયબ્રોમોબેન્ઝિન કહે છે.

આ પૂર્વગોનો ઉપયોગ ત્રિવિસ્થાપિત અથવા બહુવિસ્થાપિત બેન્ઝિન વ્યુત્પન્નોના નામકરણમાં થતો નથી. વિસ્થાપક સમૂહોના સ્થાન નક્કી કરવા ન્યૂનતમ ક્રમના નિયમનું પાલન કરવામાં આવે છે. કેટલાક કિસ્સામાં બેન્ઝિન વ્યુત્પન્નના રૂઢિગત નામને મૂળ સંયોજન તરીકે લેવામાં આવે છે.

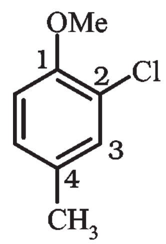
મૂળ સંયોજનોના વિસ્થાપક સમૂહને ક્રમ 1 એ રીતે આપવામાં આવે છે કે જેથી બાકીના વિસ્થાપક સમૂહોને ન્યૂનતમ ક્રમ મળે. વિસ્થાપક સમૂહના નામ અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં લખવામાં આવે છે. જેના કેટલાક ઉદાહરણો નીચે દર્શાવ્યા છે.



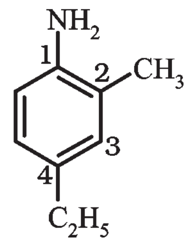
1-ક્લોરો-2,4-ડાયનાઇટ્રોબેન્ઝિન
(નહિ કે 4-ક્લોરો-1,3-ડાયનાઇટ્રોબેન્ઝિન)



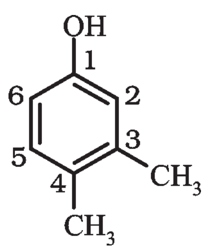
2-ક્લોરો-1-મિથાઈલ-4-નાઇટ્રોબેન્ઝિન
(નહિ કે 4-મિથાઈલ-5-ક્લોરોનાઇટ્રોબેન્ઝિન)



2-ક્લોરો-4-
મિથાઈલએનિસોલ



4-ઈથાઇલ-2-
મિથાઈલએનિલીન



3,4-ડાયમિથાઈલફિનોલ

જ્યારે બેન્ઝિન વલય કોઈ ક્રિયાશીલ સમૂહ સહિત આલ્કેન સાથે જોડાયેલું હોય ત્યારે તેને મૂળ સંયોજન(જનક સંયોજન)ને બદલે વિસ્થાપક સમૂહ તરીકે લેવામાં આવે છે. બેન્ઝિન વિસ્થાપક સમૂહ તરીકે હોય ત્યારે તેને ફિનાઈલ (C_6H_5–, ટૂંકમાં Ph તરીકે પણ લખાય છે.) તરીકે લખાય છે.

કોયડો 12.10

નીચે આપેલા સંયોજનોના બંધારણીય સૂત્ર લખો :

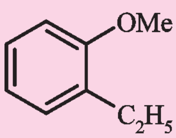
(a) *o*-ઈથાઈલએનિસોલ

(b) *p*-નાઈટ્રોએનિલીન

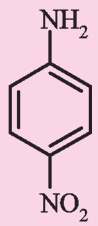
(c) 2,3-ડાયબ્રોમો-1-ફિનાઈલપેન્ટેન

(d) 4-ઈથાઈલ-1-ફ્લોરો-2-નાઈટ્રોબેન્ઝિન

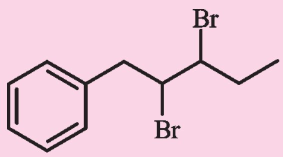
ઉકેલ :



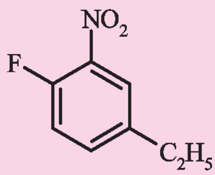
(a)



(b)



(c)



(d)

12.6 સમઘટકતા (Isomerism)

બે કે તેથી વધુ સંયોજનોના આણ્વીય સૂત્રો સમાન હોય, પરંતુ તેમના ગુણધર્મો જુદા જુદા હોય તો આ ઘટનાને સમઘટકતા (isomerism) કહે છે. આ સંયોજનોને સમઘટકો કહેવાય છે. જુદીજુદી સમઘટકતાને નીચે ચાર્ટમાં દર્શાવેલી છે.

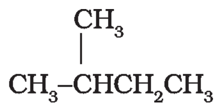
12.6.1 બંધારણીય સમઘટકતા (Structural Isomerism)

જે સંયોજનોના આણ્વીય સૂત્રો સમાન હોય, પરંતુ બંધારણીય સૂત્ર (પરમાણુની ગોઠવણીની રીત) અલગ-અલગ હોય તો તેમને બંધારણીય સમઘટકો કહે છે. વિવિધ પ્રકારની બંધારણીય સમઘટકતાના કેટલાક વિશિષ્ટ ઉદાહરણો નીચે દર્શાવેલા છે.

(i) શૃંખલા સમઘટકતા : જો બે કે તેથી વધારે સંયોજનોના આણ્વીય સૂત્રો સમાન હોય પણ તેમની કાર્બન શૃંખલાનું માળખું (carbon skeletons) જુદું જુદું હોય તો તે સંયોજનો શૃંખલા સમઘટકો કહેવાય છે અને તે ઘટનાને શૃંખલા સમઘટકતા કહે છે. દા.ત., C_5H_{12}ના નીચે દર્શાવ્યા મુજબ ત્રણ શૃંખલા સમઘટકો મળે છે.

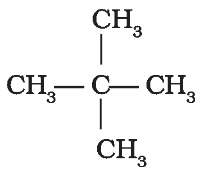
$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

પેન્ટેન



આઈસોપેન્ટેન

(2-મિથાઈલબ્યુટેન)



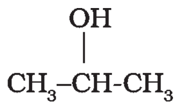
નીયોપેન્ટેન

(2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપેન)

(ii) સ્થાન સમઘટકતા : જ્યારે બે કે તેથી વધારે સંયોજનોમાં કાર્બન શૃંખલાને જોડાયેલા વિસ્થાપક સમૂહો કે ક્રિયાશીલ સમૂહોના સ્થાન જુદા હોય તો તે સંયોજનોને સ્થાન સમઘટકો કહેવાય છે અને તે ઘટનાને સ્થાન સમઘટકતા કહે છે. દા.ત., C_3H_8Oના નીચે દર્શાવ્યા મુજબ બે સ્થાન સમઘટકો મળે છે.

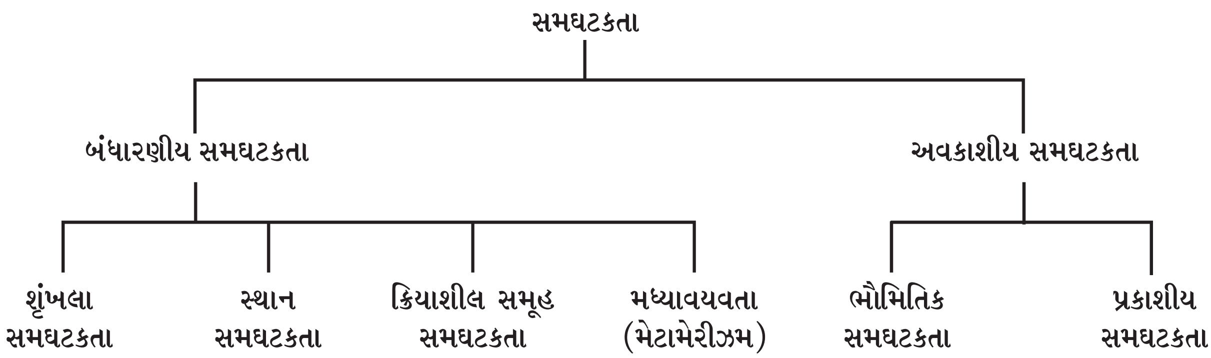
$CH_3CH_2CH_2OH$

પ્રોપેન-1-ઑલ



પ્રોપેન-2-ઑલ

(iii) ક્રિયાશીલ સમૂહ સમઘટકતા : જો બે કે તેથી વધારે સંયોજનોના આણ્વીય સૂત્રો સમાન હોય પણ તેમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહો જુદા જુદા હોય તો તેમને ક્રિયાશીલ સમૂહ સમઘટકો કહેવાય છે અને આ ઘટનાને ક્રિયાશીલ સમૂહ સમઘટકતા કહે છે. દા.ત., C_3H_6O આણ્વીય સૂત્રવાળા સંયોજનોને નીચે મુજબ આલ્ડિહાઇડ અને કિટોન સંયોજન તરીકે દર્શાવાય છે.



$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3 \qquad\qquad CH_3-CH_2-\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C}=O$$

પ્રોપેનોન   પ્રોપેનાલ

(iv) મધ્યાવયવતા : ક્રિયાશીલ સમૂહને જોડાયેલી જુદી જુદી આલ્કાઈલ શૃંખલાઓને કારણે મધ્યાવયવતા (metamerism) ઉત્પન્ન થાય છે. દા.ત., $C_4H_{10}O$ સંયોજનના બે મધ્યાવયવી (metamers) મિથોક્સિપ્રોપેન ($CH_3OC_3H_7$) અને ઇથોક્સિઇથેન ($C_2H_5OC_2H_5$) છે.

12.6.2 અવકાશીય સમઘટકતા (Stereoisomerism)

જે સંયોજનોના બંધારણ અને તેમાં રહેલા સહસંયોજકબંધના ક્રમ સમાન હોય, પરંતુ તેમના પરમાણુઓના અવકાશમાં સાપેક્ષ સ્થાન જુદા હોય તો તેઓને અવકાશીય સમઘટકો કહે છે. આ વિશિષ્ટ પ્રકારની સમઘટકતાને અવકાશીય સમઘટકતા કહે છે. આ સમઘટકતાને ભૌમિતિક સમઘટકતા અને પ્રકાશીય સમઘટકતામાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

12.7 કાર્બનિક પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિમાં મૂળભૂત સંકલ્પનાઓ (Fundamental Concepts in Organic Reaction Mechanism)

કાર્બનિક પ્રક્રિયામાં, કાર્બનિક અણુ (જે પ્રક્રિયાર્થી તરીકે પણ ઓળખાય છે) હુમલો કરનાર યોગ્ય પ્રક્રિયક સાથે પ્રક્રિયા કરી પ્રથમ એક અથવા વધારે મધ્યવર્તી સંયોજન (intermediate) બનાવે છે અને ત્યારબાદ અંતિમ નીપજો બનાવે છે. આ સામાન્ય પ્રક્રિયાને નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે રજૂ કરી શકાય છે :

$$\text{કાર્બનિક અણુ (પ્રક્રિયાર્થી)} \xrightarrow{\text{હુમલો કરનાર પ્રક્રિયક}} [\text{મધ્યવર્તી સંયોજન}] \rightarrow \text{નીપજો}$$
$$\downarrow$$
$$\text{ઉપનીપજો}$$

નવો બંધ બનાવવામાં કાર્બનની પૂર્તિ કરનાર સ્પીસિઝને પ્રક્રિયાર્થી અને અન્ય સ્પીસિઝને પ્રક્રિયક કહે છે. જો પ્રક્રિયામાં ભાગ લેનાર બંને સ્પીસિઝ નવો બંધ બનાવવામાં કાર્બનની પૂર્તિ કરતા હોય તો, પ્રક્રિયાર્થીની પસંદગી આપણી ઇચ્છા મુજબ કરી શકીએ છીએ, આવા કિસ્સામાં મુખ્ય અણુ પ્રક્રિયાર્થી ગણાય છે.

આવી પ્રક્રિયાઓમાં બે કાર્બન પરમાણુઓ અથવા એક કાર્બન અને એક અન્ય પરમાણુ વચ્ચે રહેલો સહસંયોજક બંધ તૂટીને એક નવો બંધ બને છે. **કોઈ પ્રક્રિયા દરમિયાન થતાં ઇલેક્ટ્રૉન સંચલન (movement), બંધવિખંડન અને બંધસર્જન દરમિયાન થતો શક્તિમાં ફેરફાર, પ્રક્રિયામાંથી નીપજમાં થતા રૂપાંતરણના વેગની (ગતિશાસ્ત્ર) વિસ્તૃત જાણકારી અને તેઓનાં ક્રમબદ્ધ અભ્યાસને તે પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ કહે છે.** પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ કાર્બનિક સંયોજનની પ્રતિક્રિયાત્મકતાને સમજવામાં અને તેમના સંશ્લેષણ માટેની રૂપરેખા તૈયાર કરવામાં મદદરૂપ થાય છે.

નીચે જણાવેલા મુદ્દામાં આપણે કેટલાક સિદ્ધાંતોનો અભ્યાસ કરીશું કે જે રાસાયણિક પ્રક્રિયા કેવી રીતે થાય છે તે સમજાવી શકશે.

12.7.1 સહસંયોજક બંધનું વિખંડન (Fission of a Covalent Bond)

સહસંયોજક બંધનું વિખંડન બે પ્રકારે શક્ય છે : (i) **વિષમ વિભાજન** અથવા (ii) **સમવિભાજન**

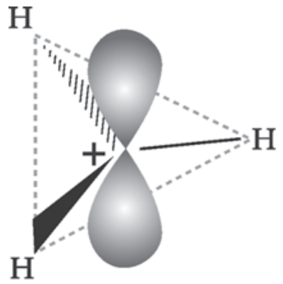
વિષમ વિભાજનમાં બંધ એ પ્રકારે તૂટે છે કે જેથી બંધ સાથે સંકળાયેલા બંને પરમાણુનું સહિયારુ ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ બંધ તૂટ્યા બાદ કોઈ એક પરમાણુ સાથે રહે છે.

વિષમ વિભાજન બાદ એક પરમાણુ પર ષષ્ટક ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ધનવીજભાર હોય છે, જ્યારે બીજા પરમાણુનું સંયોજકતા અષ્ટક પૂર્ણ તથા તેના પર ઓછામાં ઓછું એક અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ અને ઋણવીજભાર હોય છે. આમ, બ્રોમોમિથેનના વિષમ વિભાજનથી $\overset{+}{C}H_3$ અને Br^- નીચે દર્શાવ્યા મુજબ પ્રાપ્ત થાય છે.

$$H_3C \frown Br \longrightarrow H_3\overset{+}{C} + \overset{-}{Br}$$

જે સ્પીસિઝમાં કાર્બન પરમાણુ ષષ્ટક ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના અને ધનવીજભાર ધરાવે છે તેને કાર્બોકેટાયન કહે છે (જેને અગાઉ કાર્બોનિયમ આયન કહેવાતું હતું). $\overset{+}{C}H_3$ ને મિથાઈલ કેટાયન અથવા મિથાઈલ કાર્બોનિયમ આયન કહે છે. ધનભારિત કાર્બન સાથે સીધા જ જોડાયેલા કાર્બન પરમાણુની સંખ્યાના આધારે કાર્બોકેટાયનનું વર્ગીકરણ પ્રાથમિક, દ્વિતીયક અને તૃતીયક કાર્બોકેટાયન તરીકે કરી શકાય છે. કાર્બોકેટાયનના અન્ય કેટલાક ઉદાહરણો : $CH_3\overset{+}{C}H_2$ (ઇથાઈલ કેટાયન, પ્રાથમિક કાર્બોકેટાયન); $(CH_3)_2\overset{+}{C}H$ (આઇસોપ્રોપાઈલ કેટાયન, દ્વિતીયક કાર્બોકેટાયન) અને $(CH_3)_3\overset{+}{C}$ (તૃતીયક બ્યુટાઈલ કેટાયન, તૃતીયક કાર્બોકેટાયન) છે. કાર્બોકેટાયન અત્યંત અસ્થાયી અને પ્રતિક્રિયાત્મક સ્પીસિઝ છે. ધનવીજભારિત કાર્બન સાથે સીધા જ જોડાયેલા આલ્કાઈલ સમૂહો પ્રેરક અસર અને અતિસંયુગ્મનના (Hyperconjugation) લીધે કાર્બોકેટાયનને સ્થાયી બનાવે છે. જેના વિષે તમે 12.7.5 અને 12.7.9માં અભ્યાસ કરશો. કાર્બોકેટાયનની સ્થાયીતાનો ક્રમ $\overset{+}{C}H_3 < CH_3\overset{+}{C}H_2 < (CH_3)_2\overset{+}{C}H < (CH_3)_3\overset{+}{C}$ છે. આ કાર્બોકેટાયનના આકાર સમતલીય ત્રિકોણ હોય છે, જેમાં ધનવીજભારિત કાર્બન sp^2 સંકરણ ધરાવે છે. $\overset{+}{C}H_3$ નો આકાર કાર્બન પરમાણુની ત્રણ સમશક્તિવાળી સંકૃત કક્ષકો (sp^2) સાથે

ત્રણ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓની 1 s કક્ષકનું સંમિશ્રણ જવાબદાર છે. પ્રત્યેક બંધ $C(sp^2) - H(1\ s)$ સિગ્મા બંધ છે. બાકીની કાર્બન કક્ષક અણુના સમતલને લંબ હોય છે અને તે ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવતી નથી (આકૃતિ 12.3).

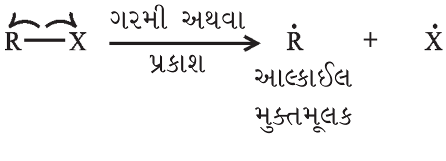


આકૃતિ 12.3 મિથાઈલ કેટાયનનો આકાર

વિષમ વિભાજનથી એવી સ્પીસિઝ ઉત્પન્ન થઈ શકે છે કે જેમાં કાર્બન પરમાણુ બંધનું સહિયારુ ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ મેળવે છે. દા.ત., કાર્બન સાથે જોડાયેલો Z સમૂહ ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ મેળવ્યા સિવાય દૂર થાય છે ત્યારે મિથાઈલ એનાયન ($H_3\overset{-}{C}:$) બને છે.

આવી કાર્બન સ્પીસિઝમાં કાર્બન પર ઋણ વીજભાર હોય છે તેથી તેને કાર્બેનાયન કહે છે. કાર્બેનાયન પણ અસ્થાયી અને પ્રતિક્રિયાત્મક સ્પીસિઝ છે. વિષમ વિભાજન દ્વારા થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ **આયનીય** અથવા **વિષમધ્રુવીય** અથવા ધ્રુવીય કહેવાય છે.

સમવિભાજનમાં સહસંયોજક બંધથી જોડાયેલા બંને પરમાણુઓ તેમની વચ્ચેના સહિયારા ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ પૈકીનું એક-એક ઇલેક્ટ્રૉન મેળવે છે. આમ, સમવિભાજનમાં ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મને બદલે માત્ર એક જ ઇલેક્ટ્રૉનનું સંચલન થાય છે. એક ઇલેક્ટ્રૉનના સંચલનને અર્ધશીર્ષવક્રતીર (⌒) દ્વારા દર્શાવાય છે. આ વિભાજનથી તટસ્થ સ્પીસિઝ બને છે કે જે અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉન ધરાવે છે, જેને મુક્તમૂલક કહે છે. કાર્બોકેટાયન અને કાર્બેનાયનની જેમ મુક્તમૂલક પણ વધુ પ્રતિક્રિયાત્મક છે. સમવિભાજનને નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય છે.



આલ્કાઈલ મુક્તમૂલકને પ્રાથમિક, દ્વિતીયક અને તૃતીયક મુક્તમૂલકમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. આલ્કાઈલ મુક્તમૂલકની સ્થાયીતા પ્રાથમિકથી તૃતીયક તરફ જતાં વધે છે.

$\dot{C}H_3$	<	$\dot{C}H_2CH_3$	<	$\dot{C}H(CH_3)_2$	<	$\dot{C}(CH_3)_3$
મિથાઈલ મુક્તમૂલક		ઇથાઇલ મુક્તમૂલક		આઇસોપ્રોપાઇલ મુક્તમૂલક		તૃતીયક બ્યુટાઇલ મુક્તમૂલક

સમવિભાજન દ્વારા થનાર કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓને મુક્તમૂલક અથવા સમધ્રુવીય અથવા અધ્રુવીય પ્રક્રિયાઓ કહે છે.

12.7.2 કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક અને ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક (Nucleophiles and Electrophiles)

જે પ્રક્રિયક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ પ્રદાન કરે છે તેને **કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક** (Nu:) એટલે કે કેન્દ્ર પ્રત્યે આકર્ષણ ધરાવનાર કહેવાય છે અને આ પ્રક્રિયાને **કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયા** કહે છે. જે પ્રક્રિયક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ સ્વીકારે છે તેને **ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક** (E^+) એટલે કે ઇલેક્ટ્રૉન પ્રત્યે આકર્ષણ ધરાવનાર કહેવાય છે અને આ પ્રક્રિયાને **ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયા** કહે છે.

ધ્રુવીય કાર્બનિક પ્રક્રિયા દરમિયાન કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક પ્રક્રિયાર્થીના ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી કેન્દ્ર પર હુમલો કરે છે. આ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી કેન્દ્ર તરીકે પ્રક્રિયાર્થીનો કોઈ ચોક્કસ પરમાણુ કે ભાગ હોય છે કે જે ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળો હોય છે. તે જ રીતે ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક પ્રક્રિયાર્થીના કેન્દ્રાનુરાગી કેન્દ્ર પર હુમલો કરે છે. આ કેન્દ્રાનુરાગી કેન્દ્ર તરીકે પ્રક્રિયાર્થીનો કોઈ ચોક્કસ પરમાણુ કે ભાગ હોય છે કે જે ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક હોય છે, જ્યારે ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક અને કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક વચ્ચે બંધકારક પારસ્પરિક ક્રિયા થાય છે ત્યારે ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક પાસેથી ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ સ્વીકારે છે. કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયકથી ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક તરફ ઇલેક્ટ્રૉનના સંચલનને વક્રતીર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયકો ઋણવીજભારની સાથે અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ ધરાવે છે. દા.ત., હાઇડ્રૉક્સાઇડ આયન (HO^-), સાયનાઇડ આયન (NC^-), કાર્બેનાયન ($R_3C^-:$), તટસ્થ અણુઓ જેવા કે $H_2\ddot{O}:$, $R_3N:$, $R_2\ddot{N}H$ વગેરે. આ બધી સ્પીસિઝ તેમાં રહેલા અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મને કારણે કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક તરીકે વર્તે છે. ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકના ઉદાહરણોમાં કાર્બોકેટાયન ($\overset{+}{C}H_3$) અને કાર્બોનિલ સમૂહ (>C=O) અથવા આલ્કાઈલ હેલાઈડ(R_3C–X, જ્યાં X એ હેલોજન પરમાણુ છે)વાળા તટસ્થ અણુઓનો સમાવેશ થાય છે. કાર્બોકેટાયનમાં કાર્બન પરમાણુ ષષ્ટક રચના ધરાવે છે, એટલે કે તે ઇલેક્ટ્રૉન ઊણપ ધરાવે છે તેથી તે કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક પાસેથી ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ મેળવે છે. આલ્કાઈલ હેલાઈડ જેવા તટસ્થ અણુમાં C–X બંધની ધ્રુવીયતાને કારણે કાર્બન પરમાણુ પર

આંશિક ધનવીજભાર પેદા થાય છે. તેથી આ કાર્બન પરમાણુ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી કેન્દ્ર બને છે કે જેના પર કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક હુમલો કરી શકે છે.

કોયડો 12.11

નીચે દર્શાવેલા અણુમાં સહસંયોજક બંધના વિષમ વિભાજનથી બનતા પ્રતિક્રિયાત્મક મધ્યવર્તી સંયોજનના નિર્માણને વક્રતીર દ્વારા દર્શાવો.

(a) $CH_3–SCH_3$ (b) $CH_3–CN$ (c) $CH_3–Cu$

ઉકેલ :

(a) $CH_3 – SCH_3 \longrightarrow \overset{+}{C}H_3 + \overset{-}{S}CH_3$

(b) $CH_3 – CN \longrightarrow \overset{+}{C}H_3 + \overset{-}{C}N$

(c) $CH_3 – Cu \longrightarrow \overset{-}{C}H_3 + \overset{+}{Cu}$

કોયડો 12.12

નીચે દર્શાવેલા અણુઓ/આયનોને કારણસહિત કેન્દ્રાનુરાગી અથવા ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકમાં વર્ગીકૃત કરો :

HS^-, BF_3, $C_2H_5O^-$, $(CH_3)_3N:$,

$\overset{+}{Cl}$, $CH_3–\overset{+}{C}=O$, $H_2N:^-$, $\overset{+}{N}O_2$

ઉકેલ :

કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયકો : HS^-, $C_2H_5O^-$, $(CH_3)_3N:$, $H_2N:^-$ આ સ્પીસિઝમાં અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ છે કે જે ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકને આપી શકે છે.

ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકો : BF_3, $\overset{+}{Cl}$, $CH_3–\overset{+}{C}=O$, $\overset{+}{N}O_2$

પ્રતિક્રિયાત્મક સ્થાનવાળા પરમાણુ માત્ર ષષ્ટક રચના ધરાવે છે કે જે કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક પાસેથી ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ સ્વીકારી શકે છે.

કોયડો 12.13

નીચે દર્શાવેલા અણુઓમાં ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી કેન્દ્ર ઓળખી બતાવો :

$CH_3CH=O$, CH_3CN, CH_3I

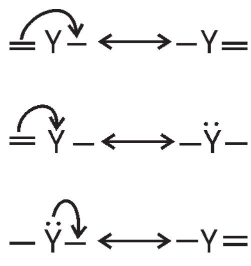
ઉકેલ :

$CH_3H\overset{*}{C}=O$, $H_3C\overset{*}{C}\equiv N$ અને $H_3\overset{*}{C}–I$ અણુઓમાં ફુદડી (*) વડે દર્શાવેલા કાર્બન પરમાણુઓ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી કેન્દ્ર છે. કારણ કે બંધની ધ્રુવીયતાના કારણે તેઓના પર આંશિક ધનવીજભાર પેદા થાય છે.

12.7.3 કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓમાં ઇલેક્ટ્રૉન સંચલન (Electron Movement in Organic Reactions)

કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓમાં ઇલેક્ટ્રૉન સંચલન વક્રતીર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. તે પ્રક્રિયા દરમિયાન ઇલેક્ટ્રૉનના પુનર્વિતરણને (redistribution) કારણે બંધમાં થતા ફેરફારને દર્શાવે છે. ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મના સ્થાનમાં ફેરફાર બતાવવા માટે વક્રતીરની શરૂઆત ત્યાંથી થાય છે કે જ્યાંથી ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ સ્થાનાંતર પામવાનું છે અને વક્રતીર ત્યાં પૂર્ણ થાય છે કે જ્યાં ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ સ્થાનાંતર પામીને આવવાનું છે.

ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મનું સ્થાનાંતર નીચે દર્શાવ્યા મુજબ થાય છે :

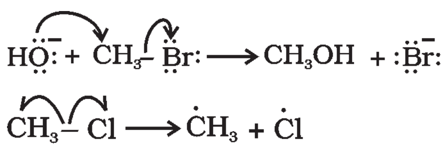


(i) π બંધથી તેને સંલગ્ન બંધ પર

(ii) π બંધથી તેને સંલગ્ન પરમાણુ પર

(iii) પરમાણુ પરથી સંલગ્ન બંધ પર

એક ઇલેક્ટ્રૉનના સંચલનને 'માછલી આંકડા' (Fish hooks) (અર્ધશીર્ષવક્રતીર) વડે દર્શાવાય છે. દા.ત., હાઇડ્રૉક્સાઇડમાંથી ઇથેનોલ પ્રાપ્ત થવામાં અને ક્લોરોમિથેનના વિઘટનની પ્રક્રિયામાં ઇલેક્ટ્રૉનનું સંચલન નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય છે :



12.7.4 સહસંયોજકબંધમાં ઇલેક્ટ્રૉન સ્થાનાંતરની અસર (Electron Displacement Effects in Covalent Bonds)

કાર્બનિક અણુમાં ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર પરમાણુના પ્રભાવ હેઠળની ધરા અવસ્થા અથવા વિસ્થાપક સમૂહ અથવા હુમલો કરનાર યોગ્ય પ્રક્રિયકની હાજરીમાં થઈ શકે છે. કોઈ અણુમાં કોઈ પરમાણુ કે વિસ્થાપક સમૂહના પ્રભાવ હેઠળ ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર જે-તે બંધમાં કાયમી ધ્રુવીયતા પેદા કરે છે. પ્રેરક અસર (Inductive effect) અને સસ્પંદન (Resonance) અસર આ પ્રકારના ઇલેક્ટ્રૉન સ્થાનાંતરના ઉદાહરણો છે, જ્યારે પ્રક્રિયક અણુ પર હુમલો કરે છે ત્યારે તેમાં અસ્થાયી ઇલેક્ટ્રૉન સ્થાનાંતર

પેદા થાય છે, જેને ઇલેક્ટ્રૉમેરિક અસર અથવા ધ્રુવણીયતા (Polarisability) અસર કહે છે. હવે આપણે આ પ્રકારના ઇલેક્ટ્રૉન સ્થાનાંતરોને શીખીશું.

12.7.5 પ્રેરક અસર (Inductive Effect)

જ્યારે ભિન્ન વિદ્યુતઋણતાવાળા બે પરમાણુઓ વચ્ચે સહસંયોજક બંધ બને છે, ત્યારે બંધમાંની ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા વધુ વિદ્યુતઋણમય પરમાણુ તરફ વધુ આકર્ષાયેલી રહે છે. આ રીતે ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતાના સ્થાનાંતરથી ધ્રુવીય સહસંયોજક બંધ રચાય છે. બંધ ધ્રુવીયતાના કારણે કાર્બનિક અણુમાં વિભિન્ન ઇલેક્ટ્રૉનીય અસર પેદા થાય છે.

આપણે ક્લોરોઇથેનનો (CH_3CH_2Cl) વિચાર કરીએ તો તે C–Cl ધ્રુવીય સહસંયોજક બંધ ધરાવે છે. તેની ધ્રુવીયતાના કારણે કાર્બન-1 આંશિક ધનવીજભાર (δ^+) અને ક્લોરિન આંશિક ઋણવીજભાર (δ^-) ધરાવે છે. ધ્રુવીયબંધમાં બે પરમાણુઓ પરના આંશિક વીજભારને દર્શાવવા માટે δ (ડેલ્ટા) સંજ્ઞા વપરાય છે. ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતાના δ^+ થી δ^- સુધીના સ્થાનાંતરને દર્શાવવા માટે તીરની નિશાની વપરાય છે.

$$\underset{2}{\overset{\delta\delta^+}{CH_3}} \longrightarrow \underset{1}{\overset{\delta^+}{CH_2}} \longrightarrow \overset{\delta^-}{Cl}$$

કાર્બન 1 કે જે પોતાના પર પેદા થયેલા આંશિક ધનવીજભાર (δ^+)ને કારણે નજીકના C–C બંધની ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતાને પોતાની તરફ આકર્ષે છે. જેના કારણે આંશિક ધનવીજભાર ($\delta\delta^+$) કાર્બન 2 પર પણ પેદા થાય છે. જ્યાં સંજ્ઞા $\delta\delta^+$ કાર્બન 1 પરના આંશિક ધનવીજભારની સાપેક્ષે ઓછો ધનવીજભાર દર્શાવે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ધ્રુવીય C–Cl બંધ નજીકના બંધમાં ધ્રુવીયતા પ્રેરે છે. નજીકના σ-બંધની ધ્રુવીયતાને કારણે પછીના σ-બંધમાં ધ્રુવીયતા પ્રેરિત થાય તો આ અસરને **પ્રેરક અસર (Inductive effect)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ અસર પછીના બંધોમાં પણ આગળ વધે છે, પરંતુ બંધની સંખ્યા વધવાની સાથે સાથે આ અસર ઘટતી જોવા મળે છે. ત્રણ બંધ પછી આ અસર લુપ્ત થઈ જાય છે, આ પ્રેરક અસરનો સંબંધ વિસ્થાપક સમૂહોની તે જે કાર્બન સાથે જોડાયેલ છે તે કાર્બનને ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા પ્રદાન કરવાની કે ત્યાંથી ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા સ્વીકારવાની ક્ષમતા સાથે છે. આ ક્ષમતાના આધારે વિસ્થાપક સમૂહોને હાઇડ્રોજનની સાપેક્ષે ઇલેક્ટ્રૉન આકર્ષક (Electron withdrawing) સમૂહ અથવા ઇલેક્ટ્રૉનદાતા (Electron donating) સમૂહ તરીકે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. હેલોજન અને ઘણા અન્ય સમૂહો જેવા કે નાઇટ્રો ($-NO_2$), સાયનો (–CN), કાર્બોક્સિ (–COOH), એસ્ટર (–COOR), એરાયલોક્સિ (–OAr દા.ત. $-OC_6H_5$) વગેરે ઇલેક્ટ્રૉન આકર્ષક સમૂહો છે. જ્યારે આલ્કાઇલ સમૂહો જેવા કે મિથાઇલ ($-CH_3$) અને ઇથાઇલ ($-CH_2-CH_3$) સમૂહોને સામાન્ય રીતે ઇલેક્ટ્રૉન દાતા સમૂહ તરીકે ગણવામાં આવે છે.

કોયડો 12.14

નીચે દર્શાવેલી અણુઓની જોડીઓમાં કયો બંધ વધુ ધ્રુવીય છે ?

(a) H_3C-H, H_3C-Br (b) H_3C-NH_2, H_3C-OH

(c) H_3C-OH, H_3C-SH

ઉકેલ :

(a) C–Br, કારણ કે H કરતા Brની વિદ્યુતઋણતા વધારે છે

(b) C–O (c) C–O

કોયડો 12.15

$CH_3CH_2CH_2Br$ના કયા C–C બંધની પ્રેરક અસર ન્યૂનતમ હશે ?

ઉકેલ :

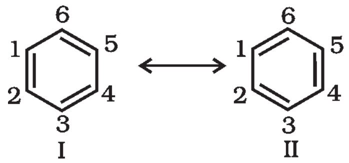
જેમ જેમ દૂર જતા જઈએ તેમ તેમ બંધ પર પ્રેરક અસરની તીવ્રતા ઘટતી જાય છે. તેથી કાર્બન 3 અને હાઇડ્રોજન વચ્ચેના બંધની પ્રેરક અસર ન્યૂનતમ હોય છે.

12.7.6 સસ્પંદન બંધારણ (Resonance Structure)

એવા અનેક કાર્બનિક સંયોજનો છે કે જેનું વર્તન માત્ર એક જ લુઈસ બંધારણથી જાણી શકાતું નથી. જેનું એક ઉદાહરણ બેન્ઝિન છે. એકાંતરે રહેલા C–C તથા C=C બંધયુક્ત બેન્ઝિનની ચક્રિય રચના તેના વિશિષ્ટ ગુણોને સમજાવવા માટે પર્યાપ્ત નથી.

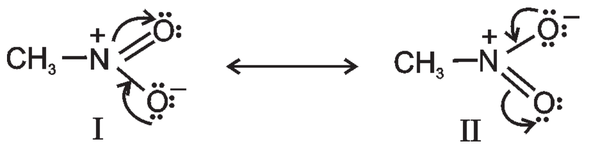
બેન્ઝિન

ઉપર દર્શાવેલા બંધારણ મુજબ બેન્ઝિનમાં C–C એકલ બંધો તથા C=C દ્વિબંધોને કારણે બે ભિન્ન બંધલંબાઈ હોવી જોઈએ, પરંતુ પ્રાયોગિક રીતે જાણવા મળ્યું કે એક જ પ્રકારના C–C બંધની લંબાઈ છે, 139 pm છે, જે એકલ બંધ C–C બંધ લંબાઈ (154 pm) અને દ્વિબંધ C=C બંધલંબાઈ (134 pm)નું મધ્યવર્તી મૂલ્ય છે. તેથી બેન્ઝિનનું બંધારણ ઉપર દર્શાવેલા બંધારણ દ્વારા યોગ્ય રીતે દર્શાવી શકાતું નથી. વધુમાં બેન્ઝિનને સમશક્તિવાળા બંધારણ I અને II દ્વારા નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય છે.



આથી સસ્પંદન સિદ્ધાંત (એકમ 4) મુજબ બેન્ઝિનના વાસ્તવિક બંધારણને ઉપર દર્શાવેલા બેમાંથી કોઈ એક બંધારણ દ્વારા આપણે પૂર્ણ રીતે રજૂ કરી શકતા નથી. વાસ્તવમાં આ બે બંધારણો (I અને II)ના સંકર બંધારણને સસ્પંદન બંધારણ કહે છે. **સસ્પંદન બંધારણો [વિહિત બંધારણો (Canonical structures) અથવા યોગદાન આપવાવાળા બંધારણો (Contributing structures)] કાલ્પનિક છે. તે એકલા વાસ્તવિક અણુનું પ્રતિનિધિત્વ કરી શકતા નથી.** તેઓ પોતાની સ્થાયીતાના આધારે વાસ્તવિક બંધારણમાં યોગદાન આપે છે.

નાઇટ્રોમિથેન સસ્પંદનનું અન્ય એક ઉદાહરણ પૂરું પાડે છે. નાઇટ્રોમિથેનને બે લુઇસ બંધારણો (I અને II) દ્વારા દર્શાવી શકાય છે. આ બંધારણમાં બે પ્રકારના N–O બંધ હોય છે.



પરંતુ તે જાણીતું છે કે નાઇટ્રોમિથેનના બે N–O બંધની લંબાઈ (જે એકલબંધ N–O અને દ્વિબંધ N=Oના મધ્યવર્તી છે) સમાન છે. આમ નાઇટ્રોમિથેનનું વાસ્તવિક બંધારણ બે પ્રમાણિત બંધારણો I અને IIનું સસ્પંદન સંકૃત બંધારણ છે.

અણુના વાસ્તવિક બંધારણની (સસ્પંદન સંકૃત બંધારણ) ઊર્જા કોઈ પણ વિહિત બંધારણથી ઓછી હોય છે. વાસ્તવિક બંધારણ અને ન્યૂનતમ ઊર્જાવાળા સસ્પંદન બંધારણ વચ્ચેની ઊર્જાના તફાવતને **સસ્પંદન સ્થાયીકરણ ઊર્જા** અથવા **સસ્પંદન ઊર્જા** કહે છે. જેમ સસ્પંદન સૂત્રોની સંખ્યા વધુ તેમ સસ્પંદન ઊર્જાનું મૂલ્ય વધુ હોય છે. સમતુલ્ય ઊર્જાવાળા બંધારણો માટે સસ્પંદન વિશેષ રીતે અગત્યનું છે.

સસ્પંદન બંધારણો લખવા માટે નીચે દર્શાવ્યા મુજબના નિયમોનું પાલન કરવામાં આવે છે :

(i) સસ્પંદન બંધારણોમાં કેન્દ્રનું સ્થાન સમાન રહે છે.

(ii) સસ્પંદન બંધારણોમાં અયુગ્મિત ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા સમાન રહે છે.

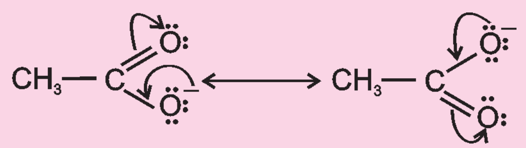
સસ્પંદન બંધારણોમાં તે બંધારણ વધુ સ્થાયી હોય છે કે જેમાં વધુ સહસંયોજક બંધ હોય છે, જેમાં દરેક પરમાણુ ઇલેક્ટ્રૉનની અષ્ટક રચના ધરાવે છે (સિવાય કે હાઇડ્રોજન જે દ્વિક રચના ધરાવે છે), વિરુદ્ધ વીજભારનું ઓછું અલગીકરણ (જો ઋણ વીજભાર હોય તો તે વધુ વિદ્યુતઋણમય તત્ત્વ પર હોય છે, જો ધનવીજભાર હોય તો તે વધુ વિદ્યુતધનમય તત્ત્વ પર હોય છે) થાય છે અને વીજભારનો વધુ પ્રસાર થાય છે તેવું બંધારણ અન્ય બંધારણો કરતાં વધુ સ્થાયી હોય છે.

કોયડો 12.16

CH_3COO^- ના સસ્પંદન બંધારણો લખો અને તેમાં વક્રતીર વડે ઇલેક્ટ્રૉનનું સંચલન દર્શાવો.

ઉકેલ :

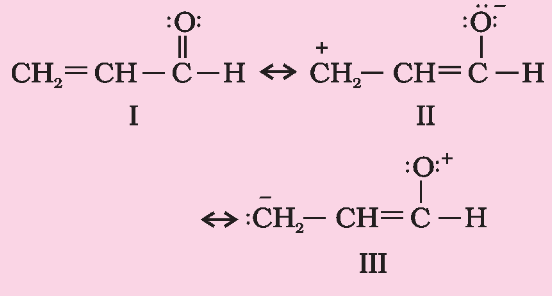
સૌપ્રથમ બંધારણ દોરો અને તેમાં યોગ્ય પરમાણુઓ પર અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ દર્શાવો. ત્યારબાદ વક્રતીર વડે ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર દર્શાવી મળતું અન્ય બંધારણ દોરો.



કોયડો 12.17

$CH_2 = CH–CHO$ ના સસ્પંદન બંધારણો દોરો. જુદા જુદા સસ્પંદન બંધારણોની સાપેક્ષ સ્થાયીતા દર્શાવો.

ઉકેલ :



સ્થાયીતા : I > II > III

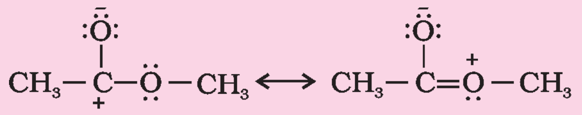
[I : વધુ સ્થાયી, કારણ કે વધુ સહસંયોજકબંધો, પ્રત્યેક કાર્બન અને ઑક્સિજન પરમાણુ અષ્ટક રચના ધરાવે છે અને વિરુદ્ધ વીજભારનું અલગીકરણ થતું નથી.

II : વધુ વિદ્યુતઋણમય પરમાણુ પર ઋણવીજભાર અને વધુ વિદ્યુતધનમય પરમાણુ પર ધનવીજભાર

III : ન્યૂનતમ સ્થાયી; કારણ કે ઑક્સિજન પરમાણુ ધનવીજભાર અને કાર્બન પરમાણુ ઋણવીજભાર ધરાવે છે.]

કોયડો 12.18

નીચે દર્શાવેલા બે બંધારણો I અને II શા માટે CH_3COOCH_3ના વાસ્તવિક બંધારણમાં વિશેષ ફાળો આપી શકતા નથી?



I II

ઉકેલ :

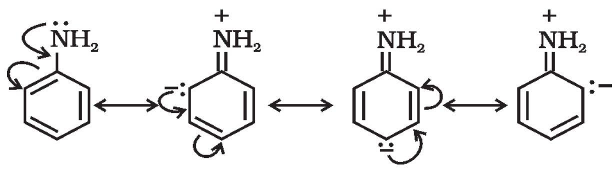
બંને બંધારણો વિરુદ્ધ વીજભારના અલગીકરણ સાથે સંકળાયેલા છે તેથી તેઓનો ફાળો વિશેષ નથી. વધુમાં બંધારણ I માં કાર્બન પરમાણુનું અષ્ટક પૂર્ણ નથી.

12.7.7 સસ્પંદન અસર (Resonance Effect)

બે π-બંધોની પારસ્પરિક ક્રિયા અથવા π-બંધ અને અબંધકારક ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મો વચ્ચેની પારસ્પરિક ક્રિયાના કારણે અણુમાં ધ્રુવીયતા ઉત્પન્ન થાય છે તેને સસ્પંદન અસર કહે છે. આ અસર શૃંખલામાં સંચારિત થાય છે. બે પ્રકારની સસ્પંદન અસર અથવા મધ્યાવયવતા અસર (mesomeric effect) જોવા મળે છે જેને R અસર અથવા M અસર કહેવાય છે.

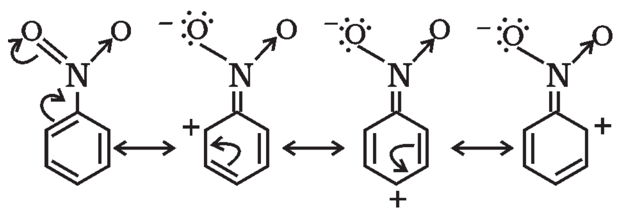
(i) ધન સસ્પંદન અસર (+R અસર) :

આ અસરમાં ઇલેક્ટ્રૉન સંયુગ્મિત પ્રણાલીમાં જોડાયેલા પરમાણુ કે વિસ્થાપક સમૂહથી દૂર સ્થાનાંતર પામે છે. ઇલેક્ટ્રૉનના આ વિસ્થાપનના કારણે અણુમાં કેટલાક સ્થાને વધુ ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા પેદા થાય છે. સસ્પંદનની આ અસરને એનિલીનમાં નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય છે :



(ii) ઋણ સસ્પંદન અસર (–R અસર) :

આ અસરમાં ઇલેક્ટ્રૉન સંયુગ્મિત પ્રણાલીમાં (conjugated system) જોડાયેલા પરમાણુ કે વિસ્થાપક સમૂહ તરફ સ્થાનાંતર પામે છે. દા.ત., નાઇટ્રોબેન્ઝિનમાં ઇલેક્ટ્રૉનનું આ વિસ્થાપન નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય છે :



ઇલેક્ટ્રૉન વિસ્થાપન અસર દર્શાવવાવાળા પરમાણુઓ અથવા વિસ્થાપક સમૂહો કે જેને +R અથવા –R વડે દર્શાવાય છે તે નીચે મુજબ છે :

+R અસર : –X, –OH, –OR, –OCOR, $–NH_2$, –NHR, $–NR_2$, –NHCOR

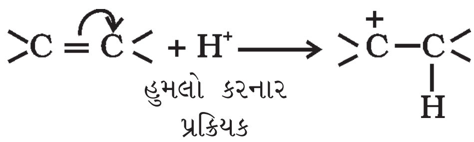
–R અસર : –COOH, –CHO, >C=O, –CN, $–NO_2$

કોઈ સરળ શૃંખલા અથવા ચક્રિય પ્રણાલીમાં એકાંતરે રહેલા એકલ બંધ અને દ્વિબંધને સંયુગ્મિત પ્રણાલી કહે છે. આ પ્રણાલીઓ હંમેશાં અસામાન્ય વર્તન દર્શાવે છે. દા.ત., 1, 3-બ્યુટાડાઇન અને નાઇટ્રોબેન્ઝિન વગેરે. આવી પ્રણાલીઓમાં π ઇલેક્ટ્રૉન વિસ્થાનીકૃત (delocalised) થાય છે અને ધ્રુવીયતા પેદા થાય છે.

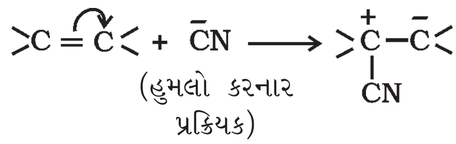
12.7.8 ઇલેક્ટ્રોમેરિક અસર (E-અસર) (Electromeric Effect – E-effect)

આ એક અસ્થાયી અસર છે. **બહુબંધ** (દ્વિબંધ કે ત્રિબંધ) ધરાવનાર કાર્બનિક પદાર્થોમાં આ અસર માત્ર હુમલો કરનાર પ્રક્રિયકોની હાજરીમાં જોવા મળે છે. આ અસરમાં હુમલો કરનાર પ્રક્રિયકની જરૂરિયાતના કારણે બહુબંધ સાથે જોડાયેલા બે પરમાણુઓ પૈકી એક પરમાણુ તરફ સહિયારુ π ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મ પૂર્ણ રીતે સ્થાનાંતર પામેલું હોય છે. પ્રક્રિયાના પ્રભાવ ક્ષેત્રમાંથી હુમલો કરનાર પ્રક્રિયકને દૂર કરવાની સાથે જ આ અસર શૂન્ય થઈ જાય છે. આ અસરને E વડે દર્શાવાય છે. જ્યારે ઇલેક્ટ્રૉન સ્થાનાંતરને વક્રતીર (↷) વડે દર્શાવાય છે. અહીં મુખ્યત્વે બે પ્રકારની ઇલેક્ટ્રૉમેરિક અસર જોવા મળે છે.

(i) ધન ઇલેક્ટ્રૉમેરિક અસર (+E અસર) : આ અસરમાં બહુબંધના π ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર તે પરમાણુ પર થાય છે કે જેની સાથે હુમલો કરનાર પ્રક્રિયક જોડાયેલો હોય છે. દા.ત.,



(ii) ઋણ ઇલેક્ટ્રૉમેરિક અસર (–E અસર) : આ અસરમાં બહુબંધના π ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થાનાંતર તે પરમાણુ પર થાય છે કે જેની સાથે હુમલો કરનાર પ્રક્રિયક જોડાયેલો ન હોય. દા.ત.,

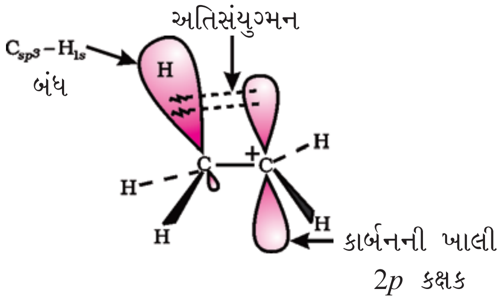


જ્યારે પ્રેરક અસર અને ઇલેક્ટ્રૉમેરિક અસર એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશામાં કાર્યરત હોય છે ત્યારે ઇલેક્ટ્રૉમેરિક અસર પ્રબળ હોય છે.

12.7.9 અતિસંયુગ્મન (Hyperconjugation)

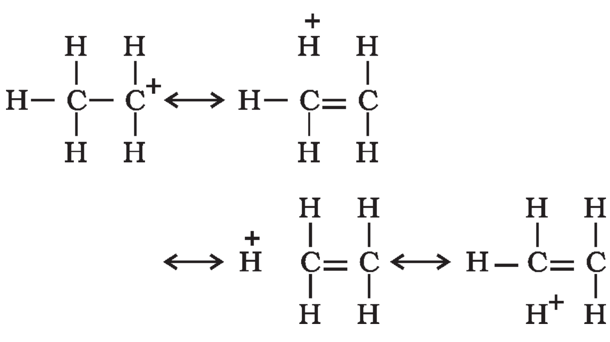
અતિસંયુગ્મન એક સામાન્ય સ્થાયીકરણ આકર્ષણ છે. આ આકર્ષણમાં અસંતૃપ્ત પ્રણાલીના પરમાણુ સાથે સીધા જોડાયેલા આલ્કાઈલ સમૂહના C–H બંધના અથવા અસહભાગીત *p*-કક્ષકવાળા પરમાણુના σ ઇલેક્ટ્રૉન વિસ્થાનીકૃત થાય છે. આલ્કાઈલ સમૂહના C–H બંધના σ ઇલેક્ટ્રૉન નજીકની અસંતૃપ્ત પ્રણાલી અથવા અસહભાગિત *p*-કક્ષકની સાથે આંશિક સંયુગ્મન દર્શાવે છે. અતિસંયુગ્મન એક સ્થાયી અસર છે.

અતિસંયુગ્મનને સમજવા માટે આપણે $CH_3\overset{+}{C}H_2$ (ઇથાઇલ કેટાયન)નું ઉદાહરણ લઈશું કે જેમાં ધનવીજભારિત કાર્બન એક ખાલી *p*-કક્ષક ધરાવે છે. મિથાઈલ સમૂહમાંનો એક C–H બંધ જ્યારે આ ખાલી *p*-કક્ષકની સાથે એક સીધી લાઈનમાં ગોઠવાય છે ત્યારે C–H બંધના ઇલેક્ટ્રૉન ખાલી *p*-કક્ષકમાં વિસ્થાનીકૃત થાય છે, જે આકૃતિ 12.4(a)માં દર્શાવ્યું છે.

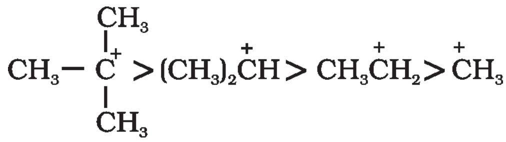


આકૃતિ 12.4(a) ઇથાઇલ કેટાયનમાં અતિસંયુગ્મન દર્શાવતી કક્ષકીય રેખાકૃતિ

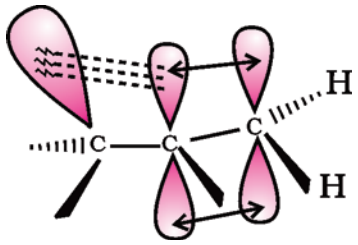
આ પ્રકારનું સંમિશ્રણ કાર્બોકેટાયનની સ્થાયીતા વધારે છે કારણ કે સંલગ્ન σ બંધની ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા ધનવીજભારને વિસ્થાનીકૃત થવામાં મદદરૂપ થાય છે.



સામાન્ય રીતે ધનવીજભારિત કાર્બન સાથે જોડાનાર આલ્કાઈલ સમૂહોની સંખ્યામાં વધારો થાય તો અતિસંયુગ્મન પારસ્પરિક ક્રિયા વધે છે તેથી ધનઆયનની સ્થાયીતા વધે છે. આમ, વિભિન્ન કાર્બોકેટાયનની સાપેક્ષ સ્થાયીતા નીચે દર્શાવ્યા મુજબ છે :

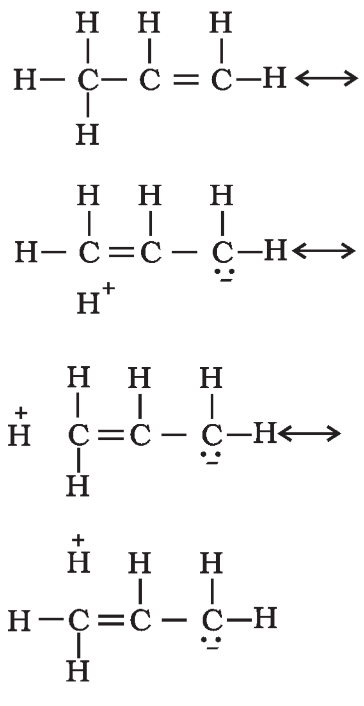


આલ્કીન અને આલ્કાઈલ એરીન સંયોજનોમાં અતિસંયુગ્મન શક્ય છે. આલ્કીન સંયોજનોમાં અતિસંયુગ્મન દ્વારા ઇલેક્ટ્રૉનનું વિસ્થાનીકરણ આકૃતિ 12.4(b)માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 12.4(b) પ્રોપિનમાં અતિસંયુગ્મનની કક્ષકીય રેખાકૃતિ

અતિસંયુગ્મનની અસરને સમજવાની ઘણી રીતો છે. તેમાંની એક રીતમાં સસ્પંદનના કારણે C–H બંધમાં આંશિક આયનીકરણ થયેલું માનવામાં આવે છે.



અતિસંયુગ્મન બંધરહિત સસ્પંદન પણ કહેવાય છે.

કોયડો 12.19

$CH_3\overset{+}{C}H_2$ કરતાં $(CH_3)_3\overset{+}{C}$ વધુ સ્થાયી અને $\overset{+}{C}H_3$ ઓછું સ્થાયી શા માટે છે ? સમજાવો.

ઉકેલ :

$(CH_3)_3\overset{+}{C}$ માં નવ C–H બંધ હોવાના કારણે તેમાં અતિસંયુગ્મન પારસ્પરિકક્રિયાની માત્રા $CH_3\overset{+}{C}H_2$ ની સરખામણીમાં ઘણી વધારે જોવા મળે છે. $\overset{+}{C}H_3$ માં ખાલી *p*-કક્ષક C–H ને લંબ હોવાથી તેની સાથે પારસ્પરિકક્રિયા કરી શકતી નથી. તેથી $\overset{+}{C}H_3$ માં અતિસંયુગ્મન ન થવાના કારણે તેની સ્થાયીતા ઓછી છે.

12.7.10 કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓના પ્રકારો અને ક્રિયાવિધિઓ (Types of Organic Reactions and Mechanisms)

કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓને નીચે દર્શાવેલા વર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

(i) વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ

(ii) યોગશીલ પ્રક્રિયાઓ

(iii) વિલોપન પ્રક્રિયાઓ

(iv) પુનર્વિન્યાસ પ્રક્રિયાઓ

આ પ્રક્રિયાઓ વિષે તમે આ પુસ્તકના એકમ-13માં અને ધોરણ-12માં અભ્યાસ કરશો.

12.8 કાર્બનિક સંયોજનોના શુદ્ધીકરણની પદ્ધતિઓ (Methods of Purification of Organic Compounds)

કોઈ પ્રાકૃતિક સ્રોતમાંથી નિષ્કર્ષિત કરેલા અથવા પ્રયોગશાળામાં સંશ્લેષિત કરેલા કાર્બનિક સંયોજનને શુદ્ધ સ્વરૂપમાં લાવવો આવશ્યક છે. કાર્બનિક સંયોજનોના શુદ્ધીકરણની જુદી જુદી પદ્ધતિઓ કાર્બનિક સંયોજનોની પ્રકૃતિ અને તેમાં હાજર રહેલી અશુદ્ધિઓના આધારે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

શુદ્ધીકરણ માટે વપરાતી સામાન્ય પદ્ધતિઓ (અથવા પ્રવિધિઓ) નીચે દર્શાવ્યા મુજબ છે :

(i) ઉર્ધ્વપાતન

(ii) સ્ફટિકિકરણ

(iii) નિસ્યંદન

(iv) વિભેદી નિષ્કર્ષણ

(v) ક્રોમેટોગ્રાફી

અંતે, સંયોજનની શુદ્ધતા તેના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુના માપનના આધારે નક્કી થાય છે. મોટાભાગના શુદ્ધ સંયોજનો અતિચોક્કસ ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ધરાવે છે. કાર્બનિક પદાર્થની શુદ્ધતા તપાસવાની નવી પદ્ધતિઓ વિવિધ પ્રકારની ક્રોમેટોગ્રાફી પદ્ધતિઓ અને વર્ણપટદર્શકી (spectroscopic) પદ્ધતિ પર આધારિત હોય છે.

12.8.1 ઉર્ધ્વપાતન (Sublimation)

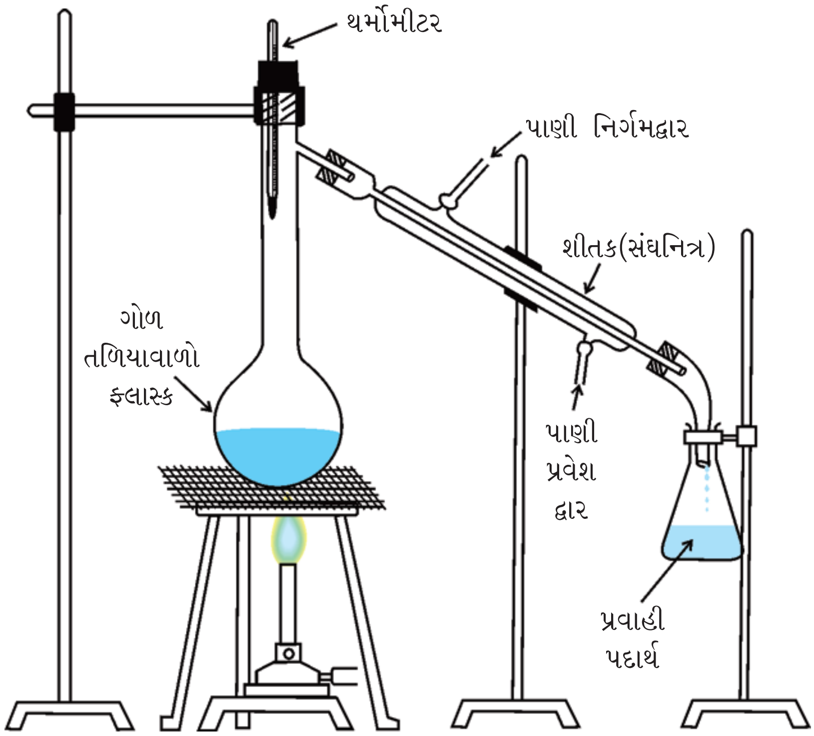
તમે અગાઉ શીખ્યા છો કે કોઈ ઘન પદાર્થને ગરમ કરવાથી તે પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રૂપાંતરણ પામ્યા વિના વાયુ સ્વરૂપમાં રૂપાંતરણ પામે છે. ઉપરોક્ત સિદ્ધાંત આધારિત શુદ્ધીકરણની પદ્ધતિને ઉર્ધ્વપાતન કહે છે. તેનો ઉપયોગ ઉર્ધ્વપાતિત થઈ શકે તેવા સંયોજનને ઉર્ધ્વપાતિત ન થઈ શકે તેવી અશુદ્ધિઓથી અલગ કરવા થાય છે.

12.8.2 સ્ફટિકિકરણ (Crystallisation)

આ ઘનપદાર્થના શુદ્ધીકરણ માટેની અતિ સામાન્ય પદ્ધતિ છે. આ પદ્ધતિ સંયોજન અને અશુદ્ધિઓની યોગ્ય દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતાના તફાવત પર આધારિત છે. કોઈ અશુદ્ધ સંયોજનને યોગ્ય દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય કરવામાં આવે તો તે ઓરડાના તાપમાને અલ્પ પ્રમાણમાં દ્રાવ્ય થાય છે, પરંતુ ઊંચા તાપમાને તે વધુ પ્રમાણમાં દ્રાવ્ય થાય છે. બાદમાં દ્રાવણ એટલું સાંદ્ર બનાવવામાં આવે છે કે જે લગભગ સંતૃપ્ત બની જાય છે. આ દ્રાવણને ઠંડુ પાડતા શુદ્ધ સંયોજનના સ્ફટિક બને છે કે જેને ગાળણથી અલગ કરી મેળવી શકાય છે. આ ગાળણમાં (માતૃપ્રવાહી) અશુદ્ધિઓ અને થોડા પ્રમાણમાં સંયોજન હોય છે. જો સંયોજન એક દ્રાવકમાં વધુ દ્રાવ્ય અને બીજા દ્રાવકમાં ઓછું દ્રાવ્ય હોય તો તેનું સંતોષકારક સ્ફટિકીકરણ બંને દ્રાવકોના મિશ્રણથી કરી શકાય છે. અશુદ્ધિઓને કારણે દ્રાવણને આવેલા રંગને સક્રિયકૃત કોલસા (activated charcoal) પર શોષી લઈને દૂર કરી શકાય છે. સંયોજન અને અશુદ્ધિઓની દ્રાવ્યતામાં ઓછા તફાવતવાળી સ્થિતિમાં વારંવાર સ્ફટિકીકરણ દ્વારા શુદ્ધ સંયોજન મેળવી શકાય છે.

12.8.3 નિસ્યંદન (Distillation)

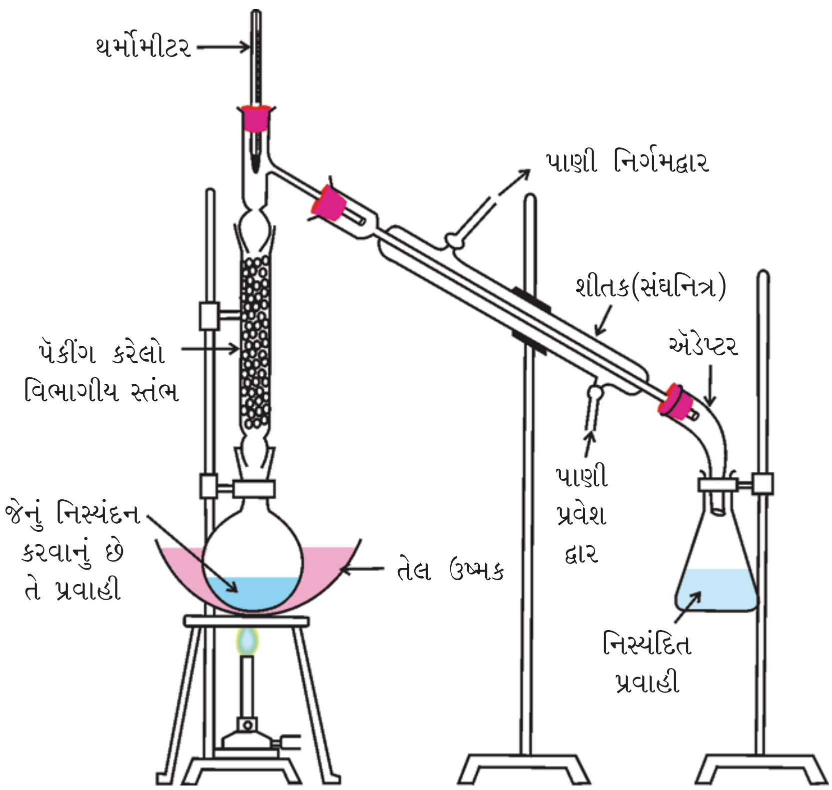
આ અગત્યની પદ્ધતિની મદદથી (i) બાષ્પશીલ પ્રવાહીને અબાષ્પશીલ અશુદ્ધિઓમાંથી અલગ કરી શકાય છે. (ii) એવા પ્રવાહીઓ કે જેમના ઉત્કલનબિંદુઓ વચ્ચે પૂરતો તફાવત હોય તેમને અલગ કરી શકાય છે. ભિન્ન ઉત્કલનબિંદુઓવાળા પ્રવાહીઓ ભિન્ન તાપમાને બાષ્પમાં ફેરવાય છે. આ ભિન્ન બાષ્પને ઠંડી કરવાથી મળતા પ્રવાહીને અલગ-અલગ એકત્ર કરવામાં આવે છે. ક્લોરોફોર્મ (ઉ.બિં. 334 K) અને એનિલીન (ઉ.બિં. 457 K)ને નિસ્યંદન દ્વારા સરળતાથી અલગ કરી શકાય છે (આકૃતિ 12.5). પ્રવાહી મિશ્રણને ગોળ તળિયાવાળા ફ્લાસ્કમાં લઈને કાળજીપૂર્વક ગરમ કરવામાં આવે છે. મિશ્રણ ઉકળવાથી નીચા ઉત્કલનબિંદુવાળા પ્રવાહીની બાષ્પ પહેલા બને છે. આ બાષ્પને શીતક (સંઘનિત્ર) દ્વારા ઠંડી પાડી મળતા



આકૃતિ 12.5 સામાન્ય નિસ્યંદન. પદાર્થની બનેલી બાષ્પને ઠંડી પાડવામાં આવે છે અને મળતા પ્રવાહીને કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં એકત્ર કરવામાં આવે છે.

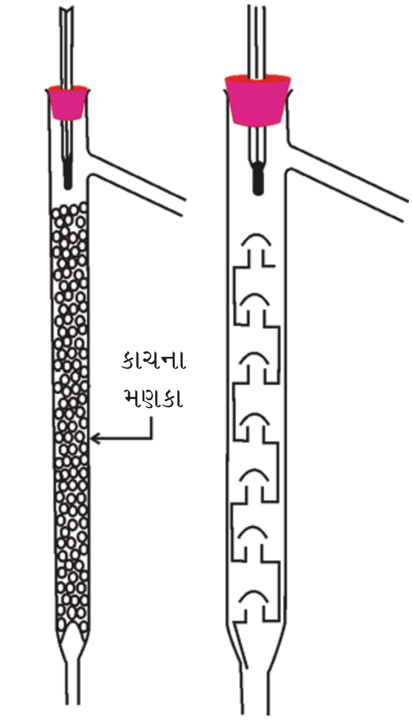
પ્રવાહીને એકત્ર કરવામાં આવે છે. ઊંચા ઉત્કલનબિંદુવાળા ઘટકની બાષ્પ પછીથી બને છે અને તેમાંથી બનતા પ્રવાહીને અલગથી એકત્ર કરવામાં આવે છે.

વિભાગીય નિસ્યંદન : જો બે પ્રવાહીના ઉત્કલનબિંદુઓ વચ્ચે મોટો તફાવત ન હોય તો આ મિશ્રણનું અલગીકરણ સામાન્ય નિસ્યંદન પદ્ધતિથી થઈ શકતું નથી. આવા પ્રવાહીઓની બાષ્પ સમાન તાપમાન વિસ્તારમાં જ બને છે અને સાથે સાથે તે પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે. તેથી આવી સ્થિતિમાં વિભાગીય નિસ્યંદન પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિમાં પ્રવાહી મિશ્રણની બાષ્પનું ઠારીકરણ થાય તે પહેલા તેને વિભાગીય સ્તંભમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. આ વિભાગીય સ્તંભને ગોળ તળિયાવાળા ફ્લાસ્કના મોઢા પર ચુસ્ત રીતે ગોઠવવામાં આવે છે (આકૃતિ 12.6).



આકૃતિ 12.6 વિભાગીય નિસ્યંદન. નીચા ઉત્કલનબિંદુવાળા પ્રવાહીની બાષ્પ સ્તંભના મથાળે સૌપ્રથમ પહોંચે છે અને ત્યારબાદ ઊંચા ઉત્કલનબિંદુવાળા પ્રવાહીની બાષ્પ ત્યાં પહોંચે છે.

ઊંચા ઉત્કલનબિંદુવાળા પ્રવાહીની બાષ્પનું ઠારીકરણ (ઠારણ) નીચા ઉત્કલનબિંદુવાળા પ્રવાહીની બાષ્પના ઠારીકરણ કરતાં પહેલાં થાય છે. વિભાગીય સ્તંભમાં ઉપર પહોંચવાવાળી બાષ્પમાં વધુ બાષ્પશીલ પદાર્થની માત્રા વધુ હોય છે. વિભાગીય સ્તંભના મથાળે પહોંચતા-પહોંચતા બાષ્પમાં મુખ્યત્વે વધુ બાષ્પશીલ ઘટકો જ બાકી રહે છે. આકૃતિ 12.7માં દર્શાવ્યા મુજબ જુદા જુદા આકાર અને રચનાવાળા વિભાગીય સ્તંભો ઉપલબ્ધ હોય છે. વિભાગીય સ્તંભ ઊંચે જતી બાષ્પ અને નીચે તરફ જતા પ્રવાહીની વચ્ચે થતાં ઉષ્માના વિનિમય માટે ઘણા પૃષ્ઠ (surfaces) પૂરા પાડે છે. વિભાગીય સ્તંભમાં કેટલુંક ઠારણ પામેલું પ્રવાહી ઉપર તરફ જતી બાષ્પ તરફથી ગરમી મેળવી પુનઃબાષ્પમાં રૂપાંતરણ પામે છે. આમ, બાષ્પમાં નીચા ઉત્કલનબિંદુવાળા ઘટકનું પ્રમાણ વધતું જાય છે. આમ, નીચા ઉત્કલનબિંદુવાળા ઘટકની બાષ્પ સ્તંભના મથાળે પહોંચે છે, ત્યારબાદ આ બાષ્પ શીતકમાંથી પસાર થઈને શુદ્ધ પ્રવાહીમાં ફેરવાય છે, જેને એકત્ર કરવામાં આવે છે. ક્રમિક રીતે થતાં નિસ્યંદન બાદ ગોળતળિયાવાળા ફ્લાસ્કમાં રહેલા પ્રવાહીમાં ઊંચા ઉત્કલનબિંદુવાળા ઘટકના પ્રમાણની માત્રા વધતી જાય છે. વિભાગીય સ્તંભમાં રહેલા પ્રત્યેક ક્રમિક ઠારીકરણ અને



આકૃતિ 12.7 ભિન્ન પ્રકારના વિભાગીય સ્તંભો

બાષ્પન એકમોને **સૈદ્ધાંતિક પ્લૅટ** કહે છે. વ્યાપારિક સ્તરે સો કરતા વધુ પ્લૅટોવાળો સ્તંભ ઉપલબ્ધ હોય છે.

વિભાગીય સ્તંભનો એક તક્નિકી ઉપયોગ એ છે કે તે **પેટ્રોલિયમ ઉદ્યોગમાં કાચા તેલને** (crude oil) તેના ભિન્ન ઘટકોમાં અલગ કરવા માટે થાય છે.

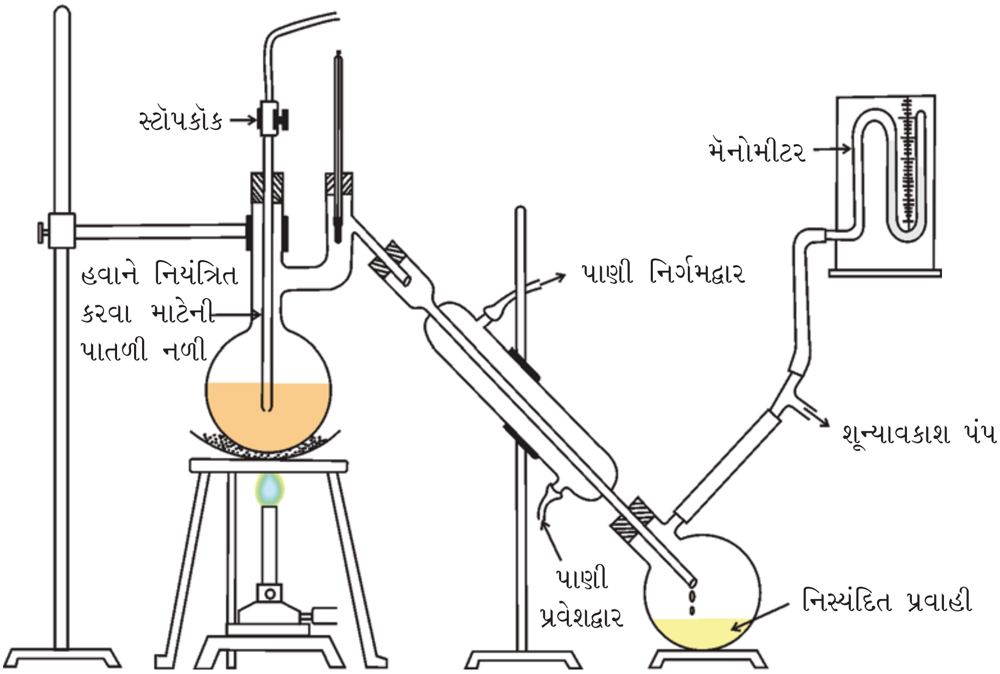
નીચા દબાણે નિસ્યંદન : આ પદ્ધતિ ઊંચા ઉત્કલનબિંદુ ધરાવતા પ્રવાહીને શુદ્ધ કરવા અથવા જે તેમના ઉત્કલનબિંદુએ કે તેનાથી નીચા તાપમાને વિઘટન પામે છે, તેના માટે ઉપયોગી છે. આવા પ્રવાહીઓનાં પૃષ્ઠ પર દબાણ ઘટાડીને તેમના ઉત્કલનબિંદુથી નીચા તાપમાને તેમને ઉકાળી શકાય છે. કોઈ પણ પ્રવાહી તે તાપમાન પર ઉકળે છે કે જે તાપમાને બાષ્પદબાણ અને બાહ્ય દબાણ સમાન થાય. દબાણને ઘટાડવા માટે જળપંપ (water pump) અથવા શૂન્યાવકાશ પંપનો (vacuum pump) ઉપયોગ થાય છે (આકૃતિ 12.8). **સાબુ ઉદ્યોગમાં વધેલી લાઈ (spent-lye)**માંથી ગ્લિસરોલને અલગ કરવા આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

વરાળ નિસ્યંદન : આ પદ્ધતિ વરાળ બાષ્પશીલ અને પાણીમાં અમિશ્રિત હોય તેવા પદાર્થના અલગીકરણ માટે વપરાય છે. વરાળ નિસ્યંદનમાં જેનું શુદ્ધીકરણ કરવાનું છે તે પદાર્થવાળા ફ્લાસ્કમાં, વરાળ ઉત્પન્ન કરનાર સાધન દ્વારા વરાળ પસાર કરવામાં આવે છે. વરાળ અને બાષ્પશીલ કાર્બનિક સંયોજનના મિશ્રણને ઠારીકરણ દ્વારા એકત્ર કરવામાં આવે છે, ત્યારબાદ ભિન્નકારી ગળણી (separating funnel) દ્વારા કાર્બનિક સંયોજનને પાણીથી અલગ કરવામાં આવે છે. વરાળ નિસ્યંદનમાં કાર્બનિક પ્રવાહીનું બાષ્પદબાણ (p_1) અને પાણીનું બાષ્પદબાણ (p_2)નો સરવાળો વાતાવરણના દબાણ (p) જેટલો થાય છે, એટલે કે $p = p_1 + p_2$. જોકે p_1 નું મૂલ્ય p કરતાં ઓછું છે. આમ, કાર્બનિક પ્રવાહી તેના ઉત્કલનબિંદુ કરતાં નીચા તાપમાને બાષ્પમાં રૂપાંતર પામે છે.

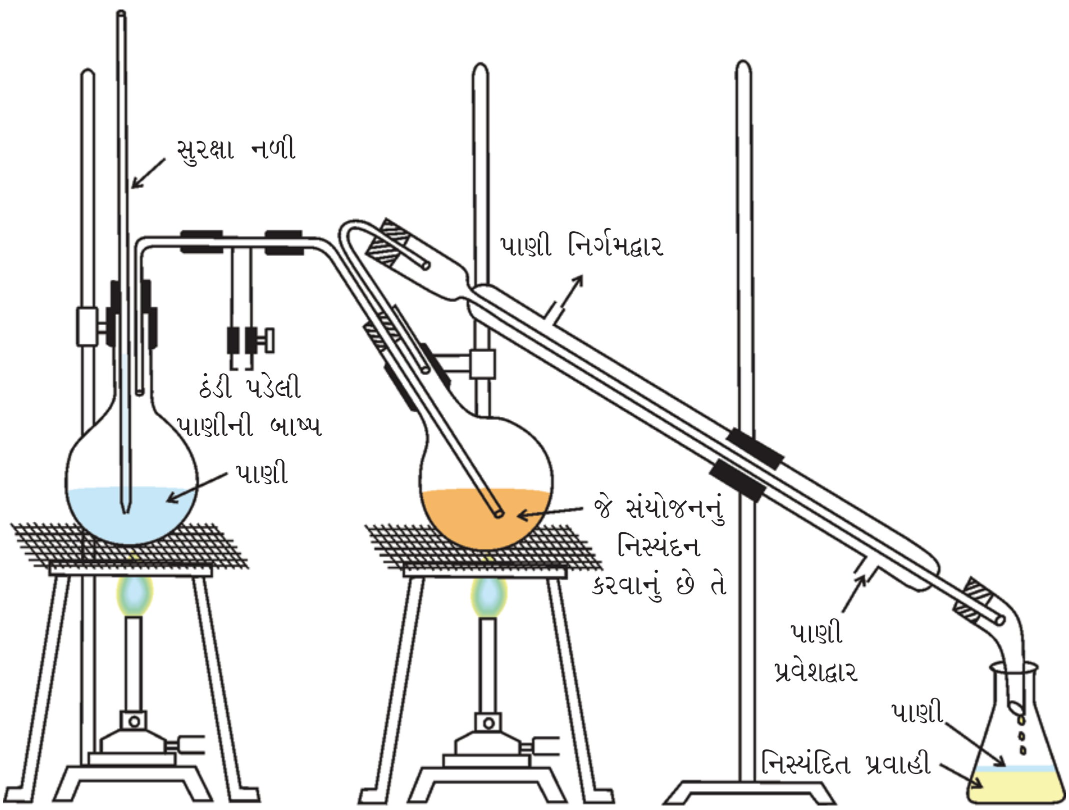
આમ, પાણી અને પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય તેવા પદાર્થનું મિશ્રણ 373Kની નજીક તેનાથી નીચા તાપમાને ઉકળે છે. પ્રાપ્ત થનાર પદાર્થ અને પાણીના મિશ્રણને ભિન્નકારી (અલગીકરણ) ગળણીથી અલગ કરી શકાય છે. આ પદ્ધતિથી એનિલીનને એનિલીન-પાણીના મિશ્રણમાંથી છૂટું પાડી શકાય છે (આકૃતિ 12.9).

12.8.4 વિભેદી નિષ્કર્ષણ (Differential Extraction)

આ પદ્ધતિ દ્વારા કાર્બનિક સંયોજન કે જેને જલીય માધ્યમમાંથી એવા કાર્બનિક દ્રાવક વડે નિષ્કર્ષિત કરવામાં આવે

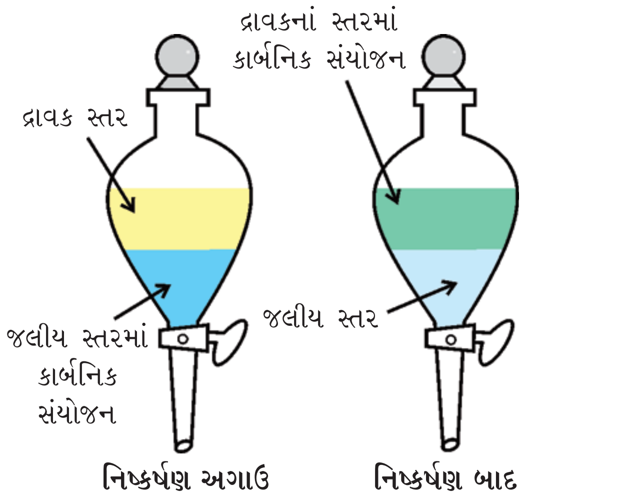


આકૃતિ 12.8 નીચા દબાણે નિસ્યંદન. નીચા દબાણે પ્રવાહી તેના બાષ્પદબાણથી નીચાં તાપમાને ઉકળે છે.



આકૃતિ 12.9 વરાળ નિસ્યંદન. વરાળ બાષ્પશીલ ઘટકો બાષ્પીભવન પામી શીતક દ્વારા ઠંડા પડી પ્રવાહીમાં રૂપાંતર પામે છે જેને કોનિકલ ફ્લાસ્કમાં એકત્ર કરવામાં આવે છે.

છે કે જેમાં કાર્બનિક સંયોજનની દ્રાવ્યતા પાણીમાંની દ્રાવ્યતા કરતાં વધુ હોય છે. જલીય દ્રાવણ અને કાર્બનિક દ્રાવક એકબીજામાં અમિશ્રિત હોવા જોઈએ, જેથી તેઓ બે સ્તર બનાવી શકે અને જેનું ભિન્નકારી ગળણીથી અલગન કરી શકાય. ત્યારબાદ કાર્બનિક દ્રાવકને નિસ્યંદન કે બાષ્પીભવન દ્વારા દૂર કરી કાર્બનિક પદાર્થને પાછો મેળવી શકાય છે. વિભેદી નિષ્કર્ષણ આકૃતિ 12.10માં દર્શાવ્યા મુજબ ભિન્નકારી ગળણીમાં કરી શકાય છે.



આકૃતિ 12.10 વિભેદી નિષ્કર્ષણ. સંયોજનનું નિષ્કર્ષણ દ્રાવ્યતાના તફાવતના આધારે થાય છે.

જો કાર્બનિક સંયોજન કાર્બનિક દ્રાવકમાં ઓછો દ્રાવ્ય હોય તો આ પદ્ધતિમાં કાર્બનિક સંયોજનના ઓછા જથ્થાના નિષ્કર્ષણ માટે પણ કાર્બનિક દ્રાવકનો વધુ જથ્થો જરૂરી બને છે. આવા કિસ્સામાં **સતત નિષ્કર્ષણ** પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિમાં નિષ્કર્ષણ માટે એક જ દ્રાવકનો ઉપયોગ વારંવાર કરવામાં આવે છે.

12.8.5 ક્રોમેટોગ્રાફી (Chromatography)

ક્રોમેટોગ્રાફી (વર્ણલેખિકી) એક અગત્યની પદ્ધતિ છે, જેનો ઉપયોગ મિશ્રણને તેના ઘટક તત્ત્વોમાં અલગ કરવા માટે, સંયોજનના શુદ્ધીકરણ માટે અને સંયોજનની શુદ્ધતાની ચકાસણી કરવા માટે થાય છે. ક્રોમેટોગ્રાફી શબ્દ ગ્રીક શબ્દ 'ક્રોમા' જેનો અર્થ 'રંગ' થાય છે તેના પરથી બનેલો છે. ક્રોમેટોગ્રાફી પદ્ધતિનો સૌપ્રથમ ઉપયોગ વનસ્પતિમાંથી મળી આવતા રંગીન પદાર્થોમાં રહેલા ઘટક તત્ત્વોના અલગીકરણ માટે થયો હતો. આ પદ્ધતિમાં પદાર્થના મિશ્રણને સ્થિર કલા (stationary phase) પર અધિશોષિત કરવામાં આવે છે. સ્થિર કલા તરીકે ઘનપદાર્થ કે પ્રવાહી પદાર્થ હોઈ શકે છે. ત્યારબાદ શુદ્ધ દ્રાવકને કે દ્રાવકના મિશ્રણને કે વાયુને ધીરે ધીરે સ્થિર કલામાંથી પસાર થવા દેવામાં આવે છે. પરિણામે મિશ્રણના ઘટક તત્ત્વો ક્રમશઃ એકબીજાથી અલગ થાય છે. ગતિ કરનાર કલાને ગતિમાન કલા કહે છે.

ક્રોમેટોગ્રાફીને તેમાં સંકળાયેલા સિદ્ધાંતને આધારે જુદા જુદા વર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. તે પૈકીના બે વર્ગોને નીચે દર્શાવ્યા છે.

(a) અધિશોષણ ક્રોમેટોગ્રાફી

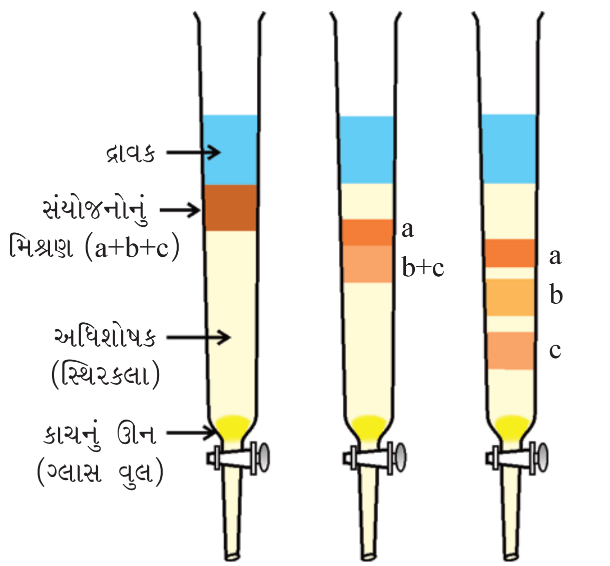
(b) વિતરણ ક્રોમેટોગ્રાફી

(a) અધિશોષણ ક્રોમેટોગ્રાફી : આ ક્રોમેટોગ્રાફી તે સિદ્ધાંત પર આધારિત છે કે કોઈ વિશિષ્ટ અધિશોષક પર જુદા જુદા સંયોજનો જુદા જુદા અંશોમાં અધિશોષિત થાય છે. સામાન્ય રીતે સિલિકા જેલ અને એલ્યુમિના અધિશોષક તરીકે વપરાય છે. જ્યારે ગતિમાન કલાને સ્થિરકલા(અધિશોષક)માંથી પસાર કરવામાં આવે છે ત્યારે મિશ્રણમાંના ઘટકો સ્થિર કલામાં જુદા જુદા અંતરે છૂટા પડે છે. વિભેદી અધિશોષણના સિદ્ધાંત પર આધારિત બે પ્રકારની ક્રોમેટોગ્રાફી પદ્ધતિ નીચે દર્શાવ્યા મુજબ છે :

(a) સ્તંભ ક્રોમેટોગ્રાફી (Column chromatography)

(b) પાતળા સ્તરની ક્રોમેટોગ્રાફી (Thin layer chromatography)

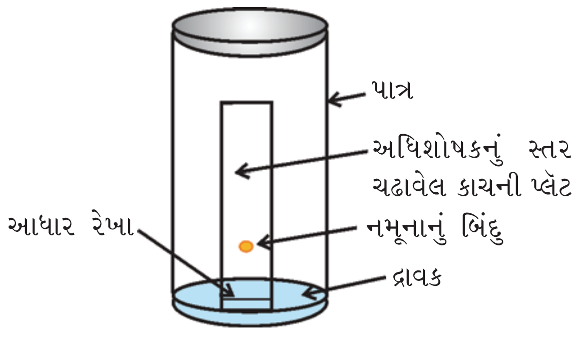
(a) સ્તંભ ક્રોમેટોગ્રાફી : આ પદ્ધતિમાં કાચની નળીમાં ગોઠવેલા અધિશોષક(સ્થિરકલા)ના સ્તંભ દ્વારા મિશ્રણનું અલગીકરણ થાય છે. અધિશોષક સ્તંભને કાચની નળી કે જેના નીચેના છેડે સ્ટૉપકૉક લગાવેલો છે તેમાં ગોઠવવામાં આવે છે. આ અધિશોષક સ્તંભના ઉપરના છેડે મિશ્રણને મૂકવામાં આવે



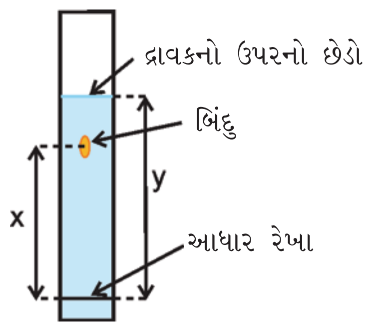
આકૃતિ 12.11 સ્તંભ ક્રોમેટોગ્રાફી. મિશ્રણના ઘટક તત્ત્વોના અલગીકરણના ભિન્ન તબક્કાઓ

છે, જે સ્તંભમાં અધિશોષાય છે. ત્યારબાદ યોગ્ય નિક્ષાલક (eluant) કે જે એક પ્રવાહી અથવા વધુ પ્રવાહીઓનું મિશ્રણ હોય છે, તેને સ્તંભમાં ધીમી ગતિથી ઉપરથી નીચે તરફ વહેવા દેવામાં આવે છે. મિશ્રણના ઘટક તત્ત્વોની અધિશોષાવાની વિભેદી ક્ષમતાના કારણે મિશ્રણનું સંપૂર્ણ અલગીકરણ થાય છે. વધુ અધિશોષિત ઘટક સ્તંભમાં ઉપરના છેડાની નજીક અધિશોષાય છે, જ્યારે બાકીના ઘટકો સ્તંભમાં નીચેની તરફ જુદા જુદા અંતરે અધિશોષાય છે (આકૃતિ 12.11).

(b) પાતળા સ્તરની ક્રોમેટોગ્રાફી : અધિશોષણ ક્રોમેટોગ્રાફીનો બીજો પ્રકાર પાતળા સ્તરની ક્રોમેટોગ્રાફી છે, જેમાં અધિશોષકના પાતળા સ્તર પર મિશ્રણનું ઘટક તત્ત્વોમાં અલગીકરણ થાય છે. આ પદ્ધતિમાં યોગ્ય માપની કાચની પ્લૅટ પર અધિશોષકનું (સિલિકા જેલ અથવા એલ્યુમિના) પાતળું સ્તર (લગભગ 0.2 mm જાડાઈનું) તૈયાર કરવામાં આવે છે. આ પ્લૅટને પાતળા સ્તરની ક્રોમેટોગ્રાફી પ્લૅટ અથવા ક્રોમાપ્લૅટ કહેવાય છે. મિશ્રણના દ્રાવણને TLC પ્લૅટ પર તેના નીચેના છેડેથી 2 cm ઉપર નાના નાના બિંદુ (ડ્રૉપ) સ્વરૂપે મૂકવામાં આવે છે. આ કાચની પ્લૅટને નિક્ષાલક ભરેલા બંધપાત્રમાં ઊભી મૂકવામાં આવે છે (આકૃતિ 12.2(a)). જેમ જેમ નિક્ષાલક પ્લૅટ પર આગળ વધતો જાય છે. તેમ તેમ મિશ્રણમાંના ઘટકો પણ નિક્ષાલકની સાથે સાથે પ્લૅટ પર આગળ વધતા જાય છે, પરંતુ તેઓની અધિશોષાવાની ક્ષમતાના આધારે તેઓની ઉપર તરફ આગળ વધવાની ગતિ જુદી જુદી હોય છે. જેના કારણે તેઓનું અલગીકરણ શક્ય બને છે. મિશ્રણમાંના દરેક ઘટકના સાપેક્ષ અધિશોષણને **મંદન ગુણક (Retardation factor)** એટલે કે **R_f મૂલ્ય** દ્વારા દર્શાવાય છે (આકૃતિ 12.12(b)).



આકૃતિ 12.12(a) પાતળા સ્તરની ક્રોમેટોગ્રાફી.



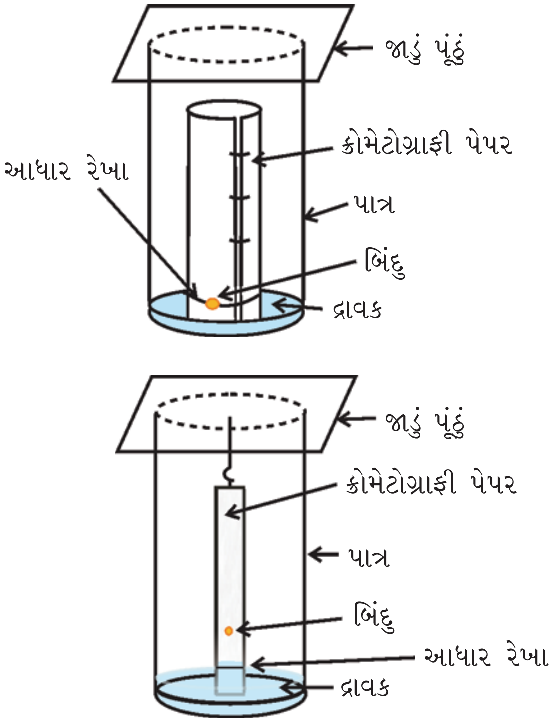
આકૃતિ 12.12(b) વિકસિત થયેલા ક્રોમેટોગ્રામ

$$R_f = \frac{\text{આધાર રેખાથી પદાર્થે કાપેલું અંતર } (x)}{\text{આધાર રેખાથી દ્રાવકે કાપેલું અંતર } (y)}$$

રંગીન સંયોજનોના બિંદુઓને TLC પ્લૅટ પર સરળતાથી જોઈ શકાય છે, જ્યારે રંગવિહીન અને પારજાંબલી પ્રકાશમાં પ્રતિદિપ્ત (fluoresce) થનાર સંયોજનોના બિંદુઓને, TLC પ્લૅટને પારજાંબલી પ્રકાશની નીચે રાખીને જોઈ શકાય છે. એક અન્ય પદ્ધતિમાં TLC પ્લૅટને આયોડિનના સ્ફટિક રાખેલા બંધપાત્રમાં મૂકવામાં આવે છે, જેથી સંયોજનના બિંદુઓ આયોડિનને શોષીને કથ્થઈ રંગના બિંદુઓ દર્શાવે છે. કેટલીકવાર TLC પ્લૅટ પર યોગ્ય પ્રક્રિયકનો છંટકાવ કરવામાં આવે છે. દા.ત., એમિનો ઍસિડના બિંદુઓને જોવા માટે TLC પ્લૅટ પર નીનહાઇડ્રીનના દ્રાવણનો છંટકાવ કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 12.12(b)).

વિતરણ ક્રોમેટોગ્રાફી : વિતરણ ક્રોમેટોગ્રાફી મિશ્રણમાંના ઘટકોનું સ્થિર કલા અને ગતિમાન કલા વચ્ચે થતાં સતત વિભેદી વિતરણ પર આધારિત છે. પેપર ક્રોમેટોગ્રાફી આ પ્રકારની ક્રોમેટોગ્રાફીનું ઉદાહરણ છે. પેપર ક્રોમેટોગ્રાફીમાં એક વિશિષ્ટ પ્રકારના પેપરનો ઉપયોગ થાય છે, જે ક્રોમેટોગ્રાફી પેપર તરીકે ઓળખાય છે. ક્રોમેટોગ્રાફી પેપરમાં પાણીના અણુઓ રહેલા હોય છે, જે સ્થિરકલા તરીકે વર્તે છે.

ક્રોમેટોગ્રાફી પેપરની પટ્ટીના તળીયે મિશ્રણના દ્રાવણનું બિંદુ મૂકવામાં આવે છે. આ પટ્ટીને યોગ્ય દ્રાવક અથવા દ્રાવકોના મિશ્રણમાં મૂકવામાં આવે છે (આકૃતિ 12.13). આ દ્રાવક ગતિમાન કલા તરીકે વર્તે છે. કેશાકર્ષણના કારણે આ દ્રાવક પેપરમાં ઉપર ચઢે છે અને બિંદુઓને પણ ફેલાવે છે. જુદા જુદા ઘટકોનું બે કલામાં વિતરણ જુદું જુદું હોવાથી તે જુદા જુદા અંતરે આગળ વધે છે. આ રીતે વિકસિત થયેલી પટ્ટીને ક્રોમેટોગ્રામ કહે છે. ક્રોમેટોગ્રામ પર રંગીન સંયોજનના બિંદુનું અલગીકરણ શરૂઆતના સ્થાનથી જુદી જુદી ઊંચાઈએ જોવા



આકૃતિ 12.13 પેપર ક્રોમેટોગ્રાફી.
બે ભિન્ન આકારના ક્રોમેટોગ્રાફી પેપર

મળે છે, જ્યારે રંગવિહીન સંયોજનોનું અલગીકરણ પાતળા સ્તરની ક્રોમેટોગ્રાફીમાં ચર્ચા કર્યા મુજબ પારજાંબલી પ્રકાશ હેઠળ પેપરનું અવલોકન કરવાથી કે યોગ્ય પ્રક્રિયકના છંટકાવ કરવાથી જોઈ શકાય છે.

12.9 કાર્બનિક સંયોજનોનું ગુણાત્મક (ગુણદર્શક) પૃથક્કરણ (Qualitative Analysis of Organic Compounds)

કાર્બનિક સંયોજનોમાં કાર્બન અને હાઇડ્રોજન તત્ત્વો હાજર હોય છે. આ ઉપરાંત તેમાં ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, સલ્ફર, હેલોજન અને ફૉસ્ફરસ તત્ત્વો પણ હોઈ શકે છે.

12.9.1 કાર્બન અને હાઇડ્રોજન તત્ત્વની પરખ (Detection of Carbon and Hydrogen)

કાર્બન અને હાઇડ્રોજન તત્ત્વની પરખ માટે સંયોજનને કૉપર (II) ઑક્સાઇડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે. સંયોજનમાં રહેલા કાર્બન, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડમાં (જે ચૂનાના નિતર્યા પાણીને દૂધિયું બનાવે છે) અને હાઇડ્રોજન પાણીમાં (જે નિર્જળ કૉપર સલ્ફેટને વાદળી બનાવે છે) રૂપાંતર પામે છે.

$$C + 2CuO \xrightarrow{\Delta} 2Cu + CO_2$$

$$2H + CuO \xrightarrow{\Delta} Cu + H_2O$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$$

$$\underset{\text{સફેદ}}{5H_2O + CuSO_4} \rightarrow \underset{\text{વાદળી}}{CuSO_4 \cdot 5H_2O}$$

12.9.2 અન્ય તત્ત્વોની પરખ (Detection of Other Elements)

કાર્બનિક સંયોજનમાં રહેલા નાઇટ્રોજન, સલ્ફર, હેલોજન અને ફૉસ્ફરસ તત્ત્વોની પરખ **લેસાઇન કસોટી (Lassaigne's test)** દ્વારા કરી શકાય છે. સંયોજનને સોડિયમ ધાતુ સાથે પિગલિત કરવાથી આ તત્ત્વો સહસંયોજક સ્વરૂપમાંથી આયનીય સ્વરૂપમાં રૂપાંતર પામે છે, જેમાં નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ થાય છે.

$$Na + C + N \xrightarrow{\Delta} NaCN$$

$$2Na + S \xrightarrow{\Delta} Na_2S$$

$$Na + X \xrightarrow{\Delta} NaX \ (X = Cl, Br \text{ અથવા } I)$$

C, N, S અને X કાર્બનિક સંયોજનમાં હોય છે. સોડિયમ પીગલનથી મળતા પદાર્થને નિસ્યંદિત પાણી સાથે ઉકાળતા સોડિયમના સાયનાઇડ, સલ્ફાઇડ અને હેલાઇડ ક્ષાર પાણીમાં ઓગળેલા હોય છે. આ નિષ્કર્ષને સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષ કહે છે.

(A) નાઇટ્રોજન માટેની કસોટી :

સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષને આયર્ન (II) સલ્ફેટની સાથે ઉકાળવામાં આવે છે, મળતા દ્રાવણને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ વડે ઍસિડિક બનાવવામાં આવે છે. જો પ્રુશિયન બ્લુ રંગ જોવા મળે તો તે નાઇટ્રોજન તત્ત્વની હાજરી સૂચવે છે. સોડિયમ સાયનાઇડ સૌપ્રથમ આયર્ન(II) સલ્ફેટ સાથે પ્રક્રિયા કરી સોડિયમહેક્ઝાસાયનોફેરેટ(II) બનાવે છે. સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની સાથે ગરમ કરવાથી કેટલાક આયર્ન(II), આયર્ન(III)માં ઑક્સિડેશન પામે છે, જે સોડિયમહેક્ઝાસાયનોફેરેટ(II) સાથે પ્રક્રિયા પામી આયર્ન(III) હેક્ઝાસાયનોફેરેટ(II) (ફેરિફેરો સાયનાઇડ) બનાવે છે જેનો રંગ પ્રુશિયન બ્લુ હોય છે.

$$6CN^- + Fe^{2+} \rightarrow [Fe(CN)_6]^{4-}$$

$$3[Fe(CN)_6]^{4-} + 4Fe^{3+} \xrightarrow{xH_2O} \underset{\text{પ્રુશિયન બ્લુ}}{Fe_4[Fe(CN)_6]_3 \cdot xH_2O}$$

(B) સલ્ફર માટેની કસોટી :

(a) સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષને ઍસિટિક ઍસિડ વડે ઍસિડિક કરીને તેમાં લેડ એસિટેટ ઉમેરવામાં આવે છે. જો લેડ સલ્ફાઇડના કાળા અવક્ષેપ મળે તો તે સલ્ફરની હાજરી સૂચવે છે.

$$S^{2-} + Pb^{2+} \rightarrow \underset{\text{કાળા}}{PbS}$$

(b) સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષની સોડિયમ નાઇટ્રોપ્રુસાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરવાથી જો જાંબલી રંગ મળે તો તે સલ્ફરની હાજરી સૂચવે છે.

$$S^{2-} + [Fe(CN)_5NO]^{2-} \rightarrow [Fe(CN)_5NOS]^{4-}$$
જાંબલી

કાર્બનિક સંયોજનમાં જો નાઇટ્રોજન અને સલ્ફર બંને તત્ત્વોની હાજરી હોય તો સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષમાં સોડિયમ થાયોસાયનેટ બને છે, જેને આયર્ન(II)સલ્ફેટ સાથે ગરમ કરવાથી રુધિરના જેવો લાલ રંગ ઉત્પન્ન થાય છે. મુક્ત સાયનાઇડ આયનની ગેરહાજરીમાં પ્રુશિયન બ્લુ રંગ બનતો નથી.

$$Na + C + N + S \rightarrow NaSCN$$

$$Fe^{3+} + SCN^- \rightarrow [Fe(SCN)]^{2+}$$
રુધિર જેવો લાલ રંગ

જો સોડિયમ પીગલન દરમિયાન સોડિયમનું પ્રમાણ વધુ લેવામાં આવે તો થાયોસાયનેટ સાયનાઇડ અને સલ્ફાઇડમાં વિઘટન પામે છે. આ આયનો પોતાની સામાન્ય કસોટીઓ આપે છે.

$$NaSCN + 2Na \rightarrow NaCN + Na_2S$$

(C) હેલોજન માટેની કસોટી :

સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષને નાઇટ્રિક ઍસિડ વડે ઍસિડિક કરવામાં આવે છે. ત્યારબાદ તેમાં સિલ્વર નાઇટ્રેટ ઉમેરવામાં આવે છે. આ દરમિયાન એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડમાં દ્રાવ્ય સફેદ અવક્ષેપ ક્લોરિનની હાજરી, એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડમાં અલ્પદ્રાવ્ય પીળા અવક્ષેપ બ્રોમિનની હાજરી અને એમોનિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડમાં અદ્રાવ્ય પીળા અવક્ષેપ આયોડિનની હાજરી સૂચવે છે.

$$X^- + Ag^+ \rightarrow AgX$$

જ્યાં, X હેલોજન તત્ત્વો – Cl, Br અથવા I દર્શાવે છે.

જો સંયોજનમાં નાઇટ્રૉજન અથવા સલ્ફર તત્ત્વ પણ હાજર હોય તો સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષને પ્રથમ સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ઉકાળવામાં આવે છે. જેથી સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષમાં રહેલા સોડિયમ સાયનાઇડ અને સોડિયમ સલ્ફાઇડનું વિઘટન થાય, નહિ તો આ આયનો હેલોજન માટેની સિલ્વર નાઇટ્રેટની કસોટીમાં અડચણ ઊભી કરે છે.

(D) ફૉસ્ફરસ માટેની કસોટી :

સંયોજનને ઑક્સિડેશનકર્તા (સોડિયમ પેરૉક્સાઇડ) સાથે ગરમ કરતાં સંયોજનમાં રહેલા ફૉસ્ફરસનું ફોસ્ફેટમાં ઑક્સિડેશન થાય છે. આ દ્રાવણને નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ઉકાળવામાં આવે છે ત્યારબાદ તેમાં એમોનિયમ મોલિબ્ડેટ ઉમેરવામાં આવે છે. આ દરમિયાન મળતો પીળો રંગ અથવા પીળા અવક્ષેપ ફૉસ્ફરસની હાજરી સૂચવે છે.

$$Na_3PO_4 + 3HNO_3 \rightarrow H_3PO_4 + 3NaNO_3$$

$$H_3PO_4 + 12(NH_4)_2MoO_4 + 21HNO_3 \rightarrow$$
એમોનિયમ મોલિબ્ડેટ

$$(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3 + 21NH_4NO_3 + 12H_2O$$
એમોનિયમ ફોસ્ફોમોલિબ્ડેટ

12.10 જથ્થાત્મક (માત્રાત્મક) પૃથક્કરણ (Quantitative Analysis)

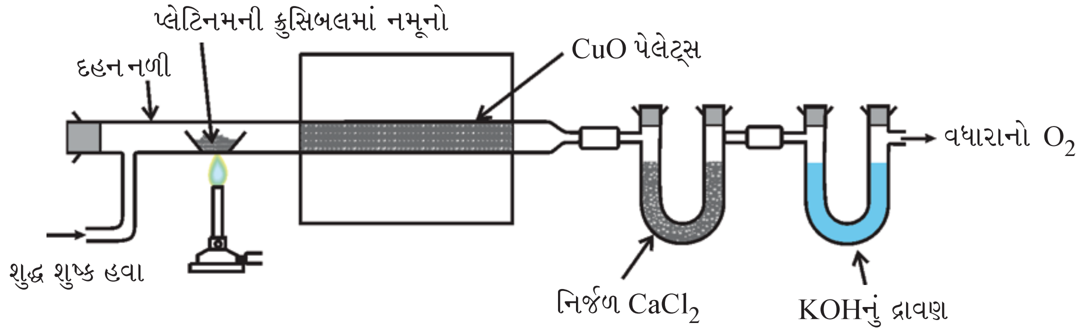
કાર્બનિક સંયોજનમાં રહેલા તત્ત્વોના ટકાવાર પ્રમાણના માપન નીચે દર્શાવેલા સિદ્ધાંતોને આધારિત પદ્ધતિઓથી કરવામાં આવે છે.

12.10.1 કાર્બન અને હાઇડ્રોજન (Carbon and Hydrogen)

કાર્બન અને હાઇડ્રોજનનું માપન એક જ પ્રયોગ દ્વારા કરી શકાય છે. તે માટે કાર્બનિક સંયોજનના ચોક્કસ જથ્થાને કૉપર (II) ઑક્સાઇડ સાથે વધુ ઑક્સિજનની હાજરીમાં બાળવામાં આવે છે, જેથી સંયોજનમાં રહેલો કાર્બન અને હાઇડ્રોજન અનુક્રમે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણીમાં ઑક્સિડેશન પામે છે.

$$C_xH_y + (x + y/4)\ O_2 \rightarrow x\ CO_2 + (y/2)\ H_2O$$

ઉત્પન્ન થયેલા પાણીના જથ્થાને જાણવા માટે ઉત્પન્ન થતાં વાયુ મિશ્રણને અગાઉથી વજન કરેલી યુ આકારની નળી, જેમાં નિર્જળ કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડ ભરેલો હોય છે, તેમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. આ સાથે જોડેલી બીજી યુ-આકારની નળીમાં સાંદ્ર પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ ભરેલો હોય છે, જેમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ શોષાય છે (આકૃતિ 12.14).



આકૃતિ 12.14 કાર્બન અને હાઇડ્રૉજનનું માપન. કાર્બનિક સંયોજનના ઑક્સિડેશનથી બનતા પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને અનુક્રમે યુ-આકારની નળીમાં ભરેલા નિર્જળ કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડ અને પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડમાં શોષવામાં આવે છે.

કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડ અને પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના દળમાં થતાં વધારાથી અનુક્રમે શોષાયેલા પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના જથ્થાને જાણી શકાય છે. જેના આધારે કાર્બન અને હાઇડ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ ગણી શકાય છે.

જો કાર્બનિક સંયોજનનું દળ m g, બનનાર પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું દળ અનુક્રમે m_1 g અને m_2 g હોય તો,

$$\text{કાર્બનનું ટકાવાર પ્રમાણ} = \frac{12 \times m_2 \times 100}{44 \times m}$$

$$\text{હાઇડ્રૉજનનું ટકાવાર પ્રમાણ} = \frac{2 \times m_1 \times 100}{18 \times m}$$

કોયડો 12.20

0.246 g કાર્બનિક સંયોજનના સંપૂર્ણ દહનથી 0.198 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને 0.1014 g પાણી ઉત્પન્ન થાય છે, તો સંયોજનમાં રહેલા કાર્બન અને હાઇડ્રૉજનનું ટકાવાર પ્રમાણ શોધો.

ઉકેલ :

$$\text{કાર્બનનું ટકાવાર પ્રમાણ} = \frac{12 \times 0.198 \times 100}{44 \times 0.246}$$

$$= 21.95 \ \%$$

$$\text{હાઇડ્રૉજનનું ટકાવાર પ્રમાણ} = \frac{2 \times 0.1014 \times 100}{18 \times 0.246}$$

$$= 4.58 \ \%$$

12.10.2 નાઇટ્રોજન (Nitrogen)

નાઇટ્રોજનના માપન માટેની બે પદ્ધતિઓ જાણીતી છે :

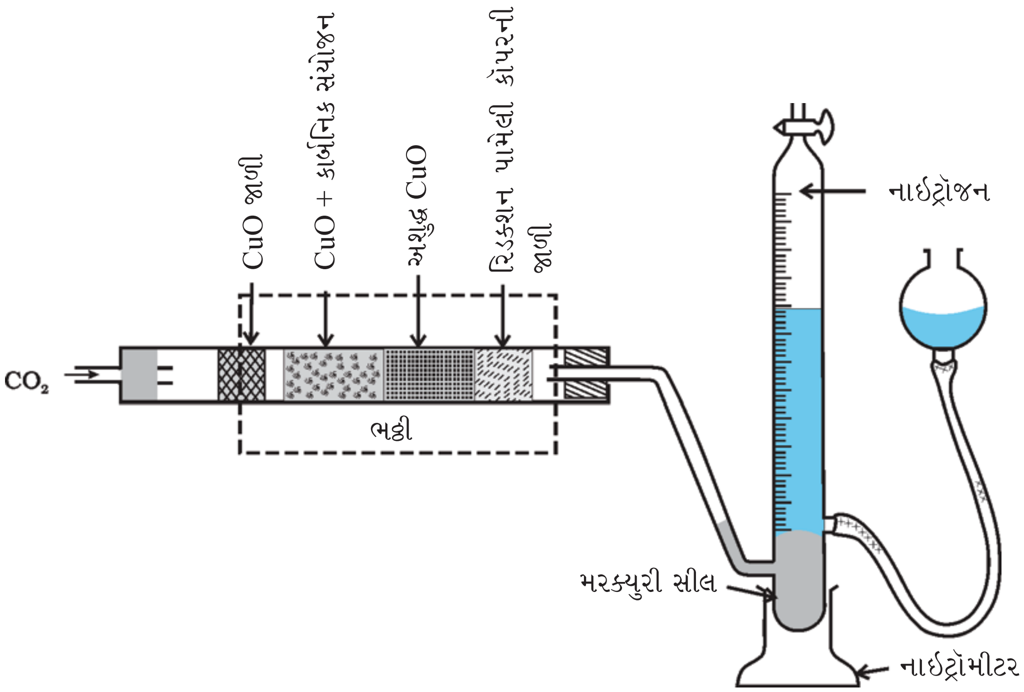
(i) ડ્યૂમા પદ્ધતિ (Dumas Method)

(ii) જૅલ્ડાહલ પદ્ધતિ (Kjeldahl's Method)

(i) ડ્યૂમા પદ્ધતિ : નાઇટ્રોજનયુક્ત કાર્બનિક પદાર્થને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના વાતાવરણમાં કૉપર (II) ઑક્સાઇડ સાથે ગરમ કરવાથી નાઇટ્રોજન વાયુ મુક્ત થાય છે અને સાથે સાથે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી પણ ઉત્પન્ન થાય છે.

$$C_xH_yN_z + (2x + y/2)\ CuO \rightarrow$$
$$x\ CO_2 + y/2\ H_2O + z/2\ N_2 + (2x + y/2)\ Cu$$

અલ્પમાત્રામાં બનેલા નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડનું નાઇટ્રોજનમાં રિડક્શન કરવા માટે ઉત્પન્ન થયેલા વાયુ મિશ્રણને ગરમ તાંબાના તાર પરથી પસાર કરવામાં આવે છે. આ રીતે મળતા વાયુ મિશ્રણને જલીય પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ પર એકત્ર કરવામાં આવે છે, જેથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ તેમાં શોષાઈ જાય છે. નાઇટ્રોજન વાયુને અંકિત નળીમાં ઉપરના ભાગમાં જમા કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 12.15).



આકૃતિ 12.15 ડ્યૂમા પદ્ધતિ. કાર્બનિક સંયોજનને CO_2ની હાજરીમાં કૉપર (II) ઑક્સાઇડ સાથે ગરમ કરતાં નાઇટ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. વાયુ મિશ્રણને પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના દ્રાવણ પર એકત્ર કરવામાં આવે છે, જેમાં CO_2 વાયુ શોષાઈ જાય છે અને નાઇટ્રોજન વાયુનું કદ માપવામાં આવે છે.

ધારો કે, કાર્બનિક સંયોજનનું દળ = m g
એકત્ર થયેલા નાઇટ્રોજન વાયુનું કદ = V_1 mL
ઓરડાનું તાપમાન = T_1K

STP એ નાઇટ્રોજન વાયુનું કદ = $\frac{p_1 V_1 \times 273}{760 \times T_1}$

(ધારો કે આ મૂલ્ય V mL છે.)

જ્યાં, p_1 અને V_1 અનુક્રમે નાઇટ્રોજન વાયુના દબાણ અને કદ છે. p_1 જે દબાણે નાઇટ્રોજન વાયુ એકત્ર કરવામાં આવ્યો હોય તેનું મૂલ્ય દર્શાવે છે. જે વાતાવરણના દબાણથી ભિન્ન છે. p_1 નું મૂલ્ય આ સંબંધથી મેળવી શકાય છે.

p_1 = વાતાવરણનું દબાણ – જલીયતાણ

STP એ 22400 mLN_2નું દળ 28 g છે.

STP એ V mLN_2નું દળ = $\frac{28 \times V}{22400}$ g

નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{28 \times V \times 100}{22400 \times m}$

કોયડો 12.21

નાઇટ્રોજન પરિમાપન માટેની ડ્યૂમા પદ્ધતિમાં 0.3 g કાર્બનિક સંયોજન 300 K તાપમાને અને 715 mm દબાણે 50 mL નાઇટ્રોજન વાયુ આપે છે. સંયોજનમાં નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ શોધો. (300 K તાપમાને જલીયતાણ = 15 mm)

ઉકેલ :

300 K તાપમાને અને 715 mm દબાણે એકત્ર કરેલા નાઇટ્રોજન વાયુનું કદ 50 mL છે.

વાસ્તવિક દબાણ = 715 – 15 = 700 mm

STP એ નાઇટ્રોજન વાયનું કદ = $\frac{273 \times 700 \times 50}{300 \times 760}$

= 41.9 mL

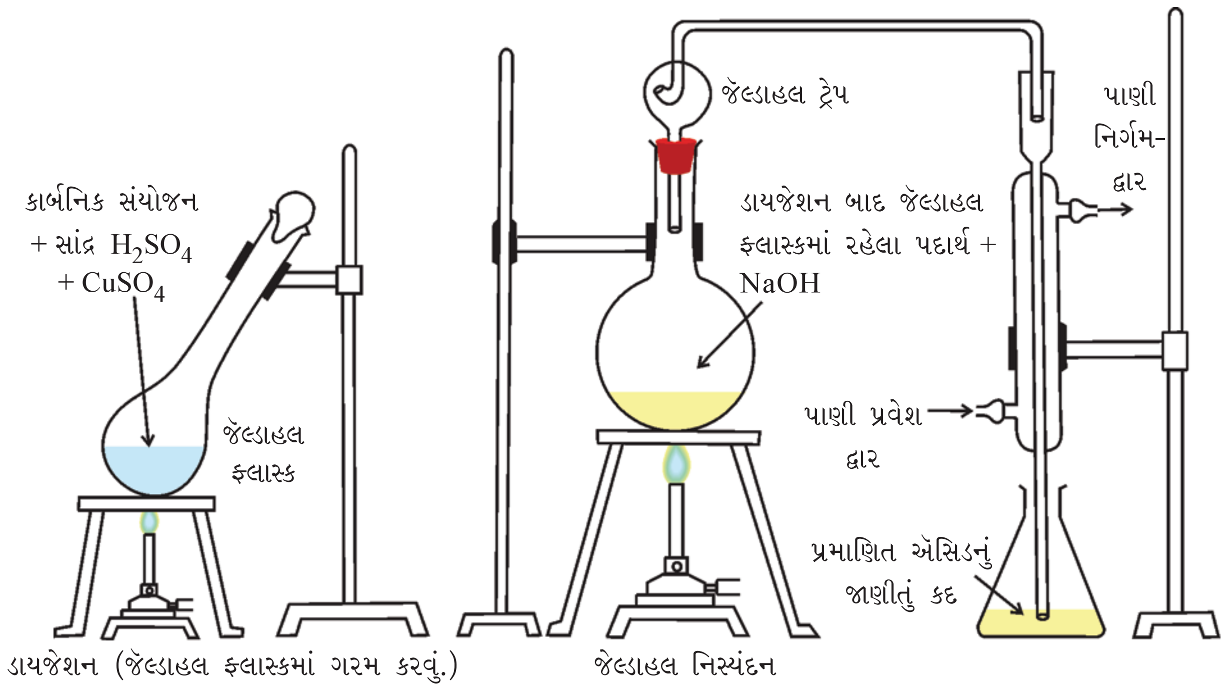
STP એ 22400 mLN_2નું દળ = 28 g

STP એ 41.9 mLN_2 નું દળ = $\frac{28 \times 41.9}{22400}$ g

નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{28 \times 41.9 \times 100}{22400 \times 0.3}$

= 17.46 %

(ii) જેલ્ડાહલ પદ્ધતિ : આ પદ્ધતિમાં નાઇટ્રોજનયુક્ત કાર્બનિક સંયોજનોને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે. તેથી સંયોજનમાં રહેલો નાઇટ્રોજન એમોનિયમ સલ્ફેટમાં ફેરવાય છે (આકૃતિ 12.16). આ ઍસિડ મિશ્રણને સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના વધુ પ્રમાણ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે, જેથી ઉત્પન્ન થતાં એમોનિયા વાયુને પ્રમાણિત સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના વધુ જથ્થામાં શોષવામાં આવે છે. આ દરમિયાન વપરાયેલા સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના પ્રમાણના આધારે ઉત્પન્ન થયેલા એમોનિયા વાયુનું પ્રમાણ



આકૃતિ 12.16 જૅલ્ડાહલ પદ્ધતિ. નાઇટ્રોજનયુક્ત સંયોજનની સાંદ્ર H_2SO_4 સાથે પ્રક્રિયા કરતાં એમોનિયમ સલ્ફેટ મળે છે, જેની સાથે NaOHની પ્રક્રિયા કરતા એમોનિયા વાયુ મુક્ત થાય છે, એમોનિયા વાયુને પ્રમાણિત ઍસિડના ચોક્કસ કદમાં શોષવામાં આવે છે.

જાણી શકાય છે. આ માટે એમોનિયા વાયુના શોષણ બાદ પ્રક્રિયા પામ્યા વિનાના બાકી રહેલા સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના પ્રમાણને પ્રમાણિત આલ્કલી વડે અનુમાપન કરી જાણવામાં આવે છે. ઍસિડનું શરૂઆતમાં લીધેલું પ્રમાણ અને પ્રક્રિયાને અંતે બાકી રહેલા ઍસિડના પ્રમાણના તફાવત પરથી એમોનિયા સાથે પ્રક્રિયા પામેલા ઍસિડનું પ્રમાણ જાણવા મળે છે.

$$\text{કાર્બનિક સંયોજન} + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{2NaOH} Na_2SO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$$

$$2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$$

ધારો કે, કાર્બનિક સંયોજનનું દળ = m g

M મોલારિટીવાળા H_2SO_4નું શરૂઆતમાં લીધેલું કદ = V mL

વધારાના H_2SO_4ના અનુમાપનમાં વપરાયેલા,

M મોલારિટીવાળા NaOHનું કદ = V_1 mL

M મોલારિટીવાળા V_1 mL NaOH = M મોલારિટીવાળા $\frac{V_1}{2}$ mLH_2SO_4

M મોલારિટીવાળા વપરાયા વિનાના H_2SO_4 નું કદ = $\left(V-\frac{V_1}{2}\right)$ mL

M મોલારિટીવાળા $\left(V-\frac{V_1}{2}\right)$ mL H_2SO_4 = $2\left(V-\frac{V_1}{2}\right)$ mL NH_3 નું દ્રાવણ

1000 mL 1M NH_3 દ્રાવણ 17 g NH_3 અથવા 14 g N ધરાવે છે.

$\therefore$ $2\left(V-\frac{V_1}{2}\right)$mL M મોલારિટીવાળું NH_3 નું દ્રાવણ =

$$\frac{14 \times M \times 2\left(V-\frac{V_1}{2}\right)}{1000} \text{ g N}$$

નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ =

$$\frac{14 \times M \times 2\left(V-\frac{V_1}{2}\right)}{1000} \times \frac{100}{m}$$

$$= \frac{1.4 \times M \times 2\left(V-\frac{V_1}{2}\right)}{m}$$

નાઇટ્રોસમૂહ, એઝોસમૂહ અને વલયમાં રહેલા નાઇટ્રોજન (દા.ત., પીરીડીન) ધરાવતા નાઇટ્રોજનયુક્ત સંયોજનોમાં જૅલ્ડાહલ પદ્ધતિ લાગુ પડતી નથી. કારણ કે આ પરિસ્થિતિઓમાં આ સંયોજનોને એમોનિયમ સલ્ફેટમાં પરિવર્તિત કરી શકાતા નથી.

કોયડો 12.22

નાઇટ્રોજનના પરિમાપનની જૅલ્ડાહલ પદ્ધતિમાં 0.5 g સંયોજનમાંથી નીકળતો એમોનિયા વાયુ 10 mL 1 M H_2SO_4નું તટસ્થીકરણ કરે છે, તો સંયોજનમાં રહેલા નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ શોધો.

ઉકેલ :

10 mL 1 M H_2SO_4 = 20 mL 1 M NH_3

1000 mL 1 M એમોનિયા 14 g નાઇટ્રોજન ધરાવે છે.

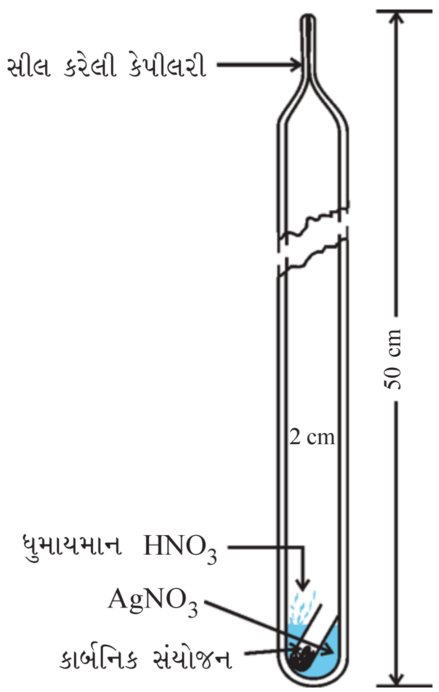
$\therefore$ 20 mL 1 M એમોનિયા = $\frac{14 \times 20}{1000}$ g નાઇટ્રોજન ધરાવે છે.

નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{14 \times 20 \times 1000}{1000 \times 0.5}$

= 56 %

12.10.3 હેલોજન તત્ત્વો (Halogens)

કેરિયસ પદ્ધતિ : કાર્બનિક સંયોજનના નિશ્ચિત જથ્થાને કેરિયસ નળીમાં લઈને સિલ્વર નાઇટ્રેટની હાજરીમાં ધુમાયમાન નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 12.17).



આકૃતિ 12.17 કેરિયસ પદ્ધતિ. હેલોજનયુક્ત કાર્બનિક સંયોજનને સિલ્વર નાઇટ્રેટની હાજરીમાં ધુમાયમાન નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે.

કાર્બનિક સંયોજનમાં રહેલા કાર્બન અને હાઇડ્રોજન અનુક્રમે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણીમાં ઑક્સિડેશન પામે છે, જ્યારે હેલોજન અનુરૂપ સિલ્વર હેલાઇડમાં (AgX) રૂપાંતરણ પામે છે. જેને ગાળી, ધોઈ, શુષ્ક કરવામાં આવે છે, બાદમાં તેનું વજન કરવામાં આવે છે.

ધારો કે, કાર્બનિક પદાર્થનું દળ = m g

બનેલા AgXનું દળ = m_1 g

1 મોલ AgX 1 મોલ X ધરાવે છે.

m_1 g AgX માં હેલોજનનું દળ =

$$\frac{\text{Xનું પરમાણ્વીયદળ} \times m_1 \text{ g}}{\text{AgXનું આણ્વીયદળ}}$$

હેલોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ =

$$\frac{\text{Xનું પરમાણ્વીયદળ} \times m_1 \times 100}{\text{AgXનું આણ્વીયદળ} \times m}$$

કોયડો 12.23

હેલોજનના પરિમાપન માટેની કેરિયસ પદ્ધતિમાં 0.15 g કાર્બનિક સંયોજન 0.12 g AgBr આપે છે, તો સંયોજનમાં રહેલા બ્રોમિનનું ટકાવાર પ્રમાણ શોધો.

ઉકેલ :

AgBrનું આણ્વીયદળ = 108 + 80

= 188 g mol^{-1}

188 g AgBr 80 g બ્રોમિન ધરાવે છે.

0.12 g AgBr $\frac{80 \times 0.12}{188}$ g બ્રોમિન ધરાવે છે.

બ્રોમિનનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{80 \times 0.12 \times 100}{188 \times 0.15}$

= 34.04 %

12.10.4 સલ્ફર (Sulphur)

કાર્બનિક સંયોજનના નિશ્ચિત જથ્થાને કેરિયસ નળીમાં લઈને સોડિયમ પેરૉક્સાઇડ અથવા ધુમાયમાન નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે. જેથી સંયોજનમાં રહેલો સલ્ફર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં ઑક્સિડેશન પામે છે. તેને બેરિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણના વધુ પ્રમાણ સાથે મિશ્ર કરી બેરિયમ સલ્ફેટ સ્વરૂપે અવક્ષેપિત કરી શકાય છે. આ અવક્ષેપને ગાળી, ધોઈ, શુષ્ક કરી વજન કરવામાં આવે છે. બેરિયમ સલ્ફેટના દળના આધારે સલ્ફરનું ટકાવાર પ્રમાણ જાણી શકાય છે.

ધારો કે, કાર્બનિક પદાર્થનું દળ = m g

બનતા બેરિયમ સલ્ફેટનું દળ = m_1 g

1 મોલ $BaSO_4$ = 233 g $BaSO_4$ = 32 g સલ્ફર

m_1 g $BaSO_4$ $\frac{32 \times m_1}{233}$ g સલ્ફર ધરાવે છે.

સલ્ફરનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{32 \times m_1 \times 100}{233 \times m}$

કોયડો 12.24

સલ્ફરના પરિમાપનમાં 0.157 g કાર્બનિક પદાર્થ 0.4813 g બેરિયમ સલ્ફેટ આપે છે, તો સંયોજનમાં રહેલા સલ્ફરનું ટકાવાર પ્રમાણ કેટલું હશે ?

ઉકેલ :

$BaSO_4$નું આણ્વીયદળ = 137 + 32 + 64

= 233 g

233 g $BaSO_4$ 32 g સલ્ફર ધરાવે છે.

$\therefore$ 0.4813 g $BaSO_4$ $\frac{32 \times 0.4813}{233}$ g સલ્ફર ધરાવે છે.

સલ્ફરનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{32 \times 0.4813 \times 100}{233 \times 0.157}$

= 42.10 %

12.10.5 ફૉસ્ફરસ (Phosphorus)

કાર્બનિક સંયોજનના નિશ્ચિત જથ્થાને ધુમાયમાન નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ગરમ કરવાથી તેમાં રહેલો ફૉસ્ફરસ ફોસ્ફોરિક ઍસિડમાં ઑક્સિડેશન પામે છે. જેમાં એમોનિયા અને એમોનિયમ મોલિબ્ડેટ ઉમેરીને તેને એમોનિયમ ફોસ્ફોમોલિબ્ડેટ $(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3$ સ્વરૂપે અવક્ષેપિત કરી શકાય છે. અન્ય વિકલ્પરૂપે ફોસ્ફોરિક ઍસિડમાં મૅગ્નેશિયા મિશ્રણ ઉમેરીને $MgNH_4PO_4$ સ્વરૂપે અવક્ષેપ મેળવી શકાય છે, જેનું દહન કરતાં $Mg_2P_2O_7$ પ્રાપ્ત થાય છે.

ધારો કે, કાર્બનિક સંયોજનનું દળ = m g

એમોનિયમ ફોસ્ફોમોલિબ્ડેટનું દળ = m_1 g

$(NH_4)_3PO_4 \cdot 12MoO_3$નું આણ્વીયદળ = 1877 g

ફૉસ્ફરસનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{31 \times m_1 \times 100}{1877 \times m}$ %

જો ફૉસ્ફરસનું પરિમાપન $Mg_2P_2O_7$ સ્વરૂપે કરીએ તો,

ફૉસ્ફરસનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{62 \times m_1 \times 100}{222 \times m}$ %

જ્યાં $Mg_2P_2O_7$નું આણ્વીયદળ 222 u, કાર્બનિક સંયોજનનું દળ m g, પ્રક્રિયાને અંતે બનેલા $Mg_2P_2O_7$નું દળ m_1 g, સંયોજનમાં રહેલા બે ફૉસ્ફરસ પરમાણુઓનું દળ 62.

12.10.6 ઑક્સિજન (Oxygen)

કાર્બનિક સંયોજનમાં ઑક્સિજનના ટકાવાર પ્રમાણની ગણતરી કુલ ટકા(100)માંથી અન્ય તત્ત્વોના ટકાવાર પ્રમાણના સરવાળાને બાદ કરવાથી કરી શકાય છે. ઑક્સિજનનું સીધું પરિમાપન નીચે દર્શાવેલી રીતે કરી શકાય છે :

કાર્બનિક સંયોજનના નિશ્ચિત જથ્થાને નાઇટ્રોજન વાયુના પ્રવાહમાં ગરમ કરી વિઘટન કરી શકાય છે. ઑક્સિજન સહિતના ઉત્પન્ન થયેલા વાયુ મિશ્રણને રક્ત તપ્ત કૉક (Coke) પરથી પસાર કરવાથી બધો જ ઑક્સિજન કાર્બન મોનૉક્સાઇડમાં રૂપાંતર પામે છે. ત્યારબાદ આ વાયુ મિશ્રણને ગરમ આયોડિન પેન્ટૉક્સાઇડ (I_2O_5)માંથી પસાર કરવામાં આવે છે, જેથી કાર્બન મોનૉક્સાઇડ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડમાં ઑક્સિડેશન પામે છે અને આયોડિન પણ ઉત્પન્ન થાય છે.

$$\text{સંયોજન} \xrightarrow{\text{ગરમી}} O_2 + \text{અન્ય વાયુમય નીપજો}$$

$$2C + O_2 \xrightarrow{1373\,K} 2CO \qquad (A)$$

$$I_2O_5 + 5CO \rightarrow I_2 + 5CO_2 \qquad (B)$$

સમીકરણ (A) અને (B)ને અનુક્રમે 5 અને 2 વડે ગુણવાથી સમીકરણ (A)માં ઉત્પન્ન થયેલા COનું પ્રમાણ અને સમીકરણ (B)માં વપરાયેલ COનું પ્રમાણ સમાન થાય છે. જેથી સંયોજનમાંથી ઉત્પન્ન થયેલા ઑક્સિજનના દરેક મોલથી બે મોલ CO_2 પ્રાપ્ત થશે. આમ જો 32 ગ્રામ ઑક્સિજન ઉત્પન્ન થાય તો 88 ગ્રામ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ મળે છે.

ધારો કે,

શરૂઆતમાં લીધેલા કાર્બનિક સંયોજનનું દળ = m g

ઉત્પન્ન થયેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું દળ = m_1 g

88 ગ્રામ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ = 32 ગ્રામ ઑક્સિજન

m_1 g કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ $\frac{32 \times m_1}{88}$ g O_2 ધરાવે છે.

ઑક્સિજનનું ટકાવાર પ્રમાણ = $\frac{32 \times m_1 \times 100}{88 \times m}$ %

ઑક્સિજનનું ટકાવાર પ્રમાણ ઉત્પન્ન થયેલા આયોડિનના પ્રમાણ પરથી પણ ગણી શકાય છે.

હાલના સમયમાં કાર્બનિક સંયોજનમાં રહેલા તત્ત્વોનું પરિમાપન સ્વચાલિત પ્રાયોગિક પ્રવિધિઓની (automatic experimental techniques) મદદથી સંયોજનનો સૂક્ષ્મ જથ્થો લઈને પણ કરી શકાય છે. સંયોજનમાં રહેલા કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને નાઇટ્રોજનનું પરિમાપન CHN તત્ત્વ વિશ્લેષક (CHN elemental analyser) તરીકે જાણીતા સાધનથી કરવામાં આવે છે. આ સાધનમાં પદાર્થના બહુ જ ઓછા જથ્થાની (1–3 mg) જરૂર પડે છે તથા તે ખૂબ જ ઓછા સમયમાં તત્ત્વોના પ્રમાણનું મૂલ્ય દર્શાવે છે. આ પદ્ધતિઓની ઊંડાણમાં ચર્ચા આ પુસ્તકના સ્તરથી ઉપરની છે.

સારાંશ

આ એકમમાં આપણે સહસંયોજક બંધના કારણે રચાતા કાર્બનિક સંયોજનના બંધારણ અને પ્રતિક્રિયાત્મકતા સંબંધી કેટલાક પાયાના સિદ્ધાંતોને શીખ્યાં. કાર્બનિક સંયોજનમાં સહસંયોજક બંધની પ્રકૃતિને **કક્ષક સંકરણ** સંકલ્પનાથી સમજાવી શકાય છે, જેના કારણે કાર્બન sp^3, sp^2 અને *sp* સંકૃત કક્ષકો ધરાવી શકે છે. કાર્બનની આ કક્ષકો અનુક્રમે મિથેન, ઈથીન અને ઈથાઈન અણુમાં જોવા મળે છે. આ સંકલ્પનાને આધારે મિથેનનો સમચતુષ્ફલકીય આકાર, ઈથીનનો સમતલીય આકાર અને ઈથાઈનનો રેખીય આકાર સમજાવી શકાય છે. કાર્બનની sp^3 સંકૃત કક્ષક હાઇડ્રોજન પરમાણુની 1 s કક્ષક સાથે સંમિશ્ર થઈ કાર્બન-કાર્બન σ બંધ બનાવે છે. બે નજીકના કાર્બનની અસંકૃત *p* કક્ષકો બાજુએથી સંમિશ્રણ દ્વારા પાઈ (π) બંધ બનાવે છે. કાર્બનિક સંયોજનોને જુદા જુદા બંધારણીય સૂત્રો દ્વારા દર્શાવી શકાય છે. કાર્બનિક સંયોજનોના ત્રિપરિમાણીય બંધારણ **ફાચર (wedge)** અને **ડૅશ (dash)** સૂત્રો દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.

કાર્બનિક સંયોજનોને તેમાં રહેલા ક્રિયાશીલ સમૂહો અથવા તેમના બંધારણને આધારે વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. **ક્રિયાશીલ સમૂહ** વિશિષ્ટ રીતે જોડાયેલા પરમાણુ અને પરમાણુઓનો સમૂહ છે, જે સંયોજનોના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો દર્શાવે છે. કાર્બનિક સંયોજનોનું નામકરણ **IUPAC** (International Union of Pure and Applied Chemistry) દ્વારા નક્કી થયેલા નિયમોને આધારે કરવામાં આવે છે. IUPAC નામકરણમાં નામ અને બંધારણ વચ્ચેના સહસંબંધથી વાચકને બંધારણ લખવામાં મદદ મળે છે.

કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓની ક્રિયાવિધિ પ્રક્રિયાર્થીનું બંધારણ, સહસંયોજક બંધનું વિખંડન, હુમલો કરનાર પ્રક્રિયક, ઈલેક્ટ્રૉન વિસ્થાપન અસર તથા પ્રક્રિયાની પરિસ્થિતિઓ પર આધારિત હોય છે. આ કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓમાં બંધવિખંડન તથા બંધનિર્માણ થાય છે. સહસંયોજકબંધનું વિખંડન **વિષમ વિભાજન** અને **સમવિભાજન** રીતે થાય છે. વિષમવિભાજનથી **કાર્બોકેટાયન** અથવા **કાર્બેનાયન** ઉત્પન્ન થાય છે, જ્યારે સમવિભાજનથી પ્રતિક્રિયાત્મક મધ્યવર્તી તરીકે **મુક્તમુલક** ઉત્પન્ન થાય છે. વિષમ વિભાજન દ્વારા થતી કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓમાં ઈલેક્ટ્રૉનનું દાન કરનાર **કેન્દ્રાનુરાગી** તથા ઈલેક્ટ્રૉનનો સ્વીકાર કરનાર **ઈલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક** ભાગ લે છે. **પ્રેરક**, **સસ્પંદન**, **ઈલેક્ટ્રૉમેરિક** અને **અતિસંયુગ્મન અસરો** કાર્બન-કાર્બન અથવા અન્ય પરમાણુસ્થાનોમાં ધ્રુવીયતા ઉત્પન્ન કરવામાં મદદરૂપ થઈ શકે છે, જેનાથી કાર્બન પરમાણુ અથવા અન્ય પરમાણુઓ ઓછા અને વધુ ઈલેક્ટ્રૉન ઘનતાવાળા સ્થાન બની જાય છે.

કાર્બનિક પ્રક્રિયાઓના મુખ્ય પ્રકાર - **વિસ્થાપન**, **યોગશીલ**, **વિલોપન** અને **પુનર્વિન્યાસ** પ્રક્રિયાઓ છે.

કોઈ પણ કાર્બનિક સંયોજનનું બંધારણ જાણવા માટે તેનું શુદ્ધીકરણ, ગુણાત્મક અને જથ્થાત્મક પૃથક્કરણ કરવામાં આવે છે. શુદ્ધીકરણની વિશિષ્ટ પદ્ધતિઓ જેવી કે ઉર્ધ્વપાતન, નિસ્યંદન અને વિભાગીય નિસ્યંદન સંયોજનોના એક અથવા વધુ ભૌતિક ગુણધર્મોના તફાવત પર આધારિત છે. સંયોજનોના અલગીકરણ, પરખ અને શુદ્ધીકરણ માટે **ક્રોમેટોગ્રાફી** એક અત્યંત ઉપયોગી પદ્ધતિ છે. તેને બે વર્ગમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે : અધિશોષણ અને વિતરણ ક્રોમેટોગ્રાફી. અધિશોષણ ક્રોમેટોગ્રાફી અધિશોષક પર મિશ્રણના ઘટકોના ભિન્ન અધિશોષણ પર આધારિત છે. વિતરણ ક્રોમેટોગ્રાફીમાં મિશ્રણના ઘટકો સ્થિર કલા અને ગતિમાન કલા વચ્ચે સતત વિતરણ પામે છે. સંયોજનને શુદ્ધ સ્વરૂપમાં મેળવ્યા બાદ તેમાં હાજર રહેલા તત્ત્વોની પરખ માટે તેનું ગુણાત્મક પૃથક્કરણ કરવામાં આવે છે. નાઈટ્રોજન, સલ્ફર, હેલોજન અને ફૉસ્ફરસ તત્ત્વોની પરખ **લેસાઈન કસોટી** દ્વારા થાય છે. કાર્બન અને હાઈડ્રોજન તત્ત્વોનું પરિમાપન તેઓને અનુક્રમે કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ અને પાણીમાં રૂપાંતરિત કરીને કરવામાં આવે છે. નાઈટ્રોજનનું પરિમાપન **ડ્યુમા** અથવા **જૅલ્ડાહલ** પદ્ધતિ દ્વારા, હેલોજનનું પરિમાપન **કૅરિયસ** પદ્ધતિ દ્વારા, સલ્ફર અને ફૉસ્ફરસનું પરિમાપન તેઓનું અનુક્રમે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને ફોસ્ફોરિક ઍસિડમાં ઑક્સિડેશન કરીને કરવામાં આવે છે. ઑક્સિજનના ટકાવાર પ્રમાણનું પરિમાપન કુલ ટકા (100)માંથી અન્ય હાજર તત્ત્વોના ટકાવાર પ્રમાણના સરવાળાને બાદ કરવાથી કરી શકાય છે.

સ્વાધ્યાય

12.1 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાંના પ્રત્યેક કાર્બન કઈ સંકરણ અવસ્થા ધરાવે છે ?

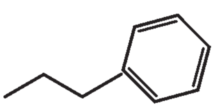
$CH_2{=}C{=}O$, $CH_3CH{=}CH_2$, $(CH_3)_2CO$, $CH_2{=}CHCN$, C_6H_6

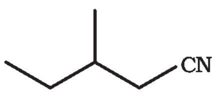
12.2 નીચે દર્શાવેલા અણુઓમાં σ અને π બંધો દર્શાવો :

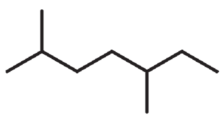
C_6H_6, C_6H_{12}, CH_2Cl_2, $CH_2{=}C{=}CH_2$, CH_3NO_2, $HCONHCH_3$

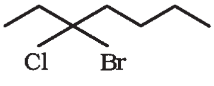
12.3 બંધરેખા સૂત્રો લખો : આઈસોપ્રોપાઈલ આલ્કોહૉલ, 2,3-ડાયમિથાઈલબ્યુટેનાલ, હેપ્ટેન-4-ઑન

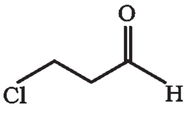
12.4 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના IUPAC નામ લખો :

(a) 

(b) 

(c) 

(d) 

(e) 

(f) Cl_2CHCH_2OH

12.5 નીચે દર્શાવેલા પૈકી કયું નામ કાર્બનિક સંયોજન માટે IUPAC પદ્ધતિ મુજબ સાચું છે ?

(a) 2,2-ડાયમિથાઈલપેન્ટેન **અથવા** 2-ડાયમિથાઈલપેન્ટેન

(b) 2,4,7-ટ્રાયમિથાઈલઓક્ટેન **અથવા** 2,5,7-ટ્રાયમિથાઈલઓક્ટેન

(c) 2-ક્લોરો-4-મિથાઈલપેન્ટેન **અથવા** 4-ક્લોરો-2-મિથાઈલપેન્ટેન

(d) બ્યુટ-3-આઈન-1-ઑલ **અથવા** બ્યુટ-4-ઑલ-1-આઈન

12.6 નીચે જણાવેલા સંયોજનથી શરૂઆત કરી પ્રત્યેકની સમાનધર્મી શ્રેણીના પ્રથમ પાંચ સભ્યોના સૂત્રો દોરો :

(a) HCOOH (b) CH_3COCH_3 (c) H–CH=CH_2

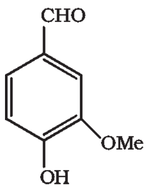
12.7 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનો માટે સંઘનિત અને બંધરેખા બંધારણીય સૂત્રો દોરો અને જો તેમાં કોઈ ક્રિયાશીલ સમૂહ હોય તો તેને ઓળખો :

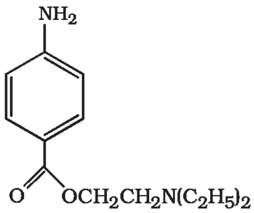
(a) 2,2,4-ટ્રાયમિથાઈલપેન્ટેન

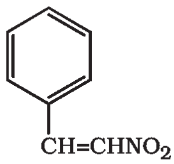
(b) 2-હાઈડ્રૉક્સિ-1,2,3-પ્રોપેનટ્રાયકાર્બોક્સિલિક ઍસિડ

(c) હેક્ઝેનડાયાલ

12.8 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં ક્રિયાશીલ સમૂહને ઓળખો :

(a) 

(b) 

(c) 

12.9 $O_2NCH_2CH_2O^-$ અથવા $CH_3CH_2O^-$ પૈકી કોણ વધુ સ્થાયી છે ? શા માટે ?

12.10 π-પ્રણાલી સાથે જોડાયેલા આલ્કાઈલ સમૂહો શા માટે ઇલેક્ટ્રૉન દાતા તરીકે વર્તે છે ? સમજાવો.

12.11 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના સસ્પંદન બંધારણો દોરો, તેમાંના ઇલેક્ટ્રૉન સ્થાનાંતરને વક્રતીર વડે દર્શાવો.

(a) C_6H_5OH (b) $C_6H_5NO_2$ (c) $CH_3CH{=}CHCHO$ (d) C_6H_5–CHO

(e) $C_6H_5\text{–}\overset{+}{C}H_2$ (f) $CH_3CH{=}CH\overset{+}{C}H_2$

12.12 ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક અને કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક એટલે શું ? ઉદાહરણ સહિત સમજાવો.

12.13 નીચે દર્શાવેલા સમીકરણોમાં ઘાટા અક્ષરે લખાયેલા પ્રક્રિયકોને કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક અથવા ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક તરીકે ઓળખી બતાવો :

(a) $CH_3COOH + \mathbf{HO^-} \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

(b) $CH_3COCH_3 + \mathbf{\bar{C}N} \rightarrow (CH_3)_2C(CN)(OH)$

(c) $C_6H_5 + \mathbf{CH_3\overset{+}{C}O} \rightarrow C_6H_5COCH_3$

12.14 નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓને તમે આ એકમમાં અભ્યાસ કર્યો હોય તેવી પ્રક્રિયાઓમાં વર્ગીકૃત કરો :

(a) $CH_3CH_2Br + HS^- \rightarrow CH_3CH_2SH + Br^-$

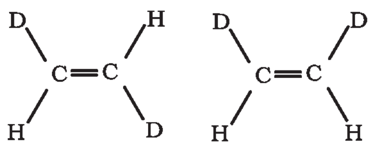
(b) $(CH_3)_2C = CH_2 + HCl \rightarrow (CH_3)_2ClC - CH_3$

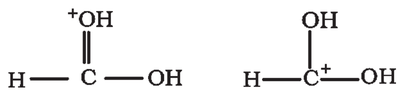
(c) $CH_3CH_2Br + HO^- \rightarrow CH_2 = CH_2 + H_2O + Br^-$

(d) $(CH_3)_3C - CH_2OH + HBr \rightarrow (CH_3)_2CBrCH_2CH_2CH_3 + H_2O$

12.15 નીચે દર્શાવેલા બંધારણોની જોડીના સભ્યો વચ્ચે શું સંબંધ છે ? તેઓ બંધારણીય સમઘટકો છે કે ભૌમિતિક સમઘટકો છે કે સસ્પંદન બંધારણો છે ?

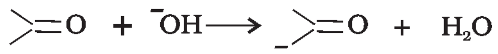
(a)

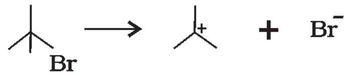
(b) 

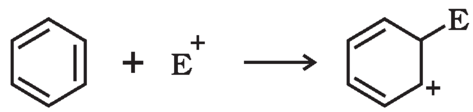
(c) 

12.16 નીચે દર્શાવ્યા મુજબના બંધના ખંડન માટે ઇલેક્ટ્રૉન સ્થાનાંતરને વક્રતીર વડે દર્શાવો તથા પ્રત્યેકને સમવિભાજન અથવા વિષમવિભાજનમાં વર્ગીકૃત કરી બનતા પ્રતિક્રિયાત્મક મધ્યવર્તીને મુક્તમૂલક, કાર્બોકેટાયન કે કાર્બનાયન તરીકે ઓળખો.

(a) $CH_3O - OCH_3 \rightarrow CH_3\dot{O} + \dot{O}CH_3$

(b) 

(c) 

(c) 

12.17 પ્રેરક અસર અને ઇલેક્ટ્રોમેરિક અસર શબ્દોને વ્યાખ્યાયિત કરો. કઈ ઇલેક્ટ્રૉન વિસ્થાપન અસર, નીચે દર્શાવેલા કાર્બોક્સિલિક ઍસિડની એસિડિકતાનો સાચો ક્રમ સમજાવી શકે છે ?

(a) $Cl_3CCOOH > Cl_2CHCOOH > ClCH_2COOH$

(b) $CH_3CH_2COOH > (CH_3)_2CHCOOH > (CH_3)_3C \cdot COOH$

12.18 નીચે દર્શાવેલી પદ્ધતિઓના સિદ્ધાંતોને એક-એક ઉદાહરણ આપીને ટૂંકમાં વર્ણવો :

(a) સ્ફટિકિકરણ (b) નિસ્યંદન (c) ક્રોમેટોગ્રાફી

12.19 જે બે સંયોજનોની દ્રાવ્યતા દ્રાવક Sમાં ભિન્ન હોય તેમના અલગીકરણ માટેની પદ્ધતિનું વર્ણન કરો.

12.20 નિસ્યંદન, નીચા દબાણે નિસ્યંદન અને વરાળ નિસ્યંદન વચ્ચેનો તફાવત જણાવો.

12.21 લેસાઇન કસોટીનું રસાયણવિજ્ઞાન ચર્ચો.

12.22 કાર્બનિક સંયોજનમાં રહેલા નાઇટ્રોજન તત્ત્વના પરિમાપન માટેની (i) ડ્યૂમા પદ્ધતિ (ii) જૅલ્ડાહલ પદ્ધતિના સિદ્ધાંતો વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો.

12.23 કાર્બનિક સંયોજનમાં રહેલા હેલોજન, સલ્ફર અને ફૉસ્ફરસ તત્ત્વોના પરિમાપન માટેની પદ્ધતિના સિદ્ધાંતની ચર્ચા કરો.

12.24 પેપર ક્રોમેટોગ્રાફીના સિદ્ધાંતને સમજાવો.

12.25 હેલોજનની કસોટીમાં સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષમાં સિલ્વર નાઇટ્રેટની અગાઉ શા માટે નાઇટ્રિક ઍસિડ ઉમેરવામાં આવે છે ?

12.26 નાઇટ્રોજન, સલ્ફર અને હેલોજનની પરખ માટે કાર્બનિક પદાર્થનું સોડિયમ ધાતુ સાથે પીગલન કરવાનું કારણ સમજાવો.

12.27 કેલ્શિયમ સલ્ફેટ અને કપૂરના (camphor) મિશ્રણના અલગીકરણ માટે યોગ્ય પદ્ધતિનું નામ જણાવો.

12.28 વરાળ નિસ્યંદન દરમિયાન કાર્બનિક પ્રવાહી તેના ઉત્કલનબિંદુથી નીચા તાપમાને શા માટે ઉકળે છે ? સમજાવો.

12.29 શું CCl_4 ને સિલ્વર નાઇટ્રેટની સાથે ગરમ કરવાથી AgCl ના સફેદ અવક્ષેપ મળશે ? તમારા ઉત્તરના કારણો આપો.

12.30 કાર્બનિક સંયોજનમાં રહેલા કાર્બનના પરિમાપન દરમિયાન ઉત્પન્ન થતા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુને શા માટે પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડના દ્રાવણમાં શોષવામાં આવે છે ?

12.31 સલ્ફરની પરખ માટેની લેડ એસિટેટ કસોટી દરમિયાન સોડિયમ પીગલન નિષ્કર્ષને ઍસિડિક બનાવવા માટે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનો ઉપયોગ ન કરતાં ઍસિટિક ઍસિડનો ઉપયોગ શા માટે કરવામાં આવે છે ?

12.32 એક કાર્બનિક સંયોજનમાં 69 % કાર્બન અને 4.8 % હાઇડ્રોજન અને બાકીનો ઑક્સિજન છે. આ સંયોજનના 0.20 g નું સંપૂર્ણ દહન થઈને ઉત્પન્ન થતાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણીના દળની ગણતરી કરો.

12.33 0.50 g કાર્બનિક પદાર્થનું જેલ્ડાહલ પદ્ધતિથી પરિમાપન કરતાં ઉત્પન્ન થતાં એમોનિયા વાયુને 50 mL 0.5 MH_2SO_4 માં શોષવામાં આવ્યો હતો, બાકી રહેલા ઍસિડના તટસ્થીકરણ માટે 60 mL 0.5 M સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડની જરૂર પડી, તો સંયોજનમાં નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ શોધો.

12.34 ક્લોરિનયુક્ત 0.3780 g કાર્બનિક સંયોજન કેરિયસ પદ્ધતિ દરમિયાન 0.5740 g સિલ્વર ક્લોરાઇડ આપે છે. સંયોજનમાં હાજર રહેલા ક્લોરિનનું ટકાવાર પ્રમાણ ગણો.

12.35 કેરિયસ પદ્ધતિ દ્વારા સલ્ફરના પરિમાપન દરમિયાન 0.468 g કાર્બનિક પદાર્થમાંથી 0.668 g બેરિયમ સલ્ફેટ પ્રાપ્ત થયો તો આપેલા સંયોજનમાં સલ્ફરનું ટકાવાર પ્રમાણ શોધો.

12.36 $CH_2=CH–CH_2–CH_2–C≡CH$ સંયોજનમાં $C_2–C_3$ બંધમાં નીચેના પૈકી સંકૃત કક્ષકોની કઈ જોડ સંકળાયેલી છે ?

(a) $sp – sp^2$ (b) $sp – sp^3$ (b) $sp^2 – sp^3$ (b) $sp^3 – sp^3$

12.37 કાર્બનિક સંયોજનમાં નાઇટ્રોજનની પરખ માટેની કસોટી દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં પ્રુસિયન બ્લુ રંગ નીચેના પૈકી કોના કારણે હોય છે ?

(a) $Na_4[Fe(CN)_6]$ (b) $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ (c) $Fe_2[Fe(CN)_6]$ (d) $Fe_3[Fe(CN)_6]_4$

12.38 નીચેના પૈકી કયું કાર્બોકેટાયન વધુ સ્થાયી છે ?

(a) $(CH_3)_3C\cdot\overset{+}{C}H_2$ (b) $(CH_3)_3\overset{+}{C}$ (c) $CH_3CH_2\overset{+}{C}H_2$ (d) $CH_3\overset{+}{C}HCH_2CH_3$

12.39 કાર્બનિક પદાર્થની પરખ, શુદ્ધીકરણ અને અલગીકરણ માટેની સર્વોત્તમ અને આધુનિક પદ્ધતિ એટલે...

(a) સ્ફટિકિકરણ (b) નિસ્યંદન (c) ઉર્ધ્વપાતન (d) ક્રોમેટોગ્રાફી

12.40 $CH_3CH_2I + KOH(aq) \rightarrow CH_3CH_2OH + KI$ પ્રક્રિયાને નીચે દર્શાવેલા પૈકી શેમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે ?

(a) ઈલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન (b) કેન્દ્રાનુરાગી વિસ્થાપન (c) વિલોપન (d) યોગશીલ

હાઇડ્રોકાર્બન (Hydrocarbons)

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- IUPAC નામકરણ પદ્ધતિ મુજબ હાઇડ્રોકાર્બનના નામ જણાવી શકશો.
- આલ્કેન, આલ્કીન, આલ્કાઈનના સમઘટકોની ઓળખ કરી શકશો અને તેમના બંધારણો લખી શકશો.
- હાઇડ્રોકાર્બનની બનાવટ માટેની વિવિધ પદ્ધતિઓ વિષે શીખશો.
- ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મોના આધારે આલ્કેન, આલ્કીન, આલ્કાઈન અને ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન વચ્ચેના ભેદ સમજી શકશો.
- ઈથેનના વિવિધ સંરૂપોને દોરી શકશો અને તેમની વચ્ચેનો તફાવત સમજી શકશો.
- હાઇડ્રોકાર્બનની ઊર્જાસ્રોત તરીકેની ભૂમિકા તથા ઔદ્યોગિક ઉપયોગિતાની નોંધ લઈ શકશો.
- ઇલેક્ટ્રૉનીય ક્રિયાવિધિના આધારે અસમમિત આલ્કીન અને આલ્કાઈન સંયોજનોની યોગશીલ નીપજ બનવાનું અનુમાન કરી શકશો.
- બેન્ઝિનનું બંધારણ વર્ણવી શકશો, ઍરોમૅટિકતા સમજાવી શકશો અને ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ સમજી શકશો.
- એક વિસ્થાપિત બેન્ઝિન વલયમાં વિસ્થાપક સમૂહોની સ્થાન નિર્દેશક અસરનું અનુમાન કરી શકશો.
- કેન્સરજન્યતા અને વિષાલુતા અંગે શીખશો.

હાઇડ્રોકાર્બન ઊર્જાના મુખ્ય સ્રોત છે.

હાઇડ્રૉકાર્બન શબ્દ સ્વયં સ્પષ્ટ છે, જેનો અર્થ માત્ર કાર્બન અને હાઇડ્રોજનના સંયોજનો એમ થાય છે. આપણા રોજિંદા જીવનમાં હાઇડ્રોકાર્બન મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. તમે LPG અને CNG જેવા સંક્ષિપ્ત શબ્દોથી પરિચિત હશો, જેને ઇંધણ તરીકે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. LPG પ્રવાહીકૃત પેટ્રોલિયમ વાયુનું (Liquified Petroleum Gas) ટૂંકું રૂપ છે, જ્યારે CNG સંકોચિત કુદરતી વાયુનું (Compressed Natural Gas) ટૂંકું રૂપ છે. હાલમાં બીજો સંક્ષિપ્ત શબ્દ LNG (Liquified Natural Gas) પ્રવાહીકૃત કુદરતી વાયુ માટે પ્રચલિત છે. આ પણ ઇંધણ છે, જે કુદરતી વાયુના પ્રવાહીકરણથી પ્રાપ્ત થાય છે. પેટ્રોલિયમ પૃથ્વીના પોપડાની નીચેથી મળે છે, જેનું વિભાગીય નિસ્યંદન કરતા પેટ્રોલ, ડીઝલ તથા કેરોસીન પ્રાપ્ત થાય છે. કોલગૅસ કોલસાના વિચ્છેદક નિસ્યંદનથી (destructive distillation) પ્રાપ્ત થાય છે. કુદરતી વાયુ, તેલના કૂવાઓના ખોદાણ દરમિયાન ઉપરના સ્તરમાંથી મળે છે. સંકોચિત કરેલા વાયુને સંકોચિત કુદરતી વાયુ કહે છે. LPGનો ઉપયોગ ઘરેલુ ઇંધણ તરીકે થાય છે, જે સૌથી ઓછું પ્રદૂષણ કરનાર વાયુ છે. કેરોસીનનો ઉપયોગ પણ ઘરેલુ ઇંધણ તરીકે થાય છે પણ તેનાથી થોડુંક પ્રદૂષણ થાય છે. સ્વયંસંચાલિત (Automobile) વાહનોના ઇંધણ માટે પેટ્રોલ, ડીઝલ તથા CNG જરૂરી બને છે. પેટ્રોલ અને CNGથી ચાલતા વાહનોથી પ્રદૂષણ ઓછું થાય છે. આ બધા ઇંધણ હાઇડ્રોકાર્બનના મિશ્રણ હોય છે, જે ઊર્જાના સ્રોત છે. હાઇડ્રોકાર્બનનો ઉપયોગ પોલિથીન, પોલિપ્રોપીન, પોલિસ્ટાયરિન વગેરે પોલિમરના ઉત્પાદનમાં થાય છે. ઊંચા આણ્વીયદળ ધરાવતા હાઇડ્રોકાર્બનનો ઉપયોગ રંગમાં દ્રાવક તરીકે તથા ઘણા રંગકો અને ઔષધોના ઉત્પાદનમાં પ્રારંભિક પદાર્થ તરીકે કરવામાં આવે છે. આમ તમે તમારા રોજિંદા જીવનમાં હાઇડ્રોકાર્બનનું મહત્ત્વ સારી રીતે સમજી શકો છો. આ એકમમાં તમે હાઇડ્રોકાર્બન વિષે વધુ શીખશો.

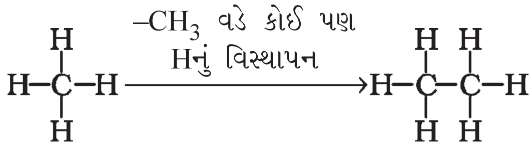
13.1 વર્ગીકરણ (Classification)

હાઇડ્રોકાર્બન વિભિન્ન પ્રકારના હોય છે. તેઓમાં રહેલા કાર્બન-કાર્બન બંધના પ્રકારના આધારે તેઓનું મુખ્યત્વે ત્રણ વર્ગમાં વર્ગીકરણ કરવામાં આવ્યું છે : (i) સંતૃપ્ત (ii) અસંતૃપ્ત (iii) ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન. સંતૃપ્ત

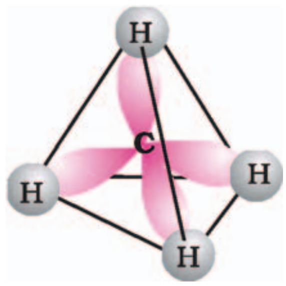
હાઇડ્રોકાર્બનમાં કાર્બન-કાર્બન અને કાર્બન-હાઇડ્રોજન એકલબંધ હોય છે. જો જુદા-જુદા કાર્બન પરમાણુઓ એકબીજા સાથે એકલબંધથી જોડાઈને સરળ શૃંખલા બનાવે તો તેને આલ્કેન કહે છે, જે તમે એકમ 12માં શીખ્યા છો. બીજી તરફ જો કાર્બન પરમાણુઓ બંધ શૃંખલા કે વલય બનાવે તો તેને ચક્રિય આલ્કેન (સાયક્લોઆલ્કેન) કહે છે. અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનમાં કાર્બન-કાર્બન બહુબંધો જેવા કે દ્વિબંધ, ત્રિબંધ અથવા બંને બંધો રહેલા હોય છે. ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન ચક્રિય સંયોજનોનો એક વિશિષ્ટ પ્રકાર છે. તમે કાર્બનની ચતુર્સંયોજકતા તથા હાઇડ્રોજનની એકલ સંયોજકતાને ધ્યાનમાં રાખી આવા અણુઓના બંને પ્રકારના (સરળ શૃંખલા અને બંધ શૃંખલા) અનેક અણુ મૉડેલ બનાવી શકો છો. આલ્કેનના મૉડેલ બનાવવા માટે તમે બંધ તરીકે ટૂથપિક (દાંતખોતરણી) તથા પરમાણુઓ માટે પ્લાસ્ટિકના દડાનો ઉપયોગ કરી શકો છો. આલ્કીન, આલ્કાઈન અને ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન માટે સ્પ્રિંગ મૉડેલ પણ બનાવી શકાય છે.

13.2 આલ્કેન સંયોજનો (Alkanes)

અગાઉ જણાવ્યું છે તે મુજબ આલ્કેન સંયોજનો કાર્બન-કાર્બન એકલબંધ ધરાવતા સંતૃપ્ત મુક્ત શૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો છે. મિથેન (CH_4) આ પરિવારનો પ્રથમ સભ્ય છે. મિથેન એક વાયુ છે, જે કોલસાની ખાણ તથા પંકિલ ભૂમિમાં (marshy places) મળી આવે છે. જો તમે મિથેનના એક હાઇડ્રોજન પરમાણુનું વિસ્થાપન કાર્બન પરમાણુ દ્વારા કરી, હાઇડ્રોજન પરમાણુની આવશ્યક સંખ્યા જોડીને જોડાયેલ બીજા કાર્બનની ચતુર્સંયોજકતાને સંતોષો તો તમને શું પ્રાપ્ત થશે ? તમને C_2H_6 અણુ પ્રાપ્ત થશે. આ હાઇડ્રોકાર્બન કે જેનું આણ્વીય સૂત્ર C_2H_6 છે તે ઈથેન કહેવાય છે. આમ તમે CH_4ના એક હાઇડ્રોજન પરમાણુનું વિસ્થાપન $-CH_3$ સમૂહ દ્વારા કરી C_2H_6 મેળવી શકો છો. આ પ્રમાણે તમે હાઇડ્રોજનને મિથાઈલ સમૂહ દ્વારા વિસ્થાપિત કરીને અન્ય કેટલાક આલ્કેન બનાવી શકો છો. આ રીતે મળતાં અણુઓ C_3H_8, C_4H_{10},... વગેરે હશે.



આ હાઇડ્રોકાર્બન સામાન્ય પરિસ્થિતિઓમાં નિષ્ક્રિય હોય છે. કારણ કે તે ઍસિડ, બેઇઝ અને અન્ય પ્રક્રિયકો સાથે કોઈ પ્રક્રિયા કરતો નથી. તેથી શરૂઆતમાં તેઓને પૅરાફિન (લૅટિન શબ્દો : Purum - થોડું, affinis - ક્રિયાશીલ) કહેવાતું હતું. શું તમે આલ્કેન પરિવાર અથવા **સમાનધર્મી શ્રેણી**ના સામાન્ય સૂત્ર વિષે અનુમાન કરી શકો છો ? આલ્કેનનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n+2} છે, જ્યાં n કાર્બન પરમાણુઓની સંખ્યા તથા 2n + 2 હાઇડ્રોજન પરમાણુની સંખ્યા દર્શાવે છે. શું તમે મિથેન અણુના બંધારણને યાદ કરી શકો છો ? VSEPR સિદ્ધાંત (એકમ 4) મુજબ મિથેનનું બંધારણ સમચતુષ્ફલકીય હોય છે, જે બહુસમતલીય (multiplanar) છે, જેમાં કાર્બન પરમાણુ કેન્દ્રમાં અને ચાર હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ સમતચુષ્ફલકના ચાર ખૂણા પર ગોઠવાયેલા હોય છે. આ પ્રમાણે બધા H–C–H બંધકોણ 109.5^oના હોય છે.



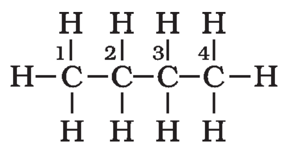
આકૃતિ 13.1 મિથેનનું બંધારણ

આલ્કેન સંયોજનોમાં સમચતુષ્ફલક રચના એકબીજા સાથે જોડાયેલા રહે છે, જેમાં C–C અને C–H બંધલંબાઈ 154 pm અને 112 pm હોય છે (એકમ 12). તમે અગાઉ શીખી ચૂક્યા છો કે C–C અને C–H σ બંધનું નિર્માણ કાર્બન પરમાણુની sp^3 સંકૃત કક્ષક તથા હાઇડ્રોજન પરમાણુઓની 1s કક્ષકોનું સમ્મુખ (બંધ રેખા પર) સંમિશ્રણ થવાથી થાય છે.

13.2.1 નામકરણ અને સમઘટકતા (Nomenclature and Isomerism)

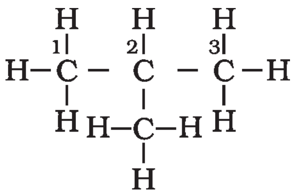
તમે એકમ 12માં કાર્બનિક સંયોજનોના જુદા જુદા વર્ગોના નામકરણ અંગે અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો. આલ્કેનનું નામકરણ અને સમઘટકતાને કેટલાક વધુ ઉદાહરણો દ્વારા વિશેષ સમજી શકાય છે. સામાન્ય નામ કૌંસમાં આપવામાં આવેલું છે. પ્રથમ ત્રણ સભ્યો મિથેન, ઈથેન અને પ્રોપેનમાં માત્ર એક જ બંધારણ જોવા મળે છે, જ્યારે ઉચ્ચતર આલ્કેન સંયોજનોમાં એક કરતા વધુ બંધારણો જોવા મળે છે. ચાલો આપણે C_4H_{10}ના બંધારણો લખીએ. C_4H_{10}માં ચાર કાર્બન પરમાણુઓ સરળ શૃંખલામાં અથવા શાખિત શૃંખલામાં નીચે દર્શાવ્યા મુજબ બે રીતે જોડાયેલા હોય છે.

I



બ્યુટેન (n-બ્યુટેન), (ઉ.બિં. 273 K)

II

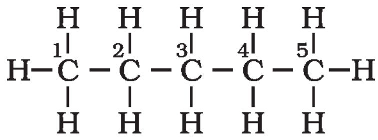


2-મિથાઈલપ્રોપેન (આઇસોબ્યુટેન)

(ઉ.બિં. 261 K)

તમે C_5H_{12}માં રહેલા પાંચ કાર્બન પરમાણુઓ અને બાર હાઇડ્રોજન પરમાણુઓને કેટલી રીતે જોડી શકો છો ? તેઓને બંધારણો III-Vમાં દર્શાવ્યા મુજબ ત્રણ રીતે ગોઠવી શકાય છે.

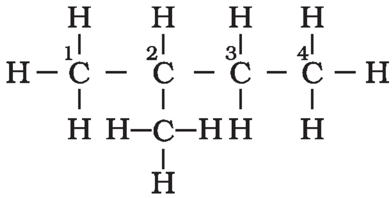
III



પેન્ટેન (n-પેન્ટેન)

(ઉ.બિં. 309 K)

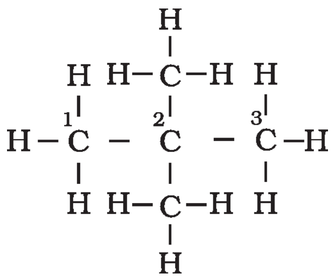
IV



2-મિથાઈલબ્યુટેન (આઇસોપેન્ટેન)

(ઉ.બિં. 301 K)

V



2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપેન (નિયોપેન્ટેન)

(ઉ.બિં. 282.5 K)

બંધારણો I અને II સમાન આણ્વીય સૂત્રો ધરાવે છે, પણ તેઓના ઉત્કલનબિંદુ અને અન્ય ગુણધર્મો જુદા જુદા છે. તેવી જ રીતે બંધારણો III, IV અને V સમાન આણ્વીય સૂત્રો ધરાવે છે, પણ તેઓના ગુણધર્મો જુદા જુદા છે. બંધારણો I અને II બ્યુટેનના સમઘટકો છે, જ્યારે બંધારણો III, IV અને V પેન્ટેનના સમઘટકો છે. તેઓના ગુણધર્મોમાં જોવા મળતો તફાવત તેઓના બંધારણોમાં જોવા મળતા તફાવતને કારણે છે. આથી તેઓને **બંધારણીય સમઘટકો** (structural isomers) કહે છે. વધુમાં બંધારણ I અને III સરળ શૃંખલાવાળું બંધારણ ધરાવે છે. જ્યારે બંધારણ II, IV અને V શાખિત શૃંખલાવાળા બંધારણો ધરાવે છે. આમ, એવા બંધારણીય સમઘટકો કે જેઓ કાર્બન પરમાણુની શૃંખલાને કારણે જુદા પડે છે, તેઓને **શૃંખલા સમઘટકો** (chain isomers) કહેવાય છે. આમ, તમે જોયું કે C_4H_{10} અને C_5H_{12} અનુક્રમે બે અને ત્રણ શૃંખલા સમઘટકો ધરાવે છે.

કોયડો 13.1

આણ્વીય સૂત્ર C_6H_{14} વાળા અણુના વિભિન્ન શૃંખલા સમઘટકો લખો તથા તેઓના IUPAC નામ પણ લખો.

ઉકેલ :

(i) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

n-હેક્ઝેન

(ii) $CH_3 - CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$
  |
  CH_3

2-મિથાઈલપેન્ટેન

(iii) $CH_3 - CH_2 - CH - CH_2 - CH_3$
  |
  CH_3

3-મિથાઈલપેન્ટેન

(iv) $CH_3 - CH - CH - CH_3$
  | |
  CH_3 CH_3

2,3-ડાયમિથાઈલબ્યુટેન

  CH_3
  |
(v) $CH_3 - C - CH_2 - CH_3$
  |
  CH_3

2,2-ડાયમિથાઈલબ્યુટેન

કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડાયેલા અન્ય કાર્બન પરમાણુઓની સંખ્યાના આધારે કાર્બન પરમાણુઓને પ્રાથમિક (1^o), દ્વિતીયક (2^o), તૃતીયક (3^o) અને ચતુર્થક (4^o) કાર્બન પરમાણુ કહે છે. મિથેનમાં જેમ એક કાર્બન પરમાણુ સાથે અન્ય કોઈ કાર્બન પરમાણુ જોડાયેલો નથી તેવા કાર્બનને અથવા ઈથેનમાં જેમ એક કાર્બન પરમાણુ સાથે અન્ય એક કાર્બન પરમાણુ જોડાયેલો છે તેવા કાર્બનને પ્રાથમિક કાર્બન કહે છે. અંતિમ છેડે રહેલા કાર્બન પરમાણુ હંમેશાં પ્રાથમિક પ્રકારના હોય છે. જે કાર્બન પરમાણુ અન્ય બે કાર્બન પરમાણુઓ સાથે જોડાયેલો હોય તેને દ્વિતીયક કાર્બન કહે છે. તૃતીયક કાર્બન ત્રણ કાર્બન પરમાણુઓ સાથે તથા નિયો અથવા ચતુર્થક કાર્બન અન્ય ચાર કાર્બન પરમાણુઓ સાથે જોડાયેલા હોય છે. શું તમે બંધારણ I થી V માં 1^o, 2^o, 3^o અને 4^o કાર્બન પરમાણુઓને ઓળખી શકશો ? જો તમે ઉચ્ચતર આલ્કેનના બંધારણો બનાવતા રહેશો

તો કેટલાય પ્રકારના સમઘટકો મળશે. C_6H_{14}ના પાંચ, C_7H_{16}ના નવ અને $C_{10}H_{22}$ના પંચોતેર સમઘટકો શક્ય છે.

બંધારણો II, IV અને Vમાં તમે જોયું કે $-CH_3$ સમૂહ બીજા કાર્બન સાથે જોડાયેલો છે. આલ્કેનના કાર્બન પરમાણુઓ અથવા અન્ય વર્ગોના સંયોજનોમાં $-CH_3$, $-C_2H_5$, $-C_3H_7$ જેવા સમૂહોને આલ્કાઈલ સમૂહ કહેવાય છે. કારણ કે તેઓને આલ્કેનના હાઇડ્રોજન પરમાણુના વિસ્થાપન દ્વારા પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. આલ્કાઈલ સમૂહનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n+1} (એકમ 12) છે.

ચાલો આપણે અગાઉ એકમ 12માં ચર્ચેલા નામકરણના સામાન્ય નિયમોને યાદ કરીએ. વિસ્થાપિત આલ્કેનના નામકરણને નીચેના કોયડાને ધ્યાને લઈને સમજી શકીશું.

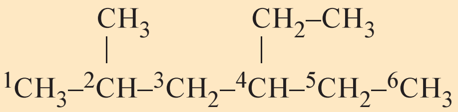
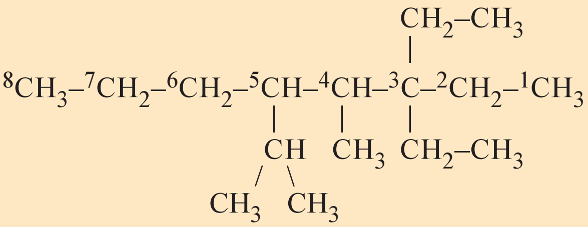
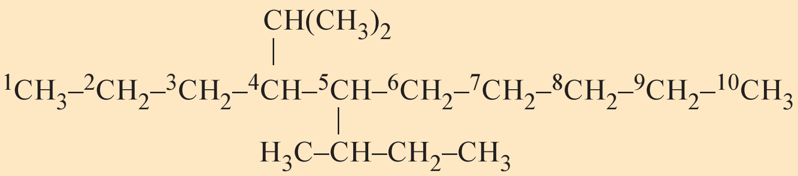
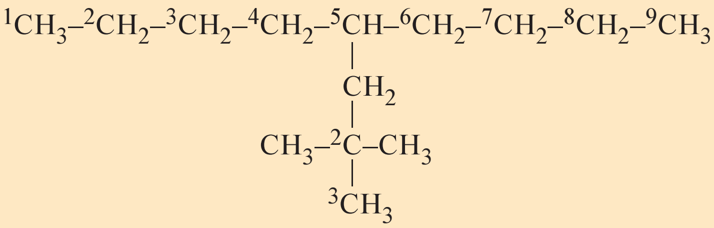
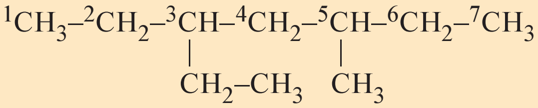
કોયડો 13.2

C_5H_{11} આણ્વીય સૂત્રવાળા આલ્કાઈલ સમૂહના વિવિધ સમઘટકોના બંધારણો લખો તથા વિભિન્ન કાર્બન શૃંખલા પર –OH સમૂહ જોડાવાથી બનતા આલ્કોહૉલના IUPAC નામ જણાવો.

ઉકેલ :

<table>
<tr><th>C_5H_{11} સમૂહના બંધારણો</th><th>અનુવર્તી આલ્કોહૉલ</th></tr>
<tr><td>(i) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 -$</td><td>$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - OH$
પેન્ટેન-1-ઑલ</td></tr>
<tr><td>(ii) $CH_3 - CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$
|</td><td>$CH_3 - CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$
|
OH
પેન્ટેન-2-ઑલ</td></tr>
<tr><td>(iii) $CH_3 - CH_2 - CH - CH_2 - CH_3$
|</td><td>$CH_3 - CH_2 - CH - CH_2 - CH_3$
|
OH
પેન્ટેન-3-ઑલ</td></tr>
<tr><td>CH_3
|
(iv) $CH_3 - CH - CH_2 - CH_2 -$</td><td>$CH_3$
|
$CH_3 - CH - CH_2 - CH_2 - OH$
3-મિથાઈલબ્યુટેન-1-ઑલ</td></tr>
<tr><td>CH_3
|
(v) $CH_3 - CH_2 - CH - CH_2 -$</td><td>$CH_3$
|
$CH_3 - CH_2 - CH - CH_2 - OH$
2-મિથાઈલબ્યુટેન-1-ઑલ</td></tr>
<tr><td>CH_3
|
(vi) $CH_3 - C - CH_2 - CH_3$
|</td><td>CH_3
|
$CH_3 - C - CH_2 - CH_3$
|
OH
2-મિથાઈલબ્યુટેન-2-ઑલ</td></tr>
<tr><td>CH_3
|
(vii) $CH_3 - C - CH_2 -$
|
CH_3</td><td>CH_3
|
$CH_3 - C - CH_2OH$
|
CH_3
2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપેન-1-ઑલ</td></tr>
<tr><td>CH_3
| |
(viii) $CH_3 - CH - CH - CH_3$</td><td>CH_3 OH
| |
$CH_3 - CH - CH - CH_3$
3-મિથાઈલબ્યુટેન-2-ઑલ</td></tr>
</table>

કોષ્ઠક 13.1 કેટલાક કાર્બનિક સંયોજનોનું નામકરણ

બંધારણ અને IUPAC નામ	નોંધ
(a)  (4-ઇથાઇલ-2-મિથાઈલહેક્ઝેન)	ન્યૂનતમ સરવાળો અને અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં ગોઠવણી
(b)  (3,3-ડાયઇથાઈલ-5-આઇસોપ્રોપ્રાઇલ-4-મિથાઈલઑક્ટેન)	ન્યૂનતમ સરવાળો અને અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં ગોઠવણી
(c)  (5-દ્વિતીયક-બ્યુટાઇલ-4-આઇસોપ્રોપાઇલડેકેન)	અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોની ગોઠવણીમાં દ્વિતીયક(secondary)ને ગણતરીમાં નથી લેવાતો, આઇસોપ્રોપાઇલને એક શબ્દ માનવામાં આવે છે.
(d)  5-(2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપાઇલ)નોનેન	ઉપશાખામાં વિસ્થાપકોને પુનઃ ક્રમ આપવામાં આવે છે.
(e)  3-ઇથાઈલ-5-મિથાઈલહેપ્ટેન	અંગ્રેજી મૂળાક્ષરોના ક્રમમાં અગ્રીમતાક્રમ

કોયડો 13.3

નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના IUPAC નામ લખો :

(i) $(CH_3)_3$ C CH_2 C $(CH_3)_3$

(ii) $(CH_3)_2$ C $(C_2H_5)_2$

(iii) ટેટ્રા-તૃતીયક-બ્યુટાઇલમિથેન

ઉકેલ :

(i) 2,2,4,4-ટેટ્રામિથાઈલપેન્ટેન

(ii) 3,3-ડાયમિથાઈલપેન્ટેન

(iii) 3,3-ડાય-તૃતીયક-બ્યુટાઇલ-2,2,4,4-ટેટ્રામિથાઈલપેન્ટેન

જો આપેલા બંધારણ પરથી તેનું સાચું IUPAC નામ લખવું મહત્ત્વપૂર્ણ છે તો આપેલા IUPAC નામ પરથી તેનું સાચું બંધારણ લખવું તેટલું જ મહત્ત્વનું છે. તે માટે સૌપ્રથમ જનક આલ્કેનના કાર્બન પરમાણુઓની દીર્ઘતમ શૃંખલાને લખવામાં આવે છે. ત્યારબાદ કાર્બન પરમાણુઓને ક્રમ આપવામાં આવે છે. બાદમાં વિસ્થાપક સમૂહોને યોગ્ય કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડવામાં આવે છે અને અંતમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુની યોગ્ય સંખ્યા દ્વારા કાર્બન પરમાણુની સંયોજકતાને સંતોષવામાં આવે છે. આ બાબતને 3-ઇથાઇલ-2,2-ડાયમિથાઈલપેન્ટેનના બંધારણીય સૂત્રને નીચે જણાવેલા તબક્કા પ્રમાણે દોરીને સ્પષ્ટ કરી શકાય છે.

(i) પાંચ કાર્બન પરમાણુઓની શૃંખલા દોરો :

C – C – C – C – C

(ii) કાર્બન પરમાણુઓને ક્રમ આપો :

$C^1 - C^2 - C^3 - C^4 - C^5$

(iii) ત્રીજા કાર્બન પર ઇથાઇલ સમૂહ અને બીજા કાર્બન પર બે મિથાઈલ સમૂહો જોડો :

$$\begin{array}{ccccccccc} & & CH_3 & & & & & & \\ & & | & & & & & & \\ {}^1C & - & {}^2C & - & {}^3C & - & {}^4C & - & {}^5C \\ & & | & & | & & & & \\ & & CH_3 & & C_2H_5 & & & & \end{array}$$

(iv) પ્રત્યેક કાર્બન પરમાણુની સંયોજકતાને હાઇડ્રોજન પરમાણુઓની આવશ્યક સંખ્યા વડે સંતોષો :

$$\begin{array}{ccccccccc} & & CH_3 & & & & & & \\ & & | & & & & & & \\ CH_3 & - & C & - & CH & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & | & & | & & & & \\ & & CH_3 & & C_2H_5 & & & & \end{array}$$

આમ, આપણે સાચા બંધારણ સુધી પહોંચી જઈએ છીએ. જો તમે આપેલા નામ પરથી બંધારણ લખતા સમજી લીધું હોય તો નીચે દર્શાવેલા કોયડાના ઉકેલ આપો :

કોયડો 13.4

નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના બંધારણીય સૂત્રો લખો :

(i) 3,4,4,5-ટેટ્રામિથાઈલહેપ્ટેન

(ii) 2,5-ડાયમિથાઈલહેક્ઝેન

ઉકેલ :

(i)
$$\begin{array}{ccccccccccccc} & & & & & & CH_3 & & & & & & \\ & & & & & & | & & & & & & \\ CH_3 & - & CH_2 & - & CH & - & C & - & CH & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & & & | & & | & & | & & & & \\ & & & & CH_3 & & CH_3 & & CH_3 & & & & \end{array}$$

(ii)
$$\begin{array}{ccccccccccc} & & CH_3 & & & & & & CH_3 & & \\ & & | & & & & & & | & & \\ CH_3 & - & CH & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH & - & CH_3 \end{array}$$

કોયડો 13.5

નીચે દર્શાવેલા દરેક સંયોજનના બંધારણ દોરો. લખેલા નામ શા માટે ખોટા છે ? સાચા IUPAC નામ લખો.

(i) 2-ઇથાઇલપેન્ટેન

(ii) 5-ઇથાઇલ-3-મિથાઈલહેપ્ટેન

ઉકેલ :

(i)
$$\begin{array}{ccccccccc} CH_3 & - & CH & - & CH_2 & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & | & & & & & & \\ & & C_2H_5 & & & & & & \end{array}$$

આ સંયોજનની દીર્ઘતમ શૃંખલા પાંચ કાર્બન પરમાણુઓની નહિ પણ છ કાર્બન પરમાણુઓની હોવી જોઈએ, તેથી સાચું નામ 3-મિથાઈલહેક્ઝેન છે.

(ii)
$$\begin{array}{ccccccccccccc} 7 & & 6 & & 5 & & 4 & & 3 & & 2 & & 1 \\ CH_3 & - & CH_2 & - & CH & - & CH_2 & - & CH & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & & & | & & & & | & & & & \\ & & & & CH_3 & & & & C_2H_5 & & & & \end{array}$$

આ સંયોજનમાં કાર્બન પરમાણુઓનો ક્રમ એ છેડેથી શરૂ કરવો જોઈએ કે જે છેડે ઇથાઇલ સમૂહને ક્રમ ઓછો મળે. તેથી સાચું નામ 3-ઇથાઇલ-5-મિથાઈલહેપ્ટેન છે.

13.2.2 બનાવટ (Preparation)

આલ્કેનના મુખ્ય સ્રોત પેટ્રોલિયમ અને કુદરતી વાયુઓ છે, તેમ છતાં આલ્કેન સંયોજનોને નીચે દર્શાવેલી પદ્ધતિઓ દ્વારા બનાવી શકાય છે.

1. અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનોમાંથી :

સૂક્ષ્મ વિભાજિત ઉદ્દીપક જેવા કે પ્લેટિનમ, પેલેડિયમ અથવા નિકલની હાજરીમાં આલ્કીન અને આલ્કાઈન સંયોજનોમાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ ઉમેરાઈને આલ્કેન સંયોજનો બને છે. આ પ્રક્રિયાને **હાઇડ્રોજનીકરણ** કહે છે. આ ધાતુઓ ડાયહાઇડ્રોજન વાયુને પોતાની સપાટી પર શોષે છે અને હાઇડ્રોજન-હાઇડ્રોજન બંધને સક્રિય કરે છે. પ્લેટિનમ અને પેલેડિયમ ઓરડાના તાપમાને પ્રક્રિયાને ઉદ્દીપિત (catalyse) કરે છે, પરંતુ નિકલ ઉદ્દીપક માટે ઊંચા તાપમાન અને દબાણની જરૂરિયાત રહે છે.

$$\underset{\text{ઈથિન}}{CH_2 = CH_2} + H_2 \xrightarrow{Pt/Pd/Ni} \underset{\text{ઈથેન}}{CH_3 - CH_3} \qquad (13.1)$$

$$\underset{\text{પ્રોપિન}}{CH_3 - CH = CH_2} + H_2 \xrightarrow{Pt/Pd/Ni} \underset{\text{પ્રોપેન}}{CH_3 - CH_2 - CH_3} \qquad (13.2)$$

$$\underset{\text{પ્રોપાઇન}}{CH_3 - C \equiv C - H} + 2H_2 \xrightarrow{Pt/Pd/Ni} \underset{\text{પ્રોપેન}}{CH_3 - CH_2 - CH_3} \qquad (13.3)$$

2. આલ્કાઈલ હેલાઈડ સંયોજનોમાંથી :

(i) આલ્કાઇલ હેલાઈડ સંયોજનોનું (ફ્લોરાઇડ સિવાય) ઝિંક અને મંદ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ વડે રિડક્શન થઈ આલ્કેન સંયોજનો પ્રાપ્ત થાય છે.

$$\underset{\text{ક્લોરોમિથેન}}{CH_3 - Cl} + H_2 \xrightarrow{Zn, H^+} \underset{\text{મિથેન}}{CH_4} + HCl \qquad (13.4)$$

$$C_2H_5-Cl+H_2 \xrightarrow{Zn,H^+} C_2H_6+HCl \quad (13.5)$$
ક્લોરોઇથેન ઇથેન

$$CH_3CH_2CH_2Cl+H_2 \xrightarrow{Zn,H^+} CH_3CH_2CH_3+HCl$$
1-ક્લોરોપ્રોપેન પ્રોપેન (13.6)

(ii) શુષ્ક ઇથરીય દ્રાવણમાં (ભેજમુક્ત) આલ્કાઈલ હેલાઈડ સંયોજનોની સોડિયમ ધાતુ સાથેની પ્રક્રિયા દ્વારા ઉચ્ચતર આલ્કેન સંયોજનો મળે છે. આ પ્રક્રિયાને **વુર્ટઝ પ્રક્રિયા** (Wurtz Reaction) કહેવાય છે. આ પ્રક્રિયાનો ઉપયોગ બેકી સંખ્યામાં કાર્બન પરમાણુઓ ધરાવતાં ઉચ્ચતર આલ્કેન સંયોજનો બનાવવામાં થાય છે.

$$CH_3Br+2Na+BrCH_3 \xrightarrow{\text{શુષ્ક ઇથર}} CH_3-CH_3+2NaBr$$
બ્રોમોમિથેન ઇથેન (13.7)

$$C_2H_5Br+2Na+BrC_2H_5 \xrightarrow{\text{શુષ્ક ઇથર}} C_2H_5-C_2H_5$$
બ્રોમોઇથેન n-બ્યુટેન (13.8)

જો બે અસમાન આલ્કાઈલ હેલાઈડ સંયોજનો લઈએ તો શું થાય ?

3. કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ સંયોજનોમાંથી :

(i) કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ સંયોજનોના સોડિયમ ક્ષારને સોડા લાઈમ (સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડનું મિશ્રણ) સાથે ગરમ કરતાં કાર્બોક્સિલિક ઍસિડ કરતાં એક ઓછા કાર્બન પરમાણુવાળા આલ્કેન સંયોજનો મળે છે. કાર્બોક્સિલિક ઍસિડમાંથી કાર્બન ડાયોક્સાઇડના વિલોપનની આ પ્રક્રિયાને **ડિકાર્બોક્સિલેશન** (decarboxylation) કહે છે.

$$CH_3COO^-Na^++NaOH \xrightarrow[\Delta]{CaO} CH_4+Na_2CO_3$$
સોડિયમ ઇથેનોએટ

કોયડો 13.6

પ્રોપેનની બનાવટ માટે કયા ઍસિડના સોડિયમ ક્ષારની જરૂર પડશે ? આ પ્રક્રિયા માટેનું સમીકરણ લખો.

ઉકેલ :

બ્યુટેનોઇક ઍસિડ

$$CH_3CH_2CH_2COO^-Na^++NaOH \xrightarrow{CaO} CH_3CH_2CH_3+Na_2CO_3$$

(ii) **કૉલ્બેની વિદ્યુતવિભાજન પદ્ધતિ :** કાર્બોક્સિલિક ઍસિડના સોડિયમ અથવા પોટેશિયમ ક્ષારના જલીય દ્રાવણનું વિદ્યુતવિભાજન કરવાથી ઍનોડ પર બેકી સંખ્યામાં કાર્બન પરમાણુઓ ધરાવતો આલ્કેન પ્રાપ્ત થાય છે.

$$2CH_3COO^-Na^++2H_2O$$
સોડિયમ એસિટેટ
↓ વિદ્યુતવિભાજન
$$CH_3-CH_3+2CO_2+H_2+2NaOH \quad (13.9)$$

આ પ્રક્રિયા નીચે દર્શાવેલા માર્ગે થતી હોય છે.

(i) $2CH_3COO^-Na^+ \rightleftharpoons 2CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^-+2Na^+$

(ii) **ઍનોડ પર :**

$$2CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^- \xrightarrow{-2e^-} 2CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\dot{\ddot{O}}: \rightarrow 2\dot{C}H_3+2CO_2\uparrow$$
એસિટેટ આયન — એસિટેટ મુક્તમૂલક — મિથાઈલ મુક્તમૂલક

(iii) $H_3\dot{C}+\dot{C}H_3 \rightarrow H_3C-CH_3\uparrow$

(iv) **કૅથોડ પર :**

$$H_2O+e^- \rightarrow {}^-OH+\dot{H}$$
$$2\dot{H} \rightarrow H_2\uparrow$$

મિથેન આ પદ્ધતિથી બનાવી શકાતો નથી. શા માટે ?

13.2.3 ગુણધર્મો (Properties)

ભૌતિક ગુણધર્મો :

આલ્કેન અણુઓમાં C–C અને C–H બંધની સહસંયોજક લાક્ષણિકતા તથા કાર્બન અને હાઇડ્રોજન પરમાણુઓની વિદ્યુતઋણતામાં ઓછા તફાવતને કારણે મોટા ભાગના આલ્કેન અણુઓ અધ્રુવીય હોય છે. તેઓમાં નિર્બળ વાન્ ડર વાલ્સ બળ રહેલું હોય છે. આ નિર્બળ બળનાં કારણે આલ્કેન શ્રેણીના પ્રથમ ચાર સભ્યો C_1થી C_4 વાયુ, C_5 થી C_{17} પ્રવાહી અને 18 કાર્બન કે તેથી વધુ કાર્બન ધરાવતા આલ્કેન 298 K તાપમાને ઘન સ્વરૂપમાં હોય છે. તેઓ રંગવિહીન અને વાસવિહીન હોય છે. આલ્કેન સંયોજનોના અધ્રુવીય સ્વભાવના આધારે તેઓની પાણીમાં દ્રાવ્યતા અંગે તમે શું વિચારો છો ? પેટ્રોલ હાઇડ્રોકાર્બનનું મિશ્રણ છે. તે સ્વયંસંચાલિત વાહનોમાં ઇંધણ તરીકે ઉપયોગી છે. પેટ્રોલ અને પેટ્રોલિયમમાં નિમ્ન ઘટકો કપડાં પર પડેલા ગ્રીઝના ડાઘને દૂર કરવા ડ્રાયક્લીનીંગમાં ઉપયોગી છે. આ અવલોકનના આધારે તમે ગ્રીઝી (ચીકણા) પદાર્થના સ્વભાવ અંગે શું વિચારો છો ? જો તમે એમ કહેતા હોય કે ગ્રીઝ (ઉચ્ચતમ આલ્કેન સંયોજનોનું મિશ્રણ) અધ્રુવીય છે, એટલે કે જળવિરાગી

પ્રકૃતિ ધરાવે છે તો તમે સાચા છો. પદાર્થની દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા અંગે સામાન્ય રીતે એવું જોવા મળ્યું છે કે ધ્રુવીય પદાર્થ ધ્રુવીય દ્રાવકમાં અને અધ્રુવીય પદાર્થ અધ્રુવીય દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય છે, એટલે કે સમાન સમાનને ઓગાળે છે.

કોષ્ટક 13.2માં વિભિન્ન આલ્કેન સંયોજનોના ઉત્કલનબિંદુ (b.p.) આપવામાં આવ્યા છે. તેના પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે આણ્વીય દળમાં વધારો થવાના સાથે આલ્કેન સંયોજનોના ઉત્કલનબિંદુમાં નિયત વધારો થાય છે. આ તે સત્ય પર આધારિત છે કે આણ્વીય કદ અથવા અણુની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ વધવાની સાથે સાથે તેમાં આંતરઆણ્વીય વાન્ ડર વાલ્સ બળ વધે છે.

પેન્ટેનના ત્રણ સમઘટકો (પેન્ટેન, 2-મિથાઈલબ્યુટેન અને 2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપેન)ના ઉત્કલનબિંદુઓનું (કોષ્ટક 13.1) અવલોકન કરવાથી માલૂમ પડે છે કે પાંચ કાર્બન પરમાણુઓવાળી પેન્ટેનની સરળ શૃંખલાનું ઉત્કલનબિંદુ સૌથી ઊંચું (309.1 K), જ્યારે 2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપેન 282.2 K તાપમાને ઉકળે છે. શાખાઓની સંખ્યા વધવાની સાથે સાથે અણુનો આકાર લગભગ ગોળાકાર (sperical) થઈ જાય છે, તેથી આવા અણુની સંપર્ક સપાટીનું ક્ષેત્રફળ નાનું થઈ જાય છે. પરિણામે ગોળાકાર અણુઓ વચ્ચેના નિર્બળ આંતર આણ્વીય બળને કારણે તેઓનું ઉત્કલનબિંદુ નીચું હોય છે.

રાસાયણિક ગુણધર્મો :

અગાઉ જણાવ્યું છે તેમ આલ્કેન સંયોજનો સામાન્ય રીતે ઍસિડ, બેઇઝ, ઑક્સિડેશનકર્તા અને રિડક્શનકર્તા પ્રત્યે નિષ્ક્રિય હોય છે. તેમ છતાં વિશેષ પરિસ્થિતિઓમાં આલ્કેન સંયોજનો નીચે દર્શાવેલી પ્રક્રિયાઓ આપે છે.

1. વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ

આલ્કેન સંયોજનના એક અથવા વધુ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ હેલોજન, નાઇટ્રોસમૂહ અને સલ્ફોનિક ઍસિડ સમૂહ વડે વિસ્થાપન પામે છે. **હેલોજીનેશન** ઊંચા તાપમાને (573-773K) કે વિસરિત સૂર્યપ્રકાશ કે પારજાંબલી પ્રકાશની હાજરીમાં થાય છે. નિમ્ન આલ્કેન સંયોજનો (નીચા આણ્વીયદળ-વાળા) નાઇટ્રેશન કે સલ્ફોનેશન પ્રક્રિયા આપતા નથી. આ પ્રક્રિયાઓમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુઓનું વિસ્થાપન થાય છે, તેથી તેમને વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ કહેવામાં આવે છે. મિથેનનું ક્લોરિનેશન ઉદાહરણ સ્વરૂપે નીચે દર્શાવ્યું છે.

હેલોજીનેશન

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{ક્લોરોમિથેન}}{CH_3Cl} + HCl \qquad (13.10)$$

$$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{ડાયક્લોરોમિથેન}}{CH_2Cl_2} + HCl \qquad (13.11)$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{ટ્રાયક્લોરોમિથેન}}{CHCl_3} + HCl \qquad (13.12)$$

$$CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{ટેટ્રાક્લોરોમિથેન}}{CCl_4} + HCl \qquad (13.13)$$

કોષ્ટક 13.2 આલ્કેન સંયોજનના ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુમાં તફાવત

આણ્વીય સૂત્ર	નામ	આણ્વીય દળ/u	ઉ.બિં./(K)	ગ.બિં./(K)
CH_4	મિથેન	16	111.0	90.5
C_2H_6	ઈથેન	30	184.4	101.0
C_3H_8	પ્રોપેન	44	230.9	85.3
C_4H_{10}	બ્યુટેન	58	272.4	134.6
C_4H_{10}	2-મિથાઈલપ્રોપેન	58	261.0	114.7
C_5H_{12}	પેન્ટેન	72	309.1	143.3
C_5H_{12}	2-મિથાઈલબ્યુટેન	72	300.9	113.1
C_5H_{12}	2,2-ડાયમિથાઈલપ્રોપેન	72	282.5	256.4
C_6H_{14}	હેક્ઝેન	86	341.9	178.5
C_7H_{16}	હેપ્ટેન	100	371.4	182.4
C_8H_{18}	ઑક્ટેન	114	398.7	216.2
C_9H_{20}	નોનેન	128	423.8	222.0
$C_{10}H_{22}$	ડેકેન	142	447.1	243.3
$C_{20}H_{42}$	આઇકોસેન	282	615.0	236.2

$$CH_3 - CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3 - CH_2Cl + HCl \quad (13.14)$$
ક્લોરોઇથેન

આલ્કેન સંયોજનોની હેલોજન સાથેની પ્રક્રિયાના વેગનો ક્રમ $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ છે. આલ્કેન સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુના વિસ્થાપન પ્રક્રિયાના વેગનો ક્રમ $3^o > 2^o > 1^o$ છે. ફ્લોરિનેશન પ્રક્રિયા પ્રચંડ હોવા છતાં નિયંત્રિત કરી શકાય છે, જ્યારે આયોડિનેશન વધુ ધીમું અને પ્રતિવર્તી હોય છે. આ પ્રક્રિયા HIO_3 અથવા HNO_3 જેવા ઑક્સિડેશનકર્તાની હાજરીમાં થાય છે.

$$CH_4 + I_2 \rightleftharpoons CH_3I + HI \quad (13.15)$$

$$HIO_3 + 5HI \rightarrow 3I_2 + 3H_2O \quad (13.16)$$

મુક્તમૂલક શૃંખલા પ્રક્રિયા દ્વારા થતા હેલોજીનેશનની ક્રિયાવિધિમાં સંકળાયેલા ત્રણ તબક્કાઓ પ્રારંભન (initiation), સંચરણ (propagation) અને સમાપન (termination) નીચે દર્શાવ્યા છે.

ક્રિયાવિધિ

(i) પ્રારંભન : આ પ્રક્રિયા પ્રકાશ અથવા ગરમીની હાજરીમાં ક્લોરિન અણુના સમવિભાજનથી પ્રારંભ થાય છે. Cl–Cl બંધ, C–C અને C–H બંધ કરતાં નિર્બળ છે તેથી તે સરળતાથી તૂટી શકે છે.

$$Cl - Cl \xrightarrow{h\nu} \dot{C}l + \dot{C}l$$
સમવિભાજન ક્લોરિન મુક્તમૂલકો

(ii) સંચરણ : ક્લોરિન મુક્તમૂલક મિથેન અણુ પર હુમલો કરી, C–H બંધને તોડીને પ્રક્રિયાને પુરોગામી દિશામાં આગળ ધકેલી મિથાઈલ મુક્તમૂલક અને H-Cl બનાવે છે.

(a) $CH_4 + \dot{C}l \xrightarrow{h\nu} \dot{C}H_3 + H - Cl$

આ મિથાઈલ મુક્તમૂલક બીજા ક્લોરિન અણુ પર હુમલો કરવાથી ક્લોરિન અણુના સમવિભાજનથી બીજો ક્લોરિન મુક્તમૂલક મળે છે અને $CH_3 - Cl$ બને છે.

(b) $\dot{C}H_3 + Cl - Cl \xrightarrow{h\nu} CH_3 - Cl + \dot{C}l$
ક્લોરિન મુક્તમૂલક

પ્રક્રિયા (a) અને પ્રક્રિયા (b) દરમિયાન અનુક્રમે ઉત્પન્ન થયેલા મિથાઈલ અને ક્લોરિન મુક્તમૂલક પુનઃયોગ્ય સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરી શૃંખલા પ્રક્રિયાનો પ્રારંભ કરે છે. સંચરણ તબક્કામાં પ્રક્રિયા (a) અને (b)થી વધુ પ્રમાણમાં હેલોજનયુક્ત નીપજો નીચે દર્શાવ્યા મુજબ મળે છે :

$$CH_3Cl + \dot{C}l \rightarrow \dot{C}H_2Cl + HCl$$

$$\dot{C}H_2Cl + Cl - Cl \rightarrow CH_2Cl_2 + \dot{C}l$$

(iii) સમાપન : કેટલાક સમય બાદ પ્રક્રિયક વપરાઈ જવાથી કે નીચે જણાવ્યા મુજબની આડપ્રક્રિયાઓ થવાથી પ્રક્રિયા થંભી જાય છે.

(a) $\dot{C}l + \dot{C}l \rightarrow Cl - Cl$

(b) $H_3\dot{C} + \dot{C}H_3 \rightarrow H_3C - CH_3$

(c) $H_3\dot{C} + \dot{C}l \rightarrow H_3C - Cl$

અહીં પ્રક્રિયા (c)માં $CH_3 - Cl$ એક નીપજ મળે છે, પણ મુક્તમૂલકો વપરાઈ જાય છે અને શૃંખલાનું સમાપન થાય છે. ઉપરની ક્રિયાવિધિ આપણને મિથેનના ક્લોરિનેશન દરમિયાન ઉપપેદાશ તરીકે ઇથેન મળવાનું કારણ સમજવામાં મદદરૂપ થાય છે.

2. દહન

આલ્કેન વાયુઓને હવા અથવા ડાયઑક્સિજનની હાજરીમાં ગરમ કરવાથી તેઓનું સંપૂર્ણ ઑક્સિડેશન થઈ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ અને પાણી બને છે અને સાથે સાથે અધિક માત્રામાં ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l); \quad \Delta_cH^\ominus = -890 kJ\ mol^{-1} \quad (13.17)$$

$$C_4H_{10}(g) + 13/2\ O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(l); \quad \Delta_cH^\ominus = -2875.84\ kJ\ mol^{-1} \quad (13.18)$$

કોઈ પણ આલ્કેનના દહન માટેનું સામાન્ય સૂત્ર :

$$C_nH_{2n+2} + \left(\frac{3n+1}{2}\right)O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O \quad (13.19)$$

આલ્કેન સંયોજનના દહન દરમિયાન અધિક માત્રામાં ઉષ્મા પેદા થવાના કારણે તેઓનો ઉપયોગ ઇંધણ તરીકે થાય છે.

અપૂરતી હવા અથવા અપૂરતા ડાયઑક્સિજનને કારણે આલ્કેન સંયોજનોનું અપૂર્ણ દહન થાય છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન કાર્બન બ્લેક નામનો પદાર્થ મળે છે, જેનો ઉપયોગ શાહી, પ્રિન્ટરની શાહી તથા કાળા વર્ણકોના ઉત્પાદનમાં થાય છે. ઉપરાંત કાર્બન બ્લેક કેટલાક સ્થાનોએ પૂરક પદાર્થ (filler) તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

$$CH_4(g) + O_2(g) \xrightarrow[\text{દહન}]{\text{અપૂર્ણ}} C(s) + 2H_2O(l) \qquad (13.20)$$

3. નિયંત્રિત ઑક્સિડેશન

આલ્કેન સંયોજનોની ઊંચા દબાણે હવા કે ડાયઑક્સિજનના નિયંત્રિત પ્રવાહ સાથે યોગ્ય ઉદ્દીપકની હાજરીમાં પ્રક્રિયા થવાથી વિવિધ પ્રકારની ઑક્સિડેશન નીપજ મળે છે.

(i) $2CH_4 + O_2 \xrightarrow{\text{Cu/523K/100 વાતા.}} 2CH_3OH$ (મિથેનોલ) (13.21)

(ii) $CH_4 + O_2 \xrightarrow[\Delta]{Mo_2O_3} HCHO + H_2O$ (મિથેનાલ) (13.22)

(iii) $2CH_3CH_3 + 3O_2 \xrightarrow[\Delta]{(CH_3COO)_2\,Mn} 2CH_3COOH + 2H_2O$ (ઈથેનોઈક ઍસિડ) (13.23)

(iv) સામાન્ય રીતે આલ્કેન સંયોજનો ઑક્સિડેશનને અવરોધે છે, પરંતુ તૃતીયક હાઇડ્રોજન પરમાણુવાળા આલ્કેન પોટેશિયમ પરમૅંગેનેટ દ્વારા ઑક્સિડેશન પામી અનુવર્તી આલ્કોહોલ બનાવે છે.

$$\underset{\text{2-મિથાઈલપ્રોપેન}}{(CH_3)_3CH} \xrightarrow[\text{ઑક્સિડેશન}]{KMnO_4} \underset{\text{2-મિથાઈલપ્રોપેન-2-ઑલ}}{(CH_3)_3COH} \qquad (13.24)$$

4. સમઘટકીકરણ

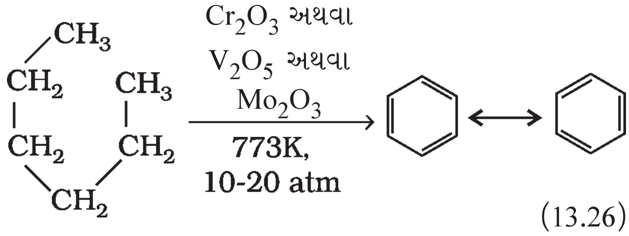
n-આલ્કેન સંયોજનોને નિર્જળ ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ અને હાઇડ્રોજન ક્લોરાઇડ વાયુની હાજરીમાં ગરમ કરતાં તેઓ શાખિત શૃંખલામાં સમઘટીકૃત થાય છે. મુખ્ય નીપજ નીચે સમીકરણમાં દર્શાવેલી છે. કેટલીક અલ્પ પ્રમાણમાં બનતી નીપજ પણ શક્ય હોય છે, જેના વિશે તમે વિચારી શકો છો. સામાન્ય રીતે કાર્બનિક પ્રક્રિયામાં અલ્પપ્રમાણમાં મળતી નીપજોને દર્શાવવામાં આવતી નથી.

$$\underset{\text{n-હેક્ઝેન}}{CH_3(CH_2)_4CH_3} \xrightarrow{\text{નિર્જળ}\cdot AlCl_3/HCl}$$

$$\underset{\text{2-મિથાઈલપેન્ટેન}}{CH_3\underset{\substack{|\\CH_3}}{CH}-(CH_2)_2-CH_3} + \underset{\text{3-મિથાઈલપેન્ટેન}}{CH_3CH_2-\underset{\substack{|\\CH_3}}{CH}-CH_2CH_3} \qquad (13.25)$$

5. ઍરોમૅટિકીકરણ

છ કે તેથી વધુ કાર્બન પરમાણુવાળા n-આલ્કેન સંયોજનોને ઍલ્યુમિનાના આધાર પર રહેલા વેનેડિયમ, મોલિબ્ડેનમ અથવા ક્રોમિયમના ઑક્સાઇડ સંયોજનોની હાજરીમાં 773 K તાપમાને અને 10-20 વાતાવરણ દબાણે ગરમ કરવાથી તેઓ **વિહાઇડ્રોજનીકૃત** (dehydrogenated) થઈને બેન્ઝિન અને તેના સમાનધર્મીઓમાં ચક્રિયકૃત થાય છે. આ પ્રક્રિયાને ઍરોમૅટિકીકરણ અથવા પુનર્નિર્માણ (reforming) કહે છે.



(13.26)

ટોલ્યુઈન (C_7H_8) બેન્ઝિનની મિથાઈલ વ્યુત્પન્ન છે. તમે ટોલ્યુઈનની બનાવટ માટે કયું આલ્કેન સંયોજન સૂચવો છો ?

6. વરાળ સાથે પ્રક્રિયા

મિથેન 1273 K તાપમાને નિકલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં વરાળ સાથે પ્રક્રિયા કરી કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અને ડાયહાઇડ્રૉજન બનાવે છે. આ પદ્ધતિ ડાયહાઇડ્રૉજનના ઔદ્યોગિક ઉત્પાદન માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{Ni} CO + 3H_2 \qquad (13.27)$$

7. ઉષ્મીય વિભાજન

ઉચ્ચતર આલ્કેન સંયોજનોને ઊંચા તાપમાને ગરમ કરતાં તેઓ નિમ્નતર આલ્કેન કે આલ્કીન સંયોજનોમાં વિઘટન પામે છે. ઉષ્માના ઉપયોગથી નાના ઘટકોમાં રૂપાંતર પામવાની આ વિઘટન પ્રક્રિયાને ઉષ્મીય વિભાજન (pyrolysis) કે ઉષ્મીય ભંજન કહે છે.

$$C_6H_{14} \xrightarrow{773K} \begin{cases} C_6H_{12} + H_2 \\ C_4H_8 + C_2H_6 \\ C_3H_6 + C_2H_4 + CH_4 \end{cases} \qquad (13.28)$$

આલ્કેનના ઉષ્મીય વિભાજનને એક મુક્તમૂલક પ્રક્રિયા માનવામાં આવે છે. કેરોસીન તેલ અથવા પેટ્રોલમાંથી તેલ વાયુ (oil gas) અથવા પેટ્રોલ વાયુ (petrol gas) બનાવવાની પ્રક્રિયામાં ઉષ્મીય વિભાજનનો સિદ્ધાંત સમાયેલો છે. દા.ત., ડોડેકેન કે જે કેરોસીન તેલનો ઘટક છે તેને 973 K તાપમાને પ્લેટિનમ, પેલેડિયમ અથવા નિકલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં ગરમ કરવાથી હેપ્ટેન અને પેન્ટીનનું મિશ્રણ મળે છે.

$$\underset{\text{ડોડેકેન}}{C_{12}H_{26}} \xrightarrow[973K]{Pt/Pd/Ni} \underset{\text{હેપ્ટેન}}{C_7H_{16}} + \underset{\text{પેન્ટીન}}{C_5H_{10}} + \text{અન્ય નીપજ} \qquad (13.29)$$

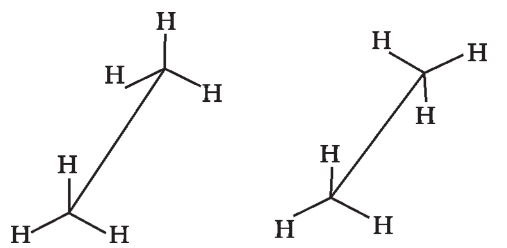
13.2.4 સંરૂપણ (Conformation)

આલ્કેન સંયોજનોમાં કાર્બન-કાર્બન સિગ્મા (σ) બંધો હોય છે. કાર્બન-કાર્બન (C–C) બંધના આંતરકેન્દ્રિય અક્ષની ચારે બાજુ સિગ્મા આણ્વીય કક્ષકનું ઇલેક્ટ્રૉન વિતરણ સમમિત હોય છે, કે જે તેના અક્ષની આસપાસ થતા ભ્રમણથી ખલેલ પામતું નથી. તેથી C–C એકલ બંધની આસપાસ મુક્ત ભ્રમણ થાય છે. આ ભ્રમણના પરિણામે અવકાશમાં પરમાણુઓની વિભિન્ન અવકાશીય ગોઠવણીઓ શક્ય બને છે કે જે એકબીજામાં પરિવર્તન પામી શકે છે. પરમાણુઓની આવી અવકાશીય ગોઠવણી કે જે C–C એકલ બંધના ભ્રમણને કારણે એકબીજામાં પરિવર્તન પામી શકે છે. તેને **સંરૂપણ** (conformation) અથવા **સંરૂપણીય સમઘટકો** (conformers) અથવા **ઘૂર્ણી** (rotamers) કહેવાય છે. આમ, આલ્કેનમાં C–C એકલ બંધના ભ્રમણના કારણે અસંખ્ય સંરૂપણ શક્ય છે, પરંતુ એ બાબત ધ્યાનમાં રાખવી જોઈએ કે C–C એકલ બંધનું ભ્રમણ સંપૂર્ણ મુક્ત નથી હોતું. આ અવરોધ સંલગ્ન બંધો વચ્ચેના નિર્બળ અપાકર્ષણીય પારસ્પરિકક્રિયાને કારણે ઉદ્ભવતા 1-20 kJ mol^{-1} ઊર્જા અવરોધના પરિણામે હોય છે. આ પ્રકારની અપાકર્ષણીય આંતરક્રિયાને **મરોડીવિકૃતિ** (torsional strain) કહેવાય છે.

ઈથેનનું સંરૂપણ : ઈથેન (C_2H_6) અણુમાં કાર્બન-કાર્બન એકલ બંધ હોય છે, જેમાં પ્રત્યેક કાર્બન પરમાણુ પર ત્રણ હાઇડ્રોજન પરમાણુ જોડાયેલા હોય છે. ઈથેનના દડા અને સળી મૉડેલને લઈને જો આપણે એક કાર્બનને સ્થિર રાખી બીજા કાર્બન પરમાણુને C–C અક્ષ પર ભ્રમણ કરાવીએ તો એક કાર્બન પરમાણુના હાઇડ્રોજન બીજા કાર્બન પરમાણુના હાઇડ્રોજનના સંદર્ભમાં અસંખ્ય અવકાશીય ગોઠવણી દર્શાવે છે. જેને **સંરૂપણીય સમઘટકો** (conformational isomers) (Conformers) કે સંરૂપો કહે છે. આમ, ઈથેનને અસંખ્ય સંરૂપો હોય છે. જોકે તેમાંથી બે સંરૂપોનો ચરમ (Extreme) કિસ્સામાં સમાવેશ થાય છે. એક સંરૂપમાં બંને કાર્બન પરમાણુ પરના હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ એકબીજાની વધુ નજીક થઈ જાય છે, જેને **ગ્રસ્ત** (Eclipsed) **સંરૂપણ** કહે છે. બીજા સંરૂપમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુ બીજા કાર્બન પરમાણુના હાઇડ્રોજન પરમાણુઓથી બહુ દૂર હોય છે, જેને **સાંતરિત** (Staggered) **સંરૂપણ** કહે છે. આ સિવાયના કોઈ પણ મધ્યવર્તી સંરૂપણ **વિષમતલીય** (Skew) સંરૂપણ કહેવાય છે. અહીં એ બાબત યાદ રહે કે બધા સંરૂપણોમાં બંધ કોણ અને બંધ લંબાઈ સમાન રહે છે. ગ્રસ્ત અને સાંતરિત સંરૂપણોને **સોહોર્સ** (Sawhorse) અને **ન્યુમેન** (Newman) **પ્રક્ષેપણ** (Projection) દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.

1. સોહોર્સ પ્રક્ષેપણ :

આ પ્રક્ષેપણમાં અણુને આણ્વીય અક્ષની દિશામાં જોવામાં આવે છે. કાગળ પર મધ્યસ્થ C–C દર્શાવવા માટે લાંબી સીધી લીટી દોરવામાં આવે છે. આ લીટીનો ઉપરનો છેડો સહેજ જમણી કે ડાબી બાજુ તરફ નમેલો હોય છે. આગળના કાર્બનને લીટીના નીચેના છેડે દર્શાવવામાં આવે છે, જ્યારે પાછળના કાર્બનને લીટીના ઉપરના છેડે દર્શાવવામાં આવે છે. દરેક કાર્બનને જોડાયેલા ત્રણ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓને ત્રણ લીટી દોરીને દર્શાવી શકાય છે. આ લીટીઓ એકબીજા સાથે 120^o નો ખૂણો બનાવીને નમેલી રહે છે. ઈથેનના ગ્રસ્ત અને સાંતરિત સંરૂપણોને સોહોર્સ પ્રક્ષેપણ દ્વારા આકૃતિ 13.2માં દર્શાવ્યા મુજબ રજૂ કરી શકાય છે.

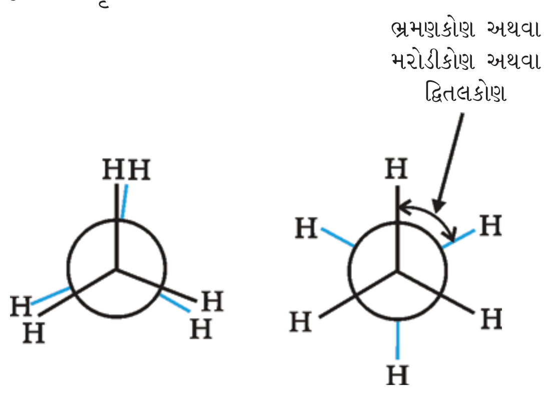


(i) ગ્રસ્ત (Eclipsed) (ii) સાંતરિત (Staggered)

આકૃતિ 13.2 ઈથેનના સોહોર્સ પ્રક્ષેપણો

2. ન્યૂમેન પ્રક્ષેપણ

આ પ્રક્ષેપણમાં અણુને સામેની તરફથી જોવામાં આવે છે. આંખની નજીકના કાર્બનને એક બિંદુ દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. આગળના કાર્બન સાથે જોડાયેલા ત્રણ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓને એકબીજા સાથે 120^oના ખૂણે રહે તેવી ત્રણ લીટીઓથી દર્શાવવામાં આવે છે. અન્ય કાર્બન પરમાણુને (આંખથી દૂર રહેલો કાર્બન પરમાણુ) વર્તુળ દ્વારા દર્શાવી તેની સાથે જોડાયેલા ત્રણ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓને એકબીજા સાથે 120^oના ખૂણે રહે તેવી ત્રણ ટૂંકી લીટીઓથી દર્શાવવામાં આવે છે. ન્યૂમેન પ્રક્ષેપણોને આકૃતિ 13.3માં દર્શાવ્યા છે.



(i) ગ્રસ્ત (ii) સાંતરિત

આકૃતિ 13.3 ઈથેનના ન્યૂમેન પ્રક્ષેપણો

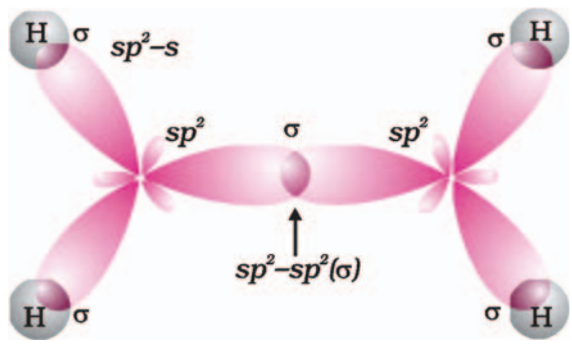
સંરૂપણોની સાપેક્ષ સ્થાયીતા : અગાઉ જણાવ્યું છે તે મુજબ ઈથેનના સાંતરિત (સ્ટેગર્ડ) સંરૂપણમાં કાર્બન-હાઇડ્રોજન બંધના ઇલેક્ટ્રૉન વાદળ એકબીજાથી મહત્તમ અંતરે હોય છે. તેથી તેમાં ન્યૂનતમ અપાકર્ષણબળ, ન્યૂનતમ ઊર્જા તથા અણુની મહત્તમ સ્થાયીતા હોય છે. બીજી તરફ જ્યારે સાંતરિત સંરૂપણ ગ્રસ્ત (ઇકલિપ્સ્ડ) સંરૂપણમાં પરિવર્તન પામે છે ત્યારે કાર્બન-હાઇડ્રોજન બંધનું ઇલેક્ટ્રૉન વાદળ એકબીજાની એટલા નજીક હોય છે કે તેમના ઇલેક્ટ્રૉન વાદળો વચ્ચે અપાકર્ષણ વધતું જાય છે. આ વધેલા અપાકર્ષણને દૂર કરવા માટે અણુને વધુ ઊર્જાની જરૂર પડે છે, તેથી તેની સ્થાયીતા ઘટી જાય છે. અગાઉ જણાવ્યા મુજબ ઇલેક્ટ્રૉન વાદળો વચ્ચેની અપાકર્ષી પારસ્પરિક ક્રિયા કે જે સંરૂપણની સ્થાયીતાને અસર કરે છે તેને **મરોડી વિકૃતિ** કહે છે. મરોડી વિકૃતિની માત્રા C–C એકલબંધના ભ્રમણકોણ પર આધાર રાખે છે. આ ખૂણાને **દ્વિતલકોણ** (dihedral angle) અથવા **મરોડીકોણ** પણ કહે છે. ઈથેનના બધા સંરૂપણોમાં, મરોડીકોણ સાંતરિત સંરૂપણમાં ન્યૂનતમ અને ગ્રસ્ત સંરૂપણમાં મહત્તમ હોય છે. આમ એ તારણ કાઢવામાં આવે છે કે ઈથેનમાં C–C બંધનું ભ્રમણ સંપૂર્ણ મુક્ત નથી. બે ચરમ સંરૂપણો વચ્ચે ઊર્જાનો તફાવત 12.5 kJ mol^{-1} છે, જે અત્યંત ઓછો છે. સામાન્ય તાપમાને ઈથેન અણુ આંતરઆણ્વીય સંઘાત (collisions) દ્વારા ઉષ્મીય અને ગતિજ ઊર્જા મેળવે છે, જે 12.5 kJ mol^{-1} જેટલા ઊર્જા અવરોધને પાર કરવા માટે પૂરતી હોય છે. આમ, ઈથેનમાં કાર્બન-કાર્બન એકલ બંધના ભ્રમણ બધા પ્રાયોગિક કાર્ય માટે લગભગ મુક્ત હોય છે. ઈથેનના વિવિધ સંરૂપણોને અલગ કરવા શક્ય નથી.

13.3 આલ્કીન સંયોજનો (Alkenes)

આલ્કીન સંયોજનો ઓછામાં ઓછો એક દ્વિબંધ ધરાવનારા અસંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો છે. આલ્કીન સંયોજનોનું સામાન્ય સૂત્ર શું હોવું જોઈએ ? જો આલ્કીન સંયોજનોમાં બે કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચે એક દ્વિબંધ હોય તો તેઓમાં આલ્કેન સંયોજનો કરતાં બે હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ ઓછા હોવા જોઈએ. આમ, આલ્કીન સંયોજનોનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n} હોવું જોઈએ. આલ્કીન સંયોજનો કે જેને ઓલીફીન (તૈલી સંયોજનો બનાવનાર) પણ કહે છે. તેના પ્રથમ સભ્ય ઈથીલીન અથવા ઈથીનની ક્લોરિન સાથેની પ્રક્રિયાથી તૈલી પ્રવાહી પ્રાપ્ત થાય છે.

13.3.1 દ્વિબંધનું બંધારણ (Structure of Double Bond)

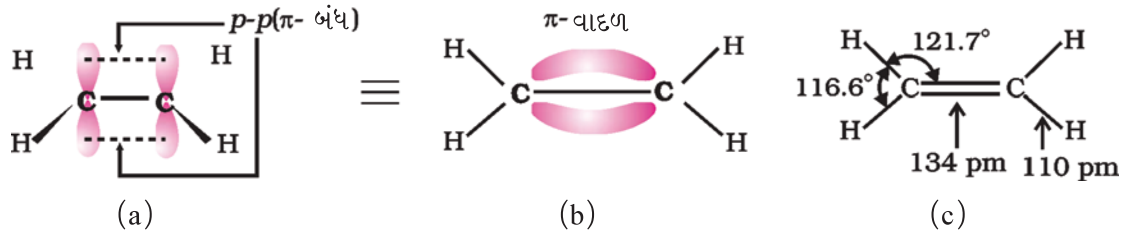
આલ્કીન સંયોજનોમાં કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધ હોય છે, જે પૈકીનો એક મજબૂત સિગ્મા (σ) બંધ (બંધ એન્થાલ્પી આશરે 397 kJ mol^{-1}) હોય છે, જે કાર્બન પરમાણુઓની sp^2 સંકૃત કક્ષકોના સમ્મુખ (બંધરેખા પર) સંમિશ્રણથી બને છે, જ્યારે બે કાર્બન પરમાણુઓની બે $2p$ અસંકૃત કક્ષકોના બાજુથી થતાં સંમિશ્રણના પરિણામે એક નિર્બળ પાઈ (π) બંધ (બંધ એન્થાલ્પી આશરે 284 kJ mol^{-1}) બને છે. કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધની બંધ લંબાઈ (134 pm), કાર્બન-કાર્બન એકલ બંધની બંધલંબાઈ (154 pm) કરતાં ઓછી હોય છે. તમે અગાઉ શીખ્યા છો કે π બંધ બે $2p$ કક્ષકોના બાજુએથી થતાં નિર્બળ સંમિશ્રણના કારણે નિર્બળ હોય છે. તેથી π બંધવાળા આલ્કીન સંયોજનોને નિર્બળ બંધિત ગતિશીલ ઇલેક્ટ્રૉનના સ્રોત કહેવાય છે. પરિણામે એવા પ્રક્રિયકો અથવા સંયોજનો કે જે ઇલેક્ટ્રૉનની શોધમાં હોય છે, તેઓ સરળતાથી આલ્કીન સંયોજનો પર હુમલો કરી શકે છે. આવા પ્રક્રિયકોને **ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકો** કહે છે. નિર્બળ π બંધની હાજરી આલ્કીન સંયોજનોને આલ્કેન સંયોજનોની સાપેક્ષે અસ્થાયી બનાવે છે. તેથી આલ્કીન સંયોજનો ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક સાથે જોડાઈને એકલ બંધવાળા સંયોજનો બનાવે છે. કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધની મજબૂતાઈ (બંધ એન્થાલ્પી, 681 kJ mol^{-1}) ઈથેનમાં રહેલા કાર્બન-કાર્બન એકલ બંધની મજબૂતાઈ (બંધ એન્થાલ્પી, 384 kJ mol^{-1}) કરતાં વધુ હોય છે. ઈથીન અણુની કક્ષકીય રેખાકૃતિ આકૃતિ 13.4 અને 13.5માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 13.4 માત્ર σ બંધને દર્શાવતું ઈથીનનું કક્ષકીય ચિત્ર

13.3.2 નામકરણ (Nomenclature)

આલ્કીન સંયોજનના IUPAC નામકરણ માટે કાર્બન પરમાણુઓની દ્વિબંધયુક્ત દીર્ઘતમ શૃંખલાને પસંદ કરવામાં આવે છે. દ્વિબંધ નજીક હોય તેવા છેડેથી કાર્બન શૃંખલામાં કાર્બન પરમાણુઓને ક્રમ આપવામાં આવે છે. આલ્કેન નામમાં રહેલા પ્રત્યય 'એન' (ane)ને બદલે 'ઇન' (ene) પ્રત્યય લખવામાં



આકૃતિ 13.5 ઈથીનનું કક્ષકીય ચિત્ર કે જે દર્શાવે છે (a) π-બંધનું નિર્માણ (b) π ઈલેક્ટ્રૉન વાદળનું નિર્માણ (c) બંધકોણ અને બંધ લંબાઈ

આવે છે. એ યાદ રહેવું જોઈએ કે આલ્કીન શ્રેણીનું પ્રથમ સભ્ય CH_2 (C_nH_{2n}માં n ના સ્થાને 1 મૂકવાથી) છે, જે મિથિન તરીકે ઓળખાય છે, પરંતુ તેનું આયુષ્ય અતિ ટૂંકું છે. અગાઉ જણાવ્યું છે તે પ્રમાણે આલ્કીન શ્રેણીનો પ્રથમ સભ્ય C_2H_4 કે જે ઈથીલીન (સામાન્ય નામ) અથવા ઈથીનથી (IUPAC નામ) ઓળખાય છે. કેટલાક આલ્કીન સંયોજનોના IUPAC નામ નીચે દર્શાવ્યા છે.

બંધારણ	**IUPAC નામ**
$CH_3-CH=CH_2$	પ્રોપિન
$CH_3-CH_2-CH=CH_2$	બ્યુટ-1-ઈન
$CH_3-CH=CH-CH_3$	બ્યુટ-2-ઈન
$CH_2=CH-CH=CH_2$	બ્યુટા-1,3-ડાઈન
$CH_2=C(CH_3)-CH_3$	2-મિથાઈલપ્રોપ-1-ઈન
$CH_2=CH-CH(CH_3)-CH_3$	3-મિથાઈલબ્યુટ-1-ઈન

કોયડો 13.7

નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના IUPAC નામ લખો.

(i) $(CH_3)_2CH-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH(C_2H_5)-CH_3$

(ii)

(iii) $CH_2=C(CH_2CH_2CH_3)_2$

(iv) $CH_3CH_2CH_2CH_2-CH(CH_3)-CH=C(CH_2CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$

i.e. $CH_3-CHCH=C-CH_2-CHCH_3$ with $CH_3CH_2CH_2CH_2$ on the first CH, CH_2CH_3 on C, and CH_3 on the last CH.

ઉકેલ :

(i) 2,8-ડાયમિથાઈલડેકા-3,6-ડાઈન

(ii) ઓક્ટા-1,3,5,7-ટેટ્રાઈન

(iii) 2-n-પ્રોપાઈલપેન્ટ-1-ઈન

(iv) 4-ઈથાઇલ-2,6-ડાયમિથાઈલડેક-4-ઈન

કોયડો 13.8

ઉપરના બંધારણોમાં (i - iv) રહેલા સિગ્મા (σ) અને પાઇ (π) બંધોની સંખ્યાની ગણતરી કરો :

ઉકેલ :

σ બંધ : 33, π બંધ : 2

σ બંધ : 17, π બંધ : 4

σ બંધ : 23, π બંધ : 1

σ બંધ : 41, π બંધ : 1

13.3.3 સમઘટકતા (Isomerism)

આલ્કીન સંયોજનો બંધારણીય અને ભૌમિતિક એમ બંને પ્રકારની સમઘટકતા દર્શાવે છે.

બંધારણીય સમઘટકતા : આલ્કેન સંયોજનોની જેમ ઈથીન (C_2H_4) અને પ્રોપિન (C_3H_6)માં માત્ર એક જ બંધારણ હોય છે, પરંતુ પ્રોપિનથી ઉચ્ચતમ આલ્કીન સંયોજનો જુદા જુદા બંધારણ ધરાવે છે. C_4H_8 આણ્વીય સૂત્રવાળા આલ્કીન સંયોજનને નીચે મુજબ ત્રણ રીતે દર્શાવી શકાય છે.

I. $\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$

બ્યુટ-1-ઈન

(C_4H_8)

II. $\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H_3$

બ્યુટ-2-ઈન

(C_4H_8)

III. $\overset{1}{C}H_2 = \overset{2}{C}(CH_3) - \overset{3}{C}H_3$

2-મિથાઈલપ્રોપ-1-ઈન

(C_4H_8)

બંધારણો I અને III તથા II અને III **શૃંખલા સમઘટકતા**ના ઉદાહરણો છે, જ્યારે બંધારણો I અને II **સ્થાન સમઘટકો** છે.

કોયડો 13.9

C_5H_{10}વાળા આલ્કીન સંયોજનોના વિભિન્ન બંધારણીય સમઘટકોના બંધારણો અને IUPAC નામ લખો.

ઉકેલ :

(a) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$

પેન્ટ-1-ઈન

(b) $CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$

પેન્ટ-2-ઈન

(c) $CH_3 - C(CH_3) = CH - CH_3$

2-મિથાઈલબ્યુટ-2-ઈન

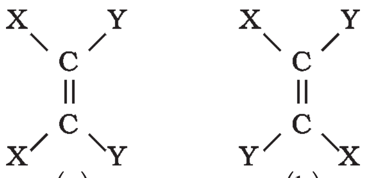
(d) $CH_3 - CH(CH_3) - CH = CH_2$

3-મિથાઈલબ્યુટ-1-ઈન

(e) $CH_2 = C(CH_3) - CH_2 - CH_3$

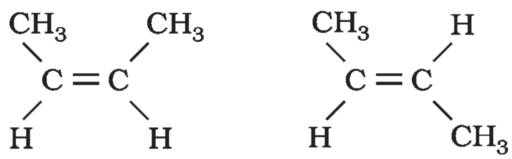
2-મિથાઈલબ્યુટ-1-ઈન

ભૌમિતિક સમઘટકતા : દ્વિબંધિત કાર્બન પરમાણુઓની બાકીની બે સંયોજકતાઓ બે પરમાણુ અથવા સમૂહો જોડાઈને સંતોષાય છે. જો પ્રત્યેક કાર્બનની સાથે જોડાયેલા બે પરમાણુઓ અથવા સમૂહો જુદા જુદા હોય તો તે YXC = CXY જેવું બંધારણ દર્શાવે છે. YXC = CXYની અવકાશીય ગોઠવણી નીચે મુજબ બે રીતે દર્શાવી શકાય છે :



(a) (b)

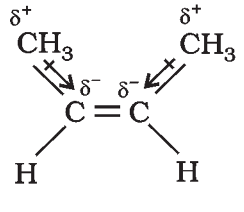
બંધારણ (a)માં બે સમાન પરમાણુઓ એટલે કે બંને X અથવા બંને Y દ્વિબંધથી જોડાયેલા કાર્બન પરમાણુઓ સાથે એક જ બાજુ જોડાયેલા છે, જ્યારે બંધારણ (b)માં બંને X અથવા બંને Y દ્વિબંધથી જોડાયેલા કાર્બન પરમાણુઓ સાથે વિરુદ્ધ દિશામાં જોડાયેલા છે. પરમાણુઓ અને સમૂહોની અવકાશમાં ભિન્ન ગોઠવણીને કારણે બે જુદી જુદી ગોઠવણી એટલે કે જુદા જુદા ભૌમિતિક બંધારણો (a) અને (b) જોવા મળે છે. તેથી તેઓ **અવકાશીય સમઘટકો** (stereoisomers) છે. તેઓની ભૂમિતિ સમાન ત્યારે થાય કે જ્યારે C=Cની આસપાસ પરમાણુઓ કે સમૂહોનું ભ્રમણ થઈ શકે, પરંતુ C=Cની આસપાસ મુક્ત ભ્રમણ થતું નથી. તે પ્રતિબંધિત (restricted) હોય છે. આ સંકલ્પનાને સમજવા માટે, બે સખત જાડા પૂંઠાના ટુકડા લો. તે બંનેને બે ખીલીઓની મદદથી જોડો. એક પૂંઠાને એક હાથથી પકડીને બીજા પૂંઠાને ભ્રમણ આપવાનો પ્રયાસ કરો. શું વાસ્તવમાં તમે બીજા પૂંઠાનું ભ્રમણ કરી શકો છો ? ના. કારણ કે તે ભ્રમણ પ્રતિબંધિત છે. આમ, પરમાણુઓ અને સમૂહોનું દ્વિબંધથી જોડાયેલા કાર્બન પરમાણુઓની આસપાસનું ભ્રમણ પ્રતિબંધિત હોવાના કારણે આવા સંયોજનો ભિન્ન ભૌમિતિક આકાર દર્શાવે છે. આ પ્રકારના અવકાશીય સમઘટકોને **ભૌમિતિક સમઘટકો** (geometrical isomers) કહે છે. આ પૈકીના જે સમઘટકમાં બે સમાન પરમાણુઓ કે સમૂહો દ્વિબંધથી જોડાયેલા કાર્બન પરમાણુઓની સાથે એક જ દિશામાં જોડાયેલા હોય તે તેને **સિસ** (સમપક્ષ) (cis) **સમઘટક** કહે છે. ઉપરાંત અન્ય સમઘટક કે જેમાં સમાન પરમાણુઓ કે સમૂહો દ્વિબંધથી જોડાયેલા કાર્બન પરમાણુઓની સાથે વિરુદ્ધ દિશામાં જોડાયેલા હોય તો તેને **ટ્રાન્સ** (વિપક્ષ) (trans) **સમઘટક** કહે છે. આમ, સિસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો સમાન બંધારણ ધરાવે છે પણ તેમનો વિન્યાસ (અવકાશમાં પરમાણુઓ અને સમૂહોની ગોઠવણી) ભિન્ન હોય છે. પરમાણુઓ અને સમૂહોની અવકાશમાં ભિન્ન ગોઠવણીના કારણે આ સમઘટકો તેઓના ગુણધર્મો જેવા કે ગલનબિંદુ, ઉત્કલનબિંદુ, દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રા, દ્રાવ્યતા વગેરેમાં તફાવત દર્શાવે છે. બ્યુટ-2-ઈનના ભૌમિતિક અથવા સિસ-ટ્રાન્સ સમઘટકોને નીચે દર્શાવવામાં આવ્યા છે.



સિસ-બ્યુટ-2-ઈન (ઉ.બિં. 277 K)   ટ્રાન્સ-બ્યુટ-2-ઈન (ઉ.બિં. 274 K)

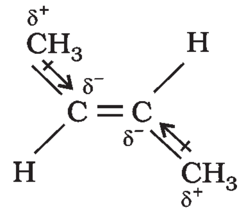
આલ્કીનના સિસ સમઘટક, ટ્રાન્સ સમઘટકની સાપેક્ષે વધુ ધ્રુવીય હોય છે. દા.ત., સિસ-બ્યુટ-2-ઈનની દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રા 0.33 ડીબાય છે, જ્યારે ટ્રાન્સ-બ્યુટ-2-ઈન માટે તેનું મૂલ્ય લગભગ શૂન્ય હોય છે, જે દર્શાવે છે કે ટ્રાન્સ-બ્યુટ-2-ઈન

અધ્રુવીય છે. આ બંને સમઘટકોના નીચે દર્શાવ્યા મુજબ વિભિન્ન બંધારણો દોરવાથી તે સ્પષ્ટ થયું કે ટ્રાન્સ-બ્યુટ-2-ઈનમાં બે મિથાઈલ સમૂહો એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશામાં જોડાયેલા હોય છે, તેથી તેમાં રહેલા C–CH_3 બંધ એકબીજાની દ્વિધ્રુવ ચાકમાત્રાને નષ્ટ કરે છે, આમ ટ્રાન્સ સમઘટક અધ્રુવીય હોય છે.



સિસ-બ્યુટ-2-ઈન

(μ = 0.33 D)



ટ્રાન્સ-બ્યુટ-2-ઈન

(μ = 0)

ઘન સંયોજનોના કિસ્સામાં, ટ્રાન્સ સમઘટકનું ગલનબિંદુ સિસ સમઘટક કરતાં ઊંચું હોય છે.

ભૌમિતિક અથવા સિસ-ટ્રાન્સ સમઘટકતા XYC = CXZ અને XYC = CZW પ્રકારના આલ્કીન સંયોજનો દ્વારા પણ દર્શાવી શકાય છે.

કોયડો 13.10

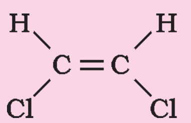
નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના સિસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકો દોરો અને તેમના IUPAC નામ લખો.

(i) CHCl = CHCl

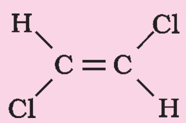
(ii) $C_2H_5CCH_3 = CCH_3C_2H_5$

ઉકેલ :

(i)

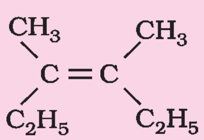


સિસ-1,2-ડાયક્લોરોઇથેન

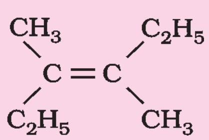


ટ્રાન્સ-1,2-ડાયક્લોરોઇથેન

(ii)



સિસ-3,4-ડાયમિથાઈલહેક્ઝ-3-ઈન



ટ્રાન્સ-3-4-ડાયમિથાઈલહેક્ઝ-3-ઈન

કોયડો 13.11

નીચે દર્શાવેલા ક્યા સંયોજનો સિસ-ટ્રાન્સ સમઘટકતા દર્શાવે છે ?

(i) $(CH_3)_2C = CH - C_2H_5$

(ii) $CH_2 = CBr_2$

(iii) $C_6H_5CH = CH–CH_3$

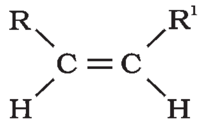
(iv) $CH_3CH = CClCH_3$

ઉકેલ :

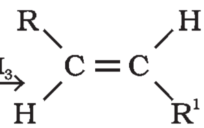
(iii) અને (iv). બંધારણ (i) અને (ii)માં બે સમાન સમૂહો દ્વિબંધ ધરાવતા કોઈ એક જ કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડાયેલા છે.

13.3.4 બનાવટ (Preparation)

1. **આલ્કાઈન સંયોજનોમાંથી :** આલ્કાઈન સંયોજનોનું ડાયહાઇડ્રોજનના ગણતરીપૂર્વકના જથ્થા સાથે પેલેડિકૃત ચારકોલ કે જેને સલ્ફર સંયોજનો અથવા ક્વીનોલીન જેવા ઝેરી પદાર્થોથી નિષ્ક્રિય કરવામાં આવ્યો હોય છે તેની હાજરીમાં આંશિક રિડક્શન થવાથી આલ્કીન સંયોજનો બને છે. આંશિક રીતે નિષ્ક્રિય બનેલા પેલેડિકૃત ચારકોલને લિંડલાર ઉદ્દીપક (Lindlar's catalyst) કહે છે. આ રીતે પ્રાપ્ત થતા આલ્કીન સંયોજનોનું બંધારણ સિસ પ્રકારનું હોય છે. જ્યારે આલ્કાઈન સંયોજનોનું પ્રવાહી એમોનિયામાં રહેલા સોડિયમ સાથે રિડક્શન થવાથી ટ્રાન્સ આલ્કીન સંયોજનો બને છે.

(i) $RC \equiv CR^1 + H_2 \xrightarrow{Pd/C}$ 

આલ્કાઈન સિસ-આલ્કીન (13.30)

(ii) $RC \equiv CR^1 + H_2 \xrightarrow{Na/\text{ પ્રવાહી } NH_3}$ 

આલ્કાઈન ટ્રાન્સ-આલ્કીન (13.31)

(iii) $CH \equiv CH + H_2 \xrightarrow{Pd/C} CH_2 = CH_2$ (13.32)

ઈથાઈન ઈથીન

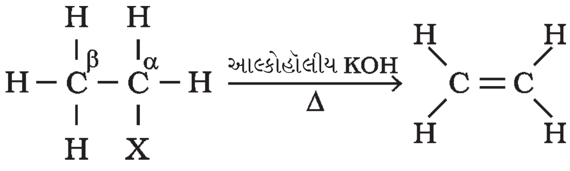
(iv) $CH_3 - C \equiv CH + H_2 \xrightarrow{Pd/C} CH_3 - CH = CH_2$

પ્રોપાઈન પ્રોપિન (13.33)

શું આ રીતે પ્રાપ્ત પ્રોપિન ભૌમિતિક સમઘટકતા દર્શાવશે ? તમારા જવાબની તરફેણ માટેનું કારણ શોધો.

2. **આલ્કાઈલ હેલાઈડ સંયોજનોમાંથી :** આલ્કાઈલ હેલાઈડ સંયોજનોને (R-X) આલ્કોહૉલીય પોટાશની (પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડને ઈથેનોલ જેવા આલ્કોહૉલમાં દ્રાવ્ય

કરવાથી) હાજરીમાં ગરમ કરવાથી હેલોજન ઍસિડના એક અણુનું વિલોપન થઈ આલ્કીન સંયોજન બને છે. આ પ્રક્રિયાને **ડિહાઇડ્રોહેલોજીનેશન** કહેવાય છે. આ પ્રક્રિયા **β-વિલોપન પ્રક્રિયા**નું ઉદાહરણ છે. કારણ કે β-કાર્બન પરમાણુ (જે કાર્બન સાથે હેલોજન પરમાણુ જોડાયેલો છે, તેની પછીનો કાર્બન પરમાણુ) પરથી હાઇડ્રોજન પરમાણુનું વિલોપન થાય છે.



(X = Cl, Br, I) (13.34)

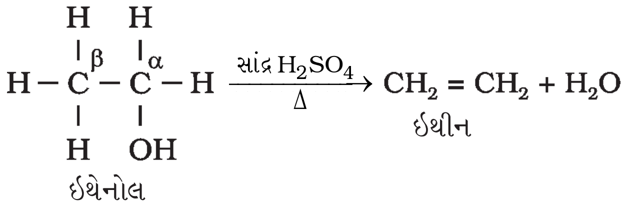
હેલોજન પરમાણુનો સ્વભાવ અને આલ્કાઈલ સમૂહ આ પ્રક્રિયાનો વેગ નક્કી કરે છે. હેલોજન પરમાણુ માટેનો ક્રમ આ મુજબનો જોવા મળ્યો છે : આયોડિન > બ્રોમિન > ક્લોરિન. જ્યારે આલ્કાઈલ સમૂહો માટેનો ક્રમ : તૃતીયક > દ્વિતીયક > પ્રાથમિક જોવા મળ્યો છે.

3. **વિસિનલ ડાયહેલાઈડ સંયોજનોમાંથી :** એવા ડાયહેલાઈડ સંયોજનો કે જેમાં બે સંલગ્ન કાર્બન પરમાણુઓ પર બે હેલોજન પરમાણુઓ જોડાયેલા હોય તો તેને વિસિનલ (સંનિધિ) ડાયહેલાઈડ સંયોજનો કહે છે. વિસિનલ ડાયહેલાઈડની ઝિંક ધાતુ સાથે પ્રક્રિયાથી ZnX_2 અણુ દૂર થઈ આલ્કીન બને છે. આ પ્રક્રિયાને **ડિહેલોજીનેશન** (dehalogenation) કહે છે.

$$CH_2Br - CH_2Br + Zn \rightarrow CH_2 = CH_2 + ZnBr_2 \quad (13.35)$$

$$CH_3CHBr - CH_2Br + Zn \rightarrow CH_3CH = CH_2 + ZnBr_2 \quad (13.36)$$

4. **આલ્કોહૉલ સંયોજનોમાંથી ઍસિડિક નિર્જળીકરણ દ્વારા :** એકમ 12માં વિભિન્ન સમાનધર્મી શ્રેણીના નામકરણ દરમિયાન તમે વાંચ્યું હશે કે આલ્કોહૉલ સંયોજનો, આલ્કેન સંયોજનોના હાઇડ્રૉક્સિ વ્યુત્પન્નો છે. તેઓને R–OH વડે દર્શાવાય છે. જ્યાં $R=C_nH_{2n+1}$. આલ્કોહૉલ સંયોજનોને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે ગરમ કરતાં પાણીનો એક અણુ દૂર થઈ આલ્કીન સંયોજન બને છે. આમ, ઍસિડની હાજરીમાં આલ્કોહૉલ અણુમાંથી પાણીનો અણુ દૂર થાય છે. આ પ્રક્રિયાને **આલ્કોહૉલ સંયોજનોનું ઍસિડિક નિર્જળીકરણ** કહેવાય છે. આ પ્રક્રિયા β-વિલોપન પ્રક્રિયાનું ઉદાહરણ છે. કારણ કે –OH સમૂહ β-કાર્બન પરમાણુ પરના H પરમાણુનું વિલોપન કરે છે.



13.3.5 ગુણધર્મો (Properties)

ભૌતિક ગુણધર્મો :

સમઘટકતાના પ્રકારો અને ધ્રુવીય સ્વભાવ સિવાયના ભૌતિક ગુણધર્મોમાં આલ્કીન સંયોજનો, આલ્કેન સંયોજનો સાથે સમાનતા દર્શાવે છે. પ્રથમ ત્રણ સભ્યો વાયુ, પછીના ચૌદ સભ્યો પ્રવાહી અને તેથી વધુ કાર્બન સંખ્યાવાળા સભ્યો ઘનસ્વરૂપે હોય છે. ઈથીન રંગવિહીન અને થોડી મીઠી સુગંધવાળો વાયુ છે. અન્ય બધા આલ્કીન સંયોજનો રંગવિહીન, વાસવિહીન, પાણીમાં અદ્રાવ્ય પણ અધ્રુવીય દ્રાવકો જેવા કે બેન્ઝિન, પેટ્રોલિયમ ઈથર વગેરેમાં દ્રાવ્ય હોય છે. અણુનું કદ વધવાની સાથે તેના ઉત્કલનબિંદુમાં નિયમિત વધારો થાય છે, એટલે કે, પ્રત્યેક $–CH_2$ સમૂહ ઉમેરાવાથી તેના ઉત્કલનબિંદુમાં 20-30 Kનો વધારો થાય છે. આલ્કેન સંયોજનોની જેમ સરળ શૃંખલાવાળા આલ્કીન સંયોજનોના ઉત્કલનબિંદુ, સમઘટકીય શાખિત શૃંખલાવાળા આલ્કીન સંયોજનોની સરખામણીમાં ઊંચા હોય છે.

રાસાયણિક ગુણધર્મો :

આલ્કીન સંયોજનો નિર્બળ બંધિત π ઇલેક્ટ્રૉનના મહત્ત્વના સ્રોત છે. તેથી તેઓ યોગશીલ પ્રક્રિયા દર્શાવે છે, જેમાં ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધ પર જોડાઈને યોગશીલ નીપજ બનાવે છે. કેટલાક પ્રક્રિયકો મુક્તમૂલક ક્રિયાવિધિથી પણ ઉમેરાય છે. કેટલીક વિશેષ પરિસ્થિતિઓમાં આલ્કીન સંયોજનો મુક્તમૂલક પ્રક્રિયાઓ દર્શાવે છે. આલ્કીન સંયોજનોમાં ઑક્સિડેશન અને ઓઝોનોલિસીસ પ્રક્રિયા મુખ્ય છે. આલ્કીન સંયોજનોની વિભિન્ન પ્રક્રિયાનું સંક્ષિપ્ત વર્ણન નીચે આપવામાં આવ્યું છે.

1. **ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉમેરણ :** આલ્કીન સંયોજનોમાં સૂક્ષ્મ વિભાજિત નિકલ, પેલેડિયમ અથવા પ્લેટિનમની હાજરીમાં ડાયહાઇડ્રોજન વાયુનો એક અણુ ઉમેરાઈને આલ્કેન સંયોજનો બનાવે છે (મુદ્દા નં. 13.2.2).
2. **હેલોજન તત્ત્વોનું ઉમેરણ :** આલ્કીન સંયોજનોમાં બ્રોમિન અથવા ક્લોરિન જેવા હેલોજન તત્ત્વો ઉમેરાઈને વિસિનલ ડાયહેલાઈડ બનાવે છે. જોકે આયોડિન સામાન્ય પરિસ્થિતિમાં યોગશીલ પ્રક્રિયા દર્શાવતું નથી, જ્યારે

બ્રોમિન અસંતૃપ્ત સ્થાન સાથે જોડાય છે ત્યારે તેનો લાલ-નારંગી રંગ દૂર થાય છે. આ પ્રક્રિયા અસંતૃપ્તતાની પરખ માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે. આલ્કીનમાં હેલોજનનું ઉમેરણ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી યોગશીલ પ્રક્રિયાનું ઉદાહરણ છે. જેમાં ચક્રિય હેલોનિયમ આયનનું નિર્માણ સંકળાયેલું છે. જેનો અભ્યાસ તમે પછીના ધોરણમાં કરશો.

(i) $CH_2 = CH_2 + Br - Br \xrightarrow{CCl_4} CH_2(Br) - CH_2(Br)$

ઇથીન → 1,2-ડાયબ્રોમોઇથેન (13.38)

(ii) $CH_3{-}CH{=}CH_2{+}Cl{-}Cl \longrightarrow CH_3{-}CH(Cl){-}CH_2(Cl)$

પ્રોપિન → 1,2-ડાયક્લોરોપ્રોપેન (13.39)

3. હાઇડ્રોજન હેલાઇડ સંયોજનોનું ઉમેરણ : આલ્કીન સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન હેલાઇડ સંયોજનો (HCl, HBr, HI) ઉમેરાઈને આલ્કાઇલ હેલાઇડ સંયોજનો બનાવે છે. હાઇડ્રોજન સંયોજનોની પ્રતિક્રિયાત્મકતાનો ક્રમ HI > HBr > HCl છે. આલ્કીન સંયોજનોમાં હેલોજન તત્ત્વોના ઉમેરણની જેમ આલ્કીન સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન હેલાઇડ સંયોજનોનું ઉમેરણ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી યોગશીલ પ્રક્રિયાનું ઉદાહરણ છે. હવે આપણે આ બાબતને સમમિત અને અસમમિત આલ્કીન સંયોજનોની HBr સાથેની યોગશીલ પ્રક્રિયાના ઉદાહરણથી સમજીએ.

સમમિત આલ્કીન સંયોજનોમાં HBrની યોગશીલ પ્રક્રિયા

સમમિત આલ્કીન સંયોજનોમાં (દ્વિબંધ સાથે સમાન સમૂહો જોડાયેલા હોય છે) HBrની યોગશીલ પ્રક્રિયા ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી યોગશીલ પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ મુજબ થાય છે.

$$CH_2 = CH_2 + H - Br \longrightarrow CH_3 - CH_2 - Br \quad (13.40)$$

$$CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3{+}HBr \longrightarrow CH_3{-}CH_2CH(Br)CH_3 \quad (13.41)$$

અસમમિત આલ્કીન સંયોજનોમાં HBrની યોગશીલ પ્રક્રિયા (માર્કોવનીકોવનો નિયમ)

પ્રોપિનમાં HBr કેવી રીતે ઉમેરાશે ? તેમાં બે સંભવિત નીપજો I અને II છે.

$$CH_3 - CH = CH_2 + H - Br \longrightarrow \begin{cases} \text{I} \quad CH_3 - CH(Br) - CH_3 \ \ (\text{2-બ્રોમોપ્રોપેન}) \\ \text{II} \quad CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}Br \ \ (\text{1-બ્રોમોપ્રોપેન}) \end{cases} \quad (13.42)$$

રશિયન રસાયણવિજ્ઞાની માર્કોવનીકોવે (Markovnikov) આવી પ્રક્રિયાઓનો ઊંડાણમાં અભ્યાસ કર્યા બાદ 1869માં એક સામાન્ય નિયમ રજૂ કર્યો કે જેને **માર્કોવનીકોવનો નિયમ** કહે છે. આ નિયમ મુજબ ઉમેરાનાર અણુનો ઋણ ભાગ આલ્કીન સંયોજનમાં જે કાર્બન પર હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ ઓછા હોય ત્યાં ઉમેરાય છે. આમ, આ નિયમ મુજબ નીપજ (I) એટલે કે 2-બ્રોમોપ્રોપેન અપેક્ષિત છે. વાસ્તવિક વ્યવહારમાં નીપજ (I) તે પ્રક્રિયાની મુખ્ય નીપજ છે. માર્કોવનીકોવના નિયમના સામાન્યીકરણને પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ દ્વારા સારી રીતે સમજી શકાય છે.

ક્રિયાવિધિ

હાઇડ્રોજન બ્રોમાઇડ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક H^+ આપે છે કે જે દ્વિબંધ પર હુમલો કરી નીચે દર્શાવ્યા મુજબ કાર્બોકેટાયન બનાવે છે.

$$\overset{3}{H_3C} - \overset{2}{CH} = \overset{1}{CH_2} + H - Br \xrightarrow{H^+}$$

$$H_3C{-}CH_2{-}\overset{+}{C}H_2{+}\overset{-}{Br} \qquad H_3C{-}\overset{+}{C}H{-}CH_3{+}\overset{-}{Br}$$

(a) ઓછું સ્થાયી પ્રાથમિક કાર્બોકેટાયન — (b) વધુ સ્થાયી દ્વિતીયક કાર્બોકેટાયન

(i) દ્વિતીયક કાર્બોકેટાયન (b), પ્રાથમિક કાર્બોકેટાયન (a) કરતાં વધુ સ્થાયી છે, તેથી દ્વિતીયક કાર્બોકેટાયન વિશેષ પ્રમાણમાં બનશે કારણ કે તે ઝડપી બને છે.

(ii) કાર્બોકેટાયન (b) પર Br^-ના હુમલાથી નીચે દર્શાવ્યા મુજબની નીપજ બને છે.

$$\overset{-}{Br} \curvearrowright \quad H_3C - \overset{+}{C}H - CH_3 \longrightarrow H_3C - CH(Br) - CH_3$$

2-બ્રોમોપ્રોપેન (મુખ્ય નીપજ)

પ્રતિમાર્કોવનીકોવ યોગશીલ અથવા પેરૉક્સાઇડ અસર અથવા ખરાશ અસર

પેરૉક્સાઇડની હાજરીમાં પ્રોપિન જેવા અસમમિત આલ્કીન સંયોજનોમાં HBrનું ઉમેરણ માર્કોવનીકોવ નિયમથી ઊલટું જોવા મળે છે. આવું માત્ર HBr સાથે જોવા મળે છે, પરંતુ HCl અને HI સાથે આવું જોવા મળતું નથી. આ યોગશીલ પ્રક્રિયાનો અભ્યાસ 1933માં શિકાગો યુનિવર્સિટીમાં એમ. એસ. ખરાશ (M. S. Kharash) અને એફ. આર. મેયો (F. R. Mayo) દ્વારા કરવામાં આવ્યો હતો. આ પ્રક્રિયાને પેરૉક્સાઇડ અથવા ખરાશ અસર અથવા પ્રતિમાર્કોવનીકોવ યોગશીલ પ્રક્રિયા કહેવામાં આવે છે.

$$CH_3-CH=CH_2+HBr \xrightarrow{(C_6H_5CO)_2O_2} CH_3-CH_2-CH_2Br$$

1-બ્રોમોપ્રોપેન (13.43)

ક્રિયાવિધિ : પેરૉક્સાઇડ અસર, જે મુક્તમૂલક શૃંખલા ક્રિયાવિધિ દ્વારા થાય છે, તે નીચે દર્શાવેલ છે.

(i) $$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_6H_5 \xrightarrow{\text{સમવિભાજન}}$$

બેન્ઝોઇલ પેરૉક્સાઇડ

$$2C_6H_5-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\dot{\underset{..}{O}}: \rightarrow 2\dot{C}_6H_5 + 2CO_2$$

(ii) $$\dot{C}_6H_5 + H-Br \xrightarrow{\text{સમવિભાજન}} C_6H_6 + \dot{Br}$$

(iii) $$CH_3-CH=CH_2+\dot{Br} \xrightarrow{\text{સમવિભાજન}}$$

$$CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-\dot{C}H_2 \qquad CH_3-\dot{C}H-CH_2-Br$$

(a) (ઓછુ સ્થાયી પ્રાથમિક મુક્તમૂલક) (b) (વધુ સ્થાયી દ્વિતીયક મુક્તમૂલક)

(iv) $$CH_3-\dot{C}H-CH_2Br+H-Br \xrightarrow{\text{સમવિભાજન}} CH_3-CH_2-CH_2Br+\dot{Br}$$

(મુખ્ય નીપજ)

(v) $$CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-\dot{C}H_2+H-Br \xrightarrow{\text{સમવિભાજન}} CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_3+\dot{Br}$$

(અલ્પ નીપજ)

ઉપરોક્ત ક્રિયાવિધિથી (તબક્કો (iii)) બનેલા દ્વિતીયક મુક્તમૂલક, પ્રાથમિક મુક્તમૂલકની સરખામણીમાં વધુ સ્થાયી છે. તેથી 1-બ્રોમોપ્રોપેન મુખ્ય નીપજ તરીકે પ્રાપ્ત થાય છે. આ બાબત ધ્યાન રાખવા જેવી છે કે પેરૉક્સાઇડ અસર HCl અને HIની યોગશીલ પ્રક્રિયામાં જોવા મળતી નથી. આમ થવાનું કારણ એ છે કે H–Cl બંધ ($430.5\ kJ\ mol^{-1}$) H–Br બંધ ($363.7\ kJ\ mol^{-1}$) કરતાં વધુ મજબૂત હોય છે, જેનું મુક્તમૂલક દ્વારા ખંડન થતું નથી, જ્યારે H–I બંધ ($296.8\ kJ\ mol^{-1}$) નિર્બળ હોય છે, તેથી આયોડિન મુક્તમૂલક દ્વિબંધમાં ઉમેરાવાના બદલે એકબીજા સાથે જોડાઈને આયોડિન અણુ બનાવે છે.

કોયડો 13.12

હેક્ઝ-1-ઇનની HBr સાથેની યોગશીલ પ્રક્રિયાથી મળતી નીપજોના IUPAC નામ લખો.

(i) પેરૉક્સાઇડની ગેરહાજરીમાં

(ii) પેરૉક્સાઇડની હાજરીમાં

ઉકેલ :

(i) $$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3+H-Br \xrightarrow{\text{પેરૉક્સાઇડની ગેરહાજરી}} CH_3-\underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

હેક્ઝ-1-ઇન → 2-બ્રોમોહેક્ઝેન

(ii) $$CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3+H-Br \xrightarrow{\text{પેરૉક્સાઇડ}} \underset{\underset{Br}{|}}{CH_2}-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

1-બ્રોમોહેક્ઝેન

4. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઉમેરણ : આલ્કીન સંયોજનોમાં ઠંડા સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડને ઉમેરવામાં આવે છે ત્યારે માર્કોવનીકોવના નિયમ મુજબ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી યોગશીલ પ્રક્રિયા દ્વારા આલ્કાઈલ હાઇડ્રોજન સલ્ફેટ બને છે.

$$CH_2 = CH_2 + H - O - \overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{O}{\|}}{S}} - O - H \longrightarrow CH_3 - CH_2 - O\,SO_2 - OH$$

$CH_3 - CH_2 - O\,SO_2 - OH$ અથવા $C_2H_5HSO_4$

ઇથાઇલ હાઇડ્રોજન સલ્ફેટ

(13.44)

$$CH_3 - CH = CH_2 + HOSO_2OH \longrightarrow CH_3 - \underset{\underset{OSO_2OH}{|}}{CH} - CH_3$$

પ્રોપાઇલ હાઇડ્રૉજન સલ્ફેટ

(13.45)

5. પાણીનું ઉમેરણ : સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના થોડા ટીપાઓની (drops) હાજરીમાં આલ્કીન સંયોજનો પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી માર્કોવનીકોવના નિયમ મુજબ આલ્કોહૉલ સંયોજનો બનાવે છે.

$$CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} = CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} (CH_3)_2\underset{\underset{OH}{|}}{C} - CH_3$$

2-મિથાઈલપ્રોપિન 2-મિથાઈલપ્રોપેન-2-ઑલ

(13.46)

6. ઑક્સિડેશન :

(a) આલ્કીન સંયોજનો ઠંડા, મંદ પોટેશિયમ પરમેંગેનેટના જલીય દ્રાવણ (બેયર પ્રક્રિયક) સાથે પ્રક્રિયા કરી વિસિનલ ગ્લાયકોલ બનાવે છે. $KMnO_4$નું દ્રાવણ રંગવિહીન બનવાની પ્રક્રિયા, અસંતૃપ્તાની પરખ માટેની કસોટી તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O + O \xrightarrow[273\ K]{\text{મંદ } KMnO_4} \underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}$$

ઇથેન-1,2-ડાયોલ (ગ્લાયકોલ)

(13.47)

$$CH_3{-}CH = CH_2 + H_2O + O \xrightarrow[273\,K]{\text{મંદ } KMnO_4} CH_3CH(OH)CH_2OH$$

પ્રોપેન-1,2-ડાયોલ

(13.48)

(b) આલ્કીન સંયોજનો ઍસિડિક પોટેશિયમ પરમૅંગેનેટ અથવા ઍસિડિક પોટેશિયમ ડાયક્રોમેટ દ્વારા કિટોન અને/અથવા ઍસિડ સંયોજનોમાં ઑક્સિડેશન પામે છે. આ પ્રક્રિયાની નીપજ આલ્કીનના સ્વભાવ અને પ્રક્રિયાની પરિસ્થિતિ પર આધાર રાખે છે.

$$(CH_3)_2C = CH_2 \xrightarrow{KMnO_4/H^+} (CH_3)_2C = O + CO_2 + H_2O$$

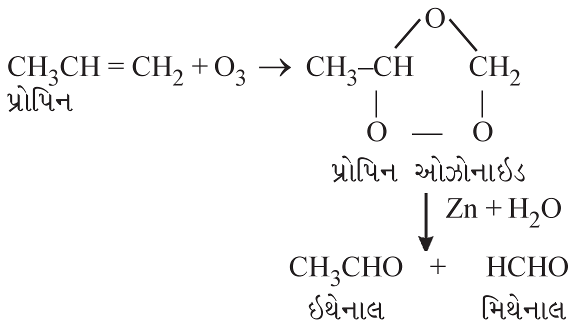
2-મિથાઈલપ્રોપિન પ્રોપેન-2-ઑન (13.49)

$$CH_3{-}CH = CH{-}CH_3 \xrightarrow{KMnO_4/H^+} 2CH_3COOH$$

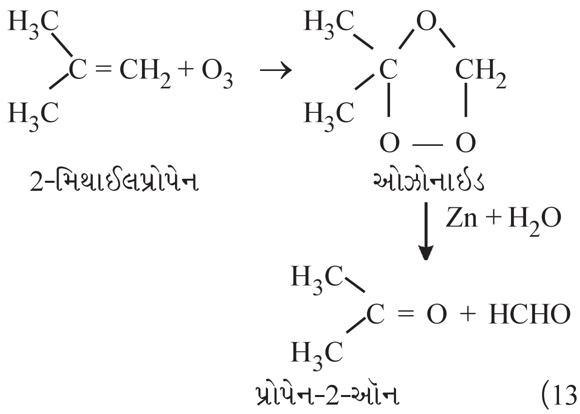
બ્યુટ-2-ઈન ઈથેનોઇક ઍસિડ

(13.50)

7. ઓઝોનોલિસીસ : આલ્કીન સંયોજનમાં ઓઝોન અણુ ઉમેરાઈને ઓઝોનાઇડ બનાવે છે, જે $Zn–H_2O$ દ્વારા તૂટીને નાના અણુઓમાં ફેરવાય છે. આ પ્રક્રિયાને ઓઝોનોલિસીસ કહે છે. આ પ્રક્રિયા આલ્કીન અથવા અસંતૃપ્ત સંયોજનોમાં દ્વિબંધનું સ્થાન નક્કી કરવામાં વધુ ઉપયોગી છે.



(13.51)



(13.52)

8. પોલિમરાઇઝેશન (બહુલીકરણ) : તમે પોલિથીન થેલીઓ અને પોલિથીન શીટથી પરિચિત હશો. ઊંચા તાપમાને, ઊંચા દબાણે અને ઉદ્દીપકની હાજરીમાં અનેક ઈથીન અણુઓ એકબીજા સાથે જોડાઈને પોલિથીન બનાવે છે. આ રીતે મળતા મોટા અણુને પોલિમર કહે છે. આ પ્રક્રિયાને **પોલિમરાઇઝેશન** (બહુલીકરણ) કહે છે. જે સાદા અણુઓમાંથી પોલિમર બને છે તે સાદા અણુને **મોનોમર** કહે છે. અન્ય આલ્કીન સંયોજનો પણ પોલિમરાઇઝેશન દર્શાવે છે.

$$n(CH_2{=}CH_2) \xrightarrow[\text{ઉદ્દીપક}]{\text{ઊંચું તાપમાન/દબાણ}} \left(CH_2-CH_2 \right)_n$$

પોલિથીન

(13.53)

$$n(CH_3{-}CH{=}CH_2) \xrightarrow[\text{ઉદ્દીપક}]{\text{ઊંચું તાપમાન/દબાણ}} \left(\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2 \right)_n$$

પોલિપ્રોપિન

(13.54)

પોલિમર સંયોજનોનો ઉપયોગ પ્લાસ્ટિકની બૅગ, બોટલ, રેફ્રિજરેટર, ડિશ, રમકડાં, પાઇપો, રેડિયો અને ટી.વી. કેબિનેટ વગેરે બનાવવામાં થાય છે. પોલિપ્રોપિલીનનો ઉપયોગ દૂધના કૅરેટ, પ્લાસ્ટિકની ડોલો અને અન્ય ચોક્કસ બીબાં ઢાળીને બનાવાતી (moulded) વસ્તુઓ વગેરે બનાવવામાં થાય છે. જો કે હાલમાં પોલિથીન અને પ્રોલિપ્રોપિલીનનો વધુ પડતો ઉપયોગ આપણા માટે ચિંતાનો વિષય બની ગયો છે.

13.4 આલ્કાઈન સંયોજનો (Alkynes)

આલ્કીન સંયોજનોની જેમ આલ્કાઈન સંયોજનો પણ અસંતૃપ્ત હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો છે. તેમાં બે કાર્બનની વચ્ચે ઓછામાં ઓછો એક ત્રિબંધ આવેલો હોય છે. આલ્કેન અથવા આલ્કીન સંયોજનોની સરખામણીમાં આલ્કાઈન સંયોજનોમાં હાઇડ્રૉજન પરમાણુઓની સંખ્યા ઓછી હોય છે. તેમનું સામાન્ય સૂત્ર C_nH_{2n-2} છે.

આલ્કાઈન શ્રેણીનું પ્રથમ સ્થાયી સભ્ય ઇથાઇન છે કે જે એસિટિલીનના નામથી પ્રચલિત છે. એસિટિલીનનો ઉપયોગ આર્ક વેલ્ડિંગ માટેની ઑક્સિએસિટિલીન જ્યોતમાં થાય છે કે જે ઑક્સિજન વાયુ અને ઍસિટિલીનના મિશ્રણથી બને છે. આલ્કાઈન સંયોજનો ઘણા કાર્બનિક સંયોજનોની બનાવટ માટે પ્રારંભિક પદાર્થ તરીકે વપરાય છે. આમ કાર્બનિક સંયોજનોના આ વર્ગનો અભ્યાસ રસપ્રદ છે.

13.4.1 નામકરણ અને સમઘટકતા (Nomenclature and Isomerism)

સામાન્ય પદ્ધતિમાં આલ્કાઈન સંયોજનો એસિટિલીન વ્યુત્પન્નોના નામથી ઓળખાય છે. IUPAC પદ્ધતિમાં તેમના નામકરણ માટે અનુવર્તી આલ્કેનના પ્રત્યય 'ઍન' સ્થાને 'આઇન' પ્રત્યય લગાવવામાં આવે છે. ત્રિબંધનું સ્થાન ત્રિબંધની સાથે જોડાયેલ પ્રથમ કાર્બનના ક્રમથી દર્શાવવામાં આવે છે. આલ્કાઈન શ્રેણીના કેટલાક સભ્યોના સામાન્ય અને IUPAC નામ કોષ્ટક 13.2માં દર્શાવ્યા છે.

તમે અગાઉ શીખ્યા છો તે પ્રમાણે ઇથાઇન અને પ્રોપાઇન અણુઓનું માત્ર એક જ બંધારણ શક્ય હોય છે, પરંતુ બ્યુટાઇનમાં બે બંધારણો શક્ય છે : (i) બ્યુટ-1-આઇન અને (ii) બ્યુટ-2-આઇન. આ બે સંયોજનોના બંધારણો તેમાં રહેલા ત્રિબંધના સ્થાનને કારણે જુદા પડે છે, તેથી તેઓને **સ્થાન સમઘટકો** કહે છે. પછીનો સમાનધર્મી શ્રેણીનો ઘટક એટલે પછીનું આલ્કાઈન સંયોજન કે જેનું આણ્વીય સૂત્ર C_5H_8 છે. તેના બંધારણો તમે કેટલી રીતે દોરી શકશો ? તો ચાલો આપણે પાંચ કાર્બનને સરળ શૃંખલા અને ઉપશૃંખલામાં ગોઠવવાનો પ્રયત્ન કરીએ. તેના શક્ય બંધારણો નીચે દર્શાવ્યા છે.

	બંધારણ	IUPAC નામ
I.	$\overset{1}{HC}\equiv\overset{2}{C}-\overset{3}{CH_2}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$	પેન્ટ-1-આઇન
II.	$\overset{1}{H_3C}-\overset{2}{C}\equiv\overset{3}{C}-\overset{4}{CH_2}-\overset{5}{CH_3}$	પેન્ટ-2-આઇન
III.	$\overset{4}{H_3C}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\mid}{\overset{3}{CH}}}-\overset{2}{C}\equiv\overset{1}{CH}$	3-મિથાઈલબ્યુટ-1-આઇન

બંધારણો I અને II સ્થાન સમઘટકો અને બંધારણો I અને III તથા II અને III શૃંખલા સમઘટકો છે.

કોયડો 13.13

આલ્કાઈન શ્રેણીના પાંચમા સભ્યના વિભિન્ન સમઘટકો દોરો અને તેઓના IUPAC નામ લખો. વિભિન્ન પ્રકારના સમઘટકોની જોડીઓ કઈ સમઘટકતા દર્શાવે છે ?

ઉકેલ :

આલ્કાઈન શ્રેણીના પાંચમા સભ્યનું આણ્વીય સૂત્ર C_6H_{10} છે. તેના શક્ય સમઘટકો :

કોષ્ટક 13.2 આલ્કાઈન સંયોજનોના સામાન્ય અને IUPAC નામ (C_nH_{2n-2})

nનું મૂલ્ય	સૂત્ર	બંધારણ	સામાન્ય નામ	IUPAC નામ
2	C_2H_2	H-C≡CH	એસિટિલીન	ઇથાઇન
3	C_3H_4	CH_3-C≡CH	મિથાઈલએસિટિલીન	પ્રોપાઇન
4	C_4H_6	CH_3CH_2-C≡CH	ઇથાઇલએસિટિલીન	બ્યુટ-1-આઇન
4	C_4H_6	CH_3-C≡C-CH_3	ડાયમિથાઈલએસિટિલીન	બ્યુટ-2-આઇન

(a) $HC \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$
હેક્ઝ-1-આઇન

(b) $CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_3$
હેક્ઝ-2-આઇન

(c) $CH_3 - CH_2 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$
હેક્ઝ-3-આઇન

(d) $HC \equiv C - CH(CH_3) - CH_2 - CH_3$
3-મિથાઈલપેન્ટ-1-આઇન

(e) $HC \equiv C - CH_2 - CH(CH_3) - CH_3$
4-મિથાઈલપેન્ટ-1-આઇન

(f) $CH_3 - C \equiv C - CH(CH_3) - CH_3$
4-મિથાઈલપેન્ટ-2-આઇન

(g) $HC \equiv C - C(CH_3)_2 - CH_3$
3,3-ડાયમિથાઈલબ્યુટ-1-આઇન

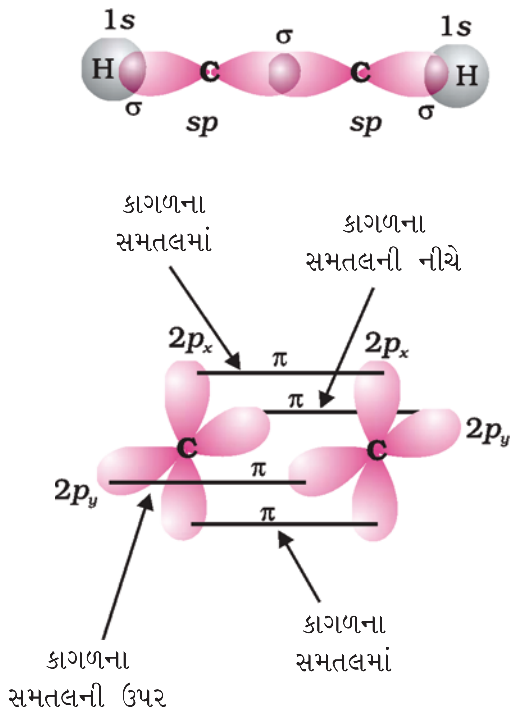
વિભિન્ન સમઘટકોની જોડીઓ સ્થાન અને શૃંખલા સમઘટકતા દર્શાવે છે.

13.4.2 ત્રિબંધનું બંધારણ (Structure of Triple Bond)

ઈથાઈન આલ્કાઈન શ્રેણીનો સૌથી સાદો અણુ છે. ઈથાઈનનું બંધારણ આકૃતિ 13.6માં દર્શાવેલ છે.

ઈથાઈનના પ્રત્યેક કાર્બન પાસે બે *sp* સંકૃત કક્ષકો છે. ઈથાઈનના બંને કાર્બનની એક-એક *sp* કક્ષકો બંધરેખા પર સંમિશ્રણ પામી કાર્બન-કાર્બન સિગ્મા (σ) બંધ બનાવે છે, જ્યારે બંને કાર્બનની બાકીની *sp* સંકૃત કક્ષકો બે હાઈડ્રોજન પરમાણુઓની એક-એક 1 *s* કક્ષક સાથે આંતરકેન્દ્રિય અક્ષ પર સંમિશ્રણ પામી બે C–H સિગ્મા બંધ બનાવે છે. તેથી H–C–C બંધકોણ 180^o નો હોય છે. પ્રત્યેક કાર્બન પાસે બે અસંકૃત *p* કક્ષકો હોય છે જે એકબીજાને લંબ અને C–C

(a) (b)



આકૃતિ 13.6 ઈથાઈનની કક્ષકીય આકૃતિમાં (a) સિગ્મા સંમિશ્રણ (b) પાઈ સંમિશ્રણ

સિગ્માબંધના સમતલને પણ લંબ હોય છે. એક કાર્બનની 2*p* કક્ષકો બીજા કાર્બનની 2*p* કક્ષકોને સમાંતર હોય છે, કે જેઓ બાજુએથી સંમિશ્રણ પામી બે કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચે બે પાઈ (π) બંધો બનાવે છે. આમ, ઈથાઈન અણુ એક C–C σ બંધ, બે C–H σ બંધ અને બે C–C π બંધ ધરાવે છે. $C \equiv C$ બંધ (બંધ એન્થાલ્પી 823 kJ mol^{-1}), $C = C$ બંધ (બંધ એન્થાલ્પી 681 kJ mol^{-1}) અને C–C બંધ (બંધ એન્થાલ્પી 348 kJ mol^{-1}) કરતાં વધુ મજબૂત છે. $C \equiv C$ બંધલંબાઈ(120 pm), C=C (133 pm) અને C–C (154 pm) બંધલંબાઈ કરતાં ટૂંકી છે. ઈલેક્ટ્રૉન વાદળ બે કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચેના આંતરકેન્દ્રિય અક્ષ પર નળાકારીય સમમિતિય રીતે છવાયેલું હોય છે. આમ, ઈથાઈન એક રેખીય અણુ છે.

13.4.3 બનાવટ (Preparation)

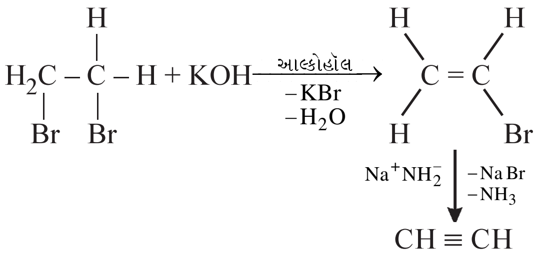
1. **કેલ્શિયમ કાર્બાઇડમાંથી :** ઔદ્યોગિક સ્તરે ઈથાઈનને કેલ્શિયમ કાર્બાઇડની પાણી સાથેની પ્રક્રિયાથી બનાવવામાં આવે છે. કળી ચૂનાને (quick lime) કૉક સાથે ગરમ કરવાથી કેલ્શિયમ કાર્બાઇડ બનાવી શકાય છે. કળી ચૂનો નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે ચૂનાના પથ્થરને ગરમ કરવાથી મેળવી શકાય છે.

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2 \qquad (13.55)$$

$$CaO + 3C \rightarrow \underset{\text{કેલ્શિયમ કાર્બાઇડ}}{CaC_2} + CO \quad (13.56)$$

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2 \quad (13.57)$$

2. વિસિનલ ડાયહેલાઈડ સંયોજનોમાંથી : વિસિનલ ડાયહેલાઈડ સંયોજનોની આલ્કોહૉલીય પોટેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ સાથે પ્રક્રિયા થવાથી ડિહાઇડ્રોહેલોજીનેશન થાય છે. હાઇડ્રૉજન હેલાઈડના એક અણુનું વિલોપન થવાથી આલ્કીનાઈલ (alkenyl) હેલાઈડ બને છે, જેની સોડાલાઈમ સાથે પ્રક્રિયા થવાથી આલ્કાઈન મળે છે.



(13.58)

13.4.4 ગુણધર્મો (Properties)

ભૌતિક ગુણધર્મો

આલ્કાઈન સંયોજનોના ભૌતિક ગુણધર્મો, આલ્કીન અને આલ્કેન સંયોજનોના ભૌતિક ગુણધર્મોના વલણને અનુસરે છે. આલ્કાઈન શ્રેણીના પ્રથમ ત્રણ સભ્યો વાયુ, તે પછીના આઠ સભ્યો પ્રવાહી અને તેથી વધુ કાર્બન ધરાવતા સભ્યો ઘન સ્વરૂપમાં હોય છે. બધા આલ્કાઈન સંયોજનો રંગવિહીન હોય છે. ઇથાઈન લાક્ષણિક વાસ ધરાવે છે, જ્યારે અન્ય સભ્યો વાસવિહીન હોય છે. આલ્કાઈન સંયોજનો નિર્બળ ધ્રુવીય સ્વભાવ ધરાવે છે. તેઓ પાણી કરતાં હલકા અને પાણી સાથે અમિશ્રિત હોય છે, પરંતુ કાર્બનિક દ્રાવકો જેવા કે ઈથર, કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડ અને બેન્ઝિનમાં દ્રાવ્ય હોય છે. તેઓના મોલરદળ વધવાની સાથે ગલનબિંદુ, ઉત્કલનબિંદુ અને ઘનતા વધતી જાય છે.

રાસાયણિક ગુણધર્મો

આલ્કાઈન સંયોજનો નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઍસિડિક સ્વભાવ, યોગશીલ પ્રક્રિયા અને પૉલિમરાઇઝેશન પ્રક્રિયાઓ આપે છે.

A. આલ્કાઈનનો ઍસિડિક સ્વભાવ : સોડિયમ ધાતુ અને સોડામાઇડ ($NaNH_2$) પ્રબળ બેઇઝ છે. તેઓ ઇથાઈન સાથે પ્રક્રિયા કરી ડાયહાઇડ્રોજન વાયુ મુક્ત કરીને સોડિયમ એસિટિલાઇડ બનાવે છે. ઈથીન અને ઈથેન આવી પ્રક્રિયાઓ આપતા નથી જે દર્શાવે છે કે ઈથીન અને ઈથેનની સાપેક્ષમાં ઇથાઈન ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે. આવું કેમ ? શું તેના બંધારણ અને સંકરણના કારણે થતું હશે ? તમે એ શીખ્યા છો કે ઇથાઈનમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુ *sp* સંકૃત કાર્બન સાથે, ઈથીનમાં sp^2 સંકૃત કાર્બન પરમાણુ સાથે તથા ઈથેનમાં sp^3 સંકૃત કાર્બન પરમાણુ સાથે જોડાયેલા હોય છે. ઇથાઈન અણુમાં કાર્બન પરમાણુની *sp* સંકૃત કક્ષકમાં *s* લાક્ષણિકતા વધુ હોવાથી (50 %) તેની વિદ્યુતઋણતા વધુ હોય છે. તેથી ઇથાઈન અણુમાં કાર્બન પરમાણુની *sp* સંકૃત કક્ષક C–H બંધના સહિયારા ઇલેક્ટ્રૉન યુગ્મને પોતાની તરફ, ઈથીનમાં રહેલા કાર્બનની sp^2 સંકૃત કક્ષક અને ઈથેનમાં રહેલા કાર્બનની sp^3 સંકૃત કક્ષક કરતાં વધુ પ્રમાણમાં આકર્ષે છે. તેથી ઈથેન અને ઈથીન કરતાં ઇથાઈનમાં રહેલો હાઇડ્રોજન પરમાણુ વધુ સરળતાથી પ્રોટોન તરીકે છૂટો પડી શકે છે. આમ, ઇથાઈનમાં ત્રિબંધ ધરાવનાર કાર્બન પરમાણુઓ સાથે જોડાયેલા હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે. તમે નોંધી શકો છો કે આલ્કાઈન સંયોજનોના બધા હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવતા નથી, પરંતુ માત્ર ત્રિબંધ બનાવનાર કાર્બન પરમાણુઓ સાથે જોડાયેલા હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ જ ઍસિડિક સ્વભાવ ધરાવે છે.

$$HC \equiv CH + Na \rightarrow \underset{\text{મોનોસોડિયમ ઇથીનાઇડ}}{HC \equiv C^-Na^+} + \frac{1}{2}H_2 \quad (13.59)$$

$$HC \equiv C^-Na^+ + Na \rightarrow \underset{\text{ડાયસોડિયમ ઇથીનાઇડ}}{Na^+C^- \equiv C^-Na^+} + \frac{1}{2}H_2 \quad (13.60)$$

$$CH_3 - C \equiv C - H + Na^+NH^-_2 \rightarrow \underset{\text{સોડિયમ પ્રોપિનાઇડ}}{CH_3 - C \equiv C^-Na^+} + NH_3 \quad (13.61)$$

આ પ્રક્રિયાઓ આલ્કેન અને આલ્કીન સંયોજનો આપતા નથી. તેથી આ પ્રક્રિયા આલ્કેન, આલ્કીન અને આલ્કાઈન સંયોજનોને વિભેદિત કરવા માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે. બ્યુટ-1-આઇન તથા બ્યુટ-2-આઇન સાથે ઉપરોક્ત પ્રક્રિયા કરવામાં આવે તો શું થશે ? આલ્કેન, આલ્કીન અને આલ્કાઈન સંયોજનોના ઍસિડિક સ્વભાવનો ક્રમ નીચે દર્શાવેલ છે.

(i) $HC \equiv CH > H_2C = CH_2 > CH_3 - CH_3$

(ii) $HC{\equiv}CH > CH_3{-}C{\equiv}CH >> CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3$

B. યોગશીલ પ્રક્રિયાઓ : આલ્કાઈન સંયોજનોમાં ત્રિબંધ હોય છે. તેથી તેઓ ડાયહાઇડ્રોજન, હેલોજન, હાઇડ્રોજન

હેલાઈડ વગેરેના બે અણુઓને ઉમેરી શકે છે. યોગશીલ નીપજ નીચે દર્શાવેલા તબક્કા મુજબ બને છે.

$$-C \equiv C- + H-Z \xrightarrow{H^+} -\overset{H}{\overset{|}{C}}=\overset{\oplus}{C}- + :\bar{Z} \rightarrow -\overset{H}{\overset{|}{C}}=\overset{Z}{\overset{|}{C}}-$$

વિનાઈલિક કેટાયન

બનતી યોગશીલ નીપજનો આધાર વિનાઈલિક કેટાયનની સ્થાયીતા પર છે. અસમમિત આલ્કાઈન સંયોજનોમાં યોગશીલ પ્રક્રિયા માર્કોવનીકોવના નિયમ મુજબ થાય છે. આલ્કાઈન સંયોજનોની મોટા ભાગની પ્રક્રિયાઓ ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી યોગશીલ પ્રક્રિયાઓના ઉદાહરણો છે. કેટલીક યોગશીલ પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવેલી છે.

(i) ડાયહાઈડ્રોજનનું ઉમેરણ :

$$HC\equiv CH + H_2 \xrightarrow{Pt/Pd/Ni} [H_2C{=}CH_2] \xrightarrow{H_2} CH_3{-}CH_3 \qquad (13.62)$$

$$\underset{\text{પ્રોપાઈન}}{CH_3{-}C\equiv CH} + H_2 \xrightarrow{Pt/Pd/Ni} \underset{\text{પ્રોપિન}}{[CH_3{-}CH{=}CH_2]} \xrightarrow{H_2} \underset{\text{પ્રોપેન}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_3} \qquad (13.63)$$

(ii) હેલોજનનું ઉમેરણ :

$$CH_3-C\equiv CH + Br-Br \rightarrow \underset{\text{1,2-ડાયબ્રોમોપ્રોપિન}}{[CH_3CBr{=}CHBr]} \xrightarrow{Br_2} \underset{\text{1,1,2,2-ટેટ્રાબ્રોમોપ્રોપેન}}{CH_3-\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-\underset{Br}{\overset{Br}{CH}}} \qquad (13.64)$$

આ પ્રક્રિયાથી કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઈડમાં બનાવેલા બ્રોમિન દ્રાવણનો લાલાશ પડતો કેસરી રંગ દૂર થાય છે. તેથી આ પ્રક્રિયા અસંતૃપ્તતાની પરખ માટેની કસોટીમાં વપરાય છે.

(iii) હાઈડ્રોજન હેલાઈડ સંયોજનોનું ઉમેરણ :

આલ્કાઈન સંયોજનોમાં હાઇડ્રોજન હેલાઈડ સંયોજનોના (HCl, HBr, HI) બે અણુઓ ઉમેરાઈને જેમ ડાયહેલાઈડ સંયોજનો (gem dihalides) (જેમાં એક જ કાર્બન પરમાણુ સાથે બે હેલોજન જોડાયેલ હોય છે) બનાવે છે.

$$H{-}C\equiv C{-}H + H{-}Br \rightarrow \underset{\text{બ્રોમોઈથીન}}{[CH_2{=}CH{-}Br]} \rightarrow \underset{\text{1,1-ડાયબ્રોમોઈથેન}}{\underset{CH_3}{\underset{|}{CHBr_2}}} \qquad (13.65)$$

$$CH_3-C\equiv CH + H-Br \rightarrow \underset{\text{2-બ્રોમોપ્રોપિન}}{[CH_3-\underset{Br}{\underset{|}{C}}=CH_2]} \rightarrow \underset{\text{2,2-ડાયબ્રોમોપ્રોપેન}}{CH_3-\underset{Br}{\overset{Br}{C}}-CH_3} \qquad (13.66)$$

(iv) પાણીનું ઉમેરણ :

આલ્કેન અને આલ્કીન સંયોજનોની જેમ આલ્કાઈન સંયોજનો પણ પાણી સાથે અમિશ્રિત રહે છે અને પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરતું નથી. આલ્કાઈન સંયોજનોમાં 333 K તાપમાને મરક્યુરિક સલ્ફેટ અને મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની હાજરીમાં પાણીનો એક અણુ ઉમેરાઈને કાર્બોનિલ સંયોજનો બનાવે છે.

$$\underset{\text{ઈથાઈન}}{HC\equiv CH} + H-OH \xrightarrow[333K]{Hg^{2+}/H^+} CH_3 = \underset{OH}{\underset{|}{C}}-H \xrightarrow{\text{સમઘટકીકરણ}} \underset{\text{ઈથેનાલ}}{CH_3-\underset{O}{\underset{||}{C}}-H} \qquad (13.67)$$

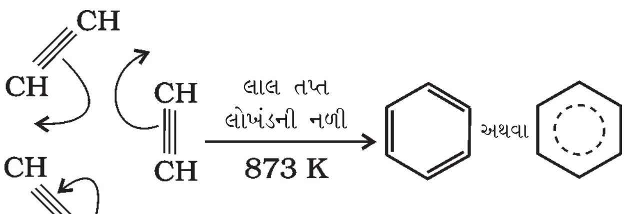
$$\underset{\text{પ્રોપાઈન}}{CH_3{-}C\equiv CH} + H-OH \xrightarrow[333K]{Hg^{2+}/H^+} CH_3-\underset{O-H}{\underset{|}{C}}=CH_2 \xrightarrow{\text{સમઘટકીકરણ}} \underset{\text{પ્રોપેનોન}}{CH_3-\underset{O}{\underset{||}{C}}-CH_3} \qquad (13.68)$$

(v) પોલિમરાઈઝેશન

(a) રેખિય પોલિમરાઈઝેશન : અનુકૂળ પરિસ્થિતિઓમાં ઈથાઈનનું રેખિય પોલિમરાઈઝેશન થઈ પોલિએસિટિલિન અથવા પોલિઈથાઇન બને છે જે ઊંચા આણ્વીયદળ ધરાવતો પોલિઈન છે. તે $[CH=CH-CH=CH]$ પુનરાવર્તિત એકમો ધરાવે છે. જેને $\leftarrow CH=CH-CH=CH \rightarrow_n$ વડે

દર્શાવાય છે. અનુકૂળ પરિસ્થિતિમાં આ પોલિમર વીજસુવાહક બને છે. પોલિએસિટિલિનની પાતળી ફિલ્મ બૅટરીમાં ઇલેક્ટ્રૉડ તરીકે વપરાય છે. આ ફિલ્મ ધાતુ સુવાહક કરતા વધુ સુવાહક, હલકી અને સસ્તી હોય છે.

(b) ચક્રિય પોલિમરાઇઝેશન : ઇથાઇનને લાલ ચોળ (રક્ત તપ્ત) લોખંડની નળીમાંથી 873 K તાપમાને પસાર કરવાથી તેનું ચક્રિય પોલિમરાઇઝેશન થાય છે. ઇથાઇનના ત્રણ અણુઓના પોલિમરાઇઝેશનથી બેન્ઝિન બને છે. જે બેન્ઝિન વ્યુત્પન્નો, રંગકો, ઔષધો અને અનેક કાર્બનિક સંયોજનોની બનાવટ માટેનો પ્રારંભિક અણુ છે. એલિફેટિક સંયોજનોને ઍરોમૅટિક સંયોજનોમાં રૂપાંતરિત કરવાનો આ સર્વોત્તમ રસ્તો છે.

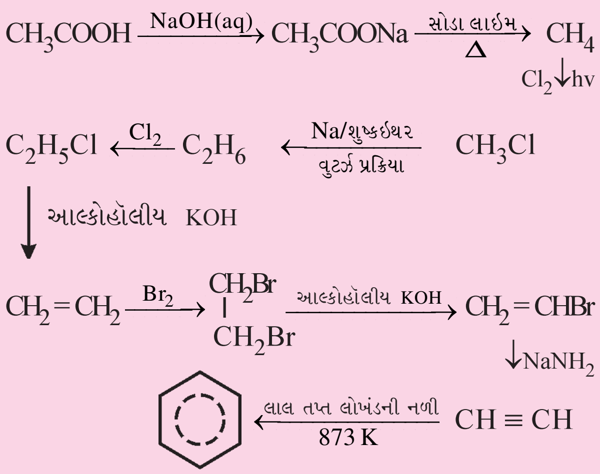


(13.69)

કોયડો 13.14

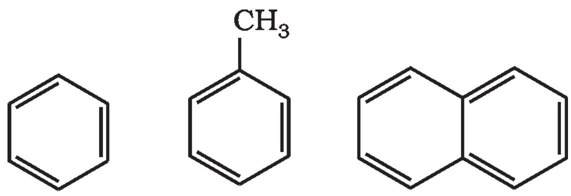
ઇથેનોઇક ઍસિડને બેન્ઝિનમાં કેવી રીતે પરિવર્તિત કરશો ?

ઉકેલ :

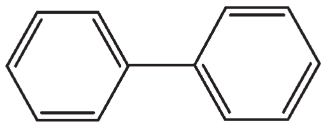


13.5 ઍરોમૅટિક હાઇડ્રૉકાર્બન (Aromatic Hydrocarbon)

ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનોને **'ઍરીન સંયોજનો'** પણ કહેવામાં આવે છે કારણ કે તેના મોટા ભાગના સંયોજનો વિશિષ્ટ વાસ (ગ્રીક શબ્દ 'ઍરોમા' જેનો અર્થ સુગંધ થાય છે) ધરાવે છે. આ સંયોજનોને 'ઍરોમૅટિક સંયોજનો' કહે છે. મોટા ભાગે આવા સંયોજનો બેન્ઝિન વલય ધરાવતા હોય છે. બેન્ઝિન વલય વધુ અસંતૃપ્ત છે, પરંતુ ઍરોમૅટિક સંયોજનોની મોટા ભાગની પ્રક્રિયામાં આ અસંતૃપ્ત બેન્ઝિન વલય સચવાઈ રહે છે. જોકે ઍરોમૅટિક હાઇડ્રૉકાર્બનના કેટલાક ઉદાહરણો એવા છે કે જેમાં બેન્ઝિન વલયને બદલે અન્ય ઉચ્ચ અસંતૃપ્ત વલય હોય છે. બેન્ઝિન વલય ધરાવતા ઍરોમૅટિક સંયોજનોને **બેન્ઝેનોઇડ સંયોજનો** તથા બેન્ઝિન વલય ન ધરાવતા ઍરોમૅટિક સંયોજનોને **નોન-બેન્ઝેનોઇડ સંયોજનો** કહે છે. ઍરીન સંયોજનોના કેટલાક ઉદાહરણો નીચે દર્શાવ્યા છે.



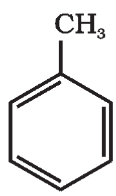
બેન્ઝિન ટોલ્યુઇન નેપ્થેલીન



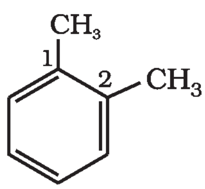
બાયફિનાઇલ

13.5.1 નામકરણ અને સમઘટકતા (Nomenclature and Isomerism)

ઍરોમૅટિક સંયોજનોના નામકરણ અને સમઘટકતાની ચર્ચા આપણે એકમ 12માં કરી છે. બેન્ઝિનના બધા છ હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ સમાન છે, તેથી તે એક અને માત્ર એક પ્રકારની એક વિસ્થાપિત નીપજ બનાવે છે. જો બેન્ઝિનના બે હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ બે સમાન અથવા જુદા જુદા એક સંયોજક પરમાણુઓ અથવા સમૂહોથી વિસ્થાપિત થાય તો ત્રણ જુદા જુદા સ્થાન સમઘટકો શક્ય બને છે. જે 1, 2 અથવા 1, 6 કે જે ઑર્થો (o–); 1, 3 અથવા 1, 5 કે જે મૅટા (m–) અને 1, 4 કે જે પૅરા (p–) દ્વિવિસ્થાપિત સંયોજનો છે. બેન્ઝિન વ્યુત્પન્નોના કેટલાક ઉદાહરણો નીચે દર્શાવ્યા છે.



મિથાઈલબેન્ઝિન (ટોલ્યુઇન)



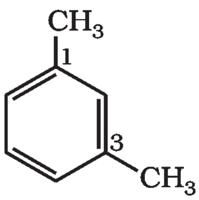
1,2-ડાયમિથાઈલબેન્ઝિન (o-ઝાયલીન)

જર્મન રસાયણવિજ્ઞાની ફ્રેડરિક ઑગસ્ટ કેક્યૂલે (Friedrich August Kekulé)નો જન્મ 1829માં જર્મનીના ડાર્મસ્ડ્ટ (Darmsdt) નામના નગરમાં થયો હતો. તે 1856માં પ્રોફેસર અને 1875માં રોયલ સોસાયટીના ફેલો બન્યા. બંધારણીય કાર્બનિક રસાયણવિજ્ઞાન ક્ષેત્રે તેમણે બે મહત્ત્વપૂર્ણ યોગદાન આપ્યા. પ્રથમ 1958માં જ્યારે તેમણે એ રજૂઆત કરી કે અનેક કાર્બન પરમાણુઓ એકબીજા સાથે બંધ બનાવીને શૃંખલાઓનું નિર્માણ કરી શકે છે. બીજું તેમને 1865માં બેન્ઝિનનું બંધારણ સમજાવવામાં યોગદાન આપ્યું, જ્યારે તેમને એવી રજૂઆત કરી કે કાર્બન પરમાણુઓની શૃંખલાઓ છેડેથી જોડાઈને વલય બનાવી શકે છે ત્યારબાદ તેમને બેન્ઝિનના ગતિક બંધારણની રજૂઆત કરી, જેના પર બેન્ઝિનની ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના આધારિત છે. ત્યારબાદ તેઓએ બેન્ઝિનના બંધારણની શોધને નીચે મુજબ વર્ણવી હતી :

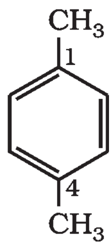
ફ્રેડરિક ઑગસ્ટ કેક્યૂલે (7-9-1829 - 13-7-1896)

''હું પાઠ્યપુસ્તક લખી રહ્યો હતો, પરંતુ કાર્ય આગળ વધતું ન હતું. કારણ કે મારો વિચાર કંઈક બીજો હતો. ત્યારે મેં મારી ખુરશીને અગ્નિ તરફ કરી. થોડા સમય પછી મને ઊંઘ આવી ગઈ. સ્વપ્નમાં મારી આંખોની સામે પરમાણુ નાચી રહ્યા હતા. અનેક પ્રકારના વિન્યાસના બંધારણો મારા મસ્તિષ્કની આંખ સામે ઘૂમી રહ્યા હતા. હું સ્પષ્ટ રીતે લાંબી-લાંબી શૃંખલાઓ જોઈ રહ્યો હતો. જે ક્યારેક-ક્યારેક નજીક આવી રહી હતી. તે સાપની જેમ ફરી રહી હતી, ત્યારે મેં જોયું કે એક સાપે પોતાની પૂંછડી મોંમા દબાવી લીધી છે. આ રીતે બનેલા બંધારણને હું સ્પષ્ટ રીતે જોઈ રહ્યો હતો, ત્યારે અચાનક મારી આંખ ખુલી ગઈ તથા રાત્રિનો બાકીનો સમય મેં મારા સપનાને સમજીને ઉપર્યુક્ત નિષ્કર્ષ કાઢવામાં વ્યતિત કર્યો. તેઓ આગળ કહે છે કે - સજ્જનો! આપણે સ્વપ્ના જોવાની આદત પાડવી જોઈએ, તો જ આપણે સત્યનો સાક્ષાત્કાર કરી શકીશું. પરંતુ આપણે આપણા સ્વપ્નાને ભૂલી જઈએ તે પહેલા અન્ય કોઈને તે કહી દેવું જોઈએ.'' (1890)

સો વર્ષ પછી કેક્યૂલેની જન્મ શતાબ્દી સમારોહના પ્રસંગે પોલિબેન્ઝેનોઇડ સંયોજનોના વર્ગને કેક્યૂલીન નામ આપવામાં આવ્યું.



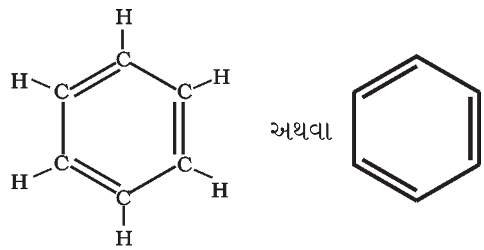
1,3-ડાયમિથાઈલબેન્ઝિન
(m-ઝાયલીન)



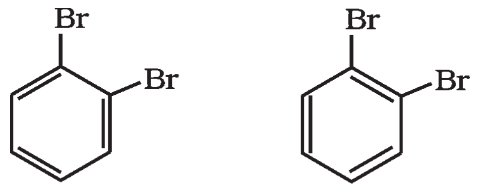
1,4-ડાયમિથાઈલબેન્ઝિન
(p-ઝાયલીન)

13.5.2 બેન્ઝિનનું બંધારણ (Structure of Benzene)

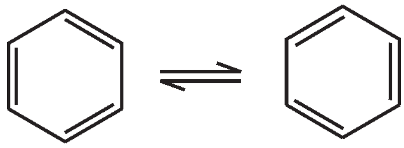
બેન્ઝિનને સૌપ્રથમ માઈકલ ફેરાડેએ (Michael Faraday) 1825માં મેળવ્યું હતું. બેન્ઝિનનું આણ્વીય સૂત્ર C_6H_6 છે. જે ઉચ્ચ અસંતૃપ્તતા દર્શાવે છે. આ આણ્વીય સૂત્ર તેને અનુરૂપ આલ્કેન, આલ્કીન કે આલ્કાઈન સંયોજનો કે જેનો અભ્યાસ તમે આ એકમની શરૂઆતમાં કર્યો છે તેની સાથે કોઈ સંબંધ દર્શાવતું નથી. તમે તેના સંભવિત બંધારણ વિશે શું વિચારો છો? તેના વિશિષ્ટ ગુણધર્મો અને અસામાન્ય સ્થાયીતાના કારણે તેનું બંધારણ નક્કી કરવામાં ઘણા વર્ષો નીકળી ગયા. બેન્ઝિન એક સ્થાયી અણુ છે. તે ટ્રાયઓઝોનોઇડ બનાવે છે, જે તેમાં રહેલા ત્રિબંધની હાજરી સૂચવે છે. વધુમાં બેન્ઝિન એક અને માત્ર એક જ એક વિસ્થાપિત વ્યુત્પન્ન બનાવે છે, જે બેન્ઝિનના છ કાર્બન અને છ હાઇડ્રૉજન પરમાણુની સમાનતા સૂચવે છે. આ બધા અવલોકનોને આધારે ઑગસ્ટ કેક્યૂલેએ 1865માં બેન્ઝિનનું એક બંધારણ સૂચવ્યું જેમાં છ કાર્બન પરમાણુની ચક્રિય રચના છે. તેમાં એકાંતરે દ્વિબંધ આવેલા છે તથા પ્રત્યેક કાર્બન પરમાણુની સાથે હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ જોડાયેલા છે.



કેક્યૂલે બંધારણ 1,2-ડાયબ્રોમો બેન્ઝિનના બે સમઘટકોની સંભાવના દર્શાવે છે. એક સમઘટકમાં બ્રોમિનના બંને પરમાણુઓ દ્વિબંધિત કાર્બન પરમાણુઓ સાથે જોડાયેલા છે, જ્યારે બીજા સમઘટકમાં એકલબંધિત કાર્બન પરમાણુઓ સાથે જોડાયેલા છે.



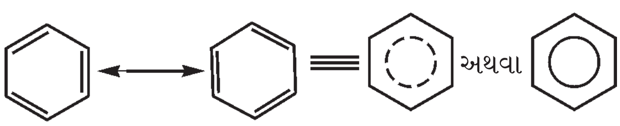
પરંતુ બેન્ઝિન માત્ર એક જ ઓર્થો દ્વિવિસ્થાપિત નીપજ બનાવે છે. આ સમસ્યાનું નિવારણ કેક્યૂલેએ બેન્ઝિનમાં રહેલા દ્વિબંધોના દોલાયમાન (oscillating) સ્વભાવની સંકલ્પના નીચે મુજબ રજૂ કરીને કર્યું હતું.



આ સુધારો પણ કેક્યૂલેના બેન્ઝિન બંધારણની અસામાન્ય સ્થાયીતા તથા યોગશીલ પ્રક્રિયાની સાપેક્ષે વિસ્થાપન પ્રક્રિયાની પ્રાથમિકતા સમજાવવામાં નિષ્ફળ રહ્યો હતો. જેને બાદમાં સસ્પંદન (resonance) દ્વારા સમજાવવામાં આવ્યું.

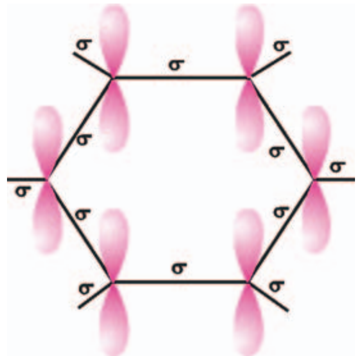
સસ્પંદન અને બેન્ઝિનની સ્થાયીતા

સંયોજકતા સિદ્ધાંત મુજબ બેન્ઝિનમાં દ્વિબંધ દોલન સંકલ્પનાને સસ્પંદન દ્વારા સમજાવવામાં આવી છે. બેન્ઝિન વિભિન્ન સસ્પંદન બંધારણોનું સંકર સૂત્ર છે. કેક્યૂલેએ સૂચવેલા બે બંધારણો A અને B મુખ્ય યોગદાન આપનાર બંધારણો છે. સંકૃત બંધારણને ષટ્કોણ રચનાની અંદર વર્તુળાકાર અથવા બિંદુ દ્વારા વર્તુળાકાર દોરીને દર્શાવાય છે (C). અંદરનું વલય બેન્ઝિન વલયના છ કાર્બન પરમાણુઓ પર વિસ્થાનીકૃત થયેલા છ ઈલેક્ટ્રૉન દર્શાવે છે.

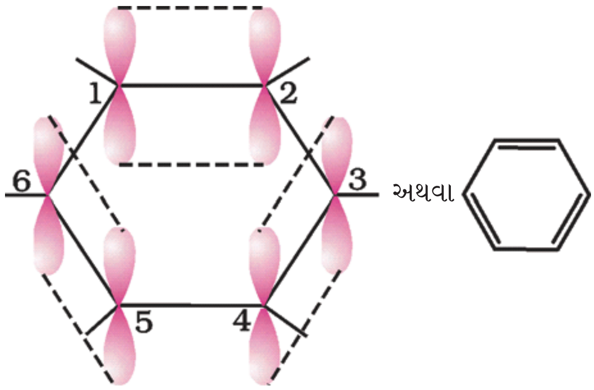


(A) (B) (C)

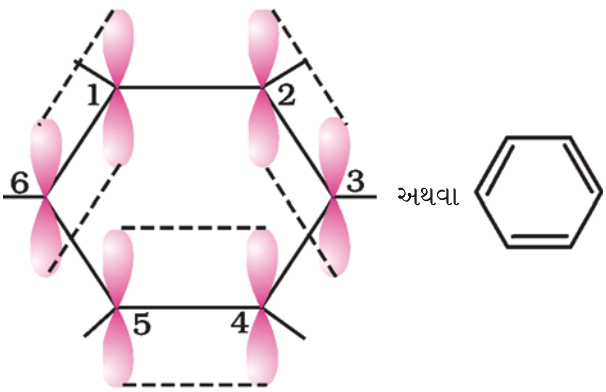
કક્ષકીય સંમિશ્રણ બેન્ઝિનના બંધારણ અંગે વિશેષ ખ્યાલ આપે છે. બેન્ઝિનમાં બધા છ કાર્બન પરમાણુઓ sp^2 સંકરણ ધરાવે છે. કાર્બનની બે sp^2 સંકૃત કક્ષકો તેને સંલગ્ન અન્ય બે કાર્બન પરમાણુઓની sp^2 સંકૃત કક્ષકો સાથે સંમિશ્ર થઈ કુલ છ C–C સિગ્મા બંધ બનાવે છે, જે ષટ્કોણીય સમતલ રચના બનાવે છે. દરેક કાર્બનની બાકી રહેલી એક-એક sp^2 સંકૃત કક્ષક છ હાઈડ્રોજન પરમાણુની એક-એક 1 *s* કક્ષક સાથે સંમિશ્ર થઈ કુલ છ C–H સિગ્મા બંધ બનાવે છે. દરેક કાર્બન પાસે એક અસંકૃત *p* કક્ષક છે કે જે નીચે દર્શાવ્યા મુજબ વલયના સમતલને લંબ ગોઠવાય છે.



કાર્બન પરમાણુની અસંકૃત *p*-કક્ષકોનું બાજુએથી સંમિશ્રણ થઈ π બંધ બને છે. $C_1–C_2$, $C_3–C_4$, $C_5–C_6$ અથવા $C_2–C_3$, $C_4–C_5$, $C_6–C_1$ની *p*-કક્ષકોના સંમિશ્રણથી અનુક્રમે નીચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ ત્રણ π બંધ બનવાની બે પ્રકારની શક્યતાઓ રહેલી છે.



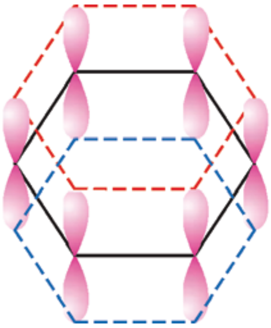
આકૃતિ 13.7 (a)



આકૃતિ 13.7 (b)

આકૃતિ 13.7(a) અને 13.7(b)માં દર્શાવેલા બંધારણો કેક્યૂલેના સ્થાયીકૃત થયેલા π બંધવાળા બે બંધારણોને અનુરૂપ છે. ક્ષ-કિરણ વિવર્તન દ્વારા નક્કી થયું કે વલયમાં રહેલા કાર્બન

પરમાણુઓના આંતરકેન્દ્રિય અંતર સમાન છે. ઉપરાંત દરેક કાર્બન પરમાણુની p-કક્ષકનું સંલગ્ન કાર્બન પરમાણુની p-કક્ષક સાથેનું સંમિશ્રણ થવાની સંભાવના સમાન છે. (આકૃતિ 13.7(c)), જેને (આકૃતિ 13.7(d)) ઇલેક્ટ્રૉન વાદળના વલય સ્વરૂપે દર્શાવવામાં આવે છે. આમ નીચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ ષટ્કોણીય સમતલ રચનાની ઉપર એક અને નીચે એક ઇલેક્ટ્રૉન વાદળ રહે છે તેમ માનવામાં આવે છે.



અથવા

(ઇલેક્ટ્રૉન વાદળ)

આકૃતિ 13.7 (c) **આકૃતિ 13.7 (d)**

આકૃતિ 13.6(a) અને (b)માં દર્શાવ્યા મુજબ છ π ઇલેક્ટ્રૉન કોઈ પણ બે કાર્બન કેન્દ્રો પર રહેવાના બદલે વિસ્થાનીકૃત થઈ છ કાર્બન કેન્દ્રો પર મુક્ત રીતે ઘૂમી શકે છે. બે કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચે સ્થાનીકૃત થયેલા ઇલેક્ટ્રૉન વાદળ કરતા બધા કાર્બન પરમાણુઓના કેન્દ્ર દ્વારા વિસ્થાનીકૃત π ઇલેક્ટ્રૉન વાદળ વધુ પ્રબળતાથી આકર્ષાયેલા હોય છે. તેથી બેન્ઝિનમાં વિસ્થાનીકૃત π ઇલેક્ટ્રૉનની હાજરીથી બેન્ઝિનની સ્થાયીતા પરિકલ્પિત સાયક્લોહેક્ઝાટ્રાઇનની સાપેક્ષે વધુ હોય છે.

ક્ષ-કિરણ વિવર્તનના પરિણામો સૂચવે છે કે બેન્ઝિન સમતલીય અણુ છે. ઉપર જણાવેલ બેન્ઝિનના બંધારણોમાંથી કોઈ એક બંધારણ (A અથવા B) સાચું હોય તો બંને પ્રકારના કાર્બન-કાર્બન બંધની બંધલંબાઈ વિશે વિચારી શકાય, પરંતુ ક્ષ-કિરણ વિવર્તનના પરિણામો સૂચવે છે કે બધી છ કાર્બન-કાર્બન બંધલંબાઈ સમાન (139 pm) છે, કે જે કાર્બન-કાર્બન એકલબંધ (154 pm) અને કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધની (133 pm) મધ્યવર્તી છે. આમ, બેન્ઝિનમાં શુદ્ધ દ્વિબંધની ગેરહાજરી સામાન્ય પરિસ્થિતિમાં બેન્ઝિનમાં યોગશીલ પ્રક્રિયા થતી રોકે છે. આમ, આ બાબત બેન્ઝિનની અસામાન્ય વર્તણૂકનું સ્પષ્ટીકરણ છે.

13.5.3 ઍરોમૅટિકતા (Aromaticity)

શરૂઆતમાં બેન્ઝિનને ઍરોમૅટિક સંયોજનોનું જનક સંયોજન ગણવામાં આવતું હતું. હાલમાં ઍરોમૅટિક નામ બધી વલય પ્રણાલીઓ માટે વપરાય છે કે જે નીચેના ગુણધર્મો ધરાવતું હોય, પછી તેમાં બેન્ઝિન વલય હોય કે ના હોય.

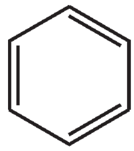
(i) સમતલીયતા

(ii) વલયમાં રહેલા π ઇલેક્ટ્રૉનનું સંપૂર્ણ વિસ્થાનીકરણ

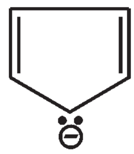
(iii) વલયમાં $(4n + 2)\,\pi$ ઇલેક્ટ્રૉનની હાજરી. જ્યાં, n = પૂર્ણાંક સંખ્યા ($n = 0, 1, 2,...$)

આને **હ્યુકેલનો નિયમ** (Hückel Rule) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

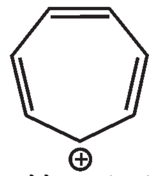
ઍરોમૅટિક સંયોજનોના કેટલાક ઉદાહરણો નીચે દર્શાવ્યા છે :



બેન્ઝિન

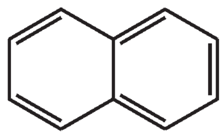


સાયક્લોપેન્ટાડાયનાઇલ એનાયન



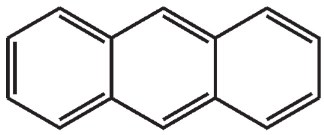
સાયક્લોહેપ્ટાટ્રાઇનાઇલ કેટાયન

($n = 1$, 6π ઇલેક્ટ્રૉન)

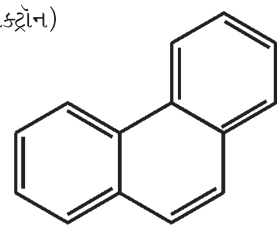


નેપ્થેલીન

($n = 2$, 10π ઇલેક્ટ્રૉન)



એન્થ્રેસીન



ફિનાન્થ્રીન

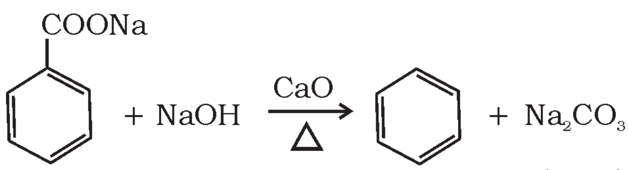
($n = 3$, 14π ઇલેક્ટ્રૉન)

13.5.4 બેન્ઝિનની બનાવટ (Preparation of Benzene)

બેન્ઝિનને વ્યાપારિક ધોરણે કોલટારમાંથી મેળવાય છે. જોકે તેને પ્રયોગશાળામાં નીચે દર્શાવેલી પદ્ધતિઓ દ્વારા મેળવવામાં આવે છે.

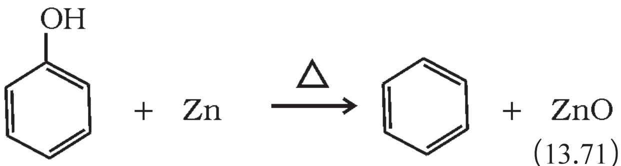
(i) ઇથાઇનનું ચક્રિય પોલિમરાઇઝેશન : (મુદ્દા નં. 13.4.4)

(ii) ઍરોમૅટિક ઍસિડનું ડિકાર્બોક્સિલેશન : બેન્ઝોઇક ઍસિડના સોડિયમ ક્ષારને સોડા લાઈમ સાથે ગરમ કરતાં બેન્ઝિન મળે છે.



(13.70)

(iii) **ફિનોલનું રિડક્શન :** ફિનોલની બાષ્પને ઝિંક ધાતુના ગરમ ભૂકા પરથી પસાર કરતાં ફિનોલનું બેન્ઝિનમાં રિડક્શન થાય છે.



(13.71)

13.5.5 ગુણધર્મો (Properties)

ભૌતિક ગુણધર્મો

ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો અધ્રુવીય અણુઓ છે. સામાન્ય રીતે તેઓ વિશિષ્ટ વાસવાળા તથા રંગવિહીન પ્રવાહી અથવા ઘનપદાર્થો છે. તમે નેપ્થેલીનની (ડામરની) ગોળીઓથી પરિચિત હશો જ કે જે વિશિષ્ટ વાસ ધરાવે છે અને જીવાત પ્રતિકર્ષી (કંસારી, પતંગિયા વગેરેને દૂર રાખવાનો) ગુણધર્મ ધરાવે છે. તેથી તેનો ઉપયોગ શૌચાલયમાં અને કપડાંને સુરક્ષિત રાખવામાં થાય છે. ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો પાણી સાથે અમિશ્રિત રહે છે, પરંતુ કાર્બનિક દ્રાવકો સાથે તરત જ મિશ્રિત થાય છે. તેઓ મેશવાળી જ્યોતથી બળે છે.

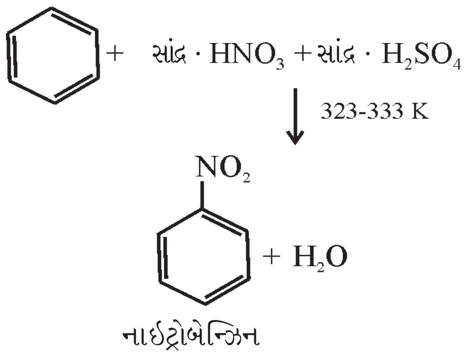
રાસાયણિક ગુણધર્મો

ઍરીન સંયોજનો ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ આપે છે, તેમ છતાં વિશિષ્ટ પરિસ્થિતિમાં તેઓ યોગશીલ અને ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયાઓ પણ આપે છે.

ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ

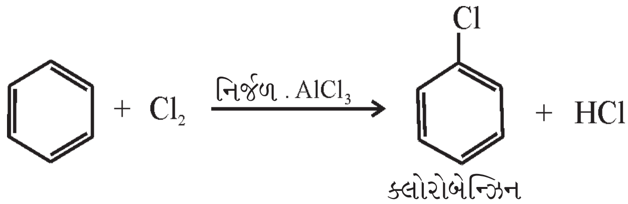
નાઇટ્રેશન, હેલોજીનેશન, સલ્ફોનેશન, ફ્રિડલ-ક્રાફ્ટ્સ આલ્કાઈલેશન અને ફ્રિડલ-ક્રાફ્ટ્સ એસાઇલેશન વગેરે ઍરીન સંયોજનોની સામાન્ય ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓ છે કે જેમાં ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક (E^+) હુમલો કરનાર પ્રક્રિયક છે.

(i) **નાઇટ્રેશન :** જ્યારે બેન્ઝિનને સાંદ્ર નાઇટ્રિક ઍસિડ અને સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના મિશ્રણ (નાઇટ્રેટિંગ મિશ્રણ) સાથે ગરમ કરવામાં આવે ત્યારે બેન્ઝિન વલયમાં નાઇટ્રો સમૂહને દાખલ કરી શકાય છે.



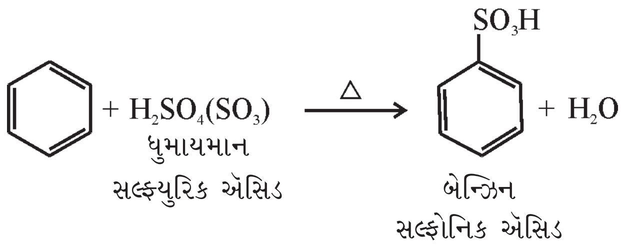
(13.72)

(ii) **હેલોજીનેશન :** ઍરીન સંયોજનો લુઇસ ઍસિડ જેવા કે નિર્જળ $FeCl_3$, $FeBr_3$ અથવા $AlCl_3$ની હાજરીમાં હેલોજન સાથે પ્રક્રિયા કરતાં હેલોઍરીન સંયોજનો આપે છે.



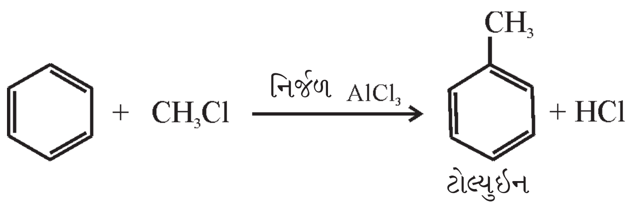
(13.73)

(iii) **સલ્ફોનેશન :** વલયમાં હાઇડ્રોજનનું સલ્ફોનિક ઍસિડ સમૂહ વડે થતા વિસ્થાપનને સલ્ફોનેશન કહે છે. આ પ્રક્રિયામાં બેન્ઝિનને ધુમાયમાન સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (ઑલિયમ) સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે.

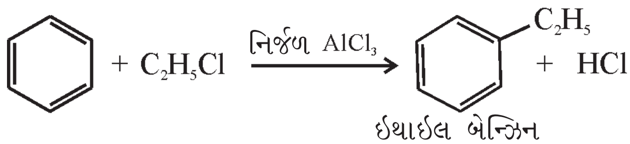


(13.74)

(iv) **ફ્રિડલ-ક્રાફ્ટ્સ આલ્કાઈલેશન પ્રક્રિયા :** જ્યારે બેન્ઝિનને નિર્જળ ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડની હાજરીમાં આલ્કાઈલ હેલાઈડ સાથે ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે આલ્કાઈલ બેન્ઝિન મળે છે.



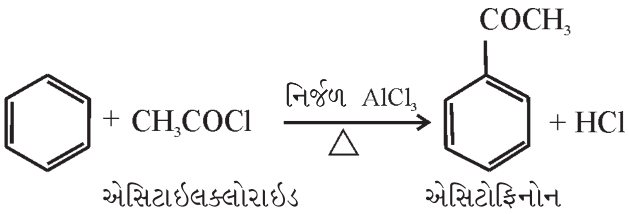
(13.75)



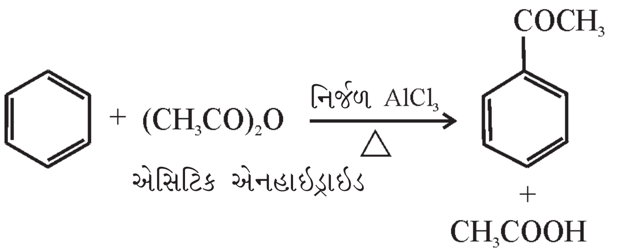
(13.76)

બેન્ઝિનની 1-ક્લોરોપ્રોપેન સાથેની પ્રક્રિયાથી શા માટે n-પ્રોપાઇલ બેન્ઝિનના બદલે આઇસો પ્રોપાઇલ બેન્ઝિન મળે છે ?

(v) **ફ્રિડલ-ક્રાફ્ટ્સ એસાઈલેશન પ્રક્રિયા :** બેન્ઝિન લુઇસ ઍસિડ($AlCl_3$)ની હાજરીમાં એસાઇલ હેલાઈડ અથવા ઍસિડ એનહાઇડ્રાઇડ સાથે પ્રક્રિયા કરી એસાઇલ બેન્ઝિન બનાવે છે.

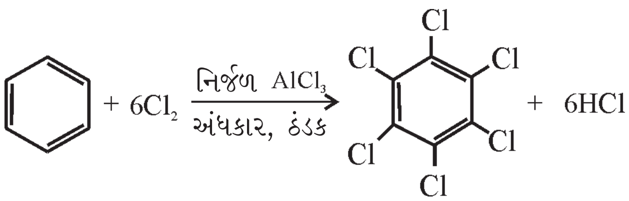


(13.77)



(13.78)

જો ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકનો વધુ પ્રમાણમાં ઉપયોગ કરવામાં આવે તો વિસ્થાપન પ્રક્રિયા આગળને આગળ ચાલુ રહે છે કે જેમાં બેન્ઝિન વલયના બીજા હાઇડ્રોજન પરમાણુઓનું વિસ્થાપન ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક દ્વારા થતું રહે છે. દા.ત., બેન્ઝિનની નિર્જળ $AlCl_3$ ની હાજરીમાં વધુ પ્રમાણમાં ક્લોરિન સાથે પ્રક્રિયા થવાથી હેક્ઝાક્લોરોબેન્ઝિન (C_6Cl_6) મળે છે.



હેક્ઝાક્લોરોબેન્ઝિન
(C_6Cl_6)

(13.79)

ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયાઓની ક્રિયાવિધિ

પ્રાયોગિક સત્યોના આધારે S_E (S = Substitution = વિસ્થાપન, E = Electrophilic = ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી) પ્રક્રિયાઓ નીચે દર્શાવેલા ત્રણ તબક્કા મુજબ થાય છે.

(a) ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકની ઉત્પત્તિ

(b) મધ્યવર્તી કાર્બોકેટાયનની બનાવટ

(c) મધ્યવર્તી કાર્બોકેટાયનમાંથી પ્રોટોનનું દૂર થવું.

(a) ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક ($E^{\oplus}$)ની ઉત્પત્તિ : બેન્ઝિનના ક્લોરિનેશન, આલ્કાઇલેશન અને એસાઇલેશન દરમિયાન લુઇસ ઍસિડ તરીકે નિર્જળ $AlCl_3$, હુમલો કરનાર પ્રક્રિયક સાથે પ્રક્રિયા કરી ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકો અનુક્રમે Cl^+, R^+ અને RC^+O (એસાઇલિયમ આયન) આપે છે.

(i) $Cl{-}Cl + AlCl_3 \rightarrow \overset{+}{Cl} + [AlCl_4]^-$
ક્લોરોનિયમ આયન

(ii) $CH_3{-}Cl + AlCl_3 \rightarrow \overset{+}{C}H_3 + [AlCl_4]^-$

(iii) $CH_3{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}Cl + AlCl_3 \rightarrow CH_3{-}\underset{\underset{O}{\|}}{\overset{+}{C}} + [AlCl_4]^-$

નાઇટ્રેશનના કિસ્સામાં, નીચે દર્શાવ્યા મુજબ નાઇટ્રિક ઍસિડ પર પ્રોટોન સ્થાનાંતર (સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાંથી) થવાથી ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક, નાઇટ્રોનિયમ આયન $\overset{+}{N}O_2$ બને છે.

તબક્કો I

$$HO_3SO{-}H + H{-}\ddot{O}{-}NO_2 \rightleftharpoons H{-}\underset{\cdot\cdot}{\overset{\overset{H}{|}}{O}}{}^{+}{-}NO_2 + HSO_4^-$$

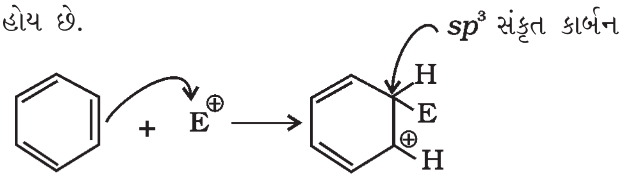
તબક્કો II

$$H{-}\overset{\overset{H}{|}}{\overset{+}{O}}{-}NO_2 \rightleftharpoons H_2O + \overset{\oplus}{N}O_2$$

પ્રોટોનેટેડ નાઇટ્રિક ઍસિડ — નાઇટ્રોનિયમ આયન

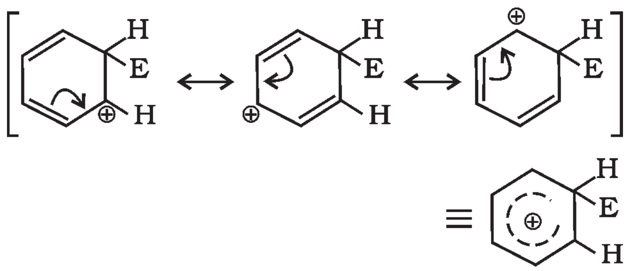
અહીં નોંધવા જેવી રસપ્રદ બાબત એ છે કે નાઇટ્રોનિયમ આયનની ઉત્પત્તિની પ્રક્રિયામાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, ઍસિડ તરીકે અને નાઇટ્રિક ઍસિડ, બેઇઝ તરીકે વર્તે છે. આમ તે સામાન્ય ઍસિડ બેઇઝ સંતુલન છે.

(b) કાર્બોકેટાયનની બનાવટ (ઍરેનિયમ આયન) : ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકના હુમલાથી σ-સંકીર્ણ અથવા ઍરેનિયમ આયન બને છે કે જેમાં એક કાર્બન sp^3 સંકૃત હોય છે.



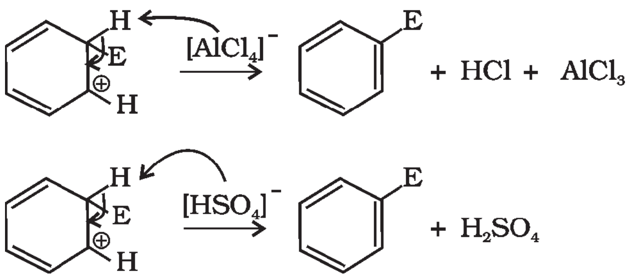
સિગ્મા સંકીર્ણ (ઍરેનિયમ આયન)

ઍરેનિયમ આયન સસ્પંદન દ્વારા સ્થાયીતા પ્રાપ્ત કરે છે.



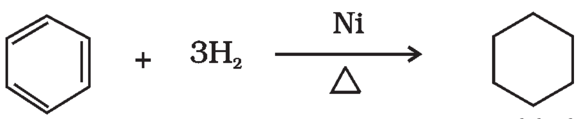
સિગ્મા સંકીર્ણ અથવા ઍરેનિયમ આયનમાં sp^3 સંકૃત કાર્બન પરમાણુ આગળ ઇલેક્ટ્રૉનનું વિસ્થાનીકરણ અટકી જાય છે, જેના કારણે સિગ્મા સંકીર્ણ અથવા ઍરેનિયમ આયન ઍરોમૅટિક ગુણ ગુમાવે છે.

(c) પ્રોટોનનું દૂર થવું : ઍરોમૅટિક ગુણને પુનઃપ્રાપ્ત કરવા માટે σ સંકીર્ણ તેમાં રહેલા sp^3 સંકૃત કાર્બન પર $(AlCl_4)^-$ (હેલોજીનેશન, આલ્કાઈલેશન અને એસાઈલેશનના કિસ્સામાં) અને HSO_4^-ના (નાઇટ્રેશનના કિસ્સામાં) હુમલા દ્વારા પ્રોટોન ગુમાવે છે.



યોગશીલ પ્રક્રિયાઓ

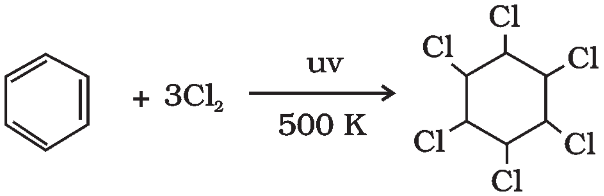
પ્રબળ પરિસ્થિતિઓમાં એટલે કે ઊંચા તાપમાને અને/અથવા દબાણે તથા નિકલ ઉદ્દીપકની હાજરીમાં બેન્ઝિનનું હાઇડ્રોજીનેશન થઈને સાયક્લોહેક્ઝેન મળે છે.



સાયક્લોહેક્ઝેન

(13.80)

પારજાંબલી પ્રકાશની હાજરીમાં ક્લોરિનના ત્રણ અણુઓ બેન્ઝિન અણુમાં ઉમેરાઈને બેન્ઝિન હેક્ઝાક્લોરાઇડ $(C_6H_6Cl_6)$ બનાવે છે, જેને ગેમેક્ષીન પણ કહે છે.



બેન્ઝિન હેક્ઝાક્લોરાઇડ

(BHC)

(13.81)

દહન : જ્યારે બેન્ઝિનને હવાની હાજરીમાં ગરમ કરવામાં આવે છે ત્યારે તે મેશવાળી જ્યોતથી બળે છે તથા CO_2 અને H_2O ઉત્પન્ન કરે છે.

$$C_6H_6 + \frac{15}{2}O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O \qquad (13.82)$$

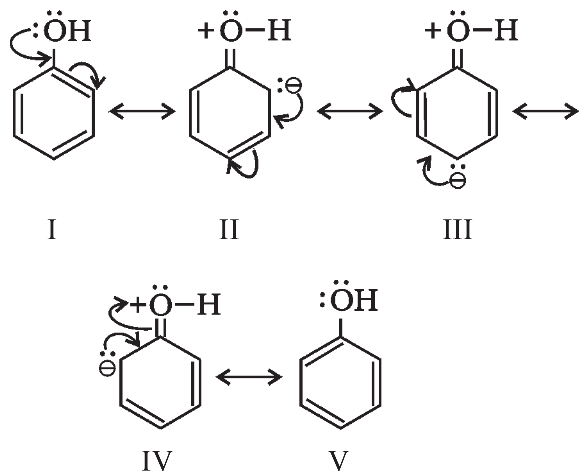
કોઈ પણ હાઇડ્રૉકાર્બનની સામાન્ય દહન પ્રક્રિયાને નીચે દર્શાવેલા રાસાયણિક સમીકરણ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.

$$C_xH_y + (x + \frac{y}{4})\,O_2 \rightarrow x\,CO_2 + \frac{y}{2}\,H_2O \qquad (13.83)$$

13.5.6 એક વિસ્થાપિત બેન્ઝિનમાં ક્રિયાશીલ સમૂહની સ્થાન નિર્દેશક અસર (Directive Influence of a Functional Group in Monosubstituted Benzene)

જ્યારે એક વિસ્થાપિત બેન્ઝિનનું પુનઃવિસ્થાપન કરવામાં આવે તો સંભવિત ત્રણ દ્વિવિસ્થાપિત નીપજો સમાન પ્રમાણમાં પ્રાપ્ત થતી નથી. અહીં બે પ્રકારની વર્તણૂક જોવા મળે છે. ઓર્થો અને પૅરા નીપજો મુખ્ય નીપજ તરીકે અથવા મૅટા નીપજો મુખ્ય નીપજ તરીકે. આ વર્તણૂકનો આધાર બેન્ઝિન વલયમાં નવા દાખલ થનાર સમૂહના સ્વભાવ પર નહિ, પરંતુ અગાઉથી વિસ્થાપન પામીને દાખલ થયેલા સમૂહના સ્વભાવ પર રહેલો છે. આને વિસ્થાપકોની સ્થાન નિર્દેશક અસર કહે છે. સમૂહોના ઓર્થો/પૅરા અથવા મૅટા સ્થાન નિર્દેશકના સ્વભાવ માટેના કારણોની ચર્ચા નીચે કરવામાં આવી છે.

ઓર્થો અને પૅરા સ્થાનનિર્દેશક સમૂહો : જે સમૂહો નવા દાખલ થનાર સમૂહને ઓર્થો અને પૅરા સ્થાનનો નિર્દેશ કરે છે તેઓને ઓર્થો અને પૅરા સ્થાન નિર્દેશક સમૂહો કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે આપણે ફિનોલિક સમૂહની (–OH) સ્થાન નિર્દેશક અસર ચર્ચીએ. ફિનોલ નીચે દર્શાવેલા સસ્પંદન બંધારણોનું સંકૃત બંધારણ છે.



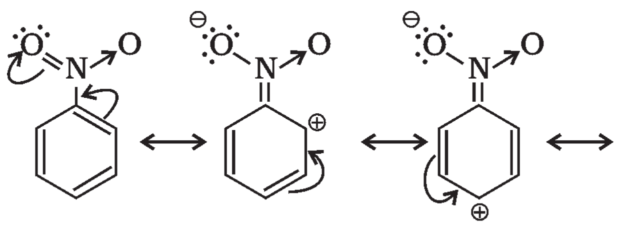
ઉપર દર્શાવેલ સસ્પંદન સૂત્રો પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે o– અને p– સ્થાનમાં ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા વધુ છે. તેથી વિસ્થાપન પ્રક્રિયા મુખ્યત્વે આ સ્થાનો પર થાય છે. વિશેષમાં નોંધવા યોગ્ય

બાબત એ છે કે –OH સમૂહની –I અસરને કારણે બેન્ઝિન વલયમાં ઑર્થો અને પૅરા સ્થાનોમાં થોડીક ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા ઘટે છે. પરંતુ સસ્પંદનના કારણે વલયના આ સ્થાનો પર એકંદર ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા વધે છે. તેથી –OH સમૂહ બેન્ઝિન વલયને ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયકના હુમલા માટે **સક્રિય કરે** છે. અન્ય **સક્રિયકારક** સમૂહોના ઉદાહરણો $-NH_2$, –NHR, $-NHCOCH_3$, $-OCH_3$, $-CH_3$, $-C_2H_5$ વગેરે છે.

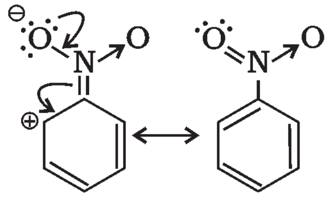
એરાઇલ હેલાઇડના કિસ્સામાં, હેલોજન મધ્યમ **અક્રિયકારક** છે, કારણ કે તેઓની પ્રબળ –I અસરને કારણે બેન્ઝિન વલયની અંદર એકંદર ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા ઘટે છે. તેથી પછીનું વિસ્થાપન મુશ્કેલ બને છે. જો કે સસ્પંદનના કારણે o– અને *p*– સ્થાનો પર ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા *m*-સ્થાન કરતાં વધુ હોય છે. તેથી તેઓ પણ o– અને *p*– સ્થાન નિર્દેશક સમૂહો છે.

મૅટા સ્થાન નિર્દેશક સમૂહો : જે સમૂહો નવા દાખલ થનાર સમૂહને મૅટા સ્થાનનો નિર્દેશ કરે છે તેઓને મૅટા સ્થાન નિર્દેશક સમૂહો કહે છે. મૅટા સ્થાન નિર્દેશક સમૂહોના કેટલાક ઉદાહરણો $-NO_2$, –CN, –CHO, –COR, –COOH, –COOR, $-SO_3H$ વગેરે છે.

હવે આપણે નાઇટ્રો સમૂહનું ઉદાહરણ લઈએ, નાઇટ્રો સમૂહ તેની પ્રબળ - I અસરને કારણે બેન્ઝિન વલયમાં ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા ઓછી કરે છે. નાઇટ્રો બેન્ઝિન નીચે દર્શાવેલા સસ્પંદન બંધારણોનું સંકૃત બંધારણ છે.



I II III

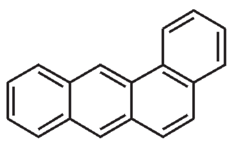


IV V

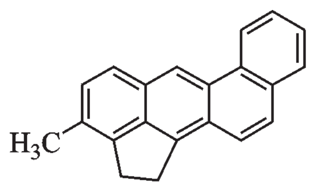
આ કિસ્સામાં બેન્ઝિનમાં એકંદર ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા ઘટે છે, જે પુન:વિસ્થાપન પ્રક્રિયાને મુશ્કેલ બનાવે છે. તેથી આ સમૂહોને **અક્રિયકારક સમૂહો** પણ કહે છે. મૅટા સ્થાનની સાપેક્ષે ઑર્થો અને પૅરા સ્થાનમાં ઇલેક્ટ્રૉન ઘનતા ઓછી હોય છે. પરિણામે ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક મૅટા સ્થાન તરફ આકર્ષાય છે અને વિસ્થાપન પ્રક્રિયા મૅટા સ્થાનમાં થાય છે.

13.6 કૅન્સરજન્યતા અને વિષાલુતા (Carcinogenicity and Toxicity)

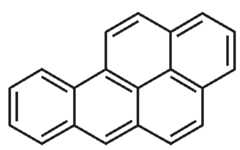
બેન્ઝિન અને બહુચક્રિય હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો (જે બે કરતાં વધુ બેન્ઝિન વલય ધરાવે છે) વિષાલુ અને કૅન્સર પ્રેરક સંયોજનો છે. કેટલાક બહુચક્રિય હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો કાર્બનિક પદાર્થો જેવા કે તમાકુ, કોલસો અને પેટ્રોલિયમના અપૂર્ણ દહનથી ઉત્પન્ન થાય છે. જે માનવશરીરમાં પ્રવેશીને કેટલીક જૈવરાસાયણિક પ્રક્રિયા દ્વારા અંતમાં DNAને નષ્ટ કરીને કૅન્સર ઉત્પન્ન કરે છે. કેટલાક કૅન્સર પ્રેરક હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો નીચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા છે (જૂઓ બૉક્સ).



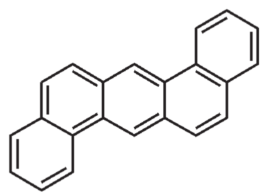
1,2-બેન્ઝએન્થ્રેસીન



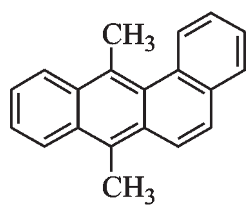
3-મિથાઈલકોલેનથ્રીન



1,2-બેન્ઝપાયરીન



1,2,5,6-ડાયબેન્ઝએન્થ્રેસીન



9,10-ડાયમિથાઈલ-1,2-બેન્ઝએન્થ્રેસીન

સારાંશ

હાઇડ્રૉકાર્બન માત્ર કાર્બન અને હાઇડ્રૉજનના સંયોજનો છે. હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો મુખ્યત્વે કોલસા અને પેટ્રોલિયમમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે, જે **ઊર્જાના મુખ્ય સ્રોત** છે. **પેટ્રોરસાયણો** અનેક મહત્ત્વપૂર્ણ વ્યાવસાયિક નીપજોના ઉત્પાદન માટે મુખ્ય પ્રારંભિક પદાર્થ છે. ઘરના ઈંધણ તથા સ્વયં-સંચાલિત વાહનોના મુખ્ય ઊર્જાસ્રોત LPG (Liquified Petroleum Gas) અને સંકોચિત કુદરતી વાયુ (Compressed Natural Gas) છે, જેને પેટ્રોલિયમમાંથી પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે. હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનોને તેમના બંધારણોને આધારે **સરળ શૃંખલાવાળા સંતૃપ્ત** સંયોજનો (આલ્કેન સંયોજનો), **અસંતૃપ્ત સંયોજનો** (આલ્કીન અને આલ્કાઈન સંયોજનો), **ચક્રિય** (એલિસાયક્લિક) અને **ઍરોમૅટિક** સંયોજનોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે.

આલ્કેન સંયોજનોની મુખ્ય પ્રક્રિયાઓ **મુક્તમૂલક વિસ્થાપન, દહન, ઑક્સિડેશન** અને **ઍરોમૅટિકીકરણ** છે. આલ્કીન અને આલ્કાઈન સંયોજનો યોગશીલ પ્રક્રિયાઓ દર્શાવે છે. જે મુખ્યત્વે **ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી યોગશીલ** પ્રક્રિયા હોય છે. ઍરોમૅટિક હાઇડ્રોકાર્બન અસંતૃપ્ત હોવા છતાં મુખ્યત્વે **ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન** પ્રક્રિયા આપે છે. આ સંયોજનો વિશિષ્ટ પરિસ્થિતિઓમાં યોગશીલ પ્રક્રિયાઓ દર્શાવે છે.

આલ્કેન સંયોજનો C–C સિગ્મા બંધના મુક્ત ભ્રમણના કારણે સંરૂપણીય સમઘટકો દર્શાવે છે. ઈથેનના **સાંતરિત** (staggered) અને **ગ્રસ્ત** (eclipsed) સંરૂપણોમાંથી સાંતરિત સંરૂપણમાં હાઇડ્રોજન પરમાણુઓ એકબીજાથી દૂર ગોઠવાયેલા હોવાથી તેની સ્થાયીતા વધુ હોય છે. આલ્કીન સંયોજનોમાં કાર્બન-કાર્બન દ્વિબંધની આસપાસ ભ્રમણ પ્રતિબંધિત હોવાથી **ભૌમિતિક સમઘટકતા (સિસ-ટ્રાન્સ)** જોવા મળે છે.

બેન્ઝિન અને **બેન્ઝેનોઈડ** સંયોજનો ઍરોમૅટિક લાક્ષણિકતા દર્શાવે છે. સંયોજનોની ઍરોમૅટિક લાક્ષણિકતા હ્યુકેલના નિયમ $(4n+2)\pi$ ઇલેક્ટ્રૉનના આધારે નક્કી કરી શકાય છે. બેન્ઝિન વલયમાં જોડાયેલા સમૂહો અથવા વિસ્થાપકોનો સ્વભાવ પુનઃવિસ્થાપન પ્રક્રિયા માટે વલયની સક્રિયતા અથવા અક્રિયતા તથા દાખલ થનાર સમૂહના સ્થાનને અસર કરે છે. કેટલાક બહુચક્રિય હાઇડ્રોકાર્બનમાં બેન્ઝિન વલય એકબીજા સાથે જોડાયેલા હોય છે, જે કૅન્સરજનક પ્રકૃતિ દર્શાવે છે.

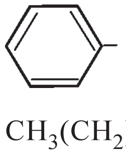
સ્વાધ્યાય

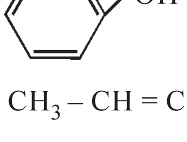
13.1 મિથેનના ક્લોરિનેશન દરમિયાન ઈથેન બને છે તે તમે કેવી રીતે સમજાવશો ?

13.2 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના IUPAC નામ લખો.

(a) $CH_3CH=C(CH_3)_2$ (b) $CH_2=CH-C\equiv C-CH_3$

(c)

(d)  $-CH_2-CH_2-CH=CH_2$

(e) 

(f) $CH_3(CH_2)_4\ CH(CH_2)_3CH_3$ with $CH_2-CH(CH_3)_2$ attached to CH

(g) $CH_3-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH(C_2H_5)-CH_2-CH=CH_2$

13.3 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનો કે જેમાં રહેલા દ્વિબંધ અથવા ત્રિબંધની સંખ્યા દર્શાવેલી છે, તેઓના સંભવિત બધા સમઘટકોના બંધારણીય સૂત્રો અને IUPAC નામ લખો.

(a) C_4H_8 (એક દ્વિબંધ) (b) C_5H_8 (એક ત્રિબંધ)

13.4 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોના ઓઝોનોલિસીસથી મળતી નીપજના IUPAC નામ લખો.

(i) પેન્ટ-2-ઈન (ii) 3,4-ડાયમિથાઈલપેન્ટ-3-ઈન

(iii) 2-ઈથાઈલબ્યુટ-1-ઈન (iv) 1-ફિનાઈલબ્યુટ-1-ઈન

13.5 કોઈ આલ્કીન સંયોજન 'A'ના ઓઝોનોલિસીસથી ઈથેનોલ અને પેન્ટેન-3-ઑનનું મિશ્રણ મળે છે, તો સંયોજન Aનું બંધારણ અને IUPAC નામ લખો.

13.6 કોઈ આલ્કીન સંયોજન A ત્રણ C-C, આઠ C-H σ બંધ અને એક C-C π બંધ ધરાવે છે. Aનું ઓઝોનોલિસીસ થઈ 44 u મોલરદળ ધરાવતા બે મોલ આલ્ડિહાઇડ બને છે. Aનું IUPAC નામ લખો.

13.7 પ્રોપેનાલ અને પેન્ટેન-3-ઑન કોઈ એક આલ્કીનના ઓઝોનોલિસીસથી મળતી નીપજ છે, તો તે આલ્કીનનું બંધારણીય સૂત્ર લખો.

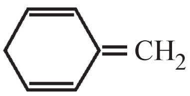
13.8 નીચે દર્શાવેલા હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનોની દહન પ્રક્રિયાના રાસાયણિક સમીકરણ લખો. (i) બ્યુટેન (ii) પેન્ટીન (iii) હેક્ઝાઇન (iv) ટોલ્યુઇન

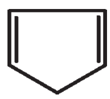
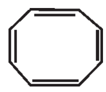
13.9 હેક્ઝ-2-ઈનના સિસ અને ટ્રાન્સ સમઘટકોના બંધારણ દોરો. કયાં સમઘટકનું ઉત્કલનબિંદુ ઊંચું હશે ? શા માટે ?

13.10 બેન્ઝિનમાં ત્રણ દ્વિબંધ હોવા છતાં તે અતિસ્થાયી શા માટે છે ?

13.11 કોઈ પ્રણાલીને ઍરોમૅટિકતા દર્શાવવા કઈ શરતો આવશ્યક છે ?

13.12 નીચે દર્શાવેલી પ્રણાલીઓ શા માટે ઍરોમૅટિકતા દર્શાવતી નથી ? સમજાવો.

(i) 

(ii) 
(iii) 

13.13 બેન્ઝિનને નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોમાં કેવી રીતે પરિવર્તિત કરશો ?

(i) *p*-નાઇટ્રૉબ્રોમોબેન્ઝિન (ii) *m*-નાઇટ્રૉક્લોરોબેન્ઝિન

(iii) *p*-નાઇટ્રોટોલ્યુઇન (iv) એસિટોફિનોન

13.14 આલ્કેન $H_3C-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-CH(CH_3)_2$ માં 1^o, 2^o, 3^o કાર્બન પરમાણુઓને ઓળખો અને તે પ્રત્યેક કાર્બનની સાથે જોડાયેલા હાઇડ્રૉજન પરમાણુઓની સંખ્યા પણ જણાવો.

13.15 આલ્કેન શૃંખલામાં શાખાના કારણે તેના ઉત્કલનબિંદુ પર શું અસર પડે છે ?

13.16 પ્રોપિનમાં HBr ઉમેરાવાથી 2-બ્રોમોપ્રોપેન નીપજ મળે છે, જ્યારે બેન્ઝોઇલ પેરૉક્સાઇડની હાજરીમાં આ પ્રક્રિયાથી 1-બ્રોમોપ્રોપેન મળે છે, ક્રિયાવિધિ સહિત સમજાવો.

13.17 1,2-ડાયમિથાઈલબેન્ઝિન(o-ઝાયલીન)ના ઓઝોનોલિસીસથી મળતી નીપજો લખો. આ પરિણામ બેન્ઝિનના કેક્યુલે બંધારણની તરફેણ કેવી રીતે કરે છે ?

13.18 બેન્ઝિન, n-હેક્ઝેન અને ઈથાઇનને તેમની એસિડિક વર્તણૂકના ઉતરતા ક્રમમાં ગોઠવો. આ વર્તણૂકના કારણો પણ આપો.

13.19 શા માટે બેન્ઝિનમાં ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયા સરળ અને કેન્દ્રાનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયા મુશ્કેલ છે ?

13.20 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોને કેવી રીતે બેન્ઝિનમાં રૂપાંતરિત કરી શકાય ?

(i) ઈથાઇન (ii) ઈથીન (iii) હેક્ઝેન

13.21 એવા બધા આલ્કીન સંયોજનોના બંધારણો દોરો કે જે હાઇડ્રોજીનેશન દ્વારા 2-મિથાઈલબ્યુટેન આપે છે.

13.22 નીચે દર્શાવેલા સંયોજનોને તેમની ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક E^+ પ્રત્યેની સાપેક્ષ પ્રતિક્રિયાત્મકતાના ઉતરતા ક્રમમાં ગોઠવો.

(a) ક્લોરોબેન્ઝિન, 2,4-ડાયનાઇટ્રોક્લોરોબેન્ઝિન, *p*-નાઇટ્રોક્લોરોબેન્ઝિન

(b) ટોલ્યુઇન, p-$H_3C-C_6H_4-NO_2$, p-$O_2N-C_6H_4-NO_2$

13.23 બેન્ઝિન, *m*-ડાયનાઇટ્રોબેન્ઝિન અને ટોલ્યુઇનમાંથી કોનું નાઇટ્રેશન વધુ સરળતાથી થશે ? શા માટે ?

13.24 બેન્ઝિનના ઈથાઇલેશન દરમિયાન નિર્જળ એલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડના બદલે કયો લુઇસ ઍસિડ વાપરી શકાય તે સૂચવો.

13.25 કાર્બન પરમાણુની એકી સંખ્યા ધરાવતા આલ્કેનની બનાવટ માટે વુટ્ર્ઝ પ્રક્રિયા શા માટે પસંદ કરવામાં આવતી નથી ? તમારા ઉત્તરને કોઈ એક ઉદાહરણ દ્વારા સ્પષ્ટ કરો.

એકમ 14

પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન (Environmental Chemistry)

હેતુઓ :

આ એકમના અભ્યાસ પછી તમે...

- પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાનનો અર્થ સમજી શકશો.
- વાતાવરણીય પ્રદૂષણને વ્યાખ્યાયિત કરી શકશો, ગ્લોબલ વૉર્મિંગ, ગ્રીન હાઉસ અસર અને ઍસિડ વર્ષાના કારણોની યાદી બનાવી શકશો.
- ઓઝોન સ્તરના ક્ષયનના કારણો તથા તેની અસરોને જાણી શકશો.
- જલપ્રદૂષણના કારણો કહી શકશો અને પીવાના પાણી માટેના આંતરરાષ્ટ્રીય ધોરણો (માનાંક) અંગે જાણી શકશો.
- જમીન પ્રદૂષણના કારણો વર્ણવી શકશો.
- પર્યાવરણીય પ્રદૂષણના નિયંત્રણ માટેની યોજના બનાવી શકશો અને અપનાવી શકશો.
- રોજિંદા જીવનમાં હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનના મહત્ત્વને સ્વીકારી શકશો.

"વિશ્વે ડહાપણ (wisdom) વિનાની ચમક અને વિવેકહીન શક્તિ પ્રાપ્ત કરી લીધી છે. આપણું વિશ્વ કેન્દ્રિય રીતે મહાદાનવ તથા નૈતિક રીતે શિશુ છે."

અગાઉના ધોરણોમાં તમે પર્યાવરણનો અભ્યાસ કરેલો છે. પર્યાવરણીય અભ્યાસ આપણી આસપાસના સામાજિક, આર્થિક, જૈવિક, ભૌતિક અને રાસાયણિક પરિબળોના આંતરસંબંધને સમજાવે છે. આ એકમમાં આપણે પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન પર ધ્યાન કેન્દ્રિત કરીશું. પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન રાસાયણિક સ્પીસિઝના ઉદ્ભવસ્થાનો, વહન, પ્રક્રિયાઓ, અસરો અને નિર્માણ સાથે સંબંધિત છે. ચાલો આપણે પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાનના કેટલાક અગત્યના પાસાઓ ચર્ચીએ.

14.1 પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ (Environmental Pollution)

પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ આપણી આસપાસના અનિચ્છનીય ફેરફારોનું પરિણામ છે, જે વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને માનવજાત માટે નુકસાનકર્તા છે. જે પદાર્થ પ્રદૂષણ ફેલાવે છે તેને પ્રદૂષક કહે છે. પ્રદૂષકો ઘન, પ્રવાહી કે વાયુ સ્વરૂપના હોઈ શકે છે. આ પ્રદૂષકોનું પ્રમાણ કુદરત સર્જિત કે માનવસર્જિત પ્રવૃત્તિઓને કારણે પર્યાવરણમાં વધતું જોવા મળે છે. શું તમે જાણો છો કે સામાન્ય માણસને ખોરાક કરતાં 12-15 ગણી હવાની જરૂર હોય છે ? આમ, ખોરાકમાં અલ્પપ્રમાણમાં રહેલા પ્રદૂષક જેટલા જ પ્રમાણમાં પ્રદૂષક હવામાં રહેલો હોય તો તે પ્રમાણ અર્થસૂચક બની જાય છે. પ્રદૂષકોનું વિઘટન થઈ શકે છે. જેમ કે શાકભાજીના કચરાનું કુદરતી રીતે વિઘટન ઝડપી થાય છે, જ્યારે બીજી તરફ કેટલાક પ્રદૂષકોનું વિઘટન ધીમું થાય છે, તેથી તેવા પ્રદૂષકો પર્યાવરણમાં ફેરફાર પામ્યા વિના ઘણા દશકાઓ સુધી મૂળ અવસ્થામાં પડ્યા રહે છે. દા.ત., ડાયક્લોરોડાયફિનાઇલટ્રાયક્લોરોઇથેન (DDT), પ્લાસ્ટિક પદાર્થો, ભારે ધાતુઓ, ઘણા રસાયણો, રેડિયોસક્રિય કચરો જેવા પદાર્થો એક વખત પર્યાવરણમાં દાખલ થયા બાદ તેઓને દૂર કરવા મુશ્કેલ છે. આ પદાર્થોનું કુદરતી રીતે વિઘટન થતું નથી અને તેઓ જીવસૃષ્ટિ માટે ખૂબ જ હાનિકારક હોય છે. પર્યાવરણીય પ્રદૂષણમાં પ્રદૂષક વિભિન્ન સ્રોતમાંથી ઉત્પન્ન થાય છે

અને તે હવા દ્વારા અથવા પાણી દ્વારા અથવા મનુષ્ય દ્વારા તેમને જમીનમાં દાટવાથી વહન પામે છે.

14.2 વાતાવરણીય પ્રદૂષણ (Atmospheric Pollution)

પૃથ્વીની આસપાસ રહેલા વાતાવરણના સ્તરની જાડાઈ પૃથ્વીથી બધી ઊંચાઈએ સમાન હોતી નથી એટલે કે હવાના જુદા જુદા સંકેન્દ્રિ સ્તર અથવા ક્ષેત્રો હોય છે અને દરેક સ્તર જુદી જુદી ઘનતા ધરાવે છે. વાતાવરણનો નીચેનો વિસ્તાર જ્યાં માનવ સહિતની સમગ્ર જીવસૃષ્ટિ વસે છે તેને **ક્ષોભ-આવરણ** (Troposphere) કહે છે. તે દરિયાની સપાટીથી લગભગ 10 kmની ઊંચાઈ સુધી વિસ્તરેલું છે. દરિયાની સપાટીથી 10 km થી 50 kmની વચ્ચેના વિસ્તારને **સમતાપ આવરણ** (Stratosphere) કહે છે. ક્ષોભ-આવરણ અશાંત ધૂળના કણોનું ક્ષેત્ર છે, જેમાં વધુ પ્રમાણમાં પાણીની બાષ્પ અને વાદળો હોય છે. આ ક્ષેત્રમાં પ્રબળ હવાના પ્રવાહ અને વાદળોનું નિર્માણ થાય છે. જ્યારે સમતાપ આવરણમાં ડાયનાઇટ્રોજન, ડાયઑક્સિજન, ઓઝોન અને સૂક્ષ્મ પ્રમાણમાં પાણીની બાષ્પ હોય છે.

પર્યાવરણીય પ્રદૂષણમાં મુખ્યત્વે ક્ષોભ-આવરણીય અને સમતાપ આવરણીય પ્રદૂષણનો અભ્યાસ થાય છે. સૂર્યના હાનિકારક પારજાંબલી કિરણોનાં 99.5 % ભાગને, સમતાપ આવરણમાં રહેલો ઓઝોન પૃથ્વીની સપાટી સુધી પહોંચતા રોકે છે તથા તેની અસરોથી માનવજાત અને અન્ય પ્રાણીઓનું રક્ષણ કરે છે.

14.2.1 ક્ષોભ-આવરણીય પ્રદૂષણ (Tropospheric Pollution)

હવામાં રહેલા અનિચ્છનીય ઘન અથવા વાયુમય કણોને કારણે ક્ષોભ-આવરણીય પ્રદૂષણ થાય છે. ક્ષોભ-આવરણમાં રહેલા મુખ્યત્વે વાયુમય અને રજકણ સ્વરૂપના પ્રદૂષકો નીચે દર્શાવ્યા છે.

1. વાયુમય હવા પ્રદૂષકો : સલ્ફર, નાઇટ્રોજન અને કાર્બનના ઑક્સાઇડ, હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ, હાઇડ્રોકાર્બન, ઓઝોન અને અન્ય ઑક્સિડેશનકર્તાઓ વગેરે.
2. રજકણ સ્વરૂપના પ્રદૂષકો : ધૂળ (dust), ધૂમ્મસ (mist), ધૂમ (fumes), ધૂમાડો (smoke), ધૂમ્ર-ધુમ્મસ (smog) વગેરે.

1. વાયુમય હવા પ્રદૂષકો :

(a) સલ્ફરના ઑક્સાઇડ સંયોજનો : જ્યારે સલ્ફરયુક્ત અશ્મિગત બળતણનું દહન થાય છે ત્યારે સલ્ફરના ઑક્સાઇડ સંયોજનો ઉત્પન્ન થાય છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ સામાન્ય વાયુમય સ્પીસિઝ છે, જે પ્રાણી અને વનસ્પતિસૃષ્ટિ માટે ઝેરી છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના ઓછા પ્રમાણની હાજરીથી પણ મનુષ્યજાતિમાં શ્વસનતંત્રને લગતા રોગો જેવા કે દમ (અસ્થમા), શ્વાસનળીમાં સોજો અને બળતરા વગેરે થાય છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના કારણે આંખમાં બળતરા થવી, લાલ થવી અને આંખમાંથી પાણી નીકળવું વગેરે તકલીફો પણ થાય છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના વધુ પ્રમાણથી ફૂલની કળી કડક થઈ છોડ પરથી ખરી પડે છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડનું ઑક્સિડેશન ઉદ્દીપક વગર ધીમું થાય છે, પણ પ્રદૂષિત હવામાં રજકણો ઉદ્દીપક તરીકે વર્તી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડનું સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડમાં રૂપાંતર કરે છે.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$$

આ પ્રક્રિયા ઓઝોન અને હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ દ્વારા પણ થઈ શકે છે.

$$SO_2(g) + O_3(g) \rightarrow SO_3(g) + O_2(g)$$

$$SO_2(g) + H_2O_2(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$$

(b) નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ સંયોજનો : ડાયનાઇટ્રોજન અને ડાયઑક્સિજન હવાના મુખ્ય ઘટકો છે. સામાન્ય તાપમાને આ બે વાયુઓ એકબીજા સાથે પ્રક્રિયા કરતા નથી, પરંતુ વધુ ઊંચાઈએ જ્યારે વીજળીનો ચમકારો થાય છે ત્યારે તેઓ એકબીજા સાથે જોડાઈને નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ બનાવે છે. આ NO_2 નું ઑક્સિડેશન થઈ NO_3^- બને છે, જે જમીનમાં પ્રવેશે છે ત્યારે ખાતર તરીકે કામ કરે છે. વાહનોમાં ઊંચા તાપમાને અશ્મિગત બળતણનું દહન થાય છે ત્યારે ડાયનાઇટ્રોજન અને ડાયઑક્સિજન સંયોજાવાથી નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ (NO) અને નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડનો (NO_2) અસરકારક જથ્થો ઉત્પન્ન થાય છે.

$$N_2(g) + O_2(g) \xrightarrow{1483\text{ K}} 2NO(g)$$

NO તરત જ ઑક્સિજન સાથે પ્રક્રિયા કરી NO_2 આપે છે.

$$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$$

સમતાપ આવરણમાંના નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ સાથે ઓઝોનની પ્રક્રિયાથી NO_2 બનવાની પ્રક્રિયાનો વેગ ઝડપી હોય છે.

$$NO(g) + O_3(g) \longrightarrow NO_2(g) + O_2(g)$$

ગીચતાવાળા અને ટ્રાફિકવાળા વિસ્તારોમાં સર્જાતું દાહક લાલ ધૂંધળું વાતાવરણ નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડના કારણે હોય છે. NO_2નું વધુ પ્રમાણ વનસ્પતિના પર્ણોને નુકસાન પહોંચાડે છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણની પ્રક્રિયા ધીમી પાડે છે. NO_2 ફેફસાં માટે દાહક પદાર્થ છે તેનાથી બાળકોમાં શ્વસનતંત્રના ગંભીર રોગ થાય છે. તે સજીવપેશીઓ માટે પણ નુકસાનકારક છે. ઉપરાંત તે ધાતુઓ અને કાપડના રેસાઓને પણ નુકસાન પહોંચાડે છે.

(c) હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો : હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો માત્ર કાર્બન અને હાઇડ્રોજન પરમાણુઓના બનેલા હોય છે. વાહનોમાં ઈંધણના અપૂર્ણ દહનથી તેઓ ઉત્પન્ન થાય છે. હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો કેન્સરપ્રેરક પદાર્થો છે, એટલે કે તેનાથી કેન્સર થાય છે. તેઓ છોડની પેશીઓને તોડીને, કાલપકવન (ઘડપણ) દ્વારા તથા પર્ણો, ફૂલો અને કાંટા પર આવરણ બનાવીને છોડને નુકસાન પહોંચાડે છે.

(d) કાર્બનના ઑક્સાઇડ સંયોજનો :

(i) કાર્બન મોનૉક્સાઇડ : કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અતિગંભીર હવા પ્રદૂષક છે. તે રંગવિહીન અને વાસવિહીન છે. તે સજીવસૃષ્ટિ માટે ભારે હાનિકારક છે. તે વિવિધ અંગો અને પેશીઓને પહોંચતા ઑક્સિજનના પ્રવાહને રોકવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. કાર્બન મોનૉક્સાઇડ કાર્બનના અપૂર્ણ દહનથી ઉત્પન્ન થાય છે. વાહનોમાંથી નીકળતા ધુમાડામાં કાર્બન મોનૉક્સાઇડ વિશેષ પ્રમાણમાં હોય છે. આ ઉપરાંત તે લાકડાં, કોલસા અને પેટ્રૉલિયમ જેવી પેદાશોના અપૂર્ણ દહનથી પણ ઉત્પન્ન થાય છે. વિશ્વમાં છેલ્લા કેટલાક વર્ષોથી વાહનોની સંખ્યામાં વધારો થતો જાય છે. વાહનોની નિયમિત મરામત (service) ન થવાના કારણે અને વાહનોમાં જરૂરી પ્રદૂષણ-નિયંત્રક સામગ્રીના અભાવે આ વાહનો વધુ જથ્થામાં કાર્બન મોનૉક્સાઇડ અને અન્ય પ્રદૂષણકર્તા વાયુઓ બહાર કાઢે છે. શું તમે જાણો છો કે કાર્બન મોનૉક્સાઇડ શા માટે ઝેરી છે ? તે રુધિરમાંના હિમોગ્લોબિન સાથે જોડાઈ કાર્બોક્સિ હિમોગ્લોબિન સંકીર્ણ બનાવે છે, જે ઑક્સિજન-હિમોગ્લોબિન સંકીર્ણ સંયોજન કરતાં 300 ગણુ વધુ સ્થાયી છે. જ્યારે આપણા રુધિરમાં કાર્બોક્સિહિમોગ્લોબિનનું પ્રમાણ 3થી 4 % જેટલું થાય છે, ત્યારે રુધિરમાંના હિમોગ્લોબિનની ઑક્સિજન વહન કરવાની ક્ષમતા ઘટતી જાય છે. ઑક્સિજનની આ ઊણપના કારણે માથામાં દુઃખાવો, આંખોની દૃષ્ટિમાં નબળાઈ, બેચેની તથા હૃદય અને રક્તવાહિનીઓના કાર્યમાં ખલેલ પહોંચે છે. આ કારણે લોકોને ધૂમ્રપાન ન કરવાની સલાહ પણ આપવામાં આવે છે. સગર્ભા સ્ત્રીને ધૂમ્રપાનની આદત હોય તો તેના રુધિરમાં COનું પ્રમાણ વધવાને કારણે કસુવાવડ (premature birth), સ્વયંભૂગર્ભપાત (spontaneous abortion) અને બાળકમાં વિકૃતિ આવવાની શક્યતાઓ વધી જાય છે.

(ii) કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ : વાતાવરણમાં શ્વસન દરમિયાન, ઊર્જા મેળવવા માટે અશ્મિગત બળતણના દહનથી અને સિમેન્ટના ઉત્પાદન દરમિયાન ચૂનાના પથ્થરના વિઘટન દ્વારા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ મુક્ત થાય છે. જ્વાળામુખી ફાટી નીકળવાથી પણ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ મુક્ત થાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ માત્ર ક્ષોભ-આવરણમાં જ હોય છે. સામાન્ય રીતે તેનું પ્રમાણ આશરે વાતાવરણના કદના 0.03 % જેટલું હોય છે. અશ્મિગત બળતણના વધુ ઉપયોગથી વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું પ્રમાણ વધતું જાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના વધુ પ્રમાણને લીલી વનસ્પતિના ઉછેર દ્વારા ઘટાડીને વાતાવરણમાં CO_2નું યોગ્ય પ્રમાણ જાળવી શકાય છે. લીલી વનસ્પતિ પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા માટે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો ઉપયોગ કરે છે અને ઑક્સિજન મુક્ત કરે છે, તેથી વાતાવરણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ઑક્સિજન વાયુનું સમતોલન જળવાઈ રહે છે. તમે જાણો છો તે પ્રમાણે જંગલોને કાપવાથી તથા વધુ અશ્મિગત બળતણના દહનથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું પ્રમાણ વધે છે અને વાતાવરણનાં સમતોલનમાં ખલેલ પહોચે છે. હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું વધતું જતું પ્રમાણ ગ્લોબલ વૉર્મિંગ માટે જવાબદાર છે.

ગ્લોબલ વૉર્મિંગ અને ગ્રીન હાઉસ અસર : સૌર-ઊર્જાનો 75 % ભાગ પૃથ્વીની સપાટી દ્વારા અવશોષિત થાય છે, જેથી પૃથ્વીના તાપમાનમાં વધારો થાય છે. બાકીની ઉષ્મા વાતાવરણમાં પાછી જાય છે. આ ઉષ્માના કેટલાક ભાગને વાતાવરણના વાયુઓ જેવા કે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, મિથેન, ઓઝોન, પાણીની બાષ્પ તથા ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન સંયોજનો (CFCs) જકડી રાખે છે. આમ, વાતાવરણનું તાપમાન વધે છે, તેથી પૃથ્વીનું તાપમાન પણ વધે છે.

આપણે જાણીએ છીએ તે પ્રમાણે ઠંડા વિસ્તારમાં ફૂલો, શાકભાજીઓ અને ફળોને કાચના આવરણવાળા વિસ્તારમાં ઊગાડવામાં આવે છે કે જેને ગ્રીન હાઉસ (હરિતગૃહ) કહેવામાં આવે છે. શું તમે જાણો છો કે આપણે મનુષ્યો પણ ગ્રીન હાઉસમાં રહીએ છીએ ? જો કે આપણી આસપાસ કાચનું આવરણ નથી પરંતુ હવાનું એક આવરણ છે કે જેને વાતાવરણ કહે છે. આ વાતાવરણે સૈકાઓથી પૃથ્વીના તાપમાનને અચળ રાખ્યું છે, પરંતુ આજકાલ તેમાં ધીમું પરિવર્તન થઈ રહ્યું છે. જેવી રીતે ગ્રીન હાઉસમાં કાચ સૂર્યની ગરમીને અંદર પકડી રાખે છે તેવી જ રીતે વાતાવરણ સૂર્યની ગરમીને પૃથ્વીની સપાટીની નજીક જકડી રાખે છે અને પૃથ્વીને ગરમ રાખે છે. આને કુદરતી ગ્રીન હાઉસ અસર કહે છે, જે પૃથ્વીનું તાપમાન જાળવીને જીવસૃષ્ટિ માટે યોગ્ય બનાવે છે. સૂર્ય પ્રકાશ પારદર્શક કાચમાંથી પસાર થઈ જમીન અને છોડને ગરમ રાખે છે. આ ગરમ જમીન અને છોડ અવરક્ત વિકિરણોનું (Infrared radiations) ઉત્સર્જન કરે છે. જો કે અવરક્ત વિકિરણો (ગરમી) માટે કાચ અપારદર્શક હોય છે તેથી આ વિકિરણોનો આંશિક ભાગ કાચ દ્વારા શોષાય છે અને આંશિક ભાગ પરાવર્તન પામે છે. આ ક્રિયાવિધિ ગ્રીન હાઉસમાં સૌરઊર્જાને

જકડી રાખે છે. આ જ પ્રમાણે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અણુઓ ઉષ્માને જકડી રાખે છે, કારણ કે તે સૂર્યપ્રકાશ માટે પારદર્શક હોય છે પણ ઉષ્માવિકિરણો માટે નહીં. જો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું પ્રમાણ 0.03 %થી વધી જાય તો કુદરતી ગ્રીનહાઉસના સમતોલનમાં ખલેલ પહોંચે છે. ગ્લોબલ વૉર્મિંગમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું મુખ્ય યોગદાન છે.

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ સિવાય મિથેન, પાણીની બાષ્પ, નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ, CFCs અને ઓઝોન વગેરે અન્ય ગ્રીન હાઉસ વાયુઓ છે. જ્યારે વનસ્પતિઓને ઑક્સિજનની ગેરહાજરીમાં બાળવામાં આવે, વિઘટન કરવામાં આવે અથવા સડવા દેવામાં આવે ત્યારે મિથેન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. ડાંગરના ખેતર, કોલસાની ખાણ, સડેલા કચરાને દાટ્યો હોય તે જગ્યાએથી અને અશ્મિગત બળતણ દ્વારા વધુ પ્રમાણમાં મિથેન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન (CFCs) માનવનિર્મિત ઔદ્યોગિક રસાયણ છે, જે એરકન્ડિશનર વગેરેમાં વપરાય છે. CFCs પણ ઓઝોન સ્તરને નુકસાન પહોંચાડે છે (મુદ્દો 14.2.2). નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ વાતાવરણમાં કુદરતી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે. હાલના વર્ષોમાં તેઓના પ્રમાણમાં રાસાયણિક ખાતરના ઉપયોગથી અને અશ્મિગત બળતણના દહનથી તેમાં અસરકારક વધારો થયો છે. જો આ મુજબની પરિસ્થિતિ ચાલુ રહી તો પૃથ્વીનું સરેરાશ તાપમાન વધશે પરિણામે ધ્રુવ પ્રદેશોનો બરફ પીગળશે અને પૃથ્વીના નીચાણવાળા ભાગમાં પૂર આવશે. પૃથ્વીના સરેરાશ તાપમાન વધવાના કારણે ડેન્ગ્યુ, મેલેરિયા, પીળો તાવ, નિદ્રારોગ વગેરે રોગો ફેલાવાની શક્યતાઓ વધી જાય છે.

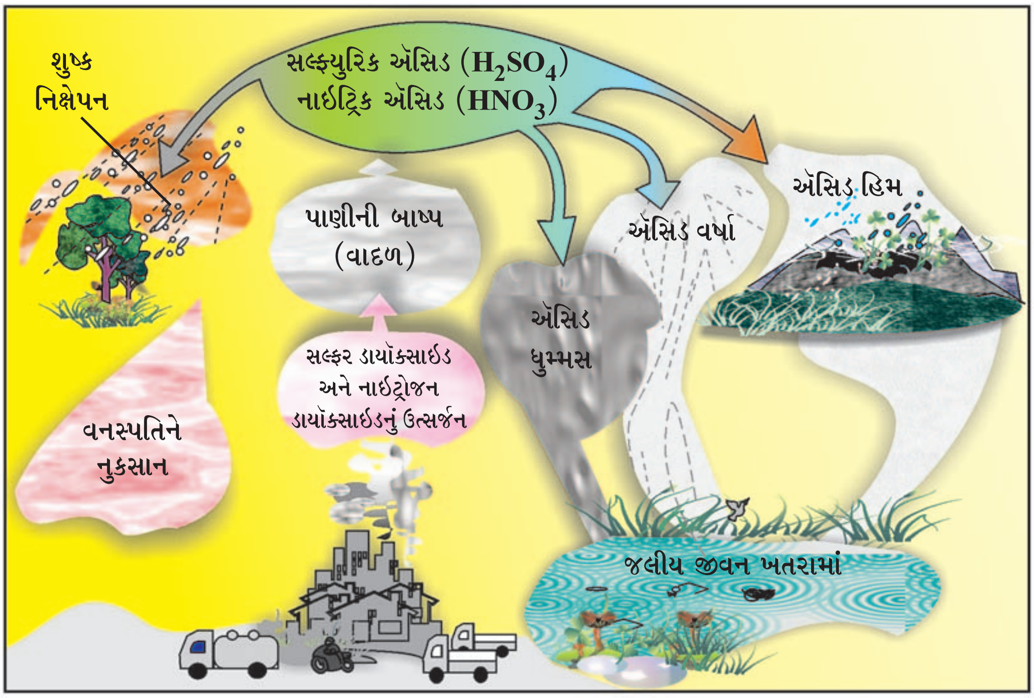
ફરીથી વિચાર કરો

ગ્લોબલ વૉર્મિંગનો વેગ ઘટાડવા આપણે શું કરી શકીએ?

અશ્મિગત બળતણના દહનથી, જંગલો તથા વૃક્ષોને કાપવાથી વાતાવરણમાં ગ્રીન હાઉસ વાયુઓનો ઉમેરો થાય છે, તેઓના યોગ્ય, ક્ષમતાપૂર્વકના તથા ન્યાયપૂર્ણ ઉપયોગ માટેના ઉપાયો આપણે શોધવા પડશે, જે વાતાવરણના તાપમાનમાં ઘટાડો કરવામાં મદદરૂપ થાય. આ માટેના એક સામાન્ય ઉપાય તરીકે વાહનોનો ઉપયોગ ઘટાડવો જોઈએ તે માટે પરિસ્થિતિને અનુરૂપ સાઇકલ કે જાહેર વાહન વ્યવહારનો ઉપયોગ અથવા વ્યક્તિગત પ્રવાસના બદલે સહિયારો પ્રવાસ (car pooling) કરવો જોઈએ. આપણે વધુ વૃક્ષો ઉછેરીને હરિત આવરણને વધારવું જોઈએ. સૂકા પાંદડાં કે લાકડાંને બાળવા જોઈએ નહીં. જાહેર સ્થળોએ કે કાર્યસ્થળોએ ધૂમ્રપાન કરવું ગેરકાયદેસર છે કારણ કે તે ધૂમ્રપાન કરનારને જ માત્ર નહીં પણ આસપાસની અન્ય વ્યક્તિઓને માટે નુકસાનકારક છે. તેથી આપણે સૌએ ધૂમ્રપાનને ત્યાગવું જોઈએ. હજુ ઘણી વ્યક્તિઓને ગ્રીન હાઉસ અસર અને ગ્લોબલ વૉર્મિંગ અંગે સમજ નથી તો આપણે તેઓને આ માહિતીથી અવગત કરાવવા જોઈએ.

ઍસિડ વર્ષા

આપણે સૌ જાણીએ છીએ તે પ્રમાણે વરસાદી પાણીની pH 5.6ની આસપાસ હોય છે. કારણ કે પાણી વાતાવરણના CO_2 સાથે પ્રક્રિયા કરી H^+ ઉત્પન્ન કરે છે.



આકૃતિ 14.1 ઍસિડ નિક્ષેપન

$$H_2O(l) + CO_2(g) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq)$$

$$H_2CO_3(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + HCO_3^-(aq)$$

જ્યારે વરસાદના પાણીની pH 5.6 કરતાં ઓછી હોય તો તેવા વરસાદને ઍસિડ વર્ષા કહે છે.

ઍસિડ વર્ષાથી વાતાવરણમાં રહેલો ઍસિડ પૃથ્વીની સપાટી પર જમા થાય છે. ઍસિડ પ્રકૃતિવાળા નાઇટ્રોજન અને સલ્ફરના ઑક્સાઇડ વાતાવરણના ઘનકણો સાથે હવામાં વહીને છેલ્લે જમીન પર શુષ્ક નિક્ષેપન સ્વરૂપે અથવા પાણી, ધુમ્મસ અને હિમમાં ભીના નિક્ષેપન સ્વરૂપે જમા થાય છે (આકૃતિ 14.1).

ઍસિડ વર્ષા માનવજાતની એવી વિવિધ પ્રવૃત્તિઓની ઉપનીપજ છે કે જે દરમિયાન સલ્ફર અને નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ સંયોજનો ઉત્પન્ન થઈ વાતાવરણમાં ભળતા હોય છે. અગાઉ જણાવ્યા મુજબ અશ્મિગત બળતણ (જે સલ્ફર અને નાઇટ્રોજન- જન્ય પદાર્થ ધરાવે છે) જેવા કે વિદ્યુતમથક અને ભઠ્ઠીઓમાં કોલસા કે ઑઈલ તથા વાહનોના ઍન્જિનમાં પેટ્રોલ કે ડીઝલના દહનથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ અને નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડ સંયોજનો ઉત્પન્ન થાય છે. આ NO_2 અને SO_2 ઑક્સિડેશન બાદ પાણી સાથે પ્રક્રિયા કરી ઍસિડ વર્ષાના નિર્માણમાં મહત્ત્વનું યોગદાન આપે છે, કારણ કે પ્રદૂષિત હવામાં રહેલા રજકણો આ ઑક્સિડેશન પ્રક્રિયા માટે ઉદ્દીપક તરીકે વર્તતા હોય છે.

$$2SO_2(g) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 2H_2SO_4(aq)$$

$$4NO_2(g) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 4HNO_3(aq)$$

અહીં એમોનિયમ ક્ષારો પણ ઉત્પન્ન થાય છે અને તે ધૂંધળું વાતાવરણ (બારિક કણોનું એરોસોલ) બનાવે છે. વરસાદી પાણીના બિંદુઓમાં ઑક્સાઇડ સંયોજનોના એરોસોલ કણો અથવા એમોનિયમ ક્ષારોનું ભીનું નિક્ષેપન થાય છે. જમીન પરની ઘન અને પ્રવાહી સપાટી પર SO_2 વાયુ પણ સીધો જ શોષાઈને શુષ્ક નિક્ષેપન દર્શાવે છે.

ઍસિડ વર્ષા ખેતીવાડી, વૃક્ષો અને છોડ માટે નુકસાનકારક છે કારણ કે તે તેઓની વૃદ્ધિ માટે જરૂરી પોષક તત્ત્વોને ઓગાળી દે છે અથવા ધોઈ નાખે છે. ઍસિડ વર્ષા મનુષ્ય અને પ્રાણીઓ માટે શ્વસન અવરોધ ઉત્પન્ન કરે છે. જ્યારે ઍસિડ વર્ષા ભૌમજળની (ground water) જેમ વહીને નદી અને તળાવને મળે છે ત્યારે પાણીમાં રહેલી વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના જીવનને અસર કરે છે. તે પાણીની પાઈપોનું ખવાણ કરે છે. તેથી પીવાના પાણીમાં આયર્ન, લેડ અને કૉપર જેવી ભારે ધાતુઓ ભળે છે. ઍસિડ વર્ષા પથ્થર અને ધાતુઓથી બનેલા મકાનો કે બાંધકામોને નુકસાન પહોંચાડે છે. ભારતમાં આવેલો તાજમહેલ ઍસિડ વર્ષાથી અસર પામેલો છે.

પ્રવૃત્તિ 1

તમે તમારા નજીકના વિસ્તારમાં જઈને વિભિન્ન પાણીના નમૂના એકત્ર કરી તેની pH નોંધો. વર્ગખંડમાં તમારા પરિણામોની ચર્ચા કરો. ચાલો આપણે ચર્ચા કરીએ કે ઍસિડ વર્ષાના નિર્માણને ઘટાડવા આપણે શું કરી શકીએ ?

વાતાવરણમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ અને નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડના ઉત્સર્જનને ઘટાડીને ઍસિડ વર્ષાના નિર્માણને ઘટાડી શકાય છે. આપણે અશ્મિગત બળતણથી ચાલતા વાહનોનો ઓછો ઉપયોગ કરવો જોઈએ, વિદ્યુતમથક તથા ઉદ્યોગોમાં ઓછું સલ્ફર ધરાવતા અશ્મિગત બળતણનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. આપણે સલ્ફરનું પ્રમાણ ઓછું હોય તેવા કોલસાનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ અથવા કોલસા કરતા ઉત્તમ બળતણ એવા કુદરતી વાયુનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. મોટરગાડીમાં ઉદ્દીપકીય પરિવર્તકનો ઉપયોગ કરવો જ જોઈએ. જેથી ઉત્સર્જિત થતા ધુમાડાની વાતાવરણ પર થતી અસરને ઘટાડી શકાય છે. આ પરિવર્તકના મુખ્ય ભાગ તરીકે સિરામિકનો બનેલો મધપૂડો હોય છે, જેની પર દુર્લભ ધાતુઓ Pd, Pt અને Rhનું સ્તર લાગેલું હોય છે. ઉત્સર્જિત થતા વાયુઓમાં બળ્યા વિનાનું બળતણ, CO અને NO_x હોય છે. જ્યારે તે 573 K તાપમાને પરિવર્તકમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે CO_2 અને N_2માં પરિવર્તન પામે છે. આપણે જમીનમાં ચૂનાના પથ્થરને ઉમેરીને જમીનની ઍસિડિકતા ઘટાડી તેને તટસ્થ બનાવવી જોઈએ. ઘણા વ્યક્તિઓને ઍસિડ વર્ષા અને તેની હાનિકારક અસરોની જાણકારી હોતી નથી. આપણે તેઓને આ માહિતી પહોંચાડીને જાગૃત કરી શકીએ છીએ અને પર્યાવરણને બચાવી શકીએ છીએ.

તાજમહેલ અને ઍસિડ વર્ષા

આગ્રા શહેરમાં આવેલા તાજમહેલની આજુબાજુની હવામાં સલ્ફર અને નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઇડનું ઊંચું પ્રમાણ હોય છે. આમ થવાનું કારણ તેની આસપાસ વધુ સંખ્યામાં રહેલા ઉદ્યોગો અને વિદ્યુત મથકો છે. નીચી ગુણવત્તાવાળા કોલસા, કેરોસીન અને લાકડાનો બળતણ તરીકે ઉપયોગ કરવાથી આ સમસ્યા વધતી જાય છે. જેના પરિણામે ઍસિડ વર્ષા તાજમહેલના આરસપહાણ ($CaCO_3$) સાથે પ્રક્રિયા ($CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2$) કરે છે અને આખા વિશ્વને આકર્ષિત કરનાર આ અદ્ભુત સ્મારકને નુકસાન પહોંચે છે. ઍસિડ વર્ષાને કારણે આ સ્મારક ધીરે ધીરે વિરૂપ (disfigured) બને છે અને પોતાની કુદરતી સુંદરતા ગુમાવતું જાય છે. આ ઐતિહાસિક સ્મારકને નુકસાન થતું બચાવવા માટે ભારત સરકારે 1995 પહેલા એક ઍક્શન પ્લાન શરૂ કરવાની જાહેરાત કરી હતી. મથુરા રિફાઈનરીએ

ઝેરી વાયુઓના ઉત્સર્જનના નિયંત્રણ માટે અગાઉથી જ ઉપર્યુક્ત પગલાં ભર્યાં છે.

આ યોજના અંતર્ગત 'તાજ ટ્રેપેઝિયમ'નો હેતુ આગ્રા, ફિરોજાબાદ, મથુરા તથા ભરતપુર વગેરે શહેરોની હવાને શુદ્ધ કરવાનો છે. આ યોજના અનુસાર ટ્રેપેઝિયમ સ્થિત 2000થી વધુ પ્રદૂષણ કરનારા ઉદ્યોગો કોલસા અને ઑઈલના બદલે કુદરતી વાયુ અથવા પ્રવાહીકૃત પેટ્રોલિયમ વાયુનો ઉપયોગ કરે છે. આ માટે કુદરતી વાયુ માટેની નવી પાઈપલાઈન નખાઈ રહી છે. જેની મદદથી 5 લાખ ઘનમીટર કુદરતી વાયુને આ ક્ષેત્રમાં લાવી શકાશે. શહેરના રહેવાસીઓને દૈનિક જીવનમાં કોલસા, કેરોસીન અને લાકડાના બદલે LPGનો ઉપયોગ કરવા પ્રોત્સાહિત કરવામાં આવશે. તાજમહેલની આજુબાજુ મુખ્ય ધોરી માર્ગો પર ચાલતા વાહનોમાં ઓછા સલ્ફરવાળા ડીઝલનો ઉપયોગ કરવાની પ્રેરણા આપવામાં આવશે.

2. રજકણ પ્રદૂષકો

રજકણ-પ્રદૂષકો હવામાં સૂક્ષ્મ ઘનકણ અથવા પ્રવાહીના સૂક્ષ્મબિંદુ સ્વરૂપના હોય છે. વાહનોમાંથી ઉત્સર્જિત થતા પદાર્થો, આગમાંથી નીકળતો ધૂમાડો, ધૂળ અને ઉદ્યોગોમાંથી નીકળતી રાખમાં આ પ્રકારનાં પ્રદૂષકો હાજર હોય છે. વાતાવરણમાં બે પ્રકારની રજકણો-જીવસહિત અને જીવરહિત હોય છે. જીવાણુ (bacteria), ફૂગ (fungi) અને શેવાળ કે લીલ (algae) વગેરે સૂક્ષ્મજીવો જે વાતાવરણમાં ફેલાયેલા હોય છે તે જીવસહિતના રજકણ પ્રદૂષકો છે. હવામાં જોવા મળતી કેટલીક ફૂગ માનવજાતમાં એલર્જી ઉત્પન્ન કરે છે. તેઓ વનસ્પતિમાં રોગ પણ ઉત્પન્ન કરે છે.

જીવરહિત રજકણોનું તેમની લાક્ષણિકતા અને કદના આધારે નીચે દર્શાવ્યા મુજબ વર્ગીકરણ કરવામાં આવે છે.

(a) ધુમાડો (smoke) કાર્બનિક પદાર્થોના દહન દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં ઘન અથવા ઘન અને પ્રવાહી કણોનું મિશ્રણ છે. દા.ત., બીડી-સિગારેટનો ધુમાડો, અશ્મિગત બળતણ, સૂકા પાંદડાં અને કચરો બાળવાથી ઉત્પન્ન થતો ધુમાડો.

(b) ધૂળ (dust) બારિક ઘન કણ છે (વ્યાસ 1 μm થી વધુ). ઘન પદાર્થોને વાટતાં કે દળતાં આવા કણ પેદા થાય છે. પવનના જોરદાર સપાટાથી ઉડતી રેતી, લાકડાંને વહેરવાથી ઉત્પન્ન થતો લાકડાનો વહેર, કોલસાને તોડવાથી ઉત્પન્ન થતો ભૂકો, ઔદ્યોગિક કારખાનાઓમાંથી ઉડતી રાખ અને સિમેન્ટ, ધૂળની ડમરીઓ વગેરે આ પ્રકારના રજકણ ઉત્સર્જનના વિશિષ્ટ ઉદાહરણો છે.

(c) ધુમ્મસ (mist) ફેલાયેલા પ્રવાહીના કણોથી અને હવામાંની વરાળની ઠારણ પ્રક્રિયાથી ઉત્પન્ન થાય છે. દા.ત., સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ધુમ્મસ અને નીંદણનાશક, જંતુનાશક જેમને પોતાના લક્ષ્યને ગુમાવ્યો છે તેઓ હવામાં ફેલાઈને ધુમ્મસ બનાવે છે.

(d) ધૂમ (fumes) સામાન્ય રીતે ઉર્ધ્વપાતન, નિસ્યંદન, પ્રવાહીના ઉકળવાથી અને કેટલાક અન્ય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દરમિયાન ઉત્પન્ન થતી બાષ્પની ઠારણ ક્રિયાથી ઉત્પન્ન થાય છે. સામાન્ય રીતે કાર્બનિક દ્રાવકો, ધાતુઓ અને ધાતુઓના ઑક્સાઇડ ધૂમ રજકણો બનાવે છે.

રજકણ પ્રદૂષકોની અસર મુખ્યત્વે તેના કણના કદ પર આધારિત હોય છે. હવામાં ઉત્પન્ન થતાં રજકણો જેવા કે ધૂળ, ધૂમ, ધુમ્મસ વગેરે માનવજાતની તંદુરસ્તી માટે હાનિકારક છે. 5 માઇક્રોનથી વધુ કદના રજકણો નાકના માર્ગમાં જમા થાય છે, જ્યારે 1 માઇક્રોન જેટલા કદના રજકણો ફેફસાં સુધી સરળતાથી પ્રવેશી શકે છે.

વાહનોમાંથી ઉત્સર્જિત થતું લૅડ એક મુખ્ય વાયુ પ્રદૂષક છે. ભારતના શહેરોમાં હવામાં લૅડના ઉત્સર્જન માટેનો મુખ્ય સ્રોત લૅડયુક્ત પેટ્રોલ છે. હાલમાં ભારતના શહેરોમાં લૅડ રહિત પેટ્રોલના ઉપયોગ દ્વારા આ સમસ્યાને નિવારી શકાઈ છે. લૅડ રક્તકણોના વિકાસ અને પરિપક્વતામાં અવરોધ ઊભો કરે છે.

ધૂમ્ર-ધુમ્મસ (smog) : ધૂમ્ર-ધુમ્મસ ધુમાડો (smoke) અને હવામાંના ભેજ (fog) શબ્દોના જોડાણથી બનેલો શબ્દ છે. વિશ્વના ઘણા શહેરોમાં સામાન્ય રીતે હવાના પ્રદૂષણ તરીકે ધૂમ્ર-ધુમ્મસ જોવા મળે છે. ધૂમ્ર-ધુમ્મસ બે પ્રકારના જોવા મળે છે.

(a) પારંપારિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ (classical smog) ઠંડા ભેજવાળા વાતાવરણમાં ઉત્પન્ન થાય છે. તે ધુમાડા, હવામાંના ભેજ અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડનું મિશ્રણ છે. તે રાસાયણિક રીતે રિડક્શનકર્તા મિશ્રણ હોવાથી તેને રિડક્શનકર્તા ધૂમ્ર-ધુમ્મસ કહે છે.

(b) પ્રકાશ રાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ (Photochemical smog) ગરમ, શુષ્ક અને સૂર્યપ્રકાશવાળા હવામાનમાં ઉત્પન્ન થાય છે. તે વાહનો અને ઔદ્યોગિક એકમોમાંથી ઉત્પન્ન થતાં નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનો પર સૂર્યપ્રકાશ પડવાથી ઉત્પન્ન થાય છે. ધૂમ્ર-ધુમ્મસ ઑક્સિડેશનકર્તાની ઊંચી સાંદ્રતા ધરાવતું હોવાથી તેને ઑક્સિડેશનકર્તા ધૂમ્ર-ધુમ્મસ કહે છે.

પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસનું નિર્માણ

જ્યારે અશ્મિગત બળતણનું દહન થાય ત્યારે જુદા જુદા પ્રકારના પ્રદૂષકો પૃથ્વીના ક્ષોભ-આવરણમાં ઉત્સર્જિત થાય છે. આ પૈકીના નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ (NO) અને હાઇડ્રૉકાર્બનનું પૂરતું ઊંચું પ્રમાણ જ્યારે જમા થાય છે ત્યારે સૂર્યપ્રકાશની

હાજરીમાં તેમની વચ્ચે શૃંખલા પ્રક્રિયા થઈ NO_2 બને છે. આ NO_2 સૂર્યપ્રકાશમાંથી મળતી ઊર્જા શોષી નાઈટ્રિક ઑક્સાઇડ અને મૂક્ત ઑક્સિજન પરમાણુમાં ફેરવાય છે (આકૃતિ 14.2).

$$NO_2(g) \xrightarrow{h\nu} NO(g) + O(g) \quad \text{(i)}$$

મૂક્ત ઑક્સિજન પરમાણુ વધુ પ્રતિક્રિયાત્મક હોવાથી હવામાં રહેલા ઑક્સિજન વાયુ સાથે સંયોજાઈ ઓઝોન બનાવે છે.

$$O(g) + O_2(g) \rightleftharpoons O_3(g) \quad \text{(ii)}$$

પ્રક્રિયા (ii) દ્વારા બનેલો ઓઝોન વાયુ પ્રક્રિયા (i) દ્વારા બનેલા NO(g) સાથે ખૂબ જ ઝડપી પ્રક્રિયા કરી ફરીથી $NO_2(g)$ બનાવે છે. NO_2 કથ્થાઈ રંગનો વાયુ છે. તેનું પૂરતું ઊંચું પ્રમાણ વાતાવરણને ધૂંધળું બનાવે છે.

$$NO(g) + O_3(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g) \quad \text{(iii)}$$

ઓઝોન ઝેરી વાયુ છે તથા NO_2 અને O_3 બંને પ્રબળ ઑક્સિડેશનકર્તા છે. તે પ્રદૂષિત હવામાંના દહન ન પામેલા હાઇડ્રોકાર્બન સાથે પ્રક્રિયા કરી ફોર્માલ્ડિહાઇડ, ઍક્રોલિન અને પરઑક્સિએસિટાઇલ નાઇટ્રેટ (PAN) બનાવે છે.

$$3CH_4 + 2O_3 \rightarrow 3CH_2=O + 3H_2O$$

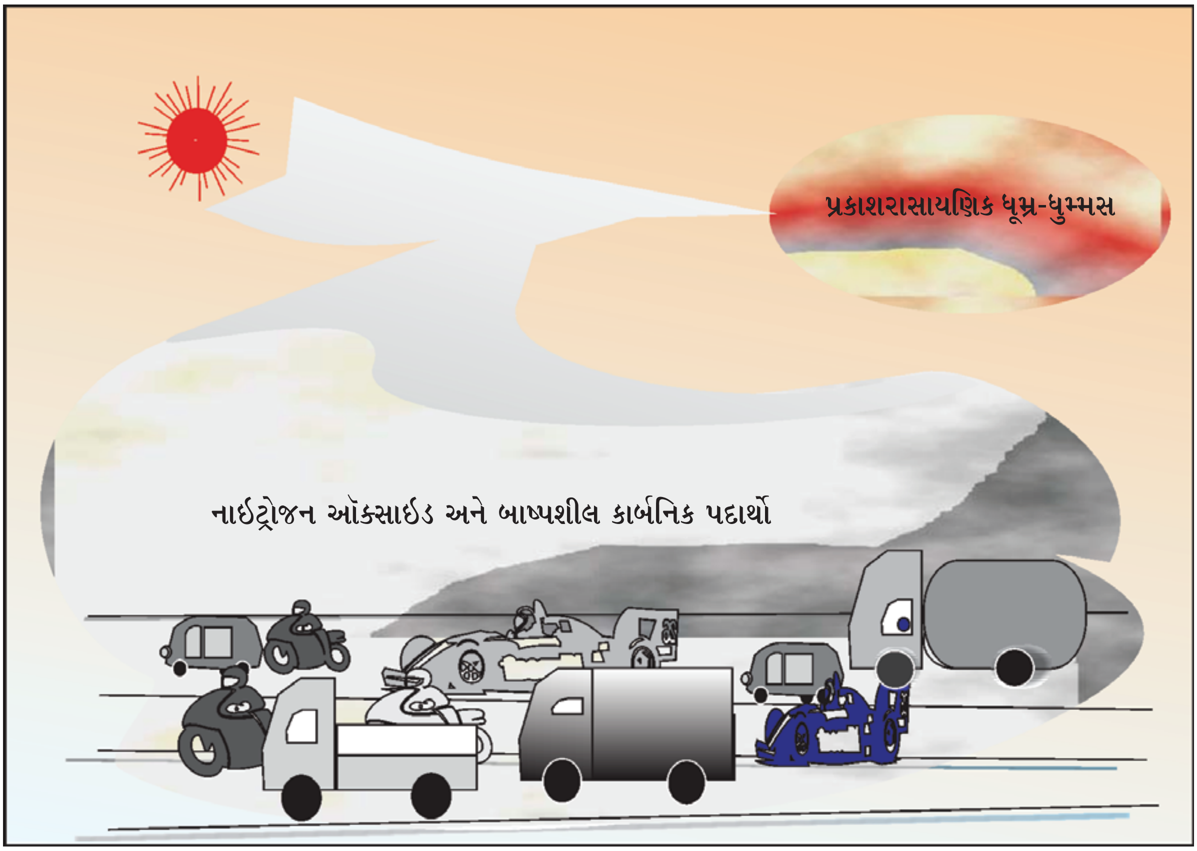
ફોર્માલ્ડિહાઇડ

$CH_2=CHCH=O$ — ઍક્રોલિન

$CH_3C(=O)OONO_2$ — પરઑક્સિએસિટાઇલ નાઇટ્રેટ (PAN)

પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસની અસરો

પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસના સામાન્ય ઘટકો ઓઝોન, નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ, ઍક્રોલિન, ફોર્માલ્ડિહાઇડ અને પરઑક્સિએસિટાઇલ નાઇટ્રેટ (PAN) છે. પ્રકાશ રાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસની આરોગ્ય પર ગંભીર અસર થાય છે. ઓઝોન અને PAN આંખોમાં તીવ્ર બળતરા પેદા કરે છે. ઓઝોન અને નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ નાક અને ગળામાં બળતરા પેદા કરે છે. તેમની ઊંચી સાંદ્રતાથી માથું દુઃખવું, છાતીમાં દુઃખાવો થવો, ગળું શુષ્ક થવું, કફ થવો અને શ્વાસ લેવામાં તકલીફ પડવી વગેરે આરોગ્ય સંબંધિત તકલીફો ઊભી થાય છે. ધૂમ્ર-ધુમ્મસ રબરને તોડે છે અને વનસ્પતિસૃષ્ટિને નુકસાન પહોંચાડે છે. તેનાથી ધાતુઓ, પથ્થરો, બાંધકામ માટેની સામગ્રી, રબર અને રંગેલી સપાટીનું અપક્ષરણ પણ થાય છે.



આકૃતિ 14.2 જ્યારે વાહન પ્રદૂષકો પર સૂર્યપ્રકાશ પડે છે ત્યારે પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ રચાય છે.

પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસને કેવી રીતે નિયંત્રિત કરશો ?

પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસને નિયંત્રિત કરવા અનેક પ્રવિધિઓ વપરાય છે. જો પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસના પ્રાથમિક પૂર્વવર્તી (Precursors) જેવા કે NO_2 અને હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો તથા દ્વિતીયક પૂર્વવર્તી જેવા કે ઓઝોન અને PANને નિયંત્રિત કરીએ તો પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ આપોઆપ ઘટી જાય છે. સામાન્ય રીતે વાહનોમાં ઉદ્દીપકીય રૂપાંતરકોના ઉપયોગ દ્વારા નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રૉકાર્બન સંયોજનોને વાતાવરણમાં ભળતાં ઘટાડી શકાયા છે. કેટલાક વૃક્ષો જેવા કે પીનસ (Pinus), જુનીપેરસ (Juniparus), ક્વેરકસ (Quercus), પાયરસ (Pyrus) અને વિટિસ (Vitis), જે નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડનું ચયાપચયન (metabolise) કરી શકે છે તેથી તેઓની વાવણી આ સંદર્ભે મદદરૂપ થઈ શકે છે.

14.2.2 સમતાપ આવરણીય પ્રદૂષણ (Stratospheric Pollution)

ઓઝોન વાયુનું નિર્માણ અને ખંડન

સમતાપ આવરણના ઉપરના ભાગમાં ઓઝોન વાયુ (O_3)નો વધુ જથ્થો આવેલો હોય છે, જે સૂર્યમાંથી આવતા હાનિકારક પારજાંબલી (UV) વિકિરણોથી (λ = 255 nm) આપણને રક્ષણ આપે છે. આ વિકિરણોથી માનવજાતમાં ચામડીનું કેન્સર (મેલાનોમા) થાય છે. તેથી ઓઝોન સ્તરને જાળવી રાખવું ખૂબ અગત્યનું છે.

સમતાપ આવરણમાં પારજાંબલી કિરણો જ્યારે ડાયઑક્સિજન (O_2) અણુ પર પડે છે, ત્યારે તેમાંથી બે મૂક્ત ઑક્સિજન પરમાણુઓ બને છે. આ ઑક્સિજન પરમાણુ ડાયઑક્સિજન અણુ સાથે સંયોજાઈ ઓઝોન બનાવે છે.

$$O_2(g) \xrightarrow{UV} O(g) + O(g)$$

$$O(g) + O_2(g) \overset{UV}{\rightleftharpoons} O_3(g)$$

ઓઝોન ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર રીતે અસ્થાયી હોય છે અને ઑક્સિજન અણુમાં વિઘટન પામે છે. તેથી ઓઝોન અણુના નિર્માણ અને વિઘટન વચ્ચે ગતિશીલ સંતુલન સ્થપાય છે. હાલના સમયમાં સમતાપ આવરણમાં રહેલા કેટલાક રસાયણોને કારણે ઓઝોન સુરક્ષા સ્તરનું ક્ષયન થયાનું નોંધાયું છે. ઓઝોન સ્તરનું ક્ષયન થવાનું મુખ્ય કારણ ક્લોરોફ્લોરોકાર્બન સંયોજનો (CFCs)નું ઉત્સર્જન છે, જેને ફ્રિઓન કહેવાય છે. આ સંયોજનો અપ્રતિક્રિયાત્મક, અજ્વલનશીલ, બિનઝેરી કાર્બનિક સંયોજનો છે. તેથી તેઓનો ઉપયોગ રેફ્રિજરેટર, એરકન્ડિશનર, પ્લાસ્ટિક ફૉમના ઉત્પાદનમાં અને કમ્પ્યૂટરના ભાગોની સફાઈ માટે ઇલેક્ટ્રૉનિક ઉદ્યોગોમાં થાય છે. CFCs વાતાવરણમાં ભળી, વાતાવરણના વાયુઓ સાથે મિશ્ર થઈ સમતાપ આવરણમાં પહોંચે છે. સમતાપ આવરણમાં તેઓ પ્રબળ પારજાંબલી કિરણોથી ખંડિત થઈને ક્લોરિન મુક્તમૂલક ઉત્પન્ન કરે છે.

$$CF_2Cl_2(g) \xrightarrow{UV} \dot{Cl}(g) + \dot{C}F_2Cl(g) \qquad (i)$$

આ ક્લોરિન મુક્તમૂલક સમતાપ આવરણમાં રહેલા ઓઝોન સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરિન મોનૉક્સાઇડ મુક્તમૂલક અને ઑક્સિજન અણુ બનાવે છે.

$$\dot{Cl}(g) + O_3(g) \rightarrow Cl\dot{O}(g) + O_2(g) \qquad (ii)$$

આ ક્લોરિન મોનૉક્સાઇડ મુક્તમૂલક ઑક્સિજન પરમાણુ સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરિન મુક્તમૂલક બનાવે છે.

$$Cl\dot{O}(g) + O(g) \rightarrow \dot{Cl}(g) + O_2(g) \qquad (iii)$$

આમ, ક્લોરિન મુક્તમૂલક સતત બનતો જ રહે છે જે ઓઝોન વાયુનું ક્ષયન કરે છે. તેથી CFCs સમતાપ આવરણમાં ક્લોરિન મુક્તમૂલક ઉત્પન્ન કરવાવાળા અને ઓઝોન સ્તરને નુક્સાન પહોંચાડનાર પરિવહનીયકારકો છે.

ઓઝોન સ્તરમાં ગાબડું

1980માં ઍન્ટાર્કટિકામાં અભ્યાસ કરનાર વાતાવરણીય વૈજ્ઞાનિકાએ દક્ષિણ ધ્રુવની ઉપર ઓઝોન સ્તરનું ક્ષયન થયું હોવાનું જણાવ્યું હતું. તેને ઓઝોન ગાબડું પણ કહે છે. આ અંગે જાણવા મળ્યું કે ઓઝોન ગાબડા માટે પરિસ્થિતિઓનો વિશેષ સમૂહ જવાબદાર હતો. ઉનાળામાં નાઇટ્રોજન ડાયૉક્સાઇડ અને મિથેન; ક્લોરિન મોનૉક્સાઇડ (પ્રક્રિયા iv) અને ક્લોરિન પરમાણુઓ (પ્રક્રિયા v) સાથે પ્રક્રિયા કરી ક્લોરિનયુક્ત નીપજ બનાવે છે. જે ઓઝોનના ક્ષયનને વધુ હદ સુધી રોકે છે, જ્યારે શિયાળામાં ઍન્ટાર્કટિકા પર વિશિષ્ટ પ્રકારનું વાદળ રચાય છે જેને ધ્રુવીય સમતાપ વાદળ કહે છે. આ વાદળ એવી સપાટી પ્રદાન કરે છે જેના પર બનેલો ક્લોરિન નાઇટ્રેટ (પ્રક્રિયા iv) જળવિભાજન પામી હાઇપોક્લોરસ ઍસિડ (પ્રક્રિયા vi) બનાવે છે. ક્લોરિન નાઇટ્રેટ, હાઇડ્રૉજન ક્લોરાઇડ સાથે પણ પ્રક્રિયા કરી પ્રક્રિયા (vii) મુજબ ક્લોરિન અણુ બનાવે છે.

$$Cl\dot{O}(g) + NO_2(g) \rightarrow ClONO_2(g) \qquad (iv)$$

$$\dot{Cl}(g) + CH_4(g) \rightarrow \dot{C}H_3(g) + HCl(g) \qquad (v)$$

$$ClONO_2(g) + H_2O(g) \rightarrow HOCl(g) + HNO_3(g) \qquad (vi)$$

$$ClONO_2(g) + HCl(g) \rightarrow Cl_2(g) + HNO_3(g) \qquad (vii)$$

જ્યારે વસંતઋતુમાં ઍન્ટાર્કટિકા પર સૂર્યપ્રકાશ પાછો ફરે છે ત્યારે સૂર્યની ગરમી આ વાદળને વિખંડિત કરે છે અને

પ્રક્રિયા (viii) અને (ix)માં દર્શાવ્યા મુજબ સૂર્યપ્રકાશ દ્વારા HOCl અને Cl_2 નું પ્રકાશીય વિભાજન થાય છે.

$$HOCl(g) \xrightarrow{h\nu} \dot{O}H(g) + \dot{C}l(g) \quad (viii)$$

$$Cl_2(g) \xrightarrow{h\nu} 2\dot{C}l(g) \quad (ix)$$

આમ, ક્લોરિન મુક્તમૂલક બને છે. જે અગાઉ જણાવ્યા મુજબ ઓઝોનના ક્ષયન માટેની શૃંખલા પ્રક્રિયાનો પ્રારંભ કરે છે.

ઓઝોન સ્તરના ક્ષયનની અસરો

ઓઝોન સ્તરના ક્ષયનની સાથે જ વધુ પારજાંબલી વિકિરણો ક્ષોભ-આવરણમાં પ્રવેશે છે. આ પારજાંબલી વિકિરણોના કારણે ચામડી જીર્ણ થવી, આંખમાં મોતિયો આવવો, સૂર્યની ગરમીથી દઝાવું, ચામડીનું કેન્સર થવું, જલજ વનસ્પતિનો નાશ થવો, માછલીની પ્રજનન ક્ષમતામાં ઘટાડો થવો વગેરે થાય છે. એક બાબત નોંધવામાં આવી છે કે પારજાંબલી વિકિરણો વનસ્પતિ પ્રોટીનને પણ અસર કરે છે. તેઓ વનસ્પતિ કોષમાં નુકસાનકારક ઉત્પરિવર્તન (mutation) લાવે છે. તેનાથી વનસ્પતિના પર્ણો પર રહેલા છિદ્રો દ્વારા પાણીનું બાષ્પીભવન થાય છે અને જમીનમાં રહેલા ભેજનું પ્રમાણ ઘટે છે. આમ, ભૂપૃષ્ઠી જળનું (surface water) બાષ્પીભવન વધે છે. પારજાંબલી વિકિરણોના વધુ પ્રમાણથી રંગ અને રેસાઓને નુકસાન થાય છે અને તેઓ જલ્દી ઝાંખા પડી જાય છે.

14.3 જળ પ્રદૂષણ (Water Pollution)

પાણી જીવન માટે અતિઆવશ્યક છે. પાણી વિના જીવન શક્ય નથી. સામાન્ય રીતે આપણે પાણીને શુદ્ધ માનીએ છીએ, પરંતુ આપણે પાણીની ગુણવત્તા નક્કી કરવી જ જોઈએ. પાણીના પ્રદૂષણની શરૂઆત માનવીની પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા થાય છે. વિભિન્ન રીતે આ પ્રદૂષણ ભૂપૃષ્ઠી જળ અને ભૌમ જળ સુધી પહોંચે છે. પ્રદૂષણના જ્ઞાત સ્રોત અથવા સ્થળોને 'બિંદુ સ્રોત' કહેવામાં આવે છે. દા.ત., નગરપાલિકા અને ઔદ્યોગિક કચરાના નિકાલ માટેની નળીઓ દ્વારા પ્રદૂષકો જળસ્રોતમાં પ્રવેશે છે. જ્યાં પ્રદૂષણના સ્રોત સહેલાઈથી જાણી શકાતા નથી. તેઓને પ્રદૂષણના 'અબિંદુ સ્રોત' કહે છે. દા.ત., કૃષિ કચરો (ખેતર, પ્રાણીઓ અને પાકની જમીન વગેરે દ્વારા), ઍસિડ વર્ષા, ઝડપી પાણી નિકાલ વ્યવસ્થા (શેરીઓ, ઉદ્યાનો અને લૉન દ્વારા) વગેરે. કોષ્ટક 14.1માં મુખ્ય જળપ્રદૂષકો અને તેના સ્રોત દર્શાવેલા છે.

14.3.1 જળપ્રદૂષણના કારણો (Causes of Water Pollution)

(i) રોગકારકો : રોગ પેદા કરનાર અતિ ગંભીર જળપ્રદૂષકોને રોગકારકો કહે છે. ઘરેલુ સુએજ અને પ્રાણીઓના મળમૂત્રોમાંથી બૅક્ટેરિયા અને અન્ય સૂક્ષ્મજીવો સહિતના રોગકારકો પાણીમાં પ્રવેશે છે. માનવ મળમૂત્રમાં ઇસ્ટેરેશિયા કોલાઈ અને સ્ટેપ્ટોકોક્સ ફેકેલીસ જેવા બૅક્ટેરિયા રહેલા હોય છે. જે જઠર સંદર્ભના રોગો માટે જવાબદાર હોય છે.

(ii) કાર્બનિક કચરો : કાર્બનિક કચરાને પણ મુખ્ય જળપ્રદૂષક તરીકે ગણવામાં આવે છે. જેમાં પાંદડાં, ઘાસ, કૃષિ કચરો વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. તેઓ પાણીને પ્રદૂષિત કરે છે. પાણીમાં વધુ જલજ વનસ્પતિ પણ જળપ્રદૂષણનું એક કારણ છે. આ કચરો જૈવવિઘટનીય હોય છે.

બૅક્ટેરિયાની વધુ સંખ્યા પાણીમાં રહેલા કાર્બનિક પદાર્થનું વિઘટન કરે છે. તેઓ પાણીમાં રહેલા દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે. જલીય દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનું પ્રમાણ સીમિત હોય છે. ઠંડા પાણીમાં દ્રાવ્ય ઑક્સિજનની સાંદ્રતા 10 ppm (parts per million) જ્યારે હવામાં ઑક્સિજનની સાંદ્રતા 2,00,000 ppm હોય છે. આ કારણથી થોડા પ્રમાણમાં

કોષ્ટક 14.1 જળપ્રદૂષકો

પ્રદૂષક	સ્રોત
સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ	ઘરેલુ ગંદા પાણીની નિકાલ વ્યવસ્થા
કાર્બનિક કચરો	ઘરેલુ સુએજથી, પ્રાણીઓના મળમૂત્રથી, પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિના અવશેષોના કોહવાટથી, ખાદ્ય પદાર્થોનું ઉત્પાદન કરતાં એકમો દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં કચરાથી
વનસ્પતિના પોષક તત્ત્વો	રાસાયણિક ખાતરોમાંથી
ઝેરી ભારે ધાતુઓ	રાસાયણિક કારખાનાઓ અને ઉદ્યોગો દ્વારા
ભારે કચરો (sediments)	કૃષિ ઉદ્યોગ અને ખનિજ ઉદ્યોગથી જમીનનું ધોવાણ થવાથી
કીટનાશકો	જંતુઓ, ફૂગ તેમજ નીંદામણનો નાશ કરવા વપરાતા રસાયણોથી
કિરણોત્સર્ગી પદાર્થો	યુરેનિયમ ધરાવતા ખનિજના ઉત્પાદનમાંથી
ઉષ્મીય	ઉદ્યોગોમાં શીતક તરીકે વપરાતા પાણીમાંથી

રહેલા કાર્બનિક પદાર્થના વિઘટનથી પાણીમાં રહેલા દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનું પ્રમાણ ઘટે છે. જલીય જીવસૃષ્ટિ માટે પાણીમાં રહેલા દ્રાવ્ય ઑક્સિજનની સાંદ્રતા ખૂબ અગત્યની હોય છે. જો પાણીમાં દ્રાવ્ય ઑક્સિજનની સાંદ્રતા 6 ppm થી ઓછી હોય તો માછલીઓનું સંવર્ધન રોકાઈ જાય છે. પાણીમાં ઑક્સિજન વાતાવરણ દ્વારા અથવા જલીય લીલી વનસ્પતિઓ દ્વારા સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં થતાં પ્રકાશસંશ્લેષણ મારફતે પ્રવેશે છે. રાત્રિના સમય દરમિયાન પ્રકાશસંશ્લેષણ થતું નથી, પરંતુ વનસ્પતિની શ્વસનક્રિયા ચાલુ હોય છે. પરિણામે દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનું પ્રમાણ ઘટે છે. સૂક્ષ્મજીવો કાર્બનિક પદાર્થના ઑક્સિડેશન માટે પણ દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે.

જો પાણીમાં વધુ પ્રમાણમાં કાર્બનિક પદાર્થ ઉમેરવામાં આવે તો તેમાં ઉપલબ્ધ ઑક્સિજન વપરાઈ જાય છે. પરિણામે ઑક્સિજન પર આધારિત જલીય જીવસૃષ્ટિ નાશ પામે છે. આમ અજારક બૅક્ટેરિયા (જેને ઑક્સિજનની જરૂર નથી) કાર્બનિક કચરાનું વિઘટન કરે છે અને ખરાબ વાસવાળા રસાયણો ઉત્પન્ન કરે છે, જે માનવ સ્વાસ્થ્ય માટે હાનિકારક છે. જારક બૅક્ટેરિયા (જેને ઑક્સિજનની જરૂર હોય છે) કાર્બનિક કચરાનું વિઘટન કરે છે અને પાણીમાં દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનું પ્રમાણ ઘટાડે છે.

આમ, નિશ્ચિત કદના પાણીના નમૂનામાં રહેલા કાર્બનિક પદાર્થોના વિઘટન માટે જરૂરી ઑક્સિજનના જથ્થાને **જૈવ-રાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત** (Biochemical Oxygen Demand) (**BOD**) કહે છે. આમ, પાણીમાં BODનું મૂલ્ય કાર્બનિક પદાર્થના જૈવવિઘટન માટે જરૂરી ઑક્સિજનનો જથ્થો સૂચવે છે. સ્વચ્છ પાણીનું BOD મૂલ્ય 5 ppm થી ઓછું હોય છે જ્યારે વધુ પ્રદૂષિત પાણીનું BOD નું મૂલ્ય 17 ppm કે તેથી વધુ હોય છે.

(iii) રાસાયણિક પ્રદૂષકો : આપણે જાણીએ છીએ તે મુજબ પાણી ઉત્તમ દ્રાવક છે. કેડમિયમ, મરક્યુરી, નિકલ વગેરે ભારે ધાતુઓ ધરાવતા પાણીમાં દ્રાવ્ય અકાર્બનિક સંયોજનોનો સમાવેશ પ્રદૂષકોના અગત્યના વર્ગમાં થાય છે. આ બધી ધાતુઓ માનવજાત માટે નુકસાનકારક છે કારણ કે આપણું શરીર તેમનો નિકાલ કરી શકતું નથી. સમય જતાં તેઓનું પ્રમાણ સ્વીકાર્ય હદ કરતાં વધી જાય છે. આ ધાતુઓ કિડની, મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર, યકૃત વગેરેને નુકસાન પહોંચાડે છે. ખનીજ ઉદ્યોગના નકામા કચરામાં આવતો ઍસિડ (સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ જેવા) અને ઠંડા વાતાવરણ દરમિયાન હિમ અને બરફને પીગાળવા માટે ઉપયોગમાં લેવાતાં પાણીમાં દ્રાવ્ય એવા ક્ષારો (સોડિયમ ક્લોરાઇડ અને કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડ) રાસાયણિક પ્રદૂષકો છે.

પ્રદૂષિત પાણીમાં મળી આવતા અન્ય સંયોજનો કાર્બનિક રસાયણો છે. પેટ્રોલિયમ પેદાશો પાણીના ઘણા સ્રોતોને પ્રદૂષિત કરે છે. દા.ત., સમુદ્રમાં ઢોળાયેલ તેલ. બીજું ગંભીર કાર્બનિક સંયોજન કીટનાશક છે. જે ધીમે ધીમે જમીનમાં નીચે ઉતરે છે. ભિન્ન ઔદ્યોગિક રસાયણો જેવા કે પોલિક્લોરિનેટેડ બાયફિનાઇલ (PCBs) જે સફાઈ માટેના દ્રાવક તરીકે, ડિટરજન્ટ તરીકે અને ખાતર તરીકે વપરાય છે. તેઓને પણ જળપ્રદૂષકોની યાદીમાં ઉમેરવામાં આવ્યા છે. PCBs કેન્સરપ્રેરક સંયોજનો છે. હાલના સમયમાં મોટા ભાગના ઉપલબ્ધ ડિટરજન્ટ જૈવવિઘટનીય હોય છે. તેમ છતાં તેઓ અન્ય મુશ્કેલીઓ ઊભી કરે છે. બૅક્ટેરિયાને ડિટરજન્ટ સાથે ઉમેરવામાં આવે છે. ત્યારે બૅક્ટેરિયાની વૃદ્ધિ ઝડપી થાય છે. જ્યારે બૅક્ટેરિયા વૃદ્ધિ પામે છે ત્યારે તેઓ પાણીમાંના દ્રાવ્ય ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે. ઑક્સિજનની ઊણપને કારણે જલીય જૈવસૃષ્ટિના અન્ય ઘટકો જેવા કે માછલીઓ અને વનસ્પતિઓ નાશ પામે છે. ખાતરમાં ફોસ્ફેટ હોય છે. પાણીમાં આ ફોસ્ફેટ ઉમેરાતાં લીલની વૃદ્ધિ ઝડપી થાય છે. આવી લીલ પાણીની સપાટી પર છવાઈ જાય છે અને પાણીમાં ઑક્સિજનની સાંદ્રતા ઘટાડે છે. પરિણામે અજારક પરિસ્થિતિ ઉત્પન્ન થાય છે. જેથી દુર્ગંધવાળી કોહવાણની પ્રક્રિયા શરૂ થાય છે અને જલીય જીવોના મૃત્યુનું કારણ બને છે. આ રીતે પુષ્પકુંજ(bloom)વાળું પાણી અન્ય જીવોની વૃદ્ધિને અવરોધે છે. જળાશયોમાં પોષક તત્ત્વોના વધુ પ્રમાણના કારણે વનસ્પતિનું પ્રમાણ વધે છે, તેથી પાણીમાં ઑક્સિજનનું પ્રમાણ ઘટે છે જે અન્ય જીવોનો નાશ કરે છે અને અંતે જૈવવિવિધતા ગુમાવાય છે જેને **સુપોષણ** (Eutrophication) કહે છે.

14.3.2 પીવાના પાણીના આંતરરાષ્ટ્રીય ધોરણો (International Standards for Drinking Water)

પીવાના પાણીના આંતરરાષ્ટ્રીય ધોરણો નીચે દર્શાવ્યા છે જેનું પાલન થવું જ જોઈએ.

ફ્લોરાઇડ : પીવાના પાણીમાં ફ્લોરાઇડ આયનની સાંદ્રતા જાણવી જરૂરી છે. પીવાના પાણીમાં તેની ઊણપ માનવજાત માટે નુકસાનકારક છે અને દાંતનું ક્ષયન થવું જેવા રોગ ઉત્પન્ન કરે છે. મોટા ભાગે પીવાના પાણીમાં દ્રાવ્ય ફ્લોરાઇડ ઉમેરવામાં આવે છે જેથી તેની સાંદ્રતા 1 ppm અથવા 1 mg dm^{-3} થાય. ફ્લોરાઇડ આયન દાંતના કઠણ આવરણ હાઇડ્રૉક્સિ એપેટાઇટ $[3(Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2]$ને વધુ કઠણ આવરણ ફ્લોર એપેટાઇટ $[3(Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2]$માં

રૂપાંતર કરે છે. વધુમાં F^- આયનની સાંદ્રતા 2 ppm કરતા વધુ હોય તો તેનાથી દાંત પર કથ્થાઈ રંગના ડાઘા પડે છે, જ્યારે F^-નું પ્રમાણ વધુ હોય (10 ppmથી વધુ) તો રાજસ્થાનના કેટલાક વિસ્તારોમાં જોવા મળ્યા મુજબ હાડકાં અને દાંતને નુકસાન કરે છે.

લૅડ : જ્યારે પીવાના પાણીનું પરિવહન લૅડ પાઈપ દ્વારા કરવામાં આવે છે ત્યારે લૅડ પાણીમાં ભળે છે. પીવાના પાણીમાં લેડના પ્રમાણની નિર્ધારિત ઉપલી સીમા 50 ppb છે. લૅડ કિડની, યકૃત અને પ્રજનન તંત્રને નુકસાન પહોંચાડે છે.

સલ્ફેટ : પીવાના પાણીમાં સલ્ફેટનું વધુ પ્રમાણ (> 500 ppm) માનવીમાં વિરેચક અસર (laxative effect) પેદા કરે છે. તેનું મધ્યમસરનું પ્રમાણ નુકસાનરહિત હોય છે.

નાઈટ્રેટ : પીવાના પાણીમાં નાઈટ્રેટની નિર્ધારિત મહત્તમ સીમા 50 ppm છે. પીવાના પાણીમાં નાઈટ્રેટનું વધુ પ્રમાણ મિથિમૉગ્લોબીનેમિયા (methemoglobinemia) (બ્લ્યુબેબી) જેવો રોગ પ્રેરે છે.

અન્ય ધાતુઓ : પીવાના પાણીમાં કેટલીક ધાતુઓની મહત્તમ સાંદ્રતાને કોષ્ટક 14.2માં દર્શાવવામાં આવી છે.

કોષ્ટક 14.2 પીવાના પાણીમાં કેટલીક ધાતુઓની મહત્તમ નિર્ધારિત સાંદ્રતા

ધાતુ	મહત્તમ સાંદ્રતા (ppm અથવા $mgdm^{-3}$)
Fe	0.2
Mn	0.05
Al	0.2
Cu	3.0
Zn	5.0
Cd	0.005

પ્રવૃત્તિ 2

તમે સ્થાનિક પાણીના સ્રોત જેવા કે નદી / સરોવર / ટાંકી / તળાવની મુલાકાત લઈ, અવલોકન કરી તેઓ અપ્રદૂષિત / આંશિક પ્રદૂષિત / મધ્યમ પ્રદૂષિત અથવા વધુ પ્રદૂષિત છે તેમ નક્કી કરો. આ તમે પાણીને જોવાથી અથવા તેની pH જાણવાથી નક્કી કરી શકશો. જળાશયની નજીકમાં રહેલા શહેરી કે ઔદ્યોગિક વિસ્તાર જ્યાંથી પ્રદૂષણ ઉત્પન્ન થાય છે તેના નામની નોંધ કરો. તમે આ વિગત પ્રદૂષણ નિયંત્રણ માટે કાર્યરત સરકારી તંત્રને જણાવો તથા ચોક્કસ કાર્યવાહી નક્કી કરો. તમે આ વિગત મીડિયાને પણ આપી શકો છો. ઘરેલુ કે ઔદ્યોગિક કચરાને (ગટરને) સીધેસીધો નદી, તળાવ, ઝરણું કે સરોવરમાં ઠાલવવો જોઈએ નહીં. બગીચામાં રાસાયણિક ખાતરને બદલે કૉમ્પોસ્ટ(સેન્દ્રિય ખાતર)નો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. DDT, મેલાથિયોન જેવા કિટનાશકોનો ઉપયોગ ટાળીને સૂકા લીમડાના પાનનો ઉપયોગ કિટનાશક તરીકે કરવો જોઈએ. તમારા ઘરની પાણીની ટાંકીમાં પોટેશિયમ પરમેંગેનેટ($KMnO_4$)ના થોડા સ્ફટિક અથવા બ્લીચિંગ પાઉડર નાખવો જોઈએ.

14.4 જમીનનું પ્રદૂષણ (Soil Pollution)

ભારત એક કૃષિ આધારિત અર્થ વ્યવસ્થાવાળો દેશ છે, જ્યાં કૃષિ, મત્સ્ય તથા પશુધનના વિકાસને પ્રાથમિકતા આપવામાં આવે છે. દુષ્કાળના સમય માટે વધારાના ઉત્પાદનનો સંગ્રહ સરકારી તથા બિનસરકારી સંસ્થાઓ દ્વારા કરવામાં આવે છે. સંગ્રહ દરમિયાન ખાદ્ય સામગ્રીમાં થનારા ઘટાડા તરફ વિશેષ ધ્યાન આપવું આવશ્યક છે. શું તમે ક્યારેય જંતુઓ (insects), કૃન્તકો (rodents), નિંદામણ (weeds) અને પાકને લાગુ પડતી બીમારીઓ દ્વારા પાક અને ખાદ્ય પદાર્થોને થતું નુકસાન જોયું છે ? તેને આપણે કેવી રીતે બચાવી શકીએ ? પાકના રક્ષણ માટે ઉપયોગમાં લેવાતાં કેટલાક જંતુનાશકો અને કીટનાશકોથી તમે પરિચિત છો. આ જંતુનાશકો, કીટનાશકો અને નિંદણનાશકો જમીનના પ્રદૂષણ માટે જવાબદાર છે. આમ તેમનો વિવેકપૂર્ણ ઉપયોગ જરૂરી છે.

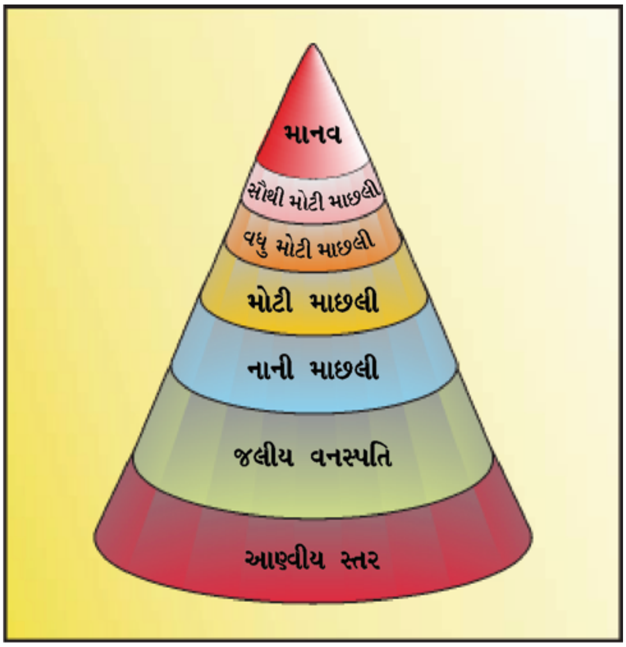
14.4.1 કીટનાશકો (Pesticides)

બીજા વિશ્વયુદ્ધ પૂર્વે કુદરતી રીતે મળી આવતા અનેક રસાયણો જેવા કે નિકોટીનનો (પાકની સાથે ખેતરમાં તમાકુના છોડ ઊગાડીને) ઉપયોગ અનેક પાકો માટે કીટકોના નિયંત્રણ માટે કર્યો હતો.

બીજા વિશ્વયુદ્ધ દરમિયાન મેલેરિયા તથા અન્ય જંતુઓ દ્વારા થતા રોગોના નિયંત્રણ માટે DDT બહુ ઉપયોગી રસાયણ ગણાતું હતું. તેથી વિશ્વયુદ્ધ પછી કૃષિમાં જંતુઓ, કૃન્તકો, નિંદામણ અને પાકોના ભિન્ન રોગોના નિયંત્રણ માટે DDTનો ઉપયોગ થવા લાગ્યો. જો કે તેની પ્રતિકૂળ અસરોના કારણે ભારતમાં તેના ઉપયોગ પર પ્રતિબંધ મૂકવામાં આવ્યો છે.

કીટનાશકો મૂળસ્વરૂપે સંશ્લેષિત ઝેરી રસાયણો છે. જે પર્યાવરણીય પ્રતિઘાતી છે. એક જ પ્રકારના કીટનાશકના વારંવાર ઉપયોગથી કીટકોમાં કીટનાશકો પ્રત્યે પ્રતિરોધ ક્ષમતા ઉત્પન્ન થાય છે. જે કીટનાશકોને બિનઅસરકારક બનાવે છે.

તેથી DDTની પ્રત્યે પ્રતિરોધકતામાં વધારો થવા લાગ્યો; અન્ય કાર્બનિક વિષ જેવા કે આલ્ડ્રીન અને ડાયએલ્ડ્રીનને કીટનાશક ઉદ્યોગો દ્વારા બજારમાં ઉપલબ્ધ કરાવવામાં આવ્યા. મોટા ભાગના કાર્બનિક વિષ પાણીમાં અદ્રાવ્ય અને જૈવ-અવિઘટનીય હોય છે. આ વધુ અસરકારક કાર્બનિક વિષ આહારશૃંખલા દ્વારા નિમ્નપોષી સ્તરથી ઉચ્ચપોષી સ્તર સુધી સ્થાનાંતર પામે છે (આકૃતિ 14.3). સમયની સાથે સાથે ઉચ્ચ પ્રાણીઓમાં કાર્બનિક વિષની સાંદ્રતા એટલી હદે વધી જાય છે કે ચયાપચય તથા દેહધાર્મિક ક્રિયાઓમાં ખલેલ પહોંચે છે.



આકૃતિ 14.3 પ્રત્યેક પોષી સ્તર પર પ્રદૂષકનું પ્રમાણ 10 ગણું વધતું જાય છે.

વધુ સ્થાયીતાવાળા ક્લોરિનયુક્ત કાર્બનિક વિષના પ્રત્યુત્તરમાં ઓછી સ્થાયીતાવાળા અને વધુ જૈવ-વિઘટનીય નીપજો જેવી કે ઓર્ગેનોફોસ્ફેટ અને કાર્બામેટને બજારમાં લાવવામાં આવી હતી. પરંતુ આ રસાયણો ગંભીર ચેતા (nerve) વિષ છે. તેથી તે માનવજાત માટે વધુ નુકસાનકારક છે. પરિણામે આવા કીટનાશકોના કારણે ખેતરમાં કામ કરનાર મજૂરના મૃત્યુ થયાની વિગતો નોંધાયેલી જોવા મળે છે. જંતુઓ પણ આ જંતુનાશકો પ્રત્યે પ્રતિરોધી બન્યા છે. તેથી જંતુનાશક ઉદ્યોગો નવા જંતુનાશકો બનાવવામાં વ્યસ્ત છે, પરંતુ આપણે વિચારવું પડશે કે કીટકોના ખતરા સામે માત્ર આ જ ઉકેલ છે ?

હાલમાં કીટનાશક ઉદ્યોગોએ પોતાનું ધ્યાન **નિંદામણ નાશકો** જેવા કે સોડિયમ ક્લોરેટ ($NaClO_3$), સોડિયમ આર્સિનાઇટ (Na_3AsO_3) અને અન્ય બીજા નિંદામણ નાશકો તરફ વાળ્યું છે. ગઈ શતાબ્દીના પૂર્વાધમાં યાંત્રિકથી રાસાયણિક નિંદામણ નિયંત્રણ તરફના બદલાવના કારણે ઉદ્યોગોને સમૃદ્ધ આર્થિક બજાર પ્રાપ્ત થયું છે, પરંતુ આપણે એ ધ્યાન રાખવું જરૂરી છે કે આ પણ પર્યાવરણ માટે અનુકૂળ નથી.

મોટા ભાગના નિંદામણ નાશકો સસ્તન વર્ગના પ્રાણીઓ માટે હાનિકારક હોય છે. પરંતુ તેઓ ઓર્ગેનોક્લોરાઇડ જેવા સ્થાયી હોતા નથી. આ રસાયણો ઓછા મહિનાઓમાં વિઘટન પામે છે. ઓર્ગેનોક્લૉરાઇડની જેમ તે પણ આહાર જાળ પર સંકેન્દ્રિત થાય છે. કેટલાક નિંદામણ નાશક માનવમાં જન્મજાત ખામી પેદા કરે છે. આ સંદર્ભે થયેલા અભ્યાસના પરિણામો સૂચવે છે કે મકાઈના ખેતરમાં નિંદણ નાશકોના કરેલા છટકાંવથી જંતુઓનો હુમલો અને છોડમાં થતા રોગોનું પ્રમાણ હાથથી નિંદામણ દૂર કરવામાં આવનાર ખેતર કરતા વધુ જોવા મળ્યું હતું.

વ્યાપકરૂપે ફેલાયેલા રાસાયણિક પ્રદૂષણમાં કીટનાશકો અને નિંદામણ નાશકો પ્રદૂષણના નાના ભાગનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. વિભિન્ન વસ્તુઓના ઉત્પાદનની ઔદ્યોગિક અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં નિયમિતપણે ઉપયોગમાં લેવાનારા અનેક સંયોજનો એક અથવા બીજા સ્વરૂપે વાતાવરણમાં ભળે છે.

14.5 ઔદ્યોગિક કચરો (Industrial Waste)

ઔદ્યોગિક ઘન કચરાને પણ જૈવ-વિઘટનીય અને જૈવ-અવિઘટનીય કચરામાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. સુતરાઉ કાપડની મિલો, ખાદ્ય પદાર્થની બનાવટના એકમો, કાગળ બનાવવાની મિલો અને કાપડની મિલો જૈવ-વિઘટનીય કચરો ઉત્પન્ન કરે છે.

ઉષ્મીય વિદ્યુતમથક જે ઉડતી રાખ (fly ash) ઉત્પન્ન કરે છે તથા લોખંડ અને સ્ટીલનો સંયુક્ત પ્લાન્ટ જે વાતભઠ્ઠીની સ્લૅગ અને પીગલિત સ્ટીલની સ્લૅગ ઉત્પન્ન કરે છે. ઉત્પન્ન થતાં આ પદાર્થો જૈવ-અવિઘટનીય કચરો છે. ઍલ્યુમિનિયમ, ઝિંક તથા કૉપરનું ઉત્પાદન કરનાર ઉદ્યોગ પંક (mud) અને છેવટનો અવશેષ (tailing) ઉત્પન્ન કરે છે. ખાતર ઉદ્યોગો જિપ્સમ પેદા કરે છે. ધાતુઓ, રસાયણો, દવાઓ, રંગકો, કીટનાશકો, રબર વગેરેનું ઉત્પાદન કરતા ઉદ્યોગો અતિજ્વલનશીલ પદાર્થો, મિશ્રિત વિસ્ફોટકો અથવા અતિપ્રતિક્રિયાત્મક પદાર્થો ઉત્પન્ન કરે છે.

જો જૈવ-અવિઘટનીય ઔદ્યોગિક ઘન કચરાનો યોગ્ય અને અનુકૂળ પદ્ધતિથી નિકાલ કરવામાં ન આવે તો તે પર્યાવરણ માટે ગંભીર ખતરો ઊભો કરી શકે છે. નવીન વિચારો દ્વારા કચરાના વિવિધ ઉપયોગો શોધવામાં આવ્યા છે. હાલમાં ઉડતી રાખ અને સ્ટીલ ઇન્ડસ્ટ્રીઝમાંથી નીકળતા સ્લૅગનો ઉપયોગ સિમેન્ટ ઉદ્યોગમાં કરવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે વધુ જથ્થામાં રહેલા ઝેરી કચરાનો નિયંત્રિત ભસ્મીકરણ પદ્ધતિથી નાશ

કરવામાં આવે છે, જ્યારે ઓછા જથ્થામાં હોય તો તેને ખુલ્લી જગ્યામાં બાળીને નષ્ટ કરવામાં આવે છે. વધુમાં જો ઘન કચરાનું વ્યવસ્થાપન અસરકારક રીતે કરવામાં ન આવે તો તે પર્યાવરણના વિવિધ ઘટકોને અસર કરે છે.

શું તમે કચરાના પુનર્ચક્રણ વિશે જાણો છો ?

- પ્લાસ્ટિકના કચરામાંથી મળતા ઈંધણનો ઑક્ટેન આંક ઊંચો હોય છે. તેમાં લૅડ હોતું નથી અને તે 'હરિત ઈંધણ' (green fuel) તરીકે ઓળખાય છે.
- રસાયણ અને કાપડ ઉદ્યોગમાં થયેલા આધુનિક વિકાસના કારણે હવે પુનર્ચક્રિત પ્લાસ્ટિકના વસ્ત્રો બનાવાશે. આ જલ્દીથી વિશ્વના બજારોમાં ઉપલબ્ધ થશે.
- આપણા દેશમાં શહેરો અને નગરોમાં વીજળીના કાપની સમસ્યાનો સામનો કરવો પડે છે. ચારે તરફ સડતા કચરાના ઢગલાં પણ જોવા મળે છે. એક સારી ખબર એ છે કે આ બંને સમસ્યાઓનો એક સાથે છૂટકારો મેળવી શકાય છે. હાલમાં એવી ટેક્નોલૉજી વિકસિત કરવામાં આવી છે કે જેથી કચરામાંથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. પ્રાયોગિક ધોરણે એક મૉડેલ તૈયાર કરાયું છે જેમાં કચરામાંથી લોખંડ, પ્લાસ્ટિક, કાચ, કાગળ વગેરેને અલગ કરી બાકી રહેલા ભાગને પાણી સાથે મિશ્ર કરવામાં આવે છે. તેમાં બૅક્ટેરિયાનો કેટલોક જથ્થો ઉમેરવામાં આવે છે, જે મિથેન ઉત્પન્ન કરે છે. સામાન્ય રીતે તે બાયોગૅસ તરીકે ઓળખાય છે. આ રીતે મળતો બાયોગૅસ વીજળી ઉત્પન્ન કરવામાં વપરાય છે અને તેની ઉપનીપજ ખાતર તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

14.6 પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ-નિયંત્રણના પગલાં (Strategies to Control Environmental Pollution)

આ એકમમાં સમાવિષ્ટ હવા પ્રદૂષણ, જળ પ્રદૂષણ, જમીન પ્રદૂષણ અને ઔદ્યોગિક કચરા દ્વારા થતા પ્રદૂષણના અભ્યાસ બાદ હવે તમે પર્યાવરણ પ્રદૂષણના નિયંત્રણની આવશ્યકતાને મહેસૂસ કરતા હશો. તમે તમારી નજીકના પર્યાવરણને કેવી રીતે બચાવી શકો છો ? તમે તમારા પડોશમાં જોવા મળતાં ઉપર્યુક્ત પ્રદૂષણોના નિયંત્રણ માટે કયા કયા પગલાં/પ્રવૃત્તિઓ કરી શકો છો તેના વિશે વિચાર કરો. અહીં કચરાના વ્યવસ્થાપન માટેના ઉપાયો સંબંધિત એક વિચાર રજૂ કરવામાં આવ્યો છે.

14.6.1 કચરાનું વ્યવસ્થાપન (Waste Management)

ઘન કચરો માત્ર એ જ નથી કે જે તમને તમારી કચરાપેટીમાં જોવા મળે છે. નકામી ઘરેલુ ચીજવસ્તુઓ સિવાય પણ અનેક કચરો જોવા મળે છે, જેમ કે ચિકિત્સકીય કચરો, કૃષિ કચરો, ઔદ્યોગિક કચરો અને ખનીજ કચરો. પર્યાવરણનું સ્તર નીચું ઉતરવાનું એક મુખ્ય કારણ કચરાનો અયોગ્ય રીતે નિકાલ છે. તેથી કચરાનું વ્યવસ્થાપન અતિ આવશ્યક છે.

એકત્રિકરણ અને નિકાલ

ઘરેલુ કચરાને નાના પાત્રમાં એકત્ર કરવામાં આવે છે, જેને અંગત અથવા નગરપાલિકાના કામદાર દ્વારા સામૂહિક પાત્રમાં સ્થાનાંતરિત કરવામાં આવે છે. આ સામૂહિક પાત્રોને નિકાલના સ્થળે પહોંચાડવામાં આવે છે. તે સ્થળે આ કચરાને જૈવ-વિઘટનીય અને જૈવ-અવિઘટનીય કચરા તરીકે અલગ પાડવામાં આવે છે. જૈવ-અવિઘટનીય કચરો જેવો કે પ્લાસ્ટિક, કાચ, ધાતુની વસ્તુઓ વગેરેને પુનર્ચક્રણ માટે મોકલવામાં આવે છે, જ્યારે જૈવ-વિઘટનીય કચરાને ખુલ્લી જમીનમાં દાટી દેવામાં આવે છે, જે થોડા સમય બાદ કૉમ્પોસ્ટમાં રૂપાંતર પામે છે.

જો કચરાને કચરાપેટીમાં એકત્ર કરવામાં ન આવે તો તે ગટરમાં જાય છે. જેમાંના કેટલાક કચરાને ઢોર-ઢાંખર ખાઈ જાય છે. જૈવ-અવિઘટનીય કચરો જેવો કે પોલિથીન બૅગ, ધાતુની વસ્તુઓ વગેરે ગટરમાં અવરોધ ઊભો કરે છે અને પ્રતિકૂળતા સર્જે છે. જો પોલિથીન બૅગને કોઈ ઢોર-ઢાંખર ગળી જાય તો તે તેના મૃત્યુનું કારણ પણ બની શકે છે.

તેથી સામાન્ય વ્યવહારમાં બધા ઘરેલુ કચરાને યોગ્ય રીતે એકત્રિત કર્યા બાદ તેનો નિકાલ કરવો જોઈએ. નબળા વ્યવસ્થાપનના કારણે ભૌમજળ પ્રદૂષિત થાય છે, જેના કારણે આરોગ્યને લગતા પ્રશ્નો ઊભા થાય છે. વિશેષ રીતે તે એ લોકો માટે વધુ હાનિકારક છે જે આ કચરાના સીધા સંપર્કમાં આવે છે. જેમકે જૂનો સામાન અને કચરો વીણનાર અને એવા કામદારો જે કચરાના નિકાલના કામ સાથે સંકળાયેલા છે. આ એવા વ્યક્તિઓ છે જે મોજાં અથવા જળરોધી બૂટ અને ગૅસ માસ્ક જેવી સુરક્ષા માટેની સાધનસામગ્રીનો ઉપયોગ કરતા નથી. તમે તેમના માટે શું કરી શકો છો ?

14.7 હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન (Green Chemistry)

14.7.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

આપણે સૌ જાણીએ છીએ કે આપણા દેશે 20મી સદીના અંત સુધીમાં ખાતર અને કીટનાશકોના ઉપયોગથી તથા કૃષિની સુધારેલી પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ કરી, ઊંચી ગુણવત્તાવાળા બીજ, સિંચાઈ વગેરેની મદદથી ખાદ્ય પદાર્થોના ક્ષેત્રમાં આત્મનિર્ભરતા પ્રાપ્ત કરી લીધી છે, પરંતુ જમીનનું વધુ શોષણ

કરવાથી તથા ખાતર અને કીટનાશકોના વધુ ઉપયોગથી જમીન, પાણી અને હવાની ગુણવત્તા ઘટી છે.

આ સમસ્યાનો ઉકેલ વિકાસની પ્રક્રિયાને રોકવાનો નહીં પરંતુ એવી પદ્ધતિઓને શોધવાનો છે જે વાતાવરણને પ્રદૂષિત થતું રોકી શકે. રસાયણવિજ્ઞાન અને અન્ય વિજ્ઞાનના સિદ્ધાંતો તથા વર્તમાન જ્ઞાનના ઉપયોગથી પર્યાવરણ પર થતી અવળી અસરોને ઓછી કરવાના વિચારો કે રસ્તાઓને હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન કહે છે. હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન ઉત્પાદનની એવી પદ્ધતિ છે જે પર્યાવરણમાં ન્યૂનતમ પ્રદૂષણ કે ખરાબી લાવે છે. પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉત્પન્ન થતી ઉપપેદાશનો લાભદાયક ઉપયોગ ન કરી શકાય તો તે પર્યાવરણના પ્રદૂષણમાં ઉમેરો કરે છે. આવી પ્રક્રિયાઓ માત્ર પર્યાવરણની દૃષ્ટિએ હાનિકારક છે, તેવું નથી પરંતુ તે મોંઘી પણ પડે છે. નકામા પદાર્થો બનવા અને તેનો નિકાલ બંને આર્થિક દૃષ્ટિએ નુકસાનકારક છે. વિકાસના કાર્યોની સાથે સાથે રાસાયણિક નુકસાનને ઘટાડવામાં વર્તમાન જ્ઞાનની મદદ લેવી તે હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનનો પાયો છે. શું તમે હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાનના વિચારને ગ્રહણ કર્યો છે ? આપણે જાણીએ છીએ કે કાર્બનિક દ્રાવકો જેવા કે બેન્ઝિન, ટોલ્યુઇન, કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડ વગેરે અત્યંત ઝેરી છે. તેમનો ઉપયોગ કરતા સમયે કાળજી રાખવી જરૂરી છે.

તમે જાણો છો તે મુજબ કોઈ રાસાયણિક પ્રક્રિયાનો વ્યાપ તાપમાન, દબાણ અને ઉદ્દીપકના ઉપયોગ પર રહેલો છે. જો પર્યાવરણીય મિત્ર સ્વરૂપના માધ્યમની મદદથી જો પ્રક્રિયકો સંપૂર્ણપણે પર્યાવરણીય મિત્ર સ્વરૂપની નીપજોમાં ફેરવાય તો પર્યાવરણમાં કોઈ રાસાયણિક પ્રદૂષક ઉમેરાતું નથી.

સંશ્લેષણ દરમિયાન પ્રારંભિક પદાર્થની પસંદગી સમયે એ બાબત ધ્યાનમાં રાખવી જોઈએ કે જ્યારે તે અંતિમ નીપજમાં પરિવર્તન પામે ત્યારે 100 % નીપજ બને છે. જેને સંશ્લેષણ પ્રક્રિયા દરમિયાન અનુકૂળ પરિસ્થિતિઓ ગોઠવીને મેળવી શકાય છે. પાણીની ઊંચી વિશિષ્ટ ઉષ્મા તથા નીચી બાષ્પશીલતાના કારણે તેને સંશ્લેષણ પ્રક્રિયાઓમાં માધ્યમ તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે. પાણી સસ્તું, અપ્રજ્વલનશીલ તથા અકેન્સરપ્રેરક માધ્યમ છે.

હરિયાળું રસાયણ વિજ્ઞાનીઓને નૉબેલ પુરસ્કાર

યસ ચૌવિન

રોબર્ટ એચ. ગ્રુબ્સ

રિચાર્ડ આર. શ્રોક

યસ ચૌવિન, ઈન્સ્ટીટ્યૂટ ફ્રેંક્સ ડૂ પેટ્રૉલે, રુઇનલ-મેલમેસન, ફ્રાન્સ; **રોબર્ટ એચ. ગ્રુબ્સ**, કેલિફોર્નિયા ઈન્સ્ટીટ્યૂટ ઑફ ટેક્નોલૉજી (કેલટેક), પાસાડેના, CA, USA અને **રિચાર્ડ આર. શ્રોક**, માસાચ્યુસેટ્સ ઈન્સ્ટીટ્યૂટ ઑફ ટેક્નોલૉજી (MIT), કેમ્બ્રિજ, MA, USAને નવા રસાયણોના નિર્માણ દરમિયાન ઉત્પન્ન થતાં ઝેરી નકામા પદાર્થોને ઘટાડવાના કાર્ય માટે 2005માં નૉબેલ પુરસ્કાર એનાયત કરવામાં આવ્યો હતો. તે ત્રણેયે કાર્બનિક સંશ્લેષણમાં સ્થાનાંતરણ (મેટાથેસિસ) પદ્ધતિના વિકાસ માટે પુરસ્કાર મેળવ્યો હતો. આમાં અણુની અંદર પરમાણુ પુનર્વિન્યાસ પામતા રહે છે. રોયલ સ્વીડિશ એકેડેમી ઑફ સાયન્સે તેની તુલના એવા નૃત્ય સાથે કરી, જેમાં યુગલ પોતાના જોડીદાર બદલતા રહે છે. મેટાથેસિસનો મહત્ત્વનો વ્યાપારિક ઉપયોગ ઔષધો, બાયોટેક્નોલૉજી અને ખાદ્ય ઉદ્યોગમાં થાય છે. આનો ઉપયોગ પર્યાવરણીય મૈત્રી સ્વરૂપના પોલિમર પદાર્થોના ક્રાંતિકારી વિકાસમાં પણ થાય છે.

આ હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન એક મોટા પગલાંનું પ્રતિનિધિત્વ છે. કુશળ ઉત્પાદન દ્વારા હાનિકારક નકામા પદાર્થોને ઘટાડી શકાય છે. મેટાથેસિસ એ વાતનું ઉદાહરણ છે કે મૂળવિજ્ઞાનનો ઉપયોગ મનુષ્ય, સમાજ અને પર્યાવરણના લાભ માટે કેવી રીતે કરી શકાય.

14.7.2 રોજિંદા જીવનમાં હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન (Green Chemistry in day-to-day Life)

(i) કપડાંનાં ડ્રાયક્લિનિંગમાં : અગાઉ ટેટ્રાક્લોરોઇથિન ($Cl_2C{=}CCl_2$) કપડાંના ડ્રાયક્લિનિંગમાં દ્રાવક તરીકે વધુ વપરાતો હતો. તે ભૌમજલને પ્રદૂષિત કરે છે અને કેન્સર પ્રેરક પણ છે. તેથી હાલમાં ટેટ્રાક્લોરોઇથિનના ઉપયોગને બદલે પ્રવાહીકૃત કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો અનુકૂળ ડિટરજન્ટ સાથે ડ્રાયક્લિનિંગમાં ઉપયોગ કરાય છે. હેલોજનયુક્ત દ્રાવકને બદલે પ્રવાહી CO_2ના ઉપયોગથી ભૌમજલ ઓછું પ્રદૂષિત થાય છે.

હાલના સમયમાં હાઇડ્રૉજન પેરૉક્સાઇડ (H_2O_2)નો ઉપયોગ કપડાં ધોવામાં બ્લીચિંગ એજન્ટ (વિરંજનકર્તા) તરીકે વધ્યો છે. તે પાણીના ઓછા વપરાશથી પણ સારું પરિણામ આપે છે.

(ii) કાગળના વિરંજનમાં : અગાઉ કાગળના વિરંજન માટે ક્લૉરિન ગૅસ ઉપયોગમાં લેવાતો હતો. હાલમાં હાઇડ્રૉજન પેરૉક્સાઇડ (H_2O_2)નો ઉપયોગ યોગ્ય ઉદ્દીપકની હાજરીમાં કરવામાં આવે છે જેથી હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડની વિરંજન અસર વધે છે.

(iii) રસાયણોનું સંશ્લેષણ : ઔદ્યોગિક રીતે ઇથિનનું એક તબક્કામાં ઑક્સિડેશન આયનીય ઉદ્દીપક અને જલીય માધ્યમની હાજરીમાં કરવામાં આવે તો લગભગ 90 % ઇથેનાલ પ્રાપ્ત થાય છે.

$$CH_2 = CH_2 + O_2 \xrightarrow[\text{Pd(II), Cu(II) પાણીમાં}]{\text{ઉદ્દીપક}} CH_3CHO \ (90\ \%)$$

ટૂંકમાં, હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન ઓછો ખર્ચાળ અભિગમ છે, જે ઓછા પદાર્થ, ઓછી ઊર્જાવપરાશ અને ઓછો નકામો પદાર્થ ઉત્પન્ન થવા સાથે સંબંધિત છે.

આ વિષે વિચારો

માનવ હોવાના નાતે પર્યાવરણને સુરક્ષિત રાખવા માટે આપણી શું જવાબદારી છે? કેટલીક સંકલ્પનાઓ કોઈ વ્યક્તિ દ્વારા અનુસરવામાં આવે તો માનવજીવન અને આપણા પર્યાવરણની ગુણવત્તાને સારી બનાવવામાં ફાળો આપી શકે છે. તમારા બગીચા અથવા ઘરની કોઈ જગ્યાએ કોમ્પોસ્ટ પાત્ર હોવું જોઈએ. જેનો ઉપયોગ છોડ માટે સેન્દ્રિય ખાતર બનાવવામાં કરવો જોઈએ, જેથી રાસાયણિક ખાતરોનો ઉપયોગ ઓછો કરવો પડે. આપણે બજારમાંથી લાવવાનું થતું કરિયાણું, શાકભાજી કે અન્ય ચીજવસ્તુઓ માટે કાપડની થેલીનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ અને પ્લાસ્ટિકની થેલીનો ઉપયોગ ટાળવો જોઈએ. તમારા વિસ્તારમાં સમાચારપત્ર, કાચ, એલ્યુમિનિયમ અને અન્ય સામગ્રીને પુનર્ચક્રણ કરનાર છે કે નહીં તે તપાસો. પર્યાવરણ સુરક્ષા માટે આવા વિક્રેતાઓને શોધવામાં આપણને મુશ્કેલીઓ પણ પડે છે. આપણે એવી સમજ રાખવી જોઈએ કે દરેક સમસ્યાનું નિવારણ શક્ય નથી, પરંતુ આપણે તે મુદ્દાઓ પર આપણું ધ્યાન કેન્દ્રિત કરવું જોઈએ, જેને આપણે પ્રબળ રીતે અનુભવી શકીએ અને તે માટે આપણે કાંઈક કરી શકીએ. જે આપણે કહીએ છીએ તેનો અમલ પણ આપણે કરવો જોઈએ. આપણે યાદ રાખવું જરૂરી છે કે પર્યાવરણ સંરક્ષણ હંમેશાં આપણાથી જ શરૂ થાય છે.

સારાંશ

પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાન પર્યાવરણમાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. પર્યાવરણમાં રહેલી સ્પીસિઝ કુદરત દ્વારા પ્રાપ્ત થતી હોય છે અથવા માનવીની વિવિધ પ્રવૃત્તિઓના કારણે પેદા થતી હોય છે. **પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ** વાતાવરણમાં થતા અનિચ્છનીય ફેરફારોની અસર છે, જે વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને માનવજાત પર નુકસાનકારક અસર કરે છે. પ્રદૂષકો પદાર્થના ત્રણેય સ્વરૂપોમાં અસ્તિત્વ ધરાવે છે. આપણે એવા પ્રદૂષકોની ચર્ચા કરી છે કે જે માનવીય પ્રવૃત્તિઓના પરિણામે હોય અને તેને નિયંત્રિત કરી શકાય. વાતાવરણીય પ્રદૂષણનો અભ્યાસ સામાન્ય રીતે **ક્ષોભ-આવરણીય** અને **સમતાપ-આવરણીય પ્રદૂષણ** તરીકે કરવામાં આવે છે. ક્ષોભ-આવરણ વાતાવરણનું નિમ્નસ્તર (~10 km) છે, જેમાં માનવસહિત અન્યજીવ તથા વનસ્પતિ પણ રહેલી હોય છે, જ્યારે સમતાપ આવરણ, ક્ષોભ-આવરણની ઉપલી સીમાથી ઉપર અને સમુદ્રની સપાટીથી 50 kmની ઊંચાઈએ આવેલું છે. ઓઝોન સ્તર સમતાપ-આવરણનો એક મુખ્ય ભાગ છે. ક્ષોભ-આવરણીય પ્રદૂષણ મુખ્યત્વે સલ્ફર, નાઇટ્રોજન, કાર્બન, હેલોજનના ઑક્સાઇડ તથા રજકણ પ્રદૂષકોના કારણે થાય છે. વાયુમય પ્રદૂષકો પૃથ્વી પર **ઍસિડ વર્ષા**ના સ્વરૂપે આવે છે. પૃથ્વી પર પહોંચતી સૌર ઊર્જાના 75 % ભાગ પૃથ્વીની સપાટી દ્વારા શોષાય છે અને બાકીની ઊર્જા વાતાવરણમાં પાછી ફેંકાય છે. ઉપર્યુક્ત વાયુઓ આ ઉષ્માને ગ્રહણ કરી પૃથ્વીનું તાપમાન વધારે છે જેને **ગ્લોબલ વૉર્મિંગ** કહે છે. આ વાયુઓ પૃથ્વી પરના જીવન માટે પણ જવાબદાર છે, જે જીવનને ટકાવી રાખવા માટે પૃથ્વી પર સૌરઊર્જાના જરૂરી જથ્થાને ગ્રહણ કરે છે. **ગ્રીન હાઉસ વાયુઓ**ના વધુ પ્રમાણથી પૃથ્વીના વાતાવરણનું

તાપમાન વધે છે, જેથી ધ્રુવ વિસ્તારમાં રહેલો બરફ પીગળવા લાગે છે અને સમુદ્રની સપાટી ઊંચી આવે છે તેથી સમુદ્રના કિનારાના વિસ્તારોમાં પાણી ભરાઈ જાય છે. કેટલીક માનવ પ્રવૃત્તિઓ રસાયણ ઉત્પન્ન કરે છે, જે સમતાપ-આવરણમાં **ઓઝોન સ્તરના ક્ષયન** માટે જવાબદાર હોય છે અને તે **ઓઝોનમાં ગાબડું** પાડે છે. ઓઝોનના ગાબડામાંથી પારજાંબલી વિકિરણો પૃથ્વીના વાતાવરણમાં પ્રવેશીને જનીનમાં ઉત્પરિવર્તન લાવે છે. પાણી આપણા જીવન માટે ઉપયોગી છે, પરંતુ આ પાણી રોગકારકો, કાર્બનિક કચરા તથા ઝેરી ભારે ધાતુઓ, કીટનાશકો વગેરે દ્વારા પ્રદૂષિત થાય તો તે ઝેરમાં પરિવર્તિત થઈ જાય છે. તેથી આંતરરાષ્ટ્રીય ધોરણોને ધ્યાનમાં રાખીને પીવાના પાણીની ગુણવત્તા જાળવવી જોઈએ. ઔદ્યોગિક કચરો અને વધુ પ્રમાણમાં કીટનાશકોના ઉપયોગથી જમીન અને પાણીનું પ્રદૂષણ થાય છે. કૃષિ ક્ષેત્રમાં રસાયણોનો વિવેકપૂર્ણ ઉપયોગ ટકાઉ વિકાસ માટે આવશ્યક છે. **પર્યાવરણીય પ્રદૂષણને નિયંત્રિત કરવાના પગલાં :** (i) કચરાનું વ્યવસ્થાપન એટલે કે કચરાના પ્રમાણમાં ઘટાડો અને યોગ્ય નિકાલ, પદાર્થોનું અને શક્તિનું પુનર્ચક્રણ (ii) રોજિંદા જીવનમાં ઉપયોગમાં લેવાતી પદ્ધતિઓ જે પર્યાવરણીય પ્રદૂષણને ઘટાડે છે. આની બીજી પદ્ધતિ રસાયણવિજ્ઞાનની નવી શાખા છે જે **હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન** તરીકે ઓળખાય છે. તે વર્તમાન જ્ઞાન અને અનુભવોનો ઉપયોગ કરીને પ્રદૂષકોના નિર્માણને ઘટાડે છે.

સ્વાધ્યાય

14.1 પર્યાવરણીય રસાયણવિજ્ઞાનને વ્યાખ્યાયિત કરો.

14.2 ક્ષોભ-આવરણીય પ્રદૂષણને લગભગ 100 શબ્દોમાં સમજાવો.

14.3 કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ કરતાં કાર્બન મોનૉક્સાઇડ વાયુ વધુ ખતરનાક શા માટે છે ? સમજાવો.

14.4 ગ્રીન હાઉસ અસર માટે જવાબદાર વાયુઓની યાદી તૈયાર કરો.

14.5 ઍસિડ વર્ષા ભારતમાં રહેલી મૂર્તિઓ અને સ્મારકોને કેવી રીતે નુકસાન કરે છે ?

14.6 ધૂમ્ર-ધુમ્મસ એટલે શું ? પારંપારિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસથી કેવી રીતે જુદું પડે છે ?

14.7 પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસના નિર્માણ દરમિયાન થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓને લખો.

14.8 પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ કઈ નુકસાનકારક અસરો દર્શાવે છે ? અને તેઓને કેવી રીતે નિયંત્રિત કરી શકાય ?

14.9 ક્ષોભ-આવરણમાં ઓઝોનના ક્ષયન માટે કઈ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ થાય છે ?

14.10 ઓઝોન-સ્તરમાં ગાબડું એટલે શું ? તેના પરિણામો શું છે ?

14.11 જળપ્રદૂષણના મુખ્ય કારણો ક્યા છે ? સમજાવો.

14.12 શું તમે તમારા વિસ્તારમાં જળપ્રદૂષણ જોયું છે ? તેને નિયંત્રિત કરવા તમે શું સૂચવો છો ?

14.13 જૈવરાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (BOD) એટલે શું ?

14.14 શું તમે તમારા પડોશી વિસ્તારમાં જમીનનું પ્રદૂષણ જોયું છે ? જમીન પ્રદૂષણને નિયંત્રિત કરવા તમે કેવા પ્રયત્નો હાથ ધરશો ?

14.15 કીટનાશક અને નિંદણનાશક એટલે શું ? ઉદાહરણ આપી સમજાવો.

14.16 હરિયાળું રસાયણવિજ્ઞાન એટલે શું ? તે પર્યાવરણીય પ્રદૂષણને ઘટાડવામાં કેવી રીતે મદદરૂપ થશે ?

14.17 પૃથ્વીના વાતાવરણમાં જો ગ્રીન હાઉસ વાયુઓ સંપૂર્ણપણે ગેરહાજર હોય તો શું થાય ? ચર્ચો.

14.18 એક તળાવમાં મોટી સંખ્યામાં મરેલી માછલીઓ તરતી જોવા મળી, તેમાં કોઈ ઝેરી પદાર્થ ન હતો, પરંતુ વિપુલ પ્રમાણમાં જલીય વનસ્પતિ જોવા મળી. માછલીઓના મરવાના કારણો સૂચવો.

14.19 ઘરેલુ કચરાને કેવી રીતે ખાતર તરીકે ઉપયોગમાં લઈ શકશો ?

14.20 તમે તમારા ખેતરમાં અથવા બગીચામાં કૉમ્પોસ્ટ બનાવવાના ખાડા તૈયાર કરેલા છે. ઉત્તમ કૉમ્પોસ્ટ બનાવવાની પ્રક્રિયાની ચર્ચા દુર્ગંધ, માખીઓ તથા નકામા પદાર્થોના પુનર્ચક્રણના સંદર્ભમાં કરો.

કેટલાક પસંદ કરેલા કોયડાના જવાબ

એકમ 8

8.25 15 g

એકમ 12

12.32 બનતા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું દળ = 0.505 g
બનતા પાણીનું દળ = 0.0864 g

12.33 નાઇટ્રોજનનું ટકાવાર પ્રમાણ = 56

12.34 ક્લોરિનનું ટકાવાર પ્રમાણ = 37.57

12.35 સલ્ફરનું ટકાવાર પ્રમાણ = 19.66

એકમ 13

13.1 સમાપન પ્રક્રિયામાં થતી આડ પ્રક્રિયામાં બે મુક્તમૂલકો $\dot{C}H_3$ના જોડાણ થવાથી

13.2 (a) 2-મિથાઇલબ્યુટ-2-ઇન (b) પેન્ટ-1-ઇન-3-આઇન
(c) બ્યુટા-1,3-ડાઇન (d) 4-ફિનાઇલબ્યુટ-1-ઇન
(e) 2-મિથાઇલફિનોલ (f) 5-(2-મિથાઇલપ્રોપાઇલ)ડૅકેન
(g) 4-ઇથાઇલડેકા–1,5,8-ટ્રાઇન

13.3 (a) (i) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$ બ્યુટ-1-ઇન
(ii) $CH_3 - CH = CH - CH_3$ બ્યુટ-2-ઇન
(iii) $CH_2 = C(CH_3) - CH_3$ 2-મિથાઇલપ્રોપિન

(b) (i) $HC \equiv C - CH_2 - CH_2 - CH_3$ પેન્ટ-1-આઇન
(ii) $CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$ પેન્ટ-2-આઇન
(iii) $CH_3 - CH(CH_3) - C \equiv CH$ 3-મિથાઇલબ્યુટ-1-આઇન

13.4 (i) ઇથેનાલ અને પ્રોપેનાલ (ii) બ્યુટેન-2-ઑન અને પેન્ટેન-2-ઑન
(iii) મિથેનાલ અને પેન્ટેન-3-ઑન (iv) પ્રોપેનાલ અને બેન્ઝાલ્ડિહાઇડ

13.5 3-ઇથાઇલપેન્ટ-2-ઇન

13.6 બ્યુટ-2-ઇન

13.7 4-ઈથાઈલહેક્ઝ-3-ઈન

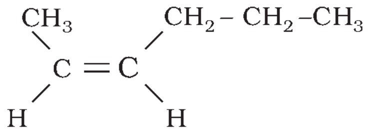
$CH_3 - CH_2 - \underset{\underset{CH_2-CH_3}{|}}{C} = CH - CH_2-CH_3$

13.8 (a) $C_4H_{10}(g) + 13/2\,O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 4CO_2(g) + 5H_2O(g)$

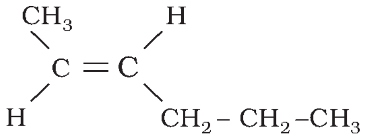
(b) $C_5H_{10}(g) + 15/2\,O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 5CO_2(g) + 5H_2O(g)$

(c) $C_6H_{10}(g) + 17/2\,O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 6CO_2(g) + 5H_2O(g)$

(d) $C_7H_8(g) + 9O_2(g) \xrightarrow{\Delta} 7CO_2(g) + 4H_2O(g)$

13.9 

સિસ-હેક્ઝ-2-ઈન



ટ્રાન્સ-હેક્ઝ-2-ઈન

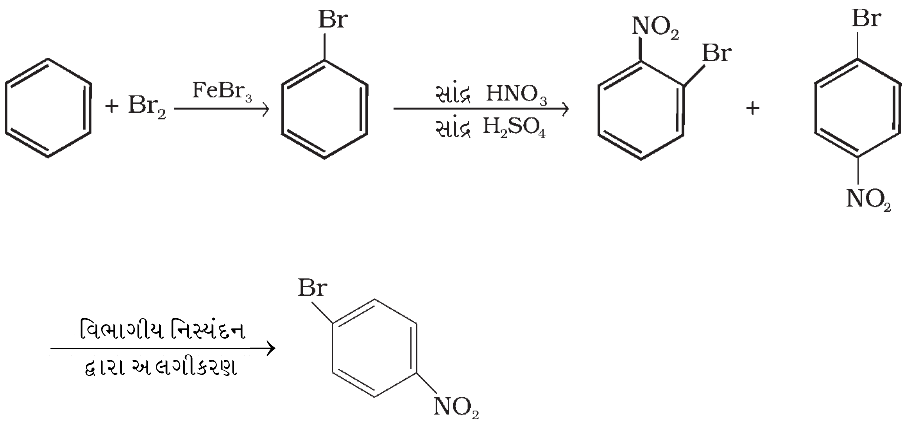
વધુ ધ્રુવીય સ્વભાવના કારણે સિસ સમઘટકમાં પ્રબળ આંતરઆણ્વીય દ્વિધ્રુવ-દ્વિધ્રુવ પારસ્પરિક ક્રિયા થાય છે. તેથી આ અણુઓને અલગ કરવા વધારે ઊર્જાની જરૂર પડે છે, તેથી તેઓના ઉત્કલનબિંદુ ઊંચા હોય છે.

13.10 સસ્પંદનના કારણે

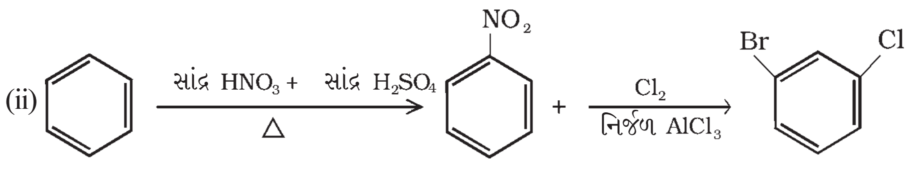
13.11 સમતલીય, $(4n + 2)$ π ઈલેક્ટ્રૉન ધરાવતી સંયુગ્મિત વલય પ્રણાલી, જ્યાં n પૂર્ણાંક સંખ્યા છે.

13.12 ચક્રિય પ્રણાલી $(4n + 2)$ π ઈલેક્ટ્રૉનના વિસ્થાનીકૃત થવાના કારણે

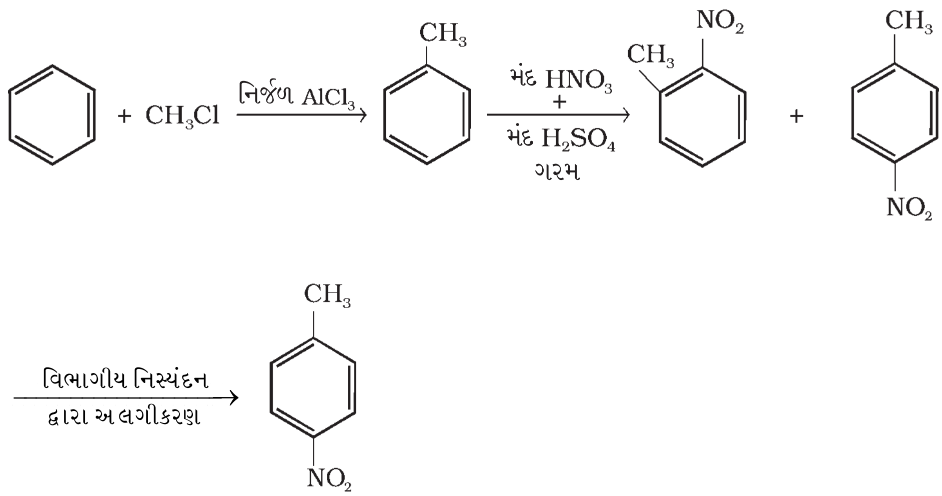
13.13 (i)



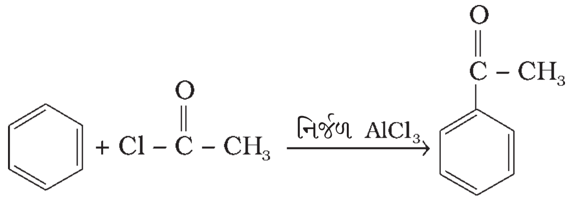
(ii)



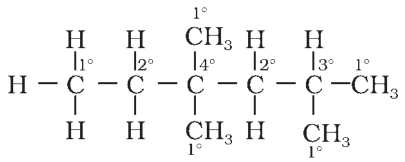
(iii)



(iv)



13.14



15 H 1° કાર્બન પરમાણુઓને જોડાયેલા છે.

4 H 2° કાર્બન પરમાણુઓને જોડાયેલા છે.

1 H 3° કાર્બન પરમાણુઓને જોડાયેલા છે.

13.15 આલ્કેનમાં જેટલી વધુ શાખાઓ હશે, ઉત્કલનબિંદુ તેટલું જ નીચું જશે.

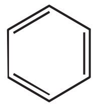
13.16 અસમમિત આલ્કીનમાં HBrની યોગશીલ પ્રક્રિયાના લખાણને વાંચો.

13.17 $CH_3-C=O$ / $CH_3-C=O$ (બે C વચ્ચે બંધ), $CH_3-C=O$ / $H-C=O$ અને CHO / CHO

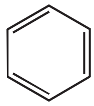
કોઈ એક કેક્યુલે બંધારણથી બધી ત્રણ નીપજો એક સાથે મેળવી શકાતી નથી. જે દર્શાવે છે કે બેન્ઝિન બે સસ્પંદન બંધારણોની સંકૃત રચના છે.

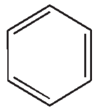
13.18 $H-C\equiv C-H > C_6H_6 > C_6H_{14}$. કારણ કે બેન્ઝિનમાં s-કક્ષક લાક્ષણિક (33 %) અને n-હેક્ઝેનમાં s-કક્ષક લાક્ષણિકતા (25 %) કરતાં ઈથાઈનમાં s-કક્ષક લાક્ષણિકતા (50 %) વધુ છે.

13.19 બેન્ઝિન 6 π ઈલેક્ટ્રૉનની હાજરીના કારણે ઈલેક્ટ્રૉન ધનિક સ્રોત છે. તેથી ઈલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા પ્રક્રિયકો તેના પર સરળતાથી હુમલો કરે છે.

13.20 (i) $3\ CH\equiv CH \xrightarrow[\text{લોખંડની નળી}\ 873\ K]{\text{લાલ તપ્ત}}$ 

(ii) $C_2H_4 \xrightarrow{Br_2} CH_2(Br)-CH_2(Br) \xrightarrow{\text{આલ્કોહૉલીય KOH}} CH_2=CHBr \xrightarrow{NaNH_2}$

$HC\equiv HC \xrightarrow[\text{લોખંડની નળી}\ 873\ K]{\text{લાલ તપ્ત}}$ 

(iii) $C_6H_{14} \xrightarrow[\text{773 K, 10-20 વાતાવરણ}]{Cr_2O_3\ /\ V_2O_5/Mo_2O_3}$ 

13.21 $CH_2=C(CH_3)-CH_2-CH_3$ 2-મિથાઈલબ્યુટ-1-ઈન

$CH_3-C(CH_3)=CH-CH_3$ 2-મિથાઈલબ્યુટ-2-ઈન

$CH_3-CH(CH_3)-CH=CH_2$ 3-મિથાઈલબ્યુટ-1-ઈન

13.22 (a) ક્લોરોબેન્ઝિન > *p*-નાઈટ્રોક્લોરોબેન્ઝિન > 2,4 – ડાયનાઈટ્રોક્લોરોબેન્ઝિન

(b) ટોલ્યુઈન > p-CH_3-C_6H_4-NO_2 > p-O_2N–C_6H_4–NO_2

13.23 મિથાઈલ સમૂહના ઈલેક્ટ્રૉન મુક્ત કરવાના સ્વભાવના કારણે ટોલ્યુઈનમાં નાઈટ્રેશન સૌથી વધુ સહેલાઈથી થાય છે.

13.24 $FeCl_3$

13.25 ઉપનીપજ બનવાના કારણે. દા.ત., 1-બ્રોમોપ્રોપેન અને 1-બ્રોમોબ્યુટેન વચ્ચે પ્રક્રિયા કરવામાં આવે તો હેપ્ટેનની સાથે હેક્ઝેન અને ઓક્ટેન ઉપનીપજ તરીકે મળે છે.

પારિભાષિક શબ્દો

A

Acid rain	ઍસિડ વર્ષા
Acidic dehydration	ઍસિડિક નિર્જળીકરણ
Activating groups	સક્રિયકારક સમૂહો
Acyclic compounds	અચક્રિય સંયોજનો
Alicyclic compounds	એલિફેટિક ચક્રિય સંયોજનો
Alkali metals	આલ્કલી ધાતુઓ
– atomic radii	– પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા
– chemical properties	– રાસાયણિક ગુણધર્મો
– halides	– હેલાઈડ સંયોજનો
– hydration enthalpy	– જલીયકરણ ઍન્થાલ્પી
– hydroxides	– હાઇડ્રૉક્સાઇડ સંયોજનો
– ionic radii	– આયનીય ત્રિજ્યા
– ionisation enthalpy	– આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી
– oxides	– ઑક્સાઇડ સંયોજનો
– physical properties	– ભૌતિક ગુણધર્મો
– reactivity towards air	– હવા પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards dihydrogen	– ડાયહાઇડ્રોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards halogens	– હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards water	– પાણી પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reducing nature	– રિડક્શનકર્તા સ્વભાવ
– salts of oxoacids	– ઑક્સો ઍસિડના ક્ષાર
– solution in liquid ammonia	– પ્રવાહી એમોનિયામાં દ્રાવણ
– uses	– ઉપયોગો
Alkaline earth metals	આલ્કલાઇન અર્થ ધાતુઓ
– atomic radii	– પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા
– carbonates	– કાર્બોનેટ સંયોજનો
– chemical properties	– રાસાયણિક ગુણધર્મો
– electronic configuration	– ઇલેક્ટ્રૉનીય રચના
– halides	– હેલાઇડ સંયોજનો
– hydration enthalpies	– જલીયકરણ ઍન્થાલ્પી
– hydroxides	– હાઇડ્રૉક્સાઇડ સંયોજનો
– ionic radii	– આયનીય ત્રિજ્યા
– ionisation enthalpies	– આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી
– nitrates	– નાઇટ્રેટ સંયોજનો
– oxides	– ઑક્સાઇડ સંયોજનો
– physical properties	– ભૌતિક ગુણધર્મો
– reactivity towards air	– હવા પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards halogens	– હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards water	– પાણી પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reducing nature	– રિડક્શનકર્તા સ્વભાવ
– salts of oxoacids	– ઓક્સો ઍસિડના ક્ષાર
– solution in liquid ammonia	– પ્રવાહી એમોનિયામાં દ્રાવણ
– uses	– ઉપયોગો
– reactivity	– પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– sulphates	– સલ્ફેટ સંયોજનો
Alkanes	આલ્કેન સંયોજનો
– aromatisation	– ઍરોમૅટીકરણ
– chain isomerism	– શૃંખલા સમઘટકતા
– combustion	– દહન
– controlled oxidation	– નિયંત્રિત ઑક્સિડેશન
– geometrical isomerism	– ભૌમિતિક સમઘટકતા
– halogenation	– હેલોજીનેશન
– halogenation mechanism	– હેલોજીનેશન ક્રિયાવિધિ
– Isomerisation	– સમઘટકતા
– ozonolysis	– ઓઝોનોલિસિસ
– pyrolysis	– ઉષ્મીય વિભાજન
– reaction with steam	– પાણીની વરાળ સાથે પ્રક્રિયા
Alkenes	આલ્કીન સંયોજનો
– addition of dihydrogen	– ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉમેરણ
– addition of hydrogen halides	– હાઇડ્રોજન હેલાઇડનું ઉમેરણ
– addition of hydrogen halides, mechanism	– હાઇડ્રોજન હેલાઇડનું ઉમેરણ, ક્રિયાવિધિ
– addition of sulphuric acid	– સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું ઉમેરણ
– addition of water	– પાણીનું ઉમેરણ
– chemical properties	– રાસાયણિક ગુણધર્મો
– geometrical isomers	– ભૌમિતિક સમઘટકો
– oxidation	– ઑક્સિડેશન
– physical properties	– ભૌતિક ગુણધર્મો
– position isomerism	– સ્થાન સમઘટકતા
– preparation	– બનાવટ
– structural isomerism	– બંધારણીય સમઘટકતા
Alkynes	આલ્કાઇન સંયોજનો
– acidic characters	– ઍસિડિક લક્ષણ
– addition of dihydrogen	– ડાયહાઇડ્રોજનનું ઉમેરણ
– addition of halogens	– હેલોજનનું ઉમેરણ
– addition of hydrogen halides	– હાઇડ્રોજન હેલાઇડનું ઉમેરણ
– addition of water	– પાણીનું ઉમેરણ
– addition reaction	– યોગશીલ પ્રક્રિયા
– cyclic polymerisation	– ચક્રિય પોલિમરાઇઝેશન
– linear polymerisation	– રેખીય પોલિમરાઇઝેશન
– polymerisation	– પોલિમરાઇઝેશન
– preparation	– બનાવટ
Allotropes of carbon	કાર્બનના અપરરૂપો
Aluminium	ઍલ્યુમિનિયમ
Aluminium, uses	ઍલ્યુમિનિયમ, ઉપયોગો
Angle of torsion	મરોડકોણ

Anti Markovnikov rule	પ્રતિમાર્કોવનીકોવ નિયમ
Arenes	ઍરિન સંયોજનો
Arenium ion, formation	ઍરિનિયમ આયન, બનવું
Arenium ion, stabilisation	ઍરિનિયમ આયન, સ્થાયીકરણ
Aromatic compounds	ઍરોમૅટિક સંયોજનો
Aromaticity	ઍરોમૅટિકતા
Atmospheric pollution	વાતાવરણીય પ્રદૂષણ

B

Baking soda	બેકિંગ સોડા
Balancing of redox reaction	રેડોક્ષ પ્રક્રિયાનું સમતોલન
Benzene	બેન્ઝિન
– Friedel-Crafts alkylation	– ફ્રિડલ-ક્રાફ્ટ્સ આલ્કાઈલેશન
– chemical properties	– રાસાયણિક ગુણધર્મો
– combustion	– દહન
– electrophilic substitution	– ઇલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન
– Friedel–Crafts acylation	– ફ્રિડલ-ક્રાફ્ટ્સ ઍસાઈલેશન
– mechanism of electrophilic substitution	– ઇલેક્ટ્રૉનઅનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયાની ક્રિયાવિધિ
– nitration	– નાઇટ્રેશન
– physical properties	– ભૌતિક ગુણધર્મો
– preparation	– બનાવટ
– resonance	– સસ્પંદન
– stability	– સ્થાયીતા
– structure	– બંધારણ
– sulphonation	– સલ્ફોનેશન
Benzenoid aromatic compounds	બેન્ઝેનોઇડ ઍરોમૅટિક સંયોજનો
Benzenoids	બેન્ઝેનોઇડ સંયોજનો
Beryllium	બેરિલિયમ
– anomalous behaviour	– અનિયમિત વર્તણૂક
– diagonal relationship with aluminium	– એલ્યુમિનિયમ સાથે વિકર્ણ સંબંધ
Biochemical oxygen demand (BOD)	જૈવરાસાયણિક ઑક્સિજન જરૂરિયાત (BOD)
Biological importance of calcium	કૅલ્શિયમની જૈવિક અગત્ય
Biological importance of magnesium	મૅગ્નેશિયમની જૈવિક અગત્ય
Biological importance of potassium	પોટેશિયમની જૈવિક અગત્ય
Biological importance of sodium	સોડિયમની જૈવિક અગત્ય
Bond line structural formula	બંધરેખાવાળા બંધારણીય સૂત્ર
Borax	બોરેક્સ
Borohydrides	બોરોહાઇડ્રાઇડ
Boron, anomalous properties	બોરોન, અનિયમિત ગુણધર્મો
Boron, uses	બોરોન, ઉપયોગો
Branched chain hydrocarbons	શાખિત શૃંખલા હાઇડ્રોકાર્બન

C

Calcium	કૅલ્શિયમ
– hydroxide	– હાઇડ્રૉક્સાઇડ
– oxide	– ઑક્સાઇડ
– sulphate (Plaster of Paris)	– સલ્ફેટ (પ્લાસ્ટર ઑફ પેરિસ)
– sulphate	– સલ્ફેટ
Carbocation	કાર્બોકેટાયન
Carbon	કાર્બન
– allotropes	– અપરરૂપો
– anomalous behaviour	– અનિયમિત વર્તણૂક
– uses	– ઉપયોગો
Carbon monoxide	કાર્બન મોનૉક્સાઇડ
Carbon dioxide	કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ
Carcinogenicity	કૅન્સરજન્યતા
Catenation	કૅટેનેશન
Caustic soda	કૉસ્ટિક સોડા
Cement	સિમેન્ટ
Cement, setting	સિમેન્ટ, જામી જવું
Cement, uses	સિમેન્ટ, ઉપયોગો
Chain isomerism	શૃંખલા સમઘટકતા
Chain isomers, alkanes	શૃંખલા સમઘટકતા, આલ્કેન સંયોજનો
Characteristic features of double bond	દ્વિબંધની લાક્ષણિકતાઓ
Chemical pollutants	રાસાયણિક પ્રદૂષકો
Chromatography	ક્રોમેટોગ્રાફી
Chromatography, adsorption	ક્રોમેટોગ્રાફી, અધિશોષણ
Chromatography, column	ક્રોમેટોગ્રાફી, સ્તંભ
Chromatography, partition	ક્રોમેટોગ્રાફી, વિતરણ
Chromatography, thin layer	ક્રોમટોગ્રાફી, પાતળું સ્તર
Cis-isomer	સિસ-સમઘટક
Combination reactions	સંયોગીકરણ પ્રક્રિયાઓ
Compressed natural gas (CNG)	સંકોચિત કુદરતી વાયુ (CNG)
Condensed Structural formula	સંઘનિત બંધારણીય સૂત્ર
Conformation	સંરૂપણ
Conformation Eclipsed	ગ્રસ્ત સંરૂપણ
Conformation Staggered	સાંતરિત સંરૂપણ
Conformational isomers	સંરૂપણીય સમઘટકો
Conformations, relative stability	સંરૂપણ, સાપેક્ષ સ્થાયીતા
Crystallisation	સ્ફટિકીકરણ

D

Deactivating groups	અક્રિયકારક સમૂહો
Decarboxylation	ડિકાર્બોક્સિલેશન
Decomposition reaction	વિઘટન પ્રક્રિયા
Dehalogenation	ડિહેલોજીનેશન
Detection of Carbon	કાર્બનની પરખ
Detection of hydrogen	હાઇડ્રોજનની પરખ
Deuterium	ડ્યુટેરિયમ
Diamond	હીરો

Diborane	ડાયબોરેન
Differential extraction	વિભેદન નિષ્કર્ષણ
Dihedral angle	દ્વિતલકોણ
Dihydrogen	ડાયહાઇડ્રોજન
Dihydrogen, as a fuel	ડાયહાઇડ્રોજન, ઈંધણ તરીકે
Dihydrogen, chemical properties	ડાયહાઇડ્રોજન, રાસાયણિક ગુણધર્મો
Dihydrogen, commercial production	ડાયહાઇડ્રોજન, વ્યાપારિક ઉત્પાદન
Dihydrogen, laboratory preparation	ડાયહાઇડ્રોજન, પ્રયોગશાળામાં બનાવટ
Dihydrogen, physical properties	ડાયહાઇડ્રોજન, ભૌતિક ગુણધર્મો
Dihydroges, uses	ડાયહાઇડ્રોજન, ઉપયોગો
Directive influence of functional groups	ક્રિયાશીલ સમૂહોની સ્થાનનિર્દેશક અસર
Displacement reaction	વિસ્થાપન પ્રક્રિયા
Disproportionation reaction	વિષમીકરણ પ્રક્રિયા
Distillation under reduced pressure	નીચા દબાણે નિસ્યંદન
Distillation	નિસ્યંદન
Dry ice	સૂકો બરફ

E

Effects of depletion of the ozone layer	ઑઝોન સ્તરના ક્ષયનની અસરો
Electrochemical series	વિદ્યુતરાસાયણિક શ્રેણી
Electrodes	વિદ્યુતધ્રુવ
Electrode potential	વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ
Electrode process	વિદ્યુતધ્રુવ પ્રક્રમ
Electromeric effect	ઈલેક્ટ્રોમેરિક અસર
Electron deficient molecules	ઈલેક્ટ્રૉન ઊણપવાળા અણુઓ
Electronic configuration	ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના
– *p*-block elements	– *p*-વિભાગના તત્ત્વો
– *s*-block elements	– *s*-વિભાગના તત્ત્વો
Electrophile	ઈલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયક
Electrophilic reaction	ઈલેક્ટ્રૉન અનુરાગી પ્રક્રિયા
Electrophilic substitution reaction	ઈલેક્ટ્રૉન અનુરાગી વિસ્થાપન પ્રક્રિયા
β-Elimination reaction	β-વિલોપન પ્રક્રિયા
Environment pollution, control	પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ, નિયંત્રણ
Environmental pollution	પર્યાવરણીય પ્રદૂષણ
Estimation of halogens, Carius method	હેલોજનનું પરિમાપન, કેરિયસ પદ્ધતિ
Estimation of nitrogen, Duma's method	નાઇટ્રોજનનું પરિમાપન, ડ્યૂમાની પદ્ધતિ
Estimation of nitrogen, Kjeldahl's method	નાઇટ્રોજનનું પરિમાપન, જેલ્ડાહલ પદ્ધતિ
Estimation of oxygen	ઑક્સિજનનું પરિમાપન
Estimation of phosphorous	ફૉસ્ફરસનું પરિમાપન
Estimation of sulphur	સલ્ફરનું પરિમાપન
Eutrophication	સુપોષણ

F

Fractional distillation	વિભાગીય નિસ્યંદન
Fullerenes	ફુલેરિન સંયોજનો
Functional group isomerism	ક્રિયાશીલ સમૂહ સમઘટકતા
Functional groups	ક્રિયાશીલ સમૂહો

G

Gaseous air pollutants	વાયુમય હવા પ્રદૂષકો
Global warming	ગ્લૉબલ વૉર્મિંગ
Graphite	ગ્રૅફાઇટ
Green chemistry	હરિયાળુ રસાયાણવિજ્ઞાન
Green house effect	ગ્રીનહાઉસ અસર
Group 13 elements, atomic radii	સમૂહ 13ના સભ્યો, પરમાણ્વીય ત્રિજ્યા
– chemical properties	– રાસાયણિક ગુણધર્મો
– electronegativity	– વિદ્યુતઋણતા
– ionisation enthalpy	– આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી
– oxidation states	– ઑક્સિડેશન અવસ્થા
– physical properties	– ભૌતિક ગુણધર્મો
– reactivity towards acids	– ઍસિડ પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards air	– હવા પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards alkalies	– આલ્કલી પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards halogens	– હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– trends in chemical reactivity	– રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતામાં વલણો
Group 14 elements, chemical properties	સમૂહો 14ના સભ્યો, રાસાયણિક ગુણધર્મો
– covalent radius	– સહસંયોજક ત્રિજ્યા
– electronegativity	– વિદ્યુતઋણતા
– electronic configuration	– ઈલેક્ટ્રૉનીય રચના
– ionization enthalpy	– આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી
– oxidation states	– ઑક્સિડેશન અવસ્થા
– physical properties	– ભૌતિક ગુણધર્મો
– reactivity towards halogens	– હેલોજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards oxygen	– ઑક્સિજન પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– reactivity towards water	– પાણી પ્રત્યે પ્રતિક્રિયાત્મકતા
– trends in chemical reactivity	– રાસાયણિક પ્રતિક્રિયાત્મકતામાં વલણો

H

Heavy hydrogen	ભારે હાઇડ્રોજન
Heterolytic cleavage	વિષમવિભાજન
Homologous series	સમાનધર્મી શ્રેણી
Homolytic cleavage	સમવિભાજન
Hückel rule	હ્યુકેલનો નિયમ
Hydrate formation	જળયુક્ત સંયોજનોનું નિર્માણ
Hydration enthalpy *s*-block elements	*s*-વિભાગના તત્ત્વોની જલીયકરણ ઍન્થાલ્પી
Hydrides	હાઇડ્રાઇડ સંયોજનો
– covalent	– સહસંયોજક
– interstitial	– આંતરાલીય

– ionic	– આયનીય
– electron precise	– ઇલેક્ટ્રૉન પરિશુદ્ધ
– electron rich	– ઇલેક્ટ્રૉન ધનિક
– metallic	– ધાત્વીય
– molecular	– આણ્વીય
– non-stoichiometric	– બિનતત્ત્વયોગમિતિય
– saline	– ક્ષારીય
Hydrogen economy	હાઇડ્રોજન અર્થવ્યવસ્થા
Hydrogen peroxide	હાઇડ્રોજન પેરૉક્સાઇડ
– chemical properties	– રાસાયણિક ગુણધર્મો
– oxidising action in acidic medium	– ઍસિડિક માધ્યમમાં ઑક્સિડેશન અસર
– oxidising action in basic medium	– બેઝિક માધ્યમમાં ઑક્સિડેશન અસર
– physical properties	– ભૌતિક ગુણધર્મો
– preparation	– બનાવટ
– reducing action in acidic medium	– ઍસિડિક માધ્યમમાં રિડક્શન અસર
– reducing action in basic medium	– બેઝિક માધ્યમમાં રિડક્શન અસર
– storage	– સંગ્રહ
– structure	– બંધારણ
– uses	– ઉપયોગો
Hydrogen storage	હાઇડ્રોજન સંગ્રહ
Hydrogenation	હાઇડ્રોજીનેશન
Hydrolysis	જળવિભાજન
Hyperconjugation	અતિસંયુગ્મન

I

Ice structure	બરફનું બંધારણ
Inductive effect	પ્રેરક અસર
Industrial waste	ઔદ્યોગિક કચરો
Inert pair effect	નિષ્ક્રિય યુગ્મ અસર
Inner core	અંતર્ભાગ
International standard for drinking water	પીવાના પાણી માટેના આંતરરાષ્ટ્રીય ધોરણો
Ionisation enthalpy, *s*-block elements	આયનીકરણ ઍન્થાલ્પી, s-વિભાગના તત્ત્વો
Isomerism	સમઘટકતા
Isotopes	સમસ્થાનિકો

K

Kekulé, structure	કેક્યુલે, બંધારણ
Kharash effect	ખરાશ અસર
Kolbe's electrolytic method	કોલ્બેની વિદ્યુતવિભાજન પદ્ધતિ

L

Lassaigne's test	લેસાઇન કસોટી
Liquified petroleum gas(LPG)	પ્રવાહીકૃત પેટ્રૉલિયમ વાયુ (LPG)
Lithium	લિથિયમ
– anomalus properties	– અનિયમિત ગુણધર્મો
– difference from alkali metals	– આલ્કલી ધાતુઓ સાથે તફાવત
– points of similarities with magnesium	– મૅગ્નેશિયમ સાથેની સામ્યતાના મુદ્દાઓ

M

Markovnikov rule	માર્કોવનીકોવનો નિયમ
Meta directing groups	મૅટા સ્થાનનિર્દેશક સમૂહો
Metal activity series	ધાતુ સક્રિયતા શ્રેણી
Metal carbonyles	ધાતુ કાર્બોનિલ સંયોજનો
Metamerism	મધ્યાવયવતા
Methyl carbocation	મિથાઇલ કાર્બોકેટાયન
Molecular models	આણ્વીય મૉડેલ
Monomers	મોનોમર

N

Newman projections of ethane	ઇથેનનું ન્યુમેન પ્રક્ષેપણ સૂત્ર
Nomenclature	નામકરણ
– alkanes	– આલ્કેન સંયોજનો
– alkenes	– આલ્કીન સંયોજનો
– arenes	– ઍરીન સંયોજનો
– IUPAC system of substituted benzene compounds	– વિસ્થાપિત બેન્ઝિન સંયોજનોના નામકરણની IUPAC પદ્ધતિ
Non-benzenoids	નૉન-બેન્ઝેનોઇડ સંયોજનો
Non-benzenoid aromatic compounds	નૉન-બેન્ઝેનોઇડ ઍરોમૅટિક સંયોજનો
Nucleophiles	કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયક
Nucleophilic reaction	કેન્દ્રાનુરાગી પ્રક્રિયા

O

Ortho directing groups	ઓર્થો સ્થાનનિર્દેશક સમૂહો
Orthoboric acid	ઓર્થો બોરિક ઍસિડ
Oxidant	ઑક્સિડેશનકર્તા
Oxidation number	ઑક્સિડેશન આંક
Oxidation state	ઑક્સિડેશન અવસ્થા
Oxidation	ઑક્સિડેશન
Ozone hole	ઓઝોન ગાબડું

P

Para directing groups	પેરા સ્થાનનિર્દેશક સમૂહો
Particulate pollutant	રજકણ પ્રદૂષકો
Permanent hardness	કાયમી કઠિનતા
– removal by calagon's method	– કાલગોન પદ્ધતિ દ્વારા દૂર કરવી
– removal by ion exhange method	– આયનવિનિમય પદ્ધતિ દ્વારા દૂર કરવી
– removal by synthetic resins	– સાંશ્લેષિત રેઝીન દ્વારા દૂર કરવી
Peroxide effect	પેરૉક્સાઇડ અસર
Photochemical smog	પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ
Photochemical smog control	પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસનું નિયંત્રણ

Photochemical smog, effects	પ્રકાશરાસાયણિક ધૂમ્ર-ધુમ્મસ, અસરો
Photosynthesis	પ્રકાશસંશ્લેષણ
Plaster of paris	પ્લાસ્ટર ઑફ પેરિસ
Polar reaction	ધ્રુવીય પ્રક્રિયા
Polymerisation	પોલિમરાઇઝેશન
Portland cement	પોર્ટલૅન્ડ સિમેન્ટ
Position isomerism	સ્થાન સમઘટકતા
Potassium	પોટેશિયમ
Producer gas	ઉત્પાદક વાયુ
Protium	પ્રોટ્રિયમ

Q

Quantitative analysis for carbon	કાર્બનનું જથ્થાત્મક પૃથ્થકરણ
Quantitative analysis for halogens	હેલોજનનું જથ્થાત્મક પૃથ્થકરણ
Quantitative analysis for hydrogen	હાઇડ્રોજનનું જથ્થાત્મક પૃથ્થકરણ
Quantitative analysis for nitrogen	નાઇટ્રોજનનું જથ્થાત્મક પૃથ્થકરણ
Quick lime	કળી ચૂનો

R

Redox couple	રેડોક્ષ જોડાણ
Redox reactions	રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ
Redox reactions, type	રેડોક્ષ પ્રક્રિયાઓ, પ્રકાર
Reducing Agent	રિડક્શનકર્તા પદાર્થ
Reductant	રિડક્શનકર્તા
Reduction	રિડક્શન
Resonance effect	સસ્પંદન અસર
Resonance stabilisation energy	સસ્પંદન સ્થાયીકરણ ઊર્જા
Resonance structure	સસ્પંદન બંધારણ
R_f value	R_f મૂલ્ય
Rotamers	ઘૂર્ણી

S

Sawhorse projections of ethane	ઇથેનનું સોહોર્સ પ્રક્ષેપણ
Sigma complex	સિગ્મા સંકીર્ણ
Silicates	સિલિકેટ સંયોજનો
Silicic acid	સિલિસિક ઍસિડ
Silicon dioxide	સિલિકોન ડાયોક્સાઇડ
Silicones	સિલિકોન્સ
Slaked lime	ફોડેલો ચૂનો
Smog	ધૂમ્ર-ધૂમ્મસ
Sodium carbonate	સોડિયમ કાર્બોનેટ
Sodium carbonate, properties	સોડિયમ કાર્બોનેટ, ગુણધર્મો
Sodium chloride	સોડિયમ ક્લોરાઇડ
Sodium hydrogencarbonate	સોડિયમ હાઇડ્રોજન કાર્બોનેટ
Sodium hydroxide	સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ
Soil pollution	જમીનનું પ્રદૂષણ
Standard electrode potential	પ્રમાણિત વિદ્યુતધ્રુવ પોટેન્શિયલ
Steam distillation	વરાળ નિસ્યંદન
Stereoisoisomers, alkene	અવકાશીય સમઘટકતા, આલ્કીન સંયોજનો
Stereoisomerisms	અવકાશીય સમઘટકતા
Stock notation	સ્ટૉક સંકેત પદ્ધતિ
Straight chain hydrocarbons	સરળ શૃંખલાવાળા હાઇડ્રોકાર્બન સંયોજનો
Stratospheric pollution	સમતાપ આવરણીય પ્રદૂષણ
Structural isomerism	બંધારણીય સમઘટકતા
Structural isomers, alkanes	બંધારણીય સમઘટકો, આલ્કેન સંયોજનો
Structure of double bond	દ્વિબંધનું બંધારણ
Structure of triple bond	ત્રિબંધનું બંધારણ
Sublimation	ઉર્ધ્વપાતન
Syngas	સિનગેસ
Synthesis gas	સાંશ્લેષિત વાયુ

T

Temporary hardness	અસ્થાયી કઠિનતા
Test for halogens	હેલોજનની કસોટી
Test for nitrogen	નાઇટ્રોજનની કસોટી
Test for phosphorous	ફૉસ્ફરસની કસોટી
Test for sulphur	સલ્ફરની કસોટી
Tortional strain	મરોડી વિકૃતિ
Trans-isomer	ટ્રાન્સ સમઘટક
Tritium	ટ્રિટિયમ
Tropospheric pollution	ક્ષોભ-આવરણીય પ્રદૂષણ

W

Washing soda	ધોવાનો સોડા
Water, amphoteric nature	પાણી, ઊભયગુણી સ્વભાવ
Water, chemical properties	પાણી, રાસાયણિક ગુણધર્મો
Water, hard	પાણી, કઠિન
Water, heavy	પાણી, ભારે
Water gas	જળવાયુ
Water pollution	જલપ્રદૂષણ
Water pollution, causes	જલપ્રદૂષણ, કારણો
Water, hydrate formation	પાણી, જળયુક્ત સંયોજનનું નિર્માણ
Water, in hydrolysis reactions	પાણી, જળવિભાજન પ્રક્રિયાઓમાં
Water, physical properties	પાણી, ભૌતિક ગુણધર્મો
Water, Soft	પાણી, નરમ
Water, structure	પાણી, બંધારણ
Water-gas shift reaction	જળવાયુ સ્થાનાંતર પ્રક્રિયા
Wurtz reaction	વૂર્ટ્ઝ પ્રક્રિયા

Z

Zeolites	ઝિયોલાઇટ સંયોજનો